01-2026 | ISSN 2734-9888 | tapchixaydung.vn

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

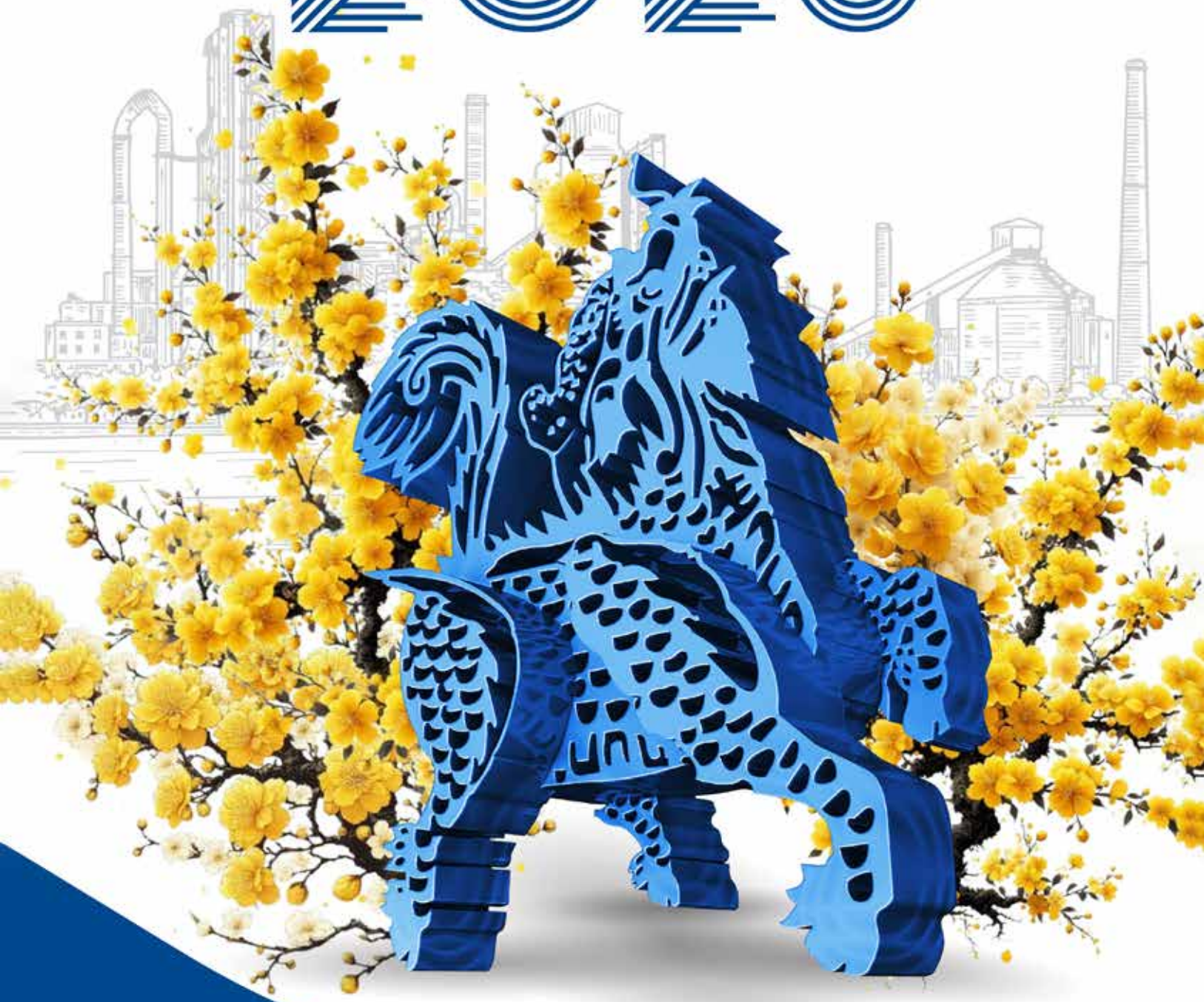
JOURNAL OF CONSTRUCTION

TRƯỜNG TRUNG CẤP THUẬN THÀNH

Địa chỉ: Khu phố Tam Á, phường Thuận Thành, tỉnh Bắc Ninh

Chúc Mừng Năm Mới

2026



VICEM HÀ TIÊN

THƯƠNG HIỆU XI MĂNG ĐẦU TIÊN TỪ 1964

TỔNG CÔNG TY XI MĂNG VIỆT NAM
CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG VICEM HÀ TIÊN
Địa chỉ : 604 Võ Văn Kiệt, Phường Cầu Ông Lãnh, Tp. HCM
Điện thoại : (028) 38 368 363 | Fax : (028) 38 361 278
Email : hatien1@vicemhatien.com.vn
Website : www.vicemhatien.com.vn
Hotline : 1800 6069

MỤC LỤC CONTENT

01.2026 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 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 Dùng
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: Các công trình phục vụ Hội nghị APEC 2027 tại Phú Quốc đang được gấp rút thi công.

QUẢN LÝ NGÀNH
THANH NGA 6 Chuẩn hóa hợp đồng để kiểm soát rủi ro khi thực thi Luật Xây dựng (sửa đổi)
PHONG THƯ 8 Đổi mới quản trị để phục vụ phát triển bền vững
BÌNH MINH 10 Xây dựng các văn bản hướng dẫn thi hành Luật Hàng không dân dụng Việt Nam: Xác lập hành lang pháp lý minh bạch trong thực thi

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG
ĐÌNH QUANG 12 Định hình tầm nhìn hạ tầng xanh
THS LÊ TÙNG LÂM 14 Năm 2026 làm BIM có gì mới?
HOÀNG LONG 16 Đào tạo lái xe trong dòng chảy chuyển đổi số quốc gia
THƯ KỲ 18 Xác định đô thị trên không gian phát triển
THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG 20 Điểm nhấn cho kiến trúc đô thị Hà Nội

DIỄN ĐÀN KHOA HỌC
THS NGUYỄN ANH TÚ 24 TOD trong bối cảnh công nghiệp và đô thị hóa tại Việt Nam: Tác động của sản xuất công nghiệp và phát triển nhà ở tới vận tải hành khách
PGS.TS ĐỖ TÚ LAN 30 Xây dựng, duy trì và phát triển hệ thống cơ sở dữ liệu về quy hoạch đô thị

TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA
NGUYÊN HẠNH 34 Chất lượng sống là thước đo cốt lõi đô thị bền vững

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN
NGUYỄN HOÀNG LINH 40 Năm 2026 - Rộng cửa đón làn sóng nhà ở xã hội

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI
AN NHIÊN 42 Môi trường và các giải pháp kỹ thuật xây dựng bền vững

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
PGS.TS.KTS PHẠM TRỌNG THUẬT 44 Mô hình nhà ở co-housing cho xã hội đô thị đang già hóa tại Việt Nam
VÕ TRỌNG NGHĨA, TRẦN THỊ VIỆT HÀ 48 Khả năng tiếp cận đô thị theo mô hình 15 phút tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B, TP Hồ Chí Minh
THS LÊ CHÍ CƯỜNG, THS VŨ HIẾU PHƯƠNG, THS NGUYỄN VĂN NHUẬN, THS TRẦN PHƯỚC THỊNH, PGS.TS LÊ HOÀNG AN 52 Xu hướng chỉnh trang đô thị tại phường Buôn Ma Thuột, tỉnh Đắk Lắk: Thực trạng và giải pháp phát triển bền vững
THS.KTS NGÔ HỒNG NĂNG, THS.KTS NGUYỄN THỊ TÂM ĐAN 56 Kiến trúc chùa Việt ở Vĩnh Long: Biến đổi hình thức và chức năng trong bối cảnh đương đại
VÕ NGỌC HÙNG, TRẦN QUỐC KHÁNH 60 Nét đặc trưng trong hệ khung và tổ chức không gian kiến trúc nhà vườn Phước Tích trong tổng thể kiến trúc truyền thống ở Huế
TS.KTS HOÀNG ANH TÚ 66 Tiếp cận tổng thể và tôn trọng "tính sống" trong bảo tồn di sản kiến trúc đô thị: Trường hợp khu trung tâm lịch sử Sài Gòn - TP Hồ Chí Minh
TS.KTS PHÙ VĂN TOÀN 72 Đô thị sông nước, triết lý không gian và kiến tạo nơi chốn: Trường hợp Sài Gòn đối sánh Đông - Tây
THS TRƯƠNG THỊ HUYỀN ANH 79 Hệ tiêu chí đánh giá không gian nghệ thuật công cộng đáp ứng phát triển du lịch đô thị tại TP Đà Nẵng
TS BÙI THỊ NGỌC LAN 84 Đánh giá tiềm năng phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng (TOD) tại các trung tâm giao thông ở Hà Nội
PGS.TS NGUYỄN THỊ THANH MAI, THS NGUYỄN THẾ LỮ, KS HOÀNG QUÝ HỢI, KS NGUYỄN HỮU THẮNG 89 Phát triển công trình hầm kỹ thuật đa tiện ích tại các thành phố ở Việt Nam
NGUYỄN VIỆT ANH, LÊ TRỌNG BẰNG, DƯƠNG THỊ THANH XUYẾN, NGUYỄN THỊ HỒNG LIỄU, ĐINH CHÍNH LỢI 94 Nghiên cứu lựa chọn công nghệ và thiết bị cho công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ để đáp ứng quy chuẩn và tiêu chuẩn quốc gia mới
PHAN THANH MINH, NGUYỄN THỊ YẾN LIÊN 98 Phát triển cảng hàng không xanh: Tổng quan kinh nghiệm quốc tế và bài học cho Việt Nam
THS LÊ PHI VŨ, THS LÊ KHÁNH LINH 102 Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ khu vực Tây Nam Bộ
TS ĐỖ MINH NGỌC, TS NGUYỄN MINH KHOA, TS ĐỖ MINH TÍNH 106 Phương pháp xác định đơn giản hệ số nền cho đất loại sét và cát trong thiết kế công trình tàu điện ngầm đô thị
THS ĐOÀN HỒNG SƠN, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI 110 Nghiên cứu chiến lược tích hợp giảm thiểu phát thải và thích ứng với biến đổi khí hậu trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam
TS VÒNG THÌNH NAM, THS MAI VĂN THÀNH, TS CHU THỊ HUỆ 114 Phát triển cảng thông minh tại Việt Nam
LÊ HOÀNG SƠN, NGÔ THỊ THANH HƯƠNG, VÕ NHẬT LUÂN 117 Nghiên cứu tích hợp yếu tố khí hậu cực đoan trong quản lý khai thác công trình đường bộ ven biển tỉnh Kiên Giang (nay là tỉnh An Giang)
TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN 122 Tối ưu hóa mô hình dự đoán ma sát âm bằng thuật toán Bayesian
PGS.TS NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH, THS NGUYỄN DANH HUY 125 Phân tích và khuyến nghị điều chỉnh TCVN 11823:2017 về tải trọng va xe vào trụ cầu trong điều kiện khai thác ở Việt Nam
PGS.TS PHẠM THANH TÙNG, THS NGUYỄN VĂN QUANG, GS.TS NGUYỄN TRUNG HIẾU 129 Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm xác định mô men hình thành khe nứt khi uốn của dầm bê tông cốt thép sử dụng mô hình biến dạng khi kéo dạng hình thang
TRẦN TẤN HUY 134 Thiết kế thanh thành mỏng theo TCVN 5575:2024

Giá 75.000 đồng

INDUSTRY MANAGEMENT

THANH NGA 6 Standardizing contracts to control risks in the implementation of the amended Construction Law

PHONG THU 8 Innovating governance to serve sustainable development

BINH MINH 10 Developing implementing regulations for the Law on Civil Aviation of Vietnam: Establishing a transparent legal corridor for enforcement

FROM POLICY TO LIFE

DINH QUANG 12 Shaping a vision for green infrastructure

LE TUNG LAM 14 What's new for BIM in 2026?

HOANG LONG 16 Driver training in the flow of national digital transformation

THU KY 18 Defining urban areas within the spatial framework of development

PHAM HOANG PHUONG 20 Urban architectural highlights of Hanoi

SCIENCE FORUM

NGUYEN ANH TU 24 Transit-oriented development (TOD) in the context of industrialization and urbanization in Vietnam: Impacts of industrial production and housing development on passenger transport

DO TU LAN 30 Building, maintaining and developing an urban planning database system

TALK WITH EXPERTS

NGUYEN HANH 34 Quality of life as the core measure of sustainable urban development

PERSPECTIVE TO PRACTICAL

NGUYEN HOANG LINH 40 2026 - Opening the door wide to a new wave of social housing

ABOUT NEW BOOK

AN NHIEN 42 Environmental issues and sustainable construction engineering solutions

SCIENTIFIC RESEARCH

PHAM TRONG THUAT 44 Co-housing Models for an Aging urban society in Vietnam

VO TRONG NGHIA, TRAN THI VIET HA 48 Urban accessibility under the 15-Minute City Model in the Vinh Loc B resettlement area, Ho Chi Minh City

LE CHI CUONG, VU HIEU PHUONG, NGUYEN VAN NHUAN, TRAN PHUOC THINH, LE HOANG AN 52 Trends in urban renovation in Buon Ma Thuot ward, Dak Lak province: Current situation and sustainable development solutions

NGO HONG NANG, NGUYEN THI TAM DAN 56 Vietnamese Pagoda architecture in Vinh Long: Transformation of form and Function in Contemporary context

VO NGOC HUNG, TRAN QUOC KHANH 60 Characteristic features in the structural framework and interior architectural space of Phuoc Tich garden houses within the overall traditional architecture of Hue

HOANG ANH TU 66 An integrated approach and respect for the "living" nature in urban architectural heritage conservation: The case of Saigon - Ho Chi Minh City historic center

PHU VAN TOAN 72 River urban, philosophy of space and placemaking: The case of Saigon comparision between East and West

TRUONG THI HUYEN ANH 79 Evaluation criteria for public art spaces to promote tourism development in Da Nang City

BUI THI NGOC LAN 84 Assessing the Development Potential of Transit-Oriented Development (TOD) at Key Transport Hubs in HanoiMulti - Utility tunnel system development in Vietnam City

NGUYEN THI THANH MAI, NGUYEN THE LU, HOANG QUY HOI, NGUYEN HUU THANG 89

NGUYEN VIET ANH, LE TRONG BANG, DUONG THI THANH XUYEN, NGUYEN THI HONG LIEU, DINH CHINH LOI 94 Selection of Technologies and Equipment for On-Site wastewater treatment facilities in Compliance with newly issued national standards

PHAN THANH MINH, NGUYEN THI YEN LIEN 98 Green airport development: An overview of international experiences and lessons for Vietnam

LE PHI VU, LE KHANH LINH 102 A study on the factors influencing investment attraction for road transport infrastructure development in the Southwest

DO MINH NGOC, NGUYEN MINH KHOA, DO MINH TINH 106 A simple method for determining the subgrade reaction modulus of clay and sand for urban metro structural design

DOAN HONG SON, NGUYEN LUONG HAI 110 Investigating an integrated approach towards decarbonization and enhanced climate adaptation in the Vietnamese built environment

VONG THINH NAM, MAI VAN THANH, CHU THI HUE 114 Developing smart ports in Vietnam

LE HOANG SON, NGO THI THANH HUONG, VO NHAT LUAN 117 Research on integrating extreme climate factors into managing and maintaining of coastal road in Kien Giang province (now An Giang province)

VO NGUYEN PHU HUAN 122 An optimized approach for performance enhancement of grouted Barrette piles

NGUYEN THI TUYET TRINH, NGUYEN DANH HUY 125 Analysis and recommendations for revising TCVN 11823:2017 on vehicular collision loads on bridge piers under operating conditions in Vietnam

PHAM THANH TUNG, NGUYEN VAN QUANG, NGUYEN TRUNG HIEU 129 Theoretical and Experimental investigation of The flexural cracking moment of reinforced concrete beams using a Trapezoidal tensile stress model

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

01.2026 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 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 Dùng
Nguyễn Thanh Hoa
Lý Ngọc Thanh

THS NGUYỄN THANH TRƯỜNG 138 Phân tích nguyên nhân và biện pháp xử lý vết nứt của tường chắn bê tông tại dự án đường tuần tra biên giới tỉnh Cao Bằng

THS PHẠM TRỌNG TĨNH, THS NGUYỄN TUÂN, THS ĐỖ THỊ THU HIỀN, THS LÊ THỊ NGỌC HÀ 142 Nghiên cứu lựa chọn hệ số cố kết ngang trong dự báo độ lún của bùn nạo vét phục vụ san lấp

VŨ HIẾU PHƯƠNG, LÊ HOÀNG AN 148 Mô phỏng số ứng xử chịu nén của cột bê tông thường tiết diện tròn và vuông bọc lớp UHPFRC

LÊ VIỆT DŨNG, DƯƠNG VĂN HAI 153 Đánh giá chuyển vị ngang tường vây bê tông cốt thép trong quá trình thi công SemiTopdown theo phương pháp SRM và PTHH

KS ĐINH NGỌC QUANG HUY, PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT, PGS.TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN, THS LÊ THỊ THÙY LINH 158 Tối ưu hóa nhà dân dụng kết cấu thép bằng SAP2000-OAPI và thuật toán tiến hóa

THS DƯƠNG VĂN HAI, TS NGUYỄN ĐĂNG NGUYÊN 162 So sánh quy định về hàm lượng cốt thép dọc tối thiểu của cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn theo TCVN 5574:2018, ACI 318-25 và EC2-2004

TS ĐỖ TIẾN THỌ, TS NGUYỄN HUỲNH TẤN TÀI 168 Thiết kế cấp phối và đánh giá tính năng kháng hằn lún của bê tông nhựa chặt C12.5

NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY, TRẦN THÚC TÀI, ĐÀM THANH HUY, LÊ NGUYỄN MINH CHÂU, PHẠM DUY LÂM 174 Đánh giá khả năng kháng nứt của bê tông trong điều kiện kiềm chế bằng phụ gia trương nở kết hợp với tro bay

THS TRẦN THUỲ DƯƠNG 178 Nghiên cứu mối quan hệ giữa cường độ chịu nén của gạch đất không nung và khối xây tự chèn

PGS.TS NGUYỄN XUÂN BÀNG, PGS.TS PHẠM ĐỨC TIỆP, TS LÊ HẢI DƯƠNG 182 Xác định mô đun đàn hồi của đá san hô sử dụng làm cốt liệu bê tông

THS ĐINH QUANG TRUNG, TS ĐINH VIẾT THANH TRẦN MINH LONG, THS TRẦN TUẤN KIỆT, TS ĐẶNG NGỌC CHÂU 186 Áp dụng vật liệu xanh trong xây dựng thông qua mua sắm xanh: Tổng quan PRISMA giai đoạn 2009 - 2025

BÙI PHẠM ĐỨC TƯỜNG 191 Phương pháp PSO dựa trên hàm thích nghi kết hợp RBFNN để dự đoán dao động chất lỏng trong bồn chứa chịu tải động đất

PGS.TS HOÀNG HÀ 198 Sử dụng mô hình hệ lực quán tính để đánh giá hệ số động lực cho cầu trên đường sắt tốc độ cao - áp dụng thử nghiệm cho kết cấu nhịp cầu giản đơn bê tông dự ứng lực

TS LÊ KHÁNH GIANG 204 Nghiên cứu thiết kế cơ sở dữ liệu GIS liên thông làm nền tảng cho quản lý bảo trì và hướng tới bản sao số hạ tầng giao thông đô thị

TS VƯƠNG TẤN ĐỨC, THS.NCS DU QUANG VINH 208 Ứng dụng công nghệ GIS và mô hình giao thông trong xây dựng phát triển hệ thống giao thông vận tải cấp xã trên địa bàn tỉnh Tây Ninh

NGUYỄN VIỆT HÙNG, ĐINH ĐĂNG BÁCH, NGUYỄN THU TRANG, LÊ TÚ UYÊN 212 Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Việt Nam

TS NGUYỄN VĂN QUẢNG, TS ĐẶNG ĐÌNH CHIẾN, TS VŨ ĐĂNG THÁI 218 Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng tới người điều khiển khi điều động tàu trong điều kiện thời tiết bất lợi

TS TRẦN KHẮC DƯƠNG, PGS.TS ĐỖ QUỐC CƯỜNG 222 Xác định chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên các tuyến xe buýt chính tại Hà Nội

TS NGUYỄN VĂN TƯƠI, THS MÃ VĂN LỘC, THS TRẦN THỊ MAI LÊ, THS BÙI THỊ HƯƠNG LAN 226 Nâng cao an toàn và hiệu quả sử dụng phương tiện giao thông của học sinh, sinh viên Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V: Thực trạng và giải pháp

PGS.TS HOÀNG QUỐC LONG 230 Phân tích dòng bão hòa trong nút giao thông có đèn điều khiển tại TP Hà Nội

THS LÊ KHÁNH LINH, TS NGUYỄN MINH KHOA, PGS.TS ĐINH ĐĂNG QUANG 233 Nghiên cứu ảnh hưởng của quản lý nhà nước đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam

NGUYỄN MẠNH HOÀNG, NGUYỄN QUỐC TOẢN, NGUYỄN HỒNG HẢI 236 Phân tích thể chế và năng lực quản lý nhà nước về trật tự xây dựng đô thị tại Hạ Long: Cơ sở lý luận và khuyến nghị cải cách

TS MAI BÁ LĨNH 242 Nghiên cứu đề xuất các giải pháp nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam

TS VƯƠNG THU GIANG, TS NGUYỄN THỊ THÚY HỒNG 246 Đề xuất các yếu tố kinh tế thành phố cảng ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển

TS ĐỖ VĂN THUẬN, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI 250 Nghiên cứu mô hình ảnh hưởng của hoạt động lập kế hoạch vốn đến tiến độ giải ngân vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông đường bộ tại Việt Nam

HUỲNH THỊ YẾN THẢO, VƯƠNG THỊ THÙY DƯƠNG 254 Nhân tố góp phần hình thành ý định tham gia dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư của Khu vực tư nhân tại Việt Nam

HUỲNH THỊ MINH TRÚC 260 Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công tại TP Đà Nẵng

THS TRƯƠNG MINH HÒA 266 Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chuyển đổi số nhằm nâng cao hiệu quả quản trị đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam

TS NGUYỄN ĐÌNH TÚ, PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI 269 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 NGUYỄN HOÀI NGHĨA 272 Đánh giá các nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến quyết định mua nhà khu dân cư ở tỉnh Long An (cũ)

PGS.TS LÊ BÁ VINH, TS TRẦN VĂN TUẤN, THS TRƯƠNG QUỲNH NHƯ, THS NGUYỄN TUẤN THÔNG, THS TRƯƠNG PHÚC THỌ 277 Phân tích 3D của móng bè cọc cho sức chịu tải, độ lún và hệ số an toàn trong các điều kiện khác nhau

TRAN TAN HUY	134	Design of Thin-Walled beams according to TCVN 5575:2024
NGUYEN THANH TRUONG	138	Analysis of causes and remedial measures for cracks in concrete retaining walls at the border patrol road project in Cao Bang Province
PHAM TRONG TINH, NGUYEN TUAN, DO THI THU HIEN, LE THI NGOC HA	142	Study on selection of the horizontal consolidation coefficient for predicting the settlement of dredged mud used for reclamation
VU HIEU PHUONG, LE HOANG AN	148	Numerical simulation of the compression behavior of circular and square concrete columns wrapped with UHPFRC layer
LE VIET DUNG, DUONG VAN HAI	153	Horizontal displacement analyse of reinforced concrete diaphragm wall during the SemiTopdown construction by the SRM and fem methods
DINH NGOC QUANG HUY, TRUONG DINH NHAT, NGUYEN HUU ANH TUAN, LE THI THUY LINH	158	Optimization of Steel Residential Buildings using SAP2000-OAPI and Evolutionary Algorithms
DUONG VAN HAI, NGUYEN DANG NGUYEN	162	Comparison of minimum longitudinal reinforcement requirements in reinforced concrete flexural members according to TCVN 5574:2018, ACI 318-25, and EC2-2004
DO TIEN THO, NGUYEN HUYNH TAN TAI	168	Mix design and rutting resistance performance of dense-graded asphalt concrete C12.5
NGUYEN THI BICH THUY, TRAN THUC TAI, DAM THANH HUY, LE NGUYEN MINH CHAU, PHAM DUY LAM	174	Evaluation of the cracking resistance of concrete under restrained condition by using expansive agent combining fly ash
TRAN THUY DUONG	178	Study on the relationship between the compressive strength of Non-Fired earth bricks and interlocking masonry using these bricks
NGUYEN XUAN BANG, PHAM DUC TIEP, LE HAI DUONG DINH QUANG TRUNG, DINH VIET THANH	182	Determination of elastic modulus of coral stone used as concrete aggregate
TRAN MINH LONG, TRAN TUAN KIET, DANG NGOC CHAU	186	Adoption of green materials in construction through green procurement: A PRISMA systematic review 2009 - 2025
BUI PHAM DUC TUONG	191	An adaptive RBF neural network optimized via particle swarm optimization for modeling liquid sloshing in seismic tank systems
HOANG HA	198	Using the inertia force series models to evaluate dynamic coefficients for bridges on high-speed railways - experimental application to simple-span pretrested concrete bridge structures
LE KHANH GIANG	204	Design of an interoperable gis database for urban road infrastructure maintenance and digital twin development
VUONG TAN DUC, DU QUANG VINH	208	Application of GIS technology and transportation modeling in the development and planning of commune-level transportation systems in Tay Ninh Province
NGUYEN VIET HUNG, DINH DANG BACH, NGUYEN THU TRANG, LE TU UYEN	212	Study on applying artificial intelligence (AI) in auditing final project settlement reports in Vietnam
NGUYEN VAN QUANG, DANG DINH CHIEN, VU DANG THAI	218	Research on assessing the impact of the navigator when manoeuvring a ship in adverse weather conditions
TRAN KHAC DUONG, DO QUOC CUONG	222	Determining the average trip length of passengers on key bus routes in Hanoi
NGUYEN VAN TUOI, MA VAN LOC, TRAN THI MAI LE, BUI THI HUONG LAN	226	Enhancing the safety and efficiency of students' use of Transportation Modes at Central Transport college v: Current situation and proposed solutions
HOANG QUOC LONG	230	Analysis of saturation flow at signalized intersections in Ha Noi City
LE KHANH LINH, NGUYEN MINH KHOA, DINH DANG QUANG	233	The impact of state management on expressway investment and operation in Vietnam
NGUYEN MANH HOANG, NGUYEN QUOC TOAN, NGUYEN HONG HAI	236	An Institutional Analysis of State management capacity in urban construction order: The Case of Ha Long City and Pathways for Reform
MAI BA LINH	242	Research proposes solutions to improve the quality of human resources in the field of maritime transport and logistics in Vietnam
VUONG THU GIANG, NGUYEN THI THUY HONG	246	Proposals for economic factors of the port city affecting seaport throughput
DO VAN THUAN, NGUYEN LUONG HAI	250	The impact of capital planning on the disbursement progress of public investment in road transport infrastructure: Evidence from Vietnam
HUYNH THI YEN THAO, VUONG THI THUY DUONG	254	The critical factors contributing to private sector's behavioral intention to participate in Vietnam Public-Private partnership projects
HUYNH THI MINH TRUC	260	Factors influencing the selection of design & build contractors in Da Nang City
TRUONG MINH HOA	266	Research proposes digital transformation solutions to improve management efficiency for Vietnamese transportation and logistics enterprises
NGUYEN DINH TU, NGUYEN HONG THAI	269	International experiences in green transition policies for transport infrastructure construction equipment: Lessons for Viet Nam
NGUYEN HOAI NGHIA	272	Examining crucial factors affecting residential purchase decisions in (old) Long An province
LE BA VINH, TRAN VAN TUAN, TRUONG QUYNH NHU, NGUYEN TUAN THONG, TRUONG PHUC THO	277	3D Analysis of piled raft foundation for bearing capacity, settlement and Safety factor under varying conditions

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

Chuẩn hóa hợp đồng để kiểm soát rủi ro khi thực thi Luật Xây dựng (sửa đổi)

THANH NGA

Luật Xây dựng (sửa đổi) năm 2025 thu hẹp tiền kiểm và mở rộng quyền tự chủ cho các chủ thể, các ý kiến cho rằng thách thức then chốt không nằm ở việc cắt giảm thủ tục, mà ở khả năng kiểm soát rủi ro trong quá trình thực thi.

Luật Xây dựng (sửa đổi) năm 2025 (Luật số 135/2025/QH15) được Quốc hội thông qua ngày 10/12/2025 trong bối cảnh yêu cầu cải cách thể chế ngày càng mạnh mẽ, với mục tiêu cắt giảm thủ tục hành chính, mở rộng quyền chủ động cho các chủ thể thị trường và chuyển dần từ tiền kiểm sang hậu kiểm. Tuy nhiên, qua các ý kiến tại hội thảo quốc gia tổ chức tại Trường Đại học Luật Hà Nội trung tuần tháng 01/2026, một thông điệp chung được đặt ra: mở rộng tự chủ chỉ thực sự có ý nghĩa khi đi kèm với năng lực quản trị rủi ro pháp lý, đặc biệt trong hợp đồng, quản lý chi phí và sử dụng dữ liệu hậu kiểm. Nếu không, rủi ro tranh chấp trong xây dựng có thể không giảm mà còn gia tăng.

BẢO ĐẢM TÍNH ỔN ĐỊNH VÀ DỰ BÁO CỦA PHÁP LUẬT

Từ góc nhìn học thuật và hệ thống pháp luật, PGS.TS Tô Văn Hòa - Hiệu trưởng Trường Đại học Luật Hà Nội nhấn mạnh: Luật Xây dựng là đạo luật có vai trò nền tảng, chi phối trực tiếp trật tự đầu tư xây dựng, quan hệ hợp đồng và tổ chức thực hiện dự án. Chất lượng không gian đô thị, khu dân cư, khu công nghiệp phụ thuộc rất lớn vào "khung khổ pháp lý" mà Luật Xây dựng thiết lập. Nếu khung khổ này thiếu rõ ràng, thiếu kỷ luật và thiếu ổn định, hệ quả không chỉ là rối thủ tục mà còn tạo ra môi trường đầu tư thiếu chuẩn mực, thiếu khả năng dự báo.

PGS.TS Tô Văn Hòa lưu ý, đầu tư xây dựng luôn gắn với việc huy động nguồn lực rất lớn, nhiều dự án có quy mô hàng chục nghìn tỷ đồng. Trong bối cảnh đó, rủi ro pháp lý không chỉ xuất hiện ở giai đoạn thi công hay thanh quyết toán, mà đã hình thành ngay từ khâu thiết kế hợp đồng, phân bổ trách nhiệm và cách hiểu, cách áp dụng pháp luật. Đáng chú ý, Luật Xây dựng không vận hành độc lập mà có sự giao thoa chặt chẽ với Bộ luật Dân sự, Luật Thương mại, Luật Đầu tư, Luật Đất đai. Nếu các quy định mới không được giải thích và áp dụng thống nhất, nguy cơ chồng chéo, mâu thuẫn và phát sinh tranh chấp là rất lớn.

Cùng mạch tư duy này, GS.TS Lê Hồng Hạnh - Chủ tịch Trung tâm Trọng tài quốc tế Việt Nam (VIAC) tiếp cận vấn đề từ thực tiễn doanh nghiệp và giải quyết tranh chấp, rủi ro của doanh nghiệp trong hoạt động xây dựng rất nhiều khi bắt nguồn từ chính pháp luật và chính sách. Chỉ một thay đổi nhỏ trong quy định cũng có thể kéo theo rủi ro lớn về chi phí, tiến độ và trách nhiệm. Vì vậy, câu hỏi đặt ra không chỉ là "có rủi ro hay không" mà là "có kiểm soát được rủi ro hay không", và điều này phụ thuộc trực tiếp vào chất lượng, tính ổn định và tính dự báo của hệ thống pháp luật.

Ở góc độ trọng tài, GS.TS Lê Hồng Hạnh cho rằng, dù pháp luật có hoàn thiện đến đâu cũng không thể loại bỏ hoàn toàn rủi ro. Do đó, bên cạnh việc nâng cao chất lượng luật, cần thiết kế các cơ chế giải quyết tranh chấp công bằng, nhanh và hiệu quả để giảm thiểu thiệt hại cho các bên. Cách tiếp cận này cho thấy Luật Xây dựng (sửa đổi) không chỉ là câu chuyện cắt thủ tục, mà là bài toán thiết kế thể chế nhằm kiểm soát rủi ro trong một môi trường pháp lý mở hơn.

TUYẾN PHÒNG THỦ ĐẦU TIÊN CỦA RỦI RO

Nếu nhóm ý kiến thứ nhất đặt vấn đề ở tầm thể chế, thì nhóm ý kiến thứ hai đi thẳng vào "điểm nóng" của thực tiễn dự án: hợp đồng và quản lý chi phí. TS.LS Lê Nết - Phó Chủ tịch Hội Pháp luật xây dựng Việt Nam cho rằng, rủi ro trong xây dựng không nằm ở việc luật mở hay chặt, mà tập trung chủ yếu ở cách thiết kế và thực hiện hợp đồng. Khi phạm vi tiền kiểm được thu hẹp, hợp đồng xây dựng trở thành công cụ pháp lý quan trọng nhất để phân bổ rủi ro giữa các bên.

Theo TS.LS Lê Nết, đặc thù của quản lý hợp đồng xây dựng là phải xử lý đồng thời "chi phí quá khứ" và "chi phí tương lai". Nếu ngay từ đầu không làm rõ bảng phân bổ chi phí, phạm vi công việc, nguyên tắc điều chỉnh giá và nghĩa vụ thông báo phát sinh, thì tranh chấp là điều khó tránh. Thực tế cho thấy, nhiều dự án rơi vào trạng thái "vừa chạy vừa xếp

hàng", hồ sơ chi phí không được chuẩn hóa, chứng cứ lưu giữ tùy tiện, dẫn đến rủi ro lớn khi thanh toán và quyết toán.

Ở góc độ quản lý nhà nước, ông Hồ Ngọc Sơn - Phó Cục trưởng Cục Kinh tế và quản lý đầu tư xây dựng (Bộ Xây dựng) nhìn nhận rằng, cách tiếp cận "tính đúng, tính đủ tại một thời điểm" đã tạo ra nhiều tranh cãi trong thanh tra, kiểm tra và hậu kiểm. Luật Xây dựng mới hướng tới tư duy "xác định chi phí trong cả quá trình", với độ chính xác được hoàn thiện dần, nhằm giảm hiểu nhầm và xung đột giữa cơ quan quản lý và chủ thể thực hiện dự án.

Cùng bàn về quản lý chi phí theo hướng thị trường, PGS. TS Trần Chủng - Chủ tịch Hiệp hội Các nhà đầu tư công trình giao thông đường bộ Việt Nam cho rằng, việc xác định tổng mức đầu tư, dự toán không nên chỉ dựa vào định mức và khối lượng, mà cần dựa trên giá thị trường và dữ liệu thực tế. Tuy nhiên, PGS.TS Trần Chủng cũng thẳng thắn chỉ ra những khó khăn khi tham chiếu dữ liệu quốc tế đối với các dự án lớn như đường sắt, do khác biệt về công nghệ, nhân công, vật liệu và phương pháp quy đổi.

Những ý kiến này cho thấy, trong bối cảnh Luật Xây dựng (sửa đổi) mở rộng quyền tự chủ, nếu năng lực soạn thảo hợp đồng và quản lý chi phí không được nâng cao, rủi ro sẽ bị "dồn" về giai đoạn thực hiện và hậu kiểm, nơi tranh chấp thường phát sinh nhiều nhất.

ĐIỀU KIỆN ĐỂ LUẬT MỚI VẬN HÀNH HIỆU QUẢ

Nhóm ý kiến thứ ba tập trung vào điều kiện thực thi Luật Xây dựng (sửa đổi) trong bối cảnh chuyển đổi số. Ông Vũ Quyết Thắng - Phó viện trưởng Viện Kinh tế Xây dựng (Bộ Xây dựng) nhấn mạnh, việc cho phép tham khảo, sử dụng dữ liệu chi phí của các dự án trong nước và nước ngoài là cần thiết, nhưng rủi ro hậu kiểm sẽ rất lớn nếu áp dụng máy móc. Việc tham khảo chỉ thực sự có ý nghĩa khi có đánh giá đầy đủ về sự tương đồng về địa điểm, thời gian, phạm vi, tính chất và điều kiện thực hiện dự án. Nếu bỏ qua khâu này, sai sót trong hậu kiểm không phải do sử dụng dữ liệu nước ngoài, mà do đánh giá sự phù hợp chưa đầy đủ, kéo theo hậu quả pháp lý cho tổ chức và cá nhân liên quan.

Từ đó, ông Vũ Quyết Thắng cho rằng, quản lý chi phí đầu tư xây dựng cần được đặt trong bối cảnh chuyển đổi số. Việc xây dựng cơ sở dữ liệu quốc gia về xây dựng, kết nối dữ liệu giá, định mức, chi phí và kết quả thực hiện các dự án, gói thầu là nền tảng để nâng cao tính minh bạch và khả năng giải trình. Việc thúc đẩy ứng dụng BIM và các mô hình 4D, 5D không chỉ phục vụ thiết kế và thi công, mà còn giúp kiểm soát chi phí theo thời gian thực, giảm độ trễ thông tin và hạn chế tranh chấp phát sinh. Đặc biệt, dữ liệu tích lũy từ hệ thống đấu thầu qua mạng được coi là nguồn dữ liệu số có giá trị lớn, nếu được khai thác đúng cách sẽ hỗ trợ hiệu quả cho quản lý chi phí và hậu kiểm.

Bổ sung từ góc nhìn tranh tụng, TS.LS Nguyễn Tiến Lập - Thành viên VIAC đặt vấn đề về vai trò, thẩm quyền và tính đại diện của ý kiến cơ quan chuyên môn khi tham gia giải quyết tranh chấp. Nếu không làm rõ vị trí pháp lý của các ý kiến này, ngay cả các tư vấn có chứng chỉ quốc tế cũng có thể gặp rủi ro lớn trong tố tụng. Điều này cho thấy, hậu kiểm không chỉ là câu chuyện kỹ thuật, mà còn liên quan trực tiếp đến thiết kế thể chế và phân định trách nhiệm pháp lý.

Tổng thể các ý kiến cho thấy, Luật Xây dựng (sửa đổi) năm 2025 đang chuyển trọng tâm từ kiểm soát thủ tục sang quản trị rủi ro và hậu kiểm. Tuy nhiên, thông điệp xuyên suốt là: nếu quyền tự chủ được mở rộng nhanh hơn năng lực quản trị hợp đồng, chi phí, dữ liệu và chứng cứ pháp lý, rủi ro tranh chấp trong xây dựng sẽ không giảm mà còn có thể gia tăng. Do đó, cùng với việc ban hành Nghị định và Thông tư hướng dẫn Luật, yêu cầu đặt ra là chuẩn hóa chất lượng hợp đồng xây dựng, củng cố năng lực quản trị rủi ro của chủ đầu tư, nhà thầu và tư vấn, đồng thời xây dựng nền tảng dữ liệu số đủ mạnh để Luật mới có thể vận hành hiệu quả trong thực tiễn.

Đổi mới quản trị để phục vụ phát triển bền vững

> PHONG THƯ

Với trọng tâm hoàn thiện thể chế, tinh gọn bộ máy, xây dựng đội ngũ chuyên nghiệp và thúc đẩy chuyển đổi số, Kế hoạch cải cách hành chính năm 2026 của Bộ Xây dựng hướng tới nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý nhà nước, cải thiện môi trường đầu tư, kinh doanh và chất lượng phục vụ người dân, doanh nghiệp, góp phần thực hiện mục tiêu phát triển nhanh, bền vững trong giai đoạn mới.

Bộ Xây dựng vừa ban hành Quyết định 2271/QĐ-BXD về Kế hoạch cải cách hành chính (CCHC) năm 2026. Kế hoạch được xây dựng trên cơ sở Nghị quyết của Chính phủ về Chương trình tổng thể CCHC nhà nước giai đoạn 2021 - 2030, các chỉ thị của Thủ tướng Chính phủ và yêu cầu thực tiễn của quá trình đô thị hóa nhanh, phát triển hạ tầng quy mô lớn, cùng áp lực cải thiện môi trường đầu tư kinh doanh.

HOÀN THIỆN HỆ THỐNG PHÁP LUẬT ĐỒNG BỘ

Một trong những trụ cột quan trọng của Kế hoạch CCHC năm 2026 là cải cách thể chế. Bộ Xây dựng đặt mục tiêu tiếp tục hoàn thiện hệ thống pháp luật trong lĩnh vực xây dựng và giao thông vận tải, bảo đảm tính đồng bộ, thống nhất và khả thi. Trọng tâm là xử lý các điểm chồng chéo, mâu thuẫn giữa luật, nghị định và các văn bản dưới luật.

Việc hoàn thiện thể chế không chỉ nhằm tạo hành lang pháp lý thông thoáng cho hoạt động đầu tư xây dựng, mà còn góp phần xác lập rõ hơn ranh giới, vai trò giữa Nhà nước và thị trường. Nhà nước tập trung vào kiến tạo, định hướng, kiểm soát rủi ro; thị trường được trao quyền chủ động nhiều hơn trong các hoạt động sản xuất, kinh doanh. Đây là tiền đề quan trọng để thúc đẩy đổi mới sáng tạo, thu hút nguồn lực xã hội vào phát triển hạ tầng, đô thị và nhà ở.

Đồng thời, Bộ cũng nhấn mạnh việc rà soát, sửa đổi, bổ sung các cơ chế, chính sách phát triển khoa học - công nghệ và đổi mới sáng tạo; hoàn thiện khung pháp lý thúc đẩy chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng và giao thông vận tải, để hình thành các mô hình quản lý hiện đại, minh bạch, giảm phụ thuộc vào thủ tục thủ công, giấy tờ.

Song song với đó, Bộ Xây dựng chú trọng nâng cao chất lượng xây dựng văn bản quy phạm pháp luật thông qua việc tăng cường tham vấn ý kiến của các hiệp hội nghề nghiệp, chuyên gia, nhà khoa học và cộng đồng doanh nghiệp, người dân. Yêu cầu về tính minh bạch, nhất quán, ổn định và khả năng dự đoán của pháp luật được đặt lên hàng đầu, nhằm tạo môi trường đầu tư, kinh doanh thuận lợi, lành mạnh và công bằng cho mọi thành phần kinh tế.

CẢI CÁCH THỦ TỤC HÀNH CHÍNH TỪ "GIẢM" SANG "TỐI ƯU"

Nếu như giai đoạn trước tập trung vào cắt giảm số lượng thủ tục, thì Kế hoạch CCHC năm 2026 của Bộ Xây dựng cho thấy bước chuyển rõ rệt sang tối ưu hóa quy trình và trải nghiệm của người dân, doanh nghiệp.

Theo đó, Bộ Xây dựng tiếp tục cắt giảm, đơn giản hoá 100% điều kiện đầu tư kinh doanh không cần thiết hoặc mâu thuẫn, chồng chéo hoặc quy định chung chung; Bãi bỏ 100% điều kiện đầu tư kinh doanh của các ngành, nghề không thuộc danh mục ngành, nghề đầu tư kinh doanh có điều kiện của Luật Đầu tư; Cắt giảm 20% thời gian giải quyết thủ tục hành chính (TTHC), 20% chi phí tuân thủ TTHC; 100% thông tin, giấy tờ, tài liệu trong các TTHC liên quan đến hoạt động sản xuất, kinh doanh chỉ cung cấp 1 lần cho cơ quan hành chính nhà nước; 100% TTHC quy định tại quy chuẩn kỹ thuật, tiêu chuẩn bắt buộc áp dụng phải được công bố, rà soát, cắt giảm, đơn giản hóa.

Tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin trong thực hiện, giải quyết TTHC, tiếp tục đẩy nhanh lộ trình cung cấp dịch vụ công trực tuyến, đảm bảo 100% TTHC đủ điều kiện được thực hiện trực tuyến toàn trình.

Tiếp tục số hóa kết quả giải quyết TTHC thuộc thẩm quyền giải quyết của Bộ Xây dựng đang còn hiệu lực và có giá trị sử dụng, duy trì đảm bảo 100% kết quả giải quyết

TTHC đang còn hiệu lực được số hóa để đảm bảo việc kết nối, chia sẻ dữ liệu trong giải quyết TTHC trên môi trường điện tử, tối thiểu 80% thông tin, dữ liệu số hóa được khai thác, sử dụng lại.

Bảo đảm 100% TTHC liên quan đến doanh nghiệp được thực hiện trực tuyến, thông suốt, liền mạch, hiệu quả, minh bạch, giảm tối đa giấy tờ. Tối thiểu 90% TTHC giữa Bộ Xây dựng với các cơ quan hành chính nhà nước khác và TTHC trong nội bộ Bộ Xây dựng được công bố, công khai và cập nhật kịp thời.

Mức độ hài lòng của người dân, doanh nghiệp về giải quyết TTHC và sự phục vụ của cơ quan hành chính nhà nước trong lĩnh vực xây dựng đạt tối thiểu 95%.

Một điểm nhấn quan trọng trong Kế hoạch CCHC năm 2026 là hoàn thành thực thi phương án phân cấp thẩm quyền giải quyết thủ tục hành chính theo quyết định của Thủ tướng Chính phủ. Việc đẩy mạnh phân cấp cho địa phương, đặc biệt là cấp tỉnh, cấp xã trong một số lĩnh vực quản lý xây dựng, không chỉ nhằm rút ngắn quy trình xử lý công việc, mà còn phù hợp với mô hình chính quyền địa phương hai cấp đang được triển khai. Tuy nhiên, phân cấp không đồng nghĩa với buông lỏng quản lý.

Bảo đảm 100% TTHC nội bộ giữa các cơ quan hành chính nhà nước và trong từng cơ quan hành chính nhà nước được rà soát, cắt giảm, đơn giản hóa thủ tục, thời gian giải quyết, chi phí thực hiện và sửa đổi, hoàn thiện để phù hợp với việc thực hiện tinh gọn, sắp xếp bộ máy, đồng thời bảo đảm thông suốt, hiệu quả; 100% TTHC nội bộ trong từng cơ quan hành chính nhà nước được thực hiện quản trị nội bộ trên môi trường điện tử…

TINH GỌN TỔ CHỨC BỘ MÁY - RÕ NGƯỜI, RÕ VIỆC, RÕ TRÁCH NHIỆM

Cải cách tổ chức bộ máy hành chính nhà nước là trụ cột quan trọng nhằm nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý. Năm 2026, Bộ Xây dựng tập trung triển khai tổ chức bộ máy theo quy định tại Nghị định số 33/2025/NĐ-CP của Chính phủ, đồng thời nghiên cứu, đề xuất sửa đổi quy định về chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ Xây dựng cho phù hợp với tình hình mới. Xây dựng, trình Thủ tướng Chính phủ ban hành danh sách các đơn vị sự nghiệp công lập trực thuộc Bộ Xây dựng.

Việc giảm đầu mối trung gian, khắc phục triệt để tình trạng chồng chéo, trùng lắp chức năng, nhiệm vụ được xác định là yêu cầu xuyên suốt. Cùng với đó, Bộ nghiên cứu, triển khai các biện pháp đổi mới phương thức làm việc, tăng cường xử lý công việc trên môi trường số, mở rộng hình thức họp, hội nghị trực tuyến, qua đó tiết kiệm thời gian, chi phí và nâng cao năng suất lao động.

Đối với các đơn vị sự nghiệp công lập, kế hoạch cải cách nhấn mạnh việc đổi mới tổ chức và quản lý, phân loại rõ chức năng, nhiệm vụ, từng bước chuyển đổi các đơn vị đủ điều kiện sang mô hình tự chủ hoặc công ty cổ phần, phù hợp với yêu cầu phát triển thị trường dịch vụ công.

Mọi cải cách đều chỉ có thể đi vào thực chất khi gắn với xây dựng đội ngũ cán bộ, công chức, viên chức có năng lực, phẩm chất và tinh thần trách nhiệm. Năm 2026, Bộ Xây dựng tiếp tục hoàn thiện các quy định về tiêu chuẩn chức danh, vị trí việc làm, khung năng lực, bảo đảm bố trí đúng người, đúng việc.

> ***Năm 2026, Bộ Xây dựng đặt mục tiêu 100% hồ sơ công việc được xử lý trên môi trường điện tử; tối thiểu 80% hồ sơ thủ tục hành chính được xử lý hoàn toàn trực tuyến; tỷ lệ hồ sơ trực tuyến toàn trình đạt 85%".***

Bên cạnh đó, Bộ phối hợp triển khai cải cách chính sách tiền lương theo lộ trình chung, gắn thu nhập với hiệu quả công việc; tăng cường kỷ luật, kỷ cương hành chính; đề cao trách nhiệm người đứng đầu trong quản lý cán bộ, xử lý nghiêm các hành vi vi phạm, kể cả khi đã chuyển công tác hoặc nghỉ hưu.

THÚC ĐẨY CHUYỂN ĐỔI SỐ TRONG TOÀN NGÀNH

Cải cách tài chính công trong lĩnh vực xây dựng được triển khai theo hướng tăng cường phân cấp, trao quyền chủ động cho các đơn vị, đồng thời nâng cao trách nhiệm giải trình và giám sát. Bộ Xây dựng tiếp tục hoàn thiện cơ chế tự chủ tài chính đối với các đơn vị sự nghiệp công lập, đẩy mạnh xã hội hóa dịch vụ công, từng bước chuyển sang cung ứng dịch vụ theo cơ chế thị trường khi đủ điều kiện.

Song song với đó, việc tái cơ cấu doanh nghiệp nhà nước, đổi mới cơ chế quản lý vốn nhà nước đầu tư tại doanh nghiệp được triển khai nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng vốn...

Xây dựng và phát triển Chính phủ điện tử, Chính phủ số được xác định là trụ cột xuyên suốt của Kế hoạch. Năm 2026, Bộ Xây dựng đặt mục tiêu 100% hồ sơ công việc được xử lý trên môi trường điện tử; tối thiểu 80% hồ sơ thủ tục hành chính được xử lý hoàn toàn trực tuyến; tỷ lệ hồ sơ trực tuyến toàn trình đạt 85%. Việc hoàn thiện hệ thống thông tin giải quyết thủ tục hành chính theo mô hình tập trung, kết nối với hệ thống chỉ đạo, điều hành của Chính phủ, yêu cầu bảo đảm an toàn thông tin theo cấp độ cho 100% hệ thống thông tin, cho thấy cách tiếp cận bài bản, có chiều sâu, hướng tới vận hành nền hành chính số an toàn, tin cậy.

Để các nhiệm vụ CCHC không dừng ở Kế hoạch, Bộ Xây dựng chú trọng tăng cường công tác chỉ đạo, điều hành theo hướng khoa học, thông suốt, hiệu quả. Việc huy động và sử dụng hiệu quả các nguồn lực cho cải cách; đẩy mạnh thông tin, tuyên truyền; tổ chức phong trào thi đua chuyên đề về CCHC được triển khai đồng bộ, tạo động lực lan tỏa trong toàn Ngành.❖

XÂY DỰNG CÁC VĂN BẢN HƯỚNG DẪN THI HÀNH LUẬT HÀNG KHÔNG DÂN DỤNG VIỆT NAM:

Xác lập hành lang pháp lý minh bạch trong thực thi

> **BÌNH MINH**

Trong năm 2026, các văn bản hướng dẫn thi hành Luật Hàng không dân dụng Việt Nam 2025 (chính thức có hiệu lực từ ngày 01/7/2026) sẽ được hoàn thiện, đảm bảo đáp ứng yêu cầu pháp lý, trên tinh thần lấy tính khả thi và hiệu quả áp dụng làm trọng tâm, không bỏ sót, không tạo khoảng trống pháp lý, chồng chéo.

NỀN TẢNG PHÁP LÝ VỮNG CHẮC CHO SỰ PHÁT TRIỂN NGÀNH HÀNG KHÔNG

Sau 19 năm thi hành, Luật Hàng không dân dụng Việt Nam 2006 (HKDDVN) đã tạo lập hành lang pháp lý vững chắc, đưa ngành hàng không đạt chuẩn ICAO và khẳng định vị thế hàng đầu khu vực về năng lực giám sát an toàn. Những thành tựu này không chỉ giúp các hãng bay Việt Nam mở rộng thị trường quốc tế (chiếm trên 42% thị phần) mà còn thúc đẩy hạ tầng hiện đại, đóng góp tích cực vào sự phát triển KT-XH và liên kết vùng.

Tuy nhiên, trước những yêu cầu mới từ thực tiễn và hội nhập quốc tế, việc xây dựng Luật thay thế là cần thiết nhằm đảm bảo tính đồng bộ với hệ thống pháp luật trong nước và các công ước quốc tế trong việc nội luật hóa vai trò của Nhà chức trách hàng không; kiện toàn đội ngũ giám sát viên; hoàn thiện cơ chế điều tra tai nạn độc lập; đồng thời tích hợp các quy định về quản lý an toàn, bảo vệ môi trường và ứng phó biến đổi khí hậu để hướng tới mục tiêu phát triển bền vững.

Trên cơ sở đó, Luật HKDDVN 2025 được xây dựng và ban hành đã thể chế hóa chủ trương, chính sách của Đảng và Nhà nước, hoàn thiện cơ chế, chính sách trong lĩnh vực hàng không dân dụng; thực hiện cam kết của Việt Nam với cộng đồng quốc tế; tăng cường hiệu lực, hiệu quả công tác quản lý nhà nước lĩnh vực hàng không dân dụng….

Theo Cục trưởng Cục Hàng không Việt Nam Uông Việt Dũng, Luật HKDDVN 2025 đã làm rõ chức năng, nhiệm vụ và thẩm quyền của Cục Hàng không Việt Nam trong công tác quản lý, giám sát hoạt động hàng không dân dụng. Trên cơ sở Luật, Cục Hàng không Việt Nam có điều kiện thuận lợi hơn để thực hiện hiệu quả các nhiệm vụ trọng tâm như bảo đảm an toàn hàng không; quản lý hoạt động bay; giám sát khai thác cảng hàng không, sân bay; cấp phép, kiểm tra và thanh tra chuyên ngành theo đúng quy định pháp luật và phù hợp với thông lệ quốc tế. Bên cạnh đó, việc ban hành Luật thúc đẩy cải cách thủ tục hành chính, tăng cường phân cấp, phân quyền, tạo môi trường pháp lý minh bạch, thuận lợi cho doanh nghiệp và người dân.

Với vai trò đầu mối trong việc tổ chức thực thi Luật, hướng dẫn, kiểm tra và giám sát quá trình triển khai trong toàn ngành, Cục Hàng không Việt Nam xác định việc xây dựng văn bản QPPL hướng dẫn thi hành Luật là nhiệm vụ trọng tâm, yêu cầu các đơn vị bám sát tiến độ theo chương trình xây dựng văn bản QPPL, đảm bảo đáp ứng yêu cầu pháp lý, trên tinh thần rà soát sâu quy định mới của Luật, phân tích các điểm mới, lấy tính khả thi và hiệu quả áp dụng làm trọng tâm, không bỏ sót, không tạo khoảng trống pháp lý, chồng chéo.

Tại cuộc họp đầu năm 2026 của Cục Hàng không Việt Nam, ông Uông Việt Dũng cũng yêu cầu các đơn vị tham khảo kinh nghiệm thực tiễn để có điều chỉnh phù hợp, tạo cơ chế thông thoáng, đổi mới sáng tạo, phối hợp với các cơ quan chức năng liên quan trong quá trình xây dựng văn bản đảm bảo tính thống nhất pháp luật, tránh chồng chéo và phù hợp với hệ thống luật quốc gia. Đồng thời tăng cường hậu kiểm, gắn trách nhiệm cho doanh nghiệp với các chế tài nghiêm khắc, không để xảy ra tiêu cực, lợi ích nhóm trong quá trình xây dựng nội dung văn bản quy phạm. Ngoài ra, chú trọng việc cập nhật các tiêu chuẩn, khuyến cáo quốc tế của ICAO nhằm đáp ứng yêu cầu hội nhập và nâng cao chất lượng quản lý nhà nước về hàng không dân dụng…

15 dự thảo Nghị định và Thông tư được Cục Hàng không Việt Nam xây dựng, trình cấp có thẩm quyền ban hành năm 2026 gồm: Nghị định về nhà chức trách hàng không và quản lý an toàn; Nghị định về tàu bay, khai thác tàu bay; Nghị định về hoạt động bay; Nghị định về cảng hàng không, bãi cất cánh; Nghị định về vận tải hàng không.

Trong năm 2026, Cục Hàng không Việt Nam sẽ xây dựng và trình cấp có thẩm quyền ban hành 5 Nghị định và 10 Thông tư hướng dẫn thi hành Luật Hàng không dân dụng Việt Nam 2025 (gồm 11 chương, 107 điều, chính thức có hiệu lực từ ngày 01/7/2026, thể chế hóa chủ trương, chính sách của Đảng và Nhà nước, hoàn thiện cơ chế, chính sách trong lĩnh vực hàng không dân dụng.

Luật HKDDVN 2025 được kỳ vọng tạo môi trường kinh doanh ổn định thông qua việc hoàn thiện các quy định về hạ tầng cảng hàng không, vận tải hàng không.

Trong khi đó, các Thông tư gồm: Thông tư ban hành Chương trình an toàn hàng không dân dụng Việt Nam; Thông tư ban hành Bộ quy chế an toàn hàng không quy định chi tiết về tàu bay và khai thác tàu bay; Thông tư quy định chi tiết về bảo đảm kỹ thuật nhiên liệu hàng không; Thông tư quy định về giảm phát thải và bù trừ các-bon từ các chuyến bay quốc tế; Thông tư quy định chi tiết về quản lý và bảo đảm hoạt động bay; Thông tư quy định chi tiết về quản lý, khai thác cảng hàng không; Thông tư quy định chi tiết về vận tải hàng không; Thông tư quy định cơ chế, chính sách quản lý giá dịch vụ trong lĩnh vực hàng không; Thông tư ban hành định mức kinh tế - kỹ thuật đối với dịch vụ thuê chuyên cơ có tính đến tàu bay dự bị sử dụng ngân sách nhà nước; Thông tư quy định về quản lý, bảo trì công trình hàng không.

KỲ VỌNG NHỮNG CHUYỂN BIẾN TÍCH CỰC

Theo Cục Hàng không Việt Nam, việc ban hành Luật HKDDVN 2025 dự kiến sẽ tạo ra những chuyển biến tích cực và sâu rộng đối với người dân cũng như cộng đồng doanh nghiệp. Có thể kể đến như tạo ra bước đột phá trong việc tối ưu hóa nguồn lực thông qua việc xác lập hành lang pháp lý minh bạch, làm rõ quyền và nghĩa vụ của doanh nghiệp cảng trong quá trình đầu tư. Các quy định của Luật giúp giải phóng các nguồn lực tài chính, các rào cản trong hoạt động đầu tư cảng hàng không. Việc chuẩn hóa các quy định về đầu tư, nâng cấp và cải tạo công trình tại cảng hàng không đóng vai trò quyết định giúp doanh nghiệp chủ động kế hoạch kinh doanh. Đồng thời, cơ chế này đảm bảo sự gắn kết chặt chẽ với quy hoạch chi tiết, tối ưu hóa hiệu quả sử dụng quỹ đất cảng hàng không và khơi thông dòng vốn đầu tư xã hội hóa, giảm áp lực cho ngân sách nhà nước.

Ngoài ra, tạo môi trường kinh doanh ổn định thông qua việc hoàn thiện các quy định về hạ tầng cảng hàng không, vận tải hàng không, đồng thời xác lập rõ quyền, nghĩa vụ của các doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực hàng không dân dụng. Những quy định này tạo điều kiện thuận lợi để các hãng hàng không tham gia sâu hơn vào chuỗi cung ứng dịch vụ, giúp doanh nghiệp chủ động trong việc xây dựng chiến lược kinh doanh và tổ chức mạng lưới hoạt vận chuyển hàng không. Sự rõ ràng về khung pháp lý cùng sự tham gia đa dạng của các thành phần kinh tế là yếu tố quan trọng hỗ trợ thúc đẩy cạnh tranh lành mạnh, giúp các doanh nghiệp hàng không Việt Nam từng bước hội nhập và củng cố vị thế trong chuỗi cung ứng hàng không dân dụng quốc tế.

Trong khi đó, quyền lợi của hành khách cũng được bảo đảm thông qua các quy định cụ thể về chất lượng dịch vụ vận chuyển và trách nhiệm của các bên liên quan. Việc hoàn thiện khung pháp lý về nghĩa vụ của hãng hàng không trong các trường hợp chậm, hủy chuyến và các quy định về bảo vệ quyền lợi người tiêu dùng trong lĩnh vực hàng không giúp người dân yên tâm hơn khi sử dụng dịch vụ.

Đồng thời, việc minh bạch hóa các quy trình an toàn, an ninh và chuẩn hóa các điều khoản hợp đồng vận chuyển tạo điều kiện để hành khách thực hiện đúng quyền và nghĩa vụ của mình, góp phần xây dựng văn hóa giao thông hàng không văn minh.

Đặc biệt, các quy định mới giúp nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước, xác lập rõ ràng phạm vi trách nhiệm giữa các cơ quan quản lý nhà nước. Việc luật hóa cơ chế tài chính đặc thù cho Nhà chức trách hàng không và Nhà chức trách an ninh hàng không không chỉ đảm bảo tính độc lập về nguồn lực mà còn tạo nền tảng vững chắc để tăng cường hiệu lực, hiệu quả trong công tác giám sát an toàn và an ninh hàng không, đảm bảo Việt Nam tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn quốc tế của ICAO.

Định hình tầm nhìn hạ tầng xanh

ĐÌNH QUANG

Không chỉ dừng lại ở các con số, ngành Xây dựng đã từng bước đặt nền móng cho hạ tầng xanh, hạ tầng số và hạ tầng thích ứng với biến đổi khí hậu, với các mô hình đô thị thông minh, giao thông thông minh, công trình xanh và vật liệu xanh.

Năm 2025 khép lại với dấu ấn đậm nét của một năm tăng tốc mạnh mẽ trong đầu tư phát triển kết cấu hạ tầng giao thông. Hàng loạt dự án quy mô lớn được khởi công, hoàn thành và đưa vào khai thác trên khắp cả nước trong 5 năm qua (2021 - 2025), tạo động lực quan trọng cho tăng trưởng kinh tế - xã hội. Những kết quả nổi bật này không chỉ phản ánh nỗ lực điều hành quyết liệt của Bộ Xây dựng trong nhiệm kỳ, mà còn đặt nền móng vững chắc cho chiến lược phát triển hạ tầng hiện đại, thông minh và bền vững giai đoạn 2026 - 2030.

TĂNG TỐC CHƯA TỪNG CÓ CỦA HẠ TẦNG GIAO THÔNG QUỐC GIA

Theo Thứ trưởng Bộ Xây dựng Nguyễn Danh Huy, từ đầu năm 2025 đến nay, nhiều dự án hạ tầng trọng điểm quốc gia đã có chuyển biến tích cực rõ rệt, đặc biệt là các dự án đường bộ cao tốc Bắc - Nam và các tuyến liên vùng có vai trò chiến lược. Trong năm 2025, có 9 dự án đã được khởi công, 12 dự án hoàn thành và đưa vào khai thác; riêng ngày 19/12/2025, Bộ Xây dựng tiếp tục khởi công thêm 4 dự án, hoàn thành đưa vào khai thác 3 dự án và thông xe kỹ thuật thêm 6 dự án.

Những con số này cho thấy nhịp độ triển khai hiếm thấy trong nhiều năm qua, phản ánh tinh thần quyết liệt, đồng bộ từ Trung ương đến địa phương, cũng như hiệu quả của cơ chế điều hành tập trung, xuyên suốt.

Đến hết năm 2025, trên cả nước đã có 3.345 km đường bộ cao tốc đã được hoàn thành, cùng với 1.701 km đường bộ ven biển đưa vào khai thác. Đây là bước tiến vượt bậc so với các giai đoạn trước, thể hiện rõ kết quả của phong trào thi đua "500 ngày đêm thi đua hoàn thành 3.000 km đường bộ cao tốc", cũng như sự vào cuộc đồng bộ của cả hệ thống chính trị trong huy động và tổ chức thực hiện các dự án trọng điểm.

Không chỉ tập trung cho cao tốc, trong giai đoạn 2021 - 2025, Bộ Xây dựng đã hoàn thành 59 dự án quốc lộ, với tổng chiều dài 1.586,5 km; riêng năm 2025 hoàn thành 21 dự án, tương đương 456,4 km. Đây là những tuyến huyết mạch, đóng vai trò quan trọng trong kết nối vùng, liên kết khu kinh tế, khu công nghiệp và các trung tâm đô thị.

Tuyến đường bộ ven biển cũng được xác định là một trục động lực mới trong quy hoạch mạng lưới đường bộ quốc gia, với tổng chiều dài 2.813 km, quy mô tối thiểu đường cấp III, IV. Đến nay, 1.450 km đã được đưa vào khai thác; khoảng 591 km đang thi công, trong đó 251 km hoàn thành dịp 19/12/2025 và 340 km dự kiến hoàn thành sau năm 2025. Khi hoàn chỉnh, tuyến đường này không chỉ mở ra không gian phát triển mới cho các địa phương ven biển mà còn tăng cường khả năng ứng phó với biến đổi khí hậu và bảo đảm quốc phòng - an ninh.

Ở lĩnh vực đường sắt, Bộ Xây dựng đã khởi công dự án xây dựng cầu đường sắt Cẩm Lý trên tuyến Kép - Hạ Long; đang triển khai 10 dự án thuộc kế hoạch đầu tư công trung hạn 2021 - 2025 và 2016 - 2020. Đặc biệt, Bộ Xây dựng đã tích cực chuẩn bị các điều kiện cần thiết để phấn đấu khởi công dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam trong năm 2026, dự án có ý nghĩa chiến lược lâu dài đối với năng lực cạnh tranh và cấu trúc giao thông quốc gia.

Một dấu mốc quan trọng khác là việc khởi công dự án thành phần 1 tuyến đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng vào ngày 19/12/2025 theo chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ. Song song với đó, Bộ Xây dựng đã hướng dẫn, chỉ đạo các chủ đầu tư phối hợp chặt chẽ với địa phương trong công tác giải phóng mặt bằng, hỗ trợ và tái định cư; đến nay đã khởi công các khu tái định cư tại 12/15 tỉnh đối với dự án đường sắt tốc độ cao và 4/6 tỉnh đối với dự án Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng.

Trong lĩnh vực hàng không, năm 2025 ghi dấu những

Những kết quả đạt được trong nhiệm kỳ 2021 - 2025 đã góp phần quan trọng kéo giảm chi phí logistics từ mức 21% GDP năm 2018 xuống còn khoảng 17 - 18% hiện nay, qua đó nâng cao năng lực cạnh tranh của nền kinh tế. Không chỉ dừng lại ở các con số, ngành Xây dựng đã từng bước đặt nền móng cho hạ tầng xanh, hạ tầng số và hạ tầng thích ứng với biến đổi khí hậu, với các mô hình đô thị thông minh, giao thông thông minh, công trình xanh và vật liệu xanh".

Bộ trưởng Bộ Xây dựng Trần Hồng Minh

công trình mang tính biểu tượng. Nhà ga T3 - Cảng HKQT Tân Sơn Nhất đã được khánh thành, đưa vào sử dụng đúng dịp kỷ niệm 50 năm giải phóng miền Nam, thống nhất đất nước; Cảng HKQT Long Thành (giai đoạn 1) cũng chính thức được đưa vào khai thác ngày 19/12/2025, tạo cú hích lớn cho mạng lưới hàng không quốc gia và khu vực phía Nam. Cùng với đó, hàng loạt dự án như Gia Bình, Phú Quốc, Cát Bi, T2 Nội Bài, Đồng Hới, Phù Cát, Cà Mau, Vinh… đang được triển khai đồng bộ, đáp ứng mục tiêu tiến độ theo chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ.

Ở lĩnh vực đường thủy nội địa và hàng hải, Bộ Xây dựng đã hoàn thành và đưa vào khai thác các bến số 3, 4, 5, 6 tại cảng biển Lạch Huyện; khởi công cảng Hòn Khoai, Bãi Giốc, tạo nền tảng phát triển kinh tế biển gắn với bảo đảm quốc phòng, an ninh. Đồng thời, Bộ Xây dựng đã ký hiệp định vay vốn dự án Phát triển các hành lang đường thủy và logistics khu vực phía Nam, dự kiến khởi công trong năm 2026.

ĐẶT NỀN MÓNG CHO HẠ TẦNG XANH, HẠ TẦNG SỐ

Theo Bộ trưởng Bộ Xây dựng Trần Hồng Minh, những kết quả đạt được trong nhiệm kỳ 2021 - 2025 đã góp phần quan trọng kéo giảm chi phí logistics từ mức 21% GDP năm 2018 xuống còn khoảng 17 - 18% hiện nay, qua đó nâng cao năng lực cạnh tranh của nền kinh tế. Không chỉ dừng lại ở các con số, ngành Xây dựng đã từng bước đặt nền móng cho hạ tầng xanh, hạ tầng số và hạ tầng thích ứng với biến đổi khí hậu, với các mô hình đô thị thông minh, giao thông thông minh, công trình xanh và vật liệu xanh.

Tuy nhiên, trong bối cảnh mới, Bộ trưởng Trần Hồng Minh cũng thẳng thắn nhìn nhận những hạn chế: Tính đồng bộ và liên kết vùng chưa cao; quy hoạch hạ tầng chưa thực sự đi trước một bước; nhiều đô thị lớn vẫn đối mặt với ùn tắc, quá tải; nguồn lực đầu tư còn phân tán; chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong quản lý, phát triển hạ tầng chưa theo kịp yêu cầu thực tiễn.

Khi thế giới đang chuyển mạnh sang kinh tế xanh, kinh tế số, kinh tế tuần hoàn, cùng với sự bùng nổ của khoa học - công nghệ, trí tuệ nhân tạo, phát triển kết cấu hạ tầng trong kỷ nguyên mới không thể chỉ dừng lại ở "bê tông hóa", mà phải chuyển mạnh sang "thông minh hóa" và "xanh hóa", lấy hiệu quả tổng thể, phát triển bền vững và nâng cao chất lượng sống của người dân làm mục tiêu xuyên suốt.

Trên tinh thần đó, trong kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội và đầu tư công trung hạn giai đoạn 2026 - 2030, Đảng ủy và lãnh đạo Bộ Xây dựng xác định trọng tâm là phát triển hệ thống kết cấu hạ tầng quốc gia đồng bộ, hiện đại, thông minh, xanh; tập trung nguồn lực Trung ương cho các công trình hạ tầng chiến lược, dự án trọng điểm quốc gia; đồng thời đổi mới mạnh mẽ cơ chế huy động và sử dụng nguồn lực xã hội.

Bộ Xây dựng tiếp tục hoàn thiện thể chế, chính sách pháp luật; tăng cường phân cấp, phân quyền gắn với mô hình chính quyền địa phương hai cấp; phân định rõ trách nhiệm giữa Trung ương và địa phương; nâng cao kỷ luật, kỷ cương trong quản lý đầu tư xây dựng; đẩy mạnh chuyển đổi số, ứng dụng khoa học - công nghệ trong quản lý dự án và quản lý chất lượng công trình, kiên quyết không đánh đổi chất lượng, an toàn và hiệu quả lâu dài vì áp lực tiến độ.

Riêng năm 2026, Bộ Xây dựng sẽ tập trung hoàn thiện thủ tục để khởi công dự án thành phần 2 tuyến đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng; triển khai lập Báo cáo nghiên cứu khả thi dự án đường sắt tốc độ cao trục Bắc - Nam; khởi công dự án cải tạo đường sắt khu gian Hòa Duyệt - Thanh Luyện sử dụng vốn ODA của EDCF; đồng thời chuẩn bị đầu tư các dự án đường sắt nguồn vốn trung hạn 2026 - 2030 và hoàn thành, bàn giao các dự án vốn trung hạn 2021 - 2025.

Năm 2026 làm BIM có gì mới?

THS LÊ TÙNG LÂM*

Làm BIM vào năm 2026 không thể chỉ là thêm một phần mềm mới, một khóa đào tạo mới hay vài slide "chuyển đổi số" cho đẹp. Nếu chỉ dừng ở đó, chúng ta sẽ lặp lại đúng vòng quay 10 năm qua: mô hình 3D ngày càng bóng bẩy, nhưng quyết định vẫn dựa trên file PDF, bản vẽ 2D và cảm tính của từng cá nhân. Cải cách thật sự phải bắt đầu từ chỗ sâu nhất: Chúng ta hiểu BIM là gì? Chúng ta đối xử với dữ liệu ra sao? Và, chúng ta dám thay đổi đến mức nào trong cách thiết kế, xây dựng, quản lý đô thị?

Suốt một thập kỷ, BIM ở Việt Nam bị nhốt trong những "cái hộp" mang tên file. Mọi thứ xoay quanh việc gửi - nhận, mở - sửa, lưu - xuất. Một mô hình vài trăm MB, được tạo bởi cả đội ngũ trong nhiều tháng, cuối cùng chỉ đóng vai trò minh họa cho bộ hồ sơ giấy. Dữ liệu bên trong nó - kích thước, vật liệu, cao độ, mối quan hệ giữa các hệ thống - gần như không được sử dụng như một tài sản chiến lược. Khi có thay đổi, chúng ta lưu file mới, đặt tên thêm "v3", "final", "final_2", rồi gửi qua email. Tranh cãi về trách nhiệm và sai sót diễn ra trong vùng mờ: ai sửa, sửa lúc nào, sửa cái gì, tác động đến đâu? Không có câu trả lời rõ ràng vì không có hệ thống dữ liệu đủ minh bạch để nói thay con người.

Nếu muốn năm 2026 trở thành bước ngoặt, chúng ta phải dám tuyên bố: BIM không còn là "công cụ vẽ", BIM phải trở thành "hạ tầng dữ liệu". Và chính ở đây, Speckle đem lại gợi ý mạnh mẽ cho hướng cải cách. Khi mô hình được đưa lên Speckle, nó không còn là một file tĩnh, mà là một đồ thị các đối tượng sống: tường, dầm, cột, ống, cống, thiết bị, cảm biến… mỗi đối tượng mang trên mình metadata, lịch sử thay đổi, mối quan hệ với những đối tượng khác. Mỗi lần chỉnh sửa, chúng ta không "save file" mà tạo ra một commit - một sự kiện có thể truy vết: ai làm, lúc nào, thay đổi gì, khác gì với trước đó. Dòng chảy này biến BIM từ sản phẩm đóng hộp thành quá trình liên tục, minh bạch, có thể kiểm toán.

Cải cách BIM cho Việt Nam không phải là "đưa Speckle vào cho vui", mà là dùng tư duy Speckle để viết lại cách chúng ta tổ chức dự án. Ở cấp độ dự án, BEP không thể chỉ liệt kê phần mềm, trách nhiệm và tiến độ, mà phải định nghĩa rõ ràng pipeline dữ liệu: bao nhiêu stream, cho bộ môn nào, quy tắc commit là gì, metadata tối thiểu cho từng đối tượng gồm những gì, ai có quyền review và approve, snapshot nào là "bản chuẩn" để phê duyệt. Thay vì gửi bản vẽ qua email rồi gọi đó là "hồ sơ phát hành", chúng ta cần coi một tập commit đã được phê duyệt là cây mốc dữ liệu chính thức. Khi đó, tranh cãi "ai sửa sai" sẽ nhường chỗ cho bằng chứng dữ liệu khách quan; trách nhiệm trở nên rõ ràng hơn, và sự công bằng cho người làm đúng cũng được bảo vệ tốt hơn.

Trên nền đó, Speckle mở cánh cửa cho tự động hóa - thứ mà lâu nay chúng ta nói nhiều mà làm chưa được bao nhiêu. Khi toàn bộ mô hình trở thành dữ liệu có cấu trúc, API trở thành ngôn ngữ chung cho các "robot BIM". Một script Python có thể tự động quét commit mới, kiểm tra quy tắc đặt tên, kiểm tra level, host, phân loại, phát hiện clash, thống kê khối lượng và sinh báo cáo gửi cho BIM Manager. Thay vì để kỹ sư mất giờ liền kiểm tra từng family, từng hệ thống, chúng ta để máy làm phần lặp lại và để con người dành năng lượng cho những bài toán khó hơn: tối ưu giải pháp, phân tích rủi ro, thuyết phục chủ đầu tư, nâng chất lượng đô thị. Đó là lúc chuyển đổi số không còn là khẩu hiệu, mà là sự giải phóng thực sự cho đội ngũ kỹ sư.

Nhưng cải cách này không thể dừng ở từng công ty. Nếu cơ quan quản lý vẫn yêu cầu hồ sơ 2D như bằng chứng duy

(*) *Trưởng Ban Đô thị HĐND TP Đà Nẵng*

BIM

BUILDING INFORMATION MODELING

nhất, dữ liệu BIM sẽ luôn bị kéo xuống làm "phụ họa" cho bản vẽ giấy. Muốn BIM thực sự bước sang kỷ nguyên mới, Nhà nước phải dũng cảm thay đổi góc nhìn: chấp nhận mô hình dữ liệu - và các commit có truy vết - như một dạng hồ sơ pháp lý. Thẩm định không chỉ là nhìn vào mặt cắt, mặt bằng, mà là đặt câu hỏi vào chính dữ liệu: chiều cao có đúng không, hệ số sử dụng đất có chính xác không, cao độ thoát nước có đáp ứng yêu cầu không, các hệ thống có xung đột không. Khi cơ quan quản lý bắt đầu "đọc dữ liệu" thay vì chỉ đọc bản vẽ, doanh nghiệp sẽ có động lực để đầu tư nghiêm túc cho pipeline BIM-Speckle-QC-BI và các chuẩn như ISO 19650, IFC, phân loại UniClass... sẽ có "đất sống" thật sự.

Trên bình diện đô thị, sự thay đổi này mang ý nghĩa sâu sắc hơn nhiều. Các thành phố Việt Nam, đặc biệt là những đô thị ven biển, ven sông đang bước vào giai đoạn phải đối mặt với lũ lụt, triều cường, nắng nóng và áp lực hạ tầng đồng thời. Không một thành phố nào có thể trụ vững nếu chỉ dựa vào hồ sơ thiết kế tĩnh và báo cáo thống kê chậm trễ. Khi BIM hạ tầng, công trình, thoát nước, giao thông được đẩy lên Speckle và kết nối với GIS, dữ liệu mưa, dữ liệu cảm biến mực nước, dòng chảy, lưu lượng giao thông…, chúng ta sẽ có một "đồ thị đô thị sống". Một cơn bão không còn chỉ là "tình huống thiên tai", mà là một chuỗi nhập liệu vào hệ thống; từ đó, mô hình có thể dự báo điểm ngập, tuyến tắc, khu vực cần sơ tán, công trình cần bảo vệ đặc biệt. BIM khi ấy trở thành một phần của năng lực phòng chống và thích ứng, không còn là phần "đẹp mắt" trong giai đoạn thiết kế.

Tuy vậy, mọi cải cách đều đòi hỏi dũng khí. Dũng khí để thừa nhận rằng cách làm cũ - xoay quanh file, quanh email, quanh những "final_v3" - đã lỗi thời. Dũng khí để đầu tư thời gian cho đội ngũ học cách nghĩ bằng dữ liệu, làm quen với commit, stream, API. Dũng khí để sửa đổi quy định, quy trình thẩm định, cơ chế thanh toán sao cho dữ liệu được công nhận là tài sản chung, không chỉ là công cụ nội bộ của nhà thầu hay tư vấn. Năm 2026 vì thế có thể là một cột mốc. Hoặc nó sẽ trôi qua như bao năm khác, với vài hội thảo về BIM, vài slide về AI, rồi đâu lại vào đấy. Hoặc nó sẽ được nhớ như thời điểm ngành Xây dựng Việt Nam quyết định xoay trục: từ file sang dữ liệu, từ thao tác thủ công sang tự động hóa, từ mô hình tĩnh sang đồ thị sống, từ BIM "cho đẹp hồ sơ" sang BIM như một hạ tầng dữ liệu phục vụ phát triển đô thị và bảo vệ con người. Speckle ở đây không phải là "cứu tinh" duy nhất, nhưng là một biểu tượng rõ ràng cho tư duy mới: BIM phải chảy như dòng dữ liệu, không bị nhốt trong những chiếc hộp file.

Nếu chúng ta đủ tỉnh táo để thấy những giới hạn của hiện tại, đủ can đảm để thay đổi, đủ kiên nhẫn để xây dựng lại quy trình và năng lực quanh dữ liệu, thì cải cách BIM năm 2026 sẽ không chỉ là câu chuyện kỹ thuật. Nó sẽ trở thành bước đi chiến lược, đặt nền móng cho một thế hệ công trình, tuyến đường, cây cầu, khu đô thị và thành phố biết "nhớ", biết "học" và biết "bảo vệ" con người tốt hơn. Và có lẽ, đó chính là ý nghĩa sâu xa nhất của việc làm BIM trong kỷ nguyên mới.❖

Đào tạo lái xe trong dòng chảy chuyển đổi số quốc gia

> HOÀNG LONG

Bộ Xây dựng vừa có Tờ trình Chính phủ về Dự thảo Nghị định sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định 160/2024/NĐ-CP của Chính phủ về hoạt động đào tạo và sát hạch lái xe.

ĐƠN GIẢN HOÁ THỦ TỤC

Nghị định số 160/2024/NĐ-CP của Chính phủ thi hành đã góp phần nâng cao hiệu lực, hiệu quả công tác quản lý nhà nước về đào tạo, sát hạch lái xe cơ giới đường bộ; tăng tính minh bạch qua kiểm soát bằng hệ thống giám sát, dữ liệu tập trung; phù hợp xu hướng chuyển đổi số, đào tạo bằng hình thức điện tử, giảm chi phí và thủ tục hành chính… Tuy nhiên, một số khó khăn, thách thức đối với các cơ sở đào tạo, trung tâm sát hạch lái xe như: yêu cầu đầu tư mạnh về cơ sở hạ tầng kỹ thuật, thiết bị giám sát, đường truyền Internet; cơ sở đào tạo có mô hình nhỏ, vùng sâu vùng xa có thể khó đáp ứng tiêu chuẩn mới; yêu cầu nguồn nhân lực chất lượng cao (giáo viên, quản lý) có thể chưa kịp chuẩn hóa nhanh… Sau ngày 01/7/2025, mô hình chính quyền địa phương hai cấp đi vào hoạt động, việc sáp nhập các bộ, ngành từ Trung ương đến địa phương dẫn đến sự thay đổi về chức năng, nhiệm vụ của một số cơ quan, đặc biệt nhiệm vụ quản lý nhà nước về sát hạch cấp giấy phép lái xe được chuyển từ ngành GTVT sang ngành Công an; vì vậy, việc sửa đổi, bổ sung Nghị định số 160/2024/NĐ-CP của Chính phủ là cần thiết và phù hợp với thực tiễn.

Theo đó, với mục đích rà soát, sửa đổi thẩm quyền quản lý nhà nước về đào tạo, sát hạch lái xe phù hợp với chức năng nhiệm vụ của Bộ Công an và Bộ Xây dựng được quy định tại Nghị định số 02/2025/NĐ-CP và Nghị định số 33/2025/NĐ-CP của Chính phủ. Tiếp tục hoàn thiện khung pháp luật điều chỉnh quản lý hoạt động đào tạo và sát hạch lái xe phù hợp với quy định mới của Luật Trật tự, an toàn giao thông đường bộ.

Cụ thể hóa Phương án cắt giảm, đơn giản hóa thủ tục hành chính liên quan đến hoạt động sản xuất, kinh doanh thuộc phạm vi quản lý của Bộ Xây dựng tại Quyết định số 1757/QĐ-TTg ngày 18/8/2025 của Chính phủ theo tinh thần Nghị quyết số 66/NQ-CP ngày 26/3/2025 của Chính phủ về chương trình cắt giảm, đơn giản hóa thủ tục hành chính liên quan đến hoạt động sản xuất, kinh doanh năm 2025 và 2026 nhằm đảm bảo công tác quản lý nhà nước và tăng tính minh bạch, nâng cao chất lượng dịch vụ trong hoạt động đào tạo, sát hạch lái xe để phục vụ người dân, các tổ chức, cá nhân được tốt hơn.

Sửa đổi phân cấp thực hiện thủ tục hành chính từ "Sở Xây dựng" thành "UBND cấp tỉnh, cấp xã" để phù hợp khoản 2 Điều 8 Luật Tổ chức Chính phủ và thực hiện nguyên tắc "phi địa giới hành chính" khi thực hiện giải quyết thủ tục hành chính (TTHC) cho người dân theo Nghị định 121/2025/NĐ-CP của Chính phủ.

Thể chế tăng cường ứng dụng công nghệ theo tinh thần Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Ban Chấp hành Trung ương về đột phá phát triển khoa học, công nghệ đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia; theo đó, bổ sung nội dung "Hồ sơ và kết quả giải quyết thủ tục hành chính bản điện tử có giá trị pháp lý như bản giấy".

Theo cơ quan soạn thảo, với quan điểm phân định rõ thẩm quyền quản lý nhà nước về sát hạch lái xe do Bộ Công an thực hiện và quản lý nhà nước về đào tạo lái xe do Bộ Xây dựng thực hiện.

Đồng thời thực hiện cắt giảm điều kiện kinh doanh và đơn giản hóa thủ tục hành chính không cần thiết, sử dụng ứng dụng VNeID hiển thị các thông tin trên các thiết bị điện tử trong giải quyết thủ tục hành chính để phục vụ chuyển đổi số quốc gia; đảm bảo việc cắt giảm điều kiện kinh doanh và thủ tục hành chính vẫn bảo đảm an toàn giao thông.

Rà soát đầy đủ để kịp thời giải quyết khó khăn, vướng mắc của địa phương, tổ chức và cá nhân trong tổ chức thực hiện hoạt động cung cấp dịch vụ đào tạo và sát hạch lái xe.

Cùng với đó là kế thừa các quy định hiện hành đã ổn định, phát huy hiệu quả trên thực tế.

MỘT SỐ ĐIỂM MỚI

Cũng theo cơ quan soạn thảo, trong quá trình triển khai thực hiện Nghị định số 160/2024/NĐ-CP còn một số vấn đề bất cập cần tiếp tục nghiên cứu sửa đổi để hoàn thiện, cụ thể: Một số giáo viên dạy thực hành lái xe đã được cấp giấy chứng nhận giáo viên dạy thực hành lái xe trước ngày Nghị định số 160/2024/NĐ-CP có hiệu lực thi hành chủ yếu có "Chứng chỉ nghiệp vụ sư phạm dạy trình độ sơ cấp".

Ngoài ra, hiện nay, Bộ GD&ĐT đang thực hiện đào tạo Chứng chỉ nghiệp vụ sư phạm dạy trình độ sơ cấp theo quy định tại Thông tư số 06/2022/TT-BLĐTBXH của Bộ trưởng Bộ LĐTB&XH trước đây, quy định chương trình bồi dưỡng nghiệp vụ sư phạm giáo dục nghề nghiệp và chứng chỉ nghiệp vụ sư phạm giáo dục nghề nghiệp. Vì vậy, cơ quan soạn thảo đề xuất bổ sung công nhận "Chứng chỉ nghiệp vụ sư phạm dạy trình độ sơ cấp" để đảm bảo tính ổn định của hệ thống văn bản quy phạm pháp luật.

Về xe ô tô dùng để tập lái xe hạng C1: Theo báo cáo của Hiệp hội Vận tải ô tô Việt Nam, các cơ sở đào tạo, sát hạch lái xe trong toàn quốc có khoảng 2.000 xe ô tô tập lái hạng C cũ, có khối lượng toàn bộ trên 7.500 kg; loại xe này, chỉ được sử dụng để đào tạo lái xe hạng C mới theo quy định tại Luật Trật tự, an toàn giao thông đường bộ. Tuy nhiên, do học lái xe hạng C mới phải được đào tạo bằng hình thức nâng hạng, nên số lượng người có nhu cầu học lái xe hạng C mới rất ít chủ yếu tham gia học lái xe hạng C1 (loại xe có khối lượng toàn bộ từ 3.500 - 7.500 kg); nếu không cho phép sử dụng các xe hạng C cũ để đào tạo lái xe hạng C1 thì rất lãng phí và việc sử dụng loại xe có khối lượng toàn bộ l trên 7.500 kg sẽ không ảnh hưởng đến chất lượng đào tạo lái xe hạng C1 (theo logics thông thường thì tập lái trên xe có khối lượng toàn bộ lớn hơn thì độ khó sẽ cao hơn).

Vì vậy, cần bổ sung quy định cho phép sử dụng xe ô tô tải chở hàng có khối lượng toàn bộ theo thiết kế trên 7.500 kg được cơ quan có thẩm quyền cấp giấy phép xe tập lái hạng C trước ngày 01/01/2025, được sử dụng để đào tạo lái xe hạng C1 trên sân tập lái trong thời hạn tối đa 05 năm kể từ ngày Nghị định này có hiệu lực thi hành nhưng không quá niên hạn sử dụng đối với xe ô tô tải quy định tại Nghị định số 166/2024/NĐ-CP và với điều kiện giáo viên dạy thực hành lái xe phải có giấy chứng nhận giáo viên dạy thực lái xe phù hợp với hạng C.

Tại điểm d khoản 3 Điều 9 Nghị định 160/2024/NĐ-CP đã quy định điều kiện đối với xe tập lái (xe tập lái loại ô tô tải thùng có mui che mưa, che nắng, ghế ngồi cho học viên;…). Tuy nhiên, có một số cơ sở đào tạo không có nhu cầu bố trí học viên trên thùng xe trong quá trình học thực hành lái xe hạng C1 và C mà chỉ bố trí học viên ngồi trong cabin xe (số lượng dưới 02 học viên). Do vậy, việc quy định bắt buộc tất cả các xe tập lái loại ô tô tải thùng phải có mui che mưa, che nắng, ghế ngồi cho học viên sẽ rất lãng phí; việc sửa đổi, bổ sung theo hướng chỉ áp dụng quy định thùng xe phải có mui che mưa, che nắng, ghế ngồi cho học viên đối với các xe ô tô tải tập lái có nhu cầu chở học viên trên thùng xe...❖

Xác định đô thị trên không gian phát triển

> THƯ KỲ

Thay vì gắn chặt đô thị với một đơn vị hành chính cụ thể như trước đây, Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 xác định đô thị trên cơ sở không gian phát triển, tính chất, chức năng, vai trò và vị trí trong hệ thống đô thị quốc gia, phản ánh đúng thực tiễn đô thị hóa lan tỏa, đa trung tâm và liên kết vùng ngày càng rõ nét.

CÒN 4 LOẠI ĐÔ THỊ

Điểm nhấn quan trọng của Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 là việc đổi mới cách tiếp cận trong phân loại đô thị. Theo đó, phân loại đô thị là cơ sở để tổ chức, quản lý, phát triển hệ thống đô thị quốc gia, vùng, tỉnh, quản lý đơn vị hành chính đô thị; đánh giá việc thực hiện theo quy hoạch đô thị. Các tiêu chí, tiêu chuẩn phân loại đô thị là cơ sở dự báo, định hướng phát triển hệ thống đô thị và từng đô thị...

Nghị quyết quy định phân loại đô thị được thực hiện trên cơ sở quy hoạch đô thị, hệ thống đô thị được định hướng tại quy hoạch được cấp có thẩm quyền phê duyệt, bảo đảm các xu hướng phát triển đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu, xanh, thông minh, hiện đại và bền vững theo từng giai đoạn phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh, đặc biệt là đối với các đô thị có đường biên giới, đặc khu.

Phân loại đô thị được thực hiện thông qua đánh giá thực trạng phát triển đô thị theo các tiêu chí, tiêu chuẩn phân loại đô thị quy định đối với từng đối tượng, phù hợp với mô hình tổ chức chính quyền địa phương 2 cấp và được áp dụng theo vùng, miền, yếu tố đặc trưng.

Hệ thống đô thị quốc gia được sắp xếp lại, rút gọn từ 6 loại xuống còn 4 loại:

Đô thị loại đặc biệt là đô thị trung tâm tổng hợp quốc gia, quốc tế, có vai trò, vị trí và điều kiện phát triển kinh tế - xã hội đặc biệt.

Đô thị loại I là đô thị trung tâm quốc gia, có vai trò, vị trí, chức năng trung tâm tổng hợp của quốc gia.

Đô thị loại II là đô thị trung tâm tỉnh, thành phố, có vai trò, vị trí, chức năng trung tâm tổng hợp hoặc trung tâm chuyên ngành của tỉnh, thành phố hoặc vùng liên tỉnh.

Đô thị loại III là đô thị trung tâm tiểu vùng thuộc tỉnh, thành phố, có vai trò, vị trí, chức năng trung tâm tổng hợp hoặc chuyên ngành của tiểu vùng.

XÁC ĐỊNH TIÊU CHUẨN ĐƠN VỊ HÀNH CHÍNH PHÙ HỢP MÔ HÌNH CHÍNH QUYỀN 2 CẤP

Một trong những nội dung trọng tâm của Nghị quyết là việc xác định rõ hệ thống tiêu chuẩn đối với các loại đơn vị hành chính, bảo đảm vừa kế thừa quy định hiện hành, vừa có điều chỉnh phù hợp với bối cảnh mới.

Đối với đơn vị hành chính nông thôn, Nghị quyết tiếp tục giữ các tiêu chuẩn về quy mô dân số và diện tích tự nhiên, đồng thời bổ sung tiêu chuẩn về định hướng phát triển kinh tế - xã hội theo hướng nông thôn hiện đại, văn minh và bền vững.

Đối với đơn vị hành chính đô thị, tiêu chuẩn đối với thành phố trực thuộc Trung ương được nâng lên rõ rệt, cả về quy mô dân số, diện tích tự nhiên lẫn yêu cầu về vị trí, chức năng và trình độ phát triển hạ tầng đô thị. Tỷ lệ đô thị hóa tối thiểu được xác định từ 45% trở lên; tỷ lệ phường trên tổng số đơn vị hành chính cấp xã được điều chỉnh theo hướng linh hoạt hơn, phù hợp với thực tiễn sau sắp xếp.

Riêng đối với phường, Nghị quyết điều chỉnh mạnh về quy mô dân số, tăng gấp hai đến ba lần so với trước, trong khi vẫn giữ tiêu chuẩn diện tích tự nhiên tối thiểu. Đáng chú ý, không quy định phường phải gắn với loại đô thị cụ thể, thể hiện rõ quan điểm "không giới hạn đô thị là một đơn vị hành chính".

Bên cạnh đó, tiếp tục kế thừa quy định về yếu tố đặc thù đối với các đơn vị hành chính ở miền núi, biên giới, hải đảo, đô thị di sản, trung tâm du lịch quốc gia; đồng thời bổ sung quy định riêng đối với đặc khu, bảo đảm linh hoạt theo chủ trương của cấp có thẩm quyền trong từng giai đoạn.

RÕ THẨM QUYỀN CÔNG NHẬN LOẠI ĐÔ THỊ

Việc rút gọn loại đô thị không chỉ nhằm đơn giản hóa quản lý mà còn thể hiện rõ hơn vai trò, vị trí của từng đô thị trong hệ thống quốc gia và cấp tỉnh.

Nghị quyết nêu rõ, đô thị, đô thị mới đạt tiêu chí đối với loại đô thị nào thì được công nhận theo loại đô thị đó. Đơn vị hành chính cấp xã được đầu tư xây dựng đạt trình độ phát triển đô thị đối với mức quy định nào thì được công nhận theo mức quy định đó.

Đơn vị hành chính cấp xã trong đô thị đã được công nhận loại đô thị có thể thực hiện đánh giá độc lập để được công nhận trình độ phát triển đô thị ở mức cao hơn.

Nghị quyết đồng thời quy định áp dụng tiêu chí, tiêu chuẩn phân loại đô thị theo phân vùng kinh tế - xã hội; áp dụng tiêu chí, tiêu chuẩn phân loại đô thị có yếu tố đặc trưng…

Nghị quyết quy định về loại đô thị, nguyên tắc phân loại đô thị; tiêu chí, tiêu chuẩn phân loại đô thị; thẩm quyền công nhận loại đô thị và tổ chức thực hiện.

Nghị quyết quy định rõ thẩm quyền và tổ chức lập, công nhận loại đô thị, trình độ phát triển đô thị. Theo đó, cơ quan chuyên môn thuộc UBND cấp tỉnh tổ chức lập đề án phân loại đô thị loại I; trình UBND cấp tỉnh để trình Bộ Xây dựng tổ chức thẩm định, xem xét công nhận.

> ***Ngày 01/01/2026, Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về phân loại đô thị chính thức có hiệu lực. Nghị quyết này được Ủy ban Thường vụ Quốc hội thông qua ngày 24/12/2025, tại Phiên họp thứ 52.***

Cơ quan chuyên môn thuộc UBND cấp tỉnh tổ chức lập đề án phân loại đô thị loại II, loại III. Trường hợp đô thị có phạm vi ranh giới trong 1 đơn vị hành chính cấp xã thì UBND xã tổ chức lập đề án phân loại đô thị.

Đề án phân loại đô thị loại II, loại III phải được thẩm định và trình UBND cấp tỉnh xem xét công nhận.

UBND cấp xã tổ chức lập báo cáo đánh giá trình độ phát triển đô thị đối với đơn vị hành chính cấp xã trong đô thị; gửi cơ quan chuyên môn thuộc UBND cấp tỉnh để thẩm định và trình UBND cấp tỉnh xem xét công nhận.

Bộ trưởng Bộ Xây dựng quyết định công nhận đô thị loại I. Chủ tịch UBND cấp tỉnh quyết định công nhận đô thị loại II, loại III và trình độ phát triển đô thị đối với đơn vị hành chính cấp xã trong đô thị.❖

Điểm nhấn cho kiến trúc đô thị Hà Nội

THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG*

Hà Nội, đô thị nghìn năm văn hiến đang trong giai đoạn "vươn mình" trở thành một đại đô thị hiện đại, văn hiến và quốc tế. Bên cạnh việc quy hoạch mở rộng nhanh chóng và quyết liệt các khu vực chức năng mới về quy mô diện tích, phát triển đồng bộ hệ thống hạ tầng, một trong những yếu tố quan trọng chính là tạo dựng các điểm nhấn kiến trúc đô thị cho Hà Nội cũng là một nội dung quan trọng để nhấn mạnh giá trị bản sắc văn hoá đô thị trong thế kỷ 21.

KHÁI NIỆM ĐIỂM NHẤN KIẾN TRÚC ĐÔ THỊ VÀ SỰ TỒN TẠI CỦA ĐIỂM NHẤN KIẾN TRÚC TRONG KIẾN TRÚC TRUYỀN THỐNG VIỆT NAM

Về mặt khái niệm, trong cuốn sách "Hình ảnh đô thị" (Image of the city) - cuốn cẩm nang về thiết kế kiến trúc cảnh quan, KTS Kevin Lynch đã nhấn mạnh: Tại một số quốc gia Âu, Mỹ phát triển, khái niệm điểm nhấn kiến trúc đô thị thường chủ yếu đề cập đến các vị trí điểm nhấn trên cao do công trình kiến trúc đô thị tạo ra. Cụ thể như, giai đoạn từ thế kỷ 17 về trước là tháp canh đặt trên tường thành, hay hệ thống mái chóp các tòa thị chính hay nhà thờ. Với các đô thị hiện đại mới thế kỷ 18, 19, 20 ở các đô thị hiện đại đa phần được tạo nên bởi những công trình có độ cao vượt trội, trước tiên là tháp truyền hình, sau đó là toà cao ốc với ngôn ngữ kiến trúc ấn tượng. Tiêu biểu như với Thủ đô Paris (Pháp) là công trình tháp Eiffel với đặc trưng công nghệ thi công thép và ngôn ngữ kiến trúc hình học khoẻ khoắn đương thời. Nó chế ngự và chốt những không gian mở ra rộng lớn sau những cải cách đô thị bởi KTS Haussmann. Hay như trường hợp tại New York (Mỹ) là toà tháp chọc trời Epire State Building với các vòm mái cong và tháp nhọn cao vút ấn tượng khiến người dân có thể chiêm ngưỡng từ những khoảng cách rất xa. Bên cạnh đó, thông qua cấu trúc quy hoạch không gian sử dụng các tuyến giao thông đường chéo trong hệ thống ô cờ để tạo nên các không gian quảng trường, vườn hoa, công viên cây xanh kèm theo các tượng phù điêu trang trí ngoài trời ấn tượng, các tiện ích dịch vụ công cộng mới (trung tâm mua sắm, ga đường sắt đô thị, bến xe buýt trung tâm)… cũng có thể được xem là những không gian điểm quan trọng tạo nên dấu ấn về văn hoá và kiến trúc đô thị, bản sắc kiến trúc đô thị.

Ở nước ta, trong lịch sử do làng nông thôn truyền thống chủ yếu theo mô hình làng quần cư nông nghiệp thường ưu tiên các kiểu kiến trúc thấp tầng (công trình 1 - 2 tầng chiếm đa số) và bố cục chủ yếu dàn trải theo phương vị ngang, nhưng nhiều nghiên cứu về kiến trúc truyền thống Việt Nam cũng đã chỉ rõ vai trò điểm nhấn của các hạng mục công trình kiến trúc và cấu trúc tự nhiên khác như cổng làng với cây đa cổ thụ xum xuê cao vút, hay chùa làng với gác chuông mái ngói cong và đầu đao vươn cao... Tiêu biểu như tháp chuông ở chùa Keo (Thái Bình) cao 16 m nổi bật trong kiến trúc làng quê vùng đất Thái Bình cũ (Hưng Yên hiện nay). Bên cạnh đó, cùng với các điểm nhấn trên cao, trong làng nông thôn truyền thống Việt Nam cũng được ghi dấu điểm nhấn bằng chính các không gian hữu cơ hiện hữu trong làng, gắn với nét văn hoá phong tục tập quán và một số công trình kiến trúc đặc trưng của làng (như ao làng, giếng làng, sân đình),…

Trong quy hoạch kiến trúc đại nội Huế với hệ thống các công trình hành chính, dân dụng của vua và hoàng tộc dày đặc nhưng cũng đã tồn tại các quy định công trình Hiển Lâm Các cao 3 tầng tương đương 17 m với 12 mái, vì là đài kỷ niệm ghi nhớ công tích của các vua nhà Nguyễn và các

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

quan đại thần có công lớn luôn phải được giữ là công trình điểm nhấn cao nhất (không có công trình nào được xây cao hơn). Tuy vậy, vai trò điểm nhấn kiến trúc trên cao của công trình này trong đại nội Huế là không nhiều do vẫn còn bị cản trở nhiều góc nhìn từ xa bởi cây xanh và công trình thấp tầng khác.

Đặc biệt, khi các đô thị Việt Nam (tiêu biểu như Hà Nội, TP.HCM…) trong thế kỷ 18 và 19 được các KTS phương Tây quy hoạch lại, tiếp thu một số kiểu hình quy hoạch đô thị phương Tây mở ra những quảng trường, công viên cây xanh, tượng đài vườn hoa với những tòa nhà khá đồ sộ tiêu biểu như Nhà hát lớn, Nhà thờ lớn tại Hà Nội kèm theo không gian sân quảng trường rộng ở phía trước, hay Nhà thờ Đức Bà với không gian quảng trường mở và đường giao thông bao quanh ở TP.HCM đã góp phần tạo dựng các điểm nhấn kiến trúc đô thị có hình thái đặc trưng cho từng đô thị Việt Nam.

Như vậy, từ những đặc thù nêu trên, khái niệm điểm nhấn kiến trúc đô thị ngoài cách hiểu gắn với các công trình kiến trúc bề thế và có độ cao vượt trội tạo ra, với riêng các đô thị Việt Nam cũng có thể được hiểu là một cấu trúc không gian đặc trưng, có sức hút và sức tỏa đặc biệt, được tạo ra bởi vốn liếng kiến trúc cũ hoặc những dấu ấn lịch sử và văn hóa, có vai trò quan trọng trong việc tạo dựng hình ảnh và hồn sắc cho đô thị. Hoặc cũng có thể là những không gian đô thị được thiết lập mới, có quần thể hoặc phức hợp kiến trúc tầm cỡ bao quanh, có sức thu hút cộng đồng trong những hoạt động đa dạng, trở thành không những trung tâm điểm trong đô thị mà còn là điểm đến cho người dân và cho người vãng lai. [1]

MỘT SỐ QUY ĐỊNH VỀ ĐIỂM NHẤN ĐÔ THỊ TRONG CÁC VĂN BẢN PHÁP LUẬT VÀ NGHIÊN CỨU HIỆN NAY

Luật Kiến trúc 2019, Điều 5 quy định về "Bản sắc văn hóa dân tộc trong kiến trúc" cũng đã đề cập đến các nội dung yêu cầu về bản sắc văn hóa dân tộc nhằm làm cơ sở tạo dựng các giá trị điểm nhấn kiến trúc cho đô thị và nông thôn.

Quy chế quản lý kiến trúc, một trong những công cụ pháp lý quan trọng để quản lý phát triển kiến trúc đô thị và nông thôn Việt Nam cũng đã có một số nội dung quan trọng quy định cụ thể về không gian kiến trúc, cảnh quan đô thị, bao gồm việc xác định các khu vực, công trình có giá trị cần tạo điểm nhấn (ví dụ như công trình cao tầng biểu tượng) để tạo nên bản sắc cho đô thị trên cơ sở tạo ra các công trình có dấu ấn đặc trưng, thể hiện được văn hóa, lịch sử, và điều kiện tự nhiên của địa phương, tạo nên "điểm nhấn" cho tổng thể đô thị.

Định hướng phát triển kiến trúc Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 được phê duyệt theo Quyết định số 1246/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 17/9/2021 quy định tạo dựng điểm nhấn đô thị trong kiến trúc Việt Nam thông qua các giải pháp hình thành đô thị giàu bản sắc, hiện đại, gắn kết di sản, khuyến khích công trình xanh, thông minh.

Một số nghiên cứu về "tinh thần nơi chốn" trong tạo

lập bản sắc và điểm nhấn đô thị: Khái niệm "nơi chốn" hàm chứa một ý nghĩa vượt lên trên một địa điểm bình thường, không những được thể hiện qua đặc trưng của những yếu tố biểu hình trong không gian mà còn được thể hiện bởi tính chất của không gian đó. Nơi chốn thể hiện qua các yếu tố đặc trưng sau: (1) Yếu tố nơi chốn phản ánh mối liên hệ giữa các yếu tố có trong môi trường tự nhiên và môi trường xây dựng tạo thành khung cảnh đô thị; (2) Yếu tố nơi chốn phản ánh quá trình hình thành - phát triển của đô thị; (3) Yếu tố nơi chốn phản ánh mối liên hệ giữa địa điểm với con người, hình thành nên lối sống đặc trưng của đô thị.

Một cách khái quát, yếu tố nơi chốn được hình thành dựa trên mối liên hệ giữa các yếu tố vật chất của môi trường tự nhiên và môi trường xây dựng tạo nên một khung cảnh đô thị chịu ảnh hưởng từ những nét đặc trưng tự nhiên như địa hình, mặt nước, bầu trời hay nhân tạo như kiến trúc, đô thị gắn liền với địa điểm. Và đồng thời, yếu tố nơi chốn cũng liên kết với những yếu tố tinh thần như lịch sử, lối sống… tạo nên những nét đặc trưng trong văn hoá đô thị. Việc khai thác yếu tố nơi chốn trong tổ chức không gian đô thị có bản sắc phải được nhìn nhận dưới góc độ không gian vật chất (gồm môi trường tự nhiên và môi trường xây dựng) và không gian xã hội của đô thị bao gồm các giải pháp: (1) Khai thác các yếu tố địa hình; (2) Khai thác các yếu tố mặt nước; Khai thác yếu tố bầu trời… [2].

ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐIỂM NHẤN KIẾN TRÚC CHO ĐÔ THỊ HÀ NỘI

Trong bối cảnh Hà Nội, đô thị nghìn năm văn hiến, giàu bản sắc văn hoá lịch sử và truyền thống, đang được quy hoạch tái thiết các khu vực trung tâm cũ và mở rộng thêm các khu vực chức năng mới, để tạo dựng bản sắc đô thị, tính nhận diện cũng như góp phần xây dựng thương hiệu đô thị, theo đúng các lý thuyết và kinh nghiệm thực tiễn, cần chú trọng kiến tạo đầy đủ cả hai kiểu loại điểm nhấn kiến trúc là điểm nhấn chiều cao và điểm nhấn kiến trúc không gian đặc trưng.

Cần có các nghiên cứu về kiến trúc cảnh quan đô thị để Hà Nội có các điểm nhấn kiến trúc đô thị không chỉ tạo nên bởi sự bề thế và độ cao nổi trội, mang lại hiệu quả về thị giác, mà còn tạo nên bởi cấu trúc không gian đặc trưng mang lại những cảm thụ sâu hơn về "linh hồn" văn hoá lịch sử của đô thị.

Tại khu vực trung tâm lõi đô thị cũ cổ, trong thời kỳ Pháp thuộc, đô thị đã có một kiểu cấu trúc không gian phức hợp rất đặc trưng như tuyến phố khởi đầu từ Nhà hát lớn - Quảng trường Cách mạng tháng Tám - đường Tràng Tiền, nối sang tòa nhà Ngân hàng - vườn hoa Con Cóc - quảng trường - vườn hoa Chí Linh, rồi hòa vào hồ Hoàn Kiếm, chính là một dạng điểm nhấn đô thị đặc thù và duy nhất của Hà Nội thời cận đại. Do vậy, trước tiên cần có các nghiên cứu và hành động để bảo tồn và phát huy giá trị các không gian điểm nhấn này bởi đó là một không gian định hình, song lại uyển chuyển, là điểm nhấn - dấu ấn của một thành phố lan tỏa, không định hình cứng. Điểm nhấn, mà sự hiện hữu của kiến trúc không quá nhấn, điểm nhấn nhận ra khi ta chuyển động trong đó, trong một dòng chảy của những không gian nối tiếp và những cảm giác không đứt đoạn. Đối với điểm nhấn tinh tế này, cái phải thực hiện là sự chỉnh trang nương nhẹ, bằng cách loại bỏ những gì không tương xứng, bằng sự bổ sung những gì nhất thiết. Với không gian Nhà thờ lớn - điểm nhấn vi mô trong cấu trúc phố thị vi mô hóa, việc kiện toàn và nâng cấp cũng là một đòi hỏi, mà hễ đáp ứng được, sẽ góp phần nâng cao giá trị cho quỹ kiến trúc cũ của trung tâm Hà thành.

Đối với riêng từng khu vực có quỹ di sản và công trình kiến trúc có giá trị còn khá nhiều, trên quy mô tổng thể rất cần được nghiên cứu quy hoạch bảo tồn cấu trúc tổng thể đô thị, đồng thời xem xét lựa chọn tái thiết chỉnh trang trên cơ sở bảo tồn và phát huy các giá trị bản sắc truyền thống đặc trưng của đô thị như chỉnh trang hệ thống quảng trường, vườn hoa, công viên cây xanh, công trình công cộng… nơi một cấu trúc điểm nhấn văn hóa - lịch sử - kiến trúc đô thị gắn bó hữu cơ, nơi công trình - cây xanh - không gian và sự chuyển hóa mềm tạo ra một thành phần, vừa nhất thiết và vừa tinh túy, của một đô thị chuyển động năng nổ.

Đồng thời, ngay trong khu vực nội đô lịch sử cùng với việc bảo tồn, tôn tạo các cấu trúc và điểm không gian kiến trúc điểm nhấn, các phương án quy hoạch tái phát triển cũng cần chú trọng bổ sung thêm các không gian điểm nhấn theo mô hình kiến trúc hướng đến công cộng, kiến trúc vì cộng đồng… như xem xét chọn lựa bổ sung một số những tiện ích sử dụng và trang trí nghệ thuật mới đương đại truyền tải các nội dung đặc trưng văn hoá theo tinh thần nơi chốn như hệ thống đèn chiếu sáng và đèn trang trí, tranh hoành tráng, tượng phù điêu ngoài trời...

Với một số các công trình cao tầng hiện hữu, trên cơ sở các nghiên cứu đánh giá hiện trạng khoa học, trong điều kiện cho phép có thể xem xét điều chỉnh cải tạo một phần kiến trúc mặt tiền công trình để thay thế các kiểu ngôn ngữ kiến trúc quá hiện đại và công nghiệp bằng các mô hình ngôn ngữ kiến trúc xanh, sinh thái, tiết kiệm năng lượng, kế thừa tính bản địa của kiến trúc truyền thống… vốn có sự gần gũi gắn kết với tổng thể không gian kiến trúc cảnh quan hiện hữu, để hạn chế các tác động tiêu cực. Trường hợp xây mới bổ sung các công trình có kiến trúc mới hiện đại ấn tượng theo mô hình tạo sự đối lập để nổi bật hoàn toàn với bối cảnh không gian đô thị hiện hữu, cần được đánh giá và cân nhắc rất kỹ các yếu tố hiệu quả thu được cũng như tác động tích cực và tiêu cực đối với kiến trúc cảnh quan đô thị và văn hoá cộng đồng.

Tại các không gian khu đô thị mới, tương tự như mô hình các đô thị phát triển trên thế giới, ngoài các điểm nhấn là các công trình kiến trúc cao tầng với chiều cao và khối tích lớn, ngôn ngữ kiến trúc hiện đại, mạnh mẽ mang tính tất yếu cần nghiên cứu xác định các vị trí "điểm huyệt" để đặt vào đó các công trình kiến trúc điểm nhấn như công trình dịch vụ công cộng, vui chơi giải trí thư giãn, luyện tập

thể dục thể thao, với ngôn ngữ kiến trúc xanh, sinh thái, thẩm mỹ văn hoá, mỹ thuật đương đại… góp phần tạo nên không chỉ vẻ đẹp, tính nhận diện mà còn là cả sắc thái riêng cho khu đô thị mới.

Cũng cần tránh việc cóp, nhái một cách khiên cưỡng một số công trình kiến trúc cao tầng nổi tiếng hay kiểu kiến trúc đặc thù ở một số quốc gia phương Tây khác vào các khu đô thị mới Hà Nội như trường hợp một số các khu đô thị tại TP Bắc Kinh, Thượng Hải (Trung Quốc) cho xây dựng lại tháp ELfel (Paris) hay toà nhà Empire State Building, đã từng bị giới KTS Trung Quốc lên tiếng phản đối để rồi chính quyền ra quyết định nghiêm cấm tái phạm trên phạm vi toàn đất nước Trung Quốc.

Bên cạnh đó, dựa trên các đặc trưng về nơi chốn với đặc điểm địa hình tự nhiên đa dạng của Hà Nội, không chỉ là công trình kiến trúc cao tầng với quy mô lớn đơn thuần đóng vai trò điểm nhấn kiến trúc, các không gian công cộng (như quảng trường, công viên cây xanh, vườn hoa, hồ nước nhân tạo, tuyến phố đi bộ, bến tàu thuỷ, ga đường sắt đô thị… với kiến trúc cảnh quan được thiết kế hiện đại, tiện dụng đa chức năng cũng cần được quy hoạch tạo dựng để vừa phát huy giá trị cung cấp các tiện nghi sử dụng thiết yếu nhưng cũng được nghiên cứu thiết kế tổ chức không gian để đồng thời có thể chứa đựng yếu tố đặc trưng về văn hoá, thẩm mỹ, môi trường sinh thái nhân văn bản địa và trang trí mỹ thuật của thời đại phù hợp không chỉ cho những người trung niên cũ mà cả lớp cư dân trẻ Hà Nội thế kỷ 21.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. GS.TS.KTS Hoàng Đạo Kính, Điểm nhấn kiến trúc và điểm nhấn đô thị, (2011) Ashui.com.

[2]. ThS.KTS Nguyễn Văn Chương, "Nơi chốn" trong tổ chức không gian đô thị có bản sắc, (2015), Tạp chí Kiến trúc Việt Nam.

TOD TRONG BỐI CẢNH CÔNG NGHIỆP VÀ ĐÔ THỊ HÓA TẠI VIỆT NAM:

Tác động của sản xuất công nghiệp và phát triển nhà ở tới vận tải hành khách

THS NGUYỄN ANH TÚ*

Kết quả từ mô hình hồi quy sử dụng dữ liệu mảng của các tỉnh thành Việt Nam giai đoạn 2019 - 2022 cho thấy mức độ công nghiệp hóa và số lượng nhà ở có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người. Phát hiện này có ý nghĩa quan trọng trong việc hoạch định chính sách phát triển hạ tầng giao theo mô hình phát triển định hướng giao thông công cộng (TOD) trong bối cảnh đẩy mạnh phát triển công nghiệp và đô thị hóa tại Việt Nam.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình phát triển kinh tế và công nghiệp hóa đất nước, nhu cầu vận tải nội địa tại Việt Nam ngày càng tăng, đặc biệt là nhu cầu vận tải hành khách. Theo số liệu từ Tổng cục Thống kê, trong chín tháng đầu năm 2024, khối lượng vận chuyển hành khách đã tăng 9,0% và doanh thu vận tải hành khách tăng 18,0% so với cùng kỳ năm trước. Cụ thể, số lượng hành khách vận chuyển ước đạt 3.660,2 triệu lượt, trong đó hành khách quốc tế đạt 13,4 triệu lượt, tăng 7,4% so với cùng kỳ năm 2023 (Huỳnh Dũng, 2024). Bộ GTVT cũ đã đặt mục tiêu đầy tham vọng cho năm 2024, kỳ vọng tăng 8% lượng vận tải hành khách (khoảng 5 tỷ lượt) so với năm 2023 (Huỳnh Dũng, 2024). Để đáp ứng được nhu cầu ngày càng tăng này, việc làm rõ những yếu tố tác động đến nhu cầu vận tải hành khách trở nên cấp thiết, qua đó có thể đưa ra những chính sách phù hợp nhằm nâng cao năng lực đáp ứng nhu cầu và phát triển hạ tầng giao thông một cách bền vững.

Tại Việt Nam, với thực trạng tỷ lệ sử dụng phương tiện cá nhân là xe máy vẫn luôn phổ biến, việc nghiên cứu các yếu tố tác động ảnh hưởng tới nhu cầu vận tải hành khách do vậy có ý nghĩa rất quan trọng. Vận tải đường bộ luôn chiếm thị phần lớn nhất (> 85%) và hầu như không có sự khác biệt về thị phần của vận tải đường bộ khi xem xét nhu cầu vận tải hành khách (GIZ, 2025). Hiểu rõ những yếu tố này sẽ giúp phát triển những chính sách phù hợp để chuyển đổi việc sử dụng xe máy sang sử dụng các phương tiện vận tải công cộng khác, tiết kiệm chi phí và giảm tác động ô nhiễm môi trường.

Nhiều nghiên cứu về vận tải hiện tại chủ yếu tập trung vào phân tích lưu lượng, độ dài quãng đường, phân bổ mạng lưới điểm đỗ, nhưng còn thiếu phân tích tổng thể các yếu tố ảnh hưởng tới nhu cầu vận tải hành khách, đặc biệt là trong bối cảnh công nghiệp hóa của Việt Nam. Đồng thời, tác động của công nghiệp hóa và nhu cầu nhà ở gia tăng khối lượng vận chuyển hành khách và tạo áp lực lên hạ tầng giao thông tại các địa phương vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ.

Do đó, nghiên cứu này hướng đến mục tiêu phân tích các yếu tố tác động đến khối lượng vận tải hành khách tại Việt Nam, với trọng tâm đặc biệt là vai trò của công nghiệp hóa (được đo lường thông qua chỉ số phát triển công nghiệp) và phát triển nhà ở (thông qua số lượng căn nhà ở). Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp những hiểu biết sâu sắc và làm cơ sở cho việc hoạch định chính sách phát triển hạ tầng giao thông bền vững trong bối cảnh đẩy mạnh công nghiệp hóa và quá trình đô thị hóa tại Việt Nam.

TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Trong những tham số để đo lường nhu cầu vận tải hành khách thì tiếp cận nghiên cứu về khối lượng vận tải hành khách (TV - Passenger Transport Volume) cũng đã được nhiều nghiên cứu chú trọng song song loạt những nghiên cứu phổ biến về hành vi của từng hoạt động vận tải (từng chuyến đi) (Beckmann & cộng sự, 1983; Schafer & Victor, 2000; De Jong và van de Riet, 2008; Litman, 2024).

Hoạt động tham gia giao thông có thể hiểu là một tập hợp những quyết định của người tham gia giao thông đã lựa chọn nhằm đạt được mục đích di chuyển của mình. Những quyết định lựa chọn bao gồm hai loại: (1) Những quyết định lựa chọn chiến lược, dài hạn đã được thực hiện từ trước; và (2) Những quyết định (ngắn hạn) tại thời điểm thực hiện hành vi tham gia giao thông. Những quyết định lựa chọn chiến lược từ trước liên quan đến di chuyển cá nhân có thể hiểu bao gồm: Quyết định mua hay thuê nhà ở tại một địa điểm, khu vực nhất định và quyết định có sở hữu phương tiện giao thông cá nhân hay không (Beckmann & cộng sự, 1983; De Jong và van de Riet, 2008). Những quyết định lựa chọn ngắn hạn tại thời điểm tham gia giao thông là: Mục đích chuyến đi (hoạt động giao thông), điểm đến, phương thức vận tải, thời điểm, cung đường di chuyển.

(*) *Giám đốc Trung tâm Nghiên cứu nhà ở và thị trường BĐS, Bộ Xây dựng*

Các quyết định của người tham gia giao thông cuối cùng dựa trên tối thiểu hóa chi phí vận chuyển và thời gian di chuyển (Schafer & Victor, 2000). Cụ thể đối với từng chuyến đi, chi phí và thời gian di chuyển phụ thuộc vào khoảng cách giữa các điểm đi và điểm đến của người tham gia giao thông. Theo Beckmann và cộng sự (1983), tập hợp những điểm đi và điểm đến chủ yếu bao gồm: Vị trí nhà ở, vị trí nơi làm việc, vị trí khu vực mang lại nhiều lợi ích kinh tế, các địa điểm hấp dẫn về các chức năng và dịch vụ khác (trip attractors)…

Hoạt động vận tải hành khách - bao gồm vận tải hành khách công cộng và các dịch vụ vận tải hành khách khác - từ góc độ người tham gia giao thông do vậy có thể hiểu chịu tác động trực tiếp từ những yếu tố ảnh hưởng tới việc đưa ra những quyết định ngắn hạn: Mục đích chuyến đi, điểm đến, phương thức vận tải, thời điểm, cung đường di chuyển. Đồng thời, vận tải hành khách chịu sự tác động có độ trễ từ những quyết định dài hạn của người tham gia giao thông: Quyết định vị trí nhà ở, sở hữu phương tiện giao thông cá nhân.

Theo De Jong và van de Riet (2008), các quyết định kể trên của người tham gia giao thông chịu ảnh hưởng của nhiều nhóm yếu tố khác nhau bao gồm: (1) Nhóm Đặc điểm dân cư: Thu nhập hộ gia đình, dân số và quy mô hộ gia đình, phân bố tuổi tác, phân bố giới tính, sự tham gia lực lượng lao động, trình độ học vấn và dân tộc; (2) Nhóm Cấu trúc không gian: mật độ dân số, vị trí của các hoạt động; (3) Nhóm Cấu trúc nền kinh tế: Cơ cấu kinh tế, Mô hình thông tin liên lạc, thói quen về thời gian của xã hội; (4) Đặc điểm loại hình giao thông: Sự sẵn có của các phương tiện cá nhân, sự sẵn có của các phương thức giao thông công cộng, cơ sở hạ tầng, năng lực phương tiện, đặc điểm dịch vụ, chi phí đi lại và thời gian đi lại.

Khi lựa chọn sử dụng phương tiện vận tải công cộng cùng với yếu tố chi phí thấp hơn, có thể xem xét các nhóm yếu tố khác tác động đến khối lượng vận tải hành khách, bao gồm: (1) Đặc điểm nhân khẩu học (2) Đặc điểm cấu trúc không gian (3) Cấu trúc hoạt động kinh tế (De Jong và van de Riet, 2008; Pasha và cộng sự, 2016; Wang và cộng sự, 2019; Litman, 2024).

Trước tiên, nhóm những yếu tố liên quan đặc điểm nhân khẩu học rất đa dạng và nói chung được đánh giá có tác động chủ đạo tới nhu cầu vận tải hành khách. Trong đó, thu nhập, dân số và lực lượng lao động, tỷ lệ có việc làm và tình trạng người nhập cư đều có tác động tới khối lượng vận tải hành khách trong nước hoặc trong một địa phương (De Jong và van de Riet, 2008; Pasha và cộng sự, 2016; Wang và cộng sự, 2019). Nhóm những yếu tố này thuộc về đối tượng và là chủ thể tham gia giao thông.

Bên cạnh đó, tác động của cấu trúc không gian tới khối lượng vận tải hành khách được ghi nhận thông qua nhiều yếu tố, ảnh hưởng đến cả mục đích chuyến đi (điểm đến) và khoảng cách của chuyến đi. Nhóm yếu tố tác động này rõ ràng thuộc nhóm tác nhân có độ trễ khi liên quan nhiều đến điều kiện tự nhiên của địa bàn, mục đích sử dụng đất (dân cư, công nghiệp, thương mại dịch vụ…), và hoạt động quy hoạch trên địa bàn (Pasha và cộng sự, 2016). Những yếu tố tác động vì vậy phản ánh mức độ tập trung (mật độ) của các điểm đi - điểm đến và mục đích sử dụng của các điểm đến (còn được gọi là điểm thu hút người tham gia giao thông – trip attractors) (Bityukova và Mozgunov, 2019; Pasha và cộng sự, 2016; Beckmann & cộng sự, 1983; Pan và cộng sự, 2017). Có thể thấy đây là nhóm yếu tố xác định môi trường hoạt động giao thông diễn ra bao gồm cả tự nhiên và nhân tạo.

Cuối cùng, tiếp cận từ góc độ phát triển kinh tế trong đó có sản xuất công nghiệp tác động đến nhu cầu vận tải nói chung và khối lượng vận chuyển hành khách nói riêng như một nhóm tác động từ bên ngoài hệ thống vận tải. Phát triển của hệ thống giao thông vận tải đã đóng góp đáng kể vào quá trình công nghiệp hóa bằng cách tạo điều kiện thuận lợi cho thương mại, di cư và vận chuyển nguyên liệu cũng như hàng hóa. Ngược lại, phát triển kinh tế bao gồm sản xuất công nghiệp tạo thêm nhu cầu vận tải trong đó có nhu cầu vận tải hành khách (Lin & Du, 2015; Wang & cộng sự, 2018).

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Cách tiếp cận nghiên cứu

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp định lượng để đánh giá tác động của các yếu tố khác nhau, đặc biệt là mức độ công nghiệp hóa và phát triển nhà ở, đến nhu cầu vận tải hành khách tại Việt Nam. Phương pháp định lượng được lựa chọn vì khả năng xác định mối quan hệ thống kê giữa các biến và kiểm tra các giả thuyết nghiên cứu một cách khách quan.

Cụ thể, chúng tôi sử dụng phương pháp hồi quy đa biến để phân tích dữ liệu mảng của các tỉnh thành Việt Nam trong giai đoạn 2019 - 2022. Phương pháp này cho phép chúng tôi kiểm soát các yếu tố khác nhau đồng thời đánh giá tác động riêng biệt của từng yếu tố đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người.

Giả thuyết nghiên cứu

Phát triển công nghiệp hóa tạo ra tập trung dân cư phần nhiều do nhập cư, mở rộng đô thị tràn lan (urban sprawl) và phát triển nhà ở thiếu quy hoạch tại các vùng ven cũng gia tăng nhu cầu đi lại của người dân trong một địa phương hay thành phố (Wang & cộng sự, 2018).

Mối liên hệ giữa công nghiệp hóa làm tăng tập trung dân cư và như vậy gia tăng hoạt động tại các địa điểm nhà máy và công sở cũng như những địa điểm tạo lợi ích kinh tế gia tăng điểm đến của người dân từ vị trí nhà ở của họ, và như vậy gia tăng nhu cầu đi lại có cả bằng phương tiện vận tải công cộng trong mô hình của Zahavi (Zahavi & cộng sự, 1981) thể hiện mối liên hệ giữa công nghiệp hóa tác động tới nhu cầu vận tải hành khách.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào ba nhóm yếu tố chính tác động đến khối lượng vận tải hành khách thông qua các biến độc lập:

1. Đặc tính dân cư (Population characteristics): Bao gồm GRDPBQ (Giá trị tổng sản phẩm trên địa bàn bình quân đầu người), WS (Quy mô lực lượng lao động), và ER (Tỷ lệ việc làm), Dicu (Nhập cư).

2. Cấu trúc không gian (Spatial Structure): Bao gồm PD (Mật độ dân số), và Socan (Số căn nhà ở).

3. Hoạt động kinh tế (Economic Activities): Đặc biệt chú trọng đến Product - Chỉ số phát triển công nghiệp.

Dựa trên tổng quan nghiên cứu, chúng tôi đề xuất ba giả thuyết chính:

H1: Lực lượng lao động gia tăng nhu cầu đi lại tại địa phương (TV_BQ có mối tương quan dương với WS).

H2: Mức độ công nghiệp hóa gia tăng nhu cầu đi lại tại địa phương (TV_BQ có mối tương quan dương với Product).

H3: Nhu cầu nhà ở gia tăng nhu cầu đi lại tại địa phương (TV_BQ có mối tương quan dương với Socan).

Các giả thuyết này phản ánh kỳ vọng trong nghiên cứu này dựa trên lý thuyết kinh tế và các nghiên cứu trước đây về các yếu tố ảnh hưởng đến nhu cầu vận tải hành khách. Dự đoán mối tương quan là sự gia tăng lực lượng lao động, mức độ công nghiệp hóa cao hơn và nhu cầu nhà ở lớn hơn sẽ dẫn đến nhu cầu vận tải hành khách cao hơn.

Mô hình nghiên cứu

Để đánh giá tác động của công nghiệp hóa và phát triển nhà ở đến nhu cầu vận tải hành khách, chúng tôi xây dựng mô hình hồi quy sau:

$$Ln(TV_BQ) = \beta_0 + \beta_1 Ln(WS) + \beta_2 ER + \beta_3 Ln(PD) + \beta_4 Ln(GRDPBQ) + \beta_5 Product + \beta_6 DiCu + \beta_7 Ln(Socan) + \varepsilon$$

Trong đó:

- Ln(TV_BQ): Logarit tự nhiên của khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người
- Ln(WS): Logarit tự nhiên của quy mô lực lượng lao động
- ER: Tỷ lệ việc làm
- Ln(PD): Logarithm tự nhiên của mật độ dân số
- Ln(GRDPBQ): Logarithm tự nhiên của GDP bình quân đầu người
- Product: Chỉ số phát triển công nghiệp
- DiCu: Biến giả về di cư
- Ln(Socan): Logarithm tự nhiên của số căn nhà ở
- ε: Sai số

Mô hình logarithm được sử dụng để giảm thiểu vấn đề heteroskedasticity và cho phép diễn giải các hệ số hồi quy như độ co giãn. Điều này có nghĩa là các hệ số của biến độc lập trong dạng logarithm thể hiện tỷ lệ phần trăm thay đổi trong biến phụ thuộc khi biến độc lập tăng 1%.

Dữ liệu nghiên cứu

Nguồn dữ liệu và phương pháp thu thập:

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu mảng của 63 tỉnh thành Việt Nam trong giai đoạn 2019 - 2022, với tổng cộng 252 quan sát. Dữ liệu được thu thập từ các nguồn chính thức, bao gồm Tổng cục Thống kê, Bộ GTVT (cũ), Bộ Xây dựng. Việc sử dụng dữ liệu mảng cho phép chúng tôi xem xét cả sự biến đổi giữa các tỉnh thành (between variation) và sự biến đổi theo thời gian trong cùng một tỉnh thành (within variation).

Định nghĩa và đo lường biến

Các biến trong mô hình nghiên cứu được định nghĩa và đo lường như sau:

1. Khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người (TV_BQ): Tổng khối lượng vận tải hành khách (triệu lượt người-km) chia cho dân số của tỉnh thành. Biến này được chuyển đổi sang dạng logarithm tự nhiên (LnTV_BQ) trong mô hình hồi quy.

2. Quy mô lực lượng lao động (WS): Tổng số người trong độ tuổi lao động và có khả năng tham gia vào lực lượng lao động của tỉnh thành. Biến này được chuyển đổi sang dạng logarithm tự nhiên (LnWS) trong mô hình hồi quy.

3. Tỷ lệ việc làm (ER): Tỷ lệ người có việc làm trong tổng lực lượng lao động của tỉnh thành.

4. Mật độ dân số (PD): Tổng dân số của tỉnh thành chia cho tổng diện tích tự nhiên (người/km^2). Biến này được chuyển đổi sang dạng logarithm tự nhiên (LnPD) trong mô hình hồi quy.

5. GDP bình quân đầu người (GRDPBQ): Tổng sản phẩm trên địa bàn chia cho dân số của tỉnh thành. Biến này được chuyển đổi sang dạng logarithm tự nhiên (LnGRDPBQ) trong mô hình hồi quy.

6. Chỉ số phát triển công nghiệp (Product): Chỉ số đánh giá mức độ phát triển công nghiệp của tỉnh thành, phản ánh tăng trưởng của giá trị sản xuất công nghiệp trong kinh tế địa phương.

7. Di cư (DiCu): Biến giả có giá trị 1 nếu tỉnh thành có tỷ lệ di cư ròng dương (thu hút người di cư) và 0 nếu ngược lại.

8. Số căn nhà ở (Socan): Tổng số căn nhà ở trên địa bàn tỉnh thành. Biến này được chuyển đổi sang dạng logarithm tự nhiên (LnSocan) trong mô hình hồi quy.

Thống kê mô tả (Bảng 1)

Theo bảng thống kê mô tả, giá trị trung bình của biến phụ thuộc LnTV_BQ là -0,275, với độ lệch chuẩn 0,772, cho thấy có sự biến động đáng kể giữa các tỉnh thành về khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người. Biến đại diện cho quy mô lực lượng lao động (LnWS) có giá trị trung bình 6,532 và độ lệch chuẩn 0,591. Tỷ lệ việc làm (ER) nhìn chung khá cao, với giá trị trung bình 0,975 và biến động không nhiều giữa các tỉnh thành (độ lệch chuẩn 0,015).

Mật độ dân số (LnPD) có sự chênh lệch lớn giữa các tỉnh thành, với giá trị dao động từ 3,932 đến 8,408 (tương ứng với khoảng 51 người/km^2 đến 4.485 người/km^2). Tương tự, GDP bình quân đầu người (LnGRDPBQ) cũng có sự khác biệt đáng kể, phản ánh sự phát triển kinh tế không đồng đều giữa các tỉnh thành.

Chỉ số phát triển công nghiệp (Product) có giá trị trung bình 108,317 và độ lệch chuẩn 9,462, cho thấy mức độ công nghiệp hóa khá đồng đều giữa các tỉnh thành. Biến DiCu cho thấy chỉ khoảng 21% các tỉnh thành trong mẫu có tỷ lệ di cư ròng dương. Số căn nhà ở (LnSocan) có sự biến động lớn, phản ánh sự khác biệt về quy mô dân số và phát triển đô thị giữa các tỉnh thành.

KẾT QUẢ HỒI QUY

Phân tích tương quan:

Trước khi thực hiện hồi quy đa biến, chúng tôi tiến hành phân tích mối tương quan Pearson giữa các biến để có cái nhìn sơ bộ về mối quan hệ giữa chúng và kiểm tra vấn đề đa cộng tuyến tiềm ẩn. (Bảng 2)

Kết quả phân tích tương quan cho thấy biến phụ thuộc LnTV_BQ có mối tương quan dương và có ý nghĩa thống kê với LnWS ($r = 0,412$, $p < 0,01$), LnPD ($r = 0,285$, $p < 0,01$), LnGRDPBQ ($r = 0,372$, $p < 0,01$) và LnSocan ($r = 0,354$, $p < 0,01$). Điều này phù hợp với giả định rằng quy mô lực lượng lao động, mật độ dân số, GDP bình quân đầu người và số căn nhà ở có tác động tích cực đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người.

Đáng chú ý, biến Product có mối tương quan dương với LnTV_BQ ($r = 0,115$) nhưng không có ý nghĩa thống kê ở mức 5%. Tuy nhiên, đây chỉ là phân tích tương quan đơn và cần được kiểm chứng thêm trong mô hình hồi quy đa biến. Biến DiCu cũng có mối tương quan dương với LnTV_BQ ($r = 0,109$) nhưng không có ý nghĩa thống kê.

Phân tích ma trận tương quan cũng cho thấy có một số mối tương quan mạnh giữa các biến độc lập, như giữa LnPD và LnWS ($r = 0,642$, $p < 0,01$), LnGRDPBQ và LnPD ($r=0,590$, $p < 0,01$), DiCu và LnGRDPBQ ($r = 0,583$, $p < 0,01$). Tuy nhiên, các hệ số tương quan

này không quá cao (< 0,8), và kiểm tra đa cộng tuyến trong mô hình hồi quy (VIF) cho thấy tất cả các giá trị VIF đều dưới 10, cho thấy không có vấn đề đa cộng tuyến nghiêm trọng.

Kết quả mô hình hồi quy

Bảng 3 trình bày kết quả ước lượng của mô hình hồi quy được xây dựng để đánh giá tác động của các yếu tố khác nhau đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người.

Mô hình hồi quy có R^2 hiệu chỉnh là 0,306, cho thấy các biến độc lập trong mô hình giải thích được 30,6% sự biến động của khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người. Kiểm định F cho thấy mô hình có ý nghĩa thống kê tổng thể với F(7, 244) = 16,799 và p < 0,001.

Các kết quả cụ thể cho từng biến độc lập như sau:

1. Biến LnWS (quy mô lực lượng lao động) có hệ số hồi quy dương và có ý nghĩa thống kê ở mức 1% (β = 0,362, p < 0,01). Điều này có nghĩa là khi quy mô lực lượng lao động tăng 1%, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người sẽ tăng 0,362%, giữ các yếu tố khác không đổi. Kết quả này ủng hộ giả thuyết H1 rằng lực lượng lao động gia tăng nhu cầu đi lại tại địa phương.

2. Biến ER (tỷ lệ việc làm) có hệ số hồi quy âm và có ý nghĩa thống kê ở mức 10% (β = -0,051, p < 0,1). Điều này cho thấy khi tỷ lệ việc làm tăng, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người có xu hướng giảm nhẹ. Kết quả này có thể được giải thích bởi khả năng người lao động có việc làm thường cư trú gần nơi làm việc, giảm nhu cầu đi lại khoảng cách xa.

3. Biến LnPD (mật độ dân số) có hệ số hồi quy âm và có ý nghĩa thống kê ở mức 10% (β = -0,104, p < 0,1). Điều này cho thấy khi mật độ dân số tăng 1%, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người giảm 0,104%, giữ các yếu tố khác không đổi. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của De Jong và van de Riet (2008), cho thấy ở những khu vực có mật độ dân số cao, khoảng cách đi lại thường ngắn hơn, dẫn đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người thấp hơn.

4. Biến LnGRDPBQ (GDP bình quân đầu người) có hệ số hồi quy dương và có ý nghĩa thống kê ở mức 1% (β = 0,766, p < 0,01). Điều này cho thấy khi GDP bình quân đầu người tăng 1%, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người sẽ tăng 0,766%, giữ các yếu tố khác không đổi. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu trước đây về vai trò của thu nhập đối với nhu cầu vận tải hành khách.

5. Biến Product (chỉ số phát triển công nghiệp) có hệ số hồi quy dương và có ý nghĩa thống kê ở mức 10% (β = 0,008, p < 0,1). Điều này cho thấy khi chỉ số phát triển công nghiệp tăng 1 đơn vị, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người sẽ tăng 0,8%, giữ các yếu tố khác không đổi. Kết quả này ủng hộ giả thuyết H2 rằng mức độ công nghiệp hóa gia tăng nhu cầu đi lại tại

Bảng 1: Thống kê mô tả của các biến nghiên cứu

Thống kê mô tả

		LnTV_BQ	LnWS	ER	LnPD	LnGRDPBQ	Product	DiCu	LnSocan
N	Valid	252	252	252	252	252	252	252	252
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		-0,2748	6,5317	97,5239%	5,7355	4,1775	108,3175	0,21	10,5748
Median		-0,2248	6,5070	97,8000%	5,6131	4,0835	108,5000	0,00	10,0815
Mode		-2.77[a]	5.79[a]	98,53%	4.97[a]	3.70[a]	104.10[a]	0	7.89[a]
Std. Deviation		0,77184	0,59134	1,46394%	0,99400	0,44022	9,46221	0,408	1,47552
Variance		0,596	0,350	2,143	0,988	0,194	89,533	0,167	2,177
Minimum		-2,77	4,97	90,59%	3,93	3,34	73,10	0	7,89
Maximum		1,56	8,48	99,61%	8,41	5,92	143,60	1	14,81

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Bảng 2: Ma trận tương quan Pearson giữa các biến nghiên cứu

Biến	LnTV_BQ	LnWS	ER	LnPD	LnGRDPBQ	Product	DiCu	LnSocan
LnTV_BQ	1							
LnWS	0,412**	1						
ER	-0,050	0,009	1					
LnPD	0,285**	0,642**	-0,148*	1				
LnGRDPBQ	0,372**	0,416**	-0,177**	0,590**	1			
Product	0,115	-0,045	0,248**	-0,056	-0,045	1		
DiCu	0,109	0,364**	-0,148*	0,451**	0,583**	-0,107	1	
LnSocan	0,354**	0,464**	0,167**	0,269**	0,045	0,151*	0,100	1

*Ghi chú: ** p < 0,01; * p < 0,05*

Bảng 3: Kết quả ước lượng mô hình hồi quy

Biến	**Hệ số hồi quy chuẩn hóa (β)**	**t-statistic**	**Sig.**	**Collinearity Statistics**		
					Tolerance	VIF
LnWS	β_1	0,273***	3,648	0,000	0,477	2,095
ER	β_2	- 0,097*	-1,723	0,086	0,873	1,145
LnPD	β_3	- 0,133*	-1,700	0,090	0,449	2,229
LnGRDPBQ	β_4	0,437***	5,907	0,000	0,506	1,976
Product	β_5	0,100*	1,818	0,070	0,905	1,105
DiCu	β_6	- 0,216***	- 3,261	0,001	0,629	1,589
LnSocan	β_7	0,265***	4,263	0,000	0,718	1,393
β_0 - Hằng số		- 2,525	- 0,879	0,380		
Adjusted R^2		0,445				
Số quan sát		252				
Biến phụ thuộc:		LnTV_BQ				
(*), (**), (***): mức ý nghĩa lần lượt tại 10%, 5%, 1%						

R^2 = 0,325; R^2 hiệu chỉnh = 0,306; F(7, 244) = 16,799, p < 0,001; n = 252

địa phương.

6. Biến DiCu (di cư) có hệ số hồi quy âm và có ý nghĩa thống kê ở mức 1% (β = -0,409, p < 0,01). Điều này cho thấy các tỉnh thành có tỷ lệ di cư ròng dương có khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người thấp hơn so với các tỉnh thành khác. Điều này có thể được giải thích bởi thực tế rằng người di cư thường có xu hướng cư trú gần nơi làm việc hoặc có ít nhu cầu đi lại hơn so với người địa phương.

7. Biến LnSocan (số căn nhà ở) có hệ số hồi quy dương và có ý nghĩa thống kê ở mức 1% (β = 0,138, p < 0,01). Điều này cho thấy khi số căn nhà ở tăng 1%, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người sẽ tăng 0,138%, giữ các yếu tố khác không đổi. Kết quả này ủng hộ giả thuyết H3 rằng nhu cầu nhà ở gia tăng nhu cầu đi lại tại địa phương.

THẢO LUẬN KẾT QUẢ

Kết quả từ mô hình hồi quy cho thấy cả ba giả thuyết nghiên cứu đều được ủng hộ. Lực lượng lao động, mức độ công nghiệp hóa và nhu cầu nhà ở đều có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người.

Tác động của lực lượng lao động (LnWS) đến nhu cầu vận tải hành khách có thể được giải thích bởi sự gia tăng của các chuyến đi làm việc. Khi quy mô lực lượng lao động tăng, số lượng người cần di chuyển để đến nơi làm việc cũng tăng, dẫn đến sự gia tăng của khối lượng vận tải hành khách. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của De Jong và van de Riet (2008), cho thấy sự tham gia lực lượng lao động là một trong những yếu tố quyết định quan trọng của nhu cầu vận tải hành khách.

Tác động của mức độ công nghiệp hóa (Product) đến nhu cầu vận tải hành khách, mặc dù nhỏ nhưng có ý nghĩa thống kê, phản ánh vai trò của sự phát triển công nghiệp trong việc tạo ra nhu cầu đi lại. Sự phát triển của các khu công nghiệp thường dẫn đến việc người lao động phải di chuyển từ nơi ở đến nơi làm việc, đồng thời tạo ra nhu cầu vận chuyển nguyên liệu và hàng hóa. Điều này góp phần vào sự gia tăng của khối lượng vận tải nói chung, bao gồm cả vận tải hành khách.

Tác động tích cực của số căn nhà ở (LnSocan) đến nhu cầu vận tải hành khách cho thấy mối quan hệ giữa sự phát triển đô thị, nhu cầu nhà ở và nhu cầu đi lại. Khi số lượng nhà ở tăng, thường là do sự phát triển đô thị và sự gia tăng dân số, nhu cầu đi lại cũng tăng theo. Điều này đặc biệt đúng trong bối cảnh của Việt Nam, nơi sự phát triển đô thị nhanh chóng và sự di cư từ nông thôn ra thành thị đã dẫn đến sự gia tăng của nhu cầu nhà ở và nhu cầu đi lại.

Đáng chú ý, mật độ dân số (LnPD) có tác động âm đến nhu cầu vận tải hành khách, điều này có thể được giải thích bởi thực tế rằng ở những khu vực có mật độ dân số cao, khoảng cách đi lại thường ngắn hơn và có nhiều lựa chọn phương tiện giao thông công cộng hơn. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Kenworthy và Laube (1999), Pasha và cộng sự (2016), cho thấy ở các khu vực đô thị có mật độ dân số cao hơn, người dân thường sử dụng ít phương tiện cá nhân hơn và có nhu cầu đi lại khoảng cách xa thấp hơn.

Tác động âm của di cư (DiCu) đến nhu cầu vận tải hành khách cho thấy sự phức tạp của mối quan hệ giữa di cư và nhu cầu đi lại. Điều này có thể được giải thích bởi khả năng người di cư thường có xu hướng cư trú gần nơi làm việc hoặc có ít nhu cầu đi lại hơn so với người địa phương, có thể do các ràng buộc về kinh tế hoặc xã hội.

KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý CHÍNH SÁCH

Tóm tắt kết quả chính

Nghiên cứu này đã phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến nhu cầu vận tải hành khách tại Việt Nam, với trọng tâm đặc biệt là vai trò của công nghiệp hóa và phát triển nhà ở. Sử dụng dữ liệu mảng của 63 tỉnh thành Việt Nam trong giai đoạn 2019 - 2022, chúng tôi đã xây dựng mô hình hồi quy để đánh giá tác động của các yếu tố khác nhau đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người.

Kết quả nghiên cứu cho thấy quy mô lực lượng lao động (LnWS), chỉ số phát triển công nghiệp (Product) và số căn nhà ở (LnSocan) đều có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê đến khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người. Cụ thể, khi quy mô lực lượng lao động tăng 1%, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người sẽ tăng 0,362%; khi chỉ số phát triển công nghiệp tăng 1 đơn vị, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người sẽ tăng 0,8%; và khi số căn nhà ở tăng 1%, khối lượng vận tải hành khách bình quân đầu người sẽ tăng 0,138%.

Ngoài ra, GDP bình quân đầu người (LnGRDPBQ) cũng có tác động tích cực mạnh mẽ đến nhu cầu vận tải hành khách, với hệ số hồi quy 0,766. Điều này khẳng định vai trò quan trọng của thu nhập trong việc quyết định nhu cầu đi lại, phù hợp với nhiều nghiên cứu trước đây.

Mặt khác, mật độ dân số (LnPD) và di cư (DiCu) có tác động âm đến nhu cầu vận tải hành khách, cho thấy sự phức tạp của mối quan hệ giữa các yếu tố dân số học và nhu cầu đi lại. Tỷ lệ việc làm (ER) cũng có tác động âm nhẹ đến nhu cầu vận tải hành khách.

Hàm ý lý thuyết và thực tiễn

Kết quả nghiên cứu có nhiều hàm ý lý thuyết và thực tiễn quan trọng. Về mặt lý thuyết, nghiên cứu này góp phần làm rõ mối quan hệ giữa công nghiệp hóa, phát triển nhà ở và nhu cầu vận tải hành khách trong bối cảnh của một nền kinh tế đang phát triển như Việt Nam. Nghiên cứu xác nhận rằng sự phát triển công nghiệp và nhu cầu nhà ở gia tăng đều dẫn đến sự gia tăng của nhu cầu vận tải hành khách, điều này phù hợp với lý thuyết kinh tế về mối quan hệ giữa sự phát triển kinh tế - xã hội và nhu cầu đi lại.

Về mặt thực tiễn, kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc hoạch định chính sách phát triển hạ tầng giao thông và quản lý nhu cầu vận tải. Cụ thể, nghiên cứu cho thấy cần phải xem xét các yếu tố như quy mô lực lượng lao động, mức độ công nghiệp hóa và sự phát triển nhà ở khi dự báo nhu cầu vận tải hành khách và lập kế hoạch phát triển hạ tầng giao thông.

Hàm ý chính sách

Dựa trên kết quả nghiên cứu, chúng tôi đề xuất một số hàm ý chính sách đặc biệt sử dụng mô hình phát triển định hướng giao thông công cộng (TOD):

1. Phát triển định hướng giao thông công cộng (TOD) để xây dựng hạ tầng giao thông đồng bộ đáp ứng quá trình công nghiệp hóa: Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ công nghiệp hóa có tác động tích cực đến nhu cầu vận tải hành khách. Do đó, cần có kế hoạch phát triển hạ tầng giao thông đồng bộ với quá

trình phát triển công nghiệp, đặc biệt là ở các khu vực có nhiều khu công nghiệp. Điều này bao gồm việc xây dựng và nâng cấp các tuyến đường kết nối giữa khu dân cư và khu công nghiệp, cũng như phát triển hệ thống giao thông công cộng phục vụ người lao động trong các khu công nghiệp.

2. Quy hoạch đô thị tích hợp nhà ở và giao thông trong phát triển định hướng giao thông công cộng: Tác động tích cực của số căn nhà ở đến nhu cầu vận tải hành khách cho thấy tầm quan trọng của việc quy hoạch đô thị tích hợp nhà ở và giao thông. Cần thúc đẩy sự phát triển của các khu đô thị tích hợp, nơi nhà ở, nơi làm việc và các dịch vụ được bố trí gần nhau, giảm nhu cầu đi lại khoảng cách xa. Đồng thời, cần đảm bảo rằng các khu vực phát triển nhà ở mới được kết nối tốt với hệ thống giao thông công cộng.

3. Phát triển hệ thống giao thông công cộng hiệu quả: Với việc sử dụng phương tiện cá nhân, đặc biệt là xe máy, vẫn còn phổ biến tại Việt Nam, cần có chính sách thúc đẩy sự phát triển và sử dụng hệ thống giao thông công cộng hiệu quả. Điều này bao gồm việc đầu tư vào các phương tiện vận tải công cộng hiện đại, mở rộng mạng lưới giao thông công cộng, và áp dụng các công nghệ thông minh để nâng cao hiệu quả và tiện ích của hệ thống giao thông công cộng.

4. Quản lý nhu cầu vận tải: Ngoài việc phát triển hạ tầng giao thông, cần áp dụng các biện pháp quản lý nhu cầu vận tải để giảm áp lực lên hệ thống giao thông. Điều này bao gồm việc khuyến khích làm việc từ xa, áp dụng giờ làm việc linh hoạt, và thúc đẩy việc sử dụng các phương tiện giao thông không động cơ (như đi bộ và đi xe đạp) cho các chuyến đi ngắn là một bộ phận tích hợp trong mô hình phát triển định hướng giao thông công cộng (TOD).

5. Chính sách phát triển nhà phù hợp: Tác động tích cực của số căn nhà ở đến nhu cầu vận tải hành khách cho thấy cần có chính sách nhà ở phù hợp để quản lý nhu cầu đi lại. Cần khuyến khích sự phát triển của nhà ở gần các trung tâm việc làm và dọc theo các hành lang giao thông công cộng. Đồng thời, cần có chính sách hỗ trợ nhà ở cho người thu nhập thấp và người lao động trong các khu công nghiệp, giúp giảm khoảng cách đi lại và nhu cầu vận tải.

6. Nâng cao hiệu quả sử dụng đất: Kết quả nghiên cứu cho thấy mật độ dân số có tác động âm đến nhu cầu vận tải hành khách. Điều này gợi ý rằng cần thúc đẩy sự phát triển đô thị nén, với mật độ dân số cao hơn và sử dụng đất hiệu quả hơn. Điều này có thể giúp giảm khoảng cách đi lại và nhu cầu vận tải./

Hạn chế và hướng nghiên cứu tương lai

Thứ nhất, nghiên cứu chỉ sử dụng dữ liệu trong giai đoạn 2019 - 2022, một khoảng thời gian ngắn và bị ảnh hưởng bởi đại dịch COVID-19, có thể ảnh hưởng đến tính đại diện của kết quả. Thứ hai, mô hình hồi quy chỉ giải thích được 30,6% sự biến động của biến phụ thuộc, cho thấy còn nhiều yếu tố khác ảnh hưởng đến nhu cầu vận tải hành khách chưa được đưa vào mô hình. Thứ ba, nghiên cứu chưa xem xét chi tiết về các loại phương tiện vận tải và sự phân phối của nhu cầu vận tải giữa các phương thức khác nhau.

Các hướng nghiên cứu tương lai có thể bao gồm: (1) Mở rộng khoảng thời gian nghiên cứu để bao gồm nhiều chu kỳ kinh tế hơn; (2) Đưa vào mô hình thêm các yếu tố ảnh hưởng đến nhu cầu vận tải hành khách, như chất lượng hạ tầng giao thông, chi phí đi lại, và sự sẵn có của các phương tiện vận tải công cộng; (3) Phân tích chi tiết hơn về sự phân phối của nhu cầu vận tải giữa các phương thức khác nhau; (4) So sánh tác động của các yếu tố nghiên cứu giữa các khu vực khác nhau (như đô thị và nông thôn) hoặc giữa các nhóm tỉnh thành khác nhau (theo mức độ phát triển kinh tế); và (5) Áp dụng các phương pháp phân tích không gian để xem xét tác động của vị trí địa lý và mối quan hệ không gian đến nhu cầu vận tải hành khách.

Tóm lại, nghiên cứu này cung cấp những hiểu biết sâu sắc về vai trò của công nghiệp hóa và phát triển nhà ở trong việc định hình nhu cầu vận tải hành khách tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng làm cơ sở cho việc hoạch định chính sách phát triển hạ tầng giao thông bền vững, đáp ứng nhu cầu vận tải ngày càng tăng trong bối cảnh đẩy mạnh công nghiệp hóa và quá trình đô thị hóa tại Việt Nam.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Beckmann, M. J., Golob, T. F., & Zahavi, Y. (1983). Travel probability fields and urban spatial structure: 1. Theory. Environment and Planning A, 15(5), 593-606.

2. Bityukova, V. R., & Mozgunov, N. A. (2019). Spatial features transformation of emission from motor vehicles in Moscow. Geography, environment, sustainability, 12(4), 57-73.

3. de Jong, G. C., & van de Riet, O. (2008). The driving factors of passenger transport. European Journal of Transport and Infrastructure Research, 8(3).

4. GIZ (2025), 'Net-Zero roadmap for the transport sector in Vietnam', GIZ NDC- TIA. Truy cập tại: https://changing-transport.org/wp-content/uploads/2024_Net-Zero-Roadmap-for-the-Transport-Sector-in-Vietnam_EN.pdf.

5. Huỳnh Dũng (2024). 'Vietnam's transport sector on track to surpass 2024 growth targets'. Vietnam Economic Times. Truy cập tại: https://vneconomy.vn/vietnams-transport-sector-on-track-to-surpass-2024-growth-targets.html.

6. Kenworthy, J. R., & Laube, F. B. (1999). Patterns of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy. Transportation research part a: policy and practice, 33(7-8), 691-723.

7. Litman, T. (2024). Understanding transport demands and elasticities. Victoria, BC, Canada: Victoria Transport Policy Institute.

8. Pan, H., Li, J., Shen, Q., & Shi, C. (2017). What determines rail transit passenger volume? Implications for transit oriented development planning. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 57, 52-63.

9. Pasha, M., Rifaat, S. M., Tay, R., & De Barros, A. (2016). Effects of street pattern, traffic, road infrastructure, socioeconomic and demographic characteristics on public transit ridership. KSCE Journal of Civil Engineering, 20(3), 1017-1022.

10. Schafer, A., & Victor, D. G. (2000). The future mobility of the world population. Transportation research part a: policy and practice, 34(3), 171-205.

11. Tổng cục Thống kê (2023), 'Báo cáo Điều tra lao động việc làm năm 2022', Tổng cục Thống kê Việt Nam, truy cập tại: https://www.gso.gov.vn/wp-content/uploads/2024/03/Sach-BC-Dieu-tra-LDVL-2022-Vietnamese.pdf, ngày 10-08-2024.

12. Tổng cục Thống kê (2023), 'Niên giám Thống kê', Tổng cục Thống kê Việt Nam, truy cập tại: https://www.nso.gov.vn/default/2024/06/nien-giam-thong-ke-2023/, ngày 14-05-2025.

13. Tổng cục Thống kê (2023), 'Tư liệu kinh tế – xã hội 63 tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương 2019-2023', Tổng cục Thống kê Việt Nam, truy cập tại: https://www.nso.gov.vn/default/2025/01/tu-lieu-kinh-te-xa-hoi-63-tinh-thanh-pho-truc-thuoc-trung-uong-2019-2023/, ngày 14-05-2025.

14. Truong Hoang Truong, Truong Thanh Thao và Son Thanh Tung (2017). Housing and transportation in Vietnam's Ho Chi Minh City: Case studies in social urban development, The Friedrich-Ebert-Stiftung. Available to download at: https://asia.fes.de/news/housing-and-transportation-in-vietnams-ho-chi-minh-city.html.

15. Wang, Z., Ahmed, Z., Zhang, B., & Wang, B. (2019). The nexus between urbanization, road infrastructure, and transport energy demand: empirical evidence from Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 26, 34884-34895.

16. Zahavi, Y., Beckmann, M. J., & Golob, T. F. (1981). The UMOT/urban interactions (No. Final Rpt.).

Xây dựng, duy trì và phát triển **hệ thống cơ sở dữ liệu về quy hoạch đô thị**

PGS.TS ĐỖ TÚ LAN*

Ngày nay, kỹ thuật số đã trở thành công cụ hữu hiệu để phục vụ tất cả các ngành nghề, đối với quy hoạch và quản lý đô thị, kỹ thuật số là vô cùng cần thiết, nó hỗ trợ chính xác hoá các phương án quy hoạch, minh bạch hoá và lưu giữ thông tin, kết nối thông minh các dữ liệu cho các mục đích có liên quan. Trong đó, nền tảng cơ sở dữ liệu số về quy hoạch đô thị là bước đầu tiên và căn bản cần được tạo lập, bổ sung, duy trì, đảm bảo thông tin chuẩn xác liên tục phục vụ cho quá trình quản lý phát triển đô thị và các bước quy hoạch kế tiếp. Tuy nhiên, đây là công việc còn mới, đòi hỏi nhiều vấn đề kỹ thuật, thể chế hỗ trợ để vận hành. Về kỹ thuật số, hiện nay đã và đang phát triển rất nhanh chóng, có nhiều chuyên gia giỏi, nhưng thể chế để triển khai còn nhiều bất cập, bài viết phần nào đề cập, hỗ trợ thêm về mặt thể chế để xây dựng, duy trì hệ thống cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị.

1. KHUNG THỂ CHẾ ĐỂ QUẢN LÝ CÔNG TÁC THIẾT LẬP VÀ DUY TRÌ KHAI THÁC CƠ SỞ DỮ LIỆU QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

Cho đến nay, chúng ta đã cơ bản có một hệ thống thể chế đồng bộ, bao gồm các quy định pháp luật, cơ chế phối hợp và phân định trách nhiệm rõ ràng.

Việc xây dựng và vận hành một cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị hiệu quả đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa nhiều cấp độ và các bên liên quan. Dưới đây là những thể chế chính cần được thiết lập.

Hệ thống pháp luật và quy định: Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn, Luật Xây dựng, Luật Công nghệ thông tin, Luật Giao dịch điện tử, Luật An toàn thông tin mạng và các văn bản dưới luật liên quan. Các nghị định, thông tư hướng dẫn chi tiết về việc xây dựng, quản lý, khai thác và chia sẻ dữ liệu quy hoạch đô thị, ví dụ như Nghị định 111/2024/NĐ-CP quy định về hệ thống thông tin và cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng, bao gồm cả cơ sở dữ liệu về quy hoạch. Các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật về định dạng dữ liệu, cấu trúc dữ liệu, quy cách thể hiện dữ liệu không gian, hệ quy chiếu tọa độ… Quy chế quản lý, kết nối và chia sẻ dữ liệu số theo quy định của Chính phủ.

Cơ chế phối hợp liên ngành và liên cấp: Sự phối hợp giữa các cơ quan quản lý nhà nước ở trung ương (Bộ Xây dựng, Bộ Tài chính, Bộ KH&CN) và địa phương (UBND cấp tỉnh, Sở Xây dựng, Sở QH-KT, Sở NN&MT, cấp xã phường...). Quy định rõ ràng về trách nhiệm phối hợp trong việc thu thập, cung cấp, cập nhật, điều chỉnh, quản lý, khai thác và sử dụng thông tin trong cơ sở dữ liệu. Thiết lập nền tảng tích hợp, chia sẻ dữ liệu quốc gia, để đảm bảo kết nối và chia sẻ dữ liệu giữa các hệ thống

Phân định rõ quyền và trách nhiệm:/Thể chế tổ chức: Xác định rõ quyền và trách nhiệm của cơ quan lập quy hoạch, cơ quan thẩm định, cơ quan phê duyệt, cơ quan quản lý dữ liệu và các bên liên quan khác. Quy định về trách nhiệm của người đứng đầu các sở, ban, ngành, địa phương với tiến độ, chất lượng và kết quả thực hiện. Phân định rõ quyền khai thác, sử dụng dữ liệu của các cơ quan quản lý nhà nước, tổ chức và cá nhân, bao gồm cả việc xác định dữ liệu mở.

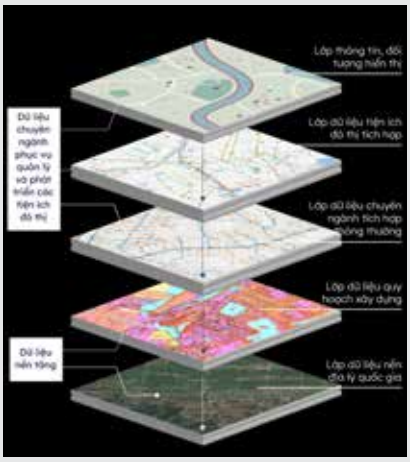
Thể chế về hạ tầng công nghệ và vận hành:/cơ chế giám sát, đánh giá: Quy định về việc thiết lập trung tâm quản lý cơ sở dữ liệu và thiết kế phần mềm quản lý, khai thác sử dụng dữ liệu. Tiêu chuẩn kỹ thuật cho hạ tầng kỹ thuật công nghệ thông tin, hệ thống phần mềm ứng dụng, nền tảng điện toán đám mây. Các quy định về an toàn thông tin, an ninh mạng và bảo vệ dữ liệu cá nhân. Cơ chế đánh giá độc lập, định kỳ về chất lượng, số lượng và sự cập nhật hợp lý. Cơ chế đo lường, đánh giá hiệu quả triển khai nhiệm vụ xây dựng, phát triển, quản lý dữ liệu.

Cơ chế tài chính và nguồn lực: Quy định về việc phân bổ nguồn kinh phí cho các dự án, nhiệm vụ thực hiện liên quan đến xây dựng và duy trì cơ sở dữ liệu. Đảm bảo nguồn lực về nhân sự có đủ năng lực để vận hành, quản lý và khai thác cơ sở dữ liệu. Nguồn lực nhân sự/ thu hút nhân tài/ có chương trình đào tạo thường xuyên.

2. HOÀN THIỆN HỆ THỐNG VĂN BẢN PHÁP LUẬT

Để đáp ứng yêu cầu hiện tại và thúc đẩy sự phát triển, một

(*) *Nguyên Phó cục trưởng Cục Phát triển đô thị (Bộ Xây dựng)*



số văn bản pháp luật cụ thể cần được ưu tiên ban hành hoặc sửa đổi. Việc rà soát và cập nhật hệ thống pháp luật là cần thiết để giải quyết những vướng mắc hiện tại và tạo hành lang pháp lý thuận lợi cho sự phát triển. Dưới đây là những lĩnh vực và văn bản quan trọng:

Lĩnh vực quy hoạch và quản lý đô thị:

Luật Quy hoạch: Cần xem xét sửa đổi, bổ sung để đảm bảo tính đồng bộ, khả thi và giải quyết các vấn đề phát sinh trong thực tiễn áp dụng, đặc biệt là quy hoạch vùng, quy hoạch tỉnh và quy hoạch đô thị.

Luật Quy hoạch Đô thị và nông thôn: Bổ sung các điều liên quan đến thiết lập duy trì và khai thác dữ liệu quy hoạch đô thị, hoàn thiện sửa đổi các nội dung thích hợp với phương thức tổ chức hành chính địa phương 2 cấp

Luật Xây dựng và các văn bản hướng dẫn: Sửa đổi các quy định liên quan đến thủ tục cấp phép xây dựng, quản lý chất lượng công trình, quy chuẩn xây dựng, đặc biệt là các quy định về thẩm định, phê duyệt dự án đầu tư xây dựng

Luật Đất đai và các văn bản hướng dẫn: Việc sửa đổi, bổ sung cần tập trung vào các quy định về thu hồi đất, bồi thường, hỗ trợ tái định cư, quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất để tạo cơ chế rõ ràng, minh bạch và hài hòa lợi ích các bên.

Luật Nhà ở: Cần có những quy định cụ thể và linh hoạt hơn về phát triển nhà ở xã hội, nhà ở thương mại, quản lý chung cư, và các loại hình nhà ở khác để đáp ứng nhu cầu đa dạng của xã hội.

Các văn bản liên quan đến quy hoạch đô thị: Bổ sung, hoàn thiện các quy định về quy hoạch chi tiết, quy hoạch phân khu, quy hoạch không gian ngầm, quy hoạch kiến trúc cảnh quan, và cơ chế kiểm soát phát triển theo quy hoạch

Luật Ban hành văn bản quy phạm pháp luật: Sửa đổi để tiếp tục đơn giản hóa hệ thống văn bản, kiểm soát quyền lực trong xây dựng pháp luật và phân định rõ thẩm quyền lập pháp

Lĩnh vực công nghệ thông tin và chuyển đổi số

Luật Giao dịch điện tử, Luật Công nghệ thông tin và Luật An toàn thông tin mạng: Cần có những quy định chi tiết hơn về giao dịch điện tử trong lĩnh vực quy hoạch, xây dựng, quản lý đô thị, cũng như các biện pháp đảm bảo an toàn, bảo mật cho cơ sở dữ liệu.

Các quy định về hạ tầng số và cơ sở dữ liệu: Xây dựng khung pháp lý cho việc hình thành, quản lý và chia sẻ cơ sở dữ liệu quốc gia về quy hoạch, xây dựng, đất đai, tài nguyên môi trường.

Sự cần thiết của phối hợp liên ngành

Việc quản lý cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị đòi hỏi sự tham gia của nhiều cơ quan, ban ngành khác nhau, mỗi đơn vị có vai trò và chuyên môn riêng. Phối hợp liên ngành giúp:

Tích hợp dữ liệu: Các dữ liệu về quy hoạch xây dựng, hạ tầng kỹ thuật, sử dụng đất, môi trường, dân cư, kinh tế - xã hội... cần được tích hợp trên một nền tảng chung để có cái nhìn tổng thể.

Đảm bảo tính nhất quán: Tránh tình trạng dữ liệu phân tán, mâu thuẫn giữa các ngành, các cấp.

Nâng cao hiệu quả quản lý: Tạo cơ sở dữ liệu minh bạch, dễ dàng truy cập và khai thác, hỗ trợ công tác ra quyết định, giám sát và điều hành phát triển đô thị.

Phục vụ đô thị thông minh: Xây dựng nền tảng dữ liệu vững chắc cho các ứng dụng đô thị thông minh, dịch vụ công trực tuyến.

Các lĩnh vực và cơ quan cần phối hợp

Cơ quan quản lý quy hoạch và xây dựng. Vai trò: Là đơn vị chủ trì, chịu trách nhiệm chính trong việc xây dựng, quản lý và cập nhật cơ sở dữ liệu quy hoạch. Hoạt động: Xây dựng khung pháp lý, tiêu chuẩn, quy chuẩn cho việc xây dựng và quản lý cơ sở dữ liệu GIS về quy hoạch. Tích hợp các đồ án quy hoạch (chung, phân khu, chi tiết) vào cơ sở dữ liệu GIS. Giám sát và kiểm soát việc thực hiện quy hoạch dựa trên dữ liệu. Cung cấp thông tin quy hoạch công khai, minh bạch cho người dân và doanh nghiệp.

Cơ quan quản lý đất đai và tài nguyên môi trường. Vai trò: Cung cấp dữ liệu nền về đất đai, địa hình, tài nguyên thiên nhiên và môi trường. Hoạt động: Cung cấp dữ liệu địa lý quốc gia, dữ liệu về hiện trạng sử dụng đất, địa chính. Phối hợp trong việc đánh giá tác động môi trường, quy hoạch sử dụng đất dựa trên dữ

liệu GIS. Chia sẻ dữ liệu liên thông với cơ sở dữ liệu quy hoạch.

Cơ quan quản lý hạ tầng kỹ thuật (giao thông, cấp thoát nước, điện lực, viễn thông...). Vai trò: Cung cấp dữ liệu về hiện trạng và quy hoạch phát triển hệ thống hạ tầng kỹ thuật. Hoạt động: Xây dựng và cập nhật cơ sở dữ liệu về hạ tầng kỹ thuật đô thị (giao thông, cấp nước, thoát nước, điện, viễn thông, chiếu sáng...). Tích hợp dữ liệu hạ tầng vào hệ thống cơ sở dữ liệu đô thị chung. Phối hợp trong việc quy hoạch phát triển hạ tầng đồng bộ với quy hoạch đô thị.

Cơ quan quản lý dân cư và thống kê. Vai trò: Cung cấp dữ liệu về dân số, lao động, kinh tế - xã hội. Hoạt động: Cung cấp số liệu thống kê dân số, phân bố dân cư, thu nhập, tình hình phát triển kinh tế - xã hội. Dữ liệu này hỗ trợ phân tích, đánh giá nhu cầu phát triển đô thị và hoạch định chính sách.

Các cơ quan, doanh nghiệp khác. Vai trò: Cung cấp dữ liệu chuyên ngành hoặc sử dụng dữ liệu để phát triển ứng dụng, dịch vụ. Hoạt động: Các doanh nghiệp có thể đóng góp dữ liệu trong quá trình hoạt động và sử dụng thông tin quy hoạch. Các cơ quan khác có thể sử dụng cơ sở dữ liệu để phục vụ công tác quản lý, nghiên cứu và phát triển.

3. GIẢI PHÁP ĐỂ TĂNG CƯỜNG PHỐI HỢP LIÊN NGÀNH

Xây dựng khung pháp lý và cơ chế phối hợp

Xây dựng khung pháp lý và cơ chế phối hợp rõ ràng: Ban hành các quy định, quy chế về việc thu thập, quản lý, chia sẻ và sử dụng dữ liệu giữa các cơ quan.

Thiết lập hạ tầng dữ liệu không gian quốc gia và đô thị: Xây dựng nền tảng công nghệ (phần cứng, phần mềm) đủ mạnh để tích hợp, lưu trữ và khai thác dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau.

Chuẩn hóa dữ liệu: Quy định rõ về tiêu chuẩn, định dạng dữ liệu để đảm bảo tính nhất quán và khả năng liên thông.

Đào tạo và nâng cao năng lực cán bộ: Tổ chức các khóa đào tạo, tập huấn về GIS, quản lý cơ sở dữ liệu cho cán bộ các ngành liên quan.

Thúc đẩy chia sẻ dữ liệu: Xây dựng các cổng thông tin, nền tảng số để các cơ quan có thể dễ dàng truy cập, chia sẻ và khai thác dữ liệu.

Xây dựng cơ chế vận hành hiệu quả: Phân định rõ quyền, trách nhiệm của từng cơ quan, đơn vị trong quá trình vận hành, cập nhật và bảo trì hệ thống cơ sở dữ liệu.

Cơ chế, chính sách tài chính

Nguồn vốn đầu tư ban đầu: Cơ sở dữ liệu về quy hoạch đô thị thực tế là một loại tài sản quốc gia cần được đầu tư thích đáng, do đó để tạo lập nền tảng ban đầu cần có các nguồn vốn cụ thể:

Nguồn ngân sách của Nhà nước: Trung ương cấp vốn cho các đô thị loại đặc biệt, các thành phố trực thuộc Trung ương. Địa phương bố trí ngân sách cho các đô thị còn lại.

Nguồn hỗ trợ phát triển chính thức (ODA) và vốn vay ưu đãi: cho các thành phố lớn có nhu cầu và điều kiện tiếp cận.

Xã hội hóa đầu tư: Hợp tác công tư (PPP) với các doanh nghiệp công nghệ, bản đồ, dữ liệu. Cho phép tư nhân đầu tư hạ tầng dữ liệu với cơ chế chia sẻ lợi ích.

Nguồn kinh phí duy trì, cập nhật

Ngân sách thường xuyên: Dự toán hàng năm cho Sở QH-KT hoặc các đơn vị quản lý dữ liệu đô thị.

Nguồn thu từ dịch vụ dữ liệu: Phí khai thác dữ liệu quy hoạch cho tổ chức, cá nhân. Thu phí tích hợp dữ liệu từ các đơn vị tư vấn, nhà đầu tư.

Đấu thầu dịch vụ công nghệ thông tin: Đặt hàng doanh nghiệp duy trì hệ thống cơ sở dữ liệu (gồm bảo mật, cập nhật, nâng cấp định kỳ).

Cơ chế quản lý tài chính minh bạch. Phân định rõ nguồn thu - chi cho từng loại hoạt động (thiết lập, duy trì, cập nhật). Xây dựng cơ chế giám sát tài chính độc lập từ HĐND hoặc các tổ chức kiểm toán. Ứng dụng công nghệ số để giám sát dòng tiền đầu tư, sử dụng ngân sách công.

Chính sách hỗ trợ và ưu đãi. Ưu đãi thuế cho doanh nghiệp tham gia đầu tư hệ thống cơ sở dữ liệu. Hỗ trợ tín dụng (lãi suất thấp, bảo lãnh tín dụng) cho doanh nghiệp khởi nghiệp trong lĩnh vực GIS, quy hoạch số. Cấp ngân sách ưu tiên cho các đô thị thực hiện chuyển đổi số quy hoạch theo mô hình thí điểm.

Hành lang pháp lý

Ban hành Thông tư hướng dẫn tài chính chuyên biệt cho hoạt động xây dựng, vận hành cơ sở dữ liệu quy hoạch. Sửa đổi, bổ sung các Luật và quy định liên quan để quy định rõ về nguồn lực tài chính và trách nhiệm các bên liên quan. Quy định rõ trách nhiệm của UBND các cấp trong bố trí, điều phối và kiểm soát nguồn lực.

Thu phí dịch vụ cung cấp cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị

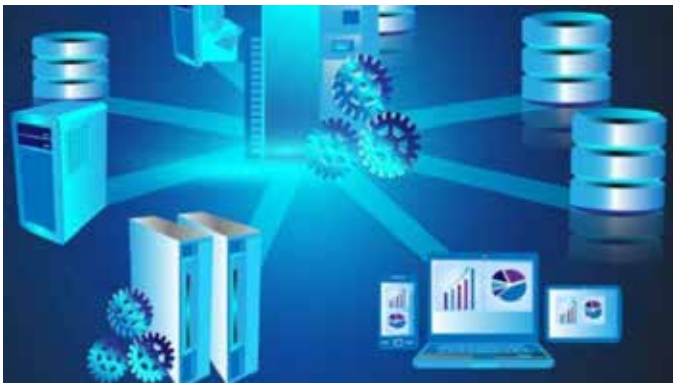
Có thể thu phí khi cung cấp thông tin từ cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị, nhưng cần thực hiện đúng theo quy định của pháp luật để đảm bảo minh bạch, hợp pháp và không gây cản trở tiếp cận thông tin của người dân. Cơ sở pháp lý cho việc thu phí có trong các điều Luật Quy hoạch đô thị (sửa đổi) và Luật Tiếp cận thông tin (2016), người dân có quyền được tiếp cận thông tin quy hoạch, tuy nhiên, có thể thu phí đối với việc sao chụp, in ấn, cung cấp dữ liệu ở dạng đặc biệt hoặc phục vụ mục đích thương mại.

Luật Phí và Lệ phí (2015), Điều 6, khoản 1 "Phí là khoản tiền được tổ chức, cá nhân phải trả khi được cơ quan nhà nước cung cấp dịch vụ công...". Điều 12, khoản 1 và 2: Có hai phương thức quản lý phí: Nộp toàn bộ vào ngân sách nhà nước và ngân sách cấp phát lại theo dự toán; Được để lại một phần hoặc toàn bộ cho đơn vị thu phí để bù đắp chi phí cung cấp dịch vụ (nếu được cấp có thẩm quyền cho phép).

Thông tư 85/2019/TT-BTC của Bộ Tài chính hướng dẫn chi tiết việc quản lý, sử dụng phí, trong đó: Phí thu từ cung cấp dữ liệu (bao gồm dữ liệu quy hoạch đô thị) có thể để lại một phần cho đơn vị thu nếu được quy định cụ thể trong nghị quyết của HĐND tỉnh hoặc Thông tư của Bộ. Sử dụng phí để cập nhật dữ liệu quy hoạch, được sử dụng nếu: HĐND tỉnh/thành phố đã ban hành nghị quyết quy định mức thu phí và tỷ lệ phần trăm được để lại cho đơn vị thu. Trong quyết định phân bổ có nêu rõ khoản phí được dùng cho chi cập nhật, bảo trì hệ thống dữ liệu; Chi đào tạo nhân lực, vận hành hệ thống; Chi bảo mật, phần mềm quản lý dữ liệu.

Không được tự ý sử dụng nếu không có cơ chế cấp lại hoặc không có văn bản pháp lý cụ thể cho việc để lại chi phí vận hành, phí thu phải nộp toàn bộ vào ngân sách.

Một số địa phương như TP.HCM, Hà Nội, Đà Nẵng... đã có các



quy định cụ thể liên quan: Quy định cụ thể mức thu phí cung cấp thông tin quy hoạch đô thị, Cho phép đơn vị thu được giữ lại một phần để chi cho công tác duy trì, cập nhật dữ liệu (theo quyết định hoặc nghị quyết HĐND cấp tỉnh)

4. HUY ĐỘNG TƯ NHÂN THAM GIA LẬP, DUY TRÌ VÀ CẬP NHẬT CƠ SỞ DỮ LIỆU QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

Một số cơ chế huy động tư nhân

Việc huy động khu vực tư nhân tham gia vào lập, duy trì và cập nhật cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị là một hướng đi cần thiết nhằm tận dụng nguồn lực tài chính - công nghệ - nhân lực từ doanh nghiệp; Giảm gánh nặng ngân sách nhà nước, Nâng cao chất lượng, tính cập nhật và khả năng ứng dụng dữ liệu. Tuy nhiên khi huy động tư nhân tham gia công tác xây dựng và duy trì cơ sở dữ liệu quy hoạch cần có một số cơ chế thích hợp

Cơ chế hợp tác công - tư (PPP): Đặt hàng hoặc giao nhiệm vụ có kinh phí cho doanh nghiệp tư nhân thu thập, số hóa, cập nhật dữ liệu quy hoạch; Hợp đồng BOT, BTO, BT công nghệ thông tin: Doanh nghiệp đầu tư hệ thống cơ sở dữ liệu, nhà nước sử dụng và trả phí định kỳ, hoặc doanh nghiệp khai thác dịch vụ. Cần có một số điều kiện cụ thể, hướng dẫn chi tiết áp dụng PPP trong lĩnh vực số hóa và dữ liệu đô thị (có thể bổ sung trong các nghị định hiện hành), cần có Mẫu hợp đồng, quy trình lựa chọn đối tác tư nhân minh bạch.

Khuyến khích đầu tư qua xã hội hóa: Cho phép doanh nghiệp công nghệ, bản đồ, GIS… tham gia: Thu thập dữ liệu nền (bản đồ địa hình, hệ thống công trình ngầm…); Phát triển nền tảng công nghệ (GIS, CSDL trực tuyến). Đổi lại, doanh nghiệp được: Cung cấp dịch vụ khai thác dữ liệu theo giá thị trường; Chia sẻ lợi nhuận với Nhà nước (nếu có).

Để đảm bảo, cần có Hợp đồng rõ ràng về quyền sở hữu dữ liệu và kiểm soát chất lượng, tính bảo mật, cập nhật dữ liệu.

Cơ chế thuê dịch vụ công nghệ thông tin (IT-as-a-Service): Thay vì tự đầu tư hạ tầng, phần mềm, đơn vị quản lý nhà nước có thể thuê doanh nghiệp tư nhân vận hành hệ thống dữ liệu quy hoạch, ví dụ: Cho thuê hạ tầng lưu trữ (cloud); Dịch vụ cập nhật dữ liệu định kỳ (theo gói, theo quý); Dịch vụ bảo trì, bảo mật hệ thống. Cách làm này linh hoạt, ít rủi ro, dễ thay đổi nhà cung cấp nếu không đáp ứng yêu cầu.

Tạo cơ hội kinh doanh dữ liệu hợp pháp: Có thể cho phép doanh nghiệp trích xuất, xử lý lại dữ liệu quy hoạch để cung cấp dịch vụ giá trị gia tăng (như bản đồ tương tác, ứng dụng bất động sản…); Khai thác dữ liệu phục vụ các nền tảng công nghệ (smart city, giao thông thông minh, quản lý đất đai…). Tuy nhiên Nhà nước vẫn giữ quyền sở hữu dữ liệu gốc, nhưng cho phép sử dụng có kiểm soát, tương tự như mô hình "open data có điều kiện".

Hợp tác nghiên cứu, đào tạo và chuyển giao công nghệ: Liên kết với các viện nghiên cứu, trường đại học, doanh nghiệp công nghệ để: Đào tạo chuyên gia về GIS, quy hoạch số; Nghiên cứu, phát triển công nghệ mới áp dụng cho cơ sở dữ liệu quy hoạch; Chuyển giao phần mềm, giải pháp tiết kiệm chi phí, phù hợp thực tiễn địa phương

Hoàn thiện hành lang pháp lý khi có sự tham gia của tư nhân

Khi có tư nhân tham gia vào lập, duy trì và cập nhật cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị, Nhà nước cần có hệ thống quy định rõ ràng, chặt chẽ: Đảm bảo an toàn, bảo mật, toàn vẹn dữ liệu; Xác định quyền và nghĩa vụ của doanh nghiệp tư nhân; Tránh lạm dụng, thương mại hóa quá mức hoặc làm sai lệch dữ liệu; Bảo vệ lợi ích công cộng và quyền tiếp cận thông tin của người dân.

Cần ban hành hướng dẫn rõ ràng về: Quy định quản lý dữ liệu khi có tư nhân tham gia; Cơ chế bảo mật, chia sẻ, khai thác và sở hữu dữ liệu; Tiêu chuẩn kỹ thuật, định dạng dữ liệu thống nhất.

Tóm lại, việc hoàn thiện thể chế chính sách thích hợp để xây dựng, duy trì và phát triển một hệ thống cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị liên thông trên nền GIS, được hỗ trợ bởi sự phối hợp chặt chẽ giữa các ngành, các cấp, giữa Nhà nước và tư nhân là hết sức cần thiết, là nền tảng quan trọng để phát triển quy hoạch đô thị thông minh, hiệu quả và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Hán Minh Cường, Quản lý đô thị thông minh: Ứng dụng công nghệ số trong kỷ nguyên mới, Kỷ yếu Hội thảo khoa học ĐHKT "Quản lý phát triển đô thị và vùng trong kỷ nguyên mới" 2025.

2. Bộ Xây dựng, Thông tư số 24/2025/TT-BXD: Hướng dẫn một số thông tin chi tiết trong hệ thống thông tin, Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng.

3. Đỗ Hậu, Ứng dụng thông tin và chuyển đổi số trong quản lý PTĐT, Kỷ yếu Hội thảo khoa học ĐHKT "Quản lý phát triển đô thị và vùng trong kỷ nguyên mới" 2025.

4. Báo cáo kỹ thuật: Dự án Tăng cường năng lực quản lý phát triển đô thị ứng phó BĐKH. Thông qua xây dựng HTTT QL Quy hoạch và PTĐT Việt Nam.

5. Quốc hội, Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn.

6. Quốc hội, Luật Xây dựng.

7. Nghị định số 111/2024/NĐ-CP của Chính phủ quy định về hệ thống thông tin, Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng.

TS NGUYỄN QUANG:

Chất lượng sống là thước đo cốt lõi đô thị bền vững

NGUYÊN HẠNH (thực hiện)

Sau gần bốn thập niên đổi mới, đô thị Việt Nam đã trở thành động lực tăng trưởng quan trọng của nền kinh tế, song quá trình đô thị hóa nhanh cũng bộc lộ nhiều bất cập về chất lượng sống, hạ tầng và quản trị. Đã đến lúc cần chuyển mạnh từ tư duy phát triển theo chiều rộng sang phát triển đô thị bao trùm, lấy con người làm trung tâm và coi chất lượng sống là thước đo cốt lõi. BTV Tạp chí Xây dựng có cuộc trò chuyện với TS Nguyễn Quang - nguyên Giám đốc Chương trình Định cư LHQ (UN-Habitat) Việt Nam về vấn đề này.

ĐÔ THỊ HÓA NHANH NHƯNG CHƯA TƯƠNG XỨNG VỀ CHẤT

Thưa ông, nếu nhìn tổng thể, ông đánh giá như thế nào về chất lượng đô thị hóa ở Việt Nam hiện nay?

- Nhìn lại chặng đường 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. Với tốc độ tăng trưởng đô thị trung bình 0,53%/ năm, tỷ lệ đô thị hoá đạt trên 40% và các đô thị hiện nay đã đóng góp 60 - 70% GDP quốc gia. Quá trình đô thị hóa ở Việt Nam hiện nay có thể đánh giá là nhanh về lượng nhưng chưa tương xứng về chất. Tốc độ mở rộng đô thị, gia tăng dân số đô thị và phát triển bất động sản diễn ra mạnh mẽ, nhưng đầu tư hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng xã hội và quản trị đô thị lại chưa theo kịp.

Cụ thể của sự chưa tương xứng này có phải là câu chuyện về chất lượng sống và hệ thống hạ tầng, dịch vụ đô thị?

- Đúng thế, chúng ta nhìn thấy ngay điều này. Đó là hiện trạng về hạ tầng kỹ thuật và xã hội thiếu và yếu. Dù đã có những đầu tư nhất định, nhưng hệ thống giao thông, thoát nước, xử lý rác thải, cấp nước, trường học, bệnh viện… ở nhiều đô thị lớn đang chịu áp lực quá tải. Ùn tắc giao thông, ngập úng đô thị và ô nhiễm môi trường vẫn là vấn đề phổ biến, cho thấy sự thiếu đồng bộ giữa phát triển không gian đô thị và đầu tư hạ tầng.

Thêm nữa là chất lượng sống, chất lượng nhà ở đô thị còn chênh lệch. Trong khi một bộ phận dân cư được hưởng các khu đô thị mới hiện đại thì nhiều khu vực khác - đặc biệt là khu nhà ở cũ, khu ven đô phát triển phi chính thức và nơi tập trung lao động nhập cư - điều kiện sống còn hạn chế, hạ tầng, dịch vụ công cơ bản và không gian xanh ở mức thấp và yếu kém.

Nguyên nhân của điều này xuất phát từ quy hoạch nhiều nơi còn cứng nhắc, thiếu các giải pháp chiến lược và nguồn lực thực thi, điều chỉnh quy hoạch còn tùy tiện, chưa gắn chặt với nhu cầu phát triển về dân số, thị trường lao động và thích ứng với biến đổi khí hậu. Công tác quản lý đô thị, thực thi quy hoạch và phối hợp liên ngành chưa hiệu quả.

Việc ưu tiên phát triển bất động sản và mở rộng không gian xây dựng đôi khi lấn át các mục tiêu dài hạn về kinh tế, tạo việc làm (thí dụ, kết nối đô thị với phát triển công nghiệp), bảo vệ môi trường, bảo tồn văn hóa - xã hội và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Thực tiễn phát triển tại Hà Nội và TP.HCM cho thấy những hệ lụy của mô hình đô thị lan tỏa, thiếu kiểm soát. Theo ông, đâu là những bài học lớn cần được nhìn nhận nghiêm túc?

- Trước hết, nhìn ở mặt tích cực thì những đại đô thị như Hà Nội và TP.HCM hiện đang là động lực tăng trưởng, cửa ngõ hội nhập, trung tâm của sáng tạo, đổi mới và văn hóa. Tuy nhiên, mô hình đô thị lan tỏa, mở rộng không gian nhanh nhưng thiếu kiểm soát đã để lại nhiều hệ lụy tiêu cực đến môi trường sống và nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội dài hạn. Từ hai đô

Đô thị bao trùm ở Việt Nam cần được hiểu là sự kết hợp giữa công bằng xã hội, hiệu quả kinh tế và bền vững môi trường, được đo lường bằng các chỉ số cụ thể, dễ theo dõi và gắn với trách nhiệm của chính quyền đô thị".

TS Nguyễn Quang

thị đặc biệt này, có thể rút ra một số bài học lớn cần được nhìn nhận nghiêm túc.

Thứ nhất, quy hoạch chiến lược cần đi trước và có tính kỷ luật cao: Việc mở rộng đô thị khi quy hoạch thiếu tính chiến lược và tầm nhìn dài hạn hoặc liên tục điều chỉnh theo lợi ích ngắn hạn đã dẫn đến phát triển manh mún, phá vỡ cấu trúc kết nối và mục tiêu phát triển đô thị hài hoà và bền vững ban đầu. Quy hoạch không chỉ để "vẽ" mà phải phù hợp cho các giải pháp và nguồn lực thực thi, đồng thời phải được tuân thủ nghiêm, hạn chế tối đa việc điều chỉnh tùy tiện.

Thứ hai, hạ tầng giao thông cứng cùng phương tiện công cộng là xương sống của phát triển đô thị: Đô thị lan tỏa "nhảy cóc" trong khi hệ thống giao thông cứng và phương tiện công cộng chậm phát triển đã làm gia tăng phụ thuộc vào phương tiện cá nhân, gây ùn tắc, ô nhiễm và lãng phí thời gian xã hội. Vì vậy, mở rộng đô thị phải đồng hành với phát triển giao thông công cộng khối lượng lớn và mô hình đô thị định hướng giao thông (TOD).

Thứ ba, phát triển không gian đô thị cần gắn với kiểm soát đất đai, dân số và việc làm: Việc hình thành các khu đô thị mới nhưng thiếu kết nối với hạ tầng dịch vụ, tiện ích và việc làm dẫn đến tình trạng bỏ không, sử dụng đất đai thiếu hiệu quả. Do thiếu việc làm, dịch vụ và tiện ích tại chỗ nên dòng di chuyển dân cư và lao động hàng ngày vào khu trung tâm ngày càng lớn. Điều này cho thấy sự cần thiết của mô hình đô thị đa chức năng, cùng cấu trúc đa trung tâm, giảm áp lực cho khu vực nội đô.

Thứ tư, tình trạng bê tông hoá, thu hẹp không gian xanh, mặt nước và hành lang thoát lũ tại Hà Nội và TP.HCM đã làm đô thị dễ tổn thương hơn trước ngập lụt, nắng nóng và biến đổi khí hậu. Không đánh đổi môi trường và an toàn sinh thái lấy tăng trưởng ngắn hạn.

Thứ năm, nâng cao hiệu quả quản trị đô thị và phối hợp vùng: Đô thị "nhảy cóc" vượt ra ngoài ranh giới hành chính trong khi cơ chế quản lý còn chồng chéo, thiếu minh bạch và chia cắt đã làm giảm hiệu quả điều hành. Cần tăng cường năng lực quản trị đô thị hiện đại và điều phối phát triển vùng đô thị - vùng Thủ đô, vùng TP.HCM.

Thứ sáu, chuyển từ phát triển theo chiều rộng sang chất lượng: Hà Nội và TP.HCM cho thấy mở rộng địa giới không đồng nghĩa với nâng cao chất lượng sống. Cần ưu tiên phát triển các mô hình đô thị mới (đa chức năng, kết nối nhà ở - sinh thái - tri thức - việc làm - phúc lợi) đồng thời với tái thiết đô thị, cải tạo khu cũ, nâng cấp hạ tầng và dịch vụ, thay vì chỉ mở rộng không gian xây dựng.

PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ BAO TRÙM - THƯỚC ĐO CHẤT LƯỢNG ĐÔ THỊ HÓA

Ông vừa nhắc đến việc ưu tiên phát triển các mô hình đô thị mới. Cụ thể ở đây có phải là việc phát triển đô thị bao trùm - một nội dung đang được nhắc đến ngày càng nhiều trong các chiến lược phát triển?

- Theo tôi, trong điều kiện thực tiễn Việt Nam, đô thị bao trùm không nên được hiểu như một khái niệm trừu tượng hay

> ***Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đô thị bao trùm phải bảo vệ tốt hơn các nhóm dễ tổn thương trước ngập lụt, nắng nóng, ô nhiễm và không để rủi ro môi trường "đổ dồn" lên người nghèo. Việc này được lượng hóa bằng tỷ lệ dân cư dễ tổn thương được tiếp cận hạ tầng chống ngập, nhà ở an toàn, dịch vụ cảnh báo sớm".***
>
> *TS Nguyễn Quang*

khẩu hiệu chính sách, mà cần được tiếp cận theo hướng lấy con người làm trung tâm, bảo đảm mọi nhóm dân cư đều có cơ hội tiếp cận, thụ hưởng và tham gia vào quá trình phát triển đô thị.

Bao trùm trong phát triển đô thị nên được hiểu và lượng hóa như thế nào trong điều kiện thực tiễn Việt Nam, thưa ông?

- Điều quan trọng là phải lượng hóa được "bao trùm". Ví dụ, bao trùm trong tiếp cận hạ tầng và dịch vụ đô thị cơ bản: Đô thị bao trùm trước hết là nơi mọi người dân, không phân biệt thu nhập, hộ khẩu hay tình trạng di cư, đều có thể tiếp cận nhà ở phù hợp khả năng chi trả; giao thông công cộng thuận tiện, an toàn; nước sạch, vệ sinh môi trường, điện, internet; dịch vụ giáo dục, y tế và không gian công cộng. Việc lượng hóa có thể thông qua các chỉ số như tỷ lệ dân cư tiếp cận nhà ở giá phù hợp; khoảng cách/ thời gian tiếp cận dịch vụ công cơ bản; tỷ lệ người dân sử dụng giao thông công cộng.

Bao trùm về cơ hội kinh tế và sinh kế: Đô thị bao trùm cần tạo ra cơ hội việc làm đa dạng, ổn định cho cả lao động chính thức và phi chính thức, đặc biệt là lao động nhập cư, phụ nữ, người yếu thế. Phát triển đô thị không chỉ đo bằng tăng trưởng GRDP, mà bằng khả năng tạo việc làm bền vững và thu nhập tương xứng. Cần tính đến khả năng tiếp cận không gian sản xuất - kinh doanh nhỏ, chợ truyền thống, kinh tế vỉa hè được quản lý. Lượng hóa qua tỷ lệ việc làm chính thức, thu nhập trung bình, tỷ lệ lao động phi chính thức được tiếp cận an sinh xã hội.

Bao trùm trong không gian và môi trường sống: Đô thị bao trùm không để các nhóm thu nhập thấp bị "đẩy" ra vùng ven thiếu hạ tầng, cũng không hình thành sự phân mảnh xã hội trong không gian. Đặc biệt, phân bố công bằng không gian xanh, mặt nước, tiện ích công cộng và bảo đảm khả năng tiếp cận dịch vụ của người khuyết tật, người già, trẻ em. Lượng hóa bằng diện tích không gian xanh/người, tỷ lệ công trình tiếp cận cho người khuyết tật, mức độ chênh lệch chất lượng môi trường giữa các khu vực.

Việc người dân được tham gia vào quá trình ra quyết định liên quan đến quy hoạch, tái định cư, cải tạo đô thị cũng là một khía cạnh của bao trùm. Minh bạch thông tin quy hoạch và tạo cơ chế tham vấn cộng đồng thực chất, không hình thức. Lượng hóa thông qua tỷ lệ dự án có tham vấn cộng đồng, mức độ hài lòng của người dân, số khiếu nại liên quan đến đất đai - đô thị.

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đô thị bao trùm phải bảo vệ tốt hơn các nhóm dễ tổn thương trước ngập lụt, nắng nóng, ô nhiễm và không để rủi ro môi trường "đổ dồn" lên người nghèo. Việc này được lượng hóa bằng tỷ lệ dân cư dễ tổn thương được tiếp cận hạ tầng chống ngập, nhà ở an toàn, dịch vụ cảnh báo sớm.

Đô thị bao trùm ở Việt Nam cần được hiểu là sự kết hợp giữa công bằng xã hội, hiệu quả kinh tế và bền vững môi trường, được đo lường bằng các chỉ số cụ thể, dễ theo dõi và gắn với trách nhiệm của chính quyền đô thị. Chỉ khi "bao trùm" được lượng hóa và đưa vào đánh giá hiệu quả phát triển, khái niệm này mới thực sự đi vào đời sống đô thị, thay vì dừng lại ở định hướng chính sách.

Vậy theo ông, phát triển đô thị bao trùm được kỳ vọng mang lại những lợi ích cụ thể gì cho người dân?

- Phát triển đô thị bao trùm không chỉ là mục tiêu dài hạn mà mang lại những lợi ích rất cụ thể, trực tiếp cho người dân, đặc biệt khi xét trên ba khía cạnh: chất lượng sống, khả năng tiếp cận dịch vụ công và bảo đảm an sinh xã hội.

Đô thị bao trùm giúp cải thiện điều kiện sống không chỉ cho một nhóm cư dân nhất định mà cho đa số người dân đô thị. Bởi vì ở đó, môi trường sống an toàn, ít ô nhiễm hơn, giảm tình trạng ngập úng và rủi ro thiên tai. Ngoài ra, còn gia tăng không gian xanh, không gian công cộng, tạo điều kiện cho sinh hoạt cộng đồng, chăm sóc sức khỏe thể chất và tinh thần. Hơn nữa, giảm thời gian và chi phí đi lại nhờ bố trí hợp lý nhà ở - việc làm - dịch vụ. Kết quả cuối cùng là người dân không chỉ "ở trong đô thị" mà thực sự sống tốt hơn trong đô thị.

Một trong những lợi ích cốt lõi của đô thị bao trùm là thu hẹp khoảng cách tiếp cận dịch vụ công giữa các nhóm dân cư. Người thu nhập thấp, lao động nhập cư, người khuyết tật, người già và trẻ em được tiếp cận bình đẳng với giáo dục, y tế, giao thông công cộng, nước sạch và vệ sinh môi trường. Dịch vụ công được phân bố hợp lý theo không gian đô thị, hạn chế tình trạng "nội đô quá tải - vùng ven thiếu thốn". Thủ tục hành chính và dịch vụ số giúp người dân tiếp cận dịch vụ dễ dàng hơn, minh bạch hơn. Điều này giúp giảm bất công xã hội và tăng niềm tin của người dân vào chính quyền đô thị.

Đô thị bao trùm tạo nền tảng cho hệ thống an sinh xã hội rộng khắp và hiệu quả hơn. Trong đó, nhà ở xã hội, nhà ở giá phù hợp giúp người dân an cư, giảm áp lực chi phí sinh hoạt. Lao động phi chính thức được tiếp cận tốt hơn với bảo hiểm y tế, bảo hiểm xã hội và các chương trình hỗ trợ. Các nhóm yếu thế được bảo vệ tốt hơn trước những cú sốc kinh tế, dịch bệnh và biến đổi khí hậu. Kết quả, đô thị không chỉ là nơi tạo ra tăng trưởng, mà còn là "lưới an toàn" cho người dân trước những rủi ro ngày càng lớn.

Khi người dân được tiếp cận công bằng các cơ hội và dịch vụ, họ có xu hướng tham gia tích cực hơn vào đời sống cộng đồng. Đồng thời họ gắn bó lâu dài với nơi ở, giảm xung đột và phân hóa xã hội. Đây là lợi ích "vô hình" nhưng rất quan trọng, giúp đô thị phát triển ổn định và hài hòa.

TỪ "XÂY DỰNG ĐÔ THỊ" SANG "PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ" VÌ CON NGƯỜI

Những kỳ vọng về lợi ích về phát triển đô thị bao trùm như ông vừa nhắc đến trong bối cảnh đô thị ở Việt Nam dường như còn rất nhiều điều phải làm. Ngay như vấn đề phát triển không gian công cộng - nơi được coi là "thước đo" chất lượng sống đô thị, chúng ta cũng đang gặp nhiều khó khăn trong quy hoạch và quản lý để các không gian này thực sự phục vụ cộng đồng?

- Không gian công cộng đúng là thước đo quan trọng của chất lượng sống đô thị, bởi đó là nơi người dân gặp gỡ, nghỉ ngơi, vận động và hình thành đời sống cộng đồng. Để các không gian này thực sự phục vụ cộng đồng, thay vì bị thương mại hóa hoặc chiếm dụng, quy hoạch và quản lý đô thị cần có những điều chỉnh căn bản sau:

Trước hết, cần thay đổi nhận thức: Không gian công cộng không phải "đất dư" hay phần phụ sau phát triển bất động sản, mà là hạ tầng xã hội bắt buộc, tương tự trường học hay bệnh viện. Chính quyền cần coi việc thiếu không gian công cộng là một dạng "thiếu hạ tầng", chứ không chỉ là vấn đề mỹ quan.

Thực tiễn cho thấy nhiều không gian công cộng bị biến tướng thành khu dịch vụ thu phí cao hoặc bị chiếm dụng làm không gian bán lẻ. Do đó, cần quy định rõ phần không gian nào được phép khai thác dịch vụ, phần nào phải hoàn toàn phi lợi nhuận. Đồng thời giới hạn tỷ lệ thương mại hóa và bảo đảm quyền tiếp cận miễn phí, bình đẳng của người dân.

Không gian công cộng chỉ thực sự "sống" khi phù hợp với nhiều nhóm tuổi và đối tượng: trẻ em, người già, người khuyết tật, thanh niên. Đó là nơi có bóng mát, chỗ ngồi, vệ sinh công cộng, chiếu sáng, an toàn. Không gian công cộng được thiết kế tốt giúp hạn chế thương mại hóa, bởi khi người dân sử dụng thường xuyên, không gian khó bị chiếm dụng.

Không gian công cộng không nên được đánh giá bằng giá trị khai thác kinh tế, mà bằng tần suất sử dụng, mức độ an toàn và sự hài lòng của người dân. Các chỉ số này cần được đưa vào đánh giá chất lượng quản trị đô thị.

Để không gian công cộng thực sự phục vụ cộng đồng, quy hoạch và quản lý đô thị phải chuyển từ tư duy khai thác đất đai sang tư duy đầu tư cho đời sống xã hội. Chỉ khi quyền tiếp cận của người dân được đặt lên hàng đầu, không gian công cộng mới trở thành nền tảng nâng cao chất lượng sống và gắn kết xã hội trong đô thị.

Từ yêu cầu đặt con người vào trung tâm, tư duy phát triển và quản trị đô thị cần thay đổi ra sao so với mô hình phát triển trước đây vốn thiên về mở rộng hạ tầng và bất động sản?

- Trước đây, thành công của các đô thị thường được đo bằng số ki-lô-mét đường, số khu đô thị mới hay chiều cao công trình. Với cách tiếp cận lấy con người làm trung tâm, trọng tâm cần chuyển sang "phát triển đô thị" qua việc nâng cao chất lượng sống, sức khỏe, sự an toàn và hài lòng của người dân. Giảm thời gian đi lại, khả năng tiếp cận dịch vụ, không gian sinh hoạt cộng đồng. Tóm lại, đô thị không chỉ là tập hợp công trình, mà là môi trường sống và tương tác xã hội.

Đây cũng đồng nghĩa với việc phải ưu tiên tái thiết đô thị, thay vì liên tục mở rộng địa giới và phát triển theo chiều rộng. Theo đó, cần phát triển các mô hình đô thị sáng tạo - đa chức năng; Cải tạo, tái thiết khu đô thị hiện hữu, khu cũ, khu xuống cấp; Sử dụng hiệu quả quỹ đất, phát triển đô thị nén hợp lý gắn với giao thông công cộng; Bảo vệ không gian xanh, mặt nước và di sản đô thị. Điều này giúp nâng cao chất lượng sống mà không gia tăng áp lực lên hạ tầng và môi trường.

Tư duy mới đòi hỏi phân biệt rõ bất động sản như một kênh đầu tư trong tài chính đô thị và phát triển nhà ở đi đôi với việc làm là nhu cầu xã hội cơ bản. Quản trị đô thị cần ưu tiên nhà ở xã hội, nhà ở giá phù hợp, trường học, y tế, không gian công cộng, tạo việc làm… thay vì chạy theo các dự án cao cấp thiếu gắn kết với nhu cầu thực của đa số người dân.

Trong khi mô hình cũ thiên về mệnh lệnh - hành chính thì mô hình quản trị mới cần minh bạch thông tin quy hoạch và đầu tư, tổ chức tham vấn cộng đồng thực chất trong các quyết định liên quan đến đời sống người dân và đánh giá chính sách dựa trên phản hồi và mức độ hài lòng của người dân. Phát triển đô thị lấy con người làm trung tâm cần tính đến tác động lâu dài của đô thị hóa đối với sức khỏe, môi trường và thế hệ tương lai đồng thời chủ động thích ứng với biến đổi khí hậu, già hóa dân số, dịch chuyển lao động. Đô thị cần được quản trị như một hệ sinh thái sống, chứ không phải một "dự án đầu tư" ngắn hạn.

Việc đặt con người vào trung tâm đòi hỏi chuyển từ tư duy phát triển dựa trên công trình và lợi ích kinh tế trước mắt sang tư duy phát triển dựa trên chất lượng sống, công bằng xã hội và bền vững dài hạn. Đây không chỉ là sự thay đổi kỹ thuật, mà là thay đổi về triết lý phát triển và cách thức quản trị đô thị.

ĐỔI MỚI QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ ĐỂ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Trong bối cảnh đẩy mạnh phân cấp, phân quyền, mô hình chính quyền địa phương hai cấp mở ra những cơ hội và thách thức gì đối với quản trị và phát triển đô thị theo hướng bền vững, hiệu quả hơn?

- Trong bối cảnh Việt Nam đẩy mạnh phân cấp, phân quyền và từng bước hoàn thiện mô hình chính quyền địa phương hai cấp, chúng ta phải thấy đây vừa là cơ hội quan trọng, vừa đặt ra những thách thức lớn đối với quản trị và phát triển đô thị theo hướng bền vững, hiệu quả hơn.

Trước hết nói về cơ hội.

Thứ nhất, đây là lúc tăng tính chủ động và linh hoạt trong quản trị đô thị. Mô hình hai cấp giúp rút ngắn tầng nấc trung gian, trao nhiều thẩm quyền hơn cho chính quyền đô thị trực tiếp và chủ động hơn trong quy hoạch, đầu tư hạ tầng, cung cấp dịch vụ công. Đặc biệt, tạo điều kiện cho chính quyền phản ứng nhanh trước các vấn đề đô thị phát sinh, như ùn tắc, ngập úng, ô nhiễm, trật tự xây dựng… Điều này đặc biệt quan

> ***Khi người dân được tiếp cận công bằng các cơ hội và dịch vụ, họ có xu hướng tham gia tích cực hơn vào đời sống cộng đồng. Đồng thời họ gắn bó lâu dài với nơi ở, giảm xung đột và phân hóa xã hội. Đây là lợi ích "vô hình" nhưng rất quan trọng, giúp đô thị phát triển ổn định và hài hòa".***
>
> *TS Nguyễn Quang*

trọng với các đô thị lớn, nơi vấn đề thay đổi nhanh và phức tạp.

Thứ hai, tạo điều kiện gắn phát triển đô thị với nhu cầu thực của người dân. Phân quyền sâu hơn giúp chính quyền cơ sở hiểu rõ đặc điểm dân cư, không gian và nhu cầu cụ thể của từng khu vực. Từ đó, việc thiết kế chính sách, dự án sát thực tiễn hơn, phù hợp với mục tiêu đô thị bao trùm và nâng cao chất lượng sống. Đây là bước ban đầu để chuyển từ tư duy "quản lý theo mệnh lệnh" sang tư duy "quản trị phục vụ".

Thứ ba, nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn lực trong phát triển đô thị. Khi thẩm quyền và trách nhiệm chính quyền cơ sở rõ ràng hơn thì sẽ giảm chồng chéo, trùng lặp trong đầu tư và quản lý. Điều đó cũng tạo dư địa cho các mô hình hợp tác công - tư, huy động nguồn lực xã hội một cách minh bạch, hiệu quả hơn.

Song hành với cơ hội cũng là những thách thức lớn, như năng lực quản trị của các chính quyền địa phương chưa đồng đều. Phân quyền mạnh nếu không đi kèm nâng cao năng lực có thể dẫn đến các quyết định ngắn hạn, thiên về lợi ích trước mắt. Đồng thời tạo ra nguy cơ buông lỏng quản lý, phá vỡ quy hoạch, suy giảm chất lượng môi trường đô thị. Đây là thách thức lớn nhất đối với phát triển bền vững.

Đô thị không dừng ở ranh giới hành chính, do chia nhỏ đô thị, mô hình hai cấp dễ dẫn đến tình trạng mỗi địa phương phát triển theo lợi ích cục bộ và thiếu phối hợp trong giao thông, môi trường, nhà ở, sử dụng đất. Nếu không có cơ chế điều phối liên vùng/liên địa phương đủ mạnh, hiệu quả tổng thể phát triển đô thị sẽ bị hạn chế.

Bên cạnh đó, khi quyền lực được trao nhiều hơn cho cấp địa phương thì áp lực kiểm soát quyền lực, phòng chống lợi ích nhóm tăng lên. Đồng thời, người dân cũng kỳ vọng cao hơn vào chất lượng dịch vụ và sự tham gia của họ vào quyết định công. Nếu không có bảo đảm minh bạch, phân quyền có thể làm gia tăng rủi ro tiêu cực.

Để mô hình chính quyền địa phương hai cấp thực sự thúc đẩy đô thị bền vững, cần đảm bảo phân quyền đi đôi với trách nhiệm giải trình; gắn thẩm quyền với cơ chế kiểm soát và đánh giá hiệu quả. Đồng thời, cần nâng cao năng lực cán bộ quản lý đô thị, đặc biệt trong quy hoạch, tài chính, môi trường và quản trị dữ liệu. Ngoài ra, cần thiết lập cơ chế điều phối vùng đô thị, bảo đảm phát triển đồng bộ, tránh cạnh tranh không lành mạnh. Đặc biệt, đảm bảo sự tham gia của người dân và xã hội, coi đây là trụ cột của quản trị đô thị hiện đại.

Trước yêu cầu xây dựng đô thị thông minh, theo ông việc ứng dụng công nghệ và dữ liệu trong quản trị đô thị nên được ưu tiên ở những lĩnh vực nào để nâng cao hiệu quả phục vụ người dân và minh bạch hóa quản lý?

- Đô thị thông minh không nên chạy theo công nghệ hình thức, mà phải tập trung vào những lĩnh vực người dân cảm nhận rõ nhất, như giao thông, dịch vụ công, quản lý đất đai - quy hoạch, môi trường.

Giao thông đô thị và di chuyển hàng ngày là lĩnh vực người dân cảm nhận rõ nhất hiệu quả của đô thị thông minh.

Công nghệ cần tập trung vào số hóa dịch vụ công, một cửa điện tử, định danh số để người dân tiếp cận dịch vụ thuận tiện hơn. Công khai tiến độ xử lý hồ sơ, giảm tiếp xúc trực tiếp, hạn chế nhũng nhiễu. Đây là nền tảng để xây dựng chính quyền số phục vụ người dân.

Quản lý đất đai, quy hoạch và xây dựng là lĩnh vực nhạy cảm, dễ phát sinh khiếu kiện nên cần xây dựng cơ sở dữ liệu đất đai, quy hoạch thống nhất, dễ tra cứu và công khai bản đồ quy hoạch, giấy phép xây dựng, tiến độ dự án. Minh bạch dữ liệu sẽ giảm xung đột, tăng niềm tin xã hội và hạn chế lợi ích nhóm.

Công nghệ thông minh giúp giám sát chất lượng không khí, nước, tiếng ồn theo thời gian thực và cảnh báo sớm ngập úng, nắng nóng, ô nhiễm, hỗ trợ ứng phó thiên tai và biến đổi khí hậu. Lĩnh vực này liên quan trực tiếp tới bảo vệ sức khỏe và an toàn của người dân.

Cần ưu tiên ứng dụng dữ liệu để theo dõi, bảo trì hạ tầng giao thông, cấp - thoát nước, chiếu sáng, thu gom rác thải và giảm chi phí vận hành, nâng cao chất lượng dịch vụ đô thị.

Đô thị thông minh không thể thiếu "công dân thông minh". Đây là nền tảng thông minh để người dân phản ánh vấn đề đô thị (hạ tầng hỏng, vi phạm trật tự, ô nhiễm). Chính quyền cần có phương thức và cơ chế tiếp nhận, xử lý và phản hồi minh bạch, có theo dõi kết quả. Điều này giúp chuyển từ quản lý đơn phương sang quản trị có sự tham gia.

Ưu tiên kết nối, chia sẻ dữ liệu liên thông giữa các ngành, các cấp đồng thời bảo vệ dữ liệu cá nhân, bảo đảm an toàn - an ninh thông tin. Nếu không có nền tảng dữ liệu tin cậy, đô thị thông minh sẽ khó vận hành hiệu quả.

Khi công nghệ phục vụ đúng nhu cầu, gắn với minh bạch và trách nhiệm giải trình, đô thị thông minh sẽ không chỉ "thông minh về kỹ thuật" mà thực sự thông minh trong cách phục vụ con người.

Hướng tới mục tiêu trở thành quốc gia phát triển, thu nhập cao vào năm 2045, theo ông, đâu là những tiêu chí cốt lõi để đánh giá năng lực quản trị và chất lượng phát triển của một đô thị Việt Nam hiện đại, nhân văn và bền vững?

- Hướng tới mục tiêu trở thành quốc gia phát triển, thu

Ảnh: NGUYỄN HÀ HIỆP

TS Nguyễn Quang, sinh năm 1956, tại Nghi Tàm - Quảng Bá, Hà Nội. tốt nghiệp Kỹ sư Kiến trúc và Quy hoạch (Học viện Kỹ thuật Bách khoa Jose Antonio Echeverria, Havana, Cuba, năm 1980); Thạc sĩ về Phát triển định cư con người (Học viện Công nghệ châu Á - AIT, Bangkok, Thái Lan, năm 1998); Tiến sĩ về Quản lý môi trường đô thị (Học viện Công nghệ châu Á - AIT, Bangkok, Thái Lan, năm 2002).

Ông có hơn 30 năm kinh nghiệm làm việc chuyên sâu trong nghiên cứu ứng dụng và triển khai dự án ở nhiều lĩnh vực khác nhau, bao gồm: quy hoạch và quản lý đô thị; phát triển bền vững và tăng cường khả năng chống chịu môi trường trong lĩnh vực đô thị; phát triển hạ tầng; nhà ở cho người thu nhập thấp; lập kế hoạch đầu tư đa ngành; giảm nghèo và phát triển kinh tế địa phương.

Ông gia nhập Chương trình Định cư Con người của LHQ (UN-Habitat) vào giữa năm 2005 và được bổ nhiệm làm Quản lý Chương trình Habitat tại Việt Nam vào tháng 7/2007. Kể từ đó, ông đã vận dụng hiệu quả kiến thức và kinh nghiệm của mình để tạo ra ảnh hưởng tích cực đối với quá trình hoạch định chính sách và quy hoạch đô thị tại Việt Nam, góp phần nâng cao nhận thức không chỉ của đội ngũ cán bộ quản lý nhà nước ở cả cấp trung ương và địa phương, mà còn của Nhóm LHQ tại Việt Nam, về các vấn đề đô thị mới nổi cũng như mối quan hệ tương tác giữa đô thị hóa, phát triển kinh tế - xã hội, bền vững môi trường, công bằng xã hội và quản trị đô thị. Qua đó, thúc đẩy sự tham gia đa ngành trong quy hoạch và phát triển đô thị bền vững.

Tháng 8/2019, TS Nguyễn Quang chính thức nghỉ hưu tại UN-Habitat nhưng vẫn tiếp tục làm việc với vai trò chuyên gia tư vấn độc lập cho nhiều dự án liên quan đến quy hoạch và phát triển đô thị.

nhập cao vào năm 2045, tôi cho rằng, đô thị Việt Nam không thể chỉ được đánh giá bằng quy mô hay tốc độ tăng trưởng, mà cần được nhìn nhận thông qua năng lực quản trị và chất lượng phát triển.

Một đô thị hiện đại, nhân văn và bền vững cần đáp ứng tiêu chí trung tâm là người dân có sống tốt và an toàn trong đô thị hay không. Đó là các tiêu chí có liên quan tới tuổi thọ, sức khỏe thể chất - tinh thần, mức độ hài lòng của người dân; thời gian đi lại hợp lý, môi trường sống trong lành, không gian công cộng chất lượng; nhà ở phù hợp khả năng chi trả cho đa số cư dân. Đây là thước đo quan trọng nhất của đô thị phát triển.

Đô thị hiện đại cần quy hoạch chiến lược có tầm nhìn dài hạn, khả năng tổ chức thực thi và có sự đồng hành của cộng đồng dân cư. Quản lý đô thị phải minh bạch, trách nhiệm giải trình cao, kiểm soát tốt lợi ích nhóm. Đặc biệt chính quyền đô thị chuyên nghiệp, phục vụ, dựa trên dữ liệu và bằng chứng. Năng lực quản trị quyết định chất lượng phát triển, không phải chỉ nguồn lực tài chính.

Phát triển kinh tế đô thị có chiều sâu và sức cạnh tranh, là trung tâm của đổi mới sáng tạo, năng suất cao, tạo việc làm chất lượng. Đô thị bền vững không phụ thuộc quá mức vào bất động sản và khai thác đất đai mà có khả năng kết nối vùng và hội nhập quốc tế. Chất lượng tăng trưởng quan trọng hơn tốc độ tăng trưởng.

Công bằng xã hội và tính bao trùm, đô thị nhân văn là nơi thu hẹp khoảng cách giàu nghèo trong không gian và cơ hội phát triển. Là nơi bảo đảm mọi nhóm dân cư tiếp cận bình đẳng dịch vụ công và không để người yếu thế bị loại khỏi quá trình đô thị hóa. Đây là nền tảng của ổn định xã hội lâu dài.

Đô thị hiện đại và bền vững phải đảm bảo khả năng kiểm soát ô nhiễm, bảo vệ tài nguyên, phát triển không gian xanh - xanh dương; thích ứng tốt với biến đổi khí hậu, giảm rủi ro thiên tai; hướng tới phát thải thấp và sử dụng năng lượng hiệu quả. Không có bền vững môi trường thì không có phát triển lâu dài.

Không gian đô thị chất lượng và bản sắc, không gian công cộng đa dạng, dễ tiếp cận, nuôi dưỡng đời sống cộng đồng. Đó cũng là nơi bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa, lịch sử và bản sắc địa phương. Một đô thị đáng sống là đô thị có hồn, không chỉ hiện đại về hình thức.

Trong bối cảnh phát triển có nhiều thách thức và bất định, cần ứng dụng công nghệ và dữ liệu một cách thông minh, phục vụ hiệu quả cộng đồng dân cư. Đặc biệt, có sự chuẩn bị linh hoạt trước biến động kinh tế, xã hội, khí hậu và nhân khẩu học. Khả năng thích ứng chính là năng lực cạnh tranh dài hạn.

Để hướng tới năm 2045, đô thị Việt Nam cần được đánh giá bằng chất lượng sống của người dân, năng lực quản trị minh bạch - hiệu quả, tính bao trùm xã hội và bền vững môi trường, chứ không chỉ bằng chiều cao công trình hay tốc độ đô thị hóa. Khi các tiêu chí này trở thành "chuẩn mực phát triển", đô thị Việt Nam mới thực sự hiện đại, nhân văn và đủ năng lực cạnh tranh trong dài hạn.❖

❖ Trân trọng cảm ơn ông đã cùng Tạp chí Xây dựng mang đến bạn đọc cuộc trò chuyện thú vị này!

Năm 2026 - Rộng cửa đón làn sóng nhà ở xã hội

NGUYỄN HOÀNG LINH

Không phải ngẫu nhiên trong khi kế hoạch thực hiện xây dựng ít nhất 1 triệu căn hộ nhà ở xã hội (NƠXH) đến năm 2030 được giao chỉ 56.200 căn thì đúng một cái, đầu năm 2026, Hà Nội ra công bố lựa chọn nhà đầu tư tham gia đầu tư xây dựng khoảng 120.000 căn NƠXH trên địa bàn thành phố giai đoạn 2026-2030.

Đến nay đã xấp xỉ 3 năm kể từ ngày 03/4/2023, khi Thủ tướng Chính phủ ký Quyết định số 338/QĐ-TTg, lộ trình thực hiện mục tiêu xây dựng ít nhất 1 triệu căn hộ NƠXH luôn luôn gặp nhiều trắc trở. Nguồn vốn thiếu hụt; thủ tục đầu tư rườm rà; chính sách bồi thường, hỗ trợ, tái định cư thiếu nhất quán; quy trình thẩm định, phê duyệt, điều chỉnh quy hoạch nặng nề, cứng nhắc; chính quyền nhiều địa phương ngần ngại, thiếu nỗ lực... thì khi bước sang năm 2026, mọi sự đã quang đãng, sạch sẽ hơn rất nhiều.

MỘT CHƯƠNG TRÌNH THÍ ĐIỂM "VÔ TIỀN KHOÁNG HẬU"

Xin bắt đầu từ Nghị quyết số 201/2025/QH15 của Quốc hội có hiệu lực từ ngày 01/6/2025 với những quy định thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù phát triển NƠXH trên phạm vi toàn quốc.

Một câu hỏi được đặt ra, tại sao phải thí điểm mà không là văn bản pháp quy chính thức?

Thông thường trong thực tiễn, có một số chính sách chưa có tiền lệ, cần có những nghiên cứu, thu thập dữ liệu, tìm ra phương án tối ưu nhất cho các dự án quy mô lớn, giúp hoàn thiện chính sách trước khi áp dụng rộng rãi thì thường được thí điểm. Đây sẽ là môi trường thử nghiệm các ý tưởng mới, cơ chế đặc thù trong phạm vi có thể kiểm soát được, đánh giá hiệu quả thực tế, rút kinh nghiệm, giảm thiểu rủi ro trước khi nhân rộng cho cả nước.

Phát triển NƠXH tại Việt Nam hiện nay là chính sách lớn của Đảng và Nhà nước, liên quan đến sử dụng nhiều nguồn lực từ tài sản công, đồng thời liên quan đến cuộc sống của hàng triệu người dân đang gặp khó khăn về nhà ở. Chính vì thế cần phải thí điểm.

Ta hãy thử soát lại nội dung cho phép được thí điểm sẽ dễ dàng thấy nó rộng đến mức nào? Đó là các lĩnh vực:

a) Quỹ nhà ở quốc gia;

b) Giao chủ đầu tư, chấp thuận chủ trương đầu tư đồng thời giao chủ đầu tư không thông qua đấu thầu đối với dự án đầu tư xây dựng NƠXH, nhà ở cho lực lượng vũ trang nhân dân không sử dụng vốn đầu tư công;

c) Lập, thẩm định, phê duyệt, điều chỉnh quy hoạch chi tiết dự án đầu tư xây dựng NƠXH;

d) Thủ tục đầu tư xây dựng NƠXH;

đ) Xác định giá bán, giá thuê mua NƠXH;

e) Điều kiện về nhà ở để được hưởng chính sách hỗ trợ về NƠXH;

g) Thuê NƠXH, nhà lưu trú công nhân trong khu công nghiệp;

h) Bồi thường, hỗ trợ, tái định cư, đầu tư hệ thống hạ tầng kỹ thuật, tạo quỹ đất phát triển NƠXH.

Theo phân tích của các chuyên gia, sự ảnh hưởng của mỗi một lĩnh vực thí điểm trên đây là rất lớn. Chẳng hạn, chỉ riêng mục Quỹ nhà ở quốc gia, Chính phủ đã phải ban hành hẳn một văn bản pháp quy quan trọng để triển khai, đó là Nghị định số 302/2025/NĐ-CP quy định chi tiết về Quỹ nhà ở quốc gia và biện pháp thi hành. Hoặc như việc thực hiện giao chủ đầu tư không thông qua đấu thầu hy vọng sẽ cắt giảm được khoảng 200 ngày chờ đợi thủ tục hành chính, tương ứng khoảng 70% thời gian; việc không yêu cầu thực hiện bước lập, thẩm định, phê duyệt nhiệm vụ quy hoạch chi tiết sẽ cắt giảm được 65 ngày so với quy định hiện hành…

Thủ tục đầu tư kéo dài vốn là nỗi ám ảnh nặng nề nhiều năm đối với các chủ đầu tư thì nay đã được dọn dẹp về cơ bản. Có được kết quả này, thiết nghĩ cũng nên ghi nhận thông tin sau đây: Trong báo cáo kết quả năm 2025, Cục Quản lý nhà và thị trường BĐS (Bộ Xây dựng) đã để lại một dấu ấn đậm nét trong công tác xây dựng thể chế với việc tham mưu ban hành 06 văn bản quy phạm pháp luật quan trọng, trọng tâm là Nghị quyết số 201/2025/QH15 của Quốc hội.

MỞ RỘNG NGUỒN LỰC HUY ĐỘNG TÀI SẢN CÔNG

Một trong những hy vọng lớn nhất nhưng cũng để lại thất

XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN
HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC

Nghị quyết số 201/2025/QH15 của Quốc hội sẽ là môi trường thử nghiệm các ý tưởng mới, cơ chế đặc thù trong phạm vi có thể kiểm soát được, đánh giá hiệu quả thực tế, rút kinh nghiệm, giảm thiểu rủi ro trước khi nhân rộng cho cả nước.

vọng nhiều nhất trên lộ trình thực hiện mục tiêu xây dựng 1 triệu căn hộ NƠXH của Chính phủ là tiến độ giải ngân gói tín dụng ưu đãi trị giá 145.000 tỷ đồng (ban đầu là 120.000 tỷ đồng) nhằm hỗ trợ các đối tượng NƠXH. Sau gần 3 năm triển khai, chỉ mới khoảng 3% niềm hy vọng này trở thành hiện thực.

Cũng không thể trách cứ các ngân hàng vì họ cũng là doanh nghiệp, nguồn tiền huy động từ xã hội khi quay vòng đều phải đạt mục tiêu sinh lời và phòng ngừa rủi ro nên sự thận trọng và kém mặn mà là không thể tránh khỏi.

Chính vì thế, cần phải có một bước đột phá về nguồn lực vật chất để tạo bước nhảy vọt trong tiến độ phát triển NƠXH tại Việt Nam. Và Quỹ nhà ở quốc gia được thành lập ngày 19/11/2025 theo Nghị định số 302/2025/NĐ-CP của Chính phủ.

Tại đây, một nguồn lực khổng lồ từ tài sản công đã được phép huy động và chỉ xin dẫn ra 3 nguồn quan trọng.

Thứ nhất, nguồn vốn hoạt động của Quỹ nhà ở trung ương được hình thành từ vốn Ngân sách nhà nước; vốn hình thành từ tiếp nhận nguồn hỗ trợ tự nguyện, nguồn đóng góp của tổ chức, cá nhân trong nước và ngoài nước; các nguồn huy động hợp pháp khác. Trong đó, vốn ngân sách nhà nước bao gồm điều lệ do ngân sách trung ương cấp từ nguồn vốn đầu tư công lần đầu tối thiểu là 5.000 tỷ đồng ngay sau khi được thành lập và được nâng mức vốn điều lệ lên tối thiểu là 10.000 tỷ đồng trong 03 năm tiếp theo kể từ ngày được thành lập.

Ngoài ra, vốn còn được cấp bổ sung từ Ngân sách nhà nước cho cải tạo, sửa chữa, quản lý vận hành NƠXH trong trường hợp tiền thuê nhà, tiền kinh doanh dịch vụ, thương mại trong dự án đầu tư xây dựng NƠXH (nếu có) không đủ bù đắp chi phí…

Thứ hai, nguồn vốn hoạt động của Quỹ nhà ở địa phương cũng được hình thành từ các nguồn vốn hoạt động như của Quỹ nhà ở trung ương nhưng có thêm một nguồn rất quan trọng nữa, đó là vốn được trích từ số tiền bán nhà ở thuộc tài sản công do địa phương đang quản lý sau khi trừ chi phí hợp lý và vốn được trích từ số tiền tương đương giá trị quỹ đất đã đầu tư xây dựng hệ thống hạ tầng kỹ thuật để xây dựng NƠXH do chủ đầu tư dự án đầu tư xây dựng nhà ở thương mại, khu đô thị thực hiện nghĩa vụ NƠXH theo quy định của pháp luật về nhà ở.

Thứ ba, theo quy định tại điểm b khoản 4 Điều 12 của Nghị quyết số 201/2025/QH15, khi giao tổ chức khác thực hiện đầu tư xây dựng NƠXH hoặc đấu giá quyền sử dụng đất theo quy định của pháp luật để làm nhà ở thương mại và trích số tiền tương đương giá trị quỹ đất đấu giá quyền sử dụng đất này vào Quỹ nhà ở quốc gia trong trường hợp chủ đầu tư dự án đầu tư xây dựng nhà ở thương mại, khu đô thị không đề xuất trực tiếp đầu tư xây dựng NƠXH tại quỹ đất này…

Từ đây có thể dễ dàng nhận thấy từ những công cụ mới này, trong giai đoạn tới, Nhà nước sẽ nắm quyền chủ động trên chặng đường cán đích 1 triệu căn hộ NƠXH đến năm 2030.

CHI TIẾT CÙNG "DEADLINE"

Với những phân tích trên có thể thấy, không phải ngẫu nhiên mà ngay trong những ngày đầu năm 2026, Hà Nội đã ra công bố lựa chọn nhà đầu tư tham gia đầu tư xây dựng khoảng 120.000 căn NƠXH trên địa bàn thành phố giai đoạn 2026-2030, trong khi kế hoạch thực hiện xây dựng ít nhất 1 triệu căn hộ NƠXH được giao chỉ 56.200 căn.

Cách làm của Hà Nội lần này rất đáng để các địa phương xem xét và học hỏi bởi một kế hoạch chi tiết cùng thời hạn thực hiện (deadline) cụ thể. Tức là con số 120.000 căn NƠXH được phân định công khai và định vị tại 39 địa điểm và địa phương trên địa bàn thành phố, nơi đã được nghiên cứu, thống kê và dự báo có nhu cầu cao và cấp bách về NƠXH. Tiến độ dự kiến khoảng 3 năm đối với các khu đất đã hoàn thành giải phóng mặt bằng và khoảng 4 năm đối với các khu đất chưa hoàn thành giải phóng mặt bằng.

Trong mỗi địa điểm đều thông tin khá chi tiết về vị trí khu đất, địa điểm, diện tích đất, mật độ xây dựng, tầng cao, dân số, tổng diện tích sàn, số tầng hầm dự kiến, sơ bộ tổng mức đầu tư hoặc tổng vốn đầu tư...

Các dự án được xác định đầu tư trong đợt này đều được bám sát điều chỉnh Quy hoạch chung Thủ đô Hà Nội, các quy hoạch phân khu, quy hoạch chi tiết, Chương trình phát triển nhà ở giai đoạn 2021-2030 đã được UBND thành phố phê duyệt.

Tất cả các thông tin liên quan đến dự án được đăng tải công khai trên Cổng thông tin điện tử của UBND thành phố.❖

Môi trường và các giải pháp kỹ thuật xây dựng bền vững

> AN NHIÊN

Cuốn sách "Môi trường và các giải pháp kỹ thuật xây dựng bền vững" được biên soạn trong bối cảnh phát triển bền vững không còn là khẩu hiệu hay xu hướng mang tính lựa chọn, mà đã trở thành yêu cầu bắt buộc trong hoạch định chính sách, tổ chức không gian phát triển và triển khai các hoạt động đầu tư xây dựng.

Với cách tiếp cận liên ngành, cuốn sách tập trung cung cấp cơ sở lý luận, phương pháp và các giải pháp kỹ thuật nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của hoạt động xây dựng đối với môi trường, hướng tới phát triển công trình, đô thị và hạ tầng theo hướng bền vững, hiệu quả và có trách nhiệm dài hạn. Nội dung sách được tổ chức theo mạch tư duy từ nhận thức vấn đề đến giải pháp và ứng dụng thực tiễn.

Cấu trúc cuốn sách gồm 4 chương, trong đó Chương 1 làm rõ mối quan hệ tương tác giữa môi trường và công trình xây dựng, hệ thống hóa các khái niệm cơ bản về môi trường, phát triển bền vững, các dạng tác động môi trường phát sinh trong quá trình đầu tư xây dựng; đồng thời giới thiệu các phương pháp đánh giá tác động môi trường và các hệ thống đánh giá công trình bền vững, tạo cơ sở cho việc lồng ghép yếu tố môi trường trong thiết kế, quản lý và ra quyết định đầu tư.

Chương 2 tập trung vào nhóm giải pháp vật liệu - một trong những trụ cột quan trọng của xây dựng bền vững, trong đó đi sâu phân tích các loại vật liệu xây dựng nhẹ, vật liệu tiêu thụ năng lượng thấp, vật liệu có độ bền cao, vật liệu tái chế từ chất thải và vật liệu hấp thụ khí thải. Điểm đáng chú ý là chương này tiếp cận vấn đề dưới góc độ phát thải, tiêu thụ năng lượng và vòng đời vật liệu, kèm theo các ví dụ và bài toán tính toán cụ thể.

Chương 3 trình bày các giải pháp thiết kế và thi công bền vững, nhấn mạnh yêu cầu tiếp cận tổng thể trong suốt vòng đời công trình. Các nội dung như lựa chọn địa điểm xây dựng, sử dụng hiệu quả năng lượng và nước, thiết kế kết cấu - vật liệu, kiểm soát chất lượng môi trường trong nhà và các công nghệ thi công bền vững được trình bày có hệ thống, gắn với điều kiện thực tiễn của Việt Nam.

Chương 4 là chương cốt lõi và có giá trị ứng dụng cao nhất của cuốn sách. Nội dung chương mở rộng phạm vi tiếp cận từ công trình đơn lẻ sang đô thị, hạ tầng giao thông và hệ sinh thái biển, thể hiện rõ tư duy tiếp cận xây dựng bền vững theo không gian và theo vòng đời.

Một điểm nhấn quan trọng của Chương 4 là nội dung về công trình tiêu thụ ít năng lượng, trong đó đi sâu phân tích các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả, tiết kiệm nước, lựa chọn vật liệu bền vững và kiểm soát chất lượng môi trường trong nhà, nhấn mạnh hiệu quả vận hành thực tế của công trình. Cách tiếp cận này phù hợp với bối cảnh Việt Nam, nơi nhiều công trình được gắn nhãn "xanh" nhưng hiệu quả sử dụng năng lượng và tài nguyên còn hạn chế.

Bên cạnh đó, nội dung về đô thị và cộng đồng bền vững làm rõ mối liên hệ giữa xây dựng bền vững với quy hoạch đô thị, tổ chức không gian và quản lý cộng đồng.

Phần giao thông bền vững và môi trường biển bền vững mở rộng tiếp cận sang các lĩnh vực hạ tầng đặc thù, làm rõ mối quan hệ giữa phát triển giao thông với môi trường, tài nguyên, chất thải, tiếng ồn và an toàn, cũng như các thách thức đối với công trình xây dựng trong điều kiện môi trường biển.

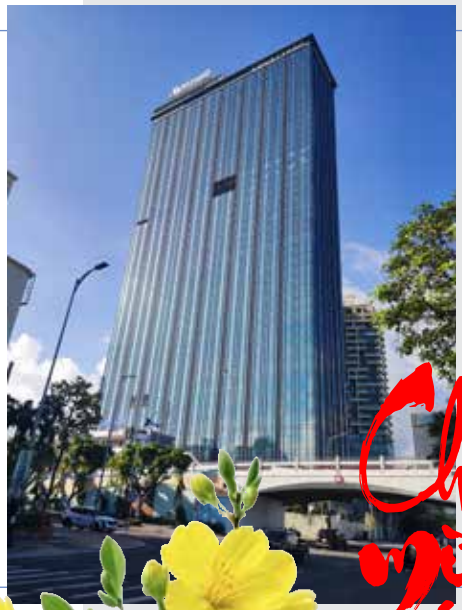
Đặc biệt, các ví dụ áp dụng phương pháp tính phát thải khí nhà kính và đánh giá chi phí vòng đời đã đưa Chương 4 trở thành tài liệu hướng dẫn thực hành, giúp người học và người làm nghề tiếp cận xây dựng bền vững bằng các công cụ kỹ thuật cụ thể.

Cuốn sách do PGS.TS Nguyễn Thanh Sang chủ biên, với sự tham gia biên soạn của TS Đặng Thùy Chi và TS Thái Minh Quân, được xuất bản bởi Nhà xuất bản Giao thông Vận tải.

QDP

Bitexco Financial Tower - 68 tầng, TP. Hồ Chí Minh

M Landmark Residences Danang- 45 tầng, Đà Nẵng



Chúc mừng Năm Mới

Xuân Bính Ngọ 2026

Times Square - 40 tầng, TP. Hồ Chí Minh

CÔNG TY QDP - QUÂN ĐẠT & PARTNERS

Hoạt động tại thị trường Việt Nam từ năm 1991, QDP - Quân Đạt & Partners tự hào là nhà thầu nhôm kính mặt dựng hàng đầu chuyên thiết kế, tính toán, sản xuất và thi công các sản phẩm nhôm kính kiến trúc như Vách kính mặt dựng, Cửa nhôm kính,... cho các dự án tòa nhà cao tầng, sân bay, trung tâm thương mại, khu căn hộ cao cấp, khách sạn và resort.

Không chỉ khẳng định vị trí chắc chắn tại thị trường Việt Nam, QDP còn mở rộng hoạt động ra quốc tế, cung cấp sản phẩm và giải pháp kỹ thuật nhôm kính cho nhiều dự án tại Campuchia, Myanmar, Úc, New Zealand, Mỹ và Canada, đồng thời tiếp tục mở rộng hiện diện tại các thị trường toàn cầu.

Trải qua hơn 34 năm phát triển, QDP không ngừng đầu tư mở rộng quy mô và nâng cao năng lực công nghệ cho 02 nhà máy tại Thành phố Hồ Chí Minh (Việt Nam) và Phnom Penh (Campuchia), tổng diện tích lên đến 72.000 m^2, năng lực cung ứng hơn 500.000 m^2 vách kính mặt dựng và cửa mỗi năm.

Hệ thống sản xuất của QDP được đồng bộ và tự động hóa cao, ứng dụng máy móc và công nghệ tiên tiến từ châu Âu, đáp ứng những tiêu chuẩn kỹ thuật khắt khe và nhu cầu ngày càng cao của thị trường trong nước và quốc tế.

Địa chỉ : 536 Quang Trung, Phường Thông Tây Hội, Thành phố Hồ Chí Minh

Email : project@qdp.vn **Website : www.qdp.vn**

■Ngày nhận bài: 24/11/2025 ■Ngày sửa bài: 04/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/12/2025

Mô hình nhà ở co-housing cho xã hội đô thị đang già hóa tại Việt Nam

Co-housing Models for an Aging urban society in Vietnam

> **PGS.TS.KTS PHẠM TRỌNG THUẬT**
Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM
Email: thuat.phamtrong@uah.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và những biến đổi sâu sắc của cấu trúc gia đình, nhà ở đô thị ngày càng bộc lộ các chiều cạnh xã hội và văn hóa vượt ra ngoài cách tiếp cận thuần túy kỹ thuật hay thị trường. Sự gia tăng chi phí nhà ở, quá trình già hóa dân số, sự suy giảm của các mạng lưới hỗ trợ gia đình truyền thống cùng xu hướng di cư xuyên quốc gia đang đặt ra những thách thức mới đối với tổ chức đời sống cư trú tại các đô thị Việt Nam. Bài báo tiếp cận mô hình co-housing như một khả năng tái cấu trúc nhà ở đô thị, không chỉ nhằm cải thiện khả năng chi trả mà còn hướng tới việc tái thiết lập các mối quan hệ xã hội trong không gian sống. Thông qua tổng hợp kinh nghiệm quốc tế, phân tích cơ sở lý thuyết và đối chiếu với bối cảnh văn hóa cư trú Việt Nam, nghiên cứu làm rõ các điều kiện để chuyển hóa mô hình này vào thực tiễn. Bài báo nhấn mạnh nhóm cư dân trung niên và cao tuổi có con cái học tập, định cư ở nước ngoài, đồng thời đề xuất các định hướng về chính sách, tổ chức không gian và quản trị cộng đồng nhằm hiện thực hóa co-housing như một lựa chọn nhà ở nhân văn và thích ứng.

Từ khóa: Co-housing, nhà ở đô thị, văn hóa cư trú, người cao tuổi.

ABSTRACT

In the context of rapid urbanization and profound transformations in family structures, urban housing increasingly reveals social and cultural dimensions that extend beyond purely technical or market-oriented approaches. Rising housing costs, population aging, the weakening of traditional family support networks, and trends of transnational migration are posing new challenges to the organization of residential life in Vietnamese cities. This paper approaches the co-housing model as a potential means of restructuring urban housing, aiming not only to improve affordability but also to re-establish social relationships within living environments. Through a synthesis of international experiences, analysis of theoretical foundations, and comparison with the Vietnamese residential cultural context, the study clarifies the conditions necessary for translating this model into practice. The paper places particular emphasis on middle-aged and older residents whose children study or settle abroad, and proposes policy directions, spatial organization strategies, and community governance frameworks to realize co-housing as a humane and adaptive housing option.

Keywords: Co-housing, urban housing, residential culture, older adults.

1. GIỚI THIỆU

Trong nhiều thập niên, nhà ở đô thị chủ yếu được tiếp cận như một bài toán kỹ thuật và kinh tế, với trọng tâm đặt vào cung cầu, chi phí xây dựng, giá đất và khả năng chi trả. Cách tiếp cận này, dù cần thiết, ngày càng bộc lộ những giới hạn khi đô thị bước vào giai đoạn biến đổi xã hội sâu sắc. Nhà ở không chỉ là nơi trú ngụ vật chất, mà còn là không gian tổ chức đời sống hằng ngày, duy trì các mối quan hệ xã hội và bảo đảm cảm giác an toàn về tinh thần cho cư dân. Khi cấu trúc gia đình, lối sống và nhịp sinh hoạt thay đổi, nhiều mô hình nhà ở từng được coi là phù hợp trong quá khứ dần trở nên kém thích ứng với các nhu cầu xã hội mới phát sinh.

Tại các đô thị lớn của Việt Nam, áp lực gia tăng giá nhà và chi phí sinh hoạt làm suy giảm khả năng tiếp cận nhà ở phù hợp, ngay cả đối với các nhóm có việc làm ổn định và thu nhập trung bình. Song song với vấn đề kinh tế là sự suy yếu của gắn kết xã hội trong môi trường cư trú. Nhiều khu chung cư hiện đại, dù đạt tiêu chuẩn cao về tiện nghi kỹ thuật, lại thiếu các điều kiện không gian và thể chế để hình thành đời sống cộng đồng, dẫn tới tình trạng cư dân sống gần nhau nhưng ít tương tác, cảm giác thuộc về suy giảm và các mạng lưới hỗ trợ phi chính thức dần mờ nhạt.

Những biến đổi này diễn ra trong bối cảnh cấu trúc gia đình Việt Nam đang chuyển dịch nhanh chóng. Mô hình gia đình nhiều thế hệ cùng chung sống dần nhường chỗ cho các hộ gia đình hạt nhân hoặc các cặp vợ chồng sống độc lập. Đặc biệt, xu hướng con cái học tập và định cư lâu dài ở nước ngoài khiến không ít cặp vợ chồng trung niên và cao tuổi bước vào giai đoạn về già trong tình trạng thiếu vắng sự hỗ trợ trực tiếp từ thế hệ sau. Sự dịch chuyển này làm thay đổi căn bản cách tổ chức không gian sống, chăm sóc tuổi già và duy trì đời sống xã hội hằng ngày trong đô thị.

Chính tại giao điểm của khủng hoảng khả năng chi trả, suy giảm gắn kết xã hội và biến đổi cấu trúc gia đình, mô hình co-housing nổi lên như một khả năng cần được xem xét nghiêm túc. Tuy nhiên, bài báo không tiếp cận co-housing như một mô hình ngoại lai hay một giải pháp thay thế toàn diện cho các hình thức nhà ở hiện hành.

Thay vào đó, nghiên cứu tiếp cận co-housing như một hình thức cư trú trung gian, có thể lấp đầy khoảng trống giữa lối sống độc lập hoàn toàn và các mô hình chăm sóc tập trung, đồng thời mở ra hướng tái cấu trúc đời sống cộng đồng trong điều kiện đô thị hiện đại. Trên cơ sở tổng hợp kinh nghiệm quốc tế, phân tích các tiếp cận lý thuyết và đối chiếu với bối cảnh văn hóa cư trú Việt Nam, bài báo tập trung làm rõ những điều kiện xã hội, không gian và thể chế cần thiết để chuyển hóa mô hình co-housing vào thực tiễn. Trọng tâm phân tích hướng tới nhóm cư dân trung niên và cao tuổi thiếu vắng sự trợ giúp của con cái, qua đó đề xuất một cách tiếp cận thận trọng, từng bước, nhằm tích hợp co-housing như một lựa chọn nhà ở nhân văn và thích ứng trong quá trình tái cấu trúc nhà ở đô thị Việt Nam.

2. XU HƯỚNG CO- HOUSING TRÊN THẾ GIỚI VÀ NHỮNG ĐẶC ĐIỂM CỐT LÕI

2.1. Nguồn gốc và đặc điểm của co-housing

Co-housing xuất hiện vào cuối thập niên sáu mươi của thế kỷ hai mươi tại các quốc gia Bắc Âu, đặc biệt là Đan Mạch và Thụy Điển, trong bối cảnh xã hội phúc lợi đối diện với những biến đổi sâu sắc về cấu trúc gia đình và vai trò chăm sóc. Sự suy giảm của mô hình gia đình mở rộng, cùng với việc phụ nữ tham gia ngày càng nhiều vào thị trường lao động, đã làm bộc lộ những giới hạn của các hình thức cư trú dựa hoàn toàn vào gia đình hạt nhân, qua đó thúc đẩy nhu cầu về các mô hình sống cho phép chia sẻ trách nhiệm chăm sóc và tổ chức lại đời sống sinh hoạt hằng ngày [1].

Hình 1. Dự án co-housing Skjoldnes Villa- Beren- Na Uy

Các dự án co-housing ban đầu không do các nhà phát triển bất động sản khởi xướng, mà hình thành từ các nhóm cư dân có chung mối quan tâm về chất lượng sống. Đặc trưng của giai đoạn này là sự kết hợp giữa không gian ở riêng tư đầy đủ chức năng và các không gian chung được thiết kế đủ hấp dẫn để đời sống cộng đồng diễn ra một cách tự nhiên và linh hoạt. Từ những thử nghiệm mang tính xã hội đó, co-housing dần được hệ thống hóa và lan rộng tại châu Âu, đặc biệt tại Đức, nơi cư dân tham gia trực tiếp vào quá trình kiến tạo dự án nhằm thu hẹp khoảng cách giữa thiết kế và đời sống thực tế.

Tại Bắc Mỹ, mô hình này phát triển mạnh từ thập niên 80 và 90, gắn với các phong trào tìm kiếm lối sống cộng đồng thay thế cho mô hình ngoại ô khép kín. Đồng thời, xuất hiện các cộng đồng co-housing dành cho người cao tuổi, nhấn mạnh việc duy trì độc lập cá nhân trong một môi trường có hỗ trợ xã hội, thay vì các hình thức chăm sóc tập trung.

Theo thời gian, co-housing được chính thức hóa trong chính sách nhà ở tại một số quốc gia và tích hợp vào các chiến lược nhà ở bền vững. Dù triển khai trong các bối cảnh khác nhau, các mô hình co-housing đều chia sẻ những đặc điểm cốt lõi như sự cân bằng giữa không gian riêng và không gian chung, vai trò chủ động của cư dân trong quản trị cộng đồng, cùng việc chia sẻ tài nguyên theo nguyên tắc tự nguyện và linh hoạt nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng.

Trong bối cảnh Việt Nam, cần phân biệt rõ co-housing với các khu tập thể hình thành trong giai đoạn bao cấp. Nếu khu tập thể chủ yếu xuất phát từ cơ chế phân phối hành chính và thiếu cơ chế vận hành linh hoạt, thì co-housing được xây dựng trên nền tảng tự nguyện, tương đồng về lối sống và sự tham gia chủ động của cư dân ngay từ đầu. Do đó, co-housing không phải là sự lặp lại của cư trú tập thể trong quá khứ, mà là một hình thức cộng cư trưởng thành hơn, có khả năng dung hòa giữa riêng tư và cộng đồng thông qua thiết kế linh hoạt và quản trị dựa trên đồng thuận [2].

Hình 2. Sân trong tại dự án nhà ở co-housing tại Collet's Corner, Lyttelton- New Zealand

Hình 3. Một thiết kế thử nghiệm co-housing tại Galway- Cộng hòa Ai Len

2.2. Ưu điểm, hạn chế và nhóm đối tượng của mô hình co-housing

Các nghiên cứu quốc tế cho thấy co-housing mang lại nhiều lợi ích đồng thời trên các phương diện kinh tế - xã hội và môi trường. Việc chia sẻ không gian và hạ tầng giúp giảm chi phí đầu tư và vận hành, tối ưu hóa diện tích sử dụng trên đầu người và qua đó góp phần giảm áp lực về giá đất cũng như chi phí bảo trì. Đối với cư dân, lợi ích kinh tế không chỉ thể hiện ở chi phí nhà ở hợp lý hơn mà còn ở khả năng chia sẻ các dịch vụ sinh hoạt hằng ngày.

Ở khía cạnh xã hội, co-housing tạo điều kiện hình thành các mối quan hệ gắn bó và hỗ trợ lẫn nhau trong đời sống cư trú. Sự hiện diện của các không gian sinh hoạt chung và các hoạt động cộng đồng có chủ đích góp phần giảm cảm giác cô đơn, tăng cường cảm giác an toàn và củng cố các mạng lưới hỗ trợ phi chính thức, đặc biệt đối với người cao tuổi và các hộ gia đình đơn thân. Đồng thời, việc chia sẻ không gian và thiết bị cũng giúp sử dụng tài nguyên hiệu quả hơn, nhất là khi các cộng đồng chủ động tích hợp các thực hành tiết kiệm năng lượng và quản lý môi trường vào lối sống chung.

Tuy nhiên, co-housing không phải là mô hình không có hạn chế. Hiệu quả vận hành phụ thuộc lớn vào mức độ đồng thuận, niềm tin và năng lực hợp tác của cộng đồng cư dân. Trong những bối cảnh thiếu kinh nghiệm tự quản hoặc khung thể chế hỗ trợ chưa đầy đủ, mô hình này có thể phát sinh xung đột kéo dài và làm suy giảm chất lượng sống. Co-housing cũng không phù hợp để triển khai đại trà mà cần được xem như một lựa chọn có điều kiện, gắn với những nhóm cư dân có nhu cầu và khả năng tham gia đời sống cộng đồng [3].

Việc xác định đúng nhóm đối tượng vì vậy giữ vai trò then chốt trong tổ chức không gian, cấu trúc xã hội và khả năng vận hành bền vững của các cộng đồng co-housing, đồng thời là cơ sở quan trọng khi xem xét khả năng áp dụng mô hình này tại các đô thị Việt Nam.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ CÁC TIẾP CẬN HỌC THUẬT VỚI CO-HOUSING

3.1. Co-housing dưới góc nhìn lý thuyết cộng đồng

Các nghiên cứu về cộng đồng đô thị chỉ ra rằng quá trình đô thị hóa tuy mở rộng cơ hội kinh tế nhưng đồng thời làm suy yếu các mối quan hệ cộng đồng truyền thống và cảm giác thuộc về. Trong bối cảnh đó, co-housing được xem như một cách tái cấu trúc cộng đồng trong điều kiện sống hiện đại, thay vì phục hồi các hình thức cộng đồng tiền đô thị.

Các luận điểm của Jane Jacobs nhấn mạnh vai trò của các tương tác đời thường trong không gian quen thuộc, coi đây là nền tảng hình thành cộng đồng đô thị. Áp dụng vào co-housing, cách tiếp cận này cho thấy tầm quan trọng của việc tổ chức các không gian công cộng và bán công cộng sao cho cư dân có thể gặp gỡ một cách tự nhiên trong nhịp sinh hoạt hằng ngày. Bổ sung cho góc nhìn này,

các nghiên cứu của Jan Gehl làm rõ mối liên hệ giữa hình thức không gian và cường độ sử dụng, nhấn mạnh rằng các không gian công cộng hiệu quả thường có quy mô vừa phải, dễ tiếp cận và gắn với các tuyến di chuyển hằng ngày [4].

Từ góc độ này, co-housing có thể được hiểu như một mô hình cộng đồng chủ động, nơi các mối quan hệ xã hội hình thành trên cơ sở lựa chọn và cam kết của cư dân, đồng thời đòi hỏi năng lực giao tiếp và quản trị xung đột cao hơn so với các khu nhà ở thông thường.

3.2. Co-housing trong các tiếp cận về nhà ở bền vững và khả năng chống chịu xã hội

Một hướng tiếp cận quan trọng khác xem co-housing như một biểu hiện cụ thể của quá trình tổ chức không gian cư trú. Theo Henri Lefebvre, không gian cư trú không phải là bối cảnh trung tính, mà được kiến tạo đồng thời bởi thiết kế, sử dụng và các ý nghĩa xã hội gắn với nó [5]. Trong co-housing, quá trình này diễn ra rõ nét thông qua sự tham gia trực tiếp của cư dân vào việc định hình và sử dụng không gian chung, vốn thường mang tính linh hoạt và có khả năng điều chỉnh theo thời gian.

Các nghiên cứu cấu hình không gian của Bill Hillier bổ sung cơ sở phân tích mối quan hệ giữa cấu trúc không gian và tương tác xã hội. Những cộng đồng co-housing có cấu trúc giao thông nội bộ rõ ràng, khả năng quan sát cao và mức độ kết nối tốt thường duy trì được đời sống cộng đồng ổn định hơn, trong khi các không gian chung bị chia cắt hoặc khó tiếp cận dễ dẫn tới sự suy yếu của các thực hành cộng đồng [6].

Trong các tiếp cận về nhà ở bền vững, co-housing được xem như một chiến lược tích hợp các mục tiêu kinh tế, xã hội và môi trường, trong đó tính bền vững không chỉ gắn với hiệu quả sử dụng tài nguyên mà còn với khả năng duy trì các mạng lưới xã hội hỗ trợ lâu dài.

Về mặt xã hội, co-housing góp phần tăng cường khả năng chống chịu của cộng đồng thông qua sự hỗ trợ lẫn nhau trong đời sống hằng ngày, đặc biệt đối với các nhóm dễ bị tổn thương như người cao tuổi hoặc người sống một mình. Trong nhiều nghiên cứu, mô hình này được nhìn nhận như một hình thức phúc lợi xã hội phi chính thức, có vai trò bổ trợ cho chính sách an sinh hiện hành.

Về tổ chức không gian, co-housing nhấn mạnh việc chia sẻ tài nguyên và dịch vụ nhằm giảm sự dư thừa trong sở hữu cá nhân. Tuy nhiên, hiệu quả của việc chia sẻ phụ thuộc vào tính tự nguyện và cơ chế quản trị rõ ràng, nếu không dễ dẫn tới xung đột và suy giảm chất lượng sống.

4. CÁC YẾU TỐ TỰ NHIÊN, XÃ HỘI VÀ VĂN HÓA CƯ TRÚ ẢNH HƯỞNG TỚI MÔ HÌNH CO-HOUSING TẠI VIỆT NAM

Việc xem xét khả năng áp dụng mô hình co-housing tại Việt Nam cần được đặt trong bối cảnh tự nhiên, xã hội và văn hóa cư trú đặc thù, bởi cùng một nguyên lý tổ chức cộng cư có thể tạo ra những kết quả khác nhau khi vận dụng trong các điều kiện khí hậu, hình thái đô thị và cấu trúc xã hội khác nhau. Do đó, phân tích các yếu tố này không chỉ nhằm đánh giá tính khả thi, mà còn để xác định những điều kiện cần thiết cho việc chuyển hóa mô hình một cách phù hợp, tránh sao chép máy móc các kinh nghiệm ngoại nhập.[7]

Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa, đời sống cư trú truyền thống của người Việt gắn với các không gian bán ngoài trời như hiên, sân, hành lang và ngõ xóm, cho phép sự chuyển tiếp linh hoạt giữa riêng tư và cộng đồng, đồng thời thích ứng với nhịp sinh hoạt theo mùa và theo thời gian trong ngày. Tuy nhiên, quá trình đô thị hóa nhanh và gia tăng mật độ xây dựng đã làm thu hẹp đáng kể các không gian trung gian này, khi nhiều khu nhà ở hiện đại ưu tiên tối đa hóa diện tích sàn, khiến không gian chung bị giản lược hoặc chỉ còn mang tính hình thức, trong khi nhu cầu giao tiếp xã hội của cư dân vẫn tồn tại bền bỉ.

Từ góc độ hình thái đô thị, co-housing có tiềm năng như một công cụ tái cấu trúc vi mô trong đô thị hiện hữu thông qua cải tạo chung cư cũ, khu đất xen cài hoặc các dự án quy mô nhỏ. Tuy nhiên, mô hình này chỉ có thể phát huy hiệu quả khi được điều chỉnh phù hợp với điều kiện khí hậu và thói quen sử dụng không gian ngoài trời của cư dân Việt Nam, thay vì sao chép trực tiếp các hình thức không gian từ bối cảnh ôn đới.

Về mặt xã hội, đời sống cư trú truyền thống của người Việt được tổ chức xoay quanh các đơn vị cộng đồng nhỏ, nơi ranh giới giữa không gian riêng và chung mang tính linh hoạt và được điều tiết chủ yếu thông qua các quy ước xã hội. Dù nhiều cấu trúc cộng đồng truyền thống suy yếu trong quá trình đô thị hóa, các hình thái cộng cư không biến mất mà chuyển dịch sang các hình thức nhỏ và phi chính thức hơn. Đây là nền tảng văn hóa quan trọng cho co-housing, nhưng chỉ có thể được phát huy khi mô hình được thiết kế và quản lý phù hợp với các quy ước xã hội bản địa.

Một đặc điểm khác của cư dân đô thị Việt Nam là tính linh hoạt cao trong lối sống và thói quen sử dụng không gian. Không gian ở thường mang tính đa chức năng và biến đổi theo thời gian, trong khi các không gian bán công cộng dễ bị chiếm dụng cho nhiều mục đích khác nhau. Điều này vừa phản ánh khả năng thích ứng của cư dân, vừa đặt ra yêu cầu về các cơ chế xã hội rõ ràng để điều tiết việc sử dụng không gian chung trong các mô hình co-housing, đặc biệt khi không gian ở và sinh kế có xu hướng đan xen [8].

Cuối cùng, vấn đề niềm tin xã hội và năng lực tự quản cần được nhìn nhận thận trọng. Niềm tin không biến mất trong đô thị hiện đại mà chuyển dịch sang các nhóm quan hệ nhỏ và tương đối ổn định. Nhiều mâu thuẫn trong các khu chung cư hiện nay thường bắt nguồn từ việc thiếu khung quản trị minh bạch và cơ chế tham gia thực chất hơn là từ sự thiếu thiện chí của cư dân. Từ góc nhìn này, co-housing có thể được xem như một không gian thử nghiệm các mô hình tự quản quy mô nhỏ, nơi các quy ước cộng đồng được hình thành và điều chỉnh thông qua thực tiễn.

Tổng hợp các yếu tố trên cho thấy co-housing không mâu thuẫn với đời sống đô thị Việt Nam nhưng cũng không thể áp dụng nguyên mẫu. Mô hình này chỉ có thể phát huy hiệu quả khi được tái cấu trúc trên cơ sở điều kiện khí hậu, hình thái đô thị và các thực hành xã hội bản địa, qua đó tạo nền tảng cho việc phân tích cụ thể khả năng áp dụng co-housing trong bối cảnh biến đổi cấu trúc gia đình hiện nay.

5. KHẢ NĂNG ÁP DỤNG, XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN VÀ ĐIỀU KIỆN HIỆN THỰC HÓA MÔ HÌNH CO-HOUSING TẠI CÁC ĐÔ THỊ VIỆT NAM

5.1. Khả năng áp dụng, xu hướng phát triển

Việc áp dụng mô hình co-housing tại Việt Nam cần được nhìn nhận như một quá trình chuyển hóa từng bước, thay vì sự thay thế đột ngột các mô hình nhà ở hiện hành. Trong bối cảnh đô thị chịu tác động đồng thời của áp lực kinh tế, già hóa dân số và biến đổi cấu trúc gia đình, co-housing có thể đóng vai trò như một hình thức cư trú trung gian, lấp đầy khoảng trống giữa sống độc lập hoàn toàn và các mô hình chăm sóc tập trung. Theo số liệu thống kê của Quỹ Dân số Liên Hợp Quốc (UNFPA) tại Việt Nam, Việt Nam là một trong những quốc gia có tốc độ già hóa dân số nhanh nhất thế giới. Nhóm dân số từ 60 tuổi trở lên chiếm 11,9% tổng dân số vào năm 2019 và dự kiến sẽ đạt khoảng 25% vào năm 2050. Lịch sử đô thị Việt Nam cho thấy cư trú cộng đồng không phải là khái niệm xa lạ. Các khu tập thể giai đoạn bao cấp từng hình thành những mạng lưới hỗ trợ xã hội tương đối bền chặt nhưng cũng bộc lộ rõ giới hạn do thiếu

riêng tư, hạ tầng xuống cấp và cơ chế quản trị cứng nhắc. Bài học rút ra không phải là phủ nhận cư trú cộng đồng mà là tránh lặp lại các hình thức tổ chức không gian và quản lý kém thích ứng. Theo đó, co-housing cần được xây dựng trên nền tảng tự nguyện tham gia, quyền lựa chọn và mức độ tương thích về lối sống của cư dân, thay vì dựa trên phân phối hành chính.

Trong bối cảnh hiện nay, các mô hình nhà ở hiện hành đang bộc lộ những khoảng trống đáng kể. Nhà ở thương mại vượt quá khả năng chi trả của phần lớn cư dân đô thị, trong khi nhà ở xã hội còn hạn chế về cả số lượng và chất lượng sống. Co-housing không nhằm cạnh tranh với nhà ở thương mại cao cấp mà hướng tới cung cấp một lựa chọn nhà ở có chất lượng sống chấp nhận được với chi phí hợp lý thông qua việc chia sẻ không gian và dịch vụ, qua đó đóng vai trò như một tầng trung gian trong hệ sinh thái nhà ở đô thị [9].

Một nhóm đối tượng tiềm năng cho co-housing tại Việt Nam là các cặp vợ chồng trung niên và cao tuổi có con cái học tập và định cư lâu dài ở nước ngoài. Đối với nhóm này, thách thức chủ yếu không nằm ở chi phí nhà ở mà ở nguy cơ cô lập xã hội và suy giảm mạng lưới hỗ trợ phi chính thức trong giai đoạn về già. Co-housing cho phép họ duy trì không gian sống độc lập đồng thời hình thành các mối quan hệ tương trợ trong một cộng đồng nhỏ, ổn định và có hỗ trợ xã hội mềm, khác biệt với các mô hình dưỡng lão tập trung.

Bên cạnh đó, co-housing cũng có thể hướng tới các nhóm khác như người lao động có thu nhập ổn định nhưng khó tiếp cận nhà ở thương mại, lao động sáng tạo hoặc các hộ gia đình đơn thân. [10]. Tuy nhiên, mô hình này không phù hợp để triển khai đại trà mà nên bắt đầu từ các dự án quy mô nhỏ và trung bình gắn với đô thị hiện hữu. Các dự án thí điểm giữ vai trò quan trọng trong việc kiểm nghiệm khả năng thích ứng của mô hình và từng bước hoàn thiện khung chính sách cũng như thực hành thiết kế.

5.2. Hiện thực hóa mô hình co-housing tại các đô thị Việt Nam

Về xu hướng phát triển, co-housing tại Việt Nam nhiều khả năng sẽ hình thành theo các kịch bản chọn lọc gắn với cải tạo chung cư cũ, khu tập thể xuống cấp hoặc các khu đất xen cài trong đô thị hiện hữu. Trong dài hạn, khi khung pháp lý và nhận thức xã hội được cải thiện, co-housing có thể trở thành một thành phần chính thức trong chiến lược nhà ở đô thị, đặc biệt đối với các nhóm cư dân dễ bị tổn thương trước các biến động xã hội. Tuy nhiên, sự phát triển này chỉ có thể bền vững nếu co-housing được tiếp cận như một quá trình học hỏi và điều chỉnh liên tục.

Hình 4. Tổ chức căn hộ co-housing khi sử dụng sân, hành lang chung

Để hiện thực hóa mô hình, cần một hệ giải pháp đồng bộ. Về thể chế, cần xây dựng khung pháp lý cho các hình thức sở hữu và đồng sở hữu linh hoạt, đồng thời công nhận vai trò của cộng đồng cư dân trong quản lý và ra quyết định. Về chính sách, cần có các cơ chế tài chính và tín dụng hỗ trợ các dự án co-housing quy mô nhỏ và trung bình, khuyến khích hợp tác giữa cư dân và doanh nghiệp, cũng như tích hợp co-housing vào các chương trình nhà ở xã hội thế hệ mới.

Trong mô hình này, doanh nghiệp phát triển nhà ở cần chuyển từ vai trò cung cấp sản phẩm sang vai trò đối tác đồng hành trong quá trình hình thành cộng đồng, hỗ trợ kỹ thuật và quản lý ban đầu, trong khi cộng đồng cư dân từng bước đảm nhận vai trò tự quản. Về không gian kiến trúc, thiết kế cần ưu tiên các không gian trung gian và bán ngoài trời, bảo đảm sự cân bằng linh hoạt giữa riêng tư và cộng đồng, đồng thời có khả năng thích ứng với vòng đời cư trú. Quản lý và vận hành cộng đồng cần dựa trên các quy ước được xây dựng thông qua sự tham gia thực chất của cư dân, hướng tới mục tiêu hình thành năng lực tự quản bền vững.

6. KẾT LUẬN

Co-housing không phải là lời giải duy nhất cho bài toán nhà ở đô thị Việt Nam, nhưng là một khả năng cần được xem xét nghiêm túc trong bối cảnh xã hội đang biến đổi sâu sắc. Trước áp lực gia tăng chi phí nhà ở, già hóa dân số và sự suy giảm của các mạng lưới hỗ trợ gia đình truyền thống, việc thiếu vắng các hình thức cư trú trung gian có nguy cơ làm gia tăng tình trạng sống độc lập nhưng thiếu nâng đỡ xã hội, đặc biệt đối với nhóm cư dân trung niên và cao tuổi. Trong bối cảnh đó, co-housing mở ra một hướng tiếp cận kết hợp giữa độc lập cá nhân và hỗ trợ cộng đồng linh hoạt.

Khi được đặt trong mạch văn hóa cư trú và lối sống của người Việt, co-housing cho thấy tiềm năng trở thành một hình thức nhà ở nhân văn thông qua việc tái cấu trúc mối quan hệ giữa riêng tư và cộng đồng trong điều kiện đô thị hiện đại, với điều kiện mô hình được tiếp cận như một quá trình học hỏi và điều chỉnh liên tục để có thể thích ứng và phát triển bền vững trong bối cảnh đô thị Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Jingling Wang, Karim Hadjn, " The Role of Co- housing in Building Sustainable Communities Case studies from the UK", Shelfield, Shelfield University Press, 2017

[2]. D. Wang and K. Hadjri, "Housing for older people: Design, innovation and policy," Housing Studies, vol. 32, no. 4, pp. 447-468, 2017.

[3]. Đức Anh, "Co- living tại Việt Nam liệu sẽ rộng mở như nhiều thị trường châu Á khác?", kienviet.net, 2019.

[4]. J. Gehl, Life Between Buildings: Using Public Space, Washington DC: Island Press, 2011.

[5]. H. Lefebvre, The Production of Space, Oxford: Blackwell, 1991.

[6]. B. Hillier and J. Hanson, The Social Logic of Space, Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

[7]. ThS Lê Tấn Hạnh, " Đặc điểm co-housing: Khả năng áp dụng tại TP Hồ Chí Minh", Tạp chí Kiến trúc, 2022.

[8]. TS Võ Hoàng Khánh, PGS.TS Ngô Lê Minh " Cấu trúc và giải pháp thiết kế nhằm tăng tính cộng đồng trong nhà ở Co-housing", Tạp chí Kiến trúc, 2022.

[9]. Rafael Sosa- Ramirez, "Cohousing: A Bibliographic Review of Collaborative Living in Scopus: Trends and Perspectives", Hong Kong Journal of Social Sciences, 2023.

[10]. United Nations, World Population Ageing 2023, New York: UN DESA, 2023.

■Ngày nhận bài: 04/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Khả năng tiếp cận đô thị theo mô hình 15 phút tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B, TP Hồ Chí Minh

Urban accessibility under the 15-Minute City Model in the Vinh Loc B resettlement area, Ho Chi Minh City

> VÕ TRỌNG NGHĨA[1,2,*], TRẦN THỊ VIỆT HÀ[3]
[1]Trường Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn TP.HCM
[2] Đại học Quốc gia TP.HCM; [*]Email: votrongnghia@hcmussh.edu.vn
[3] Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM

TÓM TẮT

Các khu tái định cư ngoại vi thường gặp hạn chế trong việc đảm bảo chất lượng sống do khả năng tiếp cận các dịch vụ đô thị thiết yếu còn chưa hiệu quả. Nghiên cứu này phân tích khả năng tiếp cận đô thị tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B dựa trên mô hình đô thị 15 phút, sử dụng khung phân tích theo thời gian di chuyển. Phương pháp nghiên cứu kết hợp khảo sát 150 hộ dân, phỏng vấn sâu, quan sát thực địa và phân tích GIS thông qua bản đồ đẳng thời gian 5-10-15 phút. Kết quả cho thấy khả năng tiếp cận các dịch vụ đô thị còn nhiều hạn chế, đặc biệt đối với hình thức đi bộ, từ đó gợi mở các hàm ý điều chỉnh quy hoạch nhằm nâng cao khả năng tiếp cận đô thị cho cư dân.

Từ khóa: Khả năng tiếp cận đô thị, đô thị 15 phút, tái định cư, bản đồ đẳng thời gian, Vĩnh Lộc B.

ABSTRACT

Peripheral resettlement areas often face reduced quality of life due to limited access to essential urban services. This study examines urban accessibility in the Vinh Loc B resettlement area using the 15-minute city model as a time-based analytical framework. The research combines a household survey of 150 respondents, in-depth interviews, field observations, and GIS-based isochrone mapping (5-10-15 minutes). The results reveal constrained access to urban services, particularly for walking-based mobility, highlighting planning implications for improving urban accessibility in peripheral resettlement areas.

Keywords: Urban accessibility, 15-minute city, resettlement area, isochrone mapping, Vinh Loc B

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình đô thị hóa nhanh tại Việt Nam, tái định cư được sử dụng như một công cụ quy hoạch quan trọng nhằm phục vụ các dự án phát triển hạ tầng, chỉnh trang và tái cấu trúc không gian đô thị. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai tại nhiều đô thị lớn cho thấy một nghịch lý ngày càng rõ nét: trong khi nhu cầu nhà ở đô thị tiếp tục gia tăng, không ít khu tái định cư, đặc biệt tại các khu vực ngoại vi, lại rơi vào tình trạng khai thác kém hiệu quả, thể hiện qua tỷ lệ cư trú thấp, sinh kế thiếu ổn định và mức độ gắn bó hạn chế của cư dân. Các báo cáo và nghiên cứu gần đây cho thấy những vấn đề này không chỉ liên quan đến chất lượng công trình hay hạ tầng kỹ thuật, mà phản ánh các bất cập sâu hơn trong tổ chức không gian sống và khả năng tiếp cận các dịch vụ đô thị thiết yếu (Bộ Xây dựng, 2021a; UN-Habitat, 2020).

Đối với các khu tái định cư hình thành tại vùng ngoại vi, sự mất cân đối giữa không gian ở, không gian việc làm và hệ thống dịch vụ công cộng thường dẫn đến mức độ phụ thuộc cao vào phương tiện cá nhân. Hệ quả là chi phí sinh hoạt gia tăng, thời gian di chuyển kéo dài và chất lượng môi trường sống suy giảm. Trong bối cảnh đó, việc xem xét khả năng tiếp cận các dịch vụ đô thị trong đời sống hằng ngày trở thành một vấn đề trung tâm, phản ánh mức độ phù hợp giữa cấu trúc không gian cư trú và nhu cầu sinh hoạt thực tế của cư dân, đồng thời làm lộ rõ các đứt gãy trong tổ chức không gian đô thị.

Trên bình diện quốc tế, mô hình đô thị 15 phút được giới thiệu như một định hướng quy hoạch nhấn mạnh việc tổ chức các chức năng đô thị thiết yếu trong phạm vi thời gian tiếp cận ngắn, thông qua các hình thức di chuyển bền vững. Tuy nhiên, trong khi mô hình này được thảo luận rộng rãi tại các đô thị phát triển và khu vực trung tâm, việc vận dụng đô thị 15 phút như một công cụ phân tích để đánh giá khả năng tiếp cận tại các khu tái định cư ngoại vi, nơi đặc trưng bởi tính phân mảnh không gian và hạ tầng chưa đồng bộ, vẫn còn hạn chế (Moreno et al., 2021; Pozoukidou & Chatziyiannaki, 2021).

Đặc biệt, sự thiếu vắng các nghiên cứu kết hợp phân tích không gian định lượng với dữ liệu khảo sát cư dân đã khiến việc đánh giá khả năng tiếp cận tại các khu tái định cư chưa phản ánh đầy đủ điều kiện sống thực tế và trải nghiệm tiếp cận của cộng đồng cư trú. Khoảng trống này đặt ra yêu cầu cần có các nghiên cứu thực nghiệm, sử dụng các công cụ phân tích phù hợp, nhằm làm rõ khả năng vận hành của các định hướng quy hoạch dựa trên tiếp cận ngắn trong bối cảnh tái định cư ngoại vi tại các đô thị đang phát triển.

Xuất phát từ yêu cầu đó, bài viết này tập trung phân tích khả năng tiếp cận đô thị tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B, TP.HCM, dưới góc nhìn mô hình đô thị 15 phút được sử dụng như một khung phân tích dựa trên thời gian di chuyển. Thông qua việc kết hợp phân tích không gian bằng hệ thống thông tin địa lý với dữ liệu khảo sát cư dân và quan sát thực địa, nghiên cứu nhằm làm rõ cấu trúc tiếp cận không gian của khu ở,

đồng thời đóng góp bằng chứng thực nghiệm cho các thảo luận học thuật về khả năng vận dụng và điều chỉnh mô hình đô thị 15 phút trong bối cảnh tái định cư ngoại vi.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN, NGUỒN TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý luận

Trong nghiên cứu đô thị, khả năng tiếp cận được xác lập như một khái niệm trung tâm nhằm đánh giá mức độ gắn kết giữa không gian cư trú và hệ thống các hoạt động kinh tế - xã hội của đô thị. Hansen (1959) đặt nền tảng cho cách tiếp cận này khi cho rằng khả năng tiếp cận phản ánh mức độ thuận lợi để cư dân tiếp cận các cơ hội từ vị trí cư trú, qua đó tác động trực tiếp đến cấu trúc sử dụng đất và tổ chức không gian đô thị. Trên nền tảng đó, các nghiên cứu sau này đã phê phán cách hiểu khả năng tiếp cận thuần túy dựa trên khoảng cách, đồng thời mở rộng khái niệm theo hướng tích hợp, nhấn mạnh vai trò đồng thời của phân bố chức năng đô thị, hạ tầng giao thông, chi phí và thời gian di chuyển, cũng như hành vi lựa chọn của người sử dụng (Geurs & Van Wee, 2004).

Từ góc độ địa lý thời gian, khả năng tiếp cận các hoạt động đô thị chịu ràng buộc trực tiếp bởi quỹ thời gian sinh hoạt và lịch trình hằng ngày của cư dân. Kwan (1998) chỉ ra rằng các thước đo tiếp cận dựa trên không gian tĩnh có xu hướng đánh giá quá cao mức độ tiếp cận thực tế do bỏ qua các ràng buộc về thời gian và sự khác biệt trong phương thức di chuyển giữa các cá nhân. Trên cơ sở đó, Páez et al. (2012) khẳng định rằng các chỉ báo tiếp cận dựa trên thời gian cho phép lượng hóa khả năng tiếp cận sát với điều kiện sinh hoạt thực tế hơn, trong các bối cảnh đô thị có cấu trúc hoạt động đa dạng.

Bên cạnh yếu tố thời gian, cấu trúc mạng lưới giao thông được xem là thành phần quyết định trong việc hình thành khả năng tiếp cận thực tế. Các nghiên cứu gần đây cho thấy việc giả định tiếp cận theo khoảng cách đường thẳng có thể dẫn đến sai lệch đáng kể, đặc biệt tại các khu vực có cấu trúc đường phố phân mảnh hoặc hạ tầng kết nối hạn chế. Tiếp cận dựa trên mạng lưới cho phép mô phỏng các tuyến di chuyển thực tế trên hệ thống đường phố hiện hữu, qua đó phản ánh chính xác hơn thời gian và chi phí di chuyển mà cư dân phải đối mặt (Zhang et al., 2023). Đồng thời, các tiếp cận định lượng đương đại cũng nhấn mạnh việc kết hợp các chỉ báo không gian với đặc điểm xã hội và nhân khẩu học nhằm đánh giá khả năng tiếp cận theo hướng đa chiều (Koljensic, 2022).

Trên nền tảng các tiếp cận về thời gian và mạng lưới, mô hình đô thị 15 phút được đề xuất như một khung tư duy nhằm tổ chức và đánh giá không gian đô thị dựa trên khả năng tiếp cận các chức năng thiết yếu trong phạm vi thời gian di chuyển ngắn. Moreno et al (2021) nhấn mạnh rằng mô hình này cần được hiểu như một khung phân tích dựa trên trải nghiệm tiếp cận của cư dân, thay vì một mô hình hình thái mang tính chuẩn hóa. Các nghiên cứu phê bình tiếp tục chỉ ra rằng hiệu quả của mô hình đô thị 15 phút chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi cấu trúc không gian, hạ tầng giao thông và các dạng bất bình đẳng xã hội, đặc biệt tại các khu vực ngoại vi (Pozoukidou & Chatziyiannaki, 2021; F. Rao et al., 2024; Y. Rao et al., 2022). Do đó, mô hình đô thị 15 phút cần được phân tích thành các thành phần cấu trúc cụ thể, cho phép đánh giá mức độ phù hợp của từng khu vực đô thị với nguyên tắc tiếp cận ngắn, thay vì áp đặt một chuẩn mực đồng nhất.

Tổng hợp các tiếp cận trên cho thấy rằng việc đánh giá khả năng tiếp cận đô thị cần dựa trên đo lường theo thời gian, cấu trúc mạng lưới và phân bố chức năng, đồng thời đặt trong mối quan hệ với các điều kiện xã hội cụ thể của cư dân. Khung lý luận này tạo cơ sở trực tiếp cho việc sử dụng các bản đồ đẳng thời gian và phân tích không gian nhằm làm rõ các chênh lệch trong khả năng tiếp cận các dịch vụ đô thị thiết yếu và hỗ trợ diễn giải trải nghiệm tiếp cận trong các bối cảnh cư trú khác nhau.

2.2. Nguồn tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu kế thừa các công trình học thuật nền tảng về khả năng tiếp cận đô thị, tiếp cận theo thời gian và tiếp cận dựa trên mạng lưới, cùng các nghiên cứu phê bình về mô hình đô thị 15 phút, nhằm xây dựng một khung phân tích phù hợp cho đánh giá khả năng tiếp cận trong bối cảnh đô thị đương đại. Trên cơ sở đó, nghiên cứu áp dụng phương pháp tiếp cận hỗn hợp, trong đó phân tích không gian bằng hệ thống thông tin địa lý giữ vai trò trung tâm. Dữ liệu mạng lưới giao thông và nền bản đồ số được khai thác từ OpenStreetMap (OSM) và xử lý trên nền tảng phần mềm QGIS để thực hiện phân tích mạng lưới và xây dựng các bản đồ đẳng thời gian 5 - 10 - 15 phút, nhằm lượng hóa khả năng tiếp cận các dịch vụ đô thị thiết yếu từ khu tái định cư Vĩnh Lộc B theo các hình thức di chuyển chủ yếu. Dữ liệu xã hội được thu thập thông qua khảo sát định lượng 150 hộ dân, kết hợp phỏng vấn sâu và quan sát thực địa; các kết quả phân tích GIS được đối chiếu với dữ liệu khảo sát về mức độ hài lòng của cư dân đối với từng loại dịch vụ công cộng, qua đó cho phép đánh giá đồng thời điều kiện tiếp cận không gian và trải nghiệm tiếp cận trong bối cảnh khu tái định cư ngoại vi.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng vận hành của mô hình đô thị 15 phút tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B chịu sự điều kiện hóa mạnh mẽ bởi bối cảnh không gian ngoại vi và cấu trúc phát triển đô thị hiện hữu của khu vực phía tây bắc TP.HCM. Về mặt vị trí, khu tái định cư tiếp giáp một số trục giao thông liên khu vực quan trọng nhưng lại tương đối tách rời khỏi các lõi dịch vụ đô thị hiện hữu. Cấu trúc vị trí này tạo nên một nghịch lý phổ biến trong các khu tái định cư ngoại vi: trong khi khả năng kết nối ở quy mô vùng tương đối thuận lợi, khả năng đáp ứng các nhu cầu sinh hoạt hằng ngày trong phạm vi tiếp cận ngắn lại hạn chế. Mối quan hệ không cân xứng này được thể hiện rõ qua bản đồ vị trí khu tái định cư trong cấu trúc không gian đô thị (Hình 1), đồng thời đặt nền tảng cho phân tích khả năng tiếp cận đô thị theo thời gian tại khu vực nghiên cứu.

Hình 1. Vị trí khu tái định cư Vĩnh Lộc B và mối liên hệ với các trục giao thông chính tại khu vực phía tây bắc TP.HCM

(Nguồn: Nhóm tác giả, 2025).

Ở cấp độ cấu trúc nội khu, phân tích hiện trạng sử dụng đất cho thấy khu tái định cư Vĩnh Lộc B có cơ cấu chức năng thiên lệch rõ rệt về nhà ở, trong khi các chức năng dịch vụ công cộng và không gian sinh hoạt cộng đồng phân bố hạn chế và thiếu tính liên kết. Mật độ dân số hiện tại của khu vực đạt khoảng 9.883 người/km^2, thấp hơn đáng kể so với ngưỡng 22.221 người/km^2 theo Bộ Xây dựng, (2021b). Sự chênh lệch này phản ánh tình trạng thiếu hụt đồng thời cả mật độ cư trú và mật độ chức năng, vốn là hai điều kiện nền tảng để các tiện ích đô thị có thể vận hành hiệu quả trong phạm vi tiếp cận ngắn, qua đó làm suy yếu các giả định cốt lõi của mô hình đô thị 15 phút trong bối cảnh khu vực nghiên cứu.

Phân tích khả năng tiếp cận theo hình thức đi bộ cho thấy những giới hạn mang tính cấu trúc rõ rệt. Các vùng đẳng thời gian trong ngưỡng 5 - 10 -15 phút chủ yếu bao phủ không gian ở, trong khi phần lớn các dịch vụ đô thị thiết yếu phân bố rời rạc ở rìa hoặc ngoài phạm vi tiếp cận thuận tiện (Hình 2).

Hình 2. Vùng đẳng thời gian tiếp cận bằng hình thức đi bộ trong các ngưỡng 5, 10 và 15 phút tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B

(Nguồn: Phân tích đẳng thời gian GIS, nhóm tác giả, 2025)

Kết quả định lượng cho thấy diện tích bao phủ trong ngưỡng 15 phút đi bộ chỉ đạt 1,86 km², phản ánh rõ giới hạn của hình thức tiếp cận phi cơ giới trong bối cảnh khu tái định cư ngoại vi (Bảng 1). Khi đối chiếu với dữ liệu khảo sát xã hội, những giới hạn không gian này chuyển hóa thành mức độ hài lòng thấp của cư dân, đặc biệt đối với dịch vụ y tế và không gian vui chơi giải trí, với giá trị trung bình lần lượt là 2,02/5 và 2,04/5 (Bảng 2).

Bảng 1: Diện tích bao phủ theo từng vùng thời gian

STT	Loại hình di chuyển	Thời gian	Diện tích bao phủ (km²)
1	Xe đạp	5 phút	3,40
		10 phút	14,01
		15 phút	35,55
2	Đi bộ	5 phút	0,27
		10 phút	0,92
		15 phút	1,86

(Nguồn: Phân tích dữ liệu đẳng thời gian GIS, nhóm tác giả, 2025)

Bảng 2. Mức độ hài lòng của người dân với từng dịch vụ công cộng tại khu tái định cư

Dịch vụ công cộng	Mức độ hài lòng (%)					**Mean** (Giá trị trung bình)	**Std. Deviation** (Độ lệch chuẩn)
	Hoàn toàn không hài lòng	Chưa hài lòng	Bình thường	Hài lòng	Rất hài lòng		
Y tế	38	34	16	12	0	2,02	1,020
Chợ, siêu thị	4	20	44	32	0	3,04	0,832
Nơi sinh hoạt cộng đồng, công viên	12	34	32	18	4	2,68	1,039
Khu vui chơi, giải trí	32	36	28	4	0	2,04	0,880

(Nguồn: Khảo sát cư dân khu tái định cư Vĩnh Lộc B, nhóm tác giả, 2025)

Bảng 2 phản ánh mức độ hài lòng của cư dân đối với khả năng tiếp cận các dịch vụ công cộng, được hiểu như một chỉ báo tổng hợp về trải nghiệm tiếp cận trong đời sống hằng ngày, bao gồm yếu tố khoảng cách, thời gian di chuyển và mức độ thuận tiện khi sử dụng dịch vụ. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng ghi nhận đánh giá của cư dân về chất lượng dịch vụ như một biến đo độc lập, phản ánh nhận định về khía cạnh chuyên môn và chất lượng cung ứng của các dịch vụ công cộng. Việc trình bày thống kê mô tả về đánh giá chất lượng dịch vụ ở bảng tiếp theo nhằm bổ trợ cho phân tích, đồng thời làm rõ rằng mức độ hài lòng thấp không chỉ liên quan đến chất lượng dịch vụ, mà còn chịu tác động đáng kể từ các hạn chế trong khả năng tiếp cận không gian.

Bảng 3. Thống kê mô tả về mức độ hài lòng với các dịch vụ công cộng tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B

Chất lượng dịch vụ công cộng	**Minimum** (Giá trị nhỏ nhất)	**Maximum** (Giá trị lớn nhất)	**Mean** (Giá trị trung bình)	**Std. Deviation** (Độ lệch chuẩn)
Y tế	1	4	1,76	0,771
Chợ, siêu thị	1	4	3,04	0,832
Nơi sinh hoạt cộng đồng, công viên	1	5	2,68	1,039
Khu vui chơi, giải trí	1	4	2,04	0,880

(Nguồn: Khảo sát cư dân khu tái định cư Vĩnh Lộc B, nhóm tác giả, 2025.)

Mặc dù mô hình đô thị 15 phút ưu tiên các hình thức tiếp cận phi cơ giới, kết quả khảo sát cho thấy xe máy vẫn là phương thức di chuyển chiếm ưu thế trong đời sống hằng ngày của cư dân khu tái định cư Vĩnh Lộc B, với 84% người được khảo sát sử dụng xe máy khi tiếp cận các nhu cầu sinh hoạt thường nhật như chợ và siêu thị, so với 16% sử dụng xe đạp. Xu hướng này phản ánh vai trò mang tính thích ứng của phương tiện cá nhân trong bối cảnh khu tái định cư ngoại vi, nơi các dịch vụ thiết yếu phân bố thưa thớt và khoảng cách tiếp cận vượt quá ngưỡng thuận tiện đối với các hình thức di chuyển chậm. Tuy nhiên, nếu xét theo logic tiếp cận dựa trên thời gian, 15 phút di chuyển bằng xe máy tương ứng với một phạm vi không gian rất lớn và biến thiên mạnh, phụ thuộc vào điều kiện giao thông, tốc độ lưu thông, mức độ ùn tắc và đặc điểm tuyến đường, qua đó thường vượt xa không gian sinh hoạt hằng ngày của khu ở và dễ dàng bao phủ nhiều khu vực chức năng của đô thị lân cận. Trong bối cảnh đó, việc xây dựng bản đồ đẳng thời gian cho xe máy, dù phản ánh đúng hành vi di chuyển thực tế, lại làm suy giảm ý nghĩa chẩn đoán không gian của khung đô thị 15 phút, khi gần như mọi dịch vụ đều trở nên "có thể tiếp cận" trong cùng một ngưỡng thời gian. Quan trọng hơn, xe máy không đáp ứng tiêu chí tiếp cận phi cơ giới, vốn là một nguyên tắc cốt lõi của mô hình đô thị 15 phút nhằm thúc đẩy các hình thức di chuyển bền vững và giảm phụ thuộc vào phương tiện cá nhân. Do đó, nghiên cứu không xây dựng bản đồ đẳng thời gian riêng cho xe máy, nhằm giữ trọng tâm phân tích vào các hình thức tiếp cận phù hợp với khung lý thuyết của mô hình, bao gồm đi bộ, xe đạp và giao thông công cộng, qua đó làm nổi bật khoảng cách giữa hành vi di chuyển phụ thuộc phương tiện cá nhân và mục tiêu tiếp cận bền vững ở quy mô khu ở.

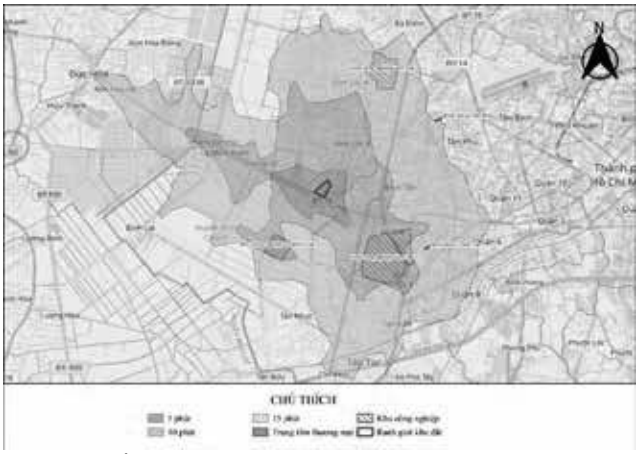
Khi mở rộng phân tích sang hình thức di chuyển bằng xe đạp, khả năng tiếp cận theo thời gian được cải thiện đáng kể so với đi bộ. Diện tích bao phủ trong ngưỡng 5 phút đạt 3,40 km², tăng lên 14,01 km² trong 10 phút và đạt 35,55 km² trong 15 phút (Bảng 1). Tuy nhiên, các vùng tiếp cận mở rộng chủ yếu kéo dài dọc theo một số trục giao thông chính, phản ánh cấu trúc tiếp cận mang tính tuyến tính hơn là một mạng lưới đa hướng và linh hoạt (Hình 3). Điều này cho thấy xe đạp có

tiềm năng mở rộng phạm vi tiếp cận hằng ngày của cư dân, song vẫn phụ thuộc mạnh vào cấu trúc mạng lưới đường hiện hữu.

Hình 3. Vùng đẳng thời gian tiếp cận bằng hình thức xe đạp trong các ngưỡng 5, 10 và 15 phút tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B

(Nguồn: Phân tích đẳng thời gian GIS, nhóm tác giả, 2025)

Trong bối cảnh đó, giao thông công cộng nổi lên như thành phần then chốt trong việc bù đắp sự thiếu hụt dịch vụ nội khu và mở rộng khả năng tiếp cận theo thời gian của cư dân. Phân tích vùng thời gian tiếp cận cho thấy trong ngưỡng 10 - 15 phút, giao thông công cộng cho phép cư dân tiếp cận các chức năng đô thị quan trọng của các khu vực lân cận, đóng vai trò kết nối liên khu vực rõ rệt (Hình 4). Tuy nhiên, khả năng tiếp cận này phụ thuộc mạnh vào sự hiện diện và tần suất của các tuyến xe buýt hiện hữu, làm lộ rõ tính dễ tổn thương của cấu trúc tiếp cận dựa trên giao thông công cộng trong bối cảnh khu tái định cư ngoại vi.



Hình 4. Vùng đẳng thời gian tiếp cận bằng phương tiện công cộng trong các ngưỡng 5, 10 và 15 phút tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B

(Nguồn: Phân tích đẳng thời gian GIS, nhóm tác giả, 2025)

Tổng hợp các kết quả phân tích không gian, định lượng và dữ liệu khảo sát xã hội cho thấy mô hình đô thị 15 phút tại khu tái định cư Vĩnh Lộc B không thất bại về mặt lý thuyết, nhưng bị điều kiện hóa mạnh mẽ bởi bối cảnh tái định cư ngoại vi và cấu trúc phát triển không gian hiện hữu. Đi bộ bộc lộ những giới hạn rõ rệt do thiếu hụt mật độ dịch vụ và không gian công cộng; xe đạp mở rộng phạm vi tiếp cận nhưng phụ thuộc vào cấu trúc mạng lưới giao thông; trong khi giao thông công cộng giữ vai trò quyết định trong việc kết nối khu tái định cư với các chức năng đô thị bên ngoài. Từ góc độ học thuật, trường hợp nghiên cứu này cho thấy mô hình đô thị 15 phút cần được tiếp cận như một khung phân tích thích ứng, có khả năng làm lộ rõ các bất cân xứng không gian và xã hội trong các khu tái định cư ngoại vi tại các đô thị đang phát triển, thay vì được áp dụng như một mô hình chuẩn mang tính phổ quát.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Nghiên cứu cho thấy mô hình đô thị 15 phút, khi được vận dụng như một khung phân tích dựa trên thời gian tiếp cận, có khả năng làm lộ rõ các giới hạn cấu trúc trong tổ chức không gian sống của các khu tái định cư ngoại vi, điển hình là khu tái định cư Vĩnh Lộc B. Sự chênh lệch giữa khả năng tiếp cận được đo lường thông qua phân tích không gian và trải nghiệm tiếp cận thực tế của cư dân phản ánh các bất cân xứng giữa phân bố chức năng đô thị, chất lượng hạ tầng tiếp cận và điều kiện sinh hoạt hằng ngày. Từ góc độ học thuật, nghiên cứu khẳng định mô hình đô thị 15 phút không nên được hiểu như một chuẩn hình thái áp đặt, mà như một công cụ chẩn đoán không gian - xã hội, cho phép đánh giá sâu hơn chất lượng sống đô thị trong bối cảnh tái định cư và ngoại vi hóa tại các đô thị đang phát triển.

4.2. Kiến nghị

Trên cơ sở các phát hiện nghiên cứu, việc nâng cao chất lượng sống tại các khu tái định cư ngoại vi cần ưu tiên tái cấu trúc khả năng tiếp cận thông qua điều chỉnh phân bố chức năng dịch vụ thiết yếu ở quy mô khu ở, đồng thời tăng cường tính liên tục, an toàn và khả dụng của hạ tầng phục vụ đi bộ và các hình thức di chuyển phi cơ giới. Bên cạnh đó, giao thông công cộng cần được xác định là trụ cột tiếp cận chiến lược nhằm bù đắp sự thiếu hụt dịch vụ nội khu và tăng cường kết nối với mạng lưới chức năng đô thị rộng hơn. Về mặt quy hoạch, nghiên cứu kiến nghị tích hợp đánh giá tiếp cận theo thời gian như một công cụ bắt buộc trong quá trình rà soát và điều chỉnh các đồ án tái định cư, nhằm đảm bảo các quyết định quy hoạch phản ánh sát hơn điều kiện sinh hoạt thực tế của cư dân, thay vì chỉ dựa trên các chỉ tiêu hình thái và giả định kỹ thuật truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Xây dựng. (2021a). Báo cáo tổng kết công tác phát triển nhà ở và thị trường bất động sản năm 2020. Bộ Xây dựng.

[2]. Bộ Xây dựng. (2021b). QCVN 01:2021/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quy hoạch xây dựng. Bộ Xây dựng.

[3]. Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. Journal of Transport Geography, 12(2), 127-140.

[4]. Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. Journal of the American Institute of Planners, 25(2), 73–76. https://doi.org/10.1080/01944365908978307

[5]. Koljensic, P. (2022). Analysis of 15-Minute City Index regarding Spatial and Sociodemographic Attributes: Based on a Case Study of Amsterdam [Application/pdf]. 175 pages. https://doi.org/10.34726/HSS.2022.106893

[6]. Kwan, M.-P. (1998). Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework. Geographical Analysis, 30(3), 191-216.

[7]. Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-Minute City": Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. Smart Cities, 4(1), 93-111. https://doi.org/10.3390/smartcities4010006

[8]. Páez, A., Scott, D. M., & Morency, C. (2012). Measuring accessibility: Positive and normative implementations of various accessibility indicators. Journal of Transport Geography, 25, 141-153. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.016

[9]. Pozoukidou, G., & Chatziyiannaki, Z. (2021). 15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia. Sustainability, 13(2), 928.

[10]. Rao, F., Kong, Y., Ng, K. H., Xie, Q., & Zhu, Y. (2024). Unravelling the Spatial Arrangement of the 15-Minute City: A Comparative Study of Shanghai, Melbourne, and Portland. Planning Theory & Practice, 25(2), 184-206. https://doi.org/10.1080/14649357.2024.2350948

[11]. Rao, Y., Zhong, Y., He, Q., & Dai, J. (2022). Assessing the equity of accessibility to urban green space: A study of 254 cities in China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(8), 4855.

[12]. UN-Habitat. (2020). World cities report 2020: The value of sustainable urbanization. UN.

[13]. Zhang, S., Zhen, F., Kong, Y., Lobsang, T., & Zou, S. (2023). Towards a 15-minute city: A network-based evaluation framework. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 50(2), 500-514.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Xu hướng chỉnh trang đô thị tại phường Buôn Ma Thuột, tỉnh Đắk Lắk: Thực trạng và giải pháp phát triển bền vững

Trends in urban renovation in Buon Ma Thuot ward, Dak Lak province: Current situation and sustainable development solutions

> THS LÊ CHÍ CƯỜNG, THS VŨ HIẾU PHƯƠNG, THS NGUYỄN VĂN NHUẬN
THS TRẦN PHƯỚC THỊNH, PGS.TS LÊ HOÀNG AN*
Nhóm nghiên cứu SDCT, Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM
*Corresponding author: Email: hoangan.le@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung đánh giá hiện trạng và đề xuất giải pháp chỉnh trang đô thị tại phường Buôn Ma Thuột, tỉnh Đắk Lắk. Kết quả khảo sát thực địa cho thấy những bất cập tồn tại, bao gồm: sự xuống cấp và thiếu tính đồng bộ của hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là quy hoạch không gian xanh, song song với các hạn chế trong cơ chế pháp lý hiện hành. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất ba chiến lược can thiệp trọng tâm: (1) Hoàn thiện khung pháp lý thông qua việc ban hành Quy chế quản lý quy hoạch - kiến trúc đặc thù; (2) Hiện đại hóa hạ tầng kỹ thuật bằng giải pháp ngầm hóa đồng bộ và ứng dụng vật liệu bền vững; (3) Đa dạng hóa nguồn lực qua mô hình đối tác công - tư (PPP) kết hợp tăng cường vai trò giám sát của cộng đồng địa phương nhằm đảm bảo tính khả thi và hiệu quả dài hạn của dự án.

Từ khóa: Chỉnh trang, hạ tầng kỹ thuật, quy hoạch đô thị, bền vững, Đắk Lắk.

ABSTRACT

This study focuses on evaluating the current status and proposing solutions for urban renovation in Buon Ma Thuot Ward. The field survey results reveal several issues, including the deterioration and lack of coherence in the technical infrastructure, particularly in green space planning, as well as constraints within the current legal framework. Based on these findings, the paper proposes three key intervention strategies: (1) Improving the legal framework by establishing a specific regulation for urban planning and architecture management; (2) Modernizing technical infrastructure through the implementation of a comprehensive underground infrastructure system and the application of sustainable materials; (3) Diversifying resources through a public-private partnership model while enhancing local community oversight to ensure the feasibility and long-term effectiveness of the project.

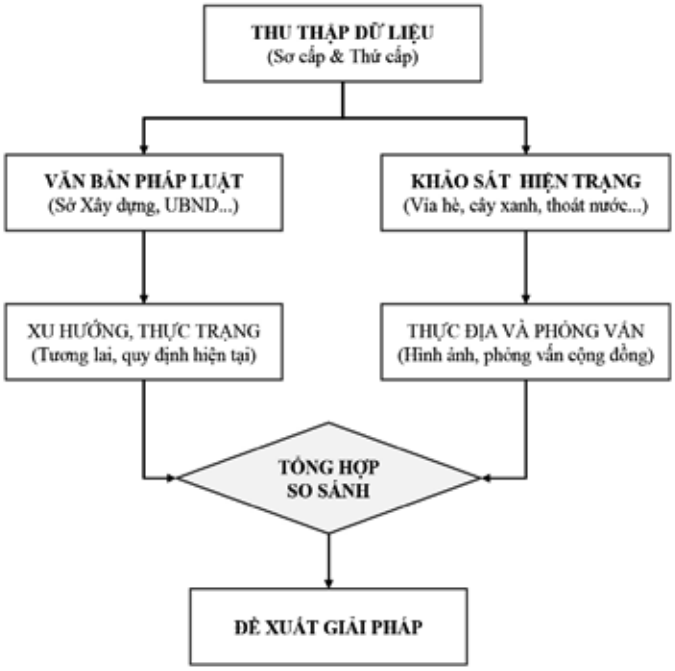
Keywords: Urban regeneration, Infrastructure, Planning, sustainability, Dak Lak.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉnh Đắk Lắk, với vai trò là hạt nhân kinh tế - xã hội của vùng Tây Nguyên, đang trong giai đoạn đô thị hóa nhanh, đặt ra yêu cầu cấp thiết về sự phát triển đồng bộ và bền vững của hệ thống hạ tầng kỹ thuật [1, 2]. Tuy nhiên, thực tiễn tại khu vực trung tâm phường Buôn Ma Thuột cho thấy đang tồn tại những bất cập lớn giữa tốc độ phát triển đô thị và chất lượng hạ tầng hiện hữu. Về khía cạnh kỹ thuật, các hạng mục hạ tầng thiết yếu như nắp hố ga, lưới chắn rác và hệ thống bó vỉa đang đối mặt với tình trạng xuống cấp nhanh chóng. Các khảo sát hiện trường đã ghi nhận những hư hỏng đặc trưng như: cong vênh, nứt gãy và ăn mòn hóa học đối với nắp hố ga gang/thép; hiện tượng nứt vỡ, bong tróc và rêu mốc đối với bó vỉa bê tông [3]. Sự suy giảm chất lượng này không chỉ làm gia tăng gánh nặng chi phí bảo trì mà còn gây mất an toàn giao thông và ảnh hưởng tiêu cực đến mỹ quan đô thị. Song song với các vấn đề kỹ thuật, công tác quản lý và chỉnh trang đô thị cũng gặp nhiều rào cản về mặt thể chế. Hệ thống văn bản pháp lý hiện hành còn thiếu tính chi tiết và chưa cập nhật kịp thời so với thực tiễn phát triển, dẫn đến sự thiếu đồng bộ trong các dự án cải tạo, gây phân tán không gian đô thị và suy giảm chất lượng sống của cư dân. Xuất phát từ thực trạng trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân tích các tồn tại trong công tác chỉnh trang đô thị tại phường Buôn Ma Thuột. Trên cơ sở nhận diện các điểm hạn chế về hạ tầng và pháp lý, đề xuất ba nhóm giải pháp chiến lược bao gồm: (1) Hoàn thiện khung

pháp lý về quy hoạch - quản lý; (2) Đồng bộ hóa hạ tầng thông qua ứng dụng vật liệu tiên tiến; và (3) Xây dựng cơ chế tài chính nhằm xã hội hóa nguồn lực.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU



Hình 1. Quy trình nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá và phân tích hiện trạng đô thị tại Phường Buôn Ma Thuột, qua đó làm rõ các vấn đề trong công tác chỉnh trang đô thị và khảo sát các văn bản pháp lý liên quan (Hình 1). Mục tiêu của nghiên cứu nhằm nhận diện các bất cập hiện tại và tìm ra giải pháp hiệu quả cho sự phát triển bền vững của khu vực. Quá trình nghiên cứu được triển khai qua các bước chính, bao gồm:

Bước 1: Thu thập và hệ thống hóa dữ liệu

Thu thập và hệ thống hóa các văn bản quy phạm pháp luật, hồ sơ quy hoạch và các quyết định liên quan đến công tác chỉnh trang đô thị do các cơ quan quản lý nhà nước ban hành (Nghị định, Thông tư, Quyết định phê duyệt quy hoạch).

Bước 2: Phân tích nội dung các văn bản pháp lý

Từ nguồn dữ liệu thứ cấp, nghiên cứu phân tích các tiêu chuẩn kỹ thuật hạ tầng hiện hành để xây dựng căn cứ khoa học cho việc đánh giá hiện trạng. Các quy định này đóng vai trò là tài liệu tham khảo nền tảng giúp nhận diện sự chênh lệch giữa yêu và năng lực đáp ứng của địa phương. Qua đó, nghiên cứu nhận diện những bất cập và pháp lý cần được ưu tiên giải quyết.

Bước 3: Khảo sát thực địa

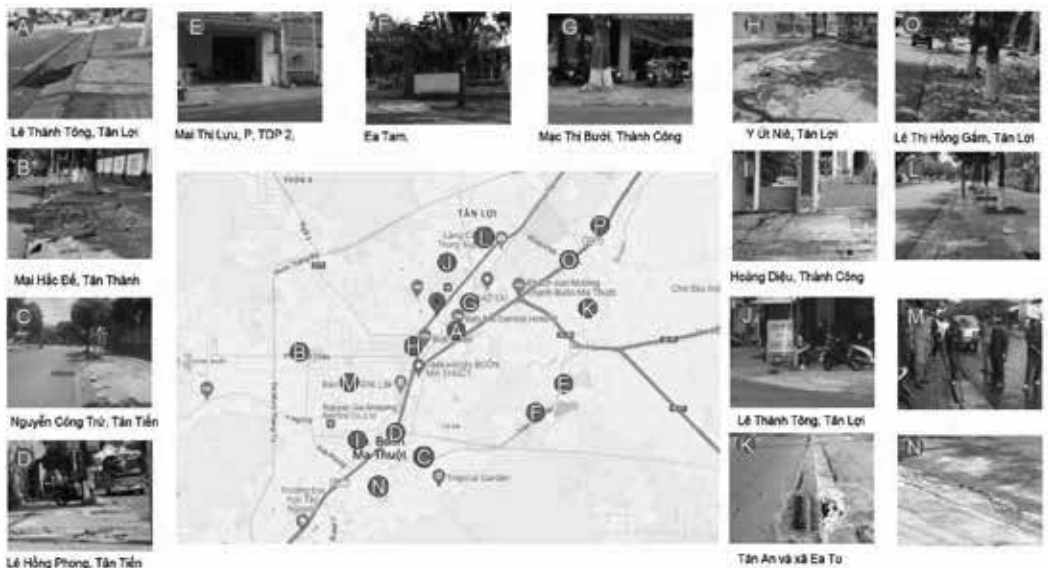
Thực hiện khảo sát thực địa tại Phường Buôn Ma Thuột thông qua sự kết hợp giữa phương pháp quan sát kỹ thuật và phỏng vấn. Cụ thể, thông qua việc chụp ảnh và đánh giá, nghiên cứu nhận diện chi tiết các hư hỏng của hạ tầng (vỉa hè, thoát nước, cảnh quan). Đồng thời, công tác tham vấn ý kiến cộng đồng dân cư cũng được thực hiện nhằm xác định những bất cập.

Bước 4: Phân tích và đề xuất giải pháp

Tập trung phân tích và đối chiếu dữ liệu thu thập xác định ưu, nhược điểm của công tác quản lý chỉnh trang đô thị hiện tại. Phân tích xác định nguyên nhân của tình trạng xuống cấp hạ tầng và những hạn chế trong quản lý.

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT

3.1. Đánh giá hiện trạng hạ tầng kỹ thuật đô thị tại phường Buôn Ma Thuột



Hình 2. Kết quả khảo sát vị trí điển hình tại phường Buôn Ma Thuột

Dựa trên dữ liệu khảo sát thực địa và các báo cáo rà soát từ UBND TP Buôn Ma Thuột và Sở Xây dựng tỉnh Đắk Lắk [4,6], hiện trạng hạ tầng kỹ thuật tại khu vực nghiên cứu cho thấy những hạn chế đáng kể, cụ thể như sau:

- Về hệ thống giao thông tĩnh (vỉa hè), kết quả khảo sát hiện trường cho thấy sự xuống cấp cục bộ tại nhiều tuyến phố trong khu vực. Các thông số kỹ thuật như độ bằng phẳng, vật liệu lát và độ dốc của vỉa hè chưa tuân thủ nghiêm ngặt các quy chuẩn xây dựng hiện hành, gây khó khăn trong việc di chuyển của người đi bộ, đặc biệt là đối với các nhóm người yếu thế như người khuyết tật và người cao tuổi (Hình 2a-c). Bên cạnh đó, tình trạng lấn chiếm vỉa hè cho mục đích thương mại và sinh hoạt cá nhân diễn ra phổ biến. một số ảnh điển hình (Hình

2d-g) cho thấy không gian dành cho người đi bộ bị chiếm dụng, hàng hóa và phương tiện dừng đỗ. Thực trạng này không chỉ làm suy giảm mỹ quan đô thị mà còn gây ra các xung đột giao thông giữa người đi bộ và phương tiện cơ giới, đặc biệt trong các khung giờ cao điểm.

- Về hệ thống thoát nước, trên dữ liệu quan trắc môi trường từ Sở Tài nguyên và Môi trường Đắk Lắk hệ thống thoát nước tại khu vực nghiên cứu đang hoạt động trong tình trạng quá tải cục bộ. Năng lực thiết kế của mạng lưới đường ống không đáp ứng kịp thời lưu lượng dòng chảy trong các đợt mưa lớn, dẫn đến hiện tượng ngập úng tại các điểm trũng thấp. Điều này ảnh hưởng đến vệ sinh môi trường tác động trực tiếp đến đời sống của cư dân.

- Về quy hoạch không gian xanh, mặc dù phường Buôn Ma Thuột ghi nhận chỉ tiêu diện tích cây xanh bình quân đầu người đạt mức tích cực (khoảng 17,21 m^2/người), song công tác quản lý và tổ chức không gian thực tế vẫn tồn tại những bất cập. Cụ thể, sự phân bố mảng xanh thể hiện sự thiếu đồng bộ với mật độ tập trung cao tại các trục cảnh quan lịch sử (như Phan Đình Giót, Lê Duẩn) nhưng lại thưa thớt tại các khu vực đô thị hóa mới, tạo ra sự mất cân bằng sinh thái cục bộ. Song song đó, mâu thuẫn giữa hệ thống thực vật và hạ tầng kỹ thuật đang trở thành vấn đề cấp thiết; điển hình là tác động xâm lấn của hệ rễ các loài thực vật có kích thước lớn như Xà cừ và Bàng lên kết cấu bó vỉa và mặt đường tại các tuyến Mai Hắc Đế, Y Ngông, không chỉ gây suy giảm tuổi thọ công trình mà còn tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn giao thông [7].

- Theo đánh giá của Sở Giao thông vận tải, tốc độ tăng trưởng phương tiện cá nhân đang vượt quá năng lực đáp ứng của hạ tầng, dẫn đến tình trạng ô nhiễm môi trường (bụi, tiếng ồn) và suy giảm chất lượng không gian cư trú.

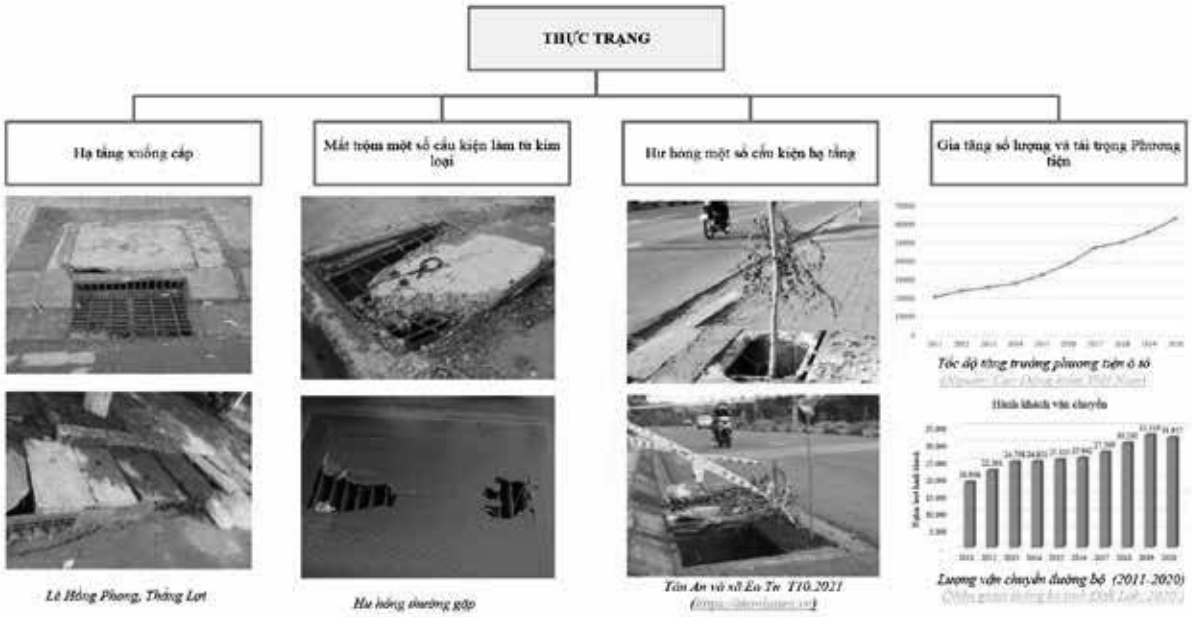
Các tồn tại nêu trên cho thấy thiếu đồng bộ giữa tốc độ phát triển đô thị và năng lực quản lý, vận hành hạ tầng. Do đó, việc triển khai các giải pháp nâng cấp đồng bộ là yêu cầu tiên quyết để đảm bảo an sinh xã hội và mỹ quan đô thị.

3.2. Phân tích khung pháp lý và thể chế quản lý

Kết quả phân tích hệ thống văn bản pháp lý hiện hành về công tác chỉnh trang đô thị. Khung pháp lý chủ yếu dựa trên Luật Xây dựng 2014, Luật Quy hoạch đô thị 2009, cùng các Nghị định hướng dẫn và Quyết định của UBND tỉnh Đắk Lắk (Quyết định số 40/2017/QĐ-UBND) [8]. Kết quả phân tích đã chỉ ra ba vấn đề chính trong cơ chế quản lý hiện nay:

- Các quy định hiện hành chủ yếu tập trung vào kiểm soát chỉ tiêu vật lý của công trình, thiếu sự cụ thể hóa các yếu tố môi trường như xử lý nước thải và bảo tồn đa dạng sinh học, dẫn đến việc cải tạo đô thị chỉ dừng lại ở nâng cấp bề mặt mà chưa giải quyết các vấn đề về hệ sinh thái và thoát nước bền vững.

- Đã có quy định theo Nghị định 06/2021/NĐ-CP về quản lý chất lượng thi công [9], nhưng thiếu các quy định bắt buộc về vật liệu thấm nước và thiết kế vỉa hè cho người khuyết tật, dẫn đến sự không đồng bộ trong lựa chọn vật liệu và ảnh hưởng đến mỹ quan đô thị [10].



Hình 3. Kết quả phân tích thực trạng chung

Thông qua phương pháp đối sánh dữ liệu đa nguồn (khảo sát thực địa và báo cáo kỹ thuật từ Sở Xây dựng Đắk Lắk), các bất cập trọng yếu của hạ tầng kỹ thuật tại phường Buôn Ma Thuột như sau (Hình 3):

- Khảo sát thực tế ghi nhận tình trạng hư hại kết cấu vỉa hè và sự thiếu hụt các thiết bị an toàn (nắp hố ga, lưới chắn rác) do nạn xâm hại vật tư.

- Dữ liệu quan trắc và báo cáo của Sở Tài nguyên và Môi trường năm 2020 cho thấy sự thiếu hụt trong quy trình bảo dưỡng định kỳ là nguyên nhân chính khiến hệ thống cây xanh suy giảm sức sống. Đồng thời, hệ thống thoát nước bộc lộ hạn chế về năng lực tiêu thoát, thường xuyên quá tải trước các diễn biến mưa lớn.

- Thiếu phối hợp giữa Quy hoạch sử dụng đất và quy hoạch hạ tầng kỹ thuật, theo yêu cầu của Luật Quy hoạch. Dẫn đến một số nơi hạ tầng thoát nước thường được triển khai sau khi vỉa hè đã hoàn thiện, gây ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả đầu tư và chất lượng sống của cư dân [11].

4. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

4.1. Hoàn thiện công cụ quản lý nhà nước thông qua quy chế quản lý kiến trúc đô thị

Theo quy định tại Điều 14 của Luật Kiến trúc [12] và Nghị định 85/2020/NĐ-CP [13], việc xây dựng và ban hành về quy chế quản lý kiến trúc cho khu vực nghiên cứu thuộc phường Buôn Ma Thuột là cấp thiết để khắc phục tình trạng đứt gãy trong cấu trúc cảnh quan

đô thị hiện tại. Quy chế là công cụ pháp lý quan trọng, nhằm cụ thể hóa các chỉ tiêu quy hoạch và chuyển từ việc quản lý dựa trên các yếu tố định tính sang kiểm soát các yếu tố định lượng đối với không gian công cộng. Để giải quyết các vấn đề đã được nêu ra, Quy chế quản lý kiến trúc cần tập trung vào việc chuẩn hóa hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật cho các hạng mục quan trọng như sau:

- Quy chế cần thiết lập các quy định bắt buộc về mặt cắt ngang vỉa hè, thống nhất cao độ nền và độ dốc của vỉa hè nhằm đảm bảo tính tiếp cận cho mọi người, đặc biệt là người khuyết tật và người cao tuổi [14]. Đồng thời, cần quy định chi tiết về chủng loại vật liệu lát vỉa hè, ưu tiên sử dụng vật liệu hướng tới bền vững, chống trơn trượt và thấm nước, nhằm giải quyết tình trạng thiếu đồng bộ trong thiết kế và nâng cao mỹ quan đô thị.

- Hướng dẫn thiết kế đô thị đối với kiến trúc mặt tiền của các công trình tiếp giáp với các trục đường chính. Các quy định này cần kiểm soát chặt các yếu tố như chiều cao công trình, khoảng lùi, màu sắc và các chi tiết trang trí để đảm bảo sự hài hòa với bản sắc văn hóa địa phương và tránh các can thiệp kiến trúc không phù hợp, làm phá vỡ tổng thể cảnh quan đô thị.

4.2. Đồng bộ hóa hạ tầng kỹ thuật ngầm và ứng dụng giải pháp thoát nước bền vững

Nhằm thiện mỹ quan đô thị và giải quyết sự thiếu đồng bộ trong thi công hạ tầng, cần tập trung vào hai giải pháp chính: (1) Xây dựng hệ thống hào kỹ thuật chung giúp tập trung các đường dây cáp viễn thông và điện lực, loại bỏ tình trạng dây nổi gây mất mỹ quan và giảm xung đột trong thi công hạ tầng giữa các đơn vị, từ đó tối ưu tuổi thọ công trình giao thông. (2) Ứng dụng hệ thống thoát nước đô thị bền vững, chuyển từ thoát nước nhanh sang thấm và trữ thông qua các giải pháp như vỉa hè thấm nước, hố cây trữ nước, và rãnh lọc sinh học. Các giải pháp này giúp giảm ngập úng và bảo vệ môi trường và nâng cao chất lượng sống của người dân.

4.3. Đổi mới cơ chế tài chính và thiết lập mô hình giám sát nhiều bên

Nhằm giảm phụ thuộc lớn vào ngân sách, việc huy động nguồn lực xã hội là cần thiết. Nghiên cứu đề xuất áp dụng cơ chế PPP ở quy mô vi mô với các giải pháp sau: (1) Nhà nước đầu tư vào các hạ tầng phức tạp như hạ ngầm, thoát nước, bó vỉa hè, và cộng đồng đóng góp chi phí chỉnh trang bề mặt vỉa hè theo thiết kế chuẩn hóa. Cơ chế nhằm giảm gánh nặng ngân sách và nâng cao trách nhiệm cộng đồng. (2) Thành lập các tổ giám sát đầu tư, với quyền hạn kiểm tra chất lượng thi công và tuân thủ trật tự đô thị.

4.4. Ứng dụng vật liệu bền vững cho hạ tầng đô thị

Ứng dụng vật liệu bền vững và thân thiện với môi trường trong xây dựng hạ tầng đô thị là một yêu cầu cấp thiết. Các vật liệu như vật liệu nhẹ, vật liệu tái chế và bê tông tính năng cao (HPC) được xem là những giải pháp tiên tiến nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, đồng thời tăng cường tính bền vững và hiệu quả sử dụng lâu dài.

- Vật liệu nhẹ, như bê tông nhẹ và gạch nhẹ, có ưu điểm là giảm tải trọng lên kết cấu công trình, giúp tiết kiệm năng lượng trong sản xuất và thi công. Đồng thời, chúng giảm thiểu việc sử dụng tài nguyên thiên nhiên và có khả năng cách nhiệt, cách âm, cải thiện môi trường sống cho cư dân.

- Sử dụng vật liệu tái chế, như gạch không nung từ cốt liệu phá dỡ và nhựa tái sinh, giúp giảm lượng chất thải xây dựng và tiết kiệm tài nguyên. Những vật liệu này có tính chất cơ lý tương đương hoặc thậm chí vượt trội so với vật liệu truyền thống, đồng thời góp phần giảm thiểu phát thải CO_2 và bảo vệ môi trường.

- Bê tông HPC là một vật liệu tiên tiến với khả năng chịu lực cao, độ bền cao và khả năng chống mài mòn, giúp tiết kiệm chi phí bảo trì và kéo dài tuổi thọ công trình. HPC cũng có thể tích hợp các yếu tố thẩm mỹ và văn hóa địa phương, tạo nên những công trình không chỉ bền vững mà còn đẹp mắt và mang giá trị văn hóa.

Do đó, ứng dụng vật liệu nhẹ, vật liệu tái chế và HPC trong chỉnh trang đô thị không chỉ giúp giảm thiểu tác động xấu đến môi trường mà còn nâng cao chất lượng công trình, tạo nên những không gian sống bền vững, thân thiện và hài hòa với thiên nhiên.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Dựa trên kết quả nghiên cứu, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Thiếu đồng bộ trong quy hoạch và hạ tầng hiện tại là nguyên nhân chính gây mất trật tự và ảnh hưởng đến diện mạo đô thị tại phường Buôn Ma Thuột.-

- Các văn bản pháp lý hiện hành chưa đủ chi tiết và đồng bộ, đặc biệt trong việc chuẩn hóa các hạng mục công trình và quy định cải tạo không gian công cộng.

- Việc sử dụng vật liệu bền vững như bê tông HPC sẽ không chỉ nâng cao độ bền và giảm chi phí bảo trì dài hạn, mà còn tạo điểm nhấn thẩm mỹ cho đô thị.

- Cần đồng bộ hóa hạ tầng kỹ thuật và ngầm hóa các mạng lưới dây nổi để cải thiện mỹ quan và giảm thiểu khó khăn trong thi công hạ tầng.

- Huy động nguồn lực xã hội qua mô hình PPP sẽ giảm áp lực tài chính cho ngân sách nhà nước và tăng cường sự tham gia, trách nhiệm của cộng đồng trong phát triển đô thị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Chính trị, "Kết luận về xây dựng và phát triển thành phố Buôn Ma Thuột thành đô thị trung tâm vùng Tây Nguyên," Hà Nội, 2009.

[2]. UBND tỉnh Đắk Lắk, "Quyết định về việc phê duyệt Đề án phát triển kết cấu hạ tầng giao thông tỉnh Đắk Lắk giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050," Đắk Lắk, 2023.

[3]. Sở Giao thông vận tải tỉnh Đắk Lắk, "Thống kê hiện trạng kết cấu hạ tầng giao thông," Đắk Lắk, 2021.

[4]. Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông vận tải, "Báo cáo tổng hợp định hướng phát triển giao thông vận tải tỉnh Đắk Lắk đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050," Hà Nội, 2021.

[5]. UBND tỉnh Đắk Lắk, "Quyết định về việc phê duyệt Đề án Quy hoạch tổ chức giao thông thành phố Buôn Ma Thuột đến năm 2015 và định hướng đến năm 2025," Đắk Lắk, 2015.

[6]. Hội đồng Nhân dân tỉnh Đắk Lắk, "Nghị quyết về Quy hoạch phát triển công nghiệp tỉnh Đắk Lắk đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030," Đắk Lắk, 2014.

[7]. Lê Hương, "Cây xanh đô thị: Điểm nhấn của Buôn Ma Thuột," Báo Đắk Lắk Điện tử, 2023.

[8]. UBND tỉnh Đắk Lắk, "Quyết định về việc ban hành Bảng giá tính thuế tài nguyên trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk," Đắk Lắk, 2017.

[9]. Chính phủ nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, "Nghị định quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng," Hà Nội, 2021.

[10]. Bộ Xây dựng, "Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Xây dựng công trình đảm bảo người khuyết tật tiếp cận sử dụng," QCVN 10:2024/BXD, Hà Nội, 2024.

[11]. Báo Đắk Lắk, "Tạm dừng thi công cải tạo vỉa hè phường Buôn Ma Thuột," Báo Đắk Lắk, 30/10/2025.

[12]. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, "Luật Kiến trúc," Hà Nội, 2019.

[13]. Chính phủ nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, "Nghị định quy định chi tiết một số điều của Luật Kiến trúc," Hà Nội, 2020.

[14]. Bộ Khoa học và Công nghệ, "Nhà và công trình - Nguyên tắc cơ bản để thiết kế đảm bảo người khuyết tật tiếp cận sử dụng," TCVN 264:2014, Hà Nội, 2014.

■Ngày nhận bài: 24/11/2025 ■Ngày sửa bài: 04/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/12/2025

Kiến trúc chùa Việt ở Vĩnh Long: Biến đổi hình thức và chức năng trong bối cảnh đương đại

Vietnamese Pagoda architecture in Vinh Long: Transformation of form and Function in Contemporary context

THS.KTS NGÔ HỒNG NĂNG, THS.KTS NGUYỄN THỊ TÂM ĐAN*
Khoa kiến trúc, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
*Email: nguyenthitamdan@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài viết phân tích sự giao thoa giữa truyền thống và hiện đại trong kiến trúc Phật giáo tại Vĩnh Long thông qua ba trường hợp nghiên cứu: Chùa Tiên Châu, Chùa Phước Hậu và Chùa Phật Ngọc Xá Lợi. Nghiên cứu vận dụng phương pháp phân tích - so sánh tư liệu và khảo sát thực địa nhằm nhận diện các biểu hiện biến đổi về vật liệu, không gian và chức năng kiến trúc. Kết quả cho thấy ba ngôi chùa tiêu biểu cho ba giai đoạn phát triển khác nhau của kiến trúc Phật giáo Nam Bộ: Chùa Tiên Châu bảo lưu các yếu tố truyền thống, Chùa Phước Hậu thể hiện quá trình chuyển đổi và dung hòa giữa cũ và mới, Chùa Phật Ngọc Xá Lợi đại diện cho xu hướng hiện đại hóa và mở rộng quy mô gắn với nhu cầu du lịch tâm linh. Những chuyển biến này phản ánh sự tác động mạnh mẽ của bối cảnh kinh tế - xã hội đương đại đến vai trò và chức năng của cơ sở tôn giáo trong cộng đồng.

Từ khóa: Kiến trúc Phật giáo; Chùa Vĩnh Long; Chùa Tiên Châu; Chùa Phước Hậu; Chùa Phật Ngọc Xá Lợi; Kiến trúc truyền thống; Kiến trúc đương đại.

ABSTRACT

This article examines the interplay between tradition and modernity in Buddhist architecture in Vinh Long through three case studies: Tien Chau Pagoda, Phuoc Hau Pagoda, and Phat Ngoc Xa Loi Pagoda. The research employs comparative document analysis and field survey methods to identify transformations in architectural materials, spatial organization and functional roles. The findings indicate that the three pagodas represent distinct developmental stages of Southern Vietnamese Buddhist architecture: Tien Chau Pagoda preserves traditional architectural elements, Phuoc Hau Pagoda illustrates a transitional phase that harmonizes old and new characteristics, Phat Ngoc Xa Loi Pagoda embodies modernization and large-scale construction associated with spiritual tourism demands. These architectural shifts reveal the significant influence of contemporary socio-economic contexts on the roles and functions of religious structures within the community.

Keywords: Buddhist architecture, Vinh Long Pagodas, Tien Chau Pagoda, Phuoc Hau Pagoda, Phat Ngoc Xa Loi Pagoda, Traditional architecture, Contemporary architecture.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kiến trúc chùa tại Việt Nam đã trải qua một quá trình phát triển lâu dài, phản ánh sự biến đổi của xã hội, văn hóa và tín ngưỡng. Đặc biệt trong bối cảnh hiện đại, tốc độ xây dựng, trùng tu và mở rộng các công trình Phật giáo diễn ra rất lớn để đáp ứng nhu cầu của số lượng Phật tử đông đảo. Tuy nhiên, sự phát triển này cũng bộc lộ không ít thách thức, khi nhiều công trình mới chưa tuân thủ đầy đủ các nguyên tắc thiết kế, sử dụng vật liệu không phù hợp hoặc sao chép kiến trúc truyền thống một cách thiếu chọn lọc, làm mai một dần bản sắc vốn có.

Trong quá trình phát triển này, kiến trúc chùa ở Nam Bộ mang những đặc trưng riêng biệt:

- Giai đoạn truyền thống: Kiến trúc chùa là sự hòa quyện giữa truyền thống Việt và văn hóa bản địa, thể hiện tinh thần phóng khoáng, gần gũi thiên nhiên của người dân nơi đây. Các công trình chủ yếu dùng gỗ địa phương, khung kèo đơn giản, tránh dùng đinh sắt và tuân thủ nguyên lý âm dương - ngũ hành. Bố cục chùa thường rộng thoáng, kiểu chữ "Tam", không có Hậu đường thờ Mẫu như ở Bắc Bộ. Họa tiết và điêu khắc mang nét dân dã, phản ánh đời sống Nam Bộ qua hình ảnh sóc nho, trúc điểu, trái cây quen thuộc. Tượng thờ giản dị, chủ yếu là Phật Thích Ca hoặc A Di Đà, thể hiện triết lý "trọng tình hơn lý", linh hoạt và thực tiễn trong tư duy thiết kế [1].

- Giai đoạn đương đại: Kiến trúc chùa là sự chuyển mình mạnh mẽ theo hướng hiện đại, quy mô lớn và kỹ thuật cao. Gỗ truyền thống dần được thay thế bằng bê tông cốt thép, cho phép tạo không gian rộng và mô phỏng chất liệu xưa qua bê tông giả gỗ. Các công trình được xây dựng hoành tráng, dùng vật liệu trang trí hiện đại và chạy theo "kỷ lục" về quy mô. Sự thay đổi này xuất phát từ nhu cầu tâm linh ngày càng lớn và điều kiện kinh tế phát triển, khiến nhiều chùa trở thành quần thể kết hợp du lịch, nghỉ dưỡng, giảng đường, thư viện - biểu hiện của xu hướng kinh tế hóa tôn giáo [2].

Mặc dù có nhiều nghiên cứu về kiến trúc chùa nói chung, nhưng tại Nam Bộ, đặc biệt là Vĩnh Long vẫn thiếu những nghiên cứu khoa học chính thức và đầy đủ về sự phát triển kiến trúc chùa. Việc hệ thống và đánh giá sự chuyển dịch kiến trúc tại đây là cần thiết nhằm làm rõ giá trị văn hóa - lịch sử, đồng thời đưa ra những đề xuất bảo tồn và phát triển phù hợp với bối cảnh đương đại.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tập trung giải quyết ba câu hỏi trọng tâm:

- Các khái niệm "truyền thống" và "đương đại" được biểu hiện và định hình như thế nào trong kiến trúc chùa Vĩnh Long?
- Các yếu tố kinh tế - xã hội, đặc biệt là du lịch tâm linh, đã tác động đến lựa chọn kiến trúc ra sao?
- Sự thay đổi này ảnh hưởng như thế nào đến không gian tâm linh và bản sắc văn hóa của các ngôi chùa?

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích trường hợp điển hình đối với ba công trình tiêu biểu: Chùa Tiên Châu, Chùa Phước Hậu và Chùa Phật Ngọc Xá Lợi, đại diện cho ba giai đoạn phát triển của kiến trúc Phật giáo tại Vĩnh Long:

- Chùa Tiên Châu: Đại diện cho giai đoạn truyền thống, bảo lưu các yếu tố về vật liệu, không gian và chức năng tu tập đơn thuần.
- Chùa Phước Hậu: Đại diện cho giai đoạn chuyển giao, thể hiện sự kết hợp giữa kiến trúc cổ và hiện đại, cùng các yếu tố hoằng pháp sáng tạo.
- Chùa Phật Ngọc Xá Lợi: Đại diện cho giai đoạn đương đại, phản ánh xu hướng hiện đại hóa và mở rộng quy mô lớn, gắn liền với nhu cầu du lịch tâm linh.

Dữ liệu nghiên cứu được thu thập qua việc kết hợp khảo sát thực địa và nghiên cứu tư liệu (lịch sử, bản vẽ, hình ảnh). Trên cơ sở dữ liệu này, nghiên cứu tiến hành phân tích so sánh nhằm nhận diện các biến đổi, chuyển dịch về vật liệu, tổ chức không gian và chức năng kiến trúc giữa ba giai đoạn phát triển. Qua đó, nghiên cứu làm rõ sự tương tác và giao thoa giữa các yếu tố kiến trúc truyền thống với hiện đại trong bối cảnh Phật giáo Nam Bộ đương đại.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm kiến trúc các ngôi chùa điển hình

3.1.1. Chùa Tiên Châu

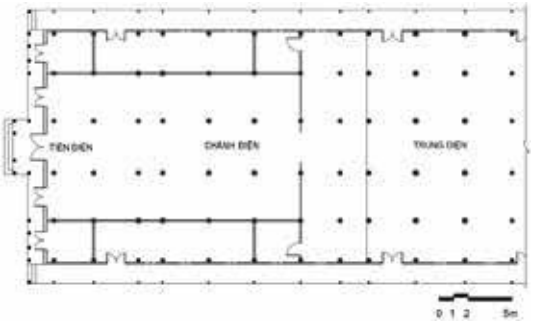
Chùa Tiên Châu (Di Đà tự, Tô Châu tự) là một trong những ngôi chùa cổ nhất Vĩnh Long, hình thành khoảng 1740 - 1750 trên cù lao An Bình. Chùa được xếp hạng Di tích kiến trúc nghệ thuật Quốc gia năm 1994. Ban đầu chùa có bố cục chữ "Tam" truyền thống, gồm Chánh điện - Trung điện - Hậu điện, kết cấu gỗ theo kiểu tứ trụ, mái ngói. Lần trùng tu năm 1968, chùa được mở rộng gồm Tiền điện - Chánh điện - Trung điện - Hậu điện [3] (Hình 1, 2).

Cảnh quan Chùa nổi tiếng thanh tịnh với sân rộng, cây xanh và nhiều pho tượng đặt ngoài trời mang ý nghĩa tâm linh sâu sắc như tượng Phật Quan Âm, Thích Ca, Di Lặc. Nội điện được bài trí trang nhã, cân đối, thể hiện rõ nét tôn nghiêm đặc trưng của kiến trúc Phật giáo Nam Bộ với tượng Phật A Di Đà bằng đất sét cao 2 m cùng bộ tượng Tam Thế, tượng Thích Ca tọa thiền và tượng Thích Ca đản sinh đặt ở giữa gian chánh điện (Hình 3). Hai bên vách hông và phía sau còn thờ nhiều vị Phật và thần linh thể hiện sự giao hòa giữa Phật giáo và tín ngưỡng dân gian [3].

Chùa còn lưu giữ nhiều tác phẩm điêu khắc và hiện vật quý từ thế kỷ XIX như các thanh kèo, xuyên, trính được chạm khắc tinh xảo, bao lam chạm khắc Thập Bát La Hán, cùng nhiều hoành phi, câu đối và chuông cổ [3].

Chùa Tiên Châu thể hiện rõ sự tiếp biến linh hoạt của kiến trúc Phật giáo Nam Bộ, nơi các giá trị truyền thống được bảo tồn và thích ứng với bối cảnh văn hóa địa phương.

Hình 1. Chùa Tiên Châu với bố cục truyền thống (Nguồn: Tác giả)



Hình 2. Mặt bằng Chùa Tiên Châu (Nguồn: Ban quản lý di tích Vĩnh Long)

Hình 3. Nội điện Chùa Tiên Châu (Nguồn: Tác giả)

3.1.2. Chùa Phước Hậu

Chùa Phước Hậu (Tổ đình Phước Hậu), thuộc dòng Lâm Tế, phái Chúc Thánh tại Vĩnh Long. Công trình được hình thành từ thế kỷ XVIII với am tranh đơn sơ, sau đó dựng bằng gỗ vào năm 1894, xây chánh điện hiện đại vào năm 1962 và bổ sung vườn kinh đá độc đáo trong giai đoạn 2014-2016 [4-5].

Chùa có hậu điện, tàng kinh các, tháp chuông vẫn giữ nét kiến trúc cổ xưa với kết cấu gỗ giản dị (Hình 4). Nội thất giữ nét mực thước, lưu giữ nhiều tượng thờ bằng gỗ và gốm Cây Mai. Khuôn viên rộng với vườn cây cổ thụ tạo cảnh quan uy nghiêm, cổ kính [4-5].

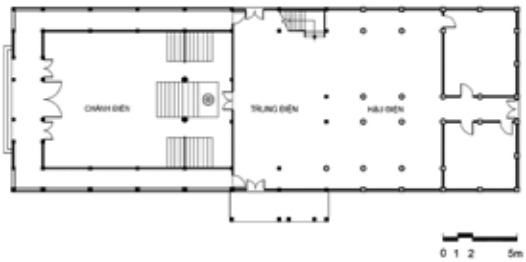
Chánh điện được xây dựng năm 1962 bằng vật liệu hiện đại như bê tông, gạch ngói, kết hợp với thành phần của ngôi chùa xưa tạo thành khối công trình chính gồm Chánh điện - Trung điện - Hậu điện nối liền nhau. Mặt tiền kiểu "cổ lầu" nổi bật với mô hình tháp bảy tầng, vừa mang bản sắc truyền thống vừa biểu trưng cho tinh thần phát triển Phật giáo thế kỷ XX [4-5] (Hình 5-6).

Giai đoạn 2014 - 2016, chùa xây dựng Vườn kinh đá - công trình tâm linh nghệ thuật độc đáo. Vườn kinh Pháp Cú gồm 216 phiến đá khắc 432 bài kinh, sắp xếp thành hình 8 lá bồ đề, đại diện cho tinh thần Nam truyền. Vườn kinh A Di Đà và Bắc Truyền Trích Diễm khắc kinh điển bằng thơ lục bát và văn xuôi, dung hòa giáo lý Bắc - Nam tông. Đặc biệt, 31 phiến đá bố trí theo hình chữ S đất nước Việt Nam giữa hồ sen, gắn triết lý Phật giáo với tinh thần dân tộc [6-7].

Chùa Phước Hậu là minh chứng rõ nét cho sự chuyển giao và dung hòa trong kiến trúc Phật giáo Việt Nam hiện đại, nơi truyền thống và đổi mới cùng tồn tại trong một tổng thể thống nhất.

Hình 4. Tháp chuông Chùa Phước Hậu (Nguồn: Tác giả)

Hình 5. Mặt tiền chánh điện kiểu cổ lầu (Nguồn: Tác giả)



Hình 6. Mặt bằng Chùa Phước Hậu (Nguồn: Ban quản lý di tích Vĩnh Long)

3.1.3. Chùa Phật Ngọc Xá Lợi

Chùa Phật Ngọc Xá Lợi Vĩnh Long là một công trình kiến trúc Phật giáo độc đáo, mang đậm phong cách Á Đông với sự kết hợp giữa truyền thống Phật giáo và nghệ thuật hiện đại [8].

Chùa có diện tích rộng hơn 1,7 ha, với không gian thoáng đãng và thanh tịnh. Tổng thể kiến trúc được bố trí theo dạng tam cấp, gồm chánh điện, bảo tháp, tượng Đức Quan Thế Âm và cổng tam quan, cùng giảng đường, bảo tàng, trai đường, thư viện, tăng xá và nhà thờ tổ [8] (Hình 7).

Cổng Tam Quan được xây dựng theo lối kiến trúc truyền thống với ba lối đi tượng trưng cho Tam Bảo (Phật, Pháp, Tăng). Mái cổng cong vút, chạm trổ hình rồng chầu mặt nguyệt (xem Hình 8). Tượng Đức Quan Thế Âm Bồ Tát cao 32 m, chế tác tinh xảo, toát lên vẻ hiền từ, đứng uy nghi trên tòa sen lớn. Tượng được đỡ bởi ba cột trụ có chín rồng vàng - biểu tượng cho vùng đất Cửu Long. Bảo tháp cao 45 m, gồm 9 tầng được xây dựng theo hình lục giác, tượng trưng cho Lục Độ trong đạo Phật. Các góc ngói tháp được chạm trổ hoa văn hình rồng, còn đỉnh tháp được dát vàng [8].

Nội điện trang nghiêm với tượng Phật Thích Ca, Di Lặc, Quan Âm, cùng nhiều tác phẩm điêu khắc quý như tượng Phật Ngọc Xá Lợi bằng ngọc nguyên khối, tượng Kim Thân Đức Phật dát vàng 24k và bộ tượng La Hán bằng đồng. Trước chánh điện đặt 5 tượng đại diện cho 5 tông phái Phật giáo Việt Nam, thể hiện tinh thần đa dạng và hòa hợp [8].

Chùa Phật Ngọc Xá Lợi Vĩnh Long là biểu tượng tiêu biểu của kiến trúc Phật giáo đương đại ở Nam Bộ, nơi hội tụ giữa nghệ thuật truyền thống Á Đông và kỹ thuật hiện đại. Không chỉ là trung tâm sinh hoạt tôn giáo, ngôi chùa còn trở thành điểm đến du lịch tâm linh nổi bật, góp phần quảng bá văn hóa Phật giáo Việt Nam, khơi dậy giá trị nhân văn và tinh thần hòa hợp giữa tôn giáo, nghệ thuật và đời sống đương đại.

Hình 7. Chùa Phật Ngọc Xá Lợi với bảo tháp 9 tầng (Nguồn: Tác giả)

Hình 8. Tam quan đồ sộ, uy nghiêm (Nguồn: Tác giả)

3.2. Sự chuyển dịch trong kiến trúc chùa tại Vĩnh Long

Sự chuyển dịch kiến trúc Chùa tại Vĩnh Long được thể hiện rõ qua ba ngôi chùa tiêu biểu – Tiên Châu, Phước Hậu và Phật Ngọc Xá Lợi – tương ứng với ba giai đoạn phát triển từ truyền thống, chuyển giao đến đương đại.

3.2.1. Chùa Tiên Châu: Bảo tồn bản sắc truyền thống (Giai đoạn truyền thống)

Chùa Tiên Châu đại diện cho kiến trúc chùa truyền thống Nam Bộ. Chùa bảo lưu các yếu tố truyền thống, sử dụng vật liệu tự nhiên (gỗ, đất sét) với bố cục ban đầu là chữ "Tam". Quy mô kiến trúc khiêm tốn, nhấn mạnh chức năng tu tập đơn thuần, với nội thất trang nghiêm. Hệ thống thờ tự cũng thể hiện sự giao hòa giữa Phật giáo và tín ngưỡng dân gian (thờ Ngọc Hoàng Thượng Đế, Nam Tào, Bắc Đẩu...).

3.2.2. Chùa Phước Hậu: Giao thoa và tái diễn giải (Giai đoạn chuyển giao)

Chùa Phước Hậu đại diện cho giai đoạn chuyển giao, dung hòa giữa cũ và mới. Chánh điện, Trung điện (1962) sử dụng vật liệu mới (bê tông) kết hợp với Hậu điện sử dụng vật liệu truyền thống (gỗ, ngói) theo mô hình giao thoa Đông - Tây, mặt tiền kiểu "cổ lầu". Tư duy kiến trúc đột phá, tích hợp lòng yêu nước qua Vườn kinh đá độc đáo (hình chữ S mô phỏng bản đồ Việt Nam). Chức năng chính là tu tập, truyền bá giáo lý sáng tạo và là di tích lịch sử. Vườn kinh đá (khắc 432 bài kinh Pháp Cú) đưa giáo lý ra không gian ngoại thất, phục vụ truyền bá giáo lý một cách trực quan, sáng tạo.

3.2.3. Chùa Phật Ngọc Xá Lợi: Hiện đại hóa và kinh tế hóa tôn giáo (Giai đoạn đương đại)

Chùa Phật Ngọc Xá Lợi đại diện cho xu hướng đương đại: hiện đại hóa, quy mô lớn và gắn với du lịch tâm linh. Tư duy kiến trúc chuyển từ chỉ tu tập sang vai trò văn hóa, du lịch. Quy mô rất lớn (1.7 ha), sử dụng vật liệu hiện đại, cao cấp (đá xanh, bê tông, ngọc bích quý hiếm, đồng dát vàng 24k).

Công trình tập trung vào các kiến trúc mang tính "kỷ lục" (Bảo tháp 45 m, Tượng Quán Âm lộ thiên 32m). Chức năng mở rộng thành quần thể du lịch tâm linh (giảng đường, bảo tàng, thư viện), phục vụ nhu cầu tâm linh và kinh tế phát triển. Tuy nhiên, việc "hoành tráng hóa" và "kỷ lục hóa" có thể tiềm ẩn rủi ro làm giảm đi triết lý Phật giáo vốn có.

3.2.4. Khung tiêu chí đánh giá sự chuyển dịch kiến trúc chùa

Để nhận diện tiến trình chuyển dịch của kiến trúc chùa tại Vĩnh Long, nghiên cứu xây dựng hệ thống tiêu chí gồm: (1) Giai đoạn hình thành; (2) Đặc điểm tiêu biểu; (3) Quy mô; (4) Chức năng; (5) Bố cục; (6) Kết cấu - vật liệu; (7) Không gian tâm linh và (8) Biểu hiện văn hóa (Bảng 1).

Các tiêu chí này cho phép so sánh một cách hệ thống ba ngôi chùa tiêu biểu: Tiên Châu (giai đoạn truyền thống), Phước Hậu (giai đoạn chuyển giao) và Phật Ngọc Xá Lợi (giai đoạn đương đại). Qua đó làm rõ xu hướng chuyển dịch từ bảo tồn bản sắc, dung hòa tái diễn giải đến hiện đại hóa và kỷ lục hóa trong bối cảnh kinh tế - xã hội biến đổi.

Bảng 1. Khung tiêu chí đánh giá sự chuyển dịch kiến trúc chùa

Tiêu chí	Chùa Tiên Châu (Truyền thống)	Chùa Phước Hậu (Chuyển giao)	Chùa Phật Ngọc Xá Lợi (Đương đại)
Giai đoạn hình thành	Thế kỷ XVIII (1740-1750); mở rộng thêm Tiền điện 1968.	Cuối thế kỷ XIX (1894); xây chánh điện 1962; bổ sung vườn kinh 2014.	Thế kỷ XXI; đang tiếp tục xây dựng và hoàn thiện.
Đặc điểm tiêu biểu	Bảo tồn bản sắc truyền thống.	Dung hòa truyền thống và hiện đại.	Hiện đại hóa, mở rộng quy mô, gắn với du lịch tâm linh.
Quy mô	Quy mô nhỏ, kiến trúc một tầng.	Quy mô trung bình, kết hợp hậu điện một tầng và chánh điện hai tầng.	Quy mô lớn, kiến trúc nhiều tầng.
Chức năng	Tu tập, sinh hoạt cộng đồng, di tích kiến trúc nghệ thuật.	Tu tập, truyền bá giáo lý (hoằng pháp), di tích lịch sử.	Tu tập kết hợp du lịch tâm linh, tổ chức sự kiện tôn giáo.
Bố cục	Bố cục khối chính theo chữ "Tam" truyền thống	Bố cục khối chính có sự kết hợp giữa khối cũ và mới nối liền nhau, mở rộng không gian vườn.	Bố cục khối chính phức hợp, đa trục, đa tầng
Kết cấu-Vật liệu	Khung gỗ kiểu tứ trụ, mái ngói, vách gỗ.	Khung gỗ kết hợp khung bê tông, mái ngói và mái bằng.	Khung bê tông cốt thép, mái bê tông cốt thép lợp ngói.
Không gian tâm linh	Thanh tịnh, giản dị, gần gũi thiên nhiên sông nước.	Cổ kính với vườn sao cổ thụ, đột phá ở không gian vườn kinh đá.	Lộng lẫy, nhấn mạnh tính hoành tráng và biểu trưng.
Biểu hiện văn hóa	Dung hòa Phật giáo và tín ngưỡng dân gian địa phương.	Gắn kết Phật giáo với tinh thần dân tộc, hoằng pháp tích hợp lòng yêu nước.	Xu hướng biểu tượng hóa và kỷ lục hóa các giá trị vật chất Phật giáo.

Nhìn chung, tiến trình này cho thấy kiến trúc chùa Việt ở Vĩnh Long không còn tồn tại như những mẫu hình cố định mà liên tục vận động trong mối quan hệ giữa bảo tồn và đổi mới, phản ánh tác động mạnh mẽ của bối cảnh kinh tế - xã hội đương đại.

3.3. Xu hướng "hoành tráng hóa" kiến trúc chùa đương đại

Xu hướng "hoành tráng hóa" trong kiến trúc chùa đương đại, tiêu biểu là Chùa Phật Ngọc Xá Lợi, phản ánh tác động mạnh mẽ của bối cảnh kinh tế - xã hội và nhu cầu du lịch tâm linh. Tuy nhiên, xu hướng này tiềm ẩn ba rủi ro lớn đối với bản sắc và triết lý Phật giáo:

Thứ nhất là rủi ro làm giảm đi tư tưởng và triết lý Phật giáo. Việc chạy theo tâm lý "đua kỷ lục" có thể làm giảm giá trị cốt lõi. Kiến trúc chùa truyền thống, như Chùa Tiên Châu, thường khiêm tốn, giản dị và tập trung vào tu tập. Ngược lại, kiến trúc đương đại (Chùa Phật Ngọc Xá Lợi) lại hướng tới sự hoành tráng, quy mô lớn và kỷ lục (Bảo tháp 45 m, Tượng Quán Âm 32 m). Nếu không cân bằng, sự hoành tráng về hình thức có thể làm mờ đi chiều sâu triết lý.

Thứ hai là nguy cơ mai một bản sắc kiến trúc vốn có. Tốc độ xây dựng, trùng tu và cơi nới diễn ra rất lớn trong bối cảnh hiện đại. Quá trình này dẫn đến các thách thức như: chưa tuân thủ nguyên tắc thiết kế, sử dụng vật liệu hiện đại (như bê tông) thiếu kiểm soát làm phá vỡ tính hài hòa và sao chép kiến trúc truyền thống một cách thiếu chọn lọc.

Thứ ba là sự chuyển dịch chức năng sang "kinh tế hóa tôn giáo". Xu hướng "hoành tráng hóa" thường đi đôi với việc mở rộng chức năng của ngôi chùa, từ nơi tu tập thuần túy sang quần thể kết hợp du lịch, nghỉ dưỡng. Chùa Phật Ngọc Xá Lợi là ví dụ điển hình khi trở thành điểm đến du lịch tâm linh nổi bật. Sự thay đổi này đặt ra yêu cầu dung hòa giữa tính thiêng liêng của không gian và các kỳ vọng thương mại, du lịch mới.

Tóm lại, dù có những bước tiến về kỹ thuật xây dựng và nguồn lực đầu tư, xu hướng nhấn mạnh vào sự "hoành tráng" và "kỷ lục" của chùa đương đại tiềm ẩn nguy cơ làm mờ nhạt các giá trị triết lý cốt lõi của Phật giáo, đồng thời đặt ra những thách thức lớn trong việc bảo tồn và kế thừa bản sắc kiến trúc truyền thống.

4. KẾT LUẬN

Kiến trúc chùa tại Vĩnh Long không tồn tại như những mẫu hình cố định mà liên tục vận động trong mối quan hệ giữa bảo tồn và đổi mới. Ba trường hợp nghiên cứu đại diện cho ba giai đoạn phát triển đặc trưng của kiến trúc Phật giáo Nam Bộ. Chùa Tiên Châu thể hiện bản sắc truyền thống với kỹ thuật và vật liệu bản địa. Chùa Phước Hậu cho thấy sự chuyển giao, nơi các yếu tố lịch sử được tái diễn giải qua thực hành kiến trúc mới. Chùa Phật Ngọc Xá Lợi phản ánh bước nhảy vọt của kiến trúc đương đại với quy mô lớn và chức năng đa dạng, hướng mạnh đến không gian văn hóa - du lịch tâm linh. Sự biến đổi này là biểu hiện của tác động kinh tế - xã hội hiện nay, đặc biệt từ làn sóng phát triển du lịch tâm linh. Nhìn rộng hơn, tiến trình đó đặt ra yêu cầu dung hòa giữa tính thiêng của kiến trúc tôn giáo và các kỳ vọng xã hội mới. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở thực tiễn cho định hướng bảo tồn và phát triển bền vững kiến trúc chùa Việt trong bối cảnh đương đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hà Văn Tấn, Nguyễn Văn Kự, Phạm Ngọc Long, (2013), Chùa Việt Nam, Hà Nội: NXB Thế giới.

[2]. Vũ Viết Phong, (2023), "Đôi nét về kiến trúc Phật giáo Việt Nam từ lịch sử đến hiện tại," Tạp chí Kiến trúc Việt Nam, số 244, tr. 60-64.

[3]. Ban quản lý di tích Vĩnh Long, (2025), Lý lịch di tích Chùa Tiên Châu, Vĩnh Long.

[4]. Ban quản lý di tích Vĩnh Long, (2025), Lý lịch di tích Chùa Phước Hậu, Vĩnh Long.

[5]. Ban Nghiên cứu VHTN phía Nam, "Phước Hậu - Cổ tự bên sông và di sản tâm linh của miền Tây," Vanhoatinnguong.vn, 25 7 2025. (Trực tuyến).

[6]. Hà Quang Hải, "Vườn kinh đá ở chùa Phước Hậu," Khoa Môi trường- ĐHKHTN TP.HCM, 21 02 2017. (Trực tuyến).

[7]. N. Tâm, H. Diễm, "Ngôi chùa duy nhất ở Việt Nam có vườn kinh Pháp cú," Báo Dân tộc , 23 02 2022. (Trực tuyến).

[8]. Thúy Anh, "Nét đẹp kiến trúc chùa Phật Ngọc Xá Lợi - Vĩnh Long," Tạp chí Nghiên cứu Phật học, 28 11 2024. (Trực tuyến).

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Nét đặc trưng trong hệ khung và tổ chức không gian kiến trúc nhà vườn Phước Tích trong tổng thể kiến trúc truyền thống ở Huế

Characteristic features in the structural framework and interior architectural space of Phuoc Tich garden houses within the overall traditional architecture of Hue

> VÕ NGỌC HÙNG*, TRẦN QUỐC KHÁNH
GV Khoa Công nghệ kỹ thuật, Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng TP.HCM
*Email: hungvn@hiu.vn

TÓM TẮT

Làng cổ Phước Tích, phường Phong Phú, TP Huế (mới) được công nhận là di tích quốc gia từ tháng 3/2009 theo Công văn số 4769/BVHTTDL-DSVH của Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch gửi UBND tỉnh Thừa Thiên Huế về việc thống nhất lập hồ sơ Di tích quốc gia đặc biệt. Đây là một mẫu hình tiêu biểu của kiến trúc nhà vườn truyền thống Huế. Nghiên cứu kiến trúc tại đây có vai trò thiết yếu trong công tác bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa bản địa, đồng thời góp phần thúc đẩy du lịch di sản.

Bài báo tập trung nghiên cứu không gian kiến trúc và hệ khung kết cấu nhà vườn, từ bố cục, vật liệu, kỹ thuật xây dựng đến họa tiết trang trí, qua đó phản ánh sự hòa quyện giữa con người, kiến trúc và thiên nhiên. Những đặc trưng này mở ra định hướng mới cho sáng tạo kiến trúc truyền thống, góp phần vào bảo tồn di sản theo hướng bền vững và nhân bản.

Từ khóa: Hệ thống khung gỗ, không gian kiến trúc, kiến trúc truyền thống, nhà vườn Phước Tích, Huế.

ABSTRACT

Recognized as a national heritage site since March 2009, according to Official Letter No. 4769/BVHTTDL-DSVH sent to the People's Committee of Thua Thien Hue Province regarding the agreement to compile the file for the Special National Monument status of the Phuoc Tich Ancient Village in Phong Hoa Commune, Phong Dien District. Phuoc Tich Ancient Village stands as a representative model of traditional Hue Garden houses. Architectural research on this site plays a vital role in the preservation and promotion of local cultural values while also contributing to the development of heritage tourism.

The study focuses on analyzing the spatial organization and structural framework of garden houses, including layout, materials, construction techniques, and decorative motifs, thereby highlighting the harmonious relationship between humans, architecture, and nature.

These architectural characteristics offer new directions for innovation in traditional Vietnamese housing design and contribute to sustainable and human-centered heritage conservation in Vietnam.

Keywords: Wooden frame system, architectural space, traditional architecture, Phuoc Tich garden house, Hue.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kiến trúc truyền thống ở Huế, đặc biệt là kiến trúc nhà vườn ở làng cổ Phước Tích, không chỉ lưu giữ những giá trị văn hóa truyền thống mà còn là minh chứng sống động cho sự kết hợp hài hòa giữa con người và thiên nhiên trong kiến trúc. Trong đó, nổi bật với hệ khung gỗ được chạm khắc tinh xảo và bố cục không gian thông thoáng, phản ánh sự tinh tế trong nghệ thuật kiến trúc của vùng đất cố đô Huế. Những công trình này vừa đáp ứng nhu cầu sinh hoạt vừa chứa đựng nhiều giá trị thẩm mỹ, tâm linh và văn hóa sâu sắc của người dân nơi đây.

Tuy nhiên, trong bối cảnh hiện đại hóa và đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, cùng với sự thay đổi về nhu cầu sử dụng và áp lực kinh tế, các giá trị truyền thống này đang đứng trước nguy cơ bị tác động và suy giảm đáng kể. Trên cơ sở đó, thời gian qua đã có nhiều công trình nghiên cứu tập trung vào bảo tồn và phát huy kiến trúc nhà vườn truyền thống Huế trong điều kiện biến đổi hiện đại, qua

đó làm rõ mối quan hệ giữa kiến trúc - con người - thiên nhiên, cũng như các giá trị văn hóa, thẩm mỹ và tâm linh.

Tiêu biểu có thể kể đến *Nhà vườn xứ Huế* (2008) của Nguyễn Hữu Thông; tuyển tập *Di sản văn hóa nhà vườn xứ Huế & Vấn đề bảo tồn* (2002) do tập thể cán bộ Phân viện Nghiên cứu Văn hóa Nghệ thuật tại Huế biên soạn; và bài viết "Công nghệ chế tác nhà rường truyền thống Huế" của Lê Vĩnh An, đăng trên *Tạp chí Nghiên cứu và Phát triển*, số 2 (36), 2022; cùng nhiều bài báo khoa học và tham luận đăng tải trong các hội thảo, kỷ yếu. Các công trình này đã cung cấp hệ thống tri thức quan trọng về giá trị văn hóa của nhà vườn Huế nói chung và nhà vườn Phước Tích nói riêng. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện có vẫn chưa đi sâu phân tích những đặc điểm nổi bật và đặc trưng của nhà vườn Phước Tích về kết cấu kiến trúc, nghệ thuật trang trí, kỹ thuật xây dựng, cũng như tổ chức không gian nội thất, trong mối tương quan với tổng thể hệ thống nhà vườn Huế.

Việc nghiên cứu và phân tích nét đặc trưng trong hệ khung và không gian kiến trúc của nhà vườn Phước Tích không chỉ góp phần bảo tồn những giá trị văn hóa truyền thống mà còn mang lại những gợi ý quan trọng cho việc ứng dụng vào thiết kế kiến trúc hiện đại, phù hợp với điều kiện tự nhiên và môi trường sống.

Bài viết áp dụng phương pháp khảo sát thực địa nhằm đo đạc và ghi nhận hiện trạng hệ khung cùng tổ chức không gian nhà vườn; đồng thời thực hiện phỏng vấn người dân địa phương và các chuyên gia về kiến trúc truyền thống để bổ sung thông tin về lịch sử sử dụng, kỹ thuật xây dựng và các biến đổi theo thời gian. Song song, phương pháp phân tích tài liệu được triển khai để tổng hợp và đối chiếu các nghiên cứu, bài báo khoa học liên quan đến tổ chức không gian nhà ở truyền thống tại Huế. Trên cơ sở dữ liệu thu thập, nghiên cứu sử dụng phương pháp so sánh - đối chiếu giữa nhà vườn Phước Tích và một số điển hình nhà ở truyền thống Huế theo hệ tiêu chí gồm: Vật liệu, kiểu kết cấu hệ khung, trục không gian, phân khu chức năng nội thất và mối quan hệ hiên - sân - vườn. Cách tiếp cận này cho phép nhận diện các đặc trưng về cấu trúc hệ khung gỗ và bố cục không gian của nhà vườn Phước Tích trong tổng thể loại hình nhà vườn xứ Huế.

Hình 1. Phối cảnh nhà vườn Phước Tích (hình thức kiến trúc, vật liệu sử dụng và sự kết nối với không gian sân vườn)

Làng Phước Tích được thành lập vào năm 1470, dưới triều vua Lê Thánh Tông, nằm bên bờ sông Ô Lâu, thuộc huyện Phong Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế (cũ), làng gắn liền với cuộc Nam tiến của dân tộc Việt. Đây là nơi sinh sống của các cư dân di cư từ Thanh Hóa, Nghệ An, mang theo truyền thống văn hóa, phong tục tập quán đặc sắc vào vùng đất mới. Sự tồn tại và phát triển qua nhiều thế kỷ giúp làng lưu giữ nhiều giá trị lịch sử quý giá, thể hiện qua các công trình kiến trúc, đền miếu và văn hóa nghề truyền thống nổi tiếng.

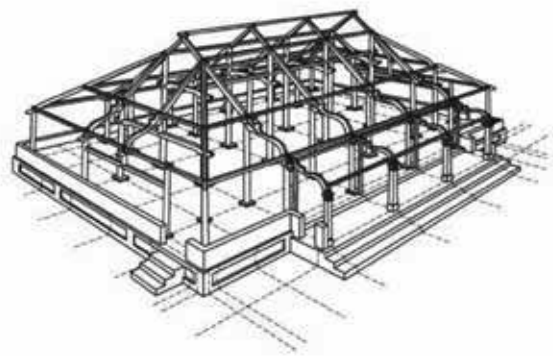
Làng Phước Tích từng là một trung tâm sản xuất gốm nổi tiếng, với các sản phẩm gốm sứ được làm thủ công, mang tính thẩm mỹ cao và chất lượng bền vững. Nghề gốm ở đây hình thành từ rất sớm và được bảo tồn, phát triển qua nhiều thế hệ nhằm duy trì nét văn hóa làng nghề độc đáo của Phước Tích. Quá trình hình thành và phát triển thịnh vượng của nghề gốm đã mang lại cuộc sống ấm no, khá giả cho người dân trong làng. Dân làng có điều kiện mua gỗ dựng nhà ở khang trang hơn, đồng thời xây dựng nhiều công trình tôn giáo, tín ngưỡng như đình làng, đền, miếu, nhà thờ họ uy nghiêm.

Vào khoảng thế kỷ XVIII-XIX, các ngôi nhà rường, đền, miếu, đình, chùa ở Phước Tích được xây dựng nhiều hơn. Vì vậy, đến nay làng Phước Tích vẫn còn hàng chục ngôi nhà rường cổ mang nhiều giá trị lịch sử, văn hóa và nghệ thuật, tiêu biểu cho một loại hình kiến trúc đặc trưng của vùng đất Huế. Những ngôi nhà này chủ yếu được xây dựng bằng gỗ, với kỹ thuật chế tác tinh xảo, mang đậm dấu ấn kiến trúc truyền thống Việt Nam. Kiến trúc đó không chỉ thể hiện tay nghề thủ công cao mà còn phản ánh triết lý sống hài hòa với thiên nhiên của cư dân địa phương.

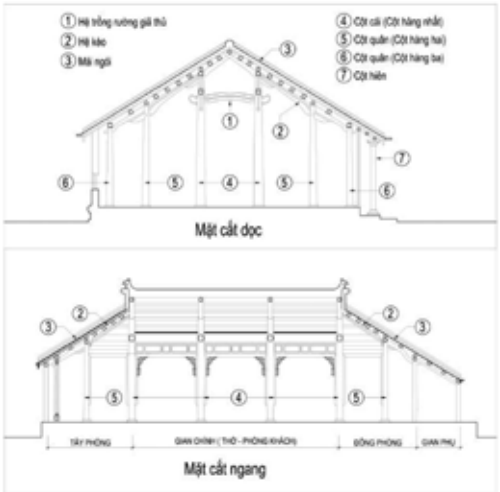
Chính vì những giá trị lịch sử - văn hóa to lớn đó mà làng cổ Phước Tích đã được công nhận là di tích lịch sử văn hóa cấp quốc gia, và là một phần quan trọng trong hệ thống di sản của vùng đất Huế. Điều này khẳng định vai trò và vị thế của Phước Tích trong việc bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa, lịch sử của địa phương.

2. HỆ KHUNG VÀ KHÔNG GIAN KIẾN TRÚC NỘI THẤT TRONG TỔNG THỂ CÁC LOẠI HÌNH NHÀ Ở TRUYỀN THỐNG Ở HUẾ

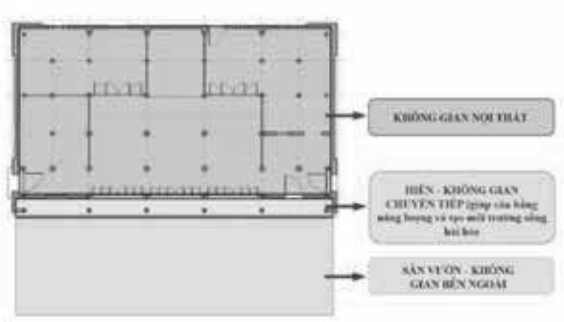
2.1. Hệ khung



Hình 2. Mô hình hệ khung nhà rường (Bộ giàn trò) [6]



Hình 3. Mặt cắt dọc (trên), mặt cắt ngang (dưới) điển hình thể hiện khung kết cấu và tổ chức không gian của nhà vườn Phước Tích



Hình 4. Mặt bằng phân khu chức năng điển hình

2.1.1. Cột và bố cục

Bố cục cột: Nhà vườn Phước Tích thường có bố cục chữ Nhất (—) hoặc chữ Tam (Ξ) Nhà Bắc Bộ thường có bố cục kiểu chữ Đinh (丁) hoặc chữ Công (工).

Cột: Bao gồm cột cái, cột quân và cột hiên. Cũng như những ngôi nhà vườn ở Bắc và Nam Bộ, hệ cột của nhà vườn Phước Tích có 4 bộ phận chính. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của văn hóa triều Nguyễn và điều kiện tự nhiên địa phương, nhà vườn Phước Tích cũng mang những đặc trưng riêng, bao gồm [4]:

a. Chân cột: Chủ yếu làm từ gỗ hoặc đá (đá thanh, thạch anh, tổ ong). Nhưng chủ yếu là đá, giúp chống mối mọt, ẩm mốc tốt hơn. Hình vuông, tròn rất hiếm nhà làm hình lục giác.

b. Thân cột: Chủ yếu làm từ gỗ lim, mít, sao, gõ, cột nguyên khối, phổ biến nhất là cột tròn dễ khai thác ngoài ra còn tạo cảm giác thanh thoát và nhẹ nhàng, hiếm khi có cột vuông, lục giác.

c. Đầu cột: Sử dụng các loại gỗ quý: Lim, mít, sao, gõ…

Có 2 dạng: Trơn và chạm khắc hoa văn. Hoa văn có họa tiết mây, rồng hoa lá và cánh sen với bố cục đối xứng. Ghép bằng mộng gỗ hoàn toàn, một số sử dụng giải pháp "Mộng thắt cổ bồng".

Hình 5. Cột nhà rường: Chân gỗ, cột gỗ, đầu cột

2.1.2. Hệ khung

Hình 6. Hệ khung nhà vườn Phước Tích (Cột, trến, kèo, đòn tay, mái)

Điểm nổi bật trong hệ khung nhà vườn Phước Tích là sự linh hoạt trong kết cấu, với vật liệu chủ yếu là gỗ có đặc tính co giãn theo thời tiết kết hợp với giải pháp "mộng" giúp cho kết cấu có độ ổn định và bền lâu, thực tế có những ngôi nhà đã tồn tại trên 100 năm, các giải pháp liên kết đặc trưng [5]:

Mộng thắt cổ bồng: Cố định giữ đầu cột và xà ngang, dọc.

Mộng ngoàm: Dùng để liên kết giữa cột và kèo. Mộng xuyên xỏ: Áp dụng tại đầu cột, giằng và các chi tiết trang trí.

Hệ giằng khung: Giằng ngang và giằng dọc

Giằng ngang: Giúp kết nối các cột theo chiều ngang lại với nhau, truyền lực của hệ mái.

Giằng dọc: Liên kết các cột theo chiều dài ngôi nhà, từ đó chống lại các tác động xung quanh: mưa, gió…

Vật liệu sử dụng chủ yếu là các loại gỗ quý, có độ bền cao: lim, mít, xoan.

Hệ "chồng rường giả thủ":

Nhắc đến kết cấu nhà vườn Phước Tích chúng ta không thể không nhắc đến hệ "chồng rường giả thủ" một trong những hệ liên kết đặc trưng của nhà vườn Huế.

Kết cấu gỗ được làm từ những vật liệu gỗ lâu năm có độ bền cao: Lim, gõ, được kết nối với nhau thông qua các mộng gài kết hợp với điêu khắc và chạm trổ tinh tế, vừa đảm bảo chịu lực của hệ khung vừa tăng thẩm mỹ cho ngôi nhà.

Với hệ kèo hình chữ "A" đặc trưng, các thanh kèo đỡ mái được lắp chung với các thanh giằng ngang tạo nên một cấu trúc vững chắc [4].

Hệ giằng mái: Các thanh giằng mái được làm từ các loại gỗ tốt, có thể bố trí theo chiều ngang hoặc chiều dọc mái, liên kết với hệ xà gồ và khung mái. Giằng mái có vai trò gia cường độ ổn định cho hệ mái, giúp hạn chế tác động của các yếu tố thời tiết, đặc biệt là gió bão. Vật liệu sử dụng giống như hệ khung, chủ yếu là các loại gỗ có độ bền cao.

1.2. Hệ mái

Hình 7. Hệ mái nhà vườn Phước Tích

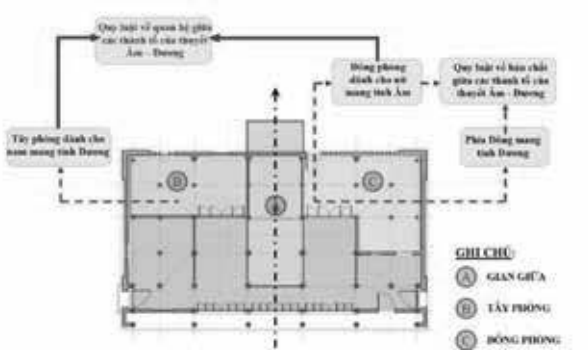
Mái ngói âm dương tạo ra sự kết hợp giữa hai loại ngói (ngói âm và ngói dương) được xếp lên nhau và gài vào thanh đỡ (gỗ), mang lại sự bền vững và tính thẩm mỹ cao.

Một trong những nét đặc trưng của nhà vườn Phước Tích là "Mái đao", tùy theo từng ngôi nhà và khả năng của từng chủ nhân, phần đao mái thường được chạm khắc tinh xảo, thể hiện sự khéo léo của nghệ nhân.

Độ dốc mái từ 20-30 độ, giúp giảm bớt áp lực của gió bão miền Trung, thoát nước nhanh nhưng vẫn đảm bảo sự nhẹ nhàng và thanh thoát của kiến trúc.

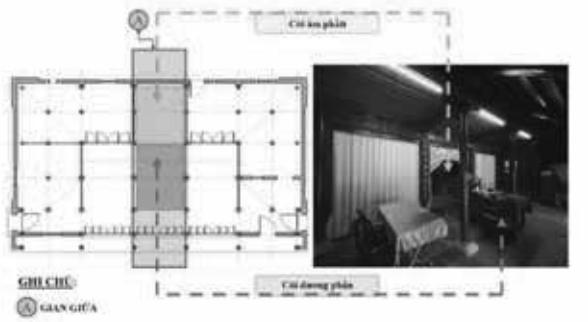
Vật liệu: Ngói lợp mái thường được làm từ đất sét địa phương, nung thủ công, có độ bền cao và màu sắc tự nhiên (màu đỏ gạch hoặc vàng nhạt).

3. TỔ CHỨC KHÔNG GIAN KIẾN TRÚC



Hình 8. Phân khu chức năng của nhà vườn Phước Tích

3.1. Gian giữa



Hình 9. Tổ chức và bố trí gian giữa

Trong không gian chính của ngôi nhà, gian giữa được coi là khu vực trung tâm quan trọng nhất, đóng vai trò là trục chính liên kết các gian chức năng khác. Không gian này vừa là nơi thờ cúng tổ tiên, vừa là không gian sinh hoạt chung của gia đình. Không gian chính có thể bao gồm ba gian, năm gian hoặc nhiều hơn, tùy theo quy mô và thiết kế của từng ngôi nhà. Các gian thường được bố trí liên thông, không có sự ngăn cách về thị giác, tạo cảm giác rộng rãi và thông thoáng.

Đây là không gian trang trọng nhất, nằm ở vị trí trung tâm; phía sau thường là khu vực thờ tự [1]. Không gian này thể hiện lòng thành kính và sự tưởng nhớ đối với tổ tiên, đồng thời là biểu tượng cho sự kết nối giữa các thế hệ trong gia đình. Bàn thờ thường được chạm khắc tinh xảo theo phong cách truyền thống, với các hoa văn như tứ linh (long, lân, quy, phụng) hoặc các họa tiết mang ý nghĩa cát tường.

Chính trong không gian này ta có thể cảm nhận được sự tồn tại của các cặp lưỡng phân và lưỡng hợp, trong đó nổi bậc của tư duy triết học và nhân sinh quan chính là hai loại hình thế giới, thế giới âm và thế giới dương [2]. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của sự cân bằng và hòa nhập trọn vẹn của không gian dành cho người sống và không gian dành cho người đã khuất.

1.3. Đông phòng

Nằm ở phía Đông (bên trái) [9] của gian giữa nếu đứng từ trong nhà nhìn ra ngoài, thường được dùng làm phòng nghỉ hoặc nơi sinh hoạt cho nữ giới (như bà hoặc mẹ). Đôi khi cũng được sử dụng để cất giữ đồ đạc quan trọng hoặc đồ dùng hàng ngày.

Đông phòng thường có cửa mở ra gian giữa, tạo sự liên kết chặt chẽ nhưng vẫn đảm bảo tính riêng tư, nội thất Đông phòng thường được bày trí tối giản nhưng ấm cúng, phù hợp với vai trò không gian nghỉ ngơi. Đồng thời, không gian này được thiết kế để tận dụng ánh sáng tự nhiên vào buổi sáng, mang lại sự thoải mái và dễ chịu cho người sử dụng.

Theo truyền thống, Đông phòng được dành cho phụ nữ [9] những người đại diện cho tính âm, hòa hợp với vị trí phía Đông mang tính dương. Trong quan niệm phong thủy, phía Đông được coi là nơi khởi đầu của ánh sáng, tượng trưng cho sự sinh sôi, phát triển và tràn đầy năng lượng dương. Việc đặt Đông phòng ở vị trí này không chỉ giúp ngôi nhà đón nhận nguồn sinh khí mà còn thể hiện sự hài hòa giữa các yếu tố âm - dương, tạo ra không gian sống cân bằng và bình yên.

Đông phòng trong nhà rường Huế không chỉ là một không gian chức năng mà còn là biểu tượng của sự hài hòa giữa phong thủy và văn hóa truyền thống. Với vị trí đặc biệt và ý nghĩa sâu sắc, Đông phòng đóng vai trò quan trọng trong việc giữ gìn nếp sống và giá trị gia đình của người dân cố đô.

1.4. Tây phòng

Nằm ở phía Tây (bên phải) [9] của gian giữa nếu đứng từ trong nhà nhìn ra ngoài. Thường được dùng làm phòng nghỉ hoặc nơi sinh hoạt cho nam giới (ông hoặc cha). Đây cũng có thể là nơi tiếp khách thân thiết hoặc làm không gian sinh hoạt riêng của gia đình. Đôi khi được dùng làm nơi cất giữ các đồ vật quý giá hoặc tài sản quan trọng của gia đình.

Tây phòng có cửa mở thông với gian giữa, tạo sự liên kết chặt chẽ nhưng vẫn đảm bảo tính tách biệt và riêng tư. Nội thất phòng này được trang trí tối giản nhưng toát lên sự trang nghiêm, phù hợp với vai trò của người đàn ông hoặc người lớn tuổi trong gia đình, có thể bao gồm giường (phản lớn), tủ hoặc hòm để lưu trữ tài sản.

Theo truyền thống, Tây phòng thể hiện sự phân chia không gian dựa trên vai trò và giới tính trong gia đình, phù hợp với truyền thống gia đình Việt Nam. Đây là không gian đặc biệt dành cho người trụ cột hoặc người lớn tuổi, thể hiện sự kính trọng và vị trí quan trọng của họ trong gia đình.

Trong phong thủy, phía Tây thường gắn với sự ổn định và bền vững, thích hợp để bố trí không gian dành cho người lớn tuổi hoặc người trụ cột trong gia đình. Tây phòng đại diện cho tính dương, bổ trợ và cân bằng với Đông phòng (mang tính âm), tạo sự hài hòa âm - dương trong tổng thể ngôi nhà.

1.5. Hiên nhà

Hiên nằm ở mặt trước và kéo dài theo chiều ngang của nhà rường, tạo không gian trung gian để giảm bức xạ nhiệt, đóng vai trò như một "vùng đệm" giữa không gian nội thất bên trong và khu vực sân vườn bên ngoài [6].

Hiên có chiều rộng vừa phải, mái hiên được nâng cao bằng hệ thống cột gỗ hoặc cột xây, nền hiên được lát gạch Bát Tràng, gạch đất nung, hoặc đôi khi chỉ là nền đất được nện chặt [7]

Mái hiên là một phần kéo dài của mái nhà chính, được chống đỡ bởi các cột hiên nhỏ. Không gian này được trang trí bằng các chi tiết chạm khắc trên hệ kèo gỗ, thể hiện nghệ thuật kiến trúc truyền thống tinh xảo. Các cột hiên, kèo, và mái hiên tạo nên sự cân đối, nhẹ nhàng, mang lại vẻ đẹp thanh thoát cho ngôi nhà. Không những góp phần chắn mưa che nắng và tạo bóng mát cho không gian chính, hiên còn là nơi diễn ra nhiều hoạt động thường ngày như nghỉ ngơi, trò chuyện, hoặc làm các công việc nhẹ như đan lát, thêu thùa và cũng là nơi giao thoa giữa gia đình và cộng đồng, thể hiện lối sống gần gũi, cởi mở của người dân Phước Tích. Đây cũng là nơi giao lưu giữa các thành viên trong gia đình và hàng xóm.

Xét đến yếu tố phong thủy dân gian, hiên nhà đóng vai trò dẫn khí tốt từ bên ngoài vào bên trong nhà, giúp giảm bớt tác động của những luồng khí xấu trước khi vào nhà và do đó, hiên đã giúp cân bằng năng lượng và tạo môi trường sống hài hòa cho gia chủ sống trong căn nhà rường.

4. SO SÁNH VỚI NHÀ VƯỜN Ở HUẾ

Bảng 1. So sánh hệ khung kết cấu giữa nhà vườn Phước Tích và nhà vườn Huế [1] nói chung, từ đó tìm ra điểm đặc sắc riêng của nhà vườn Phước Tích.

Tiêu chí	**Nhà vườn Phước Tích**	**Nhà vườn Huế**
Hệ khung kết cấu		
Vật liệu chủ yếu	Gỗ địa phương (ít khi sử dụng gỗ quý), tre, nứa.	Chủ yếu gỗ quý (lim, mít, kiền kiền), ít dùng vật liệu thông thường.
Kiểu kết cấu chính	Kết cấu khung gỗ đơn giản theo kiểu nhà rường truyền thống địa phương.	Kết cấu nhà rường chuẩn mực, cầu kỳ, mang tính cung đình rõ nét hơn.
Cách tổ chức cột, vì kèo	Bố trí cột và vì kèo đơn giản, số lượng ít, khoảng cách rộng, ưu tiên không gian thoáng.	Hệ cột và vì kèo bố trí chặt chẽ, khoảng cách đều đặn, số lượng nhiều hơn, có tính toán chuẩn mực.
Liên kết giữa các bộ phận	Dùng liên kết mộng truyền thống, đơn giản, ít kim loại.	Liên kết mộng tinh xảo, phức tạp, tuyệt đối tránh kim loại, thể hiện kỹ thuật tinh tế.
Đặc điểm chịu lực, chịu tải	Chịu lực vừa phải, chủ yếu cho nhà thấp tầng, ít trang trí nặng.	Chịu lực tốt, có khả năng chịu các chi tiết trang trí cầu kỳ hơn.
Tính linh hoạt khi cải tạo	Cao, dễ dàng thay đổi, mở rộng hoặc thu hẹp theo nhu cầu.	Thấp hơn do tính cố định, kết cấu chuẩn mực và nghiêm ngặt hơn.
Độ bền, khả năng chống chịu thời tiết	Khả năng chống chịu trung bình, cần bảo trì định kỳ do vật liệu giản dị, không qua xử lý đặc biệt.	Độ bền cao hơn, khả năng chống chịu thời tiết tốt hơn do vật liệu gỗ quý được xử lý kỹ lưỡng.

Bảng 2. So sánh hệ tổ chức không gian giữa nhà vườn Phước Tích và nhà vườn Huế nói chung.

Tiêu Chí	**Nhà vườn Phước Tích**	**Nhà vườn Huế**
Tổ chức không gian kiến trúc		
Bố trí không gian nội thất	Không gian mở, ít vách ngăn, hòa nhập giữa nhà và vườn. Nhà thường quay về hướng dòng sông Ô Lâu.	Có không gian khép kín hơn, phân chia rõ ràng khu vực sinh hoạt, nghỉ ngơi, thờ tự. Thường hướng ra sông, hồ nước hoặc tiểu cảnh. - Vai trò của bàn thờ tổ tiên và không gian thờ tự luôn cầu kỳ hơn giữ vị trí trang trọng trong nhà, được bố trí theo trục trung tâm và hướng hợp với triết lý phong thủy dân gian.
Vật liệu nội thất	Vật liệu truyền thống địa phương như gỗ, tre, gạch, ngói đất nung sản xuất tại địa phương (nổi tiếng gốm Phước Tích)	Đa dạng, dùng vật liệu quý, như gỗ lim, đá, ...), gạch Bát Tràng, ngói lưu ly hoặc âm dương cao cấp.
Họa tiết trang trí nội thất	Đơn giản, mộc mạc, gần gũi đời thường.	Tinh xảo, cầu kỳ, mang ảnh hưởng văn hóa cung đình.
Không gian tâm linh trong nội thất	- Đơn giản, gần gũi, mang tính dân gian. - Vai trò của bàn thờ tổ tiên và không gian thờ tự luôn giữ vị trí trang trọng trong nhà, được bố trí theo trục trung tâm và hướng hợp với triết lý phong thủy dân gian.	Trang trọng, chỉn chu, theo nghi lễ cung đình. - Vai trò của bàn thờ tổ tiên và không gian thờ tự luôn đề cao tính trang trọng và tuân theo triết lý phong thủy.
Quan hệ nội thất và sân vườn	Thân thiện, hòa nhập với thiên nhiên một cách tự nhiên, không gượng ép.	Có tính toán kỹ lưỡng, hài hòa giữa nội thất và cảnh quan theo nguyên tắc phong thủy.

Nhận xét: Hệ khung kết cấu và nội thất nhà vườn Phước Tích mang nét đơn giản, mộc mạc, thể hiện rõ đặc trưng văn hóa làng quê dân gian vùng nông thôn ven sông Ô Lâu. Trong khi đó, nhà vườn Huế sở hữu sự tinh tế, sang trọng, phản ánh sự ảnh hưởng từ văn hóa cung đình, chú trọng nhiều đến tính mỹ thuật, phong thủy và giá trị biểu tượng.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

5.1. Kiến trúc nhà rường: Sự khác biệt và độc đáo

Kiến trúc nhà vườn ở Phước Tích vẫn tuân theo cấu trúc chung của nhà vườn Huế với kết cấu "ba gian hai chái", sử dụng các loại gỗ quý, với kỹ thuật "ghép mộng" truyền thống kết hợp với các chi tiết chạm khắc trên gỗ thường mang hình ảnh thân thuộc của cuộc sống hàng ngày như hoa lá, bông sen, con vật dân gian... Nhưng vẫn mang phong cách riêng mộc mạc, dân dã, khác với những nhà rường trong nội thành Huế thường mang phong cách sang trọng và ảnh hưởng của văn hóa cung đình.

Không gian tổng thể: Rộng rãi, mang tính nông thôn đặc trưng, với một bố cục cân đối, tạo cảnh quan sinh thái gần gũi với dòng sông Ô Lâu và thích ứng bền vững với môi trường và thiên nhiên [2].

5.2. Giá trị văn hóa và lối sống: Đậm chất làng quê

Gắn kết với nghề gốm truyền thống: Làng Phước Tích nổi tiếng với nghề gốm cổ, các sản phẩm gốm thủ công được làm ngay tại sân vườn các ngôi nhà, tạo nét đặc sắc so với các nhà vườn khác ở Huế.

Lễ hội dân gian: Các lễ hội và phong tục cổ truyền như lễ cầu mùa, lễ hội gốm vẫn được duy trì trong cộng đồng làng Phước Tích.

Lối sống cộng đồng: Người dân sống chan hòa, cùng nhau bảo tồn di sản và phát triển du lịch cộng đồng.

5.3. Tính nguyên bản và khả năng bảo tồn tốt

Nhà vườn trong nội thành Huế nói riêng và nhà vườn Việt Nam nói chung cùng với thời gian đã trải qua nhiều đợt trùng tu. Có những nơi đã thay đổi kiến trúc, kết cấu và không gian để phù hợp với mục đích thương mại hoặc du lịch, từ đó đánh mất đi tính nguyên bản vốn có của công trình, di tích.

Tuy nhiên Phước Tích vẫn giữ được đa số nguyên bản từ cấu trúc gỗ, mái ngói đến cảnh quan vườn, nhờ vào sự tham gia tích cực của cộng đồng và các chương trình bảo tồn di sản. Ngày nay nhà rường Phước Tích không những là nơi sinh sống mà còn được giới thiệu đến du khách như là một địa điểm du lịch nổi tiếng nhưng không làm mất đi tính bản địa và sự bình dị vốn có [2].

6. KẾT LUẬN

Nhà vườn Phước Tích thể hiện những đặc trưng đáng chú ý về cấu trúc hệ khung và nguyên tắc tổ chức không gian nội thất, đồng thời cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa kết cấu, công năng sử dụng và quan hệ với cảnh quan vườn. Việc đặt các đặc trưng này trong tương quan với hệ thống nhà vườn truyền thống Huế góp phần làm rõ các giá trị văn hóa gắn với loại hình kiến trúc nhà vườn. Trên cơ sở đó, kết quả nghiên cứu có thể cung cấp tư liệu và luận cứ tham khảo cho hoạt động đánh giá giá trị, tu bổ - bảo tồn và xây dựng định hướng khai thác phù hợp, nhằm bảo đảm tính nguyên gốc và hỗ trợ phát triển du lịch văn hóa địa phương theo hướng bền vững [3].

Việc .Việc kết hợp các phân tích chi tiết về hệ khung và tổ chức không gian kiến trúc góp phần làm gia tăng sự hiểu biết về kiến trúc nhà vườn truyền thống Huế trên các phương diện kiến trúc, văn hóa và phong thủy. Trên cơ sở đó, có thể đề xuất các giải pháp phù hợp trong công tác giảng dạy, bảo tồn và gìn giữ kiến trúc truyền thống Huế theo định hướng phát triển bền vững.

Trong bối cảnh hiện nay, cùng với sự phát triển của nền kinh tế thị trường, du lịch được xác định là một trong những ngành kinh tế chủ lực của Thừa Thiên Huế. Vì vậy, bên cạnh các công trình lăng tẩm và cung điện, việc nghiên cứu và bảo tồn hệ thống nhà vườn truyền thống cũng mang ý nghĩa cấp thiết và có vai trò quan trọng trong chiến lược phát triển du lịch văn hóa địa phương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hayashi, H. (2010). Đặc trưng trong phương pháp thiết kế kiến trúc gỗ truyền thống ở miền Trung, Việt Nam. Trích trong Kỷ yếu Hội thảo Văn hóa - Lịch sử Huế qua góc nhìn làng xã phụ cận và quan hệ với bên ngoài (Culture and History of Hue from the Surrounding Villages and Outside Regions). NXB Thuận Hóa, tr. 319 -321.

[2]. Hoàng Đạo Kính (2004). Làng cổ Phước Tích - thử nhìn nhận các giá trị và đề xuất hướng phát triển nối tiếp. Trích trong Kỷ yếu Hội thảo Làng di sản Phước Tích.

[3]. Hoàng Đạo Kính (2005). Làng cổ Phước Tích - các giá trị và hướng phát triển tiếp nối. Trích trong Văn hóa kiến trúc. NXB Tri Thức, tr. 77-84.

[4]. Nguyễn Thị Thúy Vi (chủ biên), Vũ Hữu Minh, Lê Vĩnh An, Nguyễn Thanh Toản, Phan Thuận Ý (2010). Thuật ngữ kiến trúc truyền thống nhà rường Huế. NXB Thuận Hóa, tr. 41-60.

[5]. Nguyễn Thị Thúy Vi (chủ biên) và cs. (2010). Thuật ngữ kiến trúc truyền thống nhà rường Huế. NXB Thuận Hóa, hình 12, tr. 17.

[6]. Nguyễn Quốc Tuấn (2018). Sự tương đồng các quan điểm trong kiến trúc nhà ở truyền thống Huế so với xu hướng kiến trúc sinh thái ngày nay. Tạp chí Khoa học Kiến trúc - Xây dựng, số 31 (2018).

[7]. Mối quan hệ giữa giá trị đạo đức Phật giáo và phong tục tập quán người dân Nam Bộ. Truy cập ngày 25/12/2025, từ Tạp chí Nghiên cứu Phật học.

[8]. TS.KTS Nguyễn Ngọc Tùng, Sự chuyển đổi không gian nhà vườn truyền thống Huế - Những tác động và giải pháp bảo tồn thích ứng. Khoa Kiến trúc, Đại học Khoa học Huế, tr. 4.

[9]. Nguyễn Hữu Thông, Đỗ Xuân Cẩm, Võ Tuấn An và cs. (2022). Nghiên cứu văn hóa miền Trung. Đại học Huế, tr. 205-213.

■Ngày nhận bài: 15/11/2025 ■Ngày sửa bài: 26/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/12/2025

Tiếp cận tổng thể và tôn trọng "tính sống" trong bảo tồn di sản kiến trúc đô thị: Trường hợp khu trung tâm lịch sử Sài Gòn - TP Hồ Chí Minh

An integrated approach and respect for the "living" nature in urban architectural heritage conservation: The case of Saigon - Ho Chi Minh City historic center

> TS.KTS HOÀNG ANH TÚ, PGS.TS.KTS LÊ VĂN THƯƠNG*
Khoa Quy hoạch, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM
Email: tu.hoanganh@uah.edu.vn, *Tác giả liên hệ, Email: Thuong.levan@uah.edu.vn

TÓM TẮT

TP.HCM đang đối mặt với thách thức lớn trong việc cân bằng giữa bảo tồn di sản và phát triển đô thị. Bài viết này phân tích những hạn chế của cách tiếp cận bảo tồn đơn lẻ theo kiểu "công trình điểm", đồng thời đề xuất mô hình bảo tồn tổng thể từ quy mô khu vực đến cá thể công trình, tôn trọng "tính sống", khả năng thích ứng và tính đa chức năng của di sản trong đời sống đương đại. Thông qua phương pháp nghiên cứu hỗn hợp (mixed-methods), bài viết phân tích trường hợp khu trung tâm lịch sử Sài Gòn - TP.HCM, từ đó đề xuất các nguyên tắc và giải pháp cụ thể về quy hoạch, bảo tồn công trình và quản lý, nhằm biến di sản thành bộ phận hữu cơ và năng động của đô thị hiện đại.

Từ khóa: Bảo tồn tổng thể, di sản đô thị, "tính sống", kiến trúc Sài Gòn, quản lý di sản.

ABSTRACT

Ho Chi Minh City is facing a significant challenge in balancing heritage conservation and urban development. This article analyzes the limitations of the isolated "monument-based" conservation approach and proposes an integrated conservation model spanning from the regional scale down to individual structures, while respecting the "living" quality - the adaptability and multifunctionality of heritage in contemporary life. Using a mixed-methods research approach, the article examines the case study of Saigon's historic central area in HCMC, thereby proposing specific principles and solutions for planning, architectural conservation, and management, aiming to transform heritage into an organic and dynamic component of the modern city.

Keywords: Integrated conservation, urban heritage, "living quality", Saigon architecture, heritage management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TP.HCM là đô thị có tốc độ phát triển nhanh nhất Việt Nam với áp lực chỉnh trang và mở rộng không gian đô thị ngày càng lớn. Khu trung tâm lịch sử Sài Gòn - nơi hội tụ các giá trị di sản kiến trúc, văn hóa đặc sắc - đang chịu nhiều tác động tiêu cực từ quá trình này. Cách tiếp cận bảo tồn hiện nay chủ yếu tập trung vào các "công trình điểm" được xếp hạng di tích, trong khi bỏ ngỏ mối liên hệ hữu cơ giữa chúng với không gian đô thị xung quanh. Hệ quả là nhiều khu vực có giá trị bị phân mảnh, biến dạng bởi các công trình cao tầng mới, làm suy giảm đáng kể giá trị tổng thể của khu trung tâm.

Bên cạnh đó, từng công trình kiến trúc tại đây cũng đứng trước nhiều nguy cơ bị thay đổi cả về lượng cũng như về chất trong bối cảnh phát triển chung của thành phố. Các công trình di sản này luôn ở trong tình trạng phải đối mặt giữa "giá trị sử dụng" của chúng so với "giá trị văn hóa - lịch sử" và "giá trị kiến trúc - kỹ thuật" mà chúng sở hữu. Sự xung đột này dẫn đến hai kịch bản tiêu cực: hoặc là công trình bị "đóng băng" bảo tồn mà không phát huy được giá trị sử dụng, hoặc là bị cải tạo tùy tiện làm mất đi giá trị di sản.

Việc bảo tồn thường theo hướng "bảo tàng hóa", can thiệp cứng nhắc làm mất đi "tính sống" - khả năng thích ứng, biến đổi và tham gia vào đời sống kinh tế, văn hóa, xã hội đương đại của di sản. Cách tiếp cận này không chỉ làm giảm hiệu quả sử dụng mà còn tách rời di sản khỏi dòng chảy phát triển của đô thị, khiến chúng trở thành những "vật thể lạ" trong không gian sống đương đại.

Bài viết này nhằm trả lời ba câu hỏi nghiên cứu then chốt:

(i) Làm thế nào để xác định và đánh giá giá trị di sản ở cả cấp độ "khu vực" và "cá thể" trong mối tương quan với bối cảnh đô thị đang biến đổi?

(ii) Làm thế nào để cân bằng giữa bảo tồn tính chân xác và duy trì/phát huy các chức năng "sống" của di sản, đặc biệt trong bối cảnh áp lực phát triển kinh tế và nhu cầu sử dụng hiện đại?

(iii) Mô hình quản lý nào phù hợp cho cách tiếp cận tổng thể này, đảm bảo sự tham gia của các bên liên quan và tính bền vững trong dài hạn?

Những vấn đề nêu trên không chỉ có ý nghĩa học thuật mà còn mang tính thực tiễn cao, góp phần tìm ra giải pháp bảo tồn linh hoạt và hiệu quả cho di sản đô thị TP.HCM trong bối cảnh phát triển năng động hiện nay.

2. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

2.1. Hành trình phát triển của lý thuyết Bảo tồn tổng thể

Hành trình phát triển của lý thuyết Bảo tồn tổng thể (Integrated Conservation) phản ánh sự chuyển dịch tư duy từ bảo tồn các công trình đơn lẻ sang tiếp cận toàn diện trong không gian rộng lớn. Công ước Venice (1964) đã đặt nền móng đầu tiên khi khẳng định: "*Khái niệm di tích lịch sử bao hàm không chỉ bản thân công trình kiến trúc mà còn cả khung cảnh đô thị hoặc nông thôn nơi di tích thể hiện được chứng tích của một nền văn minh đặc thù*". Quan điểm này, như Jukka Jokilehto (2006) phân tích trong "A History of Architectural Conservation", đã "cách mạng hóa tư duy bảo tồn bằng việc mở rộng phạm vi từ đối tượng đơn lẻ sang mạng lưới các mối quan hệ không gian và văn hóa".

Kế thừa tinh thần này, khuyến nghị của Hội đồng châu Âu về Khu vực Di sản Kiến trúc (1975) đã phát triển khái niệm xa hơn khi nhấn mạnh tính "toàn vẹn" của các khu vực lịch sử. Theo Francesco Siravo (2019) trong "Planning Integrated Conservation", văn kiện này "đánh dấu bước chuyển từ bảo tồn di tích sang bảo tồn đô thị, nơi các giá trị được hiểu như một tổng thể không thể tách rời".

Đỉnh cao của quá trình phát triển này là Hiến chương Burra (2013) tại Australia ICOMOS. Như Ken Taylor (2016) chỉ ra trong "The Historic Urban Landscape paradigm and cities as cultural landscapes. Challenging orthodoxy in urban conservation", hiến chương đã "hệ thống hóa quy trình bảo tồn thông qua phương pháp tiếp cận dựa trên giá trị, biến việc hiểu biết sâu sắc về giá trị văn hóa thành nền tảng cho mọi quyết định bảo tồn". Cách tiếp cận này đặc biệt phù hợp với bối cảnh đô thị năng động như TP.HCM, nơi các giá trị di sản luôn trong trạng thái tương tác và biến đổi.

2.2. Khái niệm "tính sống" - Từ khái niệm đến thực tiễn ứng dụng

Khái niệm "tính sống" (Living Heritage) đại diện cho cuộc đối thoại quan trọng giữa bảo tồn và phát triển. UNESCO (2003, 2011) trong Công ước về Di sản Văn hóa Phi vật thể đã mở rộng khái niệm di sản sang "những thực hành, biểu đạt, tri thức và kỹ năng mà các cộng đồng công nhận là một phần di sản văn hóa của họ". Tuy nhiên, như Gamini Wijesuriya (2018) lập luận trong "Living Heritage: A Summary", khái niệm này cần được hiểu rộng hơn để bao gồm cả "khả năng thích ứng và phát triển của di sản trong bối cảnh xã hội đương đại".

Trong lĩnh vực di sản kiến trúc, Donovan Rypkema (2012) trong "The Economics of Historic Preservation" đã chỉ ra sự đối lập giữa cách tiếp cận "bảo tàng hóa" và "tính sống": "Khi chúng ta biến các công trình lịch sử thành những viện bảo tàng tĩnh lặng, chúng ta đã vô tình giết chết linh hồn của chúng. Tính sống của di sản nằm ở khả năng tiếp tục được sử dụng, được yêu thương và được làm mới".

Quan điểm này được William Chapman (2013) ủng hộ trong "Heritage of Ruination", khi ông cho rằng "di sản đô thị cần được hiểu như một cơ thể sống, có khả năng tự làm mới và thích nghi, chứ không phải những xác ướp được bảo quản trong tủ kính". Điều này đặc biệt có ý nghĩa với TP.HCM, nơi các công trình di sản luôn phải đối mặt với áp lực giữa bảo tồn và phát triển.

2.3. Bài học kinh nghiệm quốc tế từ đối thoại với các mô hình thành công

Tại châu Âu, thành phố Seville (Tây Ban Nha) bảo tồn thành công khu phố La Macarena bằng cách duy trì mật độ hoạt động thương mại, văn hóa và dân cư trong các công trình lịch sử. Ở châu Á, Penang (Malaysia) và Hội An (Việt Nam) cho thấy hiệu quả của việc kết nối bảo tồn với sinh kế cộng đồng và du lịch bền vững, nơi cư dân đóng vai trò chủ thể trong việc gìn giữ và phát huy giá trị di sản.

Các case study nêu trên cung cấp những minh chứng sinh động cho cuộc đối thoại giữa lý thuyết và thực tiễn. Cụ thể như tại Seville (Tây Ban Nha), thành công của khu phố La Macarena, theo Bandarin và Van Oers (2012) trong "The Historic Urban Landscape: Managing Heritage in an Urban Century", đến từ "việc duy trì được mật độ hoạt động đa dạng, nơi các giá trị di sản được bảo tồn thông qua việc tiếp tục sử dụng chứ không phải bảo quản". Cách tiếp cận này cho thấy "di sản có thể tồn tại như một phần hữu cơ của đô thị hiện đại".

Ở châu Á, George Town, Penang (Malaysia) cung cấp bài học về sự kết nối giữa bảo tồn và phát triển kinh tế. Khoo Salma (2015) trong "The Penang Shophouse" mô tả cách "cộng đồng địa phương trở thành những người bảo vệ di sản tích cực nhất khi họ nhận ra giá trị kinh tế từ việc bảo tồn". Tuy nhiên, bà cũng cảnh báo về "nguy cơ thương mại hóa quá mức có thể làm biến dạng giá trị di sản".

Gần gũi hơn, Hội An (Việt Nam) cho thấy thành công trong việc kết nối bảo tồn với sinh kế cộng đồng. Theo Di Giovine (2009) trong "The Heritage-scape: UNESCO, World Heritage, and Tourism", sự tham gia của cộng đồng địa phương không chỉ dừng lại ở việc hưởng lợi kinh tế, mà quan trọng hơn là họ trở thành những người chủ động trong việc định hình tương lai của di sản". Bài học này đặc biệt có giá trị với TP.HCM trong việc xây dựng mô hình bảo tồn dựa vào cộng đồng.

Những bài học này, như Michael Turner (2019) tổng kết trong "Integrated Urban Conservation", cho thấy "không có công thức chung cho bảo tồn di sản đô thị. Thành công phụ thuộc vào khả năng tìm ra tiếng nói chung giữa bảo tồn và phát triển, giữa quá khứ và hiện tại, giữa cộng đồng và chuyên gia". Đây chính là thách thức và cũng là cơ hội cho TP.HCM trong hành trình bảo tồn di sản đô thị.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Thiết kế nghiên cứu: Tiếp cận hỗn hợp

Nghiên cứu của chúng tôi được áp dụng theo phương pháp hỗn hợp (mixed-methods) với mô hình "triangulation design" nhằm đạt được sự hiểu biết toàn diện và sâu sắc về vấn đề bảo tồn di sản đô thị tại khu trung tâm lịch sử Sài Gòn - TP.HCM. Như Creswell & Plano Clark (2017) khẳng định trong "Designing and Conducting Mixed Methods Research", việc kết hợp cả phương pháp định tính và định lượng cho phép "bổ sung và làm giàu lẫn nhau giữa các nguồn dữ liệu, từ đó xây dựng bức tranh đa chiều về hiện tượng nghiên cứu". Cách tiếp cận này đặc biệt phù hợp với nghiên cứu về di sản đô thị - một lĩnh vực vừa đòi hỏi sự phân tích định lượng khách quan, vừa cần sự thấu hiểu định tính về các giá trị văn hóa và xã hội.

3.2. Phương pháp định tính

3.2.1. Phân tích không gian kiến trúc - đô thị

Phương pháp thực hiện qua ba công cụ:

(i) Phân tích hình thái học đô thị dựa trên lý thuyết của Conzen (1960) về "urban morphology", cho phép nhận diện các yếu tố cấu trúc cơ bản của khu vực nghiên cứu bao gồm: mạng lưới đường phố, cấu trúc lô đất, và quy luật phân bố công trình. Việc phân tích được thực hiện thông qua so sánh đối chiếu bản đồ quy hoạch qua các thời kỳ (1965, 1995, 2010, 2020) và khảo sát hiện trường trực tiếp.

(ii) Đánh giá cảnh quan đường phố (streetscape evaluation) áp dụng phương pháp được nêu trong "Recommendation on the Historic Urban Landscape" (UNESCO, 2011) - sử dụng bộ tiêu chí đánh giá gồm: tính liên tục của mặt tiền, tỷ lệ không gian, chất lượng vật liệu, và mức độ hài hòa giữa cũ và mới. Các tuyến phố được khảo sát bao gồm Lê Duẩn, Nguyễn Huệ, Đồng Khởi, Pasteur và khu vực xung quanh Nhà thờ Đức Bà.

(iii) Phân tích mối quan hệ thị giác sử dụng công cụ "viewshed analysis" trong GIS để xác định các trục nhìn quan trọng và điểm nhìn đặc trưng, từ đó đánh giá tác động của các công trình cao tầng đến cảnh quan di sản.

3.2.2. Phỏng vấn sâu

Nghiên cứu thực hiện 15 cuộc phỏng vấn bán cấu trúc với các nhóm đối tượng được lựa chọn có chủ đích:

– 5 cư dân lâu năm (>30 năm): Khai thác trải nghiệm biến đổi không gian, giá trị sử dụng.

– 3 chủ doanh nghiệp: Tìm hiểu cơ hội, thách thức kết hợp kinh doanh với bảo tồn.

– 4 kiến trúc sư: Thu thập giải pháp kỹ thuật, quản lý.

– 3 cán bộ quản lý (Sở Văn hóa và Thông tin, Quy hoạch - Kiến trúc): Tìm hiểu cơ chế chính sách, thực tiễn.

Mỗi phỏng vấn kéo dài 60-90 phút, ghi âm, mã hóa theo phân tích chủ đề của Braun & Clarke (2006).

3.3. Phương pháp định lượng

3.3.1. Khảo sát hiện trạng và biến đổi không gian

Nghiên cứu sử dụng việc kết hợp nhiều nguồn dữ liệu:

(i) Phân tích sử dụng đất dựa trên dữ liệu từ Sở Quy hoạch - Kiến trúc TP.HCM, được xử lý thông qua phần mềm ArcGIS để xác định sự thay đổi cơ cấu sử dụng đất giai đoạn 2010-2023. Các chỉ số được tính toán bao gồm: tỷ lệ đất di sản, mật độ xây dựng, hệ số sử dụng đất, và chỉ số xây dựng.

(ii) Đánh giá biến đổi không gian sử dụng chuỗi ảnh viễn thám Landsat và Sentinel-2 kết hợp với ảnh chụp không gian từ Google Earth Pro, cho phép phân tích sự thay đổi về: chiều cao công trình, mật độ che phủ, và nhiệt độ bề mặt.

(iii) Thống kê áp lực phát triển thông qua số liệu về cấp phép xây dựng từ Sở Xây dựng, giúp định lượng mức độ và tốc độ thay đổi của khu vực nghiên cứu.

3.3.2. Khảo sát xã hội học

Nghiên cứu thực hiện khảo sát với 200 đối tượng (100 cư dân và 100 du khách) được lựa chọn ngẫu nhiên theo phương pháp "systematic sampling". Bảng câu hỏi được thiết kế dựa trên thang đo Likert 5 điểm, bao gồm các nhóm chỉ số:

• *Nhận thức về giá trị di sản:* Đánh giá mức độ quan trọng của các giá trị lịch sử, kiến trúc, văn hóa

• *Mức độ hài lòng:* Đánh giá chất lượng bảo tồn và khả năng tiếp cận di sản

• *Nhu cầu sử dụng:* Xác định các hoạt động mong muốn trong khu vực di sản

• *Sự ủng hộ với các mô hình bảo tồn:* Đánh giá mức độ chấp nhận các phương án bảo tồn khác nhau

Dữ liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 25.0 với các phép phân tích: thống kê mô tả, kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha, phân tích nhân tố khám phá (EFA), và phân tích tương quan.

3.4. Hạn chế phương pháp

Nghiên cứu thừa nhận một số hạn chế về phương pháp: việc lấy mẫu có thể chưa đại diện hoàn toàn cho toàn bộ cộng đồng, dữ liệu lịch sử có thể không đầy đủ, và các yếu tố chủ quan trong phân tích định tính khó có thể loại bỏ hoàn toàn. Tuy nhiên, thông qua việc kết hợp đa phương pháp, nghiên cứu hướng đến việc giảm thiểu các hạn chế này và đảm bảo tính khách quan, khoa học của kết quả nghiên cứu.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Hiện trạng và biến đổi không gian di sản

a) Về cấu trúc và quy mô không gian

• **Suy giảm diện tích đất di sản:** Diện tích đất được xác định có giá trị di sản (bao gồm các công trình xếp hạng và công trình có giá trị trong khu vực bảo vệ) đã giảm 23%, từ 85 ha (năm 2010) xuống chỉ còn 65.5 ha (năm 2023). Sự sụt giảm này chủ yếu đến từ việc giải tỏa các khu biệt thự cũ, nhà phố cổ để nhường chỗ cho các dự án phát triển đô thị mật độ cao. Cụ thể, phân tích GIS cho thấy:

○ 55% diện tích bị mất đi là từ các khu vực biệt thự cổ (ví dụ: khu vực quanh Hồ Con Rùa, đường Pasteur).

○ 35% đến từ việc thay thế các dãy nhà phố thấp tầng bằng các tổ hợp thương mại-chung cư.

• **Gia tăng áp lực xây dựng:** Các chỉ số về mật độ và cường độ sử dụng đất cho thấy một sự chuyển đổi mạnh mẽ:

○ **Mật độ xây dựng trung bình** tăng từ 45% (2010) lên 68% (2023), vượt xa ngưỡng khuyến nghị cho khu vực lõi di sản (thường dưới 60%). Điều này đồng nghĩa với việc diện tích đất trống, cây xanh và sân vườn bị thu hẹp nghiêm trọng.

○ **Hệ số sử dụng đất (FAR)** tăng mạnh từ 2.5 (2010) lên 3.8 (2023), phản ánh xu hướng xây dựng các khối tích lớn, cao tầng, làm thay đổi hoàn toàn tỷ lệ và quy mô không gian đặc trưng của khu vực.

b) Về quy mô và tác động thị giác của công trình

• **Bùng nổ công trình cao tầng:** Số lượng công trình cao trên 8 tầng trong khu vực nghiên cứu đã tăng 250%, từ 12 công trình (năm 2010) lên 42 công trình (năm 2023). Đáng chú ý, trong đó có 15 công trình cao trên 15 tầng (chiếm 36%), hầu hết là các khách sạn cao cấp và văn phòng, được xây dựng sau năm 2015.

• **Phân tích tầm nhìn (Viewshed Analysis):** Sử dụng công cụ GIS để phân tích tầm nhìn từ 10 điểm quan sát quan trọng (Ví dụ: Quảng trường trước Nhà thờ Đức Bà, góc ngã tư Đồng Khởi - Lê Duẩn), kết quả cho thấy:

○ 65% các trục nhìn cảnh quan quan trọng (ví dụ: trục nhìn từ sông Sài Gòn về phía Nhà thờ Đức Bà, trục nhìn dọc đại lộ Nguyễn Huệ) đã bị che khuất một phần hoặc toàn phần bởi các công trình cao tầng mới.

○ Các "hành lang cảnh quan" vốn là yếu tố cấu trúc nên giá trị tổng thể của khu trung tâm đang bị phân mảnh nghiêm trọng. Ví dụ điển hình, tòa tháp Landmark 81 (tuy nằm ngoài khu vực nghiên cứu) đã xuất hiện trong 40% các góc nhìn từ các điểm di sản, trở thành một yếu tố "điểm nhấn" ngoài mong muốn của tính hài hòa trong hành lang cảnh quan trung tâm lịch sử.

4.2. Đánh giá "tính sống" của di sản

a) Nhận thức giá trị và sự hài lòng

• **Khoảng cách giữa nhận thức và đánh giá thực tế:** Một nghịch lý nổi bật là mặc dù có tới 92% người được hỏi đánh giá rất cao hoặc cao giá trị lịch sử - văn hóa của khu vực, nhưng chỉ có 45% tỏ ra hài lòng với hiện trạng bảo tồn. Tỷ lệ hài lòng trong nhóm cư dân (38%) thấp hơn đáng kể so với nhóm du khách (52%), phản ánh rõ hơn những bức xúc từ những người trực tiếp chịu tác động hàng ngày từ sự xuống cấp và biến đổi của khu vực.

• **Cấu trúc giá trị di sản được cộng đồng thừa nhận:** Phân tích Nhân tố Khám phá (EFA) với hệ số KMO = 0.812 (> 0.5) và kiểm định Bartlett's có ý nghĩa thống kê ($p < 0.001$) đã xác nhận một cấu trúc 4 nhóm giá trị cốt lõi, với độ tin cậy tổng thể cao (Cronbach's Alpha = 0.879):

○ *Giá trị Lịch sử (Factor Loading: 0.85):* Đây là nhóm giá trị được đánh giá cao nhất, khẳng định tầm quan trọng của khu vực như một "chứng nhân lịch sử" sống động.

○ *Giá trị Kiến trúc (0.82):* Cộng đồng đánh giá cao vẻ đẹp thẩm mỹ, phong cách và kỹ thuật xây dựng của các công trình.

○ *Giá trị Sử dụng (0.78):* Phản ánh nhu cầu thiết yếu về các chức năng đương đại như ở, làm việc, kinh doanh và sinh hoạt.

○ *Giá trị Cảnh quan (0.75):* Khẳng định tầm quan trọng của các yếu tố tổng hòa như cây xanh, tỷ lệ không gian, mặt nước và tầm nhìn.

b) Hiện trạng sử dụng không gian và đa dạng hoạt động

• **Sức hút và cường độ sử dụng:** Khu vực Nhà thờ Đức Bà và quảng trường xung quanh là một minh chứng rõ nét cho "tính sống" của di sản, với lưu lượng trung bình 2.500 lượt người/ngày (theo số liệu quan sát đếm mẫu trong 7 ngày). Con số này tăng vọt vào cuối tuần và các dịp lễ, có thể lên tới 5.000 - 7.000 lượt.

• **Sự đa dạng chức năng - Biểu hiện của "tính sống":** Phân tích hoạt động cho thấy một cơ cấu chức năng phong phú, chứng tỏ di sản này vẫn đang đóng vai trò tích cực trong đời sống đương đại:

○ *Tham quan (35%):* Là hoạt động chính, khẳng định sức hút du lịch.

○ *Tôn giáo (25%):* Duy trì chức năng gốc, thể hiện tính liên tục về văn hóa - tín ngưỡng.

○ *Sinh hoạt cộng đồng (20%):* Bao gồm tập thể dục, hẹn hò, chụp ảnh cưới, chứng minh không gian đã trở thành một phần đời sống xã hội.

○ *Giải trí (15%):* Các hoạt động như đàn hát, thư giãn, ngồi cafe.

○ *Thương mại (5%):* Các hoạt động kinh tế tự phát (bán hàng rong, chụp ảnh lưu niệm) cho thấy sức sống kinh tế bên cạnh giá trị văn hóa.

4.3. Thách thức trong quản lý

a) Phân mảnh quản lý: "Một cỗ xe ngựa nhiều người cầm cương"

• **Tỷ lệ áp đảo:** Có tới 87% ý kiến (13/15 người được phỏng vấn) xác định sự thiếu phối hợp giữa các Sở, ban, ngành là rào cản lớn nhất. Một kiến trúc sư có hơn 20 năm kinh nghiệm mô tả: *"Một công trình di sản muốn cải tạo phải xin phép từ Sở Văn hóa và Thể thao về mặt di sản, Sở Quy hoạch - Kiến trúc về quy hoạch, Sở Xây dựng về giấy phép xây dựng, và đôi khi cả Ban Quản lý Đầu tư xây dựng khu vực. Mỗi nơi một tiêu chuẩn, một quy định, không có sự thống nhất, dẫn đến tình trạng "trên bảo dưới không nghe" hoặc văn bản chồng chéo."*

• **Biểu hiện cụ thể:** Sự phân mảnh này dẫn đến:

○ **Xung đột pháp lý:** Các quy định về bảo tồn (thường hạn chế chiều cao, mật độ) mâu thuẫn trực tiếp với các quy định khuyến khích phát triển đô thị (tăng hệ số sử dụng đất) trong cùng một khu vực.

○ **Khoảng trống quy định:** Thiếu vắng một bộ quy chế quản lý kiến trúc thống nhất cho toàn khu vực, dẫn đến việc xử lý các trường hợp cụ thể thiếu căn cứ và phụ thuộc nhiều vào cách hiểu của cá nhân người phê duyệt.

b) Xung đột lợi ích: Bài toán kinh tế - văn hóa nan giải

• **Áp lực kinh tế:** 72% chủ sở hữu công trình di sản (chủ yếu là biệt thự và nhà phố cổ) bày tỏ khó khăn trong việc cân bằng giữa bảo tồn và khai thác kinh tế. Một chủ sở hữu biệt thự trên đường Lý Tự Trọng chia sẻ: "*Tôi hiểu ngôi nhà này có giá trị, nhưng chi phí tu bổ, bảo trì cao gấp 3-4 lần nhà thông thường. Trong khi đó, các quy định hiện hành lại hạn chế tôi cho thuê mặt bằng để kinh doanh, hoặc cải tạo để tăng hiệu quả sử dụng. Chúng tôi bị kẹt giữa trách nhiệm và gánh nặng tài chính.*"

• **Hệ quả:** Xung đột này dẫn đến hai hệ quả tiêu cực:

1. *Bỏ hoang, xuống cấp:* Chủ sở hữu không đủ nguồn lực duy trì, dẫn đến công trình nhanh chóng xuống cấp.

2. *Cải tạo tùy tiện:* Để tối đa hóa lợi nhuận, nhiều chủ sở hữu tự ý cơi nới, xây thêm tầng, thay đổi mặt tiền, làm biến dạng hoàn toàn giá trị kiến trúc gốc.

c) Thiếu nguồn lực: Vòng luẩn quẩn của sự xuống cấp

• **Tình trạng báo động:** Chỉ có 15% công trình di sản thuộc sở hữu tư nhân được tiếp cận các nguồn vốn hỗ trợ bảo trì (từ ngân sách nhà nước hoặc các quỹ). Một cán bộ Sở Văn hóa và Thể thao thừa nhận: *"Ngân sách nhà nước dành cho bảo tồn rất hạn hẹp và thường chỉ tập trung vào các di tích cấp quốc gia. Hàng nghìn công trình có giá trị khác thuộc sở hữu tư nhân hầu như không nhận được bất kỳ sự hỗ trợ tài chính nào, dẫn đến một gánh nặng bất bình đẳng cho chủ sở hữu."*

• **Nguyên nhân sâu xa:**

○ *Thiếu cơ chế tài chính đặc thù:* Chưa có một Quỹ Bảo tồn Di sản đô thị hoạt động hiệu quả để cung cấp các khoản vay ưu đãi, tài trợ hoặc trợ giá cho chủ sở hữu tư nhân.

○ *Thủ tục phức tạp:* Ngay cả với những nguồn hỗ trợ ít ỏi, thủ tục để được tiếp cận cũng rất rườm rà, khiến nhiều chủ sở hữu, đặc biệt là các hộ gia đình nhỏ lẻ, từ bỏ.

5. BÀN LUẬN

5.1. Giải mã sự xung đột giữa bảo tồn và phát triển

Số liệu nghiên cứu phơi bày một nghịch lý sâu sắc: trong khi 92% cộng đồng ghi nhận cao giá trị di sản, thì áp lực phát triển kinh tế vẫn tiếp tục làm biến dạng không gian này với tốc độ chóng mặt. Việc diện tích đất di sản sụt giảm 23% chỉ trong 13 năm (2010-2023) không đơn thuần là một thống kê, mà là hệ quả của một cuộc xung đột về giá trị. Áp lực "hiện đại hóa" và lợi nhuận từ bất động sản đã tạo ra một "cú sốc không gian", khiến các cơ chế bảo tồn hiện hành tỏ ra lỗi thời và bất lực.

Sự gia tăng mật độ xây dựng từ 45% lên 68% và hệ số sử dụng đất từ 2.5 lên 3.8 không chỉ là những con số vô tri. Chúng phản ánh sự phá vỡ nghiêm trọng tỷ lệ con người (human scale) vốn là linh hồn của các khu đô thị lịch sử. Như Gehl (2010) đã cảnh báo, "khi tỷ lệ không gian bị phá vỡ, giá trị tổng thể của khu vực di sản sẽ suy giảm nghiêm trọng". Các công trình cao tầng mới không chỉ xâm lấn không gian vật lý mà còn làm đứt gãy các mối liên hệ thị giác và trải nghiệm cảm xúc, biến một khu vực có tính liên tục lịch sử thành một bản vá chắp vá của các phong cách kiến trúc không đồng nhất. Phân tích viewshed cho thấy 65% các trục nhìn quan trọng bị ảnh hưởng là minh chứng rõ ràng cho sự đứt gãy này. Nghịch lý này cho thấy, cách tiếp cận bảo tồn "công trình điểm" đơn lẻ là hoàn toàn không đủ sức để chống lại làn sóng phát triển dựa trên lợi nhuận thuần túy.

5.2. "Tính sống" - Bài toán cân bằng giữa bảo tồn và thích nghi

Kết quả nghiên cứu một lần nữa khẳng định luận điểm then chốt: "tính sống" của di sản không phải là mối đe dọa cần kiềm chế, mà là nguồn lực cần được định hướng thông minh cho bảo tồn bền vững. Việc khu vực Nhà thờ Đức Bà duy trì được 5 loại hình hoạt động khác nhau (từ tôn giáo, tham quan đến sinh hoạt cộng đồng và giải trí) là một ví dụ sinh động về khả năng đa chức năng hóa và thích nghi của di sản. Sự hiện diện của các điểm bán hàng rong (32) và dịch vụ chụp ảnh tự phát (15) xung quanh khu vực không nên bị xem là "vấn đề" cần xóa bỏ, mà là biểu hiện của một nền kinh tế sáng tạo và nhu cầu xã hội đang vận hành xung quanh di sản.

Tuy nhiên, như Rypkema (2012) đã lưu ý, "tính sống cần được quản lý thông minh để tránh rơi vào tình trạng thương mại hóa quá mức". Thách thức đặt ra không phải là cấm đoán, mà là tìm ra các cơ chế quản lý linh hoạt để "thuần hóa" và tích hợp các hoạt động tự phát này vào trong một khuôn khổ trật tự, biến chúng thành một phần hữu cơ làm giàu thêm cho trải nghiệm di sản, thay vì làm suy giảm nó. Bài học từ George Town, Penang cho thấy khi cộng đồng nhận ra giá trị kinh tế từ di sản, họ sẽ trở thành những người bảo vệ tích cực nhất, nhưng cũng cần cảnh giác với nguy cơ biến di sản thành một sân khấu thuần túy phục vụ du lịch.

5.3. Khoảng trống trong quản trị di sản

Phân tích từ phỏng vấn sâu cho thấy các thách thức về không gian và kinh tế đều bắt nguồn từ một khoảng trống quản trị mang

tính hệ thống. Tỷ lệ 87% ý kiến phàn nàn về sự phân mảnh quản lý phản ánh sự thiếu vắng của một tầm nhìn tổng thể và một cơ chế điều phối đủ mạnh. Mô hình quản lý "đa sở, thiếu chủ" hiện nay đã tạo ra những "lỗ hổng quyền lực" nơi các lợi ích phát triển ngắn hạn dễ dàng lấn át các mục tiêu bảo tồn dài hạn.

Việc chỉ có 15% công trình di sản tư nhân được tiếp cận nguồn vốn hỗ trợ là một minh chứng cho sự bất cập trong chính sách tài chính. Nó tạo ra một gánh nặng bất bình đẳng lên vai chủ sở hữu, những người vừa phải gánh vác "trách nhiệm xã hội" trong việc bảo tồn, vừa phải chịu đựng các hạn chế trong khai thác kinh tế. Kinh nghiệm từ Hội An, như Di Giovine (2009) chỉ ra, cho thấy khi chủ sở hữu được trao quyền và hỗ trợ tài chính, kỹ thuật, họ sẽ trở thành những tác nhân bảo tồn hiệu quả và bền vững nhất. Do đó, việc thành lập một Quỹ Bảo tồn Di sản Đô thị với cơ chế minh bạch và dễ tiếp cận không còn là một lựa chọn, mà là một yêu cầu cấp thiết.

6. KIẾN NGHỊ

Trên cơ sở phân tích thực trạng và các thách thức, nghiên cứu đề xuất một hệ thống giải pháp đồng bộ, từ thể chế đến kỹ thuật và cộng đồng, nhằm hiện thực hóa mô hình bảo tồn tổng thể và tôn trọng "tính sống" của di sản.

6.1. Kiến nghị về thể chế và chính sách: Kiến tạo khuôn khổ pháp lý vững chắc

• Thành lập Ủy ban Di sản Đô thị TP.HCM: Ủy ban này trực thuộc UBND Thành phố, có tư cách pháp nhân và thẩm quyền điều phối, tham mưu và quyết định đối với các vấn đề liên quan đến di sản trong khu vực nghiên cứu theo quy định. Thành phần gồm lãnh đạo các sở, ngành liên quan (Sở Văn hóa và Thể thao, Sở Quy hoạch - Kiến trúc, Sở Xây dựng), các chuyên gia độc lập, cùng đại diện cộng đồng cư dân và doanh nghiệp. Đây được xem là giải pháp then chốt nhằm khắc phục tình trạng phân mảnh trong công tác quản lý di sản đô thị.

• Ban hành "Quy chế Quản lý Kiến trúc đô thị đặc thù" cho Khu trung tâm lịch sử: Quy chế này phải có tính pháp lý cao, cụ thể hóa các nguyên tắc:

○ Kiểm soát chiều cao tuyệt đối: Thiết lập các vùng lõi di sản (tối đa 2-3 tầng), vùng đệm (tối đa 5 tầng) và vùng chuyển tiếp.

○ Giới hạn mật độ xây dựng (≤65%) và hệ số sử dụng đất (≤3.0): Nhằm bảo vệ không gian xanh, sân vườn và đảm bảo tỷ lệ không gian đặc trưng.

○ Quy định về vật liệu, màu sắc, và chi tiết kiến trúc: Hướng dẫn cụ thể để các công trình mới và cải tạo đạt được sự hài hòa với cảnh quan hiện hữu.

• Xây dựng và vận hành "Quỹ Bảo tồn Di sản TP.HCM": Quỹ được hình thành từ nhiều nguồn (ngân sách, đóng góp xã hội hóa, từ các dự án phát triển...), qua đó cung cấp các gói hỗ trợ 30-50% kinh phí trùng tu cho chủ sở hữu tư nhân, kèm theo tư vấn kỹ thuật miễn phí. Đây là chìa khóa để giải quyết bài toán xung đột lợi ích và thiếu nguồn lực.

6.2. Kiến nghị về giải pháp kỹ thuật: Áp dụng các công cụ bảo tồn linh hoạt và hiện đại

• **Triển khai rộng rãi nguyên tắc "Bảo tồn Thích nghi" (Adaptive Reuse) cho từng phân loại công trình:** Cần có hướng dẫn chi tiết, phân cấp dựa trên giá trị và tình trạng của từng nhóm công trình:

○ ***Đối với Di tích Lịch sử - Văn hóa đã được xếp hạng (cấp Quốc gia, Thành phố):*** Áp dụng nguyên tắc bảo tồn nghiêm ngặt. Mọi can thiệp phải tuân thủ tuyệt đối tính chân xác (authenticity) về vật liệu, kết cấu và hình thái kiến trúc gốc. Ví dụ: Dinh Độc Lập, Nhà thờ Đức Bà, Bưu điện Trung tâm, Nhà hát Thành phố. Các công trình này cần được ưu tiên số hóa 3D để phục vụ trùng tu, bảo quản và phát huy giá trị thông qua tham quan, giáo dục.

○ ***Đối với các Công trình Kiến trúc có Giá trị (chưa xếp hạng di tích) trong Khu vực Bảo vệ Di sản:*** Áp dụng linh hoạt nguyên tắc bảo tồn thích nghi. Cho phép thay đổi công năng nội thất một cách thông minh để phù hợp với nhu cầu đương đại, nhưng phải bảo tồn nguyên trạng mặt tiền, mái, và kết cấu chính.

○ ***Đối với các Không gian Công cộng và Cảnh quan Đô thị:*** Cần có giải pháp thiết kế đô thị nhạy bén để nâng cao chất lượng sử dụng mà không làm tổn hại đến giá trị.

▪ *Công viên 30/4, Công viên Tao Đàn:* Bổ sung các tiện ích hiện đại (ghế ngồi, hệ thống chiếu sáng, wifi) nhưng tôn trọng quy hoạch cây xanh và bố cục không gian lịch sử.

▪ Các quảng trường (trước Nhà thờ Đức Bà, Nhà hát Thành phố): Tổ chức các hoạt động văn hóa, lễ hội phù hợp, quản lý chặt chẽ các hoạt động thương mại tự phát để tránh làm méo mó không gian.

• **Số hóa toàn bộ di sản bằng công nghệ tiên tiến:** Ứng dụng 3D Laser Scanning và mô hình BIM (Building Information Modeling) để tạo lập "bộ hồ sơ gen số" cho di sản - cơ sở dữ liệu số đầy đủ về hiện trạng, lịch sử và mọi can thiệp của di sản. Đề xuất thí điểm số hóa 15 công trình di sản cấp quốc gia trong giai đoạn 2025-2026, tiến tới số hóa toàn bộ khu vực.

• **Phát triển hệ thống "Tuyến di sản đi bộ" kết nối:** Thiết kế 3 tuyến chính với các trải nghiệm khác biệt:

○ *Tuyến phong cách Kiến trúc Pháp:* Nhà thờ Đức Bà - Bưu điện Trung tâm - Bảo tàng Cách mạng - UBND Thành phố - Nhà hát Thành phố - Tòa án Nhân dân.

○ *Tuyến Văn hóa - Thương mại:* Bến Bạch Đằng - Đồng Khởi - Nguyễn Huệ - Hội trường Thống Nhất.

○ *Tuyến Không gian Xanh lịch sử:* Công viên 30/4 - Dinh Độc Lập - Công viên Tao Đàn - Các vườn hoa - quảng trường. Các tuyến này cần được đầu tư về chất lượng vỉa hè, hệ thống thông tin - chỉ dẫn, điểm dừng chân và các hoạt động văn hóa đường phố.

6.3. Kiến nghị về quản lý và vận hành: Thúc đẩy mô hình quản trị đa chủ thể

• Thiết lập "Hội đồng Di sản Cộng đồng" tại phường/xã: Đây là cơ chế giám sát từ cơ sở, nơi cư dân và doanh nghiệp địa phương trực tiếp phản ánh các vi phạm, đề xuất ý tưởng và tham gia giám sát quá trình cải tạo, trùng tu các công trình trong khu vực họ sinh sống.

• Phát triển "Mô hình Bảo tồn dựa vào Cộng đồng" học tập từ Hội An: Trao quyền cho cộng đồng trong việc quản lý, tổ chức lễ hội, và khai thác du lịch một phần tại các không gian công cộng và di sản. Lợi nhuận từ các hoạt động này được tái đầu tư cho bảo trì di sản và các phúc lợi cộng đồng.

• Xây dựng "Chương trình Đào tạo & Tư vấn liên tục": Tổ chức các khóa đào tạo ngắn hạn, hội thảo chuyên đề cho các đối tượng then chốt:

○ Chủ sở hữu tư nhân: Về kỹ thuật bảo trì, các mô hình khai thác bền vững và cách thức tiếp cận nguồn vốn hỗ trợ.

○ Cán bộ quản lý địa phương: Về quy chế mới, kỹ năng giám sát và đánh giá.

○ Kiến trúc sư, thợ thủ công: Về kỹ thuật trùng tu truyền thống và hiện đại.

7. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh một cách thuyết phục rằng con đường bền vững duy nhất cho bảo tồn di sản đô thị tại TP.HCM

nói chung và khu trung tâm lịch sử Sài Gòn nói riêng chính là việc chuyển dịch từ tư duy bảo tồn "công trình điểm" cứng nhắc sang tiếp cận tổng thể, nơi di sản được nhìn nhận như một cơ thể sống - một hệ sinh thái phức hợp của các giá trị vật chất và phi vật thể, có mối liên hệ hữu cơ với không gian đô thị và đời sống cộng đồng.

"Tính sống" của di sản, thông qua các biểu hiện về khả năng thích ứng và đa chức năng, đã được khẳng định không phải là mối đe dọa cần kiềm chế, mà là động lực và nguồn lực nội sinh cho sự phát triển bền vững. Việc kiểm soát hay "đóng băng" di sản chỉ khiến chúng trở nên xa lạ và tách biệt với xã hội. Thay vào đó, một chiến lược "bảo tồn năng động", cho phép di sản tiếp tục được sử dụng, yêu thương và làm mới trong một khuôn khổ được quản lý chặt chẽ, mới chính là chìa khóa để chúng trường tồn.

Ba câu hỏi nghiên cứu then chốt đã được giải đáp xuyên suốt bài viết:

(i) *Về xác định giá trị:* Bằng phương pháp hỗn hợp, giá trị di sản cần được đánh giá toàn diện ở cả cấp độ khu vực (cấu trúc không gian, cảnh quan, mối liên hệ) và cá thể (giá trị lịch sử, kiến trúc, sử dụng), với sự tham gia của cộng đồng.

(ii) *Về cân bằng bảo tồn và phát triển:* Cơ chế "bảo tồn thích nghi" và các quy chế quản lý kiến trúc linh hoạt là công cụ then chốt để đạt được sự cân bằng này, biến xung đột thành cơ hội.

(iii) *Về mô hình quản lý*: Mô hình quản trị đa chủ thể - với sự tham gia của Nhà nước (vai trò kiến tạo), chuyên gia (vai trò tư vấn), cộng đồng (vai trò giám sát và hưởng lợi) và chủ sở hữu tư nhân (vai trò chủ thể) - là mô hình phù hợp duy nhất để đảm bảo tính bền vững.

Thành công của công cuộc bảo tồn tại khu trung tâm lịch sử Sài Gòn - TP.HCM sẽ không chỉ dừng lại ở việc gìn giữ những viên gạch, mái ngói của quá khứ mà còn góp phần định hình bản sắc đô thị TP.HCM trong tương lai - một đô thị toàn cầu nhưng vẫn đậm đà bản sắc, một đô thị năng động nhưng vẫn trân trọng chiều sâu lịch sử, nơi quá khứ và hiện tại không ngừng đối thoại để cùng kiến tạo một tương lai phát triển bền vững và nhân văn hơn.

Hơn thế nữa, mô hình bảo tồn tổng thể và tôn trọng "tính sống" được đề xuất trong nghiên cứu này không chỉ dừng lại ở phạm vi khu trung tâm lịch sử Sài Gòn. Nó có thể được nhân rộng cho các khu vực di sản đô thị khác tại Việt Nam - từ Hà Nội, Huế, Đà Nẵng đến các thị trấn cổ như Hội An, Phố Hiến - và thậm chí trở thành một tham chiếu quốc tế cho các đô thị đang phát triển mạnh ở Đông Nam Á, nơi áp lực đô thị hóa đang đe dọa di sản một cách tương tự.

Cuối cùng, bảo tồn di sản không chỉ là trách nhiệm của nhà nước hay chuyên gia, mà là sứ mệnh chung của toàn xã hội. Khi mỗi cư dân, mỗi doanh nghiệp, mỗi du khách nhận thức được rằng di sản không phải là gánh nặng mà là tài sản sống động, là nguồn lực kinh tế, văn hóa và bản sắc, thì việc bảo vệ và phát huy di sản sẽ trở thành một phong trào tự nhiên, bền vững và đầy sức sống - đúng như tinh thần "tính sống" mà nghiên cứu này hướng tới.

Vì vậy, hành động ngay hôm nay - từ chính sách, quy hoạch, quản lý đến giáo dục cộng đồng - sẽ quyết định liệu khu trung tâm lịch sử Sài Gòn có tiếp tục là linh hồn của TP.HCM trong thế kỷ 21 hay sẽ dần bị lãng quên trong dòng chảy đô thị hóa không kiểm soát.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Australia ICOMOS. (2013). The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance.

[2]. Bandarin, F., & Van Oers, R. (2012). The Historic Urban Landscape: Managing Heritage in an Urban Century. Wiley-Blackwell.

[3]. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77-101.

[4]. Chapman, W. (2013). Heritage of Ruination. Journal of Material Culture, 18(4), 351-368.

[5]. Conzen, M. R. G. (1960). Alnwick, Northumberland: A Study in Town-Plan Analysis. Transactions of the Institute of British Geographers, (27), 1-122.

[6]. Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). Designing and Conducting Mixed Methods Research (3rd ed.). Sage Publications.

[7]. Di Giovine, M. A. (2009). The Heritage-scape: UNESCO, World Heritage, and Tourism. Lexington Books.

[8]. Gehl, J. (2010). Cities for People. Island Press.

[9]. Gómez, F., & Montero, L. (2021). Visual Assessment of Historic Urban Landscapes. Landscape and Urban Planning, 214, 104-118.

[10]. ICOMOS. (1964). The Venice Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites.

[11]. Jokilehto, J. (2006). A History of Architectural Conservation. Routledge.

[12]. Rypkema, D. D. (2012). The Economics of Historic Preservation. National Trust for Historic Preservation.

[13]. Salma, K. (2015). The Penang Shophouse: A Handbook of Features and Materials. Areca Books.

[14]. Siravo, F. (2019). Planning Integrated Conservation. Getty Conservation Institute.

[15]. Sở Quy hoạch - Kiến trúc TP.HCM. (2020). Đồ án Quy hoạch phân khu đô thị khu trung tâm hiện hữu TP.HCM.

[16]. Taylor, K. (2016). The Historic Urban Landscape paradigm and cities as cultural landscapes: Challenging orthodoxy in urban conservation. Landscape Research, 41(4), 471-480.

[17]. Turner, M. (2019). Integrated Urban Conservation: Principles and Practice. Routledge.

[18]. UNESCO. (2003). Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage.

[19]. UNESCO. (2011). Recommendation on the Historic Urban Landscape.

[20]. Wijesuriya, G. (2018). Living Heritage: A Summary. ICCROM.

■Ngày nhận bài: 24/11/2025 ■Ngày sửa bài: 04/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/12/2025

Đô thị sông nước, triết lý không gian và kiến tạo nơi chốn: Trường hợp Sài Gòn đối sánh Đông - Tây

River urban, philosophy of space and placemaking: The case of Saigon comparision between East and West

> TS.KTS PHÙ VĂN TOÀN
Cục Kinh tế Quản lý Đầu tư xây dựng, Bộ Xây dựng;
Email: phuvantoan.bxd@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo này đề xuất đọc lại lịch sử hình thành và biến đổi của Sài Gòn như một quá trình kiến tạo nơi chốn (placemaking) diễn ra trên ba tầng: nền tảng địa lý - sinh thái sông nước, triết lý không gian bản địa (mô hình "Tam tài" ở phương Nam, "Tứ trụ" ở phương Bắc), và sự va chạm Đông - Tây trong thời thuộc địa và toàn cầu hóa. Trên cơ sở đó, bài viết lập luận rằng Sài Gòn không chỉ là một "đô thị cảng" được hình thành do lợi thế giao thông đường thủy, mà còn là một không gian lai ghép nơi các mô thức tổ chức không gian, kinh tế và văn hóa ngoại lai được tiếp nhận có chọn lọc, bản địa hóa và lồng ghép vào trật tự sông nước, làng xóm sẵn có.

Thông qua việc đối chiếu cấu trúc đô thị - văn hóa của phương Đông nông nghiệp và phương Tây công nghiệp - du mục; bài báo chỉ ra hai quỹ đạo kiến tạo nơi chốn khác nhau nhưng đang ngày càng đan xen trong bối cảnh toàn cầu hóa. Đồng thời, bài viết bàn luận khái niệm "không nơi chốn" (placelessness) như một nguy cơ hiện hữu đối với các đô thị Việt Nam, đặc biệt là Sài Gòn - TP.HCM, khi các mô hình phát triển chuẩn hóa và phi bản địa hóa ngày càng mạnh. Kết luận nhấn mạnh yêu cầu kết hợp giữa hiểu biết về nền tảng sông nước, triết lý không gian bản địa và kinh nghiệm quốc tế để hướng đến các chiến lược đô thị vừa hiện đại vừa trung thành với bản sắc nơi chốn.

Từ khóa: Nơi chốn, kiến tạo nơi chốn, sông nước, Sài Gòn, Đông - Tây, Tam tài - Tứ trụ, phi nơi chốn.

ABSTRACT

This article proposes to reread the history of Saigon's formation and transformation as a process of placemaking that takes place on three levels: the geographical and ecological foundation of the river, the indigenous spatial philosophy (the "Tam tai" model in the Southern, the "Tu tru" model in the Northern), and the East - West collision during the colonial and globalization period. On that basis, the article argues that Saigon is not only a "port city" formed due to the advantage of waterway transportation, but also a hybrid space where foreign spatial, economic and cultural organizational models are selectively adopted, localized and integrated into the existing river, village order.

Through the comparison of the urban-cultural structures of the agricultural East and the industrial - nomadic West, the article points out two different but increasingly intertwined trajectories of place-making in the context of globalization. At the same time, the article discusses the concept of "placelessness" as an existential threat to Vietnamese cities, especially Saigon - Ho Chi Minh City, when standardized and delocalized development models are increasingly strong. The conclusion emphasizes the need to combine understanding of water resources, indigenous spatial philosophy and international experience to aim for urban strategies that are both modern and faithful to the identity of place.

Keywords: Place, placemaking, river, Saigon, East - West, Tam Tai - Tu Tru, placelessness.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong vài thập niên gần đây, khái niệm "nơi chốn" (place) và "kiến tạo nơi chốn" (placemaking) đã trở thành trục trung tâm trong các nghiên cứu về đô thị học nhân văn, địa lý văn hóa và lý thuyết quy hoạch - đô thị. Thay vì xem đô thị như một tập hợp thuần túy các công trình, hạ tầng và chức năng, nhiều tác giả nhấn mạnh rằng đô thị là mạng lưới những nơi chốn có ý nghĩa, nơi con người neo đậu ký ức, căn tính và các quan hệ xã hội. Trong bối cảnh đó, việc đọc lại các đô thị Việt Nam nói chung và Sài Gòn nói riêng từ góc nhìn "nơi chốn" trở nên cấp thiết, nhất là khi quá trình đô thị hóa

nhanh và toàn cầu hóa đang gây sức ép mạnh mẽ lên các cấu trúc bản địa.

Bài viết này xuất phát từ một quan sát giản dị nhưng quan trọng: **phần lớn đô thị Việt Nam trong lịch sử đều gắn với sông, rạch, cửa biển**; Sài Gòn là một ví dụ điển hình. Từ đó, bài viết triển khai ba câu hỏi nghiên cứu chính:

- Nền tảng địa lý, sinh thái sông nước đã định hình như thế nào cách người Việt nói chung và cư dân Sài Gòn nói riêng kiến tạo nơi chốn đô thị ?

- Triết lý không gian bản địa, đặc biệt là mô hình "Tam tài" ở phương Nam và "Tứ trụ" ở phương Bắc, góp phần giải thích ra sao cho sự khác biệt vùng miền trong tổ chức đô thị và thái độ tiếp nhận tác động ngoại lai ?

- Trong quá trình va chạm với mô hình đô thị phương Tây (trước hết qua chế độ thuộc địa Pháp) và sau đó là toàn cầu hóa, Sài Gòn đã trải qua những lớp biến đổi nào về chức năng, cấu trúc và bản sắc nơi chốn ?

Trả lời các câu hỏi trên, bài báo hướng đến việc xây dựng một khung phân tích "nơi chốn Sài Gòn" vừa đặt trên nền địa văn hóa bản địa, vừa mở ra đối thoại với các lý thuyết place/placelessness trong nghiên cứu quốc tế.

1. KHUNG LÝ THUYẾT: TỪ SPACE - PLACE TỚI SÔNG NƯỚC VÀ TRIẾT LÝ KHÔNG GIAN

1.1. Nơi chốn, không gian và kiến tạo nơi chốn

Trong truyền thống nhân văn địa lý, nhiều tác giả phân biệt nhưng đồng thời gắn bó space (không gian) và place (nơi chốn) như hai cực của một quá trình trải nghiệm. Không gian thường được hiểu như miền mở, trừu tượng, tiềm năng, trong khi nơi chốn là không gian được đặt tên, được sống, được gán ý nghĩa qua trải nghiệm, ký ức, biểu tượng và thực hành hằng ngày. Nói cách khác, nơi chốn là không gian đã được "lấp đầy" bởi cảm giác thuộc về [13].

Trong kiến trúc, Norberg Schulz đưa khái niệm Genius loci - "khí tính của một vùng đất" vào lý thuyết kiến trúc, coi nhiệm vụ của kiến trúc là "hiển lộ" và củng cố bản sắc nơi chốn, giúp con người "dwell" - an trú trong thế giới [8].

Trong bối cảnh đô thị, kiến tạo nơi chốn có thể được hiểu theo hai cách bổ sung:

- *Góc nhìn "từ trên xuống"*: những chiến lược, dự án, chính sách, thiết kế hình thức nhằm tạo lập hoặc tái cấu trúc các không gian đô thị để chúng trở thành nơi chốn: có bản sắc, dễ nhận diện, hỗ trợ đời sống xã hội.

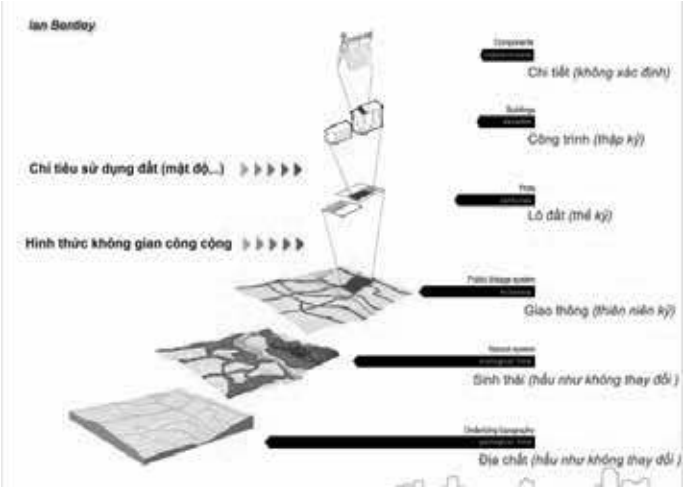
- *Góc nhìn "từ dưới lên"*: các thực hành chiếm hữu (appropriation), đặt tên, sử dụng, cải tạo nhỏ lẻ nhưng lặp lại, qua đó cư dân kiến tạo nơi chốn bằng chính đời sống của mình, đôi khi trái hẳn với ý đồ của nhà quy hoạch.

Bài báo này đặc biệt nhấn mạnh sự giao cắt của hai chiều: tại Sài Gòn, nơi chốn đô thị được hình thành không chỉ từ các quyết định quy hoạch - kiến trúc (nhất là thời thuộc địa và hậu thuộc địa), mà còn từ tầng dày thực hành sông nước, buôn bán, cư trú của cộng đồng dân cư đa thành phần.

1.2. Sông nước như nền tảng hình thành nơi chốn đô thị

Sông nước không chỉ là yếu tố tự nhiên mà còn là nền tảng hình thành nơi chốn đô thị trong nhiều nền văn hóa, đặc biệt ở các vùng châu thổ Đông Nam Á. Các nghiên cứu về đồng bằng và cảng thị khu vực cho thấy mạng lưới sông, kênh, rạch quyết định vị trí định cư, trục giao thương và cấu trúc quyền lực của đô thị, từ đó định hình "xương sống" của nơi chốn. Trong ngôn ngữ của Kevin Lynch, bờ sông và chợ, bến chính là những *paths*, *edges* và *nodes* đầu tiên của cấu trúc hình ảnh đô thị trong tâm trí cư dân [11]. Ở cấp độ trải nghiệm, Yi-Fu Tuan chỉ ra rằng: những không gian gắn với nước - bến đò, bờ sông, cảng,… thường là nơi tích tụ ký ức, biểu tượng và cảm xúc tập thể, qua đó biến không gian trừu tượng thành nơi chốn giàu ý nghĩa [16].

Dưới lăng kính nhiều tầng của Ian Bentley, địa chất và hệ sinh thái gần như không thay đổi theo thời gian, hệ thống giao thông có thể biến đổi trong khung thời gian thiên niên kỷ, lô đất là thế kỷ và công trình kiến trúc là thập kỷ. Trong đó, sông nước thuộc về lớp cấu trúc nền sâu của đô thị, nằm giữa địa hình và hệ sinh thái - những yếu tố biến đổi rất chậm theo thời gian hoặc gần như không biến đổi [10]. Chính vì tính ổn định này, sông nước trở thành khung tham chiếu bền vững cho các lớp nông hơn như mạng lưới giao thông, cấu trúc không gian công cộng, phân chia lô đất và tổ chức công trình. Khi hệ thống quảng trường, bến bãi, tuyến đi bộ và mặt tiền đô thị được "bắt rễ" vào cấu trúc sông nước, môi trường xây dựng sẽ dễ đọc hơn, đáp ứng tốt hơn và giàu bản sắc nơi chốn hơn. Ngược lại, che lấp hoặc đối xử với thiên nhiên cốt lõi không đúng mực, không thuận theo tự nhiên, làm đứt gãy mối liên hệ giữa các tầng cấu trúc, qua đó làm suy giảm tính thích ứng lẫn tính bền vững sẽ làm mất đi giá trị nơi chốn - cái nôi của sự trường tồn [2].



Hình 1. Lý thuyết đô thị của Ian Bentley

Ở Việt Nam, hệ thống sông, rạch, kênh, mương, đầm phá không đơn thuần là hạ tầng tự nhiên mà là "mạng lưới sống" gắn với canh tác, giao thương và di chuyển. Điều này đặc biệt rõ ở đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ, nơi cư dân lựa chọn vị trí định cư theo nguyên lý "nhất cận thị, nhị cận giang, tam cận lộ". Cảng thị, chợ bến, bến nước, bến đò trở thành các hạt nhân ban đầu của nơi chốn đô thị [5].

Sài Gòn - với hạt nhân ban đầu là vùng Bến Nghé - Gia Định - Chợ Lớn, là một trường hợp điển hình của mô thức đô thị men theo con nước: sông Sài Gòn, kênh rạch chằng chịt vừa là trục giao thông, vừa là bối cảnh cảnh quan, vừa là cơ sở để xác lập các "mặt tiền" kinh tế. Cảm nhận nơi chốn ở đây gắn chặt với:

- Hình ảnh *bến - sông - chợ*,
- Nhịp điệu *thủy triều, mùa lũ, mùa khô*,
- Cách cư dân *xoay mặt nhà, kho, bến cảng* về phía nước.

Nói cách khác, thế nước là nền trục để đọc cấu trúc nơi chốn Sài Gòn tiền thuộc địa, trước khi trục đường thẳng, đại lộ và quảng trường kiểu Pháp được áp đặt.

1.3. Triết lý không gian Tam tài - Tứ trụ

Triết lý không gian Tam tài - Tứ trụ là một "mã văn hoá" quan trọng để hiểu cấu trúc vũ trụ và tổ chức không gian sống của người Việt. "Tam tài" (Thiên - Địa - Nhân) biểu hiện quan niệm về sự hài hòa giữa trời, đất và con người, chi phối từ cách chọn đất làm nhà, bố trí

làng xóm đến việc kiến tạo không gian nghi lễ. Thích ứng cao với môi trường mới, đặc biệt là vùng đất mới Nam Bộ. Trong khi đó, "Tứ" (Tứ tượng, tứ trụ, bốn phương - trung tâm,…) thể hiện trong cách tổ chức làng - kinh thành - vũ trụ với trục chính - phụ, bốn hướng, bốn trụ đỡ. Mô hình này gắn với tính thứ bậc, trung tâm hóa, ổn định, quy phạm, rõ trục - rõ ranh, đậm ở miền Bắc hơn miền Nam. Bằng cách đọc các mô hình này trong kiến trúc, làng xã, đô thị có thể giải mã những khác biệt vùng miền và phong cách ứng xử với không gian của văn hoá Việt [6]:

Từ góc nhìn kiến tạo nơi chốn, hai mô hình này gợi ý:

- Ở *phương Bắc*, nơi chốn dễ được kiến tạo thông qua *trật tự biểu tượng rõ ràng*: trục thần đạo, trung tâm - ngoại vi, bốn hướng, cổng làng, đình làng, thành quách.

- Ở *phương Nam*, nơi chốn được hình thành theo *logic thích ứng - dung hợp*: cộng cư đa tộc người, cấu trúc sông nước linh động, ít ràng buộc bởi mô hình kinh thành truyền thống, sẵn sàng tiếp nhận yếu tố mới và dùng được là giữ, không hợp thì biến đổi.

Trong trường hợp Sài Gòn, điều này giải thích vì sao khi người Pháp đến, cấu trúc sông nước và nếp sống bản địa không bị xoá trắng, mà được lồng ghép, chắp nối, thậm chí đảo ngược công năng trong các khu phố, dãy nhà, chợ búa mới.

2. NỀN TẢNG ĐỊA LÝ - SINH THÁI CỦA CÁC ĐÔ THỊ VIỆT NAM VÀ TRƯỜNG HỢP SÀI GÒN-TP.HCM

2.1. Đô thị ven sông như mô hình lịch sử chủ đạo

Lịch sử đô thị Việt Nam cho thấy một chuỗi các trung tâm lớn như Thăng Long - Hà Nội (sông Hồng), Huế (sông Hương), Hội An (sông Thu Bồn), Đà Nẵng (sông Hàn), Sài Gòn - Chợ Lớn (sông Sài Gòn và hệ thống kênh rạch). Điểm chung là: Đều nằm tại các vị trí hợp lưu con nước tạo, giao thương quan trọng, tận dụng sông nước như hạ tầng logistics chính yếu, hình thành các cảng thị, chợ bến, làng nghề ven sông nước trước khi có đường bộ hiện đại như ngày nay [12].

Điều này làm cho hình thái nơi chốn ở các đô thị Việt Nam mang đậm dấu ấn:

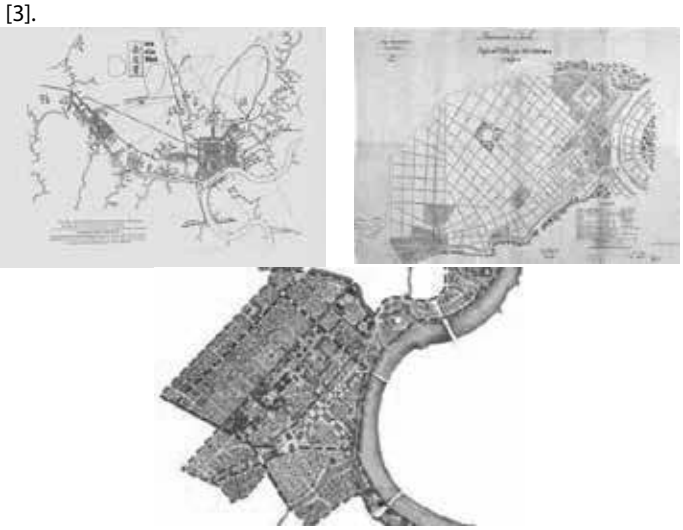
- Trục *địa mạo - thủy văn* (dòng sông, bờ bãi, cồn, kênh),
- Các *nút giao chợ - bến - bến đò*,
- Các chuỗi *phố ven sông, nhà quay mặt ra nước*.

Ở Sài Gòn, cấu trúc đó càng rõ, vì vùng Nam Bộ là một đồng bằng châu thổ trẻ, nơi ranh giới đất - nước luôn dịch chuyển, buộc cư dân phải tính toán với con nước trong mọi hoạt động.

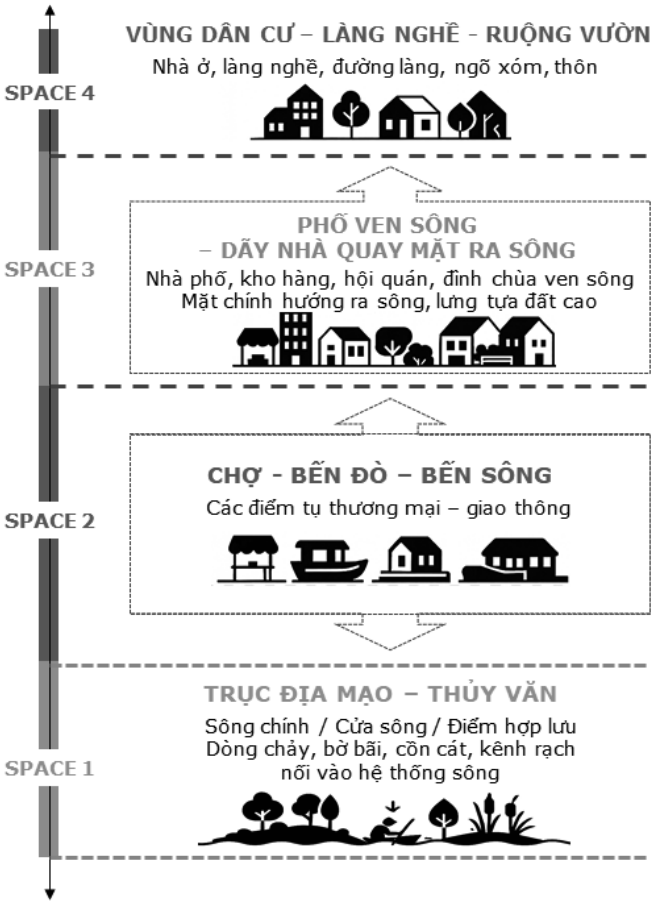
2.2. Sài Gòn - TP.HCM - đô thị men theo sông Sài Gòn

Sài Gòn trước thời thuộc địa có thể được xem như một đô thị vừa làng vừa cảng theo đúng nghĩa của một không gian chuyển tiếp giữa cấu trúc làng xã truyền thống và cảng thị hướng ngoại. Trước năm 1859, khi người Pháp chiếm thành Gia Định, cấu trúc không gian của Sài Gòn không phải là một thành phố được quy hoạch theo trục đại lộ hay quảng trường, mà là một mạng lưới đan xen chặt chẽ giữa các làng, xóm, chợ và đầu mối giao thông đường thủy. Các cụm dân cư ven kênh rạch - với nhà ở, vườn tược, bến nước, đình chùa - vừa mang đặc trưng của làng nông nghiệp, vừa gắn trực tiếp với các hoạt động buôn bán, vận chuyển hàng hoá bằng ghe thuyền, tạo nên một dạng văn hoá "làng - phố - bến" rất đặc thù của Nam Bộ.

Trong cùng không gian đó, các công trình hành chính - quân sự của triều Nguyễn (thành, dinh, đồn trấn) được bố trí tại những vị trí kiểm soát chiến lược dọc theo sông và kênh rạch, phản ánh vai trò của Gia Định như một trung tâm quyền lực vùng về cả quân sự lẫn quản lý lãnh thổ. Xen lẫn với các cụm làng - chợ là những bến ghe, cảng nhỏ, kho hàng, trạm thu thuế, nơi dòng hàng hóa từ nội địa Nam Bộ và các vùng lân cận được gom lại, phân phối tiếp ra biển hoặc ngược lên thượng lưu. Cấu trúc ấy cho phép Sài Gòn cùng lúc thực hiện hai chức năng: một mặt là không gian sinh hoạt thường nhật của cư dân làng xã, mặt khác là một đầu mối thương mại đường thủy kết nối các mạng lưới buôn bán nội vùng và liên vùng [3].



Hình 2. Quy hoạch Sài Gòn - TP.HCM những năm 1815, 1862 và 2013. *Nguồn: Internet*



Hình 3. Cấu trúc không gian sông nước

Ở góc độ kiến tạo nơi chốn, có thể nói đô thị vừa làng vừa cảng là cách mô tả tính lai ghép cấu trúc và công năng của Sài Gòn tiền thuộc địa: đô thị không hình thành bằng một quyết định lập thành phố từ trên xuống, mà tích tụ dần từ các hạt nhân làng - chợ - bến ven sông, dưới sự tổ chức lỏng mà chặt của hệ thống hành chính -

quân sự triều đình. Chính sự lồng ghép đó đã tạo nên một không gian đô thị vừa mang nhịp sống làng xã, vừa mở ra những đường biên kinh tế - giao thương rộng hơn, đặt nền tảng cho quá trình Sài Gòn chuyển hoá thành một cảng thị thuộc địa và sau này là đại đô thị hướng biển.

Trong cấu trúc đó, sông Sài Gòn không chỉ là tuyến giao thông, mà là:

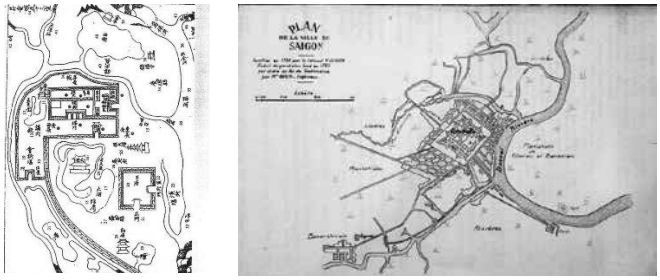
- *Trục cảnh quan*: một "mặt tiền lớn" nơi các thiết chế quyền lực (thành, dinh) và thương mại cùng định vị;
- *Trục sinh thái*: cung cấp nước, ảnh hưởng đến vi khí hậu, nông nghiệp ven sông;
- *Trục biểu tượng*: gắn với các câu chuyện khai phá, chinh phục đất mới, tích hợp nhiều lớp văn hóa Việt - Hoa - Khmer.

Việc cấu trúc đô thị Sài Gòn "dựa lưng vào đất, hướng mặt ra sông" là một chiến lược kiến tạo nơi chốn mang tính sinh thái - văn hóa sâu sắc, trước khi người Pháp đem đến một hệ hình tổ chức khác.

3. TRIẾT LÝ KHÔNG GIAN NAM - BẮC VÀ CẤU TRÚC NƠI CHỐN SÀI GÒN

3.1. Từ Tứ trụ đến Tam tài: hai logic tổ chức không gian

Ở miền Bắc Việt Nam, mô thức Tứ trụ có thể được hiểu như sự kết tinh của một không gian đã được "văn hiến hoá" lâu dài: mạng lưới làng xã dày đặc, kinh thành trung ương ổn định qua nhiều triều đại, cùng một trật tự đẳng cấp - hành chính được chuẩn hoá theo mô hình Nho giáo (ảnh hưởng bởi phong kiến Trung Hoa). Trong cấu trúc đó, nơi chốn đô thị Bắc Bộ thường tập trung quanh quan hệ trung tâm - ngoại vi khá rõ: Kinh thành (Thăng Long - Hà Nội) giữ vai trò hạt nhân quyền lực, các trấn - phủ - huyện - làng được tổ chức theo vòng đai. Không gian đô thị được neo lại bởi các điểm nhấn biểu tượng như thành quách, hoàng thành, cổng thành, cổng làng, đình, chùa, văn miếu,… tạo nên một "bản đồ thiêng" có trục, có ranh, có thứ bậc. Chính vì vậy, cấu trúc nơi chốn ở miền Bắc nhìn chung mang tính ổn định và bảo thủ cao hơn: các định chế và biểu tượng đã cứng hoá qua thời gian, việc thay đổi mô hình không gian thường chậm và vấp phải nhiều ràng buộc truyền thống.



Hình 4. Bản đồ Hoàng thành Thăng Long (phương Bắc) và thành Gia Định (phương Nam). *Nguồn: Internet*

Ngược lại, Nam Bộ, với tư cách là một vùng đất mới trong lịch sử mở cõi - được quy hoạch và tổ chức không gian sơ khai hơn, chủ yếu theo các nhu cầu khai phá, quân sự và kinh tế trước khi có một truyền thống văn hiến lâu đời định hình. Trong bối cảnh đó, mô thức Tam tài gợi mở một kiểu không gian mở, linh hoạt, chưa cố kết hoàn toàn, nơi trật tự không được áp đặt cứng từ một trung tâm văn hiến, mà được thương lượng lại liên tục giữa điều kiện tự nhiên (sông nước, phèn, lũ, phù sa) và yêu cầu sinh tồn, sản xuất, phòng thủ. Cộng đồng cư trú ở đây lại là đa thành phần: Việt, Hoa, Khmer, Chăm,… mỗi nhóm mang theo một mã không gian riêng, cùng tham gia thiết lập trật tự không gian - xã hội mới, từ cách chọn vị trí làng, tổ chức chợ - bến, đến việc xây dựng thiết chế tôn giáo - tín ngưỡng. Do các định chế và biểu tượng chưa kịp "hoá thạch", không gian Nam Bộ nói chung và đô thị Sài Gòn nói riêng mở hơn cho biến đổi nhanh, dễ tiếp nhận và bản địa hoá các yếu tố ngoại lai (như quy hoạch, kiến trúc, mô hình đô thị phương Tây) theo cách thực dụng và linh hoạt [6].

3.2. Tính cách Sài Gòn: tiếp nhận, biến đổi, bản địa hoá

Sài Gòn có thể được nhìn nhận trước hết như một "nơi chốn đang trở thành" (becoming place) hơn là một thành phố đã hoàn tất với cấu trúc - bản sắc cố định. Khác với các kinh đô truyền thống được kiến tạo trên một mô hình quy phạm tương đối ổn định, cấu trúc đô thị Sài Gòn hình thành và biến đổi thông qua những lớp chồng lấn liên tục: từ mạng lưới làng - xóm - chợ sông nước ban đầu, đến trật tự không gian - quyền lực do chế độ thuộc địa áp đặt, rồi các đợt đô thị hóa xã hội chủ nghĩa và làn sóng toàn cầu hóa đương đại. Mỗi giai đoạn đều đưa vào thành phố những dòng cư dân mới, chế độ quyền lực mới và mô hình kinh tế - quy hoạch mới; khiến Sài Gòn luôn ở trong trạng thái tái cấu trúc không ngừng, hơn là đạt tới một hình thái tối hậu ổn định. Chính tính chất "đang trở thành" này làm cho Sài Gòn vừa khó được nắm bắt trọn vẹn bằng các mô hình đô thị học kinh điển vốn giả định một cấu trúc tương đối tĩnh, vừa trở thành một trường hợp đặc biệt giàu tiềm năng để khảo sát sự giao cắt giữa triết lý không gian Tam tài - Tứ trụ, nền tảng sông nước và các chiến lược kiến tạo nơi chốn trong bối cảnh hậu thuộc địa.

Bởi thế, khi người Pháp chiếm Sài Gòn năm 1859, họ không chỉ áp đặt một chính quyền thuộc địa, mà còn đem theo một mô hình đô thị mới: đường thẳng, đại lộ, quảng trường, phân khu chức năng, cảng biển hiện đại. Tuy nhiên, phản ứng của cư dân bản địa không chỉ là chấp nhận hay kháng cự thuần túy, mà là:

- *Tiếp nhận những yếu tố có ích*: hệ thống đường xá, cầu cống, cảng, một số kiểu nhà mới, dịch vụ, cơ hội thương mại.
- *Biến đổi các mô thức lạ lẫm*: đưa chúng vào vòng quay của đời sống sông nước; Việt hóa các không gian Pháp bằng cách sử dụng mới, cấy ghép tập quán, kiến trúc bản địa.
- *Giữ lại dấu vết phong kiến - bản địa*: chùa chiền, dinh thự, chợ cũ, khu dân cư bản địa, lối sống "trên bến dưới thuyền".

Nhờ đó, Sài Gòn không trở thành một "thành phố châu Âu ngoài châu Âu" thuần túy, mà là một nơi chốn tiếp biến, trong đó:

- *Trục sông nước và trục đại lộ* cùng hiện diện;
- *Không gian thuộc địa và không gian dân cư bản địa* đan xen;
- *Hoạt động kinh tế tư bản* cùng tồn tại với *nếp sống cộng đồng truyền thống*.

Đây chính là một dạng kiến tạo nơi chốn đa tâm, nơi không có một triết lý không gian duy nhất chi phối, mà nhiều logic (sông nước - Tam tài - thuộc địa - tư bản) cùng thương lượng cấu hình đô thị.

4. ĐỐI SÁNH ĐÔNG - TÂY: HAI QUỸ ĐẠO KIẾN TẠO ĐÔ THỊ VÀ NƠI CHỐN

4.1. Phương Tây: du mục, công nghiệp và đô thị hiếu thắng

Trong lịch sử phương Tây, quá trình hình thành và phát triển xã hội luôn gắn với một tư duy chinh phục không gian mang tính mở rộng và tiến công: từ các làn sóng di dân nội lục, các cuộc viễn chinh và khai phá thuộc địa, đến những cuộc chiến tranh quy mô lớn, rồi tiếp nối bằng đô thị hóa, công nghiệp hóa và toàn cầu hóa. Trên nền tảng đó, nền kinh tế công nghiệp - dịch vụ được tổ chức quanh các nguyên tắc hiệu quả, cạnh tranh và tăng trưởng liên tục, biến thành phố thành không gian tập trung vốn, lao động và hạ tầng ở mật độ cao. Song song, một văn hóa cá nhân chủ nghĩa được củng cố, đề cao thành tựu cá nhân và quyền tự do như những giá trị cốt lõi, qua đó tái định nghĩa quan hệ giữa con người với không gian sống: đô thị trở thành sân khấu cho việc thể hiện năng lực, địa vị và phong cách sống [7].

Trong bối cảnh đó, các đô thị phương Tây thường được kiến tạo như những "cỗ máy không gian" có hiệu suất cao, phát triển mạnh theo chiều cao và mật độ kỹ thuật, với nhà cao tầng, cụm cao ốc văn phòng, khu thương mại dày đặc, được nâng đỡ bởi các mạng lưới hạ tầng kỹ thuật phức tạp. Cấu trúc không gian đô thị được tổ chức bởi hệ thống giao thông hiện đại, phân cấp rõ ràng, từ đường cao tốc, vành đai, mạng lưới metro đến các nút giao thông đa tầng, bảo đảm cho dòng người, hàng hóa, thông tin lưu chuyển nhanh và liên tục. Ở cấp độ biểu tượng, nhiều thành phố phương Tây mang đậm dấu ấn quyền lực và tính hiếu thắng: chúng hoạt động như những trung tâm quân sự, tài chính và công nghệ quy mô khu vực hoặc toàn cầu, nơi quyền lực chính trị - kinh tế được vật chất hóa trong các quận tài chính, trụ sở tập đoàn, tổ hợp công - quân sự và các biểu tượng kiến trúc khẳng định vị thế trong trật tự thế giới.

Từ góc nhìn nơi chốn, điều này tạo ra:

- Những *"nơi chốn quyền lực"* (power places): quảng trường quốc gia, khu hành chính, downtown, financial district.

- Đồng thời, xuất hiện nguy cơ "*không nơi chốn*": các không gian tiêu chuẩn hóa (khu thương mại, mall, khu văn phòng), nơi hình thức và trải nghiệm tương đối giống nhau trên toàn cầu.

4.2. Phương Đông: nông nghiệp, làng xã và đô thị cộng đồng

Trái với quỹ đạo phát triển mang tính công nghiệp - đô thị hóa sớm của phương Tây, phương Đông được định hình trên nền tảng nông nghiệp lúa nước, với cấu trúc làng xã, gia đình - dòng tộc giữ vai trò đơn vị tổ chức cơ bản của đời sống xã hội. Trong bối cảnh đó, các đô thị phương Đông thường phát triển theo chiều ngang, bám theo địa hình và cảnh quan tự nhiên: sông, núi, đồng bằng hơn là vươn thẳng lên trời bằng các cấu trúc cao tầng. Nhịp đổi mới không gian đô thị vì vậy nhìn chung chậm hơn và thận trọng hơn, ưu tiên duy trì trật tự, ổn định và tính liên tục của mạng lưới làng xã và quan hệ thân tộc, hơn là những cú nhảy vọt đột ngột về hình thái [4].

Trong khuôn khổ văn hoá đó, các đô thị phương Đông, xét về lịch sử, thường được hiểu như những "núi" quyền lực - văn hoá mọc lên trên nền làng xã, hơn là những đầu tàu tăng trưởng theo nghĩa kinh tế - công nghiệp như ở phương Tây. Thành thị là nơi đặt triều đình, dinh trấn, miếu mạo, trường thi, chợ lớn,… tức là nơi tập trung biểu tượng chính trị và văn hoá, nhưng vẫn gắn chặt về vật chất lẫn tinh thần với không gian làng qua dòng người, dòng lúa gạo, lễ hội, khoa cử. Vì vậy, dù có tường thành, có trục thần đạo hay khu phố buôn bán, đô thị phương Đông vẫn đề cao cộng đồng và các quan hệ xã hội thân tình: người ta lên phố nhưng vẫn nghĩ và sống như người của một làng, một họ, một quan hệ nghĩa tình, hơn là như những cá nhân tách rời trong một "cỗ máy thị trường" thuần tuý. Chính điều này tạo ra:

- Một *tầng sâu quan hệ cộng đồng* trong việc kiến tạo nơi chốn (phố phường, phường hội, làng nghề trong lòng đô thị).

- Nhưng cũng làm đô thị dễ bị *chậm trễ trong thích ứng* với các yêu cầu hạ tầng hiện đại, khi mô thức làng xã khó tương thích với nhu cầu quản trị phức tạp.

LOẠI HÌNH	**PHƯƠNG TÂY**	**PHƯƠNG ĐÔNG**
Bản chất	Di dân Ø Viễn chinh Ø Công nghiệp	Định canh, định cư Ø Làng xã Ø Nông nghiệp
Yếu tố NC	***Cá nhân***	***Cộng đồng***
Tự nhiên	- Đồi núi, cao nguyên, cảng biển	- Đồng bằng, thung lũng, bến sông
Công trình	- Lâu đài, đô thị, dinh thự - Tu viện, nhà thờ	- Kinh thành, làng xã, nhà vườn - Đình, chùa
Cấu trúc đô thị	- Quảng trường - Đường lớn, ô bàn cờ, đại lộ	- Trục thần đạo - Đường nhỏ, cong tự nhiên, ngõ hẻm
Hoạt động	- Trung tâm thương mại - Nhà hàng	- Chợ truyền thống - Vỉa hè

4.3. Giới hạn của đối sánh nhị nguyên và trường hợp Sài Gòn

Đối sánh Đông - Tây, nếu không thận trọng, rất dễ trượt vào những sơ đồ nhị nguyên cứng kiểu: "Tây = hiếu thắng, động, cá nhân", "Đông = hiếu hòa, tĩnh, cộng đồng". Những mô tả như vậy có thể hữu ích ở mức độ phác thảo khuynh hướng lịch sử, văn hoá; nhưng không nên bị hiểu như những bản chất bất biến gắn cố định với mỗi khu vực. Trên thực tế, ngay trong lòng phương Tây vẫn tồn tại rất nhiều mô thức nơi chốn cộng đồng mạnh mẽ, thể hiện qua các khu phố quy mô nhỏ, quảng trường truyền thống, hệ thống *neighborhood* với mạng lưới quan hệ láng giềng và các thiết chế cộng đồng dày đặc. Ở chiều ngược lại, nhiều đô thị phương Đông đương đại đang được tổ chức như các trung tâm công nghiệp - tài chính, vận hành theo logic tăng trưởng, cạnh tranh và toàn cầu hóa rất gần với mô hình phương Tây. Điều này cho thấy bất kỳ đối sánh Đông - Tây nào cũng cần được hiểu như so sánh các quá trình và cấu hình lịch sử - xã hội cụ thể, hơn là sự đối lập giữa hai bản tính không đổi, và luôn phải chừa chỗ cho những vùng giao thoa, lai ghép và biến đổi trong không gian đô thị.

Trường hợp Sài Gòn minh họa rõ tính đan xen và biến đổi đó:

- Vừa mang nền tảng *đô thị sông nước, làng - chợ - bến* theo mô thức Đông phương,

- Vừa được tái cấu trúc mạnh mẽ bởi mô hình *đô thị thuộc địa - tư bản phương Tây*,

- Lại đang được *tái cấu trúc* lần nữa bởi các làn sóng toàn cầu hóa, FDI, đô thị hóa ven đô, khu định cư mới, cao tầng.

Do đó, Sài Gòn là một trường hợp lai ghép, thích hợp để quan sát cách các quỹ đạo kiến tạo nơi chốn Đông - Tây va chạm, xung đột và kết hợp.

5. TOÀN CẦU HOÁ, TÍNH VÔ CHỐN VÀ NHỮNG THÁCH THỨC ĐỐI VỚI SÀI GÒN

5.1. Toàn cầu hoá và sự chuẩn hoá không gian

Toàn cầu hóa đang thúc đẩy những dòng dịch chuyển cường độ cao của vốn, công nghệ, mô hình quy hoạch và ngôn ngữ kiến trúc, qua đó tái cấu trúc sâu sắc cách các thành phố được hình dung, thiết kế và vận hành. Trong bối cảnh đó, nhiều đô thị, trong đó có Sài Gòn tham gia ngày càng chủ động vào một dạng "cuộc thi hình ảnh đô thị" ở quy mô khu vực và toàn cầu: xây dựng đường chân trời (skyline) với nhà cao tầng dày đặc, hình thành các khu CBD mới, tổ hợp trung tâm thương mại - văn phòng - giải trí, các khu đô thị khép kín và những biểu tượng kiến trúc mang tham vọng định vị thành phố trên bản đồ thế giới.

Quá trình này tạo ra tối thiểu hai hệ quả đối lập nhưng đan xen. Một mặt, nó tăng cường năng lực kết nối của đô thị: dòng vốn đầu tư và công nghệ mới cho phép nâng cấp hạ tầng kỹ thuật, mở rộng

mạng lưới giao thông, đa dạng hóa chức năng kinh tế và dịch vụ, giúp thành phố hội nhập sâu hơn vào các mạng lưới sản xuất - tài chính - thông tin xuyên quốc gia. Mặt khác, chính sự chuẩn hóa mô hình phát triển và ngôn ngữ hình thức đó lại làm gia tăng nguy cơ "phi nơi chốn" (placelessness): các khu trung tâm mới, khu cao tầng, trung tâm thương mại, khu đô thị khép kín,… ngày càng giống nhau về hình ảnh và trải nghiệm, khiến bản sắc không gian vốn gắn với lịch sử, địa lý và văn hóa địa phương có nguy cơ bị làm mờ trong một "mẫu số chung" toàn cầu khó phân biệt giữa thành phố này với thành phố khác. Nếu không được điều tiết bởi một chiến lược kiến tạo nơi chốn mang tính bản địa, đô thị dễ rơi vào tình trạng:

- Rời rạc giữa *"thành phố toàn cầu" và "thành phố sông nước - làng xóm"* trong cùng một không gian,
- Suy giảm các *mẫu hình nơi chốn gắn với sông nước, chợ bến, hẻm, khu phố cũ*,
- Gia tăng *bất bình đẳng không gian*: khu "đẳng cấp" được thiết kế như hàng hóa toàn cầu, trong khi các khu dân cư lâu đời bị coi là lỗi thời, cần tái thiết.

5.2. "Tính phi nơi chốn" như một nguy cơ (không phải tất yếu)

Phi nơi chốn hay không nơi chốn (placelessness) được Edward Relph mô tả như trạng thái mà trong đó các môi trường xây dựng đánh mất bản sắc riêng, trở nên khó phân biệt và không còn nuôi dưỡng được cảm giác gắn bó hiện sinh của con người với không gian. Trong nghiên cứu của mình, ông cho rằng tính không nơi chốn xuất hiện khi không gian đô thị bị chuẩn hoá bởi các mô hình quy hoạch, kiến trúc và tiện ích lặp lại trên diện rộng, từ xa lộ, sân bay, trung tâm thương mại đến khu ở cao tầng khiến trải nghiệm ở thành phố này có thể gần như hoán đổi với thành phố khác. Ở cấp độ trải nghiệm, điều này gắn với các dạng "outsideness": con người hiện diện nhưng cảm thấy xa lạ, không đọc được cấu trúc, không tìm thấy ký ức hay ý nghĩa cá nhân trong môi trường sống. Vì vậy, Relph chống lại tính không nơi chốn trong đô thị không chỉ là "giữ lại cái cũ", mà là duy trì và làm sâu sắc đặc trưng thông qua ngôn ngữ hình thái như sông nước, văn hoá truyền thống và các mối quan hệ sống động giữa cư dân với không gian hằng ngày [9]. Từ đó có thể thấy, không nơi chốn dùng để chỉ:

- Sự *xóa nhòa khác biệt* giữa các địa điểm: không gian đô thị trở nên tiêu chuẩn hóa, thiếu đặc trưng, khó gắn ký ức.
- Trải nghiệm *xa lạ, bề mặt và tạm thời* của cư dân đối với môi trường sống: nơi ở chỉ như "chỗ trú", không phải nơi chốn để gắn bó.

Tại Sài Gòn, nguy cơ này biểu hiện trong:

- Sự lan rộng của các *khu ở cao tầng, khu khép kín*, nơi không gian công cộng bị thu hẹp, tách khỏi cấu trúc sông nước - hẻm - chợ truyền thống.
- Các *dự án "làm đẹp đô thị"* có nguy cơ mất đi bản sắc: san lấp kênh rạch, thay đổi mặt tiền sông, thay thế chợ truyền thống bằng trung tâm thương mại.

Tuy nhiên, tính phi nơi chốn không phải tất yếu. Nó là kết quả của những lựa chọn quy hoạch - chính sách cụ thể. Ngược lại, nếu chủ động lồng ghép bảo tồn và làm mới các pattern nơi chốn bản địa, đô thị có thể:

- Biến các *kênh rạch, bờ sông, chợ cũ, hẻm thành tài nguyên đô thị*,
- Tái cấu trúc chúng như *không gian công cộng mới*,
- Đồng thời khai thác giá trị *cảnh quan - du lịch - kinh tế đô thị* mà không xóa bỏ lớp sống cư dân.

6. HÀM Ý CHO NGHIÊN CỨU VÀ THỰC HÀNH: HƯỚNG TỚI MỘT CHIẾN LƯỢC KIẾN TẠO NƠI CHỐN CHO SÀI GÒN

Từ những phân tích trên, bài viết gợi ra một số định hướng khung (ở mức lý thuyết - chiến lược) cho nghiên cứu và thực hành đô thị tại Sài Gòn - TP.HCM.

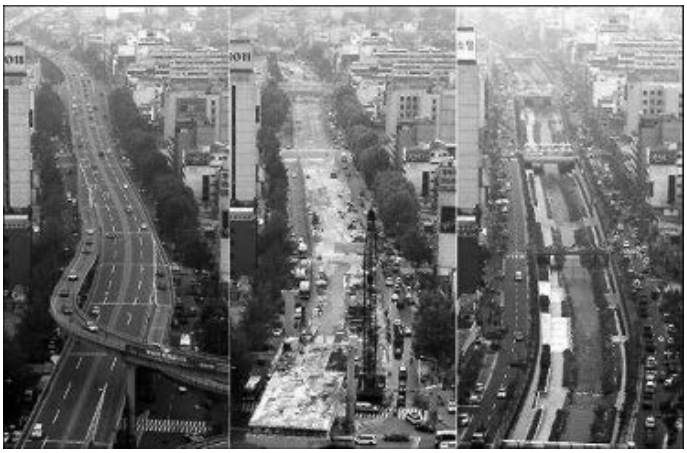
6.1. Đưa sông nước trở lại "trung tâm tư duy" đô thị

Thay vì xem sông, kênh, rạch như vấn đề môi trường hoặc hạ tầng thoát nước, cần:

- Tái nhận diện chúng như *trục cấu trúc của nơi chốn Sài Gòn*,
- Xem *bờ sông, bờ kênh là xương sống của không gian công cộng*,
- Tích hợp *kết nối đi bộ, không gian xanh, không gian sinh hoạt cộng đồng* men theo con nước.

Cách tiếp cận này không chỉ giải quyết bài toán sinh thái - hạ tầng, mà còn tái kích hoạt ký ức đô thị sông nước, tạo ra trải nghiệm nơi chốn đặc thù không thể sao chép ở các thành phố khác.

Trường hợp phục hồi suối Cheonggyecheon ở Seoul cho thấy rõ tiềm năng của sông nước như một yếu tố cốt lõi trong cấu trúc nơi chốn đô thị. Việc tháo dỡ cao tốc trên cao và khôi phục dòng suối, đồng thời tổ chức lại hai bờ như trục đi bộ - sinh thái - văn hoá, đã chuyển hoá Cheonggyecheon từ một hành lang giao thông vô danh thành một không gian công cộng trung tâm gắn kết các khu phố lịch sử và thương mại. Ở đây, yếu tố mặt nước được tái định vị không phải như "hậu trường kỹ thuật" mà như khung tổ chức bản sắc đô thị, nơi ký ức, sinh thái và đời sống đương đại cùng được kích hoạt. Từ góc nhìn kiến tạo nơi chốn, Cheonggyecheon minh chứng rằng: việc tái sử dụng sông nước như trục không gian chủ đạo có thể đồng thời nâng cao chất lượng môi trường, tính dễ ở và chiều sâu căn tính của đô thị.



Hình 5. Suối Cheonggyecheon trước và sau khi phục hồi. *Nguồn: Internet*

6.2. Vận dụng triết lý Tam tài - Tứ trụ như "lăng kính văn hoá"

Mô hình Tam tài - Tứ trụ có thể được vận dụng như khung phân tích mềm, giúp:

- Hiểu cách cư dân Nam Bộ *nhận thức và tổ chức không gian*: ưa mở, linh hoạt, ít bị ràng buộc bởi trật tự kinh thành cổ điển.

- Nhận diện những *xung đột ngầm* giữa mô thức quy hoạch cấp trên, chuẩn hóa (gần với Tứ trụ) và nếp sống, tập quán chiếm hữu không gian thực tế (gần với Tam tài).

Từ đó, quy hoạch và thiết kế đô thị có thể:

- *Tôn trọng tính linh hoạt và đa dạng* ở cấp độ khu phố, hẻm, chợ;

- Tránh áp đặt các sơ đồ cứng nhắc triệt tiêu *khả năng thích ứng và sáng tạo của cư dân*;

- Tìm cách *thể chế hóa* (institutionalize) một phần "logic Tam tài" dưới dạng quy định, công cụ mềm (hướng dẫn thiết kế, quy tắc cộng đồng, khung tham gia).

6.3. Thiết kế các "nút" nơi chốn lai ghép Đông - Tây

Thay vì đối lập Đông - Tây, có thể chủ động thiết kế các không gian lai ghép:

- Nơi hạ tầng hiện đại (metro, BRT, đường cao tốc đô thị, CBD) được *gắn kết hữu cơ với mạng lưới sông nước, hẻm, chợ, khu phố cũ*;

- Nơi *các mô thức sử dụng không gian truyền thống* (buôn bán vỉa hè, chợ tự phát, hoạt động tôn giáo, lễ hội) được *tái cấu trúc* để tương thích với yêu cầu an toàn, vệ sinh, nhưng không bị xóa bỏ.

Những nút lai ghép này có thể trở thành điểm nhấn nơi chốn mới, biểu hiện cho bản sắc thành phố sông nước toàn cầu của Sài Gòn, thay vì chạy theo hình mẫu thành phố tài chính vô danh thuần túy.

6.4. Tăng cường nghiên cứu liên ngành về kiến tạo nơi chốn

Cuối cùng, về mặt học thuật, việc hiểu Sài Gòn như một quá trình kiến tạo nơi chốn đòi hỏi:

- *Kết hợp địa lý văn hóa, đô thị học, nhân học, sử học, kiến trúc, quy hoạch*;

- Thu thập *câu chuyện đời sống, thực hành không gian, ký ức cá nhân và cộng đồng*;

- Phân tích *biến đổi hình thái đô thị, chính sách, kinh tế* trong dòng thời gian dài.

Chỉ với một cách tiếp cận liên ngành như vậy, ta mới có thể xây dựng được một bản đồ nơi chốn Sài Gòn đủ sâu, đủ tinh tế để làm nền tảng cho các quyết định quy hoạch - thiết kế tương lai.

7. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất đọc Sài Gòn như một nơi chốn đô thị được kiến tạo trên ba tầng đồng thời:

- *Tầng địa lý - sinh thái sông nước*, trong đó sông Sài Gòn và mạng lưới kênh rạch giữ vai trò trục cấu trúc của cả hình thái đô thị lẫn cảm nhận nơi chốn.

- *Tầng triết lý không gian bản địa*, với mô hình Tam tài (Thiên - Địa - Nhân) ở phương Nam và sự linh hoạt, dung hợp của người Nam Bộ trong tiếp nhận và biến đổi các yếu tố ngoại lai.

- *Tầng va chạm Đông - Tây và toàn cầu hóa*, nơi các mô hình đô thị thuộc địa, tư bản và toàn cầu đan xen, vừa đem lại cơ hội phát triển, vừa tạo ra nguy cơ không nơi chốn.

Sài Gòn từ góc nhìn này không phải là một đô thị tự nhiên trở thành cảng hay một sản phẩm thuần túy của Pháp và các nhà đầu tư, mà là kết quả của nhiều vòng kiến tạo nơi chốn chồng lớp: từ cư dân sông nước tiền thuộc địa, qua chính quyền thuộc địa, qua các giai đoạn chiến tranh, xã hội chủ nghĩa, đến thời kỳ đổi mới hội nhập ngày nay.

Hiểu như vậy, nhiệm vụ của nghiên cứu và thực hành đô thị không chỉ là bắt kịp các chuẩn mực toàn cầu, mà là tái khẳng định và làm giàu nơi chốn Sài Gòn: sử dụng sông nước như tài nguyên cấu trúc, vận dụng triết lý không gian bản địa như lăng kính, và tiếp nhận có chọn lọc kinh nghiệm Đông - Tây như chất liệu mới. Chỉ khi đó, Sài Gòn - TP.HCM mới có thể trở thành một đô thị vừa hiện đại, vừa bền vững, vừa trung thành với bản sắc sông nước và tính cách con người nơi đây - một nơi chốn đậm chất Nam Bộ, không thể lẫn vào bất kỳ thành phố nào khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT

[1]. Lê Anh Đức (2007). "Đặc trưng nơi chốn và tạo lập bản sắc đô thị". Tạp chí Kiến trúc Việt Nam, (Số 5/2007).

[2]. Doãn Minh Khôi (2023), "Bàn về Ngữ cảnh xanh của kiến trúc đương đại Việt Nam", Tạp chí Kiến trúc, (Số 04/2023).

[3]. Trần Hữu Quang (2023), Hạ tầng đô thị Sài Gòn buổi đầu, NXB Tổng hợp TP.HCM.

[4]. Trần Hùng (2011), Đặc sắc đô thị Phương Đông, NXB Xây dựng, Hà Nội.

[5]. Trương Quang Thao (2000). Đô thị học nhập môn. NXB Xây dựng, Hà Nội.

[6]. Trần Ngọc Thêm (1997), Tìm về bản sắc văn hoá Việt Nam, NXB TP.HCM.

[7]. Nguyễn Quốc Thông (2013), Lịch sử xây dựng đô thị cổ đại và trung đại phương Tây, NXB Xây dựng, Hà Nội.

TÀI LIỆU TIẾNG ANH

[8]. Christian Norberg Schulz (1991). Genius Loci, Towards a phenomenology of architecture. Rizzoli: NewYork.

[9]. Edward Relph (2022), Place and Placelessness, SAGE Publications Ltd, England.

[10]. Ian Bentley (1985), Responsive Environments, Architectural Press.

[11]. Kenvin Lynch (1965), The Image of the City. The MIT Press, USA.

[12]. K.W.Taylor (2013). A history of the VietNamese. Cambridge University Press: USA.

[13]. Lawrence Durrell (2012). Spirit of place. Open Road Media: USA.

[14]. Martin Heidegger (2002). Identity and Difference. University of Chicago Press: United States of America.

[15]. Roger Trancik (1986), Finding Lost Space: Theories of Urban Design, Van Nostrand Reinhold. USA.

[16]. Yi-Fu Tuan (2001). Space and place. Univ Of Minnesota Press.

■Ngày nhận bài: 15/11/2025 ■Ngày sửa bài: 26/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/12/2025

Hệ tiêu chí đánh giá không gian nghệ thuật công cộng đáp ứng phát triển du lịch đô thị tại TP Đà Nẵng

Evaluation criteria for public art spaces to promote tourism development in Da Nang City

> **THS TRƯƠNG THỊ HUYỀN ANH**[1,2]
[1]Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Đà Nẵng
[2]NCS Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: tthanh@ute.udn.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đề xuất hệ tiêu chí đánh giá không gian nghệ thuật công cộng (KGNTCC) tại Đà Nẵng đáp ứng phát triển du lịch dựa trên tiếp cận đa chiều. Phương pháp nghiên cứu hỗn hợp được áp dụng, bao gồm khảo sát thực địa, điều tra xã hội học và phỏng vấn chuyên gia. Kết quả đề xuất hệ tiêu chí gồm 4 nhóm chính: (i) Giá trị thẩm mỹ và nghệ thuật; (ii) Chức năng và trải nghiệm; (iii) Cơ sở hạ tầng và đầu tư; (iv) Tương tác xã hội và giao lưu văn hoá. Hệ tiêu chí có tính ứng dụng cao, hỗ trợ đánh giá và định hướng phát triển bền vững KGNTCC tại Đà Nẵng, góp phần nâng cao trải nghiệm du khách; đồng thời có thể điều chỉnh áp dụng cho các đô thị khác.

Từ khóa: Không gian nghệ thuật công cộng, không gian công cộng, phát triển du lịch, du lịch văn hoá.

ABSTRACT

This study propose an evaluation criteria system for public art spaces in Da Nang to support sustainable cultural tourism. A mixed - methods approach was adopted, combining a literature review, field observations, questionnaire surveys, and expert interviews. The proposed criteria, including field observations, questionnaire surveys, and expert interviews. The proposed frame comprises four criteria groups: (i) Aesthetic and artistic value; (ii) Function and user experience; (iii) Infrastructure and investment; (iv) Social interaction and cultural exchange. The criteria set enables consistent on - site assessment and provides inputs for planning and management to enhance visitor experience and destination competitiveness. The framework can be adapted for other cities wwith similar tourism - oriented public space development.

Keywords: Public art space, public space, tourism development, cultural tourism.

1. MỞ ĐẦU

Du lịch văn hoá đang được xác định là hướng phát triển trọng tâm trong chiến lược du lịch Việt Nam, góp phần đưa du lịch trở thành ngành kinh tế mũi nhọn của đất nước [1], [2] TP Đà Nẵng cũng đưa ra mục tiêu phát triển trở thành "Thành phố sự kiện và du lịch quốc tế", chú trọng các sản phẩm du lịch văn hóa và trải nghiệm đô thị [3]. UNESCO cũng khẳng định văn hoá là trụ cột của đô thị bền vững trong tương lai, nhấn mạnh vai trò của các không gian công cộng (KGCC) trong việc gắn kết cộng đồng và thúc đẩy kinh tế phát triển [4]. Tuy nhiên, tại Việt Nam nói chung và Đà Nẵng nói riêng hiện vẫn thiếu một khung tiêu chí kiến trúc - không gian để đánh giá hiệu mức độ đáp ứng của KGNTCC đối với phát triển du lịch. Nghiên cứu này hướng tới xây dựng hệ tiêu chí đánh giá KGNTCC tại Đà Nẵng, làm cơ sở cho quy hoạch, đầu tư và quản lý theo hướng phát triển du lịch bền vững.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN

2.1. Du lịch văn hoá và KGCC văn hoá

Du lịch văn hoá là loại hình du lịch dựa trên khai thác các tài nguyên văn hoá (di sản vật thể - phi vật thể, nghệ thuật, lối sống, phong tục, tri thức bản địa…) nhằm thỏa mãn nhu cầu tìm hiểu và trải nghiệm của du khách. UNWTO nhấn mạnh mối quan hệ tương hỗ giữa văn hoá và du lịch: văn hoá tạo nội dung, bản sắc và sự khác biệt cho điểm đến, trong khi du lịch tạo nguồn lực để bảo tồn và phát huy giá trị văn hoá [6]. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng du khách hiện đại có xu hướng tìm kiếm những trải nghiệm địa phương độc đáo và đậm đà bản sắc [7].

Trong quá trình đô thị hóa, các không gian công cộng (KGCC) văn hóa như quảng trường, công viên, phố đi bộ, bảo tàng ngoài trời… dần trở thành "phòng khách đô thị", nơi cộng đồng và du khách cùng tương tác và trải nghiệm văn hóa bản địa. UN-Habitat coi chất lượng KGCC là một chỉ báo quan trọng của đô thị bền vững, đồng thời phản ánh lịch sử và bản sắc của cộng đồng [8]. Tiếp cận đô thị "vị nhân sinh" của Jan Gehl cũng nhấn mạnh vai trò của không gian ở quy mô con người, an toàn, dễ tiếp cận, khuyến khích dừng

lại và tương tác, như nền tảng để hình thành môi trường văn hóa sôi động, hấp dẫn du lịch [9].

2.2. Nghệ thuật công cộng và sức hấp dẫn điểm đến

Nghệ thuật công cộng (NTCC) được hiểu là các tác phẩm nghệ thuật hoặc hoạt động nghệ thuật được trưng bày hay tổ chức trong KGCC cho phép công chúng tiếp cận tự do [10]. Các loại hình NTCC rất đa dạng, từ điêu khắc, tượng đài, phù điêu, tranh tường, sắp đặt cho đến các hình thức nghệ thuật trình diễn đường phố. NTCC có thể làm giàu cảnh quan, tạo điểm nhấn nhận diện, kích hoạt hoạt động dịch vụ - sự kiện và góp phần hình thành ký ức đô thị. NTCC đạt hiệu quả cao khi chủ đề gắn với văn hoá địa phương, có sự đồng thuận của cộng đồng và được vận hành - bảo trì phù hợp; khi đó tác phẩm không chỉ cải thiện chất lượng không gian sống mà còn tạo trải nghiệm đặc trưng cho du khách. Theo khảo sát của Americans for the Arts, nghệ thuật là một trong các yếu tố hàng đầu ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn điểm đến của du khách khi lập kế hoạch cho chuyến đi [10]. Do vậy, đầu tư NTCC được xem như một chiến lược nâng cao năng lực cạnh tranh của đô thị du lịch. Tuy nhiên, để các KGNTCC thực sự phát huy hiệu quả, cần có phương pháp đánh giá khoa học nhằm đo lường mức độ hấp dẫn, tính phù hợp và hiệu quả vận hành đối với du khách cũng như cộng đồng sở tại.

2.3. Phương pháp xây dựng hệ thống tiêu chí đánh giá

Xây dựng hệ thống tiêu chí đánh giá KGNTCC là quá trình chuyển hóa mục tiêu đánh giá thành tập hợp tiêu chí và chỉ báo có thể quan sát, đo lường và so sánh. Tiếp cận phù hợp là đa tiêu chí và đa chủ thể, vì chất lượng KGNTCC chịu tác động đồng thời của giá trị nghệ thuật, tổ chức không gian, hạ tầng vận hành và trải nghiệm xã hội. Quy trình xây dựng có thể triển khai theo các bước: (1) Xác định mục tiêu và phạm vi đánh giá (đối tượng, nhóm người sử dụng, ngữ cảnh đô thị - du lịch) (2) Tổng quan tài liệu và tham chiếu các khung liên quan như tiêu chí điểm đến du lịch Việt Nam [11], tiêu chí điểm đến bền vững của GSTC [12], cùng các quan điểm về chất lượng KGCC và thiết kế vị nhân sinh [8],[9]; (3) Lập danh mục tiêu chí ban đầu, chuẩn hoá thuật ngữ và phân nhóm; (4) Tham vấn chuyên gia và các bên liên quan để sàng lọc, xác định mức độ quan trọng; (5) Lượng hóa bằng thang đo, chỉ báo quan sát, nguồn dữ liệu; (6) Áp dụng thử nghiệm và hiệu chỉnh để hoàn thiện. Cách tiếp cận này giúp hệ tiêu chí có tính khoa học, khả thi và phù hợp bối cảnh địa phương.

3. ĐỀ XUẤT HỆ TIÊU CHÍ ĐÁNH GIÁ KGNTCC PHỤC VỤ DU LỊCH

3.1. Định hướng xây dựng tiêu chí

Việc xây dựng hệ thống tiêu chí đánh giá KGNTCC dựa trên quan điểm tiếp cận đa chiều, kết hợp các khía cạnh quy hoạch đô thị, nghệ thuật, văn hoá xã hội và hiệu quả du lịch. Trước hết, nhóm tác giả tham khảo các bộ tiêu chí hiện hành liên quan đến đánh giá điểm đến du lịch bền vững ở cấp quốc gia và quốc tế. Cụ thể, Bộ Văn hoá, Thể thao và Du lịch Việt Nam đã ban hành Bộ tiêu chí đánh giá điểm đến du lịch, bao gồm các tiêu chí về tài nguyên, cơ sở vật chất, dịch vụ, môi trường, an ninh, văn hoá… nhằm làm căn cứ nâng cao chất lượng điểm đến trên phạm vi cả nước [11]. Bên cạnh đó, Hội đồng Du lịch bền vững toàn cầu (GSTC) cũng đề ra bộ tiêu chí du lịch bền vững áp dụng cho các điểm đến, nhấn mạnh việc quản lý bền vững, tối ưu hoá lợi ích kinh tế - xã hội cho cộng đồng và bảo tồn di sản văn hoá, môi trường [12]. Những bộ tiêu chí này là cơ sở tham chiếu quan trọng để phát triển các tiêu chí đặc thù cho KGNTCC. Ngoài ra, việc xây dựng tiêu chí còn xem xét các văn bản quy hoạch, chiến lược phát triển văn hoá - du lịch của Đà Nẵng, nhằm đảm bảo hệ tiêu chí phù hợp với định hướng địa phương và các quy chuẩn hiện hành.

3.2. Cấu trúc hệ tiêu chí đề xuất

Trên cơ sở nghiên cứu lý luận và thực tiễn, hệ tiêu chí đánh giá KGNTCC tại Đà Nẵng được đề xuất gồm 4 nhóm chính: (i) Giá trị thẩm mỹ và nghệ thuật - đánh giá chất lượng nghệ thuật, mức độ sáng tạo, tính độc đáo và khả năng truyền tải bản sắc văn hoá địa phương; (ii) Chức năng và trải nghiệm - đánh giá mức độ hấp dẫn đối với du khách, tính tương tác, cá tiện ích hỗ trợ (thông tin, hướng dẫn, dịch vụ, vệ sinh, an toàn…); (iii) Cơ sở hạ tầng và đầu tư - đánh giá sự thuận tiện về vị trí, kết nối giao thông, tính gắn kết với không gian đô thị xung quanh; (iv) Tương tác xã hội và giao lưu văn hoá - đánh giá công tác quản lý, bảo dưỡng không gian, sự tham gia của cộng đồng cũng như tác động kinh tế - xã hội lâu dài. Mỗi nhóm tiêu chí bao gồm các tiêu chí thành phần cụ thể, được lượng hoá bằng thang điểm để thuận lợi cho việc đánh giá định lượng. Hệ tiêu chí đề xuất không chỉ phản ánh các yêu cầu về thẩm mỹ, công năng của KGNTCC mà còn gắn liền với mục tiêu phát triển du lịch bền vững, đảm bảo hài hoà lợi ích kinh tế, xã hội và môi trường.

3.3. Áp dụng thử nghiệm

Nhóm tác giả áp dụng thử hệ tiêu chí trên một số KGNTCC tiêu biểu ở Đà Nẵng để kiểm chứng hiệu quả. Tiêu biểu, công viên vườn tượng Apec, một KGNTCC lớn ven sông Hàn, được chọn làm trường hợp nghiên cứu. Kết quả cho thấy công viên này đạt điểm cao về vị trí trung tâm, tầm nhìn cảnh quan, giá trị nghệ thuật và ý nghĩa biểu tượng gắn với sự kiện Apec 2017 [13]. Tuy nhiên, một số tác phẩm bố trí chưa hài hòa với không gian mở, mái vòm lớn có phần lấn át tượng điêu khắc, làm giảm hiệu quả thẩm mỹ [14]. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của tiêu chí quy hoạch không gian và tỷ lệ công trình trong cảnh quan NTCC. Nhóm nghiên cứu cũng khảo sát tuyến phố đi bộ Bạch Đằng (khai trương 6/2024) một KGNTCC văn hóa về đêm thu hút đông đảo người dân, du khách [15]. Phố đi bộ ven sông này đáp ứng tốt các tiêu chí về khả năng tiếp cận, tiện ích du lịch, tiềm năng kinh tế đêm; song cần hoàn thiện việc tổ chức hoạt động nghệ thuật định kỳ và tăng cường gắn kết nội dung biểu diễn với bản sắc địa phương.

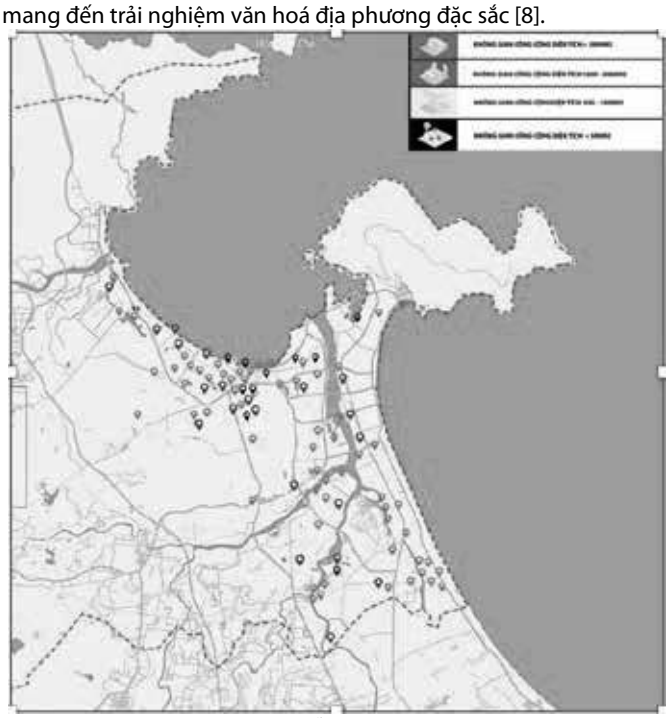
4. KHÁI QUÁT VỀ KGNTCC VÀ KGNTCC GẮN VỚI PHÁT TRIỂN DU LỊCH TẠI ĐÀ NẴNG

4.1. KGNTCC Đà Nẵng

Đà Nẵng là đô thị biển có cấu trúc không gian dọc theo trục sông Hàn và bờ biển Mỹ Khê - Nguyễn Tất Thành. Các KGCC quan trọng tập trung chủ yếu dọc theo 2 trục này (công viên, quảng trường, đường đi bộ, điểm ngắm cảnh ven sông, ven biển), tạo nền tảng thuật lợi để hình thành các KGNTCC kết nối với cảnh quan tự nhiên, vừa phục vụ đời sống văn hoá cộng đồng, vừa hấp dẫn du khách. Công viên vườn tượng Apec (khánh thành 2017, mở rộng 2022 với mái vòm "Cánh diều bay" độc đáo) là một KGNTCC tiêu biểu bên bờ đông sông Hàn, đã trở thành biểu tượng kiến trúc mới của thành phố. Sau mở rộng, công viên trở thành KGCC đa chức năng, hướng đến "điểm đến nghệ thuật mở" phục vụ cộng đồng và du khách. Hiện nay Apec không chỉ là điểm "check in" nổi tiếng mà còn là nơi tổ chức triển lãm nghệ thuật và sự kiện cộng đồng, đưa nghệ thuật vào đời sống thường nhật của cư dân [7]. Tuy nhiên, một số ý kiến cho rằng mái vòm lớn làm các tượng cũ bị mờ nhạt và bố cục tổng thể còn rời rạc, chưa phát huy hết giá trị thẩm mỹ của tổ hợp điêu khắc. Những nhận định này cho thấy cần có khung tiêu chí đánh giá cụ thể để định hướng bảo tồn, cải tạo, sắp đặt nghệ thuật trong công viên một cách bài bản, khoa học.

Bên cạnh Apec, phố đi bộ Bạch Đằng (khai trương 6/2024, dài 1,2 km ven bờ Tây sông Hàn) được xem là "xương sống" của mạng lưới KGNTCC trung tâm thành phố. Không gian ven sông này kết hợp đường đi bộ, chợ đêm, sân khấu nghệ thuật đường phố và

nhiều hoạt động văn hoá cộng đồng. Nhờ đó, Bạch Đằng được ví như phòng khách mở ban đêm của Đà Nẵng, đồng thời là "lá phổi xanh" của trung tâm thành phố. Bạch Đằng nhanh chóng trở thành tụ điểm giải trí đêm sôi động, thu hút đông đảo người dân lẫn du khách. Nơi đây đã trở thành điểm nhấn du lịch về đêm của Đà Nẵng, mang đến trải nghiệm văn hoá địa phương đặc sắc [8].



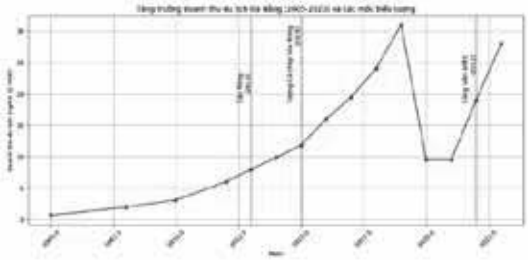
Hình 1. Bản đồ vị trí các KGCC tại Đà Nẵng

Hình 2. Phố đi bộ chợ đêm Bạch Đằng nhộn nhịp với các hoạt động biểu diễn định kỳ

Ngoài APEC và Bạch Đằng, thành phố còn có nhiều KGNTCC rải rác khắp nơi, như Công viên Biển Đông với các cụm tượng điêu khắc và tranh tường ngoài trời. Hệ thống này tạo nên những điểm nhấn văn hoá đa dạng ở cả quy mô đô thị lẫn khu dân cư. Tuy nhiên, việc phát triển KGNTCC tại Đà Nẵng vẫn còn manh mún, thiếu tính kết nối: các KGNT phân tán, chưa được tổ chức theo các cụm chủ đề rõ ràng; nhiều nơi thiếu bản sắc thống nhất và chưa tạo được trải nghiệm đặc thù cho du khách. Đây là hạn chế lớn, đòi hỏi một cách tiếp cận mang tính hệ thống hơn trong quy hoạch, thiết kế và đánh giá hiệu quả các KGNTCC trên địa bàn thành phố.

4.2. KGNTCC gắn với phát triển du lịch đô thị

Trong khoảng hai thập niên trở lại đây, du lịch Đà Nẵng tăng trưởng mạnh mẽ, đạt tốc độ bình quân gần 20% năm. Trước đại dịch Covid 19, năm 2019 thành phố đã đón khoảng 8,69 triệu lượt khách tham quan, tăng 13,4% so với năm 2018 [9]. Đến giai đoạn phục hồi và phát triển mới, Đà Nẵng đặt mục tiêu năm 2025 sẽ đón khoảng 11,9 triệu lượt khách lưu trú, trong đó khoảng 4,8 triệu lượt khách quốc tế, mang lại doanh thu du lịch trên 36 nghìn tỷ đồng [10]. Để đạt được mục tiêu tham vọng này, thành phố đã đề ra chiến lược phát triển đa dạng loại hình du lịch, trong đó chú trọng du lịch đô thị, du lịch biển, du lịch MICE, và đặc biệt nhấn mạnh vai trò của KGCC ven sông, ven biển như một trục không gian chiến lược để phát triển các sản phẩm du lịch mới hấp dẫn du khách.



Hình 3. Biểu đồ tăng trưởng doanh thu du lịch Đà Nẵng (2005 - 2023)

Hình 4. Nút giao thông, KGCC chân cầu Rồng - đường Bạch Đằng - Lê Duẩn TP Đà Nẵng lộng lẫy sắc màu đón Tết 2025

Trong bối cảnh đó, KGNTCC ngày càng được xem là một thành phần quan trọng trong hệ sinh thái du lịch của Đà Nẵng. Những địa điểm như Công viên APEC, phố đi bộ Bạch Đằng, không gian ven sông Hàn, Công viên Biển Đông… hiện đang được quảng bá rộng rãi như các điểm đến du lịch mới của thành phố. Tại đây, du khách có thể vừa tham quan cảnh quan sông núi, vừa thưởng thức các công trình nghệ thuật đặc sắc, trải nghiệm ẩm thực đường phố và hòa mình vào các sinh hoạt cộng đồng địa phương. Nhiều sự kiện văn hoá - du lịch đã và đang được tổ chức gắn liền với các KGCC này, tiêu biểu như lễ hội đường phố, tuần lễ nghệ thuật, Lễ hội Pháo hoa Quốc tế Đà Nẵng (DIFF), chuỗi sự kiện mùa hè "Enjoy Danang, Festival"… Những hoạt động này đã biến các KGCC thành những "sân khấu ngoài trời" sinh động cho du lịch văn hoá, góp phần làm mới trải nghiệm của du khách mỗi khi đến Đà Nẵng. Bên cạnh những mặt tích cực đối với du lịch, thực tiễn tại địa phương cũng cho thấy các công trình KGNTCC (như Công viên APEC, khu vực chân cầu Rồng…) đã góp phần đưa nghệ thuật đến gần hơn với đời sống đô thị, từng bước hình thành thói quen thưởng thức nghệ thuật thường xuyên trong cộng đồng, đặc biệt là giới trẻ.

Công viên Apec được đánh giá cao vì đã vượt xa vai trò một công viên check in đơn thuần để trở thành KGCC đa chức năng, nơi tổ chức triển lãm, hội thảo, giao lưu cộng đồng đóng góp thiết thực vào chất lượng sống đô thị và tăng sức hút du lịch của Đà Nẵng. Những hiệu ứng tích cực này cho thấy việc đầu tư phát triển KGNTCC

có thể tạo ra lợi ích kép: vừa nâng cao đời sống văn hoá cư dân, vừa quảng bá hình ảnh một đô thị sáng tạo, đáng sống tới du khách. Tuy vậy, song song với thành công bước đầu, nhiều ý kiến chuyên gia cũng thẳng thắn chỉ ra tồn tại, hạn chế trong quy hoạch và quản lý KGNTCC tại Đà Nẵng. Cụ thể, việc phát triển các không gian này còn thiếu đồng bộ: một số khu vực NTCC bị lu mờ bởi các công trình kiến trúc xung quanh; cách bố trí tác phẩm đôi chỗ còn thiếu trọng tâm, chưa khai thác tốt câu chuyện văn hoá bản địa; trong khi đó, một số khu vực khác tuy có tiềm năng du lịch nhưng lại chưa được đầu tư tương xứng. Những hạn chế này cho thấy Đà Nẵng vẫn chưa tối ưu hoá được vai trò của KGNTCC trong phát triển du lịch và cần sớm có giải pháp khắc phục. Hiện nay, thành phố đang triển khai nhiều dự án lớn nhằm mở rộng không gian du lịch, chẳng hạn phát triển hành lang du lịch ven sông Hàn, xây dựng các công viên, quảng trường mới và thúc đẩy kinh tế đêm. Trên cơ sở bối cảnh thực tiễn và đòi hỏi này, phần tiếp theo của nghiên cứu sẽ đề xuất một hệ thống tiêu chí đánh giá KGNTCC tại Đà Nẵng theo hướng phát triển du lịch.

5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

5.1. Giá trị cốt lõi của KGNTCC Đà Nẵng

Qua nghiên cứu thực tiễn, có thể nhận diện 4 nhóm giá trị cốt lõi của KGNTCC tại Đà Nẵng trong phát triển du lịch, cụ thể:

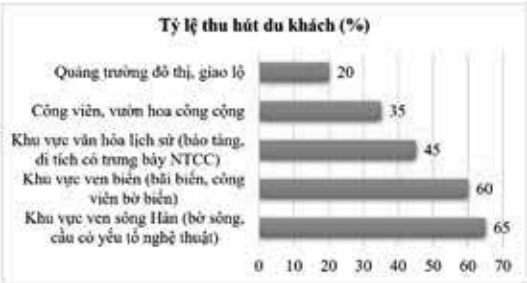
- Giá trị thẩm mỹ và nghệ thuật: Thể hiện ở ý tưởng nghệ thuật sáng tạo, tính độc đáo của tác phẩm và thiết kế không gian, cùng với chất lượng cảnh quan và vi khí hậu. Những KGNTCC có điểm nhấn kiến trúc - nghệ thuật rõ ràng, cảnh quan đẹp và thoáng mát được du khách đánh giá cao, đồng thời yếu tố thẩm mỹ - nghệ thuật có hệ số ảnh hưởng lớn nhất tới mức độ hài lòng của du khách.
- Giá trị chức năng và trải nghiệm: Liên quan đến khả năng đa chức năng của không gian (tham quan, nghỉ ngơi, vui chơi, sự kiện, tưởng niệm) và mức độ tương tác mà không gian tạo ra cho người sử dụng. Những KGNTCC vừa phục vụ dạo bộ, ngắm cảnh, vừa tổ chức được lễ hội, trình diễn và hoạt động cộng đồng thường xuyên có tác động tích cực kéo dài thời gian lưu trú và tăng ý định quay lại của du khách.
- Giá trị hạ tầng và đầu tư: Thể hiện qua mức độ an toàn, tiện nghi của không gian, sự hoàn thiện của hạ tầng kỹ thuật, cũng như việc đảm bảo nguồn lực đầu tư và bảo trì lâu dài. Hạ tầng tốt không trực tiếp tạo nên sự khác biệt về hình ảnh điểm đến, nhưng điều kiện nền tảng để KGNTCC vận hành ổn định, an toàn và thuận tiện, qua đó gián tiếp nâng cao trải nghiệm du khách.
- Giá trị tương tác xã hội và giao lưu văn hoá: thể hiện ở mức độ gắn kết cộng đồng tại không gian, cơ hội gặp gỡ giữa cư dân địa phương và du khách, và khả năng truyền tải bản sắc văn hoá địa phương. KGNTCC càng gắn với các câu chuyện văn hoá - lịch sử và có sự tham gia của cộng đồng trong hoạt động nghệ thuật thì càng tạo được ấn tượng sâu đậm, góp phần xây dựng hình ảnh điểm đến bền vững cho du lịch.

Bốn nhóm giá trị cốt lõi trên chính là cơ sở để cấu trúc hệ thống tiêu chí đánh giá chất lượng KGNTCC phục vụ phát triển du lịch về sau.

5.2. Kết quả điều tra xã hội học và tham vấn chuyên gia

a) *Điều tra xã hội học*:

Khảo sát du khách và cư dân địa phương cho thấy cảnh quan tự nhiên (biển, sông, núi) và môi trường đô thị xanh - sạch là những yếu tố hấp dẫn cơ bản của Đà Nẵng; trong đó các KGNTCC tiêu biểu như khu vực cầu Rồng - bờ Đông sông Hàn, công viên Apec, tuyến đi bộ Bạch Đằng được đánh giá cao nhờ kết hợp tốt giữa cảnh quan, điểm nhấn nghệ thuật và tiện ích công cộng. Đồng thời, người được hỏi cho rằng thành phố còn thiếu các tác phẩm mang tính biểu tượng, thiếu hoạt động NTCC thường kỳ và dịch vụ hỗ trợ (cafe, lưu niệm, không gian tương tác).

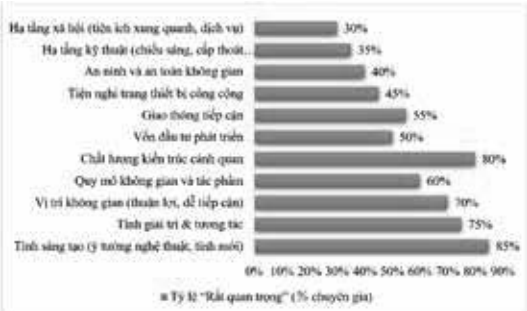


Hình 3. Biểu đồ tỷ lệ thu hút du khách tại các KGCC tại Đà Nẵng

Hạn chế về kết nối mạng lưới không gian, bóng mát, chỗ ngồi, vệ sinh và tần suất sự kiện nghệ thuật cũng được nhắc tới như các điểm cần cải thiện để nâng cao trải nghiệm du lịch.

b) *Tham vấn chuyên gia*.

Ý kiến chuyên gia (quy hoạch, kiến trúc, văn hoá - du lịch, nghệ thuật) thống nhất rằng KGNTCC Đà Nẵng cần được phát triển trên cơ sở bản sắc địa phương, thiết kế linh hoạt - đa chức năng và được hỗ trợ bởi hạ tầng đồng bộ.



Biểu đồ 4. Tỷ lệ % của các yếu tố sáng tạo và thẩm mỹ trong tổ chức KGNTCC của chuyên gia

Chuyên gia đề xuất lồng ghép các hình tượng đặc trưng của địa phương (biển, sông Hàn, di sản Champa, lễ hội…) vào tổ chức không gian; chú trọng tỷ lệ con người và sự hài hoà với bối cảnh; đồng thời nhấn mạnh vai trò của cộng đồng trong quản lý và vận hành không gian. Bên cạnh đó, các chuyên gia cho rằng để thu hút du khách, cần thường xuyên tổ chức các sự kiện văn hoá - NTCC, phát triển thêm các dịch vụ bổ trợ (ẩm thực, lưu niệm) và tăng cường quảng bá hình ảnh cho các không gian này. Những ý kiến chuyên môn thu thập được đã giúp đối chiếu, bổ sung kết quả điều tra xã hội học, đồng thời thẩm định tính phù hợp của bộ tiêu chí đề xuất.

5.3. Hệ tiêu chí đề xuất

Trên cơ sở 4 nhóm giá trị cốt lõi và kết quả điều tra xã hội học, hệ tiêu chí đánh giá KGNTCC tại Đà Nẵng (phục vụ phát triển du lịch) được đề xuất gồm 4 nhóm tiêu chí chính (Bảng 1). Các tiêu chí này được thiết kế theo hướng có thể quan sát và chấm điểm tại hiện trường, phản ánh cả chất lượng nghệ thuật - không gian lẫn hiệu quả trải nghiệm du lịch.

Nhóm tiêu chí 1: Giá trị thẩm mỹ và nghệ thuật - tập trung vào ý tưởng NT, tính mới lạ trong thiết kế, chất lượng cảnh quan và điều kiện vi khí hậu. Đây là nhóm tiêu chí tác động mạnh tới ấn tượng thị giác và cảm xúc thẩm mỹ, qua đó ảnh hưởng trực tiếp tới mức độ hấp dẫn và nhận diện của điểm đến.

Nhóm tiêu chí 2: Chức năng và trải nghiệm - đánh giá khả năng đa chức năng, không gian giải trí công cộng, vai trò không gian mang ý nghĩa tưởng niệm hoặc biểu tượng, khả năng tiếp cận tự do và miễn phí cho mọi người, cùng việc tích hợp các dịch vụ thương mại - du lịch (như quầy lưu niệm, ẩm thực) nhằm nâng cao trải nghiệm du khách. Nhóm tiêu chí này đảm bảo không gian được tổ chức hiệu quả, phục vụ đời sống văn hoá cộng đồng, đồng thời tạo trải nghiệm đa dạng thu hút du khách.

Bảng 1. Bảng hệ thống bộ tiêu chí đánh giá KGNTCC đáp ứng phát triển du lịch

Ký hiệu / Nhóm tiêu chí	Ký hiệu /Tiêu chí thành phần	Điểm của tiêu chí thành phần
1. NTC1 Giá trị thẩm mỹ và nghệ thuật	**TC1.1** KG có ý tưởng NT độc đáo	**7**
	TC1.2 KG có tính mới lạ trong thiết kế	**7**
	TC1.3 Cảnh quan độc đáo, hấp dẫn về thẩm mỹ	**7**
	TC1.4 Cảnh quan có điều kiện vi khí hậu tốt	**6**
2. NTC2 Chức năng & trải nghiệm	**TC2.1** KGNTCC đa chức năng	**6**
	TC2.1 KGNTCC như không gian giải trí	**5**
	TC2.2 KGNTCC đóng vai trò công viên tưởng niệm	**5**
	TC2.3 KGNTCC miễn phí, mở cho công chúng	**4**
	TC2.4 KGNTCC tích hợp thương mại, dịch vụ	**4**
3. NTC3 Cơ sở hạ tầng & Vốn đầu tư	**TC3.1** Không gian đảm bảo an toàn cho du khách	**6**
	TC3.2 Tiện nghi, trang thiết bị tại không gian	**5**
	TC3.3 Hạ tầng kỹ thuật đầy đủ	**5**
	TC3.4 Nguồn vốn đầu tư cho không gian	**5**
	TC3.5 Hạ tầng giao thông kết nối	**4**
4. NTC4 Văn hoá & Xã hội	**TC4.1** Tương tác xã hội diễn ra sôi nổi	**5**
	TC4.2 Cộng đồng địa phương tham gia tích cực	**4**
	TC4.3 Không gian gìn giữ và làm giàu văn hóa	**4**
	TC4.4 Không gian mang lại niềm vui, hạnh phúc	**4**
	TC4.5 Không gian giúp giải tỏa căng thẳng cho người tham gia	**4**
	TC4.5 Hoạt động rèn luyện thể lực	**3**
	Tổng điểm	**100**

Nhóm tiêu chí 3: Cơ sở hạ tầng và đầu tư - gồm an toàn/tiện nghi, tiện nghi trang thiết bị, hạ tầng kỹ thuật, nguồn vốn đầu tư bảo trì và kết nối giao thông. Tiêu chí thành phần gồm đảm bảo an toàn và an ninh; tiện nghi và trang thiết bị đầy đủ (ghế ngồi, chiếu sáng, nhà vệ sinh công cộng, thùng rác, bãi đỗ xe…); hạ tầng kỹ thuật đồng bộ (điện, nước, internet..); nguồn vốn đầu tư ban đầu và kinh phí bảo trì ổn định; cùng kết nối giao thông thuận tiện. Hạ tầng tốt sẽ nâng cao trải nghiệm và niềm tin của du khách.

Nhóm tiêu chí 4: Tương tác xã hội và giao lưu văn hoá: Đánh giá các khía cạnh xã hội - văn hoá của KGNTCC. Tiêu chí thành phần gồm mức độ tương tác xã hội (mức độ tụ tập, tương tác cộng đồng giữa người dân địa phương và du khách); mức độ giao lưu văn hoá và giáo dục (tổ chức được các sự kiện văn hoá nghệ thuật triển lãm, trình diễn truyền thống, giúp du khách tìm hiểu văn hóa địa phương); và mức độ cộng đồng tham gia quản lý, sáng tạo nội dung không gian (người dân, nghệ sĩ địa phương cùng đóng góp tác phẩm, hỗ trợ vận hành). Nhóm tiêu chí này đảm bảo KGNTCC là không gian văn hoá sống động, gắn kết cộng đồng, đem lại trải nghiệm sâu sắc và ý nghĩa cho du khách.

Với cấu trúc trên, hệ tiêu chí cho phép đánh giá tổng hợp và so sánh giữa các KGNTCC; đồng thời chỉ ra các ưu tiên cải thiện về thiết kế, tiện ích, vận hành và tổ chức hoạt động NT để nâng cao trải nghiệm DL và tính bền vững

5.4. Bảng hệ thống tiêu chí (Bảng 1)

Hệ thống tiêu chí đề xuất có vai trò như một công cụ đánh giá hữu hiệu, cho phép lượng hóa chất lượng của từng KGNTCC và xác định những hạn chế cần cải thiện. Đồng thời bộ tiêu chí này có tính ứng dụng cao trong việc định hướng quy hoạch và phát triển bền vững các KGNTCC tại Đà Nẵng, qua đó góp phần nâng cao sức hút du lịch của thành phố.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu khẳng định rằng phát triển KGNTCC ở Đà Nẵng mang lại nhiều giá trị văn hóa, thẩm mỹ, xã hội đồng thời thúc đẩy du lịch, định hình bản sắc đô thị. Hệ thống tiêu chí gồm 4 nhóm giúp lượng hoá các yếu tố cốt lõi của KGNTCC, từ quy hoạch không gian, chất lượng nghệ thuật, tương tác văn hoá - xã hội đến quản lý vận hành. Hệ tiêu chí có tính ứng dụng, hỗ trợ cơ quan quản lý và đơn vị thiết kế đánh giá hiệu quả KGNTCC tại Đà Nẵng, từ đó định hướng phát triển bền vững các không gian này và nâng cao trải nghiệm du khách cũng như sức hấp dẫn văn hoá của thành phố. Tuy nhiên, để áp dụng hiệu quả cần chính sách phù hợp cùng sự phối hợp các bên liên quan nhằm cân bằng giữa sáng tạo nghệ thuật và phát triển du lịch. Qua kết quả nghiên cứu tại Đà Nẵng, hệ tiêu chí có thể áp dụng cho các đô thị khác (như Huế, Hội An), góp phần phát triển KGNTCC phù hợp bối cảnh địa phương, tăng cường bản sắc văn hoá và sức hấp dẫn du lịch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Quốc hội (2017), Luật Du lịch, Luật số 09/2017/QH14, ban hành ngày 19/6/2017.

[2]. Thủ tướng Chính phủ (2020), Quyết định số 147/QĐ-TTg ngày 20/01/2020 phê duyệt "Chiến lược phát triển du lịch Việt Nam đến năm 2030".

[3]. Thủ tướng Chính phủ (2021), Quyết định số 359/QĐ-TTg ngày 15/03/2021 phê duyệt Điều chỉnh quy hoạch chung thành phố Đà Nẵng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

[4]. UNESCO (2016), Văn hoá: Tương lai đô thị - Báo cáo toàn cầu về văn hóa trong phát triển đô thị bền vững, UNESCO Publishing.

[5]. Trương Thị Huyền Anh, Nguyễn Nam (2025), "Kinh nghiệm quốc tế và bài học cho thành phố Đà Nẵng trong tổ chức không gian công cộng hấp dẫn du lịch", Tạp chí Xây dựng, 20/09/2025.

[6]. Tổ chức Du lịch Thế giới (UNWTO) (2018), "Du lịch và văn hoá: Các hiệp lực", UNWTO, Madrid.

[7]. Richards, G. (2007), Cultural Tourism: Global and Local Perspectives, Haworth Press, New York.

[8]. UN-Habitat (2015), "Bộ công cụ Không gian công cộng toàn cầu: Từ nguyên tắc toàn cầu đến chính sách và thực tiễn địa phương".

[9]. Jan Gehl (2010), Đô thị vị nhân sinh (Cities for People), NXB Xây dựng, Hà Nội.

[10]. Chính Hoàng (2023), "Nghệ thuật công cộng góp phần xây dựng thương hiệu điểm đến", Tạp chí Mỹ thuật, 12/07/2023.

[11]. Bộ Văn hoá, Thể thao và Du lịch (2016), Quyết định số 4640/QĐ-BVHTTDL ngày 28/12/2016 về Bộ tiêu chí đánh giá điểm đến du lịch.

[12]. Hội đồng Du lịch Bền vững Toàn cầu (GSTC) (2019), "Các tiêu chí du lịch bền vững cho điểm đến du lịch".

[13]. Lưu Hương (2022), "Đà Nẵng: Khánh thành công viên Apec", Báo điện tử Chính phủ, 10/01/2022.

[14]. Hoàng Sơn (2025), "Không gian tượng nghệ thuật cần cuộc "lột xác", Báo Đà Nẵng 03/08/2025.

[15]. Ngọc Hà (2024), "Đà Nẵng: Tấp nập phố đi bộ Bạch Đằng", báo Văn hoá, 13/06/2024.

■Ngày nhận bài: 25/11/2025 ■Ngày sửa bài: 09/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 22/12/2025

Đánh giá tiềm năng phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng (TOD) tại các trung tâm giao thông ở Hà Nội

Assessing the Development Potential of Transit-Oriented Development (TOD) at Key Transport Hubs in Hanoi

> TS BÙI THỊ NGỌC LAN
Khoa Quản lý đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
Email: lanbtn@hau.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, Thủ đô Hà Nội gặp nhiều thách thức do tốc độ đô thị hóa cao như mật độ dân cư cao, ùn tắc giao thông nghiêm trọng và chi phí hạ tầng gia tăng. Trong bối cảnh này, TOD được coi là chiến lược quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng không gian đô thị, tối ưu hóa chi phí đầu tư và thúc đẩy phát triển bền vững. Bài báo đánh giá tiềm năng TOD tại các trung tâm giao thông trọng điểm như Bến xe Giáp Bát và Bến xe Mỹ Đình, phân tích các tiêu chí về khả năng tiếp cận giao thông, đa dạng chức năng sử dụng đất, mật độ dân cư, chất lượng không gian công cộng và mức độ hỗ trợ từ chính sách. Phân tích SWOT cho thấy mỗi khu vực có điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức riêng, đòi hỏi các chiến lược triển khai khác nhau. Phát triển TOD tại Hà Nội sẽ góp phần giảm phụ thuộc vào phương tiện cá nhân, tiết kiệm chi phí hạ tầng và cải thiện môi trường. Bài báo đề xuất các giải pháp về mặt thể chế và đầu tư, bao gồm: (1) hoàn thiện khung pháp lý; (2) thiết lập cơ chế phối hợp giữa nhiều bên; (3) đầu tư đồng bộ hạ tầng giao thông công cộng và không gian công cộng; và (4) áp dụng các tiêu chí định lượng trong việc lựa chọn khu vực TOD. Việc triển khai thành công TOD sẽ thúc đẩy Hà Nội phát triển bền vững và là cơ sở kinh nghiệm cho các đô thị lớn khác tại Việt Nam.

Từ khóa: TOD, phát triển đô thị bền vững, trung tâm giao thông trọng điểm, hiệu quả sử dụng đất, Hà Nội.

ABSTRACT

Currently, the capital city of Hanoi faces numerous challenges due to rapid urbanisation, including high population density, severe traffic congestion, and increasing infrastructure costs. In this context, TOD is considered a crucial strategy for enhancing the efficiency of urban space utilisation, optimising investment costs, and promoting sustainable development. This article evaluates the potential of TOD at key transportation hubs such as Giap Bat Bus Station and My Dinh Bus Station, analysing criteria such as transportation accessibility, land use diversity, population density, public space quality, and policy support. SWOT analysis shows that each region has its own strengths, weaknesses, opportunities, and threats, requiring different implementation strategies. Developing TOD in Hanoi will help reduce reliance on private vehicles, save infrastructure costs, and improve the environment. The paper proposes institutional and investment solutions, including: (1) perfecting the legal framework; (2) establishing a multi-stakeholder coordination mechanism; (3) synchronously investing in public transport infrastructure and public spaces; and (4) applying quantitative criteria in selecting TOD areas. The successful implementation of TOD will promote sustainable development in Hanoi and serve as an experiential basis for other major cities in Vietnam.

Keywords: TOD, sustainable urban development, transportation hub, land use efficiency, Hanoi.

1. GIỚI THIỆU

Thủ đô Hà Nội đang đối mặt với những thách thức nghiêm trọng từ quá trình đô thị hóa nhanh, với tỷ lệ đô thị hóa đạt 49,2% vào cuối tháng 05/2024 [1]. Mật độ dân cư cao, ùn tắc giao thông và chi phí đầu tư hạ tầng gia tăng đặt ra yêu cầu cấp thiết về quản lý không gian đô thị hiệu quả. Trong bối cảnh này, phát triển đô thị theo hướng giao thông công cộng, hay TOD, được xem là giải pháp chiến lược nhằm tái cấu trúc đô thị, thúc đẩy phát triển đô thị theo chiều sâu, theo hướng xanh và bền vững [38].

Mô hình TOD góp phần tối ưu hóa chi phí đầu tư và khai thác hạ tầng, đồng thời nâng cao hiệu quả sử dụng đất thông qua tổ chức không gian đô thị xung quanh các trung tâm giao thông công cộng.

Cách bố trí này giúp giảm sự phụ thuộc vào phương tiện cá nhân, từ đó cải thiện chất lượng sống và giảm ô nhiễm môi trường. Đồng thời, nó nâng cao khả năng tiếp cận dịch vụ đô thị của cư dân. Tuy nhiên, việc áp dụng TOD tại Hà Nội vẫn đang trong giai đoạn khởi đầu, với hạ tầng đường sắt đô thị được xác định là trục xương sống cho mạng lưới giao thông công cộng [38]. Một số dự án điển hình như khu vực quanh ga Nhổn - Ga Hà Nội với Vinhomes Smart City và Sunshine Garden đã thử nghiệm mô hình này, nhưng thiếu các nghiên cứu toàn diện về hiệu quả và tiềm năng TOD tại các trung tâm giao thông trọng điểm. Việc thiếu các phân tích định lượng về hiệu quả kinh tế - kỹ thuật khiến quản lý đầu tư hạ tầng và khai thác giao thông công cộng gặp nhiều hạn chế, tạo ra nhu cầu cấp thiết về nghiên cứu đánh giá TOD phù hợp với điều kiện đặc thù của Hà Nội.

Bài báo tập trung nghiên cứu hai trung tâm giao thông của Hà Nội là Bến xe Giáp Bát và Bến xe Mỹ Đình. Cả hai khu vực đều thể hiện đặc trưng của các nút giao thông đa phương thức, nơi giao thông công cộng đóng vai trò quan trọng trong việc kết nối nội đô và ngoại thành Hà Nội (Hình 1). Cụ thể như sau:

Khu vực 1 - Bến xe Giáp Bát là một nút giao thông quan trọng, nằm tại vị trí giao cắt của nhiều tuyến đường lớn. Khu vực này có mật độ hạ tầng giao thông công cộng cao, với nhiều điểm dừng xe buýt được bố trí và đánh dấu rõ ràng. Bến xe nằm sát khu dân cư và gần các khu đô thị mới, tạo nên dòng người và phương tiện ra vào liên tục. Hệ thống đường xá tương đối rộng rãi, gồm nhiều làn xe; tuy nhiên, áp lực giao thông vẫn ở mức cao do khu vực này đóng vai trò là cửa ngõ kết nối nội thành Hà Nội với các tỉnh phía Nam.

Khu vực 2 - Bến xe Mỹ Đình có vị trí chiến lược khi nằm gần trung tâm Hà Nội và các khu đô thị hiện đại. Mạng lưới giao thông tại đây được quy hoạch với các tuyến đường song song chạy dọc, tạo điều kiện thuận lợi cho việc phân luồng. Bến xe Mỹ Đình nằm sát trục đường chính, thuận tiện cho hoạt động di chuyển liên tỉnh. Khu vực này cũng có mật độ điểm dừng xe buýt cao, phản ánh nhu cầu sử dụng giao thông công cộng lớn của người dân sinh sống và làm việc tại các khu đô thị lân cận.

Hình 1. Vị trí các khu vực nghiên cứu tiềm năng TOD tại Hà Nội: Bến xe Giáp Bát và Bến xe Mỹ Đình (Hà Nội) (Nguồn: thuvienphapluat.vn)

Bài báo tập trung đánh giá tiềm năng TOD tại các trung tâm giao thông trọng điểm, nhằm tối ưu hóa chi phí đầu tư hạ tầng, nâng cao hiệu quả sử dụng đất và khai thác giao thông công cộng. Các tiêu chí đánh giá chính là khả năng tiếp cận và kết nối giao thông đa phương thức, đa dạng chức năng sử dụng đất, mật độ xây dựng và dân cư, khả năng đi bộ và chất lượng không gian công cộng, cùng với mức độ hỗ trợ từ hệ thống thể chế, quy hoạch và các chính sách liên quan. Phương pháp phân tích SWOT (Strengths - Weaknesses - Opportunities - Threats) được sử dụng để nhận diện các yếu tố nội tại và bên ngoài tại các đầu mối giao thông, làm cơ sở đề xuất định hướng đầu tư và quản lý nhằm tối ưu hóa sử dụng đất, nâng cao hiệu quả quản lý và hướng tới xây dựng đô thị bền vững.

2. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU

TOD là một công cụ chiến lược nhằm quy hoạch đô thị, tăng cường kết nối giao thông, tối ưu hóa sử dụng đất và hướng tới phát triển bền vững [37], thông qua việc tập trung phát triển các khu đô thị đa chức năng xung quanh các trung tâm giao thông công cộng, giảm phụ thuộc vào phương tiện cá nhân, nâng cao hiệu quả sử dụng đất, cải thiện chất lượng sống và quản lý phát triển đô thị [33], [37]. TOD còn thúc đẩy phát triển kinh tế địa phương, nâng cao giá trị bất động sản và tạo môi trường sống thuận tiện trong phạm vi đi bộ [33]. Tại Việt Nam, TOD được xem là mô hình chiến lược cho các đô thị lớn, đặc biệt trong bối cảnh tăng trưởng nhanh và quỹ đất bị hạn chế, đòi hỏi tích hợp TOD trong quy hoạch vùng và đầu tư hạ tầng đồng bộ [17].

Nguyên lý cơ bản của TOD là mật độ xây dựng vừa phải, sử dụng đất hỗn hợp, ưu tiên người đi bộ và hệ thống giao thông công cộng hiệu quả [23]. Bên cạnh đó, năm yếu tố cốt lõi gồm khả năng tiếp cận giao thông công cộng, mật độ cao gần trạm, đa dạng chức năng sử dụng đất, thiết kế thân thiện với người đi bộ và hạn chế phương tiện cá nhân. Ở các nước đang phát triển, khung đánh giá TOD cần điều chỉnh theo đặc thù địa phương về quy hoạch, tiếp cận phương tiện công cộng và sự tham gia cộng đồng [16].

Tại châu Á, các thành phố như Tokyo, Bangkok và Jakarta đã triển khai TOD xung quanh các nhà ga trung tâm, kết hợp cơ chế công - tư và ưu đãi đất đai để thúc đẩy bất động sản [5], [34]. Mở rộng mạng lưới đường sắt đô thị cũng được xem là giải pháp nâng cao khả năng tiếp cận và hiệu quả TOD, áp dụng cả tại Hà Nội [3], [21]. Các nghiên cứu tại Nhật Bản nhấn mạnh đồng bộ giao thông - sử dụng đất, ưu tiên phát triển nhà ở quanh ga và kiểm soát phương tiện cá nhân, từ đó rút ra bài học cho Việt Nam về phát triển khu phức hợp đa chức năng, tăng vai trò chính quyền địa phương và khuyến khích mô hình PPP [18].

Ở Việt Nam, mặc dù các nghiên cứu đã đặt nền tảng lý luận, vẫn còn nhiều hạn chế về thực nghiệm tại các trung tâm giao thông đa phương thức, chưa phân tích chiến lược quy hoạch chi tiết và chưa đánh giá tác động kinh tế - xã hội cũng như quản lý hạ tầng tích hợp [12], [13], [35], [37]. Việc nghiên cứu định lượng và đa chiều về TOD là cần thiết nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho công tác hoạch định chính sách. Đồng thời, góp phần tối ưu hóa đầu tư hạ tầng và nâng cao hiệu quả sử dụng không gian đô thị. Qua đó, các trung tâm giao thông có thể được phát triển trở thành những hạt nhân đô thị bền vững và hấp dẫn

Từ tổng quan các nghiên cứu cho thấy, các công trình TOD trước đây tại Hà Nội chủ yếu tập trung vào khu vực xung quanh các tuyến đường sắt đô thị hoặc tiếp cận TOD ở cấp độ quy hoạch chiến lược. Trong bối cảnh đó, bài báo đề xuất ba đóng góp mới cụ thể như sau:

(1) Tập trung vào các trung tâm giao thông đa phương thức hiện hữu (bến xe liên tỉnh), là loại hình không gian có vai trò quan trọng nhưng còn ít được phân tích trong các nghiên cứu TOD tại Việt Nam.

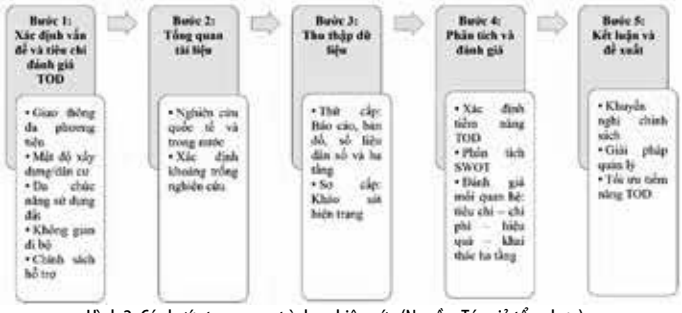
(2) Kết hợp đánh giá tiềm năng TOD với góc nhìn tối ưu hóa chi phí đầu tư hạ tầng và hiệu quả sử dụng đất, qua đó làm rõ giá trị kinh tế - kỹ thuật của TOD trong điều kiện nguồn lực công hạn chế.

(3) Đề xuất mô hình phối hợp triển khai TOD đa bên, phù hợp với bối cảnh thể chế và quản lý đô thị của Hà Nội, qua đó tạo cơ sở tham khảo cho việc triển khai thí điểm TOD trong thực tiễn.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài báo nghiên cứu tiềm năng và hiệu quả phát triển TOD tại các trung tâm giao thông trọng điểm của Hà Nội. Nghiên cứu sử dụng phương pháp hỗn hợp (mixed methods), kết hợp phân tích định tính từ tài liệu và phân tích định lượng từ số liệu hiện trạng. Quy trình nghiên cứu gồm 5 bước chính (Hình 2) như sau: (1) Xác định vấn đề và tiêu chí đánh giá TOD; (2) Tổng quan tài liệu; (3) Thu thập và xử lý

dữ liệu; (4) Phân tích và đánh giá (bằng ma trận SWOT); (5) Kết luận và đề xuất.



Hình 2. Các bước trong quy trình nghiên cứu (Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Trên cơ sở tổng hợp các nghiên cứu quốc tế và khu vực châu Á về đánh giá TOD [13], [14], [27], [29], bài báo xác định các tiêu chí đánh giá định lượng tiềm năng phát triển TOD tại các trung tâm giao thông, bao gồm: (i) hệ số sử dụng đất (FAR); (ii) mật độ dân cư; (iii) mức độ tiếp cận giao thông công cộng; (iv) mức độ tích hợp sử dụng đất; (v) tỷ lệ đất dành cho giao thông; và (vi) tỷ lệ sử dụng phương tiện giao thông công cộng. Trong đó, các tiêu chí được so sánh với ngưỡng tham chiếu TOD quốc tế áp dụng cho các đô thị châu Á đang phát triển, cụ thể là FAR vùng lõi TOD từ 3,0 -5,0; mật độ dân cư từ 400 - 600 người/ha; tỷ lệ sử dụng giao thông công cộng tối ưu từ 30 - 50% [13], [14], [27]. Do hạn chế về dữ liệu định lượng chi tiết và nhằm đảm bảo tính khả thi trong bối cảnh nghiên cứu, bài báo sử dụng phương pháp so sánh tương đối giữa các khu vực nghiên cứu thay vì tính điểm tổng hợp có trọng số. Từ đó, cho phép làm rõ sự khác biệt về tiềm năng TOD giữa các trung tâm giao thông, đồng thời tránh sai lệch khi áp dụng các mô hình tính điểm phức tạp chưa được chuẩn hóa cho điều kiện Hà Nội.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Hiện trạng phát triển đô thị và nhu cầu giao thông tại Hà Nội

Với tốc độ đô thị hóa nhanh và phức tạp, Thủ đô Hà Nội đang gặp nhiều áp lực lớn lên quy hoạch không gian, hệ thống giao thông và quản lý đô thị. Dân số trung bình năm 2024 là 8.717,6 nghìn người, tăng 1,5% so với năm 2023, với dân số thành thị 4.280,8 nghìn người, chiếm 49,1% [36]. Sự gia tăng phương tiện cá nhân, đặc biệt xe máy và ô tô, dẫn đến quá tải hạ tầng giao thông và ùn tắc nghiêm trọng [39]. Tỷ lệ đất dành cho giao thông tại Hà Nội chỉ đạt khoảng 12,15%, thấp hơn đáng kể so với chuẩn quốc tế 16 - 25%, trong khi mật độ đường phố nội đô chỉ đạt 0,74 km/km^2, thấp hơn nhiều so với mức 5,5 - 8 km/km^2 của các đô thị phát triển [32]. Thời gian đi lại trung bình cho khoảng cách 8 - 10 km kéo dài 30 - 40 phút, phản ánh sự giãn nở đô thị không tương xứng với hiệu quả hệ thống giao thông công cộng [37]. Có thể thấy rằng, cấu trúc không gian đô thị Hà Nội còn phân tán, thiếu tính kết nối, làm gia tăng nhu cầu di chuyển bằng phương tiện cá nhân và làm giảm hiệu quả vận hành giao thông công cộng.

Bên cạnh đó, các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng TOD có khả năng giảm 20 - 40% khí thải CO_2 nhờ giảm sử dụng phương tiện cá nhân, tiết kiệm 20 - 30% chi phí hạ tầng và tăng giá trị bất động sản 10 - 30% [26], [28], [31]. Phân tích tiềm năng tiếp cận đường sắt đô thị cho thấy khoảng 40% người lao động và 20% dân số có thể tiếp cận các tuyến 2A, 2B và 3-1 khi hoàn thành [8]. Quy hoạch 5 khu vực TOD quanh các ga như Nhổn và S9 với mật độ xây dựng cao (FAR >5.0) nhằm tối đa hóa hiệu quả sử dụng đất và giảm nhu cầu di chuyển bằng phương tiện cá nhân [8], [13]. Những kết quả này cho thấy TOD giúp mang lại lợi ích môi trường và kinh tế, đóng vai trò là công cụ quy hoạch quan trọng để tái cấu trúc không gian đô thị theo hướng nén, tích hợp giao thông - sử dụng đất và giảm áp lực mở rộng đô thị tràn lan. Đối với Thủ đô Hà Nội, việc khai thác hiệu quả các khu vực quanh ga đường sắt đô thị theo mô hình TOD có ý nghĩa then chốt trong việc nâng cao hiệu quả đầu tư hạ tầng giao thông công cộng và định hướng phát triển đô thị bền vững trong tương lai.

4.2. Đánh giá tiềm năng phát triển TOD tại các trung tâm giao thông chính

Bài báo lựa chọn hai khu vực trung tâm giao thông có tiềm năng triển khai mô hình TOD gồm: Khu vực Bến xe Giáp Bát và Khu vực Bến xe Mỹ Đình, dựa trên các yếu tố về vị trí chiến lược, khả năng kết nối và tiềm năng phát triển [8].

Phương pháp đánh giá dựa trên sáu tiêu chí chính, bao gồm: Hệ số sử dụng đất; mật độ dân cư; mức độ tiếp cận giao thông công cộng; mức tích hợp sử dụng đất; tỷ lệ đất dành cho giao thông và tỷ lệ sử dụng phương tiện công cộng [4], [21], [27], [29]. Cụ thể như sau: (1) Khu vực Bến xe Giáp Bát: Có vị trí chiến lược quan trọng, là nút giao kết nối giữa giao thông đường sắt, đường bộ và tàu điện ngầm [39]. Hệ số sử dụng đất (FAR) hiện tại đạt 3.5 và mật độ dân cư 450 người/ha. Tuy nhiên, khu vực này còn tồn tại hạn chế như mức độ tiếp cận giao thông công cộng trung bình và tỷ lệ đất dành cho giao thông chỉ đạt 7% [32]; (2) Khu vực Bến xe Mỹ Đình: Thể hiện tiềm năng TOD cao hơn với hệ số sử dụng đất đạt 4.0 và mật độ dân cư 520 người/ha. Điểm mạnh nổi bật là mức độ tiếp cận giao thông công cộng cao, với sự kết nối đa phương thức, và mức tích hợp sử dụng đất cũng đạt mức cao [10], [20]. Tuy nhiên, tỷ lệ sử dụng phương tiện công cộng đạt khoảng 20%, vẫn thấp hơn mức tối ưu [14].

4.3. Phân tích SWOT tiềm năng phát triển TOD

Nhằm đánh giá một cách tổng hợp các điểm mạnh, điểm yếu cũng như các cơ hội và thách thức đối với phát triển mô hình TOD, bài báo thực hiện phân tích SWOT cho khu vực Bến xe Giáp Bát và Bến xe Mỹ Đình. Kết quả phân tích được tổng hợp và trình bày trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Ma trận SWOT tổng hợp tiềm năng phát triển TOD tại khu vực Bến xe Giáp Bát và Bến xe Mỹ Đình

Điểm mạnh (Strengths)	Điểm yếu (Weaknesses)
- Vị trí giao thông chiến lược, nút giao đa phương thức: Khu vực Bến xe Giáp Bát có ga tàu hỏa và bến xe liên tỉnh [12], [37], [39], trong khi bến xe Mỹ Đình là vị trí trung tâm phụ với mật độ phát triển cao [19], [37]. - Tiềm năng phát triển kinh tế và dịch vụ: Khu vực Bến xe Giáp Bát có giá đất thấp [28], Bến xe Mỹ Đình là trung tâm thương mại, dịch vụ phát triển mạnh [1]. - Hạ tầng giao thông hiện có và tiềm năng kết nối: Khu vực Bến xe Giáp Bát có hạ tầng tương đối đầy đủ và kết nối với tuyến Metro [8], [39]. Mỹ Đình sở hữu hệ thống giao thông đa phương thức đa dạng, kết nối tốt với trung tâm và sân bay [8], [39]. - Chất lượng và sự tích hợp hạ tầng: Bến xe Mỹ Đình có hạ tầng đô thị	- Áp lực lên hạ tầng và giao thông: Mỹ Đình đối mặt với mật độ giao thông cao, ùn tắc nghiêm trọng và quá tải hạ tầng hiện hữu [32], [39]. Khu vực Bến xe Giáp Bát có tỷ lệ đất giao thông thấp (7%) và hạ tầng kỹ thuật chưa đồng bộ [32], [39]. - Hạn chế về không gian và quy hoạch: Cả hai khu vực đều thiếu không gian công cộng và không gian xanh [31], [22]. Khu vực Bến xe Giáp Bát có mật độ dân cư và hoạt động kinh tế thấp, phát triển phân mảnh [3], [27], [30]. - Chi phí và áp lực phát triển: Bến xe Mỹ Đình có chi phí đất đai cao, gây rào cản đầu tư [28]. Cả hai khu vực đều chịu áp lực phát triển nhanh.

hiện đại, đồng bộ và tích hợp tốt giữa giao thông và sử dụng đất [1], [39], [10], [20].	- Năng lực thể chế và quy hoạch: Khu vực Bến xe Giáp Bát thiếu quy hoạch tích hợp và cơ chế phối hợp liên ngành [3], [6], [30].
Cơ hội (Opportunities)	**Thách thức (Threats)**
- Định hướng và chính sách phát triển: Cả hai khu vực đều được hưởng lợi từ các chính sách hỗ trợ như Luật Thủ đô 2024, chính sách ưu tiên phát triển khu vực phụ trợ và xu hướng phát triển đô thị bền vững [1], [13], [17], [24]. - Nhu cầu thị trường cao: Tồn tại nhu cầu lớn về nhà ở, văn phòng và dịch vụ, đặc biệt ở khu vực xung quanh Mỹ Đình [1]. - Đầu tư và mở rộng hạ tầng: Có kế hoạch đầu tư hạ tầng giao thông tại Hà Nội và tiềm năng hợp tác quốc tế (JICA, World Bank) [8], [20], [7]. Bến xe Mỹ Đình có tiềm năng mở rộng và kết nối với các khu đô thị [15], [40]. - Kết nối khu vực: Khu vực Bến xe Giáp Bát được kết nối với tuyến Metro đang xây dựng, còn Bến xe Mỹ Đình kết nối tương đối tốt với sân bay Nội Bài [8].	- Áp lực phát triển và cạnh tranh: Cả hai khu vực đều chịu áp lực cạnh tranh về nguồn lực đầu tư với các khu vực khác và giữa các dự án. Áp lực phát triển quá nhanh có thể dẫn đến mất kiểm soát [22]. - Rào cản về thể chế và nguồn lực: Tồn tại rào cản thể chế, thiếu cơ chế phối hợp và thiếu nguồn nhân lực có năng lực quy hoạch TOD [6], [11], [18]. - Quá tải và chi phí đầu tư: Nguy cơ quá tải hạ tầng kỹ thuật và giao thông, đặc biệt ở Bến xe Mỹ Đình [39]. Chi phí đầu tư cao (khu vực Bến xe Mỹ Đình) có thể gây khó khăn trong thu hút đầu tư [28]. - Tác động xã hội và môi trường: Áp lực di dời dân cư, giải phóng mặt bằng và nguy cơ đẩy cư dân thu nhập thấp ra ngoại thành. Đồng thời, hai khu vực chịu tác động nặng nề từ biến đổi khí hậu và ngập lụt [31].

Nguồn: Tác giả tổng hợp từ các tài liệu tham khảo và khảo sát thực địa

Ghi chú:

Hệ số sử dụng đất (FAR) tham chiếu theo tiêu chuẩn TOD quốc tế: vùng lõi 3,0 - 5,0, vùng chuyển tiếp 2,0 - 3,0, vùng ngoại vi 1,5 - 2,0 [13], [27].

Mật độ dân cư và tỷ lệ phương tiện công cộng được so sánh với chuẩn các đô thị châu Á phát triển để đánh giá khả năng tiếp cận và tính hiệu quả TOD [14], [36].

Mật độ đường phố tại khu vực nội đô Hà Nội (0,74 km/km^2) thấp hơn so với chuẩn quốc tế 5,5 - 8 km/km^2, phản ánh hạn chế về kết nối hạ tầng cơ sở [32].

Kết quả phân tích SWOT cho thấy khu vực Bến xe Giáp Bát và Bến xe Mỹ Đình đều sở hữu tiềm năng phát triển TOD đáng kể nhờ vị trí chiến lược, kết nối đa phương thức và cơ sở hạ tầng hiện hữu, đồng thời tận dụng được chính sách hỗ trợ đô thị bền vững và cơ hội đầu tư từ nguồn lực quốc tế. Tuy nhiên, hạn chế về không gian công cộng, mật độ hạ tầng chưa đồng bộ và áp lực dân cư/mật độ giao thông là những thách thức cần được giải quyết, với mức độ khác nhau giữa các khu vực. Khu vực Bến xe Giáp Bát có ưu thế về chi phí đất và không gian phát triển nhưng hạn chế về cơ sở hạ tầng và hoạt động kinh tế, trong khi khu vực Bến xe Mỹ Đình nổi bật về hạ tầng hiện đại nhưng chịu áp lực quá tải và chi phí đầu tư cao. Kết quả phân tích SWOT khẳng định rằng chiến lược TOD cần được điều chỉnh theo đặc thù từng khu vực, khai thác tối đa các điểm mạnh và cơ hội, đồng thời giảm thiểu các điểm yếu và thách thức thông qua cơ chế quản lý và đầu tư đồng bộ.

5. THẢO LUẬN

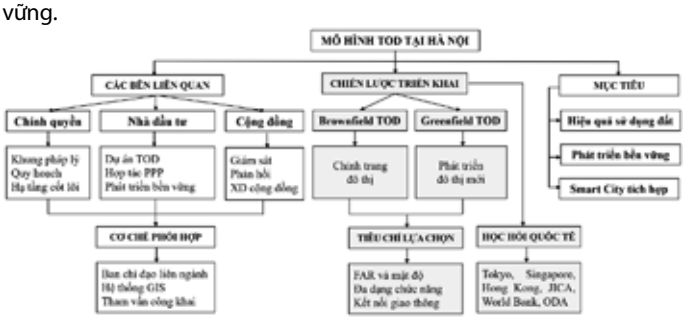
Sự khác biệt về tiềm năng TOD giữa khu vực Bến xe Giáp Bát và Bến xe Mỹ Đình chủ yếu xuất phát từ vị trí địa lý, mật độ xây dựng, đa dạng chức năng sử dụng đất và điều kiện kinh tế - xã hội. Khu vực Bến xe Mỹ Đình có hạ tầng đồng bộ, mật độ dân cư cao, chức năng sử dụng đất đa dạng, tạo điều kiện thuận lợi cho TOD, trong khi khu vực Bến xe Giáp Bát có mật độ thấp, chi phí đất rẻ nhưng cần cải thiện hạ tầng kỹ thuật và kết nối giao thông. Việc thực thi TOD tại Hà Nội đối mặt với các thách thức về quy hoạch phân mảnh, thiếu cơ chế ưu đãi cho nhà đầu tư và hạn chế nguồn lực tài chính công [3], [30]. Tuy nhiên, lợi ích dài hạn của TOD là đáng kể, giúp tiết kiệm 20 - 30% chi phí hạ tầng, tăng giá trị bất động sản 10 - 30%, giảm 20 - 40% khí thải CO_2, đồng thời tạo thêm việc làm và kích thích hoạt động kinh tế 15 - 20% [26], [28], [31].

Để triển khai hiệu quả, cần mô hình phối hợp giữa chính quyền, nhà đầu tư và cộng đồng. Chính quyền đóng vai trò dẫn dắt thông qua khung pháp lý, quản lý quy hoạch và đầu tư hạ tầng cốt lõi [5], [11], [35]. Nhà đầu tư thực hiện các dự án TOD tuân thủ tiêu chuẩn, đầu tư dài hạn, hợp tác PPP và phát triển bền vững [26], [31]. Người dân tham gia giám sát, phản hồi và tích cực sử dụng hạ tầng công cộng, đồng thời đóng góp vào việc xây dựng bản sắc cộng đồng [18], [25]. Các cơ chế phối hợp và chia sẻ lợi ích minh bạch được thiết lập thông qua Ban chỉ đạo TOD liên ngành, hệ thống thông tin GIS và quy trình tham vấn công khai [11], [25], [28].

Chiến lược triển khai TOD cần kết hợp chỉnh trang đô thị hiện hữu (Brownfield TOD) và phát triển mới (Greenfield TOD), áp dụng các tiêu chí định lượng về FAR, mật độ dân cư, đa dạng chức năng và kết nối giao thông để lựa chọn khu vực [2], [10], [27]. Việc kết hợp học hỏi kinh nghiệm quốc tế từ Tokyo, Singapore và Hong Kong, cùng hỗ trợ kỹ thuật và tài chính từ JICA, World Bank và các nguồn ODA, sẽ góp phần tăng tính khả thi và bền vững cho TOD tại Hà Nội [7], [8], [20].

Có thể thấy, triển khai TOD nhằm góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng đất và hạ tầng giao thông, đồng thời thúc đẩy phát triển bền vững, cải thiện chất lượng sống và tạo cơ sở cho mô hình đô thị thông minh tích hợp (Smart City), mở rộng khả năng áp dụng cho các thành phố lớn khác tại Việt Nam [9], [19].

Hình 3, trình bày mô hình triển khai TOD theo cấu trúc từ các bên liên quan đến cơ chế phối hợp, chiến lược thực thi và mục tiêu phát triển, trong đó ba trụ cột chính gồm chính quyền, nhà đầu tư và cộng đồng được kết nối thông qua các cơ chế minh bạch, đồng thời chiến lược triển khai kết hợp cả chỉnh trang đô thị hiện hữu và phát triển mới dựa trên tiêu chí định lượng và kinh nghiệm quốc tế, nhằm hướng tới mục tiêu cuối cùng là xây dựng đô thị thông minh bền vững.



Hình 3. Sơ đồ mô hình phối hợp triển khai TOD tại Hà Nội (Nguồn: Tác giả đề xuất)

6. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy phát triển TOD tại các trung tâm giao thông trọng điểm góp phần giải quyết các vấn đề giao thông đô thị, đồng thời là công cụ quan trọng để tái cấu trúc không gian đô thị, nâng cao hiệu quả sử dụng đất và tối ưu hóa chi phí đầu tư hạ

tầng. Với cách tiếp cận tích hợp giữa phân tích định lượng, SWOT và mô hình phối hợp đa bên, bài báo cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc triển khai TOD tại Hà Nội, đồng thời có thể làm tài liệu tham khảo cho các đô thị lớn khác tại Việt Nam. Hướng nghiên cứu tiếp theo nên tích hợp TOD với mô hình Smart City, ứng dụng mô phỏng và Big Data để tối ưu hóa vận hành, đồng thời mở rộng so sánh tại các đô thị lớn khác như TP.HCM và TP Đà Nẵng. Việc triển khai thành công sẽ góp phần xây dựng Thủ đô Hà Nội phát triển bền vững và nâng cao chất lượng sống của người dân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bảo Hân, Nâng "chất" và "lượng" đô thị hóa Hà Nội, Hà Nội mới online, 2024, https://hanoimoi.vn/nang-chat-va-luong-do-thi-hoa-ha-noi-667687.html.

[2]. Dan Qiang et al., Quantitative Evaluation of TOD Performance Based on Multi-Source Data: A Case Study of Shanghai, Sec. Environmental Health and Exposome, Vol 10, 2022.

[3]. Herika Muhamad Taki et al., Planning TOD with land use and transport integration: a review, Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, Vol 02, No 01, 2017.

[4]. Herika Muhamad Taki, Spatial Statistical Analysis for Potential Transit Oriented Development (TOD) in Jakarta Metropolitan Region, Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 03, No.01, 2018.

[5]. Hiroaki Suzuki et al., Transforming Cities with Transit: Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban Development, The World Bank, 2013.

[6]. Indra Tjahjani et al., Decision Making for the Location of Transit Oriented Development: a Case Study in Developing Country, International Review of Civil Engineering (I.RE.C.E.), Vol. 14, N. 4, 2023.

[7]. Japan International Cooperation Agency (JICA), Data Collection Survey on Urban Planning and Transit Oriented Development in Ho Chi Minh City and Hanoi Final Report, 2022.

[8]. JICA Project Team, TOD Concept Plans on Hanoi City Centre, Project for Studying the Implementation of Integrated UMRT and Urban Development for Hanoi in Vietnam, Final Report, 2015.

[9]. Jing Xie, Transit-Oriented Development (TOD) for Urban Sustainability: A Comparative Case Study of Beijing and Shenzhen, China, University of Waterloo, Master Thesis, 2017.

[10]. Jiyang Xia and Yue Zhang, Where Are Potential Areas for Transit-Oriented Development (TOD)-Exploring the Demands for Built Environment for TOD Planning, Sustainability, 14, 8364, 2022.

[11]. Kelly C. Strong et al., Decision Support Framework for Transit-Oriented Development Projects, Transportation Research Record, 2671(1), 2017, pp. 51-58.

[12]. Lê Thu Huyền, Transportation Development Strategy in Coordinating with Urban Dynamics: Case Study in Hanoi, Singapore, Springer - Lecture Notes in Civil Engineering, vol 145, 2021, pp. 367–373.

[13]. Lê Thu Huyền, Quy hoạch TOD hướng tới phát triển bền vững: bài học cho Hà Nội, Tạp chí Quy hoạch xây dựng, số (127+128), 2025.

[14]. Loo, B. P. Y et al., Transit-oriented development in future cities: towards a two-level sustainable mobility strategy, International Journal of Urban Sciences, 21(sup1), 2016, pp. 54-7.

[15]. Mingming Cai et al., Developing a multi-criteria prioritization tool to catalyze TOD on publicly owned land areas, Cities, Volume 143, 2023.

[16]. Minoo Harirchian et al., Revisiting Transit-Oriented Development Evaluation for Urban Master Plans in the Context of Developing Countries, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2675, Issue 10, 2021.

[17]. Nguyễn Anh Tuấn, Phát triển TOD cho các đô thị lớn tại Việt Nam, Tạp chí Quy hoạch xây dựng, số (127+128), 2025.

[18]. Nguyễn Thị Mai Chi, Phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng tại Nhật Bản: Bài học cho Việt Nam, Tạp chí Quy hoạch xây dựng, số (127+128), 2025.

[19]. Nguyen Thi Lan Phuong & Le Chinh Truc, Building Smart Cities and Developing Public Transport-Oriented Development (TOD)-Key Strategies for Hanoi Capital, Science Journal of Architecture & Construction, No.51, 2023, pp. 42-49.

[20]. Nhóm nghiên cứu JICA, Khảo sát Thu thập số liệu về Quy hoạch đô thị và Phát triển đô thị theo định hướng Giao thông công cộng tại TP.HCM và Hà Nội: Báo cáo cuối kỳ, 2022.

[21]. Norzailawati Mohd Noor, Transit-oriented development (TOD) planning analysis by integrating Geographic Information System (GIS) approach, Journal of Architecture, Planning and Construction Management, Vol. 10 No. 1, 2020.

[22]. P. Iamtrakul et al., The Study on Association between Urban Factors and Walkability of Transit Oriented Development (TOD), GMSARN International Journal, 16, 2022, pp. 388-398.

[23]. Peter Calthorpe, The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream, Princeton Architectural Press, 1993.

[24]. Quốc hội, Luật số 39/2024/QH15 của Quốc hội ban hành Luật Thủ đô ngày 28 tháng 6 năm 2024, Hà Nội, 2024.

[25]. Richa Maheshwari et al., Evaluating TOD in the context of local area planning using mixed-methods, Case Studies on Transport Policy, Volume 10, Issue 2, 2023, pp. 1015-1025.

[26]. Robert Cervero and Jin Murakami, Rail and Property Development in Hong Kong: Experiences and Extensions, Urban Studies, 46(10), 2009, pp. 2019-2043.

[27]. Rupali Khare et al., Measurement of transit-oriented development (TOD) using GIS technique: a case study, Arab J Geosci, 14, 832, 2021.

[28]. Sam S. Musa, Economic Impact of Land Use Planning (Transit-Oriented Development): A Comparative Analysis, West Chester University, Dissertation, 2023.

[29]. Sara M. Ibrahim et al., Planning transit-oriented development (TOD): a systematic literature review of measuring the transit-oriented development levels, Int. J. Transp. Dev. Integr., Vol. 6, No. 4, 2022, pp. 378-398.

[30]. Serge Salat and Gerald Ollivier, Transforming the Urban Space Through Transit-Oriented Development: The 3V Approach, World Bank Group, 2017.

[31]. Shaofei Niu et al., Measuring the built environment of green transit-oriented development: A factor-cluster analysis of rail station areas in Singapore, Frontiers of Architectural Research, Vol. 10, Issue 3, 2021, pp. 652-668.

[32]. Sở Giao thông vận tải Hà Nội, Sở Giao thông vận tải Hà Nội triển khai nhiệm vụ năm 2025, Hà Nội, 2025, https://sogtvt.hanoi.gov.vn/.

[33]. Ta Quynh Hoa, Study on transit-oriented development (TOD) to promote green growth and sustainability for Hanoi city, Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - HUCE, Vol 10, No 5, 2016, pp. 58-63.

[34]. Tetsuo Kidokoro, Transit-Oriented Development (TOD) Policies and Station Area Development in Asian Cities, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 532, 2020.

[35]. Thành Nguyễn Tấn, Chính sách phát triển đô thị theo hướng TOD trên thế giới và một số khuyến nghị cho Việt Nam, Hội thảo khoa học Quốc gia ACEAT 2024, 2024.

[36]. Thống kê Hà Nội (2025), Niên giám thống kê Hà Nội năm 2024.

[37]. Trinh Dinh Toan, Transit-Oriented Development for Hanoi Sustainable Urban Development, Singapore, Springer - Lecture Notes in Civil Engineering, Vol 203, 2022, pp. 1457–1465.

[38]. Tuấn Minh, Mô hình TOD: Lời giải cho bài toán phát triển đô thị bền vững, Báo kiểm toán online, 2025, http://baokiemtoan.vn/.

[39]. VIUP, The traffic organization plan and solutions to traffic congestion in Hanoi to 2025, vision to 2030, Vietnam Institute for Urban and Rural Planning (VIUP), 2017.

[40]. Zekun Li et al., Transit-oriented development among metro station areas in Shanghai, China: Variations, typology, optimization and implications for land use planning, Land Use Policy, Volume 82, 2019, pp. 269-282.

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2025

Phát triển công trình hầm kỹ thuật đa tiện ích tại các thành phố ở Việt Nam

Multi - Utility tunnel system development in Vietnam City

> PGS.TS NGUYỄN THỊ THANH MAI[1], THS NGUYỄN THẾ LỮ[2,*], KS HOÀNG QUÝ HỢI[3], KS NGUYỄN HỮU THẮNG[4]

[1]Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

[2]Ban Quản lý các dự án đầu tư CSHT ưu tiên TP Đà Nẵng; [*]Email: nguyenthelu1@gmail.com.

[3]Công ty CP FECON; [4]Công ty TNHH Tây An Hà Nội

TÓM TẮT

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và nhu cầu phát triển hạ tầng kỹ thuật đồng bộ ngày càng cao, hệ thống hầm kỹ thuật đa tiện ích (Multi-Utility Tunnel System - MUTS) đã trở thành một giải pháp chiến lược hướng tới đô thị hiện đại, thông minh và bền vững. Trên thế giới, MUTS đã được hình thành và phát triển từ thế kỷ XIX, bắt đầu tại các thành phố lớn như Paris, London và Tokyo, trước khi được nhân rộng tại nhiều quốc gia như Singapore, Tây Ban Nha, Trung Quốc và Hoa Kỳ. Các mô hình quốc tế cho thấy MUTS không chỉ giúp quản lý hiệu quả hạ tầng điện, nước, viễn thông và năng lượng, mà còn góp phần nâng cao mỹ quan, giảm chi phí bảo trì và tăng khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu. Tại Việt Nam, khái niệm MUTS chưa thực sự phổ biến, ngoài các công trình hạ tầng kỹ thuật sử dụng chung như tuynel kỹ thuật, hào kỹ thuật. Quá trình phát triển MUTS vẫn đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm chi phí đầu tư ban đầu cao, thiếu cơ chế phối hợp giữa các đơn vị hạ tầng, và hạn chế trong huy động vốn xã hội hóa. Dù còn nhiều khó khăn, MUTS được xem là nền tảng quan trọng cho chiến lược phát triển đô thị ngầm tại Việt Nam, mở ra cơ hội lớn để nâng cao năng lực quản lý hạ tầng, cải thiện môi trường sống và hướng tới tiêu chuẩn đô thị thông minh quốc tế. Bài báo làm rõ các khái niệm, thực tiễn phát triển MUTS ở trong và ngoài nước, từ đó phân tích những thách thức và cơ hội phát triển ở Việt Nam.

Từ khóa: Không gian ngầm, tuy nen kỹ thuật, hầm kỹ thuật đa tiện ích, thành phố phát triển bền vững.

ABSTRACT

In the context of rapid urbanization and the increasing demand for integrated technical infrastructure, the Multi-Utility Tunnel System (MUTS) has emerged as a strategic solution toward modern, smart, and sustainable cities. Globally, MUTS have been developed since the 19th century, beginning in major cities such as Paris, London, and Tokyo, before being widely adopted in countries including Singapore, Spain, China, and the United States. It demonstrates that MUTS not only enable efficient management of electrical, water supply, telecommunications, and energy networks but also enhance urban aesthetics, reduce maintenance costs, and improve resilience to climate change. In Vietnam, the concept of MUTS remains relatively new, with only limited applications of common used infrastructure such as technical tunnels and utility corridors. The development of MUTS still faces significant challenges, including high initial investment costs, the absence of coordinated management mechanisms among utility agencies, and constraints in mobilizing private or public-private partnership (PPP) funding. Despite these difficulties, MUTS are regarded as a fundamental component in Vietnam's underground urban development strategy, offering great potential to improve infrastructure management capacity, enhance urban environmental quality, and align with international standards for smart and sustainable cities. This paper clarifies key concepts and reviews global and domestic practices of MUTS development, thereby analyzing the major challenges and opportunities for implementation in Vietnam.

Keywords: Underground space planning, technical tunnel, multi - utility tunnel system (MUTS), sustainable development city.

1. GIỚI THIỆU

Trên thế giới, việc khai thác không gian ngầm đã trở thành xu hướng tất yếu trong quá trình phát triển đô thị, đặc biệt tại các thành phố lớn đang đối mặt với tình trạng thiếu quỹ đất, ô nhiễm môi trường và nhu cầu quản lý hạ tầng kỹ thuật đồng bộ. Không gian ngầm mang lại nhiều lợi ích như tối ưu hóa sử dụng mặt đất, giảm áp lực lên khu vực trung tâm có mật độ xây dựng cao, bảo tồn cảnh quan - di sản đô thị, tăng diện tích không gian xanh và góp phần cải thiện môi trường - sinh thái đô thị. Tại Hội thảo ITA lần thứ 30 năm 2004 ở Singapore, Hiệp hội Hầm và Không gian ngầm Thế giới (ITA) đã nhấn mạnh rằng "khai thác không gian ngầm là phương cách duy nhất để các đô thị có thể phát triển bền vững trong sự tiến bộ của nhân loại" (ITA, 2004).

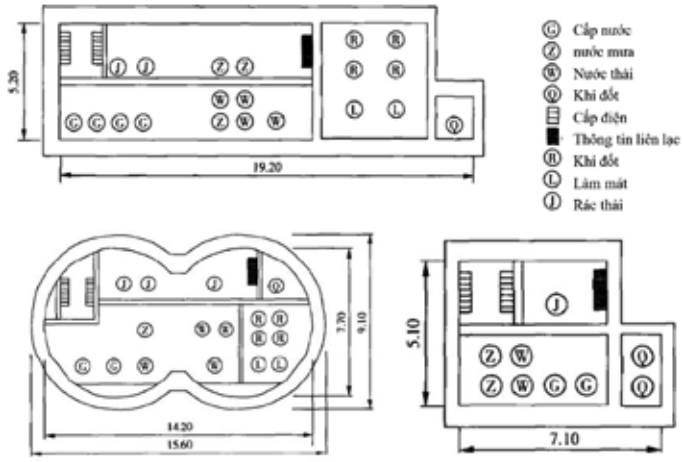
Nội dung bài báo tìm hiểu khái niệm, quá trình phát triển của MUTS trên thế giới và thực tiễn xây dựng ở Việt nam. Từ đó, luận giải những vấn đề hiện nay khi triển khai nhân rộng mô hình MUTS tại các thành phố ở Việt Nam. Một số phương pháp được sử dụng trong bài báo bao gồm nghiên cứu tại bàn, thu thập, tổng hợp phân tích tài liệu, trao đổi với các chuyên gia trong lĩnh vực xây dựng công trình ngầm.

2. KINH NGHIỆM PHÁT TRIỂN MUTS TẠI MỘT SỐ QUỐC GIA TRÊN THẾ GIỚI

2.1. Tại châu Á

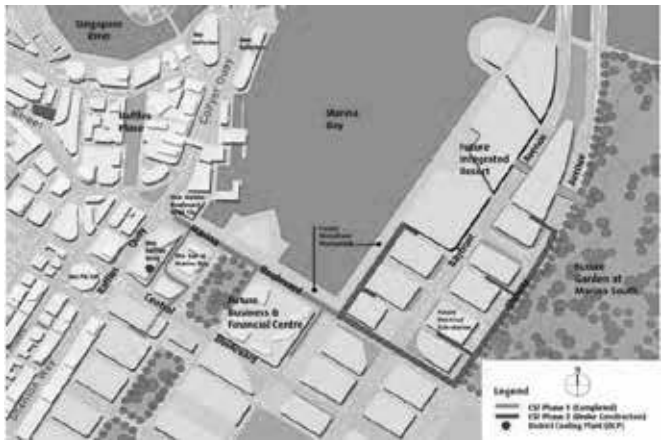
Nhật Bản

Việc xây dựng hệ thống hầm kỹ thuật đa tiện ích (MUTS) tại Nhật Bản khởi đầu sau trận động đất lớn Kantō năm 1923, trước hết ở Tokyo rồi mở rộng sang Osaka và Nagoya như một phần trong chương trình tái thiết đô thị. Một trường hợp điển hình là khu trung tâm mới gần Vịnh Tokyo, bao gồm 4 quận, nơi hơn 10 loại tiện ích đô thị (nước, thoát nước, viễn thông, khí đốt, hệ thống làm mát - sưởi ấm, xử lý rác thải…) được kết nối trực tiếp đến từng tòa nhà thông qua MUTS. Để tăng hiệu quả quản lý, 9 tuyến ống và cáp chính, ngoại trừ hệ thống thoát nước mưa, đã được tập trung đưa vào đường hầm MUTS dài 16 km, với tổng vốn đầu tư lên tới khoảng 3,2 tỷ USD. Mô hình này không chỉ cải thiện khả năng quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị mà còn góp phần bảo đảm an toàn, giảm chi phí vận hành, và nâng cao chất lượng môi trường sống đô thị. Thiết kế mặt cắt ngang được thể hiện ở Hình 1 (Zhu, 2005).



Hình 1. Một số mặt cắt ngang điển hình MUTS tại Vịnh Tokyo Singapore

Quốc hội Singapore đã thông qua Đạo luật Đường hầm Dịch vụ Chung (Common Services Tunnel Bill) vào ngày 19/3/2018, quy định bắt buộc sử dụng MUTS đối với các dự án phát triển mới, đồng thời đưa ra các tiêu chuẩn kỹ thuật và chế tài đi kèm (Channel News Asia, 2018; Seow, 2018). Toàn bộ hệ thống có tổng chiều dài khoảng 20 km và được xây dựng theo nhiều giai đoạn (Zhou & Zhao, 2016). Giai đoạn 1 hoàn thành năm 2006, dài 1,4 km với chi phí khoảng 66 triệu CAD/km, độ sâu có nơi đạt tới 20 m (NUS, 2016). Giai đoạn 2, hoàn thành khoảng năm 2010, dài 1,6 km với chi phí khoảng 111 triệu CAD (69 triệu CAD/km). Giai đoạn 3 kết thúc năm 2016, tiếp tục mở rộng mạng lưới MUTS kết nối các khu thương mại và dân cư trọng điểm (SmartBuildAsia, n.d.). MUTS tại Singapore tích hợp đồng bộ nhiều loại hạ tầng kỹ thuật như điện, viễn thông, cấp nước, cùng mạng lưới NEWater - hệ thống cung cấp nước siêu tinh khiết tái chế; trong tương lai, các công nghệ hiện đại như làm mát khu vực (district cooling) và thu gom rác thải khí nén (pneumatic waste system) cũng sẽ được tích hợp (Lim, 2012; CLC, 2017).



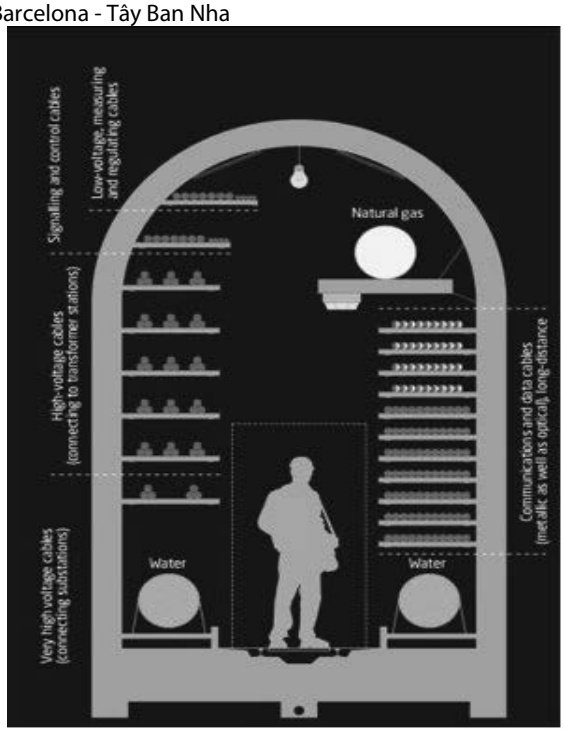
Hình 2. Bố trí tuyến MUTS ở Marina Bay (Lim, 2012)

2.2. Châu Âu

Thành phố Praha - Cộng hòa Séc

Những công trình hầm kỹ thuật đa tiện ích (MUTS), hay còn gọi là "utility collector houses", được xây dựng tại Praha từ những năm 1970, khởi đầu ở khu dân cư North Town - Ďáblice (1971). Trong suốt thập niên 1970 -1980, nhiều tuyến MUTS khác tiếp tục được phát triển, đến nay tổng chiều dài đạt khoảng 90 km, toàn bộ do chính quyền Thành phố Praha đầu tư và quản lý (Prague.eu, 2022). Hệ thống này được phân loại thành ba cấp độ: MUTS loại 1 (truyền tải liên vùng, hiện chưa có tại Praha), loại 2 (cung cấp hạ tầng chính cho từng khu vực đô thị), và loại 3 (phân phối trực tiếp đến các khu dân cư và công trình cụ thể). Về mặt kỹ thuật, MUTS ở khu trung tâm thành phố thường được đặt ở độ sâu 5 - 45 m bằng phương pháp đào hầm kích thước nhỏ (micro-tunneling), trong khi các khu ngoại ô ưu tiên phương pháp đào hở (cut-and-cover) để tiết kiệm chi phí. Hệ thống chứa đa dạng hạ tầng kỹ thuật (cấp nước, thoát nước, hơi - nhiệt, khí đốt, điện, viễn thông) với không gian được phân chia rõ ràng và lối đi cho công tác bảo trì.

Barcelona - Tây Ban Nha



Hình 3. Mặt cắt ngang điển hình của MUTS của Barcelona

Mạng lưới MUTS của Barcelona gồm nhiều tuyến chính, bao gồm đường hầm Rondas và Glòries Square (36 km), đường hầm Besòs (Santa Coloma de Gramenet dài 1,7 km; Sant Adrià de Besòs dài 2,4 km) và đường hầm Tarragona St. dài 0,6 km. Đường hầm vận chuyển Rondas được thiết kế linh hoạt với cả tiết diện hình chữ nhật (2 × 2,5 m) và hình tròn (2,4 m đường kính), sử dụng các mô-đun bê tông cốt thép đúc sẵn dày 20 cm để giảm chi phí và đẩy nhanh tiến độ thi công. Mỗi mô-đun có 4 gờ cố định, cho phép lắp đặt giá đỡ và vận chuyển nhiều loại hạ tầng cùng lúc, từ điện lực, cáp viễn thông đến các dịch vụ đô thị khác (Gimeno, 2019).

3. PHÁT TRIỂN MUTS TẠI VIỆT NAM

3.1. Tổng quan phát triển công trình kỹ thuật ngầm đa tiện ích tại các đô thị Việt Nam

❖ *Giai đoạn tiếp cận - nhận thức nhu cầu (trước 1995)*

Trong giai đoạn này, hạ tầng kỹ thuật chủ yếu phát triển theo mô hình đơn lẻ, thiếu đồng bộ: dây điện và cáp viễn thông treo dày đặc gây mất mỹ quan và nguy cơ cháy nổ; các tuyến ống và cáp ngầm chôn rải rác, dẫn tới tình trạng đào đường lặp lại nhiều lần, ảnh hưởng đến giao thông và đời sống. Các sự cố ngập úng, cháy chập điện, hỏng cáp viễn thông diễn ra thường xuyên. Trong bối cảnh đó, Việt Nam bắt đầu tiếp cận khái niệm hào kỹ thuật và tuynel kỹ thuật - công trình ngầm dùng chung cho nhiều loại hạ tầng, theo xu hướng đã được áp dụng thành công tại Nhật Bản, Singapore và nhiều quốc gia châu Âu.

❖ *Giai đoạn khởi đầu và thí điểm (1995 - 2010)*

Trong giai đoạn khởi đầu và thí điểm (1995 - 2010), việc xây dựng hệ thống công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm sử dụng chung chủ yếu mang tính thử nghiệm, tập trung ở một số khu đô thị mới và dự án chỉnh trang trung tâm. Tại Hà Nội, các khu đô thị như Linh Đàm, Mỹ Đình và Ciputra đã bắt đầu áp dụng hào kỹ thuật dạng hộp bê tông để đồng bộ hóa hệ thống cáp điện lực và viễn thông, trong khi khu vực quanh hồ Hoàn Kiếm được triển khai thí điểm các hào kỹ thuật nhỏ nhằm bó gọn dây cáp và cải thiện cảnh quan. Ở TP.HCM, dự án Phú Mỹ Hưng được coi là tiên phong khi từ đầu những năm 2000 đã áp dụng hệ thống hào kỹ thuật đồng bộ, tích hợp điện, viễn thông và cấp thoát nước trong cùng một không gian, đồng thời có lối vào bảo dưỡng định kỳ; đây cũng là khu đô thị đầu tiên không còn tình trạng "dây điện chằng chịt" trên không.

❖ *Giai đoạn mở rộng và thể chế hóa (2010 - 2020)*

Thập niên 2010 đánh dấu một bước ngoặt quan trọng trong phát triển công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm tại Việt Nam, khi Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 07:2010/BXD lần đầu tiên đưa khái niệm hào kỹ thuật và tuynel kỹ thuật vào hệ thống pháp luật, tạo hành lang pháp lý cho việc triển khai trên phạm vi rộng. Tại Hà Nội, dự án chỉnh trang khu vực hồ Hoàn Kiếm giai đoạn 2017-2019 đã hạ ngầm toàn bộ hệ thống điện và viễn thông vào công trình kỹ thuật ngầm, góp phần cải thiện cảnh quan và an toàn hạ tầng. Bên cạnh đó, các khu đô thị quy mô lớn như Tây Hồ Tây (Starlake) và Ciputra giai đoạn 2 đã triển khai công trình kỹ thuật ngầm tích hợp nhiều tiện ích dạng hầm hộp như điện, viễn thông, cấp - thoát nước, thậm chí cả hệ thống điều hòa không khí.

❖ *Giai đoạn hiện nay - hướng tới hệ thống đồng bộ (2020 - nay)*

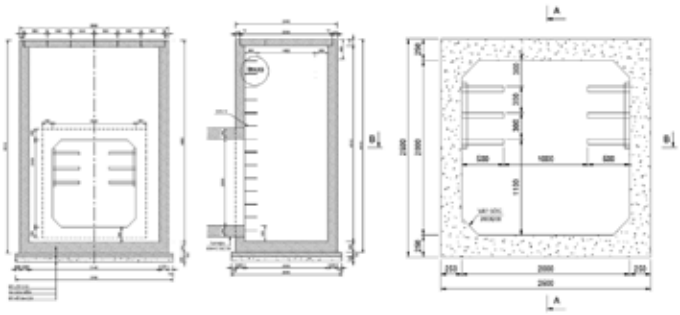
Trong bối cảnh chuyển đổi số và phát triển đô thị thông minh, hệ thống hầm kỹ thuật đa tiện ích ngày càng được coi là một cấu phần hạ tầng tất yếu nhằm bảo đảm tính bền vững, đồng bộ và hiện đại của đô thị Việt Nam. Năm 2023, Bộ Xây dựng đã ban hành QCVN 07:2023/BXD, trong đó đưa ra định nghĩa, phân loại và các yêu cầu chi tiết liên quan đến công trình kỹ thuật ngầm đa tiện ích như độ sâu chôn lấp, khoảng cách tối thiểu giữa các tuyến, cấu tạo hố ga và lối vào bảo dưỡng. Đây là bước tiến quan trọng trong quá trình chuẩn hóa thiết kế và thi công, tạo nền tảng pháp lý cho việc triển khai MUTS trên quy mô lớn. Tại Hà Nội, chính quyền thành phố đang mở rộng hệ thống công trình kỹ thuật ngầm đa tiện ích quanh khu vực hồ Hoàn Kiếm, đồng thời nghiên cứu mô hình tuynel kỹ thuật tích hợp tại khu trung tâm, có sự kết nối trực tiếp với tuyến metro.

3.2. Một số dự án MUTS tiêu biểu tại Việt Nam

Tại Việt Nam, MUTS đã bước đầu triển khai ở một số đô thị lớn, tuy nhiên mức độ áp dụng còn khác nhau giữa các địa phương. TP.HCM là địa phương tiên phong với dự án KĐTM Thủ Thiêm, nơi lần đầu tiên MUTS được áp dụng trên quy mô lớn, tích hợp đồng bộ các hệ thống hạ tầng kỹ thuật như điện, viễn thông, cấp và thoát nước; công trình đã chính thức đưa vào sử dụng từ năm 2017. Tại Đà Nẵng, các tuyến đường Nguyễn Văn Linh và Võ Chí Công có triển khai hầm kỹ thuật nhưng chủ yếu là dạng hầm đơn ngành (tách biệt điện, nước, viễn thông), chưa đạt chuẩn tích hợp MUTS toàn diện. Đối với Hà Nội, một số khu vực như Ciputra và Tây Hồ Tây đã bố trí hào kỹ thuật và ống kỹ thuật, song các hầm kỹ thuật đa tiện ích mới chỉ xuất hiện ở một số đoạn thí điểm. Trong khi đó, tại các đô thị khác như Vinh, Hải Phòng và Cần Thơ, việc phát triển MUTS hiện vẫn đang trong giai đoạn nghiên cứu, thiết kế hoặc thử nghiệm các tuyến hầm kỹ thuật nhỏ lẻ, chưa hình thành hệ thống đồng bộ. Đáng chú ý một số dự án quy mô lớn nằm ngoài đô thị có thiết kế tuynel ngầm đa tiện ích như nhà máy Nhiệt điện Vũng Áng II, sân bay Long Thành, dự án vành đai 4…

Tiêu biểu dự án MUTS dọc vành đai 4 tại Mê Linh, Sóc Sơn

Nhìn chung, việc tích hợp hệ thống tuynel kỹ thuật dọc tuyến vành đai 4 là một bước đi chiến lược, giúp giảm chi phí xã hội, nâng cao hiệu quả quản lý hạ tầng, đồng thời cải thiện cảnh quan và môi trường đô thị, qua đó đóng vai trò đòn bẩy quan trọng trong việc hiện thực hóa tầm nhìn phát triển đô thị hiện đại và bền vững cho Hà Nội cũng như khu vực lân cận.



Hình 4. Mặt cắt hố ga và thang lên xuống (a); Mặt cắt ngang tuynel (b)

Hình 5. Thi công các mối nối các đốt trên vành đai 4, đoạn Mê Linh - Sóc Sơn (Hợi H.Q., 2025).

4. VẤN ĐỀ ĐẶT RA TRONG TRIỂN KHAI MUTS Ở VIỆT NAM

4.1. Những thách thức, khó khăn

Thách thức về vốn đầu tư cho phát triển hầm kỹ thuật đa tiện ích (MUTS)

Việc xây dựng hầm kỹ thuật đa tiện ích (MUTS) đòi hỏi nguồn vốn đầu tư ban đầu rất lớn so với phương án truyền thống là chôn

ngầm riêng lẻ từng loại hạ tầng kỹ thuật như điện lực, viễn thông hay cấp thoát nước. Theo các nghiên cứu của Bộ Xây dựng (2022), suất đầu tư cho MUTS thường cao hơn từ 1,5 - 3 lần so với việc xây dựng từng hệ thống kỹ thuật ngầm riêng biệt. Nguyên nhân chính đến từ yêu cầu kết cấu bê tông cốt thép chịu lực lớn, hệ thống thông gió, chiếu sáng, thoát nước và phòng cháy chữa cháy độc lập, cùng với các chi phí kỹ thuật cho bảo dưỡng và vận hành lâu dài.

Tại Việt Nam, thách thức về vốn đầu tư càng trở nên rõ rệt khi nguồn ngân sách địa phương còn hạn chế, trong khi cơ chế huy động vốn xã hội hóa hoặc mô hình đối tác công tư (PPP) cho các công trình ngầm vẫn đang trong giai đoạn thử nghiệm và chưa đạt hiệu quả mong muốn. Việc phân chia trách nhiệm, lợi ích và chi phí giữa các đơn vị quản lý hạ tầng (điện, nước, viễn thông) còn thiếu cơ chế thống nhất, khiến việc đầu tư MUTS gặp nhiều trở ngại. Một ví dụ điển hình là dự án hầm kỹ thuật tại KĐT Phú Mỹ Hưng (TP.HCM). Dù mang lại hiệu quả cao về kỹ thuật và mỹ quan đô thị, dự án này phải chịu chi phí đầu tư rất lớn, chủ yếu do chủ đầu tư tự bỏ vốn mà không có sự hỗ trợ tài chính đáng kể từ ngân sách hoặc các cơ chế đồng đầu tư. Điều này khiến nhiều địa phương khác e ngại nhân rộng mô hình, đặc biệt trong bối cảnh chi phí đầu tư hạ tầng đô thị ngày càng tăng và nguồn lực công còn phân tán. Về dài hạn, để thúc đẩy triển khai MUTS, cần có chính sách hỗ trợ tài chính, ưu đãi thuế và cơ chế PPP rõ ràng hơn, đồng thời chuẩn hóa quy trình đầu tư - quản lý - vận hành nhằm giảm thiểu rủi ro tài chính cho nhà đầu tư và địa phương.

Công tác quản lý và khung pháp lý còn phức tạp, thiếu tính thống nhất

Hiện nay, Việt Nam chưa có một cơ quan đầu mối chịu trách nhiệm điều phối và vận hành thống nhất hệ thống đường hầm MUTS. Hệ thống hạ tầng kỹ thuật vẫn do nhiều đơn vị khác nhau quản lý như điện lực, cấp nước, thoát nước, viễn thông, chiếu sáng… Mỗi ngành thường có xu hướng "tự làm - tự quản", dẫn đến khó khăn trong việc phối hợp và chia sẻ không gian ngầm chung. Thực tế tại Đà Nẵng cho thấy, trong quá trình nghiên cứu triển khai MUTS dọc tuyến Võ Chí Công và Nguyễn Hữu Thọ, các đơn vị viễn thông và điện lực từng xảy ra vấn đề trong phân chia chi phí đầu tư, khiến dự án bị kéo dài tiến độ. Về góc độ pháp lý, Bộ Xây dựng đã ban hành QCVN 07:2010/BXD (cập nhật năm 2023) với các nội dung liên quan đến hạ tầng kỹ thuật ngầm, tuy nhiên nhiều tiêu chuẩn thiết kế chi tiết như kích thước tuynel, tiêu chuẩn an toàn PCCC, chống thấm, thông gió hay quy trình vận hành vẫn còn thiếu hoặc chưa đồng bộ. Bên cạnh đó, quy định về cấp phép, quản lý khai thác và phân định trách nhiệm giữa các chủ thể liên quan đến MUTS vẫn chưa rõ ràng, làm giảm động lực tham gia của các nhà đầu tư.

Khó khăn trong thi công và cải tạo

MUTS là loại hình công trình còn rất mới tại Việt Nam, số lượng dự án triển khai còn ít và quy mô nhỏ, nên hiện chưa có cơ chế, quy trình hay hướng dẫn kỹ thuật rõ ràng cho công tác thi công và cải tạo. Nguồn nhân lực chuyên môn cũng là thách thức lớn. Việt Nam thiếu đội ngũ kỹ sư chuyên ngành công trình ngầm và các nhà thầu có kinh nghiệm thi công tuynel kỹ thuật. Các công nghệ hiện đại như máy khoan TBM, hệ thống giám sát - cảnh báo PCCC, hay các giải pháp điều khiển thông minh chưa được ứng dụng rộng rãi. Phần lớn dự án phải thuê tư vấn hoặc chuyển giao công nghệ từ nước ngoài, dẫn đến chi phí đầu tư cao.

Bên cạnh đó, tại các đô thị lớn như Hà Nội và TP.HCM, hệ thống hạ tầng kỹ thuật ngầm đã tồn tại lâu năm, phát triển chồng chéo và thiếu đồng bộ. Việc xây dựng MUTS trong khu vực hiện hữu thường gặp nhiều hạn chế như không gian ngầm chật hẹp, khó bố trí tuyến tuynel mới; xung đột với mạng lưới hạ tầng cũ (cấp - thoát nước, cáp viễn thông…); bản thân người dân và doanh nghiệp thường ngần ngại trong việc giải phóng mặt bằng tạm thời phục vụ thi công. Thực tế thi công tại nút giao đường QL23B và trục chính đường vành đai 4 cho thấy xuất hiện những xung đột với mạng lưới hạ tầng cũ (đường ống cấp thoát nước, cáp viễn thông, điện lực). Việc thiếu thông tin về hạ tầng ngầm tiềm ẩn nguy cơ va chạm, làm gián đoạn dịch vụ hoặc gây hư hỏng kỹ thuật. Do đó, cần có thông tin chính xác về vị trí cáp điện, ống nước và các hệ thống kỹ thuật khác nằm dưới mặt đất trước khi thi công là rất cần thiết (Thắng N.H., 2025). Với những thách thức trên, MUTS hiện chủ yếu được triển khai ở các khu đô thị mới, nơi mặt bằng hạ tầng còn "sạch" và dễ quy hoạch, thay vì khu vực trung tâm đô thị cũ.

Hình 6. Một số hình ảnh thi công hầm kỹ thuật trên trục quốc lộ 23B (Thắng N.H., 2025)

4.2. Cơ hội và triển vọng đặt ra

Xu thế phát triển của các đô thị hiện đại

Sự phát triển nhanh chóng của các đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng và Hải Phòng đang đặt ra nhu cầu ngày càng gia tăng về điện năng, cấp thoát nước, viễn thông, Internet, chiếu sáng công cộng và hạ tầng kỹ thuật đô thị đồng bộ. Nếu các mạng lưới này tiếp tục được triển khai theo hình thức đi nổi hoặc chôn ngầm riêng lẻ, sẽ dẫn đến tình trạng chồng chéo công trình, khó quản lý, phải đào đường thường xuyên và gây ảnh hưởng tiêu cực đến giao thông, môi trường cũng như mỹ quan đô thị. Trong bối cảnh đó, việc phát triển tuynel kỹ thuật đa tiện ích (MUTS) trở thành giải pháp tất yếu để hướng tới mô hình đô thị thông minh, xanh và bền vững. MUTS cho phép tích hợp đồng thời nhiều loại hạ tầng kỹ thuật (điện, nước, viễn thông, chiếu sáng, khí đốt...) trong cùng một không gian ngầm có khả năng tiếp cận và bảo trì thuận tiện.

Các chính sách hỗ trợ mới từ Nhà nước và hợp tác quốc tế trong phát triển hệ thống hạ tầng kỹ thuật ngầm (MUTS)

Trong những năm gần đây, Việt Nam đã có những bước tiến quan trọng trong việc hoàn thiện khung pháp lý và chính sách phát triển hệ thống hạ tầng kỹ thuật ngầm, đặc biệt là đối với tuynel kỹ thuật đa tiện ích. Cụ thể, Luật Quy hoạch đô thị (2009) và Luật Xây dựng sửa đổi (2020) đã chính thức đề cập đến nội dung quy hoạch, quản lý và khai thác không gian ngầm đô thị, tạo nền tảng pháp lý cho việc triển khai MUTS trong quy hoạch tổng thể. Bên cạnh đó, QCVN 07:2010/BXD và phiên bản cập nhật QCVN 07:2023/BXD đã quy định chi tiết về bố trí, thiết kế và yêu cầu kỹ thuật đối với các công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm, trong đó có tuynel kỹ thuật, hào kỹ thuật và hộp kỹ thuật. Đây là cơ sở quan trọng để chuẩn hóa thiết kế, thi công và quản lý MUTS trên phạm vi toàn quốc.

Về cơ chế đầu tư, Nhà nước đang khuyến khích mạnh mẽ mô hình hợp tác công tư (PPP) trong lĩnh vực hạ tầng kỹ thuật ngầm, mở rộng cơ hội cho các doanh nghiệp trong và ngoài nước tham gia đầu tư, vận hành và bảo trì MUTS. Đây là hướng đi phù hợp trong bối cảnh nguồn lực ngân sách còn hạn chế, đồng thời giúp thu hút công nghệ và quản trị tiên tiến từ khu vực tư nhân.

Ở tầm quốc tế, Việt Nam có cơ hội tiếp nhận kinh nghiệm và mô hình MUTS từ các quốc gia đã thành công, như Nhật Bản, với hệ thống tuynel kỹ thuật dọc các tuyến phố trung tâm Tokyo, được thiết kế để đảm bảo khả năng tiếp cận, bảo trì và an toàn cao, hay Singapore, với Common Services Tunnel (CST) tại khu vực Marina Bay, là hình mẫu điển hình về tích hợp đa tiện ích và vận hành tự động hóa, và Tây Ban Nha (Barcelona), nơi MUTS được triển khai dọc theo các tuyến phố lớn, góp phần hình thành mạng lưới hạ tầng ngầm kết nối toàn đô thị. Bên cạnh đó, các tổ chức quốc tế như JICA (Nhật Bản), KOICA (Hàn Quốc), Ngân hàng Thế giới (WB) và Ngân hàng Phát triển châu Á (ADB) đã và đang cam kết hỗ trợ Việt Nam trong các lĩnh vực tài chính, chuyển giao công nghệ, tư vấn quy hoạch và đào tạo nguồn nhân lực kỹ thuật chuyên sâu về công trình ngầm. Sự hợp tác này mở ra cơ hội để Việt Nam tiếp cận các công nghệ hiện đại như khoan ngầm TBM, bê tông chống thấm, hệ thống thông gió - PCCC thông minh, và nền tảng số trong quản lý vận hành MUTS.

Triển vọng phát triển kinh tế xã hội

Trong giai đoạn 5-10 năm tới, hệ thống tuynel kỹ thuật đa tiện ích (MUTS) được dự báo sẽ trở thành một trong những hạng mục hạ tầng ưu tiên tại Việt Nam, đặc biệt ở các khu đô thị mới, trung tâm hành chính, tuyến đường vành đai và các trục giao thông chính đô thị. Về dài hạn, Việt Nam có thể hướng tới mạng lưới tuynel kỹ thuật liên kết vùng, kết nối các đô thị vệ tinh quanh Hà Nội, TP.HCM và Đà Nẵng. Hệ thống này không chỉ đóng vai trò là "xương sống" của hạ tầng kỹ thuật ngầm, mà còn tạo nền tảng để phát triển "thành phố ngầm" - nơi không gian dưới lòng đất được khai thác cho bãi đỗ xe, trung tâm thương mại, hệ thống logistics và các công trình công cộng ngầm.

Mặc dù chi phí đầu tư ban đầu của MUTS khá cao, song về lâu dài, công trình này mang lại hiệu quả kinh tế vượt trội, thể hiện ở các khía cạnh như (1) Giảm chi phí bảo trì, sửa chữa và nâng cấp hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị, nhờ khả năng tiếp cận và quản lý tập trung; (2) Hạn chế tình trạng đào đường nhiều lần, qua đó giảm ùn tắc giao thông, thiệt hại kinh tế - xã hội và kéo dài tuổi thọ kết cấu hạ tầng; (3) Tối ưu hóa sử dụng đất đô thị, giúp tái cấu trúc không gian ngầm phục vụ mục tiêu phát triển thương mại, giao thông và dịch vụ công cộng. Về phương diện môi trường, MUTS góp phần giảm thiểu bụi, tiếng ồn và ô nhiễm trong quá trình duy tu, đồng thời giúp đô thị thích ứng tốt hơn với biến đổi khí hậu và hiện tượng ngập úng cục bộ. Xét trên khía cạnh xã hội, việc triển khai MUTS giúp nâng cao an toàn hạ tầng đô thị, hạn chế nguy cơ cháy nổ, chập điện và sụt lún, đồng thời cải thiện chất lượng sống của cư dân đô thị thông qua việc hình thành môi trường sống hiện đại, an toàn và bền vững hơn.

5. KẾT LUẬN

Việc phát triển hệ thống hầm kỹ thuật đa tiện ích (MUTS) tại Việt Nam đang trở nên ngày càng cần thiết trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, hạ tầng kỹ thuật chồng chéo và yêu cầu nâng cao chất lượng quản lý đô thị. Kinh nghiệm của các quốc gia như Pháp, Nhật Bản, Singapore hay Trung Quốc cho thấy MUTS không chỉ giúp tối ưu hóa không gian ngầm mà còn mang lại lợi ích dài hạn về kinh tế, an toàn và vận hành đô thị. Tuy nhiên, Việt Nam hiện vẫn đối mặt với nhiều thách thức như khung pháp lý chưa đồng bộ, thiếu đơn vị quản lý thống nhất, hạn chế về năng lực kỹ thuật - công nghệ, và đặc biệt là khó khăn trong triển khai tại khu vực đô thị cũ có hạ tầng phức tạp. Dù vậy, đây cũng chính là cơ hội để Việt Nam thúc đẩy đổi mới chính sách, hoàn thiện bộ tiêu chuẩn - quy chuẩn, phát triển nguồn nhân lực chuyên ngành và học hỏi mô hình quản trị tiên tiến từ quốc tế. Việc định hướng đầu tư MUTS tại các khu đô thị mới, trục đường chiến lược, đồng thời thí điểm các mô hình quản lý tập trung và áp dụng công nghệ giám sát - vận hành thông minh sẽ giúp Việt Nam từng bước vượt qua rào cản hiện tại. Nếu được triển khai một cách có kế hoạch, nhất quán và dựa trên bài học toàn cầu, MUTS sẽ trở thành giải pháp quan trọng thúc đẩy phát triển hạ tầng đô thị hiện đại, bền vững và an toàn cho các thành phố Việt Nam trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Adnan, S. M., & Heng, T. K. (2003). Common Utility Tunnel for Utility Services at Putrajaya, New Administrative Centre of Malaysia. Water Science and Technology: Water Supply, 3(5-6), 29-34.

[2]. American Public Works Association (APWA). (1971). Feasibility of Utility Tunnels in Urban Areas. APWA Research Foundation.

[3]. Bell, A., & Browsgrove, K. (2012). Tên Bài báo về Quản lý Hạ tầng Ngầm tại các Khuôn viên Đại học.

[4]. Bộ Giao thông vận tải. (2019). Báo cáo nghiên cứu khả thi Dự án Cảng hàng không quốc tế Long Thành - Giai đoạn 1. Hà Nội: Bộ Giao thông vận tải.

[5]. BVH Integrated Services. (2018). Case Study: University of Massachusetts (UMass) Utility Tunnel Extension. BVH Integrated Services, Inc.

[6]. Cano-Hurtado, E., & Canto-Perello, J. (1999). The utility tunnel is potentially one of the most sustainable urban underground infrastructures and must, therefore, be taken into account in urban planning. Tunnelling and Underground Space Technology, 14(4), 387-395.

[7]. Canto-Perello, J., & Curiel-Esparza, S. (2001). Human factors engineering in utility tunnel design. Tunnelling and Underground Space Technology, 16(3), 195–201.

[8]. Centre for Liveable Cities (CLC). (2017). Tên Báo cáo về Phát triển Đô thị Bền vững/Hạ tầng Ngầm. CLC Singapore.

[9]. Channel News Asia. (2018, March 19). New bill on common services tunnel passed in Parliament. MediaCorp Pte Ltd.

[10]. Channel News Asia. (2022, November 11). Singapore to expand underground infrastructure with Common Services Tunnel in Jurong Innovation District. MediaCorp Pte Ltd.

[11]. China Daily. (2022, December 26). China's utility tunnels go deep for smart city development. China Daily. (Được thêm vào từ câu trả lời trước, không có trong list ban đầu nhưng liên quan đến SCMP/State Council)

[12]. Czech.cz. (2023). Prague's Smart City Strategy: How Utility Tunnels Boost Sustainability and Climate Resilience.

[13]. European Union Information Centre (EUIC). (2021). Thông cáo về các dự án Cải tạo cơ sở hạ tầng được EU hỗ trợ tại Praha.

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2025

Nghiên cứu lựa chọn công nghệ và thiết bị cho công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ để đáp ứng quy chuẩn và tiêu chuẩn quốc gia mới

Selection of Technologies and Equipment for On-Site wastewater treatment facilities in Compliance with newly issued national standards

> NGUYỄN VIỆT ANH[1,*], LÊ TRỌNG BẰNG[1], DƯƠNG THỊ THANH XUYẾN[2], NGUYỄN THỊ HỒNG LIỄU[2], ĐINH CHÍNH LỢI[3]
[1]Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[2]Cục Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường
[3]Vụ Khoa học, Công nghệ, Môi trường và Vật liệu Xây dựng, Bộ Xây dựng
[*]Email: AnhNV@HUCE.edu.vn

TÓM TẮT

Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 98:2025/BNNMT do Bộ Nông nghiệp và Môi trường ban hành xác định các yêu cầu kỹ thuật tối thiểu và giá trị giới hạn ô nhiễm đối với công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ. Bên cạnh đó, tiêu chuẩn TCVN 14396:2025 cung cấp khung hướng dẫn thiết kế, lựa chọn công nghệ, kiểm tra chất lượng bể và yêu cầu vận hành cho các hệ thống xử lý tại chỗ, chuyển hóa các yêu cầu pháp lý thành giải pháp kỹ thuật cụ thể. Nhóm nghiên cứu đã phân tích mối quan hệ giữa QCVN 98:2025/BNNMT và TCVN 14396:2025 trong quản lý và thiết kế công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ ở Việt Nam, qua đó làm rõ yêu cầu kỹ thuật, giới hạn đầu ra theo dải công suất ($Q < 2$ m^3/ngày, $2 < Q < 20$ m^3/ngày và $Q \geq 20$ m^3/ngày) và cách thức lựa chọn dây chuyền công nghệ. Đồng thời, nghiên cứu thực hiện so sánh với tiêu chuẩn, quy chuẩn và công nghệ xử lý nước thải đang được áp dụng tại một số quốc gia. Một số đề xuất, kiến nghị được nhóm tác giả đưa ra nhằm tăng tính khả thi và hiệu quả môi trường của quy chuẩn, tiêu chuẩn mới.

Từ khóa: Bể xử lý chế tạo sẵn, công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ, lựa chọn công nghệ, QCVN 98:2025/BNNMT, TCVN 14396:2025.

ABSTRACT

The National Technical Code QCVN 98:2025/BNNMT defines minimum technical requirements and pollutant limit values for on-site wastewater treatment facilities. In parallel, The National Standard TCVN 14396:2025 provides technical guidance on system design, technology selection, tank quality inspection, and operational requirements, serving as a bridge between regulatory compliance and engineering implementation. This study analyzes the interaction between QCVN 98:2025/BNNMT and TCVN 14396:2025 in the management and design of on-site wastewater treatment systems in Vietnam. The analysis focuses on clarifying technical requirements and effluent limits across different capacity ranges ($Q < 2$ m^3/day, $2 \leq Q < 20$ m^3/day, and $Q \geq 20$ m^3/day), as well as identifying appropriate treatment process configurations. The Vietnamese regulatory and technical framework is further compared with international standards and commonly applied treatment technologies. Based on this comparative assessment, the study proposes several recommendations aimed at improving the technical feasibility, regulatory coherence, and environmental performance of the newly issued national regulation and standard.

Keywords: On-site wastewater treatment facilities, prefabricated treatment tanks, QCVN 98:2025/BNNMT, TCVN 14396:2025, Technology selection.

1. GIỚI THIỆU

Sức ép gia tăng lên môi trường nước ở Việt Nam trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, phát triển mạnh dịch vụ - du lịch và sự mở rộng của các khu dân cư ven đô đã khiến vấn đề kiểm soát nước thải sinh hoạt quy mô nhỏ trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. Nhiều khu vực không có điều kiện đầu tư hệ thống xử lý nước thải tập trung, trong khi nước thải phát sinh từ nhà ở riêng lẻ, cơ sở kinh doanh, dịch vụ, công trình công cộng và điểm du lịch lại chỉ được xử lý sơ bộ một phần bằng bể tự hoại rồi xả trực tiếp ra môi trường. Mô hình xử lý nước thải tại chỗ vì vậy trở thành một cấu phần quan trọng trong bảo vệ môi trường và sức khỏe cộng đồng, đồng hành và lấp khoảng trống cho các hệ thống tập trung.

Khung quản lý hiện nay ở Việt Nam kết hợp giữa quy chuẩn bắt buộc và tiêu chuẩn hướng dẫn. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 98:2025/BNNMT xác định các yêu cầu kỹ thuật tối thiểu và giá trị giới

hạn ô nhiễm đối với công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ [1]. Bên cạnh đó, tiêu chuẩn TCVN 14396:2025 cung cấp khung hướng dẫn thiết kế, lựa chọn công nghệ, kiểm tra chất lượng bể và yêu cầu vận hành cho các hệ thống xử lý tại chỗ, chuyển hóa các yêu cầu pháp lý thành giải pháp kỹ thuật cụ thể [2].

Bài báo phân tích nội dung của hai văn bản này; làm rõ các giới hạn quy chuẩn được xây dựng dựa trên cấu hình công nghệ; so sánh định tính với một số tiêu chuẩn quốc tế; và thảo luận các chính sách nhằm nâng cao tính khả thi trong quá trình triển khai thực tế.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích định tính các tài liệu chính thống. QCVN 98:2025/BNNMT và TCVN 14396:2025 được phân tích theo các nội dung như phạm vi áp dụng, yêu cầu kỹ thuật, giới hạn ô nhiễm, cấu trúc công trình/thiết bị và yêu cầu vận hành, bảo dưỡng. Các giá trị giới hạn của nước thải sau xử lý theo từng nhóm công suất theo QCVN được đối chiếu với các loại hình công nghệ được nêu trong TCVN, cũng như tham khảo các nước, các công trình liên quan đã công bố. Bảng ma trận lựa chọn công nghệ theo từng đối tượng sử dụng cũng được đề xuất. Bài báo cũng nhận diện xu hướng tiếp cận của quy chuẩn, tiêu chuẩn quốc gia và đề xuất khoảng trống cần hoàn thiện.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phạm vi điều chỉnh của QCVN/TCVN

Cả QCVN 98:2025/BNNMT và TCVN 14396:2025 đều có phạm vi điều chỉnh đối với công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ, áp dụng cho các tổ chức, cá nhân phát sinh nước thải sinh hoạt tại nhà ở, cơ sở kinh doanh, dịch vụ, khu du lịch, nhà ga, bến xe, bến tàu, bến cảng và nhiều loại hình khác có thành phần, tính chất nước thải tương tự như nước thải sinh hoạt [1][3]. Quy chuẩn 98:2025/BNNMT nhấn mạnh rằng trường hợp phát sinh nước thải công nghiệp thì phải xử lý theo quy định riêng [1]. TCVN 14396:2025 mô tả hệ thống xử lý nước thải tại chỗ là các công trình, thiết bị xử lý nước thải "được thực hiện ngay trong khuôn viên của tổ chức, cá nhân có phát sinh nước thải" [3]. Với tiêu chuẩn, ở trường hợp riêng, khi có chất độc hại trong nước thải, cần thiết phải xử lý sơ bộ để đảm bảo công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ hoạt động ổn định, tránh bị sốc [3].

3.2. Yêu cầu kỹ thuật cơ bản của công trình xử lý tại chỗ

QCVN 98:2025/BTNMT yêu cầu công trình phải đảm bảo an toàn kết cấu, không thấm, không rò rỉ, không phát tán mùi hôi và không tạo tiếng ồn vượt chuẩn. Công trình phải được bố trí ở vị trí chắc chắn, thuận lợi cho việc kiểm tra và hút bùn. QCVN nhấn mạnh rằng công trình phải được xây dựng trên nền đất ổn định, chống thấm, có nắp kiểm tra và thiết bị thông hơi, đồng thời đảm bảo khoảng cách an toàn tới công trình cấp nước, giếng khoan và nhà ở. Quy chuẩn cũng yêu cầu vùng lưu không trên mặt nước phải đạt tối thiểu 20% dung tích hữu dụng để giảm nguy cơ tràn và sốc tải [1].

Tiêu chuẩn đóng vai trò là tài liệu hướng dẫn kỹ thuật cho việc thiết kế và lựa chọn giải pháp công nghệ đáp ứng các yêu cầu của quy chuẩn. TCVN 14396:2025 làm rõ chi tiết cấu tạo bể tự hoại, các thông số thiết kế. Một điểm mới của TCVN 14396:2025 là đưa ra công thức tính toán kích thước bể tự hoại, bao gồm kích thước vùng lưu không, vùng lắng, vùng chứa cặn (bao gồm cặn tươi và cặn đã tích lũy) và váng nổi, có tính đến số người sử dụng, tiêu chuẩn thải nước (vào bể), thời gian lưu nước tối thiểu, hệ số không điều hòa, nhiệt độ nước thải và thời gian giữa 2 lần hút cặn [3]. Công thức này đã được kế thừa và phát triển, tổng hợp từ các kết quả nghiên cứu khác nhau, và đã được kiểm chứng thực tế khắc phục hạn chế của cách xác định dung tích bể theo kinh nghiệm từ trước đến nay hay áp dụng (dẫn đến dung tích quá nhỏ hoặc quá lớn), cũng như của quy chuẩn hệ thống cấp thoát nước trong công trình ban hành từ năm 1999 (dung tích lớn hơn cần thiết) [7][9].

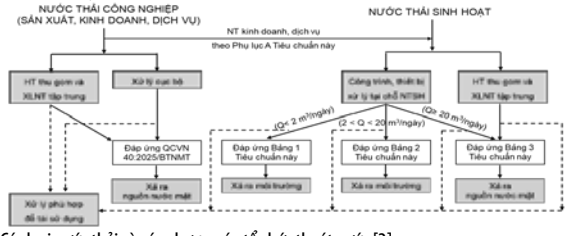
TCVN quy định dung tích ướt tối thiểu 3 m^3 cho bể tự hoại hộ gia đình xử lý cả nước đen và nước xám, 1,5 m^3 cho bể tự hoại hộ gia đình xử lý nước đen [3][9]. Giá trị này để đảm bảo bể tự hoại phát huy tối đa hiệu suất tách cặn, chất nổi và ổn định cặn lắng, vừa không quá tốn kém (nếu dung tích bể lớn), vừa tránh phải hút bùn thường xuyên (nếu dung tích bể nhỏ), đồng thời khắc phục bất cập của TCVN 10334:2014, Bể tự hoại bê tông cốt thép thành mỏng đúc sẵn dùng cho nhà vệ sinh (đưa ra quy cách bể tự hoại có dung tích quá nhỏ, dẫn đến việc phải hút bùn thường xuyên hoặc cặn bị trôi ra ngoài theo nước) [4].

Tiêu chuẩn cũng đưa vào cách quy đổi dân số tương đương, chọn hệ số không điều hòa và quy cách thiết kế các loại bể tự hoại cải tiến, bể tách mỡ, hào lọc, bãi lọc trồng cây, công trình/thiết bị xử lý nước thải công suất nhỏ với bùn hoạt tính và bể lọc sinh học các loại (bùn hoạt tính thông thường, bể MBBR, bể IFAS, bể SBR, bể MBR, bể lọc sinh học…). Tiêu chuẩn nhấn mạnh việc khử trùng đối với hệ thống từ 2 m^3/ngày trở lên nhằm kiểm soát mầm bệnh [3].

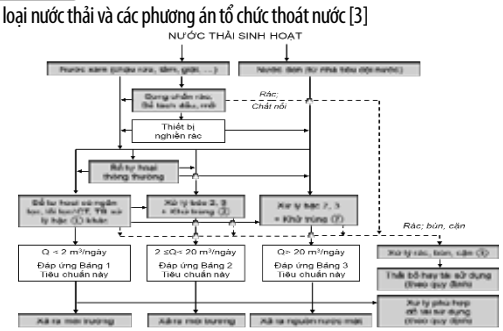
Bên cạnh các quy định cụ thể cho nhiều công trình, thiết bị xử lý tại chỗ mà TCVN 7957:2023 không đề cập, TCVN 14396:2025 có bổ sung các yêu cầu về vật liệu bể, bố trí đường ống ra vào, thiết bị khử trùng và đường ống thoát khí, các yêu cầu đối với các thiết bị cơ - điện, cũng như các yêu cầu vận hành, bảo trì, thu gom và xử lý bùn [3]. Các quy định cụ thể về độ kín, khả năng chống thấm, đặc tính cơ học đối với bể nước thải chế tạo sẵn có vỏ bể bằng bê tông cốt thép, bằng vật liệu nhựa tổng hợp khác nhau (Polyvinyl Chloride - PVC; Polyvinyl Chloride Unplasticized - PVC-U; Polyethylene - PE; Polypropylene - PP; Polydicyclopentadiene - PDCPD; Glassfiber Reinforced Plastic - GRP; Sheet Moulding Compound - SMC) cũng được TCVN 14396 trình bày chi tiết (được biên soạn chủ yếu dựa trên tiêu chuẩn EN 12566) [3][5]. Đây là cơ sở quan trọng để các nhà sản xuất và các cơ sở tiêu chuẩn - đo lường - chất lượng triển khai việc đánh giá, kiểm định, công nhận sự phù hợp tiêu chuẩn của sản phẩm.

3.3. Giới hạn đầu ra và lựa chọn công nghệ theo nhóm công suất

Đối với hệ thống có công suất nhỏ hơn 2 m^3/ngày, QCVN 98:2025 quy định $BOD_5 \leq 130$ mg/L hoặc COD ≤ 200 mg/L (chọn thông số BOD_5 hoặc COD) và TSS ≤ 120 mg/L, phù hợp với điều kiện của đại đa số các hộ gia đình [1]. Các loại bể tự hoại có ngăn lọc, hay lõi lọc tháo lắp được, hoặc bể tự hoại cải tiến và công trình có chức năng tương tự có thể cho phép đạt giới hạn này.



Hình 1. Các loại nước thải và các phương án tổ chức thoát nước [3]



Hình 2. Các công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ và mức độ xử lý [3]

Khi công suất nằm trong khoảng 2-20 m^3/ngày, các giới hạn nghiêm ngặt hơn: $BOD_5 \leq 60$ mg/L, COD ≤ 100 mg/L, TSS ≤ 70 mg/L, tổng nitơ ≤

40 mg/L, tổng phốt pho ≤ 8 mg/L, dầu mỡ ≤ 20 mg/L và tổng coliform ≤ 5.000 MPN/100 mL [1]. Cần thiết áp dụng các công trình sinh học bậc hai (kỵ khí hay thiếu khí + hiếu khí) và các giải pháp khử trùng [7][8]][9].

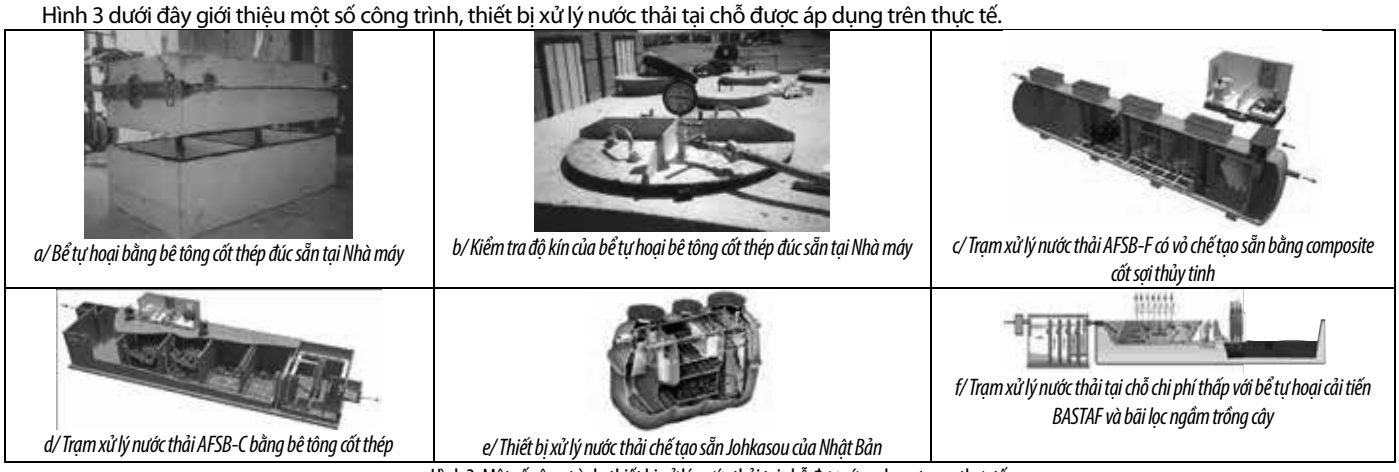
Khi công suất từ 20 m^3/ngày trở lên, hệ thống xử lý tại chỗ phải đáp ứng tương đương QCVN 14:2025/BTNMT dành cho nước thải sinh hoạt, với BOD_5 thường ở mức 30-40 mg/L tùy thuộc nguồn tiếp nhận. Yêu cầu chất lượng nước thải sau xử lý tiệm cận hoặc tương đương các quy chuẩn nước thải sinh hoạt tập trung [2].

Hình 1, 2 và Bảng 1 dưới đây gợi ý lựa chọn công nghệ xử lý phù hợp theo "đối tượng thải nước" và "dải công suất", tuân thủ thiết kế theo TCVN và đạt giới hạn theo QCVN.

Bảng 1. Lựa chọn dây chuyền công nghệ theo đối tượng sử dụng và dải công suất

Đối tượng thải nước	Q < 2 m^3/ngày	2 < Q < 20 m^3/ngày	Q ≥ 20 m^3/ngày
Hộ gia đình, nhà ở riêng lẻ	Bể tự hoại hai hoặc ba ngăn, có ngăn lọc, dung tích ướt ≥ 3 m^3 (khi xử lý nước đen + xám) và ≥ 1,5 m^3 (khi xử lý nước đen), có bố trí ngăn lọc/ lõi lọc phía sau, hoặc bãi lọc ngầm/ giếng thấm. Có tách rác và tách dầu mỡ trên dòng nước xám.	Bể tự hoại + xử lý sinh học AO/ A^2O/ FBBR/ MBBR + khử trùng	Bể tự hoại + xử lý sinh học AO/ A^2O/ FBBR/ MBBR + khử trùng; Có thể dùng SBR/ MBR
Nhà hàng, quán ăn, bếp tập thể **Cơ quan, công sở**	Bể tự hoại hai hoặc ba ngăn, có ngăn lọc, dung tích ướt ≥ 3 m^3 (khi xử lý nước đen + xám) và ≥ 1,5 m^3 (khi xử lý nước đen), có bố trí ngăn lọc/ lõi lọc phía sau, hoặc bãi lọc ngầm/ giếng thấm. Bố trí ngăn tách rác, bể tách dầu mỡ trên dòng nước xám trước bể tự hoại.	Bể tự hoại/lắng 2 vỏ/ UASB + xử lý sinh học AO/ A^2O/ FBBR/ MBBR/ lọc sinh học + khử trùng. Có tách rác và tách dầu mỡ trên dòng nước xám. Có thể dùng bể điều hòa. Có thể dùng bãi lọc trồng cây nếu có quỹ đất.	Bể tự hoại/lắng 2 vỏ/ UASB + xử lý sinh học AO/ A^2O/ FBBR/ MBBR/ lọc sinh học + khử trùng. Có tách rác và tách dầu mỡ trên dòng nước xám. Có thể dùng bể điều hòa. Có thể dùng SBR/ MBR. Có thể dùng bãi lọc trồng cây nếu có quỹ đất.
Chung cư, nhà tập thể **Tổ hợp văn phòng, thương mại - dịch vụ; Trường học, cơ sở giáo dục**	-	Bể tự hoại/lắng 2 vỏ/ UASB + xử lý sinh học AO/ A^2O/ FBBR/ MBBR/ lọc sinh học + khử trùng. Có tách rác và tách dầu mỡ trên dòng nước xám. Có thể dùng bể điều hòa. Có thể dùng bãi lọc trồng cây nếu có quỹ đất.	Bể tự hoại/lắng 2 vỏ/ UASB + xử lý sinh học AO/ A^2O/ FBBR/ MBBR/ lọc sinh học + khử trùng. Có tách rác và tách dầu mỡ trên dòng nước xám. Có thể dùng bể điều hòa. Có thể dùng SBR/ MBR. Có thể dùng bãi lọc trồng cây nếu có quỹ đất.

Hình 3 dưới đây giới thiệu một số công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ được áp dụng trên thực tế.



a/ Bể tự hoại bằng bê tông cốt thép đúc sẵn tại Nhà máy

b/ Kiểm tra độ kín của bể tự hoại bê tông cốt thép đúc sẵn tại Nhà máy

c/ Trạm xử lý nước thải AFSB-F có vỏ chế tạo sẵn bằng composite cốt sợi thủy tinh

d/ Trạm xử lý nước thải AFSB-C bằng bê tông cốt thép

e/ Thiết bị xử lý nước thải chế tạo sẵn Johkasou của Nhật Bản

f/ Trạm xử lý nước thải tại chỗ chi phí thấp với bể tự hoại cải tiến BASTAF và bãi lọc ngầm trồng cây

Hình 3. Một số công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ được ứng dụng trong thực tế

3.4. So sánh với tiêu chuẩn các nước

Các hệ thống xử lý nước thải quy mô nhỏ ở châu Âu được cấp chứng nhận theo EN 12566-3 phải chứng minh hiệu suất xử lý ổn định dưới điều kiện thử nghiệm chuẩn, với mức độ xử lý tương đương hoặc vượt yêu cầu xử lý thứ cấp [5]. EN 12566-3 cũng chính là cơ sở để TCVN 14396:2025 xây dựng các yêu cầu về chất lượng bể về mặt kết cấu, độ bền.

Cách tiếp cận của Mỹ, xác định ngưỡng giới hạn về tải lượng chất bẩn theo từng nguồn tiếp nhận, là một cách tiếp cận thực dụng và hiệu quả trong kiểm soát ô nhiễm nước. Tuy nhiên, trong điều kiện của Việt Nam, cách tiếp cận này khó khả thi. Đồng thời, yêu cầu đối với các công trình/thiết bị xử lý nước thải tại chỗ cũng cần đồng bộ với các hệ thống xử lý nước thải quy mô vừa và lớn. Do vậy, cách tiếp cận xác định giá trị giới hạn theo nồng độ chất ô nhiễm đầu ra là phù hợp.

Cả QCVN 98:2025/BNNMT lẫn TCVN 14396:2025 đều gắn dải công suất với yêu cầu chất lượng, theo hướng dòng thải có lưu lượng và tải lượng lớn thì yêu cầu càng nghiêm ngặt, nhưng vẫn để mở cho nhiều cấu hình công nghệ khác nhau. Các dòng thải lớn hơn thì yêu cầu kiểm soát nhiều thông số hơn.

Với dải công suất < 2 m^3/ngày, mức yêu cầu đầu ra của Việt Nam còn thấp hơn so với nhiều nước phát triển, cho phép tiếp tục sử dụng bể tự hoại nhưng cần bổ sung thêm ngăn lọc hay bãi lọc ngầm [3][9]. Điều này phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội hiện nay, nhưng cũng chỉ ra yêu cầu phải cải thiện hệ thống xử lý tại chỗ, từng bước nâng cao yêu cầu để đáp ứng mục tiêu dài hạn là tái sử dụng nước sau xử lý hoặc bảo vệ các nguồn nước nhạy cảm.

Với dải công suất 2 ≤ Q < 20 m^3/ngày và Q ≥ 20 m^3/ngày, các giá trị giới hạn của Việt Nam có thể coi như tương đồng với tiêu chuẩn các nước, đòi hỏi phải xử lý bậc 2 và khử trùng trước khi xả ra nguồn tiếp nhận (châu Âu, Hoa Kỳ, Trung Quốc) [5][6][7][8]. Đặc biệt, so với GB 18918-2002 của Trung Quốc, mức yêu cầu của Việt Nam ở dải này gần với Class 1B (BOD_5 < 20 mg/L), thấp hơn Class 1A (BOD_5 < 10 mg/L) nhưng vẫn đòi hỏi dây chuyền xử lý sinh học hoàn chỉnh. Các công nghệ AO hay A^2O, MBBR hay IFAS, SBR, thậm chí MBR đều là những lựa chọn

tiềm năng, tương tự các hệ thống được khuyến cáo trong hướng dẫn của US EPA và nhiều nước khác [7][8][10].

Cần lưu ý rằng việc lựa chọn công nghệ không thể chỉ tính theo chi phí đầu tư ban đầu, mà phải cân nhắc cả hiệu quả vận hành, độ tin cậy và khả năng đáp ứng yêu cầu giám sát lâu dài, trong khi nhiều hệ thống xử lý nước thải tại chỗ không được quản lý vận hành bởi các đơn vị có chuyên môn, chuyên nghiệp, ở khoảng cách xa.

3.5. Các vấn đề thảo luận khác

QCVN 98:2025/BNNMT và TCVN 14396:2025 đã đưa Việt Nam tiến khá gần với thông lệ quốc tế về quản lý nước thải sinh hoạt quy mô nhỏ, nhất là ở dải công suất từ 2 m^3/ngày trở lên. Ưu điểm chính là sự phối hợp giữa "khung pháp lý" quy định giá trị giới hạn và "hướng dẫn kỹ thuật" về lựa chọn - thiết kế công nghệ. Tiêu chuẩn giúp người sử dụng, từ hộ gia đình đến cơ sở dịch vụ, cơ quan, công trình công cộng, tổ hợp văn phòng, … và nhà thầu lựa chọn dây chuyền xử lý phù hợp với quy mô và đặc thù xả thải, cũng như đưa xây dựng có kế hoạch vận hành và bảo dưỡng hợp lý.

Với sự quan tâm của các cơ quan quản lý, sau khi QCVN 98:2025/BTNMT và TCVN 14396:2025 được ban hành, có thể kỳ vọng từng bước hình thành một "ngành công nghiệp" liên quan đến xử lý nước thải tại chỗ. Bên cạnh vai trò của chủ đầu tư, người sử dụng, các nhà thầu thiết kế, chế tạo, thi công và lắp đặt, còn có sự tham gia của các cơ quan quản lý nhà nước trong các lĩnh vực môi trường, xây dựng, quản lý thị trường và bảo vệ người tiêu dùng. Ngoài ra, chuỗi giá trị này còn bao gồm các bên liên quan khác như nhà cung cấp thiết bị và vật tư; các đơn vị cung cấp dịch vụ vận hành - bảo trì (hút và vận chuyển bùn, bảo dưỡng thiết bị, giám sát chất lượng nước); hoạt động xử lý bùn; giám sát vận hành và bảo dưỡng hệ thống từ xa theo thời gian thực; cùng các cơ sở kiểm định, đánh giá hợp chuẩn.

Cách Việt Nam lựa chọn hướng tiếp cận "xử lý đến mức thứ cấp cho dải công suất > 2 m^3/ngày" cho thấy sự linh hoạt trong xây dựng quy định kỹ thuật, đồng thời mở ra nhiều cơ hội và giải pháp công nghệ khác nhau, bao gồm cả các công nghệ chi phí thấp và theo hướng sinh thái. Điều này góp phần tạo điều kiện để các dự án xử lý nước thải tại chỗ được hiện thực hóa và phát triển bền vững, qua đó bổ trợ và lấp đầy khoảng trống tại những khu vực mà hệ thống thu gom, xử lý nước thải tập trung khó khả thi.

So sánh với Hoa Kỳ, EU, Trung Quốc và một số nước, Việt Nam đang ở vị trí trung gian: nghiêm ngặt hơn nhiều nước đang phát triển, nhưng chưa đạt đến mức giới hạn chặt về BOD_5, TSS, N, P và vi sinh ở các khu vực nhạy cảm (như Class 1A của Trung Quốc hoặc các tiêu chuẩn nâng cao ở EU, Hoa Kỳ). Chính quyền địa phương cần lưu ý nâng chuẩn, áp dụng giới hạn nghiêm ngặt hơn cho các khu vực quan trọng, nhạy cảm sinh thái. Các khu dân cư thu nhập thấp cần được hỗ trợ tài chính để nâng cấp các hệ thống thu gom và xử lý nước thải. Những nơi gặp khó khăn triển khai về kỹ thuật cần có sự linh hoạt khi áp dụng công nghệ - kỹ thuật phù hợp.

Thị trường thiết bị xử lý nước thải chế tạo sẵn hiện vẫn thiếu cơ chế chứng nhận hợp chuẩn, dẫn tới nguy cơ xuất hiện các sản phẩm kém chất lượng trên thị trường. Mặt khác, không ít hệ thống xử lý tại chỗ đạt yêu cầu tại thời điểm đánh giá hợp chuẩn, hợp quy nhưng sau đó nhanh chóng xuống cấp do thiếu mô hình quản lý và cơ chế tài chính phù hợp, gắn với kế hoạch giám sát, bảo trì và hút bùn định kỳ. Do đó, việc kiểm soát hệ thống trong suốt vòng đời dự án là một nội dung cần được đặc biệt quan tâm. Cần bổ sung cơ chế hậu kiểm, quy định rõ trách nhiệm vận hành dài hạn, đồng thời triển khai các chương trình đào tạo vận hành đơn giản cho hộ gia đình và chủ cơ sở. Các dịch vụ vận hành, bảo trì, hút và xử lý bùn theo mô hình PPP quy mô nhỏ có thể được xem xét áp dụng.

Bên cạnh đó, khung pháp lý mới chỉ tập trung kiểm soát ô nhiễm mà chưa có hướng dẫn cho tái sử dụng nước sau xử lý trong khuôn viên (tưới cây, rửa sân, xả toilet, …), tái sử dụng bùn thải (tại chỗ hay tập trung) từ các hệ xử lý nước thải tại chỗ. Cần tiếp tục xây dựng và ban hành các quy chuẩn, tiêu chuẩn liên quan để khuyến khích xu hướng thu hồi, tái tạo tài nguyên.

4. KẾT LUẬN

Nhóm nghiên cứu đã phân tích mối quan hệ giữa QCVN 98:2025/BNNMT và TCVN 14396:2025 trong quản lý và thiết kế công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ ở Việt Nam, qua đó làm rõ yêu cầu kỹ thuật, giới hạn đầu ra theo dải công suất và cách thức lựa chọn dây chuyền công nghệ. So sánh với tiêu chuẩn Hoa Kỳ, châu Âu và Trung Quốc cho thấy các yêu cầu của Việt Nam ở dải công suất $2 \le Q < 20$ m^3/ngày và $Q \ge 20$ m^3/ngày đã tiệm cận mức xử lý thứ cấp của các nước, áp dụng các công nghệ xử lý sinh học bậc hai và bậc ba cùng với khử trùng, trong khi chấp nhận nâng cấp một phần cho dải công suất $Q < 2$ m^3/ngày với bể tự hoại hiện có bằng ngăn lọc, lõi lọc, bãi lọc ngầm để phù hợp với đại đa số các hộ gia đình ở Việt Nam trong giai đoạn trước mắt, đồng thời hướng tới việc nâng cấp hệ thống thoát nước trong tương lai (nâng cấp hoặc thay thế bể tự hoại, hay chuyển từ thoát nước chung sang thoát nước riêng).

Để tăng tính khả thi và hiệu quả môi trường, cần thiết phải nhanh chóng hoàn thiện cơ chế chứng nhận hợp chuẩn, quy trình kiểm định thiết bị xử lý chế tạo sẵn tương tự EN 12566 và các nước phát triển; khuyến khích hình thành các dịch vụ vận hành, bảo trì và giám sát; đồng thời tích hợp các mục tiêu tái sử dụng nước và thu hồi tài nguyên vào các quy chuẩn và tiêu chuẩn mới, để xử lý nước thải tại chỗ góp phần hữu hiệu trong kiểm soát ô nhiễm và thực thi kinh tế tuần hoàn.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), Bộ Xây dựng, các chuyên gia và đồng nghiệp đã hỗ trợ thực hiện đề tài. Nhóm tác giả cũng xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Xây dựng Hà Nội và Nhóm nghiên cứu mạnh AWA.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. QCVN 98:2025/BNNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ. Bộ Nông nghiệp và Môi trường (2025).

[2]. QCVN 14:2025/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt và nước thải đô thị.

[3]. TCVN 14396:2025 - Công trình, thiết bị xử lý nước thải tại chỗ: Yêu cầu thiết kế. Bộ Khoa học và Công nghệ (2025).

[4]. TCVN 10334:2014, Bể tự hoại bê tông cốt thép thành mỏng đúc sẵn dùng cho nhà vệ sinh.

[5]. European Committee for Standardization. (2016). EN 12566-3: Small wastewater treatment systems for up to 50 PT - Packaged and/or site assembled domestic wastewater treatment plants.

[6]. GB 18918-2002 - Discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant. Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. (2002).

[7]. United States Environmental Protection Agency. (2002). Onsite wastewater treatment systems manual (EPA/625/R-00/008). Washington, DC, USA.

[8]. Li, W.-W., Sheng, G.-P., Zeng, R. J., Liu, X.-W., & Yu, H.-Q. (2012). China's wastewater discharge standards in urbanization: Evolution, challenges and implications. Environmental Science and Pollution Research, 19, 1422-1431.

[9]. Nguyễn Việt Anh (2017). Bể tự hoại. NXB Xây dựng.

[10]. Schellenberg, T., Subramanian, V., Ganeshan, P., Tompkins, D., & Pradeep, R. (2020). Wastewater discharge standards in the evolving context of urban sustainability - The case of India. Frontiers in Environmental Science, 8, 30.

■Ngày nhận bài: 04/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Phát triển cảng hàng không xanh: Tổng quan kinh nghiệm quốc tế và bài học cho Việt Nam

Green airport development: An overview of international experiences and lessons for Vietnam

> PHAN THANH MINH[1,*], NGUYỄN THỊ YẾN LIÊN[2]
[1]Khoa Khai thác hàng không, Học viện Hàng không Việt Nam
[2]Khoa Môi trường và An toàn Giao thông, Trường Đại học Giao thông vận tải
[*]Email: minhpt@vaa.edu.vn

TÓM TẮT

Ngành hàng không đang chịu áp lực giảm phát thải khí nhà kính trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) và yêu cầu phát triển bền vững (PTBV). Cảng hàng không xanh được xem là giải pháp chiến lược nhằm tối ưu hóa sử dụng năng lượng, quản lý tài nguyên và giảm tác động môi trường. Bài báo tổng hợp kinh nghiệm quốc tế về phát triển cảng hàng không xanh, phân tích các tiêu chuẩn đánh giá như ACA, LEED, BREEAM và thực hành quản lý môi trường theo ISO. Các mô hình điển hình tại Singapore, Qatar, Hà Lan, Mỹ, Thụy Sĩ, Canada và Ấn Độ cho thấy xu hướng ứng dụng năng lượng tái tạo, điện hóa thiết bị mặt đất, quản lý nước thông minh, kinh tế tuần hoàn và công nghệ số. Từ đó, bài báo đề xuất định hướng cho Việt Nam gồm xây dựng bộ tiêu chí, lộ trình thực hiện, thúc đẩy SAF, thiết kế hạ tầng sinh thái và phát triển giao thông xanh. Nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho hoạch định chính sách và triển khai mô hình cảng hàng không bền vững trong tương lai tại Việt Nam.

Từ khóa: Cảng hàng không xanh, kinh nghiệm quốc tế, hàng không Việt Nam.

ABSTRACT

The aviation sector is under increasing pressure to reduce greenhouse gas emissions in the context of climate change and sustainable development requirements. Green airports are considered a strategic solution to optimize energy use, manage resources, and minimize environmental impacts. This paper synthesizes international experiences in developing green airports, analyses assessment standards such as ACA, LEED, BREEAM, and environmental management practices based on ISO. Typical models in Singapore, Qatar, the Netherlands, the United States, Switzerland, Canada, and India demonstrate trends in applying renewable energy, electrifying ground support equipment, smart water management, circular economy approaches, and digital technologies. Based on these insights, the paper proposes directions for Viet Nam, including developing a set of criteria, implementation roadmaps, promoting SAF, designing ecological infrastructure, and advancing green transport. The study contributes scientific and practical foundations for policymaking and implementing sustainable airport models in Viet Nam in the future.

Keywords: Green airport, international experience, Airlines Vietnam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành hàng không đang đóng vai trò quan trọng trong kết nối kinh tế - xã hội toàn cầu, nhưng đồng thời cũng là một trong những lĩnh vực phát thải khí nhà kính (KNK) và tiêu thụ năng lượng lớn. Trên quy mô toàn cầu, lượng phát thải KNK từ ngành hàng không chiếm khoảng 2,5% tổng lượng phát thải CO_2 và đóng góp khoảng 4% vào hiện tượng nóng lên toàn cầu [1]. Sự gia tăng lưu lượng hành khách và hàng hóa trong bối cảnh BĐKH và yêu cầu PTBV đặt ra thách thức cho các sân bay trên toàn thế giới. Để đáp ứng mục tiêu giảm phát thải và bảo vệ môi trường, nhiều quốc gia đã triển khai mô hình cảng hàng không xanh (Green Airport) hướng đến việc tối ưu hóa sử dụng năng lượng, quản lý chất thải, bảo tồn đa dạng sinh học và nâng cao chất lượng dịch vụ xanh.

Tại Việt Nam, khái niệm cảng hàng không xanh còn tương đối mới, trong khi nhu cầu mở rộng và hiện đại hóa hệ thống cảng hàng không ngày càng cấp thiết. Việc nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế về xây dựng và vận hành cảng hàng không xanh sẽ cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc hoạch định chính sách, thiết kế tiêu chí đánh giá và triển khai mô hình phù hợp với điều kiện trong nước.

Bài báo này nhằm tổng hợp và phân tích các kinh nghiệm nổi bật từ các quốc gia đã áp dụng thành công mô hình cảng hàng không xanh, qua đó đề xuất những bài học và định hướng cho Việt Nam trong tiến trình phát triển hàng không bền vững.

2. KHUNG KHÁI NIỆM VÀ TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ CẢNG HÀNG KHÔNG XANH

2.1. Khái niệm cảng hàng không xanh

Trong lĩnh vực hàng không, các thuật ngữ sân bay xanh (Green Airport), sân bay sinh thái (Eco-Airport) và cảng hàng không bền vững (Sustainable Airport) đều hướng tới mục tiêu chung là giảm tác động môi trường và bảo đảm phát triển lâu dài. Nói cách khác, các thuật ngữ đều hướng đến mục tiêu phát triển bền vững mặc dù mỗi khái niệm nhấn mạnh một khía cạnh khác nhau. Nhìn chung, các sân bay để đáp ứng chuẩn về sân bay sinh thái hay sân bay xanh sẽ được đánh giá trên nhiều khía cạnh bao gồm [2]:

- Môi trường (giảm phát thải, bảo vệ tài nguyên, kiểm soát ô nhiễm)
- Xã hội - văn hóa (hài hòa với cộng đồng, bảo tồn giá trị văn hóa)
- Kinh tế (đảm bảo hiệu quả tài chính và phát triển bền vững)
- Công nghệ (ứng dụng giải pháp kỹ thuật tiên tiến, năng lượng tái tạo)
- Kiến thức (quản lý và đào tạo nhân lực theo hướng xanh)

Như vậy, việc phát triển cảng hàng không xanh không chỉ tập trung vào hạ tầng xanh mà còn phải tích hợp các yếu tố xã hội, kinh tế và công nghệ để đạt được mục tiêu PTBV.

2.2. Các tiêu chuẩn quốc tế đánh giá cảng hàng không xanh

Khái niệm cảng hàng không xanh không chỉ là ý tưởng lý thuyết mà còn được định hình bởi các chuẩn mực quốc tế về thiết kế, vận hành và quản lý môi trường. Theo Boca Santa và cộng sự (2020), các tiêu chuẩn quốc tế đóng vai trò quan trọng trong định hình mô hình cảng hàng không xanh như sau:

Bảng 1. Các tiêu chuẩn quốc tế hỗ trợ mô hình cảng hàng không xanh

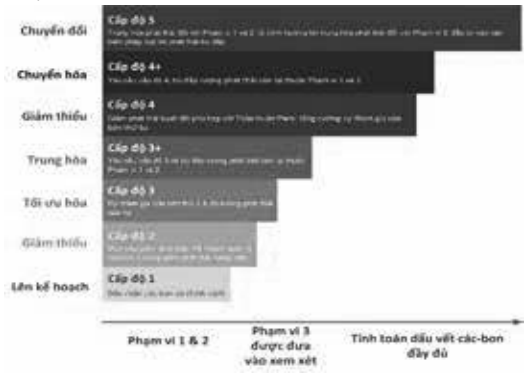
Cơ quan ban hành	Tiêu chuẩn	Năm ban hành/cập nhật
Tổ chức Hàng không dân dụng Quốc tế (ICAO)	Tiêu chuẩn và Thực hành Khuyến nghị - SARPs: Phụ lục 14: Sân bay; Phụ lục 16: Bảo vệ Môi trường	2014
Tổ chức Hàng không dân dụng Quốc tế (ICAO)	DOC 9184 - Sổ tay Quy hoạch Sân bay - Quy hoạch Tổng thể	2002
Cục Hàng không Liên bang Hoa Kỳ (FAA)	Quy định và Hướng dẫn (Tính bền vững của sân bay)	2018
Ủy ban Giám sát ACRP (AOC)	Chương trình Nghiên cứu Hợp tác về sân bay	2008/2012
Bộ Cơ sở hạ tầng, Giao thông, Thành phố và Phát triển vùng - Chính phủ Úc(*)	Quy định về kiểm soát hoạt động trong sân bay	1997/2009

Ghi chú: (*) Các quy định của Úc về kiểm soát hoạt động trong sân bay (Airport Control of On-Airport Activities Regulations) được xem là thực hành điển hình về quản lý môi trường và vận hành bền vững.

Danh hiệu "cảng hàng không xanh" hay "sân bay sinh thái" được đánh giá không chỉ dựa trên một bộ tiêu chuẩn thống nhất được áp dụng toàn cầu, mà được hình thành từ sự tổng hợp của nhiều chương trình và khuôn khổ quốc tế khác nhau. Ba hệ thống tiêu biểu và có ảnh hưởng lớn nhất hiện nay được sử dụng để đánh giá cảng hàng không xanh được thể hiện trên Hình 1.

Hình 1. Cụm chương trình tích hợp trong hệ thống tiêu chí cảng hàng không xanh

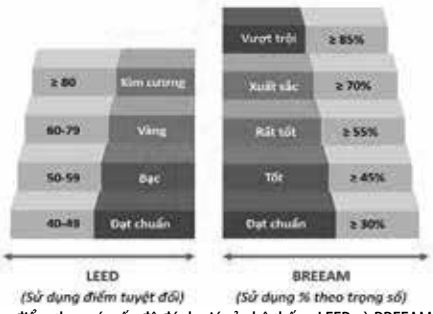
Theo Hình 1, chứng nhận carbon sân bay (ACA) là chương trình đầu tiên và duy nhất cho đến nay được thiết kế riêng để đánh giá, chứng nhận và khuyến khích giảm phát thải carbon cho các sân bay trên toàn thế giới; chứng nhận này được phát triển bởi Hội đồng sân bay quốc tế (ACI) từ năm 2009. Chương trình ACA được xây dựng phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế như GHG Protocol, ISO 14064-3:2019, và ISO Net Zero Guidelines IWA 42:2022, đồng thời được rà soát và cập nhật định kỳ theo sự phát triển của các tiêu chuẩn này. Chương trình tập trung vào phát thải CO_2, vì đây là loại KNK chiếm phần lớn trong tổng phát thải của các sân bay [3]. Các cấp độ đánh giá chương trình ACA được tóm tắt trên Hình 2.



Hình 2. Các yêu cầu chính theo các cấp độ đánh giá của ACA [3]

Hình 2 cho thấy các sân bay có thể được công nhận theo bảy cấp độ với mức độ tham vọng tăng dần. Tính đến năm 2023, tổng số sân bay vận chuyển hành khách đã đạt chứng nhận ACA trên quy mô toàn cầu là 558 sân bay; trong đó, số sân bay đạt chứng nhận Cấp độ 5 chỉ chiếm khoảng 2,7% [3].

Trái ngược với ACA, LEED và BREEAM là hai hệ thống chứng nhận công trình xanh uy tín toàn cầu, áp dụng cho nhiều loại công trình xây dựng, không chỉ riêng sân bay. Cả hai hệ thống đều tập trung đánh giá hiệu quả năng lượng, tiết kiệm nước, sử dụng vật liệu bền vững, chất lượng môi trường trong nhà và tác động sinh thái. Thang điểm theo các cấp độ đánh giá của hai hệ thống như trên Hình 3. Việc kết hợp các hệ thống này giúp sân bay hướng tới phát triển hạ tầng xanh toàn diện [4].



Hình 3. Thang điểm theo các cấp độ đánh giá của hệ thống LEED và BREEAM

Các tiêu chuẩn ISO đóng vai trò như công cụ quản trị môi trường toàn diện cho sân bay, giúp thiết lập cơ chế kiểm soát, đo lường và cải tiến liên tục. Ba tiêu chuẩn quan trọng và có ý nghĩa trực tiếp đối với ngành hàng không là ISO 14001 về quản lý môi trường, ISO 46001 về quản lý hiệu quả sử dụng nước và ISO 50001 về quản lý năng lượng.

Như vậy, việc kết hợp cả ba hệ thống đánh giá giúp sân bay không chỉ đáp ứng yêu cầu giảm các-bon của ICAO mà còn xây dựng được mô hình hạ tầng xanh toàn diện.

3. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ PHÁT TRIỂN CẢNG HÀNG KHÔNG XANH

Trong xu hướng phát triển hàng không hiện đại, nhiều quốc gia như Đức, Mỹ, Anh, Singapore và Hàn Quốc đã chuyển đổi cảng hàng không theo mô hình xanh nhằm giảm thiểu tác động môi trường. Các cảng tiêu biểu đều ưu tiên sử dụng năng lượng tái tạo (điện mặt trời, điện gió), quản lý nước thông minh, xử lý chất thải hiệu quả và bảo tồn đa dạng sinh học. Công nghệ số, tự động hóa và phương tiện thân thiện môi trường được ứng dụng rộng rãi để nâng cao hiệu quả vận hành.

Các chương trình quốc tế như ACA (ACI), IEnvA (IATA), Annex 16 (ICAO) đóng vai trò định hướng và đánh giá mức độ xanh hóa.

3.1. Cảng hàng không Changi Singapore [5-9]

Changi là hình mẫu sân bay sinh thái tiên phong, tích hợp nguyên tắc bền vững vào thiết kế, vận hành và phát triển. Cảng đặt mục tiêu giảm 20% phát thải vào năm 2030 và đạt Net Zero vào năm 2050, phù hợp Kế hoạch Xanh 2030 của Singapore. Trụ cột chiến lược là năng lượng tái tạo: hệ thống điện mặt trời 43 MWp cung cấp 10% nhu cầu điện, giảm 20.000 tấn CO_2/năm. Các giải pháp tiết kiệm năng lượng gồm đèn LED cảm biến, điều hòa biến tần và quản lý tòa nhà bằng AI; nhà ga T4 đạt chứng nhận BCA Green Mark. Changi cũng thúc đẩy SAF và điện hóa thiết bị mặt đất. Về nước, sân bay tận dụng NEWater, thu nước mưa và lắp thiết bị tiết kiệm nước. Quản lý chất thải theo mô hình tuần hoàn: phân loại rác, ủ phân hữu cơ, giảm nhựa dùng một lần. Công trình xanh nổi bật với Jewel Changi, vườn bướm và cảnh quan cây bản địa. Công nghệ hiện đại như AI, digital twin và robot làm sạch được triển khai, kết hợp chiến dịch "Nhà vô địch Xanh" và chương trình bù đắp carbon. Nhờ chiến lược toàn diện, Changi trở thành hình mẫu phát triển bền vững toàn cầu.

3.2. Cảng hàng không Quốc tế Hamad [10-16]

HIA được thiết kế theo định hướng thông minh - sinh thái, đạt chứng chỉ LEED Silver/Gold cho nhiều hạng mục và ACA mức 3+. Cảng ưu tiên kiến trúc bền vững với ánh sáng tự nhiên, vật liệu tái chế và mái cách nhiệt, giảm nhu cầu điều hòa trong khí hậu nóng. Về năng lượng, HIA triển khai hệ thống HVAC hiệu suất cao, chiếu sáng LED cảm biến và quản lý tòa nhà thông minh để tối ưu vận hành. Nước được tiết kiệm nhờ thu hồi nước xám, nước ngưng từ điều hòa và cảnh quan cây chịu hạn. Công tác quản lý chất thải hướng tới mục tiêu Zero Waste, bao gồm phân loại rác tại nguồn, tái chế vật liệu xây dựng và giảm thiểu nhựa dùng một lần. Giao thông xanh được thúc đẩy với việc sử dụng xe điện, xe hybrid và bố trí các trạm sạc trên toàn khuôn viên. Bên cạnh đó, công nghệ AI được ứng dụng để giám sát môi trường, dự báo rủi ro và nâng cao tính minh bạch dữ liệu, kết hợp với chiến dịch "Green Hamad" nhằm nâng cao nhận thức cộng đồng.

3.3. Cảng hàng không Amsterdam Schiphol [17-23]

Schiphol là một trong những cảng hàng không tiên phong về phát triển bền vững, đạt ACA cấp 3+ và đặt mục tiêu Net Zero vào năm 2050. Sân bay sử dụng 100% điện tái tạo từ gió và mặt trời, triển khai hệ thống điện mặt trời trên mái nhà ga và hợp tác đầu tư trang trại gió ngoài khơi. Chương trình SAF được thúc đẩy nhằm giảm phát thải từ hoạt động bay, đồng thời điện hóa thiết bị mặt đất và lắp đặt trạm sạc xe điện. Về nước, Schiphol thu gom nước mưa, tái sử dụng nước thải và lắp thiết bị tiết kiệm nước. Quản lý chất thải theo mô hình kinh tế tuần hoàn, phân loại rác và tái chế vật liệu xây dựng. Kiến trúc ưu tiên ánh sáng tự nhiên, nhiều công trình đạt chứng nhận BREEAM; cảnh quan bảo tồn hệ sinh thái địa phương. Schiphol khuyến khích giao thông xanh với kết nối tàu điện, làn xe đạp và chính sách ưu đãi xe điện. Công nghệ AI được ứng dụng trong giám sát môi trường, tối ưu năng lượng và bảo trì, kết hợp chiến dịch "Smart & Sustainable Schiphol" nâng cao nhận thức cộng đồng.

3.4. Cảng hàng không Quốc tế San Francisco [24-28]

Cảng hàng không Quốc tế San Francisco (SFO) là hình mẫu về phát triển bền vững tại Bắc Mỹ, đạt ACA cấp 4 - Trung lập và đặt mục tiêu Net Zero. Sân bay sử dụng 100% điện tái tạo từ mặt trời, gió và thủy điện, áp dụng tiêu chuẩn Net Zero Energy cho công trình mới, kết hợp LED cảm biến và điều hòa biến tần. Về nước, SFO tiên phong dùng 100% nước tái chế cho làm mát, vệ sinh và tưới cảnh quan, cùng hệ thống thu nước mưa và thiết bị tiết kiệm nước. Quản lý chất thải hướng tới không chôn lấp, phân loại rác, tái chế vật liệu xây dựng và loại bỏ nhựa dùng một lần. Nhà ga Harvey Milk Terminal 1 đạt LEED Platinum, cảnh quan ưu tiên cây bản địa và giám sát tiếng ồn 24/7. Giao thông xanh được thúc đẩy với kết nối BART, xe điện và trạm sạc. Công nghệ AI và hệ thống giám sát môi trường hỗ trợ tối ưu vận hành, kết hợp chiến dịch truyền thông và hợp tác nghiên cứu.

3.5. Cảng hàng không Zurich [29-33]

Cảng hàng không Zurich (ZRH) là hình mẫu cân bằng giữa hiệu quả khai thác và trách nhiệm môi trường, đạt ACA cấp 3+ và đặt mục tiêu Net Zero trước năm 2050. Sân bay đầu tư mạnh vào năng lượng tái tạo với nhà máy sinh khối, hệ thống điện mặt trời và thiết kế công trình theo chuẩn Minergie, kết hợp cách nhiệt tiên tiến, LED và điều hòa biến tần. Về nước, ZRH thu gom nước mưa, tái sử dụng nước thải và duy trì cảnh quan xanh với cây bản địa, tăng đa dạng sinh học. Sân bay quản lý chất thải theo mô hình tuần hoàn, phân loại tại nguồn, tái chế rác hữu cơ và vật liệu xây dựng. Chính sách khuyến khích máy bay tiết kiệm nhiên liệu và tối ưu đường bay giúp giảm phát thải từ hoạt động bay. Giao thông xanh được thúc đẩy với kết nối tàu điện, xe điện và trạm sạc. Ngoài ra, sân bay đã ứng dụng công nghệ AI hỗ trợ giám sát môi trường, tối ưu bảo trì và minh bạch dữ liệu, kết hợp các chương trình giáo dục và truyền thông xanh lan tỏa văn hóa bền vững.

3.6. Cảng hàng không Quốc tế Vancouver [30; 32; 34-36]

Cảng hàng không Quốc tế Vancouver (YVR) tại Canada là một trong những sân bay tiên phong ở Bắc Mỹ về phát triển bền vững, với mục tiêu đạt mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050. YVR đã được chứng nhận cấp độ 3+ (Tối ưu hóa) trong chương trình Airport Carbon Accreditation nhờ triển khai lộ trình giảm phát thải toàn diện. Các giải pháp nổi bật gồm sử dụng 100% điện tái tạo, lắp đặt hệ thống chiếu sáng LED thông minh, điện hóa đội xe và thiết bị mặt đất, cũng như thúc đẩy nhiên liệu hàng không bền vững (SAF). Bên cạnh đó, YVR cũng chú trọng quản lý chất thải theo hướng kinh tế tuần hoàn, tiết kiệm và tái sử dụng nước, giảm tiếng ồn, và ứng dụng công nghệ số để giám sát môi trường. Những sáng kiến này giúp YVR vừa giảm dấu chân carbon, vừa định hình tiêu chuẩn mới cho ngành hàng không Bắc Mỹ.

3.7. Cảng hàng không Quốc tế Indira Gandhi [37-41]

Cảng hàng không Quốc tế Indira Gandhi (DEL) tại New Delhi là hình mẫu về kết hợp tăng trưởng hàng không với phát triển bền vững, đặt mục tiêu đạt phát thải ròng bằng 0 vào năm 2030, sớm hơn nhiều cảng hàng không lớn trên thế giới. DEL đã đạt chứng nhận cấp độ 3+ (Tối ưu hóa) trong chương trình Airport Carbon Accreditation nhờ triển khai đồng bộ các giải pháp: đầu tư mạnh vào điện mặt trời và mua điện tái tạo, tối ưu hóa hiệu quả năng lượng với hệ thống LED và quản lý tòa nhà thông minh. Song song đó, cảng hàng không áp dụng công nghệ tái chế và tái sử dụng nước, quản lý chất thải theo hướng kinh tế tuần hoàn, và phát triển hạ tầng cho phương tiện điện cùng kết nối đường sắt Airport Express để giảm phát thải giao thông mặt đất. DEL cũng ứng dụng AI trong giám sát môi trường, công khai dữ liệu bền vững và triển khai các chương trình giáo dục cộng đồng, khẳng định vai trò tiên phong của Ấn Độ trong chuyển đổi xanh ngành hàng không.

3.8. Cảng hàng không Quốc tế Cochin [42-46]

Cảng hàng không Quốc tế Cochin (CIAL) tại Kerala, Ấn Độ, được công nhận là hình mẫu toàn cầu về phát triển cảng hàng không xanh nhờ tiên phong sử dụng năng lượng tái tạo. Năm 2015, CIAL trở thành sân bay đầu tiên trên thế giới vận hành hoàn toàn bằng điện mặt trời, với hệ thống công suất hơn 40 MWp, không chỉ đáp ứng nhu cầu điện mà còn tạo dư thừa để hòa lưới điện bang Kerala. Thành tựu này giúp CIAL nhận giải thưởng "Champions of the Earth" của Liên Hợp Quốc năm 2018 và giải Cảng hàng không Xanh của ACI năm 2025. Ngoài năng lượng mặt trời, CIAL triển khai mô hình nông nghiệp quang điện, quản lý nước thông minh, cảnh quan sinh thái và hệ thống phân loại rác, giảm nhựa dùng một lần. Các sáng kiến này không chỉ giảm phát thải carbon mà còn lan tỏa mô hình hạ tầng xanh cho ngành hàng không Ấn Độ và thế giới. Với định hướng mở rộng công suất điện mặt trời và nâng cao tiêu chuẩn môi trường, CIAL hướng tới mục tiêu trung hòa carbon trong thập kỷ tới.

4. BÀI HỌC KINH NGHIỆM CHO VIỆT NAM

Phát triển cảng hàng không xanh là xu hướng tất yếu nhằm giảm phát thải KNK, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và đáp ứng các cam kết quốc tế về BĐKH. Từ kinh nghiệm của các cảng hàng không tiên phong trên thế giới, Việt Nam cần tập trung vào một số định hướng sau:

Thứ nhất, nghiên cứu và ban hành bộ chỉ tiêu đánh giá cảng hàng không xanh phù hợp với điều kiện Việt Nam, tham chiếu các tiêu chuẩn quốc tế như ACA, LEED, ISO 14001 để đảm bảo tính minh bạch và khả năng so sánh.

Thứ hai, xây dựng lộ trình và chương trình hành động cụ thể cho từng giai đoạn, bao gồm mục tiêu trung hòa carbon, tỷ lệ sử dụng năng lượng tái tạo và các giải pháp giảm phát thải trong vận hành và giao thông mặt đất.

Thứ ba, ban hành quy định về tỷ lệ bắt buộc sử dụng nhiên liệu hàng không bền vững (SAF) cho các chuyến bay quốc tế, đồng thời khuyến khích nghiên cứu và sản xuất SAF trong nước để giảm phụ thuộc nhập khẩu.

Thứ tư, thiết kế nhà ga và hạ tầng sân bay theo hướng sinh thái, tích hợp năng lượng mặt trời, hệ thống quản lý năng lượng thông minh và các giải pháp tiết kiệm nước, tái chế chất thải, hướng tới mô hình kinh tế tuần hoàn.

Thứ năm, phát triển hạ tầng cho phương tiện điện và kết nối giao thông công cộng nhằm giảm phát thải từ giao thông mặt đất, đồng thời khuyến khích điện hóa đội xe phục vụ sân bay.

Thứ sáu, đẩy mạnh truyền thông và nâng cao nhận thức cho doanh nghiệp, hành khách và cộng đồng về lợi ích của cảng hàng không xanh, kết hợp với các chương trình đào tạo và hợp tác quốc tế để tiếp nhận công nghệ tiên tiến.

Những định hướng này sẽ giúp Việt Nam không chỉ đáp ứng yêu cầu giảm phát thải mà còn nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành hàng không trong bối cảnh chuyển đổi xanh toàn cầu.

5. KẾT LUẬN

Phát triển cảng hàng không xanh là xu hướng tất yếu trong bối cảnh ngành hàng không đang chịu áp lực ngày càng lớn về giảm phát thải và thực hiện các cam kết khí hậu toàn cầu. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy quá trình xanh hóa sân bay không chỉ dựa vào đầu tư hạ tầng năng lượng tái tạo mà còn đòi hỏi cách tiếp cận toàn diện, kết hợp giữa công nghệ số, quản lý hiệu quả tài nguyên, kinh tế tuần hoàn và sự tham gia của cộng đồng.

Đối với Việt Nam, việc sớm xây dựng bộ tiêu chí đánh giá, lộ trình thực hiện và các cơ chế chính sách hỗ trợ phù hợp sẽ tạo nền tảng quan trọng cho quá trình chuyển đổi xanh của ngành hàng không. Đồng thời, việc tích hợp các giải pháp công nghệ, thúc đẩy sử dụng nhiên liệu hàng không bền vững (SAF), điện hóa phương tiện và tăng cường kết nối giao thông công cộng sẽ giúp các cảng hàng không không chỉ giảm phát thải mà còn nâng cao năng lực cạnh tranh, hướng tới mục tiêu trung hòa carbon và phát triển bền vững trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ritchie Hannah. 2024. "What share of global CO_2 emissions come from aviation?".

[2]. Santa Stephane Louise Boca, João Marcelo Pereira Ribeiro, Gisele Mazon, Jonas Schneider, Ricardo Luis Barcelos, and José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade. 2020. "A Green Airport model: Proposition based on social and environmental management systems." Sustainable cities and society 59:1-12.

[3]. Airports Council International (ACI). "Reducing carbon and increasing airport sustainability." https://www.airportcarbonaccreditation.org/.

[4]. Hubbard Sarah ML, and Bryan Hubbard. 2019. "A review of sustainability metrics for the construction and operation of airport and roadway infrastructure." Frontiers of Engineering Management 6 (3):433-452. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42524-019-0052-1.

[5]. Group Changi Airport. 2023. "Sustainability Report" https://www.changiairportgroup.com/en/sustainability.html.

[6]. Singapore Civil Aviation Authority of. 2023. "Singapore Green Plan 2030 – Aviation Sector Initiatives." In.

[7]. International Civil Aviation Organization (ICAO). 2024. "Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)." https://www.icao.int/CORSIA.

[8]. Building and Construction Authority (BCA). 2023. "Green Mark Certification - Changi Airport Terminal 4." https://www1.bca.gov.sg/.

[9]. Airports Council International (ACI). 2024. "Airport Carbon Accreditation Programme - Changi Case Study." https://www.airportcarbonaccreditation.org/case-studies/.

[10]. Hamad International Airport (HIA). 2023. "Sustainability Initiatives and Reports." https://www.dohahamadairport.com/corporate/sustainability.

[11]. Programmes Qatar Airways & HIA Environmental. 2023. "Annual Environmental Performance Report." https://www.qatarairways.com/en/sustainability/environment.html.

[12]. Qatar Civil Aviation Authority (QCAA). 2022. "Environmental Standards and Energy Efficiency for Airports."

[13]. U.S. Green Building Council (USGBC). 2022. "LEED Certification Database - Hamad International Airport Projects". https://www.usgbc.org/projects.

[14]. Airports Council International (ACI). 2023. "Airport Carbon Accreditation – Hamad International Airport Case Study". https://airportcarbonaccreditation.org.

[15]. International Civil Aviation Organization (ICAO). 2023. "Environmental Protection and CORSIA Programme". https://www.icao.int/environmental-protection.

[16]. Office Qatar Government Communications. 2024. "Qatar National Vision 2030 – Pillars on Environmental Development and Airport Infrastructure". https://www.gco.gov.qa/en/state-of-qatar/qatar-national-vision-2030/environmental-development/.

[17]. Group Schiphol. "Sustainability strategy and achievements". https://www.schiphol.nl/en/schiphol-group/page/sustainability.

[18]. Airports Council International (ACI). "ACA Level 3+ Optimisation for Amsterdam Airport Schiphol". https://airportcarbonaccreditation.org.

[19]. Commission European. "EU Green Deal initiatives for sustainable airports and mobility hubs"

[20]. Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM). "Certified green building practices at Schiphol Airport."

[21]. Group Royal Schiphol. 2023. "Net-Zero Roadmap and energy efficiency measures."

[22]. Association International Air Transport. "SAF Deployment in European Airports: Sustainable Aviation Fuel trials at Schiphol".

[23]. United Nations Environment Programme (UNEP). "Case studies on waste management and circularity at major European airports."

[24]. Airport San Francisco International. 2023. "Sustainability and Climate Action". https://www.flysfo.com/environment.

[25]. International Airports Council. "Airport Carbon Accreditation – SFO Level 4 Neutrality." https://airportcarbonaccreditation.org.

[26]. U.S. Green Building Council. 2022. "LEED Platinum Certification for Harvey Milk Terminal 1".

[27]. Commission California Energy. "Renewable Energy Procurement for SFO".

[28]. Transit Bay Area Rapid. 2023. "SFO Transit Connectivity and Sustainable Mobility"

[29]. Ltd Zurich Airport. 2023. "Sustainability Report and Environmental Performance". https://www.flughafen-zuerich.ch/en/company/sustainability.

[30]. International Airports Council. 2023. "Airport Carbon Accreditation – Level 3+ Optimization: Zurich Airport." In.https://airportcarbonaccreditation.org.

[31]. Swiss Federal Office for the Environment. "Climate Strategy and Aviation Sector Reports".

[32]. Association International Air Transport. 2023. "Sustainable Aviation Fuel Initiatives at Zurich Airport".

[33]. Commission European. 2023. "Green Airports and Mobility Integration Case Studies - Zurich".

[34]. Airport Vancouver International. "Sustainability and Climate Action Plan". https://www.yvr.ca/en/sustainability.

[35]. Columbia Government of British. "CleanBC Plan and Renewable Energy Integration at YVR".

[36]. UNEP. 2022. "Circular Economy and Waste Diversion Practices in North American Airports".

[37]. Limited Delhi International Airport. 2023. "Sustainability and Environmental Initiatives". https://www.newdelhiairport.in.

[38]. International Airports Council. "Airport Carbon Accreditation – Level 3+ Optimization: Indira Gandhi International Airport". https://airportcarbonaccreditation.org.

[39]. Ministry of Civil Aviation Government of India. " National Green Aviation Policy and Implementation at DEL".

[40]. Association International Air Transport. 2023. "Sustainable Aviation Fuel and Carbon Reduction in Indian Airports".

[41]. United Nations Environment Programme (UNEP). 2022. "Circular Economy Practices in Indian Transport Hubs".

[42]. Limited Cochin International Airport. "Sustainability and Solar Power Projects". https://cial.aero.

[43]. United Nations Environment Programme (UNEP). 2018. "Champions of the Earth Award – CIAL Profile". https://www.unep.org/championsofearth.

[44]. East Airports Council International Asia-Pacific & Middle. 2025. "Green Airports Recognition Awards".

[45]. Department Government of Kerala Energy. 2023. " Solar Energy Integration at Cochin International Airport".

[46]. Organization International Civil Aviation. "Best Practices in Sustainable Aviation Infrastructure."

■Ngày nhận bài: 24/11/2025 ■Ngày sửa bài: 04/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/12/2025

Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ khu vực Tây Nam Bộ

A study on the factors influencing investment attraction for road transport infrastructure development in the Southwest

> **THS LÊ PHI VŨ[1,*], THS LÊ KHÁNH LINH[2]**
[1]Ban Quản lý dự án Đầu tư xây dựng Khu vực 4 tỉnh Đồng Tháp
[2]Công ty Cổ phần Đào tạo xây dựng và phát triển Nguồn nhân lực Sáu
[*]Email: lephivu75@gmail.com

TÓM TẮT

Để hiện thực hóa mục tiêu phát triển khoảng 1.200 km đường cao tốc vào năm 2030, đồng thời hoàn thiện hệ thống đường bộ theo quy hoạch tại khu vực Tây Nam Bộ, nhu cầu vốn đầu tư là vô cùng lớn, thậm chí vượt quá khả năng cân đối của ngân sách Trung ương và địa phương trong bối cảnh nguồn lực đầu tư công còn nhiều hạn chế. Do đó, việc thu hút nguồn vốn đầu tư từ khu vực tư nhân là một giải pháp mang tính chiến lược. Việc nhận diện, phân tích và đánh giá tác động của những yếu tố thu hút đầu tư và hạ tầng giao thông đường bộ là cần thiết để thiết kế cơ chế, chính sách và công cụ tài chính phù hợp, nhằm huy động hiệu quả nguồn lực cho phát triển bền vững hạ tầng giao thông đường bộ tại Tây Nam Bộ. Mục tiêu của bài báo là nhằm xác định những yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ tại khu vực này theo khía cạnh đánh giá của các nhà đầu tư tư nhân, thông qua phương pháp khảo sát bằng bảng hỏi được gửi đến các doanh nghiệp đã và đang tham gia các dự án hạ tầng giao thông đường bộ trong khu vực nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy ba yếu tố Khung pháp lý và vai trò của Nhà nước, Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính và Năng lực quản lý dự án đều có ảnh hưởng tích cực và có ý nghĩa thống kê đến khả năng thu hút đầu tư vào hạ tầng giao thông đường bộ tại khu vực Tây Nam Bộ, trong đó năng lực quản lý dự án được xác định là nhân tố quan trọng nhất.

Từ khóa: Thu hút đầu tư; hạ tầng giao thông đường bộ; đồng bằng sông Cửu Long; năng lực quản lý dự án; cơ chế chia sẻ rủi ro; khung pháp lý.

ABSTRACT

To achieve the target of approximately 1,200 km of expressways by 2030, as well as to complete the national highway system according to the planning in the Mekong Delta region, the required investment is substantial, far exceeding the capacity of central and local budgets in the context of limited public resources. Identifying, analyzing and assessing the impact of factors influencing investment attraction and road transport infrastructure are essential for designing appropriate mechanisms, policies and financial instruments to effectively mobilize resources for sustainable road infrastructure development in the Mekong Delta. The aim of this paper is to determine the key factors affecting investment attraction in road transport infrastructure in this region from the perspective of private investors. A survey questionnaire was administered to companies that have participated or are currently participating in road infrastructure projects within the study area. The research results indicate that the three factors: Legal framework and the role of the State, Risk-sharing mechanisms and financial support and Project management capacity, all have positive and statistically significant impacts on investment attraction in road transport infrastructure in the Mekong Delta, with project management capacity identified as the most influential factor.

Keywords: Investment attraction; road transport infrastructure; Mekong Delta; project management capacity; risk-sharing mechanisms; legal framework.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vùng Tây Nam Bộ (đồng bằng sông Cửu Long) là khu vực có vị trí chiến lược quan trọng của Việt Nam, với hệ thống sông ngòi dày đặc, diện tích đất nông nghiệp lớn và dân số đông chiếm trên 20% dân số cả nước. Tây Nam Bộ là vùng kinh tế - xã hội đặc thù với mạng lưới sông ngòi dày đặc, địa hình thấp và thường xuyên chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, sạt lở, xâm nhập mặn, điều này làm gia tăng chi phí xây dựng và duy tu hạ tầng, đồng thời đặt ra yêu cầu cao hơn về lựa chọn mô hình đầu tư hiệu quả và bền vững. Bên cạnh đó, tốc độ đô thị hóa còn chậm, quy mô kinh tế nhỏ và nguồn thu ngân sách hạn chế cũng khiến khu vực gặp nhiều khó khăn trong việc triển khai các dự án lớn theo hình thức truyền thống.

Để đạt được mục tiêu đưa tổng chiều dài cao tốc cả nước lên khoảng 5.000 km vào năm 2030 trong phạm vi cả nước, đồng thời mục tiêu riêng cho khu vực đồng bằng sông Cửu Long là đạt khoảng 1.200 km vào 2030 cũng như hoàn thiện hệ thống đường bộ theo quy hoạch, nhu cầu đầu tư cần thiết để hiện thực hóa các mục tiêu nêu trên là rất lớn, vượt khả năng cân đối ngân sách Trung ương và địa phương trong bối cảnh nguồn lực công còn hạn chế. Mục tiêu của bài báo là nhằm xác định những yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ tại khu vực này theo khía cạnh đánh giá của các nhà đầu tư tư nhân. Thông qua phương pháp khảo sát bằng bảng hỏi được gửi đến các doanh nghiệp đã và đang tham gia các dự án hạ tầng giao thông đường bộ trong khu vực nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy ba yếu tố Khung pháp lý và vai trò của Nhà nước, Cơ chế chia sẻ rủi ro, hỗ trợ tài chính và Năng lực quản lý dự án đều có ảnh hưởng tích cực và có ý nghĩa thống kê đến khả năng thu hút đầu tư vào hạ tầng giao thông đường bộ tại khu vực Tây Nam Bộ, trong đó năng lực quản lý dự án được xác định là nhân tố quan trọng nhất.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ THU HÚT ĐẦU TƯ HẠ TẦNG GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ

2.1. Khái niệm thu hút đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ

Hạ tầng giao thông là hệ thống những công trình vật chất kỹ thuật, các công trình kiến trúc và các phương tiện về tổ chức cơ sở hạ tầng mang tính nền móng cho sự phát triển của ngành Giao thông vận tải và nền kinh tế [1]. Cơ sở hạ tầng giao thông bao gồm hệ thống cầu, đường, cảng biển, cảng sông, nhà ga, sân bay, bến bãi và hệ thống trang thiết bị phụ trợ: Thông tin tín hiệu, biển báo, đèn đường.

Việc thu hút đầu tư không chỉ đơn thuần là huy động vốn mà còn bao gồm việc thiết kế các chính sách, cơ chế pháp lý, ưu đãi và dịch vụ hỗ trợ nhằm tạo lợi thế cạnh tranh so với các địa điểm đầu tư khác và thu hút sự quan tâm của các nhà đầu tư cả trong nước và nước ngoài. Theo nghiên cứu của Phan Thị Quy (2025) [2], thu hút đầu là quá trình tạo ra môi trường thuận lợi để khuyến khích các nhà đầu tư nội địa và quốc tế đưa vốn, công nghệ và nguồn lực vào các hoạt động kinh tế hoặc dự án phát triển. Đây là một hoạt động chiến lược đòi hỏi phối hợp chính sách, năng lực địa phương và tiềm năng thị trường. Trong bối cảnh phát triển hạ tầng, thu hút đầu tư bao gồm việc tạo ra các điều kiện thể chế, pháp lý, tài chính, kỹ thuật và dịch vụ hỗ trợ để khuyến khích nguồn vốn công và tư, trong nước và quốc tế tham gia vào xây dựng và nâng cấp các công trình giao thông. Theo (OECD 2024) [3], các chính sách thu hút đầu tư thường liên quan đến ưu đãi thuế, bảo vệ quyền lợi nhà đầu tư, hỗ trợ tiếp cận đất đai, cơ chế chia sẻ rủi ro và bảo đảm minh bạch trong thủ tục phê duyệt dự án.

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến thu hút đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ

Thu hút đầu tư, đặc biệt vào hạ tầng giao thông đường bộ là một quá trình phức tạp chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố đa chiều: Chính sách - pháp luật, thể chế - quản trị, kinh tế - tài chính (thu hồi vốn chậm), kỹ thuật - hạ tầng, xã hội và rủi ro môi trường. Các nghiên cứu trong nước và quốc tế đã chỉ ra rằng những yếu tố này có tác động khác nhau nhưng đều quyết định đến khả năng hấp dẫn nguồn vốn đầu tư trong và ngoài nước.

- Khung pháp lý và vai trò của Nhà nước: Một trong những nhân tố nền tảng quyết định đến khả năng thu hút đầu tư là khung pháp luật và chính sách điều tiết của Nhà nước. Nghiên cứu của Cù Thanh Thủy et al. (2018) [4] cho thấy, một hệ thống pháp lý rõ ràng, minh bạch và ổn định giúp giảm rủi ro pháp lý cho nhà đầu tư và tăng niềm tin vào cơ hội lợi nhuận của dự án. Nghiên cứu về các dự án BOT trong khu vực kinh tế trọng điểm phía Nam như nghiên cứu của Nguyễn Minh Kiều et al. (2019) [5] đã chỉ ra rằng, các yếu tố liên quan tới quy định pháp luật, vai trò của Nhà nước trong chuẩn hóa thủ tục và hỗ trợ chính sách là nhóm nhân tố có ảnh hưởng lớn tới tính hấp dẫn của dự án đối với nhà đầu tư.

- Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính: Khi vốn đầu tư cho hạ tầng là rất lớn và thời gian hoàn vốn dài, cơ chế chia sẻ rủi ro và các công cụ tài chính hỗ trợ (chẳng hạn bảo lãnh doanh thu, ưu đãi thuế, cơ chế bù đắp rủi ro ngoại lệ) đóng vai trò quan trọng trong quyết định đầu tư. Nhóm nghiên cứu tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long cũng nhận dạng rằng các yếu tố tài chính, bao gồm sự sẵn có của nguồn tài trợ, chi phí vốn và hỗ trợ tài chính từ Nhà nước là rào cản lớn nhất ảnh hưởng tới thu hút vốn đầu tư PPP vào dự án hạ tầng giao thông (Đỗ Tiến Sỹ et al. 2019) [6].

- Năng lực quản lý dự án: Năng lực và chất lượng quản lý tại các cơ quan chủ đầu tư, cơ quan quản lý nhà nước có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả triển khai, tính minh bạch và niềm tin của nhà đầu tư. Nghiên cứu của Trần Trung Kiên et al. 2023) [1] cho thấy, yếu tố thành công của dự án PPP ở Việt Nam nêu rõ rằng tính minh bạch trong đấu thầu, cam kết trách nhiệm giữa Nhà nước và nhà đầu tư, cùng với công tác quản trị tốt là những yếu tố then chốt quyết định sự thành công của dự án PPP trong lĩnh vực hạ tầng và đây cũng là yếu tố góp phần thu hút sự tham gia của các nhà đầu tư với các dự án.

2.3. Giả thuyết nghiên cứu

Giả thuyết H1: Khung pháp lý rõ ràng, minh bạch và vai trò hỗ trợ của Nhà nước có tác động tích cực đến thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ.

Nghiên cứu trước cho thấy khung pháp luật ổn định giúp giảm rủi ro pháp lý, tăng tính dự đoán và tạo niềm tin cho nhà đầu tư, đặc biệt trong các dự án BOT, BT và PPP. Vai trò của Nhà nước trong bảo đảm minh bạch, đơn giản hóa thủ tục và điều phối giữa các bên là yếu tố cốt lõi tác động đến quyết định đầu tư (Cù Thanh Thủy et al.,2018, OECD 2024).

Giả thuyết H2: Cơ chế chia sẻ rủi ro hợp lý và các chính sách hỗ trợ tài chính của Nhà nước có tác động tích cực đến thu hút đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ.

Trong lĩnh vực hạ tầng giao thông, rủi ro tài chính (như biến động doanh thu, thay đổi chính sách, rủi ro xây dựng) là rào cản lớn nhất khiến nhà đầu tư e ngại. Sự tồn tại của các công cụ như bảo lãnh doanh thu, bảo lãnh tín dụng, hỗ trợ lãi vay hoặc đồng tài trợ của Chính phủ giúp giảm thiểu rủi ro và tăng khả năng sinh lợi của dự án (Đỗ Tiến Sỹ et al. 2019).

Giả thuyết H3: Năng lực quản lý dự án của cơ quan nhà nước có tác động tích cực đến thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ.

Trong quản lý dự án đầu tư hạ tầng giao thông, năng lực quản lý yếu dẫn đến kéo dài thời gian chuẩn bị, giải phóng mặt bằng chậm, điều chỉnh dự toán nhiều lần, làm tăng chi phí và giảm hiệu quả dự án - đây là các nguyên nhân phổ biến khiến nhà đầu tư ngần ngại tham gia. Ngược lại, cơ quan nhà nước có năng lực tốt sẽ nâng cao tính minh bạch, đẩy nhanh tiến độ và tăng mức độ tin cậy của dự án. Nghiên cứu của Trần Trung Kiên et al. (2023) cho thấy, yếu tố

về năng lực thể chế và quản lý dự án của cơ quan nhà nước sẽ ảnh hưởng lớn đến thu hút đầu tư của các thành phần kinh tế.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp định lượng thông qua khảo sát bảng hỏi để xác định những yếu tố ảnh hưởng đến thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ. Bảng khảo sát được gửi đến các cán bộ, quản lý cấp trung và cấp cao (từ cấp trưởng phòng trở lên) đang công tác tại các doanh nghiệp đã và đang các dự án hạ tầng giao thông đường bộ trong khu vực nghiên cứu trong tháng 8 - 9 năm 2025. Trong đó, các phát biểu được đo lường bằng thang đo Likert 5 điểm, từ 1 = "Hoàn toàn không đồng ý" đến 5 = "Hoàn toàn đồng ý". Tổng cộng có 90 bảng hỏi được phát ra, trong đó 75 bảng hợp lệ được sử dụng để phân tích dữ liệu. Về kinh nghiệm công tác, đa số người trả lời có thâm niên đáng kể: Khoảng 81,3% có từ 5 năm kinh nghiệm trở lên trong lĩnh vực giao thông - xây dựng hoặc quản lý đầu tư công, trong khi 18,7% còn lại có dưới 5 năm kinh nghiệm.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả thống kê mô tả cho thấy các yếu tố ảnh hưởng đến thu hút đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ đều được đánh giá ở mức trung bình khá trở lên. Đối với khung pháp lý và vai trò của Nhà nước, các biến quan sát có Mean dao động từ 3,42 đến 3,68, SD từ 0,79 đến 0,88, cho thấy người trả lời nhìn nhận vai trò điều tiết và sự ổn định của hệ thống pháp luật vẫn là yếu tố then chốt, mặc dù còn tồn tại hạn chế về tính đồng bộ và giám sát.

Yếu tố cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính được đánh giá khá cao với Mean từ 3,58 đến 3,77 và SD từ 0,74 đến 0,91, phản ánh sự quan tâm lớn của nhà đầu tư đối với các rủi ro tài chính như lãi suất, tỷ giá và lạm phát. Trong đó, "chia sẻ rủi ro liên quan thị trường tài chính" được đánh giá cao nhất, thể hiện vai trò quan trọng của các cơ chế hỗ trợ tài chính trong thu hút đầu tư tư nhân.

Đối với năng lực quản lý dự án, các biến có Mean từ 3,65 đến 3,82 và SD từ 0,71 đến 0,83, phản ánh đánh giá tích cực của người trả lời về năng lực lập kế hoạch, phê duyệt và giám sát dự án của cơ quan quản lý. Khả năng lập kế hoạch phù hợp thực tế là biến được đánh giá cao nhất trong nhóm.

Cuối cùng, thang đo thu hút đầu tư ghi nhận Mean từ 3,68 đến 3,77 và SD từ 0,79 đến 0,85, cho thấy mức độ hấp dẫn của các dự án giao thông đường bộ được đánh giá tương đối tốt. Nhà đầu tư đặc biệt đồng thuận ở mức cao đối với khả năng tiếp tục hoặc mở rộng đầu tư nếu có dự án tương tự.

Bảng 1. Thống kê giá trị trung bình các thang đo các nhân tố

Yếu tố	Đo lường	Mean	SD	Cronbach's Alpha & KMO	Nguồn
Khung pháp lý và vai trò của Nhà nước	Sự can thiệp của Chính phủ	3,68	0,82	0,842/0,762	Đỗ Tiến Sỹ et al. (2019)
	Hệ thống luật pháp và giám sát không đầy đủ	3,55	0,88		
	Sự thay đổi trong luật pháp và các quy định	3,47	0,84		
	Sự thay đổi trong quy định về thuế	3,42	0,79		
Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính	Chia sẻ rủi ro và hỗ trợ liên quan thị trường tài chính	3,77	0,74	0,865/0,784	Đỗ Tiến Sỹ et al. (2019)
	Chia sẻ rủi ro và hỗ trợ liên quan sự biến động lãi suất	3,63	0,81		
	Chia sẻ rủi ro và hỗ trợ liên quan sự biến động tỷ giá	3,58	0,86		
	Chia sẻ rủi ro và hỗ trợ liên quan đến lạm phát	3,60	0,91		
Năng lực quản lý dự án	Cơ quan quản lý dự án có khả năng lập kế hoạch rõ ràng và phù hợp với thực tế	3,82	0,71	0,879/0,801	OECD (2024) Trần Trung Kiên et al (2023)
	Quy trình phê duyệt dự án diễn ra minh bạch và không bị kéo dài quá mức cần thiết	3,70	0,83		
	Cơ quan quản lý dự án có khả năng giám sát chi phí và tiến độ hiệu quả	3,65	0,79		
Thu hút đầu tư	Nhà đầu tư nhận thấy dự án giao thông đường bộ có mức độ hấp dẫn để xem xét đầu tư	3,74	0,81	0,887/0,812	Cheung, Chan et al. (2009) [7]
	Nhà đầu tư có khả năng đưa ra quyết định đầu tư khi dự án được công bố	3,68	0,85		
	Nhà đầu tư đánh giá rằng dự án có tiềm năng sinh lợi phù hợp với mức độ rủi ro	3,71	0,79		
	Nhà đầu tư sẵn sàng tiếp tục hoặc mở rộng đầu tư nếu có dự án mới tương tự	3,77	0,83		

Nguồn: Tổng hợp của tác giả

Từ kết quả phân tích dữ liệu khảo sát, phương trình hồi quy đa biến như sau:

$Y = 0,315+0,241*X_1+0,308*X_2+0,372*X_3+\varepsilon$

Trong đó: Y - Khả năng thu hút đầu tư vào hạ tầng giao thông đường bộ; X_1- Khung pháp lý và vai trò của Nhà nước; X_2- Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính; X_3 - Năng lực quản lý dự án.

Kết quả phân tích hồi quy tuyến tính đa biến cho thấy cả ba nhân tố độc lập đều có ảnh hưởng tích cực và có ý nghĩa thống kê đến thu hút đầu tư vào hạ tầng giao thông đường bộ. Cụ thể, khung pháp lý và vai trò của Nhà nước có hệ số Beta chuẩn hóa β = 0,241 với p = 0,012, cho thấy vai trò điều tiết của Nhà nước, sự ổn định pháp lý và các can thiệp hợp lý đóng góp tích cực vào quyết định đầu tư của nhà đầu tư. Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính cũng có ảnh hưởng đáng kể với β = 0,308, p = 0,004, phản ánh rằng các biện pháp giảm thiểu rủi ro tài chính, hỗ trợ lãi suất, tỷ giá và lạm phát giúp tăng niềm tin và sự sẵn sàng tham gia đầu tư. Trong khi đó, Năng lực quản lý dự án được đánh giá là nhân tố có tác động mạnh nhất, với β = 0,372, p = 0,001, cho thấy khả năng lập kế hoạch rõ ràng, quy trình phê duyệt minh bạch và giám sát tiến độ hiệu quả của cơ quan quản lý dự án là yếu tố then chốt để thu hút vốn đầu tư. Như vậy, cả ba giả thuyết nghiên cứu đều được kiểm định thành công, đồng nghĩa rằng Khung pháp lý và vai trò Nhà nước, Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính, Năng lực quản lý dự án đều là những yếu tố quan trọng, góp phần giải thích 55,4% biến thiên của thu hút đầu tư, từ đó cung cấp cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp nâng cao năng lực thu hút đầu tư vào hạ tầng giao thông đường bộ tại khu vực Tây Nam Bộ. Dựa trên kết quả hồi quy cho thấy, nhân tố "Năng lực quản lý dự án" (PM) có ảnh hưởng lớn nhất đến thu hút đầu tư, với hệ số Beta chuẩn hóa β = 0,372, p = 0,001, cao hơn so với Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính (β = 0,308) và Khung pháp lý và vai trò của Nhà nước (β = 0,241). Điều này cho thấy rằng, trong bối cảnh thu hút đầu tư vào hạ tầng giao thông đường bộ, khả năng lập kế hoạch rõ ràng, quy trình phê duyệt minh bạch và giám sát chi phí - tiến độ hiệu quả của cơ quan quản lý dự án là yếu tố then chốt, đóng vai trò quyết định hơn cả so với cơ chế tài chính hay khung pháp lý.

5. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH

Nghiên cứu đã xác định được ba yếu tố có ảnh hưởng đáng kể và có ý nghĩa thống kê đến khả năng thu hút đầu tư phát triển hạ tầng giao thông đường bộ tại khu vực Tây Nam Bộ, bao gồm: Khung pháp lý và vai trò của Nhà nước, Cơ chế chia sẻ rủi ro và hỗ trợ tài chính, và Năng lực quản lý dự án. Trong đó, năng lực quản lý dự án được chứng minh là nhân tố tác động mạnh nhất đến quyết định đầu tư của khu vực tư nhân. Điều này cho thấy các nhà đầu tư không chỉ quan tâm đến khuôn khổ chính sách mà còn đặc biệt chú trọng vào năng lực thực thi, giám sát, giải ngân và điều phối dự án của các cơ quan nhà nước cũng như chủ đầu tư công. Kết quả nghiên cứu đồng thời phản ánh bối cảnh đặc thù của Tây Nam Bộ - một vùng kinh tế trọng điểm nhưng chịu tác động mạnh của biến đổi khí hậu, xâm nhập mặn ngày càng gia tăng, sụt lún, sạt lở bờ sông, bờ biển diễn biến phức tạp. Những rủi ro tự nhiên này làm gia tăng chi phí đầu tư, chi phí duy tu bảo trì, kéo dài tiến độ và giảm mức độ chắc chắn của dòng tiền dự án, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến quyết định tham gia của nhà đầu tư tư nhân. Do vậy, nhu cầu hoàn thiện chính sách và tăng cường cơ chế chia sẻ rủi ro càng trở nên cấp thiết, nhằm đảm bảo tính bền vững, khả thi và hấp dẫn của các dự án hạ tầng giao thông trong bối cảnh môi trường tự nhiên ngày càng khó dự báo. Nghiên cứu cũng cho thấy, để thu hút hiệu quả hơn nguồn lực tư nhân phục vụ phát triển kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ tại Tây Nam Bộ, cần chú trọng đồng thời vào việc cải thiện thể chế, tăng cường năng lực quản lý dự án, đặc biệt là thiết kế cơ chế phân bổ rủi ro phù hợp với điều kiện tự nhiên của vùng. Điều này không chỉ góp phần nâng cao sức hấp dẫn của dự án mà còn giúp xây dựng hệ thống hạ tầng giao thông thích ứng tốt hơn với biến đổi khí hậu, hỗ trợ phát triển kinh tế - xã hội bền vững trong dài hạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Trung Kiên, Nguyễn Minh Nguyệt (2023), Factors Affecting the Success of PPP Transport Projects in Vietnam, International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology 14(1): 69-75.

[2]. Phan Thị Quy (2025), Attracting foreign investment into ho chi minh city: current situation, trends and policy orientation, International Journal of Science Academic Research vol.06, Issue 07, pp.10339-10343.

[3]. OECD (2024), The Role of Incentives in Investment Promotion: trends and practices in oecd member countries.

[4]. Cù Thanh Thủy, Trần Thọ Đạt (2018), Factors affecting the investment decision on the road traffic infrastructure development: A case study in Vietnam, Global and Stochastic Analysis, MUK publication 5(7).

[5]. Nguyễn Minh Kiều, Phạm Hà, Nguyễn Minh Phước (2019), Tài trợ đầu tư hạ tầng giao thông kết nối vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, Tạp chí Khoa học Đại học mở TP.HCM - Kinh tế và quản trị kinh doanh 14(2): 43-60.

[6]. Đỗ Tiến Sỹ, Nguyễn Anh Thư, Trần Nguyễn Nhật Nam (2019), Mô hình đánh giá sự sẵn sàng đầu tư của khu vực tư nhân trong các dự án PPP giao thông ở Việt Nam.

[7]. Cheung, E., et al. (2009), Enhancing value for money in public private partnership projects: Findings from a survey conducted in Hong Kong and Australia compared to findings from previous research in the UK., Journal of Financial Management of Property and Construction 14(1): 7-20.

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2025

Phương pháp xác định đơn giản hệ số nền cho đất loại sét và cát trong thiết kế công trình tàu điện ngầm đô thị

A simple method for determining the subgrade reaction modulus of clay and sand for urban metro structural design

> TS ĐỖ MINH NGỌC[1], TS NGUYỄN MINH KHOA[1,*], TS ĐỖ MINH TÍNH[2]
[1]Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
[2]Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
[*]Email: minhkhoa.nguyen@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ số nền là một trong những tham số quan trọng khi tính toán thiết kế vỏ hầm công trình tàu điện ngầm. Thông thường, hệ số nền được xác định theo ba phương pháp thí nghiệm bàn nén hiện trường, thí nghiệm nén ba trục trong phòng và lựa chọn theo kinh nghiệm. Tuy nhiên, thực tế công trình hầm tàu điện ngầm thường đặt sâu nên việc thực hiện thí nghiệm hiện trường gặp nhiều khó khăn, bên cạnh đó thí nghiệm nén ba trục ở trong phòng cho kết quả cho kết quả cao hơn thực tế. Chính vì vậy, trong bài báo này, tác giả sẽ trình bày một phương pháp đơn giản và nhanh để xác định hệ số nền đối với hai loại đất loại sét và rời trong công trình tàu điện ngầm. Kết quả nghiên cứu được so sánh với các giá trị kinh nghiệm được kiến nghị cho thấy giá trị hệ số nền là tương đối phù hợp.

Từ khóa: Hệ số nền; mô-đun nén lún; đất loại sét và cát; tàu điện ngầm.

ABSTRACT

The subgrade reaction modulus is one of the key parameters in the structural design of metro tunnel linings. Normally, this modulus is determined by three methods: field plate load tests, laboratory triaxial compression tests and empirical selection. However, since metro tunnels are typically located at considerable depths, conducting field tests is often difficult, while laboratory triaxial tests tend to yield results higher than actual field conditions. Therefore, this paper presents a simple and rapid method for determining the subgrade reaction modulus for cohesive and granular soils in metro tunnel projects. The results of the study are compared with recommended empirical values and show that the obtained modulus values are reasonably consistent.

Keywords: Subgrade reaction modulus; compression modulus; clay and sand soils; metro tunnel.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi nghiên cứu kết phần trên của nền đường sắt, Winkler năm 1867 đã đưa ra giả thiết về nền đàn hồi. Giả thiết này cho rằng cường độ áp lực p tại một điểm bất kỳ nào đó tỉ lệ thuận với độ lún s tại điểm đó của nền. Giả thiết này được gọi là mô hình nền Winkler, mối quan hệ giữa cường độ áp lực và độ lún được thể hiện qua công thức [1]:

$$P = K \times s \quad (1)$$

Trong đó: p - Áp lực đơn vị lên đất nền, kPa;

s - Độ lún của nền, mm;

K - Hệ số tỷ lệ, được gọi là hệ số phản lực nền, gọi tắt là hệ số nền, MPa/m^3.

Từ giả thiết của Winkler, có thể thấy hệ số nền là ứng suất tác dụng lên một đơn vị chiều dài trên một đơn vị bề rộng của của nền. Hay có thể giải thích đối với nền đường sắt thì tải trọng tác dụng lên như một tải trọng tuyến tính, tức là bề rộng móng nhỏ hơn rất nhiều so với chiều dài của móng. Khi cường độ áp lực lên đất nền là cố định, hệ số nền càng nhỏ thì độ lún của nền càng lớn. Hệ số nền không chỉ là một chỉ số tính toán thể hiện tính chất làm việc cơ học của đất nền, mà còn chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như: Độ lớn

và sự phân phối áp lực tại đáy móng công trình, tính nén lún, bề dày đất nền và tải trọng các công trình lân cận...

Đối với công trình đường sắt trên mặt đất được thiết kế dựa trên tác động trực tiếp của tải trọng đoàn tàu vận hành lên nền đường sắt. Trong khi đó, tàu điện ngầm vận hành kín hoàn toàn bên trong kết cấu bê tông cốt thép. Tải trọng của đoàn tàu không tác động trực tiếp lên nền đất, mà thông qua nền đường sắt truyền xuống bản đáy của hầm tàu điện ngầm, sau đó bản đáy này mới tạo ra ứng suất và biến dạng lên nền bên dưới. Do đó, hệ số nền của đất nền được xét trong mối tương quan với kết cấu hầm đường sắt đô thị.

Năm 1985, tại Trung Quốc, thí nghiệm bàn nén đường kính 30 cm lần đầu được đưa vào sử dụng trong thi công tuyến Đại Tần. Hệ số phản lực nền của nền đường sắt được xác định bằng cách lấy cường độ tải trọng tại độ lún 1,25 cm, nhằm đánh giá độ chặt của nền đường sắt [2]. Sau đó, phương pháp thí nghiệm này được sử dụng rộng rãi trong công tác kiểm tra chất lượng nền đường sắt. Điển hình là các nghiên cứu như "Nghiên cứu mối tương quan giữa hệ số nền K_{30} và hệ số đầm chặt", "Báo cáo nghiên cứu ứng dụng mở rộng tấm tải K_{30} trên tuyến Nam Côn". Tuy nhiên, do sự khác biệt về quy cách thiết bị K_{30} và phương pháp vận hành thiết bị không thống nhất đã dẫn đến các vấn đề như dữ liệu thí nghiệm phân tán lớn, khả năng lặp lại kém và độ chính xác thử nghiệm thấp [2]. Sau đó, Chu Hồng Lỗi và Trương Tại Minh dựa trên kết quả của một số lượng lớn thí nghiệm tải trọng hiện trường và thí nghiệm đất trong phòng đã đề xuất một phương pháp chuyển đổi kết quả thí nghiệm từ các tấm tải có kích thước khác nhau về hệ số nền tiêu chuẩn. Đồng thời, họ cũng thiết lập mối quan hệ thống kê số học giữa mô-đun nén lún trong phòng với hệ số nền cho các loại đất khác nhau, giúp việc khai thác và sử dụng hiệu quả các tài liệu, số liệu đã có trở nên thuận tiện hơn rất nhiều [3].

Đối với công trình tàu điện ngầm do được đặt ở độ sâu lớn nên việc thí nghiệm bằng bàn nén rất khó khăn và hầu như không thể tiến hành được. Đã có một số tác giả đã thông qua thí nghiệm hiện trường như: Nén ngang trong hố khoan, xuyên tiêu chuẩn SPT hay thí nghiệm nén tĩnh nền bằng tấm xoắn... để xây dựng mối quan hệ tương quan với hệ số nền. Tuy nhiên, do nhiều yếu tố ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm hiện trường nên phương pháp này còn chưa thật sự hoàn thiện. Chính vì vậy, việc xác định hệ số nền đối với công trình tàu điện ngầm thường được xác định thông qua thí nghiệm trong phòng. Nhưng kết quả thường cho lớn hơn so với các giá trị kinh nghiệm được kiến nghị. Có thể thấy rằng, hệ số nền vẫn cần phải được giải quyết thông qua bài toán lý thuyết, kết hợp với kết quả thí nghiệm trong phòng, hiện trường và kinh nghiệm để lựa chọn sao cho phù hợp. Xuất phát từ đó, trong bài báo này sẽ giới thiệu phương pháp xác định nhanh hệ số nền thông qua phương pháp lý thuyết và kết quả thí nghiệm trong phòng, phục vụ cho giai đoạn thiết kế ban đầu công trình tàu điện ngầm đô thị.

2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NỀN

2.1. Phương pháp theo quy phạm

Trong hầu hết các qui phạm hiện nay, hệ số nền được kiến nghị sử dụng các phương pháp thí nghiệm trong phòng và ngoài hiện trường. Trong khi đó, với thí nghiệm trong phòng thường được sử dụng như thí nghiệm ba trục và nén cố kết. Hai nhóm phương pháp thí nghiệm trong phòng và hiện trường thì việc thí nghiệm ở trong phòng có tính khả thi hơn, do các mẫu đất đá được lấy thông qua công tác khoan khảo sát. Nhưng, khi sử dụng thí nghiệm ba trục hay thí nghiệm cố kết ở trong phòng, kết quả thường lớn, xấp xỉ bằng 50 lần mô-đun nén lún của đất với cấp gia tải 1 kg/cm^2 [3]. Kết quả này so với các giá trị kinh nghiệm được đưa ra trong các tài liệu khác có sự khác biệt khá lớn, nên trong một số kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, thông qua thí nghiệm trong phòng khó có thể thu được hệ số nền đáng tin cậy.

2.2. Phương pháp lý thuyết

Hệ số nền và mô-đun nén lún của đất có mối quan hệ nhất định với nhau. Để thành lập mối quan hệ này đối với công trình tàu điện ngầm có thể giả định như sau:

- Tải trọng đường sắt đô thị có đặc điểm là tải trọng phân bố tuyến tính, khi tỷ lệ chiều dài trên chiều rộng của móng lớn hơn 3 thì tải trọng đường sắt đô thị được xem xét như tải trọng trên móng dải.

- Giá trị của hệ số nền được xác định dựa trên kết quả thí nghiệm bàn nén hiện trường hình tròn đường kính 30 cm.

Đối với thí nghiệm bàn nén hiện trường, kích thước của bàn nén có ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm. Khi kích thước của bàn nén càng lớn thì hệ số nền thu được càng nhỏ so với kết quả thí nghiệm với bàn nén kích thước 30 cm. Do vậy, khi sử dụng thí nghiệm bàn nén với kích thước khác để xác định hệ số nền, cần phải hiệu chỉnh cho đúng với kích thước chuẩn 30 cm. Theo Tiêu chuẩn TCVN 9354-2012, mô-đun biến dạng của đất nền từ kết quả thí nghiệm bàn nén hiện trường được xác định theo công thức sau [4]:

$$E_0 = (1-\mu^2) \times \frac{p \times \omega \times d}{s} \quad (2)$$

Trong đó:

E_0 - Mô-đun tổng biến dạng của đất nền, MPa;

p - Áp lực trên một đơn vị diện tích, MPa;

w - Hệ số không thứ nguyên phụ thuộc vào hình dạng và độ cứng bàn nén, với bàn nén hình tròn $\omega = \frac{\pi}{4} \approx 0{,}79$;

s - Độ lún tương ứng với tải trọng, mm;

d - Đường kính của bản chịu tải, m;

μ - Hệ số Poisson của đất;

Công thức (2) mô-đun biến dạng của đất được viết lại như sau:

$$E_0 = (1-\mu^2) \times \frac{\pi \times d \times p}{4 \times s} \quad (3)$$

Suy ra, hệ số nền K được tính:

$$K = \frac{4}{(1-\mu^2) \times \pi \times d} \times E_0 \quad (4)$$

Trong lý thuyết cơ học đất, cả mô-đun nén lún E_s và mô-đun biến dạng E_0 của đất nền đều chỉ quan hệ giữa ứng suất - biến dạng của đất dưới tác dụng của ứng suất pháp tuyến và có mối quan hệ như sau [5]:

$$E_0 = \left(1 - \frac{2 \times \mu^2}{1-\mu}\right) \times E_s \quad (5)$$

Thay công thức (5) vào (4) ta được hệ số nền được tính như sau:

$$K = \frac{4}{(1-\mu^2) \times \pi \times d} \times \left(1 - \frac{2 \times \mu^2}{1-\mu}\right) \times E_s \quad (6)$$

Công thức (6) là mối quan hệ tương quan giữa hệ số nền K và mô-đun nén lún E_s. Tuy nhiên, nếu chỉ thông qua công thức trên và kết quả thí nghiệm nén ba trục cung cấp E_s hay kết quả thí nghiệm xác định E_0 để xác định hệ số nền K là chưa đủ. Nguyên nhân, công thức trên chưa xét đến đặc điểm tải trọng, tính chất của từng loại đất, phương pháp thí nghiệm và lượng lún của tải trọng bản tròn khác với lượng lún nền đất gây ra bởi tải trọng tuyến tính của đường sắt đô thị. Để giải quyết vấn đề này ta đi xét từng trường hợp đất loại sét và cát.

2.2.1. Đối với đất loại sét

- Độ lún trung bình trong phạm vi diện tích móng hình chữ nhật [7]:

$$S_m = Bq(\delta_m/C) \quad (7)$$

- Độ lún trung bình của móng hình tròn dưới tải trọng tâm:

$$S_k = Dq(\delta_k/C) \quad (8)$$

Khi D = B

$$S_m/S_k = \delta_m/\delta_k \quad (9)$$

Trong đó:

B - Chiều rộng cạnh ngắn của móng hình chữ nhật (m);

D - Đường kính của móng hình tròn, (m);

q - Tải trọng phân bố đều tại đáy móng, (kPa);

C - Hệ số biến dạng của nền đất;

δ_m, δ_k - Lần lượt là hệ số lún cho việc tính toán móng hình chữ nhật và móng hình tròn.

Công thức (9) cho thấy, khi một tải trọng tuyến tính và một tải trọng hình tròn có giá trị tương đương tác dụng lên nền đất, tồn tại một tỷ số hệ số lún δ_m/δ_k giữa các lượng biến dạng lún của nền đất. Dựa trên công thức (6) và (9), hệ số nền của đất nền dưới tác dụng của tải trọng tuyến tính có thể được biểu thị như sau:

$$K = \frac{4}{(1-\mu^2)\times\pi\times d} \times \left(1 - \frac{2\times\mu^2}{1-\mu}\right) \times \frac{\delta_m}{\delta_k} \times E_s \quad (10)$$

Giả định tỷ lệ chiều dài trên chiều rộng của móng đường sắt đô thị lớn hơn hoặc bằng 3 (được xem xét là 3) và dựa trên hệ số nền được xác định bằng thí nghiệm bàn nén chuẩn đường kính 30 cm, trong điều kiện thỏa mãn mô hình nền đàn hồi Winkler mô tả tải trọng đường sắt đô thị (móng không phải cứng tuyệt đối) thì các hệ số δ_m=1,52, δ_k=0,85, d=0,3 m được tra bảng [6]. Công thức (10) có thể được viết đơn giản thành:

$$K = 7{,}6 \times \frac{(1-\mu-2\times\mu^2)}{(1-\mu^2)\times(1-\mu)} \times E_s \quad (11)$$

Công thức (11) là mối quan hệ lý thuyết giữa hệ số nền và mô-đun nén của đất dính. Nó đã xem xét đến đặc điểm tải trọng đường sắt đô thị, quy chuẩn khảo sát đường sắt đô thị sử dụng thí nghiệm tải trọng K_{30} của một số nước trên thế giới để xác định hệ số nền, đồng thời đưa vào khái niệm tỷ số hệ số lún. Công thức (11) cho thấy hệ số nền của đất nền tỷ lệ thuận với mô-đun nén lún và có liên quan đến hệ số Poisson μ của đất. Công thức (11) cho phép xác định giá trị hệ số nền một cách rất thuận tiện dựa vào mô-đun nén E_s thu được từ phương pháp thí nghiệm đất trong phòng và hệ số Poisson μ của loại đất tương ứng.

2.2.2. Đối với đất cát

Đối với đất cát khi phân bố ở độ sâu lớn dưới đất, kết quả thí nghiệm xác định hệ số nền là rất khó khăn vì đất rời khi lấy mẫu khó có thể đảm bảo được tính nguyên trạng. Các thí nghiệm trong phòng dùng để xác định hệ số nền được thực hiện trên cơ sở rung và đầm chặt các mẫu bị xáo động, nên kết quả cho ra thường không chính xác. Còn ở hiện trường, khi thí nghiệm tại đáy nền đường tàu điện ngầm cũng rất dễ gây xáo động, nên khó đạt được độ chính xác cao. Chính vì vậy, đối với việc xác định hệ số nền của đất cát trong công trình tàu điện ngầm vẫn chưa có giải pháp nào thực sự hợp lý. Nghiên cứu của Schmertmann và cộng sự chỉ ra rằng, khi bề mặt của bán không gian đàn hồi tuyến tính chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều, hệ số ảnh hưởng biến dạng I_z đã được đưa vào lời giải của quan hệ ứng suất - biến dạng của đất. Giá trị của hệ số này thay đổi theo độ sâu, đạt cực đại ở độ sâu bằng 0,5 lần chiều rộng móng, với giá trị là 0,6 và được gọi là phân bố "2B - 0,6"[7]. Kết quả của ông với các giả định tương đối phù hợp với đặc điểm tải trọng của đường tàu điện ngầm. Do đó, có thể áp dụng cho bài toán xác định hệ số nền cho công trình đường tàu điện ngầm đô thị. Thay tỉ số hệ số lún trong công thức (10) bằng hệ số ảnh hưởng biến dạng I_z ta được hệ số nền K đối với đất rời được tính như sau:

$$k = 2{,}55 \times \frac{(1-\mu-2\times\mu^2)}{(1-\mu)\times(1-\mu^2)} \times E_s \quad (12)$$

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ SO SÁNH

Căn cứ vào công thức (11) và công thức (12), tiến hành tính toán hệ số nền cho các loại đất khác nhau dựa với hệ số nén lún được tham khảo trong TCVN 9362-2012. Kết quả trong Bảng 1 và 2 [8].

Bảng 1. Hệ số nền với đất loại sét

Loại đất	Hệ số Poisson, μ	Mô-đun nén lún, E_s (KPa)	Hệ số nền, K (kN/m³)
Đất sét, sét pha trạng thái dẻo chảy ~ chảy	0,42	500 - 1.000	1.800 - 3.600
Sét, sét pha trạng thái dẻo mềm	0,4	2.000 - 3.000	10.000 - 14.000
Sét, sét pha trạng thái dẻo cứng	0,35	3.000 - 6.000	16.000 - 32.000
Sét, sét pha trạng thái nửa cứng	0,3	6.000 - 12.000	32.000 - 74.000
Sét, sét pha trạng thái cứng	0,3	12.000 - 20.000	74.000 - 124.000

Bảng 2. Hệ số nền với đất cát

Loại đất	Hệ số Poisson, μ	Mô-đun nén lún, E_s (KPa)	Hệ số nền, K (kN/m³)
Cát trạng thái xốp ~ rất xốp	0,3	3.000 - 5.000	6.800 - 10.500
Cát trạng thái xốp ~ chặt vừa	0,3	5.000 - 8.000	11.000 - 16.000
Cát trạng thái chặt vừa	0,25	8.000 - 15.000	16.600 - 31.000
Cát trạng thái chặt	0,25	15.000 - 30.000	36.000 - 68.000

Từ kết quả tính toán các Bảng 1 và 2, so sánh với giá trị hệ số nền K theo tiêu chuẩn GB 50307 - 1999 và với của Terzaghi như Bảng 3 [6, 9].

Bảng 3. So sánh kết quả

Loại đất	Kết quả tính toán hệ số nền, K	Giá trị hệ số nền K theo tiêu chuẩn GB 50307 - 1999 [9]	Giá trị hệ số nền K theo Terzaghi [6]
Đất loại sét			
Đất sét, sét pha trạng thái dẻo chảy - chảy	1.800 - 3.600	1.000 - 8.000	5.000 - 10.000
Sét, sét pha trạng thái dẻo mềm	10.000 - 14.000	8.000 - 15.000	10.000 - 20.000

Sét, sét pha trạng thái dẻo cứng	16.000 - 32.000	15.000 - 35.000	20.000 - 40.000
Sét, sét pha trạng thái nửa cứng	32.000 - 74.000	35.000 - 70.000	40.000 - 80.000
Sét, sét pha trạng thái cứng	74.000 - 124.000	70.000 - 90.000	80.000 - 150.000
Đất cát			
Cát trạng thái xốp~rất xốp	6.800 - 10.500	5.000 - 10.000	8.000 - 16.000
Cát trạng thái xốp ~ chặt vừa	11.000 - 16.000	10.000 - 15.000	16.000 - 24.000
Cát trạng thái chặt vừa ~ chặt	16.600 - 31.000	15.000 - 25.000	24.000 - 48.000
Cát trạng thái chặt ~ rất chặt	36.000 - 68.000	25.000 - 40.000	48.000 - 81.000

Từ kết quả tính toán kết quả hệ số nền cho từng loại đất loại sét và đất loại cát như trong Bảng 1, 2 và so sánh với Bảng 3 thuộc phụ lục F tiêu chuẩn khảo sát đường sắt đô thị của Trung Quốc GB 50307 - 1999 có thể thấy rằng các giá trị khá là phù hợp. Tuy nhiên, với đất cát trạng thái chặt và rất chặt có sự khác biệt so với giá trị trong Bảng 3. Nguyên nhân, do giá trị mô-đun nén lún E_s trong trường hợp này được lấy cao, tùy thuộc vào đất cát đó là cát hạt mịn, hạt trung, hạt thô… thì giá trị E_0 cũng biến thiên trong những khoảng khá lớn. Cũng từ kết quả trong Bảng 1 và 2, giá trị tính toán hệ số nền cũng khá phù hợp với giá trị của do Terzaghi đề xuất. Riêng đối với đất cát thì giá trị này có sự thay đổi khá lớn do phụ thuộc vào thành phần cấp phối của từng loại cát. Thực tế, từ một số kết quả nghiên cứu ở tài liệu [3, 7] cho thấy hệ số nền của cát lẫn sỏi thì giá trị hệ số nền khá lớn có thể lớn hơn 300 MPa/m^3.

4. KẾT LUẬN

- Mô hình nền Winkler đã đề xuất khái niệm quan trọng về hệ số nền. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về hệ số nền chủ yếu tập trung vào nền móng công trình nhà dân dụng. Đối với phương pháp xác định hệ số nền của lớp đất sâu bằng thí nghiệm hiện trường còn khá hạn chế chưa được sử dụng rộng rãi.

- Thông qua các tham số như hệ số poisson, mô-đun nén lún của đất là những chỉ tiêu vật lý đã được công nhận trong cơ học đất đã tiến hành tính toán hệ số nền trong công trình đường tàu điện ngầm đối với đất loại sét và cát theo cách đơn giản hơn. So sánh giá trị hệ số nền tính toán bằng công thức với các dữ liệu kinh nghiệm hiện có cho thấy chúng về cơ bản phù hợp, qua đó giải quyết được khó khăn trong việc xác định giá trị hệ số nền phục vụ thiết kế.

- Đối với hệ số nền của đất cát chặt - rất chặt và đất sét ở trạng thái cứng, mặc dù kết quả kiểm tra cao hơn một chút so với giá trị kinh nghiệm, nhưng vẫn có tính hợp lý của nó. Việc sử dụng công thức (9), (10) để tính toán, kết hợp với kết quả thí nghiệm hiện trường và trong phòng cần thiết cho khảo sát đường sắt đô thị, vấn đề xác định giá trị hệ số nền sẽ được giải quyết một cách thỏa đáng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Hoàng Anh (2004), Giáo trình nền và móng, NXB. Xây dựng.

[2]. Mễ Phong Phái, Trần Đạt Thành, Một số vấn đề tồn tại trong thí nghiệm tải trọng bàn nén, Tạp chí Kỹ thuật Kiến trúc Đường sắt - Trung Quốc, 2001(6): 34-38.

[3]. Chu Hồng Lỗi, Trương Tại Minh, Phương pháp thí nghiệm và cách lấy giá trị của hệ số nền, Tạp chí Khảo sát Công trình (Trung Quốc), 2004(2):11-15.

[4]. TCVN- 9354, Đất xây dựng - Phương pháp xác định mô-đun biến dạng tại hiện trường bằng tấm nén phẳng.

[5]. GS.TSKH Cao Văn Chí, PGS.TS Trịnh Văn Cương (2003), Giáo trình cơ học đất, Trường Đại học Thủy lợi.

[6]. Sổ tay Địa chất Công trình [M] (2007), Ấn bản lần thứ 4, Bắc Kinh, NXB. Xây dựng Công nghiệp Trung Quốc.

[7]. Chu Kế Khải, Đỗ Khâm Khánh (2004), Mô hình nền Winkler cải tiến có xét đến tác dụng của lực ngang, Tạp chí Đại học Hồ Hải, (6): 669-673.

[8]. TCVN 9362-2012, Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình.

[9]. GB 50307-1999, Quy phạm khảo sát địa chất công trình cho đường sắt ngầm và đường sắt đô thị, NXB. Kế hoạch Trung Quốc, 1999.

■Ngày nhận bài: 04/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Nghiên cứu chiến lược tích hợp giảm thiểu phát thải và thích ứng với biến đổi khí hậu trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam

Investigating an integrated approach towards decarbonization and enhanced climate adaptation in the Vietnamese built environment

> THS ĐOÀN HỒNG SƠN[1], PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI[2,*]
[1]Ủy ban nhân dân tỉnh Hà Tĩnh
[2] Trường Đại học Giao thông vận tải
[*]Email: hainl@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) ngày càng rõ rệt và mục tiêu phát thải ròng bằng "0" (net-zero) trở thành ưu tiên toàn cầu, ngành Xây dựng tại Việt Nam đang đứng trước cơ hội và thách thức để phát triển các công trình giảm phát thải và thích ứng khí hậu. Bài báo phân tích xu hướng toàn cầu về công trình giảm phát thải (low-carbon building) và có khả năng thích ứng (resilient building), sau đó đánh giá thực trạng tại Việt Nam và đề xuất các chiến lược phát triển trong tương lai. Dựa trên phân tích chính sách, công nghệ, tài chính và rủi ro khí hậu, nghiên cứu cho rằng Việt Nam cần đẩy mạnh việc áp dụng vật liệu xanh, hoàn thiện khuôn khổ pháp lý, tăng cường năng lực quản lý và tiếp cận tài chính xanh để phát triển bền vững ngành Xây dựng. Bài báo kết luận và khuyến nghị chính sách để định hướng phát triển công trình bền vững tại Việt Nam.

Từ khóa: Công trình xanh; giảm phát thải; công trình chống chịu; biến đổi khí hậu; xây dựng bền vững.

ABSTRACT

Amid escalating climate change impacts and the global commitment to net-zero emissions, Vietnam's construction sector faces critical challenges and opportunities in advancing low-carbon and climate-resilient buildings. This paper reviews international developments in low-carbon and resilient building practices, assesses the current status in Vietnam and identifies key strategies for future progress. Through an analysis of policy frameworks, technological readiness, financial instruments and climate risks, the study argues that Vietnam must accelerate the adoption of green materials, strengthen regulatory and institutional capacities, and expand access to green finance to achieve sustainable sectoral transformation. The paper concludes with targeted policy recommendations to guide the development of sustainable, low-emission and climate-adaptive buildings in Vietnam.

Keywords: Green buildings; low-carbon buildings; climate-resilient buildings; climate change; sustainable construction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

BĐKH hiện nay chủ yếu do phát thải khí nhà kính, với hơn 90% là CO_2 và methane. Báo cáo AR6 của IPCC [1] cảnh báo nhiệt độ toàn cầu có thể tăng vượt ngưỡng 1,5°C và 2°C trong thế kỷ 21 nếu không có sự cắt giảm khí thải đột phá. Trong đó, lĩnh vực xây dựng đóng góp tới 32% lượng phát thải toàn cầu [2] do tiêu thụ năng lượng vận hành lớn và dấu chân carbon cao từ vật liệu như xi măng, thép. Tại Việt Nam, áp lực từ đô thị hóa nhanh chóng và BĐKH khiến việc phát triển công trình bền vững trở nên cấp bách.

Hiện nay, Việt Nam đang đối mặt với các hiện tượng thời tiết cực đoan gia tăng cả về tần suất lẫn cường độ, đặc biệt là mưa lớn bất thường và nắng nóng kéo dài. Các đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM thường xuyên bị tê liệt do hệ thống thoát nước quá tải trước những trận mưa lớn cục bộ. Bên cạnh đó, hiện tượng đảo nhiệt đô thị (urban heat island) cũng làm gia tăng tiêu thụ năng lượng làm mát và giảm chất lượng sống.

Thực trạng này đòi hỏi ngành Xây dựng phải chuyển đổi sang mô hình công trình giảm phát thải (low-carbon) và có khả năng

chống chịu (resilient) cao. Tuy nhiên, việc thực thi tại Việt Nam vẫn gặp nhiều rào cản về chi phí, vật liệu và khung chính sách. Do đó, nghiên cứu về xu hướng phát triển công trình thích ứng khí hậu là cần thiết để đề xuất các chiến lược phù hợp, góp phần thực hiện các cam kết quốc tế và mục tiêu phát triển bền vững của quốc gia.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu (narrative literature review) kết hợp phân tích chính sách và phân tích so sánh. Dữ liệu được thu thập từ các bài báo ISI/Scopus, báo cáo quốc tế (IFC, IPCC, EU, RMI, WGBC), hệ thống đánh giá công trình xanh (LEED, BREEAM, DGNB, CASBEE, LOTUS) và các văn bản pháp luật của Việt Nam. Tài liệu được phân loại theo các chủ đề chính gồm: (i) Xu hướng low-carbon buildings, (ii) resilient buildings, (iii) rào cản triển khai tại các quốc gia đang phát triển và (iv) khung chính sách - thể chế và tài chính. Phân tích chủ đề (thematic analysis) được áp dụng để tổng hợp các mô thức xu hướng và đối chiếu với bối cảnh Việt Nam nhằm đề xuất định hướng phát triển và khuyến nghị chính sách.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Tình hình phát triển công trình giảm phát thải trên thế giới

Công trình giảm phát thải (low-carbon buildings) hướng tới giảm tối đa phát thải khí nhà kính trong suốt vòng đời, bao gồm: Carbon vận hành (năng lượng sử dụng - operational carbon) và Carbon tiêu tốn (khai thác, sản xuất, vận chuyển vật liệu và phá dỡ - embodied carbon) [3].

Các nghiên cứu cho thấy tầm quan trọng của việc xét cả phát thải carbon tiêu tốn và phát thải carbon vận hành: Trong khi các công trình truyền thống tập trung mạnh vào giảm năng lượng vận hành (operational) bằng cách nâng cao hiệu quả năng lượng. Tuy nhiên, khi công trình mới đạt được hiệu quả vận hành rất cao (near-zero), tỷ trọng phát thải carbon tiêu tốn tăng lên và trở thành một phần lớn trong tổng phát thải vòng đời. Nhiều nghiên cứu và báo cáo kỹ thuật đã chỉ ra rằng, đối với công trình tiết kiệm năng lượng mới, carbon tiêu tốn có thể chiếm đến 40 - 60% tổng phát thải vòng đời, tùy loại công trình và vùng khí hậu [4]. Do đó, chiến lược "low-carbon" hiệu quả phải cân bằng ba trục: Giảm nhu cầu năng lượng vận hành, điện khí hóa/nguồn tái tạo cho vận hành và giảm phát thải carbon tiêu tốn thông qua lựa chọn vật liệu, tối ưu hóa kết cấu và chuỗi cung ứng vật liệu [5]. Các hướng giảm carbon tiêu tốn thường được khuyến nghị:

- Lựa chọn vật liệu phát thải thấp: Một xu hướng quan trọng là ứng dụng vật liệu low-embodied carbon như bê tông tro bay, tro xỉ, gạch không nung, vật liệu tái chế và composite sinh thái; thay thế bê tông/thép cường độ cao bằng các vật liệu có cường độ carbon thấp hơn (gỗ kỹ thuật, bê tông dùng xi măng thay thế, tro bay…) [6].
- Tối ưu hóa thiết kế kết cấu để giảm khối lượng vật liệu, kéo dài tuổi thọ, dễ tháo lắp và tái sử dụng [7]. Ngoài ra, công nghệ năng lượng tái tạo được tích hợp vào tòa nhà như pin mặt trời, hệ thống HVAC hiệu suất cao, thiết kế kiến trúc tiết kiệm năng lượng cũng rất phổ biến ở các quốc gia phát triển.
- Áp dụng đánh giá vòng đời (Life Cycle Assessment_LCA): Sử dụng công cụ dữ liệu để kiểm soát phát thải vật liệu từ giai đoạn thiết kế, khai thác vật liệu, vận chuyển vật liệu thô đến nhà máy, sản xuất vật liệu thành phẩm trong nhà máy, vận chuyển vật liệu đến công trường, lắp đặt vào công trình xây dựng (sản xuất-xây dựng) và giai đoạn kết thúc vòng đời công trình (end-of-life) [3].

Bên cạnh đó, các hệ thống đánh giá công trình xanh (LEED, BREEAM, DGNB, CASBEE) trên thế giới được thiết lập nhằm mục đích không chỉ thúc đẩy tiêu thụ năng lượng hiệu quả mà còn khuyến khích sử dụng vật liệu bền vững, quản lý nước, quản lý chất thải xây dựng và vận hành xanh. Tuy nhiên, mỗi hệ thống có tiêu điểm và cách tính khác nhau:

- LEED (Mỹ) tập trung vào điểm số theo nhiều hạng mục và có phạm vi áp dụng quốc tế rộng;
- BREEAM (Anh) là một trong những hệ thống lâu đời nhất, mạnh về đánh giá trong bối cảnh châu Âu;
- DGNB (Đức) nhấn mạnh cân bằng các tiêu chí kinh tế - sinh thái - xã hội và có cách tiếp cận trọng số phức tạp;
- CASBEE (Nhật) có định hướng rõ ràng về hiệu suất môi trường trong bối cảnh đô thị Nhật Bản [8].

Các nghiên cứu so sánh chỉ ra rằng mặc dù các hệ thống đều thúc đẩy giảm phát thải gián tiếp, khả năng can thiệp trực tiếp vào embodied carbon còn hạn chế nếu hệ thống chưa cập nhật tiêu chí/ điểm thưởng dành riêng cho giảm embodied hoặc chưa bắt buộc LCA vòng đời. Vì vậy, nhiều nhà nghiên cứu đề xuất cập nhật các hệ thống này để tích hợp chỉ số embodied carbon hoặc yêu cầu LCA toàn diện [8]. Bằng chứng thực nghiệm và chính sách/ cam kết quốc tế cho thấy:

- Báo cáo chuyên môn và tổng quan cho thấy có khả năng giảm embodied carbon đáng kể (theo các kịch bản thiết kế thông minh và thay thế vật liệu) với chi phí tăng thêm thấp hoặc thậm chí tiết kiệm tổng chi phí vòng đời khi tính cả chi phí vận hành. Một số báo cáo thực tiễn ghi nhận tiềm năng tiết kiệm lớn nếu áp dụng thiết kế toàn diện từ giai đoạn ý tưởng [6].
- Tổ chức như World Green Building Council (WGBC) đã đặt mục tiêu giảm đáng kể embodied carbon cho công trình mới đến năm 2030 và tiến tới net-zero embodied vào 2050, cho thấy xu hướng chính sách hướng tới bắt buộc đánh giá vòng đời và tiêu chí giảm embodied trong các tiêu chuẩn xanh.
- Nhiều quốc gia đã đặt mục tiêu giảm phát thải trong xây dựng như một phần của chiến lược khí hậu quốc gia. Ví dụ, Liên minh châu Âu thúc đẩy công trình "gần-zero năng lượng" (nearly zero-energy buildings, NZEB) như một tiêu chuẩn bắt buộc. Một số quốc gia còn phát triển thị trường tín chỉ carbon cho ngành Xây dựng hoặc cung cấp các ưu đãi tài chính cho công trình xanh.

Tuy nhiên, phát triển công trình low-carbon toàn cầu cũng gặp thách thức: Chi phí đầu tư cao, công nghệ mới chưa phổ dụng, thiếu kỹ thuật và nguồn lực và rào cản chính sách - đặc biệt là ở các nước đang phát triển. Các mô hình tài chính như tín dụng xanh, trái phiếu xanh được xem là "chìa khóa" để giải quyết bài toán này.

3.2. Tình hình phát triển công trình có khả năng chống chịu (resilient building) trên thế giới

Resilient buildings (công trình có khả năng thích ứng hoặc phục hồi) là những công trình được thiết kế để chịu hoặc phục hồi nhanh chóng sau các sự kiện khí hậu cực đoan như bão, lũ, nhiệt độ cao hoặc ngập. Khái niệm này đã trở nên nổi bật khi BĐKH ngày càng gia tăng cường độ và tần suất thiên tai.

Một số công cụ quốc tế đã phát triển để đánh giá khả năng chống chịu khí hậu của công trình. Ví dụ, IFC - Tập đoàn Tài chính Quốc tế thuộc Worl Bank đã giới thiệu "Building Resilience Index (BRI)" - một khung đánh giá trực tuyến giúp chủ đầu tư, nhà phát triển và người mua nhà đánh giá rủi ro khí hậu theo vị trí và đề xuất các biện pháp tăng cường resilience [9]. Chiến lược xây dựng resilient bao gồm áp dụng các biện pháp như: Thiết kế kết cấu chịu lực cao, hệ thống thoát nước, vật liệu chịu thời tiết khắc nghiệt, minh bạch rủi ro khí hậu, bảo hiểm thiên tai và tích hợp bản đồ rủi ro khí hậu trong quy hoạch.

Nhiều quỹ quốc tế, tổ chức tài chính như Ngân hàng Thế giới (World Bank), IFC hỗ trợ đầu tư vào công trình resilient thông qua các khoản vay xanh, bảo lãnh rủi ro thiên tai và các sáng kiến PPP (hợp tác công-tư) để đảm bảo công trình mới vừa xanh vừa an toàn trước BĐKH. Thách thức lớn cho phát triển công trình khả năng chống chịu (resilient building) là định giá rủi ro khí hậu, chi phí đầu

tư và chi phí bảo trì cao, cùng với việc thiếu dữ liệu đủ tin cậy về rủi ro khí hậu địa phương. Thêm vào đó, việc phát triển khung pháp lý và tiêu chuẩn quốc tế về chống chịu (resilience) vẫn còn rất mới và chưa đồng nhất giữa các quốc gia.

3.3. Thực tiễn phát triển công trình giảm phát thải và thích ứng BĐKH tại Việt Nam

3.3.1. Chính sách và khung pháp lý

Tại Việt Nam, phát triển công trình xanh (green building) được xem là giải pháp quan trọng để giảm phát thải khí nhà kính. Bộ Xây dựng đã thúc đẩy các sáng kiến công trình xanh, sử dụng năng lượng hiệu quả và vật liệu xanh. Ngoài ra, việc phát triển nhãn môi trường xanh cho vật liệu xây dựng (VLXD) đã được triển khai: Các tiêu chuẩn, quy định dán nhãn sản phẩm VLXD xanh đã được xây dựng và công bố. Bộ Nông nghiệp và Môi trường cùng Bộ Xây dựng cũng đưa ra lộ trình phát triển thị trường carbon nội địa, cơ chế ưu đãi để khuyến khích vật liệu xanh và giải pháp công nghệ thấp phát thải.

3.3.2. Thực trạng công trình xanh tại Việt Nam

Theo báo cáo từ Bộ Xây dựng, đến năm 2022 - 2023, Việt Nam mới có vài trăm công trình được chứng nhận "công trình xanh" (green building) theo các hệ thống như LOTUS (Việt Nam), EDGE (IFC), LEED [10]. Số lượng còn khiêm tốn so với tiềm năng lớn của thị trường xây dựng Việt Nam.

Nhiều nghiên cứu khoa học cũng chỉ ra rằng chi phí đầu tư ban đầu cho công trình xanh thường cao hơn so với công trình truyền thống. Các khảo sát thực nghiệm báo cáo "phụ phí xanh" (green cost premium), chi phí tăng thêm cho lựa chọn Xanh/Bền vững là khoản chi phí đầu tư ban đầu tăng thêm cần thiết để thiết kế, xây dựng hoặc lựa chọn một sản phẩm/dịch vụ thân thiện với môi trường (xanh) so với việc lựa chọn một giải pháp hoặc sản phẩm thông thường (truyền thống) có phạm vi rộng, thường dao động từ khoảng -0,4% đến ~21% tùy nghiên cứu và bối cảnh (khác nhau theo quốc gia, loại công trình và cấp độ chứng nhận). Tuy nhiên, khi tính đến toàn bộ vòng đời (Life-Cycle Cost - LCC), các công trình xanh thường cho thấy lợi ích kinh tế dài hạn thông qua tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí vận hành và bảo trì, tăng giá trị tài sản (rents/giá thuê) và có thể hoàn vốn trong một thời gian chấp nhận được. Nhiều báo cáo tổng hợp và nghiên cứu trường hợp cho thấy năng lượng tiết kiệm được thường vượt hơn mức phụ phí ban đầu trong trung - dài hạn [11].

3.3.3. VLXD xanh ở Việt Nam

Việt Nam đang phát triển mạnh VLXD xanh. Ví dụ, việc sử dụng tro bay, xỉ nhiệt điện, gạch không nung… giúp giảm phát thải carbon đáng kể trong sản xuất VLXD [12]. Bộ Xây dựng cũng công nhận vai trò then chốt của VLXD xanh trong việc đạt được các mục tiêu bền vững, giảm phát thải và thích ứng khí hậu [13].

3.3.4. Sự quan tâm đến khả năng chống chịu (resilience) tại Việt Nam

Việt Nam là một trong các quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề bởi BĐKH, đặc biệt là mưa bão, ngập lụt, xâm nhập mặn, sạt lở. IFC đã hợp tác với các bên liên quan để giới thiệu bộ chỉ số "Building Resilience Index (BRI)" tại Việt Nam, nhằm đánh giá và cải thiện khả năng chống chịu công trình trước các rủi ro khí hậu [14]. Việc đo lường rủi ro vị trí cụ thể (location-specific risk) đã giúp các nhà phát triển bất động sản xem xét giải pháp xây dựng thích ứng, chẳng hạn như thiết kế thoát nước, hệ thống cấu trúc chịu lực, vật liệu chịu mặn, hệ thống cảnh báo thiên tai.

3.3.5. Thách thức nội tại

Tuy nhiên, tại Việt Nam còn nhiều rào cản: Chi phí đầu tư công trình xanh và chống chịu (resilient) cao, năng lực kỹ thuật còn hạn chế, thiếu dữ liệu khí hậu chi tiết theo địa phương và thiếu các cơ chế bảo hiểm thiên tai. Bên cạnh đó, thị trường tài chính xanh chưa hoàn thiện, các dòng vốn ưu đãi hoặc tín dụng xanh vẫn chưa phổ biến rộng rãi.

4. HÀM Ý CHÍNH SÁCH PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH GIẢM PHÁT THẢI VÀ CÓ KHẢ NĂNG THÍCH ỨNG VỚI BĐKH TẠI VIỆT NAM

Dựa trên thực trạng quốc tế và nội địa, có thể nhận diện một số chiến lược phát triển chính cho công trình bền vững tại Việt Nam:

4.1. Tích hợp giảm phát thải (mitigation) và khả năng thích ứng (adaptation) trong quy hoạch và thiết kế

Thay vì xem công trình xanh (green) và chống chịu (resilient) như hai mục tiêu tách biệt, xu hướng là tích hợp cả hai, tức là xây dựng công trình giảm phát thải và có khả năng thích ứng khí hậu. Việc này đòi hỏi thiết kế đa mục tiêu, áp dụng vật liệu low-carbon đồng thời sử dụng các giải pháp kết cấu và kỹ thuật, quy hoạch để chống chịu thiên tai.

** Ở cấp độ Quy hoạch và Quản lý đô thị (Planning & Urban Management):*

Việc tích hợp không chỉ dừng lại ở công trình riêng lẻ mà phải được lồng ghép vào quy hoạch tổng thể để tạo ra đô thị xanh và chống chịu (Green and Resilient Cities).

- Tích hợp giảm phát thải trong quy hoạch (Mitigation): (1) Phát triển đô thị nén (Compact City): Quy hoạch khu vực đô thị mật độ cao, giảm quãng đường di chuyển và khuyến khích giao thông công cộng/đi bộ/xe đạp, từ đó giảm phát thải vận hành của toàn khu vực; (2) Quy hoạch Năng lượng xanh: Ưu tiên quy hoạch các khu vực lắp đặt nguồn năng lượng tái tạo phân tán (như điện mặt trời trên mái, năng lượng gió) ngay từ đầu, giảm phụ thuộc vào lưới điện tập trung.

- Tích hợp thích ứng BĐKH trong quy hoạch (Adaptation): Quy hoạch Vùng đệm sinh thái: Phân tích bản đồ rủi ro khí hậu (ngập lụt, sạt lở, xâm nhập mặn) và quy hoạch các khu vực không xây dựng hoặc xây dựng các cơ sở hạ tầng xanh (Green Infrastructure) như hồ điều hòa, công viên ngập nước để thích ứng với ngập lụt.

** Ở cấp độ Thiết kế xây dựng (Building Design):*

Phân tích cần làm rõ các giải pháp kỹ thuật cụ thể cho từng mục tiêu:

Mục tiêu	Chiến lược Tích hợp (tên gọi chung)	Giải pháp Kỹ thuật và Vật liệu bổ sung
Giảm thiểu phát thải (Mitigation)	Thiết kế Zero-Carbon (Operational & Embodied)	Vật liệu: Xi măng hàm lượng clinker thấp (Low-Clinker Cement), tro bay, cát nghiền, bê tông tái chế. Kỹ thuật: Thiết kế tận dụng ánh sáng/gió tự nhiên tối đa, sử dụng Hệ thống nhiệt động lạnh phân tán (District Cooling) cho các khu đô thị lớn để tăng hiệu suất.
Thích ứng/ Chống chịu (Adaptation)	Thiết kế chống chịu (Resilient Design)	Chống chịu vật lý: Thiết kế kết cấu chịu tải gió/động đất cao hơn tiêu chuẩn tối thiểu. Thích ứng ngập lụt: Đặt các thiết bị điện/ cơ quan trọng lên tầng cao, sử dụng vật liệu không thấm nước cho tầng trệt (như bê tông/sàn chống thấm), bố trí cổng/cửa chống nước (flood barriers).
Tích hợp kép	Giải pháp dựa trên thiên nhiên (Nature-Based Solutions - NBS)	Mái xanh (Green Roofs) và vườn thẳng đứng (Vertical Gardens): Giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị (Adaptation) và đồng thời cách nhiệt, giảm nhu cầu điều hòa không khí (Mitigation). Hệ thống thu gom nước mưa (Rainwater Harvesting): Giảm tải cho hệ thống thoát nước khi mưa lớn (Adaptation) và giảm nhu cầu dùng nước từ nguồn cấp điện năng cao (Mitigation).

** Ở cấp độ Chính sách và Cơ sở dữ liệu (Policy & Data Infrastructure):*

Đề xuất về chính sách là quan trọng, cần nhấn mạnh sự cần thiết của dữ liệu bản địa:

- Xây dựng Cơ sở dữ liệu phát thải vật liệu Quốc gia: Đảm bảo tính chính xác và minh bạch của việc tính toán Embodied Carbon bằng cách xây dựng Tuyên bố sản phẩm môi trường (Environmental Product Declarations - EPDs) cho các vật liệu sản xuất trong nước (xi măng, thép, gạch, đá) thay vì chỉ dùng dữ liệu quốc tế.

- Chính sách Mua sắm xanh (Green Public Procurement - GPP): Nhà nước cần đi đầu bằng cách đưa các tiêu chí LCA và giới hạn Embodied Carbon vào các dự án đầu tư công, tạo ra nhu cầu thị trường ban đầu cho VLXD carbon thấp.

- Đào tạo và Nâng cao năng lực (Capacity Building): Bổ sung các môn học/chương trình đào tạo chuyên sâu về LCA (Life Cycle Assessment) và Thiết kế chống chịu khí hậu vào chương trình đào tạo của kiến trúc sư, kỹ sư xây dựng.

4.2. Mở rộng áp dụng VLXD xanh

Thị trường VLXD xanh sẽ tiếp tục phát triển mạnh tại Việt Nam. Với tiềm năng sử dụng tro bay, xỉ, phế thải công nghiệp để sản xuất xi măng xanh hoặc vật liệu không nung, chi phí và lượng phát thải có thể giảm đáng kể [12]. Ngoài ra, việc dán nhãn sinh thái (eco-label) cho VLXD sẽ giúp minh bạch hóa "dấu chân carbon" của vật liệu, khuyến khích lựa chọn bền vững hơn.

4.3. Tăng cường khung chính sách và cơ chế tài chính xanh

Chính phủ Việt Nam cần tiếp tục hoàn thiện chính sách ưu đãi cho công trình xanh và chống chịu, bao gồm thuế, trợ cấp và cơ chế tín dụng xanh. Ngoài ra, phát triển thị trường carbon nội địa (carbon trading) hoặc các cơ chế thưởng cho các công trình có phát thải thấp sẽ là xu hướng quan trọng. Các quỹ quốc tế (IFC, Ngân hàng Thế giới) sẽ tiếp tục hỗ trợ dự án chống chịu (resilient) thông qua các sáng kiến tài trợ rủi ro khí hậu.

4.4. Ứng dụng công nghệ số và quản lý rủi ro khí hậu

Việc sử dụng công nghệ số như BIM (Building Information Modeling), IoT, hệ thống cảm biến, mô phỏng rủi ro thiên tai (bão, ngập, nhiệt độ) sẽ giúp các chủ đầu tư thiết kế công trình tối ưu hơn cả về hiệu suất năng lượng và khả năng chống chịu. Chỉ số như Building Resilience Index (BRI) của IFC là một ví dụ rõ ràng về cách đánh giá rủi ro khí hậu cụ thể theo vị trí và biện pháp khuyến nghị.

4.5. Tăng cường năng lực con người và truyền thông

Xu hướng dài hạn là nâng cao nhận thức của các bên liên quan - chủ đầu tư, kiến trúc sư, nhà thầu, cộng đồng - về lợi ích của công trình giảm phát thải và thích ứng khí hậu. Đào tạo kỹ thuật, hội thảo (workshop) và chiến dịch truyền thông sẽ là kênh quan trọng. Đồng thời, xây dựng mô hình hợp tác công-tư (PPP) và cộng đồng tham gia (community engagement) để phát triển các dự án bền vững là xu hướng tất yếu.

4.6. Xây dựng dữ liệu địa phương và bản đồ rủi ro khí hậu

Việt Nam cần xây dựng hệ thống dữ liệu khí hậu chi tiết theo vùng (mưa, bão, ngập, nhiệt độ) để hỗ trợ đánh giá rủi ro công trình. Việc xây dựng bản đồ rủi ro (hazard maps) và tích hợp vào quy hoạch xây dựng sẽ giúp định hướng việc triển khai công trình chống chịu một cách an toàn và hiệu quả.

5. KẾT LUẬN

Phát triển công trình giảm phát thải (low-carbon) và thích ứng (resilient) là xu hướng tất yếu và không thể đảo ngược của ngành Xây dựng Việt Nam. Mặc dù đã có những tiến triển nhất định về chính sách và nhận thức, lĩnh vực này vẫn đối mặt với nhiều rào cản lớn về chi phí đầu tư, năng lực kỹ thuật và cơ chế tài chính xanh.

Để hiện thực hóa mục tiêu bền vững, Việt Nam cần tập trung vào các chiến lược trọng tâm:

- Tích hợp giải pháp: Kết hợp hài hòa giữa giảm nhẹ và thích ứng (mitigation-adaptation) ngay từ khâu thiết kế.

- Hoàn thiện hệ sinh thái: Ưu tiên vật liệu xanh, ứng dụng công nghệ số trong đánh giá rủi ro khí hậu và hoàn thiện khung chính sách ưu đãi.

- Đồng bộ hóa nguồn lực: Nâng cao năng lực chuyên môn và khơi thông các nguồn lực tài chính xanh.

Việc thực hiện đồng bộ các giải pháp này không chỉ giúp ngành Xây dựng giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường mà còn góp phần thực hiện hiệu quả các cam kết khí hậu của quốc gia trên trường quốc tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023), Climate Change 2021 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed: Cambridge University Press.

[2]. European Commission (2023), European Commission, Directorate-general for energy, EU energy in figures - Statistical pocketbook 2023, ed: Publications Office of the European Union.

[3]. Y. Zhang, S. Sattar, D. Cook, K. Johnson and J. Fung (2024), Systematic Review of Embodied Carbon Assessment and Reduction in Building Life Cycles. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.

[4]. T. Lützkendorf and M. Balouktsi (2022), Embodied carbon emissions in buildings: explanations, interpretations, recommendations, Buildings & Cities, vol.3, no.1.

[5]. B. S. Alotaibi, S. A. Khan, M. A. Abuhussain, N. Al-Tamimi, R. Elnaklah and M. A. Kamal (2022), Life cycle assessment of embodied carbon and strategies for decarbonization of a high-rise residential building, Buildings, vol.12, no.8, p.1203.

[6]. E. Rebecca, J. Matt, O. Victor and R. Audrey (2021), Reducing Embodied Carbon in Buildings, Rocky Mountain Institute (RMI).

[7]. G. Wang, T. Luo, H. Luo, R. Liu, Y. Liu and Z. Liu (2024), A comprehensive review of building lifecycle carbon emissions and reduction approaches, City Built Environment, vol.2, no.1, p.12.

[8]. D. T. Doan, A. Ghaffarianhoseini, N. Naismith, T. Zhang, A. Ghaffarianhoseini and J. Tookey (2017), A critical comparison of green building rating systems, Building and Environment, vol.123, pp.243-260.

[9]. IFC (2023), Innovative Move to Help Boost Climate Resilience of Buildings in Vietnam, Foster Sustainability, ed: International Finance Corporation.

[10]. Nguyễn Tấn Vinh (2023), Nghiên cứu xây dựng suất vốn đầu tư xây dựng công trình nhà ở theo tiêu chí công trình xanh, Viện Kinh tế xây dựng.

[11]. L. N. Dwaikat and K. N. Ali (2016), Green buildings cost premium: A review of empirical evidence, Energy and Buildings, vol.110, pp.396-403.

[12]. Bộ Xây dựng (2025), Giảm phát thải trong ngành VLXD hướng tới phát triển bền vững, Bộ Xây dựng.

[13]. Bộ Xây dựng (2025), Vai trò của VLXD xanh đối với công trình xanh, Bộ Xây dựng.

[14]. Hải Yến (2023), IFC index helps strengthen climate resilience in Vietnam, Kinh tế và Đô thị, Hà Nội.

■Ngày nhận bài: 15/11/2025 ■Ngày sửa bài: 26/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/12/2025

Phát triển cảng thông minh tại Việt Nam

Developing smart ports in Vietnam

> TS VÒNG THÌNH NAM, THS MAI VĂN THÀNH, TS CHU THỊ HUỆ*
Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP Hồ Chí Minh
*Email: huect@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Cảng biển là một mắt xích quan trọng trong chuỗi cung ứng. Trong xu hướng phát triển cảng biển hiện nay, tùy theo điều kiện về năng lực và tiềm năng phát triển, từng cảng biển có thể lựa chọn đầu tư để tiến đến mức phát triển cao trở thành cảng thông minh. Các cảng biển Việt Nam có điều kiện thực tế về các nguồn lực, năng lực khai thác còn nhiều hạn chế và các chiến lược phát triển với mức độ khác nhau trong quá trình "thông minh hóa" cảng biển. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính, nhằm tập trung đánh giá tổng thể hiện trạng cơ sở vật chất các cảng biển, việc ứng dụng công nghệ hiện đại trong điều hành và khai thác cảng là tiền đề quan trọng trong việc đề xuất các giải pháp phát triển cảng thông minh tại Việt Nam.

Từ khóa: Cảng thông minh; công nghệ thông tin.

ABSTRACT

Seaports are an essential link in the supply chain. In the current trend of port development, depending on their capacity and development potential, ports may choose to invest to advance to higher stages of development and become smart ports. Vietnamese ports, however, face practical limitations in resources and operational capacity, as well as varying development strategies throughout the process of "port smartification". This study employs a qualitative research approach to conduct a comprehensive assessment of the current status of port infrastructure. The application of modern technology in port operations and management provides an essential foundation for developing smart port solutions in Vietnam.

Keywords: Smart port; information technology.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các cảng biển đang phải đối mặt với sự cạnh tranh gay gắt để giành thị phần, cung cấp dịch vụ hiệu quả hơn và đảm bảo luồng hàng hóa trên toàn thế giới. Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 kéo theo xu hướng phát triển cảng thông minh, giúp các cảng nâng cao năng suất khai thác giải phóng tàu, quản lý và giao nhận hàng hóa tại cảng hiệu quả hơn. Mặc dù hiện nay chưa có một định nghĩa thống nhất về cảng thông minh, nhưng một cách khái quát, cảng thông minh được hiểu là cảng hiện đại, áp dụng các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligent - AI), Internet vạn vật (Internet of Things - IoT), song sinh số hóa (Digital Twin), chuỗi khối (Blockchain), 5G… và giải pháp dựa trên dữ liệu để nâng cao hiệu quả hoạt động, an toàn và hướng tới sự bền vững. Số hóa tăng thì rủi ro an ninh mạng cũng tăng. Do đó, doanh nghiệp cảng biển không ngừng đầu tư vào những biện pháp an ninh mạng để bảo vệ dữ liệu nhạy cảm, ngăn ngừa tấn công mạng và đảm bảo hoạt động khai thác cảng được liên tục. Cảng biển Việt Nam phát triển từ khai thác hàng bách hóa đến hàng container theo chuẩn quốc tế để theo kịp xu thế phát triển cảng thông minh. Từ thực trạng cho thấy, muốn phát triển cảng thông minh tại Việt Nam cần hoàn thiện khung pháp lý, phát triển cơ sở hạ tầng số, phát triển nguồn nhân lực đáp ứng quá trình phát triển cảng thông minh, vai trò của Chính phủ và sự nỗ lực của doanh nghiệp cảng biển Việt Nam.

2. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VỀ PHÁT TRIỂN CẢNG THÔNG MINH

Cảng được xem là mắt xích thiết yếu trong chuỗi logistics (Basma Belmoukari và cộng sự, 2023) và đã trải qua nhiều giai đoạn phát triển khác nhau, đòi hỏi cảng phải dịch chuyển theo hướng số hóa và bền vững. Để đạt được mục tiêu này, các cảng phải thay đổi thành cảng thông minh phù hợp với nhu cầu mới trong thời kỳ công nghiệp 4.0. Khái niệm về cảng thông minh vẫn chưa được thống nhất chung trên phạm vi toàn cầu (Nguyễn Cảnh Lam, Bùi Thị Thùy Linh, 2020). Bên cạnh đó, các kiến thức về cảng thông minh chưa được tổng hợp để hình thành nên cái nhìn chung tổng quan nhất về cảng thông minh.

Cảng biển với vai trò là trung tâm logistics hàng hải và vận chuyển hàng hóa cũng như con người, trong mạng lưới thương mại toàn cầu (Daniel Clemente và cộng sự, 2023) đang được chính quyền cảng đầu tư vào công nghệ tiên tiến để nâng cao hiệu quả và

độ tin cậy của cơ sở hạ tầng cảng thông qua việc số hóa và tự động hóa các hệ thống cốt lõi, nhằm mục đích tối ưu hóa việc quản lý và xử lý hàng hóa cũng như con người. Như vậy, việc tích hợp nâng cao công nghệ kết nối với cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4, cảng thông minh trở thành hướng đi chiến lược hướng tới phát triển bền vững của cảng biển hiện đại (Thi Yen Pham, 2023).

Các giải pháp kỹ thuật số mới của công nghiệp 4.0 và các ứng dụng thông minh đang được áp dụng ở các cảng tiên tiến nhất trên thế giới (Marikka Heikkilä và cộng sự, 2022). Tuy nhiên, vẫn chưa rõ xu hướng số hóa nào sẽ phát triển tại các cảng trong tương lai, nhưng thông thường một khung hệ thống về cảng thông minh (Smart Port Index - SPI) và thang đo định lượng chỉ số cảng thông minh có thể được các cảng sử dụng (Anahita Molavi và cộng sự, 2019). Thang đo SPI dựa trên các chỉ số hiệu suất chính (KPI): Vận hành, môi trường, năng lượng và an toàn và an ninh cảng.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính thông qua khảo cứu tài liệu, thu thập và phân tích dữ liệu thứ cấp nhằm phân tích và nhận định ban đầu về phát triển cảng thông minh. Nghiên cứu thực hiện phỏng vấn sâu 5 lãnh đạo (trên 10 năm kinh nghiệm quản lý) và 5 nhân viên (kinh nghiệm làm việc từ 6 - 10 năm) tại các bộ phận khai thác cảng, quản lý kỹ thuật, công nghệ thông tin, vận hành thiết bị xếp dỡ hàng hóa và giao nhận hàng hoá tại cảng Tân Cảng Cát Lái - cảng tiên phong trong phát triển cảng thông minh tại Việt Nam. Các chuyên gia đều được tham gia các chuyến tập huấn, học hỏi kinh nghiệm phát triển cảng thông minh tại cảng Busan (Hàn Quốc), Thượng Hải (Trung Quốc), nhà máy sản xuất thiết bị làm hàng thông minh và linh kiện/phụ tùng đi kèm tại Trung Quốc, Đức, Italia… Bên cạnh đó, nghiên cứu còn khảo sát bằng bảng hỏi trong thời gian từ tháng 6 - 9/2025 tại các cảng container, cảng bách hóa kết hợp container, cụm cảng TP.HCM (chiếm tỷ lệ 85%); cụm cảng Cái Mép - Thị Vải (chiếm tỷ lệ 8%); Hải Phòng, Tây Ninh và Quy Nhơn (cùng chiếm tỷ lệ 3%). Tất cả các bên tham gia phỏng vấn sâu và khảo sát đều có sự hiểu biết về cảng thông minh, chiếm tỷ lệ 80%, do đó kết quả thu được đảm bảo tính khách quan và phù hợp với thực tế phát triển cảng thông minh tại Việt Nam.

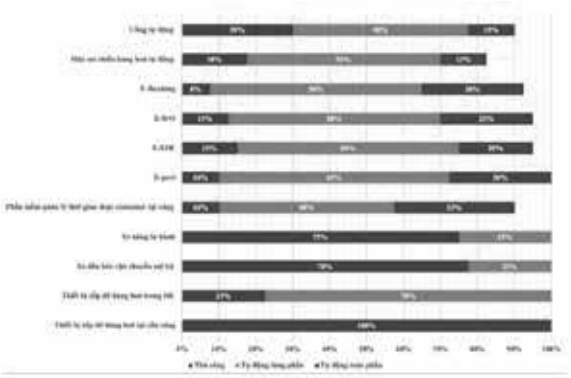
4. THỰC TRẠNG PHÁT TRIỂN CẢNG THÔNG MINH TẠI VIỆT NAM

4.1. Khái niệm cảng thông minh

Khái niệm cảng thông minh hiện nay chưa được thống nhất. Theo kết quả khảo sát, 37% ý kiến trả lời cho biết "cảng thông minh (smart port) là cảng tự động (automated port) sử dụng công nghệ hiện đại như Internet vạn vật (IoT), dữ liệu lớn (big data), tự động hóa (automation), và công nghệ thân thiện (eco-friendly technology)"; 29% ý kiến cho rằng "cảng thông minh được hình thành dựa trên quá trình số hóa (digitalization) với công nghệ thông tin và truyền thông (information and communication technology) cùng với tự động hóa (automation)"; 20% ý kiến trả lời cho rằng "cảng thông minh được hình thành dựa trên công nghệ thông tin và truyền thông (information and communication technology" giúp cải thiện hoạt động quản lý tàu và container, từ đó góp phần vào hoạt động quản lý chuỗi cung ứng"; 14% ý kiến cho rằng "cảng thông minh được phát triển dựa trên 3 nền tảng cốt lõi là máy tính (computation), thông tin liên lạc (communication) và công nghệ giám sát (control technologies)". Như vậy, khái niệm cảng thông minh có thể được hiểu một cách phổ biến là cảng tự động sử dụng công nghệ hiện đại và thân thiện.

4.2. Thực trạng công nghệ khai thác cảng thông minh đang sử dụng

Để đánh giá thực trạng phát triển cảng thông minh tại Việt Nam, nghiên cứu đã khảo sát mức độ sử dụng các công nghệ hiện nay của các cảng biển trong các hoạt động: (1) Hoạt động xếp dỡ hàng hóa (gồm thiết bị xếp dỡ hàng hóa tại cầu cảng), thiết bị xếp dỡ hàng hóa trong bãi); (2) hoạt động vận chuyển hàng hóa nội bộ cảng (gồm xe đầu kéo vận chuyển nội bộ, xe nâng tự hành); (3) phần mềm quản lý hoạt động xếp dỡ (phần mềm quản lý thời gian thực container tại cảng) và (4) hoạt động giao nhận hàng hóa tại cảng (gồm E-port, E-EIR, E-D/O, E-Banking, máy soi chiếu hàng hóa tự động và cổng tự động). Mức độ thủ công nghĩa là vẫn sử dụng đến thao tác vận hành của con người 100%, tự động từng phần là sự kết hợp giữa thao tác vận hành của con người và máy móc tự động, tự động hoàn toàn là 100% máy móc vận hành tự động theo lập trình định sẵn, không cần sự thao tác của con người. Kết quả khảo sát cho thấy, đối với (1) hoạt động xếp dỡ hàng hóa thì các thiết bị xếp dỡ hàng hóa tại cầu cảng đang được vận hành hoàn toàn thủ công, 100% sử dụng con người thực hiện các tác nghiệp liên quan đến nâng/hạ và di chuyển cẩu tại cầu cảng mặc dù tất cả các trang thiết bị làm hàng tại cầu cảng của các cảng tham gia khảo sát đều là các thế hệ cẩu bờ STS - Ship to Shore Crane hiện đại. Trong khi thiết bị xếp dỡ hàng hóa trong bãi thì mức độ tự động hóa từng phần là 78% và thao tác thủ công là 23%. Đối với (2), hoạt động vận chuyển hàng hóa nội bộ cảng được khảo sát thì đa phần xe đầu kéo và xe nâng tự hành vẫn được vận hành thủ công bởi công nhân lái xe (75% câu trả lời).



Hình 1. Mức độ tự động hóa hoạt động tại cảng

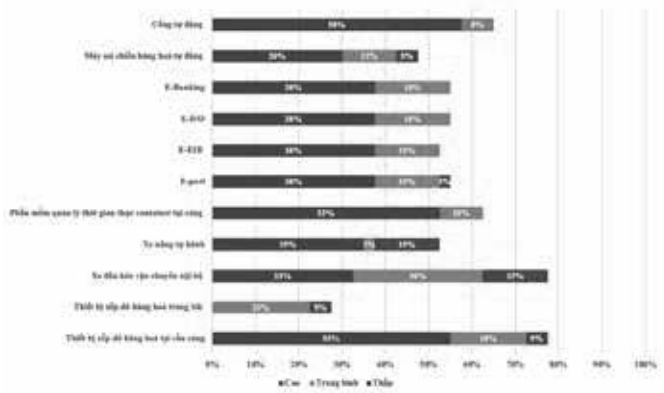
Nguồn: Tổng hợp từ kết quả khảo sát, 2025

Đối với (3) phần mềm quản lý hoạt động xếp dỡ đa số các cảng tham gia khảo sát áp dụng là phần mềm quản lý thời gian thực container tại cảng với tỷ lệ 48% câu trả lời là mức độ tự động hóa từng phần, chỉ có 10% câu trả lời là quản lý thủ công. Điều này phản ánh đúng thực trạng hiện nay trong việc áp dụng các phần mềm quản lý thời gian thực của container tại cảng, khi mà các cảng khai thác hàng container hoặc khai thác hàng tổng hợp và container thì đều chủ động đầu tư công nghệ quản lý và khai thác cảng, đáp ứng yêu cầu ngày càng cao của chủ hàng và giúp tăng năng suất giải phóng tàu, quản lý hàng hóa một cách tốt hơn. Đối với (4) hoạt động giao nhận hàng hóa tại cảng thì trên 50% số câu trả lời cho rằng mức độ tự động hóa từng phần đối với các hoạt động như E-port, E-EIR, E-D/O, E-Banking và máy soi chiếu hàng hóa tự động. Đối với cổng tự động thì mức độ áp dụng của các cảng còn hạn chế, với 30% câu trả lời là vẫn thực hiện thủ công.

4.3. Khả năng đầu tư công nghệ khai thác cảng thông minh

Theo kết quả khảo sát, đa số các ý kiến trả lời đều cho rằng cần thiết phải đầu tư vào công nghệ trong việc khai thác và quản lý cảng, tuy nhiên mức độ đầu tư có sự khác nhau tại các hoạt động. Trong đó, cổng tự động, thiết bị xếp dỡ hàng hóa tại cầu cảng và phần mềm quản lý thời gian thực container tại cảng được cho rằng cần đầu tư ở mức cao chiếm trên 50% tổng số ý kiến trả lời, trong khi máy soi chiếu hàng hóa tự động, E-Banking, E-D/O, E-EIR, E-port,

xe nâng tự hành, xe đầu kéo vận chuyển nội bộ và thiết bị xếp dỡ hàng hóa trong bãi cần được đầu tư tự động hóa ở mức cao chiếm trên 30%.



Hình 2. Dự kiến mức độ đầu tư công nghệ cảng thông minh trong tương lai

Nguồn: Tổng hợp từ kết quả khảo sát, 2025

Như vậy, có thể thấy được các doanh nghiệp cảng biển thật sự chú trọng đến việc đầu tư công nghệ tự động hóa cho các thiết bị, phần mềm phục vụ hoạt động khai thác và quản lý cảng; mong muốn đầu tư với mức độ tự động hóa cao, góp phần quan trọng trong tiến trình phát triển cảng thông minh tại Việt Nam.

5. GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN CẢNG THÔNG MINH TẠI VIỆT NAM

Để phát triển cảng thông minh tại Việt Nam, cần phải hoàn thiện khung pháp lý về phát triển cảng thông minh, phát triển cơ sở hạ tầng số, phát triển nguồn nhân lực đáp ứng quá trình phát triển cảng thông minh, vai trò của Chính phủ và sự nỗ lực của doanh nghiệp cảng biển Việt Nam.

Hoàn thiện khung pháp lý về phát triển cảng thông minh: Xây dựng khung pháp lý cho cảng thông minh như ban hành các văn bản pháp lý quy định điều kiện trở thành cảng thông minh, xây dựng bộ tiêu chí đánh giá cảng thông minh; quy hoạch lại nhóm cảng biển; các chính sách, định hướng phát triển từng nhóm cảng biển theo hướng chuyên sâu, thông minh phù hợp cho từng giai đoạn và đặc điểm của nhóm cảng; ban hành chính sách ưu đãi thuế, tín dụng cho các cảng biển đầu tư công nghệ tự động, IoT và AI vào hoạt động quản lý và khai thác cảng.

Phát triển cơ sở hạ tầng số: Đầu tư vào cơ sở hạ tầng số quốc gia như mạng 5G; phát triển các trung tâm dữ liệu quốc gia, dữ liệu ngành về quản lý và khai thác cảng; phát triển hệ thống an ninh mạng cho cảng biển; thúc đẩy chuyển đổi số toàn ngành Logistics, trong đó có logistics cảng và hàng hải, tăng cường kết nối hệ sinh thái cảng biển - hãng tàu - doanh nghiệp logistics - khách hàng được đồng bộ và liền mạch; đầu tư công nghệ hiện đại như hệ thống quản lý container TOS - Terminal Operating System hiện đại, cổng tự động, cảm biến IoT, camera AI, phân tích dữ liệu lớn trong quản lý và khai thác cảng.

Phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao: Tạo môi trường phù hợp, huấn luyện đào tạo chuyên sâu cho các nhân sự chất lượng cao liên quan đến cảng thông minh; đào tạo nhân lực số, nâng cao năng lực vận hành hệ thống thông minh và đảm bảo an toàn an ninh mạng.

Đối với Chính phủ: Lựa chọn, chỉ định một số đơn vị có tiềm lực trong nước nghiên cứu chuyên sâu về lĩnh vực chế tạo các trang thiết bị nâng thông minh, chế tạo phụ tùng thay thế thông minh cho các trang thiết bị hiện hữu để giảm chi phí đầu tư thiết bị thông minh, chi phí bảo trì, bảo dưỡng thiết bị cho các cảng biển. Cần có cơ chế khuyến khích riêng các doanh nghiệp công nghệ trong nước tự phát triển các phần mềm quản lý, điều hành khai thác cảng phù hợp với cơ chế, chính sách của Nhà nước, tập quán khai thác cảng biển Việt Nam. Các công nghệ này bên cạnh những tính năng thân thiện, dễ thao tác, gần gũi với tập quán khai thác và quản lý cảng của Việt Nam còn giúp các doanh nghiệp cảng biển tiếp cận được công nghệ do doanh nghiệp Việt Nam phát triển với giá thành rẻ hơn, chi phí duy trì, nâng cấp thấp hơn so với các nhà phát triển nước ngoài.

Chính phủ cần trao cơ chế đặc thù cho một số doanh nghiệp cảng biển phát triển cảng thông minh phục vụ hàng trung chuyển để thúc đẩy hoạt động tự động hóa xếp dỡ hàng hóa tại cảng, bởi lẽ hàng trung chuyển sẽ có ít nghiệp vụ liên quan hơn so với hàng hóa xuất nhập khẩu thông thường qua cảng; hỗ trợ chính sách tài chính cho các doanh nghiệp lớn có tiềm năng trong đầu tư phát triển cảng thông minh.

Đối với doanh nghiệp cảng biển: Để phát triển cảng thông minh tại Việt Nam, cả Chính phủ và doanh nghiệp cảng biển cần có những hành động đồng bộ. Chính phủ cần tạo hành lang pháp lý, đầu tư hạ tầng và khuyến khích ứng dụng công nghệ, trong khi doanh nghiệp cảng biển cần chủ động đầu tư, nâng cao năng lực quản lý và hợp tác trong chuỗi cung ứng thông qua việc tích hợp quản lý chuỗi cung ứng, hướng đến phát triển cảng trở thành "trung tâm logistics thông minh - Smart Logistics Hub" thay vì chỉ là điểm bốc dỡ hàng hóa truyền thống; tập trung đầu tư trang thiết bị mới theo hướng tự động hóa một phần/bán phần trước khi nâng cấp toàn bộ hệ thống lên tự động toàn phần; thúc đẩy hợp tác quốc tế về công nghệ cảng biển; đảm bảo vấn đề an ninh mạng khi phát triển cảng thông minh.

6. KẾT LUẬN

Từ việc phân tích thực trạng phát triển cảng thông minh tại Việt Nam cho thấy quá trình phát triển cảng thông minh tại Việt Nam hiện nay gặp phải rất nhiều khó khăn và thách thức khi mà số lượng cảng biển đầu tư vào công nghệ tự động hóa hoạt động điều hành khai thác cảng còn hạn chế. Trong đó, muốn phát triển cảng thông minh tại Việt Nam cần phải hoàn thiện khung pháp lý về phát triển cảng thông minh, phát triển cơ sở hạ tầng số, phát triển nguồn nhân lực đáp ứng quá trình phát triển cảng thông minh, vai trò của Chính phủ và sự nỗ lực của doanh nghiệp cảng biển Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Anahita Molavi, Gino J. Lim & Bruce Race (2019), A framework for building a smart port and smart port index, International Journal of Sustainable Transportation. DOI: 10.1080/15568318.2019.1610919.

[2]. Basma Belmoukari, Jean François Audy và Pascal Forget (2023), Smart port: a systematic literature review, European Transport Research Review (2023) 15:4. https://doi.org/10.1186/s12544-023-00581-6.

[3]. Daniel Clemente, Tomás Cabral, Paulo Rosa-Santos and Francisco Taveira-Pinto (2023), Blue Seaports: The Smart, Sustainable and Electrified Ports of the Future. Smart Cities 2023, 6, 1560-1588. https://doi.org/10.3390/smartcities6030074. https://www.mdpi.com/journal/smartcities.

[4]. Marikka Heikkilä, Jouni Saarni and Antti Saurama (2022), Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports, Journal of Marine Science and Engineering 2022, 10, 1925. https://doi.org/10.3390/jmse10121925.

[5]. Thi Yen Pham (2023), A smart port development: Systematic literature and bibliometric analysis, The Asian Journal of Shipping and Logistics 39 (2023) 57-62, Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of The Korean Association of Shipping and Logistics, Inc. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2023.06.005.

[6]. Nguyễn Cảnh Lam, Bùi Thị Thùy Linh (2020), Tổng hợp khái niệm về cảng thông minh và bài học từ trường hợp điển hình cảng Hamburg, Tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, số 64, tháng 11, tr.77-82.

■Ngày nhận bài: 21/11/2025 ■Ngày sửa bài: 01/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 11/12/2025

Nghiên cứu tích hợp yếu tố khí hậu cực đoan trong quản lý khai thác công trình đường bộ ven biển tỉnh Kiên Giang (nay là tỉnh An Giang)

Research on integrating extreme climate factors into managing and maintaining of coastal road in Kien Giang province (now An Giang province)

> LÊ HOÀNG SƠN[1,2], NGÔ THỊ THANH HƯƠNG[1], VÕ NHẬT LUÂN[3]
[1]Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải, Email: huongntt@utt.edu.vn
[2]Trường Đại học Kiên Giang, Email: lhson@vnkgu.edu.vn
[3]Trường Đại học Văn Hiến, Email: luanvn@vhu.edu.vn

TÓM TẮT

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang làm gia tăng tần suất và cường độ các hiện tượng thời tiết cực đoan như mưa lớn kéo dài, triều cường, nước biển dâng (NBD), xói lở ven biển và nhiệt độ cực trị, gây ảnh hưởng trực tiếp đến tuổi thọ, khả năng khai thác và chi phí duy tu của hệ thống công trình đường bộ (CTĐB) ven biển Việt Nam. Khu vực tỉnh Kiên Giang (trước khi điều chỉnh địa giới hành chính, nay thuộc tỉnh An Giang) sở hữu mạng lưới CTĐB ven biển quan trọng, đóng vai trò kết nối vùng, hỗ trợ phát triển kinh tế biển và bảo đảm quốc phòng - an ninh. Tuy nhiên, hệ thống này đang chịu áp lực ngày càng gia tăng trước các hiểm họa khí hậu cực đoan và tác động tổng hợp đa hiểm họa, bao gồm xói lở bờ biển, ngập úng mặt đường do mưa lớn kéo dài, nhiệt độ cao cực trị và xâm nhập mặn. Bài báo đánh giá tác động của khí hậu cực đoan đến công tác quản lý khai thác (QLKT) CTĐB ven biển tỉnh An Giang; phân tích những hạn chế trong thực tiễn QLKT CTĐB ven biển tại địa phương; đồng thời tổng hợp kinh nghiệm quốc tế và đề xuất bộ giải pháp tích hợp gồm: (1) xây dựng cơ sở dữ liệu tập trung về CTĐB ven biển và ứng dụng công nghệ số trong QLKT; (2) các giải pháp kỹ thuật quản lý, khai thác CTĐB ven biển tỉnh An Giang thích ứng với khí hậu cực đoan; và (3) các giải pháp về tổ chức, tài chính và cơ chế, chính sách đặc thù cho công tác QLKT CTĐB ven biển trong bối cảnh BĐKH. Kết quả nghiên cứu góp phần xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn nhằm nâng cao khả năng thích ứng với BĐKH cho hệ thống CTĐB ven biển tỉnh An Giang, hướng tới mục tiêu khai thác bền vững và tối ưu chi phí vòng đời công trình.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, đường bộ ven biển, quản lý khai thác, bảo trì đường bộ, xói lở bờ biển, mưa cực đoan, nhiệt độ cực trị, triều cường.

ABSTRACT

Climate change is intensifying the occurrence of extreme weather events such as prolonged heavy rainfall, tidal surges, sea-level rise, coastal erosion, and extreme temperatures. These phenomena directly affect the service life, operational performance, and maintenance costs of coastal road infrastructure across Vietnam. Kiên Giang Province (now An Giang Province) possesses a strategically important coastal road network that plays a critical role in regional connectivity, supporting the maritime economy, and ensuring national defense and security. However, this system is increasingly exposed to severe pressures from climate-induced hazards and compound multi-hazard interactions, including coastal erosion, roadway flooding caused by persistent heavy rainfall, extreme high temperatures, and salinity intrusion.

This paper assesses the impacts of extreme climatic conditions on the operation and maintenance (O&M) of coastal road infrastructure in An Giang Province, analyzes existing limitations in local O&M practices, reviews international experience, and proposes an integrated set of solutions comprising: (1) Developing a centralized coastal road infrastructure database and applying digital technologies to O&M; (2) Engineering solutions to enhance the climate-resilience of coastal road O&M in An Giang Province; (3) Institutional, financial, and policy mechanisms tailored for climate-adaptive coastal road asset management. The findings contribute scientific and practical evidence to strengthen the climate resilience of coastal road infrastructure in An Giang Province, thereby promoting sustainable operation and optimizing life-cycle costs.

Keywords: Climate change, coastal roads, road management, road maintenance, coastal erosion, extreme rainfall, extreme temperatures, high tides.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một trong những quốc gia dễ bị tổn thương trước tác động của thời tiết và khí hậu cực đoan, với đường bờ biển dài trên 3.200 km và mật độ dân cư tập trung cao tại các khu vực ven biển. Các nghiên cứu và báo cáo gần đây của Ngân hàng Thế giới cho thấy hạ tầng giao thông, đặc biệt là mạng lưới CTĐB ven biển, thuộc nhóm tài sản có mức độ dễ bị tổn thương và rủi ro cao trước các hiểm họa do BĐKH, bao gồm NBD, bão, mưa cực đoan, ngập lụt và nhiệt độ cực trị [1, 2]. Đối với Việt Nam, các báo cáo này nhấn mạnh khu vực ven biển và các đồng bằng thấp trũng là những "điểm nóng" rủi ro do BĐKH; trong đó, hệ thống CTĐB ven biển chịu tác động trực tiếp của nhiệt độ cao cực trị, mưa lớn kéo dài gây ngập lụt, xói lở bờ biển, triều cường và NBD [3].

Tỉnh Kiên Giang (nay là tỉnh An Giang), một trung tâm kinh tế biển quan trọng của vùng Tây Nam Bộ, có hơn 200 km bờ biển, sở hữu nhiều CTĐB ven biển kết nối các khu kinh tế, khu du lịch, cảng biển, vùng nuôi trồng thủy sản, các nhà máy sản xuất xi măng và các mỏ khai thác vật liệu xây dựng, sản xuất sản phẩm đá vôi. Các CTĐB ven biển giữ vai trò huyết mạch trong phát triển kinh tế - xã hội, đặc biệt trong kết nối liên vùng An Giang - TP.HCM - Campuchia - Thái Lan, góp phần giảm chi phí vận tải, thúc đẩy thương mại và nâng cao năng lực cạnh tranh của nền kinh tế địa phương. Bên cạnh đó, mạng lưới CTĐB ven biển còn có ý nghĩa cơ động trong các tình huống khẩn cấp, hỗ trợ hoạt động tuần tra, kiểm soát và bảo vệ biên giới biển, tạo hành lang chiến lược kết nối các đảo như Phú Quốc, Nam Du, Hòn Tre, Hòn Sơn, quần đảo Bà Lụa, quần đảo Tiên Hải…, gắn kết khu vực ven biển trọng yếu với đất liền, qua đó góp phần bảo đảm quốc phòng - an ninh, phòng chống tội phạm trên biển và ứng phó thiên tai. Ngoài ra, tuyến đường bộ ven biển còn là tuyến phòng thủ kết hợp, vừa phục vụ giao thông, vừa hỗ trợ các công trình thủy lợi, đê chắn sóng, ngăn mặn, góp phần giảm thiểu tác động của NBD, xói lở bờ biển và ngập úng kéo dài; được xem như "mặt trận đầu tiên" trong bảo vệ hạ tầng giao thông và dân cư ven biển trước các kịch bản BĐKH.

a). Bản đồ mạng lưới đường bộ ven biển tỉnh An Giang. Nguồn:[4]

b). Vị trí tuyến đường bộ ven biển Hà Tiên - Cà Mau. Nguồn: Google map

Hình 1. Mạng lưới đường bộ ven biển tỉnh Kiên Giang (nay thuộc tỉnh An Giang)

Tuy nhiên, trong hơn một thập kỷ gần đây, hệ thống CTĐB ven biển đang phải đối mặt với mức độ rủi ro gia tăng nhanh chóng do tác động của các hiện tượng khí hậu cực đoan. Các nghiên cứu trong và ngoài nước đã chỉ ra rằng CTĐB ven biển Việt Nam là một trong những nhóm dễ bị tổn thương nhất trước tác động của hạn hán, mưa lớn kéo dài, nước biển dâng, triều cường, bão mạnh và xói lở bờ biển[5].

Các hiện tượng thời tiết cực đoan đang tạo ra áp lực suy giảm kết cấu và gia tăng tính dễ bị tổn thương, rủi ro do BĐKH trong khai thác đối với mạng lưới CTĐB ven biển Kiên Giang. Nhiệt độ cực trị làm tăng tốc quá trình lão hóa vật liệu; mưa cực đoan gây ngập úng, phá hoại nền, mặt đường; triều cường và NBD gây xói mòn, sạt lở và suy yếu móng đường; xâm nhập mặn làm gia tăng tốc độ ăn mòn bê tông cốt thép (BTCT); bão và gió mạnh tạo ra tải trọng động nguy hiểm đối với cầu, cống và taluy. Những tác động này dẫn đến chi phí bảo trì tăng từ 30÷60% và tuổi thọ khai thác giảm 20÷40%[6, 7], tăng nguy cơ gián đoạn giao thông và đòi hỏi đổi mới phương thức QLKT theo hướng tích hợp *dữ liệu khí hậu - ứng dụng công nghệ số - kỹ thuật, vật liệu - cơ chế chính sách đặc thù*.

2. NHỮNG THÁCH THỨC TRONG QUẢN LÝ KHAI THÁC CTĐB VEN BIỂN TỈNH AN GIANG TRƯỚC TÁC ĐỘNG CỦA KHÍ HẬU CỰC ĐOAN

Một là, hiểm họa nhiệt độ cực trị và nắng nóng kéo dài: Kiên Giang ghi nhận xu hướng gia tăng nhiệt độ trung bình năm và tần suất của các đợt nóng gay gắt, đặc biệt trong các tháng mùa khô, nhiệt độ cực trị lên đến 38÷40°C [8, 9], nhiệt độ trong lớp mặt đường bê tông nhựa (BTN) có thể đạt ngưỡng 61^{0}C, vượt ngưỡng nhiệt độ hóa mềm của loại nhựa thông thường[10]. Điều này gây ra nhiều dạng suy giảm chất lượng khai thác công trình, bao gồm: Lão hóa và oxy hóa BTN, làm tăng tốc độ chảy nhựa, hằn lún vệt bánh xe và nứt dạng mai rùa, co giãn nhiệt dẫn đến nứt dọc, nứt ngang trên mặt đường và khe co giãn cầu. Gia tăng nhiệt độ mặt đường gây suy giảm mô đun đàn hồi, gây mất ổn định kết cấu áo đường, làm giảm khả năng chịu tải và gia tăng mức độ gồ ghề [10-12], nhiệt độ tăng, độ lún tăng mạnh, giảm tuổi thọ BTN từ 30÷50% [13, 14]. Hạn hán gây lún sụt nền đường, hư hỏng công trình, điển hình là tuyến đường dài 60 km thuộc địa phận U Minh Thượng, do thời tiết khô hạn kéo dài từ đầu năm 2024 bị sụt lún nền đường tại 46 vị trí dài 1.715 m, ước thiệt hại hàng trăm tỷ đồng [15].

Hai là, hiểm họa mưa cực đoan: Tần suất các trận mưa cực đoan, mưa tập trung theo thời đoạn ngắn, lượng mưa lớn hơn 200 mm/đợt có xu hướng tăng [8, 16], dẫn đến: Ngập mặt đường, nước đọng kéo dài gây phá hủy nhanh các lớp BTN và móng cấp phối đá dăm; Mưa gây bão hòa và suy giảm cường độ nền đường, đặc biệt tại các đoạn đi qua đất yếu, vùng ruộng tôm, lúa và trũng thấp; Áp lực dòng chảy gây xói lở taluy, trôi vật liệu và tạo "rỗng nền" dưới mặt đường. Tuyến ven biển từ Rạch Giá - Hòn Đất - Kiên Lương - Hà Tiên ghi nhận nhiều điểm ngập úng sau các đợt mưa cực đoan, làm gián đoạn giao thông và tăng chi phí duy tu.

a) Mặt đường hành lang ven biển Kiên Giang bị ngập úng năm 2023 do mưa lớn

b) Mặt đường ven biển Kiên Giang đoạn Kiên Lương - Hà Tiên ngập úng năm 2022 do mưa

Hình 2. Ngập úng mặt đường ven biển do mưa cực đoan

Ba là, hiểm họa NBD kết hợp bão và triều cường: Kiên Giang thuộc vùng triều biển Tây, có chế độ triều hỗn hợp thiên về nhật triều, thời gian triều lên và xuống xấp xỉ bằng nhau, kéo dài khoảng 11,3÷12 giờ, các ngày triều cường thời gian triều lên kéo dài thêm 1,0÷1,5 giờ. Biên độ triều chênh lệch lớn nhất từ 110 cm÷120 cm đối với thời kỳ triều cường và 60 cm ÷ 80 cm vào thời kỳ triều kém. Tại khu vực từ Cà Mau đến Kiên Giang, NBD do bão đã ghi nhận lên tới 120 cm và trong tương lai có thể đạt khoảng 210 cm [17]. Các đoạn đường ven biển và đường thấp trũng thường xuyên chịu tác động của tràn sóng, gây xói mòn mặt đường và sạt lở mái taluy. Tình trạng ngập triều kéo dài làm gia tăng tốc độ hư hỏng lớp móng đường, đồng thời gây xói mòn mố, trụ của hệ thống cống, cầu ven biển do tác động của dòng chảy triều động

Bốn là, hiểm họa xâm thực mặn: Ven biển Cà Mau đến Hà Tiên là khu vực có độ mặn xâm nhập sâu nhất khu vực Đồng bằng sông Cửu Long trong mùa khô, xuất hiện độ mặn từ 20÷25‰ tại nhiều vị trí ven biển. Kết quả quan trắc chất lượng nước biển ven bờ [18] cho biết thành phần hóa học trong nước biển ven bờ như Bảng 1. Nước biển có độ mặn cao, chứa nhiều thành phần hóa học, gây hư hỏng

cấu kiện BTCT, cấu kiện thép qua nhiều cơ chế khác nhau. Ăn mòn cốt thép trong kết cấu cầu, cống, tường chắn, phá hủy kết cấu bê tông do ion chloride và sulfate thâm nhập, gây suy giảm tuổi thọ các hạng mục lan can, biển báo, ốc neo…, làm giảm cường độ và độ bền lớp BTN nếu ngập mặn kéo dài.

Bảng 1. Kết quả khảo sát môi trường nước biển ven bờ năm 2022 [18]

Chỉ số	Độ mặn (‰)	pH	Clorua (Cl^-) (g/L)	Ion Na^+ (g/L)	Sunfat SO_4^{2-} (g/L)	Ion Mg^{2+} (g/L)	CO_2 (ppm)
Thông số	25	7,5 ÷ 8,5	19,4	10,7	2,7	1,3	90

Năm là, sạt lở bờ biển và xói lở ven bờ: Các hiện tượng sạt lở và xâm thực bờ biển, cửa sông diễn ra ngày càng mạnh mẽ hơn trong tương lai. Đường bờ biển có dãy rừng ngập mặn, do nhiều tác động của thiên tai nên nhiều đoạn rừng bị mất, dẫn đến sóng biển tác động gây sạt lở bờ biển, ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn của các tuyến đường ven biển. Tổng hợp tình hình sạt lở ven biển toàn tỉnh đến năm 2017, tổng cộng có 77,8 km bờ biển, chiếm khoảng 45% chiều dài bờ biển đã bị xói mòn, mức độ sạt lở đặt biệt nguy hiểm: 01 điểm (đoạn) dài: 25 km, sạt lở nguy hiểm: 03 điểm (đoạn) dài: 15 km, sạt lở bình thường: 162 điểm (đoạn) dài: 37,8 km [19]. Tốc độ xói mòn bờ biển đến 45m/năm đã từng xảy ra [20]. Gió do bão, sóng biển kết hợp triều cường gây sạt lở bờ biển, sạt lở nền mặt đường ven biển đối với những đoạn tuyến chưa có giải pháp bảo vệ bờ biển.

Bên cạnh các yếu tố khí hậu đơn lẻ, hiện tượng đa hiểm họa kết hợp: *Mưa lớn - triều cường - sóng - gió mạnh* cũng xuất hiện ngày càng thường xuyên, làm tăng mức độ rủi ro vượt ngoài khả năng ứng phó của phương thức QLKT hiện nay. Thực tế cho thấy nhiều tuyến đường ven biển Kiên Giang thường xuyên bị hư hỏng sau mỗi mùa mưa bão, yêu cầu ngân sách sửa chữa khẩn cấp lớn nhưng không bền vững.

Các phân tích cho thấy hệ thống CTĐB ven biển tỉnh An Giang phải đối mặt với đa hiểm họa do BĐKH, vừa tác động trực tiếp, vừa tác động gián tiếp. Trong giai đoạn 2015÷2023, Kiên Giang ghi nhận thiệt hại hạ tầng giao thông trung bình 80÷100 tỷ đồng/năm do nhiệt độ cao (hạn hán), bão, triều cường và sạt lở. Nhiều tuyến đường bị ngập cục bộ 5÷10 ngày, ảnh hưởng lưu thông, làm gián đoạn vận tải hàng hóa ven biển. Các đợt bão số 9 năm 2018 và bão số 5 năm 2020 gây thiệt hại đáng kể cho cầu, cống, hệ thống thoát nước, đòi hỏi ngân sách khẩn cấp lớn và thời gian khắc phục kéo dài [15, 21, 22].

Những thách thức này đặt ra yêu cầu cấp thiết về chuyển đổi phương thức QLKT từ *"phản ứng sau hư hỏng"* sang *"chủ động dự báo, phòng ngừa thích ứng"*, đặt ra yêu cầu cấp thiết phải tích hợp yếu tố khí hậu cực đoan vào công tác QLKT CTĐB ven biển tỉnh An Giang xét đến yếu tố BĐKH, đồng thời liên kết chặt chẽ với hệ thống giải pháp kỹ thuật, công nghệ, cơ chế chính sách đặc thù.

3. THỰC TRẠNG CÔNG TÁC QLKT CTĐB VEN BIỂN TỈNH AN GIANG

Công tác QLKT CTĐB ven biển tỉnh An Giang hiện nay vẫn tuân thủ quy trình truyền thống gồm: *Tuần đường - Kiểm tra hiện trường - Lập hồ sơ bảo trì - Tổ chức sửa chữa* theo quy định của Bộ Xây dựng [23]. Lực lượng tuần đường được bố trí tại các đoạn tuyến trọng điểm, thực hiện nhiệm vụ ghi nhận hư hỏng mặt đường, hệ thống thoát nước, an toàn giao thông và báo cáo định kỳ cho Sở Xây dựng. Tuy nhiên, toàn bộ quy trình này chủ yếu dựa vào phương pháp thủ công, quan sát trực tiếp, chưa có hệ thống giám sát tự động hoặc đo đạc liên tục bằng cảm biến. Bên cạnh đó, hệ thống dữ liệu phục vụ QLKT còn phân tán, chủ yếu dưới dạng hồ sơ giấy và các bảng biểu Excel, thiếu cơ sở dữ liệu số tích hợp về khí hậu, lưu lượng giao thông, kết cấu cầu, đường, mức độ hư hỏng và lịch sử bảo trì. Hiện nay tỉnh chưa xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) thống nhất, chưa triển khai công nghệ cảm biến, camera giám sát mặt đường, cầu hoặc hệ thống đo nhiệt độ mặt đường, mưa, triều cường… theo thời gian thực. Điều này dẫn đến việc đánh giá tính dễ bị tổn thương (TDBTT), rủi ro do khí hậu và ra quyết định bảo trì chưa kịp thời, đặc biệt trong bối cảnh thời tiết cực đoan gia tăng [1, 3, 9]. Một hạn chế đáng chú ý khác là tỉnh chưa có hệ thống cảnh báo sớm chuyên dụng cho CTĐB ven biển, trong khi đây là yêu cầu cấp thiết nhằm ứng phó với nhiệt độ cực trị, ngập lụt, triều cường, xói lở và bão. Hiện các quyết định đóng, mở đường hoặc tăng cường bảo vệ công trình chủ yếu dựa vào thông tin khí tượng chung hoặc báo cáo từ địa phương, chưa có ngưỡng cảnh báo kỹ thuật theo thông lệ quốc tế [7].

Các tồn tại nêu trên xuất phát từ cả nguyên nhân khách quan và chủ quan. *Về khách quan*, vùng ven biển tỉnh An Giang nằm trong vùng đồng bằng ven biển chịu tác động mạnh của NBD, triều cường, xói lở bờ biển, xâm nhập mặn và mưa cực đoan, nhiệt độ cực trị, dẫn đến nhu cầu bảo trì tăng mạnh hơn năng lực đáp ứng. Đồng thời, nguồn lực tài chính phân tán, cơ chế giải ngân chậm và biến động thời tiết phức tạp làm cho công tác QLKT CTĐB ven biển đối mặt nhiều thách thức. *Về chủ quan*, hệ thống tổ chức QLKT còn mang tính phân tán giữa Sở Xây dựng - Ban quản lý bảo trì - UBND xã/ phường/ đặc khu; cơ chế phối hợp chia sẻ dữ liệu còn hạn chế; công nghệ số triển khai chưa đồng bộ; năng lực phân tích dữ liệu, dự báo rủi ro, mô hình hợp đồng bảo trì theo hiệu suất (PBMC) chưa được áp dụng phổ biến. Ngoài ra, tỉnh chưa có mô hình *Trung tâm QLKT CTĐB ven biển chuyên trách* nên việc giám sát, phân tích, cập nhật thông tin hạ tầng chưa liên tục, khó đáp ứng yêu cầu QLKT CTĐB ven biển hiện đại theo hướng tiếp cận dựa trên TDBTT, rủi ro khí hậu và CSDL theo thời gian thực.

4. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH GIẢI PHÁP TÍCH HỢP YẾU TỐ KHÍ HẬU CỰC ĐOAN TRONG QLKT CTĐB VEN BIỂN TỈNH AN GIANG XÉT ĐẾN BĐKH.

4.1. Xây dựng CSDL tập trung về CTĐB ven biển và ứng dụng công nghệ số trong QLKT

Hệ thống CTĐB ven biển chịu tác động đồng thời của lưu lượng giao thông gia tăng, điều kiện địa chất, thủy văn phức tạp, và đặc biệt là các hiện tượng khí hậu cực đoan do BĐKH. Do đó, công tác QLKT không thể tiếp cận theo phương thức truyền thống dựa trên hồ sơ giấy, kiểm tra thủ công rời rạc, mà cần chuyển đổi sang mô hình QLKT *dựa trên dữ liệu* với nền tảng chính là *CSDL tập trung* và ứng dụng công nghệ số. Dữ liệu được tích hợp từ nhiều nguồn và theo thời gian thực, cho phép theo dõi trạng thái công trình liên tục và hỗ trợ ra quyết định dựa trên bằng chứng. CSDL tập trung tạo cơ sở để xây dựng mô hình đánh giá TDBTT, rủi ro do BĐKH, mô phỏng dự báo suy giảm khả năng khai thác, góp phần tối ưu kế hoạch bảo trì. Bộ dữ liệu đề xuất bao gồm 04 nhóm thông tin chính của từng đoạn tuyến dài 500 m, gồm:

(i) Dữ liệu khí hậu, thủy văn, gồm: Nhiệt độ trung bình năm (^{0}C); nhiệt độ cực trị ngày (^{0}C); lượng mưa trung bình năm (mm); số ngày mưa lớn hơn 50 mm (ngày); Độ ẩm nền đường (%); cao trình đỉnh triều cường (m),… được thu thập từ các trạm quan trắc tự động ven biển và các cơ sở dữ liệu mở.

(ii) Dữ liệu giao thông, gồm: Số lượng trục xe quy về xe tiêu chuẩn trong ngày (ESAL/ngày); tỷ lệ phần trăm xe nặng (%); tốc độ khai thác trung bình (km/h); số lượng trục xe quy về xe tiêu chuẩn tích lũy trong 20 năm (triệu ESAL), dữ liệu thu từ trạm cân tự động.

(iii) Dữ liệu kỹ thuật, kết cấu: Tọa độ địa lý đoạn tuyến; cao trình đường đỏ (m); mô đun đàn hồi lớp mặt bê tông asphalt (Mpa); mô đun đàn hồi lớp móng trên (Mpa); mô đun đàn hồi lớp móng dưới (Mpa); mô đun đàn hồi nền đất (Mpa); tuổi công trình (năm); lịch sử sửa chữa và chi phí bảo trì.

(iv) Dữ liệu hiện trạng, hư hỏng: Đối với mặt đường bê tông asphalt,

ghi nhận dữ liệu: Nứt mỏi dưới bề mặt (%); nứt mặt (%); nứt nhiệt độ (%); hằn lún (mm); độ gồ ghề (IRI) theo thời gian; xói lở taluy. Dữ liệu ghi nhận từ ảnh chụp, video camera ven đường, cảm biến.

Việc hợp nhất các nguồn dữ liệu này trong một nền tảng duy nhất giúp đảm bảo tính nhất quán, đảm bảo khả năng truy cập đa cấp từ Sở Xây dựng, UBND xã/phường/đặc khu có tuyến đường, đơn vị bảo trì, và tạo cơ sở để xây dựng mô hình: Đánh giá mức độ TDBTT, rủi ro do thời tiết cực đoan là hàm của mức độ "hiểm họa (H)", "phơi bày (E)", "nhạy cảm (S)", "năng lực thích ứng (AC)"; Dự báo hư hỏng và tối ưu kế hoạch bảo trì.

Hình 3. Mô hình đánh giá mức độ tính dễ bị tổn thương, rủi ro do BĐKH [24]

4.2. Giải pháp kỹ thuật QLKT đường bộ ven biển tỉnh An Giang thích ứng khí hậu cực đoan

Hướng đến mục tiêu tăng cường khả năng chống chịu của mặt đường, cầu, cống và hệ thống thoát nước trước tác động của khí hậu cực đoan và môi trường biển; kéo dài tuổi thọ công trình và giảm chi phí duy tu trong dài hạn. Giải pháp đề xuất:

(i) Giải pháp thiết kế công trình thích ứng thời tiết cực đoan: Tập trung tối ưu hóa mặt cắt ngang và hệ thống thoát nước, bố trí rãnh dọc, cống ngang, kênh tiêu hợp lý nhằm đảm bảo thoát nước nhanh, giảm áp lực thủy lực lên mặt đường. Áp dụng cống điều tiết có kiểm soát để thích ứng với triều cường và mưa lớn. Nâng cao cao trình nền đường tại các đoạn có nguy cơ ngập do NBD. Gia cường mái dốc, kè chống xói lở bằng các giải pháp sinh thái, giải pháp phân tán năng lượng sóng, giảm tốc độ xói lở ven biển. Thiết kế cầu ven biển theo tiêu chuẩn chịu mặn, chịu bão, gió lớn, tối ưu hình dạng dầm, lan can để giảm lực cản gió; bổ sung thiết bị chống trượt neo, tăng cường ổn định mố trụ trong điều kiện NBD và sóng lớn.

(ii) Giải pháp sử dụng vật liệu thích ứng khí hậu cực đoan: Vật liệu được lựa chọn nhằm chống chịu nhiệt độ cao, môi trường xâm thực mặn và giảm tốc độ lão hóa của mặt đường, chẳng hạn như: Nhựa đường cải tiến tăng khả năng kháng hằn lún và nứt nhiệt; phù hợp điều kiện nhiệt độ cực trị 35÷40°C và tải trọng xe ngày càng tăng; Bê tông cường độ cao kháng xâm thực mặn, sử dụng xi măng bền sun phát, phụ gia tro bay, silica fume, phụ gia chống ion Cl^-… nhằm hạn chế ăn mòn cốt thép tại khu vực ven biển; Áp dụng lớp phủ bảo vệ bề mặt, như phủ nano chống thấm, lớp phủ phản xạ bức xạ mặt trời giúp giảm nhiệt độ lớp mặt và hạn chế lão hóa do tia UV và nhiệt…

(iii) Giải pháp "làm mát" lớp mặt đường BTN thích ứng nhiệt độ cao, tích hợp thiết bị giám sát nhiệt độ mặt đường theo thời gian thực bằng cảm biến để chủ động bảo trì [10].

(iv) Triển khai các công nghệ bảo trì dự phòng nhằm giảm thiểu tác động của thời tiết cực đoan: Giải pháp được định hướng theo cách tiếp cận QLKT CTĐB hiện đại, kết hợp công nghệ số, vật liệu tiên tiến và cơ chế vận hành chủ động nhằm ngăn ngừa hư hỏng trước khi chúng trở nên nghiêm trọng. Các nội dung trọng tâm bao gồm:

Một, Ứng dụng hệ thống quan trắc thông minh: Lắp đặt các cụm cảm biến theo dõi biến dạng mặt đường, nhiệt độ lớp BTN, mực nước dâng, độ ẩm nền đường, dịch chuyển mái dốc tại các đoạn đường, cầu có mức độ TDBTT, rủi ro do khí hậu cực đoan cao và rất cao; Đồng bộ dữ liệu vào hệ thống GIS và CSDL công trình phục vụ phân tích xu hướng hư hỏng và nhận diện hiểm họa, phơi bày và độ nhạy cảm; Ứng dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) trong kiểm tra, dự báo các chỉ tiêu kỹ thuật như độ bằng phẳng (IRI), độ nứt, lún vệt bánh xe, hỗ trợ tối ưu hoá kế hoạch can thiệp sớm dựa trên rủi ro do thời tiết cực đoan.

Hai, Thiết lập lịch bảo trì dự phòng dựa trên kịch bản khí hậu: Xác định ngưỡng kích hoạt bảo trì theo điều kiện khí hậu, ví dụ: IRI > 2,5 m/km; Mực nước ngập > 0,5 m trong trên 6 giờ; Nhiệt độ BTN > 60°C... Lập kế hoạch can thiệp sớm, như xử lý nứt, gia cố thoát nước , tăng tần suất tuần đường, tuần kiểm… góp phần giảm nguy cơ tiến triển thành hư hỏng nặng. Phân hạng tuyến đường theo mức độ TDBTT, rủi ro khí hậu để ưu tiên nguồn lực bảo trì.

Ba, Ứng dụng mô phỏng số: Xây dựng mô hình số cho các đoạn tuyến xung yếu ven biển để mô phỏng tác động của mưa lớn, sóng, NBD, gió bão. Kiểm thử các phương án bảo trì dự phòng ngay trên mô hình số trước khi triển khai thực tế, giúp giảm chi phí thử nghiệm, tối ưu lựa chọn giải pháp.

4.3. Về tổ chức, tài chính và cơ chế chính sách đặc thù đối với công tác QLKT CTĐB ven biển xét đến BĐKH

Nhóm giải pháp hướng tới xây dựng nền tảng QLKT hiện đại, thống nhất và bền vững cho hệ thống CTĐB ven biển. Các mục tiêu chính bao gồm: (i) Thiết lập cơ chế tổ chức đồng bộ cho CTĐB ven biển đi qua nhiều địa bàn hành chính, (ii) khắc phục tình trạng phân tán chức năng, chồng lấn trách nhiệm giữa các sở, ngành và chính quyền địa phương, (iii) đảm bảo nguồn lực tài chính ổn định, đủ năng lực ứng phó với rủi ro khí hậu cực đoan ngày càng gia tăng, (iv) hoàn thiện quy trình và quy định cấp tỉnh có tính đến đặc thù đối với công tác QLKT CTĐB ven biển xét đến yếu tố BĐKH, (v) tạo nền tảng quản trị mạng, hỗ trợ triển khai hiệu quả các giải pháp về kỹ thuật, vật liệu và công nghệ số trong QLKT CTĐB ven biển của tỉnh.

Thực tiễn tại Kiên Giang (cũ) cho thấy: Mô hình tổ chức phân tán gây khó khăn trong kiểm tra, bảo trì và ứng phó thiên tai. Nguồn tài chính phụ thuộc ngân sách phân bổ hàng năm, thiếu cơ chế linh hoạt theo mức độ TDBTT, rủi ro do BĐKH. Hệ thống quy định, quy trình kiểm tra, bảo trì cấp tỉnh chưa tích hợp đầy đủ các tác động khí hậu mới như nhiệt độ cực trị, mưa cực đoan, triều cường, NBD, xói lở bờ biển và tác động đa hiểm họa. Những cơ sở này là nền tảng để nghiên cứu này đề xuất nhóm giải pháp, gồm:

(i). Hoàn thiện mô hình tổ chức QLKT CTĐB ven biển: Thành lập Trung tâm QLKT CTĐB ven biển chuyên trách, trực thuộc cơ quan chuyên môn cấp tỉnh, làm đầu mối duy nhất trong quản lý, kiểm tra, bảo trì và ứng phó thiên tai, tổ chức phối hợp đa ngành, chia sẻ dữ liệu khí tượng, thủy văn, xói lở bờ biển, chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu, quản lý CSDL, phân tích dữ dữ liệu, mô phỏng công trình, quản lý tài sản, lập kế hoạch, vận hành và giám sát. Chính quyền cấp xã đảm nhiệm ứng phó khẩn cấp và giải phóng mặt bằng. Đơn vị bảo trì thực hiện nhiệm vụ theo hợp đồng.

(ii) Hoàn thiện cơ chế tài chính cho bảo trì thích ứng BĐKH: Thành lập Quỹ bảo trì chuyên biệt cho CTĐB ven biển, ưu tiên đoạn tuyến có mức độ rủi ro và TDBTT rất cao, cao. Phân bổ vốn dựa trên mô hình đánh giá TDBTT, rủi ro do BĐKH, mô hình dự báo hư hỏng thay vì phân bổ bình quân theo chiều dài tuyến. Thí điểm hợp đồng bảo trì theo hình thức đối tác công tư (PPP) hoặc hợp đồng bảo trì theo hiệu suất (PBMC) tại các đoạn tuyến trọng điểm. Thiết lập cơ chế tài chính dự phòng cho sự cố khí hậu cực đoan.

(iii) Hoàn thiện cơ chế chính sách đặc thù cho CTĐB ven biển: Cập nhật, bổ sung quy trình kiểm tra, bảo trì có xét đến xâm thực mặn, nhiệt độ tăng, mưa cực đoan, xói lở. Ban hành bộ tiêu chí đánh giá tình trạng CTĐB ven biển ở cấp tỉnh, khác biệt với đường nội địa, ví dụ: mức ăn mòn, lão hóa nhiệt BTN, tác động sóng, gió… Quy định tích hợp yêu cầu đánh giá TDBTT và rủi ro do BĐKH vào các bước lập kế hoạch, thiết kế, vận hành và bảo trì.

(iv) Tăng cường năng lực tổ chức và cơ chế quản lý bảo trì dự phòng. Hoàn thiện quy trình bảo trì dự phòng, gắn chặt với hệ thống cảnh báo sớm. Đào tạo nhân lực QLKT CTĐB ven biển về phân tích dữ liệu khí hậu, vận hành thiết bị quan trắc, mô hình số, mô phỏng số. Thiết lập cơ chế phối hợp liên ngành giữa Giao thông - Thủy lợi - Môi trường - Rừng ngập mặn - Chính quyền địa phương nhằm tăng hiệu quả phòng ngừa rủi ro do BĐKH.

Nhóm giải pháp Tổ chức, tài chính, cơ chế chính sách đặc thù có

vai trò khung xương của hệ thống QLKT CTĐB ven biển. Tạo nền tảng thể chế vững chắc để các giải pháp kỹ thuật, vật liệu và công nghệ số triển khai hiệu quả, góp phần giảm chi phí vòng đời, tăng khả năng chống chịu trước khí hậu cực đoan nhờ phân bổ vốn theo mức độ TDBTT, rủi ro do BĐKH, mô hình dự báo hư hỏng dựa trên CSDL theo thời gian thực và lập kế hoạch chủ động. Thúc đẩy chuyển đổi số, nâng cao tính minh bạch và khả năng dự báo trong QLKT. Định hình mô hình QLKT "bền vững - thích ứng - dựa trên dữ liệu" phù hợp điều kiện tỉnh Kiên Giang (nay là An Giang).

5. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy công tác QLKT CTĐB ven biển tỉnh An Giang vẫn vận hành theo mô hình truyền thống, dựa chủ yếu vào tuần đường, kiểm tra hiện trường và xử lý hư hỏng theo quy trình hành chính. Dữ liệu QLKT hiện còn phân tán, phần lớn lưu trữ thủ công dưới dạng hồ sơ giấy và bảng Excel, thiếu một CSDL số tổng hợp phục vụ đánh giá tình trạng công trình, phân tích xu hướng hư hỏng và dự báo rủi ro khí hậu. Hệ thống quan trắc tự động và cảnh báo sớm chưa được triển khai, dẫn đến việc nhận diện TDBTT, các hiểm họa khí hậu và ra quyết định bảo trì thiếu kịp thời, đặc biệt trong bối cảnh nhiệt độ cực trị, mưa cực đoan, triều cường, xói lở và NBD ngày càng gia tăng. Mô hình tổ chức hiện tại còn phân tán giữa các cấp quản lý, thiếu đơn vị đầu mối chuyên trách, chưa áp dụng mô hình hợp đồng bảo trì hiện đại như PBMC và cũng chưa triển khai các công cụ QLKT CTĐB theo chuẩn quốc tế.

Từ thực trạng trên, nghiên cứu đã đề xuất mô hình giải pháp tích hợp yếu tố khí hậu cực đoan vào QLKT CTĐB ven biển tỉnh An Giang, gồm ba nhóm giải pháp trọng tâm. *Thứ nhất*, nhóm giải pháp về dữ liệu và công nghệ số, với trọng tâm xây dựng CSDL tập trung, tích hợp dữ liệu khí hậu - thủy văn - giao thông - kết cấu - hư hỏng, kết nối cảm biến quan trắc hiện trường và ứng dụng công nghệ GIS, IoT, AI để giám sát theo thời gian thực và dự báo suy giảm chất lượng công trình. *Thứ hai*, nhóm giải pháp kỹ thuật - vật liệu - mô phỏng số, bao gồm thiết kế mặt cắt ngang và hệ thống thoát nước tối ưu, nâng cao cao trình nền đường, gia cường mái dốc chống xói lở, sử dụng vật liệu chống hằn lún, chống xâm thực mặn, triển khai công nghệ bảo trì dự phòng và mô phỏng số để tối ưu hóa kế hoạch bảo trì theo kịch bản BĐKH. *Thứ ba*, nhóm giải pháp về tổ chức, tài chính và cơ chế chính sách đặc thù, nhấn mạnh tầm quan trọng của mô hình tổ chức thống nhất, quỹ bảo trì theo rủi ro do BĐKH, tiêu chí đánh giá CTĐB ven biển đặc thù và khung pháp lý tích hợp yếu tố khí hậu vào toàn bộ vòng đời công trình.

Tổng thể, nghiên cứu khẳng định rằng nâng cao hiệu quả QLKT CTĐB ven biển tỉnh An Giang xét đến BĐKH đòi hỏi sự chuyển đổi toàn diện từ mô hình quản lý thủ công sang hệ thống quản lý hiện đại dựa trên dữ liệu, công nghệ và cơ chế chính sách đặc thù thích ứng khí hậu cực đoan. Mô hình giải pháp được đề xuất có ý nghĩa khoa học, tính thực tiễn cao, góp phần xây dựng hệ thống CTĐB ven biển bền vững, an toàn, chủ động và thích ứng dài hạn trước tác động ngày càng gia tăng của khí hậu cực đoan.

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu và phân tích thực trạng QLKT CTĐB ven biển tỉnh An Giang, nhóm tác giả kiến nghị UBND tỉnh:

(1) Xem xét ban hành quy định đặc thù về QLKT CTĐB ven biển và thành lập đơn vị hoặc Trung tâm QLKT chuyên trách, làm đầu mối dữ liệu, kỹ thuật, bảo trì, nhằm khắc phục tình trạng phân tán chức năng và nâng cao năng lực ứng phó rủi ro do khí hậu cực đoan.

(2) Xây dựng CSDL tập trung cho toàn tuyến ven biển, tích hợp dữ liệu khí hậu - giao thông - kết cấu - hư hỏng; triển khai quan trắc thông minh và tiến tới xây dựng bản sao số phục vụ dự báo và tối ưu quyết định bảo trì.

(3) Ưu tiên áp dụng vật liệu bền nhiệt, bền mặn, nâng cấp hệ thống thoát nước, mái dốc, kè chống xói lở; xây dựng ngưỡng kỹ thuật kích hoạt bảo trì dự phòng theo kịch bản khí hậu của địa phương.

(4) Thiết lập Quỹ bảo trì thích ứng khí hậu cực đoan cho CTĐB ven biển; mở rộng thí điểm hợp đồng bảo trì theo hiệu suất (PBMC) để tăng minh bạch chi phí và nâng cao chất lượng dịch vụ.

Các kiến nghị trên nhằm củng cố nền tảng thể chế - kỹ thuật - công nghệ cho QLKT CTĐB ven biển tỉnh An Giang theo hướng chủ động, thích ứng BĐKH và dựa trên bằng chứng khoa học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. World Bank (2019), "Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity", Washington, DC: World Bank.

[2]. World Bank & GFDRR (2017), "Climate and Disaster Resilient Transport in Small Island Developing States", Washington, DC: World Bank.

[3]. World Bank (2022), "Vietnam Country Climate and Development Report", Washington, DC: World Bank.

[4]. UBND tỉnh Kiên Giang (2022), "Phương án phát triển mạng lưới giao thông tỉnh Kiên Giang thời kỳ 2021-2030 tầm nhìn đến năm 2050", Kiên Giang.

[5]. World Bank (2020), "Climate-resilient transport in Vietnam", Washington, DC: World Bank.

[6]. J. Yang, Ferreira, L., & Taplin, J. (2020), "Climate change impacts on coastal road infrastructure and adaptation decision-making: A systematic review", Sustainability. 12(11), tr. 4548.

[7]. PIARC (2023), "International Climate Change Adaptation Framework – Technical Report", World Road Association (PIARC). Paris, France.

[8]. Định Thị Việt Hà (2023), "Đánh giá xu thế biến đổi mưa, nhiệt độ tỉnh Kiên Giang", Tạp chí Khí tượng thủy văn. 747, tr. 54-69.

[9]. AFD (2025), "Changes in temperature and rainfall extremes in Vietnam under progressive global warming levels", Agence Française de Développement. Paris, France.

[10]. Ngô Thị Thanh Hương Lê Hoàng Sơn, Lê Thị Hiền, Nguyễn Khắc Hoàng, Ngô Quốc Bảo (2025), "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)", Tạp chí Xây dựng. 08.2025, tr. 264-267.

[11]. Sở Giao thông vận tải (2022), "Báo cáo Tình hình thực trạng kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ trên địa bàn tỉnh Kiên Giang", Kiên Giang.

[12]. Lê Hoàng Sơn, Ngô Thị Thanh Hương và Võ Nhật Luân (2025), "Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ do biến đổi khí hậu đối với tuyến đường bộ ven biển tại tỉnh Kiên Giang", Tạp chí Xây dựng. Tháng 2, tr. 68.

[13]. P. Chinowsky, Helman, J., Gulati, S., Neumann, J. (2015), "Road Infrastructure and Climate Change in Vietnam", Sustainability. 7(3), tr. 3621–3646.

[14]. Y. Qiao, Lu, Q., & Harvey, J. (2020), "Climate change impacts on asphalt pavement: A review", Frontiers in Built Environment. 6, tr. 96.

[15]. Sở Giao thông vận tải Kiên Giang (2024), "Báo cáo kiểm tra, khảo sát hiện trường và phương án đầu tư chống sạt lở và nâng cấp tuyến đường ĐT.965".

[16]. S. K. Lee, et al (2020), "Extreme rainfall trends over the Mekong Delta", Theoretical and Applied Climatology.

[17]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2023), "Báo cáo đánh giá tác động biến đổi khí hậu và nước biển dâng tại Việt Nam", Hà Nội.

[18]. Sở Tài Nguyên - Môi Trường Kiên Giang (2022), "Báo cáo kết quả quan trắc môi trường tỉnh Kiên Giang".

[19]. UBND tỉnh Kiên Giang (2020), "Quy hoạch tỉnh Kiên Giang thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 - Phương án phòng chống thiên tai do biến đổi khí hậu".

[20]. Thai Thanh Luom và các cộng sự. (2021), "Using fine-grained sediment and wave attenuation as a new measure for evaluating the efficacy of offshore breakwaters in stabilizing an eroded muddy coast: Insights from Ca Mau, the Mekong Delta of Vietnam". 13(9), tr. 4798.

[21]. Sở Giao thông vận tải Kiên Giang (2022), "Báo cáo Kết quả thực hiện công tác quản lý, bảo trì kết cấu hạ tầng giao thông trên địa bàn tỉnh Kiên Giang giai đoạn từ năm 2017-2022".

[22]. Sở Giao thông vận tải Kiên Giang (2023), "Báo cáo tổng kết công tác quản lý, bảo trì và khắc phục thiệt hại giao thông đường bộ do thiên tai giai đoạn 2015-2023", Kiên Giang.

[23]. Bộ Giao thông vận tải (2024), "Thông tư Số: 41/2024/TT-BGTVT, Quy định về quản lý, vận hành, khai thác và bảo trì kết cấu hạ tầng đường bộ", Hà Nội.

[24]. Bộ Giao thông vận tải (2020), "Báo cáo Đánh giá tính dễ bị tổn thương, lập bản đồ rủi ro, xác định giải pháp thích ứng và phân tích chi phí lợi ích cho hệ thống đường bộ tại Việt Nam".

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Tối ưu hóa mô hình dự đoán ma sát âm bằng thuật toán Bayesian

An optimized approach for performance enhancement of grouted Barrette piles

> TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN
Trưởng bộ môn Kỹ thuật công trình xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh
Email: huan.vnp@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Ma sát âm (Negative Skin Friction) là một hiện tượng thường xảy ra trong các phương án móng cọc tại các khu vực san lấp trên nền đất yếu. Ma sát âm làm cho tải trọng tác dụng lên cọc tăng lên và làm suy giảm khả năng chịu tải của cọc, điều này ảnh hưởng rất lớn đối với thiết kế nền móng, có thể dẫn đến hiện tượng mất ổn định của công trình khi đưa vào sử dụng. Các công thức truyền thống dựa trên kinh nghiệm chưa thể hiện được tính phi tuyến và chỉ thể hiện được một vài thông số cơ bản của nền đất. Bài báo này nghiên cứu tối ưu hóa mô hình dự đoán ma sát âm thông qua thuật toán Bayesian. Kết quả nghiên cứu cho thấy quy trình kết hợp giữa Bayesian và tối ưu hóa làm giảm sai số dự báo (MAE/RMSE) so với các công thức truyền thống cũng như các mô hình không tối ưu; ngoài ra có thể cung cấp một khoảng dự báo đáng tin cậy cho việc thiết kế móng cọc của các công trình tương tự.

Từ khoá: Ma sát âm, tối ưu hóa, thuật toán Bayesian, phương pháp học máy, sức chịu tải cọc.

ABSTRACT

Negative skin friction (NSF) is a common phenomenon in pile foundation systems constructed on reclaimed ground over soft soil deposits. NSF increases the load acting on the piles and reduces their bearing capacity, which can significantly affect foundation design and may even lead to structural instability during service. Traditional empirical formulations do not adequately capture the nonlinearity of the phenomenon and typically incorporate only a limited set of soil parameters. This paper investigates the optimization of NSF prediction models using a Bayesian algorithm. The results indicate that the integration of Bayesian inference with optimization techniques substantially reduces prediction errors (MAE/RMSE) compared with both traditional empirical equations and non-optimized models. Furthermore, the proposed approach provides a reliable predictive interval that can be effectively used in the design of pile foundations for similar engineering projects..

Keywords: Negative Skin Friction, optimization, bayesian algorithm, machine learning methods, pile bearing capacity.

1. TỔNG QUAN

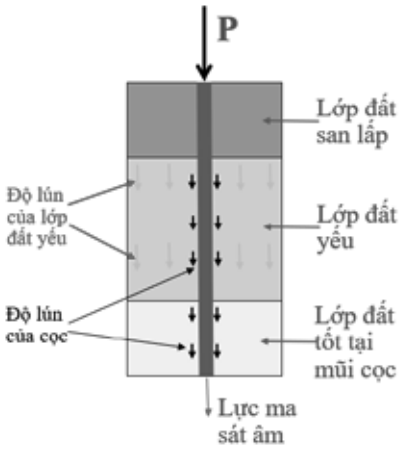
Khả năng chịu tải cọc trong bài toán móng cọc là một yếu tố cực kỳ quan trọng ảnh hưởng rất lớn đến việc thiết kế và ổn định của công trình khi đưa vào khai thác. Tuy nhiên, hiện tượng ma sát âm nếu có xảy ra sẽ ảnh hưởng và làm giảm khả năng chịu tải của cọc trong các điều kiện như hạ thấp mực nước ngầm, quá trình cố kết của nền đất trong công tác xử lý nền đất yếu bằng cách gia tải trước. Tại các vùng đồng bằng châu thổ như Đồng bằng sông Hồng hay Đồng bằng sông Cửu Long hoặc các khu vực san lấp lấn biển hiện tượng biến dạng cố kết xảy ra thường xuyên rất dễ dẫn đến hình thành hiện tượng ma sát âm (Hình 1). Do vậy độ lún bổ sung hay là lực kéo xuống phát sinh cần được xác định thật chính xác trong giai đoạn thiết kế chi tiết. Hiện nay, trong các dự án đa phần phụ thuộc theo các phương pháp thực nghiệm hoặc mô phỏng phần mềm nhằm dự đoán hiện tượng ma sát âm này.

Các phương pháp phân tích hiện tượng ma sát âm đa phần đều dựa trên lý thuyết cơ học đất truyền thống có thể kể ra bao gồm:

- Phương pháp α: Giữa sức kháng cắt của đất và và tải trọng phát sinh kéo xuống sẽ có một mối quan hệ đó là hệ số α. Đây là một phương pháp được đề xuất khá lâu thông qua các kết quả thực nghiệm. Phương pháp này chưa thể hiện sự phi tuyến và sự đa dạng của các thông số có thể ảnh đến hiện tượng ma sát âm này.
- Phương pháp dựa trên các thí nghiệm hiện trường như: CPT, SPT hay Pile Load Test. Phương pháp này sử dụng số liệu thí nghiệm để xác định phạm vi xuất hiện tượng ma sát âm. Tuy nhiên phương pháp này ít được áp dụng do liên quan đến chi phí và điều kiện tiến hành thí nghiệm.
- Phương pháp số: thể hiện được sự tương tác giữa cọc và đất nhưng yêu cầu rất cao về tính chính xác của thông số đầu vào cũng như thời gian mô phỏng tương đối dài.

Randolph và Wroth (1978, 1981) đã khởi đầu các lý thuyết và đề xuất phương pháp α. Van Impe và cộng sự (1999) phát triển việc đánh giá tính phi tuyến của nền đất thông qua phương pháp phần tử hữu hạn. Haider et al. (2016) thông qua kết quả thí nghiệm CPT

và phương pháp máy học để đánh giá hiện tượng ma sát âm, đạt độ chính xác cao hơn so với phương pháp α. Zhang & Li (2019) kết hợp Bayesian Optimization với XGBoost để tối ưu mô hình dự báo. Các nghiên cứu này cho thấy khả năng ứng dụng phương pháp học máy và các thuật toán tiên tiến giúp nâng cao độ chính xác và giải quyết được bài toán phi tuyến.



Hình 1. Hiện tượng ma sát âm

Huỳnh và cộng sự (2015) đã tiến hành đánh giá hệ số α cho địa chất tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long thông qua lực kéo xuống trong cọc. Nguyễn và Trần (2018) nghiên cứu đánh giá ma sát âm thông qua quá trình san lấp nền đất và sự thay đổi của mực nước ngầm thông qua cọc tại hiện trường. Phú và cộng sự (2020) đã tìm cách xác định các yếu tố có thể ảnh hưởng đến việc cọc bị kéo xuống thông qua dữ liệu các dự án san lấp tại miền Tây, Việt Nam. Các nghiên cứu trên đã chỉ ra rằng các công thức truyền thống còn nhiều thiếu sót trong việc đánh giá sức chịu tải cọc khi gặp hiện tượng ma sát âm, đặc biệt là trong điều kiện nền đất yếu, phức tạp về mặt địa tầng.

Thông qua các nghiên cứu trước đây, trong bài báo này tác giả đề xuất mô hình học máy được tối ưu hóa bằng thuật toán Bayesian để dự đoán ma sát âm dựa trên tập dữ liệu thu thập được. Ưu điểm của mô hình đề xuất giúp cải thiện độ chính xác của mô hình máy học và đã có bao gồm các yếu tố bất định.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thu thập và xử lý dữ liệu

Bộ dữ liệu được thu thập thông qua các nghiên cứu trước đây và một số dự án tại các vùng sét mềm ở Đồng bằng sông Cửu Long.

Cấu trúc dữ liệu được chia thành 2 nhóm chính bao gồm:

- Thông số đất: Sức kháng cắt không thoát nước S_u; Chỉ số nén C_c; Hệ số cố kết theo phương đứng C_v; Mô đun kháng cắt G
- Thông số cọc: Vật liệu; Đường kính D; Chiều dài cọc L

Chuẩn hóa dữ liệu: bộ dữ liệu được chuẩn hóa theo phương pháp Min-Max Scaling để đảm bảo toàn bộ các biến có cùng thang đo và giúp mô hình ANN của phương pháp học máy được hội tụ nhanh hơn.

2.2. Mô hình học máy

Mô hình Artificial Neural Network (ANN) được lựa chọn vì: có thể giúp mô phỏng các bài toán phi tuyến phức tạp; khả năng tổng quát hóa cao khi có được tập dữ liệu đa dạng đã qua huấn luyện; và đặc biệt là dễ kết hợp với thuật toán Bayesian.

Kiến trúc mạng ANN bao gồm:

- Kiểu mạng: Mạng nơron đa lớp được áp dụng thường xuyên cho các bài toán hồi quy.
- Số lớp ẩn: sử dụng từ 1-3 lớp (sẽ được tối ưu hóa bằng thuật toán Bayesian).
- Số neuron mỗi lớp: sử dụng trong khoảng từ 80-128.
- Hàm kích hoạt: Rectified Linear Unit áp dụng cho các lớp ẩn; Linear áp dụng cho lớp đầu ra để phù hợp bài toán hồi quy.
- Lớp đầu vào: tương ứng với số biến đầu vào đã chuẩn hóa (n biến).
- Lớp đầu ra: 1 nơ-ron, chính là giá trị ma sát âm dự đoán.

2.3. Thuật toán Bayesian

Trong quá trình thực hiện, thuật toán tối ưu Bayesian được sử dụng để xác định bộ siêu tham số cho mô hình học máy ANN để đánh giá hiện tượng ma sát âm thông qua các dữ liệu thực nghiệm. Từ những nghiên cứu trước đây cho thấy, Bayesian rất thích hợp cho các hàm mục tiêu bất định, không có dạng giải tích.

Thuật toán Bayesian bao gồm hai thành phần chính:

- Mô hình thay thế: các hành vi của hàm mục tiêu được mô phỏng gần đúng.
- Hàm lựa chọn: sẽ lựa chọn tập siêu tham số tiếp theo để đánh giá.

Trong bài báo này, mô hình Gaussian Process (GP) được lựa chọn là mô hình thay thế, giúp ước lượng độ bất định và các giá trị trung bình của các tập siêu tham số. Với sự cân bằng hiệu quả giữa khai thác (exploitation) và khám phá (exploration), mô hình Expected Improvement (EI) được sử dụng làm hàm lựa chọn.

2.4. Diễn giải mô hình bằng phương pháp SHAP

Trong nghiên cứu này, để đánh giá cơ chế làm việc của mô hình học máy ANN thì phương pháp Shapley Additive exPlanations (SHAP) được sử dụng. Phương pháp SHAP được dùng để đánh giá, đo lường mức độ đóng góp của từng biến đầu vào vào giá trị dự đoán đầu ra. Thông qua việc cung cấp: tầm quan trọng tổng quát; hướng tác động tiêu cực hoặc tích cực; sự tác động của các tệp dữ liệu, điều này giúp đánh giá mô hình để xuất một cách rõ ràng và toàn diện hơn.

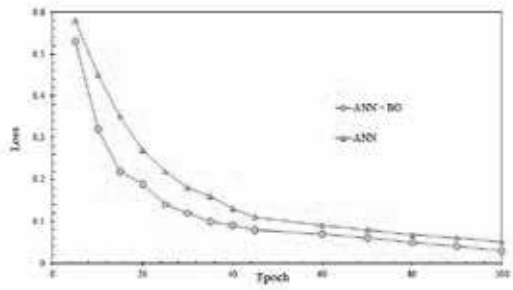
Hiện tượng ma sát âm chịu ảnh hưởng rất lớn bởi sự tương tác giữa cọc - đất trong quá trình làm việc với các điều kiện khác nhau. Do đó, việc hiểu rõ cơ chế dự đoán là rất cần thiết để đảm bảo mô hình phản ánh đúng quá trình tương tác của hiện tượng như trong thực tế. Việc áp dụng SHAP để trả lời 2 ý sau:

- Tìm ra nhân tố ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả ma sát âm.
- Mô hình ANN khi kết hợp thuật toán Bayesian đã học được mối quan hệ nào trong bài toán ma sát âm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu quả tối ưu hóa siêu tham số bằng Bayesian Optimization

Nghiên cứu đã thử tổng hợp bởi 2 phương pháp đó là: sử dụng mô hình ANN thuần túy và mô hình ANN + thuật toán Bayesian. Kết quả từ hình 1 bên dưới cho thấy mô hình khi có tối ưu hóa BO ổn định hơn.



Hình 2. Đường cong hội tụ trước và sau khi tối ưu hóa Bayesian

Bảng 1. Bảng kết quả so sánh, đánh giá của mô hình ANN và ANN + BO

Mô hình	MAE (kN)	RMSE (kN)	R^2
ANN (không tối ưu)	39.6	53.3	0.78
ANN + BO (tối ưu)	24.9	34.7	0.91

Việc giảm sai số RMSE gần 34%, MAE giảm 35% cho thấy tính hiệu quả của BO trong việc tăng độ ổn định của mô hình.

3.2. Phân tích ảnh hưởng của biến đầu vào bằng SHAP

Các kết quả SHAP cho thấy mô hình không chỉ dự đoán chính xác hơn mà còn cung cấp nhận thức rõ ràng về cơ chế hình thành ma sát âm, bao gồm:

- Độ lún của nền đất. Đây là biến cực kỳ quan trọng ảnh hưởng rất lớn đến giá trị ma sát âm. Giá trị SHAP lớn và dương cho thấy độ lún nền càng lớn hiện tượng ma sát âm diễn ra càng mạnh.
- Độ lún của cọc có tác dụng nghịch biến với ma sát âm.
- SHAP dường như không đổi khi chiều dài cọc tổng thể tăng. Vì hiện tượng ma sát âm chỉ xảy ra trong đoạn cọc nằm trong lớp đất yếu, không phụ thuộc chiều dài cọc.
- Các thông số về đất nền như: C_c, S_u, E_0 là 3 nhân tố chính ảnh hưởng đến biến dạng và độ lún của nền đất

3.3. Phân tích tầm quan trọng biến đầu vào

Dựa trên dữ liệu mô phỏng: mô hình ANN tối ưu bằng Bayesian Optimization, thứ tự mức độ ảnh hưởng được xác định trong Bảng 2 như sau:

Bảng 2. Bảng so sánh mức độ ảnh hưởng của các biến đầu vào

Thứ hạng	Biến đầu vào	Ý nghĩa	Mức ảnh hưởng
1	Độ lún nền đất)	Lún cố kết của nền gây kéo xuống cọc	29-33%
2	Độ lún bản thân cọc	Biến dạng cọc so với nền → quyết định vị trí mặt phẳng trung hòa	18-22%
3	Chiều dài đoạn cọc trong sét yếu	Quyết định chiều dài vùng cọc chịu kéo xuống	16-19%
4	Chỉ số nén	Tốc độ và giá trị lún	10-14%
5	Sức kháng cắt	Ảnh hưởng đến ma sát hông	8-10%
6	Mô đun biến dạng	Ảnh hưởng đến tính nén lún	6-8%
7	Đường kính cọc	Ảnh hưởng diện tích mặt bên	3-5%
8	Chiều dài cọc	Tác động nhẹ lên phân bố ma sát	2-4%

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích chuyên sâu hiện tượng ma sát âm bằng cách sử dụng phương pháp học máy ANN được tối ưu hóa bằng thuật toán Bayesian. Việc kết hợp dữ liệu thực nghiệm hiện trường đã cho phép đánh giá định lượng ảnh hưởng của các biến có thể ảnh hưởng đến hiện tượng ma sát âm trong thực tế. Một số kết luận chính được rút ra như sau:

- Thông qua thuật toán Bayesian đã minh chứng về việc khả năng vượt trội trong việc tìm kiếm cấu trúc ANN hiệu quả thông qua chiến lược cân bằng giữa khám phá và khai thác, giảm được sai số dự đoán khi so sánh với các phương pháp thử đúng-sai truyền thống.
- Mô hình ANN-BO đạt độ chính xác cao, thể hiện qua các chỉ số RMSE và MAE thấp hơn rõ rệt so với mô hình ANN không tối ưu. Điều này khẳng định rằng việc lựa chọn siêu tham số có hệ thống đóng vai trò then chốt trong dự báo ma sát âm với độ tin cậy cao.
- Phân tích SHAP cho phép diễn giải sâu ý nghĩa vật lý của mô hình dự đoán.
- Khung dự báo ANN-BO-SHAP được đề xuất trong nghiên cứu có thể xem là một hướng tiếp cận chuẩn xác có thể được phát triển mở rộng, giúp giảm thời gian trong phân tích thiết kế. Phương pháp này có thể được tích hợp vào thiết kế móng cọc tại các khu vực có xử lý nền bằng gia tải trước/hút chân không, nơi ma sát âm thường là thách thức thiết kế đáng kể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Haider, F., Islam, M., & Rahman, M. (2016). Machine learning-based prediction of negative skin friction on piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 142(8).

[2]. Huỳnh, T. H., Lê, V. Q., & Trần, D. M. (2015). Khảo sát ma sát âm trên cọc tại Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học & Công nghệ Xây dựng, 59(4), 25-34.

[3]. Nguyễn, P. T., & Trần, Q. H. (2018). Ảnh hưởng của độ dày lớp san lấp và mực nước ngầm đến lực kéo xuống cọc. Tạp chí Xây dựng Việt Nam, 40(6), 12-21.

[4]. Phú, V. N., Lâm, D. T., & Hoàng, M. T. (2020). Xây dựng cơ sở dữ liệu ma sát âm từ các dự án san lấp miền Tây Việt Nam. Hội nghị Địa kỹ thuật Việt Nam, Hà Nội, 115-124.

[5]. Randolph, M. F., & Wroth, C. P. (1978). Analysis of deformation of vertically loaded piles. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 104(GT12), 1465-1488.

[6]. Randolph, M. F., & Wroth, C. P. (1981). Soil-structure interaction of pile foundations. Journal of the Geotechnical Engineering Division, 107(5), 575-595.

[7]. Van Impe, W. F., et al. (1999). Finite element modeling of negative skin friction on piles in soft soils. Computers and Geotechnics, 24(1-2), 1-22.

[8]. Zhang, L., & Li, J. (2019). Bayesian optimization for machine learning prediction of negative skin friction on piles. Engineering Computations, 36(7), 2300-2318.

[9]. Randolph, M. F. (2004). Design and performance of piles in soft clay. Géotechnique, 54(2), 85-90.

[10]. Hoang, T. P., & Bui, H. T. (2017). Ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo trong dự đoán ma sát âm cọc bê tông. Tạp chí Khoa học Xây dựng, 61(2), 45-54.

■Ngày nhận bài: 03/11/2025 ■Ngày sửa bài: 13/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 26/11/2025

Phân tích và khuyến nghị điều chỉnh TCVN 11823:2017 về tải trọng va xe vào trụ cầu trong điều kiện khai thác ở Việt Nam

Analysis and recommendations for revising TCVN 11823:2017 on vehicular collision loads on bridge piers under operating conditions in Vietnam

> PGS.TS NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH*, THS NGUYỄN DANH HUY
Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: tuyettrinh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo xem xét các quy định hiện hành của TCVN 11823:2017 liên quan đến tải trọng va xe tác dụng lên trụ cầu trong thiết kế cầu đường bộ, đặt trong bối cảnh điều kiện khai thác giao thông tại Việt Nam. Trên cơ sở đối chiếu với các tiêu chuẩn quốc tế như AASHTO LRFD, Eurocode và JRA/JSCE, kết hợp tổng hợp các kết quả nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng va chạm xe - trụ cầu, bài báo chỉ ra một số nội dung trong tiêu chuẩn hiện hành còn chưa được đề cập đầy đủ. Các phân tích cho thấy, trong một số trường hợp, các quy định hiện nay chưa phản ánh đầy đủ đặc thù của xe tải nặng, vận tốc khai thác và điều kiện tổ chức giao thông, từ đó có thể phát sinh bất cập trong thiết kế. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số định hướng điều chỉnh theo hướng tiệm cận thông lệ quốc tế, đồng thời bảo đảm khả năng áp dụng linh hoạt trong điều kiện thực tế trong nước, làm cơ sở tham khảo cho việc rà soát và cập nhật tiêu chuẩn trong thời gian tới.

Từ khóa: Tải trọng va xe; trụ cầu; TCVN 11823:2017; AASHTO; Eurocode; JIS/JRA; thiết kế dựa trên hiệu năng.

ABSTRACT

This paper examines the current provisions of TCVN 11823:2017 concerning vehicle impact loads acting on bridge piers in highway bridge design, within the context of traffic and operational conditions in Vietnam. Through comparison with international standards such as AASHTO LRFD, Eurocode and JRA/JSCE, together with a review of published experimental studies and numerical simulations on vehicle-pier collisions, the paper identifies several aspects of the current standard that have not yet been fully addressed. The analyses indicate that, in certain cases, the existing provisions do not adequately reflect the characteristics of heavy trucks, operating speeds and traffic conditions, which may lead to potential shortcomings in design. Based on these findings, the paper proposes several directions for adjustment toward closer alignment with international practices, while maintaining flexibility for practical application under domestic conditions, thereby providing a reference for future review and updating of the standard.

Keywords: Vehicle collision load; bridge pier; TCVN 11823:2017; AASHTO; Eurocode; JIS/JRA; performance-based design.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Va chạm của phương tiện cơ giới vào trụ cầu là một trong những tác động ngẫu nhiên cần được xem xét trong thiết kế và quản lý khai thác công trình cầu. Sự cố này có thể gây hư hỏng cục bộ trụ cầu và trong nhiều trường hợp dẫn đến mất ổn định tổng thể, gây tổn thất lớn về kinh tế - xã hội. Theo báo cáo của FHWA, tại Mỹ mỗi năm xảy ra hàng trăm vụ va chạm vào trụ cầu với thiệt hại đáng kể [1]. Ở Nhật Bản, các vụ tai nạn tương tự cũng được ghi nhận tại các cầu vượt đô thị có mật độ giao thông cao, buộc Hiệp hội Đường bộ Nhật Bản (JRA) đưa các cơ chế bảo vệ như hộ lan bảo vệ trụ cầu (barrier) hoặc tường bảo vệ va chạm (crash wall) thành yêu cầu trong tiêu chuẩn [2, 3]. Điều này cho thấy sự cấp thiết trong việc kiểm soát rủi ro va chạm phương tiện vào công trình cầu.

Các tiêu chuẩn quốc tế đã có nhiều quy định tương đối đầy đủ trong việc xem xét tải trọng va xe. AASHTO (Mỹ) [4-5] đưa va xe vào nhóm tải trọng đặc biệt và đã nâng trị số lực va danh định từ 400 kip (≈1.800 kN) trong các phiên bản trước đây [6] lên 600 kip (≈2.670 kN) trong các phiên bản sau [4, 5, 7]. Eurocode (châu Âu) quy định các kịch bản va chạm khác nhau, bao gồm va trực diện, va bên và va xiên, với các trị số tải trọng tương ứng. Ở Nhật Bản, thiết kế theo JRA/JSCE [2, 8] không ưu tiên áp dụng một trị số

lực cố định, mà chú trọng bố trí các biện pháp bảo vệ trụ (barrier, crash wall, đảo dẫn hướng) nhằm hạn chế va chạm trực tiếp; chỉ khi không khả thi mới đánh giá thiết kế chịu va dựa trên năng lượng và khả năng tiêu tán của kết cấu. Cách tiếp cận này phản ánh xu hướng chuyển từ sử dụng trị số lực va danh định cố định sang thiết kế dựa trên hiệu năng.

Bên cạnh quy định tiêu chuẩn, nhiều nghiên cứu khoa học trong hai thập niên qua đã cho thấy sự phức tạp của tải trọng va. Zhou và cộng sự [9] chỉ ra rằng lực va có thể vượt xa trị số danh định khi vận tốc phương tiện lớn hơn 80 km/h, trong khi Chen và cộng sự [10] nhấn mạnh sự cần thiết của phân tích động lực học để phản ánh chính xác cơ chế hư hỏng của trụ bê tông cốt thép. Các kết quả này cho thấy cách tiếp cận tĩnh đơn giản có thể chưa đủ để mô tả đầy đủ cơ chế phá hoại của trụ cầu khi chịu tác động va xe.

Tại Việt Nam, TCVN 11823:2017 quy định tải trọng va xe thông qua trị số lực va danh định, về bản chất là lực va tĩnh tương đương, tác dụng theo phương ngang lên trụ cầu, với trị số lực ngang 1.800 kN tại cao độ 1,20 m. Tuy nhiên, khi đối chiếu với các tiêu chuẩn quốc tế hiện hành, một số nội dung vẫn cần tiếp tục xem xét, bao gồm trị số lực va thấp hơn so với một số tiêu chuẩn quốc tế [4, 5, 7], cao độ tác dụng lực chưa phản ánh đầy đủ đặc điểm hình học của xe container, cũng như chưa đề cập đến cơ chế giảm tải cho trụ được bảo vệ bởi barrier và ngưỡng áp dụng phân tích động phi tuyến.

Từ những phân tích trên, bài báo tập trung vào 3 mục tiêu chính: (i) Phân tích sự khác biệt giữa TCVN 11823:2017 và các tiêu chuẩn quốc tế; (ii) Đánh giá tính phù hợp của tiêu chuẩn này trong điều kiện khai thác ở Việt Nam và (iii) Đề xuất các khuyến nghị điều chỉnh theo hướng thiết kế dựa trên hiệu năng, nhằm nâng cao an toàn và hiệu quả kinh tế trong thiết kế cầu.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VÀ TIÊU CHUẨN QUỐC TẾ

2.1. Tiếp cận trong các tiêu chuẩn quốc tế

Tải trọng va xe vào trụ cầu đã được nhiều quốc gia xem là một kịch bản tác động đặc biệt, cần được đưa vào tiêu chuẩn thiết kế nhằm giảm thiểu nguy cơ hư hỏng nghiêm trọng. Trong AASHTO LRFD các phiên bản trước năm 2010 [6], tải trọng va được quy định là tải trọng đặc biệt với trị số danh định 400 kip (≈1.800 kN), sau đó được nâng lên 600 kip (≈2.670 kN) trong các phiên bản tiếp theo nhằm phản ánh kết quả thống kê tai nạn và nghiên cứu thực nghiệm tại Mỹ. Một điểm đáng chú ý là AASHTO cho phép giảm tải hoặc miễn kiểm toán khi trụ được bảo vệ bởi barrier đạt chuẩn MASH TL-5, thể hiện sự chuyển hướng từ thiết kế dựa trên trị số cố định sang thiết kế xét đến điều kiện bảo vệ thực tế.

Theo EN 1991-2 và EN 1991-1-7 [11, 12], tải trọng va của phương tiện được phân loại là tải trọng ngẫu nhiên và được xác định thông qua các kịch bản va chạm phù hợp với hình học tuyến đường và vị trí kết cấu. Eurocode không quy định một giá trị lực cố định, mà yêu cầu lựa chọn tình huống va điển hình dựa trên điều kiện khai thác thực tế. Trong khi đó, Phụ lục Quốc gia Ireland của EN 1991-1-7 (DN-STR-03013:2017 [13]) đưa ra các trị số lực thiết kế cụ thể cho hai phương tác dụng (1.900 kN theo phương dọc đường và 950 kN theo phương vuông góc đường). Cả Eurocode và Phụ lục Quốc gia Ireland đều coi hệ thống dải phân cách và các kết cấu kiềm chế phương tiện là các cấu phần quan trọng trong bảo vệ công trình, nhằm giảm khả năng xe va chạm trực tiếp vào trụ.

JRA và JSCE [2, 3, 8] chú trọng tới hình học phương tiện và vùng tác dụng tải ngang. Đối với va chạm xe-trụ, Nhật Bản không áp dụng một cao độ hay trị số lực cố định, mà ưu tiên các biện pháp bảo vệ trụ; chỉ khi không khả thi mới đánh giá tác động dựa trên năng lượng va chạm và khả năng tiêu tán của kết cấu. Việc bố trí barrier hoặc crash wall được coi là yêu cầu thiết yếu nhằm bảo vệ trụ cầu, cho thấy tiêu chuẩn Nhật Bản nhấn mạnh khía cạnh phòng ngừa hơn là chỉ gia cường khả năng kháng va của bản thân trụ.

Các quy định trên cho thấy một xu thế chung: Thay vì áp dụng một trị số duy nhất cho mọi tình huống, các tiêu chuẩn quốc tế hướng tới khung thiết kế đa kịch bản, có phân loại, xét đến vai trò của hệ thống bảo vệ và gắn với triết lý thiết kế dựa trên hiệu năng.

2.2. Các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng

Song song với sự phát triển của hệ thống tiêu chuẩn, nhiều nghiên cứu khoa học đã làm sáng tỏ cơ chế va chạm thông qua thí nghiệm và phân tích số. Yu và cộng sự [14] sử dụng mô hình động lực học xác suất để đánh giá phản ứng của trụ cầu khi chịu va chạm xe tải, cho thấy tải trọng va tăng nhanh khi vận tốc vượt quá 80 km/h và có thể vượt xa trị số danh định trong tiêu chuẩn thiết kế. Shuyou Xue và cộng sự [15] thông qua mô phỏng số va lệch tâm bằng phần mềm LS-DYNA chỉ ra rằng va xiên làm phát sinh ứng suất cắt và mô-men xoắn lớn tại chân trụ, làm gia tăng nguy cơ phá hoại cục bộ. Lin Chen và cộng sự [16] nhấn mạnh sự cần thiết của phân tích động lực học trong mô phỏng phản ứng của trụ bê tông cốt thép chịu va chạm, do các phương pháp tĩnh đơn giản có xu hướng đánh giá thấp biến dạng và mức độ hư hỏng của kết cấu.

Bên cạnh đó, Jiang và Sorensen [17] sử dụng mô hình phần tử hữu hạn trong LS-DYNA để phân tích kết hợp va chạm và động đất, cho thấy vận tốc, khối lượng và góc va là các yếu tố chi phối mạnh phản ứng tổng thể và khả năng suy giảm độ dẻo của trụ cầu sau va chạm. Zhou và cộng sự [9], thông qua phân tích mô phỏng và đánh giá các tiêu chuẩn AASHTO, Eurocode và JTGD60 [18] chỉ ra rằng việc bố trí hệ thống barrier hoặc crash wall là giải pháp hiệu quả và kinh tế để bảo vệ trụ cầu khỏi va chạm trực tiếp, đồng thời khuyến nghị tích hợp các cấu phần này vào quy trình thiết kế. Gần đây, Haider Mraih và cộng sự [19] đã tổng kết các hệ thống hấp thụ năng lượng trong va chạm xe với cầu, gợi mở hướng nghiên cứu về các thiết bị bảo vệ chủ động.

2.3. Nhận xét tổng hợp

Từ việc phân tích các tiêu chuẩn và nghiên cứu trên thế giới, có thể rút ra rằng:

- Các tiêu chuẩn quốc tế có xu hướng vượt ra khỏi cách tiếp cận "một trị số duy nhất", thay bằng phân loại kịch bản và điều kiện bảo vệ;
- Nghiên cứu khoa học đã chỉ ra sự phức tạp của cơ chế va chạm, trong đó vận tốc, khối lượng, cao độ tác dụng và góc va đều ảnh hưởng mạnh đến ứng xử kết cấu;
- Xu hướng chung là thiết kế dựa trên hiệu năng, kết hợp giữa trị số danh định, phân tích động phi tuyến và biện pháp bảo vệ công trình.

Những kết quả này gợi mở rằng TCVN11823:2017 có thể được xem xét điều chỉnh tương ứng, nhằm đảm bảo tiêu chuẩn vừa phù hợp với thực tiễn giao thông Việt Nam, vừa tiệm cận thông lệ quốc tế.

3. PHÂN TÍCH TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ CẦU ĐƯỜNG BỘ VIỆT NAM - TCVN 11823:2017

3.1. Trị số lực va danh định

Trong Tiêu chuẩn AASHTO LRFD, giá trị lực va 1.800 kN (400 kip) được áp dụng trong các phiên bản trước năm 2012; đến các phiên bản sau đó, trị số này được điều chỉnh tăng lên 2.670 kN (600 kip) [4]. Trong khi đó, TCVN 11823:2017 hiện vẫn duy trì trị số 1.800 kN, tương đồng với AASHTO LRFD phiên bản 2010, do đó có thể chưa bao quát hết mức độ bất lợi trong một số điều kiện khai thác hiện nay, nơi xe container và xe tải nặng chiếm tỷ lệ lớn.

Trong bối cảnh mạng lưới đường bộ Việt Nam phát triển nhanh, tỷ lệ xe container và xe tải nặng gia tăng, vận tốc khai thác phổ biến từ 80 - 120 km/h [20], cùng sự xuất hiện thường xuyên của xe container 40 ft có khối lượng 42 - 48 tấn [21, 22], cần xem xét đánh giá lại mức độ phù hợp của trị số lực va hiện hành. Vì vậy, có thể cân nhắc nâng trị số thiết kế hoặc quy định dải giá trị gắn với loại xe và vận tốc khai thác.

3.2. Cao độ tác dụng lực va

Bên cạnh trị số lực va, cao độ tác dụng lực là một tham số quan trọng, ảnh hưởng lớn đến cơ chế làm việc và mức độ bất lợi về nội lực của trụ cầu. TCVN 11823:2017 quy định lực va xe dưới dạng lực

tĩnh tương đương, tác dụng trong mặt phẳng nằm ngang tại cao độ 1,20 m so với mặt đất, kế thừa cách tiếp cận của các phiên bản AASHTO LRFD trước đây.

Trong thực hành thiết kế quốc tế, cách tiếp cận đối với bài toán va chạm xe-trụ có sự khác biệt đáng kể. Theo các hướng dẫn thiết kế AASHTO LRFD gần đây, lực va của xe tải nặng thường được giả định tác dụng tại cao độ khoảng 5 ft (≈1,52 m) nhằm phản ánh hợp lý hơn hình học va chạm trong điều kiện khai thác thực tế.

Tại Nhật Bản, JRA và JSCE không quy định một cao độ va chạm cố định, mà khuyến nghị xem xét các kịch bản va chạm cụ thể theo đặc điểm phương tiện và điều kiện khai thác. Eurocode [11, 12] cũng không giới hạn bài toán va chạm ở một cao độ duy nhất, cho phép xét nhiều kịch bản tương ứng với các loại phương tiện khác nhau.

Trong điều kiện khai thác tại Việt Nam, nơi xe tải nặng và xe container chiếm tỷ lệ lớn [23, 24], việc chỉ xét lực va tại cao độ 1,20 m có thể chưa phản ánh đầy đủ mô-men uốn và biến dạng bất lợi của trụ cầu. Do đó, tiêu chuẩn TCVN có thể được xem xét điều chỉnh theo hướng bổ sung dải cao độ tác dụng lực, ví dụ từ 1,20 m đến khoảng 1,50 - 1,70 m, phù hợp với xu hướng tiếp cận của các tiêu chuẩn quốc tế.

3.3. Ngưỡng phân tích phi tuyến động lực học

Một hạn chế của TCVN 11823:2017 là chỉ quy định lực va dưới dạng trị số tĩnh, chưa đưa ra ngưỡng bắt buộc áp dụng phân tích phi tuyến động lực học. Điều này khiến thiết kế chưa phản ánh đầy đủ bản chất va chạm vốn mang tính động, phi tuyến và phụ thuộc vào vận tốc, khối lượng và góc va.

Chen và cộng sự [10] chỉ ra rằng phân tích tĩnh có xu hướng đánh giá thấp biến dạng và khả năng hấp thụ năng lượng của trụ bê tông cốt thép khi chịu va chạm. Bo Hu và cộng sự [23], thông qua mô phỏng phần tử hữu hạn cho thấy phân tích động lực học phản ánh chính xác hơn cơ chế phá hoại và sự suy giảm độ dẻo của trụ, đặc biệt trong các trường hợp tải trọng kết hợp. Xue và cộng sự [14] cũng chỉ ra rằng lực va thực tế thay đổi lớn theo vận tốc và góc va, vượt ngoài khả năng dự báo của các công thức tĩnh truyền thống.

Trong điều kiện Việt Nam, nơi vận tốc khai thác cao và tỷ lệ xe nặng lớn, việc thiếu ngưỡng phân tích động là một bất cập. Do đó, có thể xem xét bổ sung các ngưỡng tham khảo để áp dụng phân tích phi tuyến động lực học, chẳng hạn khi vận tốc > 90 km/h, tải trọng xe > 40 tấn hoặc góc va > 15°.

Bảng 1. Tổng hợp nghiên cứu so sánh quy định của các tiêu chuẩn đối với lực va xe

Tiêu chuẩn	Lực va dùng trong thiết kế	Cách xác định tải trọng	Cao độ tác dụng lực
TCVN 11823:2017	1.800 kN	Lực va tĩnh tương đương	1,20 m
AASHTO LRFD (2012-2024)	2.670 kN	Lực tĩnh áp dụng khi trụ không có bảo vệ	Khoảng 1,5 m
EN 1991-1-7 - Phụ lục Quốc gia Ireland (DN-STR-03013:2017) [13]	1.900 kN theo phương dọc đường / 950 kN theo phương vuông góc đường	Lực thiết kế chính thức theo Phụ lục Quốc gia	0,75 - 1,5 m (tải chính) và 1 - 3 m (tải còn lại)
JRA - Quy chuẩn thiết kế cầu đường bộ Nhật Bản	1.000 kN theo phương ngang/500 kN theo phương dọc	Lực tĩnh áp dụng khi không bố trí được cấu tạo bảo vệ trụ	Khoảng 1,6-1,8 m

3.5. Phân cấp theo loại tuyến đường

TCVN 11823:2017 hiện áp dụng chung một trị số lực cho tất cả các loại cầu. Cách tiếp cận này thuận tiện nhưng chưa phản ánh sự khác biệt về rủi ro va chạm giữa các tuyến, khi cầu cao tốc thường chịu tác động của xe tải nặng, container với vận tốc cao, trong khi cầu đô thị chủ yếu liên quan đến xe con và xe buýt ở vận tốc thấp.

AASHTO [4, 5, 7] và Eurocode [7, 11] đều có xu hướng phân loại yêu cầu theo loại tuyến đường. Các nghiên cứu của Auyeung & Alipour [26] và Yu và cộng sự [14] cho thấy năng lượng va của xe tải trên cao tốc có thể vượt xa trị số tĩnh thường dùng trong thiết kế, đặc biệt ở vận tốc 80 - 100 km/h. Ngược lại, nghiên cứu của NCHRP [27] chỉ ra rằng trong điều kiện đô thị, với vận tốc thấp, việc bố trí barrier hoặc các giải pháp bảo vệ đơn giản đã có thể đảm bảo an toàn.

Ở Việt Nam, hệ thống tiêu chuẩn hiện hành chưa phân biệt rõ yêu cầu thiết kế cho đường cao tốc và đường đô thị trong tính toán tải trọng va xe. Việc áp dụng một trị số chung cho mọi điều kiện có thể chưa phản ánh đầy đủ mức độ rủi ro, do đó cần xem xét phân loại tuyến và xác định các hệ số va chạm đặc trưng, tương tự cách tiếp cận của AASHTO và Eurocode, nhằm đảm bảo hiệu quả kỹ thuật và kinh tế.

3.6. Nhận xét tổng hợp

Từ các phân tích trên, có thể thấy TCVN 11823:2017 đã có bước tiến quan trọng, nhưng vẫn tồn tại những hạn chế chính:

1. Trị số lực va danh định thấp hơn so với quốc tế, chưa bao quát các kịch bản xe nặng, vận tốc cao.
2. Cao độ tác dụng lực cố định 1,20 m, chưa phản ánh đúng xe container và xe bồn.
3. Chưa quy định ngưỡng phân tích phi tuyến động lực học, khiến kết quả tính toán chưa sát với thực tế.
4. Áp dụng chung cho mọi loại cầu, chưa phân cấp theo tuyến đường (cao tốc, quốc lộ, đô thị).

Những hạn chế này cho thấy TCVN 11823:2017 cần tiếp tục được rà soát, cập nhật để phù hợp với sự phát triển của đội xe và điều kiện khai thác tại Việt Nam, cũng như tiệm cận hơn với xu hướng thiết kế quốc tế. Đây là cơ sở để phân tích điều kiện khai thác trong nước (Mục 4) và đề xuất các khuyến nghị điều chỉnh (Mục 5).

4. ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC Ở VIỆT NAM

4.1. Thành phần, tải trọng và vận tốc phương tiện

Theo các Thông tư 39/2024/TT-BGTVT [21], 46/2015/TT-BGTVT [23] và 35/2023/TT-BGTVT [24], tải trọng cho phép của xe nhiều trục có thể đạt 30 - 40 tấn; trong thực tế, xe container 40 ft thường có tải trọng toàn bộ khoảng 42 - 48 tấn [21, 22]. Điều này cho thấy năng lượng va chạm của phương tiện nặng có thể lớn hơn đáng kể so với giả định trong TCVN 11823:2017.

Theo Thông tư 31/2019/TT-BGTVT [28], vận tốc tối đa trên cao tốc lên tới 120 km/h và trên quốc lộ là 80 - 90 km/h. Trong khai thác thực tế, hiện tượng vượt tốc vẫn xảy ra, đặc biệt đối với xe container và xe khách đường dài, làm gia tăng nguy cơ va chạm với trụ cầu.

4.2. Khoảng cách trụ - mép làn và hệ thống bảo vệ

Nhiều cầu vượt và cầu đô thị ở Việt Nam có khoảng cách từ trụ đến mép làn xe nhỏ (khoảng 0,5 - 1,5 m), làm tăng nguy cơ va chạm trực tiếp khi phương tiện mất lái. Trong khi đó, hệ thống barrier chưa được bố trí đồng bộ; một số tuyến cao tốc đã áp dụng barrier đạt chuẩn, nhưng nhiều quốc lộ và cầu vượt nội đô vẫn còn trụ chưa được bảo vệ đầy đủ.

Theo Eurocode và JRA, barrier và crash wall là các cấu phần quan trọng trong bảo vệ trụ cầu; NCHRP [27] cũng chỉ ra hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của các giải pháp này. Do đó, việc bổ sung quy định về bảo vệ trụ bằng barrier là cần thiết trong quá trình rà soát, cập nhật tiêu chuẩn.

5. KHUYẾN NGHỊ ĐIỀU CHỈNH TCVN 11823:2017

Trên cơ sở phân tích TCVN 11823:2017 (Mục 3) và đối chiếu với điều kiện khai thác tại Việt Nam (Mục 4), có thể thấy tiêu chuẩn hiện hành đã đưa tải trọng va xe vào thiết kế cầu, nhưng vẫn còn một số hạn chế cần được điều chỉnh. Các khuyến nghị chính bao gồm:

5.1. Điều chỉnh trị số lực va danh định

Trị số lực va 1.800 kN hiện hành tương đương AASHTO LRFD 2012 [4], nhưng chưa phản ánh đầy đủ các cập nhật sau đó. Trong

điều kiện Việt Nam, với tỷ lệ xe container 40 ft (42 - 48 tấn) cao và vận tốc khai thác lớn, trị số này có thể chưa đủ bao quát. Do đó, có thể xem xét nâng trị số lực va danh định lên khoảng 2.500 - 2.700 kN hoặc quy định theo dải giá trị gắn với tải trọng và vận tốc tuyến đường.

5.2. Bổ sung dải cao độ tác dụng lực

TCVN 11823-3:2017 hiện xét lực va tại cao độ cố định 1,20 m. Cách tiếp cận này thuận tiện cho thiết kế thường quy, nhưng chưa phản ánh đầy đủ hình học va chạm của xe tải nặng và xe container. Trong khi đó, các tiêu chuẩn AASHTO, JRA/JSCE và Eurocode cho phép xét nhiều kịch bản va chạm với các cao độ khác nhau. Do đó, TCVN có thể xem xét bổ sung dải cao độ tác dụng lực đại diện thay vì chỉ sử dụng một giá trị cố định.

5.3. Xác lập ngưỡng phân tích phi tuyến động lực học

Nhiều nghiên cứu cho thấy phân tích động lực học là cần thiết để đánh giá đúng ứng xử của trụ cầu chịu va chạm, trong khi phương pháp tĩnh đơn giản có thể đánh giá thấp biến dạng và hư hỏng. Do đó, có thể xem xét bổ sung các ngưỡng tham khảo để áp dụng phân tích phi tuyến động lực học, chẳng hạn khi vận tốc xe > 90 km/h, tải trọng xe > 40 tấn hoặc góc va > 15°.

5.4. Phân cấp theo loại tuyến đường

Việc áp dụng một trị số lực chung cho mọi loại cầu có thể chưa phản ánh đầy đủ sự khác biệt về điều kiện khai thác. Theo thông lệ AASHTO và Eurocode, có thể xem xét phân cấp yêu cầu thiết kế theo loại tuyến, áp dụng trị số lực cao hơn cho cầu trên cao tốc và thấp hơn cho một số tuyến đô thị có hạn chế vận tốc và loại xe lưu thông.

Những điều chỉnh trên giúp TCVN 11823:2017 tiệm cận thông lệ quốc tế và phù hợp hơn với điều kiện khai thác tại Việt Nam.

6. KẾT LUẬN

Bài báo phân tích các quy định hiện hành của TCVN 11823:2017 liên quan đến tải trọng va xe tác dụng lên trụ cầu, trên cơ sở đối chiếu với một số tiêu chuẩn quốc tế như AASHTO, Eurocode và JRA/JSCE, trong bối cảnh điều kiện giao thông và khai thác cầu ở Việt Nam. Kết quả phân tích cho thấy, mặc dù tiêu chuẩn hiện hành đã đưa tải trọng va xe vào nhóm tải trọng cực hạn trong thiết kế cầu đường bộ, song một số nội dung vẫn cần tiếp tục hoàn thiện. Cụ thể, trị số lực va danh định còn thấp so với một số thông lệ quốc tế, cao độ tác dụng lực được quy định cố định chưa phản ánh đầy đủ đặc điểm va chạm của xe container, trong khi các nội dung liên quan đến ngưỡng áp dụng phân tích phi tuyến động lực học và phân cấp yêu cầu theo loại tuyến đường chưa được đề cập rõ.

Trên cơ sở tổng hợp các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng động lực học đã được công bố, bài báo làm rõ sự khác biệt giữa TCVN 11823:2017 và các tiêu chuẩn thiết kế tiên tiến, qua đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc xem xét điều chỉnh tiêu chuẩn. Một số khuyến nghị được đề xuất, phù hợp với điều kiện giao thông ở Việt Nam, bao gồm điều chỉnh trị số lực va danh định, bổ sung dải cao độ tác dụng lực, đưa vào cơ chế trụ được bảo vệ, xác lập ngưỡng tham khảo cho phân tích phi tuyến động lực học và phân cấp yêu cầu thiết kế theo loại tuyến đường.

Các kết quả đạt được có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo cho công tác quản lý và thiết kế cầu đường bộ trong nước, hướng tới nâng cao mức độ an toàn và hiệu quả kinh tế, đồng thời là cơ sở cho việc tiếp tục rà soát và cập nhật TCVN 11823:2017 trong thời gian tới.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Bộ Xây dựng đã cấp kinh phí cho Đề tài DT25307 và Cục Đường bộ Việt Nam - đơn vị chủ trì đã tạo điều kiện thuận lợi để thực hiện nghiên cứu và hoàn thành bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Federal Highway Administration (FHWA) (2010), Texas Department of Transportation (TxDOT), Analysis of Large Truck Collisions with Bridge Piers, Báo cáo FHWA/TX-10/9-4973-1, Hoa Kỳ.

[2]. Japan Road Association (JRA) (2019), Specifications for Highway Bridges and Commentaries - Part I: Common (ấn bản tiếng Nhật năm 2017, bản dịch tiếng Anh tạm thời), Tokyo.

[3]. Japan Road Association (JRA), Specifications for Highway Bridges and Commentaries (các quy định liên quan đến tải trọng giao thông), Tokyo.

[4]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2012), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 6, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[5]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2024), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 10, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[6]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2010), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 5, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[7]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2017), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 8, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[8]. Japan Society of Civil Engineers (JSCE) (2017), Recommendations for Design and Practice of Performance-Based Design Method for Bridges, Tokyo, Nhật Bản.

[9]. Zhou, D., Li, R., Wang, J., Guo, C. (2017), Nghiên cứu ứng xử va chạm và lực va tác dụng lên trụ cầu khi chịu va chạm xe, Shock and Vibration.

[10]. Chen, S. W. C. và cộng sự (2017), Phân tích đáp ứng động và hư hỏng của trụ cầu bê tông cốt thép chịu tác động va chạm xe, Engineering Structures, tập 132, tr.146-161.

[11]. Ủy ban Tiêu chuẩn châu Âu (CEN) (2006), EN 1991-1-7: Eurocode 1 - Tác động lên công trình - Phần 1-7: Tác động ngẫu nhiên, Bruxelles.

[12]. Ủy ban Tiêu chuẩn châu Âu (CEN) (2003), EN 1991-2: Eurocode 1 - Tác động lên công trình - Phần 2: Tải trọng giao thông trên cầu, Bruxelles.

[13]. Transport Infrastructure Ireland (TII) (2017), Hướng dẫn áp dụng EN 1991-1-7 trong thiết kế tác động ngẫu nhiên, mã tài liệu DN-STR-03013, Ireland.

[14]. Yu, X., Chen, Y., He, Y. (2025), Đánh giá tính dễ tổn thương của trụ bê tông cốt thép dưới tác động va chạm xe có xét đến yếu tố bất định, Buildings, tập 15, số 8, bài báo số 1222.

[15]. Xue, S., Hao, H., Hao, Y. (2025), Nghiên cứu số về đáp ứng va chạm của trụ cầu chịu va chạm lệch tâm của xe, Engineering Structures.

[16]. Chen, L., Wu, H., Liu, T. (2020), Tổng quan nghiên cứu về va chạm xe với trụ cầu, Advances in Structural Engineering.

[17]. Jiang, J., Sorensen, A. D. (2025), Phân tích phần tử hữu hạn trụ cầu bê tông cốt thép chịu tác động va chạm xe kết hợp động đất, Transportation Research Record, NXB. SAGE.

[18]. Bộ Giao thông Trung Quốc (2015), JTG D60-2015 - Quy phạm chung thiết kế cầu và cống đường bộ, Trung Quốc.

[19]. Mraih, H., Hashemi, J., Kalfat, R., Al-Mahaidi, R., Lu, G. (2025), Tổng quan các hệ thống tiêu tán năng lượng nhằm giảm thiểu tác động va chạm xe quá khổ vào cầu, Engineering Structures.

[20]. Bộ Giao thông vận tải (2019), Thông tư số 31/2019/TT-BGTVT quy định về tốc độ và khoảng cách an toàn của xe cơ giới, xe máy chuyên dùng tham gia giao thông đường bộ, Hà Nội.

[21]. Bộ Giao thông vận tải (2024), Thông tư số 39/2024/TT-BGTVT quy định về tải trọng, khổ giới hạn đường bộ và lưu hành xe quá tải, quá khổ, Hà Nội.

[22]. Bộ Giao thông vận tải (2022), Văn bản hợp nhất số 49/VBHN-BGTVT về tải trọng và khổ giới hạn đường bộ, Hà Nội.

[23]. Bộ Giao thông vận tải (2015), Thông tư số 46/2015/TT-BGTVT quy định về tải trọng, khổ giới hạn đường bộ và lưu hành xe quá tải, quá khổ, Hà Nội.

[24]. Bộ Giao thông vận tải (2023), Thông tư số 35/2023/TT-BGTVT sửa đổi, bổ sung một số quy định về tải trọng và khổ giới hạn đường bộ, Hà Nội.

[25]. Bai, H., Liu, Y.-Y. (2022), Đánh giá khả năng chịu va chạm của trụ ống thép nhồi bê tông theo các tiêu chuẩn hiện hành của Mỹ, châu Âu và Trung Quốc, Journal of Bridge Engineering, ASCE.

[26]. Auyeung, A. và cộng sự (2019), Thiết kế dựa trên hiệu năng đối với trụ cầu chịu va chạm xe, Engineering Structures.

[27]. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) (2018), Báo cáo nghiên cứu số 892: Hướng dẫn bố trí hệ thống bảo vệ trụ cầu, Washington, D.C.

[28]. Chính phủ (2019), Nghị định số 100/2019/NĐ-CP về xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực giao thông đường bộ và đường sắt, Hà Nội.

[29]. Alomari, Q. A., Linzell, D. G., Abu Zouriq, M. F. (2025), Ứng xử của trụ nhiều cột có và không gia cường CFRP dưới tác động kết hợp va chạm xe và sóng nổ sau hỏa hoạn, Materials, tập 18, số 7, bài báo số 1449.

[30]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2017), TCVN 11823:2017 - Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ, Hà Nội.

■Ngày nhận bài: 15/11/2025 ■Ngày sửa bài: 26/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/12/2025

Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm xác định mô men hình thành khe nứt khi uốn của dầm bê tông cốt thép sử dụng mô hình biến dạng khi kéo dạng hình thang

Theoretical and Experimental investigation of The flexural cracking moment of reinforced concrete beams using a Trapezoidal tensile stress model

> PGS.TS PHẠM THANH TÙNG, THS NGUYỄN VĂN QUANG*, GS.TS NGUYỄN TRUNG HIẾU
Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
*Email: quangnv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Trong kết cấu bê tông cốt thép (BTCT), các mô hình tính toán mô men hình thành khe nứt đối với cấu kiện chịu uốn đã được nghiên cứu và hệ thống hoá trong các tiêu chuẩn hiện hành. Đối với tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018, mô men kháng nứt được tính toán từ giá trị mô men kháng uốn đàn dẻo, giá trị này được tính thông qua mô men kháng uốn đàn hồi và hệ số thực nghiệm 1,3. Trong khi tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-11 sử dụng tiết diện quy đổi tương đương và tính toán mô men kháng nứt thông qua giá trị cường độ chịu kéo khi uốn. Trong nghiên cứu này, ngoài việc trình bày tính toán mô men hình thành khe nứt theo hai tiêu chuẩn trên, nhóm tác giả tiến hành tính toán mô men kháng nứt từ việc cân bằng nội lực tại tiết diện chuẩn bị nứt, với mô hình này phần làm việc ngoài đàn hồi của bê tông vùng kéo được thể hiện qua việc lấy sơ đồ biến dạng khi kéo dạng hình thang. Các kết quả tính toán này được so sánh với kết quả nghiên cứu thực nghiệm 02 dầm BTCT kích thước 150x200x2200 mm chịu uốn bốn điểm. Kết quả cho thấy, tính toán TCVN 5574:2018 và ACI 318- 2011 khá sát so với kết quả thực nghiệm, mô hình tính toán mô men hình thành khe nứt dựa trên sơ đồ biến dạng khi kéo của bê tông dạng hình thang cho kết quả sai khác khoảng 13% so với thực nghiệm. Mặc dù tính toán mô men hình thành khe nứt theo phương pháp này phức tạp hơn so với phương pháp quy đổi tiết diện, nhưng có thể phát triển được cho những mô hình vật liệu bê tông có ứng xử khi kéo khác với bê tông thông thường.

Từ khóa: Dầm bê tông cốt thép, Mô men kháng nứt, TCVN 5574:2018, ACI 318-11.

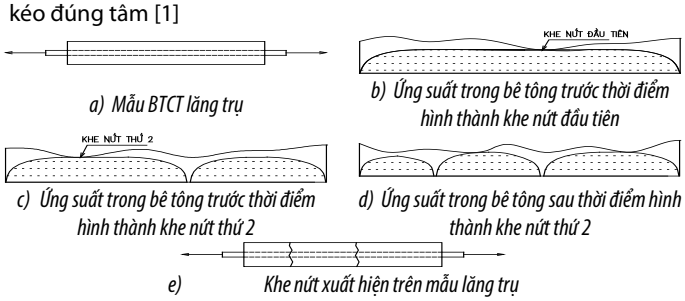
ABSTRACT

In reinforced concrete (RC) flexural members, several analytical approaches for predicting the cracking moment have been established in current design standards. TCVN 5574:2018 evaluates the cracking moment using the plastic flexural resistance, obtained by multiplying the elastic flexural capacity by an empirical coefficient of 1.3, whereas ACI 318-2011 directly employs the equivalent transformed section and the flexural tensile strength of concrete. In addition to these two code-based approaches, this study also evaluates the cracking moment using a stress-equilibrium model in which the nonlinear tensile response is idealized by a trapezoidal tensile stress block. The analytical predictions were compared with the experimental results of two RC beams tested under four-point bending, showing that the TCVN and ACI calculations agreed closely with the measured values, while the stress-distribution model, adopting a bilinear tensile response, exhibited a deviation of approximately 13%. Although more complex, the stress-equilibrium approach can be readily extended to other concrete material models for predicting the cracking moment.

Keywords: Reinforced concrete beams; Cracking moment; TCVN 5574:2018; ACI 318-2011.

1. GIỚI THIỆU

Nứt là hiện tượng khá phổ biến trong kết cấu bê tông cốt thép (BTCT), đặc biệt đối với kết cấu chịu uốn, nguyên nhân chủ yếu là do bê tông thông thường có cường độ chịu kéo thấp [1]. Khe nứt hình thành khi trong bê tông xuất hiện ứng suất kéo vượt quá cường độ chịu kéo của nó, trong khi . Khe nứt có thể làm cho công trình mất khả năng chống thấm, làm cho bê tông không bảo vệ được cốt thép vì tác dụng xâm thực của môi trường [2]. Hơn nữa khe nứt trong kết cấu ảnh hưởng đến độ cứng, năng lượng hấp thụ, và độ bền lâu của kết cấu. Nguyên nhân hình thành khe nứt có thể do biến dạng ván khuôn, co ngót của bê tông, sự thay đổi của nhiệt độ, độ ẩm, do sự tác dụng của tải trọng và các tác động khác [2]. Khi tính toán kết cấu BTCT theo trạng thái giới hạn (TTGH) thì TTGH 2 là trạng thái về điều kiện làm việc bình thường nhằm đảm bảo cho kết cấu không có những khe nứt hoặc biến dạng quá mức cho phép . Trong các tiêu chuẩn hiện hành, tính toán TTGH 2 bao gồm các phần việc như tính toán sự hình thành khe nứt, tính toán sự mở rộng khe nứt và tính toán biến dạng của cấu kiện. Trong đó tính toán sự hình thành khe nứt là một trong những yêu cầu đặc biệt quan trọng đối với công trình có yêu cầu tính chống nứt cao. Do bê tông có cường độ chịu kéo thấp nên tải trọng hình thành khe nứt thường diễn ra khi tải trọng tác động còn khá nhỏ, việc đánh giá tải trọng hình thành khe nứt kết hợp với cốt thép trong bê tông có thể được thực hiện qua các nghiên cứu trên mẫu lăng trụ kéo đúng tâm. Hình 1 trình bày nghiên cứu về tải trọng hình thành khe nứt và khoảng cách giữa các khe nứt theo các nghiên cứu của tác giả Macgreor [3]. Khe nứt hình thành khi ứng suất trong bê tông đạt tới cường độ chịu kéo $R_{bt,ser}$, lúc này khe nứt đầu tiên sẽ xuất hiện một cách ngẫu nhiên tại tiết diện nào đó mà bê tông chịu kéo yếu nhất. Tại tiết diện có khe nứt ứng suất kéo trong bê tông trở về không, ứng suất trong cốt thép lớn nhất là $_{s,crc}$. Càng xa tiết diện bị nứt, ứng suất kéo trong bê tông tăng dần do có sự truyền lực từ cốt thép sang bê tông qua lực dính, ứng suất trong bê tông đạt đến $R_{bt,ser}$ thì lại hình thành khe nứt [4]. Quá trình này tiếp tục diễn ra cho đến khi khoảng cách giữa hai khe nứt không đủ lớn để ứng suất trong bê tông đạt đến ứng suất giới hạn để hình thành khe nứt. Hình 1 thể hiện ứng suất trong bê tông và cốt thép sau khi hình thành khe nứt đối với cấu kiện chịu kéo đúng tâm [1]



a) Mẫu BTCT lăng trụ

b) Ứng suất trong bê tông trước thời điểm hình thành khe nứt đầu tiên

c) Ứng suất trong bê tông trước thời điểm hình thành khe nứt thứ 2

d) Ứng suất trong bê tông sau thời điểm hình thành khe nứt thứ 2

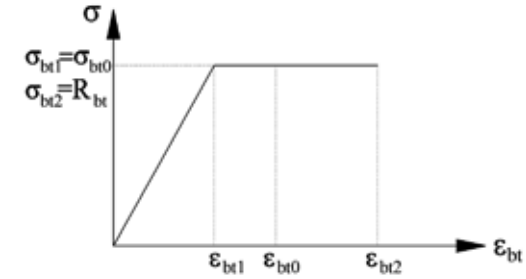
e) Khe nứt xuất hiện trên mẫu lăng trụ

Hình 1. Sự hình thành khe nứt trong mẫu BTCT lăng trụ chịu kéo đúng tâm [3]

Khi tính toán mô men hình thành khe nứt, mặc dù tiêu chuẩn Việt Nam TCVN đưa ra khá nhiều các giả thiết về sự làm việc của bê tông và cốt thép tại tiết diện chuẩn bị nứt. Tuy nhiên khi tính toán mô men hình thành khe nứt ở cấu kiện chịu uốn lại tính toán thông qua giá trị mô men đàn dẻo *Wpl,* giá trị này được tính từ mô men quán tính đàn hồi và hệ số thực nghiệm 1,3. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu tính toán lý thuyết nhằm xác định mô men hình thành khe nứt của dầm BTCT chịu uốn theo TCVN 5574:2018 [5], ACI 318-2018 [6] và tính toán theo sơ đồ biến dạng hình thang của bê tông vùng kéo. Đồng thời tiến hành nghiên cứu thực nghiệm 02 dầm BTCT chịu uốn bốn điểm, nhằm so sánh kết quả nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm.

2. TÍNH TOÁN MÔ MEN HÌNH THÀNH KHE NỨT CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP CHỊU UỐN

2.1. Mô hình sơ đồ biến dạng dạng 2 đoạn thẳng khi kéo của bê tông thường



Hình 2. Biểu đồ ứng suất biến dạng, dạng hai đoạn thẳng khi kéo của bê tông thường

Theo TCVN 5574:2018, các giá trị biến dạng cực hạn khi chịu kéo được lấy như trong Hình 2, các đặc trưng biến dạng khi kéo của bê tông thường lần lượt là $\varepsilon_{bt1,red} = 0,00008$; $\varepsilon_{bt0} = 0,0001$; ε_{bt2}=0,0015 và theo công thức (1) và (2)

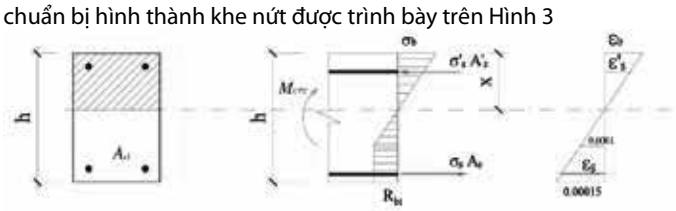
+ Khi $0 \le \varepsilon_{bt} \le \varepsilon_{bt1}$: $\sigma_{bt} = E_{bt,red}\varepsilon_{bt}$ (1)

+ Khi $\varepsilon_{bt1} < \varepsilon_b \le \varepsilon_{bt2}$: $\sigma_{bt} = R_{bt}$ (2)

Trong đó: $E_{bt,red} = \dfrac{R_{bt}}{\varepsilon_{b1,red}}$

2.2. Tính toán mô men hình thành khe nứt của dầm BTCT theo TCVN 5574:2018

Khi tính toán khả năng chống nứt. tiêu chuẩn Theo TCVN 5574:2018 [5] sử dụng một số giả thiết sau: (i) Dùng giả thiết tiết diện phẳng, nghĩa là sau khi biến dạng, tiết diện vẫn coi là phẳng; (ii) Biểu đồ ứng suất trong vùng chịu nén của bê tông lấy dạng tam giác, như đối với vật thể đàn hồi; (iii) Biểu đồ ứng suất trong vùng chịu kéo của bê tông lấy dạng hình thang với ứng suất không vượt quá cường độ chịu kéo tính toán của bê tông Rbt,ser; (iv) Biến dạng tương đối của thớ chịu kéo ngoài cùng của bê tông lấy bằng giá trị giới hạn của nó khi có tác dụng ngắn hạn của tải trọng, khi biểu đồ biến dạng trong tiết diện cấu kiện với biến dạng có hai dấu (âm, dương) thì $_{bt,u}$= 0.00015, (v) Ứng suất trong cốt thép lấy phụ thuộc và biến dạng tương đối như đối với vật thể đàn hồi. Từ các giả thiết trên, sơ đồ biến dạng và ứng suất của tiết diện bê tông tại tiết diện chuẩn bị hình thành khe nứt được trình bày trên Hình 3



Hình 3. Sơ đồ ứng suất biến dạng tại tiết diện chưa nứt theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [5]

Công thức tính toán mô men nứt đối với cấu kiện chịu uốn được trình bày trong công thức (3)

$$M_{crc} = W_{pl} R_{bt,ser} \quad (3)$$

Trong đó:

$R_{bt,ser}$ là cường độ chịu kéo dọc trục của bê tông; W_{pl} là Mô men kháng uốn đàn dẻo của tiết diện đối với thớ ngoài cùng; Đối với tiết diện chữ nhật giá trị W_{pl} được tính theo công thức (4)

$$W_{pl} = 1,3 W_{red} \quad (4)$$

Trong đó W_{red} là mô men kháng uốn đàn hồi của tiết diện quy đổi được tính theo công thức (5)

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y_t} \quad (5)$$

Ired là mô men quán tính của tiết diện quy đổi của cấu kiện đối với trọng tâm của nó. Giá trị I_{red} được tính bởi công thức (6)

$$I_{red} = I + \alpha I_s + \alpha I'_s \quad (6)$$

Với I, I_s, I'_s lần lượt là mô men quán tính của tiết diện bê tông, tiết diện cốt thép chịu kéo và tiết diện cốt thép chịu nén

y_t là khoảng cách từ thớ bê tông chịu kéo nhiều nhất đến trọng tâm tiết diện quy đổi của cấu kiện. y_t được tính theo công thức (7)

$$y_t = \frac{S_{t,red}}{A_{red}} \quad (7)$$

Ở đây $S_{t,red}$ là mô men tĩnh đối với diện tích tiết diện quy đổi của cấu kiện đối với thớ bê tông chịu kéo nhiều hơn. Ở đây A_{red} và $S_{t,red}$ lần lượt là diện tích ngang quy đổi của cấu kiện và mô men tĩnh của tiết diện quy đổi của cấu kiện

2.3. Tính toán mô men hình thành khe nứt của dầm BTCT sử dụng sơ đồ biến dạng khi kéo dạng hình thang

Từ các giả thiết của TCVN 5574:2018 tại tiết diện chuẩn bị nứt. Các giá trị chiều cao vùng nén và mô men hình thành khe nứt được tiến hành tính toán thông qua việc cân bằng nội lực tại tiết diện chuẩn bị nứt. Từ tính chất của 2 tam giác đồng dạng các giá trị ứng suất bê tông vùng nén s_b, s_s', s_b, cốt thép vùng nén và cốt thép vùng kéo được tính từ các công thức (8), (9), (10)

$$\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{bt,u}} = \frac{x}{h-x} \rightarrow \frac{\sigma_b}{E_b} = \varepsilon_{bt,u}\frac{x}{h-x} \rightarrow \sigma_b = R_{bt}.\frac{x}{h-x} \quad (8)$$

$$\frac{\varepsilon_{s'}}{\varepsilon_{bt,u}} = \frac{x-a'}{h-x} \rightarrow \frac{\sigma_{s'}}{E_s} = \varepsilon_{bt,u}\frac{x-a'}{h-x} \rightarrow \sigma_{s'} = R_{bt}\alpha\frac{x-a'}{h-x} \quad (9)$$

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{bt,u}} = \frac{h-x-a}{h-x} \rightarrow \frac{\sigma_s}{E_s} = \varepsilon_{bt,u}\frac{h-x-a}{h-x} \rightarrow \sigma_s = R_{bt}\alpha\frac{h-}{} \quad (10)$$

Đặt $E_s/E_b=\alpha$ và cân bằng tổng lực dọc trên mặt cắt tiết diện dầm $\sum N = 0$ ta có phương trình (11), thay các giá trị b, s, s' vào phương trình trên ta được phương trình (12)

$$\frac{1}{2}\sigma_b.x.b + \sigma_{s'}A_{s'} = \frac{2}{3}R_{bt,ser}.(h-x).b + \sigma_s A_s \quad (12)$$

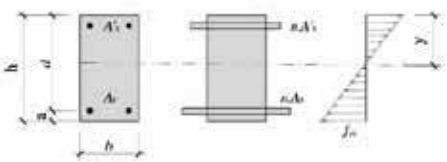
Nhân cả 2 vế với (h-x) và đưa về phương trình bậc 2 ẩn x: Ax2+Bx+C=0, với các giá trị A, B, C được tính từ công thức (13)

$$\begin{aligned} A &= b \\ B &= -\left(6\alpha A_{s'} + 6\alpha A_s + 8bh\right) \\ C &= \left(6\alpha A_s a + 4bh^2 + 6\alpha(h-a)A_s\right) \end{aligned} \quad (13)$$

Chiều cao bê tông vùng nén x là nghiệm dương của phương trình bậc 2, mô men hình thành khe nứt được tính từ công thức (14)

$$M_{crc} = \frac{1}{2}\sigma_b.xb.\frac{2}{3}x. + \sigma_{s'}.A_{s'}.(x-a') + 0.48R_{bt}.(h-x)^2.b + \quad (14)$$

2.4. Tính toán mô men hình thành khe nứt của dầm BTCT theo ACI 318-11



Hình 4. Tính toán Theo tiết diện quy đổi tương đương

Khi tính toán mô men hình thành khe nứt theo ACI 318-11, lớp cốt thép chịu nén và cốt thép chịu kéo được quy đổi về tiết diện tương đương thông qua tỷ lệ mô đun đàn hồi của thép và của bê tông, quan hệ ứng suất được lấy dạng đàn hồi (Hình 4) Chiều cao vùng nén (tính từ mép bê tông vùng nén) được tính theo công thức (15)

$$y = \frac{\frac{bh^2}{2} + nA_s'a' + nA_s d}{bh + nA' + nA_s} \quad (15)$$

Mô men quán tính quy đổi của tiết diện tương đương được tính theo công thức (16)

$$I_{gt} = \frac{bh^3}{12} + bh(\frac{h}{2} - y)^2 + nA_s'(y-a')^2 + nA_s(d-y)^2 \quad (16)$$

Dầm hình thành khe nứt khi thớ chịu kéo ngoài cùng đạt tới cường độ chịu kéo khi uốn f_r. Mô men hình thành khe nứt được tính theo công thức (17)

$$M_{cr} = f_r\frac{I_{gt}}{h-y} \quad (17)$$

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Vật liệu chế tạo và mẫu thí nghiệm xác định chỉ tiêu cơ học

Trong nghiên cứu thực nghiệm này, sử dụng bê tông cấp độ bền B22.5 độ sụt 10 ± 2 cm. Cấp phối vật liệu chế tạo bê tông được trình bày trong Bảng 1. Trong đó sử dụng Xi măng PCB 30 Hoàng Thạch; Đá dăm 1x2 (mỏ đá Kiện Khê, Hà Nam), cát vàng Sông Lô

Bảng 1. Thành phần cấp phối vật liệu chế tạo bê tông (đơn vị kg/m³)

Xi măng PCB 30 (kg)	*Cát vàng (kg)*	*Đá dăm 1 x 2 (kg)*	*Nước (kg)*
390	680	1210	185

Các chỉ tiêu cơ học của bê tông như cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn, cường độ chịu kéo khi ép chẻ và mô đun đàn hồi được tiến hành chế tạo và thí nghiệm. Chi tiết mẫu thí nghiệm được trình bày trong Bảng 2 và Hình 6

Bảng 2. Mẫu thí nghiệm xác định một số chỉ tiêu cơ lý của bê tông

Thí nghiệm	Loại mẫu	Kích thước mẫu (mm)	Số lượng (Mẫu)	Tiêu chuẩn
Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén	Mẫu trụ (DxH)	150x300	03	ASTM C39/C39M
Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi	Mẫu trụ (DxH)	150x300	03	ASTM C469/C469M
Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi uốn	Mẫu lăng trụ (bxhxL)	100x100x400	03	ASTM C78/C78M
Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi ép chẻ	Mẫu trụ (DxH	150x300	03	ASTM C496/C496M

Cốt thép sử dụng thép gai D10, D14, cốt thép được cắt và uốn theo đúng quy cách, đảm bảo chiều dày lớp bảo vệ. Ngoài cốt thép để chế tạo dầm, để lại cốt thép để xác định chỉ tiêu cơ lý của thép. Kết quả giới hạn chảy và giới hạn bền lần lượt là 320Mpa và 424Mpa.

a. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

b. Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi

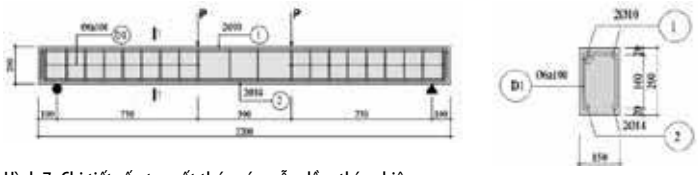
c. Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi ép chẻ

d. Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi uốn

Hình 6. Thí nghiệm xác định chỉ tiêu cơ học của bê tông

3.2. Mẫu thí nghiệm dầm bê tông cốt thép

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả chế tạo 02 dầm BTCT có kích thước bxhxL=120x200x2200 mm ký hiệu là dầm CB. Để khi thí nghiệm dầm không bị trượt khỏi 2 gối tựa, hai đầu dầm được kê sâu vào gối tựa mỗi bên 100mm, nhịp tính toán của dầm L_0=2000mm. Qua tính toán để tránh cho các mẫu dầm BTCT thí nghiệm không bị phá hoại do lực cắt, lựa chọn cốt thép dọc chịu lực vùng kéo (phía dưới dầm) là 2∅14, cốt thép dọc vùng nén (phía trên dầm) bố trí 2∅10, cốt thép đai ∅6 khoảng cách 150 mm ở vùng giữa gối tựa dầm và vị trí tác dụng tải trọng. Chi tiết cấu tạo được trình bày trên Hình 7.

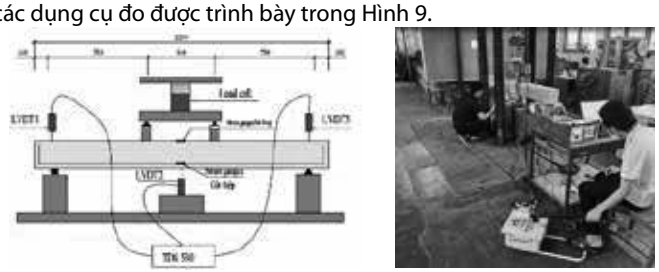


Hình 7. Chi tiết cấu tạo cốt thép các mẫu dầm thí nghiệm

Hình 8. Dầm BTCT thí nghiệm trong nghiên cứu

3.3. Sơ đồ thí nghiệm và sơ đồ bố trí dụng cụ đo

Tiến hành thí nghiệm uốn theo sơ đồ uốn bốn điểm trên sơ đồ dầm đơn giản. Dầm thí nghiệm chịu tác dụng của hai lực tập trung là P, khoảng cách từ gối tựa đến điểm đặt lực là L1 = 750 mm, khoảng cách giữa hai điểm đặt lực là L2 = 500 mm. Tải trọng được tạo ra bởi kích thủy lực và được đo đạc bằng thiết bị đo lực điện tử (load-cell). Độ võng của dầm thí nghiệm được xác định thông qua ba dụng cụ đo chuyển vị, ký hiệu là LVDT1, LVDT2 và LVDT3, bố trí tại vị trí hai gối tựa và ở giữa dầm. Đồng thời các giá trị biến dạng bê tông vùng nén, cốt thép vùng kéo và UHPC được đo đạc thông qua tem điện trở. Tất cả các thiết bị và dụng cụ đo được kết nối với bộ xử lý số liệu Data - Logger TDS 530 và máy tính để đo đạc số liệu một cách tự động và liên tục trong quá trình thí nghiệm. Mô hình bố trí các dụng cụ đo được trình bày trong Hình 9.



Hình 9. Sơ đồ thí nghiệm trong nghiên cứu

4. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

4.1. Kết quả thí nghiệm

4.1.1. Kết quả thí nghiệm các đặc trưng cơ học của vật liệu

Kết quả thí nghiệm các đặc trưng cơ học của bê tông được trình bày trong Bảng 3

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm xác định chỉ tiêu cơ học của bê tông chế tạo dầm

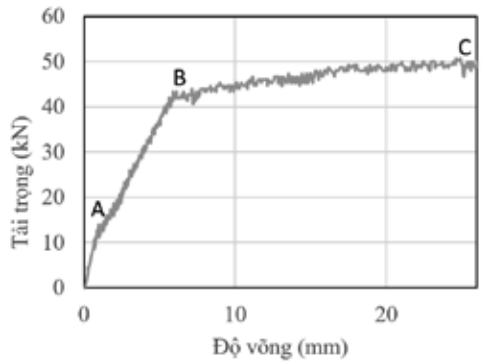
Thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm (MPa)				
		M1	M2	M3	Cường độ trung bình	Hệ số biến thiên CV (%)
Cường độ chịu nén	MPa	28,16	29,14	28,54	28,61	1,73
Mô đun đàn hồi	MPa	28700	29100	28210	28760	1,56
Cường độ chịu kéo khi uốn	MPa	3,41	3,29	3,45	3,38	2,46
Cường độ chịu kéo khi ép chẻ	MPa	2,88	2,91	2,72	2,84	3,59

Giá trị cường độ kéo trực tiếp trong nghiên cứu này được tính từ cường độ kéo trực tiếp theo công thức của EN 1992-1-1

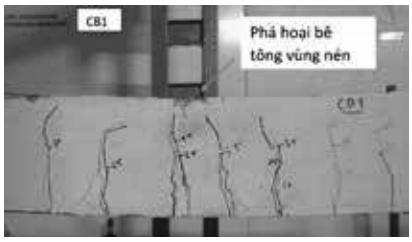
$$f_{ct} = 0,9 f_{ct,sp} \quad (18)$$

4.1.2. Kết quả thí nghiệm dầm BTCT

Hình 10 và Hình 11 trình bày mối quan hệ tải trọng độ võng của dầm thí nghiệm và dạng phá hoại của dầm thí nghiệm.

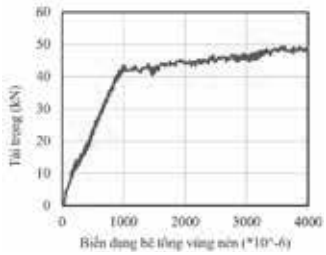


Hình 10. Quan hệ tải trọng độ võng của dầm thí nghiệm

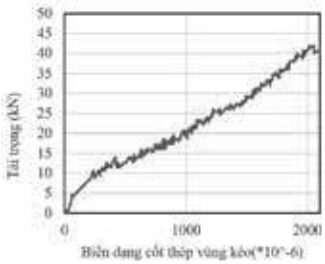


Hình 11. Dạng phá hoại của dầm thí nghiệm

Từ kết quả quan hệ tải trọng độ võng từ Hình 10 ta thấy các dầm BTCT khi chịu uốn có 3 giai đoạn làm việc chính. Giai đoạn trước nứt - OA, ở giai đoạn này quan hệ tải trọng độ võng gần như đường thẳng, dầm làm việc trong giai đoạn đàn hồi, chưa xuất hiện khe nứt. Giai đoạn AB, là giai đoạn dầm hình thành và phát triển khe nứt, thời điểm xuất hiện khe nứt đầu tiên (A) là thời điểm độ dốc của đường cong quan hệ tải trọng - độ võng bị giảm đột ngột, nguyên nhân do độ cứng của dầm giảm so với giai đoạn trước nứt, giá trị tải trọng xuất hiện khe nứt đầu tiên trong nghiên cứu này có giá trị 2P là 11,4 kN, tương ứng với 4,28 kN.m ứng với độ võng tại thời điểm này là 1,44 mm. Khi tăng tải trọng, khe nứt tiếp tục phát triển theo cả bề rộng, số lượng và chiều cao. Giai đoạn BC là giai đoạn cốt thép bắt đầu chảy dẻo, sau đó cốt thép tiếp tục chảy dẻo, chiều cao vùng nén giảm dần đến khi cường độ vùng nén đạt tới cường độ chịu nén lớn nhất của bê tông, bê tông vùng nén bị phá hoại. Dạng phá hoại của dầm là dạng phá hoại dẻo. Hình 11 trình bày dạng phá hoại của dầm trong nghiên cứu



Hình 12. Quan hệ tải trọng và biến dạng bê tông vùng nén



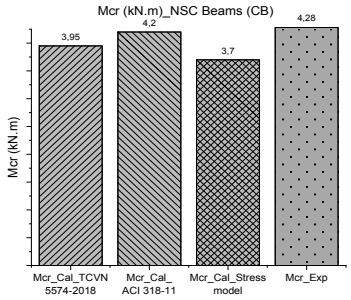
Hình 13. Quan hệ tải trọng và biến dạng cốt thép vùng kéo

Từ biểu đồ quan hệ tải trọng và biến dạng bê tông vùng nén có thể nhận thấy, biến dạng bê tông vùng nén của dầm BTCT tại thời điểm dầm bị phá hoại (bê tông vùng nén bị vỡ) của dầm thí nghiệm khoảng 0.0035 tới 0.0040. Giá trị này có xu hướng lớn hơn các giá trị biến dạng cực hạn theo TCVN 557-2018 do ảnh hưởng của cốt chịu nén, cốt đai và trạng thái làm việc ở trạng thái khi dầm chịu uốn. Trong khi giá trị biến dạng cốt thép tại thời điểm chảy dẻo khoảng 0.002

4.2. Kết quả tính toán lý thuyết và so sánh với kết quả thí nghiệm

Từ các thông số đầu vào của dầm thí nghiệm và các giá trị cường độ nén, cường độ chịu kéo khi uốn, cường độ chịu kéo trực tiếp (tính từ cường độ chịu kéo khi ép chẻ) tiến hành tính toán mô men hình thành khe nứt theo 3 phương pháp: TCVN 5574:2018, ACI 318-11 và tính theo mô hình biến dạng hai đoạn thẳng. Kết quả tính toán và kết quả thí nghiệm được trình bày trong Hình14

Từ Hình 14 cho thấy mô men nứt của dầm thí nghiệm là 4,28 kN.m, giá trị tính toán theo TCVN 5574:2018 là 3,95 kN.m, thấp hơn thực nghiệm khoảng 7,7% so với dầm thí nghiệm. Phương pháp quy đổi tiết diện tương đương ACI 318-11 cho kết quả 4,2 kN.m, sai khác khoảng 1,9%, và là giá trị gần nhất với kết quả thí nghiệm. Mặc dù phương pháp này sơ đồ ứng suất chỉ lấy dạng đàn hồi, tuy nhiên cường độ chịu kéo để tính toán mô men nứt là cường độ chịu kéo khi uốn. Trong khi đó, khi tính toán theo mô hình biến dạng, giá trị mô men nứt là 3,7 kN.m, thấp hơn thực nghiệm khoảng 13,6%. Nhìn chung, cả ba phương pháp đều dự đoán tương đối gần với giá trị thực nghiệm, trong đó ACI 318-11 thể hiện độ chính xác cao nhất, tiếp theo là TCVN 5574:2018. Mô hình ứng suất cho kết quả thấp hơn so với các tiêu chuẩn trên, tuy nhiên mức sai lệch vẫn nằm trong phạm vi chấp nhận được. Điều này cho thấy các phương pháp lý thuyết đều có thể sử dụng hiệu quả để dự đoán mô men nứt của dầm BTCT thường trong thiết kế và phân tích ban đầu.



Hình 14. Kết quả tính toán Mcr và kết quả nghiên cứu thực nghiệm

5. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tính toán mô men hình thành khe nứt bằng một số phương pháp và so sánh với kết quả thực nghiệm. Từ các kết quả thu được có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 đưa ra các giả thiết về biến dạng của bê tông vùng kéo dựa trên mô hình đơn giản hai đoạn thẳng. Tuy nhiên khi tính toán mô men hình thành khe nứt, giá trị này được tính toán thông qua sự quy đổi về mô men quán tính, đồng thời sử dụng hệ số 1,3 để quy đổi giá trị mô men kháng uốn đàn hồi sang mô men kháng uốn dẻo và sử dụng cường độ kéo trực tiếp trong tính toán. Trong khi ACI 318-11 sử dụng phương pháp quy đổi tương đương về mặt tiết diện, ứng suất lấy dạng đàn hồi và sử dụng cường độ chịu kéo khi uốn để tính toán mô men hình thành khe nứt. Cả hai tiêu chuẩn này có kết quả tính toán khá sát với nghiên cứu thực nghiệm trong nghiên cứu này.
- Khi sử dụng các giả thiết theo TCVN 5574:2018, mô hình biến dạng khi kéo dạng hình thang và tính toán mô men hình thành khe nứt thông qua việc cân bằng nội lực tại tiết diện chuẩn bị nứt, kết quả thu được khá tương đương so với 2 tiêu chuẩn trên và khá sát so với nghiên cứu thực nghiệm. Mặc dù phương pháp tính toán này khá phức tạp, tuy nhiên có thể phát triển được cho bê tông bê tông có mô hình ứng suất biến dạng khác so với bê tông thường trong việc tính toán mô men hình thành khe nứt.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội cho đề tài " Nghiên cứu ảnh hưởng của sợi thép trong việc gia cường kháng uốn dầm bê tông cốt thép bằng bê tông chất lượng siêu cao", mã số 10-2025/KHXD-TĐ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. N. T. P. N. T. T. V. M. T. Phan Quang Minh, Kết cấu bê tông cốt thép (Phần cấu kiện cơ bản). Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2021.

[2] PGS.TS Nguyễn Trung Hiếu, Hư hỏng sửa chữa gia cường kết cấu công trình phần kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu gạch đá. NXB Xây dựng, 2023.

[3] "James K. Wight, James G. MacGregor-Reinforced Concrete_ Mechanics and Design, 6th Edition-Prentice Hall (2011)".

[4] P. T. Tùng, P. Quang Đạo, Đ. Văn Tùng, and N. V. Quang, "Kết quả nghiên cứu và ứng dụng nghiên cứu sự hình thành và mở rộng khe nứt thẳng góc trong dầm bê tông cốt thép khi chịu tác dụng của tải trọng ngắn hạn".

[5] TCVN 5574-2018 - Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. 2018.

[6] ACI committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318M-11). 2011.

■Ngày nhận bài: 16/11/2025 ■Ngày sửa bài: 25/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/12/2025

Thiết kế thanh thành mỏng theo TCVN 5575:2024

Design of Thin-Walled beams according to TCVN 5575:2024

> TRẦN TẤN HUY
Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng TP.HCM
Email: trantanhuy@tdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 - Thiết kế kết cấu thép là một bước cập nhật quan trọng so với phiên bản 2012, trong đó lần đầu tiên ứng xử xoắn vênh và Bimoment được đưa vào công thức kiểm tra bền tiết diện. Tuy nhiên, tiêu chuẩn chưa trình bày chi tiết cơ sở lý thuyết và phương pháp xác định các đại lượng liên quan, gây khó khăn cho việc áp dụng trong thực tế, đặc biệt đối với các cấu kiện thép thành mỏng có tiết diện hở. Bài báo này trình bày cơ sở lý thuyết của xoắn thuần túy và xoắn vênh, làm rõ vai trò của tâm uốn, tâm cắt và Bimoment trong trạng thái ứng suất của cấu kiện. Các đặc trưng xoắn quan trọng của tiết diện như hằng số xoắn, hằng số vênh và tọa độ quạt được tổng hợp, từ đó xây dựng quy trình tính toán và kiểm tra bền thanh thành mỏng theo TCVN 5575:2024. Thông qua các ví dụ tính toán xà gồ mái với tiết diện chữ Z và chữ C, kết quả cho thấy ảnh hưởng của ứng suất do xoắn vênh là đáng kể và có thể chi phối điều kiện bền của tiết diện, đặc biệt đối với các tiết diện có tâm cắt nằm xa trọng tâm và khả năng chống xoắn kém.

Từ khóa: Bimoment - xoắn vênh, đặc trưng xoắn, TCVN 5575:2024, thanh thành mỏng.

ABSTRACT

TCVN 5575:2024 - Design of Steel Structures represents a significant update compared to the 2012 version, in which warping torsion behavior and bimoment are introduced for the first time into the sectional strength verification equations. However, the standard does not provide detailed theoretical explanations or clear procedures for determining the related parameters, which causes difficulties in practical application, especially for thin-walled steel members with open cross-sections.This paper presents the theoretical background of Saint-Venant torsion and warping torsion, clarifying the roles of the centroid, shear center, and bimoment in the stress state of structural members. Important torsional characteristics of cross-sections, such as the torsional constant, warping constant, and sectorial coordinate, are summarized, based on which a systematic procedure for the analysis and strength verification of thin-walled members according to TCVN 5575:2024 is established. Through numerical examples of roof purlins with Z and C cross-sections, the results indicate that stresses induced by warping torsion can be significant and may govern the strength condition of the section, particularly for cross-sections with a large eccentricity between the shear center and centroid and low torsional stiffness.

Keywords: Bimoment - Warping torsion, torsional properties, TCVN 5575:2024, thin-walled sections.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 - Thiết kế kết cấu thép, có hiệu lực từ ngày 24/12/2024, đánh dấu một bước cập nhật quan trọng so với phiên bản trước là TCVN 5575:2012. Phiên bản mới đã bổ sung và làm rõ nhiều nội dung quan trọng mà trước đây chưa được đề cập hoặc chỉ nêu một cách khái quát, như: phân cấp cấu kiện và phân cấp kết cấu, hệ số độ tin cậy, thiết kế bu lông neo, cũng như ứng xử xoắn của cấu kiện thép trong tính toán bền [1,2].

Đáng chú ý, khái niệm Bimoment (moment xoắn vênh) lần đầu tiên được đưa vào công thức kiểm tra bền tiết diện trong tiêu chuẩn. Tuy nhiên, tài liệu tiêu chuẩn chưa trình bày chi tiết cơ sở lý thuyết cũng như phương pháp xác định đại lượng này, gây không ít khó khăn cho người thiết kế khi áp dụng trong thực tế.

Trong bài báo này, tác giả trình bày cơ sở lý thuyết và quy trình tính toán thanh thành mỏng có xét đến ứng xử xoắn vênh, đồng thời minh họa bằng ví dụ tính toán cụ thể, nhằm làm rõ ảnh hưởng của Bimoment trong thiết kế theo TCVN 5575:2024.

2. KHÁI NIỆM BIMOMENT (B_w) VÀ ỨNG XỬ XOẮN CỦA TIẾT DIỆN

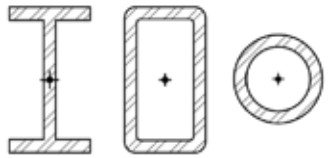
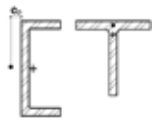
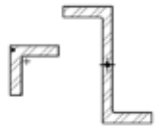
2.1. Tâm uốn và tâm cắt

Tâm uốn (Centroid) là điểm đặc trưng cho sự phân bố hình học của tiết diện ngang. Khi cấu kiện chịu uốn thuần túy, ứng suất pháp trên tiết diện phân bố đối xứng quanh điểm này. Tâm cắt (Shear center) là điểm duy nhất trên tiết diện mà nếu lực cắt đi qua, cấu kiện chỉ chịu uốn thuần túy mà không phát sinh moment xoắn phụ.

Khi tải trọng tác dụng lệch khỏi tâm cắt, cấu kiện sẽ đồng thời chịu uốn và xoắn [3].

Vị trí tương đối giữa tâm uốn và tâm cắt phụ thuộc vào hình dạng tiết diện và được tổng hợp cho một số tiết diện điển hình trong Bảng 1.

Bảng 1. Vị trí tâm uốn và tâm cắt của một số tiết diện thông dụng

		
a) Tiết diện đối xứng kép	*b) Tiết diện đối xứng đơn.*	*c) Tiết diện không đối xứng.*
***Chú thích**: (+): Tâm uốn; (•): Tâm cắt*		

2.2. Phân loại ứng xử xoắn

Ứng xử xoắn của tiết diện được phân thành hai thành phần [3]:

$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$

Trong đó:

• Xoắn thuần túy (St. Venant torsion - $T_{t,Ed}$) phát sinh khi cấu kiện chịu moment xoắn dọc trục mà không kèm theo uốn hoặc lực cắt.

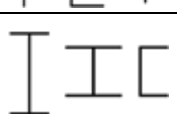
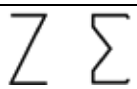
• Xoắn vênh (Warping torsion - $T_{w,Ed}$): xuất hiện khi tải trọng ngang không đi qua tâm cắt, gây ra moment xoắn vênh, còn gọi là Bimoment (ký hiệu B hoặc B_w).

Khác với xoắn thuần túy, xoắn vênh gây ra biến dạng vênh của tiết diện tại hai đầu cấu kiện, dẫn đến trạng thái ứng suất phức tạp hơn, đặc biệt đối với các tiết diện thép thành mỏng [4,5].

2.3. Đặc điểm của thép thành mỏng

Thép thành mỏng (t ≤ 4 mm) thường có tiết diện hở và tâm cắt nằm bên ngoài tiết diện. Do đó, rất khó để bố trí tải trọng đi đúng qua tâm cắt, khiến cấu kiện luôn chịu ảnh hưởng đáng kể của Bimoment [3,4]. Ngược lại, các tiết diện kín (ống tròn, ống hộp) hoặc thép cán nóng có thành dày (t > 4 mm) thường có độ cứng xoắn lớn, nên ảnh hưởng của xoắn vênh có thể bỏ qua trong nhiều trường hợp [3,4].

Bảng 2. Ứng xử của xoắn thuần túy và xoắn vênh trong các tiết diện khác nhau [3]

Loại tiết diện	Hình dạng	Xoắn thuần túy (St Venant)	Xoắn vênh (Warping)
Ống rỗng tròn		✓	-
Ống rỗng chữ nhật và elip		✓	X
Thép góc, chữ T và chữ thập		✓	X
Tiết diện hai cánh (cán nóng và tổ hợp)		✓	✓
Tiết diện mỏng tạo hình nguội		X	✓
Chú thích: (✓) = đáng kể; (X) = không đáng kể; (-)= không có.			

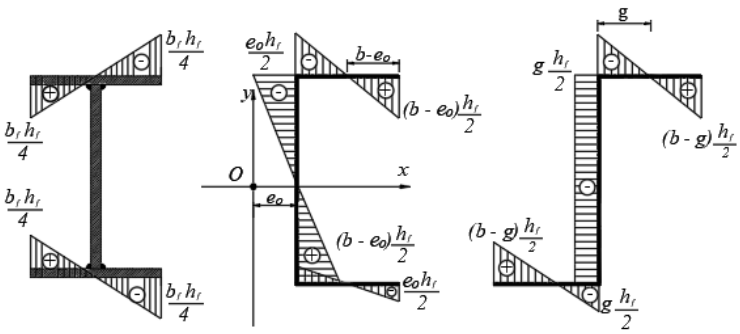
Giá trị Bimoment (B_W) của một vài sơ đồ tính dầm đơn giản được xác định theo Bảng 4.

Theo TCVN 5575:2024, đối với dầm cấp 1 chịu đồng thời moment uốn trong hai mặt phẳng chính và Bimoment, điều kiện kiểm tra bền được viết dưới dạng:

$$\frac{M_x}{I_{xn} f_{yd} \gamma_c} y \pm \frac{M_y}{I_{yn} f_{yd} \gamma_c} x \pm \frac{B.\omega}{I_{\omega n} f_{yd} \gamma_c} \le 1$$

Có thể nhận thấy, công thức này là biến đổi của công thức kiểm tra ứng suất trên tiết diện thanh ở giai đoạn làm việc đàn hồi:

$$\sigma = \sigma_x \pm \sigma_y \pm \sigma_\omega = \frac{M_x}{W_{xn}} \pm \frac{M_y}{W_{yn}} \pm \frac{B.\omega}{I_{\omega n}} \le f_{yd} \gamma_c$$



Hình 1. Biểu đồ tọa độ quạt ω và ứng xuất xoắn tương ứng khi tiết diện bị xoắn vênh

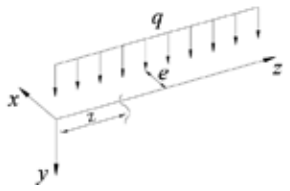
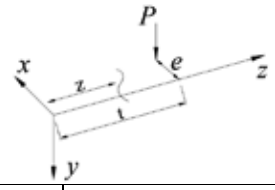
3. ĐẶC TRƯNG XOẮN CỦA MỘT SỐ TIẾT DIỆN NGANG THÔNG THƯỜNG

Liên quan đến ứng xử xoắn của tiết diện hở cần kể đến các hằng số đặc trưng như I_t (moment quán tính xoắn), hằng số vênh I_w (moment quán tính quạt), độ lệch tâm cắt e_0 (khoảng cách từ tâm uốn đến tâm bản bụng) và giá trị tọa độ quạt ω. Các đại lượng này có thể tra trong catalogue của các đơn vị sản xuất hoặc tính xấp xỉ theo các công thức được tổng hợp trong Bảng 3.

Bảng 3. Đặc trưng xoắn của một số tiết diện thông dụng

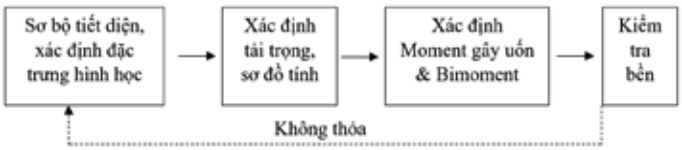
Tiết diện / Đặc trưng	I	C (Thông thường $t_w = t_f = t$)	Z (Thông thường $t_w = t_f = t$)
I_t (mm⁴)	$\frac{2b_f t_f^3 + h_w t_w^3}{3}$	$\frac{(2b_f + h_w)t^3}{3}$	$\frac{(2b_f + h_w)t^3}{3}$
I_w(mm⁶)	$\frac{I_y h_f^2}{4} \approx \frac{b_f^3 h_f^2 t_f}{24}$	$\frac{b_f^2 h_f^2 t(b_f - 3E_o)}{6} + E_0^2 I_x$ Với : $E_0 = \frac{2e_o + t}{2}$	$\frac{b_f^3 h_f^2 t}{12}\left[\frac{b_f + 2h_w}{2b_f + h_w}\right]$
e_0	0	$\frac{b_f^2}{2b_f + h_w/3}$	0
ω_{max} (mm²)	$\frac{b_f h_f}{4}$	$\max(b - e_0; e_0)\frac{h_f}{2}$	$\max(b - g; g)\frac{h_f}{2}$ Với : $g = \frac{b_f^2}{2b_f + h_w}$

Bảng 4. Công thức tính Bimoment theo sơ đồ và dạng tải trọng [4,5]

	Tải tập trung	
Tải phân bố đều 		
	Khi 0 ≤ z ≤ t	**Khi t ≤ z ≤ *l***
Dầm 1 nhịp, 2 đầu gối		
$B=-\frac{m}{k^2}\left(1-\frac{ch\left(k\left(\frac{l}{2}-z\right)\right)}{ch\frac{kl}{2}}\right)$	$B=-\frac{P.e}{k}\frac{1}{sh(kl)}.sh(kz)sh(k(l-t))$	$B=-\frac{P.e}{k}\frac{1}{sh(kl)}.sh(kt)sh(k(l-z))$
Dầm 1 nhịp, 2 đầu ngàm		
$B=-\frac{m}{k^2}\left(1-\frac{kl}{2}\frac{ch\left(k\left(z-\frac{l}{2}\right)\right)}{sh\frac{kl}{2}}\right)$	$B=B_0ch(kz)+\frac{1}{k}M_{z0}sh(kz)$	$B=B_0ch(kz)+\frac{1}{k}M_{z0}sh(kz)+\frac{1}{k}L_tsh(k(z-t))$
	$B_0=-\frac{t+(l-t)ch(kl)+\frac{1}{k}sh(kt)-\frac{1}{k}sh(kl)+\frac{1}{k}sh(k(l-t))-lch(k(l-t))}{2ch(kl)-klsh(kl)-2}L_t$ $M_{z0}=\frac{1+sh(kl)k(l-t)-ch(kl)+ch(kt)-ch(k(l-t))}{2ch(kl)-klsh(kl)-2}L_t$	
Dầm 1 nhịp, 1 đầu ngàm - 1 đầu gối		
$B=\frac{m}{k^2}[1-ch(k(l-z)+sh(k(l-z))\times$ $\times\frac{1+kl.sh(kl)-ch(kl)-\frac{k^2l^2}{2}}{kl.ch(kl)-sh(kl)}]$	$B=B_0ch(kz)+\frac{1}{k}.M_{z0}sh(kz)$	$B=B_0ch(kz)+\frac{1}{k}.M_{z0}sh(kz)+\frac{1}{k}L_tsh(k(z-t))$
	$B_0=-\frac{\frac{1}{k}(l-t)sh(kl)-\frac{1}{k}sh(k(l-t))}{\frac{1}{k}sh(kl)-l.ch(kl)}L_t\ \&\ M_{z0}=\frac{(l-t)ch(kl)-\frac{1}{k}sh(k(l-t))}{\frac{1}{k}sh(kl)-l.ch(kl)}L_t$	
Dầm console		
$B=\frac{m}{k^2ch(kl)}[kl.sh(k(l-z))-$ $-ch(kl)+ch(kz)]$	$B=B_0ch(kz)+\frac{1}{k}.M_{z0}sh(kz)$	$B=B_0ch(kz)+\frac{1}{k}.M_{z0}sh(kz)+\frac{1}{k}L_tsh(k(z-t))$
	$B_0=-\frac{1}{k}\frac{L_t}{ch(kl)}\left[sh(k(l-t))-sh(kl)\right]\&\ M_{Z0}=-L_t=-Pe$	

Ghi chú :
m = qe: tải trọng gây xoắn phân bố đều trên thanh;L_t = Pe : Moment xoắn tập trung;
e : khoảng cách giữa tâm uốn và lực tác dụng (độ lệch tâm)
$sh(x)=\sinh(x)=\frac{e^x-e^{-x}}{2};ch(x)=\cosh(x)=\frac{e^x+e^{-x}}{2}$ *: hàm số sin hyperbolic và cos hyperbolic.*

Tổng kết quy trình thiết kế thanh thành mỏng như sau:



Hình 2. Quy trình tính toán, thiết kế thanh thành mỏng

4. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

a/ Xét một xà gồ mái tiết diện chữ Z, có các đặc trưng hình học như trong bảng, được làm từ thép tấm S235 có f_{yd} = 21,4 kN/cm²; G = 7900 kN/cm²; E = 20600 kN/cm².

L = 8m, q = 2kN/m, độ nghiêng mái dốc 10% (α = 5,71°), hệ số điều kiện làm việc γ_c= 0,9.

Z (HxExFxLxt) = (250x78x72x20x3)									
Trọng tâm		Diện tích	Trọng lượng	Momen quán tính		Momen chống uốn		Bán kính quán tính	
x_0	y_0	S	P	I_x	I_y	W_x	W_y	R_x	R_y
mm		mm²	Kg/m	cm⁴		cm³		mm	
2,74	123,2	1260	9,89	1153,326	120,184	90,982	15,968	95,7	30,9

Đặc trưng xoắn của tiết diện

Xem $h_w = h_f = h = 25$ cm

$$I_t = \frac{\left(2b_f + h_w\right)t^3}{3} = 0,365cm^4$$

$$I_\omega = \frac{b_f^3 h_f^2 t}{12}\left[\frac{b_f + 2h_w}{2b_f + h_w}\right] = 10556cm^6$$

$$k = \sqrt{\frac{GI_t}{EI_w}} = \sqrt{\frac{79000 \times 0,365}{206000 \times 10556}} = 0,00364cm^{-1}$$

$$g = \frac{b_f^2}{2b_f + h_w} = \frac{7,8^2}{2 \times 7,8 + 25} = 1,5$$

$$\omega_{max} = \max(b - g; g)\frac{h_f}{2} = \max\left(18,73; 78,75\right)cm^2$$

Xem xà gồ là 1 thanh thành mỏng nhịp 8m, sơ đồ tính dầm đơn giản 1 nhịp, 2 đầu là gối tựa.

Moment uốn lớn nhất tại giữa nhịp:

$$M_y = \frac{q_x L^2}{8} = \frac{(q\sin\alpha)L^2}{8} = \frac{2 \times \sin(5,71^0) \times 8^2}{8} = 1,592kNm = 159,2(kNcm)$$

$$M_x = \frac{q_y L^2}{8} = \frac{(qcos\alpha)L^2}{8} = \frac{2 \times cos(5,71^0) \times 8^2}{8} = 15,92kNm = 1592(kNcm)$$

Bimoment gây ra bởi q_y và độ lệch tâm $e = x_0 = 0,274$ cm được phân bố dọc theo chiều dài dầm:

$$B = -\frac{m}{k^2}\left(1 - \frac{ch\left(k\left(\frac{l}{2} - z\right)\right)}{ch\frac{kl}{2}}\right) \rightarrow B_{max}\left(z = 4m\right) = \frac{qe}{k^2}\left(1 - \frac{1}{ch\frac{kl}{2}}\right) = 230,6(kNcm^2)$$

Bimoment gây ra bởi $q_x \approx 0,002$ kN/cm và độ lệch tâm e = 0,25/2 - 0,123 = 0,002 cm rất nhỏ, có thể bỏ qua.

Ứng suất pháp lớn nhất tại giữa nhịp, ta tính tại 4 điểm 1,2,3,4 trình bày trong bảng sau

	ω (cm²)	σ_x (kN/cm²)	σ_y (kN/cm²)	σ_ω (kN/cm²)	σ_{total} (kN/cm²)
Điểm 1	78,75	-17,50	9,97	1,72	-5,81
Điểm 2	-18,73	-17,50	0,00	-0,41	-17,91
Điểm 3	-18,73	17,50	0,00	-0,41	17,09
Điểm 4	78,75	17,50	-9,97	1,72	9,25

Như vậy ta có ứng suất nén lớn nhất tại điểm 2 và ứng suất kéo lớn nhất tại điểm 3 đều nhỏ hơn ứng suất cho phép $f_{yd}\gamma_c = 19,26$ kN/cm²

→ Tiết diện đảm bảo điều kiện bền do ứng suất pháp

b/ Khi thay đổi tiết diện thành xà gồ chữ C (250x65x20x3), ta có các đặc trưng hình học như sau

Trọng tâm		Diện tích	Trọng lượng	Momen quán tính		Momen chống uốn		Bán kính quán tính	
x_0	y_0	S	P	I_x	I_y	W_x	W_y	R_x	R_y
mm		mm²	Kg/m	cm⁴		cm³		mm	
1,561	125	1224	9,61	1062,2	57,38	84,976	11,617	94,1	21,9

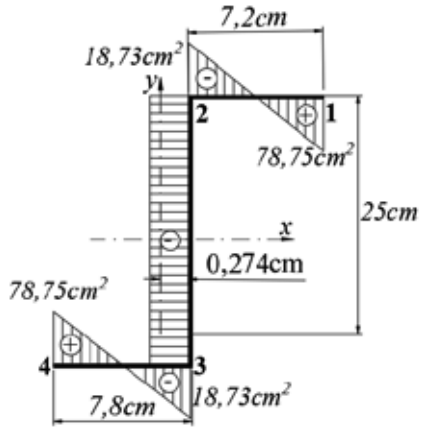
Các đặc trưng xoắn:

$I_t = 0,342$ cm⁴, $I_w = 280,939$ cm⁶, $k = 0,0216$ cm⁻¹, ω_{max} = max(1,95;79,30) cm².

Moment uốn lớn nhất tại giữa nhịp : $M_y = 159,2$kN cm và $M_x = 1592$ kN cm

Bimoment gây ra bởi q_y và độ lệch tâm e = 6,5/2 - 0,1561 = 3,09 cm

$$B_{max}\left(z = 4m\right) = \frac{qe}{k^2}\left(1 - \frac{1}{ch\frac{kl}{2}}\right) = 132,33(kNcm^2)$$

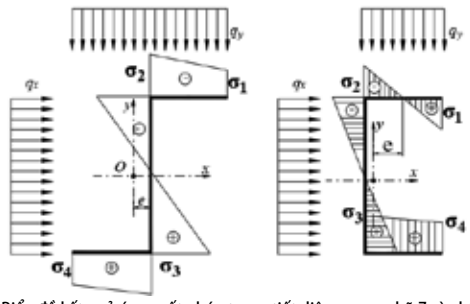


Hình 3. Tiết diện xà gồ chữ Z và biểu đồ diện tích quạt

Ứng suất pháp lớn nhất tại giữa nhịp, ta tính tại 4 điểm 1,2,3,4 trình bày trong bảng sau

	ω (cm²)	σ_x (kN/cm²)	σ_y (kN/cm²)	σ_ω (kN/cm²)	σ_{total} (kN/cm²)
Điểm 1	79,30	-18,73	13,70	37,35	32,32
Điểm 2	-1,95	-18,73	-13,70	-0,92	-33,36
Điểm 3	79,30	18,73	-13,70	37,35	42,38
Điểm 4	-1,95	18,73	13,70	-0,92	31,52

Dễ nhận thấy ứng suất pháp tại 4 điểm đều lớn hơn ứng suất cho phép → Tiết diện không bền, cần chọn lại một tiết diện lớn hơn hoặc dùng Mác thép cao hơn.



Hình 4. Biểu đồ kết quả ứng suất pháp trong tiết diện ngang chữ Z và chữ C

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày quy trình tính toán thanh thành mỏng theo TCVN 5575:2024 có xét đến ứng xử xoắn vênh, giúp xác định đầy đủ trạng thái ứng suất phức tạp của cấu kiện chịu uốn và xoắn đồng thời.

Thông qua ví dụ tính toán, có thể thấy rằng ứng suất do xoắn vênh (Bimoment) có thể chiếm tỷ trọng lớn trong tổng ứng suất, đặc biệt đối với tiết diện thép thành mỏng dạng chữ C. Do đó, trong thiết kế theo tiêu chuẩn mới, việc xét đầy đủ ảnh hưởng của Bimoment là cần thiết, nhằm lựa chọn tiết diện hợp lý và đảm bảo an toàn cho kết cấu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. A.F.Hughes, D.C.Iles and A.S.Malik. Design of Steel Beams in Torsion, Steel Construction Institute (2011).

[2]. С. М. Тихонов, В. Н. Алехин, З. В. Беляева, "Проектирование металлических конструкций", Изд Перо, 2020.

[3]. Nguyễn Hồng Sơn. Một số vấn đề khi thiết kế kết cấu tạo hình nguội theo EN 1993-1-3. Tạp chí Xây dựng (2023).

[4]. TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động, 2023.

[5]. TCVN 5575:2024. Thiết kế kết cấu thép, 2024.

■Ngày nhận bài: 21/11/2025 ■Ngày sửa bài: 01/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 11/12/2025

Phân tích nguyên nhân và biện pháp xử lý vết nứt của tường chắn bê tông tại dự án đường tuần tra biên giới tỉnh Cao Bằng

Analysis of causes and remedial measures for cracks in concrete retaining walls at the border patrol road project in Cao Bang Province

> THS NGUYỄN THANH TRƯỜNG
Viện Kỹ thuật Công binh, Binh chủng Công binh
Email: thanhtruong.ppc@gmail.com

TÓM TẮT

Tường chắn trọng lực bê tông là kết cấu quan trọng bảo đảm ổn định mái dốc và nền đường. Trong quá trình thi công và khai thác, tường chắn chịu tác động tổng hợp của áp lực đất, áp lực nước ngầm và biến thiên nhiệt độ, dễ phát sinh vết nứt làm giảm khả năng chịu lực và độ bền. Thực hiện nghiên cứu trên tường chắn thuộc dự án Đường tuần tra biên giới tỉnh Cao Bằng, được thi công vào mùa đông làm gia tăng chênh lệch nhiệt giữa bên trong và bề mặt bê tông, ảnh hưởng đến ổn định kết cấu và sự hình thành vết nứt. Khảo sát được tiến hành bằng phương pháp siêu âm phẳng để xác định độ sâu và hướng phát triển của vết nứt. Kết quả cho thấy, vết nứt tập trung ở lớp bê tông ngoài, có xu hướng nghiêng dọc thân tường, hình thành do nhiệt thủy hóa, co ngót vật liệu và phân bố ứng suất không đều. Bài báo đưa ra giải pháp sửa chữa vết nứt bằng bơm vữa áp lực tĩnh, kiểm soát nhiệt độ thi công, giảm tốc độ thủy hóa xi măng và duy trì bảo dưỡng ẩm hợp lý, nhằm hạn chế ứng suất kéo và ngăn ngừa sự phát triển vết nứt. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc đánh giá và xử lý nứt tường chắn trong thi công.

Từ khóa: Nguyên nhân gây nứt tường chắn bê tông; khảo sát; đánh giá vết nứt nông tường chắn bê tông.

ABSTRACT

Concrete gravity retaining walls are essential structures ensuring the stability of slopes and road foundations. During construction and service, these walls are subjected to the combined effects of earth pressure, groundwater pressure and temperature variations, which may lead to cracking and a reduction in strength and durability. This study investigates a retaining wall section from the Border Patrol Road Project in Cao Bang Province, constructed during the winter season when significant temperature differences between the concrete core and surface adversely affected structural stability and crack formation. Field investigations were conducted using the planar ultrasonic testing method to determine the depth and propagation direction of cracks. The results indicate that cracks were concentrated within the outer concrete layer, exhibiting an inclined pattern along the wall body. These cracks were primarily caused by cement hydration heat, material shrinkage and uneven stress distribution. Remedial measures proposed include static-pressure grout injection, construction temperature control, reduction of cement hydration rate and proper moisture curing to minimize tensile stress and prevent further crack propagation. The findings provide both scientific and practical foundations for the evaluation and treatment of cracking in the construction of concrete retaining walls.

Keywords: Causes of cracking in concrete retaining walls; investigation and evaluation of surface cracks in concrete retaining walls.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các công trình hạ tầng, giao thông ở Việt Nam hiện nay, tường chắn trọng lực bê tông được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng chịu lực lớn, độ bền cao và ổn định lâu dài. Nó đóng vai trò quan trọng trong việc chống đỡ mái dốc, ta-luy, hố đào sâu và bảo vệ nền đường. So với các dạng kết cấu khác, tường chắn bê tông có khả năng chịu tải trọng đất và nước ngầm hiệu quả, ít biến dạng, tuổi thọ cao và bảo trì thuận tiện, nên được xem là giải pháp gia cố hiệu quả trong các công trình giao thông. Tuy nhiên, trong quá trình thi công và khai thác, tường chắn bê tông dễ phát sinh vết nứt do chịu tác động đồng thời của tải trọng không đều của áp lực đất, sự thay đổi nhiệt độ và co ngót vật liệu. Các vết nứt này không chỉ ảnh hưởng đến tính toàn khối và khả năng chống thấm của kết cấu, mà còn tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định cục bộ nếu không được xử lý kịp thời. Đặc biệt, các loại tường chắn bê tông thi công trong môi trường nhiệt độ thấp có nguy cơ cao xảy ra hiện tượng nứt do sự chênh lệch nhiệt độ lớn giữa bên trong và bề mặt bê tông. Đây là dạng hư hỏng đặc trưng, phản ánh sự mất cân bằng ứng suất kéo - nén trong quá trình thi công và bảo dưỡng, cần được nghiên cứu và đánh giá để đưa ra giải pháp khắc phục phù hợp.

Thời gian thực hiện nghiên cứu tại dự án Đường tuần tra biên giới tỉnh Cao Bằng, nơi có điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa. Tường chắn trọng lực bê tông thuộc dự án được thi công với bê tông mác 200, trong điều kiện nhiệt độ môi trường dao động từ 8 - 15°C. Sau 5 ngày tháo cốp-pha, tại mặt phía trước của tường chắn đã xuất hiện một số vết nứt ngang dọc theo thân tường, cho thấy có dấu hiệu phân bố ứng suất không đều và co ngót cục bộ do nhiệt độ. Hiện tượng này được xem là cơ sở thực tế để tiến hành khảo sát, đo kiểm tra bằng siêu âm phẳng và phân tích nguyên nhân hình thành vết nứt, từ đó đưa ra giải pháp xử lý và phòng ngừa phù hợp với các công trình thi công trong điều kiện khí hậu tương tự.

2. NGUYÊN LÝ VÀ PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA VẾT NỨT BÊ TÔNG

2.1. Nguyên lý kiểm tra

Việc kiểm tra vết nứt trong bê tông được thực hiện bằng các phương pháp như siêu âm phẳng. Đây là phương pháp được sử dụng phổ biến do có khả năng phản ánh chính xác cấu trúc bên trong vật liệu. Nguyên lý của phương pháp này dựa trên sự truyền và phản xạ của sóng âm: Khi đặt đầu dò phát và đầu dò thu ở hai bên vị trí nghi ngờ có vết nứt, nếu trong khối bê tông tồn tại khe rỗng hoặc gián đoạn, sóng phát sẽ bị cản trở, phản xạ yếu hoặc mất tín hiệu. Thông qua việc phân tích tín hiệu thu nhận, thời gian lan truyền và cường độ phản hồi, có thể xác định chiều sâu, vị trí và hình thái vết nứt. Dựa trên đặc điểm thực tế của công trình tường chắn tại Dự án Đường tuần tra biên giới tỉnh Cao Bằng, cùng điều kiện nhân lực và thiết bị hiện có, bài báo này sử dụng phương pháp siêu âm phẳng để tiến hành kiểm tra và đánh giá vết nứt tường chắn bê tông.

2.2. Thiết bị và phương pháp kiểm tra

2.2.1. Thiết bị kiểm tra

Công tác kiểm tra vết nứt trong tường chắn bê tông được thực hiện bằng thiết bị siêu âm F800, được cấu tạo chủ yếu từ bộ phát - thu siêu âm phẳng, đầu dò hình ảnh và bộ xử lý tín hiệu như minh họa ở Hình 1.

Hình 1. Máy đo chiều rộng và chiều sâu vết nứt bê tông F800

Trong quá trình kiểm tra, thiết bị được hiệu chuẩn theo mẫu chuẩn bê tông, kết hợp các dụng cụ phụ trợ như thước đo, dầu truyền âm, bút đánh dấu, sổ ghi dữ liệu và nhiệt kế hiện trường nhằm đảm bảo độ chính xác và tính ổn định của phép đo.

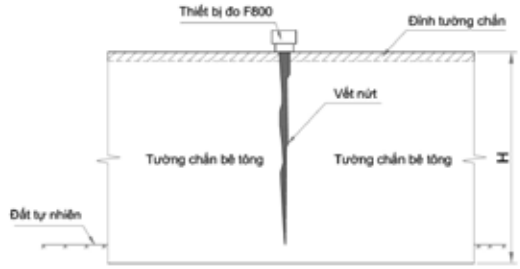
2.2.2. Phương pháp kiểm tra

Sau khi hiệu chỉnh đầu dò siêu âm bằng F800, hình ảnh chụp được sẽ được nhận dạng bề rộng vết nứt để hiệu chỉnh độ chính xác của máy trước khi tiến hành đo thực tế.

Khi khảo sát hiện trường, phép đo được thực hiện lặp lại nhiều lần và đo chéo giữa các điểm, nhằm giảm sai số và đảm bảo độ tin cậy của kết quả. Sai số đo được khống chế trong phạm vi ±5%, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của thí nghiệm hiện trường.

Khi tiến hành kiểm tra vết nứt trong bê tông, thiết bị đo được đặt vuông góc với bề mặt kết cấu, đồng thời thu nhận và ghi lại tín hiệu sóng phản hồi. Dữ liệu được xử lý tự động, hiển thị chiều sâu, chiều rộng và hướng phát triển của vết nứt. Các kết quả đo được lưu trữ và xuất báo cáo ngay trên thiết bị.

Khi đo chiều rộng vết nứt, camera gắn trên đầu dò truyền hình ảnh trực tiếp về màn hình hiển thị của máy (Hình 2). Sau khi ảnh được làm rõ, thiết bị tự động nhận dạng biên vết nứt, xác định bề rộng và lưu lại kết quả. Trường hợp cần thiết, người vận hành có thể hiệu chỉnh và đọc giá trị thủ công để tăng độ chính xác.



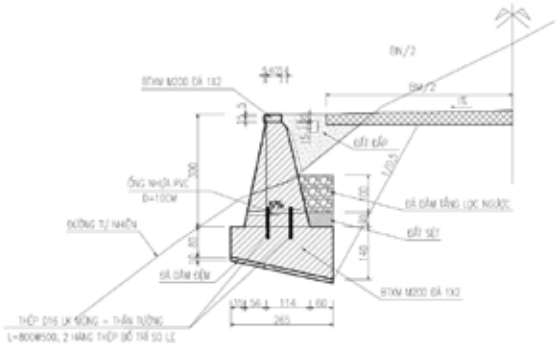
Hình 2. Sơ đồ minh hoạ đo vết nứt trong tường chắn trọng lực bê tông

Khi đo độ sâu vết nứt, đặt bộ phát và bộ thu năng lượng siêu âm ở hai vị trí đối xứng hai bên vết nứt cần kiểm tra, giữa bề mặt thiết bị và tường bê tông cần sử dụng chất kết dính để đảm bảo cường độ tín hiệu thu nhận. Nhấn nút khởi động của thiết bị để lấy mẫu đo vết nứt; khi giá trị độ sâu vết nứt thay đổi, nhấn nút lưu để ghi lại các thông tin liên quan của vết nứt.

3. PHÂN TÍCH XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN VÀ NGUYÊN NHÂN HÌNH THÀNH VẾT NỨT TƯỜNG CHẮN

3.1. Phân tích dữ liệu vết nứt

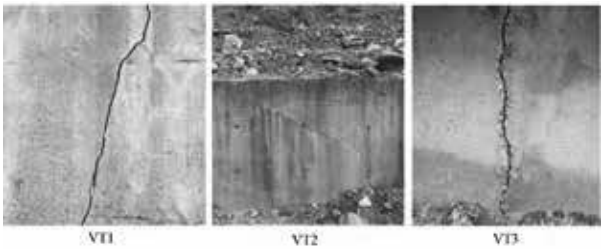
Bài báo chọn 3 vị trí tường chắn bê tông của dự án xảy ra hiện tượng nứt, chiều cao tường chắn từ 1 - 3 m có cấu tạo như Hình 3 làm đối tượng phân tích.



Hình 3. Cấu tạo tường chắn bê tông (đơn vị bản vẽ cm)

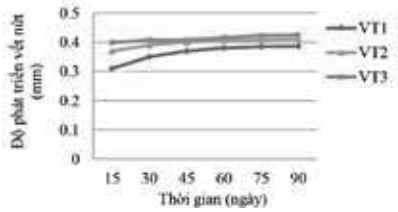
Hiện trạng của các đoạn tường chắn phạm vi này có xuất hiện các dạng vết nứt nghiêng khác nhau dọc theo thân tường từ phía

trên đỉnh tường đang có xu hướng phát triển xuống phần thân của tường chắn.



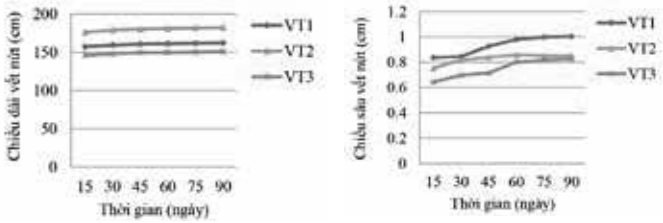
Hình 4. Các dạng nứt nghiêng tường chắn trọng lực bê tông tại đường TTBG tỉnh Cao Bằng

Các vị trí đo được đánh số lần lượt VT1, VT2 và VT3. Công tác đo thực hiện đợt đầu tiên bắt đầu từ ngày 18/11/2024, chu kỳ đo 15 ngày/lần, kéo dài trong 90 ngày. Kết quả đường cong biến thiên vị trí vết nứt thể hiện ở Hình 5, còn đường cong biến thiên chiều dài và độ sâu thể hiện ở Hình 6.



Hình 5. Kết quả đo độ phát triển vết nứt

Từ Hình 5 có thể thấy, độ phát triển vết nứt nằm trong khoảng 0,31 - 0,42 mm, phần lớn vết nứt có độ phát triển 0,39 mm. Theo thời gian, mức phát triển giảm dần và đạt trạng thái ổn định.



a) - Kết quả đo chiều dài vết nứt *b) - Kết quả đo chiều sâu vết*

Hình 6. Kết quả đo chiều dài và chiều sâu vết nứt

Từ Hình 6a có thể thấy, chiều dài vết nứt dao động 1,46 - 1,61 m, trong đó có 2 vết nứt dài hơn 1,5 m. Chiều dài vết nứt tăng dần theo thời gian và sau đó gần như không thay đổi. Từ Hình 6b cho thấy, độ sâu vết nứt trong khoảng 0,6 - 1,0 cm. Theo thời gian, độ sâu tăng chậm và sau khoảng 60 ngày, độ sâu vết nứt có xu hướng ổn định.

Từ các kết quả trên có thể thấy, theo thời gian, vết nứt của tường chắn tiếp tục phát triển với tốc độ chậm, sau đó dần đạt trạng thái ổn định. Khi độ sâu vết nứt đạt đến trạng thái ổn định và vẫn nằm trong lớp bê tông bảo vệ của tường chắn, chưa phát triển vào phần kết cấu chịu lực bên trong, có thể xác định rằng đây là vết nứt bề mặt nông.

3.2. Phân tích lực tác dụng lên tường chắn

Để phân tích nguyên nhân hình thành vết nứt tường chắn, trước tiên tác giả tiến hành phân tích ổn định chịu lực của tường chắn với sự trợ giúp của bộ chương trình GEO 5.

Các nội dung kiểm tra bao gồm:

- Kiểm tra ổn định lật [6]:

$$\gamma_s M_{res} > M_{ovr} \quad (1)$$

Trong đó:

M_{ovr} - Mô-men lật; γ_s - Hệ số ổn định chung của công trình; M_{res} - Mô-men kháng lật.

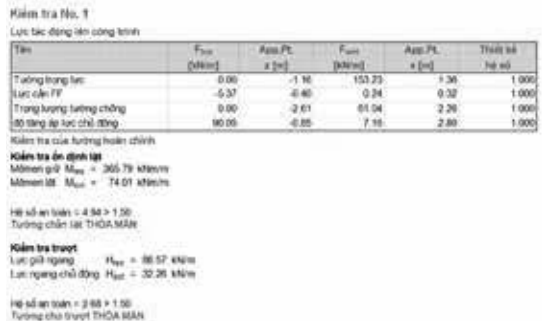
- Kiểm tra ổn định trượt [6]:

$$\gamma_s(N.tg\varphi_d + c_d(d - 2e)) > T \quad (2)$$

Trong đó:

N - Ứng suất pháp tác dụng dưới đáy móng; φ_d - Độ dính thiết kế giữa đất và công trình; d - Chiều dày đế tường; e - Độ lệch tâm; M_{res} - Mô-men kháng lật; γ_s - Hệ số ổn định tổng thể công trình; T - Lực tiếp tuyến tác động dưới đáy móng.

Kết quả kiểm toán bằng Geo5 như sau:



Hình 7. Kết quả tính toán từ phần mềm Geo5 - Phiên bản 5.2017.80.0

Từ kết quả Hình 7 cho thấy, hệ số an toàn ổn định chống trượt của tường chắn 2,68 > 1,5, thỏa mãn yêu cầu tiêu chuẩn, kết cấu ổn định về mặt chịu lực. Do đó, có thể kết luận rằng ứng suất tác dụng lên tường chắn không phải là nguyên nhân chính gây ra vết nứt và các vết nứt không thuộc loại nứt kết cấu.

3.3. Phân tích điều kiện thi công tường chắn

Trong quá trình đổ bê tông tường chắn, do chênh lệch nhiệt độ giữa bê tông và môi trường hoặc nhiệt độ không đồng đều giữa các lớp trong khối tường, cùng với các yếu tố như đầm bê tông không đủ, bảo dưỡng không đạt yêu cầu khiến nhiệt thủy hóa tập trung ở bên trong bê tông tường chắn, làm cho ứng suất kéo cục bộ vượt quá giới hạn chịu kéo của bê tông, từ đó phát sinh vết nứt trên bề mặt tường.

Dự án này sử dụng bê tông mác 200 cho xây dựng tường chắn, trước khi thi công đã tiến hành thí nghiệm thành phần cấp phối như trong Hình 8.

Hình 8. Thiết kế cấp phối bê tông mác 200 dự án đường tuần tra biên giới Cao Bằng

Qua kiểm nghiệm, tỷ lệ cấp phối bê tông được xác định phù hợp với các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành. Trong quá trình thi công tường chắn, nhà thầu đã tổ chức đổ bê tông theo đúng biện pháp thi công được phê duyệt và tuân thủ đúng các quy định kỹ thuật về trình tự, phương pháp thi công. Sau khi đổ bê tông xong và tháo dỡ cốp pha, tiến hành bảo dưỡng ngay lập tức.

Việc bảo dưỡng được thực hiện bằng cách phủ bao bố tưới ẩm lên bề mặt bê tông. Theo nhật ký thi công dự án, công tác đổ bê tông tường chắn được tiến hành vào tháng 11, khi nhiệt độ không khí dao động trong khoảng 8°C - 15°C. Do nhiệt độ môi trường bên

ngoài thấp, bên trong tâm khối bê tông có nhiệt thủy hóa xi măng cao, dẫn tới có sự chênh lệch nhiệt độ lớn giữa bên trong và bề mặt tường chắn, tạo ra ứng suất kéo bề mặt bê tông, nguy cơ gây nứt bề mặt tường chắn. Vì vậy, cần tính toán chênh lệch nhiệt độ của bê tông để đánh giá nguy cơ nứt trong quá trình bảo dưỡng.

Công thức tính độ tăng nhiệt tuyệt nhiệt [8, 10] như sau:

$$\Delta T_t = \frac{XQ_\tau}{C_b \gamma_b}(1 - e^{-mt}) \quad (3)$$

Trong đó: X - Hàm lượng xi măng trong 1 m^3 bê tông (kg/m^3); Q_τ - Nhiệt thủy hóa của xi măng ở tuổi τ ngày (kJ/kg); C_b - Nhiệt dung riêng của bê tông (kJ/(kg.°C)); γ_b - Trọng lượng riêng của bê tông; m - Mức độ thủy hoá bê tông.

Nhiệt độ bên trong khối bê tông ở tuổi t ngày [8, 10] được xác định:

$$T_t = T_0 + \Delta T_t \quad (4)$$

Trong đó: T_0 - Nhiệt độ ban đầu khi đổ bê tông.

Công thức tính nhiệt độ bề mặt [11] được xác định như sau:

$$T_s = T_\infty + (T_t - T_\infty)e^{-ht/(\gamma_b C_b L)} \quad (5)$$

Trong đó: h - Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu (W/m^2.°C); γ_b - Trọng lượng riêng bê tông (kg/m^3); C_b - Nhiệt dung riêng của bê tông (kJ/(kg.°C)); L - Chiều sâu truyền nhiệt đặc trưng (m).

Sau khi tính toán, sự gia tăng nhiệt của bê tông ở các giai đoạn tuổi khác nhau được hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Giá trị tăng nhiệt tuyệt nhiệt của bê tông theo các giai đoạn tuổi.

Thời gian (ngày)	1	3	7	10	14	28	Giá trị cuối
Nhiệt độ bên trong bê tông (°C)	24,43	37,78	46,48	48,01	48,54	48,68	48,68
Nhiệt độ bề mặt bê tông	12,68	12,88	13,01	13,03	13,04	13,04	13,04
Chênh lệch	11,75	24,90	33,47	34,98	35,50	35,64	35,64

Nhiệt độ tâm khối tường chắn được xác định thông qua các cảm biến nhiệt độ đã bố trí trước đó, kết quả chênh lệch nhiệt độ tâm khối và bề mặt tường chắn như sau:

Sau 1 - 3 ngày đầu, chênh lệch nhiệt độ tâm khối bê tông và bề mặt tường chắn dao động 11,75 - 24,90°C; sau 3 - 7 ngày, chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bề mặt khoảng 24,90 - 33,47°C, vượt quá kiểm soát chênh lệnh nhiệt độ 25°C theo TCVN 9342:2012. Từ đó có thể thấy ứng suất nhiệt có thể là nguyên nhân chính gây nứt.

Dựa trên phân tích tỷ lệ cấp phối bê tông, quy trình đổ, bảo dưỡng và kiểm soát nhiệt độ, có thể xác định rằng nguyên nhân chính gây nứt bề mặt tường chắn là do ứng suất nhiệt. Vết nứt bề mặt xuất hiện chủ yếu là kết quả của việc nhiệt thủy hóa tập trung trong khối bê tông, trong khi nhiệt lượng không kịp tỏa ra môi trường, dẫn đến nhiệt độ bên trong cao hơn đáng kể so với mặt ngoài. Sự co ngót nhiệt của lớp ngoài và giãn nở nhiệt của lớp trong tạo ra ứng suất kéo vượt quá giới hạn chịu kéo của bê tông, làm xuất hiện vết nứt bề mặt nhiệt trên tường chắn.

4. BIỆN PHÁP XỬ LÝ VÀ PHÒNG NGỪA

Đối với các vết nứt đã xuất hiện, tiến hành xử lý bằng công nghệ bơm vữa áp lực tĩnh, sử dụng thiết bị bơm vữa cao áp cỡ nhỏ để bơm liên tục vữa xi măng vào vị trí vết nứt, cho đến khi toàn bộ khe nứt được lấp đầy hoàn toàn. Sau khi hoàn tất quá trình bơm, tiến hành kiểm tra lại bằng phương pháp siêu âm phẳng, kết quả cho thấy các vết nứt không tiếp tục phát triển và không xuất hiện thấm nước, đạt mục tiêu phục hồi liên kết vật liệu và bịt kín vết nứt.

Để phòng ngừa nứt tường chắn bê tông trong các công trình tương tự, có thể thực hiện các biện pháp sau:

- Tối ưu hóa vật liệu: Sử dụng xi măng tỏa nhiệt thấp (như xi măng poóc-lăng hỗn hợp) nhằm giảm nhiệt thủy hóa; đồng thời thử nghiệm tỷ lệ cấp phối trước khi thi công để chọn ra tỷ lệ phối trộn tối ưu cho điều kiện khí hậu thực tế.

- Kiểm soát quy trình thi công: Khi đổ bê tông, cần thi công theo từng lớp, từng đợt, đảm bảo đầm chặt đầy đủ và lớp dưới phải đông kết ban đầu trước khi đổ lớp kế tiếp để tránh tạo khe lạnh; đầm bê tông bảo đảm đúng kỹ thuật để hạn chế rỗ khí và phân tầng vật liệu.

- Chú trọng công tác bảo dưỡng: Sau khi đổ xong, cần bảo dưỡng ẩm ngay; tùy theo điều kiện môi trường và biến thiên nhiệt độ, điều chỉnh thời gian và phương pháp bảo dưỡng phù hợp.

- Giám sát và kiểm soát nhiệt độ: Lắp đặt thiết bị đo nhiệt và hệ thống theo dõi nhiệt độ tự động; thực hiện kiểm soát nhiệt độ theo thời gian thực, đảm bảo chênh lệch nhiệt độ giữa trong và ngoài bê tông không vượt quá 20°C, đồng thời giữ cho nhiệt độ và độ ẩm thay đổi từ từ, nhằm giảm ứng suất nhiệt nội bộ và ngăn ngừa sự hình thành vết nứt nhiệt trong tường chắn.

5. KẾT LUẬN

Kết quả khảo sát cho thấy các vết nứt trên tường chắn chỉ xuất hiện trong lớp bê tông bảo vệ và xu hướng ổn định theo thời gian, không ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của kết cấu. Phân tích nội lực chứng minh tải trọng tác dụng không phải nguyên nhân chính, trong khi chênh lệch nhiệt độ bên trong và bề mặt tường chắn bê tông do nhiệt thủy hóa là yếu tố chủ đạo gây nứt bề mặt. Giải pháp đề xuất gồm: Sử dụng xi măng tỏa nhiệt thấp, kiểm soát nhiệt độ thi công, duy trì bảo dưỡng ẩm hợp lý và giám sát nhiệt độ trong - ngoài khối bê tông nhằm hạn chế ứng suất kéo và ngăn ngừa nứt lan rộng. Nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá và kiểm soát nứt nhiệt trong tường chắn bê tông, đồng thời là tài liệu tham khảo cho các công trình thi công trong điều kiện khí hậu tương tự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phan Mạnh Trường (2005), Áp lực đất và tường chắn đất, Lần xuất bản thứ nhất, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[2]. Nguyễn Quang Chiêu (2004), Thiết kế tường chắn đất, Lần xuất bản thứ nhất, NXB. Giao thông vận tải, Hà Nội.

[3]. Phạm Văn Long (2018), Cơ học đất và nền móng, Lần xuất bản thứ hai, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[4]. Nguyễn Việt Hùng (2012), Công trình chắn đất và tường chắn đất, Lần xuất bản thứ nhất, NXB. Giao thông vận tải, Hà Nội.

[5]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9342:2012 (2012), Công trình bê tông cốt thép toàn khối xây dựng bằng cốp pha trượt - Thi công và nghiệm thu, Hà Nội.

[6]. Đỗ Văn Đệ (chủ biên), Vũ Minh Tuấn, Nguyễn Hải Nam, Đỗ Tiến Dũng (2011), Tính toán công trình tương tác với nền đất bằng phần mềm GEO5, Lần xuất bản thứ nhất, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[7]. Lê Xuân Cầm (2014), Công nghệ thi công bê tông khối lớn - Các giải pháp kiểm soát nhiệt độ và ứng suất nhiệt, Lần xuất bản thứ nhất, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[8]. Lê Quang Trung, Phan Xuân Thục, Lưu Văn Thực (2024), Chế độ nhiệt trong bê tông khối lớn ở giai đoạn hạ nhiệt, Tạp chí Vật liệu và Xây dựng, tập 14 số 05. DOI: https://doi.org/10.54772/jomc.05.2024.806.

[9]. ACI Committee 224, Causes (1993), Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures (ACI 224.1R-93), American Concrete Institute, Detroit (MI).

[10]. ACI Committee 207 (2016), Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete, 1st ed., American Concrete Institute, Farmington Hills (MI).

[11]. USBR Reclamation (1987), Thermal Studies of Mass Concrete, 1st ed., U.S. Bureau of Reclamation, Denver (CO).

[12]. M. Budhu (2011), Soil Mechanics and Foundations, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken (NJ).

[13]. Federal Highway Administration (FHWA) (2010), Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes - Design and Construction Guidelines (FHWA-NHI-10-024), U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

[14]. Wu Kexing, Yu Lihua (2008), Causes and Prevention Measures of Cracks in Hydraulic Concrete Retaining Walls [J]. Water Resources Science and Economy, 14(4): 339-340.

[15]. Wang Qing, Li Long (2013), Temperature Crack Control Measures for Large-Volume Concrete Retaining Walls during Curing [J]. Shanxi Architecture, 39(28): 88-89.

[16]. C. Yang (2025), Study on the Causes of Cracking in Concrete Components: A Case of Wharf Concrete Components, 1st Edition, MDPI Publishing, Basel. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15081352.

■Ngày nhận bài: 01/11/2025 ■Ngày sửa bài: 12/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 24/11/2025

Nghiên cứu lựa chọn hệ số cố kết ngang trong dự báo độ lún của bùn nạo vét phục vụ san lấp

Study on selection of the horizontal consolidation coefficient for predicting the settlement of dredged mud used for reclamation

> THS PHẠM TRỌNG TĨNH, THS NGUYỄN TUÂN*, THS ĐỖ THỊ THU HIỀN, THS LÊ THỊ NGỌC HÀ
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
*Email: tuann.huce@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu việc lựa chọn hệ số cố kết ngang C_h phù hợp nhằm nâng cao độ chính xác trong dự báo độ lún của bùn nạo vét được xử lý bằng phương pháp gia tải chân không kết hợp vật thoát nước thẳng đứng (VTNTĐ). Bùn nạo vét là nguồn vật liệu san lấp tiềm năng trong bối cảnh thiếu hụt cát, nhưng có độ ẩm cao, cường độ thấp và độ lún lớn, do đó cần được xử lý trước khi sử dụng. Nghiên cứu kết hợp mô hình lý thuyết cố kết thấm đối xứng trục phi tuyến với thí nghiệm thực tế, sử dụng ba loại VTNTĐ gồm bấc thấm (PVD), ống lọc (FP) và cọc cát nhỏ (SD). Các thông số cơ lý của bùn, áp suất chân không và độ lún được đo đạc trong suốt 160 ngày thí nghiệm. Kết quả quan trắc cho thấy áp suất chân không giảm theo chiều sâu do hiện tượng tắc nghẽn hình thành nhanh quanh VTNTĐ, đặc biệt với PVD, làm giảm đáng kể khả năng thoát nước ngang. Do đó, việc sử dụng giá trị $C_h = 2 \quad 5C_v$ như đối với đất yếu tự nhiên là không phù hợp với bùn nạo vét. So sánh giữa số liệu thực nghiệm và kết quả tính toán theo lý thuyết cho thấy hai giá trị $C_h = 0.9C_v$ và $C_h = C_v$ mô phỏng tương đối sát diễn biến độ lún trong cả ba trường hợp VTNTĐ, trong đó trường hợp tính toán với $C_h = C_v$ cho kết quả phù hợp với kết quả quan trắc. Bài báo khẳng định tầm quan trọng của việc lựa chọn giá C_h phù hợp và đề xuất phạm vi giá trị tối ưu nhằm phục vụ thiết kế và dự báo độ lún của bùn nạo vét trong thực tế.

Từ khóa: Bùn nạo vét, gia tải chân không, hệ số cố kết ngang.

ABSTRACT

This study investigates the selection of an appropriate horizontal consolidation coefficient C_h to improve the accuracy of settlement prediction for dredged mud treated by vacuum preloading combined with vertical drains. Dredged mud is a potential fill material in the context of sand shortage; however, its high-water content, low shear strength, and large compressibility require proper treatment before use. The research integrates a nonlinear axisymmetric consolidation model with field-scale experiments using three types of vertical drains: prefabricated vertical drains (PVD), filter pipes (FP), and small-diameter sand drains (SD). Geotechnical parameters of the mud, vacuum pressure, and settlement were monitored for 160 days. Observations indicate that vacuum pressure decreases with depth due to rapid clogging formation around the drains particularly in the case of PVD which significantly reduces horizontal drainage capacity. Therefore, adopting $C_h = 2 \quad 5C_v$, as commonly used for natural soft soils, is unsuitable for dredged mud. Comparison between measured settlement and theoretical predictions shows that $C_h = 0.9C_v$ and $C_h = C_v$ both provide reasonably good agreement across all drainage types, with the case of $C_h = C_v$ yielding the closest match to observations. The study highlights the importance of selecting an appropriate C_h and proposes an optimal value range to support the design and prediction of settlement behavior for dredged mud in practical applications.

Keywords: Dredged mud, vacuum preloading, coefficient of horizontal consolidation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển của hệ thống cảng nước sâu đang trở thành xu hướng nổi bật trong quá trình mở rộng không gian kinh tế biển của Việt Nam. Các cảng nước sâu như Cái Mép - Thị Vải, Lạch Huyện, Liên Chiểu, Hòn Khoai… được đầu tư đồng bộ, từng bước nâng cao năng lực tiếp nhận tàu trọng tải lớn và thúc đẩy phát triển logistics quốc gia, qua đó tạo động lực cho kinh tế biển và nâng cao vị thế của Việt Nam trong chuỗi thương mại quốc tế. Tuy nhiên, tình trạng thiếu hụt vật liệu san lấp, đặc biệt là cát biển và cát sông, đang khiến chi phí đầu tư gia tăng và tiến độ triển khai dự án bị kéo dài, đặt ra thách thức lớn đối với mục tiêu phát triển bền vững. Trong bối cảnh nguồn cát san lấp ngày càng khan hiếm, tận thu và tái sử dụng bùn nạo vét từ luồng hàng hải, vũng quay tàu và khu vực cảng biển được xem là một hướng đi đầy tiềm năng

nhằm đáp ứng nhu cầu khối lượng lớn vật liệu san lấp cho các dự án đô thị lấn biển và cảng nước sâu.

Tuy nhiên, bùn thường có hàm lượng nước cao, độ nén lún lớn và cường độ kháng cắt thấp, do đó được xếp vào nhóm đất rất yếu và cần được xử lý để đạt các chỉ tiêu cơ lý phù hợp trước khi sử dụng làm vật liệu đắp. Một trong những giải pháp hiệu quả để xử lý và cải thiện các chỉ tiêu cơ lý của bùn nạo vét là tách nước bằng phương pháp gia tải trước bằng hút chân không kết hợp hệ thống VTNTĐ như bấc thấm, giếng cát… Với các ưu điểm như rút ngắn thời gian chờ gia tải, thân thiện với môi trường và chi phí hợp lý, giải pháp gia tải chân không kết hợp VTNTĐ đã và đang được áp dụng ngày càng rộng rãi ở Việt Nam, đặc biệt phù hợp với các công trình giao thông, hạ tầng, kho tàng bến bãi, công trình lấn biển và các công trình dân dụng trên diện rộng. Trong nhiều năm qua, giải pháp này cũng đã được áp dụng thành công để xử lý bùn nạo vét cho các dự án san lấp quy mô lớn [3, 14, 15, 23]. Bùn nạo vét sau khi được bơm vào khu vực san lấp được coi như một lớp đất yếu tự nhiên và sẽ được xử lý chung với nền đất bên dưới. Trong quá trình xử lý, cùng với nền đất trong phạm vi ảnh hưởng của áp suất chân không, lớp bùn nạo vét sẽ lún xuống và trở nên khô cứng, đáp ứng các yêu cầu của vật liệu đắp. Tương tự như với nền đất thông thường, để xác định độ lún của bùn nạo vét tương ứng với yêu cầu kỹ thuật cũng như tối ưu thời gian gia tải chân không, việc dự báo độ lún theo thời gian của lớp bùn nạo vét là cần thiết. Thông thường, trong bài toán trong tính toán dự báo độ lún cố kết, hệ số cố kết ngang của đất, C_h, được lấy tương ứng 2÷5 lần giá trị của hệ số cố kết ngang của đất, C_v [17, 18, 19]. Tuy nhiên, do đặc tính liên kết giữa các hạt đất yếu và độ linh động cao của bùn nạo vét, dưới tác dụng của áp suất chân không, dòng nước có thể nhanh chóng cuốn theo các hạt đất dưới ảnh hưởng của gradient áp lực chân không lớn, dẫn đến sự hình thành nhanh chóng hiện tượng tắc nghẽn (clogging) [10, 11; 25], một hiện tượng phổ biến chủ yếu xuất hiện ở khu vực lân cận vật thoát nước đứng, làm giảm khả năng cố kết theo phương ngang của lớp bùn nạo vét. Khi đó, việc đánh giá, lựa chọn lại giá trị C_h phù hợp cho dự báo độ lún cố kết của bùn nạo vét là cần thiết.

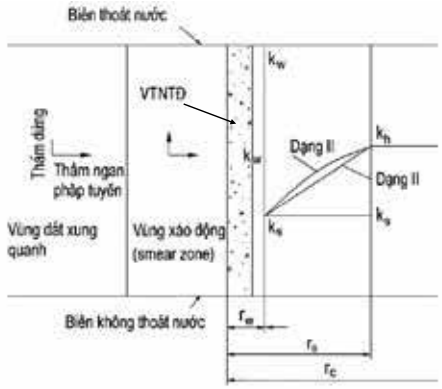
Bài báo phân tích kết quả dự báo độ lún của bùn nạo vét dựa trên lý thuyết cố kết thấm đối xứng trục phi tuyến với các trường hợp sử dụng vật thoát nước thẳng đứng khác nhau và giá trị C_h khác nhau. Kết quả tính toán đồng thời được so sánh với kết quả quan trắc thực tế. Từ đó khẳng định sự phù hợp của giá trị C_h khác nhau được sử dụng trong tính toán dự báo độ lún của bùn nạo vét.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này được tiến hành kết hợp giữa phương pháp nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Các kết quả tính toán theo cơ sở lý thuyết được đối chiếu với số liệu thực nghiệm và được hiệu chỉnh dựa trên những sai lệch phát hiện được, nhằm bảo đảm tính chính xác và độ tin cậy của các kết luận

2.1. Lý thuyết cố kết thấm đối xứng trục phi tuyến

Nguyên lý lý thuyết cố kết thấm có kết hợp VTNTĐ lần đầu tiên được Barron đưa ra vào năm 1948 [2] và đã dần được các nhà nghiên cứu khác mở rộng, phát triển để mô tả được gần đúng hơn với ứng xử thực tế của nền đất. Các nghiên cứu đã xem xét nhiều yếu tố ảnh hưởng, như ảnh hưởng của sức cản thoát nước đứng của bấc thấm [5, 9], ảnh hưởng của vùng xáo động (smear effect) xung quanh VTNTĐ [20], ảnh hưởng của tốc độ gia tải, thời gian gia tải [4, 5, 12], ảnh hưởng của quan hệ ứng suất biến dạng phi tuyến của nền và cả khi dòng thấm không tuân thủ định luật thấm Darcy [21]. Phương trình vi phân cơ bản của bài toán cố kết thấm đối xứng trục tổng quát được xây dựng trên sơ đồ Hình 1, trong đó có kể đến ảnh hưởng của khu vực bị xáo động quanh VTNTĐ (smear zone) làm hệ số thấm ngang ở vùng xáo động bị giảm theo một trong ba trường hợp Dạng I, Dạng II và Dạng III.



Hình 1. Sơ đồ tính toán cho bài toán cố kết thấm đối xứng trục

Phương trình vi phân cơ bản của bài toán cố kết thấm đối xứng trục được mô tả dựa vào giả thiết tổng biến dạng thể tích bằng tổng lượng nước thoát ra theo cả hai phương đứng và phương ngang [16, 24] như sau:

$$-\frac{\partial \varepsilon_v}{\partial t}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(2\pi r\frac{k_r(r)}{\gamma_w}r\frac{\partial u_s}{\partial r}\right)+\frac{k_v}{\gamma_w}\frac{\partial^2 \overline{u}_s}{\partial z^2} \quad (1)$$

trong đó: $\bar{u}$ là áp lực nước lỗ rỗng dư trung bình của đất xung quanh VTNTĐ tại độ sâu bất kỳ, ε_v là biến dạng thể tích của khối đất và VTNTĐ. Giải phương trình vi phân với các điều kiện biên tương ứng [12], áp lực nước lỗ rỗng theo độ sâu và thời gian được xác định như sau:

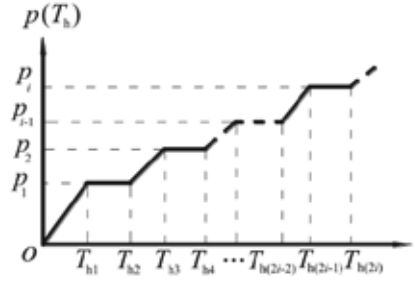
$$\overline{u}_s=\sum_{m=1}^{\infty}\frac{2}{M}\left(p_0e^{-\beta_m T_h}+p_u e^{-\beta_m T_h}\int_0^{T_h}\frac{dg(t)}{d\tau}e^{-\beta_m t}dt\right)\sin\left(\frac{M}{H}z\right) \quad (2)$$

$$\beta_m=\frac{4r_e^2k_{v0}}{k_{h0}}\left(\frac{M}{H}\right)^2+\frac{8}{F_c} \quad (3)$$

trong đó: H là chiều dài đường thoát nước theo phương đứng; $M=(2m-1)\pi/2$; $m=1,2,3,\ldots$; F_c là hệ số kể đến ảnh hưởng của kích thước hình học và đặc điểm của bấc thấm; β_m là hệ số tính toán kể đến ảnh hưởng của vùng xáo động và khả năng thoát nước. Khi đó, độ cố kết của nền xác định theo nguyên lý ứng suất như sau:

$$U(T_h)=g(T_h)-\sum_{m=1}^{\infty}\frac{2}{M}\left(\frac{p_0}{p_u}e^{-\beta_m T_h}+p_u e^{-\beta_m T_h}\int_0^{T_h}\frac{dg(t)}{d\tau}e^{\beta_m t}dt\right) \quad (4)$$

Đối với trường hợp tải trọng tác dụng tăng dần từng giai đoạn như trong Hình, sơ đồ gia tải được mô tả theo phương trình 5:



Hình 2. Sơ đồ gia tải theo từng giai đoạn

$$\begin{cases} p_0=0 \\ g(T_h)=\begin{cases} a_{i-1}+R_i(T_h-T_{h(2i-2)}), & T_{h(2i-2)}<T_h\le T_{h(2i-1)} \\ a_i, & T_{h(2i-2)}<T_h\le T_{h(2i)} \end{cases} \end{cases} \quad (5)$$

trong đó: T_h là nhân tố thời gian theo phương ngang; $a_i = p_i/p_u$ và $R_i = (a_i - a_{i-1})/(T_{h(2i-1)} - T_{h(2i-2)})$; $i = 1,2,3...i$ tương ứng là các giai đoạn gia tải; p_i là tải trọng cuối cùng ở cấp thứ i; Giá trị áp lực nước dư trung bình trong đất được xác định như sau:

$$\overline{u}_s = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2p_u}{M\beta_m} \sin\left(\frac{M}{H}z\right) \sum_{j=1}^{i} R_j \left(e^{-\beta_m (T_h - T_s)} - e^{-\beta_m (T_h - T_{h(2j-2)})}\right) \quad (6)$$

với $T_s = \min(T_h, T_{h(2j-1)})$ và $j = 1,2,3..., i$.

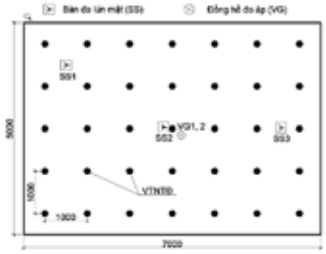
Độ cố kết trung bình của nền trong trường hợp tải trọng tăng dần từng giai đoạn được xác định như sau:

$$U_p = g(T_h) - \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{M^2\beta_m} \sum_{j=1}^{i} R_j \left(e^{-\beta_m (T_h - T_s)} - e^{-\beta_m (T_h - T_{h(2j-2)})}\right) \quad (7)$$

2.2. Thí nghiệm tách nước bùn nạo vét bằng phương pháp gia tải chân không kết hợp vật thoát nước đứng

Để thực hiện thí nghiệm khảo sát lựa chọn giá trị C_h phù hợp, một hố bùn có chiều rộng 5 m, dài 7 m và sâu 5 m được đào trên nền đất tự nhiên như mô tả trong Hình 3. Xung quanh hố bùn được đắp cao để ngăn bùn tràn ra ngoài. Đất tự nhiên bên dưới và xung quanh hố là sét và do đó được coi là đóng vai trò như hệ thống tường kín khí.

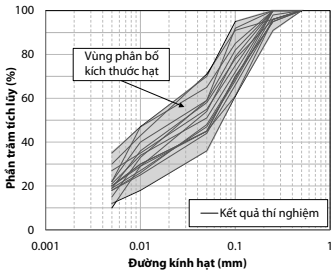
(a) Chuẩn bị ao bùn thí nghiệm



(b) Mặt bằng bố trí VTNTĐ và thiết bị quan trắc

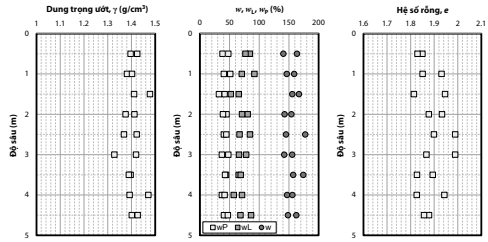
Hình 3. Ao bùn nạo vét thực hiện thí nghiệm

Bùn nạo vét sử dụng trong nghiên cứu này sau khi thu thập trực tiếp, được lưu trữ và lắng tự nhiên trong các thùng chứa trong 2 tuần trước khi được đổ vào hố bùn. Trước khi tiến hành thi công hệ thống VTNTTD, bùn được lấy mẫu tại các vị trí và độ sâu khác nhau và được đem tiến hành các thí nghiệm xác định chỉ tiêu cơ bản. Hình 4 mô tả sự phân bố kích thước hạt của bùn nạo vét sử dụng trong nghiên cứu. Kết quả cho thấy hàm lượng sét (kích thước hạt nhỏ hơn 0.005 mm) có sự phân bổ từ 10% ÷ 35%. Sự phân tán này có thể là do sự xáo động trong quá trình lấy mẫu, cũng như phạm vi và độ sâu nạo vét của khu vực là không đồng nhất.



Hình 4. Cấp phối hạt của bùn nạo vét sử dụng trong nghiên cứu

Hình 5 tổng hợp các giá trị dung trọng ướt γ, độ ẩm w, giới hạn chảy w_L, giới hạn dẻo w_P và hệ số rỗng e của các mẫu. Kết quả thí nghiệm cho thấy sự đồng đều của bùn trong hố. Để thuận tiện trong dự báo độ lún của bùn nạo vét, giá trị trung bình của các kết quả thí nghiệm được lựa chọn sử dụng trong tính toán: $\gamma = 1.18$ g/cm^3, w = 155.3 %, w_L = 72.5 %, w_P = 42.2 % và e = 1.889. Các giá trị đặc trưng nén lún của bùn được xác định bằng thí nghiệm nén cố kết trên các mẫu bùn sau khi hút chân không, với các giá trị trung bình của đặc trưng nén lún của bùn như sau: chỉ số nén C_c = 1.117, chỉ số nén lại C_r = 0.201, hệ số cố kết đứng ở cấp tải 40 ÷ 80 kPa (tương ứng với khoảng áp suất chân không 60 kPa áp dụng trong thí nghiệm) C_v = 0.207x10^{-3} cm^2/s. Mặc dù giá trị C_v thay đổi theo cấp tải nén, nhưng do ảnh hưởng gần như tức thời của áp suất chân không tác dụng lên bùn lỏng, có thể coi ngay sau khi gia tải, C_v đã đạt giá trị như thí nghiệm. Ngoài ra, trong quá trình tính toán dự báo độ lún, bùn nạo vét được coi là cố kết thường.



Hình 5. Chỉ tiêu vật lý ban đầu của bùn nạo vét sử dụng trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, ba loại VTNTĐ khác nhau được sử dụng để tách nước trong bùn, bao gồm: bấc thấm (PVD), ống lọc (FP) và cọc cát đường kính nhỏ (SD), như minh họa trong Bảng 1. PVD có chiều rộng 95 mm và độ dày 4 mm, với đường kính tương đương là 63 mm. FP cấu tạo gồm một ống PE có đục lỗ dọc thân và được bọc trong một lớp vải địa kỹ thuật, có đường kính ngoài xấp xỉ 63 mm. Đáy của FP được bọc bằng vải địa kỹ thuật không dệt để ngăn bùn xâm nhập. SD có thành phần là cát hạt trung, được tạo hình trong lớp bùn bằng cách sử dụng ống PVC có đường kính ngoài khoảng 63 mm làm khuôn. Các thông số chính của VTNTĐ sử dụng trong thí nghiệm được tổng hợp ở Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số điển hình của VTNTĐ sử dụng trong nghiên cứu

Thiết bị	Thông số	Đơn vị	Giá trị	Hình ảnh minh họa
Cọc cát đường kính nhỏ - SD				
Ống tạo hình	Đường kính ngoài	mm	63	
Cát hạt trung	Hàm lượng hạt dưới 0.14 mm	%	≤ 10	
	Hàm lượng hạt trên 0.5 mm	%	≥ 50	
	Hệ số thấm	m/s	≥ 1.0×10^{-4}	
Ống lọc - FP				
Ống PVC	Đường kính ngoài	mm	63	
	Đường kính lỗ đục	mm	~ 3.0	

Bộ lọc	Kích thước lỗ biểu kiến	mm	≤ 0.075	
	Hệ số thấm	m/s	≥ 2.5×10^{-4}	
Bấc thấm - PVD				
Bấc thấm	Chiều rộng / Độ dày	mm	95 ± 5 / 4 ± 0.2	
	Đường kính tương đương	mm	63	
Bộ lọc	Kích thước lỗ biểu kiến	mm	≤ 0.075	
	Hệ số thấm	m/s	≥1.5×10^{-4}	

Trong thí nghiệm này, VTNTĐ được bố trí trong hố bùn với khoảng cách 1.0 m theo hình vuông như thể hiện trong Hình 3. Sau đó, VTNTĐ được kết nối với hệ thống thoát nước ngang được làm bằng ống đục lỗ, bọc vải địa kỹ thuật không dệt. Một lớp vải địa kỹ thuật được trải phía trên hệ thống thoát nước ngang để bảo vệ màng kín khí. Tiếp theo, một lớp màng kín khí thứ hai được phủ lên trên và được bịt kín bằng bùn để giữ kín khí. Hệ thống thoát nước ngang sau đó được kết nối với một máy bơm chân không có công suất 7,5 kW, có khả năng tạo ra áp suất chân không tối đa 95 kPa. Quá trình thi công lắp lắp đặt thiết bị được mô tả trong Hình 6.

a) Lấy mẫu bùn trước khi thí nghiệm

b) Thi công VTNTĐ

c) Thi công hệ thống thoát nước ngang

d) Trải vải địa kỹ thuật

e) Trải màng kín khí

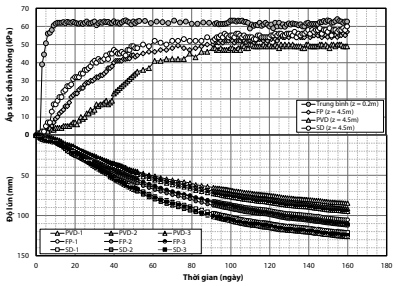
f) Lắp đặt thiết bị quan trắc

Hình 6. Thi công lắp đặt hệ thống chân không và thiết bị quan trắc

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thí nghiệm

Thí nghiệm tách nước bùn nạo vét bằng phương pháp gia tải hút chân không kết hợp VTNTĐ được tiến hành lần lượt với các VTNTĐ khác nhau trong Bảng 1. Với mỗi loại VTNTĐ, thời gian gia tải chân không là 160 ngày. Hình 7 tổng hợp các giá trị áp suất chân không và độ lún đo được từ các thiết bị quan trắc trong cả ba trường hợp. Kết quả quan trắc cho thấy sau 10 ngày kể từ khi bắt đầu hút chân không, áp suất chân không đo được ở độ sâu 0.2 m đều đạt ổn định 60 kPa trong tất cả các trường hợp. Tuy nhiên, áp suất chân không ở độ sâu 4.5 m tăng chậm hơn so với áp suất trên bề mặt. Ngay cả vào ngày cuối cùng của thí nghiệm, áp suất chân không đo được ở độ sâu 4.5 m vẫn nhỏ hơn ở bề mặt. Hiện tượng này tương tự như đã được ghi nhận bởi [6], theo đó, tình trạng tắc nghẽn sự tích tụ bùn mịn xung quanh các VTNTĐ đã cản trở sự gia tăng của áp suất chân không. Ngoài ra, tốc độ gia tăng áp suất chân không tại độ sâu 4,5 m cũng khác nhau tùy thuộc vào loại VTNTĐ được sử dụng. Mức tăng áp suất chân không lớn nhất ghi nhận được ở trường hợp sử dụng SD, trong khi mức tăng thấp nhất ghi nhận ở trường hợp sử dụng PVD. Hình 7 cũng cho thấy rằng đối với các trường hợp sử dụng SD và FP, giá trị áp lực chân không đo tại độ sâu 4.5 m có xu hướng tiệm cận giá trị tại độ sâu 0.2 m. Ngược lại, đối với trường hợp sử dụng PVD, áp suất chân không tại độ sâu 4.5 m gần như giữ ổn định quanh mức 50 kPa. Những kết quả này cho thấy SD thể hiện khả năng truyền áp lực chân không vượt trội hơn so với FP và PVD.

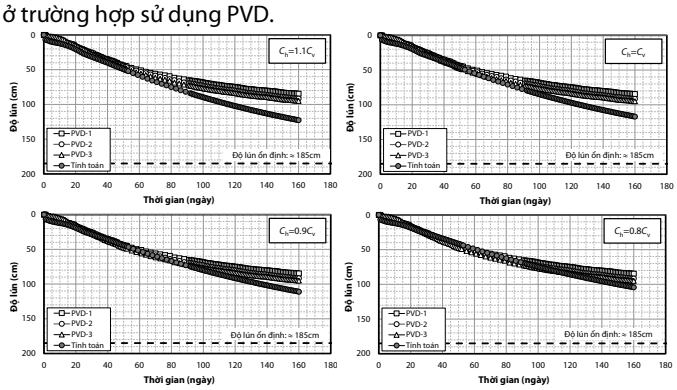


Hình 7. Áp suất chân không và độ lún của bùn trong quá trình thí nghiệm

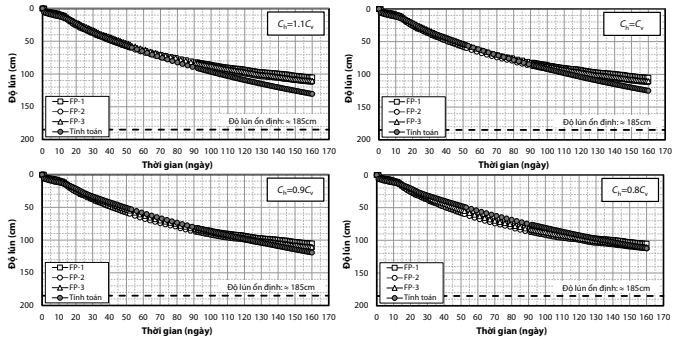
Kết quả quan trắc trong Hình 7 cũng cho thấy mặc dù áp suất chân không vẫn ổn định trong cả ba trường hợp VTNTĐ, độ lún trong trường hợp sử dụng PVD là nhỏ nhất trong khi trường hợp sử dụng FP gây ra độ lún lớn nhất. Trong trường hợp sử dụng PVD, sau 155 ngày gia tải, tốc độ lún ổn định với giá trị dưới 2 mm/ngày. Độ lún sau 160 ngày sử dụng PVD đạt khoảng 0.9 m. Độ lún trong trường hợp sử dụng FD và SD lần lượt vào khoảng 1.09 m và 1.24 m. Trong cả hai trường hợp sử dụng FP và SD, tốc độ lún trung bình trong 5 ngày cuối ở mức khoảng 2.5 mm/ngày. Điều này cho thấy quá trình lún trong trường hợp sử dụng PVD gần như đã kết thúc, trong khi ở trường hợp FP và SD, quá trình lún có thể kéo dài thêm vài ngày nữa. Ngoài ra, khi sử dụng PVD và FP, tốc độ lún giảm xuống dưới 5 mm/ngày lần lượt từ khoảng ngày thứ 105 và ngày thứ 112. Trong khi đó, khi sử dụng SD, tốc độ lún giảm xuống dưới 5 mm/ngày từ khoảng ngày thứ 125. Kết quả này phù hợp với sự phát triển của áp lực chân không và sự giảm áp lực nước lỗ rỗng theo chiều sâu.

3.2. Dự báo độ lún của bùn

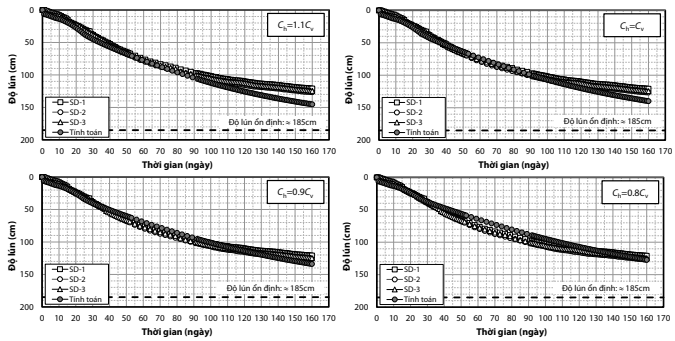
Để khảo sát lựa chọn giá trị C_h phù hợp cho bùn nạo vét, độ lún quan trắc từ thí nghiệm được so sánh với độ lún dự báo tính toán từ các giá trị đặc trưng cơ lý của bùn nạo vét đã xác định từ thí nghiệm. Dễ nhận thấy quá trình phát triển áp suất chân không trong cả ba trường hợp đều có dạng tăng dần nhiều giai đoạn như minh họa ở Hình 2. Vì thế, trong nghiên cứu này, độ lún cố kết của lớp bùn nạo vét được dự báo dựa trên lý thuyết cố kết đối xứng trục phi tuyến trình bày trong công thức (7). Hình 8 tổng hợp kết quả tính toán độ lún của bùn nạo vét sử dụng trong nghiên cứu với các giá trị C_h khác nhau cho cả ba trường hợp sử dụng VTNTĐ khác nhau và so sánh với kết quả thực nghiệm. Trong nghiên cứu này, nhân tố xét đến vùng xáo động và ảnh hưởng sức cản của các VTNTĐ khác nhau cũng đã được xét đến khi tính toán. Do bùn nạo vét có độ ẩm rất lớn, nên nhân tố xét đến vùng xáo động được bỏ qua trong tính toán. Đối với trường hợp sử dụng SD, ảnh hưởng của sức cản cũng được bỏ qua. Trong khi đó, ảnh hưởng của sức cản của FP được giả thiết bằng 1/3 ảnh hưởng của sức cản của PVD do ảnh hưởng của hiện tượng tắc nghẽn ở trường hợp sử dụng FP ít hơn nhiều so với ở trường hợp sử dụng PVD.



(a) Trường hợp sử dụng PVD làm vật thoát nước đứng



(b) Trường hợp sử dụng FP làm vật thoát nước đứng



(c) Trường hợp sử dụng SD làm vật thoát nước đứng

Hình 8. So sánh độ lún của bùn giữa số liệu quan trắc và kết quả dự báo theo lý thuyết

Kết quả so sánh ở Hình 8a cho thấy với trường hợp sử dụng PVD làm VTNTĐ, khi sử dụng $C_h = 1.1C_v$, đường tính toán dự báo tốc độ cố kết nhanh hơn thực tế, dẫn đến độ lún lớn trong giai đoạn đầu và sai lệch đáng kể so với số liệu đo. Ngược lại, với $C_h = 0.8C_v$, tốc độ lún tính toán chậm hơn thực nghiệm, đặc biệt ở giai đoạn đầu, khiến phần lớn đường tính toán nằm dưới phần lớn các đường quan trắc. Kết quả tương tự cũng được ghi nhận ở hai trường hợp VTNTĐ còn lại ở Hình 8b, c. Điều này khẳng định việc áp dụng giá trị $C_h = 2 \div 5C_v$ vào trong tính toán dự báo độ lún của bùn nạo vét xử lý bằng VTNTĐ là không phù hợp.

Kết quả ở Hình 8 cho thấy sự phù hợp khi lựa chọn $C_h = 0.91.0\ C_v$ khi diễn biến độ lún tính toán và số liệu quan trắc tương đối khớp nhau trong toàn bộ quá trình trong cả ba trường hợp VTNTĐ khác nhau. Với trường hợp $C_h = 0.9\ C_v$, có thể thấy đường cong lún tính toán mô phỏng khá sát với xu thế trung bình của số liệu thực nghiệm tại tất cả các vị trí quan trắc, phản ánh đúng tốc độ cố kết nhanh trong giai đoạn đầu và quá trình giảm dần khi nền tiến tới ổn định. Tuy nhiên, khi chia nhỏ quá trình lún theo từng giai đoạn có thể thấy ngoại trừ 30 ngày đầu, ở các giai đoạn sau, độ lún tính toán và độ lún quan trắc đều có sự sai khác không nhỏ. Ngược lại, với trường hợp $C_h = C_v$, đường cong lún tính toán cho thấy mức độ phù hợp tương đối tốt với dữ liệu quan trắc cho đến 2/3 tổng thời gian hút chân không ở cả ba trường hợp. Đường tính toán mô phỏng khá sát các vị trí có tốc độ lún lớn, phản ánh đúng xu thế cố kết nhanh trong giai đoạn đầu và giảm dần về sau. Tuy nhiên, với 1/3 tổng thời gian hút chân không cuối, độ lún tính toán trở nên lớn hơn so với quan trắc thực tế. Điều này có thể là do ở giai đoạn sau này, hiện tượng tắc nghẽn đã trở nên nghiêm trọng và làm giảm mạnh hệ số cố kết ngang của bùn. Mặc dù vậy, mức độ sai lệch không lớn và mô hìnhvẫn phản ánh khá tốt diễn biến cố kết chung. Điều này cho thấy $C_h = C_v$ là lựa chọn chấp nhận được khi mô phỏng dự báo độ

lún cố kết bùn nạo vét tách nước bằng phương pháp gia tải chân không kết hợp VTNTĐ.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích và tính toán dự báo độ lún của bùn nạo vét được tách nước bằng phương pháp gia tải chân không kết hợp VTNTĐ theo lý thuyết cố kết thấm đối xứng trục phi tuyến, đồng thời so sánh với kết quả quan trắc thí nghiệm nhằm xác định giá trị hệ số cố kết ngang C_h phù hợp cho công tác tính toán dự báo. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, có thể rút ra một số kết luận sau:

1) Do đặc tính liên kết giữa các hạt đất yếu và độ linh động cao của bùn nạo vét, dưới tác dụng của áp suất chân không, hiện tượng tắc nghẽn VTNTĐ được hình thành nhanh chóng và mạnh mẽ, làm giảm khả năng cố kết theo phương ngang của bùn nạo vét. Vì thế, việc áp dụng giá trị $C_h = 2 \div 5C_v$ vào tính toán dự báo độ lún của bùn nạo vét như đất nền thông thường là không phù hợp.

2) Kết quả phân tích và so sánh giữa độ lún dự báo lý thuyết và độ lún quan trắc cho thấy lựa chọn giá trị $C_h = C_v$ là chấp nhận được khi mô phỏng dự báo độ lún cố kết bùn nạo vét tách nước bằng phương pháp gia tải chân không kết hợp VTNTĐ.

3) Hiện tượng tắc nghẽn VTNTĐ trở nên nghiêm trọng hơn ở cuối giai đoạn hút chân không, làm sai lệch giữa kết quả dự báo lý thuyết và số liệu quan trắc trở nên tăng lên đáng kể. Vì vậy, cần tiến hành nghiên cứu sâu hơn để đánh giá sự thay đổi của hệ số cố kết ngang theo thời gian gia tải chân không. Từ đó rút ra giá trị C_h phù hợp với thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE) trong đề tài mã số 15-2025/KHXD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Asaoka, A. (1978). Observational Procedure of Settlement Prediction. Soils Found., 18(4).

[2]. Barron, R.A. (1948). Consolidation of fine-grained soils by drain wells. Trans. Am. Soc. Civ. Eng., 113, 718-742.

[3]. Cai, Y., Xie, Z., Wang, J., Wang, P., & Geng, X. (2018). New approach of vacuum preloading with booster prefabricated vertical drains (PVDs) to improve deep marine clay strata. Can. Geotech. J., 55(10).

[4]. Conte, E., & Troncone, A. (2009). Radial consolidation with vertical drains and general time-dependent loading. Can. Geotech. J., 46, 25-36.

[5]. Deng, Y.B., Xie, K.H., Lu, M.M., Tao, H.B., & Liu, G.B. (2013). Consolidation by prefabricated vertical drains considering the time dependent well resistance. Geotext. Geomembr., 36, 20-26.

[6]. Dong, P. H., & Quynh, V. M. (2020). Performance of consolidation techniques for improvement of newly deposited dredged mud by scale model test. Int. J. GEOMATE, 19(76).

[7]. Dong, P. H., & Quynh, V. M. (2021). Performance of consolidation techniques for improvement of newly deposited dredged mud by scale model test. GEOMATE Journal, 19(76), 134–140.

[8]. Geng, X.Y., Indraratna, B., & Rujikiatkamjorn, C. (2012). Analytical solutions for a single vertical drain with vacuum and time-dependent surcharge preloading in membrane and membraneless systems. Int. J. Geomech., 12(1), 27-42.

[9]. Hansbo, S., Jamiolkowski, M., & Kok, L. (1981). Consolidation by vertical drains. Geotechnique, 31(1), 45–66.

[10]. Hu, X., Zhang, W., Fu, H., Wang, J., & Ni, J. (2021). Clogging effect of prefabricated horizontal drains in dredged soil by air booster vacuum consolidation. Geotext. Geomembr., 49(6).

[11]. Lei, H., Lu, H., Liu, J., & Zheng, G. (2017). Experimental Study of the Clogging of Dredger Fills under Vacuum Preloading. Int. J. Geomech., 17(12).

[12]. Lu, M.M., Xie, K.H., & Wang, S.Y. (2011). Consolidation of vertical drain with depth-varying stress induced by multi-stage loading. Comput. Geotech., 38(8), 1096-1101.

[13]. Lu, M.M., Wang, S., Sloan, S.W., Sheng, D., & Xie, K. (2015). Nonlinear consolidation of vertical drains with coupled radial–vertical flow considering well resistance. Geotext. Geomembr.

[14]. Ngo, D. H., et al. (2020). Consolidation behavior of dredged ultra-soft soil improved with prefabricated vertical drain at the Mae Moh mine, Thailand. Geotext. Geomembr., 48(4).

[15]. Ngo, D. H., et al. (2021). Full scale consolidation test on ultra-soft soil improved by prefabricated vertical drains in MAE MOH mine, Thailand. Geotext. Geomembr., 49(1).

[16]. Tang, X.W., Onitsuka, K., (2000). Consolidation by vertical drains under time- dependent loading. Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech. 24, 739-751.

[17]. TCVN 9355-2013 - Gia cố nền đất yếu bằng bấc thấm - Thiết kế, thi công và nghiệm thu.

[18]. TCVN 9842-2013 - Xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cố kết hút chân không có màng kín khí.

[19]. TCCS 41:2022/TCĐBVN - Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu.

[20]. Walker, R., & Indraratna, B. (2007). Vertical drain consolidation with overlapping smear zones. Geotechnique, 57(5), 463-467.

[21]. Walker, R., Indraratna, B., & Rujikiatkamjorn, C. (2012). Vertical drain consolidation with non-Darcian flow and void ratio dependent compressibility and permeability. Geotechnique, 62(11), 985-997.

[22]. Wang, J., et al. (2016). Improved Vacuum Preloading Method for Consolidation of Dredged Clay-Slurry Fill. J. Geotech. Geoenvironmental Eng., 142(11).

[23]. Wang, J., et al. (2018). Experimental study on a dredged fill ground improved by a two-stage vacuum preloading method. Soils Found., 58(3).

[24]. Xie, K.H., (1987) Vertical Drains Ground: Analytical and Numerical Solutions for Consolidation and its Optimum Design (PhD dissertation). Zhejiang University, China (in Chinese)

[25]. Xu, B. H., He, N., Jiang, Y. B., Zhou, Y. Z., & Zhan, X. J. (2020). Experimental study on the clogging effect of dredged fill surrounding the PVD under vacuum preloading. Geotext. Geomembr., 48(5).

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Mô phỏng số ứng xử chịu nén của cột bê tông thường tiết diện tròn và vuông bọc lớp UHPFRC

Numerical simulation of the compression behavior of circular and square concrete columns wrapped with UHPFRC layer

> VŨ HIẾU PHƯƠNG, LÊ HOÀNG AN*
Nhóm nghiên cứu SDCT, Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM
*Corresponding author: hoangan.le@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, nhiều công trình bê tông tại Việt Nam đang bị xuống cấp nhanh chóng do tác động của môi trường xâm thực, dẫn đến suy giảm chất lượng và khả năng làm việc của kết cấu. Các phương pháp gia cường truyền thống như bọc thép và bọc FRP, mặc dù đã được áp dụng rộng rãi, vẫn còn tồn tại một số hạn chế về độ bền lâu, khả năng thi công và hiệu quả gia cường. Bê tông tính năng siêu cao gia cường sợi (UHPFRC) được đánh giá là một giải pháp tiềm năng nhằm nâng cao khả năng chịu lực và kéo dài tuổi thọ của kết cấu. Do đó, bài báo này tiến hành mô phỏng ứng xử chịu nén của cột bê tông thường được bọc lớp UHPFRC bằng mô hình CDP trong phần mềm ABAQUS. Các mẫu mô phỏng có bề dày lớp bọc từ 0 đến 40 mm với hai dạng tiết diện là tròn và vuông. Kết quả mô phỏng cho thấy lớp bọc UHPFRC có khả năng làm tăng cường độ chịu nén từ 15% đến 46% so với mẫu không bọc. Đối với cột tròn, ứng suất vòng phân bố tương đối đều (6-7 MPa), trong khi đối với cột vuông, ứng suất tập trung tại các góc, dẫn đến hiện tượng nứt sớm. Kết quả nghiên cứu góp phần làm rõ cơ chế chịu nén của hệ lõi-vỏ và hỗ trợ hiệu chỉnh mô hình vật liệu UHPFRC trong các phân tích số.

Từ khóa: UHPFRC, Cột bê tông, FEM, CDP, ABAQUS.

ABSTRACT

Many concrete structures in Vietnam are currently deteriorating rapidly due to the effects of aggressive environments, leading to a decline in their structural quality. Traditional reinforcement methods, such as steel wrapping and FRP wrapping, although widely applied, still have limitations regarding durability, construction feasibility, and effectiveness. UHPFRC is considered a promising solution for enhancing load-bearing capacity and extending the lifespan of structures. This study simulates the compressive behavior of concrete columns wrapped with UHPFRC, using the CDP model in ABAQUS software. The simulated models have wrapping thicknesses ranging from 0 to 40 mm and two cross-sectional shapes. The simulation results show that the UHPFRC wrapping increases compressive strength by 15% to 46% compared to the unwrapped specimens. For circular columns, the hoop stress is uniformly distributed, whereas for square columns, stress concentration occurs at the corners, leading to early cracking. The study results clarify the compressive behavior of the core-shell system and assist in calibrating the UHPFRC model in numerical analyses.

Keywords: UHPFRC, concrete columns, FEM, CDP, ABAQUS.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cột bê tông cốt thép là thành phần quan trọng trong kết cấu công trình, chịu trách nhiệm truyền tải trọng từ dầm-sàn xuống móng. Tuy nhiên, dưới tác động của nhiệt độ, độ ẩm và ion Cl^-, SO_4^{2-}, bê tông có thể bị nứt, giảm khả năng chịu lực và ảnh hưởng đến sự ổn định kết cấu [1]. Các phương pháp gia cường truyền thống như bọc thép, bọc FRP, và bọc bê tông thường (NSC) có hạn chế như ăn mòn, giòn và tăng kích thước cấu kiện [2, 3]. Bê tông tính năng siêu cao có cường độ nén trên 150 MPa và khả năng chống xâm thực tốt hơn NSC, nhưng vẫn giòn và chịu kéo kém. Do đó, UHPFRC đã được phát triển với việc sử dụng sợi thép hoặc sợi tổng hợp để cải thiện khả năng chịu kéo, kiểm soát vết nứt và năng lượng hấp thụ [4]. Cơ chế neo của sợi giúp UHPFRC duy trì khả năng chịu tải khi đã nứt, cải thiện độ dẻo và khả năng bền lâu của kết cấu. Khi làm lớp bọc cột bê tông, UHPFRC có hai chức năng chính [5-7]: (1) tăng khả năng chịu nén và độ dẻo của lõi bê tông nhờ hiệu ứng giam giữ và (2) bảo vệ cấu kiện khỏi xâm nhập môi trường, giảm ăn mòn và kéo dài tuổi thọ công trình. Khi lớp UHPFRC sử dụng như lớp bọc cột bê tông thường, nghiên cứu của Wu và cộng sự [8] cho thấy khả năng chịu nén tăng 30-40%, Xie và cộng sự [9] cho cho thấy tăng 50% tải trọng cực đại và 40% độ dẻo, Mhuder và Chassib [10] xác nhận duy trì khả năng kiềm chế biến dạng nở hông rất tốt của lớp vỏ UHPFRC, trong khi đó Ronanki và Aaleti [11] chỉ ra tăng 15-30% cường độ nén và 26-46% biến dạng đỉnh, hiệu quả cao hơn đối với cột tiết diện tròn. Tuy nhiên, cơ chế làm việc và ứng xử ứng suất-biến dạng giữa lõi và vỏ, đặc biệt giữa các tiết diện tròn và vuông, vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Từ những vấn đề trên, bài báo này sử dụng mô phỏng số để phân tích ứng xử của cột bê tông cốt thép bọc UHPFRC thông qua việc hiệu chỉnh mô hình vật liệu sử dụng phần mềm ABAQUS.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu thực nghiệm

Kết quả mô phỏng trong nghiên cứu này được xây dựng dựa trên dữ liệu thực nghiệm của Xie và cộng sự [9], bao gồm 18 mẫu cột bê tông ngắn gia cường bằng lớp bọc UHPFRC có chiều dày thay đổi từ 0-40 mm, với hai dạng tiết diện tròn và vuông. Các mẫu có chiều cao 300 mm và đường kính hoặc cạnh tiết diện là 150 mm. Lõi cột được đúc bằng bê tông thường cấp C40 (f'c = 41,3 MPa), trong khi lớp bọc sử dụng UHPFRC có cường độ nén trung bình 125 MPa và cường độ kéo tối đa 9.0 MPa, với sợi thép thẳng kích thước 0,2×13 mm, hàm lượng thể tích sợi 2% (Bảng 1).

Bảng 1. Thông số vật liệu trong nghiên cứu của Xie và cộng sự [9]

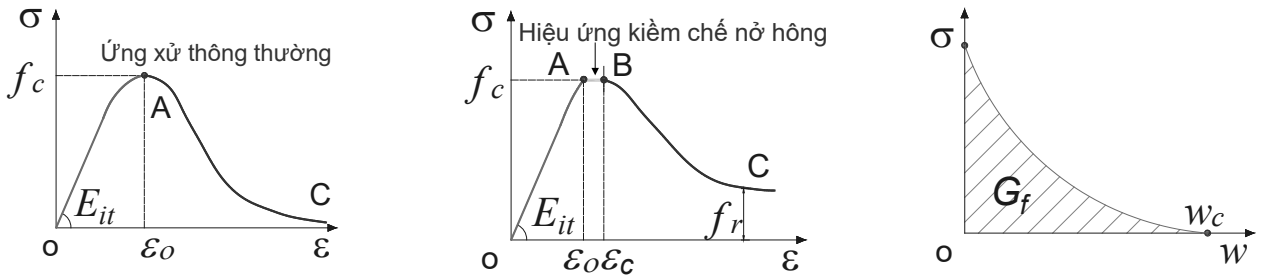
Tên mẫu	Tiết diện	H (mm)	D/C (mm)	t (mm)	f'c lõi (MPa)	f'c bọc (MPa)
C1-1, C1-2, C1-3	Tròn	300	150	0	41.3	–
C2-1, C2-2, C2-3	Tròn	300	150	20	41.3	125
C3-1, C3-2, C3-3	Tròn	300	150	30	41.3	125
C4-1, C4-2, C4-3	Tròn	300	150	40	41.3	125
S1-1, S1-2, S1-3	Vuông	300	150	0	41.3	–
S2-1, S2-2, S2-3	Vuông	300	150	20	41.3	125

2.2. Mô hình vật liệu

Mô phỏng số sử dụng phần mềm Abaqus với mô hình bê tông phá hủy dẻo (CDP) để mô tả ứng xử phi tuyến của bê tông NSC và UHPFRC. Mô hình gồm lõi bê tông, lớp bọc UHPFRC và hai tấm gia tải cứng. Các phần tử C3D8R với lưới 15 mm được sử dụng, và liên kết giữa lõi và lớp bọc được mô phỏng bằng tiếp xúc cứng với hệ số ma sát 0,3. Cột cố định hoàn toàn, tấm gia tải điều khiển chuyển vị nén tĩnh. Các tham số CDP được hiệu chỉnh từ nghiên cứu trước [13-15], với góc giãn nở ψ là 30° cho NSC và 50° cho UHPFRC. Các tham số còn lại: e = 0,1, σ_{bo}/σ_{co} = 1,16, K_c = 0,667 và viscosity = 0,001. Quan hệ ứng suất-biến dạng nén xét cho bê tông không và có kiềm chế nở hông, thể hiện hiệu ứng giam giữ của lớp bọc UHPFRC. Các phương trình trong Bảng 2 áp dụng cho các đoạn tăng, chịu ép ngang và suy giảm sau đỉnh.

a) Tạo phần tử *b) Chia lưới* *c) Mô phỏng tiếp xúc* *d) Gia tải*

Hình 1. Quá trình mô phỏng



a) Nén- không kiềm chế nở hông *b) Nén- kiềm chế nở hông* *c) Kéo- mô hình nứt*

Hình 2. Mô hình ứng xử của bê tông

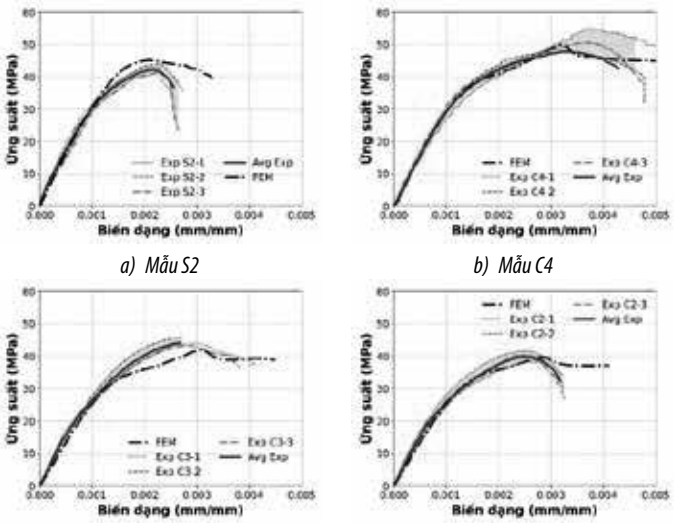
Mô hình bê tông phá hoại dẻo chịu kéo được xây dựng dựa trên quan hệ ứng suất-độ mở vết nứt phi tuyến, với đoạn đàn hồi tuyến tính cho đến cường độ kéo cực hạn, sau đó suy giảm theo năng lượng gãy G_f, đảm bảo tính độc lập với kích thước phần tử (Hình 1). Tham số hư hỏng kéo điều khiển sự suy giảm mô đun đàn hồi. Đối với lớp bọc UHPFRC, ứng xử nén được mô phỏng theo mô hình của Yan [15], mô tả giai đoạn đàn hồi và chuyển tiếp sang ứng xử phi tuyến, có xét đến hiệu ứng bắc cầu của sợi. Ứng xử kéo sử dụng mô hình Hordijk [16].

Bảng 2. Phương trình mô phỏng ứng xử của bê tông

NSC (Nén)		***NSC (Kéo)***	
(1) Giai đoạn OA - Đoạn tăng Samani và Attard [12] Tasdemir và cộng sự [13]	$\frac{\sigma}{f'_c}=\frac{\alpha X+\beta X^2}{1+(\alpha-2)X+(\beta+1)X^2}$ $X=\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c0}},\quad \alpha=\frac{E_c\varepsilon_{c0}}{f'_c},\quad \beta=\frac{(A-1)^2}{0.55}-1$ $\varepsilon_{co}=\left[-0.067(f'_c)^2+29.9f'_c+1053\right]\times10^{-6}$ $E_c=4700\sqrt{f'_{co}}$	Hordijk [16]	$\frac{\sigma_t}{f_t}=\left[1+\left(c_1\frac{w}{w_{cr}}\right)^3\right]e^{-c_2\frac{w}{w_{cr}}}-\frac{w}{w_{cr}}\left(1+c_1^3\right)e^{-c_2}$ $c_1=3;c_2=6.93$ $G_F=\left(0.0469d_{\max}^2-0.5d_{\max}+26\right)\times\left(\frac{f_c}{10}\right)^{0.7}\quad (N/m)$ $d_{\max}=20mm;E=9075\sqrt[3]{f'_c}$
(2) Giai đoạn AB - Hiệu ứng ép ngang Samani và Attard [12]	$\frac{\varepsilon_{cc}}{\varepsilon_{c0}}=e^k$ $k=(2.9224-0.00367f'_c)\left(\frac{f_B}{f'_c}\right)^{0.3124+0.002f'_c}$ $f_B=(1+0.027f_t)e^{-0.02\frac{D}{t}}$		
(3) Giai đoạn BC - Giảm dần sau đỉnh Samani và Attard [12] Tao và cộng sự [14]	$\sigma=f_r+(f'_c-f_r)\exp\left[-\left(\frac{\varepsilon-\varepsilon_{cc}}{\alpha}\right)^\beta\right]$ $f_r=0.7(1-e^{-1.38\xi_c})f'_c$ v?i $f_r\le0.25f'_c$ $\xi_c=\frac{A_{UHPC}f_t}{A_cf'_c}$		
UHPFRC (Nén)		***UHPFRC (Kéo)***	
(1) Giai đoạn OA - Đoạn tăng Yan [15]	$\frac{\sigma_c}{f'_c}=\frac{a_d\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c0}}\right)}{1+(a_d-2)\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)+\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^2}$ $a_d=0.193-0.312$	Hordijk [16]	$\frac{\sigma_t}{f_t}=\left[1+\left(c_1\frac{w}{w_{cr}}\right)^3\right]e^{-c_2\frac{w}{w_{cr}}}-\frac{w}{w_{cr}}\left(1+c_1^3\right)e^{-c_2}$ $c_1=3;c_2=6.93$ $G_{f0}=0.073\cdot f'^{0.18}_c$ $w_c=5\cdot\frac{G_{fo}}{f_t};E=9075\sqrt[3]{f'_c}$
(2) Giai đoạn AC - Đoạn giảm Yan [15]	$\frac{\sigma_c}{f'_c}=\frac{a\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}}-\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}}\right)^2}{1+(a-2)\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}}\right)}$ a = 1.1 - 1.138		

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

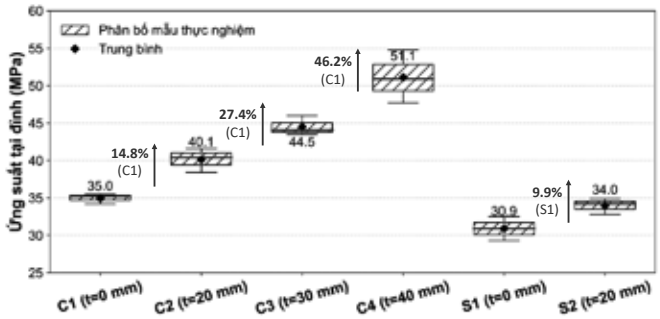
Quan hệ ứng suất-biến dạng nén dọc trục của các mẫu cột bọc UHPFRC gồm ba giai đoạn: đàn hồi tuyến tính, phi tuyến đàn-dẻo khi xuất hiện vi nứt, và suy giảm ứng suất sau đỉnh. Thí nghiệm cho thấy các mẫu cột tiết diện vuông (S2) bọc UHPFRC dày 20 mm đạt ứng suất cực đại khoảng 42-45 MPa, với biến dạng đỉnh xấp xỉ 0,002 mm/mm. Mô phỏng số bằng mô hình CDP trùng khớp với thực nghiệm, sai lệch dưới 10% ở vùng đàn hồi và đỉnh ứng suất, nhưng có sai khác nhẹ sau đỉnh. Các mẫu cột tròn với lớp bọc UHPFRC dày hơn (20-40 mm) cho thấy khả năng chịu nén tăng khi bề dày lớp bọc tăng. Ở nhóm C2 (t = 20 mm), ứng suất cực đại đạt 38-42 MPa, cao hơn 15-20% so với nhóm không bọc (C1). Nhóm C3 (t = 30 mm) đạt 44-46 MPa, tăng 27% so với C1, và nhóm C4 (t = 40 mm) đạt 47-55 MPa, tăng 46%. Độ dốc của đoạn đàn hồi và biến dạng cực đại cũng tăng, thể hiện hiệu ứng giam giữ cao khi lớp bọc dày hơn. So sánh giữa các tiết diện cho thấy cột tròn có hiệu quả giam giữ và tăng cường cường độ cao hơn 10-15% so với cột vuông. Cột tròn có ứng suất phân bố đều hơn và hạn chế nứt sớm, trong khi cột vuông dễ xảy ra phá hoại cục bộ ở các góc. Kết quả thực nghiệm và mô phỏng chỉ ra rằng lớp bọc UHPFRC cải thiện đáng kể cường độ nén, độ dẻo, làm chậm quá trình phá hoại và tăng khả năng tiêu tán năng lượng. Mô hình CDP cho thấy độ chính xác trong dự báo ứng xử của hệ lõi-vỏ.



a) Mẫu S2 b) Mẫu C4

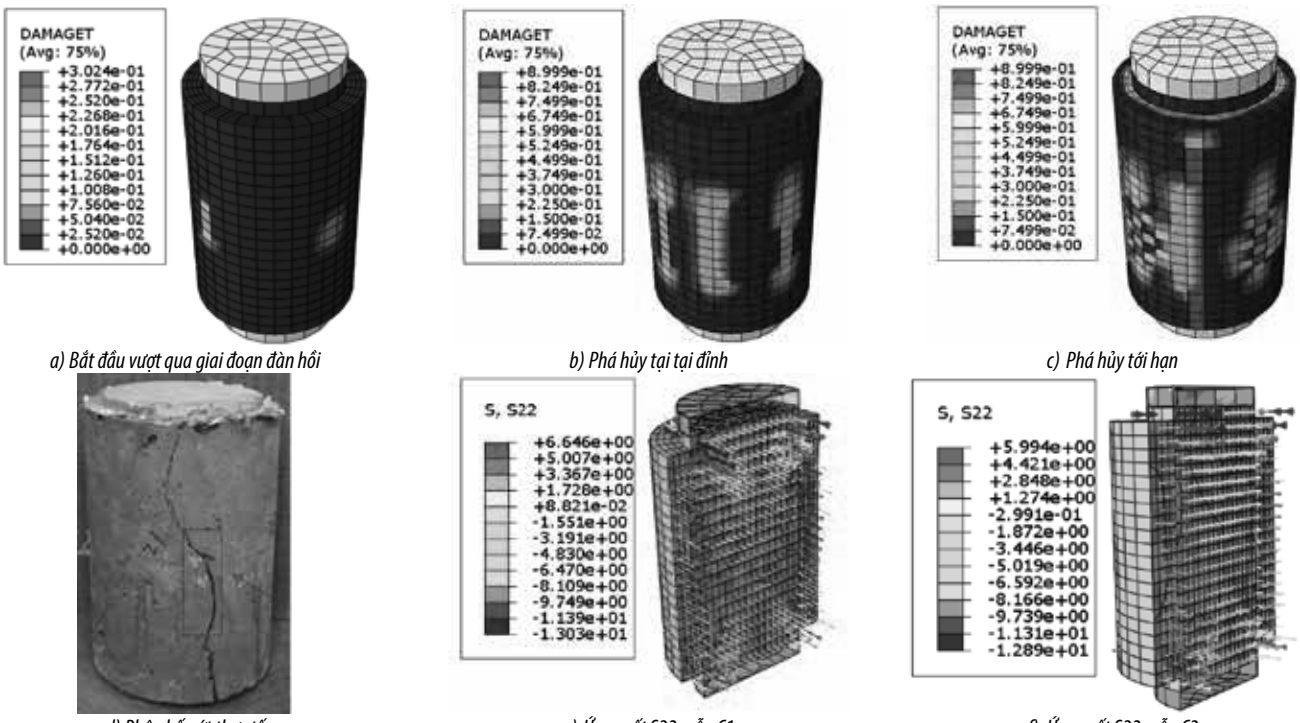
c) Mẫu C3 d) Mẫu C2

Hình 3. Đường cong ứng suất biến dạng thực nghiệm và mô phỏng



Hình 4. So sánh ứng suất cực đại trung bình của các mẫu

Hình 4 cho thấy ứng suất cực đại trung bình của các mẫu cột tròn (C1-C4) và cột vuông (S1-S2), cùng mức tăng cường (%) so với mẫu đối chứng không bọc. Kết quả cho thấy lớp bọc UHPFRC cải thiện cao khả năng chịu nén, đặc biệt khi bề dày lớp bọc tăng. Đối với cột tròn, ứng suất cực đại tăng từ 35 MPa ở mẫu C1 (không bọc) lên 40,1 MPa (C2), 44,5 MPa (C3) và 51,1 MPa (C4), tương ứng mức tăng cường +14,8%, +27,4% và +46,2%. Lớp bọc UHPFRC cải thiện khả năng truyền ứng suất vòng và kiềm chế nở hông, tăng cường độ nén và độ dẻo của cột. Đối với cột vuông, mẫu S2 (t = 20 mm) đạt ứng suất cực đại 34,0 MPa, cao hơn 9,9% so với mẫu S1 (30,9 MPa), tuy nhiên hiệu quả tăng cường hạn chế do ứng suất tập trung ở các góc, gây nứt sớm tại vùng biên.

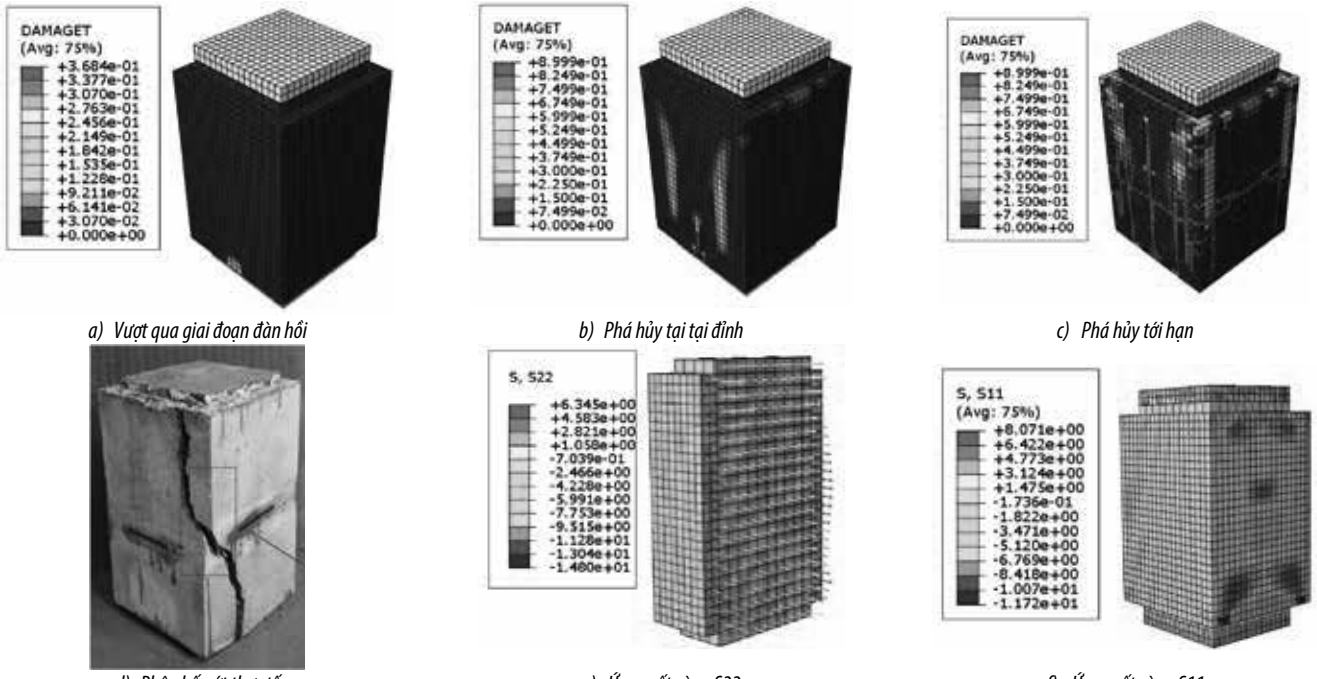


a) Bắt đầu vượt qua giai đoạn đàn hồi b) Phá hủy tại tại đỉnh c) Phá hủy tới hạn

d) Phân bố nứt thực tế e) Ứng suất S22 mẫu C1 f) Ứng suất S22 mẫu C2

Hình 5. Kết quả mô phỏng cột tròn (C2, C3)

Hình 5 thể hiện sự phân bố vùng hư hỏng và ứng suất vòng (S22) từ mô phỏng số, kết hợp với ảnh chụp bề mặt cột sau thí nghiệm. Kết quả cho thấy vùng hư hỏng tập trung ở phần giữa chiều cao cột, nơi biến dạng dọc trục và nở hông đạt cực đại, phát triển thành các dải thẳng đứng, tương ứng với vị trí nứt dọc trong thí nghiệm. Mức độ trùng khớp giữa mô phỏng và thực nghiệm chứng tỏ mô hình CDP mô tả chính xác quá trình hình thành và lan truyền vết nứt. Ứng suất vòng S22 trong lớp UHPFRC cho thấy sự phân bố khác nhau giữa cột tròn và vuông. Cột tròn có ứng suất vòng phân bố đều, thể hiện hiệu ứng giam giữ ổn định, trong khi cột vuông có ứng suất tập trung ở các góc, gây nứt sớm. Khi tải trọng đạt tới hạn, lớp UHPFRC chịu ứng suất vòng lớn, trong khi lõi bê tông chủ yếu chịu nén, cho thấy cơ chế chuyển ứng suất nở hông từ lõi sang lớp bọc. Mô phỏng và thực nghiệm cho thấy sự tương đồng về vị trí, hình học và hướng lan truyền của vùng hư hỏng, cho thấy mô hình CDP tái hiện tốt trình tự phá hoại và đặc trưng giòn-dẻo của hệ vật liệu composite lõi-vỏ.



a) Vượt qua giai đoạn đàn hồi *b) Phá hủy tại tại đỉnh* *c) Phá hủy tới hạn*

d) Phân bố nứt thực tế *e) Ứng suất vòng S22* *f) Ứng suất vòng S11*

Hình 6. Quá trình mô phỏng cột vuông (S2)

Hình 6 cho thấy phân bố vùng hư hỏng và ứng suất trong cột bê tông cốt thép tiết diện vuông bọc UHPFRC dày 20 mm ở giai đoạn chịu nén tới hạn. Mô phỏng số với mô hình CDP cho thấy vùng hư hỏng cục bộ xuất hiện tại các góc và rìa cạnh, nơi ứng suất kéo vòng và tiếp tuyến cao. Khi tải trọng tăng, hư hỏng lan dọc theo chiều cao cột và sâu vào lõi bê tông, hình thành vết nứt dọc và xiên. Ứng suất vòng S22 trong lớp UHPFRC đạt cao nhất tại các góc (6-6,5 MPa) và nhỏ hơn ở giữa cạnh, phản ánh hiệu ứng giam giữ không đồng đều. Trường ứng suất dọc S11 cho thấy vùng nén lớn nhất trong lõi bê tông và lớp UHPFRC gần bề mặt, với ứng suất kéo dọc nhỏ tại các góc. Kết quả mô phỏng tương đồng với thực nghiệm về vị trí và hình thái vết nứt.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ nghiên cứu trên, có thể rút ra một số kết luận chính như sau:

- Khi bề dày lớp bọc UHPFRC tăng từ 20 mm lên 40 mm, cường độ nén của cột tròn tăng 14,8 - 46,2% và cột vuông tăng 9,9% so với mẫu không bọc.
- Cột tròn có hiệu quả giam giữ cao hơn 10 - 15% so với cột vuông nhờ ứng suất vòng phân bố đều.
- Quan hệ ứng suất-biến dạng của mẫu có ba giai đoạn: đàn hồi tuyến tính, phi tuyến đàn dẻo và suy giảm sau đỉnh, với cải thiện cường độ nén và độ dẻo khi bề dày lớp bọc tăng.
- Vùng hư hỏng trong mô phỏng tương đồng với vị trí nứt thực nghiệm, như vậy mô hình CDP mô phỏng tốt cơ chế phá hoại.
- Mô hình CDP trong Abaqus có sai số dưới 10% so với thực nghiệm, phù hợp cho dự báo ứng xử và thiết kế kết cấu bọc UHPFRC.
- Cần nghiên cứu thêm về ảnh hưởng của các yếu tố môi trường như nhiệt độ và độ ẩm lên hiệu quả của lớp bọc UHPFRC để đánh giá khả năng bền vững lâu dài của kết cấu trong điều kiện thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài mã số KH2404, do Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh (UTH) tài trợ. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ tài chính từ nhà tài trợ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. J. F. Bonacci and M. Maalej, "Externally bonded fiber-reinforced polymer composites for the rehabilitation of concrete structures," Struct. J., vol. 97, no. 5, pp. 703-711, 2000.

[2]. J. Tatar and S. Milev, "Durability of externally bonded fiber-reinforced polymer composites in concrete structures: A critical review," Polymers, vol. 13, no. 5, Art. no. 765, Feb. 2021, doi: 10.3390/polym13050765.

[3]. S. H. Rizkalla and T. Hassan, "Design recommendations for the use of FRP for reinforcement and strengthening of concrete structures," Prog. Struct. Eng. Mater., vol. 4, no. 2, pp. 135-149, 2002.

[4]. H. A. Le, "Đánh giá tổng quan khả năng sử dụng bê tông siêu tính năng cao để gia cường kết cấu trụ cầu," Tạp chí Xây dựng, Dec. 29, 2024.

[5]. H. A. Le, "Mô phỏng ứng xử chịu lực nén dọc trục của cột tròn liên hợp bê tông thường nhồi ống đúc sẵn bằng bê tông siêu tính năng cao," Tạp chí Xây dựng, 2024.

[6]. H. A. Le and A. T. Le, "Experimental and numerical investigation on the composite columns made of prefabricated ultra-high performance concrete tube filled with normal strength concrete," Struct. Eng. Mech., vol. 94, no. 2, pp. 85-102, Apr. 2025, doi: 10.12989/sem.2025.94.2.085.

[7]. H. A. Le, V.H. Ho, P.C. Nguyen, T.P. Le, M.N.T. Lam, "Axial compressive behavior of circular RC stub columns jacketed by UHPC and UHPFRC," Case Stud. Constr. Mater., vol. 21, Art. no. e03761, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.cscm.2024.e03761.

[8]. X. Wu, "Axial load testing of hybrid concrete columns consisting of UHPFRC tube and normal-strength concrete core," Eng. Struct., vol. 167, pp. 166-178, 2018.

[9]. J. Xie, Q. Fu, and J. B. Yan, "Compressive behaviour of stub concrete columns strengthened with ultra-high performance concrete jacket," Constr. Build. Mater., vol. 204, pp. 643-658, 2019.

[10]. W. J. Mhuder and S. M. Chassib, "Experimental study of strengthening of RC columns with steel fiber concrete," Mater. Sci. Forum, vol. 1002, pp. 551-564, 2020.

[11]. V. S. Ronanki and S. Aaleti, "Experimental and analytical investigation of UHPFRC confined concrete behavior," Constr. Build. Mater., vol. 325, p. 126710, 2022.

[12]. A. K. Samani and M. M. Attard, "A stress-strain model for uniaxial and confined concrete under compression," Eng. Struct., vol. 41, pp. 335-349, 2012.

[13]. M. Tasdemir et al., "Evaluation of strains at peak stresses in concrete: A three-phase composite model approach," Cem. Concr. Compos., vol. 20, no. 4, pp. 301-318, 1998.

[14]. Z. Tao, Z.-B. Wang, and Q. Yu, "Finite element modelling of concrete-filled steel stub columns under axial compression," J. Constr. Steel Res., vol. 89, pp. 121-131, 2013.

[15]. G. Yan, "Experimental study on strength and deformation of reactive powder concrete under triaxial compression," in Proc. Int. Conf. Concrete Technol., Yantai, China, 2010, pp. 383-386.

[16]. D. A. Hordijk, "Tensile tests and failure analysis of concrete," J. Struct. Eng., vol. 112, no. 11, pp. 2462-2487, 1986, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1986)112:11(2462).

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Đánh giá chuyển vị ngang tường vây bê tông cốt thép trong quá trình thi công Semi-Topdown theo phương pháp SRM và PTHH

Horizontal displacement analyse of reinforced concrete diaphragm wall during the Semi-Topdown construction by the SRM and fem methods

> **LÊ VIỆT DŨNG*, DƯƠNG VĂN HAI**
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; *Email: dunglv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến việc xác định chuyển vị ngang của tường vây theo trình tự các bước đào trong quá trình thi công Semi-Topdown cho hầm sâu nhà cao tầng. Mô hình tính toán dựa trên lý thuyết áp lực tĩnh, áp lực chủ động và áp lực bị động của đất nền tác động lên tường vây được so sánh thông qua phương pháp hệ số đất nền (SRM) phân tích bằng ETABS và phương pháp phân tử hữu hạn (PTHH) phân tích bằng PLAXIS, khi xét đến các điều kiện biên khác nhau của gối tựa tại các mức sàn hầm. Việc chuyển trạng thái từ gối tựa cố định sang gối tựa đàn hồi cho phép đánh giá ảnh hưởng của độ cứng ngang hệ kết cấu sàn bê tông cốt thép (BTCT) đến giá trị chuyển vị ngang tính toán của tường vây ở mỗi bước đào. Kết quả phân tích làm rõ độ nhạy của chuyển vị ngang tường vây theo các phương pháp phân tích khác nhau khi chiều sâu bước đào thay đổi.

Từ khóa: Tường vây BTCT, Semi-Topdown, hầm sâu nhà cao tầng, độ cứng ngang hệ kết cấu BTCT, SRM, PTHH.

ABSTRACT

In this paper, the factors affecting the calculation of the lateral displacement of diaphragm wall (DW) according to the Semi-topdown construction method were analyzed. The model using the static, active, and passive pressures of the soil on the DW was analyzed by subgrade reaction modulus method (SRM) and by Finite element method (FEM), in which the different limit conditions of support at basement floor levels were taken into account. Comparing the fixed and elatic supports allowed to analyze the effect of latertal RC floor rigidity on the DW displacement in each excavation step. The analyzed results clarified how the DW behaved according to different analysis methods, regarding the influence of the excavation steps.

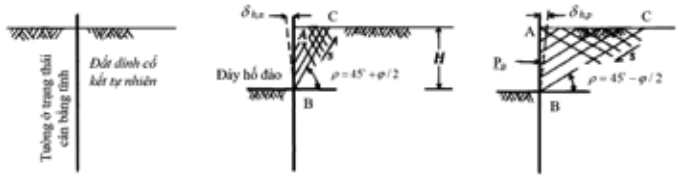
Keywords: Reinforced diaphragm wall, Semi-Topdown, deep basement of High-rise building, lateral stiffness of RC structure, ETABS, PLAXIS.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hơn một thập kỷ trở lại đây tại Việt Nam, nhiều công trình nhà cao tầng được thiết kế với tầng hầm sâu nhằm phục vụ các chức năng như bãi đỗ xe và trung tâm thương mại, đáp ứng nhu cầu sử dụng của khu vực có mật độ dân cư cao trong và xung quanh công trình. Với quỹ đất xây dựng hạn chế, xây dựng trong những khu vực hạ tầng ổn định, mật độ công trình xung quanh lớn, việc sử dụng giải pháp tường vây BTCT được đánh giá là hợp lý, kết hợp với các giải pháp thi công đào mở (sử dụng hệ thống neo đất), hoặc thi công theo phương pháp Topdown, Semi-Topdown.

Với những công trình có quy mô từ 3 tầng hầm trở lên, phương pháp thi công đào mở sử dụng hệ thống neo đất cho ưu điểm thi công nhanh và dễ kiểm soát chất lượng hệ kết cấu chịu lực của phần ngầm. Tuy nhiên, trong điều kiện hạn chế về không gian thi công, phương pháp neo không đủ không gian triển khai, phương pháp thi công theo trình tự bước đào (Topdown, Semi-Topdown) thể hiện được tính ưu việt, đảm bảo độ an toàn trong thi công hầm sâu và tận dụng được tối đa không gian thi công phần ngầm. Theo đó, nội dung bài báo này tập trung vào vấn đề thiết kế kiểm soát chuyển vị ngang tường vây theo trình tự bước đào của biện pháp thi công Semi-Topdown.

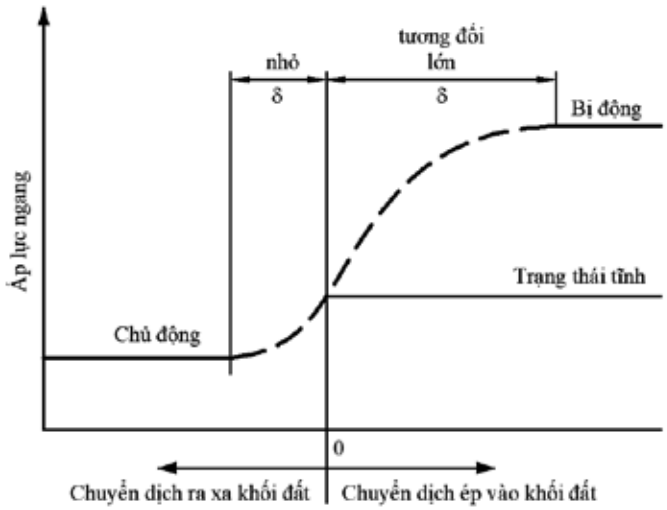
Trong mỗi bước đào, áp lực đất phía bên ngoài tường tác dụng lên tường sẽ giảm từ áp lực tĩnh về áp lực chủ động, phụ thuộc vào chuyển vị thực tế của tường vây [1]. Sự phụ thuộc này được thể hiện trong Hình 1 dưới đây



(a) *(b) chuyển vị chủ động* *(c) chuyển vị bị động*

Hình 1. Biến đổi trạng thái áp lực đất lên tường vây thông qua sự biến đổi trạng thái tĩnh (a) của tường vây nằm trong đất sang trạng thái dịch chuyển chủ động (b) và bị động (c)

Bản chất của việc chuyển trạng thái từ áp lực tĩnh sang trạng thái chủ động và bị động liên quan đến xu hướng chuyển vị của tường vây tách rời hay ép chặt vào khối đất, khi đó áp lực tĩnh sẽ giảm về áp lực chủ động (đất tách rời) hoặc tăng thành áp lực bị động (đất ép lại). Tùy thuộc vào từng loại đất, áp lực tĩnh (P_0) của đất chuyển sang áp lực chủ động (P_a) khi đỉnh tường dịch chuyển đạt giới hạn từ (0,1% - 0,4%) của chiều sâu hố đào cho đất rời, hoặc (1% - 5%) của chiều sâu hố đào cho đất dính [1]. Trong khi đó, theo hướng dịch chuyển ép vào khối đất, đỉnh tường vây cần một dịch chuyển tương đối lớn (Hình 2) so với trạng thái chủ động để áp lực đất tăng đạt độ lớn của áp lực bị động (E_p).



Hình 2. Quan hệ áp lực đất và chuyển vị tường [1]

Theo các điều kiện biên và điều kiện đất nền khác nhau, việc tính toán chuyển vị của tường được xác định theo phương pháp cân bằng trạng thái giới hạn của áp lực đất lên tường vây, theo đó phương pháp số sử dụng mô hình thông số độ cứng đất nền (subgrade reaction modulus - SRM) hoặc phương pháp phần tử hữu hạn (Finite elements method - FEM) được áp dụng thông qua quan hệ ứng suất biến dạng theo lý thuyết đàn hồi hoặc lý thuyết đàn dẻo. Phương pháp PTHH được áp dụng trong các phần mềm tính Plaxis [2] với các mô hình đất nền khác nhau, theo mô hình 2D hoặc 3D.

Phương pháp SRM được nghiên cứu sử dụng trong phân tích theo trạng thái cân bằng giới hạn trong mô hình 2D, ở đó sự tương tác giữa tường vây và đất nền được mô phỏng qua mô hình Winkler. Kết quả tính theo phương pháp SRM phụ thuộc nhiều vào thông số độ cứng ngang k_h của đất nền. Terzaghi [3] đưa ra công thức xác định thông số này liên quan đến biến dạng của đất nền. Các nghiên cứu của Monaco [4], Ménard [5], Simon [6], Becci & Nova [7] đã xây dựng các mô hình kể đến biến dạng phi tuyến của đất nền. Khi nghiên cứu chuyển vị ngang của tường, một số nghiên cứu đã kể đến ảnh hưởng độ cứng chống uốn của tấm tường. Theo xu hướng này có thể kể đến các công thức đề xuất của Schmitt [8], Vesic [9].

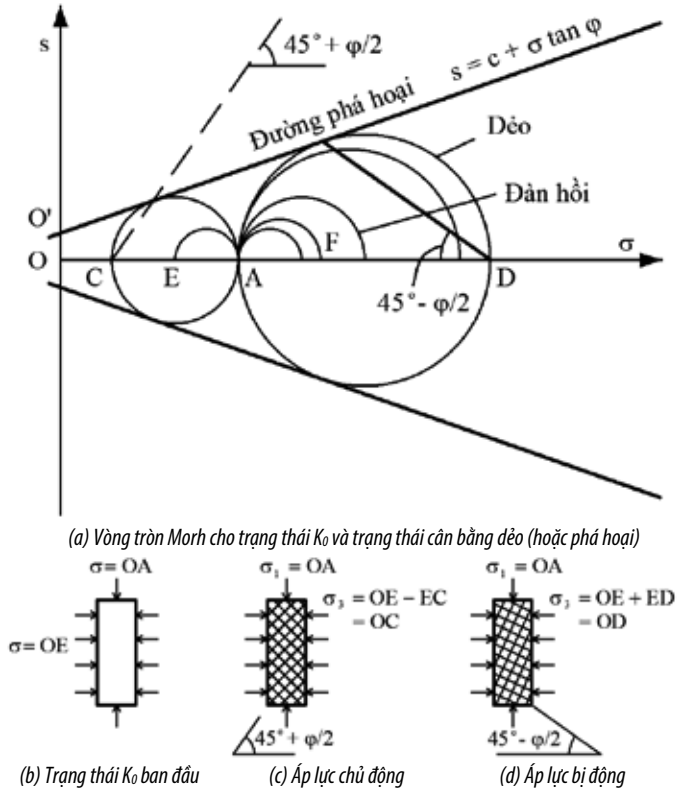
Với mục đích so sánh đánh giá trị chuyển vị ngang của tường vây khi xét đến sự ảnh hưởng đồng thời của điều kiện đất nền và độ cứng ngang kết cấu ngầm BTCT (vách, sàn), hai phương pháp PTHH (Plaxis 2D) và SRM (Etabs) được phân tích trong bài báo theo trình tự bước đào thực tế của biện pháp thi công Semi-Topdown. Trong phân tích Plaxis 2D, mô hình đàn hồi - dẻo phi tuyến (Harderning Soil) được sử dụng. Trong phân tích SRM, độ cứng ngang k_h của đất nền được phân tích lựa chọn. Độ cứng của tấm tường được xem xét như một thông số điều kiện biên khi tiến hành phân tích số. Kết quả nghiên cứu đạt được có tính định hướng, hỗ trợ cho kỹ sư thiết kế lựa chọn kích thước hợp lý cho tường vây.

2. PHÂN TÍCH MÔ HÌNH TÍNH

2.1. Áp lực đất - chuyển vị ngang tường vây

Áp lực đất

Khi đất nền chuyển từ trạng thái ổn định tĩnh sang trạng thái cố kết hoặc tách rời theo phương chuyển vị ngang của tường vây, áp lực chủ động và áp lực bị động của đất được xác định cơ bản bằng phương pháp vòng tròn Morh:



(a) Vòng tròn Morh cho trạng thái K_0 và trạng thái cân bằng dẻo (hoặc phá hoại)

(b) Trạng thái K_0 ban đầu *(c) Áp lực chủ động* *(d) Áp lực bị động*

Hình 3. Mô tả việc xác định trạng thái cân bằng đàn hồi và dẻo [1]

Khi chuyển vị ngang của tường theo hướng tách ra khỏi khối đất đủ lớn, áp lực ngang của khối đất tác dụng lên tường đạt trạng thái cân bằng dẻo, cho giá trị áp lực chủ động tương ứng giá trị áp lực nhỏ nhất được xác định theo công thức 1.

$$\sigma_3 = \sigma_1 \tan^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c\tan\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (1)$$

Theo hướng dịch chuyển ngược lại, trạng thái cân bằng dẻo lớn nhất của áp lực đất đạt được khi tường dịch chuyển một đoạn đủ lớn ép vào khối đất (Hình 4.d), khi đó áp lực bị động của đất lên tường vây được xác định theo công thức 2.

$$\sigma_3 = \sigma_1 \tan^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c\tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2)$$

Mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của đất nền được phân tích qua các mô hình đàn dẻo khác nhau, phù hợp với tường loại đất nền. Theo đó phần áp lực đất lên tường vây được xác định theo một số phương pháp sau [1]:

- Xác định theo phương pháp gần đúng Rankine hoặc Coulomb, cho phép xác định các giá trị áp lực đất chủ động P_a và bị động P_p. Giả thiết tính của hai phương pháp này là khối đất đạt trạng thái biến dạng giới hạn cân bằng dẻo.

- Áp lực đất được xác định theo biến dạng thực tế của đất nền theo phương ngang, cho phép xác định chính xác hơn sự biến đổi trạng thái từ áp lực tĩnh sang xu hướng áp lực chủ động hoặc bị động.

Theo như phân tích trong mục 1 phần đặt vấn đề, để đất nền chuyển từ trạng thái áp lực tĩnh (P_0) sang hai trạng thái giới hạn chủ động (P_a) và bị động (P_p) thì đất nền cần đạt một giá trị chuyển vị nhất định. Khi chưa đạt các giá trị chuyển vị này, áp lực đất thực tế lên tường vây sẽ nằm ở mức trung gian giữa các giá trị áp lực giới hạn (theo Hình 2). Một cách gần đúng theo lý thuyết đàn hồi, phụ thuộc vào hướng dịch chuyển của tường vây so với khối đất, trạng thái áp lực thực tế được điều chỉnh [6], cụ thể:

- Cạnh chủ động : $P = P_0 - k_h\ \delta \geq P_a$
- Cạnh bị động : $P = P_0 + k_h\ \delta \leq P_p$

Trong bài báo này, hai phân tích sử dụng lý thuyết Rankin với sự điều chỉnh áp lực chủ động và sử dụng áp lực tĩnh (P_0) được áp dụng cho phân tích SRM bằng phần mềm Etabs. Trong đó, sự hiệu chỉnh được tính hội tụ ngay trong lần dịch chuyển đầu tiên. Trạng thái chuyển vị giới hạn để đạt áp lực chủ động và bị được được xác định theo đề xuất của Bowels [1] và Brinch Hansen [11]. Phương pháp quan hệ ứng suất - biến dạng thực tế đất nền được áp dụng cho phân tích theo PTHH bằng phần mềm Plaxis.

Chuyển vị ngang giới hạn của tường vây

Trong thiết kế thi công tường vây, việc kiểm soát độ lớn giá trị dịch chuyển ngang thực tế đóng vai trò quan trọng, nhất là đối với các hố đào có công trình dân dụng và hạ tầng kỹ thuật liền sát. Căn cứ trên các thông số giới hạn về chuyển vị ngang u_{max} và góc xoay β_{max} của tường vây, Rankine 1988 [11] đã phân chia ra thành 4 mức độ nứt nẻ (Bảng 1) nhằm kiểm soát hạn chế nứt bề mặt đất nền xung quanh hố đào.

Bảng 1. Phân loại mức độ nứt nẻ ảnh hưởng đến mặt đất và công trình xung quanh hố đào

Phân loại	Mức độ nứt nẻ	Miêu tả dạng nứt điển hình	Thông số	
			β_{max}	u_{max} (mm)
Loại 1	Rất nhẹ, bỏ qua được	Vết rạn bề mặt	< 1/500	< 10
Loại 2	Nhẹ	Vết rạn bề mặt, có những hiệu ứng không mong muốn lên cấu kiện chịu uốn	1/500 - 1/200	10 – 50
Loại 3	Trung bình	Nứt vỡ bề mặt mặt kết cấu công trình và ống dẫn cứng	1/200 – 1/50	50 – 75
Loại 4	Mạnh	Nứt vỡ bề mặt kết cấu công trình và ống dẫn cứng và mềm	> 1/50	> 75

Theo TCVN 5574-2018 [12], giá trị chuyển vị ngang giới hạn cho phép đối với tường vây là 1/75H cho kết cấu dạng công xôn, H/150 cho kết cấu dạng dầm. Giá trị giới hạn này của TCVN 5574-2018 tương ứng với thông số biến dạng xoay β_{max} theo trạng thái nứt nẻ loại 3 của Rankine. Do đó trong thiết kế thực tế, tùy thuộc vào hiện trạng công trình xung quanh hố đào, cần lưu ý bổ sung việc kiểm soát giá trị chuyển vị ngang tuyệt đối u_{max}. Thông thường giá trị này được chọn trong khoảng 30 - 40 mm cho chuyển vị đỉnh tường, tương ứng với loại 2 theo bảng phân loại của Rankine.

2.2. Thông số k_h - độ cứng ngang đất nền

Theo mô hình Winkler biểu diễn trong Hình 4, áp lực ngang được xác định theo công thức sau :

$$\sigma = k_h x \quad (3)$$

Trong đó, x là chuyển vị ngang, k_h là độ cứng ngang đất nền. Một số công thức xác định k_h được tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. Phương pháp xác định thông số độ cứng ngang của đất nền

TT	Phương trình	Tham khảo
1	$k_h = A_s + B_s Z^n$ trong đó, A_s B_s, và n là hằng số, được xác định phù hợp với từng loại đất. Z là chiều sâu khảo sát	[1]
2	k_h = m (hằng số)	[4]
3	$k_h = E_M / \left[\alpha a/2 + 0.13\ (9a)^{\alpha}\right]$	[5]
4	$k_h = E_M / \left[\alpha B/6 + 0.13\ (4.4B)^{\alpha}\right]$	[6]
5	$k_h = a\dfrac{E}{L}$	[7]
6	$k_h = 2.1\left(E_{oed}^{4/3}/EI^{1/3}\right)$	[8]
7	k_h = K (hằng số) khi Z > t $k_h = \dfrac{Z}{t}K$ khi $0 \leq Z \leq t$ trong đó, t là độ sâu cho điểm dịch chuyển bằng 0 đầu tiên	[10]
8	$k_h = CZ^{0,5}$ trong đó, C là hệ số đất nền, Z là chiều sâu khảo sát	[10]

Theo Bảng 2, nhận thấy phương pháp 8 (phương pháp hệ số C) cho công thức xác định k_h phù hợp với phương pháp 1 với hệ số n = 0,5, phương pháp được nhiều tác giả đánh giá là sử dụng phổ biến trong xác định hệ số k_h [1]. Phương pháp này do đó được lựa chọn trong phân tích. Theo đó càng xuống sâu dưới đáy hố đào, phương pháp hệ số C cho phép thể hiện sự cân bằng trạng thái chuyển vị giữa hai mặt trong và ngoài của tường vây.

3. VÍ DỤ TÍNH VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

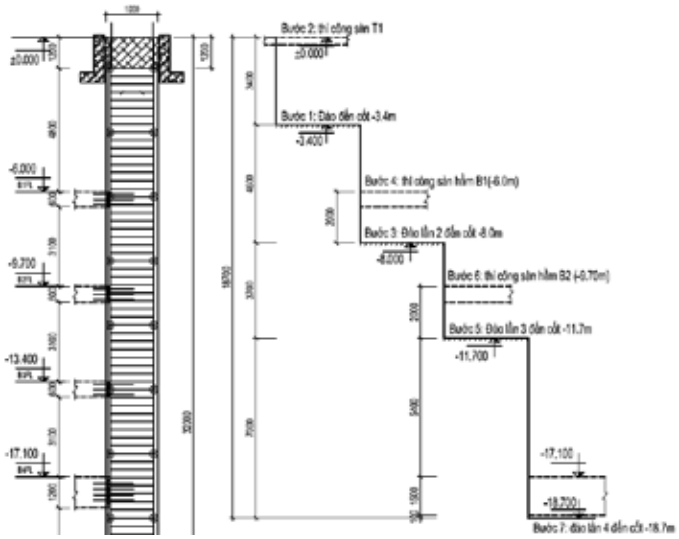
3.1. Công trình nghiên cứu

Công trình điển hình xây dựng ở Khu đô thị Tây Hồ Tây, phường Xuân Đỉnh, Hà Nội được nghiên cứu phân tích. Thông tin địa chất được tổng hợp trong Bảng 3 theo số liệu từ 10 hố khoan khảo sát, với mực nước ngầm được đánh giá ở độ sâu -4,2 m. Công trình có quy mô 4 tầng hầm: hầm 1 sâu 6 m, hầm 2 đến hầm 4 sâu 3,1 m. Tường vây tầng hầm được tính toán theo trình tự các bước đào theo biện pháp thi công Semi-Topdown, chi tiết các bước đào được thể hiện trong Hình 6.

Bảng 3. Thông số địa chất đất nền khảo sát khu vực Tây Hồ Tây, phường Xuân Đỉnh, Hà Nội

Lớp đất	Loại đất	SPT	C kG/cm²	φ	E kG/cm²
Lớp 1	Đất lấp. Bề dày: 0,7 - 1,5 m	-	-	-	-
Lớp 2	Sét pha nâu đỏ, xám vàng, dẻo cứng.	12	0.265	13°10′	105

	Dày: 3,3 - 10,2 m				
Lớp 3	Cát pha, nâu vàng, trạng thái dẻo. Bề dày: 2,2 - 8,2 m	10	0.125	17°05′	101
Lớp 4	Sét pha, xám nâu, dẻo mềm. Bề dày: 3,0 - 6,0 m	9	0.227	11°16′	117
Lớp 5	Cát pha, xám nâu, trạng thái dẻo. Bề dày: 2,0 - 5,0 m	11	0.120	16°30′	99.9
Lớp 6	Sỏi sạn lẫn cát, trạng thái chặt nâu vàng. Bề dày: 2,1 - 3,7 m	35	-	-	325.6
Lớp 7	Cát hạt thô xen kẹp sạn, chặt vừa, xám nâu. Dày: 12,6 - 35 m	22	e_0 max 1.013	e_0 min 0.631	94.92
Lớp 8	Cát hạt thô lẫn sỏi, nâu vàng, chặt. Bề dày: 3,7 - 8,5 m	34	e_0 max 1.013	e_0 min 0.633	135.19
Lớp 9	Cuội sỏi đa sắc, trạng thái rất chặt. Bề dày: 15,8 - 23,3 m	>100	-	-	825



Hình 6. Trình tự thi công theo bước đào - Biện pháp thi công Semi-Topdown

Với chiều sâu đáy hố đào dừng ở cao trình -18,7 m (bước đào cuối thi công hầm B4), tường dày 1000 mm với chiều dài tường vây được xác định là 32 m, tính toán đảm bảo điều kiện ổn định đáy hố đào. Việc kiểm tra nội dung ổn định đáy hố đào không nằm trong nội dung nghiên cứu của bài báo. Việc tính toán đánh giá trạng thái chuyển vị ngang và nội lực tường vây được tập trung phân tích theo phương pháp PTHH Plaxis và SRM với quy trình đào đất thi công tuần tự cố định như trình bày trong Hình 6. Các điều kiện biên trong tính toán được xác định trong Bảng 4.

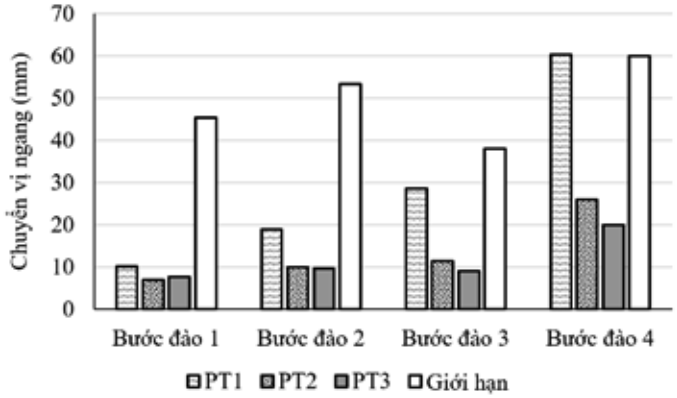
Bảng 4. Tổng hợp thông số mô hình áp dụng phân tích chuyển vị tường vây

TT	Phương pháp phân tích	Điều kiện biên		
		Hoạt tải (T/m²)	Áp lực đất	Gối tựa mức sàn hầm
PT1	PTHH Plaxis	3	Thực tế theo trạng thái ứng suất - biến dạng	Kể đến biến dạng ngang của hệ kết cấu sàn
PT2	SRM Etabs	3	Rankine kết hợp hiệu chỉnh áp lực	Kể đến biến dạng ngang đàn hồi* của hệ kết cấu sàn
PT3	SRM Etabs	3	Áp lực tĩnh	Cố định

*Biến dạng ngang đàn hồi của hệ kết cấu sàn được giả định tính theo biến dạng co ngắn đàn hồi của ô sàn trong nhịp thứ nhất sát tường vây. Tính cho các mức sàn khóa cho bước thi công tiếp theo. Hệ số đàn hồi gối tựa được xác định theo giới hạn co ngắn đàn hồi BTCT [12].

3.2. Phân tích kết quả

Theo thông số điều kiện biên nêu trong Bảng 4, trường hợp hoạt tải được tính toán (3 T/m²) cho trường hợp có đường giao thông sát hố đào thi công tường hầm. Kết quả mô phỏng theo ba trường hợp tính được so sánh trong Hình 7. Trong phân tích PTHH bằng phần mềm Plaxis, mô hình đàn hồi dẻo phi tuyến (Harderning soil) được sử dụng, theo đó thông số đất nền được lấy theo số liệu trong Bảng 3. Đối với mô hình SRM, phương pháp hệ số C với hệ số n = 0,5 được sử dụng [8].



Hình 7. So sánh chuyển vị ngang của tường vây theo trình tự bước đào với giới hạn chuyển vị cho phép theo TCVN 5574-2018: H/75 cho bước đào 1, và H/150 cho bước đào 2, bước đào 3, bước đào 4.

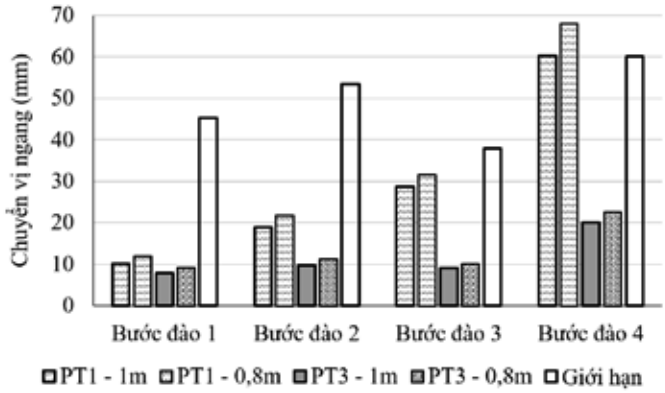
Kết quả so sánh cho thấy trong bước đào đầu tiên với độ sâu -3,4 m, ba phương pháp tính cho kết quả tương đối hội tụ, có độ an toàn cao so với chuyển vị giới hạn cho phép tính theo TCVN 5574-2018. Phân tích chi tiết ở bước đào này, phương pháp phần tử hữu hạn PTHH (PT1) cho kết quả chuyển vị lớn hơn phương pháp SRM (PT2, PT3). Phân tích này cho kết quả so sánh ngược với phân tích của Ilies [13] trong phân tích chuyển vị ngang 1 bước đào, khi sử dụng hệ số độ cứng ngang k_h là hằng số trong mô hình SRM.

Từ bước đào 2 đến bước đào 4, kết quả tính bằng phần phương pháp PTHH lớn gấp 2 đến 2,2 lần so với tính toán bằng phương pháp SRM bằng phần mềm Etabs. Ở các bước đào 2 (độ sâu -8 m) và bước đào 3 (độ sâu -11,7 m), ba phương pháp tính vẫn cho độ an toàn cao

khi vẫn nằm trong giới hạn chuyển vị ngang cho phép. Tuy nhiên ở bước đào 4, kết quả mô phỏng theo Plaxis cho giá trị chuyển vị ngang đạt giá trị giới hạn cho phép khi đánh giá theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2018. Trong khi kết quả mô phỏng theo phương pháp SRM cho kết quả chuyển vị chưa đạt tới 50%.

Kết quả so sánh trong Hình 7 cho hai phân tích PT2 và PT3 đều tính theo phương pháp SRM cho thấy mức độ ảnh hưởng của việc điều chỉnh áp lực đất nền kết hợp biến dạng đàn hồi gối tựa ở các mức sàn (PT2) đến giá trị chuyển vị ngang. Ở bước đào 1, khi áp lực điều chỉnh giảm về hướng áp lực chủ động, chuyển vị ngang tường cho kết quả nhỏ hơn so với phân tích PT3. Tuy nhiên ở các bước đào sau, khi đã có sự tham gia của các sàn BTCT được thi công để khóa tạo gối tựa, phương pháp phân tích PT2 cho kết quả chuyển vị lớn hơn phân tích PT3. Kết quả so sánh này cho thấy rõ sự ảnh hưởng của điều kiện gối kê đàn hồi đến kết quả tính. Khi bước đào tăng kết hợp chiều sâu đào lớn, phản lực gối tựa tăng dẫn đến chuyển vị đàn hồi của gối làm chuyển vị theo phương ngang của tường tăng nhanh hơn so với phần áp lực điều chỉnh giảm đi.

Mức độ ảnh hưởng độ cứng tường vây được phân tích thông qua việc thay đổi bề dày của tường. Hai trường hợp tường có bề dày 0,8 m và 1 m được phân tích theo 2 hướng PT1 và PT3. Mức độ ảnh hưởng này được quan sát rõ trong Hình 8. Với bước đào 1 cho tường làm việc dạng công xôn nhịp 3,4 m, bước đào 2 cho tường làm việc theo sơ đồ dầm 1 nhịp 8 m, bước đào 3 và 4 cho sơ đồ làm việc của tường vây dạng dầm liên tục với nhịp lần lượt là 3,7 m và 9 m, nhận thấy khi chiều sâu bước đào tăng kết hợp nhịp làm việc của tường càng lớn, độ cứng chống uốn của tường càng ảnh hưởng rõ ràng đến chuyển vị ngang của tường.



Hình 8. So sánh chuyển vị ngang của tường vây theo hai phương pháp PT1 và PT3 trong hai trường hợp bề dày tường 1m và 0,8 m. Chuyển vị giới hạn xác định theo TCVN 5574-2018: H/75 cho bước đào 1, và H/150 cho bước đào 2, bước đào 3, bước đào 4.

Từ các kết quả phân tích cho thấy, phương pháp PTHH cho giá trị kiểm soát chuyển vị ngang của tường vây có xu hướng an toàn hơn so với phương pháp SRM. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng theo phương pháp PTHH phụ thuộc đáng kể vào mức độ chính xác của số liệu khảo sát địa chất. Ngược lại, trong trường hợp kết quả tính toán theo phương pháp SRM khi so sánh với số liệu quan trắc thực tế ngoài công trường trong quá trình thi công vẫn bảo đảm điều kiện an toàn về chuyển vị, việc kiểm chứng này cho phép người thiết kế lựa chọn phương pháp SRM như một giải pháp giản đơn và hiệu quả hơn so với phương pháp PTHH.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đạt được một số kết quả nghiên cứu cụ thể sau:

- Tổng quát mô hình tính xác định chuyển vị ngang của tường vây theo trình tự thi công Semi-Topdown sử dụng phương pháp PTHH và phương pháp thông số đất nền SRM.

- Ba phương pháp phân tích tính toán có kể đến các điều kiện biên khác nhau của hệ gối tựa được áp dụng phân tích chuyển vị tường vây cho công trình có quy mô 4 tầng hầm, xây dựng trên nền địa chất Tây Hồ Tây, phường Xuân Đỉnh, Hà Nội. Kết quả mô phỏng cho phép phân tích bước đầu cho sự phân tán kết quả mô phỏng theo các phương pháp này khi chiều sâu bước đào tăng.

- Kết quả phân tích so sánh hai trường hợp tường có bề dày 0,8 m và 1m cho thấy độ nhạy khác biệt giữa hai phương pháp đánh giá theo PT1 (FEM) và PT3 (SRM). Khi bề dày tường giảm xuống 0,8 m vẫn đạt an toàn theo giới hạn chuyển vị theo phân tích PT3, tuy nhiên khi phân tích theo PT1 thì chuyển vị vượt giới hạn cho phép ở bước đào 4. Độ lớn chuyển vị ngang phân tích này thực tế lớn hơn chuyển vị thực tế tường trong thi công, do trong phân tích chưa xét đến ảnh hưởng hệ thống cọc khoan nhồi xung quanh, cũng như biện pháp hạ mực nước ngầm trong quá trình thi công.

Độ chính xác của kết quả phân tích sẽ sáng tỏ khi được so sánh với giá trị chuyển vị ngang quan trắc theo trình tự thi công bước đào thực tế tại mỗi dự án. Kết quả so sánh thực tế này sẽ cho phép đánh giá chính xác hơn về việc lựa chọn phương pháp hợp lý phù hợp trong thiết kế và thi công tường vây tầng hầm sâu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Joseph E. Bowles (1997). Foundation analysis and design. Fifth edition, The McGraw-Hill Compagnies, Inc, Singapore.

[2]. Plaxis Version 8 - User manual (2002). A.A. Balkema.

[3]. K. Terzaghi (1995). Evaluation of the coefficient of subgrade reaction. Geotechnique. Vol. 5, No. 4, 41-50.

[4]. P. Monaco, S. Marchetti (2004). Evaluation of the coefficient of subgrade reaction for design of multi-propped diagram wall from DMT moduli. Proc. ISC-2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization. Viana da Fonseca & Mayne (Eds.). Millpress, Rotterdam, 993-1002.

[5]. L. Ménard, G. Bourdon, and A. Houy (1964). Etude expérimentale de l'encastrement d'un rideau en fonction des caractéristiques pressiométriques du sol de foundation. Sols Soils 9.

[6]. B. Simon (1995). Commentaires sur le choix des coefficients de réaction pour le calcul des écrans de soutènement. Revue Francaise de Geotechnique 71. Vol. 71, 11-19.

[7]. B. Becci and R. Nova (1987). Un metodo di calcolo automatico per il progetto di paratie. Rivista Italiana di Geotecnica 21. Vol. 21, No.1, 33-47.

[8]. P. Schmitt (1995). Méthode empirique d'évaluation du coefficient de réaction du sol vis-à-vis des ouvrages de soutènement souples. Revue Francaise de Geotechnique 71. Vol. 71, 3-10.

[9]. A. B. Vesic (1961). Bending of beams resting on isotropic elastic solid. ASCE Journal Engineering Mech. Div. 87, EM2: 35-53.

[10]. Nguyễn Bá Kế (2012). Thiết kế và thi công hố móng sâu. NXB Xây dựng, Hà nội.

[11]. P.A. Demenkov, N.A. Belakov, and V.I. Ochkurov (2016). Emergency Assessment of Semi-Embedded Construction. International Journal of Applied Engineering Research. Vol. 11, No. 21, 10698-10707

[12]. TCVN 5574-2018. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

[13]. N.M. Ilies, V.S Farcas and M. Pop (2015). Design optimization of diaphragm walls. 8th Int. Conf. Interdisciplinarity in Engineering, Procedia Technology 19. Pages 357-362.

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Tối ưu hóa nhà dân dụng kết cấu thép bằng SAP2000-OAPI và thuật toán tiến hóa

Optimization of Steel Residential Buildings using SAP2000-OAPI and Evolutionary Algorithms

> KS ĐINH NGỌC QUANG HUY[1], PGS.TS TRƯƠNG ĐÌNH NHẬT[2,*], PGS.TS NGUYỄN HỮU ANH TUẤN[3], THS LÊ THỊ THÙY LINH[4]

[1]HVCH Ngành Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; Email: 23xd01@uah.edu.vn
[2]GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; *Email: nhat.truongdinh@uah.edu.vn
[3]GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM; Email: tuan.nguyenhuuanh@uah.edu.vn
[4]GV Khoa Sư phạm Công nghiệp, Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng; Email: lttlinh@ute.udn.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này hướng tới việc tích hợp SAP2000-OAPI với các thuật toán tiến hóa thông minh được lập trình trong MATLAB nhằm tự động hóa quy trình thiết kế và tính toán trọng lượng kết cấu thép cho công trình dân dụng. Mô hình đề xuất xây dựng một chuỗi thao tác hoàn chỉnh và tự động, bao gồm tạo lập và hiệu chỉnh mô hình, gán tải trọng, phân tích nội lực, cũng như kiểm tra các điều kiện ràng buộc về ứng suất, ổn định và chuyển vị theo TCVN 5575:2024 và TCVN 2737:2023. Thông qua việc kết nối phần mềm phân tích kết cấu thương mại với các thuật toán tối ưu hóa như PSO, GA, ABC và JS, nghiên cứu góp phần nâng cao hiệu quả và độ tin cậy của quá trình thiết kế kết cấu. Các kết quả đạt được cung cấp cơ sở thực tiễn cho việc phát triển các hệ thống thiết kế tự động thế hệ mới, hỗ trợ kỹ sư nâng cao độ chính xác và năng suất trong thiết kế công trình dân dụng hiện đại.

Từ khóa: SAP2000-OAPI, kết cấu thép, trí tuệ nhân tạo, thuật toán tiến hoá, TCVN 5575:2024, TCVN 2737:2023.

ABSTRACT

This study aims to integrate SAP2000–OAPI with intelligent evolutionary algorithms implemented in MATLAB to automate the computation of steel structural weight for residential buildings. The proposed framework establishes a fully automated workflow, encompassing model generation and modification, load assignment, structural analysis, and verification of constraint conditions related to stress, stability, and displacement in accordance with TCVN 5575:2024 and TCVN 2737:2023. By linking commercial structural analysis software with advanced optimization techniques such as PSO, GA, ABC, and JS, the study enhances the efficiency and reliability of structural design processes. The findings provide a practical foundation for the development of next-generation automated design systems, supporting engineers in achieving higher accuracy and productivity in modern civil building design.

Keywords: SAP2000-OAPI, steel structural design, artificial intelligence, evolutionary algorithms, TCVN 5575:2024, TCVN 2737:2023.

1. GIỚI THIỆU

Trong xây dựng dân dụng hiện đại, kết cấu thép ngày càng được ưa chuộng nhờ ưu thế về khả năng chịu lực, trọng lượng nhẹ, tốc độ thi công nhanh và tính công nghiệp hóa cao. Sự chuyển dịch sang xu hướng công trình xanh, linh hoạt và bền vững đã đưa kết cấu thép trở thành lựa chọn tối ưu cho các công trình nhà ở và công trình nhiều tầng quy mô vừa và nhỏ.

Sự ra đời của các tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 [1] và TCVN 2737:2023 [2] đặt ra yêu cầu áp dụng các phương pháp tính toán tiên tiến nhằm bảo đảm độ tin cậy và hiệu quả thiết kế theo tiêu chuẩn mới. Trên thế giới, các thuật toán tối ưu hóa metaheuristic như Particle Swarm Optimization (PSO) [3], Genetic Algorithm (GA) [4], Artificial Bee Colony (ABC) [5] và Jellyfish Search (JS) [6] đã chứng minh khả năng giải quyết hiệu quả các bài toán thiết kế kết cấu. Tuy nhiên, phần lớn mô hình hiện có chỉ được xây dựng trên MATLAB và chủ yếu áp dụng cho các bài toán thanh đơn giản, nên tính thực tiễn còn hạn chế.

Tại Việt Nam, nghiên cứu về tối ưu hóa tự động trong thiết kế kết cấu thép còn hạn chế, đặc biệt là các mô hình tích hợp SAP2000-OAPI với thuật toán tiến hóa thông minh trong khuôn khổ tiêu chuẩn mới. Nghiên cứu này đề xuất quy trình tích hợp SAP2000-OAPI và MATLAB nhằm tự động tối ưu trọng lượng kết cấu thép dân dụng, đồng thời đánh giá hiệu quả các thuật toán PSO, GA, ABC và JS trong giải kết cấu theo các tiêu chuẩn TCVN 5575:2024 và TCVN 2737:2023 nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế, giảm chi phí vật liệu và thúc đẩy ứng dụng kỹ thuật tối ưu hóa thông minh trong xây dựng hiện đại.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Kỹ thuật ứng dụng

SAP2000 OAPI (Open Application Programming Interface) là một giao diện lập trình mở cho phép người dùng truy cập và điều khiển các chức năng của phần mềm SAP2000 thông qua mã lệnh.

Khi được kết nối với MATLAB, OAPI cho phép tự động hóa toàn bộ quy trình tính toán kết cấu, từ khâu xây dựng mô hình, gán tải trọng, thực hiện phân tích cho đến xuất và xử lý kết quả. Nhờ đó, quá trình mô phỏng và thiết kế kết cấu trở nên linh hoạt, chính xác và tiết kiệm thời gian hơn so với thao tác truyền thống.

Bốn thuật toán tối ưu phổ biến được sử dụng nhằm xác định phương án thiết kế trong nghiên cứu này bao gồm ABC, PSO, GA và JS. Trong nghiên cứu này, các thuật toán tiến hóa thông minh được áp dụng để tự động tìm kiếm và cải thiện nghiệm thiết kế qua nhiều vòng lặp. Cơ chế hoạt động của chúng dựa trên nguyên lý chọn lọc tự nhiên, cho phép hệ thống dần tiến tới lời giải tối ưu một cách tự động.

2.2. Các phương pháp đánh giá

Trong lĩnh vực tối ưu hoá kết cấu thép bằng các thuật toán tiến hoá thông minh, việc đánh giá hiệu quả của các thuật toán không chỉ dựa trên một tiêu chí duy nhất mà cần xét đến nhiều khía cạnh khác nhau. Ba tiêu chí phổ biến và có ý nghĩa nhất trong nghiên cứu là giá trị tối ưu, tốc độ hội tụ, và độ phân tán kết quả.

2.3. Mô hình tối ưu hóa

2.3.1. Hàm mục tiêu

Bài toán tối ưu hóa được đề xuất luôn đảm bảo hàm mục tiêu (1) tối thiểu hóa tổng trọng lượng của kết cấu thép (W)

$$minW = \sum_{i=1}^{n} \rho A_i L_i \quad (1)$$

Trong đó: W: Tổng khối lượng khung (kg); ρ: Khối lượng riêng của thép (kg/m^3); A_i: Diện tích tiết diện của phần tử thứ i (m^2); L_i là chiều dài phần tử thứ i; và n là số phần tử kết cấu.

Các điều kiện ràng buộc theo TCVN 5575:2024 về thiết kế kết cấu thép và TCVN 2737:2023 về tải trọng và tác động bao gồm điều kiện về ứng suất, điều kiện ổn định và điều kiện chuyển vị. Nhằm đảm bảo khung chương trình đề xuất có thể tìm kiếm mục tiêu tối ưu, đạt được các yêu cầu về kỹ thuật và giới hạn thiết kế kết cấu công trình. Phương pháp hàm phạt sẽ được sử dụng như trong phương trình (2).

$$f_{obj}(A) = \sum_{i=1}^{n} \rho A_i L_i + C.penalty(A) \quad (2)$$

trong đó C là hằng số phạt C=1000; $penalty(A) = \sum \phi_i = \sum \max\left(\left(\frac{P_i - P_i^*}{P_i^*} - 1\right), 0\right)$, với P_i và P_i^* là giá trị tính toán và giá trị giới hạn tương ứng về ứng suất, chuyển vị, độ mảnh của kết cấu.

2.3.2. Điều kiện ràng buộc

Các giải pháp thiết kế phải thỏa mãn tất cả các điều kiện kiểm tra theo TCVN 5575:2024 và TCVN 2737:2023. Các ràng buộc chính bao gồm:

2.3.3. Điều kiện về ứng suất

a. Đối với dầm:

Ứng suất pháp: Kiểm tra theo mục 8.2.1 của TCVN 5575:2024.

$$\sigma = \frac{M}{W_{min} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (3)$$

trong đó: W_{min} là mô men chống uốn nhỏ nhất của tiết diện thực; M là mô men uốn trục x; f_{yd} là cường độ chịu kéo, nén, uốn tính toán của thép theo giới hạn chảy; γ_c là hệ số điều kiện làm việc.

Ứng suất tiếp: Kiểm tra theo mục 8.2.1 của TCVN 5575:2024.

$$\tau = \frac{VS}{It_w f_v \gamma_c} \leq 1 \quad (4)$$

trong đó V là lực cắt tính toán, I_x là mô men quán tính, t_w là chiều dày bản bụng, f_v là cường độ tính toán chịu cắt, S là Mô men tĩnh của phần tiết diện nguyên bị trượt đối với trục trung hòa; và $f_v \gamma_c = 0.58 f_{yd} \gamma_c$.

b. Đối với cột:

Tính toán độ bền của cấu kiện chịu nén lệch tâm (hoặc nén uốn), kéo lệch tâm (hoặc kéo uốn), làm bằng thép có cường độ tiêu chuẩn $f_y \leq 440$ MPa, không chịu tác dụng trực tiếp của tải trọng động, khi $\tau \leq 0{,}5 f_v$ và $\sigma = > N/A_n > 0.1 f_{yd}$, được thực hiện theo mục 9.1.1 của TCVN 5575:2024.

$$\left(\frac{N}{A_n f_{yd} \gamma_c}\right)^n + \frac{M_x}{C_x W_{xn,min} f_{yd} \gamma_c} + \frac{M_y}{C_y W_{yn,min} f_{yd} \gamma_c} + \frac{B}{W_{wn,min} f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (5)$$

trong đó: N, M_x, M_y, B là các giá trị tuyệt đối lần lượt là của lực dọc, các mô men uốn, bi mô men trong tổ hợp nội lực bất lợi nhất của chúng; n, cx, cy là các hệ số, lấy theo bảng E.1 (Phụ lục E) của TCVN 5575:2024.

Nếu $\sigma = N/A_n \leq 0.1 f_{yd}$ thì chỉ được dùng công thức (5) khi thỏa mãn các yêu cầu của mục 8.5.8 và 8.5.18 trong tiêu chuẩn và độ bền được xác định theo công thức (6).

$$\frac{1}{f_{yd} \gamma_c}\left(\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{I_{xn}} y \pm \frac{M_y}{I_{yn}} x \pm \frac{B}{I_{\omega n}} \omega\right) \leq 1 \quad (6)$$

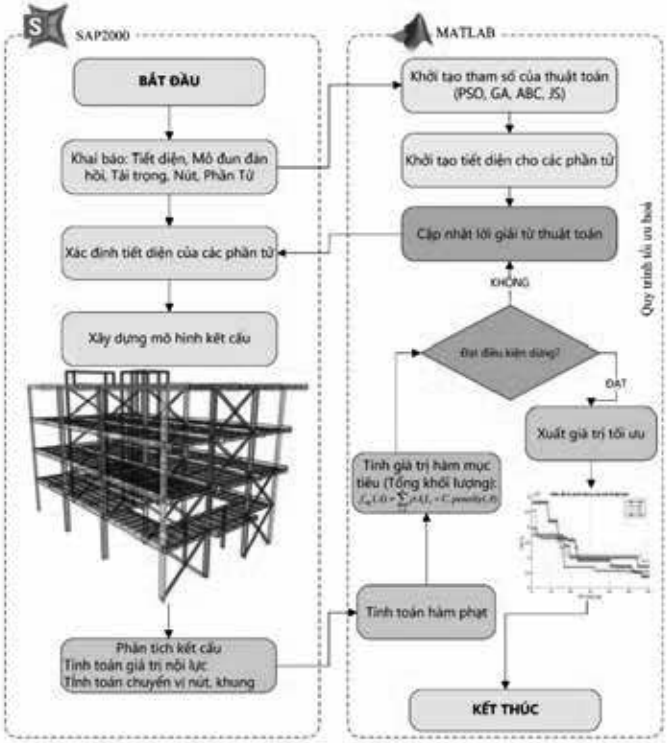
với x, y là các khoảng cách từ các trục chính đến điểm đang xét của tiết diện.

2.3.4. Điều kiện ổn định

a. Đối với dầm:

Kiểm tra theo điều kiện ổn định tổng thể dầm chữ I, chịu uốn trong mặt phẳng bụng (Mục 8.4.1 của TCVN 5575:2024).

$$\left(\frac{M_x}{\varphi_b W_{cx} f_{yd} \gamma_c}\right) \leq 1 \quad (7)$$



Hình 1. Mô hình kết hợp SAP2000-OAPI và MATLAB

b. Đối với cột:

Kiểm tra điều kiện ổn định tổng thể cột chữ I, chịu uốn trong mặt phẳng bụng (Mục 9.2.2 của TCVN 5575:2024).

$$\frac{N}{\varphi_e A f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (8)$$

trong đó: φ_e là hệ số ổn định khi nén uốn được xác định theo phụ lục D bảng D.3 của TCVN 5575:2024.

Kiểm tra điều kiện ổn định tổng thể cột chữ I, chịu uốn ngoài mặt phẳng bụng (Mục 9.2.4 của TCVN 5575:2024).

$$\frac{N}{c \varphi_y A f_{yd} \gamma_c} \leq 1 \quad (9)$$

trong đó: c là hệ số, được xác định theo các yêu cầu trong 9.2.5 của TCVN 5575:2024; φ_y là hệ số ổn định khi nén đúng tâm.

2.3.5. Chuyển vị

Ràng buộc về chuyển vị nhằm đảm bảo điều kiện làm việc bình thường và yêu cầu về thẩm mỹ của công trình, được quy định trong TCVN 2737:2023 [2], được quy định như sau:

Đối với độ võng (chuyển vị đứng): Giới hạn độ võng của các cấu kiện chịu uốn (dầm, kèo) được xác định theo công thức: $[f] = \frac{L}{X}$. Trong đó L là nhịp của cấu kiện. Và x tuỳ theo chiều dài nhịp mà có thể nội suy số theo bảng G.1 phụ lục G.

Đối với chuyển vị ngang: Giới hạn chuyển vị ngang của đỉnh khung được xác định theo công thức: $[\Delta H] = \frac{H}{150}$ Trong đó H là tổng chiều cao của khung.

2.4. Mô hình tối ưu hoá kết cấu

Các thuật toán tối ưu hóa được lập trình trong MATLAB và liên kết với mô hình kết cấu được xây dựng trong SAP2000. Thông qua giao diện SAP2000 OAPI, mô hình được phân tích và các kết quả nội lực được truyền ngược về MATLAB. Tại đây, hàm mục tiêu và các điều kiện ràng buộc được xác định dựa trên tiết diện của cấu kiện, trong đó trọng lượng kết cấu được xem là hàm mục tiêu chính. Quá trình tối ưu được thực hiện trong môi trường MATLAB với các ràng buộc về ứng suất, ổn định và chuyển vị (Hình 1).

3. TRƯỜNG HỢP ÁP DỤNG

Để đánh giá mô hình kết hợp SAP200-OPAI và MATLAB trên, một mô hình nhà dân dụng 5 tầng nhịp 4 (m) đến 6,5 (m) được áp dụng, sàn dùng tấm bê tông cemboard lắp ghép như Hình 2.

Hình 2. Mô hình nhà thử nghiệm

Bảng 1. Thứ tự đánh số các phần tử trong SAP2000

Nhóm tiết diện	Số hiệu thanh	Số lượng thanh	Vị trí của tiết diện
X(1)	01-16	16	Cột góc
X(2)	17-32	16	Cột biên phương Y
X(3)	33-44	12	Cột biên phương X
X(4)	45-60	16	Cột giữa
X(5)	61-131	71	Dầm chính phương X
X(6)	132-183	52	Dầm chính phương Y
X(7)	184-214	31	Dầm phụ phương Y

Bảng 2. Tổ hợp tải trọng kiểm tra theo trạng thái giới hạn thứ nhất

	Tải trọng thường xuyên G			Tải trọng tạm thời ngắn hạn		
Combo	SW	SDL	WALL	LL	WX	WY
ULS1	1.05	1.20	1.20	1.30		
ULS2	1.05	1.20	1.20		2.10	
ULS3	1.05	1.20	1.20		-2.10	
ULS4	1.05	1.20	1.20			2.10
ULS5	1.05	1.20	1.20			-2.10
ULS6	1.05	1.20	1.20	1.30	1.89	
ULS7	1.05	1.20	1.20	1.30	-1.89	
ULS8	1.05	1.20	1.20	1.30		1.89
ULS9	1.05	1.20	1.20	1.30		-1.89
ULS10	1.05	1.20	1.20	1.17	2.10	
ULS11	1.05	1.20	1.20	1.17	-2.10	
ULS12	1.05	1.20	1.20	1.17		2.10
ULS13	1.05	1.20	1.20	1.17		-2.10

Kết cấu thép chịu lực của tòa nhà sử dụng thép hình SS400 được cán nóng sẵn tại nhà máy với f_y = 245 Mpa, f_{yd} = 233 Mpa, E = 206000 Mpa, hệ số poisson u = 0,3. Các vị trí cột, dầm thép có vị trí tương tự nhau sẽ được tạo thành 1 nhóm (1 biến). Bài toán áp dụng cho 140 mẫu tiết diện [7] bao gồm 7 biến với 7 nhóm tiết diện (Bảng 1). Theo TCVN 2737-2023 [2] tải trọng tác dụng lên công trình gồm trọng lượng bản thân kết cấu (SW), Hoạt tải (LL), Tải trọng hoàn thiện (SDL), Tải trọng tường (WALL), Tải trọng gió (WL). Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió được xác định như sau:

$$W_k = W_{3s,10}.k(z).c.G_f \quad (10)$$

trong đó $W_{3s,10}$ là áp lực gió 3s ứng với chu kỳ lặp 10 năm; $W_{3s,10}$ = 0,852W_0; $k_{(ze)}$ 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 để kiểm tra khả năng chịu lực theo trạng thái giới hạn thứ nhất và thứ hai được trình bày trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 3. Tổ hợp tải trọng kiểm tra theo trạng thái giới hạn thứ hai

	Tải trọng thường xuyên G			Tải trọng tạm thời ngắn hạn		
Combo	SW	SDL	WALL	LL	WX	WY
CV1	1.00	1.00	1.00		1.00	
CV2	1.00	1.00	1.00		-1.00	
CV3	1.00	1.00	1.00			1.00
CV4	1.00	1.00	1.00			-1.00
F	1.00	1.00	1.00	1.00		

4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH SO SÁNH

Quy trình thực nghiệm được thiết lập với 10 lần chạy độc lập, mỗi lần 60 vòng lặp, cho cả bốn thuật toán PSO, ABC, GA và JS với dân số 30 cho các thuật toán, các thông số riêng của các thuật toán được cài đặt mặc định. Hiệu suất tính toán của mô hình được thể hiện trong Bảng 4 và kết quả được trình bày tại Bảng 5.

Bảng 4. So sánh kết quả về trọng lượng kết cấu (kg)

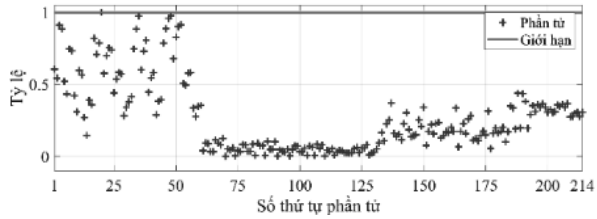
Thuật toán	Tốt nhất (best)	Xấu nhất (worst)	Trung bình (mean)	Độ lệch chuẩn (std)	Thời gian (Phút)
PSO	33781	44201	39171	3327.6	95
ABC	37060	41836	39723	1378.8	369
GA	35289	41784	38572	2084.3	126
JS	38917	42592	40565	1063	185

Kết quả tại Bảng 4 và 5 chỉ ra rằng thuật toán PSO đạt được trọng lượng tối ưu tốt nhất (33781 kg). Do đó, thuật toán này được lựa chọn để đánh giá việc thỏa mãn các điều kiện ràng buộc. Các biểu đồ từ Hình 3, 4 và 5 trình bày chi tiết kết quả kiểm tra ứng suất pháp, ứng suất tiếp, và ổn định cho toàn bộ 214 phần tử kết cấu so với giới hạn cho phép với giải pháp PSO tìm ra. Tất cả đều đạt giới hạn cho phép.

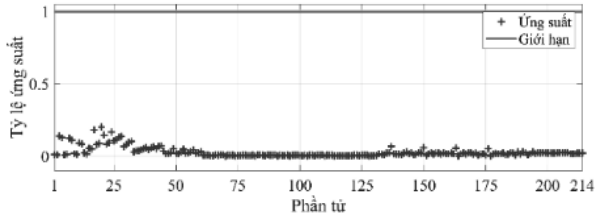
Bảng 5. Kết quả tiết diện tối ưu của các thuật toán

Thuật toán	PSO	ABC	GA	JS
X(1)	W10X22	W14X26	W14X22	W12X30
X(2)	W16X36	W8X31	W10X30	W12X35
X(3)	W10X26	W14X53	W18X35	W12X40
X(4)	W10X22	W16X40	W14X34	W14X53
X(5)	W12X336	W8X67	W21X147	W14X605
X(6)	W14X26	W8X24	W10X26	W8X21
X(7)	W10X22	W10X22	W8X24	W18X35

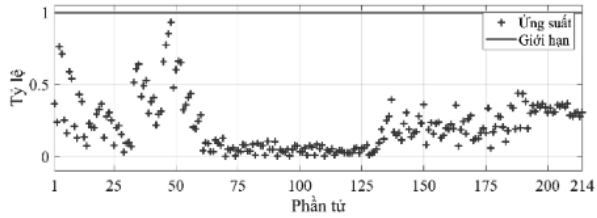
Với trọng lượng thiết kế ban đầu của công trình là 42.504,6 kg, các thuật toán tối ưu đều cho kết quả giảm trọng lượng đáng kể. Cụ thể, thuật toán PSO đạt mức giảm 20,52%, ABC giảm 12,81%, GA giảm 16,98% và JS giảm 8,44% so với phương án thiết kế ban đầu. Thời gian tính toán tương ứng của các thuật toán lần lượt là: PSO 95 phút, ABC 369 phút, GA 126 phút và JS 185 phút. Các kết quả này cho thấy mô hình đề xuất có hiệu quả cao trong việc tối ưu hóa thiết kế, đồng thời khẳng định tính khả thi của việc ứng dụng các thuật toán thông minh trong giảm trọng lượng kết cấu.



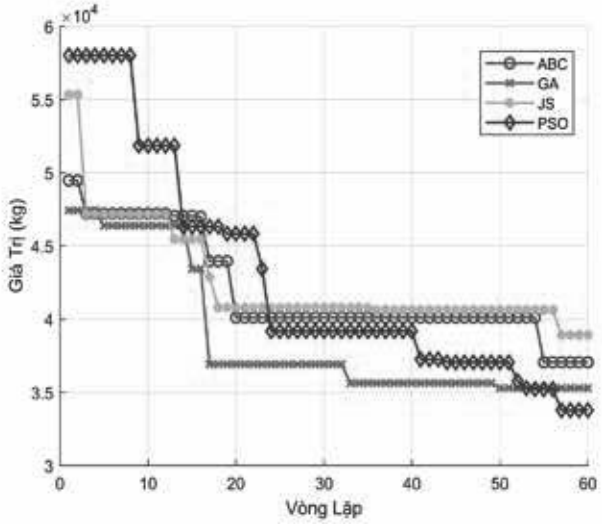
Hình 3. Biểu đồ ứng suất pháp thuật toán PSO



Hình 4. Biểu đồ ứng suất tiếp thuật toán PSO



Hình 5. Biểu đồ tính ổn định tổng thể thuật toán PSO



Hình 6. Biểu đồ so sánh kết quả hội tụ của các thuật toán

Các thuật toán PSO, GA, ABC và JS được so sánh dựa trên trọng lượng tối ưu thu được, độ ổn định kết quả và tốc độ hội tụ (Hình 6). Kết quả cho thấy PSO đạt giá trị tối ưu nhỏ nhất (≈33.8 tấn), thể hiện khả năng tìm nghiệm hiệu quả nhất. JS có độ lệch chuẩn thấp nhất, chứng tỏ tính ổn định và ít phụ thuộc điều kiện khởi tạo hơn so với các thuật toán còn lại. Về tốc độ hội tụ, PSO hội tụ nhanh nhất, tiếp theo là GA và ABC, trong khi JS hội tụ chậm nhưng ổn định, ít dao động ở giai đoạn cuối.

Xét lựa chọn tiết diện, PSO ưu tiên tiết diện nhỏ và đồng đều, giúp giảm khối lượng, GA và ABC có xu hướng đa dạng hơn do cơ chế lai ghép và tìm kiếm ngẫu nhiên, trong khi đó JS chọn tiết diện lớn hơn ở một số nhóm nhằm đảm bảo ổn định tổng thể kết cấu. Nhìn chung, mỗi thuật toán có ưu điểm riêng: PSO tối ưu tốt nhất, JS ổn định nhất, GA cân bằng khả năng tìm kiếm – hội tụ, và ABC có độ phân tán thấp, phù hợp cho các bài toán yêu cầu tính ổn định và độ tin cậy cao.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất một mô hình tối ưu hóa hoàn toàn tự động cho thiết kế kết cấu thép nhà dân dụng nhiều tầng bằng cách liên kết MATLAB và SAP2000 thông qua OAPI, tạo nên một vòng lặp khép kín từ mô hình hóa, phân tích đến kiểm tra ràng buộc theo TCVN. Khi áp dụng cho công trình kết cấu thép 5 tầng với 7 nhóm biến, kết quả cho thấy PSO đạt trọng lượng kết cấu thấp nhất, JS ổn định nhất, trong khi GA và ABC hội tụ nhanh. Điều đáng chú ý là tất cả phương án đều thỏa mãn yêu cầu an toàn kết cấu.

Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng mở rộng rất lớn trong việc xây dựng các thuật toán lai để tăng cường khả năng tìm kiếm toàn cục, tối ưu tiết diện tổ hợp liên tục nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế, mở rộng áp dụng cho các hệ kết cấu phức tạp hơn, cũng như tích hợp liền mạch với môi trường BIM để tiến tới một chu trình thiết kế thông minh, tự động hóa và đồng bộ hóa toàn diện.

Mô hình đề xuất cung cấp một công cụ thiết kế thông minh, giảm phụ thuộc kinh nghiệm và hỗ trợ kỹ sư nhanh chóng khảo sát phương án tối ưu về kinh tế, an toàn và giảm thời gian tính toán ban đầu của dự án. Nghiên cứu cũng khẳng định tính khả thi của việc ứng dụng thuật toán tiến hóa trong thiết kế kết cấu thép tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. IBST, TCVN 5575:2024, Thiết kế kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế. 2024, Bộ Khoa học và Công nghệ: Hà Nội.

[2]. IBST, TCVN 2737:2023, Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế. 2023, Bộ Khoa học và Công nghệ: Hà Nội

[3]. Kennedy, J. and R. Eberhart. Particle swarm optimization. in Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks. 1995. ieee.

[4]. Rocke, D., Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs by Z. Michalewicz. Journal of the American Statistical Association, 2000. 95: p. 347-348.

[5]. Karaboga, D. and B. Basturk, A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. Journal of global optimization, 2007. 39(3): p. 459-471.

[6]. Truong, D.-N. and J.-S. Chou, Metaheuristic algorithm inspired by enterprise development for global optimization and structural engineering problems with frequency constraints. Engineering Structures, 2024. 318.

[7]. Chou, J.-S. and D.-N. Truong, A novel metaheuristic optimizer inspired by behavior of jellyfish in ocean. Applied Mathematics and Computation, 2021. 389: p. 125535

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

So sánh quy định về hàm lượng cốt thép dọc tối thiểu của cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn theo TCVN 5574:2018, ACI 318-25 và EC2-2004

Comparison of minimum longitudinal reinforcement requirements in reinforced concrete flexural members according to TCVN 5574:2018, ACI 318-25, and EC2-2004

> THS DƯƠNG VĂN HAI, TS NGUYỄN ĐĂNG NGUYÊN
Nhóm chuyên môn Công trình Bê tông cốt thép, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Bộ Xây dựng Việt Nam đang cập nhật các tiêu chuẩn xây dựng nhằm tiệm cận với các tiêu chuẩn tiên tiến. Bài báo này nghiên cứu các quy định về hàm lượng cốt thép tối thiểu trong cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn, so sánh TCVN 5574:2018 với các tiêu chuẩn quốc tế ACI 318-25 và EC2-2004. Hàm lượng cốt thép tối thiểu đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo ứng xử dẻo, kiểm soát vết nứt do co ngót và nhiệt độ, đồng thời nâng cao mức độ an toàn, và độ bền lâu cho công trình. Nghiên cứu cho thấy các tiêu chuẩn có cách tiếp cận khác nhau, từ việc quy định giá trị hàm lượng tối thiểu như một hằng số đến những quy định chi tiết hơn dựa trên đặc trưng tiết diện và tính chất vật liệu. Nghiên cứu áp dụng tính toán cho tiết diện chữ nhật nhằm làm rõ khác biệt, qua đó cung cấp cơ sở khoa học để tối ưu hóa thiết kế và cập nhật tiêu chuẩn tại Việt Nam theo hướng hội nhập với quốc tế.

Từ khóa: Hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu, bê tông cốt thép, cấu kiện chịu uốn, ACI 318, TCVN 5574, EC2.

ABSTRACT

The Ministry of Construction of Vietnam is updating building standards to align with international standards. This paper investigates the provisions on minimum reinforcement in reinforced concrete flexural members by comparing TCVN 5574:2018 with the international standards ACI 318-25 and EC2-2004. Minimum reinforcement is essential for ensuring ductile behavior, controlling shrinkage and temperature-induced cracks, and enhancing structural safety and durability. The study shows that the standards adopt different approaches, ranging from a constant value to more detailed formulation based on cross-sectional geometry and material properties. Calculations for rectangular cross sections are performed to further clarify the differences among the standards, thereby providing a scientific basis for design optimization and for updating Vietnamese standards toward harmonization with international standards.

Keywords: Minimum flexural reinforcement, reinforced concrete, flexural members, ACI 318, TCVN 5574, EC2.

1. GIỚI THIỆU

Thực hiện Quyết định số 198/QĐ-TTg ngày 09/02/2018 của Thủ tướng Chính phủ về hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật xây dựng, Bộ Xây dựng đang tiến hành rà soát, cập nhật và điều chỉnh các tiêu chuẩn để tương thích với các chuẩn mực tiên tiến, đặc biệt là châu Âu. Trong nghiên cứu này, các quy định về lượng thép tối thiểu trong cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn được xem xét. Bài báo tổng hợp và so sánh các quy định hiện hành của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018 [1], tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-25 [2] và châu Âu EC2-2004 [3], cung cấp tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, nhằm làm nổi bật những điểm tương đồng và khác biệt, từ đó đánh giá lại tiêu chuẩn hiện hành.

Trong thực tế thi công, rất nhiều thanh thép chịu lực trong cấu kiện BTCT được bố trí theo yêu cầu cấu tạo (tức là theo hàm lượng cốt thép tối thiểu. Do đó, việc nghiên cứu hàm lượng cốt thép tối thiểu có ý nghĩa rất lớn trong việc tối ưu hóa chi phí xây dựng và nâng cao giá trị kinh tế, kỹ thuật của công trình. Cấu kiện BTCT chỉ có thể phát huy đầy đủ độ dẻo của vật liệu và nâng cao độ tin cậy của công trình khi cốt thép được bố trí hợp lý. Hàm lượng cốt thép tối thiểu nằm giữa giá trị giới hạn của cấu kiện thiếu cốt thép và cấu kiện được bố trí đầy đủ cốt thép, do đó đóng vai trò quan trọng trong việc phân loại và xác định tính chất cơ lý của các cấu kiện BTCT.

Hiện nay, trên thế giới chưa có một tiêu chuẩn thống nhất về tỷ lệ cốt thép tối thiểu cho các cấu kiện chịu uốn BTCT. Mỗi quốc gia đưa ra quy định riêng về tỷ lệ cốt thép tối thiểu dựa trên các tiêu chuẩn khác nhau. Ví dụ, tiêu chuẩn của Ấn Độ IS 456:2000 [4] và New Zealand NZS 3101:2006 [5] xác định tỷ lệ cốt thép tối thiểu của dầm BTCT dựa vào cường độ chảy của thép, và giảm dần khi cường độ chảy tăng. Trong khi đó, tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [1] quy định hàm lượng cốt thép tối thiểu là một hằng số.

Các quy định về hàm lượng cốt thép tối thiểu áp dụng cho cấu kiện chịu uốn trong các tiêu chuẩn thiết kế khác nhau có thể được phân loại thành hai nhóm quy định chính tùy theo mục đích sử dụng: (i) Quy định thứ nhất nhằm đảm bảo ứng xử dẻo của cấu kiện: Các cấu kiện chịu uốn BTCT và bê tông ứng lực trước thường được thiết kế với một lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu. Cốt thép bố trí đảm bảo rằng khả năng chịu uốn sau khi nứt của tiết diện lớn hơn mô men nứt (Mcrc), được định nghĩa là mô men cần thiết để ứng suất kéo lớn nhất do uốn vượt quá giới hạn kéo khi nứt của bê tông. Nếu một dầm có cốt thép không đủ bị nứt, thì cốt thép sẽ bị đứt ngay sau khi vết nứt hình thành; cơ chế phá hoại xảy ra theo đó là đột ngột và giòn, rất nguy hiểm và không mong muốn. Do đó, yêu cầu về cốt thép tối thiểu có liên quan trực tiếp đến sự an toàn của công trình; (ii) Quy định thứ hai là về cốt thép chống co ngót và nhiệt độ: Nhằm kiểm soát độ rộng của các vết nứt do co ngót khô hoặc biến đổi nhiệt độ, giúp tạo ra nhiều vết nứt nhỏ thay vì một vài vết nứt lớn, đảm bảo độ bền và thẩm mỹ của cấu kiện.

Mặc dù các quy định trên đều có cùng mục đích, chúng có thể khác nhau tùy theo tiêu chuẩn thiết kế. Do đó, cần hiểu rõ cơ sở hình thành các quy định này và phân tích sự khác biệt khi áp dụng vào công trình thực tế. Trong nghiên cứu này, cơ sở hình thành các quy định về hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu, và cốt thép chống co ngót và nhiệt độ được so sánh giữa các tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [1], ACI 318-25 [2], và EC2-2004 [3]. Sau đó, các quy định này được áp dụng cho tiết diện chữ nhật để so sánh sự khác biệt giữa các tiêu chuẩn.

2. CƠ SỞ HÌNH THÀNH CÁC QUY ĐỊNH VỀ HÀM LƯỢNG CỐT THÉP TỐI THIỂU

2.1. Hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu

Trước khi xét đến bản sàn, cần điểm qua yêu cầu cốt thép tối thiểu đối với dầm, cũng thuộc nhóm cấu kiện chịu uốn. Theo Điều 9.6.1 của ACI 318-25 [1], cốt thép uốn tối thiểu của dầm bê tông không ứng suất trước được quy định rằng lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu As,min phải lớn hơn hoặc bằng giá trị lớn hơn trong hai công thức (1) và (2) dưới đây:

$$A_{s,\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d \quad (1)$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c^{'}}}{f_y} b_w d \quad (2)$$

Trong đó : b_w : là bề rộng thân dầm (mm) ; d : chiều cao làm việc của tiết diện; f_y : là cường độ chảy dẻo danh định của cốt thép chịu kéo, MPa; $f_c^{'}$: là cường độ chịu nén danh định của bê tông.

Công thức (2) lần đầu tiên được đưa ra trong phiên bản ACI 318 năm 1995 [6], áp dụng cho bê tông có cường độ nén thiết kế từ 31 MPa trở lên.

Biểu thức này xuất phát từ ý tưởng bố trí lượng cốt thép tối thiểu để tránh phá hoại giòn, tức là đảm bảo rằng mômen kháng uốn thiết kế ϕM_n của tiết diện phải lớn hơn mômen gây nứt M_{crc}, từ đó đảm bảo cấu kiện có khả năng biến dạng dẻo. Điều này được thể hiện trong công thức (3)

$$\phi M_n \geq M_{cr} \quad (3)$$

$$M_n = A_s f_y (d - \frac{a}{2}) \quad (4)$$

$$M_{crc} = f_{cr} S_t = 0,62\sqrt{f_c^{'}} \frac{C b_w h^2}{6} \quad (5)$$

Trong đó: M_n là mômen kháng uốn danh định, được tính theo công thức (4); ϕ là hệ số giảm khả năng chịu lực; M_{cr} là mômen gây nứt, sẽ được trình bày ở công thức (5); a là chiều cao vùng nén của tiết diện; $f_{cr} = 0,62\sqrt{f_c^{'}}$ là cường độ kéo uốn của bê tông theo ACI 318-25 [1] (f_{cr} và $f_c^{'}$ có đơn vị là MPa); S_t là mômen tĩnh phần chịu kéo của tiết diện ngang đối với trục trung hòa; C là hệ số điều chỉnh hình dạng mặt cắt dùng để điều chỉnh cho các tiết diện không phải là hình chữ nhật như tiết diện chữ T [7]. Đối với các cấu kiện có tiết diện chữ nhật, hệ số C bằng 1,0, Wang và Salmon [7] đã xác định giá trị C nằm trong khoảng từ 1,3 đến 1,6 đối với dầm chữ T có bản cánh chịu nén, và C nằm trong khoảng từ 3,0 đến 4,0 đối với dầm chữ T có bản cánh chịu kéo.

Trong biểu thức (4) nếu lấy $a = 0,1d$ và $\phi = 0,9$, có được:

$$A_s \geq A_{s,\min} = \left[\frac{0,62\sqrt{f_c^{'}}}{f_y}\right]\left[\frac{h}{d}\right]^2\left[\frac{C}{5,13}\right] b_w d \quad (6)$$

Từ đó, thu được công thức hàm lượng cốt thép dọc tối thiểu như sau:

$$A_{s,\min} = K\frac{\sqrt{f_c^{'}}}{f_y} b_w d \quad (7)$$

với $K = 0,62\left[\frac{h}{d}\right]^2\left[\frac{C}{5,13}\right]$ (8)

Đối với các cấu kiện có tiết diện chữ nhật (với $C = 1$), khi tỷ số h/d được giả định trong khoảng 1,05 đến 1,2, thì giá trị K dao động từ 0,133 đến 0,174. Đối với dầm chữ T có bản cánh chịu nén, khi sử dụng giá trị $C = 1,5$ và tỷ số h/d cũng trong khoảng 1,05 đến 1,2, thì K dao động từ 0,20 đến 0,261. Hệ số 0,25 trong công thức (2) được chọn nằm ở giới hạn trên của khoảng mà Wang và Salmon [7] đề xuất. Giới hạn nhỏ hơn trong bất đẳng thức này là phần được giữ nguyên từ các phiên bản trước của ACI 318, và chỉ chiếm ưu thế khi cường độ bê tông vùng chịu nén khoảng 31 MPa hoặc thấp hơn.

Đối với dầm chữ T có bản cánh chịu kéo, khi sử dụng giá trị C = 3,5 và tỷ số h/d cũng trong khoảng 1,05 đến 1,2, thì K dao động từ 0,466 đến 0,609. ACI 318-25 [1], vẫn sử dụng công thức (2) đối với dầm chữ T có bản cánh chịu kéo, ngoại trừ việc thay bw bằng 2bw hoặc chiều rộng bản cánh b (tùy theo giá trị nào nhỏ hơn). Tuy nhiên, đối với đa số các dầm chữ T thực tế có bản cánh chịu kéo, công thức (9) dưới đây là công thức áp dụng:

$$A_{s,\min} = \frac{0,5\sqrt{f_c^{'}}}{f_y} b_w d \quad (9)$$

Hệ số 0,5 gần với giới hạn dưới trong khoảng của Wang và Salmon [7]. Theo Seguirant và cộng sự [8] thì nên chọn hệ số 0,58 để đảm bảo mức độ an toàn cao hơn trong thiết kế với tiết diện chữ T có cánh ở vùng kéo.

Đối với các tiết diện hình chữ nhật của các cấu kiện thường gặp như bản sàn hoặc móng, thay thế $h = 1,05d$ và $h = 1,2d$ vào công thức (7) để chuyển về dạng thức sử dụng chiều cao tiết diện ta có:

$$A_{s,\min} = \frac{0,125\sqrt{f_c^{'}}}{f_y} b_w h \text{ đến } A_{s,\min} = \frac{0,149\sqrt{f_c^{'}}}{f_y} b_w h \quad (10)$$

Như vậy, so với biểu thức (10) thì hàm lượng cốt thép tối thiểu từ biểu thức (2) sẽ cho ra một khả năng chịu mô men danh định, Mn, vào khoảng gấp đôi mô men gây nứt, Mcrc, đối với các dầm hình chữ nhật và sẽ đảm bảo an toàn cho dầm tránh khỏi sự phá hoại đột ngột do nứt [8]

Mặt khác, tiêu chuẩn EC2-2004 [3] trong điều khoản 9.2.1.1 quy định hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu (cho cả dầm và bản) như sau.

$$A_{s,\min} = 0,26\frac{f_{ctm}}{f_y}b_w d \geq 0,0013 b_w d \quad (11)$$

Trong đó, b_w là chiều rộng trung bình của vùng chịu kéo, và f_y là giá trị đặc trưng của cường độ chảy dẻo cốt thép chịu kéo ; f_{ctm} là cường độ chịu kéo trung bình của bê tông.

Mô men gây nứt M_{crc} đối với tiết diện hình chữ nhật có thể được biểu diễn như sau.

$$M_{crc} = f_{ctm}\frac{b_w h^2}{6} \quad (12)$$

Công thức (11) được suy ra từ biểu thức (13), trong đó sử dụng mômen kháng uốn của tiết diện có áp dụng hệ số vật liệu theo Dahlgren và Svensson [9].

$$M_{Rd} \approx f_{yd} A_s 0,9d \geq M_{crc} = f_{ctm}\frac{b_w h^2}{6} \quad (13)$$

Trong đó: f_{yd} là cường độ chịu kéo thiết kế của cốt thép, $f_{yd} = f_y / \gamma_s = f_y / 1,15$; γ_s là hệ số an toàn của cốt thép, γ_s = 1,15.

Lấy d = 0,9h thay vào (13) và chuyển vế thu được:

$$A_{s,\min} \approx 0,26\frac{f_{ctm}}{f_y}b_w d \quad (14)$$

Với tiết diện hình chữ nhật, có thể xác nhận rằng công thức (14) cho kết quả tương đồng với công thức (11) trong tiêu chuẩn.

Trong khi đó, điều 10.3.3.1 trong TCVN 5574:2018 [1] quy định hàm lượng cốt thép dọc chịu kéo và nén theo tính toán trong cấu kiện chịu uốn (dầm và bản) đối với tiết diện chữ nhật, chữ T và chữ I là $\mu_s = (A_s / b_w d) \times 100\%$ lấy không nhỏ hơn 0,1%. TCVN không chỉ rõ cơ sở để quy định hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu là 0,1%. Tuy nhiên, theo Minh và cộng sự [10] có thể hiểu rằng hàm lượng thép tối thiểu này nhằm mục đích để cốt thép có thể chịu được toàn bộ ứng suất kéo ngay sau khi bê tông vừa nứt và khống chế bề rộng vết nứt. Nếu như vậy, vận dụng phương pháp luận tương tự như EC2-2004 [3] và ACI 318-25 [2], có thể xác định hàm lượng cốt thép chịu uốn theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [1] như biểu thức (18) dưới đây. Mô men gây nứt (M_{crc}) đối với cấu kiện chịu uốn BTCT thường hình chữ nhật và chữ T (có cánh ở vùng nén và không có lực dọc) theo TCVN 5574:2018 [1] được xác định theo điều 8.2.2.2.4 như sau:

$$M_{crc} = W_{pl} R_{bt,ser} = 1,3(I_{red} / y_t) R_{bt,ser} \quad (15)$$

Trong đó, Wpl là mô men kháng uốn đàn dẻo của tiết diện đối với thớ bê tông chịu kéo ngoài cùng; Ired là mô men quán tính của tiết diện quy đổi (gồm bê tông, cốt thép dọc chịu kéo, và cốt thép dọc chịu nén) đi qua trọng tâm của tiết diện và thẳng góc với mặt phẳng uốn; yt là mô men quán tính của tiết diện quy đổi (gồm bê tông, cốt thép dọc chịu kéo, và cốt thép dọc chịu nén) đi qua trọng tâm của tiết diện và thẳng góc với mặt phẳng uốn; Rbt,ser là cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của bê tông.

Để đơn giản hóa tính toán, bỏ qua cốt thép dọc chịu kéo và chịu nén, mô men gây nứt được xác định như sau:

$$M_{crc} = 1,3\frac{b_w h^2}{6} R_{bt,ser} \quad (16)$$

Để đảm bảo mô men kháng uốn của tiết diện lớn hơn mô men gây nứt như được thể hiện ở biểu thức (3) và (13), theo TCVN 5574:2018 [1] có được biểu thức sau:

$$M_{Rd} \approx R_s A_s 0,9d \geq M_{crc} = 1,3\frac{b_w h^2}{6} R_{bt,ser} \quad (17)$$

Trong đó: R_s là cường độ chịu kéo tính toán (thiết kế) của cốt thép, $R_s = f_y / \gamma_s = f_y / 1,15$; γ_s là hệ số an toàn của cốt thép, γ_s = 1,15 (tương tự EC2-2004 [3]).

Lấy d = 0,9h thay vào (17) và chuyển vế thu được:

$$A_{s,\min} \approx 0,34\frac{R_{bt,ser}}{f_y}b_w d \geq 0,001 b_w d \quad (18)$$

Các tiết diện hình chữ nhật với h = 1,05d và h = 1,2d vào (11) và (18) để chuyển về dạng thức sử dụng chiều cao tiết diện ta lần lượt được các biểu thức (19 và 20) theo EC2-2004 và (21 và 22) theo TCVN 5574:2018 [1] như sau:

$$A_{s,\min} = 0,273\frac{f_{ctm}}{f_y}b_w h \text{ đến } A_{s,\min} = 0,312\frac{f_{ctm}}{f_y}b_w h \quad (19)$$

và $A_{s,\min} = 0,0014 b_w h$ đến $A_{s,\min} = 0,0016 b_w h$ (20)

$$A_{s,\min} = 0,36\frac{R_{bt,ser}}{f_y}b_w h \text{ đến } A_{s,\min} = 0,41\frac{R_{bt,ser}}{f_y}b_w h \quad (21)$$

và $A_{s,\min} = 0,0011 b_w h$ đến $A_{s,\min} = 0,0012 b_w h$ (22)

Đặt $\mu_{\min} = A_{s,\min} / b_w h$ và khảo sát hàm lượng cốt thép tối thiểu ($\mu_{\min}$) với cường độ chịu nén danh định của bê tông (f_c') và cường độ chịu kéo danh định của cốt thép (f_y). Lưu ý cần quy đổi các tính chất cơ lý của bê tông theo các mẫu trụ chuẩn theo ACI 318-25 [2] và EC2-2004 [3] sang mẫu lập phương theo TCVN 5574-2018 [1]. Kết quả thu được các Bảng 1, Bảng 2, Bảng 3, và Bảng 4 lần lượt là hàm lượng cốt thép tối thiểu theo biểu thức (10), biểu thức (1) và (2) theo ACI 318-25 [2], biểu thức (19) và (20) theo EC2-2004 [3], và biểu thức đề xuất (21) và (22) cho TCVN 5574:2018 [1].

Cần lưu ý rằng các giá trị thu được từ Bảng 4 là kết quả được đề xuất trong nghiên cứu này theo TCVN 5574:2018 [1], được tính toán theo phương pháp luận tương tự ACI 318-25 [2] và EC2-2004 [3]. Khi so sánh kết quả ở Bảng 2-4, có thể thấy rằng lượng cốt thép tối thiểu (lấy theo giá trị lớn nhất chi phối kết quả tính) theo yêu cầu chịu lực của ACI 318-25 [2] luôn lớn hơn so với EC2-2004 [2] và thấp nhất là theo TCVN 5574:2018 [1]. Tuy nhiên, kết quả cũng chỉ ra rằng phương pháp tính hàm lượng cốt thép tối thiểu được đề xuất trong nghiên cứu này dựa trên TCVN 5574:2018 [1] cho kết quả thấp hơn nhưng không chênh lệch đáng kể so với EC2-2004 [3], cho thấy tính tương thích và độ tin cậy của phương pháp đề xuất. Do đó, có thể xem xét bổ sung vào trong các phiên bản chỉnh sửa của TCVN 5574:2018 [1].

Bảng 1. $\mu_{\min}$ (x10^{-3}) theo phương trình (10)

f_y \ f_c'	25	35	45	50
300	2,1 ÷ 2,5	2,5 ÷ 2,9	2,8 ÷ 3,3	2,9 ÷ 3,5
400	1,6 ÷ 1,9	1,8 ÷ 2,2	2,1 ÷ 2,5	2,2 ÷ 2,6
500	1,3 ÷ 1,5	1,5 ÷ 1,8	1,7 ÷ 2,0	1,8 ÷ 2,1

Bảng 2. $\mu_{\min}$ (x10^{-3}) theo phương trình (1) và (2)

f_y \ f_c'	Theo (2)			Theo (1)
	25	35	45	
300	3,5 ÷ 3,9	4,1 ÷ 4,7	4,7 ÷ 5,3	3,9 ÷ 4,4
400	2,6 ÷ 3,0	3,1 ÷ 3,5	3,5 ÷ 4,0	2,9 ÷ 3,3
500	2,1 ÷ 2,4	2,5 ÷ 2,8	2,8 ÷ 3,2	2,3 ÷ 2,7
Lưu ý: Thay thế h = 1,05d và h = 1,2d vào biểu (1) và (2)				

Bảng 3. $\mu_{\min}$ (x10^{-3}) theo phương trình (19) và (20)

f_y \ f_c'	Theo (19)			Theo (20)
	25	35	45	
300	2,4 ÷ 2,7	2,9 ÷ 3,3	3,5 ÷ 4,0	1,4 ÷ 1,6
400	1,8 ÷ 2,0	2,2 ÷ 2,5	2,6 ÷ 3,0	1,4 ÷ 1,6
500	1,4 ÷ 1,6	1,7 ÷ 2,0	2,1 ÷ 2,4	1,4 ÷ 1,6
Lưu ý: EC2-2004 không sử dụng cốt thép có f_y = 300 MPa. Bảng này sử dụng f_y = 300 MPa để so sánh với các bảng khác				

Bảng 4. $\mu_{\min}$ (x10^{-3}) theo phương trình (21) và (22)

f_y \ f_c'	Theo (21)			Theo (22)
	25	35	45	
300	2,1 ÷ 2,4	2,7 ÷ 3,1	3,1 ÷ 3,6	1,1 ÷ 1,2
400	1,6 ÷ 1,8	2,0 ÷ 2,3	2,3 ÷ 2,7	1,1 ÷ 1,2
500	1,3 ÷ 1,4	1,6 ÷ 1,8	1,9 ÷ 2,1	1,1 ÷ 1,2

Đối với dầm, điều 9.6.1.3 của ACI 318-25 [2] nêu rằng: nếu diện tích cốt thép A_s được bố trí tại mọi mặt cắt lớn hơn ít nhất một phần ba so với A_s yêu cầu theo phân tích, thì không cần thỏa mãn yêu cầu cốt thép uốn tối thiểu theo biểu thức (1) và (2). Điều đó có ý nghĩa khi một cấu kiện chịu uốn có kích thước tiết diện lớn nếu bố trí lượng thép theo yêu cầu của biểu thức (1) và (2) thì sẽ trở nên dư thừa. Lúc này, chỉ cần bố trí một lượng thép tối thiểu bằng 1,33 lần so với lượng cốt thép có được từ tính toán. Có thể biểu diễn bằng biểu thức (23) như sau:

$$M_n \geq 1,33\frac{M_u}{\phi} \quad (23)$$

Trong đó: *Mu* là mô men uốn do tổ hợp của các tải trọng tính toán gây ra.

Theo quy định của EC2-2004 [3] và TCVN 5574:2018 [1], hàm lượng cốt thép tối thiểu chịu uốn được áp dụng thống nhất cho cả dầm và bản mà không có sự phân biệt giữa hai loại cấu kiện này. Các phiên bản ACI 318 từ năm 1995 [6] đến 2011, cũng quy định hàm lượng cốt thép tối thiểu như nhau cho dầm và bản theo biểu thức (1) và (2). Tuy nhiên, từ phiên bản ACI 318 năm 2019 cho đến ACI 318-25 [1] (Mục 7.6.1.1 và 8.6.1.1) lại có quy định khác biệt cho bản, với diện tích cốt thép tối thiểu chịu uốn As,min không lấy nhỏ hơn 0,0018bwh. Giá trị này tương ứng với giới hạn dưới trong biểu thức (10) và Bảng 1 dành cho dầm tiết diện chữ nhật, và phù hợp cho bê tông có cường độ trung bình thường dùng cho bản (dưới 35 MPa) kết hợp với cốt thép có cường độ cao (400-500 MPa). Tuy nhiên, với bê tông cường độ cao hơn hoặc cốt thép cường độ thấp (300 MPa), giá trị 0,0018 quy định cho bản sẽ thấp hơn so với yêu cầu tính toán tối thiểu đối với dầm (Bảng 1). Điều này cho thấy uỷ ban ACI 318 cho rằng cốt thép tối thiểu cần thiết cho bản cần ít hơn đối với dầm. Quan điểm này cũng tương thích với Sổ tay hướng dẫn Tiêu chuẩn Ấn Độ về Bê tông và bê tông cốt thép SP 24:1983 [11], trong đó lượng cốt thép tối thiểu dành cho sàn được quy định nhỏ hơn dầm. Nguyên nhân chủ yếu là do tải trọng vượt mức trên sàn có khả năng phân bố theo phương ngang, đồng thời nguy cơ xảy ra phá hoại đột ngột cũng thấp hơn. Vì vậy, yêu cầu về cốt thép tối thiểu đối với sàn chủ yếu nhằm kiểm soát các vết nứt do co ngót và biến đổi nhiệt độ, thay vì mục đích đảm bảo cường độ chịu lực.

ACI 318-25 [1] quy định rằng khoảng cách lớn nhất của cốt thép của bản bị giới hạn, không vượt quá giá trị nhỏ hơn trong các cặp giá trị: Đối với bản một phương (hai lần chiều dày bản hoặc 450 mm); Đối với bản hai phương (hai lần chiều dày bản hoặc 450 mm tại các tiết diện nguy hiểm; ba lần chiều dày bản hoặc 450 mm tại các tiết diện khác). EC2-2004 [3] quy định khoảng cách cốt thép không vượt quá $s_{max,slabs}$. Với cốt thép chịu lực $s_{max,slabs}$ = min (3*h*; 450mm), và cốt thép cấu tạo $s_{max,slabs}$ = min (3*h*; 450mm), trong đó h là chiều dày của bản. Còn với TCVN 5574:2018 [1] quy định trong các dầm và bản khoảng cách cốt thép tối đa là 200 mm với $h \leq 150$ mm; và không lớn hơn giá trị 1,5h và 400 mm khi $h > 150$ mm.

2.2. Hàm lượng cốt thép chống co ngót và nhiệt độ

Tiêu chuẩn ACI 318-25 [2] có quy định về hàm lượng cốt thép chống co ngót và nhiệt độ, trong khi tiêu chuẩn EC2-2004 [3] và TCVN 5574:2018 [1] không có quy định riêng biệt cho vấn đề này.

Yêu cầu về cốt thép co ngót và nhiệt độ trong thiết kế kết cấu bê tông cốt thép đã được đưa vào tiêu chuẩn xây dựng ACI từ năm 1928, và hầu như không thay đổi nhiều trong gần 100 năm. Trong các phiên bản trước đây của tiêu chuẩn ACI 318 như ACI 318-95 [6] và cho đến ACI 318-14 [12], khi cốt thép chịu uốn được bố trí theo một hướng, thì theo hướng vuông góc với hướng đó, cốt thép chống co ngót và nhiệt độ được bố trí trên toàn bộ tiết diện bê tông dựa trên tỷ lệ cốt thép tối thiểu μ_{min} theo công thức kinh nghiệm (24):

$$\mu_{\min} = \begin{cases} 0,002 & \text{khi } f_y < 420 \text{ MPa} \\ 0,0018 \times \dfrac{420}{f_y} \geq 0,0014 & \text{khi } f_y \geq 420 \text{ MPa} \end{cases} \quad (24)$$

Hiện nay, điều 24.4.3.2 của ACI 318-25 [1] nêu rằng Các phiên bản trước cho phép giảm cốt thép co ngót và nhiệt độ đối với thép có cường độ chảy lớn hơn 420 MPa (tức $A_{s,min}$ = 0,0018 × 420 / $f_y \geq$ 0,0014). Tuy nhiên, do cơ chế hình thành vết nứt cho thấy tăng cường độ chảy không có lợi cho kiểm soát nứt nên quy định này đã bị loại bỏ từ phiên bản năm 2019. Đồng thời, quy định 0,002 đối với thép thường cũng bị bỏ và thống nhất sử dụng 0,0018 cho tất cả các loại thép. Những giá trị này phù hợp với giá trị hàm lượng cốt thép tối thiểu chịu uốn như đã nêu ở phần trên. Tuy nhiên, trong khi cốt thép co ngót và nhiệt độ được phép phân bố giữa hai mặt của bản theo điều kiện cụ thể, thì cốt thép uốn tối thiểu phải được đặt càng gần mặt bê tông chịu kéo do tải trọng gây ra theo như phần bình luận của điều 7.6.1.1 và 8.6.1.1.

Phần chú giải của ACI 318-25 [2] nêu rằng lượng cốt thép co ngót và nhiệt độ quy định cho thép có gờ và lưới thép hàn là dựa trên kinh nghiệm thực nghiệm, nhưng đã được sử dụng hiệu quả trong nhiều năm. Mục 24.4.4.1 quy định cốt thép ứng lực trước dùng để chống lại ứng suất do co ngót và thay đổi nhiệt độ phải tạo ra ứng suất nén hiệu quả sau khi trừ tổn hao ứng suất phải đảm bảo tạo ra ứng suất nén trung bình tối thiểu là 0,7 MPa trên tổng diện tích bê tông. Phần chú giải R24.4.4.1 cho biết yêu cầu này được chọn nhằm tạo ra lực tác dụng lên bản tương đương với lực chảy của cốt thép không ứng suất trước dùng cho co ngót và nhiệt độ.

Khi bản bê tông cốt thép được phép chuyển vị tự do, co ngót và biến đổi nhiệt độ thường không gây ra ứng suất đáng kể, do biến dạng không bị kiềm chế. Tuy nhiên, trên thực tế, không có bản nào hoàn toàn tự do chuyển vị vì luôn tồn tại mức độ kiềm chế nhất định từ các cấu kiện như tường, cột hoặc gối đỡ. Chính sự kiềm chế này hạn chế chuyển vị và gây ra ứng suất trong bản. Theo Khoản 24.4.2 của ACI 318-25 [2], khi các cấu kiện như tường hoặc cột tạo ra sự kiềm chế đáng kể đối với chuyển vị do co ngót và nhiệt độ, thể tích bị hạn chế sẽ gây ra ứng suất kéo trong bản sàn, đồng thời tạo ra chuyển vị, lực cắt và mômen uốn trong tường hoặc cột. Trong trường hợp này, có thể cần tăng cường

cốt thép trong bản sàn theo cả hai phương chính, theo Khoản 24.4.3.2 của ACI 318-25 [2]. Tuy nhiên, ACI 318-25 [2] không quy định cụ thể lượng cốt thép cần tăng thêm. Tiêu chuẩn này cũng lưu ý rằng cốt thép đặt ở cả phía trên và phía dưới bản đều có hiệu quả trong việc kiểm soát vết nứt. Vị trí đặt cốt thép co ngót và nhiệt độ rất linh hoạt. Nó có thể được đặt chủ yếu ở mặt trên, mặt dưới, hoặc chia đều cho cả hai mặt của bản sàn, tùy thuộc vào tình huống cụ thể (ví dụ: sàn mái tiếp xúc trực tiếp với nắng nóng sẽ cần tập trung thép ở mặt trên). Các mối nối chồng và điểm neo của cốt thép co ngót và nhiệt độ phải được thiết kế để chịu toàn bộ cường độ chảy danh định, nhằm đảm bảo tính toàn vẹn và hiệu quả của toàn bộ hệ thống cốt thép. Khoảng cách cốt thép cho co ngót và nhiệt độ đặt bé hơn giá trị nhỏ nhất của 5 lần chiều dày bản và 450 mm.

Theo Gilbert [13], lượng cốt thép co ngót và nhiệt độ cần thiết cho một bản bị kìm hãm hoàn toàn có thể gấp đôi so với yêu cầu tối thiểu của ACI 318. Tương đồng với đó, tiêu chuẩn Úc AS3600:2018 [14] yêu cầu lượng cốt thép co ngót và nhiệt độ cao gấp 2-3 lần so với ACI 318. Phần chú giải của Mục 24.4.2 cũng khuyến nghị sử dụng "dải kiểm soát co ngót" trong quá trình thi công để giảm vết nứt do kiềm hãm. Một dải kiểm soát co ngót, còn được gọi là dải đổ sau, là một khe tạm thời được để hở trong quá trình thi công, cho phép sự co ngắn ban đầu diễn ra trong hai hoặc nhiều vùng bản riêng biệt. Dải kiểm soát được để mở cho đến khi các phần bản co ngắn đủ, sau đó được đổ bê tông bù để khép kín.

Phân tích ảnh hưởng của co ngót và thay đổi nhiệt độ không đơn giản, vì cần giả định về các yếu tố như: lượng co ngót khô và gradient co ngót giữa mặt trên và dưới bản; lượng co ngót nhiệt và gradient nhiệt độ; mô đun đàn hồi theo thời gian và cường độ kéo của bê tông. Phân tích theo mô hình đàn hồi tuyến tính thường đưa ra lực nội tại lớn, gần giá trị cực đại, trong khi phân tích phi đàn hồi với mô đun đàn hồi điều chỉnh theo thời gian phản ánh chính xác hơn ứng xử phụ thuộc thời gian và cho lực nội tại nhỏ hơn, gần giá trị thực tế.

Tiêu chuẩn EC2-2004 [3] không có quy định riêng về cốt thép chống co ngót và nhiệt độ. Tuy nhiên, trong quy định về cốt thép tối thiểu chịu uốn, EC2 đã đưa ra giá trị giới hạn tối thiểu là $0{,}0013b_td$ theo như vế phải của biểu thức (11) có thể bao gồm cả chức năng chống co ngót và nhiệt độ. Bởi vì trong quy định cốt thép tối thiểu theo trạng thái giới hạn sử dụng (kiểm soát nứt), EC2-2004 [3] đã xét đến ảnh hưởng của co ngót khô và thay đổi nhiệt độ, nên không cần quy định riêng cho cốt thép chống co ngót và nhiệt độ.

Tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [1] cũng không có quy định riêng biệt cho cốt thép chống co ngót và nhiệt độ. Do đó, trong thực hành thiết kế, các kỹ sư thường đặt cốt thép cấu tạo theo hàm lượng tối thiểu 0,1% cho cả mặt trên và mặt dưới của cấu kiện chịu uốn.

3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Ví dụ 1: Một dầm BTCT gối tựa đơn giản ở hai đầu chịu mô men do các tải trọng tính toán gây ra là M_u = 90 kNm. Dầm có tiết diện chữ nhật, bề rộng b_w = 1000 mm và chiều cao h = 800 mm. Dầm được chế tạo từ bê tông B25, cốt thép dọc CB500V. Tính toán và so sánh diện tích cốt thép dọc chịu kéo cho dầm này theo ACI 318-25, EC2-2004, và TCVN 5574:2018. Dầm có R_b = 14,5 MPa, R_s = 435 MPa, $f_c = f_{ck}$ = 20 MPa, f_y = 500 MPa. Lấy d = 750 mm.

ACI 318-25:

Cốt thép dọc yêu cầu từ M_u là $A_{s,ACI}^{yc}$ = 270 mm².

Diện tích cốt thép tối thiểu theo biểu thức (1) và (2) là:

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0{,}25\sqrt{f_c}}{f_y}b_wd, \frac{1{,}4}{f_y}b_wd\right) = 1677 \text{ mm}^2$$

$A_{s,ACI}^{yc} = 270 \text{ mm}^2 < A_{s,min} = 1677 \text{ mm}^2$. Tuy nhiên, ACI 318-25 cho phép lựa chọn cốt thép tăng lên 1,33 lần lượng cốt thép yêu cầu theo tính toán biểu thức (21). Như vậy lượng thép dọc thiết kế là: $A_{s,ACI}^{tk}$ =1,33 x 270 = 359 mm²

Hàm lượng thép $\mu = 0{,}047\%$.

EC2-2004:

Cốt thép dọc yêu cầu từ M_u là $A_{s,EC2}^{yc}$ = 280 mm².

Diện tích cốt thép tối thiểu theo biểu thức (11) là:

$$A_{s,min} = \max\left(0{,}26\frac{f_{ctm}}{f_y}b_wd, 0{,}0013b_wd\right) = 858 \text{ mm}^2$$

$A_{s,EC2}^{yc} = 280 \text{ mm}^2 < A_{s,min} = 858 \text{ mm}^2$. Lượng thép dọc thiết kếđược xác định theo yêu cầu tối thiểu: $A_{s,EC2}^{tk}$ =858 mm². Hàm lượng thép $\mu = 0{,}1144\%$.

TCVN 5574:2018

Cốt thép dọc yêu cầu từ M_u là $A_{s,TCVN}^{yc}$ = 278 mm².

Diện tích cốt thép tối thiểu theo TCVN 5574:2018 là:

$A_{s,min} = 0{,}01\%b_wd$ = 800 mm²

Lượng thép dọc thiết kế được xác định theo yêu cầu tối thiểu. $A_{s,TCVN}^{tk}$ =800 mm². Hàm lượng thép $\mu = 0{,}1\%$.

Nhận xét: Lượng thép thiết kế đối với dầm cao nhất nhất là EC2-2004, thấp hơn một chút không đáng kể so với EC2-2004 là TCVN 5574:2018, và thấp nhất và chỉ bằng một nửa so với hai tiêu chuẩn trên là ACI 318-25. Cần lưu ý rằng, trong trường hợp này khi tiết diện là lớn so với giá trị mô men tác dụng thì thiết kế theo ACI 318-25 sẽ là kinh tế nhất.

Ví dụ 2: Tương tự như ví dụ 1 nhưng thay đổi mô men do tải trọng tính toán gây ra là M_u = 500 kNm ta thu được kết quả theo như Bảng 5 như sau:

Bảng 5. So sánh kết quả của ví dụ 2

Tiêu chuẩn	A_s^{yc}, mm²	$A_{s,min}$, mm²	A_s^{tk}, mm²
ACI 318-25	1540	2048	2048
EC2-2004	1580	975	1580
TCVN5574:2018	1583	750	1583

Nhận xét: Với trường hợp này khi mô men tăng lên khá lớn thì lượng thép thiết kế đối với dầm cao nhất nhất là ACI318-25, gấp khoảng 1,3 lần so với hai tiêu chuẩn còn lại. Trong khi đó, lượng cốt thép thiết kế theo EC2-2004 và TCVN 5574:2018 là gần như bằng nhau và do cốt thép yêu cầu để chịu mô men khống chế.

Ví dụ 3: Một bản BTCT làm việc một phương chịu mô men do các tải trọng tính toán gây ra là 30 kNm. Bản có chiều cao h = 300 mm. Bản được chế tạo từ bê tông B25, cốt thép dọc CB400V. Tính toán và so sánh diện tích cốt thép cho bản này theo ACI 318-25, EC2-2004, và TCVN 5574:2018. Bản có R_b = 14,5 MPa, R_s = 350 MPa, $f_c = f_{ck}$ = 20 MPa, f_y = 400 MPa. Lấy d = 260 mm.

Sau khi tính toán thu được kết quả theo như Bảng 6 như sau:

Bảng 6. So sánh kết quả của ví dụ 3

Tiêu chuẩn	A_s^{yc}, mm²	$A_{s,min}$, mm²	A_s^{tk}, mm²
ACI 318-25	330	540	540
EC2-2004	345	374	374
TCVN5574:2018	335	260	335

Nhận xét: Với trường hợp này lượng cốt thép thiết kế của hai tiêu chuẩn ACI 318-25 và EC2-2004 được khống chế bởi hàm lượng cốt thép dọc tối thiểu đối với bản là 0,0018 và 0.00144. Còn đối với TCVN 5574:2018 lượng cốt thép thiết kế được được lấy bằng diện tích cốt thép tính toán. Với ví dụ này thì lượng thép thiết kế theo ACI318-25 là lớn nhất, cao hơn 1,44 lần so với EC2-

2004. Diện tích cốt thép thiết kế của TCVN5574:2018 là thấp nhất.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, các quy định về hàm lượng cốt thép tối thiểu trong các tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574:2018, ACI 318-25, và EC2-2004 đã được rà soát. Dựa trên các tổng hợp thu được, so sánh và thực hiện ví dụ tính toán, các kết luận sau đây đã được đưa ra:

- Cơ sở về sự hình thành các quy định và giá trị hàm lượng cốt thép tối thiểu đã được xác định và giải thích rõ. Tùy theo mục đích của quy định về hàm lượng cốt thép tối thiểu, có thể chia thành hai loại: Hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu; và Hàm lượng cốt thép chống co ngót và nhiệt độ.

- Hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu theo các tiêu chuẩn ACI 318-25 và EC2-2004 được quy định rất chi tiết phụ thuộc vào hình dạng tiết diện. Trong khi đó, TCVN 5574:2018 được quy định khá đơn giản, là một giá trị hằng số được lấy bằng 0,1% diện tích tiết diện và không phụ thuộc vào hình dạng tiết diện.

- Hàm lượng cốt thép tối thiểu chống co ngót và nhiệt độ theo một số tiêu chuẩn, như ACI 318-25, là một giá trị phần trăm của diện tích tiết diện ngang. Giá trị này là một giá trị mang tính kinh nghiệm, đã được sử dụng hiệu quả trong thực tiễn thiết kế và sử dụng công trình. Tuy nhiên, TCVN 5574:2018 chưa đề cập đến yêu cầu này, dẫn đến việc các kỹ sư trong nước gặp không ít khó khăn khi phải tham khảo và vận dụng các tiêu chuẩn nước ngoài trong quá trình thiết kế.

- Hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu theo ACI 318-25 là lớn hơn so với tiêu chuẩn EC2-2004 và thấp nhất là TCVN 5574:2018.

- So với các tiêu chuẩn của các nước phát triển như ACI 318-25 và EC2-2004, hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu theo TCVN 5574:2018 là thấp. Trong nghiên cứu này, hàm lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu được đề xuất dựa vào phương pháp luận của ACI318-25 và EC2-2004 tức đảm bảo mô men kháng uốn thiết kế lớn hơn mô men gây nứt. Kết quả thu được tuy thấp hơn nhưng không chênh lệch đáng kể so với EC2-2004, qua đó cho thấy tính tương thích và độ tin cậy của phương pháp đề xuất.

- Ví dụ tính toán cho thấy các tiêu chuẩn đều thống nhất ở điểm: nếu lượng cốt thép yêu cầu theo mômen tính toán nhỏ hơn lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu, thì phải bố trí theo giá trị tối thiểu. Tuy nhiên, ACI 318-25 đưa ra một ngoại lệ: khi lượng cốt thép của dầm không đạt mức tối thiểu, có thể tăng 33% lượng cốt thép tính toán. Sau đó, so sánh giá trị này với lượng cốt thép tối thiểu và chọn giá trị nhỏ hơn để thiết kế. Tuy nhiên, đối với phần bản thì các tiêu chuẩn đều yêu cầu phải so sánh lượng cốt thép có được từ tính toán với lượng cốt thép chịu uốn tối thiểu và chọn giá trị lớn hơn để thiết kế.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội thông qua đề tài cấp Trường mã số 21-2025/KHXD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TCVN 5574:2018 (2018). Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

[2]. ACI 318-2025 (2025). Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute. Detroit, Mich.

[3]. EC2 (2004). Design of concrete structures- Part 1.1: General rules and rules for buildings. European Standard.

[4]. IS 456:2000 (2000). Indian standard code of practice for plain and reinforced cement concrete. Bureau of Indian Standards New Delhi, India.

[5]. NZS 3101:2006 (2006). Part 1: The design of concrete structures, part 2:

[6]. ACI 318-95 (1995). Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute. Detroit, Mich.

[7]. Wang, C., and Salmon, C. G. (2002). Reinforced Concrete Design. 6th ed. pp. 558-560. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons In

[8]. Seguirant, S. J., Brice, R., & Khaleghi, B. (2010). Making sense of minimum flexural reinforcement requirements for reinforced concrete members. PCI Journal, 55(3), 64-85.

[9]. Dahlgren, A. and Svensson, L. (2013) Guidelines and rules for detailing of reinforcement in concrete structures: A compilation and evaluation of ambiguities in Eurocode 2. M.S. Thesis, Chalmers University of Technology. 48-52.

[10]. Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Trường Thắng, Võ Mạnh Tùng (2023). "Kết cấu bê tông cốt thép-Phần cấu kiện cơ bản TCVN 5574:2018". NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2023.

[11]. SP 24:1983. (1983). Handbook on Indian standard code for plain and reinforced concrete. Bureau of Indian Standards, New Delhi, India.

[12]. ACI 318-14 (2014). Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute. Detroit, Mich.

[13]. Gilbert, R. I. (1992). Shrinkage cracking in fully restrained concrete members. ACI Structural Journal, 89(2), pp. 141-149.

[14]. AS 3600:2018 (2018). Concrete structures. Standards Australia, Sydney, Australia.

■Ngày nhận bài: 01/11/2025 ■Ngày sửa bài: 12/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 24/11/2025

Thiết kế cấp phối và đánh giá tính năng kháng hằn lún của bê tông nhựa chặt C12.5

Mix design and rutting resistance performance of dense-graded asphalt concrete C12.5

> TS ĐỖ TIẾN THỌ*, TS NGUYỄN HUỲNH TẤN TÀI
GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
*Email: thodt@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày quy trình thiết kế và đánh giá tính năng của hỗn hợp bê tông nhựa chặt (BTNC) C12.5 sử dụng nhựa đường 60/70 và nhựa polymer (PMB) theo phương pháp Marshall. Cấp phối được thiết kế theo yêu cầu cơ lý của TCVN 13567:2022, với hàm lượng nhựa tối ưu lần lượt là 4,75% đối với nhựa 60/70 và 5% đối với nhựa PMB, nhằm đảm bảo sự cân bằng giữa độ ổn định, độ dẻo và độ rỗng. Thí nghiệm vệt hằn bánh xe (VHBX) Hamburg Wheel Tracking Test (HWTT) được thực hiện theo AASHTO T324 và TCVN 13899:2023 trong môi trường không khí ở 60 ± 1°C để đánh giá khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp. Kết quả cho thấy độ sâu vệt hằn trung bình đạt 4,4 mm sau 20.000 chu kỳ tải đối với hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70 và 2,0 mm đối với hỗn hợp sử dụng nhựa PMB. Nghiên cứu cho thấy hỗn hợp BTNC C12.5 dùng nhựa 60/70 ở hàm lượng 4,75% đạt tính ổn định cơ học và khả năng kháng hằn lún tốt, trong khi hỗn hợp sử dụng nhựa PMB ở hàm lượng 5% cho hiệu suất vượt trội hơn rõ rệt.

Từ khóa: Bê tông nhựa chặt (C12.5), kháng hằn lún, thí nghiệm HWT, nhựa 60/70, nhựa polymer, phương pháp Marshall.

ABSTRACT

This study investigates the design and performance evaluation of C12.5 dense-graded asphalt concrete mixtures incorporating 60/70 penetration-grade bitumen and polymer-modified bitumen (PMB). Mix designs were developed following the Marshall method in accordance with TCVN 13567:2022, resulting in optimal asphalt contents of 4.75% for 60/70 bitumen and 5.0% for PMB. The rutting resistance of the mixtures was assessed using the Hamburg Wheel Tracking test (AASHTO T324; TCVN 13899:2023) at 60 ± 1°C under dry-air conditions. The 60/70 and PMB mixtures exhibited average rut depths of 4.4 mm and 2.0 mm, respectively, after 20,000 load cycles. The results confirm that the C12.5 mixture with 60/70 bitumen demonstrates good mechanical stability and satisfactory rutting resistance, while the PMB mixture delivers markedly superior performance and permanent deformation resistance.

Keywords: Dense-graded asphalt concrete (C12.5), rutting resistance, hamburg wheel tracking (HWT), asphalt binder 60/70, marshall method.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh hạ tầng giao thông đường bộ ngày càng đóng vai trò then chốt đối với sự phát triển kinh tế - xã hội, việc nâng cao chất lượng và tuổi thọ khai thác của kết cấu áo đường mềm là yêu cầu cấp thiết. Tại Việt Nam, bê tông nhựa (BTN) là vật liệu được sử dụng phổ biến cho các lớp mặt đường, đặc biệt đối với đường cao tốc, quốc lộ và các tuyến giao thông đô thị có lưu lượng và tải trọng xe lớn. Tuy nhiên, thực tiễn khai thác cho thấy BTN thường xuất hiện các dạng hư hỏng sớm, trong đó hằn lún vệt bánh xe (rutting) được xem là một trong những dạng hư hỏng nghiêm trọng nhất, ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn giao thông, làm giảm độ bằng phẳng mặt đường, gia tăng chi phí duy tu bảo dưỡng và suy giảm tuổi thọ công trình.

Hằn lún là hiện tượng biến dạng dẻo tích lũy của lớp BTN dưới tác dụng lặp lại của tải trọng bánh xe, đặc biệt trầm trọng trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm với nhiệt độ mặt đường cao. Khi xảy ra, hằn lún hình thành các rãnh dọc theo vệt bánh xe, làm tăng nguy cơ trượt bánh, đọng nước và phá hoại cấu trúc mặt đường. Nhiều nghiên cứu quốc tế, tiêu biểu như Brown & Cross [1] và Huang [2], đã chỉ ra rằng hiện tượng này chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, bao gồm tính chất cơ học của nhựa đường, đặc tính cốt liệu, cấp phối hỗn hợp và hàm lượng nhựa. Trong đó, nhựa đường quá mềm dễ dẫn đến biến dạng ở nhiệt độ cao, trong khi nhựa quá cứng lại làm hỗn hợp trở nên giòn và dễ nứt nẻ. Vì vậy, việc lựa chọn loại nhựa đường phù hợp đóng vai trò then chốt trong thiết kế BTN.

Ở Việt Nam, nhựa đường 60/70 hiện đang được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng cân bằng tương đối giữa độ cứng và độ dẻo, phù hợp với điều kiện khí hậu và yêu cầu kinh tế. Các nghiên cứu trong nước như của Nguyen & al. [3]; Tran & al. [4] cho thấy BTN sử dụng nhựa 60/70 đạt độ ổn định cơ học khá tốt, đặc biệt khi áp dụng cấp phối chặt với cỡ hạt danh định nhỏ. Trong số đó, BTNC C12.5 thường được lựa chọn cho lớp mặt trên cùng nhờ cấu trúc chặt, độ rỗng dư hợp lý, khả năng kháng nước và chịu tải trọng nặng tương đối tốt.

Tuy nhiên, trong điều kiện khai thác thực tế tại các nút giao có đèn tín hiệu, nơi mật độ xe tải trọng lớn cao, tốc độ lưu thông thấp hoặc thường xuyên dừng chờ đèn đỏ, đặc biệt khi nhiệt độ mặt đường tăng cao, BTN sử dụng nhựa 60/70 có nguy cơ xuất hiện hằn lún vệt bánh xe. Nguyên nhân chủ yếu là do ở nhiệt độ cao, nhựa 60/70 có xu hướng giảm độ cứng, dẫn đến sự tích lũy biến dạng dư dưới tác dụng của tải trọng lặp và ứng suất tiếp xúc lớn từ bánh xe, nhất là trong các giai đoạn phanh dừng và tăng tốc. Hiện tượng này trở nên nghiêm trọng hơn tại các vị trí chịu tải tập trung kéo dài theo thời gian.

Trong bối cảnh đó, BTN sử dụng nhựa polymer (PMB) được xem là giải pháp hiệu quả nhằm nâng cao khả năng kháng hằn lún cho các đoạn đường chịu điều kiện khai thác bất lợi. Nhựa polymer có độ đàn hồi cao hơn và độ nhạy nhiệt thấp hơn so với nhựa đường thông thường, giúp tăng mô đun đàn hồi của hỗn hợp, cải thiện khả năng phục hồi biến dạng và hạn chế biến dạng dư ở nhiệt độ cao. Bên cạnh đó, BTN sử dụng nhựa PMB còn thể hiện khả năng chịu tải trọng nặng và tải trọng lặp vượt trội, độ ổn định Marshall cao hơn, cũng như khả năng kháng mỏi và kháng nước được cải thiện rõ rệt, từ đó góp phần nâng cao tuổi thọ kết cấu mặt đường. Do đó, đối với các nút giao có đèn tín hiệu và các đoạn đường chịu tác động đồng thời của tải trọng lớn và nhiệt độ cao, việc áp dụng BTN sử dụng nhựa polymer là cần thiết và hợp lý.

Mặc dù vậy, các nghiên cứu đánh giá một cách hệ thống khả năng kháng hằn lún của BTNC C12.5 sử dụng nhựa 60/70 và nhựa PMB trong điều kiện Việt Nam hiện vẫn còn hạn chế, chưa có nhiều dữ liệu thực nghiệm làm cơ sở cho việc áp dụng rộng rãi trong thiết kế và khai thác.

Về phương pháp thiết kế, tại nhiều quốc gia châu Á, trong đó có Việt Nam, phương pháp Marshall vẫn đang được sử dụng phổ biến. Phương pháp này dựa trên thí nghiệm nén dọc trục mẫu BTN nhằm xác định các chỉ tiêu cơ lý như độ ổn định, độ dẻo, độ rỗng dư, độ rỗng trong cốt liệu (VMA) và độ rỗng lấp đầy nhựa (VFA), từ đó xác định hàm lượng nhựa tối ưu (Optimum Binder Content - OBC). Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng các chỉ tiêu Marshall chưa phản ánh đầy đủ khả năng kháng hằn lún của BTN, do đây là thí nghiệm chịu tải tĩnh ngắn hạn, không mô phỏng được quá trình biến dạng dẻo tích lũy dưới tác động của tải trọng lặp và nhiệt độ cao trong điều kiện khai thác thực tế.

Để khắc phục hạn chế này, nhiều phương pháp thí nghiệm tiên tiến đã được phát triển, trong đó thí nghiệm vệt hằn bánh xe (VHBX) theo TCVN 13899:2023 [5] được xem là tiêu biểu. Thí nghiệm này mô phỏng tác động lặp của bánh xe lên mẫu BTN trong điều kiện nhiệt độ cao, cho phép theo dõi sự phát triển độ sâu hằn lún theo số chu kỳ tải. Các chỉ tiêu đánh giá chính bao gồm độ sâu hằn lún tuyệt đối, độ sâu hằn lún tỷ lệ (PRD) và tốc độ phát triển hằn lún. Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã chứng minh độ tin cậy của thí nghiệm này trong việc đánh giá khả năng kháng hằn lún của BTN.

Tổng hợp các nghiên cứu cho thấy hằn lún là dạng hư hỏng chủ yếu ảnh hưởng đến tuổi thọ và an toàn khai thác của mặt đường BTN; phương pháp Marshall cần được kết hợp với thí nghiệm VHBX để đánh giá toàn diện hơn khả năng kháng hằn lún; đồng thời, nhựa 60/70 kết hợp với cấp phối chặt C12.5 phù hợp cho các đoạn đường thông thường, trong khi BTN sử dụng nhựa PMB thích hợp cho các đoạn đường chịu tải trọng lớn, tốc độ lưu thông thấp, phù hợp với điều kiện khai thác tại Việt Nam.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tiến hành thiết kế BTNC C12.5 sử dụng nhựa đường 60/70 và nhựa PMB theo phương pháp Marshall, kết hợp thực hiện thí nghiệm VHBX nhằm đánh giá khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp. Các kết quả thu được sẽ được đối chiếu với các yêu cầu của tiêu chuẩn hiện hành, đồng thời so sánh giữa hai loại nhựa để làm rõ hiệu quả của việc sử dụng nhựa PMB. Qua đó, nghiên cứu góp phần bổ sung dữ liệu thực nghiệm, hỗ trợ hoàn thiện các quy định kỹ thuật và hướng tới mục tiêu nâng cao chất lượng, tuổi thọ cũng như tính bền vững của hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam.

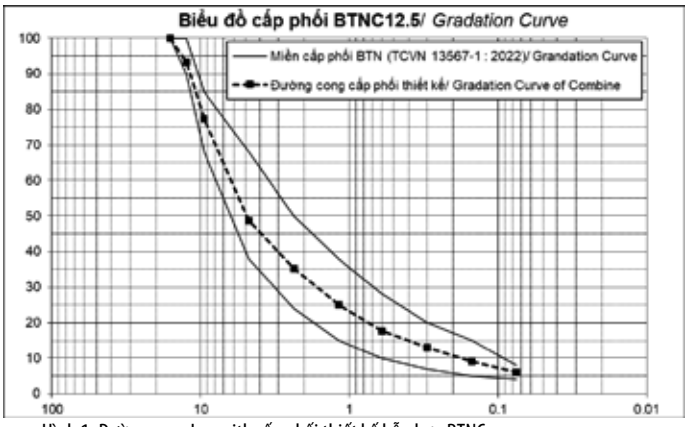
2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Ngoại trừ bột khoáng (loại hạt mịn có kích thước nhỏ hơn 0,075 mm) được chuẩn bị riêng để đảm bảo độ sạch và độ hoạt tính bề mặt, toàn bộ các loại cốt liệu thô, cốt liệu mịn, chất độn khoáng và nhựa bitum 60/70 sử dụng trong nghiên cứu này đều được cung cấp đồng bộ bởi Công ty Cổ phần Đầu tư xây dựng BMT, đơn vị có năng lực sản xuất vật liệu đạt tiêu chuẩn quốc gia hiện hành.

2.1.1. Cốt liệu

Đề tài tập trung vào việc thiết kế cấp phối BTNC C12.5, trong đó sử dụng cấp phối thô với cỡ hạt lớn nhất danh định là 12,5 mm, phù hợp cho lớp mặt đường chịu tải trung bình đến lớn. Đường cong cấp phối thiết kế được lựa chọn và điều chỉnh sao cho nằm trọn trong miền giới hạn cấp phối quy định theo Tiêu chuẩn TCVN 13567-1 và 2 [6], được minh họa chi tiết trong Hình 1, nhằm đảm bảo hỗn hợp có độ rỗng, độ ổn định Marshall và khả năng kháng hằn lún đạt yêu cầu.



Hình 1. Đường cong Logarith cấp phối thiết kế hỗn hợp BTNC

2.1.2. Chất kết dính bitum

Nhựa đường bitum 60/70 được sử dụng trong nghiên cứu này là bitum đặc gốc dầu mỏ, có độ kim lún nằm trong khoảng 60-70 (0,1 mm), được phân loại theo tiêu chuẩn TCVN 7493:2005 [7]. Đây là loại nhựa đường có độ nhớt trung bình, thường được sử dụng phổ biến trong các kết cấu mặt đường BTNC chịu tải trọng trung bình đến nặng, phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm của Việt Nam. Các chỉ tiêu cơ bản của bitum 60/70 thường bao gồm: độ kim lún (60-70 × 0,1 mm tại 25°C), nhiệt độ hóa mềm (48-56°C), độ kéo dài ≥ 100 cm (ở 25°C) và khối lượng riêng khoảng 1,01 g/cm^3.

Ngoài ra, nghiên cứu này cũng sử dụng nhựa đường polymer, được cải tiến từ nhựa gốc 60/70 với các thông số như sau: độ kim lún ở 25°C là 49.5 (0.1mm), nhiệt độ hóa mềm là 90°C và độ nhớt Brookfield ở 135°C là 3,1 Pa.s theo hướng dẫn thí nghiệm [11].

Việc xác định hàm lượng nhựa tối ưu là bước quan trọng nhất trong quá trình thiết kế cấp phối BTN, vì nó quyết định trực tiếp đến tính chất cơ học, độ bền và khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp. Hàm lượng nhựa quá thấp khiến hỗn hợp dễ rời rạc, thiếu liên kết, trong khi quá cao lại gây chảy nhựa và giảm ổn định.

Trước hết, đề tài tập trung xác định chính xác hàm lượng nhựa tối ưu nhằm đảm bảo độ bền, độ ổn định Marshall và độ rỗng của

hỗn hợp đạt yêu cầu thiết kế. Trên cơ sở đó, các nghiên cứu tiếp theo sẽ được tiến hành đối với hỗn hợp BTNC được chế tạo theo tỷ lệ nhựa tối ưu đã xác định, phục vụ cho việc đánh giá toàn diện các đặc tính cơ học và khả năng kháng hằn lún của vật liệu.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

2.2.1. Chuẩn bị mẫu

Các mẫu thí nghiệm được chế tạo theo phương pháp Marshall được qui định trong TCVN 8820:2011 [8], tuân thủ nghiêm ngặt các yêu cầu kỹ thuật nhằm bảo đảm độ tin cậy của kết quả. Mẫu có hình trụ tiêu chuẩn, được đầm chặt bằng máy Marshall với chiều cao 63,5 mm và đường kính 101,6 mm. Trong quá trình chế tạo, mỗi mặt mẫu được đầm 75 chày (tổng cộng 2×75 chày) để mô phỏng chính xác tác động của tải trọng xe nặng, phản ánh điều kiện khai thác giao thông thực tế tại Việt Nam, giúp mẫu đạt độ chặt và tính đồng nhất cần thiết.

2.2.2. Xác định hàm lượng nhựa tối ưu của hỗn hợp BTNC

Mỗi cấp phối cốt liệu khác nhau có một hàm lượng chất kết dính tối ưu để hỗn hợp vữa nhựa nhận được có các chỉ tiêu cơ lý tốt nhất tương ứng. Trong nghiên cứu này, hàm lượng chất kết dính tối ưu bước đầu được dự đoán dựa trên kinh nghiệm đúc kết từ những nghiên cứu trước. Ở bước tiếp theo, ít nhất 5x3 mẫu thí nghiệm đã được chuẩn bị ở 5 mức hàm lượng chất kết dính xung quanh giá trị tối ưu dự đoán.

Nhiều thí nghiệm khác nhau được tiến hành trên các mẫu này để xác định một loạt các chỉ tiêu của hỗn hợp vữa nhựa trên từng mẫu như tỷ trọng khối của mẫu đầm, tỷ trọng riêng lớn nhất của mẫu rời, độ rỗng dư, độ rỗng cốt liệu, độ chảy nhựa, độ ổn định và độ dẻo Marshall, cường độ ép chẻ. Toàn bộ các thí nghiệm này được thực hiện với các thiết bị được trang bị tại Phòng thí nghiệm Cầu Đường - Khoa Xây dựng - Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM. Kết quả của các thí nghiệm này sẽ cho phép xác định được hàm lượng chất kết dính tối ưu của hỗn hợp vữa nhựa.

2.2.3. Đánh giá khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp BTNC với hàm lượng nhựa tối ưu nhận được

Với cấp phối và hàm lượng nhựa tối ưu đã được xác định, các hỗn hợp BTNC được chế tạo tiếp theo sẽ được đánh giá khả năng kháng hằn lún vệt bánh xe (rutting resistance) thông qua thí nghiệm VHBX. Mục tiêu của giai đoạn này là kiểm tra tính ổn định của hỗn hợp dưới tác dụng tải trọng lặp lại ở điều kiện nhiệt độ cao, mô phỏng tương tự điều kiện khai thác thực tế của mặt đường. Kết quả thí nghiệm VHBX sẽ cho phép đánh giá toàn diện hơn về hành vi cơ học của hỗn hợp, qua đó xác định mức độ phù hợp của cấp phối thiết kế cho ứng dụng thực tế trong kết cấu áo đường mềm.

Thí nghiệm VHBX - HWTT được thực hiện theo TCVN 13899:2023 [5] và AASHTO T324 [9] trong điều kiện không khí ở nhiệt độ cao nhằm mô phỏng tác động của tải trọng lặp lại từ bánh xe thực tế lên mặt đường. Mẫu thí nghiệm được chế tạo dạng tấm tiêu chuẩn với kích thước 320 mm × 260 mm × 60 mm và được đầm chặt theo đúng quy định. Điểm khác biệt của thí nghiệm này là mẫu được đặt trong buồng ổn nhiệt ở 60 ± 1°C trong điều kiện khô, nhằm phản ánh sát hơn điều kiện làm việc thực tế của mặt đường trong khí hậu nóng ẩm tại Việt Nam. Cách tiếp cận này khác với một số thí nghiệm truyền thống, trong đó mẫu BTN được ngâm trong nước ở nhiệt độ 50 đến 60°C - điều kiện ít xảy ra trong thực tế khai thác, đặc biệt khi có mưa. Trong quá trình thí nghiệm, bánh xe cao su tiêu chuẩn di chuyển qua lại liên tục trên bề mặt mẫu với tải trọng và tốc độ theo quy định. Thiết bị thí nghiệm tự động ghi nhận sự phát triển độ sâu vệt hằn theo số chu kỳ tác dụng, từ đó xác định độ sâu hằn lún cực đại, tốc độ phát triển hằn lún và số chu kỳ tại điểm chuyển pha, qua đó đánh giá khả năng kháng biến dạng dẻo của hỗn hợp BTN dưới tác động của tải trọng lặp lại.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế cấp phối và hàm lượng nhựa tối ưu

Kết quả thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa đường 60/70 với hàm lượng nhựa thay đổi từ 3,5% đến 5,5% theo khối lượng hỗn hợp được trình bày trong Bảng 1. Tương tự, kết quả thí nghiệm đối với các mẫu BTNC sử dụng nhựa PMB, với hàm lượng nhựa thay đổi từ 4,2% đến 6,2%, được trình bày trong Bảng 2.

Trong nghiên cứu này, độ ổn định Marshall được lựa chọn là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá khả năng chịu tải và khả năng chống biến dạng dẻo của hỗn hợp BTN. Kết quả trong Bảng 1 cho thấy độ ổn định Marshall của hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa 60/70 tăng dần khi hàm lượng nhựa tăng từ 3,5% đến 4,5%, đạt giá trị cực đại 12,87 kN tại hàm lượng nhựa 4,5%, sau đó giảm khi hàm lượng nhựa tiếp tục tăng. Đối với hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa PMB, xu hướng biến thiên tương tự cũng được ghi nhận: độ ổn định Marshall tăng khi hàm lượng nhựa tăng từ 4,2% đến 5,2%, đạt giá trị cực đại 17,41 kN tại 5,2%, rồi giảm khi hàm lượng nhựa vượt quá giá trị này.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp BTNC dùng nhựa 60/70 với các hàm lượng nhựa khác nhau

Hỗn hợp số/ *No*	**Hàm lượng nhựa theo hỗn hợp**/ *Asphalt content by wt. of Mix.*	**Độ ổn định**/ *Stability*	**Độ dẻo**/ *Flow*	**Độ rỗng lấp đầy**/ *VFA*	**Độ rỗng dư**/ *Air Voids*	**Độ rỗng cốt liệu**/ *VMA*	**Khối lượng thể tích**/ *Bulk S.G. Specimen*
	(%)	(kN)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(g/cm^3)
1	3.5	8.20	2.20	53.64	6.89	14.86	2.369
2	4.0	11.36	2.77	59.69	5.93	14.70	2.386
3	4.5	12.87	3.37	66.39	4.92	14.63	2.400
4	5.0	12.07	3.97	68.47	4.84	15.34	2.393
5	5.5	10.89	4.47	69.88	4.83	16.05	2.385
Yêu cầu kỹ thuật/ *Spec.*		**≥ 8**	**1,5÷4**	**65÷75**	**4 ÷ 6**	**≥ 14**	**-**
Chọn hàm lượng nhựa tối ưu/ *OAC*		**Tính theo k.lượng hỗn hợp**/ *Asphalt content by wt of Mix.* **4.75** %			**Tính theo k.lượng cốt liệu**/ *Asphalt content by wt of Agg.* **4.99** %		

Bảng 2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp BTNC dùng nhựa PMB với các hàm lượng nhựa khác nhau

Hỗn hợp số/ *No*	**Hàm lượng nhựa theo hỗn hợp**/ *Asphalt content by wt. of Mix.*	**Độ ổn định**/ *Stability*	**Độ dẻo**/ *Flow*	**Độ rỗng lấp đầy**/ *VFA*	**Độ rỗng dư**/ *Air Voids*	**Độ rỗng cốt liệu**/ *VMA*	**Khối lượng thể tích**/ *Bulk S.G. Specimen*
	(%)	(kN)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(g/cm^3)
1	4.2	12.79	3.87	59.46	6.29	15.50	2.369
2	4.7	15.90	4.53	66.27	5.19	15.38	2.385
3	5.2	17.41	5.33	71.36	4.42	15.42	2.396
4	5.7	16.90	6.83	73.93	4.20	16.12	2.389
5	6.2	15.80	8.13	76.02	4.03	16.80	2.382
Yêu cầu kỹ thuật/ *Spec.*		**≥ 12**	**3 ÷ 6**	**65÷75**	**4 ÷ 6**	**≥ 14**	**-**
Chọn hàm lượng nhựa tối ưu/ *OAC*		**Tính theo k.lượng hỗn hợp**/ *Asphalt content by wt of Mix.* **5.00** %			**Tính theo k.lượng cốt liệu**/ *Asphalt content by wt of Agg.* **5.26** %		

Xu hướng trên là phù hợp với quy luật làm việc của hỗn hợp BTN. Khi hàm lượng nhựa thấp, màng nhựa không đủ bao bọc hoàn toàn cốt liệu, làm giảm ma sát và liên kết nội, dẫn đến độ ổn định thấp. Ngược lại, khi hàm lượng nhựa quá cao, nhựa dư làm giảm độ chặt của hỗn hợp, từ đó làm suy giảm khả năng chịu tải.

Theo quy định của TCVN 8820:2011 [8], độ ổn định Marshall yêu cầu đối với hỗn hợp BTN sử dụng nhựa 60/70 là ≥ 8 kN và đối với hỗn hợp sử dụng nhựa PMB là ≥ 12 kN. Như vậy, tất cả các mẫu thí nghiệm trong nghiên cứu này, dù sử dụng nhựa 60/70 hay nhựa PMB, đều đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn hiện hành. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu cũng cho thấy hỗn hợp BTN sử dụng nhựa PMB có độ ổn định Marshall cao hơn khoảng 50% so với hỗn hợp sử dụng nhựa đường thông thường 60/70.

Song song với chỉ tiêu độ ổn định, độ dẻo Marshall - được xác định là giá trị biến dạng của mẫu BTN tại thời điểm đạt độ ổn định cực đại trên thiết bị Marshall - cũng được xác định và trình bày trong Bảng 1 và Bảng 2. Chỉ tiêu này phản ánh khả năng biến dạng của hỗn hợp trước khi phá hoại, đồng thời thể hiện mức độ linh hoạt của vật liệu dưới tác động của tải trọng. Kết quả thí nghiệm cho thấy độ dẻo Marshall của hỗn hợp BTN tăng dần theo hàm lượng nhựa đối với cả hai loại nhựa sử dụng. Cụ thể, đối với nhựa 60/70, giá trị độ dẻo dao động trong khoảng từ 2,20 mm đến 4,47 mm; trong khi đó, đối với nhựa PMB, giá trị này nằm trong khoảng từ 3,87 mm đến 8,13 mm. Theo quy định của TCVN 8820:2011 [8], độ dẻo Marshall yêu cầu đối với hỗn hợp BTN sử dụng nhựa 60/70 nằm trong khoảng từ 1,5 mm đến 4,0 mm, và đối với hỗn hợp sử dụng nhựa PMB nằm trong khoảng từ 3,0 mm đến 6,0 mm. Đối chiếu với yêu cầu tiêu chuẩn, các mẫu hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70 với hàm lượng nhựa từ 3,5% đến 5,0% đều đáp ứng yêu cầu, trong khi mẫu có hàm lượng nhựa 5,5% vượt quá giới hạn trên, cho thấy dấu hiệu dư nhựa, làm tăng nguy cơ biến dạng dẻo và không đảm bảo tính ổn định lâu dài dưới tác dụng của tải trọng. Đối với hỗn hợp sử dụng nhựa PMB, các mẫu có hàm lượng nhựa đến 5,2% thỏa mãn yêu cầu về độ dẻo Marshall; ngược lại, khi hàm lượng nhựa lớn hơn giá trị này, độ dẻo vượt quá giới hạn cho phép, tiềm ẩn nguy cơ giảm khả năng ổn định lâu dài của kết cấu mặt đường.

Bên cạnh các chỉ tiêu độ ổn định và độ dẻo Marshall, các đặc trưng thể tích của hỗn hợp BTN, bao gồm độ rỗng dư (Va), độ rỗng lấp đầy (VFA), độ rỗng cốt liệu (VMA) và khối lượng thể tích mẫu đầm, được xác định và tổng hợp trong Bảng 1 và Bảng 2. Trong đó, độ rỗng dư là thông số quan trọng phản ánh tỷ lệ thể tích không khí còn lại sau đầm nén, có ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền, độ ổn định và khả năng chống thấm của hỗn hợp. Kết quả thí nghiệm cho thấy Va giảm dần khi hàm lượng nhựa tăng, từ 6,89% xuống 3,84% đối với nhựa 60/70 và từ 6,29% xuống 4,0% đối với nhựa PMB, phù hợp với quy luật lấp đầy lỗ rỗng của nhựa trong hỗn hợp BTN. Theo TCVN 8820:2011 [8], giá trị Va yêu cầu nằm trong khoảng 4-6%. Đối với hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70, mẫu có hàm lượng nhựa 3,5% cho Va vượt quá giới hạn trên, phản ánh tình trạng thiếu nhựa, trong khi các mẫu 5,0% và 5,5% có Va thấp hơn giới hạn dưới, tiềm ẩn nguy cơ chảy nhựa và suy giảm độ ổn định. Ngược lại, các mẫu có hàm lượng nhựa 4,0% và 4,5% đáp ứng yêu cầu tiêu chuẩn, cho thấy cấu trúc hỗn hợp hợp lý và ổn định thể tích tốt. Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận đối với các hỗn hợp sử dụng nhựa PMB.

Chỉ tiêu vật lý tiếp theo được xem xét trong nghiên cứu này là độ rỗng cốt liệu (VMA). Thông số này biểu thị thể tích các khoảng trống giữa các hạt cốt liệu trong hỗn hợp BTN, bao gồm cả thể tích không khí và nhựa đường. VMA có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo khả năng bọc nhựa của cốt liệu, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền dính và tính ổn định thể tích của hỗn hợp. Theo TCVN 8820:2011 [8], giá trị VMA yêu cầu không được nhỏ hơn 14%. Kết quả thí nghiệm cho thấy tất cả các mẫu BTN sử dụng nhựa 60/70 và nhựa PMB đều đáp ứng yêu cầu tiêu chuẩn, với giá trị VMA dao động trong khoảng 14,63-16,05% đối với nhựa 60/70 và 15,5-16,8% đối với nhựa PMB. Điều này cho thấy các hỗn hợp thí nghiệm đều có cấu trúc cốt liệu ổn định và khả năng bọc nhựa phù hợp xét theo chỉ tiêu VMA.

Một chỉ tiêu quan trọng khác được xem xét trong nghiên cứu là độ rỗng lấp đầy (VFA) của hỗn hợp BTNC. VFA biểu thị tỷ lệ thể tích rỗng trong khung cốt liệu được nhựa đường lấp kín, phản ánh mức độ phân bố và khả năng bao bọc nhựa trong hỗn hợp, qua đó ảnh hưởng trực tiếp đến độ kín nước, tính ổn định hình dạng và độ bền của vật liệu dưới tác động của tải trọng và môi trường.

Theo TCVN 8820:2011 [8], giá trị VFA yêu cầu đối với BTNC nằm trong khoảng 65-75%. Kết quả thí nghiệm cho thấy VFA tăng dần theo hàm lượng nhựa, từ 53,64% đến 69,88% đối với hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70 và từ 59,46% đến 76,02% đối với hỗn hợp sử dụng nhựa PMB, phù hợp với quy luật lấp đầy lỗ rỗng của nhựa trong hỗn hợp BTN. Theo tiêu chuẩn, các mẫu sử dụng nhựa 60/70 với hàm lượng 3,5% và 4,0%, cũng như mẫu sử dụng nhựa PMB với hàm lượng 4,2%, chưa đạt yêu cầu do thiếu nhựa. Ngược lại, mẫu sử dụng 6,2% nhựa PMB cho giá trị VFA vượt giới hạn trên, tiềm ẩn nguy cơ chảy nhựa và mất ổn định hình dạng. Các mẫu còn lại với hàm lượng nhựa trung gian đều đáp ứng yêu cầu tiêu chuẩn, cho thấy mức bọc nhựa hợp lý, đảm bảo độ kín nước, ổn định hình dạng và độ bền lâu dài của hỗn hợp.

Ngoài ra, kết quả trình bày trong Bảng 1 và Bảng 2 cho thấy hàm lượng nhựa có ảnh hưởng không đáng kể đến khối lượng thể tích của mẫu đầm. Cụ thể, độ chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất chỉ khoảng 1,29% đối với hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70 (dao động từ 2,369 g/cm^3 đến 2,400 g/cm^3) và khoảng 1,14% đối với hỗn hợp sử dụng nhựa PMB (từ 2,369 g/cm^3 đến 2,396 g/cm^3). Điều này cho thấy trong phạm vi hàm lượng nhựa được khảo sát, mức độ đặc chắc của hỗn hợp hầu như không thay đổi. Kết quả này phản ánh sự ổn định của thành phần hạt cũng như mức độ đầm chặt của các hỗn hợp trong suốt quá trình thí nghiệm.

Bảng 3. Các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa 60/70 tạo từ cấp phối thiết kế ở hàm lượng nhựa tối ưu

Chỉ tiêu kỹ thuật/ *Item*	**Độ ổn định/** *Stability*	**Độ dẻo/** *Flow*	**Độ rỗng lấp đầy/** *VFA*	**Độ rỗng dư/** *Air Voids*	**Độ rỗng cốt liệu/** *VMA*	**Độ ổn định còn lại/** *Residual stability*	**Khối lượng thể tích/** *Bulk S.G. Specimen*
	(kN)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(g/cm^3)
Kết quả	**11.95**	**3.43**	**66.93**	**4.95**	**14.98**	**94.89**	**2.397**
Yêu cầu	**≥ 8**	**1,5÷4**	**65÷75**	**4 ÷ 6**	**≥ 14**	**≥ 80**	**-**

Bảng 4. Các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa PMB tạo từ cấp phối thiết kế ở hàm lượng nhựa tối ưu

Chỉ tiêu kỹ thuật/ *Item*	**Độ ổn định/** *Stability*	**Độ dẻo/** *Flow*	**Độ rỗng lấp đầy/** *VFA*	**Độ rỗng dư/** *Air Voids*	**Độ rỗng cốt liệu/** *VMA*	**Độ ổn định còn lại/** *Residual stability*	**Khối lượng thể tích/** *Bulk S.G. Specimen*
	(kN)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(g/cm^3)
Kết quả	**16.99**	**5.23**	**69.46**	**4.67**	**15.30**	**97.14**	**2.394**
Yêu cầu	**≥ 12**	**3 ÷ 6**	**65÷75**	**4 ÷ 6**	**≥ 14**	**≥ 85**	**-**

Dựa trên các kết quả thí nghiệm đã trình bày, cấp phối cốt liệu được thiết kế ở Mục 2.1.1 khi kết hợp với các hàm lượng nhựa khác nhau cho thấy chỉ một số tổ hợp hỗn hợp đáp ứng đầy đủ các chỉ tiêu

cơ lý theo TCVN 8820:2011 [8]. Cụ thể, đối với hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70, các mẫu có hàm lượng nhựa 4,5% và 5,0% thỏa mãn đồng thời các yêu cầu về độ ổn định và độ dẻo Marshall, độ rỗng dư, độ rỗng lấp đầy, độ rỗng cốt liệu và khối lượng thể tích mẫu đầm. Tương tự, đối với hỗn hợp sử dụng nhựa PMB, các mẫu có hàm lượng nhựa 4,7% và 5,2% đáp ứng đầy đủ các chỉ tiêu cơ lý theo tiêu chuẩn.

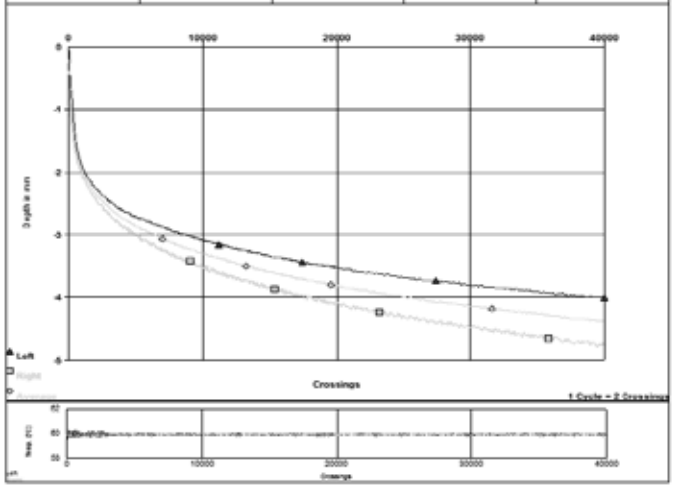
Trên cơ sở đó, hàm lượng nhựa tối ưu của hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70 được xác định nằm trong khoảng 4,5-5,0%, trong khi hàm lượng nhựa tối ưu của hỗn hợp sử dụng nhựa PMB nằm trong khoảng 4,7-5,2%. Nhằm đảm bảo tính đại diện và độ ổn định cho các thí nghiệm tiếp theo, hàm lượng nhựa tối ưu được lựa chọn là giá trị trung bình của các khoảng trên, tương ứng 4,75% đối với nhựa 60/70 và 5,0% đối với nhựa PMB. Do đó, trong các thí nghiệm tiếp theo của nghiên cứu, các hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa 60/70 và nhựa PMB sẽ lần lượt được chế tạo với hàm lượng nhựa 4,75% và 5,0%.

Các chỉ tiêu cơ lý của các mẫu BTNC sử dụng nhựa 60/70 và nhựa PMB, được chế tạo với hàm lượng nhựa tối ưu, lần lượt được trình bày trong Bảng 3 và Bảng 4. Kết quả cho thấy tất cả các chỉ tiêu cơ lý của các hỗn hợp tại hàm lượng nhựa tối ưu đều đáp ứng đầy đủ các yêu cầu quy định trong TCVN 8820:2011 [8], qua đó khẳng định tính hợp lý của cấp phối thiết kế cũng như việc lựa chọn hàm lượng nhựa tối ưu. Các kết quả này cho thấy các hỗn hợp BTNC đạt được độ ổn định cao, khả năng chống biến dạng dẻo tốt dưới tác động của tải trọng, đồng thời duy trì được khả năng kháng nước và độ bền thể tích, thể hiện qua giá trị độ ổn định còn lại vượt đáng kể yêu cầu của tiêu chuẩn. Do đó, các hỗn hợp được đề xuất là phù hợp để ứng dụng cho các lớp mặt đường chịu tải trọng nặng.

3.2. Kết quả đánh giá khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp BTNC với hàm lượng nhựa tối ưu nhận được

Như đã trình bày trong Mục 2.2.3, thí nghiệm VHBX - HWTT được thực hiện trong môi trường không khí ở nhiệt độ 60°C nhằm đánh giá khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp BTNC trong điều kiện gần với điều kiện khai thác thực tế, khi mặt đường đạt nhiệt độ cao trong điều kiện khô và không có nước. Mẫu thí nghiệm được đặt trong buồng ổn nhiệt và duy trì ở nhiệt độ 60°C, với sai số nhiệt độ trong suốt quá trình thí nghiệm không vượt quá ±1°C, bảo đảm sự phân bố nhiệt độ đồng đều trên toàn bộ bề mặt mẫu.

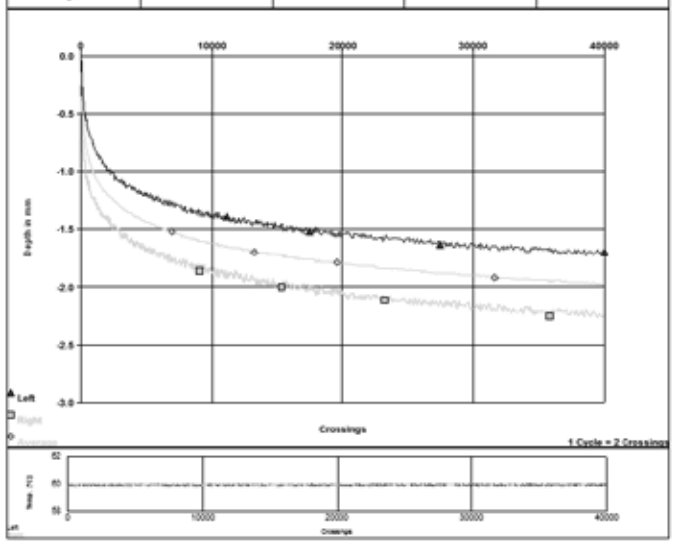
Sample	Wheel-tracking slope [mm/1000 cycles]	Wheel-tracking slope (linear part) [mm/1000 cycles]	Rut depth [mm]	prop. rut depth [%]
Left	0.09	0.95	4.0	
Right	0.11	0.96	4.8	
Average value	0.10	0.96	4.4	



Hình 2. Kết quả và phân tích thí nghiệm HWT trong môi trường không khí của hỗn hợp BTNC dùng nhựa 60/70 với hàm lượng nhựa tối ưu

Kết quả thí nghiệm VHBX - HWTT đối với hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa 60/70 và nhựa PMB được trình bày lần lượt trong Hình 2 và Hình 3. Kết quả cho thấy độ sâu vệt hằn và tốc độ phát triển vệt hằn của hai bánh xe trái - phải tương đối đồng đều trong suốt 40.000 lượt tác động (tương đương 20.000 chu kỳ tải), phản ánh tính đồng nhất tốt của mẫu thí nghiệm cũng như sự ổn định của điều kiện thử nghiệm. Đồng thời, nhiệt độ trong buồng thí nghiệm được duy trì ổn định quanh 60°C trong toàn bộ quá trình, với mức dao động rất nhỏ giữa hai bánh xe, bảo đảm tính đồng nhất nhiệt và độ tin cậy của kết quả đo.

Sample	Wheel-tracking slope [mm/1000 cycles]	Wheel-tracking slope (linear part) [mm/1000 cycles]	Rut depth [mm]	prop. rut depth [%]
Left	0.03	0.82	1.7	
Right	0.04	0.83	2.3	
Average value	0.04	0.82	2.0	



Hình 3. Kết quả và phân tích thí nghiệm HWT trong môi trường không khí của hỗn hợp BTNC dùng nhựa PMB với hàm lượng nhựa tối ưu

Đồ thị quan hệ giữa độ sâu vệt hằn và số lượt tác động cho thấy độ hằn lún tăng nhanh trong giai đoạn đầu, chủ yếu do biến dạng tức thời liên quan đến sự tái sắp xếp cốt liệu và sự mềm hóa của nhựa đường. Khi số lượt tác động tăng, tốc độ phát triển vệt hằn giảm dần và dần ổn định, phản ánh đặc trưng hành vi đàn-nhớt ổn định của hỗn hợp BTNC có khả năng kháng biến dạng tốt dưới tác động của tải trọng lặp lại. Trong cả hai trường hợp, đường cong phát triển vệt hằn không xuất hiện điểm bất thường hay dấu hiệu mất ổn định kết cấu trong suốt quá trình thí nghiệm.

So sánh khả năng kháng hằn lún của hai loại hỗn hợp cho thấy sự khác biệt rõ rệt. Đối với hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70, độ sâu vệt hằn trung bình đo được là 4,4 mm (Hình 2). Trong khi đó, hỗn hợp sử dụng nhựa PMB chỉ đạt khoảng 2,0 mm (Hình 3), tương ứng mức giảm khoảng 55%. Bên cạnh đó, cả độ dốc ban đầu và độ dốc tuyến tính của đường cong phát triển vệt hằn của hỗn hợp PMB đều thấp hơn đáng kể so với hỗn hợp dùng nhựa 60/70, cho thấy khả năng kháng biến dạng dẻo vượt trội trong cả giai đoạn ngắn hạn và dài hạn.

Kết quả thí nghiệm cho thấy hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa PMB thể hiện hiệu suất kháng hằn lún cao hơn rõ rệt, đặc biệt phù hợp với điều kiện nhiệt độ cao và tải trọng lớn tác dụng kéo dài lên mặt đường, chẳng hạn như tại các giao lộ có xe tải nặng

dừng chờ dưới điều kiện nắng nóng. Kết quả này khẳng định ảnh hưởng tích cực của việc sử dụng nhựa polymer cải tiến đến khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp BTNC, đồng thời phù hợp với các nhận định đã rút ra trong Mục 3.1 khi so sánh độ ổn định Marshall của hai loại hỗn hợp.

4. KẾT LUẬN

Nhìn chung, hỗn hợp BTNC C12.5 dùng nhựa 60/70 với hàm lượng 4,75% cũng như dùng nhựa PMB với hàm lượng 5,0% đều thể hiện tính ổn định cơ học và khả năng kháng hằn lún vượt trội, phù hợp sử dụng cho lớp mặt đường chịu tải trọng lớn trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm. Kết quả này khẳng định tính hợp lý của cấp phối thiết kế và là cơ sở khoa học quan trọng cho việc ứng dụng rộng rãi hỗn hợp BTNC sử dụng nhựa 60/70 trong kết cấu áo đường mềm tại Việt Nam.

Trong nghiên cứu này, cấp phối bê tông nhựa chặt C12.5 được thiết kế theo phương pháp Marshall với hai loại chất kết dính là nhựa đường 60/70 và nhựa polymer cải tiến (PMB). Kết quả thiết kế cho thấy cả hai hỗn hợp đều đáp ứng đầy đủ các yêu cầu cơ lý theo TCVN 8820:2011 [8]. Hàm lượng nhựa tối ưu được xác định lần lượt là 4,75% đối với nhựa 60/70 và 5,0% đối với nhựa PMB, bảo đảm sự cân bằng hợp lý giữa độ ổn định, độ dẻo, độ rỗng dư và độ rỗng lấp đầy. Nhờ đó, hỗn hợp đạt được cấu trúc chặt, độ dính bám tốt giữa cốt liệu và nhựa, đồng thời nâng cao khả năng kháng biến dạng dưới tác dụng tải trọng.

Khả năng kháng hằn lún của các hỗn hợp tại hàm lượng nhựa tối ưu được đánh giá thông qua thí nghiệm VHBX - HWTT theo AASHTO T324 [9] và TCVN 13899:2023 [5], thực hiện trong môi trường không khí ở nhiệt độ 60 ± 1°C, phù hợp với điều kiện khai thác thực tế của mặt đường tại Việt Nam. Kết quả cho thấy, sau 20.000 chu kỳ tải, độ sâu vệt hằn trung bình của hỗn hợp sử dụng nhựa 60/70 đạt 4,4 mm, trong khi hỗn hợp sử dụng nhựa PMB chỉ đạt 2,0 mm, giảm khoảng 55% so với hỗn hợp dùng nhựa 60/70 và thấp hơn đáng kể so với giới hạn cho phép 12,5 mm. Đường cong quan hệ giữa độ sâu vệt hằn và số chu kỳ tải thể hiện rõ hai giai đoạn đặc trưng, bao gồm giai đoạn biến dạng ban đầu do sự tái sắp xếp cốt liệu và mềm hóa nhựa, tiếp theo là giai đoạn ổn định đàn-nhớt, phản ánh khả năng kháng biến dạng vĩnh viễn và ổn định nhiệt tốt của hỗn hợp. Trong suốt quá trình thí nghiệm, nhiệt độ buồng thử được duy trì ổn định và không ghi nhận sự sai khác đáng kể giữa hai bánh xe, bảo đảm độ tin cậy của kết quả thí nghiệm.

Nhìn chung, cả hai hỗn hợp BTNC C12.5 sử dụng nhựa 60/70 và nhựa PMB đều thể hiện tính ổn định cơ học cao và khả năng kháng hằn lún tốt, đáp ứng yêu cầu sử dụng cho lớp mặt đường chịu tải trọng lớn trong điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm. Tuy nhiên, hỗn hợp sử dụng nhựa PMB cho thấy hiệu suất vượt trội hơn, đặc biệt trong điều kiện nhiệt độ cao và tải trọng lặp lại kéo dài, chẳng hạn tại các nút giao thông có lưu lượng xe tải nặng lớn. Do đó, việc lựa chọn linh hoạt hoặc kết hợp sử dụng hai loại hỗn hợp này trên các đoạn tuyến có mức độ tải trọng khác nhau được xem là giải pháp hợp lý, góp phần tối ưu chi phí đầu tư ban đầu, giảm chi phí duy tu bảo dưỡng và vẫn bảo đảm tuổi thọ khai thác lâu dài của kết cấu áo đường mềm tại Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này thuộc đề tài mã số B2024-SPK-02, được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo và do Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM chủ trì thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Brown, E.R., and S.A. Cross. "A National Study of Rutting in Hot Mix Asphalt (HMA). Pavements." NCAT Report No. 92-5, February 1992.

[2]. Huang, Y. H. 2004. Pavement Analysis and Design. 2nd edition. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall. ISBN 0131424734.

[3]. Nguyen H.T.T., Le A.T., Tran V.T. Fatigue characterization of conventional and high rutting resistance asphalt mixtures using cyclic indirect tensile test. In: Ha-Minh, C., Dao, D., Benboudjema, F., Derrible, S., Huynh, D., Tang, A. (eds) CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 54. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0802-8_91.

[4]. Tran N.H., Le T.H., Vu T.T. Influence of some factors on internal friction and cohesion of dense-graded HMA 12.5 mm under Vietnam conditions, Research India Publications, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 13, Number 9 (2018) pp. 6648-6654.

[5]. Bộ Giao thông vận tải - TCVN 13899:2023. Hỗn hợp nhựa - Phương pháp thử vệt hằn bánh xe (2023).

[6]. Bộ Giao thông vận tải - TCVN 13567-1:2022. Mặt đường bê tông nhựa nóng- Yêu cầu thi công và nghiệm thu, Phần 1: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường (2022).

[7]. Bộ Giao thông vận tải - TCVN 7493:2005. Bitum Yêu cầu kỹ thuật

[8]. Bộ Giao thông vận tải - TCVN 8820:2011. Hỗn hợp bê tông nhựa nóng- thiết kế theo phương pháp Marshall (2011).

[9]. AASHTO - T324. Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot-Mix Asphalt (2007)

[10]. Bộ Giao thông vận tải - TCVN 8860:2011. Bê tông nhựa - phương pháp thử - Phần 1: Xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall (2011).

[11]. Bộ Giao thông vận tải - 22 TCN 279 (2011), Tiêu chuẩn vật liệu nhựa đường đặc.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Đánh giá khả năng kháng nứt của bê tông trong điều kiện kiềm chế bằng phụ gia trương nở kết hợp với tro bay

Evaluation of the cracking resistance of concrete under restrained condition by using expansive agent combining fly ash

> NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY[1,*], TRẦN THÚC TÀI[1], ĐÀM THANH HUY[1], LÊ NGUYỄN MINH CHÂU[1], PHẠM DUY LÂM[2]
[1]Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh
[2]Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
[*]Email: thuy.ntbich@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện tượng nứt trong bê tông là một trong những vấn đề xuất hiện phổ biến và rất phức tạp trong cấu kiện công trình. Dù vết nứt có nhỏ hay lớn cũng ảnh hưởng tới khả năng chịu lực và độ bền theo thời gian của công trình. Nhằm hạn chế hiện tượng nứt xuất hiện trong bê tông, nghiên cứu có sử dụng phụ gia trương nở và tro bay để khảo sát độ biến dạng của bê tông trong điều kiện bị hạn chế theo phương dọc và điều kiện vòng kiềm chế. Phụ gia trương nở được sử dụng với hàm lượng 15kg và 20kg cho 1m^3 bê tông, tro bay được sử dụng để thay thế 30% xi măng. Ngoài khảo sát về biến dạng, nghiên cứu cũng đánh giá ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới độ sụt, cường độ chịu nén của bê tông. Kết quả cho thấy, độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng phụ gia trương nở gần như không đổi. Khi sử dụng tro bay thì độ sụt tăng nhẹ. Mẫu bê tông sử dụng phụ gia trương nở và tro bay thể hiện cường độ chịu nén có xu hướng giảm nhẹ. Phụ gia trương nở và tro bay thể hiện hiệu quả ở việc hạn chế biến dạng ở cả hai điều kiện kiềm chế, kéo dài thời gian xuất hiện vết nứt ở thí nghiệm vòng kiềm chế.

Từ khóa: Bê tông, tro bay, phụ gia trương nở, biến dạng, điều kiện kiềm chế, phương pháp vòng kiềm chế.

ABSTRACT

Cracking in concrete is one of the common and very complex problems in construction structures. Whether the crack is small or large scale, it affects the properties and durability of the structure over time. In order to limit the phenomenon of cracking in concrete, the study used expansive additives and fly ash to investigate the deformation of concrete under restrained conditions. Expansive additives were used at a content of 15kg and 20kg for 1m^3 of concrete, fly ash was used to replace 30% of cement by weight. In addition to examining the deformation, the study also evaluated the effects of expansive additives and fly ash on the slump and compressive strength of concrete. The results showed that the slump of the concrete using expanding additives remained almost unchanged. When using fly ash, the slump increased slightly. Concrete samples using expansive additives and fly ash showed a tendency to decrease slightly in compressive strength. Expansive admixtures and fly ash showed effectiveness in limiting deformation under both restraint conditions, delay the cracking age in the restraint ring test.

Keywords: Concrete, fly ash, expansive agent, strain, restrained condition, ring test.

1. GIỚI THIỆU

Hiện tượng nứt trong bê tông là một vấn đề thường xuất hiện ở rất nhiều công trình. Chúng ảnh hưởng trực tiếp tới khả năng làm việc, độ bền và cả tuổi thọ công trình. Bê tông có ưu điểm chính là cường độ chịu nén cao, tính ổn định tốt, nhưng bê tông lại là vật liệu giòn, có khả năng chịu kéo và chịu uốn thấp. Ngoài ra, bê tông là vật liệu tổng hợp từ nhiều thành phần khác nhau nên có cấu trúc không đồng nhất. Những nhược điểm này khiến bê tông dễ dàng phát sinh vết nứt. Vết nứt trong bê tông xuất hiện khi chịu tác động của nhiều yếu tố như cơ học, vật lý và hóa học.

Vết nứt có thể xuất hiện từ rất sớm do quá trình co ngót dẻo, do ứng suất nhiệt đặc biệt là bê tông khối lớn. Vết nứt do nhiệt thủy hóa thường xảy ra trong các khối bê tông có kích thước lớn, độ chênh lệch nhiệt độ giữa lõi và bề mặt gây ra ứng suất kéo nội sinh. Những vết nứt này thường nông, phân bố ngẫu nhiên trên bề mặt và khó được kiểm soát. Theo thời gian, chúng sẽ phát triển thành vết nứt sâu ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng đến khả năng bảo vệ cốt thép. Khi bê tông đóng rắn, công trình làm việc trong những môi trường khắc nghiệt như thay đổi

nhiệt độ, có tác nhân xâm thực, hoặc công trình không đủ khả năng chịu tải, hiện tượng nứt sẽ xuất hiện ở tuổi muộn. Khi môi trường có sự chênh lệch nhiệt độ cao, độ co ngót do mất nước trong bê tông diễn ra nhanh hơn, kết quả làm xuất hiện vết nứt do co ngót. Hầu hết những công trình làm việc trong môi trường có tác nhân gây ăn mòn như dung dịch chứa axit, muối sun-phát, muối clorua, vết nứt xuất hiện do quá trình giãn nở thể tích từ những sản phẩm ăn mòn. Cấu trúc vi mô của bê tông bị phá hủy, nặng nề hơn thì lớp bê tông bảo vệ cốt thép không còn tác dụng. Những vết nứt này ảnh hưởng nghiêm trọng tới khả năng chịu lực là độ bền của công trình.

Nếu bê tông làm việc trong điều kiện tự do, mặc dù thể tích bê tông có tăng hay giảm thì vết nứt cũng không xuất hiện. Ngược lại, khi bê tông làm việc trong điều kiện kiềm chế, khi bê tông giãn ra hay co lại thì sẽ xuất hiện ứng suất kéo đáng kể, khi ứng suất này lớn hơn ứng suất kéo cho phép của bê tông, vết nứt sẽ xuất hiện. Thực tế thì tất cả cấu kiện bê tông trong công trình đều làm việc trong điều kiện kiềm chế. Hơn nữa, cường độ chịu kéo cho phép của bê tông cũng rất nhỏ. Do đó, vết nứt rất dễ xuất hiện trong bê tông, chúng làm giảm tuổi thọ của công trình và cũng gây nhiều phiền toái cho người sử dụng đặc biệt là hiện tượng thấm. Vết nứt không chỉ là biểu hiện của sự xuống cấp vật liệu mà còn là nguyên nhân tiềm ẩn gây mất an toàn kết cấu, làm gia tăng chi phí sửa chữa và tác động tiêu cực đến môi trường. Do đó, việc nghiên cứu cơ chế hình thành, lan truyền và kiểm soát nứt trong bê tông không chỉ mang ý nghĩa khoa học mà còn có giá trị thực tiễn, góp phần nâng cao độ bền và tuổi thọ công trình hiện đại. Nhiều hướng nghiên cứu đã và đang được thực hiện như tối ưu cấp phối hệ nguyên vật liệu, cải thiện cấu trúc vi mô, sử dụng phụ gia khoáng hoạt tính.

Nhiều nghiên cứu tập trung vào việc tối ưu cấp phối và sử dụng phụ gia khoáng hoạt tính như tro bay, xỉ lò cao nghiền mịn, silicafume hoặc metakaolin nhằm giảm nhiệt thủy hóa, cải thiện cấu trúc vi mô và tăng tính dẻo dai của hồ xi măng, đặc biệt có tác dụng rất lớn đối với những công trình sử dụng bê tông khối lớn. Việc sử dụng phụ gia pozzolanic có thể làm giảm co ngót và từ biến, qua đó giảm nguy cơ nứt do co ngót thể tích [1-3]. Ngoài ra, để cải thiện khả năng chịu kéo hay chịu uốn của bê tông, cốt sợi cũng được sử dụng làm nguyên liệu chế tạo bê tông [4-6]. Một số cốt sợi phổ biến như sợi thép, sợi polypropylene, sợi bazan, sợi thủy tinh, sợi carbon. Đây được xem là một trong những biện pháp hiệu quả nhất để kiểm soát và giới hạn sự xuất hiện của vết nứt. Bê tông cốt sợi tính năng cao (HPFRC) có phần cốt sợi phân bố đều trong ma trận xi măng giúp chuyển hóa dạng phá hoại của bê tông từ giòn sang dẻo, đồng thời hạn chế đáng kể sự mở rộng của vết nứt [7].

Một nguyên nhân chính gây ra vết nứt là quá trình co ngót do nước bay hơi của bê tông. Theo ACI 224R [8], việc bảo dưỡng ẩm kịp thời, lựa chọn thời điểm tháo ván khuôn hợp lý và sử dụng các biện pháp giảm nhiệt như làm mát cốt liệu hoặc nước trộn có thể làm giảm đáng kể nứt sớm do co ngót nhựa và nứt nhiệt.

Khi vết nứt đã xuất hiện, nhiều nghiên cứu tập trung vào việc phục hồi lại vết nứt bằng những vật liệu tự phục hồi. Sử dụng vi khuẩn tạo kết tủa canxi cacbonat hoặc vi nang chứa keo polymer để hàn gắn tự nhiên các vi nứt khi tiếp xúc với nước hoặc không khí trong bê tông. Những kết quả này cho thấy khả năng kéo dài tuổi thọ và giảm chi phí bảo trì của bê tông trong điều kiện khắc nghiệt [9-10].

Ngày nay, ngành Xây dựng vẫn đang ngày càng phát triển nhưng đang có xu hướng dịch chuyển mạnh mẽ theo hướng công trình xanh, phát triển bền vững và giảm thải lượng khí nhà kính. Phụ gia trương nở có khả năng tạo ra ứng suất nén bù lại co ngót thể tích trong giai đoạn đầu, giúp giảm hoặc triệt tiêu các vết nứt do co ngót khô và co ngót nhiệt và việc kết hợp với tro bay, một phế thải từ nhà máy nhiệt điện nhằm giải quyết bài toán ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, việc kết hợp giữa phụ gia trương nở và tro bay vẫn còn nhiều vấn đề cần được làm rõ, đặc biệt là ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn đến mức độ giãn nở, cường độ và cả khả năng kháng nứt bê tông khác nhau. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá khả năng kháng nứt của bê tông khi làm việc trong điều kiện kiềm chế khi sử dụng tỉ lệ phụ gia trương nở khác nhau và kết hợp với tro bay. Từ đó, tìm ra được cấp phối tối ưu cho bê tông.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hệ nguyên vật liệu

Hệ nguyên vật liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng Portland, tro bay, phụ gia trương nở, cát, đá, và nước. Khối lượng riêng của xi măng, tro bay, và phụ gia trương nở lần lượt là 3,1g/cm3, 2,97g/cm3, và 2,24g/cm3. Thành phần hóa học của xi măng, tro bay, và phụ gia trương nở được thể hiện ở Bảng 2.1. Tro bay có hàm lượng CaO là 2,58%, đây là tro bay loại F theo phân loại của ASTM C618 [11]. Phụ gia trương nở có hàm lượng chủ yếu là Al2O3, CaO và SO3. Đây là loại Calcium Sulfoaluminate (C-S-A). Sản phẩm chủ yếu của phụ gia trương nở này là ettringite có thể tích trương nở lớn và độ ổn định thể tích lâu dài.

Bảng 2.1. Thành phần hóa học của xi măng, tro bay, và phụ gia trương nở

Thành phần hóa học (%)	Xi măng	Tro bay	Phụ gia trương nở
SiO_2	18,15	49,5	0,25
Al_2O_3	3,15	23,41	10,64
Fe_2O_3	3,23	7,65	0,04
CaO	70,12	2,58	46,49
MgO	1,32	1,3	0,19
Na_2O	0,04	0,22	0,09
K_2O	0,52	3,44	0,07
SO_3	2,84	0,35	41,24
LOI	-	9,7	0,99

Bảng 2.2. Tỉ lệ nguyên vật liệu trong chế tạo mẫu bê tông

Ký hiệu Mẫu	Nước/Xi măng	Tro bay/Xi măng	Phụ gia trương nở (kg/m³ bê tông)
PC	0,5	0	0
PCE20		0	20
FA30		30%	0
FA30E15		30%	15
FA30E20		30%	20

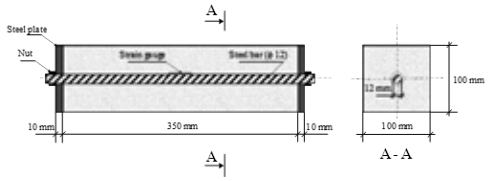
Trong nghiên cứu này, hỗn hợp bê tông thiết kế được kiểm soát tỉ lệ N/X bằng 0.5. Dựa trên những tài liệu tham khảo, hàm lượng phụ gia trương nở cần được sử dụng ở mức hợp lý. Khi hàm lượng sử dụng quá lớn sẽ gây ra ứng suất nứt do bê tông trương nở thể tích, điều này giảm chất lượng của bê tông. Do đó, phụ gia trương nở được sử dụng trong thí nghiệm này với tỉ lệ 0, 15, và 20kg/m^3. Tro bay thay thế xi măng theo tỉ lệ 0 và 30% theo khối lượng. Tỉ lệ của hệ nguyên vật liệu được trình bày ở Bảng 2.2. Thành phần cấp phối được thiết kế theo phương pháp thể tích tuyệt đối.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Tính công tác của hỗn hợp bê tông được thể hiện qua độ sụt. Hỗn hợp bê tông sau khi được trộn đồng nhất sẽ được tiến hành kiểm tra độ sụt. Ngay sau đó, hỗn hợp bê tông được cho vào khuôn hình lập phương có kích thước mỗi cạnh là 100 mm để chuẩn bị cho mẫu thử cường độ chịu nén của bê tông. Sau khi dưỡng hộ trong khuôn 1 ngày, mẫu bê tông được tháo ra rồi ngâm vào nước. Cường độ chịu nén của mẫu bê tông được xác định tại 7 ngày, 28 ngày, và 91 ngày tuổi. Mẫu thí nghiệm được dưỡng hộ trong nước tại phòng thí nghiệm với nhiệt độ ổn định.

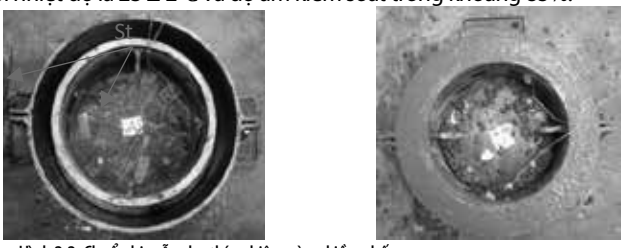
Độ co ngót của bê tông được đánh giá qua thí nghiệm xác định độ biến dạng dài của mẫu bê tông làm việc trong điều kiện kiềm chế. Nhằm mô phỏng lại điều kiện làm việc thực tế của bê tông cốt thép, một thanh thép phi 12 được liên kết chặt với hai bản thép. Kích thước mẫu là 100x100x350 mm. Strain gauge được gắn trên thanh thép để đo độ biến dạng, xem Hình 2.1. Hỗn hợp bê tông sau khi kiểm tra độ sụt

cũng được cho vào khuôn. Ngay sau khi chuẩn bị xong mẫu, số đo của biến dạng được cài đặt bằng 0. Sau một ngày, mẫu được tháo khuôn và dưỡng hộ ẩm trong 7 ngày. Tiếp sau đó, mẫu được giữ trong phòng dưỡng hộ. Xuyên suốt quá trình thí nghiệm, số đo biến dạng của mẫu bê tông được ghi lại bởi máy ghi dữ liệu (data logger).



Hình 2.1. Mô tả mẫu bê tông thí nghiệm xác định độ biến dạng dài của bê tông trong điều kiện kiềm chế.

Để khảo sát khả năng kháng nứt của bê tông sử dụng phụ gia trương nở, thí nghiệm vòng kiềm chế được sử dụng cho bê tông. Vòng kiềm chế gồm 2 vòng kim loại, strain gauge được dán vào mặt bên trong của vòng kim loại nhỏ. Tương tự những thí nghiệm trước, ngay sau khi hỗn hợp bê tông đo độ sụt, hỗn hợp bê tông được đổ vào khoảng hở giữa hai vòng kim loại, xem Hình 2.2. Kết thúc quá trình chuẩn bị mẫu, bulong liên kết giữa vòng kim loại và tấm đế được nới lỏng và data logger cũng bắt đầu ghi nhận số liệu. Sau khi dưỡng hộ một ngày trong khuôn, lớp bề mặt của bê tông được phủ một lớp parafin. Lớp này có tác dụng hạn chế nước bốc hơi ở mặt trên cùng, chỉ có mặt bên cạnh mới tiếp xúc với môi trường, và vết nứt cũng sẽ xuất hiện tại mặt này. Trong suốt quá trình thí nghiệm, data logger cũng được dùng để ghi nhận tất cả số liệu về biến dạng. Mẫu thí nghiệm gồm bê tông cùng vòng kiềm chế được dưỡng hộ trong phòng dưỡng hộ với nhiệt độ là 23 ± 2°C và độ ẩm kiểm soát trong khoảng 85%.

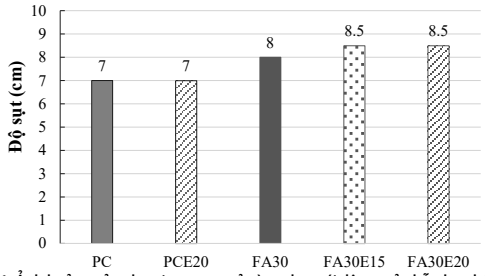


Hình 2.2. Chuẩn bị mẫu cho thí nghiệm vòng kiềm chế

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới độ sụt của bê tông

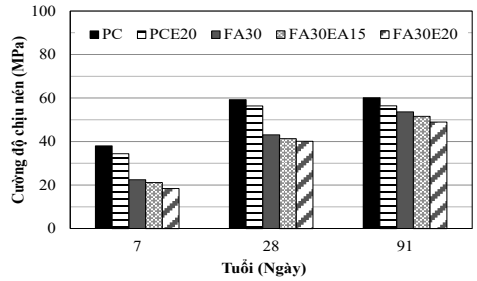
Tính công tác của hỗn hợp bê tông được thể hiện qua giá trị độ sụt. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới độ sụt được thể hiện ở Hình 3.1. Kết quả chỉ ra rằng phụ gia trương nở gần như không có ảnh hưởng tới độ sụt của hỗn hợp bê tông. Đối với mẫu sử dụng tro bay thay thế 30% xi măng, độ sụt của hỗn hợp bê tông có tăng nhẹ, nhưng không đáng kể.



Hình 3.1. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới độ sụt của hỗn hợp bê tông

3.2. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay đến cường độ chịu nén

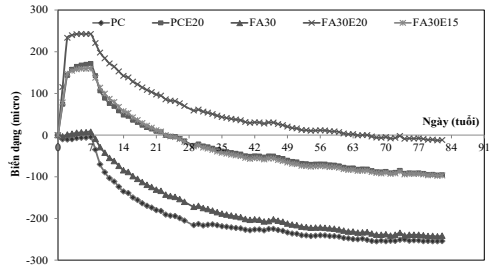
Cường độ của bê tông sử dụng phụ gia trương nở và tro bay được thể hiện ở Hình 3.1. Khi xét ảnh hưởng của phụ gia trương nở tới cường độ chịu nén, cả nhóm mẫu sử dụng hoàn toàn xi măng và nhóm mẫu sử dụng tro bay, giá trị cường độ chịu nén của bê tông khi sử dụng phụ gia trương nở đều có xu hướng giảm nhẹ. Nguyên nhân gây ra xu hướng giảm nhẹ cường độ chịu nén của bê tông gồm hàm lượng xi măng bị giảm và cấu trúc của bê tông bị ảnh hưởng. Đầu tiên, khi sử dụng phụ gia trương nở để thay thế xi măng thì hàm lượng xi măng bị giảm nhẹ, kết quả làm sản phẩm thủy hóa của xi măng giảm. Điều này làm giảm cường độ của bê tông. Thứ hai chính là tác động của sự giãn nở do phụ gia trương nở tới cấu trúc của bê tông. Trong thời gian đầu, bê tông được dưỡng hộ trong nước và thể tích tăng lên rõ rệt. Khi thể tích bê tông tăng gây ra ứng suất bên trong bê tông và ảnh hưởng trực tiếp tới hàm lượng và kích thước lỗ rỗng trong bê tông, khiến bê tông xốp hơn và cường độ chịu nén bị giảm nhẹ [12].



Hình 3.2. Cường độ chịu nén của vữa xi măng

3.3. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới biến dạng của bê tông

Phu gia trương có tác động đáng kể đến độ biến dạng của bê tông trong suốt quá trình đóng rắn. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới biến dạng dài của bê tông được thể hiện ở Hình 3.3. Ở giai đoạn đầu, bê tông được dưỡng hộ ẩm trong 7 ngày, bê tông sử dụng phụ gia trương nở thường xuất hiện biến dạng dương. Khi sử dụng phụ gia trương nở, sản phẩm của phản ứng hóa học của phụ gia tạo ra ettringite là chủ yếu với thể tích lớn hơn so với thể tích các pha ban đầu. Điều này khiến thể tích bê tông trương nở tạo ra ứng suất trương nở nội tại trong cấu trúc vi mô của bê tông. Khi hàm lượng phụ gia trương nở tăng thì độ trương nở cũng tăng rõ rệt. Đặc biệt bê tông sử dụng tro bay kết hợp với phụ gia trương nở, độ trương nở được cải thiện rõ ràng. Khi quan sát biểu đồ trên Hình 3.3, mẫu bê tông FA30E15 có sử dụng tro bay cùng hàm lượng 15kg phụ gia trương nở trong 1m^3 bê tông có độ trương nở gần sát với mẫu bê tông PCE20 sử dụng hoàn toàn xi măng và hàm lượng 20kg phụ gia trương nở trong 1m^3 bê tông. Như vậy, bằng việc sử dụng tro bay kết hợp với phụ gia trương nở có thể giảm đáng kể lượng dùng phụ gia trương nở. Hiện tượng trương nở của bê tông diễn ra chủ yếu trong ngày đầu tiên. Những ngày sau, sự thay đổi thể tích không đáng kể. Đây cũng là điều cần lưu ý khi bê tông có sử dụng phụ gia trương nở. Để phụ gia trương nở thể hiện hiệu quả nhất thì bê tông cần được đảm bảo điều kiện dưỡng hộ đặc biệt trong ngày đầu tiên. Nếu bê tông được dưỡng hộ tốt, đủ độ ẩm thì quá trình thủy hóa của xi măng và phụ gia trương nở diễn ra với hiệu suất cao, độ giãn dài cũng được cải thiện. Kết quả là tổng độ biến dạng của bê tông sẽ nhỏ nhất.

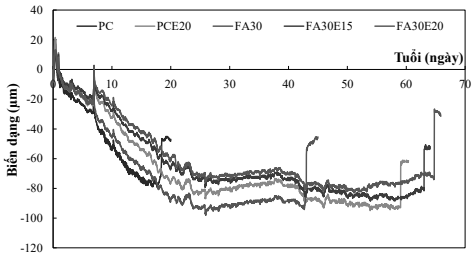


Hình 3.3. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới biến dạng của bê tông

Khi bê tông tiếp tục được dưỡng hộ trong không khí tại phòng dưỡng hộ, bê tông xảy ra hiện tượng mất nước do điều kiện dưỡng hộ chuyển từ điều kiện ẩm sang điều kiện khô. Lúc này, độ biến dạng do co ngót bắt đầu tăng. Đối với mẫu bê tông sử dụng phụ gia trương nở, phần biến dạng trương nở trong giai đoạn đầu bù lại độ biến dạng co ngót, giúp tổng độ biến dạng dài nhỏ hơn. Đặc biệt, mẫu bê tông FA30E20 sử dụng tro bay và hàm lượng 20 kg cho 1m^3 bê tông có tổng biến tiến gần tới giá trị trung hòa, tức là tổng biến dạng gần bằng không.

3.4. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới khả năng kháng nứt của bê tông

Khả năng kháng nứt của bê tông được khảo sát bằng thí nghiệm vòng kiềm chế. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và tro bay tới khả năng kháng nứt của bê tông được thể hiện ở Hình 3.4. Mẫu bê tông được dưỡng hộ trong khuôn 1 ngày sau đó được tiếp xúc với không khí, nên độ trương nở của bê tông chỉ thể hiện rõ nhất tại 1 ngày tuổi. Sau đó, biến dạng co ngót do mất nước diễn ra nhanh hơn, biến dạng dài co ngót của bê tông PC sử dụng hoàn toàn xi măng có độ biến dạng lớn nhất. Khi bê tông sử dụng phụ gia trương nở PCE20, độ biến dạng do co ngót giảm đi đáng kể. Đối với nhóm mẫu bê tông sử dụng tro bay kết hợp với phụ gia trương nở, thể tích bê tông tăng lên tạo ra ứng suất nén nội tại sớm trong bê tông ngay sau khi bắt đầu quá trình thủy hóa. Ứng suất nén này có tác dụng bù trừ một phần hoặc toàn bộ ứng suất kéo phát sinh do co ngót khô và co ngót tự sinh trong giai đoạn đầu, làm giảm tổng ứng suất kéo trong bê tông. Kết quả thu được là thời gian xuất hiện vết nứt của bê tông sử dụng phụ gia trương nở muộn hơn bê tông thường, xem Bảng 3.1. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở tới thời gian xuất hiện vết nứt thể hiện rõ rệt nhất khi xét mẫu bê tông không tro bay. Mẫu bê tông thường chỉ sử dụng xi măng thời gian xuất hiện vết nứt là 19 ngày trong khi mẫu bê tông sử dụng phụ gia trương nở có thời gian xuất hiện vết nứt muộn hơn 40 ngày, tức là 59 ngày mới xuất hiện vết nứt. Khi sử dụng thêm tro bay (FA30) thời gian xuất hiện vết nứt là 43 ngày, cũng dài hơn mẫu bê tông đối chứng. Tro bay với kích thước vô cùng nhỏ và phản ứng puzzolan của tro bay giúp lấp đầy các lỗ rỗng, giúp cải thiện cấu trúc bê tông và vùng chuyển tiếp giao diện (ITZ), giúp tăng cường độ và giảm nứt của bê tông [13]. Nhóm mẫu bê tông sử dụng phụ gia trương nở kéo dài tới trên dưới 60 ngày. Kết quả cho thấy thời gian xuất hiện vết nứt của bê tông được cải thiện rất rõ ràng khi có sự sử dụng phụ gia trương nở kết hợp với tro bay. Tro Phản ứng thủy hóa của phụ gia trương nở xảy ra ngay từ khi được nhào trộn bê tông. Trong khoảng thời gian ninh kết của bê tông, phản ứng diễn ra rất mãnh liệt. Việc sử dụng tro bay làm thời gian ninh kết của bê tông kéo dài hơn, đây cũng là điều kiện để bê tông trương nở thể tích một cách dễ dàng, được kiểm soát và giảm nguy cơ nứt do thể tích tăng đột ngột. Cả phụ gia trương nở và tro bay đều có tác dụng kháng nứt cho bê tông nên khi kết hợp cả hai vật liệu này, thời gian xuất hiện vết nứt của bê tông diễn ra ngày càng muộn.



Hình 3.4. Biến dạng của bê tông trong thí nghiệm vòng kiềm chế

Bảng 3.1. Thời gian xuất hiện vết nứt của bê tông

Mẫu	PC	PCE20	FA30	FA30E15	FA30E20
Thời gian xuất hiện vết nứt (ngày)	19	59	43	63	65

4. KẾT LUẬN

Bê tông trong nghiên cứu sử dụng phụ gia trương nở với hàm lượng thay đổi 15 và 20kg/m^3 kết hợp với phụ gia khoáng hoạt tính tro bay với tỉ lệ 30% so với khối lượng xi măng. Khả năng kháng nứt của bê tông trong điều kiện vòng kiềm chế, biến dạng bê tông trong điều kiện kiềm chế và cường độ chịu nén của bê tông được khảo sát trong nghiên cứu. Kết quả thí nghiệm được tóm tắt như sau :

- Độ sụt của hỗn hợp bê tông không bị ảnh hưởng nhiều bởi phụ gia trương nở. Tro bay làm độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng nhẹ.
- Cường độ chịu nén của bê tông sử dụng phụ gia trương nở có xu hướng giảm nhẹ khi so sánh với mẫu bê tông không sử dụng phụ gia. Xu hướng này xảy ra ở cả hai nhóm mẫu có tro bay và không có tro bay. Tại 7 ngày tuổi, cường độ chịu nén của nhóm mẫu bê tông sử dụng tro bay thấp hơn hẳn mẫu sử dụng hoàn toàn xi măng. Tuy nhiên, tại 91 ngày tuổi, độ chênh lệch về cường độ của mẫu bê tông sử dụng tro bay và không tro bay là không đáng kể.
- Độ biến dạng dài của bê tông được giảm đáng kể bằng việc sử dụng phụ gia trương nở, đặc biệt khi kết hợp với tro bay. Biến dạng trương nở của bê tông trong giai đoạn đầu bù đắp phần biến dạng co ngót do mất nước khi bê tông dưỡng hộ trong không khí, kết quả là tổng độ biến dạng của bê tông giảm.
- Khả năng kháng nứt của bê tông trong điều kiện vòng kiềm chế được cải thiện khi sử dụng phụ gia trương nở. Hiệu quả kháng nứt đạt cao nhất khi bê tông sử dụng cả phụ gia trương nở và tro bay. Thời gian xuất hiện vết nứt của bê tông sử dụng phụ gia trương nở muộn hơn 40 ngày so với mẫu bê tông đối chứng.
- Bằng việc sử dụng phụ gia trương nở kết hợp với tro bay vừa giảm hàm lượng dùng phụ gia trương nở, vừa giải quyết được bài toán ô nhiễm môi trường của tro bay mà vẫn đảm bảo khả năng kháng nứt của bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Y. Zhang, et al. (2023). Thermal Cracking in High Volume of Fly Ash and GGBFS Concrete. International Journal of Concrete Structures and Materials, 17, 1-15.

[2]. S. Mindess (2014). Development in the understanding of shrinkage and cracking in concrete. Cement and Concrete Research, 65, 1-9.

[3]. V. C. Li (2019). Engineered Cementitious Composites (ECC) - Material, structural, and durability performance. Concrete International, 41(9), 35-42.

[4]. O. Y. Bayraktar, el al. (2023). The effect of steel fiber aspect-ratio and content on the fresh, flexural, and mechanical performance of concrete made with recycled fine aggregate. Construction and Building Materials, 368, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130497.

[5]. H. M. Al-Baghdadi, el al. (2021). Effects of Coarse Aggregate Maximum Size on Synthetic/Steel Fiber Reinforced Concrete Performance with Different Fiber Parameters. Buildings, 11 (4), 1-23, https://doi.org/10.3390/buildings11040158.

[6]. S. Kafaji and R. Azzawi (2023). Performance comparison of steel fiber reinforced concrete and conventional reinforced concrete cast-in-place half-scale concrete bridge decks under bending. Advances in Bridge Engineering, 4(23), 1-17, https://doi.org/10.1186/s43251-023-00103-3.

[7]. A. E. Naaman and V. C. Li (2001). Behavior of strain-hardening fiber-reinforced cement composites (SHCC). Cement and Concrete Composites, 23(2-3), 403-420, https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.07.019.

[8]. American Concrete Institute (ACI). (2019). ACI 224R-19: Control of Cracking in Concrete Structures. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

[9]. S. Formagini, et al. (2025). Mechanical self-healing of conventional and high-performance concrete incorporating SAP, crystalline admixture, and sepiolite. Journal of Building Engineering, 113, 1-22, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.114031.

[10]. Z. Helal, et al. (2024). Sustainable bacteria-based self-healing steel fiber reinforced concrete. Case Studies in Construction Materials, 20, 1-20, https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03389.

[11]. ASTM C618 (2022). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. Annual Book of ASTM Standards. ASTM International, West Conshohocken, PA.

[12]. T. Hua, et al. (2024), Relationship Between Expansion and Strength of Cement Paste with CaO-Based Expansive Agent, Materials, 17(24), https://doi.org/10.3390/ma17246125.

[13]. X. Hu, et al. (2017). Drying shrinkage and cracking resistance of concrete made with ternary cementitious components, Construction and Building Materials, 149, 406-415, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.113.

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Nghiên cứu mối quan hệ giữa cường độ chịu nén của gạch đất không nung và khối xây tự chèn

Study on the relationship between the compressive strength of Non-Fired earth bricks and interlocking masonry using these bricks

> THS TRẦN THUỲ DƯƠNG
Khoa Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: duongtt@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Khối xây bằng gạch đất không nung được tạo ra từ các viên gạch đất không nung có dạng tự chèn, không sử dụng vữa liên kết như đối với khối xây bằng gạch đất nung truyền thống. Nội dung bài báo trình bày một nghiên cứu thiết lập mối quan hệ giữa cường độ chịu nén của khối xây với cường độ chịu nén của gạch xây trong trường hợp khối xây có/không có các sườn đứng tăng cường dọc theo chiều cao khối xây, dựa trên cơ sở kết quả thí nghiệm nén phá hoại các mẫu khối xây bằng gạch đất không nung. Kết quả thu được cho thấy khi không có sườn đứng, cường độ chịu nén của khối xây đạt 41% so với cường độ của gạch. Trong trường hợp có sườn đứng, cường độ chịu nén của khối xây đạt 60% so với cường độ của gạch. Kết quả thu được từ nghiên cứu này là cơ sở cho việc dự báo khả năng chịu lực của khối xây bằng gạch đất không nung.

Từ khóa: Gạch đất không nung, khối xây, cường độ chịu nén, tương quan.

ABSTRACT

The masonry block made of non-fired earth bricks is constructed from interlocking non-fired bricks, without the use of mortar joints as in traditional fired brick masonry. This paper presents a study aimed at establishing the relationship between the compressive strength of the masonry and that of the individual bricks, considering cases with and without vertical reinforcing ribs along the height of the masonry. The study is based on the results of axial compression tests conducted on non-fired earth brick masonry specimens up to failure. The results indicate that the compressive strength of the masonry reaches approximately 41% of the brick strength. In cases where vertical ribs are incorporated, the compressive strength of the masonry reaches 60% of the brick strength.The findings from this study provide a useful basis for predicting the load-bearing capacity of unfired earth brick masonry structures.

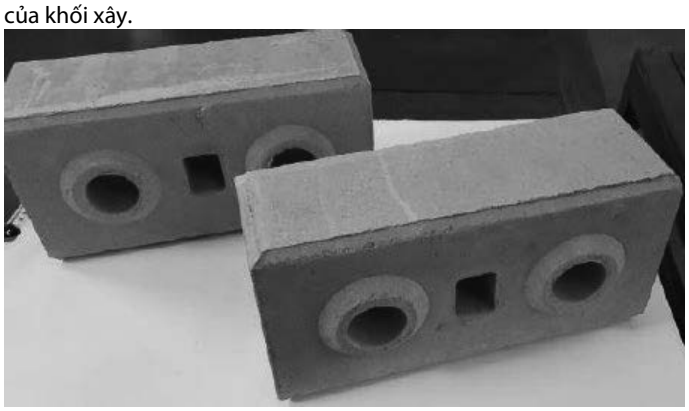
Keywords: Non-fired earth brick, masonry block, compressive strength, correlation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gạch đất gia cố xi măng dạng nén tự chèn (Interlocking Compressed Cement Stabilized Earth Blocks - ICCSEB), gọi tắt là gạch đất không nung, là loại vật liệu xây không nung được chế tạo từ hỗn hợp đất mịn, xi măng và nước với tỷ lệ phối trộn được xác định tối ưu [1]. Hỗn hợp sau khi được trộn đồng nhất được đưa vào khuôn và tạo hình bằng công nghệ ép tĩnh, giúp đạt được mật độ nén cao mà không cần qua quá trình nung, qua đó giảm thiểu tiêu hao năng lượng và phát thải khí nhà kính.

Hình dạng điển hình của ICCSEB được trình bày ở Hình 1 cho thấy khả năng tự liên kết thông qua các chi tiết cấu tạo lồi - lõm được bố trí chính xác giữa các viên gạch. Cấu tạo này cho phép quá trình thi công khối xây diễn ra mà không cần sử dụng lớp vữa xây truyền thống như đối với gạch đất sét nung, đồng thời góp phần nâng cao tính đồng nhất và độ chính xác hình học của tường xây.

Trên bề mặt mỗi viên gạch được thiết kế các lỗ rỗng hình trụ tròn bố trí đối xứng, bảo đảm sự đồng trục khi xếp chồng các viên gạch theo phương thẳng đứng. Các lỗ rỗng này ngoài vai trò hình học trong việc đảm bảo liên kết, còn được sử dụng để đổ đầy vữa xi măng hoặc bê tông hạt mịn nhằm hình thành các sườn đứng chạy dọc theo chiều cao tường. Trong một số cấu hình, các sườn đứng có thể được bố trí thêm cốt thép nhằm tăng cường khả năng liên kết giữa các viên gạch và cải thiện đáng kể khả năng chịu nén tổng thể của khối xây.



Hình 1. Hình ảnh gạch đất không nung sử dụng trong nghiên cứu

Khác với khối xây truyền thống, khối xây dạng tự chèn bằng gạch đất không nung không sử dụng vữa để liên kết các viên gạch. Do vậy, khả năng chịu nén của khối xây ngoài việc phụ thuộc vào khả năng chịu nén của gạch còn chịu ảnh hưởng của sườn đứng. Nghiên cứu về khả năng chịu lực của khối xây bằng gạch đất không nung dưới tác dụng của tải trọng đứng là một chủ đề nhận được nhiều sự quan tâm. Các nghiên cứu được tiến hành theo hai hướng: nghiên cứu thực nghiệm xác định ứng xử nén của khối xây và xây dựng các mô hình tính toán dự báo khả năng chịu lực của khối xây có xét đến trường hợp có/không có sườn đứng. Bahar và cộng sự [2] đã thực hiện các thí nghiệm trên các mẫu khối xây gạch đất không nung chịu tác dụng của tải trọng nén đúng tâm và nén lệch tâm. Kết quả cho thấy, cường độ chịu nén của khối xây luôn thấp hơn so với cường độ nén của từng viên gạch riêng lẻ, và khả năng chịu nén của khối xây giảm đáng kể khi độ lệch tâm của tải trọng tăng. Panuwat và Qudeer [3] đã tiến hành một nghiên cứu thực nghiệm nhằm khảo sát khả năng chịu nén dọc trục của khối xây bằng gạch đất không nung dạng tự chèn có kích thước 1000 × 1000 mm có sườn đứng bằng vữa xi măng xi măng Poóc-lăng thông thường (OPC). Kết quả cho thấy tất cả các mẫu được gia cường có sườn đều thể hiện khả năng chịu nén vượt trội so với mẫu đối chứng không có sườn. Việc bổ sung thanh thép làm cốt tăng cường tiếp tục cải thiện cường độ nén cực đại và khả năng chịu tải sau đỉnh của tường, bất kể loại vữa sử dụng. Guanqi và cộng sự [4] đã khảo sát các phương pháp thử nén đơn trục để xác định độ bền nén của khối đất (earth block), cụ thể là ảnh hưởng của phương pháp phủ mặt (capping) và chế độ nén (loading mode) tới kết quả thí nghiệm với mục đích là tìm ra cách thử phù hợp hơn, đáng tin cậy hơn để sử dụng trong thiết kế hoặc đánh giá cấu trúc sử dụng vật liệu khối đất. Các tác giả Sơn và Dương [5], Thắng và Dương [6] đã tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm xác định ứng xử nén đúng tâm của khối xây bằng gạch đất không nung có sườn đứng với các kích thước khối xây khác nhau và đánh giá vai trò của sườn đứng, trong đó sự có mặt của sườn đứng góp phần cải thiện khả năng chịu nén của khối xây từ 40 đến 50%.

Bên cạnh các nghiên cứu thực nghiệm về khả năng chịu lực của khối xây bằng gạch đất không nung, đã có nhiều nghiên cứu xây dựng mối tương quan giữa cường độ chịu nén của gạch với cường độ chịu nén của khối xây nhằm làm cơ sở cho việc báo khả năng chịu lực của khối xây bằng gạch đất không nung [7-19]. Kaushik và cộng sự [10] đã thực hiện hồi quy tuyến tính dựa trên kết quả thí nghiệm của 84 mẫu khối xây, với các tham số bao gồm loại gạch và loại vữa. Lumantarna và cộng sự [11] đã tiến hành thí nghiệm trên các mẫu khối xây được chế tạo từ gạch truyền thống thu được từ các công trình hiện có ở New Zealand, và đã đề xuất một mô hình cường độ chịu nén cho khối xây ba lớp, có xét đến cường độ chịu nén của gạch và vữa. Tổng hợp một số mô hình dự báo ứng suất nén cực hạn của khối xây bằng gạch xi măng đất được trình bày trong Bảng 1 dưới đây, trong đó phần lớn công thức xác định cường độ trung bình của khối xây f_w được các tác giả đề xuất là các công thức thực nghiệm, với hai thông số ảnh hưởng là cường độ chịu nén của gạch và cường độ chịu nén của vữa (trong trường hợp khối xây sử dụng vữa để liên kết các viên gạch) và có phạm vi áp dụng nhất định phụ thuộc vào đặc điểm nguồn vật liệu chế tạo gạch cũng như cường độ chịu nén của gạch.

Bảng 1. Một số công thức dự báo cường độ chịu nén của khối xây gạch xi măng đất

STT	Tác giả	Công thức f_w (MPa)	
1	Bennett và cs, 1997 [8]	$f_w = 0{,}3f_b$	(1)
2	Dymiotis và cs, 2002 [9]	$f_w = 0{,}3266f_b(1 - 0{,}0027f_b + 0{,}00147f_b)$	(2)
3	Kaushik và cs, 2007 [10]	$f_w = 0{,}317f_b^{0{,}866} + f_m^{0{,}1349}$	(3)
4	Lumantarna và cs,2012 [11]	$f_w = 0{,}75f_b^{0{,}75} + f_m^{0{,}31}$	(4)
5	Sajanthan và cs, 2019 [12]	$f_w = 0{,}41f_b^{0{,}64}f_m^{0{,}36}$	(5)
6	Panuwat và cs, 2021 [15]	$f_w = 1{,}13(f_b + f_m)^{0{,}45}$	(6)

(Ghi chú: f_w : cường độ chịu nén của khối xây; f_b: cường độ chịu nén của gạch đất không nung; f_m: cường độ chịu nén của vữa trong sườn đứng)

Hiện nay, gạch đất không nung đã bắt đầu được ứng dụng trong xây dựng nhà ở thấp tầng tại một số địa bàn miền núi phía Bắc Việt Nam. Tuy nhiên, nghiên cứu về ứng xử và tính toán dự báo khả năng chịu lực của khối xây bằng gạch đất không nung còn rất hạn chế. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ứng xử của khối xây bằng gạch đất không nung trình bày trong [5,6], trong đó nguồn đất chế tạo gạch được lấy tại địa bàn xã Cao Sơn, tỉnh Phú Thọ và khối xây chỉ chịu tác dụng của tải trọng nén đúng tâm, nội dung bài báo này đi vào xác định mối tương quan giữa cường độ chịu nén của gạch đất không nung dạng tự chèn và khối xây bằng loại gạch này. Đồng thời, so sánh mối tương quan này với các kết quả nghiên cứu đã tiến hành bởi một số tác giả ngoài nước [3, 17, 18, 19]. Những kết quả thu được từ nghiên cứu này, sẽ góp phần làm cơ sở cho việc xây dựng mô hình tính toán dự báo khả năng chịu lực của khối xây bằng gạch đất không nung.

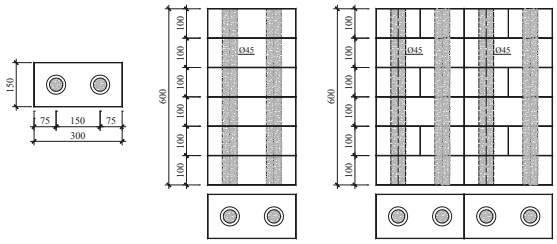
2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM MỐI TƯƠNG QUAN GIỮA CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN CỦA GẠCH ĐẤT KHÔNG NUNG VÀ KHỐI XÂY BẰNG GẠCH ĐẤT KHÔNG NUNG

Việc đánh giá mối tương quan giữa cường độ chịu nén của gạch đất không nung và của khối xây sử dụng loại gạch này là cơ sở quan trọng để xây dựng các công thức tính toán và dự báo khả năng chịu lực của khối xây. Trong nghiên cứu này, các kết quả thí nghiệm về gạch đất không nung và khối xây trình bày trong các bài báo khoa học [5, 6] được lựa chọn để phân tích, xác định mối quan hệ giữa cường độ chịu nén của vật liệu gạch và của khối xây.

Các mẫu gạch sử dụng là gạch đất không nung dạng tự chèn, có kích thước 300 × 150 × 100 mm, được chế tạo bằng công nghệ ép tĩnh từ nguồn đất đồi tại xã Cao Sơn, tỉnh Phú Thọ [1]. Từ loại gạch này, 04 khối xây được chế tạo với ký hiệu, kích thước hình học và cấu tạo được trình bày trong Bảng 2 và Hình 2. Trong số đó, hai khối xây có bổ sung các sườn đứng dọc theo chiều cao, được tạo thành bằng cách rót đầy vữa xi măng vào các lỗ rỗng hình trụ thẳng đứng, đường kính 45 mm, của khối xây. Cường độ chịu nén của gạch đất không nung (f_b) và của vữa xi măng tạo ra sườn đứng (f_m) được xác định thông qua thí nghiệm nén phá hoại và có giá trị lần lượt bằng 2,25 MPa và 5,8 MPa.

Bảng 2. Khối xây bằng gạch đất không nung trong các nghiên cứu [5,6]

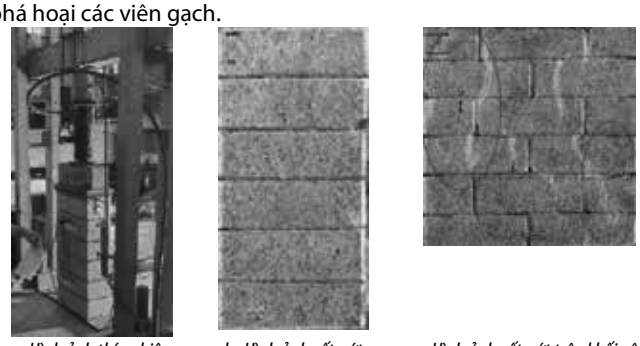
Ký hiệu	Kích thước khối xây (dài × rộng × cao)	Có/không có sườn đứng
M-0	300 × 150 × 600	Không
W-0	600 × 150 × 600	Không
M-1	300 × 150 × 600	Có (02 sườn đứng đứng)
W-1	600 × 150 × 600	Có (04 sườn đứng)



Hình 2. Chi tiết gạch đất không nung và khối xây gạch đất không nung [5,6]

Quá trình chế tạo các khối xây, sơ đồ tiến hành thí nghiệm, bố trí các dụng cụ thiết bị đo và quy trình tiến hành thí nghiệm nén các khối xây đã được trình bày chi tiết trong [5, 6]. Các khối xây được thí nghiệm dưới tác dụng của tải trọng nén đúng tâm đến khi phá hoại hoàn toàn cho phép xác định được các giá trị tải trọng phá hoại, biến dạng dọc trục tương ứng và cơ chế phá hoại của khối xây.

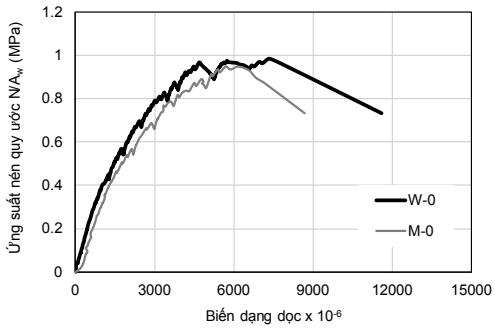
Trên Hình 3 trình bày minh họa hình ảnh thí nghiệm và sơ đồ phát triển vết nứt trên các khối xây M-1 và W-1. Hình ảnh 3.a trình bày sơ đồ thí nghiệm trong đó các giá trị tải trọng thí nghiệm và biến dạng dọc trục tương ứng được đo đạc bằng các thiết bị đo lực điện tử (load cell) và dụng cụ đo chuyển vị điện tử (LVDT) cho phép ghi nhận đồng thời, tự động và liên tục các giá trị đo (01 lần ghi số liệu trong 1 giây). Hình ảnh trên các Hình 3.b và 3.c cho thấy các vết nứt do tải trọng nén gây ra phát triển dọc theo chiều cao khối xây và xuyên qua các viên gạch. Dựa trên hình ảnh về sự phát triển vết nứt có thể thấy cơ chế phá hoại của các khối xây thí nghiệm là do phá hoại các viên gạch.



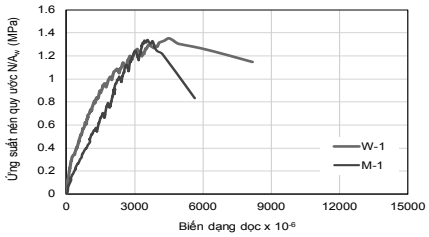
a- Hình ảnh thí nghiệm khối xây | *b- Hình ảnh vết nứt trên khối xây M-1 [6]* | *c- Hình ảnh vết nứt trên khối xây W-1 [5]*

Hình 3. Minh họa sơ đồ thí nghiệm và hình ảnh phát triển vết nứt trên khối xây bằng gạch đất không nung [5,6]

Trên Hình 4 và Hình 5 lần lượt trình bày biểu đồ quan hệ giữa ứng suất nén quy ước và biến dạng dọc trục của khối xây gạch đất không nung cho trường hợp khối xây không có sườn đứng và có sườn đứng. Ứng suất nén quy ước của khối xây (gọi tắt là ứng suất nén) được xác định bằng tỷ số giữa lực thí nghiệm *N* và diện tích mặt cắt ngang của khối xây, A_w.



Hình 4. Quan hệ giữa ứng suất nén và biến dạng dọc của khối xây không bố trí sườn đứng (W-0 và M-0)



Hình 5. Quan hệ giữa ứng suất nén quy ước và biến dạng dọc của khối xây có bố trí sườn đứng (W-1 và M-1)

Đối với 02 khối xây không có sườn đứng W-0 và M-0, từ kết quả thu được cho thấy, cường độ chịu nén của khối xây $f_{w,exp}$ (hay ứng suất nén cực hạn) có giá trị lần lượt bằng 0,94 MPa và 0,91 MPa đối với mẫu W-0 và M-0. Tỷ số giữa cường độ chịu nén của khối xây W-0 và M-0 với cường độ chịu nén của gạch, $f_{w,exp}/f_b$, trung bình bằng 0,41. Có thể thấy, so với khối xây bằng gạch đất sét nung thông thường, tỷ số $f_{w,exp}/f_b$ thu được thấp hơn khoảng 25% [19]. Dựa trên kết quả thu được, tương quan giữa cường độ chịu nén của gạch đất không nung và của khối xây có thể biểu diễn bằng công thức đơn giản sau:

$$f_{w,exp} = 0{,}41 f_b \qquad (7)$$

Kết quả trình bày trên công thức (7) cho thấy rõ ảnh hưởng của sự suy giảm cường độ khối xây so với cường độ của gạch. Sự suy giảm này có thể giải thích thông qua việc các viên gạch xây làm việc không đồng đều giữa các viên gạch do chênh lệch kích thước (luôn tồn tại do đặc điểm chế tạo), sự bằng phẳng của bề mặt của một viên gạch xây…

Đối với trường hợp khối xây có sườn đứng, M-1 và W-1, kết quả trình bày trên Hình 5 cho thấy cường độ chịu nén của 02 khối xây có giá trị xấp xỉ nhau và bằng 1,35 MPa. Trong trường hợp này, tỷ số $f_{w,exp}/f_b$ bằng 0,6. Tỷ số $f_{w,exp}/f_b$ cao hơn 46,3% so với trường hợp khối xây không có sườn cho thấy rõ sự tham gia chịu lực của các sườn đứng làm tăng khả năng chịu lực của khối xây. Dựa trên việc so sánh tỷ số $f_{w,exp}/f_b$ cho trường hợp khối xây không có sườn và khối xây có sườn đứng, có thể rút ra công thức đơn giản thể hiện mối quan hệ giữa cường độ chịu nén của khối xây có sườn với cường độ chịu nén của gạch và của vữa chế tạo sườn như sau:

$$f_{w,exp} = 0{,}41 f_b + 0{,}073 f_m \qquad (8)$$

3. TƯƠNG QUAN GIỮA CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN CỦA GẠCH ĐẤT KHÔNG NUNG VÀ KHỐI XÂY BẰNG GẠCH ĐẤT KHÔNG NUNG THEO MỘT SỐ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM KHÁC

Để có cơ sở so sánh sự phù hợp của kết quả về sự tương quan giữa cường độ chịu nén của gạch và của khối xây thu được từ nghiên cứu này so với những kết quả nghiên cứu khác đã được công bố, trong Bảng 3 đã tập hợp các kết quả nghiên cứu thực nghiệm của một số tác giả khác ở ngoài nước [3, 17, 18, 19]. Một đặc điểm của các nghiên cứu này là nguồn vật liệu đất sử dụng chế tạo gạch được lấy ở nhiều vùng địa lý khác nhau.

Tỷ số $f_{w,exp}/f_b$ được xác định trên các số liệu về cường độ chịu nén của gạch đất không nung và cường độ chịu nén của khối xây. Có thể nhận thấy, sự biến động của tỷ số $f_{w,exp}/f_b$ biến động trong khoảng từ 0,34 đến 0,47. Như vậy, hệ số $f_{w,exp}/f_b$ bằng 0,41 thu được từ nghiên cứu thực nghiệm trình bày ở mục 2 phù hợp với các kết quả nghiên cứu đã công bố. Sự sai khác của tỷ số này được giải thích từ hai nguyên nhân chính: (1) ảnh hưởng của kích thước của khối xây, (2) sự khác biệt về đặc điểm của loại đất chế tạo gạch. Kết quả này cũng cho thấy, việc thiết lập mối tương quan giữa cường độ chịu nén của gạch đất không nung và khối xây cần được thiết lập cho từng loại đất sử dụng chế tạo gạch.

Bảng 3. Tỷ số $f_{w,exp}/f_b$ từ một số nghiên cứu khác

Tác giả	Kích thước gạch đất không nung (dài × rộng × cao)	Kích thước khối xây (dài × rộng × cao)	f_b (MPa)	$f_{w,exp}$ (MPa)	$f_{w,exp}/f_b$
Joyklad và cs, 2022 [3]	250 × 125 × 100	1000× 125 × 1000	7,59	3,15	0,42
Sturm và cs, 2015 [17]	300 × 150 × 100	300 x 150 x 500	2,34	0,87	0,34
Ahmad và cs, 2011 [18]	250 × 125 × 100	1000 × 125× 1300	7,5	3,56	0,47
Wang và cs, 2021 [19]	240 × 120 × 90	720 × 120× 810	1,48	0,67	0,45

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, gạch đất không nung dạng nén tự chèn được chế tạo từ nguồn đất tại xã Cao Sơn, tỉnh Phú Thọ. Dựa trên cơ sở các kết quả thí nghiệm khối xây chế tạo gạch đất không nung, chịu tác dụng của tải trọng nén đúng tâm, cho phép rút ra một số kết luận về tương quan giữa cường độ chịu nén của gạch và của khối xây như sau:

- Với khối xây bằng gạch đất không nung dạng tự chèn, cường độ chịu nén của khối xây giảm so với cường độ chịu nén của gạch. Việc suy giảm này có thể do những vấn đề liên quan đến cấu tạo của khối xây, chênh lệch kích thước các viên gạch cũng như độ bằng phẳng của bề mặt gạch.
- Khi không có sườn đứng, cường độ khối xây đạt trung bình 41% so với cường độ của gạch đất không nung. Kết quả thu được từ nghiên cứu này phù hợp với kết quả đã công bố của một số tác giả ngoài nước.
- Sự có mặt của sườn đứng làm tăng khả năng chịu lực của khối xây, cường độ khối xây đạt trung bình 60% so với cường độ của gạch đất không nung.

Các kết quả thu được từ nghiên cứu này mới chỉ hạn chế trong phạm vi nguồn đất chế tạo gạch lấy tại một địa bàn cụ thể, đồng thời chưa xét đến được ảnh hưởng của kích thước khối xây. Cần tiếp tục mở rộng nghiên cứu để có thêm các số liệu làm cơ sở xây dựng công thức dự báo khả năng chịu lực của khối xây bằng gạch đất không nung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Xuân Đạt, Phạm Thị Hải Hà (2023). Nghiên cứu giải pháp và công nghệ xây dựng nhà ở cho đồng bào dân tộc miền núi phía Bắc sử dụng các vật liệu tại chỗ, Báo cáo tổng kết đề tài KHCN Bộ Xây dựng RD 49-22.

[2]. Bahar R., Benazzoug M. , Kenai S. (2004). Performance of compacted cement-stabilised soil, Cement and Concrete Composites, 26(7): 811-20. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.01.003.

[3]. Panuwat J. , Qudeer, H. (2019). Axial compressive response of grouted cement–clay interlocking hollow brick walls. Asian J. Civ. Eng., 20 (2019), pp. 733-744, https://doi.org/10.1007/s42107-019-00140-2.

[4]. Guanqi L., Sisi C., Yihong W., Kun Zh. (2021). Study of compressive strength test methods for earth block masonry - Capping method and loading mode, Journal of Building Engineering,Volume 43,2021,103094,ISSN 2352-7102, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103094.

[5]. Sơn, H. T., & Dương, T. T. (2024). Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử nén đúng tâm của khối xây gạch đất không nung dạng tự chèn. Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng (TCKHCNXD)-ĐHXDHN, 19(2V), 138-148. https://doi.org/10.31814/stce.huce2025-19(2V)-12.

[6]. Thắng, L. T., & Dương, T. T. (2024). Ảnh hưởng của sườn đứng đến khả năng chịu nén đúng tâm của khối xây bằng gạch đất không nung. Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng, Viện Khoa học và Công nghệ xây dựng Việt Nam (IBST), số 04, 35-44, https://doi.org/10.59382/j-ibst.2024.vi.vol4-5

[7]. Mann, W. (1982). Statistical evaluation of tests on masonry by potential functions, in: Proceedings of the Sixth International Brick Masonry Conference, Rome, Italy, 1982, pp. 86-98.

[8]. Bennett R.M., Boyd K.A., Flanagan R.D (1997). Compressiive properties of structural clay tile prisms. J. Struct. Eng., 123, p 920-926. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1997)123:7(920).

[9]. Dymiotis, C., Gutlederer, B.M. (2002). Allowing for uncertainties in the modelling of masonry compressive strength Constr. Build. Mater., 16 (2002), pp. 443-452, https://doi.org/10.1016/S0950-0618(02)00108-3.

[10]. Kaushik, H. B., Rai, D. C., & Jain, S. K. (2007). Stress-strain characteristics of clay brick masonry under uniaxial compression. Journal of Materials in Civil Engineering,19(9), 728-739.

[11]. Lumantarna, R., Biggs, D. T., & Ingham, J. M. (2012). Uniaxial compressive strength and stiffness of field-extracted and laboratoryconstructed masonry prisms. Journal of Materials in Civil Engineering,26(4), 567-575. https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000731.

[12]. Garzón-Roca, J., Marco, C. O., & Adam, J. M. (2013). Compressive strength of masonry made of clay bricks and cement mortar: Estimation based on neural networks and fuzzy logic. Engineering Structures, 48, 21-27.

[13]. Kumavat, H. R. (2016). An experimental investigation of mechanical properties in clay brick masonry by partial replacement of fine aggregate with clay brick waste. Journal of the Institution of Engineers,97(3), 199-204.

[14]. Sajanthan, K., Balagasan B., Sathiparan, N. (2019). Prediction of compressive strength of stablilized earth block mansory. Advances in Civil Engineering ,97(3), 199-204.

[15]. Panuwat, J., Ali N., Yoopresertchai, E., Jaffar, S.T., Magbool H.M., Hussain Q., Chaiyasarn K (2022). An investigative study for prediction of c. Advances in Civil Engineering ,97(3), 199-204.

[16]. Saari, S., Abu Bakar, B.H., Surip, N. A. (2025) Correlation between compressive strength of interlocking compressed earth brick wall, prism, and single unit, Next Materials, Volume 8, 2025, 100643, ISSN 2949-8228, https://doi.org/10.1016/j.nxmate.2025.100643.

[17]. Sturm T, Ramos LF, Lourenço PBJ (2015). Characterization of dry-stack interlocking compressed earth blocks. Materials structures,48: 3059-74.

[18]. Ahmad Z, Othman S, et al. (2011). Behaviour of masonry wall constructed using interlocking soil cement bricks. World Academy of Science, Engineering Technology,60(12): 1263-9.

[19]. Wang T, Wang Y, et al. (2021). Stability coefficient of interlocking compressed Earth block masonry under axial compression. Canadian Journal of Civil Engineering,48(4): 389-98.

[20]. TCVN 5573: 2011. Kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế

[21]. Lý Trần Cường, Đinh Chính Đạo. 2008. Kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Xác định mô đun đàn hồi của đá san hô sử dụng làm cốt liệu bê tông

Determination of elastic modulus of coral stone used as concrete aggregate

> PGS.TS NGUYỄN XUÂN BÀNG, PGS.TS PHẠM ĐỨC TIỆP*, TS LÊ HẢI DƯƠNG
THS ĐINH QUANG TRUNG, TS ĐINH VIẾT THANH
Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn
*Emai: phamductiep@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của đá san hô dùng làm cốt liệu trong bê tông nhẹ. Các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm đã được thực hiện để xác định các đặc tính biến dạng của vật liệu trong cả điều kiện khô và bão hòa, theo các quy trình được quy định trong TCVN 10321:2014 (Tiêu chuẩn Việt Nam: Đá xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm, độ hút nước trong phòng thí nghiệm). Các thử nghiệm nén đơn trục đã được tiến hành để xây dựng mối quan hệ ứng suất-biến dạng và xác định mô đun đàn hồi. Kết quả cho thấy mô đun đàn hồi trung bình của đá san hô là E = 16,399 MPa ở trạng thái khô và E = 16,039 MPa ở trạng thái bão hòa. Mô đun đàn hồi giảm nhẹ khi ở trạng thái bão hòa cho thấy sự hấp thụ nước có ảnh hưởng hạn chế đến biến dạng của vật liệu. Những phát hiện này xác nhận rằng đá san hô có tính chất cơ học đủ để làm cốt liệu lớn cho bê tông nhẹ, cung cấp một nguồn cốt liệu thay thế đầy hứa hẹn cho việc xây dựng trên các đảo xa bờ.

Từ khóa: Đá san hô, mô đun đàn hồi, cốt liệu lớn, bê tông san hô, TCVN 10321:2014.

ABSTRACT

This study investigates the elastic modulus of coral stone intended for use as aggregate in lightweight concrete. Laboratory tests were performed to determine the deformation characteristics of the material under both dry and saturated conditions, following the procedures specified in TCVN 10321:2014. Uniaxial compression tests were conducted to obtain stress-strain relationships and evaluate the elastic modulus. The results show that the average elastic modulus of the coral stone is E = 16.399 MPa in the dry state and E = 16.039 MPa in the saturated state. The slight reduction in stiffness under saturation indicates that water absorption has a limited influence on the material's deformation behavior. These findings confirm that coral stone exhibits sufficient mechanical performance to serve as coarse aggregate in lightweight concrete, providing a promising alternative source of aggregate for construction in island environments.

Keywords: Coral stone, elastic modulus, coarse aggregate, coral concrete, TCVN 10321:2014.

1. MỞ ĐẦU

Bê tông là vật liệu xây dựng được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới nhờ tính linh hoạt, độ bền và hiệu quả chi phí. Tuy nhiên, với các đảo xa bờ, một trở ngại lớn đối với hoạt động xây dựng các công trình là không có nguyên liệu thô để sản xuất bê tông, như cát sông, đá dăm và nước ngọt. Việc vận chuyển các vật liệu này từ đất liền đã làm tăng đáng kể chi phí xây dựng, thời gian vận chuyển, phát thải CO_2 và tiêu thụ năng lượng không tái tạo. Do đó bê tông san hô, sử dụng vật liệu san hô gồm cát san hô, đá san hô, nước biển làm nguyên liệu đã được các học giả đề xuất do san hô rất phong phú và dồi dào trên các đảo xa bờ.

Trên thế giới, từ chiến tranh thế giới thứ 2 quân đội Hoa Kỳ bắt đầu sử dụng bê tông san hô để xây dựng công trình trên một số hòn đảo ở phía tây Thái Bình Dương, và một số trong số đó vẫn đang hoạt động cho đến ngày nay [1]. Năm 1951, Dempsey chỉ ra rằng việc sử dụng nước biển và cốt liệu san hô trong bê tông là khả thi [2]. Narver (1964) nhận thấy rằng, so với bê tông thông thường có cùng thiết kế cấp phối, bê tông san hô có cường độ sớm cao hơn nhưng cường độ muộn lại thấp hơn một chút [3]. Ehlert (1991) đã tiến hành khảo sát chất lượng bê tông san hô trên đảo san hô Bikini ở Thái Bình Dương và kết luận rằng bê tông san hô chất lượng cao vẫn có thể duy trì độ bền sau 10-15 năm sử dụng [4]. Arumugam và Ramamurthy (1996) cho rằng bê tông san hô thuộc loại bê tông cốt liệu nhẹ [5]. Wanchai (2003) phát hiện ra rằng cả cốt liệu san hô và xi măng đều có thể chi phối sự phát triển cường độ của bê tông

san hô do cường độ tương đối thấp của cốt liệu san hô [6]. Ở Trung Quốc, Liang và Lu (1993) bắt đầu nghiên cứu bê tông cốt liệu san hô và thấy rằng cường độ của bê tông san hô có thể đạt tới hơn 20 Mpa [7]. Ở Việt Nam, Ngô Ngọc Thủy và các cộng sự đã nghiên cứu mẫu bê tông nước mặn (trong đó cốt liệu lớn gồm 30 % đá san hô + 70% đá tự nhiên), phụ gia SikamenNN, Silicafume, cường độ nén đạt đến 47,2 Mpa [8], Nguyễn Xuân Bàng và nhóm nghiên cứu [9] đã thí nghiệm xác định các tính chất cơ học của vật liệu san hô sử dụng làm cốt liệu bê tông, khẳng định: cát san hô, đá san hô đảm bảo chất lượng để sản xuất bê tông mác thông thường (từ B15 đến B25).

Mô đun đàn hồi của cốt liệu là một thông số cơ bản ảnh hưởng đến biến dạng và cường độ lâu dài của bê tông. Tuy nhiên, dữ liệu về mô đun đàn hồi của đá san hô còn hạn chế, đặc biệt là trong các điều kiện độ ẩm khác nhau. Do đó, việc xác định thông số này một cách đáng tin cậy là rất cần thiết để đánh giá tính khả thi của việc sử dụng đá san hô làm cốt liệu cho bê tông.

Nghiên cứu này nhằm mục đích xác định bằng thực nghiệm mô đun đàn hồi của đá san hô dùng làm cốt liệu thô trong bê tông nhẹ. Các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm đã được thực hiện trong cả điều kiện khô và bão hòa theo TCVN 10321:2014. Kết quả cung cấp những hiểu biết có giá trị về tính chất cơ học của đá san hô.

2. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH MÔ ĐUN ĐÀN HỒI CỦA ĐÁ SAN HÔ GỐC

2.1. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm

Mô đun đàn hồi của đá san hô gốc (nguyên khai, được lấy từ đảo xa bờ) được thí nghiệm xác định trên cơ sở vận dụng tiêu chuẩn thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của đá, TCVN 10321:2014 [10]. Mẫu thí nghiệm là mẫu khoan rút lõi từ khối đá san hô nguyên khai (hình 1). Lấy 06 tảng đá san hô ngẫu nhiên và tiến hành khoan tạo mẫu hình trụ có đường kính D=54mm và chiều cao H=108mm. Lấy 03 mẫu để ở trạng thái khô gió và 03 mẫu ở trạng thái bão hòa trong môi trường nước biển (nước biển được lấy từ vùng biển xa bờ).

Mẫu thí nghiệm sau khi được khoan được phủ vải ẩm và vận chuyển về phòng thí nghiệm, lưu tại phòng thí nghiệm không dưới 2 giờ trước khi tiến hành thí nghiệm; mẫu được bão hòa theo [10].

Hình 1. Tiến hành khoan tạo mẫu

Hình 2. Ngâm mẫu trong môi trường nước biển

2.2. Tiến hành thí nghiệm

- Tiến hành nén đơn trục 02 tổ mẫu ở trạng thái khô gió và trạng thái bão hòa; mỗi tổ mẫu gồm 03 mẫu.

- Thí nghiệm được thực hiện trên hệ thống thí nghiệm 3 trục (Triaxial test system) của hãng Controls (Ý). Hệ thống bao gồm ba bộ phận chính là khung nén, thiết bị tạo áp lực hông (không sử dụng trong mô hình thí nghiệm này) và thiết bị gia tải thẳng đứng (hình 3).

- Lần lượt thí nghiệm cho từng mẫu (hình 4 ,5, 6).

Hình 3. Thí nghiệm nén 3 trục (Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật - Viện KTCTĐB)

Hình 4. Gắn biến trở đo biến dạng ngang

Hình 5. Gắn biến trở đo biến dạng dọc trục

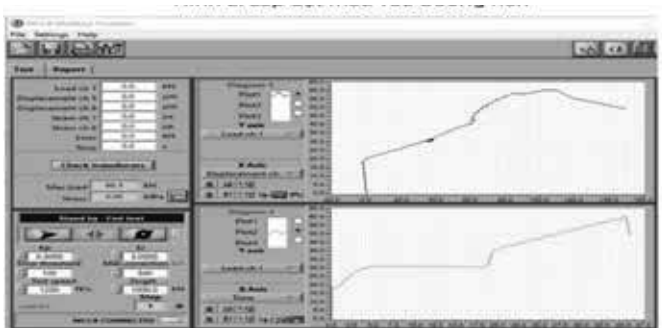
2.3. Kết quả thí nghiệm

Hình 8, hình 9 cho thấy đặc điểm phá hoại của mẫu ở trạng thái khô và bão hòa hoàn toàn khác nhau:

- Mẫu ở trạng thái khô: khi phá hoại hình thành nhiều vết nứt dọc, ngang và bong tróc một số mảng san hô.

- Mẫu ở trạng thái bão hòa: khi phá hoại hình thành ít các vết nứt hơn các mẫu khô (các vết nứt độ mở rộng nhỏ). Xuất hiện cát san hô bị đùn nhẹ từ các vết nứt.

Hình 6. Lắp đặt mẫu vào buồng nén

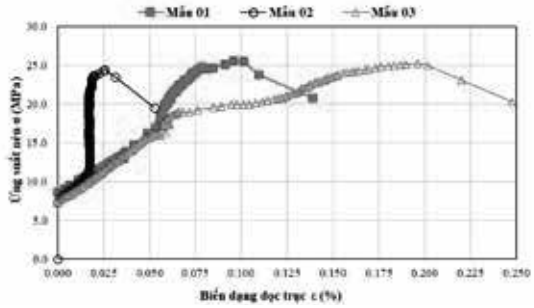


Hình 7. Kết quả thí nghiệm mẫu trên phần mềm

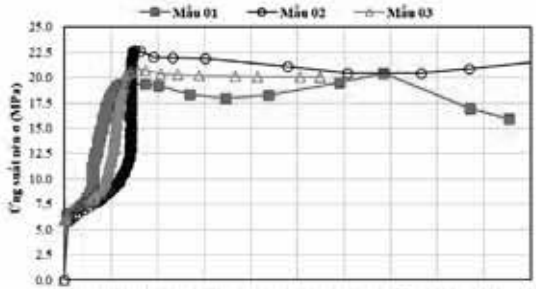
Hình 8. Mẫu bị phá hủy ở trạng thái khô

Hình 9. Mẫu bị phá hủy ở trạng thái bão hòa

Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi được thể hiện qua Hình 10, 11 và Bảng 1.



Hình 10. Tương quan biến dạng dọc trục và ứng suất nén của mẫu ở trạng thái khô



Hình 11. Tương quan biến dạng dọc trục và ứng suất nén của mẫu ở trạng thái bão hòa

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi mẫu đá san hô

Tên mẫu	Mô đun đàn hồi (Pa)	
	Trạng thái khô	Trạng thái bão hòa
01	13432	17373
02	18488	13477
03	17278	17266
Giá trị mô đun đàn hồi trung bình	16399	16039

3. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU SAN HÔ LÀM CỐT LIỆU LỚN

3.1. Theo nghiên cứu đã công bố

Theo R. A. Arumugam và K. Ramamurthy [5], các tính chất cơ học của cốt liệu đá san hô và cốt liệu thông thường (đá granit nghiền) đã được khảo sát, theo quy trình nêu trong IS 2386 (tương đương với BS 812 và ASTM C 289-87 và ASTM C 88-83) và được so sánh trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh tính chất cơ học của cốt liệu san hô và cốt liệu thường theo [5]

Vật liệu	Đặc điểm vật liệu	Đá San hô	Đá granit nghiền
1	Khối lượng thể tích: kg/m^3		
	a) Bão hòa nước	1013	1500
	b) Khô	920	1373
2	Độ rỗng: %		
	a) Bão hòa nước	52	47
	b) Khô	56	51
3	Modun độ lớn		
4	Khối lượng riêng	2,09	2,82
5	Độ hút nước	5,91	0,29
6	Độ phồng cát: lớn nhất %		
7	Chỉ số bong tróc: %	15,62	32
8	Chỉ số kéo dài: %	38	25
9	Độ ổn định: phần trăm vượt qua (5 chu kì sử dụng dung dịch magie sunphat khan)	0,67	6
10	Giá trị nghiền: %	54	26
11	Giá trị tác động: %	32,04	14,63
12	Giá trị mài mòn: %	42,94	14,63

Độ hút nước trong cốt liệu san hô cao hơn so với cốt liệu thông thường. Sự khác biệt có thể là do tính chất xốp của vật liệu gây ra bởi vô số lỗ rỗng và khoang cực nhỏ trong đá san hô.

Nhìn chung, khối lượng riêng (điều kiện bão hòa bề mặt khô) của cốt liệu san hô thấp hơn so với cốt liệu thông thường. Khối lượng riêng thấp hơn của đá san hô là do các lỗ rỗng không thấm nước và đặc tính này dẫn đến bê tông có tỷ trọng tương đối thấp, đây là một lợi thế bổ sung khi được sử dụng trong xây dựng bê tông nguyên khối cho các tòa nhà thấp tầng.

3.2. Thí nghiệm xác định tính chất cơ học của cốt liệu lớn làm bê tông san hô

Cốt liệu lớn trong nghiên cứu này là sản phẩm xay nghiền được phối trộn chủ động các nhóm hạt để đảm bảo thành phần hạt đáp ứng yêu cầu theo tiêu chuẩn quy định (Hình 12). Về nguồn gốc, cốt liệu thô được xay nghiền ngẫu nhiên từ đá san hô gốc (khối lớn) hoặc xác san hô dạng cành nhánh. Các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu thô được đảm bảo theo tiêu chuẩn quy định (TCVN 7570:2006) đối

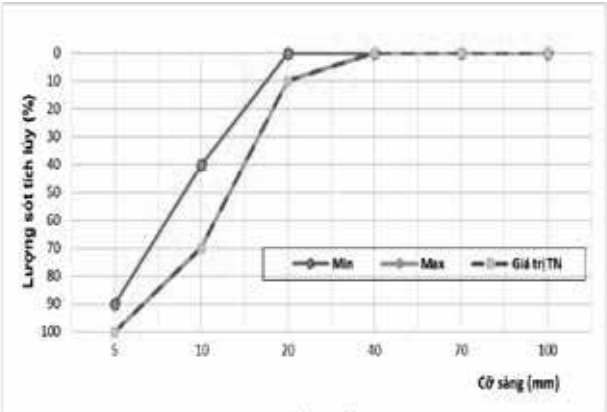
với cốt liệu dùng cho bê tông xi măng. Kết quả được thể hiện trong Bảng 3 và Hình 13.

Hình 12. Đá san hô 1x2

So sánh với các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy các chỉ tiêu cơ lý như hình dạng và trạng thái bề mặt hạt, độ lớn hạt, thành phần hạt hoàn toàn có thể kiểm soát thông qua việc tác động lên quá trình sản xuất cốt liệu với công nghệ gia công phù hợp; giúp thu được hỗn hợp cốt liệu có các chỉ tiêu cơ lý đáp ứng với tiêu chuẩn quy định đối với cốt liệu dùng cho bê tông xi măng.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của đá san hô 1x2

Kích thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót tích lũy trên từng sàng (%)		
	TCVN 7570:2006		Đá san hô 1x2
	Min	Max	
5	90	100	100
10	40	70	70
20	0	10	10
40	0	0	0
70	0	0	0
100	0	0	0



Hình 13. Đường cong cấp phối của đá san hô 1x2

Đường cong cấp phối cho thấy đá san hô dùng trong thử nghiệm thuộc nhóm đá 1x2. Đá có thể dùng chế tạo bê tông cấp từ B15 đến B25.

4. KẾT LUẬN

Độ hút nước trong cốt liệu san hô cao hơn so với cốt liệu thông thường. Nhìn chung, khối lượng riêng (điều kiện bão hòa bề mặt khô) của cốt liệu san hô thấp hơn so với cốt liệu thông thường. Kết quả tương quan biến dạng dọc trục - ứng suất nén mẫu và bảng tổng hợp kết quả cho thấy:

- Mô đun đàn hồi trung bình của đá san hô ở trạng thái khô: E=16,399MPa
- Mô đun đàn hồi trung bình của đá san hô ở trạng thái bão hòa: E=16,039Mpa.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành với sự giúp đỡ của Phòng thí nghiệm Vật liệu xây dựng/Bộ môn CSKTCT/Viện KTCTĐB/ Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. P.A. Howdyshell, (1974), "The use of coral as an aggregate for portland cement concrete structures", National Technical Information Service.

[2]. John G. Dempsey, (1951), "Coral and Salt Water as Concrete Materials", Journal Proceedings, 157-166.

[3]. Narver, D. L. (1964), "Good concrete made with coral and water", Civil Engineering, 24, 654-658.

[4]. Rick A. Ehlert, (1991), "Coral Concrete at Bikini Atoll", Concrete International, 13, 19-24.

[5]. R. A. Arumugam, K. Ramamurthy, (1996), "Study of compressive strength characteristics of coral aggregate concrete", Magazine of Concrete Research, (176).

[6]. Nishida Takahiro, et al, (2003), "Study on strength and permeability of concrete using low quality coarse aggregates from circum-pacific region", Doboku Gakkai Ronbunshu, (746), 103-114.

[7]. Lu, Bo, and Yuanbo Liang, (1993), "Experimental study of concrete prepared with coral reef and sea water", Marine science bulletin/Haiyang Tongbao, 12, (5), 69-74.

[8]. Ngô Ngọc Thủy, Vũ Đình Lợi, Đinh Quang Trung, (2021), "Nghiên cứu sử dụng cốt liệu san hô thay thế một phần cốt liệu thông thường trong sản xuất bê tông xi măng", Tạp chi Vật liệu & Xây dựng, 03/2021, 05 - 09.

[9]. Nguyễn Xuân Bàng, Nguyễn Trí Tá, Trần Văn Cương, Phạm Anh Vũ, Lê Hải Dương, (2023), "Xác định tính chất cơ học của vật liệu san hô sử dụng làm cốt liệu bê tông", Tạp chí Xây dựng, số tháng 9/2023, 87-81.

[10]. TCVN 10321:2014, (2014), "Đá xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm, độ hút nước trong phòng thí nghiệm".

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Áp dụng vật liệu xanh trong xây dựng thông qua mua sắm xanh: Tổng quan PRISMA giai đoạn 2009-2025

Adoption of green materials in construction through green procurement: A PRISMA systematic review 2009-2025

> TRẦN MINH LONG[1,3], THS TRẦN TUẤN KIỆT[2,*], TS ĐẶNG NGỌC CHÂU[3]
[1]Viện sau Đại học, Trường Đại học Văn Lang TP.HCM
[2]Khoa Xây dựng, Trường Đại học Công nghệ TP.HCM; [*]Email: tt.kiet@hutech.edu.vn
[3]Khoa Xây dựng, Trường Công nghệ Văn Lang (VLTech), Trường Đại học Văn Lang, TP.HCM

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tổng hợp có hệ thống bằng chứng quốc tế về mức chấp nhận vật liệu xanh (VLX) trong xây dựng thông qua mua sắm xanh, áp dụng quy trình PRISMA 2020 để sàng lọc, phân loại và kiểm tra 68 bài báo giai đoạn 2009-2025. Phần lớn là bài trên tạp chí bình duyệt, phản ánh độ tin cậy phương pháp và sự phù hợp chủ đề. Kết quả cho thấy các cơ chế trọng yếu của mua sắm xanh (MSX) từ chính sách và thiết kế hồ sơ mời thầu theo yêu cầu kỹ thuật theo hiệu năng, đến đánh giá theo giá trị vòng đời với sự hỗ trợ của tuyên bố sản phẩm môi trường (EPD), đánh giá vòng đời (LCA) và chi phí vòng đời (LCC), cùng điều khoản hợp đồng và xác minh-tác động đáng kể đến việc ưu tiên vật liệu phát thải thấp. Các thực hành nổi bật gồm chuẩn hóa dữ liệu vòng đời, tăng trọng số môi trường trong chấm thầu và tham vấn thị trường, nhà cung ứng có cấu trúc, qua đó tăng minh bạch và khuyến khích đổi mới. Nghiên cứu này, đề xuất một cơ chế liên kết các đòn bẩy của MSX với chuỗi tác động dẫn đến việc chấp nhận VLX. Cơ chế này làm rõ vai trò trung gian của dữ liệu vòng đời sản phẩm và mức độ các tiêu chí môi trường trong quá trình ra quyết định. Thêm vào đó, nghiên cứu xây dựng một khung chỉ báo để đánh giá tác động của MSX đối với việc chấp nhận VLX, đồng thời gợi ý một bộ công cụ kiểm định bao gồm phương pháp Delphi, EFA, CFA hay SEM nhằm chuẩn hóa quy trình đo lường và thẩm định.

Từ khóa: Mua sắm xanh, vật liệu xanh, đánh giá vòng đời, chi phí vòng đời, trọng số môi trường, yêu cầu kỹ thuật theo hiệu năng, xây dựng bền vững.

ABSTRACT

This study systematically synthesizes international evidence on the level of adoption of green materials in construction through green procurement, applying the PRISMA 2020 procedure to screen, classify and appraise 68 articles for the 2009–2025 period. Most of them are peer-reviewed journal papers, reflecting methodological reliability and topical relevance. The findings show that the core mechanisms of GP from policy and tender design with performance-based technical specifications to value-based evaluation supported by environmental product declaration (EPD), life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC), together with contractual clauses and verification exert a significant influence on the prioritization of low-emission materials. Prominent practices include standardizing life-cycle data, increasing environmental weightings in bid evaluation and conducting structured market/ supplier consultation, thereby enhancing transparency and encouraging innovation. Theoretically, this study proposes a mechanism linking GP levers to the causal chain that leads to the adoption of green materials, clarifying the mediating role of life-cycle data and the levels of environmental criteria in decision-making. Practically, an indicator framework is also developed to assess the impact of GP on the adoption of green materials and recommends a validation toolkit (Delphi, EFA, CFA or SEM) to standardize measurement and appraisal procedures.

Keywords: Green procurement, green materials, life-cycle assessment, life-cycle costing, environmental weighting, performance-based technical specification, sustainable construction.

1. GIỚI THIỆU

MSX là công cụ phía cầu giúp đưa tiêu chí vòng đời vào lựa chọn VLX, chuyển trọng tâm từ chi phí ban đầu sang giá trị vòng đời và dựa trên các công cụ như tuyên bố sản phẩm, đánh giá vòng đời và chi phí vòng đời (Sanchez & cộng sự, 2014; Ortega Carrasco & cộng sự, 2024). Khi yêu cầu kỹ thuật theo hiệu năng được thiết kế nhất quán và gắn chặt với điều khoản hợp đồng, MSX có thể thúc đẩy đổi mới vật liệu - công nghệ trong chuỗi cung ứng, kể cả với các dòng vật liệu phát thải cao như xi măng gắn thu giữ - lưu giữ carbon (Sanchez & cộng sự, 2014; Stokke & cộng sự, 2022).

Tuy nhiên, triển khai MSX vẫn bị giới hạn bởi chi phí đầu tư, năng lực dữ liệu - kỹ thuật và thiếu chuẩn liên thông, khiến cơ chế xác minh nguồn gốc VLX và việc áp dụng chúng vào các dự án xây dựng trở nên hạn chế và không đồng đều (Sanchez & cộng sự, 2014; Vejaratnam & cộng sự, 2020; Ortega Carrasco & cộng sự, 2024). Tại Việt Nam, các nghiên cứu gần đây cũng cho thấy VLX được nhìn nhận là giải pháp quan trọng cho giảm phát thải và sức khỏe cộng đồng, nhưng mức độ áp dụng còn thấp do rào cản chi phí, nhận thức và thiếu hỗ trợ chính sách (Lê & cộng sự, 2025).

Trên nền đó, nghiên cứu này tập trung làm rõ chuỗi "yếu tố - cơ chế - kết quả" trong chấp nhận VLX, định lượng vai trò của đặc tả theo hiệu năng, dữ liệu vòng đời, trọng số môi trường trong chấm thầu và các cơ chế xác minh - đối thoại thị trường, đồng thời đề xuất bộ chỉ báo và quy trình kiểm định có thể tái lập cho đo lường - thẩm định (Sanchez & cộng sự, 2014; Stokke & cộng sự, 2022). Từ đó, thúc đẩy MSX và ứng dụng VLX trong các dự án xây dựng, đặc biệt là các dự án cao tầng, tại Việt Nam.

2. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

2.1. Định nghĩa VLX

Trong bối cảnh MSX, VLX được hiểu là phương án vật liệu có tác động vòng đời thấp và/hoặc dùng tài nguyên hiệu quả hơn so với lựa chọn thay thế. Để đánh giá công bằng, hồ sơ mời thầu cần yêu cầu tuyên bố sản phẩm môi trường (EPD) kèm đánh giá vòng đời (LCA) và chi phí vòng đời (LCC), ưu tiên thể hiện dưới dạng đặc tả theo hiệu năng (Sanchez & cộng sự, 2014; Shooshtarian & cộng sự, 2022; Stokke & cộng sự, 2022). Cách tiếp cận này bao trùm các nhóm VLX chính như: vật liệu phát thải thấp (kể cả có thu giữ, lưu giữ carbon), vật liệu tái sử dụng tái chế từ chất thải xây dựng phá dỡ, vật liệu sinh học tái tạo và giải pháp nâng hiệu suất vận hành (Sanchez & cộng sự, 2014; Shooshtarian & cộng sự, 2022). Trong điều kiện Việt Nam, bằng chứng thực nghiệm cho thấy chi phí đầu tư ban đầu vẫn là rào cản nổi bật khi áp dụng công trình xanh, làm tăng áp lực vốn và rủi ro tài chính cho chủ đầu tư (Trần & Phạm, 2024).

2.2. Cơ chế tác động theo 5 miền của quy trình mua sắm

Bằng chứng trong tài liệu cho thấy chuỗi cơ chế của MSX vận hành qua 5 miền liên kết. Trước hết, chính sách thể chế tạo sức cầu và chuẩn mực thị trường cho tiêu chí môi trường. Kế đến, hồ sơ mời thầu chuyển từ chỉ định sang đặc tả theo hiệu năng, kèm yêu cầu EPD, LCA và LCC như căn cứ dữ liệu. Khâu đánh giá trao thầu áp dụng logic giá trị vòng đời, trong đó trọng số môi trường cần đủ lớn để phản ánh lợi ích phát thải thấp. Sau khi trao thầu, điều khoản hợp đồng và cơ chế xác minh duy trì tính ràng buộc thông qua chỉ số môi trường và kiểm chứng EPD. Cuối cùng, tương tác thị trường dữ liệu (đối thoại sớm, phát triển nhà cung ứng, kết nối mô hình thông tin công trình (BIM) với LCA - EPD) gia tăng minh bạch và khả năng truy xuất (Ortega Carrasco & cộng sự., 2024; Sanchez & cộng sự, 2014; Shooshtarian & cộng sự., 2022; Radicic & Jackson, 2025; Stokke & cộng sự., 2022). Điều này phù hợp với khuyến nghị từ các nghiên cứu trong nước về công trình xanh, khi kết quả phân tích chi phí - vốn đầu tư cho thấy cần đa dạng hóa các công cụ hỗ trợ tài chính nếu muốn mở rộng áp dụng tiêu chuẩn công trình xanh trong điều kiện thị trường Việt Nam (Trần & Phạm, 2024).

2.3. Các nghiên cứu liên quan

Tại châu Âu, ở cấp độ doanh nghiệp, khi tiêu chí môi trường được lồng ghép nhất quán vào chấm thầu và giám sát, MSX có thể thúc đẩy đổi mới xanh và nâng hiệu quả sử dụng tài nguyên (Radicic & Jackson, 2025). Tổ hợp đặc tả theo hiệu năng, EPD, LCA/LCC và đánh giá theo giá trị vòng đời giúp chuyển trọng tâm từ chi phí ban đầu sang lợi ích vòng đời, đồng thời tăng minh bạch và khả năng truy xuất dữ liệu trong cả giai đoạn đấu thầu và thực thi hợp đồng (Sanchez & cộng sự, 2014; Ortega Carrasco & cộng sự, 2024).

Ở chiều chuỗi cung ứng, việc tham gia sớm của nhà cung ứng thượng nguồn là điều kiện để triển khai vật liệu phát thải thấp (như xi măng gắn thu giữ - lưu giữ carbon) và giảm rủi ro tích hợp, trong khi chính sách chất thải xây dựng, phá dỡ theo hướng tuần hoàn cho thấy tiềm năng nâng tỷ lệ tái sử dụng, tái chế ở quy mô dự án và địa phương (Stokke & cộng sự, 2022; Shooshtarian & cộng sự, 2022).

2.4. Khoảng trống nghiên cứu

Có 2 nhóm khoảng trống nổi bật là đo lường "liều lượng công cụ" và làm rõ cơ chế trung gian - điều tiết. Về đo lường, tài liệu hiện chưa thống nhất ngưỡng và trọng số môi trường tối ưu trong đánh giá theo giá trị vòng đời cho từng nhóm VLX, cũng như thiếu bằng chứng so sánh khi thay đổi mức yêu cầu EPD, độ sâu LCA/LCC hay mức chi tiết của đặc tả theo hiệu năng (Sanchez & cộng sự, 2014; Radicic & Jackson, 2025). Về cơ chế, mối liên hệ giữa năng lực thượng nguồn (năng lực nhà cung ứng, độ tin cậy EPD, mức sẵn có LCA) với mức chấp nhận VLX ở cấp dự án và cơ quan mua sắm vẫn hiếm nghiên cứu kiểm định vai trò trung gian và điều tiết (Stokke & cộng sự, 2022; Ortega Carrasco & cộng sự, 2024). Ngoài ra, cơ sở dữ liệu EPD - LCA bản địa và quy trình kết nối BIM - LCA - EPD xuyên suốt từ hồ sơ mời thầu đến hợp đồng vẫn là khoảng trống thực chứng quan trọng cho mục tiêu kiểm chứng và giám sát trong suốt vòng đời dự án (Shooshtarian & cộng sự, 2022).

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu tuân thủ hướng dẫn PRISMA 2020 cho giai đoạn 2009-2025 trong lĩnh vực xây dựng và hạ tầng, ưu tiên bài tiếng Anh và bổ sung bài tiếng Việt khi có toàn văn. Tư liệu được lấy từ bộ bài báo do nhóm nghiên cứu tổng hợp, loại trùng lặp theo DOI, tiêu đề, tác giả và năm; các nhà xuất bản và cơ sở dữ liệu dùng để truy vấn được liệt kê ở Bảng 1 nhằm bảo đảm khả năng lặp lại tìm kiếm (Badi & Murtagh, 2019; Vejaratnam & cộng sự, 2020). Bằng chứng được mã hóa theo 5 miền MSX gồm: quản trị - chính sách, yêu cầu kỹ thuật theo hiệu năng, đánh giá theo giá trị vòng đời dựa trên EPD/LCA/LCC, hợp đồng - xác minh và tương tác thị trường - dữ liệu (Sanchez & cộng sự, 2014; Vejaratnam & cộng sự, 2020; Shooshtarian & cộng sự, 2022). Các câu hỏi nghiên cứu tập trung vào tác động của các miền này đối với mức chấp nhận VLX và các kết quả về đổi mới, tuần hoàn chất thải xây dựng - phá dỡ và phát thải hàm chứa. Chỉ các bài báo bình duyệt được đưa vào phân tích; quá trình sàng lọc được thực hiện theo hình thức sàng lọc đôi, với lưu đồ PRISMA ghi rõ lý do loại trừ. Dữ liệu được trích xuất theo biểu mẫu thí điểm, đánh giá chất lượng dựa trên mức độ minh bạch của thiết kế nghiên cứu, độ tin cậy của đo lường và kiểm soát thiên lệch. Sau đó, bằng chứng được tổng hợp theo hình thức tường thuật (thematic synthesis) dựa trên 5 miền MSX, kèm theo các phân tích phân tầng theo công cụ, khu vực, dòng vật liệu và mức độ tham gia thượng nguồn, đồng thời ghi nhận các hạn chế liên quan đến dị biệt thước đo và sự thiếu hụt bằng chứng từ phía cung (Ma & cộng sự, 2021; Stokke & cộng sự, 2022; Radicic & Jackson, 2025).

Bảng 1. Các nhà xuất bản/ cơ sở dữ liệu tìm kiếm

STT	Nhà xuất bản	Liên kết
1	ASCE	https://ascelibrary.org
2	Elsevier	https://www.sciencedirect.com
3	Emerald	https://www.emerald.com/insight
4	Springer	https://link.springer.com
5	Taylor & Francis	https://www.tandfonline.com
6	Wiley	https://onlinelibrary.wiley.com

4. KẾT QUẢ TỔNG QUAN TÀI LIỆU

4.1. Quy mô và phạm vi nghiên cứu

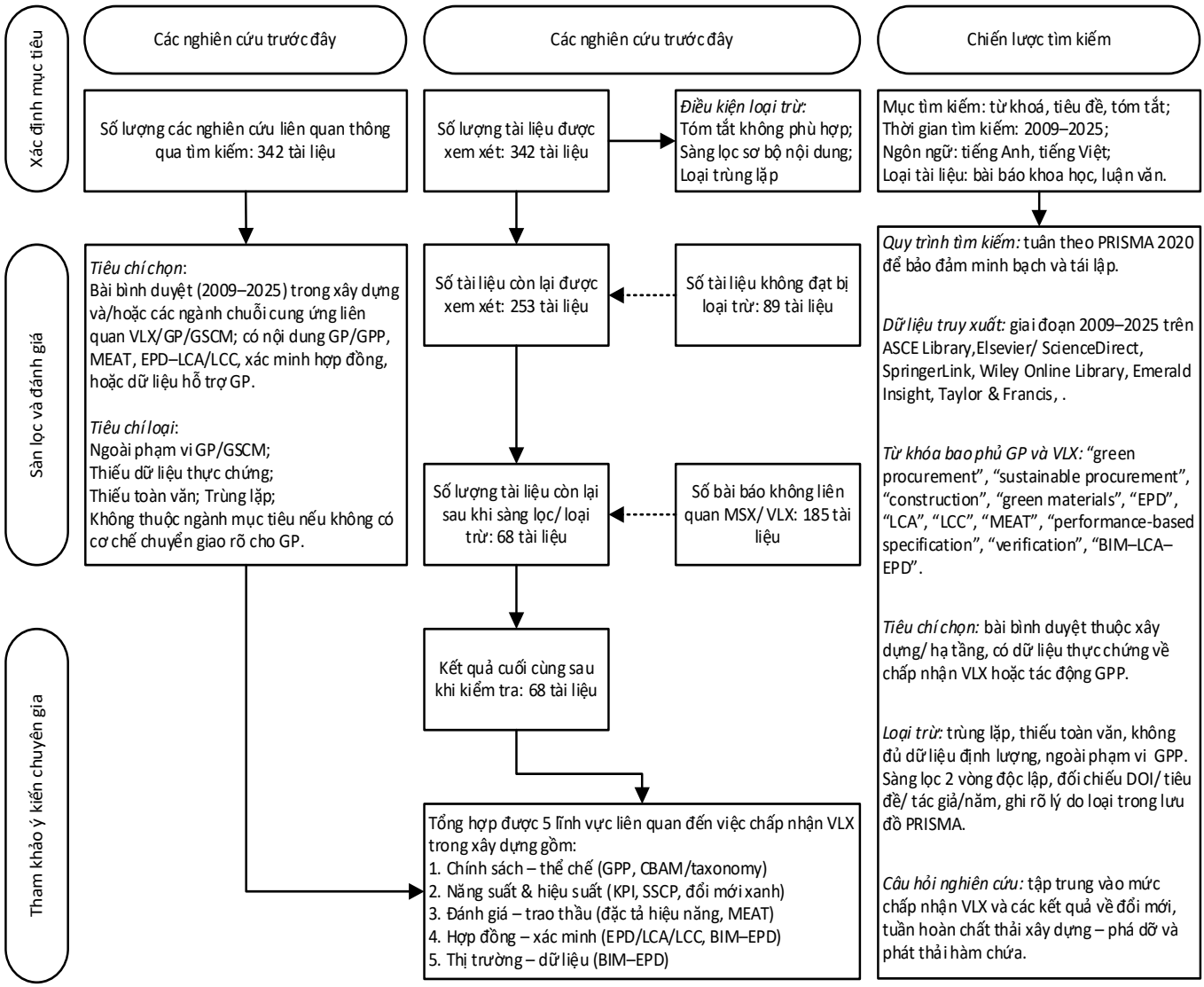
Bộ dữ liệu gồm 68 bài về VLX, tuyển chọn theo PRISMA 2020 và minh họa ở Hình 1, cùng với kiểm tra dữ liệu lớn để bảo đảm minh bạch và khả năng tái lập. Nội dung tổng hợp quy chiếu về 5 mắt xích của MSX gồm: (i) chính sách - thể chế, (ii) hồ sơ mời thầu với yêu cầu kỹ thuật theo hiệu năng, (iii) đánh giá - trao thầu theo giá trị vòng đời với trọng số môi trường đủ lớn, (iv) điều khoản hợp đồng - xác minh và (v) thị trường - dữ liệu (Sanchez & cộng sự, 2014; Vejaratnam & cộng sự, 2020; Shooshtarian & cộng sự, 2022; Ahmed & cộng sự, 2024).

Có 4 dòng VLX trọng yếu được theo dõi gồm: xi măng/bê tông carbon thấp, VLX từ chất thải xây dựng - phá dỡ, VLX hiệu suất cao và VLX sinh học - tái tạo (Sanchez & cộng sự, 2014; Shooshtarian & cộng sự, 2022; Stokke & cộng sự, 2022). Phân bố theo thời gian, địa lý, loại hình công bố và phương pháp thể hiện ở Bảng 2.

4.2. Xu hướng theo thời gian

Trước năm 2018, nghiên cứu chủ yếu nhận diện rào cản chi phí, năng lực dữ liệu kỹ thuật và thiếu chuẩn bảo đảm chất lượng; thực hành EPD, LCA, LCC và xác minh sau trúng thầu còn mờ nhạt (Sanchez & cộng sự, 2014; Chan & cộng sự, 2018).

Kể từ năm 2018, quỹ đạo nghiên cứu và thực hành chuyển sang giai đoạn thiết kế và triển khai, tập trung vào đặc tả theo hiệu năng; bắt buộc EPD, LCA và LCC; đánh giá theo giá trị vòng đời; và gắn kết dữ liệu vòng đời với quản lý hợp đồng, đồng thời khuyến khích sự tham gia sớm của nhà cung ứng đối với các vật liệu phát thải thấp, chẳng hạn như xi măng gắn công nghệ thu giữ và lưu giữ carbon (Shooshtarian & cộng sự, 2022; Stokke & cộng sự, 2022; Ahmed & cộng sự, 2024)



Hình 1. Sơ đồ quy trình thực hiện PRISMA

Bảng 2. Thống kê theo thời gian, địa lý, loại hình và phương pháp

Nhóm	Danh mục	Số lượng	Tỷ lệ	Ghi chú
Thời gian	Giai đoạn Paris Agreement (2013-2016)	2	2,94%	Sau COP21, MSX gắn chỉ tiêu khí hậu; LCA/ EPD bắt đầu lồng ghép.
	Tiền đại dịch & khởi động European Green Deal (2017-2019)	10	14,71%	Tiền đề EGD; MSX mở rộng tiêu chí hiệu năng và dữ liệu vòng đời.
	Cú sốc COVID-19 (2020-2021)	6	8,82%	Đứt gãy chuỗi cung ứng; MSX ưu tiên linh hoạt, số hoá và bảo đảm nguồn.
	Khủng hoảng năng lượng & REPowerEU/CBAM (2022-2025)	50	73,53%	Giá năng lượng cao; MSX nhấn mạnh vật liệu thấp carbon và truy xuất.
Địa lý	Quốc tế	61	89,71%	Tổng hợp đa bối cảnh; chuẩn hoá tiêu chí MSX, so sánh chính sách và công cụ.
	Việt Nam	7	10,29%	Bối cảnh hoá MSX; dữ liệu EPD/ LCA nội địa phát triển; áp lực chi phí đáng kể.
Loại hình	Tạp chí học thuật	66	97,06%	Bằng chứng học thuật chiếm ưu thế; xu hướng định lượng (PLS-SEM/ SEM, SLR) tăng nhanh.
	Kỷ yếu hội nghị	2	2,94%	Nghiên cứu tình huống/ khái niệm; phản ánh nhanh chủ đề mới hỗ trợ MSX.

4.3. Chủ đề, khoảng trống và hàm ý

Bằng chứng quy tụ quanh 6 cụm gồm: rào cản hoặc động lực VLX; phát triển nhà cung cấp và chuỗi cung ứng bền vững; tích hợp VLX hồ sơ mời thầu - hợp đồng; số hóa BIM - LCA - EPD; đổi mới xanh và hiệu suất môi trường; chính sách - thể chế - khuyến khích tài chính. Tổ hợp **hiệu năng + LCA hoặc LCC + trọng số môi trường** cho phép đo lường và xác minh ở cấp gói thầu, hiệu lực tăng khi có dữ liệu vòng đời tin cậy và tham gia sớm của nhà cung ứng (Sanchez & cộng sự, 2014; Shooshtarian & cộng sự, 2022; Stokke & cộng sự, 2022; Ahmed & cộng sự, 2024).

Ở châu Âu, MSX gắn với đổi mới sản phẩm hoặc quy trình và hiệu quả tài nguyên, có tác động trung gian bởi hỗ trợ quản trị (Ma & cộng sự, 2021; Radicic & Jackson, 2025).

5. THẢO LUẬN

Trong khu vực công, lựa chọn VLX thường vận hành theo chuỗi: năng lực tổ chức (quản trị, nhân sự, quy trình, công nghệ) → dữ liệu vòng đời đáng tin cậy (tuyên bố sản phẩm môi trường, đánh giá vòng đời, chi phí vòng đời) → đặc tả theo hiệu năng, chào thầu hiệu quả kinh tế nhất với trọng số môi trường và các điều khoản xác minh → quyết định mua sắm vật liệu phát thải thấp và khuyến khích đổi mới (Sanchez & cộng sự, 2014; Stokke & cộng sự, 2022; Ahmed & cộng sự, 2024). Rào cản phổ biến gồm: chi phí ban đầu cao, thiếu ưu đãi, hạn chế năng lực kỹ thuật - dữ liệu và thiếu chuẩn - liên thông phần mềm, khiến dòng thông tin vòng đời bị đứt đoạn, nhất là ở bối cảnh đang phát triển (Shooshtarian & cộng sự, 2022; Chan & cộng sự, 2018). Hiệu lực thực thi tăng rõ khi yêu cầu theo hiệu năng, dữ liệu vòng đời và cơ chế xác minh được lồng ghép nhất quán từ hồ sơ mời thầu đến chấm thầu - hợp đồng, đồng thời có đối thoại thị trường sớm và chương trình phát triển nhà cung ứng (Sanchez & cộng sự, 2014; Stokke & cộng sự, 2022). Dòng nghiên cứu về chuỗi cung ứng xanh và công nghệ số khẳng định hạ tầng dữ liệu là điều kiện cần cho truy xuất, minh bạch và kiểm chứng, từ đó tạo nền cho các đòn bẩy mua sắm công xanh vận hành (Badi & Murtagh, 2019; Do & cộng sự, 2025; Md Al Amin & cộng sự, 2025).

Từ đây, cơ quan mời thầu nên chuẩn hóa quy trình - dữ liệu, bắt buộc tuyên bố sản phẩm môi trường, đánh giá vòng đời, chi phí vòng đời, áp dụng chào thầu hiệu quả kinh tế nhất với trọng số môi trường minh bạch và thiết lập bộ chỉ số xác minh; doanh nghiệp và nhà cung ứng cần hoàn thiện minh chứng vòng đời và thí điểm truy xuất số; về học thuật, khung tích hợp giữa chuỗi cung ứng xanh, mua sắm công xanh, mô hình thông tin công trình và công nghệ số cho phép kiểm định vai trò trung gian của dữ liệu vòng đời và đo lường ngưỡng, trọng số môi trường theo nhóm vật liệu ở cấp dự án (Ma & cộng sự, 2021; Radicic & Jackson, 2025).

Bảng 3 dưới đây tóm lược các nguồn tiêu biểu và **đối chiếu** chúng với **4 miền năng lực tổ chức** (quản trị, con người, quy trình, công nghệ) cùng **đòn bẩy MSX** (HSMT/đặc tả theo hiệu năng, MEAT/LCA/LCC, điều khoản hợp đồng - xác minh, thị trường - dữ liệu), qua đó minh họa cách bằng chứng thực nghiệm liên kết thiết kế công cụ với kết quả chấp nhận VLX. Nhìn chung, không có một đòn bẩy MSX đơn lẻ nào đủ để thúc đẩy chấp nhận VLX nếu các miền năng lực tổ chức chưa được củng cố đồng thời, đặc biệt là năng lực dữ liệu - quy trình và quản trị đổi mới. Sự giao thoa giữa các nghiên cứu về chuỗi cung ứng xanh, BIM và chuỗi khối gợi ý rằng hạ tầng dữ liệu và cơ chế minh bạch hóa thông tin có thể đóng vai trò "nền tảng chung" cho việc thiết kế và vận hành các công cụ MSX (Badi & Murtagh, 2019; Do & cộng sự, 2025; Md Al Amin & cộng sự, 2025).

Bảng 3. Kết quả đối chiếu với miền năng lực chủ đạo và đòn bẩy MSX liên quan

Nghiên cứu trong bộ tài liệu	Trọng tâm và bối cảnh	Phương pháp chính	Kết luận chính	Liên hệ với kết quả hiện tại	Miền năng lực chủ đạo	Đòn bẩy MSX liên quan
Badi & Murtagh (2019). *Green supply chain management in construction…*	Chuỗi cung ứng xanh; lập bản đồ chủ đề và chương trình nghiên cứu	Tổng quan hệ thống	Xác lập ba trụ cột: tích hợp chuỗi, quản trị nhà cung cấp, đo lường hiệu quả môi trường; gợi ý lộ trình nghiên cứu	Nền tảng để thiết kế tiêu chí/KPI trong MSX; củng cố miền Quản lý-Quy trình	Quản lý; Quy trình	HSMT/đặc tả; KPI hợp đồng; dữ liệu
Ahmed, O'Donoghue, & McGetrick (2024). *Green public procurement in construction…*	MSX trong xây dựng; động lực -rào cản, cơ chế thực thi	Tổng quan hệ thống	Khuyến nghị nhúng EPD, LCA/LCC, cơ chế xác minh xuyên suốt; chuyển từ "giá thấp nhất" sang giá trị vòng đời	Tăng hiệu lực MEAT và điều khoản kiểm chứng; liên đới Quy trình-Quản lý	Quy trình; Quản lý	MEAT; EPD/LCA/LCC; điều khoản xác minh

Chan, Darko, Olanipekun, & Ameyaw (2018). *Critical barriers… Ghana*	Rào cản áp dụng công nghệ xanh ở bối cảnh đang phát triển	Khảo sát định lượng	Rào cản trội: chi phí, thiếu năng lực, thiếu chuẩn/QA; cần chuẩn hóa và đầu tư năng lực	Ưu tiên can thiệp chuẩn-đào tạo-QA; nhấn mạnh Quy trình-Con người	Quy trình; Con người	Đặc tả/HSMT; điều kiện năng lực; QA/QC hợp đồng
Tran Tuan Kiet (2024). *Problematic issues emerging during BIM implementation…*	Vấn đề khi triển khai BIM ở tổ chức xây dựng	Delphi & khảo sát	Thiếu chuẩn dữ liệu, giới hạn phần mềm, năng lực số và hỗ trợ quản lý gây sai-sửa-làm lại	Đề xuất lộ trình chuẩn hóa-đào tạo-quản trị đổi mới; bắt mạch Công nghệ-Con người	Công nghệ; Con người	Yêu cầu dữ liệu BIM-EPD; điều khoản bàn giao/kiểm toán dữ liệu
Do, Huang & Hoang (2025). *Blockchain adoption in green supply chains…*	Ứng dụng chuỗi khối trong GSCM	Mô hình hóa định lượng	Chuỗi khối tăng minh bạch, thúc đẩy đổi mới xanh nhờ truy xuất/ghi vết	Đề xuất "minh bạch hóa dữ liệu" là đòn bẩy Công nghệ-Quy trình trong MSX	Công nghệ; Quy trình	Truy xuất dữ liệu; điều khoản minh bạch/báo cáo
Md Al Amin, Baldacci, & Kerbache (2025). *Blockchain-based GSCM framework…*	Khung quản trị chuỗi khối cho thực hành bền vững	Xây dựng khung/đề xuất	Thiết kế module truy xuất và phát thải tích hợp; khuyến nghị lộ trình triển khai	Gợi ý kiến trúc dữ liệu cho VLX; hỗ trợ chấm theo giá trị vòng đời	Công nghệ; Quản lý	EPD/LCA dữ liệu; điều khoản báo cáo/kiểm toán

Đặc biệt, ở những bối cảnh đang phát triển như Việt Nam, cách tiếp cận hợp lý hơn là triển khai lộ trình từng bước: chuẩn hóa dữ liệu và quy trình nội bộ, sau đó mới mở rộng sang yêu cầu đặc tả theo hiệu năng, MEAT dựa trên LCA/LCC và các cơ chế truy xuất số ở cấp chuỗi cung ứng. Đồng thời, khung đối chiếu trong Bảng 3 cũng cung cấp một cơ sở tham chiếu hữu ích để xây dựng bộ chỉ số đánh giá mức độ sẵn sàng tổ chức đối với MSX và ưu tiên các nhóm can thiệp chính sách - năng lực phù hợp với từng giai đoạn phát triển thị trường VLX.

6. KẾT LUẬN

Trong khu vực công, chấp nhận MSX thường vận hành theo chuỗi liên kết gồm: năng lực tổ chức (quản trị, nhân sự, quy trình, công nghệ) tạo nền cho dữ liệu vòng đời tin cậy (tuyên bố sản phẩm môi trường, đánh giá vòng đời, chi phí vòng đời). Từ dòng dữ liệu này, các công cụ MSX (yêu cầu kỹ thuật theo hiệu năng, chào thầu hiệu quả kinh tế nhất với trọng số môi trường, điều khoản xác minh) được thiết kế nhất quán, qua đó nâng xác suất lựa chọn và thúc đẩy đổi mới. Rào cản chính vẫn là chi phí ban đầu cao và thiếu ưu đãi, hạn chế năng lực dữ liệu - kỹ thuật, cùng thiếu chuẩn và liên thông phần mềm làm đứt mạch dữ liệu. Hiệu lực tăng rõ khi yêu cầu theo hiệu năng, EPD/LCA/LCC và cơ chế xác minh được "cài sâu" xuyên suốt hồ sơ mời thầu, chấm thầu và hợp đồng, đồng thời đi kèm đối thoại thị trường sớm và chương trình phát triển nhà cung cấp. Nỗ lực số hóa (mô hình thông tin công trình, phân tích dữ liệu, chuỗi khối) chỉ bền vững khi tuân theo lộ trình "chuẩn hóa trước, số hóa sau, xác minh đồng hành".

Trong bước tiếp theo, nghiên cứu cần lượng hóa trọng số môi trường tối ưu cho từng nhóm mua sắm, kiểm định quan hệ nhân - quả giữa các cấu phần MSX, mức sẵn sàng dữ liệu/ công nghệ và kết quả môi trường ở cấp dự án, đồng thời xây dựng cơ sở dữ liệu EPD/LCA bản địa tích hợp với mô hình thông tin công trình để thí điểm trọn vẹn lộ trình "chuẩn hóa - số hóa - xác minh" trong các gói thầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ahmed, M.Z., O'Donoghue, C., & McGetrick, P.J. (2024). Green public procurement in construction: A systematic review. Cleaner and Responsible Consumption, 15, 100234. https://doi.org/10.1016/j.clrc.2024.100234.

[2]. Al Amin, M., Baldacci, R., & Kerbache, L. (2025). Blockchain-based green supply chain management framework for sustainable practices in Bangladeshi RMG industries. Discover Sustainability, 6, 508. https://doi.org/10.1007/s43621-025-01196-8.

[3]. Badi, S. & Murtagh, N. (2019). Green supply chain management in construction: A systematic literature review and future research agenda. Journal of Cleaner Production, 223, 312–322. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.132 agris.fao.org

[4]. Chan, A.P.C., Darko, A., Olanipekun, A.O., & Ameyaw, E.E. (2018). Critical barriers to green building technologies adoption in developing countries: The case of Ghana. Journal of Cleaner Production, 172, 1067-1079. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.235.

[5]. Do, M.H., Huang, Y.F., & Hoang, T.T. (2025). Blockchain adoption in green supply chains: Analyzing key drivers, green innovation, and expected benefits. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 20(1), 39. https://doi.org/10.3390/jtaer20010039 DOAJ.

[6]. Kiet, T.T. (2024). Problematic issues emerging during BIM implementation process in construction organizations. Built Environment Project and Asset Management, 14(6), 892-913. https://doi.org/10.1108/BEPAM-06-2023-0097.

[7]. Trần, Q.B. & Phạm, Đ.T. (2024). Nghiên cứu về tác động của chi phí lên vốn đầu tư trong xây dựng công trình theo tiêu chuẩn công trình xanh. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng, 14(4), 130-136. https://doi.org/10.54772/jomc.04.2024.771.

[8]. Ma, Y., Liu, Y., Appolloni, A., & Liu, J. (2021). Does green public procurement encourage firm's environmental certification practice? The mediation role of top management support. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 28(5), 1002-1015. https://doi.org/10.1002/csr.2101.

[9]. Ortega Carrasco, P., Paz, E., & Torrecillas, C. (2025). Green public procurement as an effective way for sustainable development. Sustainable Development, 33(2), 2364-2391. https://doi.org/10.1002/sd.3234.

[10]. Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71.

[11]. Radicic, D. & Jackson, I. (2025). Effectiveness of green public procurement in stimulating green products and resource efficiency in SMEs. Business Strategy and the Environment. Advance online publication. https://doi.org/10.1002/bse.70102

[12]. Sanchez, A.X., Lehtiranta, L., Hampson, K.D., & Kenley, R. (2014). Evaluation framework for green procurement in road construction. Smart and Sustainable Built Environment, 3(2), 153-169. https://doi.org/10.1108/SASBE-05-2013-0028.

[13]. Shooshtarian, S., Maqsood, T., Wong, P.S.P., & Bettini, L. (2022). Application of sustainable procurement policy to improve the circularity of construction and demolition waste resources in Australia. Circular Economy and Sustainability. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s42824-022-00069-z.

[14]. Stokke, R.A., Kristoffersen, F.S., Stamland, M., Holmen, E., Hamdan, H., & De Boer, L. (2022). The role of green public procurement in enabling low-carbon cement with CCS: An innovation ecosystem perspective. Journal of Cleaner Production, 363, 132451. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132451.

[15]. Lê, N.L., Đinh, M.T., & Trần, T.M.H. (2025). Vai trò của vật liệu xanh trong bảo vệ môi trường và sức khỏe con người tại Việt Nam. Tạp chí Xây dựng và Đô thị - Học viện Chiến lược, Bồi dưỡng cán bộ Xây dựng và Đô thị.

[16]. Vejaratnam, N., Mohamad, Z.F., & Chenayah, S. (2020). A systematic review of barriers impeding the implementation of government green procurement. Journal of Public Procurement, 20(4), 451-471. https://doi.org/10.1108/JOPP-02-2020-0013.

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Phương pháp PSO dựa trên hàm thích nghi kết hợp RBFNN để dự đoán dao động chất lỏng trong bồn chứa chịu tải động đất

An adaptive RBF neural network optimized via particle swarm optimization for modeling liquid sloshing in seismic tank systems

> **BÙI PHẠM ĐỨC TƯỜNG**
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Việc dự đoán chính xác dao động sóng chất lỏng trong bể chứa khi chịu tải động đất có ý nghĩa rất lớn trong các ứng dụng kỹ thuật. Việc thiết lập các mô hình vật lý là một quá trình tốn kém và mất thời gian, các mô phỏng số phức tạp về mặt tính toán và có tính linh hoạt hạn chế. Hầu hết các phương pháp phân tích dựa trên các giả thuyết sóng chất lỏng dao động tuyến tính và bỏ qua các hiệu ứng biên đặc biệt là tương tác đa trường giữa chất lỏng và thành bể, trong khi đó các mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) truyền thống cũng gặp khó khăn trong việc dự đoán các hiện tượng phi tuyến. Để giải quyết những thách thức này, bài báo trình bày một phương pháp tối ưu hóa bầy đàn hạt (particle swarm optimization - PSO) dựa trên hàm thích nghi kết hợp mạng nơ-ron hàm cơ sở xuyên tâm (radial basis function neural network - RBFNN) để dự đoán chiều cao sóng và áp suất cực đại của sóng chất lỏng. Mô hình đề xuất được kiểm chứng dựa trên dữ liệu được thu thập từ các kết quả của nghiên cứu đi trước. Tính ưu việt của mô hình sau đó được xác minh thông qua dự đoán áp lực chất lỏng lớn nhất trong bể chứa T20x50 (19.9 kPa) ở nghiên cứu trước của tác giả so sánh với mô phỏng số (19.2 kPa).

Từ khóa: Sóng chất lỏng, bể chất lỏng chịu động đất, tối ưu hóa bầy đàn hạt, hàm cơ sở xuyên tâm.

ABSTRACT

Accurate prediction of liquid sloshing in a water tank under seismic loading is of great significance in engineering applications. Establishing physical models is costly and time-consuming, and numerical simulations are computationally intensive and have limited flexibility. Most analytical methods assume linear liquid sloshing and ignore boundary effects, particularly multi-field interactions between the fluid and the reservoir walls. In contrast, traditional artificial neural networks (ANNs) also struggle to predict nonlinear phenomena. To address these challenges, this paper presents a particle swarm optimization (PSO) method that combines an adaptive function with a radial basis function neural network (RBFNN) to predict wave height and peak pressure of fluid waves. Specifically, a new velocity formula, combined with an adaptive function, was designed and implemented to improve the global search capability of the PSO. The proposed model is validated using data from previous studies. The superiority of this model is then verified by predicting the maximum fluid pressure in a reservoir (Pmax = 19.9 *kPa*) in the previous study, which is higher than the numerical simulations (P = 19.2 *kPa*).

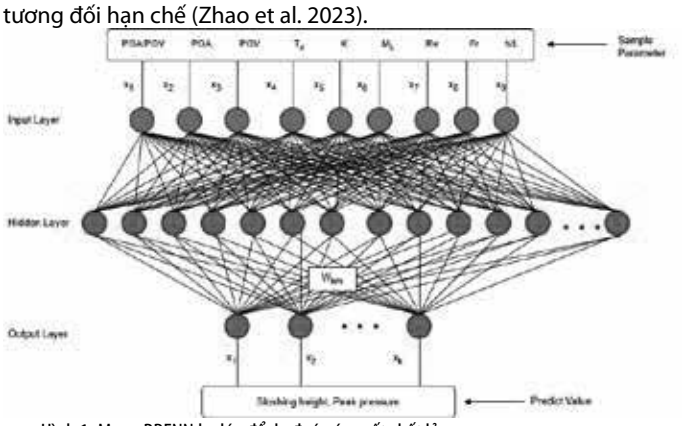
Keywords: Liquid sloshing, seismic tank, particle swarm optimization, RBFNN.

1. GIỚI THIỆU

Dao động sóng chất lỏng và dao động sóng ở mặt thoáng trong các bể chứa nông hoặc sâu chịu tác động của các kích thích bên ngoài, thường gặp trong thực tế như thùng nhiên liệu ô tô, bộ tách dầu-nước và các hệ thống lưu trữ chất lỏng trên bờ (Cen et al. 2018). Hiện tượng cộng hưởng có thể xảy ra khi tần số kích thích tiệm cận một số tần số tự nhiên bậc thấp hơn của chất lỏng (Tuong et al. 2023). Đáng chú ý, động đất thường tạo ra các rung động trên một dải tần số cộng hưởng, do đó khuếch đại sóng chất lỏng, cùng với các bề mặt sẽ va đập dữ dội với nhau (Akyildız and Erdem Ünal 2006). Để đảm bảo an toàn cho bể chứa, nhiều thiết bị điều khiển khác nhau (ví dụ: vách ngăn dọc, ngang, vòng và có khe) đã được đưa vào sử dụng (Panchal and Jangid 2011) (Hosseini and Beskhyroun 2023). Do đó, việc dự đoán chính xác dao động của chất lỏng trong các bể chứa có một phần nước dưới tác động của động đất là nhiệm vụ cần nghiên cứu cẩn trọng (Celebi and Akyildiz 2002) (Bui 2024).

Tuy nhiên, RBFNN vẫn phải đối mặt với những thách thức như dễ bị quá "khớp", chủ yếu là do ảnh hưởng của cấu trúc mạng và các tham số RBF (Korürek and Doğan 2010). Để giải quyết vấn đề này,

thuật toán tối ưu hóa bầy đàn hạt (PSO) đã được áp dụng để lựa chọn lặp lại các tham số tối ưu, xử lý các tham số này như các hoạt động để tìm kiếm sự kết hợp tốt nhất nhằm tối đa hóa hiệu suất của nó (Korürek and Doğan 2010). (Hamdi, Ben Regaya, and Zaafouri 2019) đã so sánh khả năng của PSO-RBFNN cổ điển (gọi tắt là PSO-RBFNN) và ANFIS trong các thuật toán theo dõi điểm công suất cực đại (maximum power point tracking-MPPT) trong các hệ thống quang điện, mô hình PSO-RBFNN đạt hiệu suất theo dõi 99,04% (Hamdi, Ben Regaya, and Zaafouri 2019). Một hệ thống điều khiển dự đoán độ trễ thời gian dựa trên mô hình PSO-RBFNN do (You et al. 2023) có độ chính xác cao hơn và tốc độ phản hồi nhanh hơn so với bộ điều khiển PID truyền thống và PID mờ (You et al. 2023). Mặc dù PSO-RBFNN thể hiện tiềm năng dự đoán sự va đập của chất lỏng dưới tác động của các động đất, hiệu quả tìm kiếm của nó vẫn còn tương đối hạn chế (Zhao et al. 2023).



Hình 1. Mạng RBFNN ba lớp để dự đoán áp suất chất lỏng

Trong đó: *PGA* là gia tốc mặt đất cực đại, *PGV* là vận tốc mặt đất cực đại, T_d là thời gian xảy ra động đất, *h* là độ sâu nước, M_L là độ Richter, *Re* là số Reynolds, *Fr* là số Froude và *L* là chiều dài bể chứa.

2. MÔ TẢ MÔ HÌNH

Phần này được chia thành ba phần. Hai phần đầu tiên lần lượt mô tả các nguyên tắc cơ bản của RBFNN và thuật toán PSO. Phần còn lại cung cấp tổng quan về quy trình tối ưu hóa RBFNN bằng cách sử dụng PSO và các cải tiến được thực hiện đối với PSO, cùng với việc lựa chọn kiến trúc mạng và siêu tham số.

2.1. Mạng RBFNN

Nghiên cứu này phát triển một mạng RBFNN ba lớp do khả năng xấp xỉ tốt của nó đối với bất kỳ hàm phi tuyến tính liên tục nào (Wendland 2006), và kiến trúc cơ bản được minh họa trong Hình 1. Lớp đầu vào bao gồm 9 đơn vị nhận dữ liệu đầu vào và chuyển tiếp đến lớp tiếp theo mà không cần xử lý.

Lớp ẩn gồm *m* là đơn vị RBF trong lớp ẩn sử dụng một hàm phi tuyến tính để chuyển đổi dữ liệu từ lớp đầu vào sang lớp ẩn. Nghiên cứu đã chứng minh rằng RBF có thể xấp xỉ chính xác bất kỳ hàm liên tục đa biến nào với số lượng đơn vị RBF phù hợp (Light 1992). Hàm Gaussian được đề xuất và sử dụng làm hàm phi tuyến tính trong nghiên cứu này, như sau (Park and Sandberg 1991):

$$R_i(x) = \exp\left[-\frac{\|x - c_i\|}{\sigma_i^2}\right], i = 1,2,3,...,m \quad (1)$$

trong đó c_i và σ_i lần lượt là tâm và bán kính của đơn vị RBF thứ *i*, và || || biểu thị chuẩn Euclid. Lớp đầu ra bao gồm *k* đơn vị tuyến tính, mỗi đơn vị tính toán một tổ hợp tuyến tính của các phép kích hoạt. Đầu ra của RBFNN được tính theo (2), như sau:

$$y_j = \sum_{i=1}^{m} w_{ji} R_i(x), j = 1,2,3,...,k \quad (2)$$

trong đó w_{ji} là trọng số của liên kết giữa đơn vị ẩn thứ *i* và đơn vị đầu ra thứ *j*.

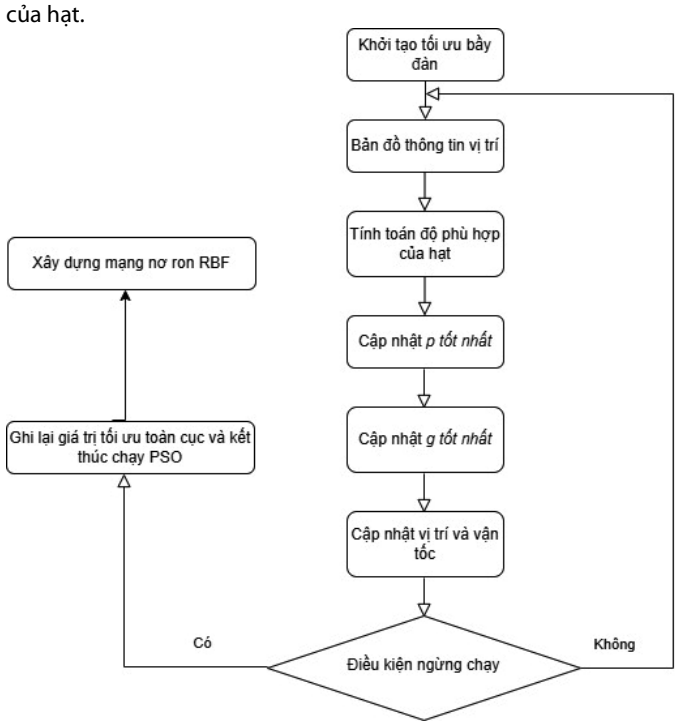
2.2. Giải thuật PSO

Thuật toán PSO là một phương pháp tối ưu hóa toàn cục dựa trên trí tuệ bầy đàn, giúp tránh rơi vào trạng thái tối ưu cục bộ. Mỗi bầy đàn bao gồm nhiều hạt trong không gian đa chiều, với vị trí và vận tốc là hai đặc điểm chính. Tại mỗi lần lặp, mỗi hạt duy trì hai vị trí tốt nhất đã được trải nghiệm: *pbest* - vị trí tốt nhất mà một hạt đã trải nghiệm cho đến nay, và *gbest*, đại diện cho vị trí tốt nhất mà toàn bộ bầy đàn tìm thấy. Bầy đàn được cập nhật tạo ra các hạt mới gần với lời giải tối ưu hơn. Vận tốc và vị trí của hạt lần lượt được cập nhật thông qua các phương trình (3) và (4):

$$v_{t+1} = w_t v_t + c_1 r_1 (pbest - x_t) + c_2 r_2 (gbest - x_t) \quad (3)$$

$$x_{t+1} = x_t + v_{t+1} \quad (4)$$

trong đó v_t biểu thị vectơ vận tốc ban đầu, w_t là trọng số quán tính kiểm soát tốc độ của lần lặp tiếp theo. c_1 và c_2 lần lượt biểu thị khả năng tìm kiếm cục bộ và toàn cục; r_1 và r_2 là các giá trị ngẫu nhiên được tạo riêng biệt trong [0, 1]; và x_t phản ánh vị trí hiện tại của hạt.



Hình 2. Khung cơ bản của quá trình tối ưu hóa

2.3. Mạng nơ-ron hàm cơ sở xuyên tâm tối ưu bằng PSO dựa trên hàm thích nghi

2.3.1. Quá trình tối ưu hóa

Hiệu suất của RBFNN bị chi phối bởi hai tham số: c_i và σ_i, được lựa chọn khác nhau tùy từng trường hợp (Korürek and Doğan 2010). Khung cơ bản của quá trình tối ưu hóa được trình bày trong Hình 2. Trong quá trình tối ưu hóa, RMSE được chọn làm hàm thích nghi dựa trên các đặc điểm của RBFNN. Giá trị của hàm thích nghi được cập nhật lặp lại như sau:

$$RMSE_{fit} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (5)$$

trong đó y_i biểu thị giá trị thực tế thứ i, $\hat{y}_i$ biểu thị giá trị dự đoán thứ *i* và *n* biểu thị số lượng mẫu.

2.3.2. PSO cải tiến

Thuật toán PSO nhạy cảm với các giá trị tham số ban đầu, vốn ảnh hưởng đến khả năng tìm kiếm toàn cục của nó. Sau đó, một công thức cập nhật vận tốc mới của từng hạt trong quần thể được xác định như sau:

$$v_{t+1} = w_t v_t \left(\frac{g_{fit}}{p_{fit}} r_0 + 2 \right) + c_1 r_1 \left(p_{best} - x_t \right) + c_2 r_2 \left(g_{best} - x_t \right) \quad (6)$$

Công thức này nhằm điều chỉnh vận tốc của mỗi hạt (particle) dựa trên: Kinh nghiệm cá nhân (qua p_{best}), kinh nghiệm toàn cục (qua g_{best}), Chất lượng lời giải (qua $RMSE_{fit}$), yếu tố ngẫu nhiên (qua r_0, r_1, r_2). Trong đó g_{fit} biểu thị $RMSE_{fit}$ tối ưu của tất cả các hạt trên toàn cục, p_{fit} biểu thị $RMSE_{fit}$ tối ưu của mỗi hạt trên toàn cục và r_0, r_1, r_2 là một số ngẫu nhiên giữa 0 và 1.

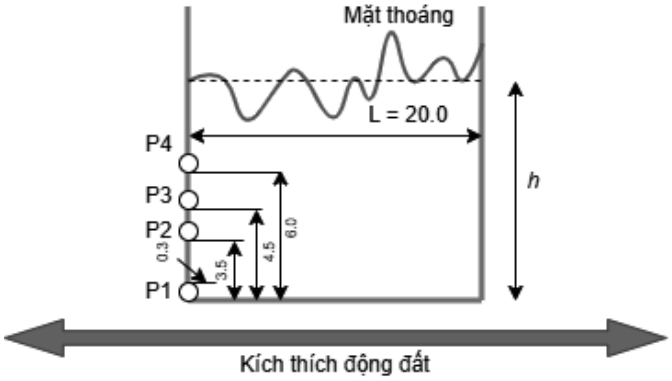
Bảng 1. Siêu tham số của giải thuật PSO

Siêu tham số	Giá trị	Tham số	Giá trị
w_t	0.75	Kích thước quần thể	+7
c_1 (hệ số học hỏi cá nhân)	1.5	Phạm vi vị trí	[0.1, 1000]
c_2 (hệ số học hỏi toàn cục)	1.7	[vmin, vmax]	[-600, 600]
Số vòng lặp tối đa	50	Hệ số đàn hồi	1

Các ràng buộc bổ sung được sử dụng để đảm bảo vị trí và vận tốc được cập nhật vẫn nằm trong tập nghiệm vì vị trí và vận tốc của chúng thay đổi ngẫu nhiên. Vận tốc bị giới hạn ở v_{min} hoặc v_{max} trong mỗi lần lặp nếu vượt quá phạm vi [v_{min}, v_{max}] được chỉ định. Các phương pháp có thể điều chỉnh trọng số một cách thích ứng đã được chứng minh là khắc phục được nhược điểm này (Shi and Eberhart 1998).

Bảng 2. Các mô hình bể chứa được sử dụng trong nghiên cứu này và tần số tự nhiên tương ứng của chất lỏng

L (m)	Water depth, h (m)	h/L	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)	f_3 (Hz)
20	4.0	0.2	0.147	0.258	0.334
20	6.8	0.34	0.175	0.276	0.342
20	10.0	0.5	0.189	0.279	0.342
20	12.0	0.6	0.193	0.279	0.342



Hình 3. Bể chứa chất lỏng với cảm biến áp suất và chiều cao sóng

Bảng 3. Các tham số liên quan của các kích thích động đất

STT	Sự kiện	Trạm ghi	ML	PGA (g)	PGV (m/s)	PGA/PGV	Duration (s)
1	Lushan	S1/PZ	7.0	0.125	0.171	0.73	79.48
2	Lushan	S1/PZ	7.0	0.13	0.165	0.84	79.44
3	El Centro	Terminal substation	6.9	0.214	0.185	0.84	53.66
4	Montalli	Montalli	7.0	0.36	0.313	1.21	54.40
5	El Centro	Terminal substation	6.9	0.213	0.182	1.17	53.66
6	Lushan	S5/YJB	6.9	0.479	0.223	2.13	44.00
7	Erzican	Erzican	6.9	0.573	0.292	1.96	41.00
8	Kobe	Takatori	7.2	0.833	0.42	1.98	40.11
9	Landers	Lucerne	7.3	0.826	1.29	0.73	33.78
10	Tabas	Tabas	7.7	0.85	1.12	0.76	32.75
11	Wenchuan	S1/WCW	8.0	1.02	0.35	2.91	60.00
12	Lushan	S1/RD	7.0	1.055	0.365	1.48	40.00
13	Cape Mendocino	Cape Mendocino	7.2	1.5	1.26	1.19	29.94

Qua nhiều thử nghiệm, w_t được đề xuất là 0,75 trong nghiên cứu này. Hơn nữa, mã giả của thuật toán PSO dựa trên độ thích nghi (gọi tắt là Thuật toán 1).

Thuật toán PSO dựa trên giá trị hàm thích nghi

Đầu vào: c_1, c_2; Số vòng lặp tối đa; Kích thước quần thể (số lượng hạt)

Đầu ra: Vị trí tốt nhất toàn cục; Giá trị hàm thích nghi tương ứng

1. Lặp qua từng vòng lặp từ 1 đến 50:
2. Lặp qua từng hạt từ 1 đến 5:
3. Cập nhật vận tốc của hạt theo công thức (5)
4. Nếu v_t>600 || v_t<-600 thì:

Giới hạn vận tốc:

v_t=\max (\min (v_t,600),-600)

5. Cập nhật vị trí của hạt theo công thức (4)
6. Nếu x_t > 1000 || x_t < 0.1

Giới hạn vị trí:

x_t= max (min (x_t,1000),0.1);

end if

7. Tính giá trị hàm thích nghi tại vị trí mới
8. Nếu giá trị hàm thích nghi hiện tại < giá trị hàm thích nghi tốt nhất cá nhân thì:

Cập nhật vị trí tốt nhất cá nhân = x_t

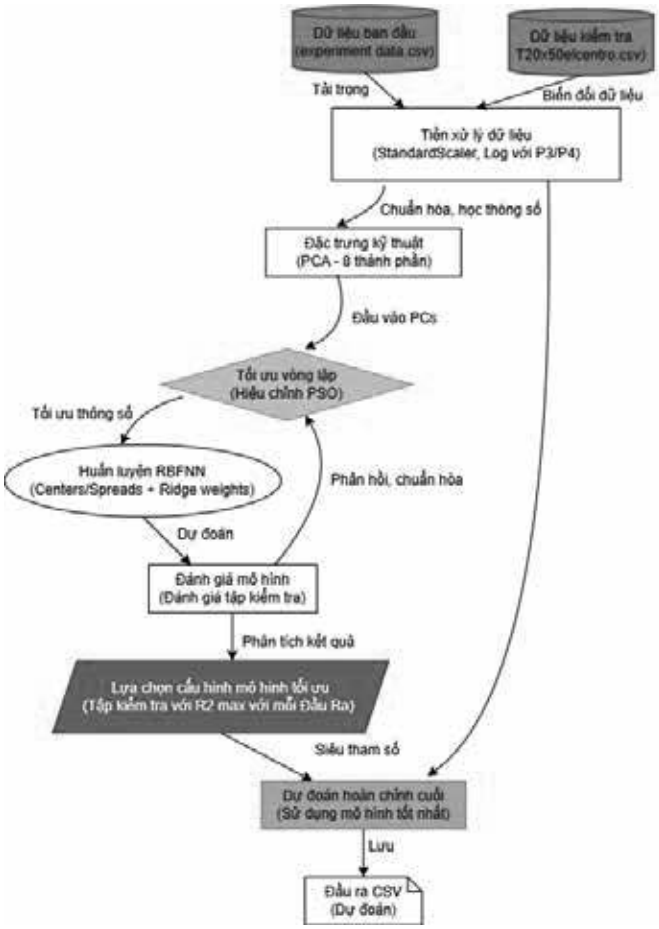
Cập nhật hàm thích nghi tốt nhất cá nhân = hàm thích nghi hiện tại

9. Nếu hàm thích nghi hiện tại < hàm thích nghi tốt nhất toàn cục thì:

Cập nhật vị trí tốt nhất toàn cục = x_t

Cập nhật hàm thích nghi tốt nhất toàn cục = hàm thích nghi hiện tại

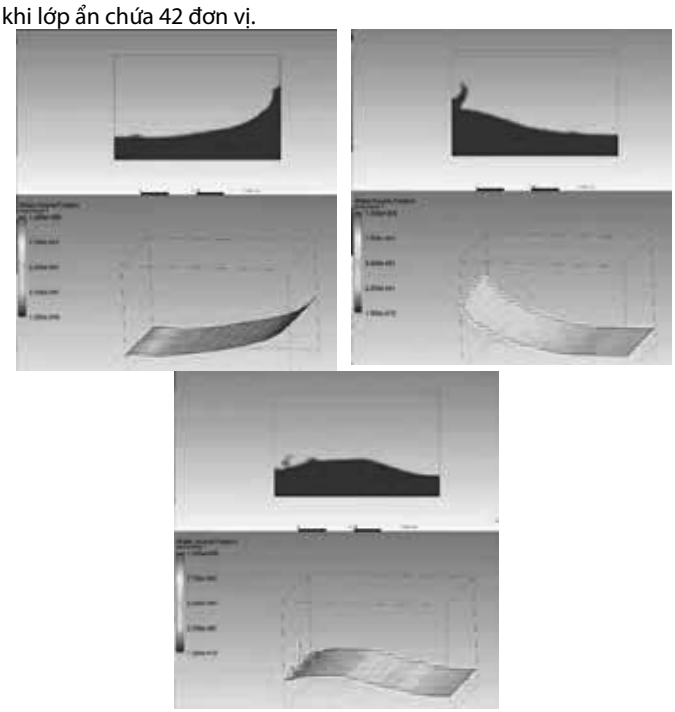
10. Kết thúc vòng lặp qua từng hạt
11. Lưu lại giá trị hàm thích nghi tốt nhất toàn cục tại vòng lặp hiện tại
12. Tính giá trị hàm thích nghi trung bình của toàn bộ quần thể tại vòng lặp hiện tại
13. Kết thúc vòng lặp qua các vòng lặp



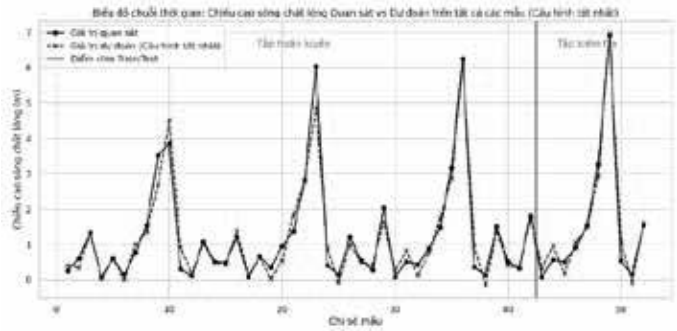
Hình 4. Chuỗi các bước xử lý dữ liệu và huấn luyện mô hình

2.3.3. Kiến trúc mạng và siêu tham số

Số lượng đơn vị đầu vào tương ứng với số lượng tham số, trong khi lớp ẩn chứa 42 đơn vị.



Hình 5. Giá trị áp suất của chất lỏng theo thời gian được so sánh với các nghiên cứu của Tường và cộng sự

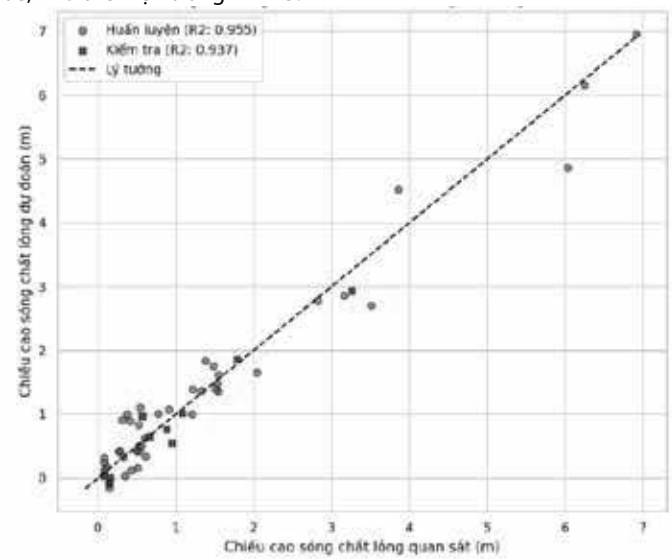


Hình 6. So sánh chiều cao sóng chất lỏng trên mẫu huấn luyện và kiểm tra

3. THÍ NGHIỆM KIỂM CHỨNG

3.1. Mô hình bể chứa

Bể hình chữ nhật hai chiều (*2D*) có kích thước 20 m × 20 m (dài (*L*) × cao (*H*)) đã được xem xét trong (Jin et al. 2024). Bốn cảm biến áp suất được bố trí ở các độ cao 0,3 m; 3,5 m; 4,5 m; 6,0 m tính từ đáy bể, như thể hiện trong Hình 3.



Hình 7. Đường hồi quy trực quan hóa dữ liệu sóng chất lỏng

3.2. Dữ liệu các trận động đất

Tổng cộng mười ba bản ghi địa chấn được xem xét, như được tóm tắt trong Bảng 3. Các gia tốc lịch sử thời gian trong Bảng 3 cũng bao gồm các bản ghi xung (ví dụ: Cape Mendocino và Erzican) và không xung (ví dụ: Lushan và Landers).

3.3. Bộ dữ liệu

Một tập dữ liệu gồm 52 mẫu được xây dựng từ các bể chứa với bốn mức nước đầy dưới mười ba lần kích thích địa chấn, như minh họa trong Phụ lục. (Wu, Yu, and Gu 2023) đã suy ra về mặt lý thuyết rằng phản ứng sóng vỗ có liên quan chặt chẽ đến số Reynolds (Re) và số Froude (Fr), được định nghĩa như sau (Wu, Chen, and Hung 2013):

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho u_m h}{\mu} \tag{7}$$

$$Fr = \frac{u_m}{\sqrt{gh}} \tag{8}$$

Trong hai phương trình, ρ là mật độ của chất lỏng, u_m là vận tốc cực đại của bể chứa, và μ là độ nhớt động lực học của chất lỏng. Do đó, một tập dữ liệu tổng thể bao gồm Re và Fr được ước tính và tóm

tắt trong Phụ lục. 42 nhóm đầu tiên được chọn làm tập huấn luyện, và 10 nhóm còn lại được sử dụng làm tập kiểm tra.

4. KẾT QUẢ VÀ BÌNH LUẬN

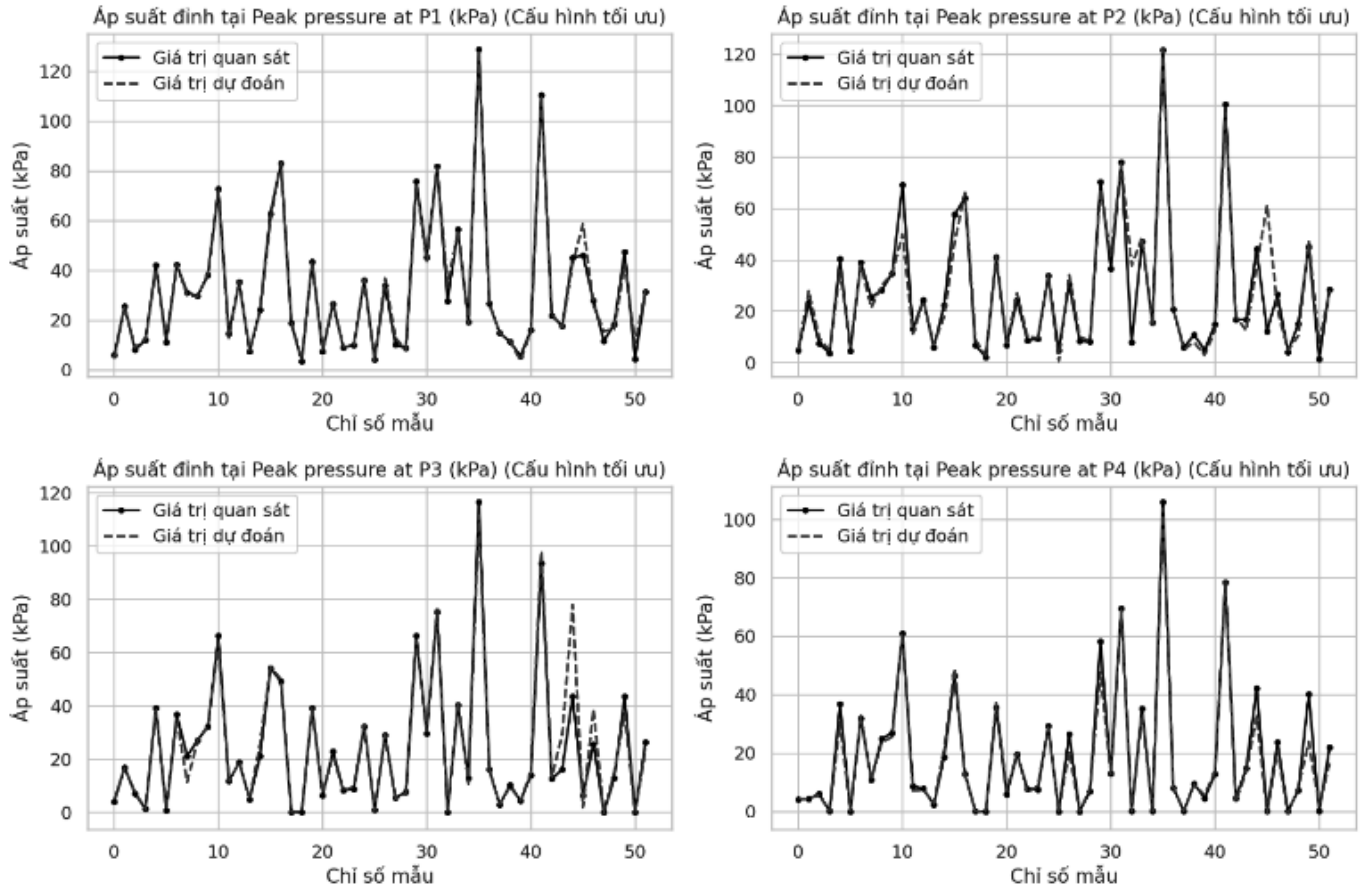
Để đánh giá hiệu suất của mô hình đề xuất, ba số liệu đánh giá tiêu chuẩn được sử dụng cho phân tích dự đoán hồi quy, cụ thể là R^2, MAE và RMSE, như sau:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i-1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i-1}^{n}(y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (9)$$

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{I=1}^{N}|y_i - \hat{y}_i| \quad (10)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (11)$$

Trong đó $\hat{y}_i$ là trung bình của trị thực tế



Hình 8. Áp suất đỉnh từ P1-P4 trên tập huấn luyện và kiểm tra

4.1. Đánh giá mô hình

4.1.1. Dự đoán chiều cao sóng chất lỏng

Hình 6 trình bày sự so sánh giữa các giá trị thực và dự đoán được tạo ra bởi mô hình trong tập huấn luyện và tập kiểm tra. Từ hình vẽ, rõ ràng là các dự đoán từ mô hình PSO-RBFNN nhìn chung đảm bảo độ chính xác cho bài toán kỹ thuật trong cả quá trình huấn luyện và kiểm tra. Các số liệu đánh giá và hiệu suất của mô hình được trình bày trong Hình 7.

4.1.2. Dự đoán áp suất

Hình 8 minh họa sự so sánh giữa giá trị thực và dự đoán được tạo ra bởi các mô hình khác nhau trong các tập thử nghiệm. Từ hình này, độ chính xác dự đoán của các mô hình giảm dần theo độ cao đo tăng dần (từ P1 đến P4), với sai số dự đoán tại P4 lớn hơn đáng kể so với các điểm đo khác. Điều này có thể là do khi *h = 4,0 m* và *h = 6,8 m*, P4 gần bề mặt tự do hơn có thể tạo ra áp suất bằng không đối với một số kích thích địa chấn. (đặc biệt là Lushan, Wenchuan và Moxikali, xem Phụ lục). Kết quả đánh giá tương ứng cho dự đoán áp suất đỉnh được minh họa trong Bảng 4.

4.2. Ứng dụng mô hình

Từ các giá trị bên trên, có thể khẳng định rằng. Cấu hình mô hình tốt nhất cho từng biến đầu ra:

Bảng 4. Các chỉ số đánh giá của mô hình dự đoán áp suất đỉnh tại P1 đến P4

Biến đầu ra	R^2	Ridge_Lambda	n_PCA	Chỉ số PCA chọn
Chiều cao sóng (m)	0.9246	0.005	5	0, 2, 4, 5, 6
Áp suất cực đại tại P1 (kPa)	0.9736	0.001	5	0, 1, 3, 4, 5, 6
Áp suất cực đại tại P2 (kPa)	0.9522	0.005	6	0, 2, 4, 5, 6, 7
Áp suất cực đại tại P3 (kPa)	0.9199	0.001	5	1, 2, 3, 4, 5
Áp suất cực đại tại P4 (kPa)	0.9542	0.001	6	0, 1, 3, 4, 5, 7

Để khẳng định độ chính xác của mô hình học máy PSO-RBFNN trong bài báo, nhóm tác giả đã ứng dụng để dự đoán áp suất lớn nhất trong bể chứa so với mô phỏng số trong các nghiên cứu trước của nhóm (Bui 2024, Tuong et al. 2023).

T20x50	P1 lớn nhất (kPa) *h* = 0.35 *m*	P2 lớn nhất (kPa) *h* = 3.5 *m*	P3 lớn nhất (kPa) *h* = 4.5 *m*	P4 lớn nhất(kPa) *h* = 6.0 *m*
PSO-RBFNN	19.9926	16.9002	1.0797	17.4925
Tuong et al (2024)	19.2	17.0	15.2	11.6

5. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này có thể được tóm tắt như sau:

(1) Mô hình PSO-RBFNN hiện tại có thể cung cấp các dự đoán hiệu quả và chính xác về chiều cao và áp suất va đập. Giá trị RMSE của nó để dự đoán chiều cao sóng vỗ và áp suất lần lượt là 0,2267 và 2,8538.

(2) So sánh kết quả dự báo từ PSO-RBFNN hiện tại với nghiên cứu trước khi mô phỏng cho thấy PSO-RBFNN hiện tại cho thấy độ chính xác dự báo cao trong nhiều sự kiện động đất khác nhau, đặc biệt là đối với các trận động đất có tần suất thấp nghiêm trọng nhất.

(3) Mô hình học máy giúp tiết kiệm rất nhiều thời gian và tài nguyên tính toán so với các phương pháp cổ điển như mô phỏng số và thí nghiệm.

Phụ lục

52 mẫu được sử dụng trong bài nghiên cứu theo Jin và cộng sự năm 2024 (Jin et al. 2024).

No	PGA (g)	PGV (m/s)	PGA /PGV	Duration, Td (s)	h (m)	ML	Re	Fr	h/L	Sloshing height	P1	P2	P3	P4
1	0.125	0.171	0.73	79.48	4.0	7.0	684 000	0.0273	0.2	0.26	3.55	2.15	0	0
2	0.13	0.155	0.84	79.48	4.0	7.0	620 000	0.0247	0.2	0.61	4.07	4.77	0.88	0
3	0.214	0.488	0.44	53.46	4.0	6.9	1 952 000	0.0779	0.2	1.33	10.18	8.35	5.39	0
4	0.25	0.113	2.21	40	4.0	7.2	452 000	0.0180	0.2	0.08	4.34	1.34	0.02	0.02
5	0.349	0.381	0.92	53.46	4.0	6.9	1 524 000	0.0608	0.2	0.6	11.11	4.54	0.77	0
6	0.473	0.222	2.13	44	4.0	7.0	888 000	0.0354	0.2	0.15	11.64	4.18	0.03	0.02
7	0.52	0.84	0.62	21.3	4.0	7.9	3 360 000	0.1341	0.2	0.77	12.01	3.6	1.27	0.04
8	0.61	1.27	0.48	40.93	4.0	7.2	5 080 000	0.2027	0.2	1.54	14.83	5.91	2.86	0.06
9	0.72	0.98	0.73	48.11	4.0	7.2	3 920 000	0.1564	0.2	3.51	25.48	23.45	16.82	4.22
10	0.85	1.21	0.7	32.78	4.0	7.7	4 840 000	0.1932	0.2	3.86	35.3	24.38	18.78	7.76
11	0.976	0.53	1.84	80	4.0	8.0	2 120 000	0.0846	0.2	0.31	27.74	7.9	0.06	0.04
12	1.025	0.245	4.18	40	4.0	7.0	980 000	0.0391	0.2	0.11	18.69	6.71	0.04	0.03
13	1.5	1.26	1.19	29.94	4.0	7.2	5 040 000	0.2011	0.2	1.08	46.08	12.29	6.39	0.07
14	0.125	0.171	0.73	79.48	6.8	7.0	1 162 800	0.0209	0.34	0.52	5.93	4.79	3.93	4.08
15	0.13	0.155	0.84	79.48	6.8	7.0	1 054 000	0.0190	0.34	0.49	5.61	4.88	4.33	4.41
16	0.214	0.488	0.44	53.46	6.8	6.9	3 318 400	0.0597	0.34	1.22	14.59	12.97	11.74	8.69
17	0.25	0.113	2.21	40	6.8	7.2	768 400	0.0138	0.34	0.08	7.32	5.93	4.89	2.33
18	0.349	0.381	0.92	53.46	6.8	6.9	2 590 800	0.0466	0.34	0.66	18.32	15.17	12.85	7.27
19	0.473	0.222	2.13	44	6.8	7.0	1 509 600	0.0272	0.34	0.35	19.3	15.62	12.88	0.02
20	0.52	0.84	0.62	21.3	6.8	7.9	5 712 000	0.1028	0.34	0.95	21.93	16.62	12.58	4.51
21	0.61	1.27	0.48	40.93	6.8	7.2	8 636 000	0.1555	0.34	1.38	26.82	20.66	16.05	7.95
22	0.72	0.98	0.73	48.11	6.8	7.2	6 664 000	0.1200	0.34	2.82	33.97	30.52	28.97	26.5
23	0.85	1.21	0.7	32.78	6.8	7.7	8 228 000	0.1481	0.34	6.03	56.39	47.19	40.36	35.19
24	0.976	0.53	1.84	80	6.8	8.0	3 604 000	0.0649	0.34	0.41	45.37	36.41	29.72	13.05
25	1.025	0.245	4.18	40	6.8	7.0	1 666 000	0.0300	0.34	0.14	31.06	25.35	21.12	10.83
26	1.5	1.26	1.19	29.94	6.8	7.2	8 568 000	0.1543	0.34	1.21	83.03	63.98	49.12	12.89
27	0.125	0.171	0.73	79.48	10.0	7.0	1 710 000	0.0173	0.5	0.55	8.11	7.44	6.98	5.98
28	0.13	0.155	0.84	79.48	10.0	7.0	1 550 000	0.0156	0.5	0.28	7.5	6.67	6.37	5.76
29	0.214	0.488	0.44	53.46	10.0	6.9	4 880 000	0.0493	0.5	2.04	16.05	14.86	14.02	12.88
30	0.25	0.113	2.21	40	10.0	7.2	1 130 000	0.0114	0.5	0.08	10.06	9.26	8.71	7.52
31	0.349	0.381	0.92	53.46	10.0	6.9	3 810 000	0.0385	0.5	0.52	24.2	22.43	21.19	18.57

32	0.473	0.222	2.13	44	10.0	7.0	2 220 000	0.0224	0.5	0.43	26.4	24.28	22.79	19.62
33	0.52	0.84	0.62	21.3	10.0	7.9	8 400 000	0.0848	0.5	0.88	31.46	28.49	26.4	21.88
34	0.61	1.27	0.48	40.93	10.0	7.2	12 700 000	0.1282	0.5	1.48	38.12	34.62	32.15	26.85
35	0.72	0.98	0.73	48.11	10.0	7.2	9 800 000	0.0989	0.5	3.16	42	40.36	39.22	36.83
36	0.85	1.21	0.7	32.78	10.0	7.7	12 100 000	0.1222	0.5	6.25	75.82	70.32	66.47	58.27
37	0.976	0.53	1.84	80	10.0	8.0	5 300 000	0.0535	0.5	0.37	62.82	57.71	54.14	46.51
38	1.025	0.245	4.18	40	10.0	7.0	2 450 000	0.0247	0.5	0.14	42.34	39.07	36.78	31.91
39	1.5	1.26	1.19	29.94	10.0	7.2	12 600 000	0.1272	0.5	1.51	110.41	100.55	93.57	78.42
40	0.125	0.171	0.73	79.48	12.0	7.0	2 052 000	0.0158	0.6	0.52	9.14	8.66	8.32	7.62
41	0.13	0.155	0.84	79.48	12.0	7.0	1 860 000	0.0143	0.6	0.33	8.73	8.12	7.7	6.81
42	0.214	0.488	0.44	53.46	12.0	6.9	5 856 000	0.0450	0.6	1.78	17.66	16.74	16.1	14.76
43	0.25	0.113	2.21	40	12.0	7.2	1 356 000	0.0104	0.6	0.08	11.32	10.74	10.34	9.51
44	0.349	0.381	0.92	53.46	12.0	6.9	4 572 000	0.0351	0.6	0.57	27.85	26.52	25.61	23.7
45	0.473	0.222	2.13	44	12.0	7.0	2 664 000	0.0205	0.6	0.51	29.73	28.19	27.13	24.89
46	0.52	0.84	0.62	21.3	12.0	7.9	10 080 000	0.0774	0.6	0.91	35.92	33.79	32.31	29.19
47	0.61	1.27	0.48	40.93	12.0	7.2	15 240 000	0.1171	0.6	1.53	43.45	40.97	39.23	35.58
48	0.72	0.98	0.73	48.11	12.0	7.2	11 760 000	0.0903	0.6	3.26	45.15	44.17	43.51	42.14
49	0.85	1.21	0.7	32.78	12.0	7.7	14 520 000	0.1115	0.6	6.91	81.89	77.94	75.21	69.48
50	0.976	0.53	1.84	80	12.0	8.0	6 360 000	0.0488	0.6	0.54	72.87	69.09	66.47	60.97
51	1.025	0.245	4.18	40	12.0	7.0	2 940 000	0.0226	0.6	0.14	47.53	45.16	43.52	40.09
52	1.5	1.26	1.19	29.94	12.0	7.2	15 120 000	0.1161	0.6	1.54	128.93	121.73	116.7	106.09

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này thuộc đề tài mã số T2025-237 được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM năm 2025.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Akyildız, Hakan, and N. Erdem Ünal. 2006. "Sloshing in a three-dimensional rectangular tank: Numerical simulation and experimental validation". Ocean Engineering 33 (16):2135-2149. doi: https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2005.11.001.

[2]. Bui, Tuong Pham Duc. 2024. "Experimental and Numerical Analysis of the Influence of Fluid–Structure Interactions on the Dynamic Characteristics of a Flexible Tank". Journal of Vibration Engineering & Technologies. doi: 10.1007/s42417-024-01366-4.

[3]. Celebi, M. Serdar, and Hakan Akyildiz. 2002. "Nonlinear modeling of liquid sloshing in a moving rectangular tank". Ocean Engineering 29 (12):1527-1553. doi: https://doi.org/10.1016/S0029-8018(01)00085-3.

[4]. Cen, Kang, Bin Song, Changjun Li, and Min Jia. 2018. "Liquid Sloshing Suppression for Three-Phase Separators Installed on Floating Production Unit". Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering 140 (4). doi: 10.1115/1.4039719.

[5]. Hamdi, Hichem, Chiheb Ben Regaya, and Abderrahmen Zaafouri. 2019. "Real-time study of a photovoltaic system with boost converter using the PSO-RBF neural network algorithms in a MyRio controller". Solar Energy 183:1-16. doi: https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.064.

[6]. Hosseini, Seyed Ehsan Aghakouchaki, and Sherif Beskhyroun. 2023. "Fluid storage tanks: A review on dynamic behaviour modelling, seismic energy-dissipating devices, structural control, and structural health monitoring techniques". Structures 49:537-556. doi: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.01.146.

[7]. Jin, X., C. Dai, Y. Tao, J. Chen, M. M. Liu, and C. Zhang. 2024. "Effects of seismic characteristics and baffle damping on liquid sloshing". Physics of Fluids 36 (1). doi: 10.1063/5.0175350.

[8]. Korürek, Mehmet, and Berat Doğan. 2010. "ECG beat classification using particle swarm optimization and radial basis function neural network". Expert Systems with Applications 37 (12):7563-7569. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.04.087.

[9]. Light, W. A. 1992. "Some Aspects of Radial Basis Function Approximation." In Approximation Theory, Spline Functions and Applications, edited by S. P. Singh, 163-190. Dordrecht: Springer Netherlands.

[10]. Panchal, V. R., and R. S. Jangid. 2011. "Seismic response of liquid storage steel tanks with variable frequency pendulum isolator". KSCE Journal of Civil Engineering 15 (6):1041-1055. doi: https://doi.org/10.1007/s12205-011-0945-y.

[11]. Park, J., and I. W. Sandberg. 1991. "Universal Approximation Using Radial-Basis-Function Networks". Neural Computation 3 (2):246-257. doi: 10.1162/neco.1991.3.2.246.

[12]. Shi, Y., and R. Eberhart. 1998. "A modified particle swarm optimizer". 1998 IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence (Cat. No.98TH8360), 4-9 May 1998.

[13]. Tuong, Bui Pham Duc, Văn Đoàn Nguyễn, Đăng Khôi Nguyễn, Duc Huynh Phan, and Văn Hải Lương. 2023. "The influence of fluid-structure interactions 2-ways on dynamic characteristics of flexible tank". VNUHCM Journal of Engineering and Technology 6 (3):1955-1966.

[14]. Wendland, Holger. 2006. "Computational Aspects of Radial Basis Function Approximation". In Studies in Computational Mathematics, edited by Kurt Jetter, Martin D. Buhmann, Werner Haussmann, Robert Schaback and Joachim Stöckler, 231-256. Elsevier.

[15]. Wu, Chih-Hua, Bang-Fuh Chen, and Tin-Kan Hung. 2013. "Hydrodynamic forces induced by transient sloshing in a 3D rectangular tank due to oblique horizontal excitation". Computers & Mathematics with Applications 65 (8):1163-1186. doi: https://doi.org/10.1016/j.camwa.2013.02.012.

[16]. Wu, Jie-Ying, Qian-Qian Yu, and Xiang-Lin Gu. 2023. "A modified analytical model for predicting seismic behaviors of unanchored liquid storage tanks." Journal of Constructional Steel Research 208:108018. doi: https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2023.108018.

[17]. You, Dazhang, Yiming Lei, Shan Liu, Yepeng Zhang, and Min Zhang. 2023. "Networked Control System Based on PSO-RBF Neural Network Time-Delay Prediction Model." Applied Sciences 13 (1):536.

[18]. Zhao, Desheng, Yahui Shao, Huimin Hu, Guangjian Hu, and Yixian Wang. 2023. "RBF-PSO-IS: An innovative metamodeling for reliability analysis of bridge's vortex-induced vibration." Structures 55:59-70. doi: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.05.120.

■Ngày nhận bài: 01/11/2025 ■Ngày sửa bài: 12/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 24/11/2025

Sử dụng mô hình hệ lực quán tính để đánh giá hệ số động lực cho cầu trên đường sắt tốc độ cao - áp dụng thử nghiệm cho kết cấu nhịp cầu giản đơn bê tông dự ứng lực

Using the inertia force series models to evaluate dynamic coefficients for bridges on high-speed railways - experimental application to simple-span pretrested concrete bridge structures

> PGS.TS HOÀNG HÀ
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hoangha@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ số khuếch đại động lực hay còn gọi là hệ số động lực (1+IM) là một trong những thông số quan trọng nhất trong tính toán thiết kế cầu. Hệ số này được nghiên cứu rất kỹ lưỡng và đưa ra dưới dạng các công thức tính toán đơn giản trong các tiêu chuẩn thiết kế cầu. Tuy nhiên, theo các tiêu chuẩn thiết kế cầu trên đường sắt trong đó có Tiêu chuẩn Eurocode và Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 13594:2022, DAF lại không được phép áp dụng cho các trường hợp vận tốc thiết kế lớn hơn 200 km/h. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu sử dụng phương pháp mô hình hệ lực quán tính (Inertial force series models Method - IFM) để đánh giá hệ số động lực cho cầu dầm giản đơn trên đường sắt tốc độ cao (ĐSTĐC) bao gồm cả các trường hợp vận tốc thiết kế lớn hơn 200 km/h. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng làm cơ sở phục vụ nghiên cứu và thiết kế các công trình cầu đường sắt ở Việt Nam.

Từ khóa: Đường sắt và đường sắt tốc độ cao; cầu dầm giản đơn; hệ số động lực; phương pháp sử dụng mô hình hệ lực quán tính.

ABSTRACT

Dynamic Amplification Factor (DAF) or dynamic factor (1+IM) is one of the most important parameters in bridge design calculations. This factor has been studied very carefully and given in the form of simple calculation formulas in Bridge Design Standards. However, according to the Railway Bridge Design Standards including Eurocode and Vietnamese standards TCVN 13594:2022, DAF is not allowed to be applied in cases where the design speed is greater than 200 km/h. This paper presents the results of a study using the Inertial force series models Method (IFM) to evaluate the dynamic coefficient for simple girder bridges on high-speed railways (HSRs) including cases where the design speed is greater than 200 km/h. The results of the study can be used as a basis for research and design of railway bridge projects in Vietnam.

Keywords: Railway and high-speed railway; simple girder bridge; dynamic coefficient; the method uses a model of inertial forces.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ số khuếch đại động lực hay gọi tắt là hệ số động lực (Dynamic Amplification Factor - DAF) là một trong những thông số quan trọng nhất để đánh giá ứng xử động lực của cầu do tác dụng động lực của ô tô, đoàn tàu đường sắt, đoàn tàu cao tốc di động trên cầu. Thông số này được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế cầu thay cho việc phân tích trực tiếp hiệu ứng động lực theo mô hình đồng bộ đoàn tàu - đường ray - kết cấu cầu để giảm thiểu khối lượng và thời gian tính toán. Cần lưu ý là DAF thường được ký hiệu là (1+IM) được nghiên cứu kỹ lưỡng về cả lý thuyết và thực nghiệm dài hạn và được chỉ dẫn bằng những công thức tính toán rất cụ thể trong các tiêu chuẩn thiết kế và đã được ứng dụng rất rộng rãi [1, 2,

3]. Tuy nhiên hiện nay, công thức xác định (1+IM) của các tiêu chuẩn thiết kế cầu của các nước khác nhau vẫn không thống nhất và gây tranh cãi về phương pháp luận và bản chất vật lý và cơ sở lý thuyết thích hợp [6, 7].

Hơn nữa, với sự phát triển của tốc độ khai thác phương tiện vận tải, điển hình là với ĐSTĐC, áp dụng (1+IM) trở nên rất hạn chế, đặc biệt là cho các trường hợp phân tích các kết cấu cầu dạng phức tạp và tốc độ khai thác lớn hơn 200 km/h. Các tồn tại của việc xét đến hiệu ứng động của tải trọng di động thông qua (1+IM) dẫn đến sự khác biệt trong các tiêu chuẩn thiết kế chủ yếu là:

- Mức độ đầy đủ, sát thực tế của mô hình cùng với việc số lượng các tham số ảnh hưởng;
- Chỉ đưa ra một hoặc một số công thức tính hệ số động lực chung trong khi hệ số động lực của các hiệu ứng phát sinh trong kết cấu như mô-men, lực cắt, lực dọc trục, biến dạng… về bản chất lý thuyết vật lý là khác nhau;
- Không phân biệt đủ rõ ràng ảnh hưởng của dạng kết cấu, tính chất liên kết, vật liệu, hệ số giảm chấn của các loại kết cấu khác nhau;
- Không xét đến tốc độ di động của phương tiện hoặc chỉ xét trong giới hạn tốc độ nhỏ (ví dụ như Euricode chỉ xét tới vận tốc nhỏ hơn 160 km/h).

Như vậy, dẫn đến các khó khăn lớn trong bài toán thiết kế cầu, đặc biệt là cầu trên các tuyến ĐSTĐC.

Mô hình phân tích động lực học (phân tích trực tiếp hiệu ứng động lực của tải trọng di động) dựa trên hệ thống tương tác động lực đồng bộ của hệ thống đoàn tàu - đường ray - kết cấu cầu được coi là giải pháp, tuy nhiên gặp khó khăn rất lớn do sự phức tạp của mô hình bài toán, khối lượng tính toán, thời gian và chi phí.

Mặt khác, ngay cả với các dạng kết cấu cầu đơn giản, tiêu chuẩn quy định cho phép không cần thiết phải phân tích theo mô hình động lực nhưng để tính toán hệ số (1+IM) lại yêu cầu lấy kết quả từ mô hình phân tích động [2, 3].

Trong [9], Leonid Diachenko và các cộng sự đã đề xuất một giải pháp khác thay thế cho các phương pháp hiện có, trong đó xác định trước lực quán tính do đoàn tàu đường sắt và kết cấu, từ đó tính toán trực tiếp hiệu ứng động lực bằng cách sử dụng các đường ảnh hưởng trong cơ học. Việc so sánh tỷ lệ hiệu ứng tĩnh và động sẽ xác định (1+IM).

Trong nghiên cứu này, phát triển và chi tiết thêm ý tưởng của Leonid Diachenko, chúng tôi hoàn thiện một bước nội dung tính toán và thử nghiệm cho một số mô hình cầu dầm giản đơn trên ĐSTĐC nhằm góp phần làm sáng tỏ vấn đề và làm tăng tính linh hoạt sử dụng hệ số động lực (1+IM) trong bài toán thiết kế.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP

2.1. Định nghĩa hệ số động lực

Hệ số động lực (Dynamic Amplification Factor-DAF) được tính toán bằng cách sử dụng các giá trị của phản ứng động và tĩnh (độ võng, mô-men uốn hoặc lực cắt) của cầu [9].

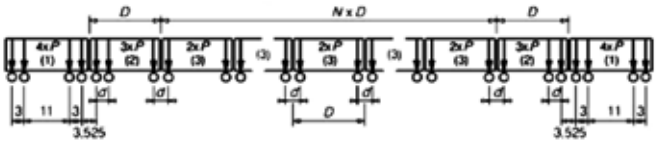
DAF được mô tả bằng cách sử dụng tải hiệu ứng phụ thêm do trọng động (Dynamic Load Amplification - *DLA*) dựa trên các giá trị tối đa của phản ứng động và tĩnh ở nhịp giữa của cầu và được đưa ra bởi công thức [7]:

$$DLA = M = \frac{S_{dyn} - S_{stat}}{S_{stat}} \text{ hay } DLA + 1 = \frac{S_{dyn}}{S_{stat}} = DAF \quad (1)$$

Trong đó: Ddyn và Dstat lần lượt biểu thị độ võng động và tĩnh tối đa, tính bằng mm, của các cầu được tính toán ở nhịp giữa.

2.2. Mô hình đoàn tàu cao tốc

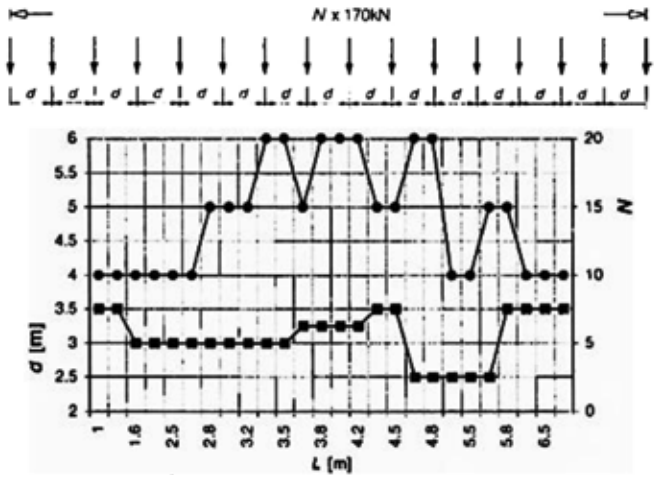
Theo Eurocode và TCVN 13594:2022, mô hình đoàn tàu khách tốc độ cao (HSLM) là đại diện cho đoàn tàu khách để phân tích động (Hình 1 và 2). HSLM gồm hai mô hình là HSLM-A và HSLM-B, thể hiện tải trọng từ các tàu chở khách tốc độ trên 200 km/h.



Hình 1. Mô hình HSLM-A

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của mô hình HSLM-A

Ký hiệu đoàn tàu	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Số toa trung gian N	18	17	16	15	14	13	13	12	11	11
Chiều dài toa D (m)	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
K/c giá chuyển hướng d (m)	2,0	3,5	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0
Tải trọng trục P (kN)	170	200	180	190	170	180	180	190	210	210



Hình 2. Mô hình đoàn tàu tốc độ cao HSLM-B

HSLM-A gồm 10 mô hình đoàn tàu, các phân tích yêu cầu cho biết tàu nào trong số 10 tàu sẽ được sử dụng, các đoàn tàu có số toa, khoảng cách trục và cường độ tải khác nhau thể hiện trong Bảng 1. HSLM-B là một loạt các tải tập trung cách đều nhau, trong đó số lượng tải và khoảng cách của chúng phụ thuộc vào chiều dài nhịp. Tùy thuộc vào cấu hình cầu, HSLM-A hoặc HSLM-B sẽ được chỉ định như giới thiệu trên Bảng 2. Thông thường, chỉ một đường ray được đặt tải với một tàu duy nhất cho mỗi trường hợp [1].

Bảng 2. Áp dụng mô hình HSLM-A và HSLM-B

Dạng kết cấu	**Nhịp**	
	L < 7 m	L ≥ 7 m
Nhịp gối giản đơn[a]	HSLM-B[b]	HSLM-A[c]
Kết cấu liên tục[a] hoặc kết cấu phức tạp[e]	HSLM-A[b] Bao gồm đoàn tàu A1 đến A10[d]	HSLM-A Bao gồm đoàn tàu A1 đến A10[d]

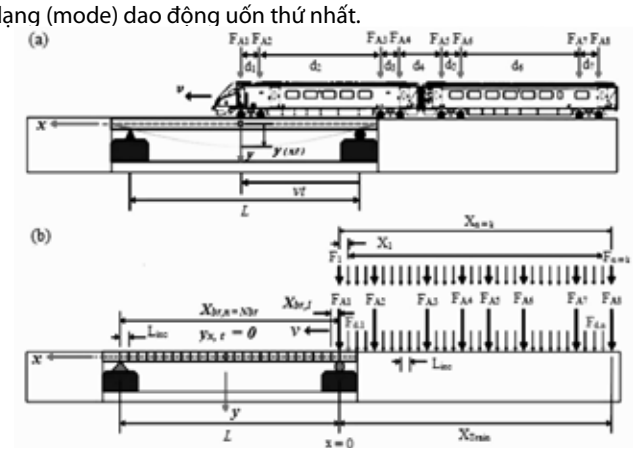
Trong bài toán thiết kế cầu trên các tuyến đường sắt và ĐSTĐC, tùy theo yêu cầu còn sử dụng các mô hình đoàn tàu thực tế như trên Hình 3a. Để xây dựng mô hình tính toán, có thể biểu diễn tải trọng của đoàn tàu theo chuỗi lực di động qua cầu như trên Hình 3b. Với đoàn tàu cao tốc có chiều dài X_n (khoảng cách giữa trục đầu tiên và trục cuối cùng) có thể được biểu diễn dưới dạng chuỗi n tải P_i, có hoành độ được ký hiệu là x_i (khoảng cách giữa tải P_i và trục đầu tiên). Hàm kích thích do tải trọng trục di chuyển có thể được mở rộng thành chuỗi Fourier như [8]:

$$P(t) = \frac{2}{X_n}\int S_0(\lambda)\left(\cos\frac{2\pi V_t}{\lambda} + \sin\frac{2\pi V_t}{\lambda}\right)d\lambda \quad (2)$$

Trong đó: λ - Bước sóng kích thích do đoàn tàu. Giá trị này phụ thuộc vào cấu hình đoàn tàu. Đặc trưng kích thích động lực của đoàn tàu được ký hiệu S_0 (λ) xác định theo biểu thức:

$$S_0(\lambda) = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} P_i \cos\frac{2\pi x_i}{\lambda}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n} P_i \sin\frac{2\pi x_i}{\lambda}\right)^2} \quad (3)$$

Với biểu diễn hàm kích thích theo các biểu thức (1) và (2), có thể đơn giản hóa quy trình tính toán hệ số (1+IM) cho các dạng dầm đơn giản. Sử dụng các tham số đầu vào, có thể thu được gia tốc thẳng đứng tối đa ở giữa kết cấu nhịp khi tàu di chuyển với vận tốc v. Giá trị này được sử dụng cho chế độ cộng hưởng tương ứng với dạng (mode) dao động uốn thứ nhất.



a) - Cấu hình đoàn tàu; b) - Mô hình dãy lực tính toán

Hình 3. Mô hình đoàn tàu cao tốc thực tế

2.3. Xác định lực quán tính do dao động của hệ đoàn tàu - kết cấu nhịp tác dụng lên kết cấu

Sự gia tăng hiệu ứng động lực của hoạt tải, tức là sự gia tăng của thành phần trạng thái ứng suất-biến dạng (mô-men uốn, lực ngang và chuyển vị) là do sự xuất hiện của các lực quán tính. Để đánh giá được giá trị gia tăng này cần phải nghiên cứu sự phân bố của các lực quán tính dọc theo chiều dài kết cấu nhịp. Lực quán tính thu được bằng tích của khối lượng với giá trị gia tốc tương ứng của dầm. Gia tốc dao động của kết cấu nhịp tại một vị trí bất kỳ dọc theo chiều dài kết cấu nhịp *a(x)* có thể được xác định thông qua giá trị cực đại của gia tốc tại vị trí giữa nhịp a_{max} với đủ độ chính xác khi giả thiết đường cong biến dạng khi dao động của kết cấu là dạng sóng hình sin:

$$a(x) = a_{max}\sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad (4)$$

Giá trị gia tốc cực đại của đoàn tàu đường sắt cao tốc thường thu được tại mặt cắt giữa nhịp ở trạng thái cộng hưởng dao động tại thời điểm đoàn tàu rời khỏi phạm vi nhịp [9] và có thể xác định theo công thức [10]:

$$a_{max} = \pi^2\left(\frac{v_x}{L}\right)^2 \delta_{dyn,max} \quad (5)$$

Trong đó: a_{max} - Gia tốc cực đại tại mặt cắt giữa nhịp (m/s²); *a(x)* - Gia tốc tại mặt cắt x (m/s²); v_x - Vận tốc di động của đoàn tàu (m/s); L - Chiều dài nhịp (m); $\delta_{dyn,max}$ - Độ võng động lực lớn nhất do tải trọng đoàn tàu ra tại mặt cắt giữa nhịp.

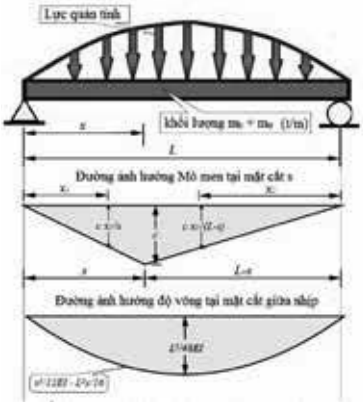
Từ giá trị gia tốc cực đại a_{max} và các gia tốc *a(x)* tại các mặt cắt dầm có tọa độ bằng *x*, xác định được biểu đồ phân bố lực quán tính dọc theo chiều dài nhịp theo biểu thức:

$$F(x) = (m_b + m_r)\, a_{max}\sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad (6)$$

Trong đó: F(x) - Lực quán tính tại mặt cắt x (kN); m_b - Khối lượng phân bố đều của dầm (t/m); m_{tr} - Khối lượng phân bố đều tương đương của khối lượng của đoàn tàu (t/m).

Ghi chú: Trong biểu thức (6), việc quy đổi tải trọng (khối lượng) đoàn tàu đường sắt thành tải trọng (khối lượng) tương đương là áp dụng theo tiêu chuẩn thiết kế cầu ĐSTĐC của Nga (SP.453. 1325800.2019). Cũng có thể tính toán trực tiếp từ các tải trọng (khối lượng) tập trung từ các mô hình HSLM của Eurocode hay TCVN 13594:2022.

Trên Hình 4 trình bày biểu đồ phân bố lực quán tính do khối lượng đoàn tàu và kết cấu nhịp cho dầm giản đơn.



Hình 4. Biểu đồ phân bố hệ lực quán tính, đường ảnh hưởng mô-men và đường ảnh hưởng độ võng của dầm giản đơn

2.4. Tính toán hệ số động lực bằng phương pháp sử dụng mô hình lực quán tính

Từ biểu đồ phân bố lực quán tính như trên Hình 4 sẽ tính toán được giá trị của phần nội lực, chuyển vị gia tăng do hiệu ứng động lực (hiệu ứng quán tính) tại các mặt cắt bất kỳ của dầm. Với mặt cắt giữa nhịp như Hình 4 có s = L/2 và c = L/4 có được:

- Giá trị gia tăng của mô-men tại mặt cắt giữa nhịp:

$$\Delta M_{(L/2)} = \frac{(m_b + m_r)\, a_{max} L^2}{\pi^2} \quad (7)$$

- Giá trị gia tăng của lực cắt tại gối:

$$\Delta V_{(0)} = \frac{(m_b + m_r)\, a_{max} L}{\pi} \quad (8)$$

- Giá trị gia tăng của độ võng giữa nhịp:

$$\Delta\delta_{(L/2)} = \frac{(m_b + m_r)\, a_{max} L^4}{\pi^4 E} \quad (9)$$

Hệ số động lực được tính toán theo định nghĩa nêu ở Mục 2.1.

- Hệ số động lực của mô-men tại mặt cắt giữa nhịp:

$$(1+M)_{M(L/2)} = \frac{M_{L/2} + \Delta M_{L/2}}{M_{L/2}} = 1 + \frac{(m_b + m_r)\, a_{max} L^2}{\pi^2 q_{0,5,r} L^2/8} \approx 1 + 0{,}811\frac{(m_b + m_r)\, a_{max}}{q_{0,5,r}} \quad (10)$$

- Hệ số động lực của lực cắt tại mặt cắt gối:

$$(1+M)_{V(0)} = \frac{V_0 + \Delta V_0}{V_0} = 1 + \frac{(m_b + m_r)\, a_{max} L}{\pi\, q_{0,r} L/2} \approx 1 + 0{,}637\frac{(m_b + m_r)\, a_{max}}{q_{0,r}} \quad (11)$$

- Hệ số động lực của độ võng tại mặt cắt giữa nhịp:

$$(1+M)_{\delta(L/2)} = \frac{\delta_{L/2} + \Delta\delta_{(L/2)}}{\delta_{(L/2)}} = 1 + \frac{(m_b + m_r)\, a_{max} L^4}{\pi^4 E\, \frac{5}{384}\frac{q_{0,5,r} L^4}{E}} \approx 1 + 0{,}788\frac{(m_b + m_r)\, a_{max}}{q_{0,5,r}} \quad (12)$$

Trong các biểu thức (7) đến (12): $\Delta M_{(L/2)}$, $\Delta V_{(0)}$ và $\Delta\delta_{(L/2)}$ lần lượt là giá trị gia tăng của các tham số mô-men, lực cắt và độ võng do hiệu ứng quán tính gây ra; *EI* là độ cứng chống uốn kN.m²; $q_{0,5,tr}$ và $q_{0,tr}$ là tải trọng rải đều tương đương do trọng lượng đoàn tàu cao tốc HSLM gây ra (Bảng 3). Các giá trị tải trọng rải đều tương đương của đoàn tàu cao tốc HSLM-A (theo Eurocode) được chuyển đổi thành mô hình tải trọng rải đều tương đương $q_{0,5,r}$ và $q_{0,r}$ được lấy theo Phụ lục I của Tiêu chuẩn thiết kế cầu ĐSTĐC của Nga (SP.453. 1325800.2019), phần trích dẫn được giới thiệu trong Bảng 3.

Bảng 3. Trích bảng tải trọng rải đều tương đương của các đoàn tàu HSLM A1-A10 theo Tiêu chuẩn của Nga (SP.453. 1325800.2019)

Chiều dài ĐAH λ (m)	Giá trị của tải trọng rải đều tương đương cho một làn đường sắt (kN/m)										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Lớn nhất
Với vị trí đỉnh của đường ảnh hưởng α=0,5 ($q_{0,5,tr}$)											
20	47,52	52,90	50,31	51,21	47,52	50,31	53,11	52,16	58,70	58,70	58,70
24	43,30	48,61	45,85	46,92	43,30	45,85	48,51	47,66	53,50	53,50	53,50
30	36,98	42,18	39,16	40,49	36,98	39,16	41,34	40,91	45,69	45,69	45,69
32	36,23	41,39	38,25	39,61	36.12	38,25	40,38	39,99	44,63	44,63	44,63
40	33,23	38,22	34,63	36,08	32,70	34,63	36,55	36,31	40,40	40,40	40,40
50	31,94	36,46	32,67	33,57	29,76	31,16	32,59	32,36	35,94	35,94	36,46
60	29,74	34,21	30,69	31,76	28,22	29,49	30,70	30,17	33,00	32,53	34,21
Với vị trí đỉnh của đường ảnh hưởng α=0,0 ($q_{0,tr}$)											
20	54,76	60,45	57,98	57,90	54,76	57,98	61,20	58,38	67,65	67,65	67,65
24	50,84	56,10	53,84	54,48	50,84	53,84	56,83	54,69	59,21	59,21	59,21
30	44,97	49,58	47,62	49,36	44,97	47,62	50,27	49,15	55,56	55,56	55,56
32	43,71	48,23	46,28	47,76	43,71	46,28	48,86	47,56	54,00	54,00	54,00
40	38,65	42,85	40,93	41,34	38,65	40,93	43,20	41,22	47,75	47,75	47,75
50	34,41	38,96	35,07	36,24	32,58	34,42	36,34	35,50	40,16	40,16	40,16
60	2,10	36,41	32,79	34,11	30,36	31,94	33,51	32,84	36,57	36,33	36,57

Lần lượt thay thế biểu thức (5) vào (10), (11) và (12) có:

- Hệ số động lực của mô-men tại mặt cắt giữa nhịp:

$$(1+M\ )_{M(L/2)} = 1+0{,}811\frac{(m_b+m_r\ )a_{max}}{q_{0,5,r}} = 1+0{,}811\frac{(m_b+m_r\ )}{q_{0,5,r}}\frac{\pi^2 v_x^2}{L^2}\delta_{dyn,max}$$
$$= 1+0{,}811\frac{(m_b+m_r\ )}{q_{0,5,r}}\frac{\pi^2 v_x^2}{L^2}\frac{5}{384}\frac{q_{0,5,r}L^4}{E} = 1+0{,}1042\frac{(m_b+m_r\ )v_x^2 L^2}{E} \quad (13)$$

- Hệ số động lực của lực cắt tại mặt cắt gối:

$$(1+M\ )_{V(0)} = 1+0{,}637\frac{(m_b+m_r\ )a_{max}}{q_{0,r}} = 1+0{,}637\frac{(m_b+m_r\ )}{q_{0,r}}\frac{\pi^2 v_x^2}{L^2}\delta_{dyn,max}$$
$$= 1+0{,}637\frac{(m_b+m_r\ )}{q_{0,r}}\frac{\pi^2 v_x^2}{L^2}\frac{5}{384}\frac{q_{0,r}L^4}{E} = 1+0{,}08192\frac{(m_b+m_r\ )v_x^2 L^2}{E} \quad (14)$$

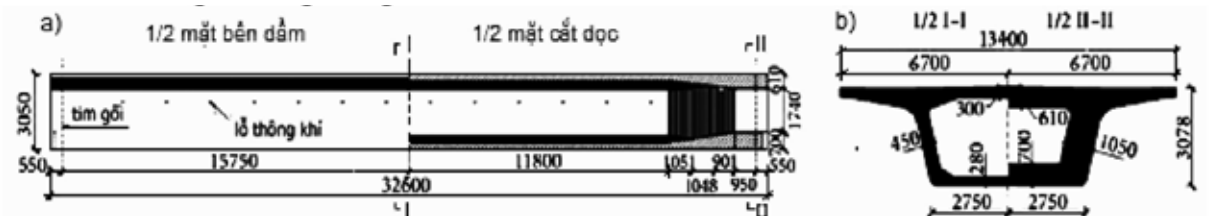
- Hệ số động lực của độ võng tại mặt cắt giữa nhịp:

$$(1+M\ )_{M(L/2)} = 1+0{,}788\frac{(m_b+m_r\ )a_{max}}{q_{0,5,r}} = 1+0{,}788\frac{(m_b+m_r\ )}{q_{0,5,r}}\frac{\pi^2 v_x^2}{L^2}\delta_{dyn,max}$$
$$= 1+0{,}788\frac{(m_b+m_r\ )}{q_{0,5,r}}\frac{\pi^2 v_x^2}{L^2}\frac{5}{384}\frac{q_{0,5,r}L^4}{E} = 1+0{,}10127\frac{(m_b+m_r\ )v_x^2 L^2}{E} \quad (15)$$

3. ÁP DỤNG TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM CHO MỘT SỐ DẠNG CẦU DẦM GIẢN ĐƠN BTDƯL

3.1. Thông số kỹ thuật của kết cấu nhịp và khối lượng tương đương của đoàn tàu

- Kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn BTDƯL, dạng mặt cắt hình hộp có chiều dài 20, 24, 32, 40, 50 và 60 m. Ví dụ điển hình cho dầm 32 m giới thiệu trên Hình 5, các tham số cấu tạo của một số loại dầm ghi trong Bảng 4.



Hình 5. Cấu tạo kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn (simple girder bridge - SBB) bằng BTDƯL nhịp 32 m tiêu chuẩn trên ĐSTĐC: a) - Kích thước chung; b) - Cấu tạo mặt cắt ngang

Bảng 4. Cấu tạo và kích thước cơ bản của một số loại dầm giản đơn BTDƯL (SBB) cho ĐSTĐC theo định hình tiêu chuẩn dầm của Trung Quốc

Nhịp	Dài toàn bộ (m)	Chiều cao mặt cắt (m)	Chiều rộng bản nắp (m)	Chiều rộng bản đáy (m)	K/lượng phân bố của dầm m_b (T/m)	Độ cứng chống uốn *EI* (kN.m²)	K/lượng phân bố của tàu lớn nhất m_{tr} (T/m)	
							$q_{0,5,tr}/g$	$q_{0,tr}/g$
20	20,6	2,45	13,4	5,80	1,2 x 20,462	376,67x10^6	5,984	6,896
24	24,6	2,45	13,4	5,80	1,2 x 20,327	376,67x10^6	5,454	6,036
32	32,6	3,05	13,4	5,50	1,2 x 23,224	495,67x10^6	4,658	5,664
40	40,8	3,05	13,4	5,74	1,2 x 23,224	495,67x10^6	4,549	5,504
50	51,1	5,00	13,4	6,70	1,2 x 24,227	144,68 x10^7	4,118	4,867
60	62,3	5,00	13,4	6,80	1,2 x 24,227	144,68 x10^7	3,717	4,098

Ghi chú: Khối lượng phân bố của dầm m_b được tính thêm 20% như trong Bảng 4 để xét tới khối lượng của ray, tà vẹt tấm bản và thiết bị khác trên nhịp.

3.2. Kết quả tính toán và so sánh với cách tính hệ số động lực theo Eurocode và TCVN 13594:2022

Sử dụng các công thức (13), (14) và (15) và các tham số đầu vào ở Bảng 4 tính toán được các hệ số động lực của mô-men, lực cắt và độ võng tại mặt cắt giữa nhịp và mặt cắt gối tương ứng với dải tốc độ cao từ 150 km/h (41,67 m/s) đến 350 km/h (97,22 m/s). Kết quả tính toán và so sánh phần phụ tải xung kích (IM) trình bày trên Bảng 5.

Theo Eurocode hoặc Phụ lục J của TCVN 13594-3:2022, hệ số động lực được chỉ dẫn sử dụng công thức riêng cho đoàn tàu thực hoặc các mô hình đoàn tàu khách cao tốc HSLM là:

$$(1+M\ ) = 1+\varphi' + \varphi'' \quad \text{Điều kiện bảo trì tiêu chuẩn} \tag{16}$$

$$(1+M\ ) = 1+\varphi' + 0{,}5\varphi'' \quad \text{Điều kiện bảo trì cẩn thận} \tag{17}$$

Trong đó: φ' - Phần phụ xung kích do tác động của tốc độ chạy tàu

$$\varphi' = \frac{K}{1-K+K^2} \quad \text{cho} \quad K\langle 0{,}76 \tag{18}$$

$$\varphi' = 1{,}325 \quad \text{cho} \quad K \geq 0{,}76 \tag{19}$$

Với:

$$K = \frac{v}{2\,L\,n_0} \tag{20}$$

Bảng 5. Giá trị phụ tải xung kích (IM) do tải trọng đoàn tàu đối với một số dạng kết cấu nhịp cầu dầm BTDƯL giản đơn tính theo p/p đề xuất và Eurocode (hoặc TCVN 13594:2022)

Nhịp (m)	Vận tốc *v* km/h (m/s)	(IM) theo TCVN và Eurocode		(IM) tính theo p/p đề xuất						
		K	(φ')	(m_d+m_{tr}) (T/m)	Mô-men		Lực cắt		Độ võng	
					$(IM)_{(M,L/2)}$	So sánh với φ' (%)	$(IM)_{(V,0)}$	So sánh với φ' (%)	$(IM)_{(\delta,L/2)}$	So sánh với φ' (%)
20	150 (41,67)	0,10263	0,11304	(1,2 x20,462) + 5,984) =30,538	0,0586	-48,2	0,0461	-59,2	0,0570	-49,6
	200 (55,56)	0,16084	0,18594		0,1418	-23,7	0,1114	-40,1	0,1378	-25,9
	250 (69,44)	0,20102	0,23948		0,1627	-32,1	0,1279	-46,6	0,1581	-34,0
	300 (83,33)	0,24123	0,29526		0,2343	-20,6	0,1842	-37,6	0,2277	-22,9
	350 (97,22)	0,28144	0,35277		0,3190	-9,6	0,2508	-28,9	0,3100	-12,1
24	150 (41,67)	0,11795	0,13164	(1,2 x 20,327 + 5,454) =29,738	0,0823	-37,5	0,0664	-49,6	0,0821	-37,6
	200 (55,56)	0,15727	0,18129		0,2042	+12,6	0,1604	-11,5	0,1984	+9,4
	250 (69,44)	0,19656	0,23342		0,2343	+0,4	0,1842	-21,1	0,2277	-2,5
	300 (83,33)	0,23587	0,28775		0,3374	+17,3	0,2652	-7,8	0,3278	+13,9
	350 (97,22)	0,27519	0,34377		0,4593	+33,6	0,3611	+5,1	0,4464	+29,85
32	150 (41,67)	0,13942	0,15843	(1,2 x 23,224 + 4,658) = 32,527	0,1216	-23,2	0,0956	-39,7	0,1182	-25,4
	200 (55,56)	0,18589	0,22903		0,2162	-5,6	0,1700	-25,8	0,2101	-8,3
	250 (69,44)	0,23233	0,28278		0,3374	+19,3	0,2653	-6,2	0,3279	+16,0
	300 (83,33)	0,27881	0,35386		0,4859	+37,3	0,3820	+8,0	0,4722	+33,4
	350 (97,22)	0,32528	0,41676		0,6614	+58,7	0,5200	+24,8	0,6428	+54,2
40	150 (41,67)	0,15689	0,18081	(1,2 x 23,224 + 4,549) = 32,418	0,1893	+4,7	0,1488	-17,7	0,1840	+1,8
	200 (55,56)	0,20919	0,25068		0,3366	+34,3	0,2646	+5,6	0,3271	+30,5
	250 (69,44)	0,26144	0,34564		0,5257	+52,1	0,4503	+30,3	0,5109	+47,8
	300 (83,33)	0,31374	0,39982		0,7570	+89,3	0,5951	+48,8	0,7357	+84,0
	350 (97,22)	0,36604	0,47667		1,0306	+116	0,8101	+81,0	1,0016	+101
50	150 (41,67)	0,09402	0,10277	(1,2 x 24,227 + 4,118) = 33,190	0,1038	+1,0	0,0816	-20,6	0,1009	-1,8
	200 (55,56)	0,12536	0,14080		0,1845	+31,0	0,1451	+3,1	0,1793	+27,3
	250 (69,44)	0,15668	0,18053		0,2883	+59,7	0,2267	+25,6	0,2802	+55,2
	300 (83,33)	0,18802	0.22190		0,4152	+87,1	0,3264	+47,1	0,4035	+94,0
	350 (97,22)	0,21936	0.26497		0,5651	+113	0,4443	+67,7	0,5492	+107
60	150 (41,67)	0,11282	0,12537	(1,2 x 24,227 + 3,717) = 32,527	0,1464	+16,8	0,1151	-8,2	0,1423	+13,5
	200 (55,56)	0,15042	0,17246		0,2603	+50,9	0,2046	+18,6	0,2530	+46,7
	250 (69,44)	0,18800	0,22188		0,4066	+83,3	0,3197	+44,1	0,3952	+78,1
	300 (83,33)	0,22561	0,27337		0,5855	+114	0,4603	+68,4	0,5690	+108
	350 (97,22)	0,26321	0,32656		0,7969	+144	0,6265	+91,8	0,7745	+137

- φ" là sự gia tăng các hiệu ứng tải động được tính toán (ứng suất, chuyển vị, gia tốc dầm cầu…), do các khuyết tật tuyến đường và sự khiếm khuyết của xe tương ứng:

$$\varphi'' = \frac{\alpha}{100}\left[56e^{-\left(\frac{L\varphi}{10}\right)} + 50\left(\frac{L_\varphi/n_0}{80} - 1\right)e^{-\left(\frac{L\varphi}{20}\right)^2}\right] \geq 0 \quad (21)$$

Với: α = v/2 nếu v ≤ 22m/s và α =1 nếu v > 22m/s (22)

- v - Vận tốc lớn nhất của phương tiện (km/h);

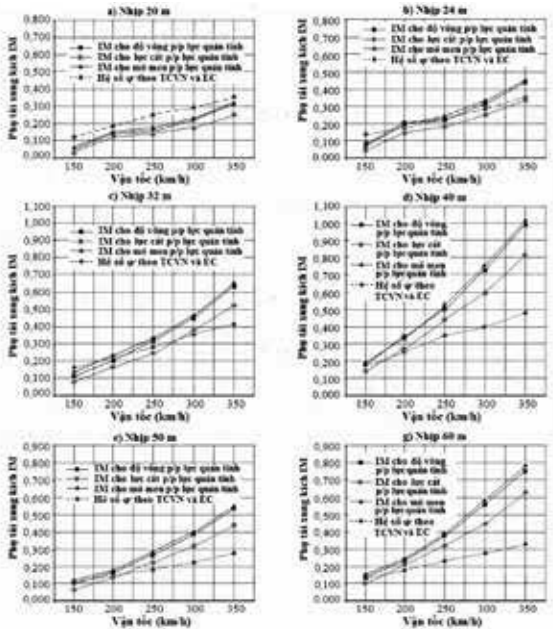
- n_0 - Tần số uốn thứ nhất của cầu chịu tải trọng thường xuyên, (Hz). Giới hạn trên của n_0 được cho bởi:

$$n_0 = 94{,}76\, L_\varphi^{-0{,}748} \quad (23)$$

Giới hạn dưới của n_0 được cho bởi:

$$\begin{cases} n_0 = 80/L_\varphi & \text{cho} \quad 4m \leq L \leq 20m \\ n_0 = 23{,}58 L_\varphi^{-0{,}592} & \text{cho} \quad 20m \langle L \leq 100m \end{cases} \quad (24)$$

- L_Φ - Chiều dài xác định, (m); α - Hệ số cho vận tốc.



Hình 6. So sánh phụ tải xung kích φ' tính theo TCVN hoặc Eurocode với $(IM)_{M(L/2)}$, $(IM)_{V(0)}$ và $(IM)_{\delta(L/2)}$ theo phương pháp mô hình lực quán tính

Giới hạn áp dụng cho ϕ' trong biểu thức (18) và (19) là giới hạn dưới của tần số tự nhiên (23) và (24) và vận tốc 200 km/h. Cho các trường hợp khác ϕ' được xác định theo phân tích động. Giới hạn áp dụng cho ϕ" theo biểu thức (21) là giới hạn trên của tần số tự (23) và (24). Cho các trường hợp khác ϕ" có thể được xác định theo phân tích động.

Như vậy, kết quả tính toán các phần phụ tải xung kích (IM) trong Bảng 5 tương ứng với thành phần φ' trong các công thức (16) và (17). Để tiện so sánh, chỉ xét thành phần φ' trong các công thức (16) và (17). Kết quả so sánh hệ số động lực theo phương pháp đề xuất với với thành phần φ' thể hiện trong Bảng 5 và Hình 6.

4. NHẬN XÉT

- Theo chỉ dẫn của TCVN và Eurocode, các công thức từ (16) đến (21) chỉ áp dụng cho vận tốc đoàn tàu < 200 km/h, nội dung tính toán với các vận tốc lớn hơn trong Bảng 5 nhằm mục đích so sánh. Thành phần φ" do chất lượng đường ray có thể dùng chung.

- Với chiều dài nhịp giản đơn nhỏ hơn 24 m, giá trị phụ tải xung kích do yếu tố vận tốc *v* của đoàn tàu tính theo quy định của Tiêu chuẩn (φ') và tính theo mô hình lực quán tính (IM) khá tương đồng về quy luật. Với chiều dài nhịp 20 m, các trị số của (IM) đều nhỏ hơn (φ') tương ứng từ -9,6 % đến -49,6%

- Với các chiều dài nhịp từ 24 - 60 m, tham số (φ') và các (IM) chỉ phù hợp trong giới hạn vận tốc nhỏ, với các vận tốc ≥ 200 km/h các giá trị (IM) tăng lên rất đáng kể với mức chênh lệch lớn nhất tới 144% so với (φ') tương ứng (lớn gấp 2,44 lần).

5. KẾT LUẬN

Việc phát triển và cụ thể hóa phương pháp sử dụng mô hình hệ lực quán tính để đánh giá hệ số động lực do hoạt tải đoàn tàu phát sinh trong kết cấu cầu trên đường sắt và ĐSTĐC trong nghiên cứu này đã thu được kết quả dẫn đến một số kết luận sau:

- Phương pháp sử dụng mô hình hệ lực quán tính có cơ sở lý thuyết tường minh, chặt chẽ, có thể dùng để phân tích sự biến thiên của phần phụ tải xung kích (φ') hoặc (IM) do yếu tố vận tốc di chuyển của đoàn tàu đường sắt với tốc độ di chuyển đến 350 km/h và lớn hơn. Khi áp dụng cho hệ kết cấu nhịp cầu giản đơn, nội dung tính toán không quá phức tạp, dễ kiểm soát nhưng có thể thay thế cho phương pháp phân tích theo mô hình động với mô hình tương tác đoàn tàu - đường ray - kết cấu để giảm thiểu khối lượng và thời gian tính toán.

- Với phương pháp này đã tách biệt giá trị phụ tải xung kích đối với mô-men, lực cắt, độ võng… với mức chênh lệch tới 24% đến 33% so với việc dùng chung một công thức xác định (IM) trong các tiêu chuẩn thiết kế. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy rõ hiệu ứng xung kích với mô-men và độ võng gia tăng nhanh theo tốc độ đoàn tàu có độ tương đồng rất cao trong khi hiệu ứng xung kích đối với lực cắt nhỏ hơn đáng kể.

- Kết quả phân tích cho một số dạng kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn đã thực hiện trong nghiên cứu này cho thấy rõ ảnh hưởng của vận tốc di chuyển cao của đoàn tàu đến hiệu ứng xung kích phát sinh trong kết cấu nhịp cầu và có thể bổ khuyết cho khó khăn trong áp dụng quy định của tiêu chuẩn thiết kế (phụ lục J của Eurocode hoặc TCVN - với kết cấu dầm giản đơn có thể không yêu cầu phân tích theo mô hình động lực nhưng yêu cầu xác định (φ') bằng phân tích mô hình động lực).

- Kết quả phân tích đã chỉ ra với kết cấu nhịp dầm giản đơn nhịp 40 m có sự gia tăng đột biến về hệ số động lực (1+IM ≈ 2,1) khi vận tốc đoàn tàu khoảng 350 km/h là trùng với nghiên cứu của nhiều tác giả nước ngoài và khuyến cáo của tiêu chuẩn Nhật Bản [8]. Cần lưu ý phân tích kỹ lưỡng về hiệu ứng động lực do tác dụng của hoạt tải đoàn tàu cao tốc khi áp dụng khẩu độ nhịp này cho xây dựng ĐSTĐC ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TCVN 13594-1:2022, Thiết kế cầu đường sắt khổ 1.435 mm, vận tốc đến 350 km/h - Phần 1-10, 2022, 2023.

[2]. EN 1990+A2, Basic of Structure Design, EN 1991-2, Action on Bridge - Traffic loads on Bridges.

[3]. California High-Speed Train Project Design Criteria (CHSTDC), 2014.

[4]. TB 10621, Code for Design of High Speed railway.

[5]. AREMA "Manual for Railway Engineering", American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association, Lanham, MD, USA, 2013.

[6]. ORE Committee D23 "Determination of dynamic forces in bridges. Final Report", Office for Research and Experiments of the International Union of Railways, Utrecht, Netherlands, Rep. 17, 1970.

[7]. CP.453. 1325800.2019, Engineering structures of high speed railway lines. Rules of design and construction (bản tiếng Nga).

[8]. Tiêu chuẩn thiết kế cầu ĐSTĐC của Nhật Bản (H16RC), bản tiếng Nhật.

[9]. Leonid Diachenko, Andrey Benin, Vladimir Smirnov, Anastasia Diachenko "Rating of Dynamic Coefficient for Simple Beam Bridges Design on High Speed Railways", Civil and Environmental Engineering vol.14, Issue 1/2018, 37-43.

[10]. H. Gou, H., Xie, R., Liu, C., Bao, Y., Pu, Q. (2021), Analytical study on high-speed railway track deformation under long-term bridge deformations and interlayer degradation, Structures, 29, pp.1005-1015. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.10.079.

[11]. Azimi, P., Yazdani, M. (2022), Calculation of Dynamic Amplification Factor for Railway Concrete and Masonry Arch Bridges Subjected to Highspeed Trains, Periodica Polytechnica Civil Engineering. https://doi.org/10.3311/PPci.19494.

■Ngày nhận bài: 02/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Nghiên cứu thiết kế cơ sở dữ liệu GIS liên thông làm nền tảng cho quản lý bảo trì và hướng tới bản sao số hạ tầng giao thông đô thị

Design of an interoperable gis database for urban road infrastructure maintenance and digital twin development

> TS LÊ KHÁNH GIANG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: gianglk@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất khung cấu trúc cơ sở dữ liệu (CSDL) GIS liên thông cho hạ tầng đường bộ (HTĐB) đô thị, trong đó GIS được định vị là nền tảng dữ liệu trung tâm phục vụ quản lý và bảo trì hạ tầng. Cấu trúc CSDL được xây dựng dựa trên mô hình tài sản tuyến tính và tổ chức dữ liệu theo không gian - thời gian, phù hợp triển khai ở cấp quận (cũ) hoặc phường/xã (mới) và có khả năng tích hợp lên hệ thống GIS cấp cao hơn. Thực nghiệm triển khai tại quận Đống Đa (cũ), Hà Nội cho thấy mô hình đề xuất có tính khả thi, hỗ trợ hiệu quả công tác quản lý HTĐB và tạo nền tảng CSDL cho các ứng dụng quản lý nâng cao, hướng tới phát triển Digital Twin.

Từ khóa: GIS; cơ sở dữ liệu hạ tầng đường bộ; quản lý bảo trì; bản sao số.

ABSTRACT

This paper proposes an interoperable GIS database structure for urban road infrastructure, positioning GIS as a central data backbone for management and maintenance. The database structure is developed based on a linear asset model and spatiotemporal data organization, enabling the former district-level implementation or the current ward/commune level and scalability to higher-level GIS systems. A pilot implementation in the former Dong Da District, Hanoi demonstrates the feasibility of the proposed approach, its effectiveness in supporting infrastructure management and its potential as a data foundation for Digital Twin development.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS); road infrastructure database; maintenance management; digital twin.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

HTĐB đô thị giữ vai trò then chốt trong phát triển kinh tế - xã hội. Quá trình đô thị hóa nhanh tại các thành phố lớn đã làm gia tăng áp lực lên HTĐB hiện hữu, đòi hỏi công tác quản lý và bảo trì HTĐB phải được thực hiện một cách khoa học, hiệu quả và có tính hệ thống. Tuy nhiên, trong thực tiễn quản lý hiện nay, dữ liệu HTĐB thường tồn tại phân tán, thiếu chuẩn hóa và chưa được tổ chức trong một CSDL thống nhất, gây khó khăn cho việc tích hợp thông tin, phân tích và hỗ trợ ra quyết định.

Trong bối cảnh chuyển đổi số, hệ thống thông tin địa lý (GIS) ngày càng được khẳng định là nền tảng quan trọng trong quản lý HTĐB, cho phép tích hợp dữ liệu không gian với dữ liệu thuộc tính, lịch sử kiểm tra và bảo trì, qua đó hỗ trợ quản lý tài sản HTĐB theo vòng đời. Đối với HTĐB đô thị, nơi mạng lưới đường dày đặc và thường xuyên biến động, GIS đóng vai trò như một hệ thống quản lý dữ liệu tập trung, thay thế cho cách lưu trữ rời rạc và thiếu liên kết [1].

Về mặt dữ liệu, HTĐB có đặc trưng tuyến tính rõ rệt, trong đó các hoạt động kiểm tra và bảo trì thường diễn ra trên các đoạn tuyến cụ thể. Do đó, nhiều hệ thống GIS chuyên ngành đã tiếp cận theo hướng quản lý tài sản tuyến tính, cho phép gắn các thông tin nghiệp vụ theo vị trí dọc tuyến mà không làm thay đổi hình học tuyến đường, giúp giảm trùng lặp dữ liệu và thuận lợi cho cập nhật trong dài hạn [2].

Tại Việt Nam, khung pháp lý và tiêu chuẩn kỹ thuật cho quản lý dữ liệu HTĐB đã từng bước được hoàn thiện, tiêu biểu là TCVN 13421:2021 về dữ liệu quản lý kết cấu HTĐB, cùng với các quy định về CSDL nền địa lý quốc gia và kiến trúc dữ liệu đô thị. Các tiêu chuẩn này đặt ra yêu cầu rõ ràng về chuẩn hóa dữ liệu, định danh đối tượng và khả năng chia sẻ, liên thông dữ liệu giữa các cấp quản lý [3-4]. Tuy nhiên, việc triển khai các tiêu chuẩn này vào các hệ thống GIS cụ thể, đặc biệt ở phường/xã - nơi trực tiếp quản lý và cập nhật dữ liệu hiện trạng vẫn còn nhiều hạn chế.

Bên cạnh đó, khái niệm bản sao số (Digital Twin - DT) cho hạ tầng đô thị đang được quan tâm như một hướng tiếp cận mới trong quản lý và hỗ trợ ra quyết định. Các nghiên cứu gần đây cho thấy DT không chỉ là mô hình trực quan hay 3D, mà trước hết là bài toán về nền tảng dữ liệu, trong đó GIS đóng vai trò lớp dữ liệu trung tâm bảo đảm tính chuẩn hóa, liên thông và quản lý theo không gian - thời gian. GIS là "nơi gặp gỡ" tự nhiên của dữ liệu về vị trí và thời gian và khi tích hợp dữ liệu không gian - thời gian, DT mới có thể phản ánh đầy đủ tính động của đô thị. Do đó, cho thấy nhu cầu xây dựng CSDL GIS làm nền tảng để từng bước hướng tới phát triển DT ở các cấp độ cao hơn (Hình 1) [5].

Hình 1. Phân loại Digital Twin

Tổng hợp các nghiên cứu và thực tiễn triển khai cho thấy còn tồn tại một khoảng trống: Phần lớn các nghiên cứu tập trung vào ứng dụng GIS cho các bài toán phân tích cụ thể, trong khi thiếu các nghiên cứu đi sâu vào thiết kế cấu trúc CSDL GIS với vai trò là hạ tầng dữ liệu nền tảng, đặc biệt trong bối cảnh tuân thủ TCVN và yêu cầu liên thông đa cấp (phường/xã - thành phố - quốc gia). Đồng thời, mối liên hệ giữa thiết kế CSDL GIS và định hướng phát triển DT HTĐB vẫn chưa được làm rõ [6]. Do đó, bài báo này tập trung nghiên cứu thiết kế CSDL GIS liên thông cho HTĐB đô thị, lấy quản lý bảo trì làm bài toán trung tâm và định vị CSDL GIS như nền tảng, quyết định khả năng mở rộng từ mô hình số tĩnh sang các cấp độ DT cao hơn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cách tiếp cận

Nghiên cứu áp dụng cách tiếp cận hướng dữ liệu, trong đó CSDL GIS được xem là thành phần trung tâm của hệ thống quản lý bảo trì HTĐB đô thị. Thay vì tập trung vào các thuật toán phân tích hoặc mô hình mô phỏng cụ thể, nghiên cứu nhấn mạnh vào thiết kế cấu trúc CSDL, bảo đảm tính chuẩn hóa, khả năng liên thông và khả năng khai thác lâu dài trong thực tiễn quản lý.

Phương pháp nghiên cứu được triển khai theo 4 bước chính:

1) Xác định yêu cầu quản lý và phạm vi dữ liệu.

2) Xây dựng khung thiết kế CSDL GIS dựa trên tiêu chuẩn và quy định hiện hành.

3) Thiết kế mô hình dữ liệu logic và vật lý cho HTĐB.

4) Triển khai thí điểm và kiểm chứng cấu trúc CSDL thông qua một nghiên cứu trường hợp ở cấp quận (cũ), phục vụ quản lý và bảo trì đường bộ, đồng thời đánh giá tiềm năng mở rộng của hệ thống ở mức cấu trúc và logic dữ liệu.

2.2. Phạm vi và đối tượng dữ liệu

Phạm vi nghiên cứu tập trung thí điểm tại TP Hà Nội để kiểm chứng khả năng triển khai và khai thác của mô hình CSDL GIS đề xuất. Đối tượng dữ liệu bao gồm:

- Mạng lưới đường bộ đô thị (tuyến đường, mặt đường);
- Các công trình và tài sản gắn với tuyến (cầu, hầm, biển báo, đèn tín hiệu...);
- Dữ liệu kiểm tra hiện trạng và bảo trì, duy tu theo thời gian.

2.3. Nguyên tắc thiết kế CSDL GIS

CSDL GIS được thiết kế dựa trên các nguyên tắc sau:

1) Tuân thủ quy chuẩn và tiêu chuẩn quốc gia.

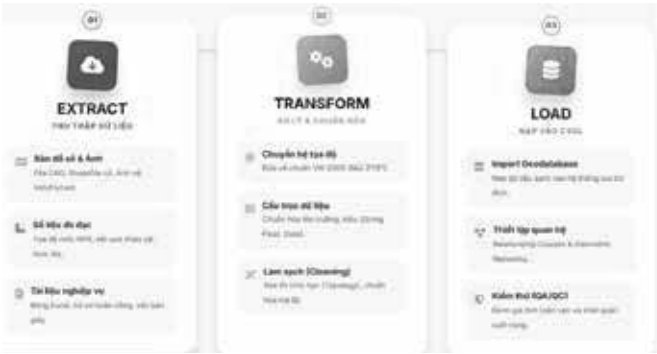
2) Phân tách rõ dữ liệu nền và dữ liệu chuyên ngành.

3) Lấy tuyến đường làm đối tượng trung tâm.

4) Hỗ trợ quản lý theo không gian - thời gian.

5) Bảo đảm khả năng liên thông và mở rộng.

2.4. Quy trình xây dựng và tích hợp CSDL



Hình 2. Quy trình xây dựng và tích hợp dữ liệu

Quy trình xây dựng CSDL GIS được thực hiện theo mô hình ETL (Extract - Transform - Load) nhằm bảo đảm chất lượng và tính nhất quán của dữ liệu (Hình 2).

1) Extract: Thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm CSDL quản lý chính thống, bản đồ số và dữ liệu khảo sát thực địa.

2) Transform: Đây là bước quan trọng nhất trong GIS: Chuẩn hóa hệ tọa độ, cấu trúc thuộc tính, mã định danh và miền giá trị theo thiết kế CSDL đề xuất.

3) Load: Nạp dữ liệu vào CSDL GIS và thiết lập các mối quan hệ không gian "Topology" và thuộc tính cần thiết.

Quy trình ETL giúp dữ liệu có thể cập nhật và khai thác ổn định trong khi vận hành.

2.5. Đánh giá khả năng liên thông và mở rộng hướng tới Digital Twin

Khả năng liên thông và mở rộng của CSDL GIS được đánh giá ở mức cấu trúc và logic dữ liệu, thông qua các tiêu chí: Khả năng tái sử dụng cấu trúc CSDL cho các quận (cũ) hoặc phường/xã (mới) khác, mức độ tuân thủ tiêu chuẩn quốc gia và tính phù hợp của mô hình dữ liệu tuyến tính kết hợp dữ liệu sự kiện.

Việc đánh giá được thực hiện thông qua triển khai thí điểm và các thao tác truy vấn, khai thác dữ liệu trong môi trường GIS, nhằm kiểm chứng tính khả thi của cấu trúc CSDL trong thực tiễn quản lý bảo trì HTĐB.

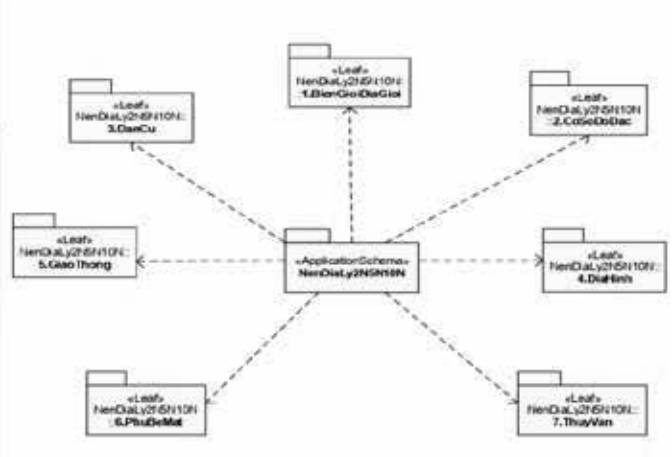
Trong nghiên cứu này, DT được tiếp cận ở mức định hướng dữ liệu. CSDL GIS được thiết kế nhằm bảo đảm khả năng tích hợp các nguồn dữ liệu bổ sung trong tương lai, làm nền tảng cho các ứng dụng quản lý và phân tích nâng cao. Việc triển khai DT hoàn chỉnh không nằm trong phạm vi nghiên cứu.

3. THIẾT KẾ CẤU TRÚC CSDL GIS VÀ KIỂM CHỨNG THỰC NGHIỆM

3.1. Tổng quan cấu trúc CSDL GIS đề xuất

CSDL GIS được thiết kế nhằm phục vụ quản lý và bảo trì HTĐB đô thị ở cấp quận (cũ) hoặc phường/xã (mới), đồng thời bảo đảm khả năng mở rộng và tích hợp trong tương lai. Cấu trúc CSDL được tổ chức theo mô hình phân tầng, gồm: (i) CSDL nền địa lý làm lớp tham chiếu và (ii) CSDL GIS chuyên ngành giao thông làm lớp nghiệp vụ. Trong đó, CSDL chuyên ngành giao thông đóng vai trò trung tâm, được thiết kế dựa trên mô hình tài sản tuyến tính và tổ chức dữ liệu theo sự kiện không gian - thời gian, phù hợp với đặc thù quản lý HTĐB đô thị (Hình 3).

Hình 3. Mô hình CSDL GIS giao thông đô thị



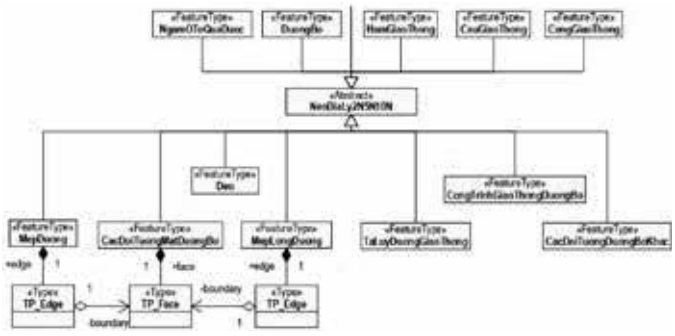
Hình 4. Mô hình cấu trúc CSDL nền địa lý quốc gia [7]

3.2. CSDL GIS nền địa lý

CSDL GIS nền địa lý được sử dụng làm lớp dữ liệu tham chiếu không gian cho toàn bộ hệ thống, tuân thủ các quy định hiện hành về CSDL nền địa lý quốc gia. Dữ liệu nền địa lý cung cấp khung không gian thống nhất về hệ tọa độ, ranh giới hành chính và các yếu tố địa lý cơ bản, bảo đảm tính nhất quán và khả năng tích hợp dữ liệu giữa các lớp chuyên ngành. Mô hình cấu trúc CSDL nền địa lý quốc gia tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và 1:10.000 được tổ chức theo 7 gói UML gồm 7 chủ đề dữ liệu địa lý như Hình 4.

3.3. Cấu trúc CSDL GIS chuyên ngành giao thông

Mô hình đối tượng dữ liệu địa lý tổng quát gói dữ liệu giao thông (Hình 5). Lược đồ ứng dụng mô tả các lớp đối tượng địa lý trong gói dữ liệu giao thông (Hình 6).



Hình 5. Mô hình đối tượng dữ liệu địa lý tổng quát gói dữ liệu giao thông [7]

Hình 6. Lược đồ ứng dụng mô tả các lớp đối tượng địa lý trong gói dữ liệu giao thông [7]

3.3.1. Đối tượng trung tâm: Tuyến đường bộ

Bảng 1. Lớp dữ liệu tuyến đường bộ (Road_Centerline)

Tên trường	Kiểu dữ liệu	Mô tả
ma_duong	String (UUID)	Mã định danh tuyến
ten_duong	String	Tên đường
cap_ky_thuat	String (Domain)	Cấp kỹ thuật
loai_mat	String (Domain)	Loại mặt đường
chieu_rong	Float	Chiều rộng mặt đường (m)
don_vi_ql	String	Đơn vị quản lý
so_lan_xe	Polyline (M-enabled)	Hình học tuyến

Tuyến đường bộ được xác định là đối tượng lõi trong mô hình CSLD. Mỗi tuyến đường được biểu diễn bằng một lớp đối tượng không gian dạng đường (polyline), có mã định danh duy nhất và được sử dụng để liên kết với toàn bộ các dữ liệu liên quan khác trong hệ thống (Bảng 1). Lớp dữ liệu tuyến đường được gán giá trị đo dọc theo tuyến nhằm hỗ trợ quản lý các thông tin nghiệp vụ theo vị trí tương đối dọc tuyến (khoảng cách đo từ điểm đầu tuyến), tạo điều kiện thuận lợi cho việc liên kết và khai thác dữ liệu sự kiện.

3.3.2. Mô hình dữ liệu sự kiện kiểm tra và bảo trì

Các hoạt động kiểm tra hiện trạng và bảo trì được tổ chức dưới dạng các bảng dữ liệu sự kiện độc lập, không gắn hình học trực tiếp mà liên kết với tuyến đường thông qua mã định danh và vị trí tương đối dọc tuyến (Hình 7). Việc tách riêng dữ liệu kiểm tra (Bảng 2) và dữ liệu bảo trì (Bảng 3) phản ánh đúng bản chất khác nhau của các quy trình quản lý và hỗ trợ lưu trữ dữ liệu theo không gian - thời gian.

Hình 7. Mô hình dữ liệu tuyến - sự kiện - thời gian trong CSDL GIS quản lý HTĐB

Bảng 2. Bảng dữ liệu sự kiện kiểm tra

Trường	Kiểu	Mô tả
ma_kiem_tra	String	Mã sự kiện kiểm tra
ma_duong	String	Mã tuyến đường
vi_tri_dau	Float	Vị trí bắt đầu dọc tuyến (m)
vi_tri_cuoi	Float	Vị trí kết thúc dọc tuyến (m)
ngay_kiem_tra	Date	Thời gian kiểm tra
nguoi_kiem_tra	Text	Người kiểm tra
anh_hien_truong	Attachment	Ảnh hiện trường
danh_gia_hien_trang	Domain	Đánh giá hiện trạng

Bảng 3. Bảng dữ liệu sự kiện bảo trì

Trường	Kiểu	Mô tả
ma_bao_tri	String	Mã sự kiện bảo trì
ma_duong	String	Mã tuyến đường
vi_tri_dau	Float	Vị trí bắt đầu dọc tuyến (m)
vi_tri_cuoi	Float	Vị trí kết thúc dọc tuyến (m)
loai_bao_tri	Domain	Hình thức bảo trì
don_vi_thi_cong	Text	Đơn vị thi công
ngay_bao_tri	Date	Thời gian thực hiện
ngay_bao_tri	Date	Ngày hết hạn bảo hành
kinh_phi	Float	Kinh phí

Cách tổ chức này cho phép quản lý linh hoạt các đoạn tuyến theo thời gian, duy trì tính toàn vẹn của hình học tuyến đường và giảm trùng lặp dữ liệu không gian.

3.4. Dữ liệu tài sản hạ tầng gắn với tuyến đường

Bên cạnh tuyến đường, CSDL GIS gồm các lớp dữ liệu mô tả các tài sản và công trình phụ trợ gắn với tuyến (Bảng 4). Mỗi lớp tài sản được liên kết với tuyến đường thông qua mã định danh tuyến, cho phép truy vấn và phân tích tổng hợp theo tuyến hoặc theo khu vực quản lý.

Bảng 4. Các lớp dữ liệu tài sản HTĐB

Nhóm	Lớp dữ liệu	Hình học	Mục đích
Cầu	tim_cau	Polyline	Kết nối tuyến
Hầm	tim_ham	Polyline	Giao thông ngầm
Biển báo	bien_bao	Point	An toàn
Đèn tín hiệu	den_tin_hieu	Point	Điều tiết
Chiếu sáng	chieu_sang	Point	Vận hành
Thoát nước	thoat_nuoc	Polyline	Chống ngập

3.5. Quan hệ dữ liệu và triển khai trong môi trường GIS

Các mối quan hệ giữa các lớp dữ liệu được thiết lập theo mô hình 1 - N, trong đó một tuyến đường có thể liên kết với nhiều sự kiện kiểm tra, bảo trì và nhiều tài sản HTĐB. CSDL được triển khai trong môi trường Geodatabase, với việc sử dụng các cơ chế chuẩn hóa dữ liệu như miền giá trị và quan hệ thuộc tính, nhằm bảo đảm tính nhất quán và khả năng khai thác lâu dài.

3.6. Thực nghiệm triển khai và kiểm chứng

3.6.1. Mục tiêu và phạm vi thực nghiệm

Thực nghiệm được thực hiện nhằm kiểm chứng khả năng triển khai và khai thác của cấu trúc CSDL GIS đề xuất trong thực tiễn quản lý và bảo trì HTĐB đô thị. Quận Đống Đa (cũ) được lựa chọn làm khu vực thí điểm do có mật độ hạ tầng cao và dữ liệu quản lý tương đối đầy đủ.

3.6.2. Thu thập và chuẩn hóa dữ liệu

Dữ liệu đầu vào gồm CSDL nền địa lý và dữ liệu HTĐB cấp quận (cũ), được thu thập từ các nguồn quản lý chính thống và khảo sát thực địa. Toàn bộ dữ liệu được chuẩn hóa về hệ tọa độ, cấu trúc thuộc tính và mã định danh theo đúng thiết kế CSDL đã đề xuất.

Hình 8. CSDL HTĐB quận Đống Đa (cũ), TP Hà Nội

3.6.3. Triển khai xây dựng CSDL GIS

Cấu trúc CSDL được triển khai thí điểm trên ArcGIS 10.5 theo đúng mô hình logic đã thiết kế, trong đó tuyến đường là đối tượng trung tâm và các sự kiện kiểm tra, bảo trì được quản lý theo vị trí dọc tuyến. Kết quả triển khai cho thấy cấu trúc CSDL có thể áp dụng trực tiếp trong thực tiễn quản lý mà không cần điều chỉnh lớn (Hình 8).

3.6.4. Minh họa khả năng khai thác dữ liệu

Một số phân tích GIS cơ bản như truy vấn, hiển thị dữ liệu theo tình trạng và chồng xếp không gian được thực hiện nhằm kiểm chứng khả năng khai thác dữ liệu. Kết quả cho thấy CSDL cho phép tích hợp và khai thác đồng thời nhiều lớp thông tin, hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản lý và bảo trì HTĐB (Hình 9).

Hình 9. Truy vấn và hiển thị thông tin

Hình 10. Hiển thị phân loại tình trạng hư hỏng đường trên bản đồ và bảng thuộc tính

Dựa trên dữ liệu hiện trạng và lịch sử bảo trì được lưu trữ trong CSDL, các đoạn tuyến được phân loại theo mức độ ưu tiên bảo trì (Hình 10). Kết quả này cho thấy cấu trúc CSDL có khả năng hỗ trợ lập kế hoạch bảo trì và ra quyết định, đồng thời tạo tiền đề cho việc tích hợp các mô hình phân tích nâng cao trong tương lai.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đề xuất cấu trúc CSDL GIS phục vụ quản lý và bảo trì HTĐB đô thị, dựa trên mô hình tài sản tuyến tính và tổ chức dữ liệu theo sự kiện không gian - thời gian. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình có tính khả thi trong thực tiễn, hỗ trợ quản lý dữ liệu nhất quán và duy trì tính toàn vẹn của dữ liệu không gian. Cấu trúc CSDL này có thể được sử dụng như một nền tảng cho các hệ thống quản lý HTĐB tương lai.

Khuyến nghị áp dụng cấu trúc CSDL GIS đề xuất cho công tác quản lý và bảo trì HTĐB ở cấp quận (cũ) hoặc phường/xã (mới), đồng thời chuẩn hóa dữ liệu theo các tiêu chuẩn quốc gia để nâng cao khả năng tích hợp. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng phạm vi ứng dụng, tích hợp thêm dữ liệu vận hành và giám sát theo thời gian thực nhằm phục vụ các hệ thống quản lý HTĐB đô thị thông minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hector-Hsu, J., Kniss, V., Cotton, B., Sarmiento, M., & Chang, C. (2012), Best practices in geographic information systems-based transportation asset management.

[2]. Introduction to ArcGIS Roads and Highways.

[3]. TCVN 13421:2021 - Dữ liệu quản lý kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ.

[4]. Thông tư 41/2024/TT-BGTVT Hướng dẫn quản lý vận hành, khai thác, bảo trì kết cấu HTĐB.

[5]. Urban digital twins: Integrating infrastructure, natural environment and people.

[6]. Yadav, Y., Colucci, E., Boccardo, P., & Zlatanova, S. (2024), A Geodatabase Design for the Development of a Digital Twin for Urban Environments: A Case Study from Turin, Italy. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48, 525-532.

[7]. Thông tư 08/2023/TT-BTNMT quy định kỹ thuật về mô hình cấu trúc, nội dung, chất lượng, thu nhận và trình bày CSDL nền địa lý quốc gia.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Ứng dụng công nghệ GIS và mô hình giao thông trong xây dựng phát triển hệ thống giao thông vận tải cấp xã trên địa bàn tỉnh Tây Ninh

Application of GIS technology and transportation modeling in the development and planning of commune-level transportation systems in Tay Ninh Province

> TS VƯƠNG TẤN ĐỨC[1], THS.NCS DU QUANG VINH[2]
[1]Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh; Email: vtduc@hcmunre.edu.vn
[2]Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh; Email: 2498010304@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh chuyển đổi số ngành xây dựng – giao thông và yêu cầu phát triển bền vững khu vực nông thôn, nghiên cứu này đề xuất phương pháp tích hợp Hệ thống thông tin địa lý (GIS) và mô hình mô phỏng giao thông nhằm hỗ trợ quy hoạch, đầu tư và quản lý hệ thống giao thông vận tải (GTVT) cấp xã trên địa bàn tỉnh Tây Ninh.

Nghiên cứu tập trung vào 4 nội dung chính: (i) Xây dựng và chuẩn hóa cơ sở dữ liệu GIS giao thông cấp xã; (ii) phân tích hiện trạng và đánh giá khả năng phục vụ của mạng lưới giao thông đường bộ và đường thủy nội địa; (iii) tích hợp mô hình mô phỏng giao thông để đánh giá định lượng các kịch bản phát triển; (iv) đề xuất giải pháp quy hoạch, đầu tư và quản lý hạ tầng GTVT cấp xã.

Kết quả cho thấy việc ứng dụng GIS giúp đồng bộ hóa và trực quan hóa dữ liệu giao thông, xác định các trục giao thông quan trọng, điểm nghẽn và khu vực ưu tiên đầu tư. Mô hình mô phỏng giao thông bổ trợ cho phân tích GIS bằng khả năng đánh giá định lượng hiệu quả khai thác của các phương án phát triển. Cách tiếp cận tích hợp này góp phần nâng cao chất lượng ra quyết định, tối ưu hóa thứ tự ưu tiên đầu tư và tăng cường tính minh bạch trong quản lý hạ tầng GTVT nông thôn, đồng thời có khả năng nhân rộng cho các địa phương có điều kiện tương đồng.

Từ khóa: Hệ thống thông tin địa lý (GIS); mô hình giao thông; giao thông nông thôn; quy hoạch giao thông cấp xã.

ABSTRACT

In the context of digital transformation in the construction and transportation sectors and the requirements for sustainable rural development, this study proposes an integrated approach combining Geographic Information Systems (GIS) and traffic simulation models to support the planning, investment, and management of commune-level transportation systems in Tay Ninh Province.

The study focuses on four main components: (i) Developing and standardizing a GIS-based transportation database at the commune level; (ii) analyzing current conditions and assessing the service capacity of the road and inland waterway transportation networks; (iii) integrating traffic simulation models to quantitatively evaluate development scenarios; (iv) proposing solutions for the planning, investment, and management of commune-level transportation infrastructure.

The results indicate that the application of GIS facilitates data harmonization and visualization, enabling the identification of key transport corridors, bottlenecks, and priority investment areas. Traffic simulation models complement GIS analysis by providing quantitative assessments of the operational efficiency of development alternatives. This integrated approach enhances decision-making quality, optimizes investment prioritization and improves transparency in rural transportation infrastructure management, while also demonstrating strong potential for replication in localities with similar conditions.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS); traffic modeling; rural transportation; commune-level transportation planning.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống giao thông vận tải cấp xã giữ vai trò nền tảng trong việc kết nối khu dân cư nông thôn, vùng sản xuất nông nghiệp và các hoạt động dịch vụ với mạng lưới giao thông cấp huyện và cấp tỉnh. Chất lượng và mức độ hoàn thiện của giao thông cấp xã có tác động trực tiếp đến hiệu quả phát triển kinh tế - xã hội, tổ chức không gian sản xuất và khả năng tiếp cận dịch vụ công của người dân nông thôn.

Tại tỉnh Tây Ninh, quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa diễn ra nhanh, kéo theo nhu cầu đi lại và vận chuyển hàng hóa gia tăng giữa các xã, cụm xã và khu công nghiệp. Tuy nhiên, hạ tầng giao thông nông thôn hiện nay còn phân tán, tiêu chuẩn kỹ thuật không đồng đều; dữ liệu quản lý chủ yếu tồn tại dưới dạng hồ sơ rời rạc, thiếu cập nhật và chưa được tích hợp trên nền tảng số. Công tác đánh giá hiện trạng và dự báo phát triển giao thông cấp xã vì vậy vẫn mang tính định tính, phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm và phương pháp thủ công.

Trong bối cảnh đó, việc ứng dụng GIS kết hợp mô hình mô phỏng giao thông được xem là hướng tiếp cận phù hợp, cho phép tích hợp dữ liệu không gian - thuộc tính, phân tích hiện trạng mạng lưới, đánh giá định lượng các kịch bản phát triển và hỗ trợ ra quyết định dựa trên cơ sở khoa học. Đây chính là khoảng trống nghiên cứu mà bài báo hướng tới, thông qua trường hợp nghiên cứu cụ thể tại một số xã và cụm xã trên địa bàn tỉnh Tây Ninh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tiếp cận tích hợp giữa GIS và mô hình giao thông, kết hợp phân tích định tính và định lượng nhằm giải quyết đồng bộ các vấn đề quy hoạch và quản lý GTVT cấp xã và cụm xã. Quy trình nghiên cứu gồm 4 bước chính:

- Xây dựng cơ sở dữ liệu GIS giao thông cấp xã:

Cơ sở dữ liệu GIS được xây dựng bao gồm dữ liệu không gian và thuộc tính của mạng lưới giao thông đường bộ (đường tỉnh, đường huyện, đường xã, giao thông nông thôn), đường thủy nội địa, cầu - cống, bến bãi và các điểm giao thông quan trọng. Dữ liệu được thu thập từ hồ sơ quản lý chuyên ngành, điều tra thực địa và bản đồ hiện trạng, sau đó được chuẩn hóa về hệ tọa độ, cấu trúc lớp và hệ thống thuộc tính.

- Phân tích hiện trạng và đánh giá khả năng phục vụ của mạng lưới:

Trên nền tảng GIS, nghiên cứu tiến hành phân tích mật độ mạng lưới, cấp kỹ thuật, mức độ kết nối và khả năng phục vụ dân cư - sản xuất. Các công cụ phân tích không gian được sử dụng để xác định các trục giao thông chính, "điểm nghẽn" và khu vực có tiềm năng phát triển theo từng xã và cụm xã.

- Tích hợp mô hình mô phỏng giao thông:

Một số trục giao thông tiêu biểu được lựa chọn để xây dựng mô hình mô phỏng giao thông, nhằm đánh giá khả năng thông hành và mức độ phục vụ trong điều kiện hiện trạng và các kịch bản phát triển. Mô hình cho phép định lượng tác động của việc nâng cấp hạ tầng, cải thiện tổ chức giao thông và hình thành các trục liên xã.

- Đề xuất giải pháp quy hoạch, đầu tư và quản lý:

Kết quả phân tích GIS và mô phỏng giao thông được tổng hợp để đề xuất các giải pháp quy hoạch, đầu tư theo thứ tự ưu tiên, gắn với chức năng phát triển kinh tế - xã hội của từng cụm xã, đồng thời đề xuất mô hình quản lý hạ tầng giao thông dựa trên nền tảng GIS.

3. NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT, MÔ PHỎNG

3.1. Lý thuyết GIS

Hệ thống giao thông vận tải cấp xã là bộ phận nền tảng của giao thông nông thôn, đảm nhiệm vai trò kết nối khu dân cư, vùng sản xuất và các công trình dịch vụ với mạng lưới giao thông cấp huyện và tỉnh. Việc phát triển hệ thống này cần đảm bảo tính kết nối, khả năng tiếp cận, hiệu quả khai thác và phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội địa phương.

GIS cho phép tích hợp dữ liệu không gian và thuộc tính, hỗ trợ quản lý mạng lưới giao thông theo lớp thông tin, phân tích kết nối và vùng phục vụ. Trong quy hoạch giao thông cấp xã, GIS đóng vai trò nền tảng dữ liệu, giúp chuẩn hóa, cập nhật và khai thác thông tin giao thông một cách đồng bộ.

Để đánh giá toàn diện hiện trạng và khả năng phục vụ của mạng lưới GTVT cấp xã, nghiên cứu xây dựng hệ thống tiêu chí đánh giá dựa trên sự kết hợp giữa phân tích không gian GIS và kết quả mô phỏng giao thông

Bảng 1. Tiêu chí đánh giá mạng lưới giao thông vận tải cấp xã

Nhóm tiêu chí	Chỉ tiêu đánh giá	Nội dung đánh giá	Phương pháp xác định
Kết nối mạng lưới	Mật độ mạng lưới (km/km^2)	Mức độ phủ kín của mạng lưới giao thông trên địa bàn xã	Phân tích GIS
	Chỉ số kết nối mạng	Mức độ liên kết giữa các tuyến và nút giao thông	Phân tích mạng GIS
Khả năng tiếp cận	Khoảng cách đến trục chính	Khoảng cách trung bình từ khu dân cư đến tuyến giao thông chính	Phân tích vùng đệm GIS
	Mức độ phục vụ dân cư	Tỷ lệ dân cư nằm trong vùng phục vụ của mạng lưới	GIS + dữ liệu dân số
Chất lượng hạ tầng	Cấp kỹ thuật đường	Loại mặt đường và khả năng khai thác	Điều tra thực địa
	Tình trạng cầu, cống	Khả năng đáp ứng tải trọng và an toàn khai thác	Hồ sơ quản lý
Khả năng khai thác	Thời gian hành trình	Thời gian lưu thông trên các trục chính	Mô phỏng giao thông
	Điểm nghẽn giao thông	Các vị trí hạn chế khả năng lưu thông	GIS + mô phỏng
Phục vụ sản xuất	Khả năng tiếp cận vùng sản xuất	Kết nối giữa giao thông và vùng nông nghiệp, TTCN	GIS
	Phục vụ vận tải hàng hóa	Khả năng lưu thông xe tải, máy nông nghiệp	Mô phỏng giao thông

Nguồn: Tổng hợp của tác giả

Hệ thống tiêu chí này là cơ sở để so sánh hiện trạng giữa các xã, xác định các khu vực ưu tiên đầu tư và đánh giá hiệu quả của các kịch bản phát triển giao thông cấp xã.

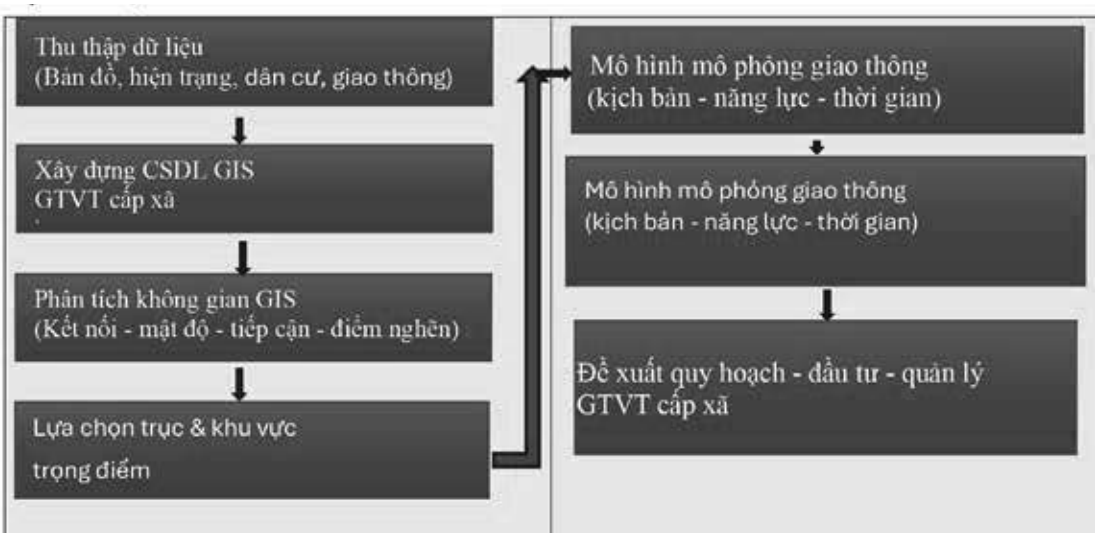
Mô hình giao thông là công cụ mô phỏng dòng phương tiện trên mạng lưới nhằm đánh giá năng lực và mức độ phục vụ của hạ tầng. Đối với giao thông cấp xã, mô hình vi mô phù hợp do có khả năng phản ánh đặc điểm dòng xe hỗn hợp, mặt cắt đường nhỏ và tổ chức giao thông đơn giản.

3.2. Nghiên cứu mô phỏng

Nghiên cứu mô phỏng được thực hiện trên cơ sở tích hợp chặt chẽ giữa GIS và mô hình mô phỏng giao thông theo một quy trình thống nhất, nhằm đảm bảo tính đồng bộ từ khâu thu thập dữ liệu đến phân tích và đề xuất giải pháp.

Cụ thể, GIS đóng vai trò nền tảng trong xây dựng, quản lý và phân tích dữ liệu không gian giao thông, bao gồm mạng lưới tuyến, nút giao, vùng phục vụ và các đặc trưng hạ tầng. Trên cơ sở kết quả phân tích GIS, các trục giao thông quan trọng và khu vực có áp lực khai thác cao được lựa chọn để thiết lập mô hình mô phỏng giao thông, cho phép đánh giá định lượng năng lực thông hành, thời gian hành trình và hiệu quả khai thác của mạng lưới trong các kịch bản phát triển khác nhau.

Quy trình tích hợp này cho phép chuyển từ đánh giá hiện trạng mang tính mô tả sang phân tích có cơ sở dữ liệu và minh chứng định lượng, đặc biệt phù hợp với điều kiện quản lý giao thông ở cấp xã và cụm xã.



Hình 1. Quy trình ứng dụng

Kết quả mô phỏng cho thấy trong kịch bản hiện trạng, một số tuyến có vai trò kết nối sản xuất - dân cư chịu áp lực giao thông lớn trong khi điều kiện hạ tầng còn hạn chế. Các kịch bản nâng cấp và tổ chức giao thông hợp lý giúp tăng năng lực thông hành, giảm thời gian hành trình và nâng cao khả năng tiếp cận của người dân.

3.3. Phương án phát triển hệ thống giao thông cấp xã

3.3.1. Xã Vàm cỏ (Tân Phước Tây - Nhựt Ninh - Đức Tân)

Đây là vùng nông nghiệp trọng điểm, địa hình thấp, mạng kênh rạch dày đặc, nhu cầu đường nội đồng và trục ấp lớn. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Hình thành trục liên xã Nhựt Ninh - Đức Tân - Tân Phước Tây làm khung kết nối toàn cụm;
- Ưu tiên cứng hóa đường xã và trục ấp bằng bê tông xi măng, kết hợp thoát nước và gia cố nền đất yếu;
- Phát triển mạnh hệ thống đường nội đồng dọc các kênh chính, đáp ứng cơ giới hóa sản xuất lúa và thủy sản.

Cụm này được xác định là khu vực ưu tiên đầu tư GTNT giai đoạn 2025 - 2030.

3.3.2. Xã Tân Trụ (Thị trấn Tân Trụ - Bình Trinh Đông - Bình Lãng - Bình Tịnh)

Là trung tâm hành chính - thương mại của huyện, có mức độ đô thị hóa cao. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Mạng lưới đường xã và liên xã được định hướng nâng cấp theo tiêu chuẩn cận đô thị;
- Đường trục ấp chuyển từ chức năng dân sinh sang phục vụ thương mại - dịch vụ;
- Đường nội đồng tuy có quy mô nhỏ hơn nhưng được ưu tiên nâng cấp các trục chính do giá trị kinh tế cao.

Cụm này tập trung nâng cao chất lượng, an toàn và khả năng thông hành của GTNT.

3.3.3. Xã Nhựt Tảo (Tân Bình - Quê Mỹ Thạnh - Lạc Tấn - Nhị Thành)

Là vùng sản xuất nông nghiệp hàng hóa lớn, đồng thời chịu tác động từ cụm công nghiệp Tân Bình. Kết quả nghiên cứu xác định:

- Hình thành trục liên xã Tân Bình - Quê Mỹ Thạnh - Lạc Tấn - Nhựt Tảo phục vụ vận tải hàng hóa;
- Nâng cấp đường xã và trục ấp để đáp ứng xe tải và máy nông nghiệp tải trọng lớn;
- Phát triển mạnh mạng đường nội đồng theo mô hình khép kín, kết hợp đường - đê kênh.

Cụm này có nhu cầu GTNT lớn thứ hai, tập trung phục vụ logistics nông nghiệp và công nghiệp nhẹ.

Kết quả cho thấy phát triển GTNT theo cụm xã là cách tiếp cận phù hợp, cho phép phân hóa tiêu chuẩn kỹ thuật, xác định rõ thứ tự ưu tiên đầu tư và gắn kết chặt chẽ giữa giao thông với chức năng phát triển không gian kinh tế - xã hội của từng vùng.

4. THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy cách tiếp cận tích hợp GIS và mô hình giao thông trong phát triển GTVT cấp xã có nhiều điểm tương đồng với các nghiên cứu quốc tế về đánh giá mạng lưới giao thông nông thôn, trong đó GIS được sử dụng để phân tích mức độ kết nối, vùng phục vụ và khả năng tiếp cận. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu quốc tế mới dừng ở đánh giá hiện trạng hoặc đề xuất định hướng nâng cấp, chưa tích hợp mô hình mô phỏng giao thông để đánh giá định lượng hiệu quả của các kịch bản phát triển.

So với các nghiên cứu trong nước, phần lớn các công trình tại Việt Nam tập trung xây dựng cơ sở dữ liệu GIS phục vụ quản lý và quy hoạch giao thông nông thôn, nhưng còn hạn chế trong việc gắn kết giữa quy hoạch và nhu cầu vận tải thực tế. Điểm mới của nghiên cứu này là tích hợp đồng thời GIS và mô hình mô phỏng giao thông, cho phép đánh giá cả khía cạnh không gian và hiệu quả khai thác, qua đó nâng cao chất lượng lựa chọn phương án quy hoạch và đầu tư.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất và áp dụng phương pháp tích hợp GIS và mô hình mô phỏng giao thông trong xây dựng và phát triển hệ thống GTVT cấp xã, thông qua trường hợp nghiên cứu tại các xã Tân Trụ, Nhựt Tảo và Vàm Cỏ, tỉnh Tây Ninh. Cách tiếp cận này cho phép chuẩn hóa và đồng bộ hóa cơ sở dữ liệu giao thông, khắc phục tình trạng thông tin phân tán trong công tác quản lý truyền thống.

Kết quả phân tích GIS làm rõ hiện trạng, vai trò và khả năng phục vụ của mạng lưới giao thông theo từng xã và cụm xã, trong khi mô hình mô phỏng giao thông giúp đánh giá định lượng hiệu quả của các kịch bản phát triển. Nghiên cứu khẳng định GIS và mô hình giao thông là công cụ hiệu quả trong nâng cao chất lượng ra quyết định, tối ưu hóa thứ tự ưu tiên đầu tư và tăng cường tính minh bạch trong quản lý hạ tầng giao thông nông thôn, đồng thời có khả năng nhân rộng cho các địa phương khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Thủ tướng Chính phủ, Quyết định số 749/QĐ-TTg ngày 03/6/2020 về Chương trình chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến năm 2030.

[2]. UBND tỉnh Long An, Quy hoạch tỉnh Long An thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn 2050, 2023.

[3]. PTV Group, "PTV VISUM User Manual," phiên bản 2022.

[4]. Esri, "ArcGIS Pro and ArcGIS Enterprise Documentation," truy cập năm 2024.

[5]. Das D., Ojha A.Kr., Kramsapi H. và cộng sự (2019), Road network analysis of Guwahati city using GIS. SN Appl Sci, 1(8), 906.

[6]. Gupta Y.K., Gupta R.D. and Kumar K. (2009), GIS for Mapping and Analysis of Infrastructural Facilities at Village Level, Indian Cartographer, 29.

[7]. DoLIDAR Rural Transportation Information Management System (RuTIMS). http://rutims.aviyaan.com/index.php>, accessed: 08/8/2024.

[8]. Istiyanto B., Unzilatirrizqi D Y.E.R., Dewantoro M.D.R. and al. (2022), Geographic Information System (GIS-T) database design for transportation safety system (case study: spatial database for road transportation system in Indonesia). IOP Conf Ser: Earth Environ Sci, 1117(1), 012023.

[9]. Nguyễn Thị Ái (2014), Ứng dụng công nghệ GIS trong công tác lập quy hoạch, Trang thông tin điện tử của Viện quy hoạch đô thị và nông thôn tỉnh Quảng Nam: http://www.quyhoachqnam.vn/TuVanND.aspx?Id=c94a9e64-b601-42c0-bad4-be8719244b87.

[10]. V. T. Đức và cộng sự (2025), Báo cáo tổng hợp nhiệm vụ khoa học và công nghệ: Ứng dụng công nghệ GIS trong quản lý và khai thác hệ thống giao thông vận tải cấp huyện trên địa bàn tỉnh Long An, Tây Ninh.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 12/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Việt Nam

Study on applying artificial intelligence (AI) in auditing final project settlement reports in Vietnam

> NGUYỄN VIỆT HÙNG*, ĐINH ĐĂNG BÁCH, NGUYỄN THU TRANG, LÊ TÚ UYÊN
Khoa Kinh tế và Quản lý Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
*Email: hungnv6@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh chuyển đổi số và sự phát triển mạnh mẽ của trí tuệ nhân tạo (AI), việc ứng dụng AI vào kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành (BCQTDAHT) tại Việt Nam trở thành một yêu cầu cấp thiết nhằm nâng cao hiệu quả, độ tin cậy và tính minh bạch của hoạt động kiểm toán. Bài báo tập trung nghiên cứu khả năng ứng dụng AI trong kiểm toán BCQTDAHT thông qua việc phân tích quy trình kiểm toán truyền thống, đồng thời chỉ ra những khó khăn, hạn chế hiện nay. Trên cơ sở tổng quan tài liệu và khảo sát chuyên gia, nghiên cứu đã xác định bảy nhóm khó khăn, hạn chế chính ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng hoạt động kiểm toán, trong đó tiêu biểu là phương pháp tiếp cận hồ sơ còn mang tính thủ công, bằng chứng kiểm toán thiếu tính khách quan, khó khăn trong việc đánh giá hệ thống kiểm soát nội bộ và ước lượng tính trọng yếu. Từ đó, nhóm tác giả đề xuất các công nghệ AI tiềm năng như xử lý ngôn ngữ tự nhiên (NLP), thị giác máy tính (Vision AI), học máy và học sâu (ML/DL), tự động hóa quy trình bằng robot (RPA), trí tuệ nhân tạo tạo sinh (Generative AI) và blockchain nhằm hỗ trợ từng khâu trong quy trình kiểm toán. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc tích hợp AI có thể giúp giảm thiểu sai sót, tiết kiệm thời gian, tăng cường khả năng phân tích dữ liệu lớn và nâng cao tính minh bạch trong kiểm toán BCQTDAHT, qua đó góp phần thúc đẩy chuyển đổi số trong lĩnh vực kiểm toán tại Việt Nam.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo (AI), kiểm toán, báo cáo quyết toán dự án hoàn thành.

ABSTRACT

In the context of digital transformation and the rapid advancement of artificial intelligence (AI), applying AI to the auditing of final project settlement reports (FPSR) in Vietnam has become an urgent requirement to improve efficiency, reliability, and transparency in auditing practices. This paper investigates the application of AI in FPSR auditing, analyzes the traditional auditing process, and highlights existing challenges and limitations. Based on a comprehensive literature review and expert surveys, the study identifies seven major obstacles directly affecting audit quality, including reliance on manual document review, lack of objectivity in audit evidence, difficulties in assessing internal control systems, and challenges in estimating materiality. To address these issues, the authors propose potential AI technologies such as natural language processing (NLP), computer vision (Vision AI), machine learning and deep learning (ML/DL), robotic process automation (RPA), generative AI, and blockchain to support different stages of the auditing process. The findings demonstrate that integrating AI can reduce errors, save time, enhance big data analysis, and strengthen transparency in FPSR auditing. This research provides an important foundation for promoting digital transformation in the auditing sector in Vietnam.

Keywords: Artificial intelligence (AI), auditing, final project settlement reports.

1. GIỚI THIỆU

Trí tuệ nhân tạo (AI) bao gồm các cơ sở lý thuyết và việc lập trình xây dựng của các hệ thống máy tính, giúp tạo ra máy tính có khả năng suy nghĩ. Đây là lĩnh vực khoa học nghiên cứu các hoạt động trí não thông qua các mô hình tính toán, nghiên cứu các hành vi thông minh mô phỏng các vật thể nhân tạo, nghiên cứu xem thế nào để máy tính có thể thực hiện được những công việc mà con người làm tốt hơn máy tính,... [1]. Hiện nay, AI không ngừng mở rộng phạm vi sang các lĩnh vực như thị giác máy tính, xử lý ngôn ngữ tự nhiên, học tăng cường,… góp phần nâng cao tính chính xác, độ tin cậy và khả năng áp dụng của các mô hình thông minh trên khắp các lĩnh vực khác nhau.

Công tác kiểm toán BCQTDAHT giúp tăng độ tin cậy của người sử dụng đối với BCQTDAHT và là cơ sở để người có thẩm quyền phê duyệt quyết toán xem xét phê duyệt BCQTDAHT, thông qua việc kiểm toán viên (KTV) và doanh nghiệp kiểm toán đưa ra ý kiến, xét trên các khía cạnh trọng yếu, liệu quá trình thực hiện dự án có tuân thủ các quy định về quản lý đầu tư và BCQTDAHT có phản ánh trung thực và hợp lý tình hình quyết toán dự án tại thời điểm lập báo cáo, có phù hợp với chuẩn mực kế toán, chế độ kế toán và các quy định pháp lý có liên quan đến việc lập và trình bày BCQTDAHT hay không [2].

Trong bối cảnh chuyển đổi số và ứng dụng công nghệ ngày càng sâu rộng, việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ AI trong kiểm toán BCQTDAHT tại Việt Nam là một yêu cầu cấp thiết. Công tác kiểm toán BCQTDAHT đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá tính trung thực, hợp lý của số liệu và đảm bảo sử dụng vốn hiệu quả. Tuy nhiên, phương pháp kiểm toán truyền thống vẫn tồn tại nhiều hạn chế như tốn kém thời gian, phụ thuộc vào con người, và có nguy cơ dẫn đến sai sót khi xử lý khối lượng dữ liệu lớn [3]. Hiện nay, đã có nhiều nghiên cứu được tiến hành nhằm hoàn thiện quy trình hoặc nâng cao hiệu quả kiểm toán BCQTDAHT [2], [4]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới chỉ tập trung vào hoàn thiện quy trình và nội dung kiểm toán BCQTDAHT theo phương pháp truyền thống, chưa xem xét sâu việc ứng dụng các công nghệ mới, đặc biệt là AI trong quá trình kiểm toán. Bên cạnh đó, cũng đã có một số nghiên cứu ứng dụng AI vào trong công tác kiểm toán tài chính [5], [6]. Tuy nhiên, chưa có một nghiên cứu nào về việc ứng dụng AI trong công tác kiểm toán BCQTDAHT. Nghiên cứu này sẽ tiếp cận vấn đề ứng dụng AI trong kiểm toán BCQTDAHT, góp phần hỗ trợ chuyển đổi số trong kiểm toán, giúp nâng cao hiệu quả quy trình kiểm toán, phân tích dữ liệu lớn với độ chính xác cao, tiết kiệm thời gian và tăng cường tính minh bạch. Nghiên cứu này tập trung vào nghiên cứu ứng dụng AI cho hình thức kiểm toán phổ biến nhất hiện nay là kiểm toán độc lập.

2. TỔNG QUAN

2.1. Quy trình kiểm toán BCQTDAHT

Quá trình kiểm toán BCQTDAHT bao gồm 03 bước chính [7] với các công việc cụ thể được mô tả trong Hình 1.

Bước 1: Lập kế hoạch kiểm toán

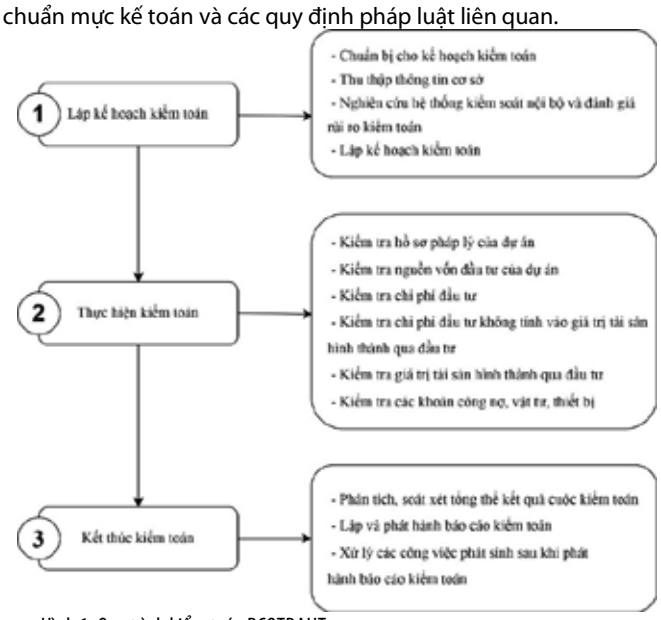
KTV phải xác định được các sự kiện, nghiệp vụ và cách thực hiện để xác định những ảnh hưởng trọng yếu đến cuộc kiểm toán. Kế hoạch kiểm toán tổng thể bao gồm việc tìm hiểu về tình hình dự án và đơn vị được kiểm toán, hiểu biết về hệ thống kế toán và hệ thống kiểm soát nội bộ và đánh giá rủi ro, môi trường kiểm soát và xác định mức độ trọng yếu. Mục đích của việc tìm hiểu hệ thống kiểm soát nội bộ là để khẳng định tính hợp lý và độ tin cậy vào hệ thống này, từ đó sử dụng phương pháp kiểm toán phù hợp nhằm rút ngắn thời gian. Chương trình kiểm toán xác định nội dung, lịch trình và phạm vi các thủ tục kiểm toán cần thiết để thực hiện kế hoạch kiểm toán tổng thể.

Bước 2: Thực hiện kiểm toán

KTV phải thực hiện kiểm tra BCQTDAHT theo các quy định của pháp luật, trên cơ sở vận dụng các quy định và hướng dẫn của các chuẩn mực kiểm toán Việt Nam có liên quan phù hợp với từng cuộc kiểm toán, bao gồm các nội dung: kiểm tra hồ sơ pháp lý, nguồn vốn đầu tư, chi phí đầu tư, chi phí đầu tư không tính vào giá trị tài sản hình thành qua đầu tư, giá trị tài sản hình thành qua đầu tư, các khoản công nợ, vật tư, thiết bị tồn đọng,…

Bước 3: Kết thúc kiểm toán

Giai đoạn này bao gồm phân tích, soát xét tổng thể kết quả cuộc kiểm toán, lập và phát hành báo cáo kiểm toán và xử lý các sự kiện phát sinh sau ngày lập báo cáo kiểm toán. KTV phải đánh giá các kết quả rút ra từ bằng chứng kiểm toán thu thập được để đưa ra ý kiến của mình về BCQTDAHT, xác định mức độ phù hợp của báo cáo với chuẩn mực kế toán và các quy định pháp luật liên quan.



Hình 1. Quy trình kiểm toán BCQTDAHT

2.2. Các công nghệ trí tuệ nhân tạo có tiềm năng ứng dụng vào kiểm toán BCQTDAHT tại Việt Nam

Việc ứng dụng AI vào kiểm toán BCQTDAHT tại Việt Nam đang được tiến hành từng bước. Mục tiêu chính của việc ứng dụng này là nhằm cải thiện hiệu quả, độ chính xác và tăng cường khả năng phát hiện sai sót trong quá trình kiểm tra tính tuân thủ và hợp lý của hoạt động đầu tư xây dựng. Mặc dù mức độ ứng dụng hiện tại còn hạn chế, một số công nghệ AI cho thấy tiềm năng lớn trong việc hỗ trợ KTV xử lý khối lượng dữ liệu lớn, phi cấu trúc và phát hiện các dấu hiệu bất thường trong hồ sơ quyết toán đã được tổng hợp trong Bảng 1 [8].

Bảng 1. Các công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) có tiềm năng ứng dụng vào kiểm toán BCQTDAHT

Công nghệ	Các tính năng phù hợp để ứng dụng vào kiểm toán BCQTDAHT	Các hạn chế
Xử lý Ngôn ngữ tự nhiên (NLP)	- Phân tích dữ liệu phi cấu trúc (hồ sơ pháp lý, hợp đồng, biên bản) - Tự động trích xuất thông tin quan trọng, hỗ trợ so khớp và đối chiếu dữ liệu. - Giúp chuẩn hóa và hệ thống hóa dữ liệu rời rạc, nâng cao độ chính xác trong phân tích.	- Khó khăn trong việc hiểu ngữ nghĩa phức tạp. - Phụ thuộc vào chất lượng và khối lượng dữ liệu đầu vào. - Chi phí triển khai cao, hiệu suất giảm khi dữ liệu đa dạng và không đồng nhất.
Thị giác Máy tính (Vision AI)	- Nhận diện và số hóa chứng từ, hóa đơn, bảng biểu. - Tự động kiểm tra bố cục, nội dung văn bản, phát hiện sai lệch hoặc thiếu sót. - Hỗ trợ xử lý khối lượng lớn tài liệu giấy trong kiểm toán.	- Độ chính xác phụ thuộc vào chất lượng hình ảnh và độ phân giải. - Khó xử lý nội dung động hoặc tài liệu có định dạng phức tạp.

		- Sai lệch có thể xảy ra do khác biệt về ngôn ngữ, phông chữ, hoặc cách trình bày.
Máy học/Học sâu (ML/DL)	Các kỹ thuật này cho phép phân tích toàn diện dữ liệu để xác định các mẫu hình rủi ro và phát hiện bất thường với độ chính xác cực cao. Trong khi ML tập trung vào việc tự động hóa các tác vụ lặp lại và thiết lập các hành vi cơ sở để cảnh báo sai lệch , thì DL sử dụng các mạng nơ-ron đa lớp để giải thích và phân tích sâu các dữ liệu phi cấu trúc như hóa đơn, hợp đồng hay nhật ký giao dịch.	- Yêu cầu hạ tầng công nghệ và dữ liệu chất lượng cao. - Rủi ro pháp lý và trách nhiệm khi kết quả phân tích sai lệch. - Thiếu nhân sự có kỹ năng chuyên sâu, khó tích hợp vào quy trình truyền thống.
Robot tự động hóa quy trình (RPA)	- Tự động hóa các thao tác lặp lại như nhập liệu, đối chiếu, xác thực dữ liệu. - Tăng tốc độ xử lý, giảm sai sót thủ công. - Có thể tích hợp với hệ thống kiểm toán hiện có để nâng cao hiệu quả.	- Chỉ hoạt động theo quy tắc cố định, thiếu khả năng thích ứng. - Cần lập trình lại khi quy trình thay đổi. - Giới hạn trong môi trường kỹ thuật số, khó xử lý tình huống phức tạp.
Trí tuệ nhân tạo tạo sinh (Generative AI)	- Tạo báo cáo phân tích, mô phỏng dữ liệu, hỗ trợ viết nhận xét kiểm toán. - Đề xuất ra kịch bản giả định để kiểm tra tính hợp lý của quyết toán. - Hỗ trợ trực quan hóa dữ liệu phức tạp dưới dạng biểu đồ, mô hình.	- Có thể không phản ánh chính xác thực tế, dễ tạo ra thông tin sai lệch. - Tốn tài nguyên tính toán và dữ liệu huấn luyện. - Rủi ro về tính minh bạch và kiểm chứng kết quả.
Chuỗi khối (Blockchain)	- Ghi nhận và giám sát giao dịch tài chính minh bạch, không thể chỉnh sửa. - Tăng độ tin cậy của bằng chứng kiểm toán. - Hỗ trợ truy xuất nguồn gốc và xác thực dữ liệu quyết toán.	- Cần sự đồng thuận của nhiều bên tham gia. - Tốn dung lượng lưu trữ và tài nguyên cập nhật. - Khó sửa lỗi hoặc điều chỉnh khi phát hiện sai sót.

3. XÁC ĐỊNH CÁC KHÓ KHĂN, HẠN CHẾ TRONG QUÁ TRÌNH KIỂM TOÁN TẠI BCQTDAHT VIỆT NAM

3.1. Nghiên cứu tổng quan tài liệu về các khó khăn, hạn chế trong quá trình kiểm toán BCQTDAHT

Để xác định hệ thống các khó khăn, hạn chế trong kiểm toán BCQTDAHT, một nghiên cứu tổng quan tài liệu đã được tiến hành với sự hỗ trợ của các công cụ tìm kiếm phổ biến như Scopus, Google Scholar và các cơ sở dữ liệu học thuật trong nước. Các từ khóa tìm kiếm bao gồm: "kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành", "kiểm toán vốn đầu tư xây dựng", "chất lượng kiểm toán", "khó khăn, hạn chế trong kiểm toán". Sau khi phân tích phần tóm tắt (Abstract) của các nghiên cứu được truy xuất, các tài liệu không liên quan đã bị loại bỏ. Tiếp theo, toàn văn của các tài liệu có liên quan (bao gồm luận án, luận văn, bài báo khoa học và bài kỷ yếu hội thảo khoa học) đã được xem xét. Tổng cộng đã có 16 nghiên cứu được lựa chọn để xem xét và phân tích. Hệ thống các hạn chế, khó khăn đã được phân tích và tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. Tổng quan tài liệu về các khó khăn, hạn chế trong quá trình kiểm toán BCQTDAHT

Ký hiệu	Tài liệu tham khảo / Các khó khăn, hạn chế	Đinh Thị Thúy (2013) [2]	Nghiêm Xuân Dũng (2021)	Đào Tiến Dũng (2016) [9]	Nguyễn Duy Minh (2020) [10]	Hoàng Thị Tuyết Dung	Đỗ Thế Hưng (2025) [12]	Nguyễn Tuấn Anh (2025) [13]	Nguyễn Quý Trọng (2023)	Lê Thị Phương Hằng (2023)	Nguyễn Văn Toán (2020) [16]	Phạm Duy Tùng (2019) [17]	Nguyễn Thị Lan Hương	Triệu Văn Giáp (2018) [19]	Fang Wang (2017) [20]	Ke Liu (2018) [21]	Đặng Anh Tuấn (2022) [22]	Tổng số lần xuất hiện
T1	Việc khảo sát, thu thập thông tin trước kiểm toán còn mang tính hình thức	✓	✓	✓		✓		✓	✓				✓	✓				**8**
T2	Đánh giá hệ thống kiểm soát nội bộ, xác định và phân tích rủi ro chưa được chú trọng	✓	✓	✓			✓			✓			✓					**6**
T3	Thiếu chi tiết về phương pháp và kỹ thuật trong hướng dẫn kiểm toán	✓	✓												✓		✓	**4**
T4	Phương pháp tiếp cận hồ sơ, chứng từ còn mang tính truyền thống	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓			✓	**12**
T5	Đối tượng kiểm toán chưa được mở rộng dẫn đến những thiếu sót		✓	✓			✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		**9**
T6	Bằng chứng kiểm toán thiếu tính khách quan do chủ yếu dựa vào nguồn nội bộ		✓	✓			✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓	**10**
T7	Thiếu cụ thể hóa nội dung theo từng lần kiểm toán cũng như từng loại dự án đầu tư		✓			✓												**2**

T8	Nhận xét, kết luận của Báo cáo kiểm toán còn mang tính chung chung, thiếu chiều sâu			✓	✓			✓	✓					✓				**5**
T9	Thiếu chuẩn hóa quy trình khảo sát, thu thập thông tin trước kiểm toán	✓	✓	✓		✓		✓	✓				✓	✓			✓	**9**
T10	Khó khăn trong việc ước lượng ban đầu về tính trọng yếu		✓							✓		✓	✓	✓			✓	**6**
T11	Quy trình phân tích, soát xét tổng thể kết quả kiểm toán chưa hiệu quả, thiếu chặt chẽ	✓	✓					✓										**3**
T12	Công tác tổ chức và lưu trữ hồ sơ kiểm toán còn yếu, thiếu khoa học		✓			✓					✓							**3**

3.2. Khảo sát về mức độ ảnh hưởng của những khó khăn và hạn chế trong quy trình kiểm toán BCQTDAHT

Để xác định các khó khăn, hạn chế và lượng hóa mức độ ảnh hưởng của chúng tới kiểm toán BCQTDAHT, nhóm nghiên cứu đã tiến hành 02 vòng khảo sát với nhóm chuyên gia và các cá nhân riêng biệt.

Trong vòng thứ nhất, để phục vụ cho việc đánh giá, nhóm tác giả đã tiến hành phỏng vấn sâu với tổ chuyên gia gồm 6 người với số năm kinh nghiệm từ 10÷25 năm, bao gồm 01 phó giám đốc - KTV, 02 trưởng/phó phòng - KTV và 03 KTV của một công ty kiểm toán độc lập. Trong vòng này, phương pháp phỏng vấn sâu đã được áp dụng. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành phỏng vấn chi tiết và sâu sắc với từng thành viên trong tổ chuyên gia. Sau đó, nhóm nghiên cứu tiến hành tổng hợp các quan điểm cá nhân thành các quan điểm chung nhất đối với vấn đề nghiên cứu. Cuối cùng, một cuộc phỏng vấn chung với toàn bộ các thành viên của tổ chuyên gia sẽ được tiến hành. Dựa trên các khó khăn, hạn chế sơ bộ mà nhóm nghiên cứu đã tổng hợp, tổ chuyên gia sẽ cùng bàn bạc, thống nhất và đưa ra các khó khăn, hạn chế của công tác kiểm toán BCQTDAHT hiện nay tại Việt Nam (X1 đến X7) như được tổng hợp tại Bảng 3. Trong đó, các hạn chế, khó khăn T3, T7, T11, T12 được thống nhất loại bỏ do không phải là các khó khăn, hạn chế có ảnh hưởng lớn. Đồng thời, T1 và T9 là các khó khăn, hạn chế có sự trùng lặp nên được gộp lại thành X1.

Trong vòng khảo sát tiếp theo, một cuộc khảo sát với quy mô rộng được tiến hành. Mẫu khảo sát là các công ty kiểm toán độc lập, chủ đầu tư, đơn vị tư vấn và nhà thầu có tham gia trực tiếp hoặc gián tiếp trong quá trình kiểm toán BCQTDAHT với hai phương pháp thu thập số liệu điều tra là: Phỏng vấn trực tiếp và khảo sát online qua docs.google. Trong phần khảo sát này, các đối tượng khảo sát sẽ cung cấp một số thông tin cá nhân phục vụ mục đích thống kê và cho điểm đánh giá mức độ ảnh hưởng mà những khó khăn và hạn chế này gây ra trên thang điểm Likert 1-5 nhằm xác định rõ tính nghiêm trọng và phạm vi tác động tiêu cực của từng hạn chế, khó khăn đối với chất lượng, hiệu quả và độ tin cậy của kết quả kiểm toán. Kết thúc cuộc khảo sát, trong tổng số 74 phiếu thu về có 70 phiếu hợp lệ. Đối tượng khảo sát bao gồm trợ lý KTV (25), KTV (19), Chủ đầu tư/Ban QLDA (12) và Nhà thầu/Tư vấn (14). Kết quả khảo sát được tổng hợp trong Bảng 3.

Bảng 3. Các khó khăn và hạn chế trong quy trình kiểm toán BCQTDAHT

Ký hiệu	Tên khó khăn, hạn chế	Diễn giải	Mức độ ảnh hưởng
X1	Việc khảo sát, thu thập thông tin trước kiểm toán còn mang tính hình thức	Hoạt động khảo sát và thu thập thông tin trước kiểm toán còn sơ sài, chỉ mang tính thủ tục, không phản ánh sâu sắc hiện trạng thực tế của dự án làm giảm hiệu quả chung của cuộc kiểm toán.	4.35
X2	Việc đánh giá hệ thống kiểm soát nội bộ, xác định và phân tích rủi ro chưa được chú trọng	Việc tìm hiểu hệ thống KSNB thường thực hiện sơ sài, thiếu bảng biểu chuẩn hóa, dẫn đến kết quả đánh giá KSNB không hiệu quả. Việc xác định và phân tích rủi ro chỉ mang tính hình thức, không đi sâu vào đặc thù dự án.	4.18
X3	Phương pháp tiếp cận hồ sơ, chứng từ còn mang tính truyền thống	Việc kiểm toán hiện tại quá phụ thuộc vào phương pháp thủ công như đối chiếu chứng từ giấy tờ và chọn mẫu dựa trên kinh nghiệm, bỏ qua việc tận dụng công nghệ hiện đại (phân tích dữ liệu chuyên sâu, AI,…).	4.62
X4	Bằng chứng kiểm toán thiếu tính khách quan do chủ yếu dựa vào nguồn nội bộ	Bằng chứng kiểm toán chủ yếu dựa vào tài liệu/xác nhận từ chính đơn vị được kiểm toán (nguồn nội bộ). Sự phụ thuộc này làm giảm tính khách quan và độ tin cậy của bằng chứng, khiến kết luận kiểm toán kém vững chắc.	3.95
X5	Khó khăn trong việc ước lượng ban đầu về tính trọng yếu	Khó khăn do tính trọng yếu được ước lượng trước (dựa trên rủi ro) để lập kế hoạch, trong khi sai phạm được phát hiện sau (thực tế kiểm toán). Cùng với việc đánh giá lại (định lượng và định tính) xem tổng sai phạm thực tế có vượt ngưỡng ban đầu hay không.	3.82
X6	Đối tượng kiểm toán chưa được mở rộng dẫn đến những thiếu sót hoặc bỏ sót	Đối tượng kiểm toán không chỉ giới hạn là báo cáo QTDAHT nói chung mà cần phải xác định thêm là Báo cáo quyết toán chi phí xây dựng, chi phí thiết bị của dự án hoặc Báo cáo kết quả kiểm tra thiết kế, dự toán XDCT,...	3.50
X7	Phần nhận xét, kết luận của Báo cáo kiểm toán còn mang tính khuôn mẫu, thiếu chiều sâu	Nhiều báo cáo kiểm toán còn mang tính nhận xét chung chung, chưa đánh giá sâu sắc thực trạng, kết quả thực tế của cuộc kiểm toán.	3.75

4. ĐỀ XUẤT CÁC CÔNG NGHỆ TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (AI) ĐỂ XỬ LÝ CÁC KHÓ KHĂN, HẠN CHẾ TRONG KIỂM TOÁN BCQTDAHT TẠI VIỆT NAM

Sau khi xem xét chi tiết các hạn chế, khó khăn trong quá trình kiểm toán BCQTDAHT hiện nay tại Việt Nam và phân tích đặc điểm của các công nghệ, nhóm nghiên cứu đề xuất một số công nghệ AI phù hợp và có tiềm năng ứng dụng nhất vào từng khâu trong quy trình kiểm toán hiện nay như trong Bảng 4.

Bảng 4. Đề xuất các công nghệ trí tuệ nhân tạo phù hợp để ứng dụng vào quy trình kiểm toán BCQTDAHT

Quy trình kiểm toán / Công nghệ	NLP	Blockchain	Vision AI	Machine Learning	Neural Networks và Deep Learning	RPA	Generative AI
I. Lập kế hoạch kiểm toán							
Thu thập thông tin cơ sở	X		X			X	X
Đánh giá rủi ro và nghiên cứu hệ thống KSNB		X		X	X		X
Lập kế hoạch kiểm toán				X	X		X
II. Thực hiện kiểm toán							
Kiểm tra, đối chiếu danh mục hồ sơ pháp lý	X	X	X			X	X
Kiểm tra, đối chiếu nguồn vốn đầu tư	X	X				X	
Kiểm tra chi phí đầu tư	X		X	X	X	X	
Kiểm tra chi phí đầu tư không tính vào giá trị tài sản hình thành qua đầu tư	X			X	X		X
Kiểm tra giá trị tài sản hình thành qua đầu tư		X	X			X	
Kiểm tra các khoản công nợ, vật tư,..	X	X	X	X	X	X	
III. Kết thúc kiểm toán							
Phân tích, soát xét tổng thể kết quả cuộc kiểm toán				X	X		X
Lập và phát hành báo cáo kiểm toán						X	X
Xử lý các công việc phát sinh sau khi phát hành báo cáo kiểm toán	X					X	X

Bên cạnh đó, nhằm tập trung vào giải quyết các khó khăn, hạn chế có ảnh hưởng lớn nhất tới quy trình kiểm toán, dựa trên các đặc tính riêng của mỗi công nghệ AI, nhóm tác giả đã đề xuất chi tiết các công nghệ với những ứng dụng cụ thể của chúng trong việc giải quyết các khó khăn, hạn chế này. Các đề xuất được tổng hợp trong Bảng 5. Đây đều là các công nghệ, công cụ phổ biến hiện nay và rất phù hợp để ứng dụng vào thực tiễn công tác kiểm toán BCQTDAHT tại Việt Nam.

Bảng 5. Đề xuất các công nghệ trí tuệ nhân tạo để xử lý các khó khăn, hạn chế trong kiểm toán BCQTDAHT tại Việt Nam

Khó khăn, hạn chế	Công nghệ đề xuất	Các ứng dụng cụ thể trong giải quyết khó khăn, hạn chế	Các công cụ phù hợp
X1	RPA & Vision AI	Sử dụng RPA để tự động hóa việc thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn (Web, ERP, PDF, email); Ứng dụng Vision AI để chuyển đổi chứng từ giấy thành dữ liệu số, giúp đối chiếu tức thời thay vì chỉ tập hợp hồ sơ một cách hình thức.	UiPath, CamS, Google Lens
X2	Machine Learning	Sử dụng các thuật toán học máy để phân tích dữ liệu lịch sử từ các dự án tương tự nhằm tự động nhận diện các "điểm nóng" rủi ro. ML giúp đối soát sự bất thường giữa dự toán, hợp đồng và thực tế thi công, từ đó phát hiện các lỗ hổng trong quy trình phê duyệt và nghiệm thu mà phương pháp thủ công thường bỏ sót.	Python (Scikit-learn), DataRobot, MindBridge Ai
X3	Blockchain	Chuyển đổi từ kiểm tra chứng từ rời rạc sang xác thực dữ liệu trên sổ cái Blockchain. Công nghệ này cho phép KTV truy xuất nguồn gốc giao dịch theo thời gian thực, đảm bảo tính duy nhất, minh bạch và không thể đảo ngược của dữ liệu mà không cần thông qua các bước đối chiếu thủ công trung gian.	Hyperledger Fabric, Corda, FPT.eContract, Oracle Blockchain
X4	Generative AI	Sử dụng AI để tổng hợp và đối chiếu dữ liệu nội bộ của đơn vị với các nguồn dữ liệu công khai từ bên thứ ba (báo cáo ngành, giá thị trường, dữ liệu thuế, thông tin đối tác trên internet,…). Generative AI có khả năng phân tích sự tương thích giữa các bằng chứng nội bộ và bối cảnh thực tế bên ngoài để đưa ra các nghi vấn khách quan về tính xác thực của tài liệu.	GPT-4 (OpenAI), Claude, Gemini, Notebook LM (Google)
X5	Neural Networks & Deep Learning	Xây dựng các mô hình học sâu để phân tích đa chiều các yếu tố: dữ liệu tài chính lịch sử, rủi ro ngành và biến động thị trường. Hệ thống tự động học từ các sai sót trọng yếu trong quá khứ để đề xuất ngưỡng trọng yếu tối ưu, giúp KTV đưa ra quyết định dựa trên bằng chứng định lượng thay vì ước tính chủ quan.	TensorFlow, PyTorch, MindBridge AI, DataRobot
X6	Machine Learning	Công nghệ này giúp mở rộng phạm vi kiểm toán lên mức tối đa bằng cách tự động đối soát chéo dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau như sổ cái, các tài liệu liên quan đến cuộc kiểm toán, sao kê ngân hàng,…	TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn, Keras
X7	Generative AI	Phân tích các phát hiện kiểm toán và tự động soạn thảo các nhận xét có tính phản biện cao, đưa ra khuyến nghị giải pháp thay vì chỉ lặp lại các câu chữ mẫu.	GPT-4, Gemini, Notebook LM

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích và chỉ ra những khó khăn và hạn chế cơ bản trong quy trình kiểm toán BCQTDAHT. Kết quả khảo sát cho thấy các khó khăn, hạn chế nổi bật bao gồm: hoạt động khảo sát và thu thập thông tin trước kiểm toán còn mang tính hình thức; việc đánh giá hệ thống kiểm soát nội bộ và phân tích rủi ro chưa được chú trọng; phương pháp tiếp cận chứng từ còn thủ công, thiếu ứng dụng công nghệ hiện đại; bằng chứng kiểm toán thiếu tính khách quan và phạm vi đối tượng kiểm toán chưa được mở rộng. Những yếu tố này đã ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng, hiệu quả và độ tin cậy của kết quả kiểm toán.

Trên cơ sở phân tích, nghiên cứu khẳng định rằng AI có tiềm năng lớn trong việc khắc phục các khó khăn, hạn chế nêu trên. Các công nghệ như xử lý ngôn ngữ tự nhiên, thị giác máy tính, học máy/học sâu, tự động hóa quy trình bằng robot, AI tạo sinh và blockchain có thể hỗ trợ KTV trong việc xử lý dữ liệu lớn, phát hiện bất thường, nâng cao tính minh bạch và giảm thiểu sai sót. Điều này cho thấy việc ứng dụng AI không chỉ mang tính bổ trợ mà còn mở ra hướng tiếp cận mới, hiện đại và hiệu quả hơn cho công tác kiểm toán BCQTDAHT.

Một điểm quan trọng cần nhấn mạnh là việc ứng dụng AI trong kiểm toán BCQTDAHT không chỉ mang lại lợi ích về mặt kỹ thuật mà còn có ý nghĩa chiến lược đối với tiến trình chuyển đổi số trong lĩnh vực kiểm toán. AI có thể giúp KTV giảm thiểu sự phụ thuộc vào các thao tác thủ công, đồng thời nâng cao năng lực phân tích dữ liệu phức tạp và phi cấu trúc. Tuy nhiên, việc triển khai AI trong kiểm toán vẫn đối mặt với nhiều thách thức như hạ tầng dữ liệu chưa đồng bộ, nguồn nhân lực kiểm toán còn hạn chế về kỹ năng công nghệ, khung pháp lý chưa hoàn thiện để điều chỉnh việc ứng dụng các công nghệ mới,... Ngoài ra, cần lưu ý rằng AI không thay thế hoàn toàn vai trò của KTV. Thay vào đó, AI đóng vai trò như một công cụ hỗ trợ, giúp KTV nâng cao năng lực chuyên môn, tập trung vào các phân tích chuyên sâu và ra quyết định dựa trên bằng chứng đáng tin cậy hơn. Do đó, quá trình chuyển đổi từ phương pháp kiểm toán truyền thống sang kiểm toán dựa trên AI cần được nhìn nhận như một sự kết hợp hài hòa giữa công nghệ và chuyên môn nghề nghiệp.

Tóm lại, nghiên cứu đã chứng minh tiềm năng ứng dụng AI trong kiểm toán BCQTDAHT tại Việt Nam, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho các nghiên cứu tiếp theo. Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần hoàn thiện lý luận về kiểm toán trong bối cảnh chuyển đổi số mà còn mở ra hướng đi mới cho việc nâng cao chất lượng, hiệu quả và độ tin cậy của kiểm toán BCQTDAHT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. T. M. Tâm, "Tìm hiểu về trí tuệ nhân tạo," Tạp chí Khoa học Đại học Văn Lang, 2019.

[2]. Đinh Thị Thúy, "Hoàn thiện kiểm toán báo cáo quyết toán vốn đầu tư công trình xây dựng cơ bản hoàn thành," Luận văn Thạc sĩ, Học viện Tài chính, 2013.

[3]. Anita Dennis and J. Gregory Jenkins, "Using technology to boost audit quality: With tools such as artificial intelligence, auditors can implement new processes that enhance effectiveness and efficiency.," Journal of Accountancy, 2024.

[4]. Nghiêm Xuân Dũng, "Hoàn thiện tổ chức công tác kiểm toán báo cáo quyết toán dự án đầu tư xây dựng cơ bản hoàn thành do kiểm toán độc lập Việt Nam thực hiện," Luận án tiến sĩ, Học viện Tài chính, 2021.

[5]. Trịnh Hiệp Thiện, "Ảnh hưởng của trí tuệ nhân tạo đến nghề nghiệp kiểm toán độc lập trong tương lai," Tạp chí Học viện Tài chính, 2022.

[6]. Favourate Y. Mpofu, "The application of Artificial Intelligence in external auditing and its implications on audit quality? A review of the ongoing debates.," International Journal of Research in Business & Social Science, 2023, Vol 12, Issue 9, p496, 2023.

[7]. Bộ Tài chính, Thông tư số 67/2015/TT-BTC, Ban hành chuẩn mực kiểm toán Việt Nam về kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành. 2015.

[8]. P. Klimczak and C. Petersen, "AI - Limits and Prospects of Artificial Intelligence," 2023.

[9]. Đào Tiến Dũng, "Hoàn thiện quy trình kiểm toán báo cáo quyết toán dự án đầu tư xây dựng cơ bản hoàn thành tại Công ty TNHH Kiểm toán và định giá Thăng Long - TDK.," 2016.

[10]. Nguyễn Duy Minh, "Quy trình kiểm toán báo cáo quyết toán dự án đầu tư xây dựng hoàn thành do Công ty TNHH Tư vấn và kiểm toán VNASC thực hiện," Luận văn thạc sĩ, Học viện Tài chính, 2020.

[11]. Hoàng Thị Tuyết Dung, "Quy trình kiểm toán báo cáo quyết toán dự án đầu tư xây dựng tại Công ty TNHH Kiểm toán Việt thực hiện," Luận văn thạc sĩ, Học viện Tài chính, 2020.

[12]. Đỗ Thế Hưng, "Hoàn thiện công tác kiểm toán Báo cáo quyết toán vốn đầu tư dự án hoàn thành tại Công ty TNHH Kiểm toán CPA VIETNAM," Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, 2025.

[13]. Nguyễn Tuấn Anh, "Hoàn thiện công tác kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Công ty TNHH Hãng Kiểm toán và Định giá Quốc gia," Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2025.

[14]. Nguyễn Quý Trọng, "Hoàn thiện công tác kiểm toán Báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Công ty TNHH Kiểm toán và Định giá KVA," Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2023.

[15]. Lê Thị Phương Hằng, "Hoàn thiện công tác kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Công ty TNHH Kiểm toán và Định giá MHD," Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2023.

[16]. Nguyễn Văn Toán, "Giải pháp nâng cao khả năng cạnh tranh trong đấu thầu lựa chọn nhà thầu tư vấn kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành của Công ty TNHH hãng kiểm toán và định giá ATC ," Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2020.

[17]. Phạm Duy Tùng, "Hoàn thiện công tác kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Công ty TNHH Kiểm toán KDG Việt Nam," Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2019.

[18]. Nguyễn Thị Lan Hương, "Hoàn thiện công tác kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Công ty TNHH kiểm toán Nhân Tâm Việt," Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2019.

[19]. Triệu Văn Giáp, "Hoàn thiện công tác kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành tại Công ty TNHH kiểm toán và dịch vụ tư vấn Hà Nội," Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2018.

[20]. Fang Wang, "Analysis and Solution of Common Problems in Construction Project Audit," 7th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization (MCEI 2017), 2017.

[21]. K. Liu, "Problems and Countermeasures of Project Settlement Audit," Proceedings of the 2018 International Conference on Advances in Social Sciences and Sustainable Development (ASSSD 2018), vol. 206, 2018, [Online]. Available: http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

[22]. Đặng Anh Tuấn, "Phương pháp thu thập và đánh giá bằng chứng kiểm toán báo cáo quyết toán dự án đầu tư," Tạp chí Công Thương, 2022.

■Ngày nhận bài: 12/12/2025 ■Ngày sửa bài: 17/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2025

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng tới người điều khiển khi điều động tàu trong điều kiện thời tiết bất lợi

Research on assessing the impact of the navigator when manoeuvring a ship in adverse weather conditions

> TS NGUYỄN VĂN QUẢNG*, TS ĐẶNG ĐÌNH CHIẾN, TS VŨ ĐĂNG THÁI
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
*Email: nguyenvanquang@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Trong hoạt động hàng hải, điều kiện thời tiết xấu là một trong những yếu tố rủi ro nghiêm trọng nhất ảnh hưởng trực tiếp đến sự an toàn của tàu và thuyền viên. Người điều khiển tàu (thuyền trưởng, sĩ quan trực ca, hoa tiêu...) giữ vai trò trung tâm trong quá trình ra quyết định, vận hành và điều động tàu. Sự liên kết chặt chẽ giữa hai yếu tố này với nhau sẽ dẫn tới các kết quả quan trọng ảnh hưởng tới quá trình dẫn tàu an toàn. Bài báo tập trung phân tích các ảnh hưởng tâm sinh lý, kỹ thuật và vận hành mà người điều khiển phải đối mặt trong điều kiện bất lợi về thời tiết, từ đó đưa ra khuyến nghị nhằm nâng cao hiệu quả huấn luyện, hỗ trợ thiết bị và cải tiến quy trình điều động trong bối cảnh biến đổi khí hậu và mật độ giao thông hàng hải ngày càng cao.

Từ khóa: Sự cố hàng hải; hành vi con người; yếu tố con người; điều động tàu; điều kiện thời tiết bất lợi.

ABSTRACT

In maritime operations, adverse weather conditions are one of the most serious risk factors that directly affect the safety of ships and crew. The ship operator (captain, officer on watch, pilot, etc.) plays a central role in the decision-making, operation and dispatching of ships. The close connection between these two factors will lead to important results that affect the safe navigation of ships. This article focuses on analyzing the psychological, technical and operational effects that the operator faces in adverse weather conditions, thereby making recommendations to improve training efficiency, equipment support and improve dispatching procedures in the context of climate change and increasing maritime traffic density.

Keywords: Maritime incidents; human behavior; human factor; ship manouvering; adverse weather conditions.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tình huống thời tiết xấu trên biển như gió giật, mưa lớn, sóng cao, sương mù dày đặc hoặc bão lốc... chiếm tỷ lệ cao trong các nguyên nhân gây tai nạn hàng hải nghiêm trọng [5]. Khi thời tiết xấu xảy ra như mưa lớn, sương mù dày, gió giật hoặc sóng cao, các điều kiện không chắc chắn xuất hiện dưới nhiều hình thức [6]. Theo đó, việc điều động tàu khi vào ra cảng hoặc chuyển hướng trong vùng biển hẹp trở thành bài toán khó khăn, nơi yếu tố con người đóng vai trò quyết định [2, 3]. Trong quá trình điều động tàu biển, quyết định của người điều khiển thường liên quan đến các thao tác quan trọng như:

- Tăng hoặc giảm tốc độ tàu;
- Chuyển hướng, quay đầu, tránh va;
- Cập cầu, thả neo, điều chỉnh hải trình.

Từ năm 2015 - 2023, theo thống kê của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), hơn 65% tai nạn cập cảng và va chạm tại khu vực ven biển xảy ra trong điều kiện thời tiết xấu và gần 80% trong số đó có liên quan đến yếu tố con người [1, 7]. Bài báo đặt trọng tâm vào các ảnh hưởng cụ thể đến người điều khiển tàu nhằm nhận diện các yếu tố rủi ro và đề xuất giải pháp giảm thiểu thiệt hại.

2. PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG TỚI NGƯỜI ĐIỀU KHIỂN TRONG THỜI TIẾT XẤU

Khi thời tiết xấu xảy ra, các điều kiện không chắc chắn thường xuất hiện dưới một số dạng chính:

- Thông tin cảm biến không đầy đủ hoặc bị sai lệch (ví dụ: radar bị nhiễu, GPS sai số lớn) [9];
- Tầm nhìn thực tế giảm mạnh, không thể quan sát các vật

cản, tàu khác hoặc dấu hiệu hàng hải;

- Sự thay đổi đột ngột của dòng chảy, hướng gió làm cho dự đoán của người điều khiển không còn chính xác;

- Thời gian phản ứng ngắn do khoảng cách với nguy cơ (ví dụ: sắp va chạm) bị rút ngắn bởi tốc độ trôi hoặc lỗi thiết bị [8].

Hãy xem xét một số ví dụ tai nạn điển hình trong những năm gần đây.

Hình 1. Sự cố tàu container MOL Comfort (Ấn Độ Dương, 2013)

2.1. Một số tai nạn điển hình

** Sự cố tàu MOL Comfort (Ấn Độ Dương, 2013):*

- Thông tin sự kiện:

+ Tàu container MOL Comfort (tàu dài 316 m) bị gãy làm đôi trong thời tiết biển động cấp 7 - 8, sóng cao 6 - 8 m, gió giật mạnh;

+ Thuyền trưởng đã phát hiện vết nứt cấu trúc thân tàu, đưa ra báo động khẩn cấp và rút thủy thủ đoàn kịp thời bằng xuồng cứu sinh;

+ Tàu chìm sau đó vài ngày, làm mất toàn bộ hàng hóa (~4.300 container), thiệt hại hàng trăm triệu USD.

- Tác động đến người điều khiển:

+ Áp lực ra quyết định trong thời gian ngắn khi tàu có dấu hiệu nứt gãy;

+ Điều kiện thời tiết khiến việc điều động xuồng cứu sinh, phát tín hiệu khẩn cấp trở nên cực kỳ khó khăn.

** Vụ đắm tàu El Faro (Caribbean, 2015):*

Hình 2. Tàu El Faro mất tích trên vùng biển tam giác quỷ Bermudas, năm 2015

- Thông tin sự kiện:

+ Tàu hàng El Faro (Mỹ) bị chìm khi đi vào vùng ảnh hưởng bão Joaquin cấp 4, với sức gió 140 dặm/giờ (~250 km/h);

+ 33 người trên tàu tử vong toàn bộ, là một trong những tai nạn thảm khốc nhất lịch sử hàng hải Hoa Kỳ hiện đại;

+ Hộp đen ghi âm cho thấy thuyền trưởng đã quyết định tiếp tục hành trình dù dự báo có bão, sau đó tàu bị nghiêng nặng do nước tràn vào.

- Tác động đến người điều khiển:

+ Thuyền trưởng phải đối mặt với áp lực thương mại (giao hàng đúng hạn) và thiếu cập nhật thời tiết thực tế;

+ Giao tiếp nội bộ giữa thuyền trưởng và sĩ quan thiếu quyết đoán, dẫn đến hành trình đi vào vùng nguy hiểm;

+ Thuyền trưởng mất khả năng kiểm soát khi tàu nghiêng 15 - 20 độ, nước tràn vào hầm hàng, mất điện và vô hiệu hóa hệ thống lái.

** Vụ tai nạn tàu Stellar Daisy (Nam Đại Tây Dương, 2017):*

Hình 3. Sự cố tàu Stellar Daisy (Nam Đại Tây Dương, 2017)

- Thông tin sự kiện:

+ Tàu chở quặng Hàn Quốc, chở quá tải, bị chìm trong điều kiện thời tiết xấu với sóng cao 6 - 9 m, mất tích 22 thủy thủ;

+ Tàu bị nghi nứt kết cấu đáy tàu do lực va đập của sóng biển mạnh, dẫn đến vỡ nhanh và chìm chỉ trong vài phút.

- Tác động đến người điều khiển:

+ Thuyền trưởng chỉ kịp gửi một tin nhắn báo cáo nước tràn vào hầm hàng, sau đó mất liên lạc hoàn toàn;

+ Thời tiết xấu hạn chế khả năng cứu nạn khẩn cấp, không đủ thời gian để hạ xuống thoát hiểm;

+ Quyết định sơ tán kịp thời của thuyền trưởng có thể bảo toàn mạng sống toàn bộ 24 thủy thủ.

** Tàu Ever Given mắc kẹt ở Kênh đào Suez (Ai Cập, 2021):*

Hình 4. Tàu Ever Given mắc kẹt tại kênh đào Suez, năm 2021

- Thông tin sự kiện:

+ Tàu container lớn Ever Given bị mất điều hướng do gió mạnh (40 hải lý/giờ), mắc cạn, làm tắc nghẽn kênh đào Suez trong 6 ngày;

+ Mặc dù không có thương vong, nhưng thiệt hại kinh tế toàn cầu ước tính hàng tỷ USD/ngày.

- Tác động đến người điều khiển:

+ Hoa tiêu bị mất khả năng điều động do tàu bị xoay ngang

bởi gió mạnh, lực cản đáy cao;

+ Tâm lý áp lực khi điều khiển tàu siêu trọng tải trong vùng nước hẹp và thời tiết xấu.

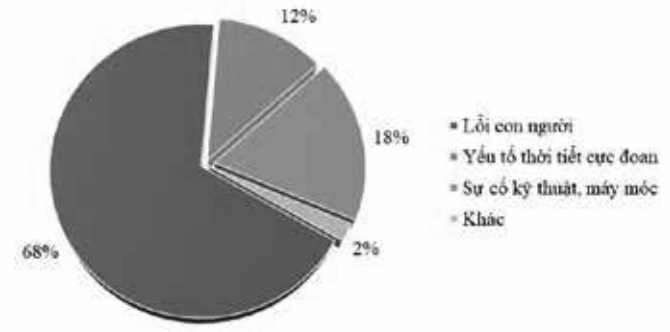
2.2. Dữ liệu thống kê tổng hợp

** Tỉ lệ tai nạn do điều kiện thời tiết xấu:*

Theo báo cáo của MAIB (Marine Accident Investigation Branch - Anh) được mô tả trong Hình 5. Trong hàng trăm sự cố hàng hải giai đoạn 2015 - 2022, điều kiện khí tượng (meteorological factors) đóng vai trò chính trong khoảng 12% số sự cố, so với 68% do lỗi con người và gần 20% gồm sự cố kỹ thuật và sự cố khác [1].

Trên toàn cầu, trong các vụ tai nạn xảy ra tại cảng và vùng ven biển, khoảng 14,5% liên quan đến điều kiện thời tiết khắc nghiệt [5].

Dù chỉ chiếm khoảng 10 - 15% số vụ, tai nạn do thời tiết cực đoan có thể gây hậu quả lớn hơn nhiều so với các sự cố khác.



Hình 5. Nguyên nhân gây ra sự cố hàng hải giai đoạn 2015 - 2022

Nguồn: Marine Accident Investigation Branch report, 2023

** Mức độ ảnh hưởng đến tàu và thủy thủ:*

Trong 755 trường hợp tai nạn do sóng hoặc biển động dữ liệu ProQuest, đa số liên quan đến tàu chở hàng, tàu chở rời và tàu cá, phổ biến ở Bắc Đại Tây Dương, Ấn Độ Dương và Tây Thái Bình Dương [4].

Nghiên cứu chỉ ra rằng gió mạnh làm tăng độ nghiêm trọng của tai nạn gấp ~5 lần (OR = 5.178); biển động mạnh (heavy sea) làm tăng nguy cơ ~3 lần; dòng chảy mạnh cũng tăng nguy cơ tai nạn ~2 lần [4].

** Ảnh hưởng đến người điều khiển tàu:*

Thiếu hụt thông tin khí tượng chính xác - sự phụ thuộc vào thiết bị định vị và radar có thể bị nhiễu, làm giảm khả năng phản ứng thời gian thực khi gặp sóng lớn, gió giật.

Say sóng, mất cân bằng và căng thẳng do sóng lớn khiến khả năng xử lý tình huống và ra quyết định giảm rõ rệt.

Các sự cố như El Faro (2015) và Dongfang zhi Xing (2015) là minh chứng sống cho tình huống người điều khiển không lường hết được đường đi của bão xoáy, gây thiệt hại trầm trọng về cả người và tàu [10].

2.3. Bài học kinh nghiệm và yếu tố quyết định

Từ những tai nạn điển hình và thông tin tổng hợp trên cho thấy:

- Khả năng ra quyết định khẩn cấp, nhận diện cấu trúc rủi ro kỹ thuật và ứng phó trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt là yếu tố sống còn;
- Ra quyết định sai do chủ quan trước dữ liệu thời tiết và bỏ qua cảnh báo rủi ro;
- Cần cải thiện huấn luyện về phân tích dự báo khí tượng và xây dựng văn hóa phản biện trong tổ lái;
- Điều kiện thời tiết cực đoan là chất xúc tác làm tăng hậu quả từ các yếu tố kỹ thuật tiềm ẩn;
- Yêu cầu quản lý tàu phải chủ động dự báo rủi ro kết cấu khi chở hàng nặng, đặc biệt trong thời tiết xấu;
- Cần kết hợp hệ thống hỗ trợ điều hướng tự động và cảnh báo điều kiện thời tiết cực đoan;
- Huấn luyện đội ngũ điều khiển tàu cỡ lớn khi gặp tác động gió/lực thủy động trong vùng nước giới hạn.

2.4. Tác động của thời tiết cực đoan lên người điều khiển tàu

Trong bối cảnh thời tiết tiêu cực tác động, dựa trên kinh nghiệm đi biển và nghiên cứu thống kê cho thấy việc tác động tới người điều khiển tập trung chủ yếu vào hai vấn đề chính: Tâm lý thần kinh và khả năng vận hành.

** Ảnh hưởng về tâm lý - thần kinh:*

- Áp lực ra quyết định trong điều kiện không chắc chắn:

Khi thiết bị định vị hoạt động không ổn định, kết hợp tầm nhìn kém, người điều khiển phải dựa trên kinh nghiệm và phán đoán cá nhân, gây áp lực tinh thần lớn, dễ dẫn đến sai lệch về quyết định hướng và tốc độ.

- Căng thẳng và mất khả năng duy trì tỉnh táo:

Trong ca trực dài (thường kéo dài 4 - 6 giờ liên tục), sự lặp đi lặp lại của các mệnh lệnh điều hướng trong điều kiện bão tố gây ra hiệu ứng mỏi nhận thức, giảm tốc độ phản xạ và tăng nguy cơ tai nạn do "lơ là" tạm thời.

- Tình trạng say sóng và mất cân bằng:

Sóng cao trên 4 m gây ảnh hưởng lớn đến hệ thống tiền đình, làm suy giảm khả năng phối hợp giữa mắt - tay - cơ thể, đặc biệt là trong các thao tác cập cảng, quay tàu bằng tàu kéo, yêu cầu độ chính xác cao.

** Ảnh hưởng đến khả năng vận hành kỹ thuật:*

- Ổn định tàu giảm mạnh gây khó kiểm soát hướng tàu:

Sóng xiên (quartering seas) kết hợp với gió ngang (beam winds) làm giảm hiệu quả của bánh lái và chân vịt chính, gây hiện tượng mất kiểm soát quay tàu trong các khúc cua hẹp.

- Độ trễ phản hồi từ hệ thống điều khiển:

Trong điều kiện nhiễu động cao, hệ thống truyền động (thủy lực hoặc điện tử) có thể có độ trễ >1,5 giây, khiến thao tác bánh lái chậm hơn so với ý định, ảnh hưởng đến độ ổn định hướng đi.

- Thiết bị hỗ trợ dễ bị nhiễu:

Radar xung có thể gặp nhiễu sóng ngắn từ bề mặt nước trong mưa, GPS gặp sai số do mây ion hóa, AIS không hoạt động ổn định gây mất dữ liệu vị trí các tàu xung quanh - ảnh hưởng nghiêm trọng đến nhận thức tình huống.

3. ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI TIẾT XẤU ĐẾN QUY TRÌNH PHỐI HỢP TRONG ĐIỀU ĐỘNG

Ngoài những vấn đề liên quan đến cá nhân người điều khiển tàu còn ảnh hưởng đến cả sự liên kết phối hợp giữa người điều khiển tàu với những người hỗ trợ thực hiện quá trình điều động tàu. Sự kết nối thông tin liên lạc giữa những bên liên quan trong quá trình phối hợp điều động tàu được mô tả như Hình 6.

Hình 6. Phối hợp điều động tàu trong khu vực

Dựa trên tình hình thực tế và kinh nghiệm nhiều năm đi biển của tác giả cho thấy ảnh hưởng của thời tiết tiêu cực đến quy trình phối hợp trong điều động tàu chủ yếu bao gồm:

3.1. Ảnh hưởng đến việc thu thập và chia sẻ thông tin

- Giảm độ chính xác dữ liệu: Tầm nhìn kém, sương mù, sóng lớn làm sai lệch radar, ECDIS hoặc tín hiệu AIS bị gián đoạn.
- Trễ truyền thông tin: Gió lớn làm tăng độ ồn sóng, khiến các kênh radio trở nên nhiễu, gây hiểu lầm trong thông tin giữa những

người thực hiện công việc điều động trên tàu hay kết nối thông tin để phối hợp điều động với các tàu lân cận hoặc trạm kiểm soát giao thông hàng hải khu vực. Trong các tàu lớn (container, LNG, VLCC), việc truyền đạt lệnh giữa cầu điều khiển và buồng máy qua hệ thống ECR hoặc ERB có thể bị chậm gây tác động dây chuyền đến toàn bộ hoạt động điều động.

- Lệch thời gian phối hợp: Hoa tiêu, tàu kéo, tàu hỗ trợ chậm tiếp cận vì điều kiện biển động, gây sai lệch thời điểm hành động.

3.2. Ảnh hưởng đến ra quyết định điều động

Mất tin cậy trong dự báo hành vi tàu: Gió mạnh, sóng lớn làm tàu khó giữ hướng, lệch trục khi quay đầu hoặc cập cảng.

Ra quyết định chậm/chủ quan: Thuyền trưởng hoặc hoa tiêu dễ bị căng thẳng, không tin tưởng vào hệ thống dẫn hướng tự động.

Tăng rủi ro phối hợp lỗi: Nếu tàu kéo, hoa tiêu và boong tàu không cập nhật cùng lúc tình hình (ví dụ: sức gió thực tế), dễ gây va chạm.

3.3. Ảnh hưởng đến vận hành thực tế

Nguy hiểm khi thao tác dây buộc, neo, thang hoa tiêu: Sóng cao gây lắc mạnh, thủy thủ dễ trượt ngã hoặc bị thiết bị va đập khi thao tác cập bến.

Hoa tiêu không thể lên tàu an toàn: Trong sóng to hoặc gió giật >30 kn, nhiều cảng không cho phép hoa tiêu lên tàu do nguy cơ rơi xuống biển.

Tàu kéo mất kiểm soát: Sóng lớn làm tàu kéo mất lực giữ hoặc va vào thân tàu chính khi hỗ trợ xoay/chống trôi.

3.4. Ảnh hưởng đến giao tiếp và tổ chức

Rối loạn lệnh điều động: VHF nhiễu gây hiểu nhầm lệnh hoa tiêu - thuyền trưởng - tàu kéo - boong.

Gián đoạn phối hợp khẩn cấp: Trong tình huống tàu trôi neo, va kè hoặc nghiêng lệch, thời tiết xấu làm chậm phản ứng đồng bộ giữa các bên.

Lỗi tổ chức theo ca trực: Trong thời tiết dài ngày xấu, sĩ quan bị căng thẳng, mất ngủ gây giảm hiệu suất phối hợp, nhất là khi tàu vào/ra cảng ban đêm.

4. KHUYẾN NGHỊ VỀ GIẢI PHÁP KỸ THUẬT VÀ CON NGƯỜI

Bằng những phân tích dữ liệu tai nạn thực tế trực quan, dữ liệu nghiên cứu đã được công bố và kinh nghiệm đi biển nhiều năm của bản thân, tác giả đề xuất thực hiện những giải pháp kỹ thuật chưa được quan tâm chú trọng hay còn thiếu hiện nay như sau:

- *Thứ nhất*, đối với huấn luyện mô phỏng thực tế:

+ Trang bị buồng mô phỏng toàn cảnh (360° bridge simulator) tích hợp thời tiết động, sóng - gió - dòng chảy để huấn luyện trong các kịch bản điều động phức tạp;

+ Chuẩn hóa kịch bản phối hợp theo thời tiết xấu;

+ Có checklist điều kiện dừng điều động (ví dụ: gió >35 kn, sóng >2,5 m);

+ Thiết lập "mức cảnh báo phối hợp đỏ" để cảnh báo toàn bộ tổ chức điều hành;

+ Các bên liên quan nên tổ chức huấn luyện phối hợp điều động trong điều kiện thời tiết cực đoan bằng phần mềm mô phỏng thực tế (bridge simulator, tug simulator...).

- *Thứ hai*, tăng cường thiết bị điều khiển:

+ Lắp đặt hệ thống lái kép, chân vịt phụ (bow thruster), cảm biến định vị chính xác cao (GNSS) để hỗ trợ người điều khiển trong điều kiện gió mạnh và sóng lớn;

+ Camera tầm nhiệt, radar chống nhiễu, truyền dữ liệu AIS qua vệ tinh.

- *Thứ ba*, cải tiến giao thức phối hợp:

Thiết lập bộ quy tắc phản ứng chuẩn (Standard Operating Procedures - SOPs) trong thời tiết xấu cho tàu, cảng và tàu kéo.

- *Thứ tư*, tổ chức ca trực hợp lý:

Phân bổ thời gian ca trực ngắn hơn, có luân phiên nghỉ ngắn giữa ca trong giai đoạn điều động khẩn cấp.

- *Thứ năm*, tăng cường thiết bị bảo vệ cá nhân và phương pháp huấn luyện:

+ Trang bị thiết bị bảo vệ cá nhân chống sóng gió tối ưu cho người điều khiển;

+ Đánh giá tâm lý và năng lực ra quyết định của người điều khiển trong điều kiện khẩn cấp, thông qua các bài kiểm tra định kỳ.

5. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh thời tiết ngày càng bất ổn do biến đổi khí hậu, hoạt động điều động tàu trong điều kiện xấu không còn là tình huống hiếm gặp mà trở thành vấn đề thường xuyên. Người điều khiển tàu với vai trò trung tâm cần được tăng cường năng lực không chỉ về mặt kỹ thuật mà còn cả về tâm lý và khả năng làm việc dưới áp lực. Đầu tư vào đào tạo thực tế mô phỏng, hiện đại hóa trang thiết bị hỗ trợ và xây dựng giao thức ứng xử linh hoạt sẽ là "chìa khóa" giúp giảm thiểu rủi ro tai nạn và nâng cao an toàn hàng hải.

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của thời tiết xấu và vai trò của người điều khiển trong lĩnh vực đảm bảo an toàn hàng hải thông qua phân tích những tai nạn điển hình liên quan đến vấn đề nghiên cứu trong thời gian gần đây, ảnh hưởng đến quy trình phối hợp trong điều động tàu. Từ đó, đề xuất những giải pháp kỹ thuật và con người nhằm nâng cao an toàn cho điều động tàu trong điều kiện thời tiết xấu, đồng thời cũng đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra của bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Andrea Maternová (2023), Human Error Analysis and Fatality Prediction in Maritime Accidents, Journal of Marine Science and Engineering, vol.11(12), 2287.

[2]. Carine Dominguez-Péry, et al. (2021), Reducing maritime accidents in ships by tackling human error: a bibliometric review and research agenda, Journal of Shipping and Trade, vol.6, no.20.

[3]. DNV Maritime (2022), Safety Assessment for Bridge Resource Management in Adverse Weather.

[4]. Huanxin Wang, et al. (2021), An analysis of factors affecting the severity of marine accidents, Reliability Engineering & System Safety, 210(3):107513.

[5]. IMO (2020), Human Element, Leadership and Management Guidance.

[6]. Lewis, et al. (2024), The Impact of Weather Conditions on Maritime Safety, https://www.lksalaw.com/.

[7]. Lloyd's List Intelligence (2023), Maritime Incident Data Summary.

[8]. Nguyễn Văn Thành (2021), An toàn tàu biển và ứng phó sự cố thiên tai, NXB. Giao thông vận tải.

[9]. OCIMF (2020), Bridge Procedures Guide (5th Edition).

[10]. William Langewiesche (2018), "The Clock Is Ticking": Inside the Worst U.S. Maritime Disaster in Decades. https://www.vanityfair.com/.

■Ngày nhận bài: 16/12/2025 ■Ngày sửa bài: 23/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/01/2026

Xác định chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên các tuyến xe buýt chính tại Hà Nội

Determining the average trip length of passengers on key bus routes in Hanoi

> TS TRẦN KHẮC DƯƠNG*, PGS.TS ĐỖ QUỐC CƯỜNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: tkduong@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Vận tải hành khách bằng xe buýt đóng vai trò chủ đạo trong hệ thống giao thông công cộng (GTCC) tại các đô thị lớn của Việt Nam như Hà Nội, Hải Phòng và TP.HCM. Tuy nhiên, các nghiên cứu chi tiết về các chỉ số hoạt động của các tuyến buýt còn khá hạn chế. Bài báo khảo sát và xác định chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên các tuyến xe buýt chính tại Hà Nội, gồm tuyến 32, 34 và 27. Đây là một trong các thông số quan trọng để xác định mức phục vụ của xe buýt trên đường phố có dòng giao thông hỗn hợp. Các kết quả đạt được góp phần cung cấp cho các nhà quản lý và điều hành GTCC đô thị những thông tin hữu ích để cải thiện chất lượng phục vụ của các tuyến xe buýt trong hệ thống GTCC đô thị.

Từ khóa: Dịch vụ xe buýt; tuyến buýt; chiều dài hành trình; chất tải hành khách; giao thông công cộng đô thị.

ABSTRACT

Bus transit plays a key role in the urban public transport system in large cities of Vietnam, such as Hanoi, Haiphong and Ho Chi Minh City. However, detailed studies on the performance indicators of bus routes are still quite limited. This article investigates and determines the average trip length of passengers on key bus routes in Hanoi city, including bus routes 32, 34 and 27. This is one of the important bus indicators to estimate the bus level of service on streets with mixed traffic flow. The results obtained provide urban transit managers and operators with useful information to improve the quality of service of bus routes within the urban transit system.

Keywords: Bus service; bus route; trip length; passenger loading; urban transit.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vận tải hành khách công cộng bằng xe buýt đóng vai trò chủ đạo trong hệ thống GTCC đô thị tại các đô thị lớn của Việt Nam như Hà Nội và TP.HCM. Tại Hà Nội, hệ thống GTCC hiện nay gồm 2 tuyến đường sắt trên cao (Tuyến số 02: Cát Linh - Hà Đông và Tuyến số 3: Nhổn - Cầu Giấy), 1 tuyến xe buýt nhanh (BRT01: Hà Đông - Kim Mã), 154 tuyến xe buýt thường và hơn 4.400 điểm dừng cung cấp dịch vụ GTCC cho hầu hết các quận, huyện và khu vực của Thành phố. Tuy nhiên, các nghiên cứu phân tích các chỉ số hoạt động cụ thể của các tuyến xe buýt tại Hà Nội (thời gian hành trình xe buýt, tính đúng giờ của dịch vụ, chỉ số chất tải hành khách, chiều dài hành trình của hành khách...) vẫn còn khá hạn chế do thiếu cơ sở dữ liệu hiện đại và đồng bộ [1, 2, 3]. Chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên xe buýt là một chỉ số quan trọng dùng để đánh giá hiệu quả hoạt động của các tuyến xe buýt [4, 5]. Ngoài ra, đây cũng là một chỉ số quan trọng dùng để đánh giá mức phục vụ của xe buýt trong dòng giao thông hỗn hợp [1, 6].

Bài báo này khảo sát và xác định chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên một số tuyến xe buýt chính chạy xuyên tâm tại Hà Nội. Kết quả đạt được sẽ giúp cung cấp cho các nhà hoạt động trong lĩnh vực GTCC nói chung, các nhà quản lý và điều hành GTCC tại Hà Nội nói riêng những thông tin hữu ích về sự vận hành của các tuyến xe buýt nội đô, từ đó có cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp và chính sách phù hợp nhằm không ngừng cải thiện chất lượng dịch vụ GTCC bằng xe buýt tại Hà Nội.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp xác định chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên xe buýt

Đối với mỗi chuyến xe buýt trên một tuyến nhất định, hành

khách có thể lên và xuống xe buýt tại các điểm dừng bất kì dọc theo tuyến buýt. Do đó, chiều dài hành trình của từng hành khách hay chiều dài hành trình trung bình của tất cả hành khách trên mỗi chuyến xe là khác nhau. Do đó, có hai phương pháp xác định chiều dài hành trình trung bình của mỗi chuyến xe buýt: (1) Dựa vào dữ liệu chuyến đi của từng hành khách được thu thập và lưu tự động trong cơ sở dữ liệu của đơn vị vận hành GTCC (ví dụ dữ liệu thẻ thu phí tự động) và (2) dựa vào số liệu khảo sát điều tra trực tiếp số lượng hành khách lên xuống xe tại các điểm dừng dọc theo tuyến (đếm trực tiếp hoặc dùng camera). Trong trường hợp có dữ liệu thẻ thu phí thông minh, hành trình di chuyển của mỗi hành khách sẽ được xác định một cách chính xác (điểm lên xe và điểm xuống xe) nhờ mã thẻ thông minh của hành khách được lưu vào hệ thống khi quẹt thẻ lên/xuống xe buýt [7, 8]. Nhờ đó, không chỉ chiều dài hành trình mà cả thời gian hành trình của từng hành khách sẽ được xác định.

Do các tuyến buýt ở Hà Nội hiện nay chưa có cơ sở dữ liệu thẻ thu phí thông minh (ngoại trừ tuyến BRT01), nên bài báo này sẽ sử dụng phương pháp thứ hai để khảo sát và tính toán chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên xe buýt [9, 10]. Số liệu cần thu thập gồm số hành khách lên và xuống xe tại mỗi điểm dừng dọc theo tuyến. Khi đó, số lượng hành khách trên xe buýt ở từng đoạn tuyến và tổng số hành khách sử dụng dịch vụ của chuyến buýt đó sẽ được xác định. Dựa vào chiều dài của các đoạn tuyến buýt (chiều dài giữa hai điểm dừng liên tiếp) sẽ xác định được chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên mỗi chuyến buýt (L_{pt}) như sau [4]:

$$L_{pt} = \frac{\sum_1^n p_i l_i}{P} \quad \text{(km)} \tag{1}$$

Trong đó:

p_i - Số hành khách trên xe buýt tại đoạn tuyến thứ i (giữa điểm dừng i và i+1);

l_i - Chiều dài đoạn tuyến thứ i (km);

n - Số đoạn tuyến hợp thành tuyến buýt;

P - Tổng số hành khách đi xe buýt (bằng tổng số người lên hoặc xuống xe).

2.2. Thu thập số liệu

Bài báo này sẽ phân tích chỉ số chất tải hành khách cho 3 tuyến xe buýt chính chạy xuyên tâm tại Hà Nội gồm:

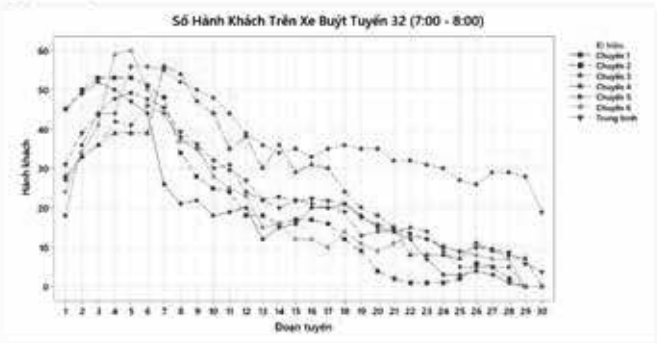
- Tuyến 32: Bến xe Giáp Bát - Nhổn (31 điểm dừng).
- Tuyến 34: Bến xe Mỹ Đình - Gia Lâm (28 điểm dừng).
- Tuyến 27: Nam Thăng Long - Bến xe Yên Nghĩa (43 điểm dừng).

Cả 3 tuyến buýt trên đều là các tuyến buýt chính kết nối các bến xe khách lớn tại Hà Nội và có tần suất phục vụ cao trong khung giờ cao điểm (≤10 phút/chuyến). Phương tiện xe buýt sử dụng cho các tuyến này đều là xe buýt lớn có sức chở từ 60 hành khách trở lên. Thời gian khảo sát số liệu được thực hiện cho khung giờ cao điểm sáng (7h00 - 8h00), thấp điểm sáng (10h00 - 11h00) và cao điểm chiều (17h00 - 18h00) một ngày trong tuần vào 23/3/2022. Với mỗi tuyến buýt, công tác khảo sát được thực hiện cho tất cả các chuyến đi từ điểm đầu đến điểm cuối tuyến trong giờ cao điểm sáng, thấp điểm sáng và cao điểm chiều. Trong mỗi chuyến đi đó, số lượng hành khách lên xuống xe tại mỗi điểm dừng và số lượng hành khách trên xe cho từng đoạn tuyến sẽ được thu thập. Từ số liệu trên, có thể xác định được tổng số hành khách đi trên một chuyến xe trên toàn bộ hành trình là tổng số khách lên xe hoặc tổng số khách xuống xe.

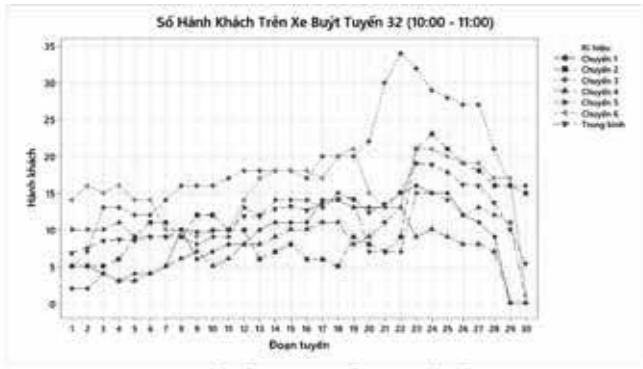
Đoạn tuyến buýt là đoạn đường di chuyển giữa hai điểm dừng liên tiếp nhau. Theo kết quả khảo sát tuyến 32, 34 và 27 có tổng chiều dài tuyến lần lượt là 16,76 km, 15,16 km, 23,22 km và có 30, 27 và 42 đoạn tuyến tương ứng chạy từ điểm đầu đến cuối tuyến. Trong các khung giờ khảo sát, mỗi tuyến đều có 6 chuyến đi được khảo sát. Chiều dài các đoạn tuyến của các tuyến buýt được thu thập từ cơ sở dữ liệu của Sở Giao thông vận tải Hà Nội (nay là Sở Xây dựng Hà Nội).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

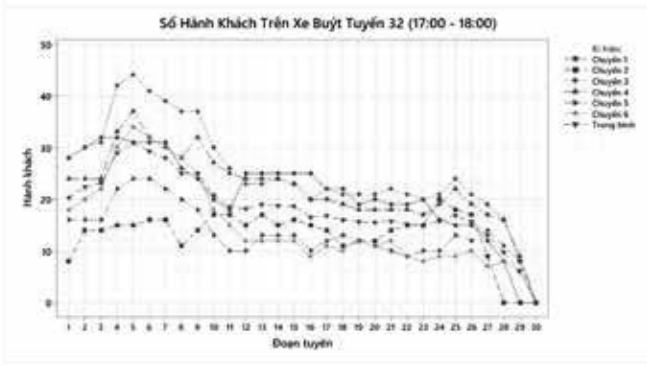
Số hành khách trên xe buýt được khảo sát cho 3 tuyến xe buýt vào các khung giờ cao điểm sáng, thấp điểm sáng và cao điểm chiều được thể hiện trong các Hình 1, Hình 2, Hình 3, Hình 4, Hình 5, Hình 6, Hình 7, Hình 8 và Hình 9. Kết quả thu được cho thấy số hành khách trên xe buýt thay đổi theo tuyến và mỗi tuyến lại thay đổi theo thời gian và các đoạn tuyến buýt. Trong 3 tuyến buýt được khảo sát, tuyến 32 thu hút được lượng hành khách sử dụng dịch vụ lớn hơn hai tuyến kia. Xét cho từng tuyến buýt thì khung giờ cao điểm sáng và chiều đều có lượng hành khách đi xe buýt lớn hơn giờ thấp điểm sáng.



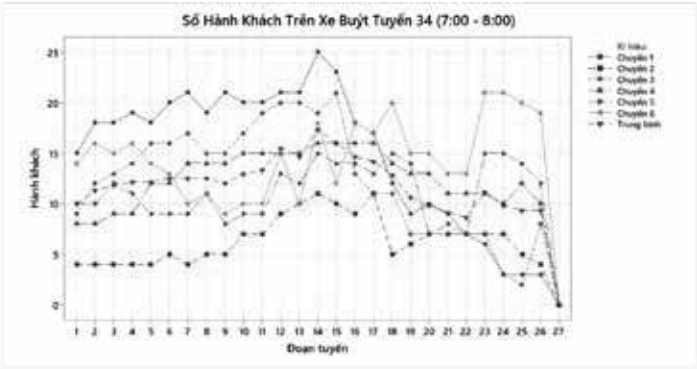
Hình 1. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 32 (giờ cao điểm sáng)



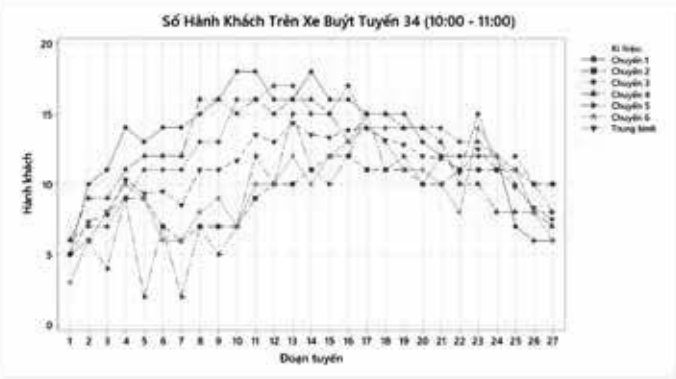
Hình 2. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 32 (giờ thấp điểm sáng)



Hình 3. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 32 (giờ cao điểm chiều)



Hình 4. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 34 (giờ cao điểm sáng)

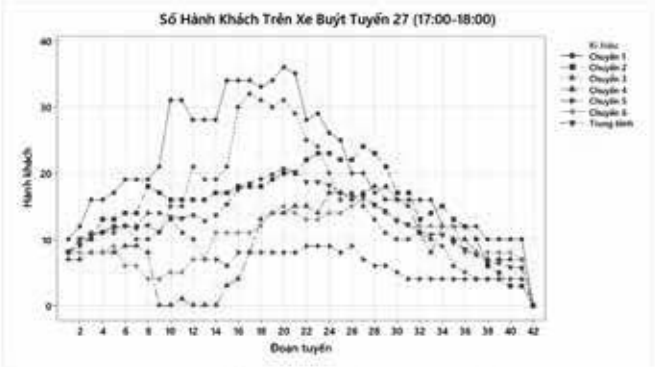


Hình 5. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 34 (giờ thấp điểm sáng)

Hình 6. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 34 (giờ cao điểm chiều)

Hình 7. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 27 (giờ cao điểm sáng)

Hình 8. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 27 (giờ thấp điểm sáng)



Hình 9. Chỉ số chất tải hành khách tuyến 27 (giờ cao điểm chiều)

Bảng 1. Chiều dài hành trình trung bình của hành khách (km) trên các tuyến buýt

Tuyến buýt	Thời gian	Chiều dài hành trình trung bình của hành khách (km)						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	Trung bình
	7h00-8h00	2,37	4,38	6,47	4,34	5,10	3,25	4,36
32	10h00-11h00	4,35	4,65	6,78	4,11	4,58	5,14	4,61
	17h00-18h00	4,22	3,45	5,45	5,15	3,91	3,86	4,06
	7h00-8h00	4,47	5,13	4,28	4,24	6,29	4,23	4,38
34	10h00-11h00	9,07	5,25	6,48	8,13	4,69	4,39	5,87
	17h00-18h00	9,62	5,81	6,43	5,61	7,95	4,12	6,12
	7h00-8h00	4,23	6,75	3,79	5,19	3,96	3,64	4,09
27	10h00-11h00	3,02	8,03	7,71	4,82	7,19	6,08	6,64
	17h00-18h00	7,32	8,33	6,40	4,33	6,48	8,26	6,90

Bảng 1 thể hiện chiều dài hành trình trung bình trên xe buýt của hành khách cho mỗi chuyến đi (T1, T2, T3, T4, T5, T6) và cho các khung giờ khác nhau (cao điểm sáng, thấp điểm sáng và cao điểm chiều) của 3 tuyến buýt tại Hà Nội. Kết quả đã chỉ ra, tuyến 27 có chiều dài hành trình trung bình của hành khách (khoảng 6 km) cao hơn so với hai tuyến buýt còn lại (khoảng 5,3 km cho tuyến 34 và 4,3 km cho tuyến 27). Đối với khung giờ cao điểm sáng, cả 3 tuyến đều có chiều dài hành trình trung bình của hành khách (L_{pt}) từ 4,1 - 4,3 km. Khung giờ cao điểm chiều cho thấy L_{pt} là khoảng 4,1 km cho tuyến 32, lần lượt 6,1 km và 6,9 km cho hai tuyến 34 và 27. Đối với khung giờ thấp điểm sáng, L_{pt} là khoảng 4,6 km cho tuyến 32 và lần lượt 5,9 km và 6,6 km cho hai tuyến 34 và 27.

Như vậy, kết quả khảo sát tại Hà Nội cho thấy chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên xe buýt phụ thuộc rất nhiều vào nhu cầu sử dụng dịch vụ xe buýt của người dân. Vì vậy, nó thay đổi đáng kể theo các tuyến buýt khác nhau và theo các khung giờ khác nhau trong ngày.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này đã khảo sát và xác định chiều dài hành trình trung bình của hành khách trên xe buýt cho các tuyến xe buýt chính tại TP Hà Nội (gồm tuyến 32, 34 và 27) vào ba khung giờ khác nhau trong một ngày làm việc trong tuần (giờ cao điểm sáng, chiều và giờ thấp điểm sáng). Các kết quả đạt được góp phần cung cấp thêm cho những nhà quản lý và điều hành GTCC tại Hà Nội và các đô thị khác tại Việt Nam những thông tin hữu ích để xác định mức phục vụ của dịnh vụ xe buýt trong dòng xe hỗn hợp, từ đó đề ra những những giải pháp phù hợp nhằm cải thiện chất lượng phục vụ của xe buýt tại các đô thị. Các nghiên cứu tiếp theo cần khảo sát và phân tích mẫu với nhiều tuyến và khung giờ hoạt động hơn để có được kết quả đầy đủ và toàn diện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Khắc Dương, Mai Hải Đăng (2020), Đánh giá mức phục vụ của xe buýt trong dòng giao thông hỗn hợp tại Hà Nội, Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 11.

[2]. Nguyễn Thanh Hải, Trần Khắc Dương (2021), Đánh giá khả năng thông qua của điểm dừng xe buýt trên các trục đường chính của Hà Nội, Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 10.

[3]. Trần Khắc Dương, Đỗ Quốc Cường (2023), Khảo sát và đánh giá mức phục vụ của một số tuyến xe buýt chính tại Hà Nội theo tiêu chuẩn độ tin cậy của dịch vụ, Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 12.

[4]. Bunker, J. (2013), High-Load Transit Line Passenger Transmission and Productiveness Efficiencies. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (2351), 85-94.

[5]. Bunker, J. (2015), Transit route occupancy load factor and passenger average travel time for quality of service assessment, In Transportation Research Board (TRB) 94th Annual Meeting Compendium of Papers, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, United States of America, pp.1-16.

[6]. Ryus, P., et al. (2013), Transit Capacity and Quality of Service Manual, Washington, DC.

[7]. Alsger, A., Tavassoli, A., Mesbah, M., Ferreira, L., & Hickman, M. (2018), Public transport trip purpose inference using smart card fare data, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 87, 123-137. doi:10.1016/j.trc.2017.12.016.

[8]. Tran, K.-D. (2019), Network Data Envelopment Analysis (NDEA)-Based Bus Route Performance Measurement: A Pilot Study, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 13, 1469-1484. doi:10.11175/easts.13.1469.

[9]. Bùi Xuân Cậy, Đặng Minh Tân, Bùi Tuấn Anh (2016), Đường đô thị và tổ chức giao thông, NXB. Giao thông vận tải, Hà Nội.

[10]. Đỗ Quốc Cường (2015), Kỹ thuật giao thông, NXB. Giao thông vận tải, Hà Nội.

■Ngày nhận bài: 21/11/2025 ■Ngày sửa bài: 01/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/12/2025

Nâng cao an toàn và hiệu quả sử dụng phương tiện giao thông của học sinh, sinh viên Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V: Thực trạng và giải pháp

Enhancing the safety and efficiency of students' use of Transportation Modes at Central Transport college v: Current situation and proposed solutions

> TS NGUYỄN VĂN TƯƠI*, THS MÃ VĂN LỘC, THS TRẦN THỊ MAI LÊ, THS BÙI THỊ HƯƠNG LAN
Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V
*Email: tuoinguyen79@gmail.com

TÓM TẮT

Tai nạn giao thông (TNGT) là nguyên nhân hàng đầu gây tử vong ở thanh thiếu niên Việt Nam, trong đó học sinh, sinh viên (HSSV) chiếm tỷ lệ cao. Nghiên cứu đánh giá việc sử dụng phương tiện của HSSV Trường Cao đẳng Giao thông vận Trung ương V và đề xuất giải pháp nâng cao an toàn đi lại. Khảo sát 1.000 HSSV bằng bảng hỏi và quan sát, phỏng vấn định tính. Kết quả, có trên 75% HSSV dùng xe cá nhân, một bộ phận thiếu kiến thức an toàn giao thông (ATGT). Hành vi tham gia giao thông của HSSV chịu tác động bởi tính tiện lợi, hạ tầng, kinh tế, xử phạt, ý thức. Nghiên cứu đề xuất 24 giải pháp cho HSSV, nhà trường, cơ quan quản lý nhằm tăng tuân thủ luật, quản lý phương tiện và bảo đảm giao thông học đường an toàn.

Từ khóa: An toàn giao thông; học sinh sinh viên; phương tiện cá nhân; phương tiện công cộng; giáo dục an toàn giao thông.

ABSTRACT

Traffic accidents were the leading cause of death among adolescents in Vietnam, with high proportions observed in students. This study assessed the travel modes used by students of Central Transport College V and proposed solutions to improve travel safety. A survey of 1,000 students was conducted using questionnaires, direct observations and qualitative interviews. The results showed that over 75% of students used private vehicles and a subset of them lacked adequate road safety knowledge. Students' traffic behaviors were influenced by convenience, infrastructure, economic conditions, enforcement of penalties and individual awareness. The study proposed 24 solutions targeting students, the college and regulatory agencies in order to increase compliance with traffic laws, strengthen vehicle management and ensure safer traffic conditions in school zones.

Keywords: Traffic safety; students; personal vehicles; public transport; traffic safety education.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TNGT vẫn là vấn đề đáng lo ngại với HSSV. Năm 2023, Việt Nam có khoảng 900 trẻ em tử vong do TNGT; trong 10 tháng đầu năm 2024 xảy ra 2.326 vụ liên quan đến trẻ em, làm 878 người chết và 2.266 người bị thương. Dù tình hình chung cải thiện, thanh thiếu niên vẫn chịu ảnh hưởng nặng, cho thấy sự cần thiết của việc tăng cường ATGT học đường.

Đa số HSSV hiện sử dụng phương tiện cá nhân (xe máy, xe đạp điện), tiềm ẩn nguy hiểm khi thiếu kỹ năng và ý thức chấp hành luật. Tình trạng điều khiển xe khi chưa đủ tuổi hoặc không có giấy phép vẫn phổ biến, trong khi giao thông công cộng kém hấp dẫn và hạ tầng quanh trường còn hạn chế, làm tăng nguy cơ TNGT.

Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước chỉ ra hành vi lựa chọn phương tiện của người trẻ phụ thuộc vào thu nhập, khoảng cách, sự tiện lợi, thói quen xã hội và chính sách giao thông. Tuy nhiên, mỗi cơ sở giáo dục có đặc thù riêng, đòi hỏi khảo sát cụ thể để đề xuất giải pháp phù hợp.

Tại Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V, phần lớn HSSV tự túc đi lại bằng xe máy, xe đạp điện; tình trạng ùn tắc trước cổng trường và các vi phạm như không đội mũ bảo hiểm, vượt đèn đỏ còn diễn ra. Bài báo nhằm đánh giá thực trạng, xác định các yếu tố ảnh hưởng đến lựa chọn phương tiện và đề xuất giải pháp nâng cao an toàn, giảm TNGT và cải thiện văn hóa giao thông cho HSSV.

2. NỘI DUNG

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng gồm phương pháp định tính kết hợp định lượng. Về định lượng, một cuộc khảo sát bằng phiếu hỏi được triển khai trực tuyến (Google Form) nhằm thu thập thông tin từ HSSV toàn trường. Phiếu khảo sát được thiết kế với các câu hỏi đóng và mở, tập trung vào: Loại phương tiện HSSV đang sử dụng, tần suất và thói quen sử dụng; nhận thức và thái độ về ATGT; những khó khăn thường gặp khi tham gia giao thông; ý kiến về các giải pháp cải thiện. Để đảm bảo cỡ mẫu đủ lớn và tính đại diện, nhóm đã sử dụng công thức tính cỡ mẫu Cochran, với mức độ tin cậy 95% và sai số cho phép 5%. Kết quả tính toán cho thấy cỡ mẫu yêu cầu tối thiểu ~385, tuy nhiên nhóm đã thu thập được 1.000 phiếu khảo sát hợp lệ, vượt xa ngưỡng này, nhờ đó độ tin cậy và khả năng khái quát của kết quả được đảm bảo. Mẫu được chọn ngẫu nhiên từ các khóa tuyển sinh năm 2022, 2023, 2024 trình độ cao đẳng và trung cấp, bao gồm cả nam và nữ (Bảng 1), nhằm phản ánh đa dạng đối tượng. Dữ liệu thu thập sau đó được làm sạch và phân tích bằng phần mềm Microsoft Excel.

Bảng 1. Thống kê số lượng HSSV tham gia khảo sát theo khóa học

STT	Khóa học	Trình độ đào tạo	Số lượng	Tỷ lệ (%)
1	TC22 (2022-2023)	Trung cấp	120	12,0%
2	TC23 (2023-2024)	Trung cấp	180	18,0%
3	TC24 (2024-2025)	Trung cấp	169	16,9%
4	CĐ22 (2022-2025)	Cao đẳng	167	16,7%
5	CĐ23 (2023-2026)	Cao đẳng	173	17,3%
6	CĐ24 (2024-2027)	Cao đẳng	191	19,1%
Tổng cộng			**1.000**	**100%**

Bên cạnh khảo sát HSSV, nhóm thực hiện phỏng vấn 5 chuyên gia (quản lý giáo dục, cán bộ đoàn, chuyên gia và cảnh sát giao thông) nhằm thu thập đánh giá độc lập và bổ sung góc nhìn thực tiễn, bảo đảm sự phù hợp của các giải pháp với chính sách hiện hành. Sau khi hoàn thiện danh mục giải pháp, nhóm khảo nghiệm tính khả thi bằng phiếu đánh giá gồm 5 tiêu chí: (1) Hiệu quả, (2) Chi phí, (3) Nguồn lực, (4) Khả năng duy trì, (5) Mức độ chấp nhận của HSSV. Phiếu khảo nghiệm được gửi cho 30 sinh viên đại diện và 10 cán bộ. Kết quả cho thấy đa số giải pháp đạt điểm khả thi cao (trung bình ≥3,5/5). Đặc biệt, các giải pháp tuyên truyền giáo dục (HS1), khuyến khích đi xe buýt (HS4), quản lý bãi xe và xử lý vi phạm (HS7, NT3) cũng như tăng cường phương tiện công cộng (CQ3) được đánh giá cao nhất, với điểm trung bình ≥4,0.

2.2. Kết quả khảo sát thực trạng

2.2.1. Đặc điểm phương tiện và thói quen đi lại của HSSV

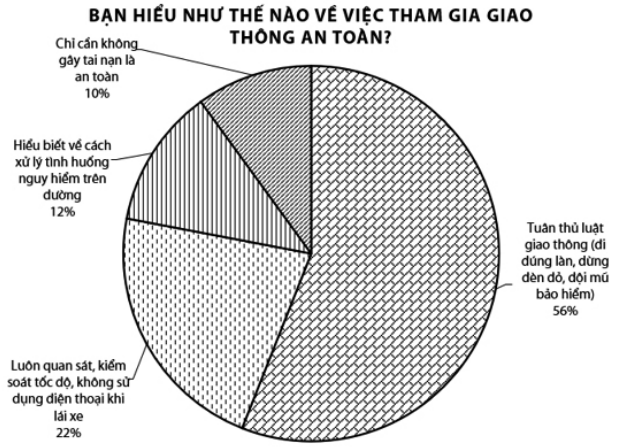
Bảng 2. Thống kê các phương tiện giao thông HSSV sử dụng theo khảo sát (N = 1.000)

Phương tiện	Số lượng HSSV	Tỷ lệ (%)
Xe mô tô (xe máy >50cc)	283	28,3%
Xe gắn máy (xe máy <50cc)	381	38,1%
Xe máy điện	61	6,1%
Xe đạp điện	54	5,4%
Xe đạp	57	5,7%
Phương tiện công cộng (xe buýt)	50	5,0%
Khác (đi bộ, được chở…)	114	11,4%

Bảng 2 cho thấy phương tiện cá nhân vẫn chiếm ưu thế: 66,4% HSSV dùng xe gắn máy hoặc xe mô tô (38,1% xe dưới 50cc và 28,3% xe trên 50cc). Nhóm phương tiện chạy điện chiếm 11,5%; chỉ 5,0% thường xuyên đi xe buýt và 11,4% chọn đi bộ hoặc dùng Grab. Điều này phản ánh xu hướng ưa chuộng sự chủ động của xe cá nhân, trong khi xe buýt chưa hấp dẫn. Xu hướng này tương đồng với giới trẻ nói chung nhưng kéo theo rủi ro tai nạn, chi phí cao và áp lực giao thông.

2.2.2. Nhận thức của HSSV về ATGT

Hình 1 cho thấy HSSV nhận thức tốt về ATGT. 56% xem an toàn là tuân thủ Luật Giao thông đường bộ (đi đúng làn, dừng đèn đỏ, đội mũ bảo hiểm); 22% nhấn mạnh quan sát, kiểm soát tốc độ, không dùng điện thoại khi lái xe, chứng tỏ đa số nắm yêu cầu cơ bản để bảo vệ bản thân và cộng đồng. Tuy nhiên, chỉ 12% biết xử lý tình huống nguy hiểm (phanh khi gặp chướng ngại, tránh điểm mù xe lớn…), cho thấy kỹ năng thực hành còn hạn chế, cần được bồi dưỡng qua đào tạo, tập huấn. 10% cho rằng "chỉ cần không gây tai nạn là đủ", ít chú ý đội mũ đạt chuẩn, bảo dưỡng xe…, thể hiện sự chủ quan. Môi trường xung quanh cũng tác động: Dễ ảnh hưởng tiêu cực từ bạn bè, trong khi gia đình gương mẫu giúp các em tuân thủ tốt hơn.



Hình 1. Nhận thức của HSSV về ATGT theo mức độ

2.2.3. Khó khăn khi tham gia giao thông

Bảng 3 cho thấy HSSV phản ánh nhiều khó khăn cả chủ quan lẫn khách quan. Nổi bật, 40% cho rằng ùn tắc giờ cao điểm là trở ngại lớn nhất: Khu vực cổng trường thường xuyên kẹt xe do đường hẹp, lưu lượng lớn, làm tăng thời gian di chuyển và gây căng thẳng. Khoảng 18% nêu chất lượng đường sá kém (hẹp, xuống cấp, nhiều ổ gà), thiếu vạch sang đường, đèn tín hiệu chưa hợp lý, khiến nguy

cơ va chạm tăng. Thêm 16% bức xúc về ý thức kém của người tham gia giao thông (vượt đèn đỏ, lấn làn, chạy nhanh…), tạo môi trường giao thông khó kiểm soát và gây bất an cho sinh viên. Bên cạnh đó, 14% cho rằng phương tiện công cộng chưa đáp ứng nhu cầu: Ít tuyến, giờ giấc chưa phù hợp, trạm dừng xa trường, khiến nhiều em dù muốn cũng khó đi xe buýt, buộc dùng xe cá nhân. Khoảng 12% lo ngại nguy cơ tai nạn khi đi lại ban đêm trên đường vắng.

Bảng 3. Khó khăn khi tham gia giao thông của HSSV (N = 1000)

TT	Khó khăn thường gặp khi tham gia giao thông hằng ngày	Số HSSV	Tỷ lệ (%)
01	Ùn tắc giao thông vào giờ cao điểm	400	40
02	Tình trạng đường sá hẹp, xuống cấp, có nhiều ổ gà	180	18
03	Ý thức kém của người tham gia giao thông (vượt đèn đỏ, lấn làn, chạy quá tốc độ)	160	16
04	PTGT công cộng chưa đáp ứng đủ nhu cầu đi lại (thiếu tuyến phù hợp, thời gian chờ lâu)	140	14
05	Nguy cơ TNGT và va chạm khi di chuyển, đặc biệt là vào ban đêm hoặc trên các tuyến đường nguy hiểm	120	12

2.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi tham gia giao thông của HSSV

Bảng 4. Các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi tham gia giao thông của HSSV (N = 1.000)

TT	Các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi tham gia giao thông của HSSV	Số HSSV	Tỷ lệ (%)
01	Tính tiện lợi	180	18
02	Cơ sở hạ tầng giao thông (chất lượng đường sá, hệ thống tín hiệu, làn đường)	150	15
03	Yếu tố kinh tế, trong đó tài chính cá nhân quyết định phương tiện họ sử dụng	120	12
04	Mức độ xử phạt vi phạm giao thông	100	10
05	Yếu tố an toàn	100	10
06	Ý thức cá nhân trong việc chấp hành luật giao thông	90	9
07	Thói quen của người xung quanh (gia đình và bạn bè)	70	7
08	Các chiến dịch tuyên truyền	60	6
09	Nhận thức về môi trường	50	5

Theo Bảng 4, tính tiện lợi là yếu tố chi phối mạnh nhất: 18% HSSV xem đây là tiêu chí quan trọng nhất khi chọn cách đi lại, nên ưu tiên xe máy nhờ linh hoạt và tiết kiệm thời gian hơn so với xe buýt. Cơ sở hạ tầng giao thông đứng thứ hai (15%); đường xấu, thiếu làn xe đạp hay tuyến buýt thuận tiện khiến sinh viên hạn chế đi xe đạp và buộc dùng xe máy. Yếu tố kinh tế xếp thứ ba (12%): Sinh viên khá giả thường sở hữu xe máy, trong khi người có điều kiện hạn chế chọn xe đạp hoặc phương tiện công cộng. Mức xử phạt và độ an toàn phương tiện đều đạt 10%, phản ánh nhu cầu chế tài nghiêm để nâng cao ý thức và xu hướng chọn phương tiện cảm thấy an toàn hơn. Ý thức cá nhân chiếm 9%, ảnh hưởng gia đình - bạn bè 7%, trong khi tuyên truyền ATGT (6%) và nhận thức môi trường (5%) là các yếu tố ít được ưu tiên nhất.

3. GIẢI PHÁP NÂNG CAO AN TOÀN, HIỆU QUẢ SỬ DỤNG PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG CỦA HSSV

Dựa trên phân tích thực trạng và các yếu tố ảnh hưởng, nhóm nghiên cứu đề xuất 24 giải pháp nâng cao an toàn và hiệu quả sử dụng phương tiện giao thông cho HSSV. Các giải pháp được chia thành 3 nhóm: (1) Dành cho HSSV; (2) dành cho nhà trường; (3) dành cho cơ quan quản lý nhà nước. Ba nhóm giải pháp này bổ trợ lẫn nhau, tạo thành hệ thống đồng bộ nhằm xây dựng môi trường giao thông học đường an toàn, văn minh và bền vững.

3.1. Nhóm giải pháp đối với HSSV

Các giải pháp cho HSSV tập trung vào việc nâng cao nhận thức, kỹ năng và tạo động lực để các em tự giác chấp hành luật lệ, lựa chọn phương tiện an toàn hơn. Cụ thể, nhóm nghiên cứu đề xuất 3 mảng giải pháp chính cho HSSV như sau:

3.1.1. Nâng cao ý thức và kỹ năng tham gia giao thông

Mục tiêu của mảng giải pháp này là hình thành thói quen văn hóa giao thông cho HSSV. Trước hết, nhà trường phối hợp với cảnh sát giao thông, chuyên gia ATGT tổ chức thường xuyên tập huấn, hội thảo về ATGT (HS1). Nội dung gồm: Phổ biến quy định pháp luật cơ bản, hướng dẫn kỹ năng lái xe an toàn, xử lý tình huống khẩn cấp, phân tích lỗi vi phạm thường gặp ở sinh viên. Đây là giải pháp chi phí thấp, hiệu quả cao, giúp trang bị kiến thức và kỹ năng thực tiễn. Tiếp đó, lồng ghép giáo dục ATGT vào chương trình chính khóa hoặc hoạt động kỹ năng sống (HS2) để mọi HSSV được học một cách hệ thống, bền vững; đồng thời, phát động phong trào HSSV gương mẫu tham gia giao thông (HS3), ký cam kết không vi phạm, định kỳ xếp loại "HSSV văn hóa giao thông", gắn với điểm rèn luyện, khen thưởng, nhắc nhở, qua đó thúc đẩy tinh thần tự giác vì danh dự cá nhân và tập thể.

3.1.2. Định hướng sử dụng phương tiện an toàn, thân thiện

Bên cạnh giáo dục ý thức, hỗ trợ HSSV đi lại an toàn, bền vững; khuyến khích dùng phương tiện công cộng (HS4) khi nhà trường phối hợp cơ quan vận tải cung cấp thông tin lộ trình, lịch, giá vé xe buýt và truyền thông lợi ích tiết kiệm chi phí, giảm ùn tắc, lồng ghép vào "Đi xe buýt - giảm ô nhiễm, giảm kẹt xe"; quảng bá phương tiện xanh như xe đạp, xe đạp điện (HS5); Đoàn Thanh niên tổ chức thi poster, video chủ đề "Giao thông xanh - sạch - đẹp" nâng cao nhận thức biến đổi khí hậu, tiết kiệm nhiên liệu. Cuối cùng, kiến nghị Thành phố hoặc doanh nghiệp vận tải ưu đãi HSSV đi xe buýt (HS6): Giảm vé tháng, hỗ trợ chi phí sinh viên ngoại trú, khuyến khích các em chuyển sang phương tiện công cộng.

3.1.3. Kiểm soát và quản lý việc sử dụng phương tiện cá nhân

Dù cần khuyến khích phương tiện thay thế, hiện nay HSSV vẫn chủ yếu dùng xe máy, xe máy điện, nên nhà trường cần quản lý để bảo đảm an toàn trong khuôn viên. Trước hết, cần quy định bắt buộc đăng ký xe với HSSV đi xe đến trường (HS7); mỗi sinh viên khai báo biển số, thông tin xe và đăng ký bãi gửi mỗi học kỳ. Dữ liệu này giúp nhà trường nắm số lượng phương tiện để bố trí bãi xe, tổ chức giao thông nội bộ; có thể quản lý bằng thẻ sinh viên, đồng thời phải xử lý nghiêm hành vi lái xe không an toàn (HS8). Nhà trường lắp camera, khi phát hiện sinh viên lạng lách, không đội mũ bảo hiểm, chở quá người… sẽ áp dụng kỷ luật phù hợp. Quy chế dựa trên quyền hạn theo thông tư hiện hành, cho phép xử lý vi phạm ngoài trường nếu ảnh hưởng uy tín. Song song xử phạt, cần tuyên dương sinh viên chấp hành tốt để lan tỏa tích cực, góp phần xây dựng môi trường giao thông lành mạnh.

3.2. Nhóm giải pháp đối với nhà trường

Nhà trường giữ vai trò nòng cốt trong việc tổ chức, quản lý hoạt động giao thông của HSSV. Do vậy, nhóm giải pháp thứ hai tập trung vào các biện pháp trong phạm vi trường mà Ban Giám hiệu và các phòng, ban chức năng có thể chủ động triển khai. Có 10 giải

pháp cụ thể (mã NT1-NT10) được đề xuất cho nhà trường, có thể phân thành các nhóm nhỏ sau:

3.2.1. Hoàn thiện quy định và bộ máy quản lý ATGT nội bộ

Nhà trường cần ban hành quy định nội bộ về ATGT đối với HSSV (NT1), nêu rõ hành vi bắt buộc (đội mũ bảo hiểm, đi đúng phần đường…), hành vi cấm (phóng nhanh, bấm còi to, chạy xe khi đông…) và hình thức xử lý vi phạm (theo HS8). Quy định này thể chế hóa yêu cầu ATGT, nâng cao ý thức tuân thủ. Đồng thời, giao một đơn vị chuyên trách hoặc kiêm nhiệm (Phòng Công tác HSSV, Đoàn Thanh niên phối hợp bảo vệ) thường xuyên kiểm tra, nhắc nhở, bảo đảm giám sát.

3.2.2. Cải thiện hạ tầng và trang thiết bị giao thông trong trường

Hạ tầng giao thông nội bộ an toàn, thuận tiện giúp giảm rủi ro TNGT. Nhà trường cần rà soát, lắp đầy đủ biển báo, gờ giảm tốc, vạch kẻ và phân luồng giao thông trong khuôn viên (NT2); đồng thời mở rộng, bố trí hợp lý bãi đỗ xe cho sinh viên, bảo đảm trật tự, an toàn (NT3). Cần quy hoạch bãi xe riêng cho xe máy, xe đạp điện, sơn kẻ ô để xe và bố trí nhân viên hướng dẫn giờ cao điểm. Bên cạnh đó, tăng cường chiếu sáng, lắp camera trên các tuyến đường, bãi xe (NT4), phối hợp bảo vệ kiểm soát phương tiện ra vào, phân luồng giờ cao điểm và yêu cầu người lạ đi xe máy đăng ký (NT5).

3.2.3. Ứng dụng công nghệ vào quản lý giao thông

Với sự phát triển của công nghệ 4.0, nhà trường có thể triển khai hệ thống quản lý phương tiện thông minh (NT7). Ví dụ, phát hành thẻ RFID hoặc mã QR cho mỗi sinh viên để sử dụng khi gửi xe, giúp tự động ghi nhận thông tin xe ra/vào, đồng thời thống kê được số phương tiện theo ngày. Trường cũng có thể xây dựng một cổng thông tin trực tuyến để sinh viên đăng ký xe, tra cứu tình trạng bãi gửi xe (còn chỗ hay hết chỗ), từ đó chủ động kế hoạch đi lại; ứng dụng công nghệ không chỉ nâng cao hiệu quả quản lý mà còn tạo hình ảnh hiện đại, văn minh cho giao thông học đường.

3.2.4. Tăng cường phối hợp tuyên truyền và huấn luyện ATGT

Nhà trường nên hợp tác chặt chẽ với lực lượng CSGT địa phương để định kỳ tổ chức tuyên truyền luật và kỹ năng lái xe an toàn cho sinh viên ngay tại trường (NT8). Điều này giúp HSSV ý thức sâu sắc hơn về hậu quả vi phạm giao thông và tầm quan trọng của chấp hành luật. Ngoài ra, Đoàn trường có thể phối hợp với các hãng xe hoặc tổ chức xã hội triển khai buổi hướng dẫn kỹ thuật lái xe, bảo dưỡng xe cho HSSV. Đây cũng là một cách vừa huấn luyện kỹ năng, vừa gắn kết doanh nghiệp với hoạt động đào tạo của trường.

3.2.5. Đề xuất, kiến nghị cải thiện điều kiện giao thông bên ngoài

Dù ngoài phạm vi quản lý, giao thông quanh trường ảnh hưởng trực tiếp an toàn đi lại của HSSV. Nhà trường nên chủ động kiến nghị chính quyền cải thiện hạ tầng (NT9): Mở rộng đường trước cổng, bổ sung đèn tín hiệu, vạch qua đường cho người đi bộ, biển cảnh báo "khu vực trường học" để phương tiện giảm tốc. Nhiều nơi như Đà Nẵng, Huế đã làm "vùng trường học an toàn" hiệu quả. Đồng thời, trường có thể phối hợp Sở Xây dựng triển khai dự án thí điểm giao thông học đường (NT10).

3.3. Nhóm giải pháp đối với cơ quan quản lý nhà nước

Bên cạnh nỗ lực của HSSV và nhà trường, việc nâng cao an toàn và hiệu quả giao thông học đường cần sự hỗ trợ từ phía cơ quan quản lý nhà nước như Sở Xây dựng, chính quyền Thành phố và lực lượng công an giao thông. Do đó, nhóm giải pháp thứ ba tập trung vào những kiến nghị, chương trình ở tầm vĩ mô hơn, nhằm cải thiện điều kiện giao thông cho HSSV một cách bền vững. Có 6 giải pháp chính sách (mã CQ1-CQ6) được đề xuất, trong đó bao gồm:

3.3.1. Phát triển hệ thống giao thông công cộng và chia sẻ

Để giảm lệ thuộc xe cá nhân, thành phố cần phát triển PTCC (CQ1) bằng cách mở thêm tuyến buýt qua trường, điều chỉnh tần suất theo giờ học, nghiên cứu buýt điện mini trong bán kính 5 km và khuyến khích dịch vụ chia sẻ như xe đạp công cộng. Cơ quan quản lý cần cung cấp thông tin minh bạch cho HSSV (CQ2) qua ứng dụng tra cứu lịch trình, thời gian chờ, giá vé ưu đãi. Đồng thời, đầu tư PTCC an toàn, thân thiện môi trường (CQ3) với xe buýt mới, dây đai, lái xe văn minh, sử dụng điện.

3.3.2. Đảm bảo trật tự và ATGT quanh khu vực trường

Cơ quan chức năng cần tăng cường lực lượng điều tiết giao thông tại cổng trường giờ cao điểm (CQ4). Sự hiện diện của cảnh sát giao thông hoặc thanh niên xung kích giúp giảm ùn tắc, ngăn vi phạm. Thực tế cho thấy, khi có lực lượng túc trực, ý thức người đi đường tốt hơn và trật tự được giữ vững, đồng thời cần bổ sung biển báo, đèn tín hiệu gần trường (CQ5) và xử lý nghiêm lấn chiếm lòng, lề đường, vỉa hè quanh trường (CQ6).

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu thực trạng và phân tích định lượng, có thể rút ra một số kết luận chính sau: Thứ nhất, hành vi tham gia giao thông của HSSV còn đáng lo ngại do tỉ lệ sử dụng phương tiện cá nhân quá cao (72,5%) và tình trạng vi phạm luật như không đội mũ bảo hiểm, vượt đèn đỏ. Thứ hai, HSSV chịu ảnh hưởng của hạ tầng giao thông chưa đảm bảo và ùn tắc trước cổng trường. Thứ ba, hành vi giao thông chịu tác động bởi sự tiện lợi phương tiện, hạ tầng, điều kiện kinh tế, mức độ cưỡng chế luật và ý thức cá nhân cho thấy cần kết hợp giáo dục và chế tài để thay đổi hành vi.

Dựa trên các phát hiện nghiên cứu, nhóm nghiên cứu đề xuất 24 giải pháp toàn diện, chia làm ba nhóm: HSSV, nhà trường và cơ quan quản lý. Các giải pháp được xây dựng từ cơ sở lý luận, dữ liệu khảo sát và tham vấn chuyên gia, bảo đảm tính khả thi và phù hợp đặc điểm người học. Khảo nghiệm cho thấy, đa số giải pháp nhận được đồng thuận cao, đặc biệt nhóm tuyên truyền, giáo dục và cải thiện hạ tầng, phản ánh sự sẵn sàng tham gia của HSSV. Để triển khai hiệu quả, cần ưu tiên các biện pháp tuyên truyền (HS1-HS3), siết kỷ luật (HS7-HS8, NT1, NT6), cải thiện hạ tầng nhỏ (NT2-NT4), kết hợp với hỗ trợ điều tiết giao thông (CQ4-CQ6), đồng thời thúc đẩy sử dụng phương tiện công cộng và ứng dụng công nghệ (HS4-HS6, CQ1-CQ3, NT7). Sự phối hợp giữa HSSV - nhà trường - cơ quan quản lý quyết định thành công.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V trong Đề tài mã số 25ĐT-01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Công an (2024), Báo cáo tổng kết công tác đảm bảo ATGT năm 2024, Hà Nội: Văn phòng Bộ Công an.

[2]. Bộ Công an (2023), Báo cáo tổng kết công tác đảm bảo ATGT năm 2023, Hà Nội: Văn phòng Bộ Công an.

[3]. Li, S. & Zhao, P. (2015), Các yếu tố quyết định việc lựa chọn phương tiện đi lại của học sinh ở Bắc Kinh, Trung Quốc.

[4]. Mohammed, A.A. & Shakir, A.A. (2013), Các yếu tố ảnh hưởng đến sự ưa thích phương tiện đi lại của sinh viên (Malaysia) theo phương pháp logit.

[5]. Nguyễn Thị Hạnh và Hồ Quỳnh Trang (2015), Phân tích hành vi lựa chọn phương tiện đi lại của người dân đô thị Việt Nam: Nghiên cứu trường hợp TP.HCM và TP Cần Thơ.

[6]. Nguyễn Văn Hiếu (2020), Hành vi tham gia giao thông của học sinh phổ thông tại TP. HCM, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, (68), 45-52.

[7]. Trần Thị Hồng Nhung (2021), Giáo dục ATGT cho HSSV - từ nhận thức đến hành động, Tạp chí Giáo dục và Xã hội, (139), 30-36.

[8]. Ủy ban ATGT Quốc gia (2024), Thông tin thống kê về TNGT liên quan đến HSSV năm 2024, truy cập từ: antoangiaothong.gov.vn.

■Ngày nhận bài: 13/11/2025 ■Ngày sửa bài: 24/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 05/12/2025

Phân tích dòng bão hòa trong nút giao thông có đèn điều khiển tại TP Hà Nội

Analysis of saturation flow at signalized intersections in Ha Noi City

> PGS.TS HOÀNG QUỐC LONG
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: hoanglong@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo thảo luận về giá trị dòng xe bão hòa tại một nút giao thông có đèn điều khiển ở Thủ đô Hà Nội. Nghiên cứu giúp đánh giá hiệu quả của hệ thống điều khiển tín hiệu giao thông cũng như đưa ra các giải pháp giảm thiểu ùn tắc giao thông và tai nạn giao thông. Thiết kế các nút giao thông có tín hiệu giao thông phụ thuộc vào hệ số quy đổi xe con và giá trị dòng xe bão hòa. Tại Hà Nội, dòng giao thông mang tính không đồng nhất, với xe máy chiếm tỷ lệ lớn trong thành phần giao thông. Do đó, việc xem xét giá trị dòng xe bão hòa và hệ số quy đổi xe con là rất cần thiết để đánh giá năng lực thông hành của các nút giao thông có đèn điều khiển trong thực tế.

Từ khóa: Lưu lượng dòng xe bão hòa; hệ số quy đổi xe; nút giao thông có đèn điều khiển.

ABSTRACT

This paper discusses the saturation flow at signalized intersections in the capital city of Hanoi. It helps evaluate the efficiency of the traffic signal control system, as well as solutions for reducing traffic congestion and accidents. The design of signalized intersections depends on the passenger car unit and saturation flow. In Hanoi, traffic flow is heterogeneous, with motorcycles accounting for a large proportion of the traffic composition. Therefore, it is essential to consider saturation flow and passenger car unit to assess the capacity of signalized intersections.

Keywords: Saturation flow; passenger car unit; signalized intersection.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam nói chung và tại Thủ đô Hà Nội nói riêng, đặc điểm dòng giao thông trên mạng lưới đường trong đô thị là dòng giao thông hỗn hợp. Xe máy và các phương tiện thô sơ chiếm khoảng 70 - 85% thành phần dòng xe tại các nút giao thông có đèn điều khiển.

Theo [1] và một số nghiên cứu khác, dòng giao thông được giả định là đồng nhất và tuân thủ phân làn. Tuy nhiên, tại Hà Nội, phương tiện thường xuyên tận dụng khe hở bên để vượt lên đầu hàng và di chuyển ngay cả trong thời gian bão hòa của pha xanh. Do sự khác biệt cơ bản này, các mô hình tính toán hệ số quy đổi dòng xe và giá trị dòng bão hòa theo chuẩn các nước phát triển với dòng xe thuần nhất chưa phù hợp với điều kiện thực tế tại Hà Nội.

Thông số quan trọng nhất ảnh hưởng đến thiết kế và tính toán năng lực thông hành nút giao thông có đèn điều khiển là giá trị dòng bão hòa. Đây là yếu tố then chốt trong xác định năng lực và mức độ phục vụ (LOS) của nút giao thông.

Trong bài báo này, dòng giao thông thực tế được đo đếm và thu thập trực tiếp tại một nút giao để tính toán giá trị dòng bão hòa. Tuy nhiên, đây không phải là nút có tính đặc trưng, đại diện điển hình nhất cho các nút giao thông có đèn điều khiển tại Hà Nội hiện nay.

Hình 1. Hình ảnh dòng giao thông hỗn hợp tại các nút giao thông có đèn điều khiển tại Hà Nội

2. TÍNH TOÁN GIÁ TRỊ DÒNG BÃO HÒA TẠI NÚT GIAO NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Nút giao lựa chọn là nút Võ Chí Công - Xuân La, với bề rộng làn tiếp cận từ 13,99 m đến 22,43 m. Nút giao thông này có các yếu tố hình học tốt, độ dốc phù hợp, ít bị ảnh hưởng bởi người đi bộ, xe buýt dừng đỗ hay các vật cản khác, giúp giảm thiểu ảnh hưởng đến dòng xe vào - ra nút.

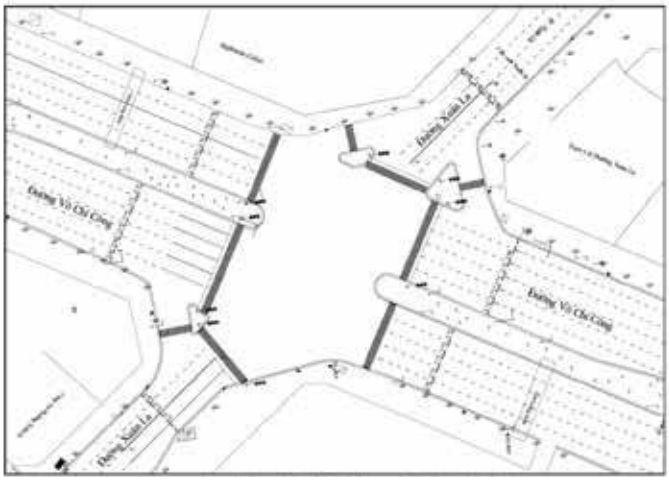
Các hướng tiếp cận tại nút đều đạt trạng thái bão hòa trong toàn bộ hoặc phần lớn thời gian xanh vào các giờ cao điểm.

2.2. Thu thập dữ liệu

Tại nút giao này, dữ liệu về dòng xe theo các hướng được thu thập bằng camera kỹ thuật số, vị trí bố trí camera sao cho bao quát toàn bộ các hướng vào, ra nút và ghi hình rõ ràng các làn xe tiếp cận. Hình ảnh của dòng giao thông được ghi lại trong các giờ cao điểm buổi sáng (từ 6h30 đến 8h00) và giờ cao điểm buổi tối (từ 17h00 đến 19h00) vào các ngày thứ Hai và thứ Sáu trong tuần, các tham số thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Hình học và các tham số nút nghiên cứu

Tên nút	Hướng tiếp cận	Tổng bề rộng làn (m)	Thời gian chu kỳ (s)	Thời gian đèn xanh	Thời gian đèn vàng	Thời gian đèn đỏ
Nút giao Võ Chí Công và Xuân La	Xuân La 1	14,52	157	90	3	64
	Võ Chí Công 1	21,81	157	90	3	64
	Xuân La 2	13,99	157	90	3	64
	Võ Chí Công 2	22,43	157	90	3	64



Hình 2. Hình học của nút giao giữa đường Võ Chí Công và đường Xuân La

2.3. Xác định hệ số quy đổi cho từng loại xe

Hệ số quy đổi dòng xe đổi phản ánh mức độ chiếm dụng không gian tương đối của một loại phương tiện so với xe con trong các điều kiện đường và giao thông nhất định. Hệ số quy đổi cho từng loại xe được tính trong điều kiện bão hòa theo công thức (1) [2]:

$$PCUi = \frac{Ai \times ti}{Ac \times tc} \quad (1)$$

Trong đó:

PCU_i - Hệ số quy đổi của loại xe I;

A_i, A_c - Diện tích chiếm dụng của loại xe i và xe con;

t_i, t_c - Thời gian thoát xe trung bình.

Qua các giá trị thu thập tại nút giao, tính toán được các giá trị hệ số quy đổi cho các loại phương tiện như trong Bảng 2.

Bảng 2. Giá trị hệ số quy đổi theo các loại hình phương tiện trong nút nghiên cứu

Loại phương tiện	Hệ số quy đổi
Xe tải nặng	5,75
Xe con	1,00
Xe máy	0,23
Xe thô sơ	0,12

2.4. Xác định dòng bão hòa trong nút

Dòng bão hòa S là số lượng phương tiện tối đa có thể qua nút trong một đơn vị thời gian xanh hiệu dụng, thường tính theo xe/giờ. S được xác định theo công thức (2) [2, 3]:

S = (PCU/Thời gian xanh hữu dụng) x 3.600 (2)

Trong đó:

S - Giá trị dòng bão hòa (xe/h).

Dựa trên số liệu khảo sát dòng xe tại nút giao Võ Chí Công - Xuân La, giá trị dòng bão hòa S được tính toán theo công thức (2) và các kết quả được trình bày trong Bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. Giá trị dòng bão hòa tại nút giao giữa đường Võ Chí Công và Xuân La

Tên nút giao	Hướng tiếp cận	Lưu lượng xe (xe/h)	Giá trị dòng bão hòa (xe/h)
Nút giao Võ Chí Công và Xuân La	Xuân La 1	4.409	29.393
	Võ Chí Công 1	1.315	8.766
	Xuân La 2	4.290	28.600
	Võ Chí Công 2	1.204	8.026

2.5. Phân tích dòng bão hòa cho một làn xe

Giá trị dòng bão hòa cho một làn xe đã được nhiều tác giả nghiên cứu và công bố, một số công bố được trình bày tại Bảng 4 [3].

Bảng 4. Giá trị dòng bão hòa của một số tác giả

Tác giả	Năm công bố	Điều kiện đường	Giá trị dòng bão hòa
Greenshilds B.D	1947	Một làn	1.714
Capelly D.S, Pinelle C	1961	Một làn	1.714
Webster F.V, Cobbe B.M	1966	Bề rộng làn tới nút giao 3,05м 3,66м 4,27м 4,88м	1.850 1.900 2.075 2.475
Castens R.L	1971	Một làn	1.714
King G.F, Wilkinson M	1976	Một làn	1.636

Branston D	1979	Một làn	1.750
Kimber	1986	Điều kiện lý tưởng	2.080
Tracz, Tarko	1991	Điều kiện lý tưởng	1.890
HCM 2010 [1]	2010	Điều kiện lý tưởng	1.900

Ngoài ra, một số quốc gia còn tính toán theo công thức thực nghiệm:

$$S = 525 * W \quad (3)$$

Trong đó:

S - Giá trị dòng bão hòa (xe/h);

W - Chiều rộng làn đường (m).

Kết quả tính toán theo công thức (3) cho thấy giá trị dòng bão hòa trung bình của một làn xe tại nút giao Võ Chí Công - Xuân La được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tính toán dòng bão hòa theo công thức (3)

Tên nút giao	**Hướng tiếp cận**	**Tổng bề rộng làn**	**Giá trị dòng bão hòa**
Nút giao giữa đường Võ Chí Công và Xuân La	Xuân La 1	14,52	7.623
	Võ Chí Công 1	21,81	11.450
	Xuân La 2	13,99	7.344
	Võ Chí Công 2	22,43	11.770

Nhận xét: Qua tính toán giá trị dòng bão hòa thực tế với công thức thực nghiệm cho thấy giá trị thực tế lớn hơn nhiều so với giá trị tính toán theo lý thuyết và từ đó cho thấy công thức thực nghiệm áp dụng tại một số nước không phù hợp với đặc điểm dòng xe tại Hà Nội.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích một nút giao có đèn điều khiển tại Hà Nội và kết quả cho thấy giá trị dòng bão hòa thu được từ khảo sát thực tế tại nút giao lớn hơn nhiều so với các giá trị công bố trong các nghiên cứu trước đây cũng như kết quả tính theo công thức thực nghiệm (3). Điều này cho thấy dòng bão hòa thực tế không phụ thuộc duy nhất vào bề rộng làn xe, do đó công thức thực nghiệm nói trên chưa phù hợp để áp dụng trong điều kiện Việt Nam.

Kết quả nghiên cứu thực địa bước đầu cũng chỉ ra rằng dòng bão hòa chịu ảnh hưởng mạnh bởi thành phần dòng giao thông trong nút. Khi tỷ lệ xe máy tăng, dòng bão hòa/mỗi mét bề rộng có xu hướng tăng nhờ khả năng lách khe và phân bố linh hoạt. Ngược lại, khi tỷ lệ ô tô tăng, dòng bão hòa giảm do cấu trúc dòng xe đồng nhất hơn và chiếm dụng không gian lớn hơn. Cần tiếp tục nghiên cứu thực tế tại các nút giao có tính điển hình đối với TP Hà Nội để phục vụ công tác tổ chức giao thông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Highway Capacity Manual (2010), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

[2]. Chandra, S. and Kumar (2006), Effect of Lane Width on Capacity Under Mixed Traffic Conditions in India, Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Civil Engineering, National University of Singapore.

[3]. Хоанг Куок Лонг (2008), Расчёт пропускной способности при проектировании пересечений со светофорным регулированием в условиях Вьетнама, Дис, MADI.

■Ngày nhận bài: 27/11/2025 ■Ngày sửa bài: 08/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/12/2025

Nghiên cứu ảnh hưởng của quản lý nhà nước đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam

The impact of state management on expressway investment and operation in Vietnam

> THS LÊ KHÁNH LINH[1,*], TS NGUYỄN MINH KHOA[2], PGS.TS ĐINH ĐĂNG QUANG[3]
[1]Công ty Cổ phần Đào tạo xây dựng và Phát triển Nguồn nhân lực Sáu
[2]Khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
[3]Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[*]Email: lekhanhlinh.gts@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm phân tích ảnh hưởng của quản lý nhà nước (QLNN) đối với hoạt động đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam. Trên cơ sở tổng hợp lý thuyết và các nghiên cứu liên quan, bài báo tập trung xem xét 4 nhóm nhân tố chính gồm: (i) Quy định pháp luật và chính sách hỗ trợ; (ii) Cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN; (iii) Năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ (iv) Quy hoạch và quản lý dự án. Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là kết hợp giữa nghiên cứu định tính và định lượng, trong đó dữ liệu định lượng được thu thập thông qua khảo sát 165 đối tượng là đại diện cơ quan QLNN, doanh nghiệp đầu tư xây dựng và các chuyên gia, nhà nghiên cứu. Kết quả thống kê mô tả cho thấy cả 4 nhóm nhân tố đều có ảnh hưởng đáng kể đến đầu tư và khai thác đường cao tốc, trong đó năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ được đánh giá cao nhất, trong khi cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN còn nhiều hạn chế. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, bài báo đề xuất một số hàm ý nhằm hoàn thiện thể chế, cải cách tổ chức bộ máy, nâng cao chất lượng công tác quy hoạch và quản lý dự án, góp phần nâng cao hiệu quả đầu tư, khai thác và phát triển bền vững hệ thống đường cao tốc tại Việt Nam.
Từ khóa: Quản lý nhà nước; đầu tư hạ tầng; khai thác đường cao tốc; quy hoạch và quản lý dự án; Việt Nam.

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of state management on expressway investment and operation in Vietnam. Based on a synthesis of theoretical foundations and related studies, the paper examines four main groups of factors: (i) Legal regulations and support policies; (ii) Organizational structure and state management models; (iii) Implementation capacity of state management officials and (iv) Planning and project management. The research adopts a mixed-method approach combining qualitative and quantitative methods, in which quantitative data are collected through a survey of 165 respondents, including representatives of state management agencies, investment and construction enterprises, as well as experts and researchers. The descriptive statistical results indicate that all four groups of factors have a significant influence on expressway investment and operation. Among them, the implementation capacity of state management officials is evaluated as the most influential factor, while limitations remain in organizational structure and state management models. Based on the findings, the paper proposes several implications for improving the legal framework, reforming state management organization and enhancing planning and project management, thereby contributing to improved investment efficiency, operational performance and sustainable development of the expressway system in Vietnam.
Keywords: State management; infrastructure investment; expressway operation; planning and project management; Vietnam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đầu tư xây dựng và khai thác hệ thống đường cao tốc giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong chiến lược phát triển kết cấu hạ tầng giao thông, góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, tăng cường liên kết vùng và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Trong hơn hai thập niên qua, Việt Nam đã dành nguồn lực rất lớn cho phát triển mạng lưới đường cao tốc, đặc biệt là trục cao tốc Bắc - Nam phía Đông, với mục tiêu hình thành khoảng 5.000 km đường cao tốc vào

năm 2030. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai cho thấy bên cạnh những kết quả đạt được, hoạt động đầu tư và khai thác đường cao tốc vẫn bộc lộ nhiều bất cập, nhất là các vấn đề liên quan đến chất lượng công trình, hiệu quả khai thác và an toàn giao thông, gây ra những hệ lụy nghiêm trọng về kinh tế - xã hội.

Một trong những nguyên nhân cốt lõi dẫn đến những hạn chế nêu trên xuất phát từ hiệu lực và hiệu quả của QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc. Thực tế cho thấy, quá trình quản lý còn tồn tại những vấn đề về tính đồng bộ của hệ thống pháp luật và chính sách hỗ trợ; sự chồng chéo, phân tán trong cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN giữa các cấp, các ngành, cũng như những hạn chế về năng lực chuyên môn, trách nhiệm và hiệu quả thực thi của đội ngũ cán bộ tham gia quản lý. Những bất cập này không chỉ ảnh hưởng đến chất lượng đầu tư xây dựng mà còn tác động trực tiếp đến công tác tổ chức khai thác và đảm bảo an toàn giao thông trên các tuyến cao tốc đang vận hành.

Xuất phát từ yêu cầu thực tiễn đó, bài báo tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam thông qua 3 nhóm nhân tố chính: (1) Hệ thống quy định pháp luật và chính sách hỗ trợ đối với đầu tư xây dựng và khai thác đường cao tốc; (2) Cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN trong lĩnh vực đường cao tốc; (3) Năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ QLNN và (4) Quy hoạch và quản lý dự án. Trên cơ sở phân tích các nhân tố này, bài báo nhằm làm rõ những tác động tích cực cũng như các hạn chế trong QLNN hiện nay, qua đó cung cấp luận cứ khoa học và thực tiễn cho việc đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả đầu tư, khai thác và bảo đảm an toàn giao thông trên hệ thống đường cao tốc ở Việt Nam trong thời gian tới.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC ĐỐI VỚI ĐẦU TƯ VÀ KHAI THÁC ĐƯỜNG CAO TỐC TẠI VIỆT NAM

2.1. Khái niệm và vai trò của QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc

QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc là quá trình Nhà nước sử dụng quyền lực công, thông qua hệ thống pháp luật, chính sách, bộ máy tổ chức và các công cụ quản lý, nhằm định hướng, điều tiết, kiểm soát và giám sát toàn bộ các hoạt động liên quan đến đầu tư xây dựng, vận hành, khai thác và bảo trì hệ thống đường cao tốc. Mục tiêu của QLNN không chỉ nhằm bảo đảm hiệu quả sử dụng nguồn lực đầu tư mà còn hướng tới an toàn giao thông, phát triển bền vững và lợi ích công cộng lâu dài.

Theo cách tiếp cận quản lý đầu tư công, QLNN đối với đầu tư hạ tầng giao thông nói chung được hiểu là tổng thể các hoạt động hoạch định chiến lược, xây dựng thể chế, tổ chức thực hiện, kiểm tra, giám sát và đánh giá của Nhà nước đối với quá trình đầu tư nhằm bảo đảm tính hiệu quả, minh bạch và phù hợp với mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội [1] (Phạm Văn Hùng, 2021). Đối với lĩnh vực đường cao tốc - loại hình hạ tầng có quy mô lớn, vốn đầu tư cao, vòng đời dài và mức độ ảnh hưởng xã hội sâu rộng - vai trò của QLNN càng trở nên đặc biệt quan trọng.

Ở giai đoạn khai thác, QLNN không chỉ dừng lại ở việc quản lý công trình như một tài sản kỹ thuật, mà còn bao hàm quản lý vận hành, bảo trì, tổ chức giao thông, bảo vệ hành lang an toàn đường bộ và cung cấp các dịch vụ công liên quan. Lê Hoài Linh (2020) [2] cho rằng quản lý khai thác công trình giao thông đường bộ là một hoạt động mang tính nghề nghiệp cao, đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa quản lý kỹ thuật, quản lý tổ chức vận hành và quản lý tài chính, dưới sự điều tiết thống nhất của Nhà nước nhằm bảo đảm an toàn và hiệu quả khai thác công trình.

2.2. Khung lý thuyết nghiên cứu QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc

Trên cơ sở các tiếp cận lý thuyết nêu trên, QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc có thể được tiếp cận như một hệ thống gồm các yếu tố đầu vào (thể chế, nguồn lực, bộ máy, con người), quá trình quản lý (lập kế hoạch, tổ chức thực hiện, giám sát - kiểm soát) và đầu ra (hiệu quả đầu tư, hiệu quả khai thác, an toàn giao thông và lợi ích kinh tế - xã hội). Cách tiếp cận này cho phép đánh giá toàn diện vai trò và mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố QLNN trong suốt vòng đời dự án đường cao tốc, làm cơ sở cho các phân tích thực trạng và đề xuất giải pháp ở các phần tiếp theo của bài báo.

2.3. Các nhân tố lý thuyết ảnh hưởng đến QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc

Từ tổng quan lý thuyết và các nghiên cứu liên quan, có thể nhận diện một số nhóm nhân tố chủ yếu ảnh hưởng đến hiệu quả QLNN trong đầu tư và khai thác đường cao tốc.

Hệ thống pháp luật và chính sách hỗ trợ: Pháp luật đóng vai trò là công cụ điều chỉnh trực tiếp hành vi của các chủ thể tham gia đầu tư và khai thác [3]. Các chính sách về đầu tư công, PPP, bảo trì công trình, thu phí và bảo đảm an toàn giao thông nếu thiếu tính đồng bộ hoặc thường xuyên thay đổi sẽ làm giảm hiệu lực QLNN và gia tăng chi phí tuân thủ. Nghiên cứu của [1] Phạm Văn Hùng (2021) cho thấy cải cách thể chế là điều kiện tiên quyết để nâng cao hiệu quả QLNN về đầu tư tại Việt Nam.

Cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN: Bộ máy QLNN hiệu quả cần bảo đảm sự rõ ràng về chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn, đồng thời có cơ chế phối hợp liên ngành và liên cấp hợp lý. Trong bối cảnh phát triển bền vững, nghiên cứu của [2] Nguyễn Bảo Trân (2025) cũng chỉ ra rằng năng lực điều phối chính sách và quản lý liên ngành là yếu tố then chốt quyết định hiệu quả QLNN trong các lĩnh vực có tính chất phức hợp như xây dựng và hạ tầng.

Quy hoạch và quản lý dự án là nhân tố có ảnh hưởng quan trọng đến hiệu quả QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc, bởi đây là cầu nối giữa định hướng phát triển hạ tầng ở tầm vĩ mô và hoạt động triển khai dự án cụ thể trong thực tiễn [4]. Quy hoạch phát triển mạng lưới đường cao tốc có vai trò định hướng phân bổ nguồn lực, xác định thứ tự ưu tiên đầu tư, bảo đảm tính đồng bộ, liên kết vùng và phù hợp với chiến lược phát triển kinh tế - xã hội quốc gia [5]. Trong đó, quy hoạch các mỏ vật liệu xây dựng và quy hoạch sử dụng rừng giữ vai trò đặc biệt quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ, chi phí đầu tư và tính bền vững của các dự án đường cao tốc. Việc thiếu đồng bộ giữa quy hoạch giao thông với quy hoạch mỏ vật liệu có thể dẫn đến tình trạng khan hiếm nguồn cung, gia tăng chi phí vận chuyển và kéo dài thời gian thi công, trong khi các vướng mắc liên quan đến quy hoạch và chuyển đổi mục đích sử dụng rừng thường gây chậm trễ trong công tác giải phóng mặt bằng và triển khai dự án [5].

Năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ QLNN: Năng lực này bao gồm trình độ chuyên môn, kinh nghiệm thực tiễn, đạo đức công vụ và trách nhiệm nghề nghiệp. Theo [4] Lê Hoài Linh (2020), quản lý khai thác công trình giao thông đường bộ chỉ thật sự hiệu quả khi đội ngũ cán bộ được đào tạo bài bản, có khả năng áp dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật và phương thức quản lý hiện đại trong thực tiễn vận hành.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện theo cách tiếp cận kết hợp giữa nghiên cứu định tính và nghiên cứu định lượng nhằm bảo đảm tính toàn diện và độ tin cậy của kết quả. Trong đó, nghiên cứu định tính được sử dụng để xác định các nhân tố QLNN ảnh hưởng đến đầu tư và khai thác đường cao tốc, làm cơ sở xây dựng mô hình nghiên cứu và thiết kế bảng khảo sát. Nghiên cứu định lượng được sử dụng để đo lường mức độ ảnh hưởng của các nhân tố này thông qua khảo sát ý kiến của các nhóm đối tượng có liên quan trực tiếp đến hoạt động đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam. Kết quả khảo sát cho thấy, có 165 phiếu hợp lệ, trong đó đại diện cơ quan QLNN chiếm 40,0% (66 người), doanh nghiệp đầu tư xây dựng chiếm 30,3% (50 người) và chuyên gia, nhà nghiên cứu chiếm 29,7% (49

người) tham gia trả lời. Cơ cấu mẫu phản ánh tương đối cân bằng các nhóm chủ thể liên quan đến đầu tư và khai thác đường cao tốc.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả thống kê mô tả cho thấy các thang đo đều có giá trị trung bình lớn hơn 3,0, phản ánh đánh giá ở mức trung bình khá của người trả lời. Trong 3 nhân tố nghiên cứu, năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ có điểm trung bình cao nhất (Mean = 3,56), cho thấy yếu tố con người được đánh giá tích cực hơn so với các khía cạnh quản lý khác. Quy định pháp luật và chính sách hỗ trợ đạt điểm trung bình 3,40, phản ánh hệ thống pháp lý đã có cải thiện nhưng vẫn còn những hạn chế nhất định. Cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN có điểm trung bình thấp nhất (Mean = 3,37), cho thấy đây là lĩnh vực còn nhiều dư địa cải cách.

Bảng 1. Thống kê mô tả các thang đo nghiên cứu (n = 165)

STT	Biến quan sát	Mean	SD
I	Quy định pháp luật và chính sách hỗ trợ		
1	Tính đồng bộ và thực tế của hệ thống pháp luật	3,42	0,78
2	Minh bạch và ổn định của các quy định pháp luật	3,55	0,74
3	Chính sách khuyến khích và hỗ trợ đầu tư	3,28	0,81
4	Quy định về giám sát, trách nhiệm và quyền hạn	3,36	0,77
Giá trị trung bình nhân tố		3,40	0,63
II	Cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN		
1	Trình độ chuyên môn, kỹ năng và kinh nghiệm	3,68	0,70
2	Trách nhiệm, đạo đức nghề nghiệp, xử lý tình huống	3,54	0,73
3	Khả năng thích ứng và đào tạo nâng cao năng lực	3,46	0,75
Giá trị trung bình nhân tố		3,56	0,61
III	Năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ		
1	Trình độ chuyên môn, kỹ năng và kinh nghiệm	3,68	0,70
2	Trách nhiệm, đạo đức nghề nghiệp, xử lý tình huống	3,54	0,73
3	Khả năng thích ứng và đào tạo nâng cao năng lực	3,46	0,75
Giá trị trung bình nhân tố		3,56	0,61
IV	Quy hoạch và quản lý dự án		
1	Tính đồng bộ trong quy hoạch hệ thống giao thông, kết nối với các tuyến đường và phương tiện khác	3,47	0,76
2	Quy trình lập và phê duyệt dự án rõ ràng, bao gồm đánh giá tác động môi trường, kinh tế và xã hội	3,39	0,79
3	Cơ chế phối hợp giữa các bên liên quan trong lập kế hoạch và triển khai dự án	3,33	0,82
Giá trị trung bình nhân tố		3,40	0,66

Nguồn: Tính toán của tác giả từ số liệu khảo sát

Kết quả tại Bảng 1 cho thấy, cả 4 nhân tố nghiên cứu đều có giá trị trung bình lớn hơn mức trung lập (3,0), phản ánh nhận định chung rằng các yếu tố QLNN có ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam. Điều này khẳng định vai trò trung tâm của QLNN trong toàn bộ vòng đời các dự án đường cao tốc.

Trong số các nhân tố, năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ có điểm trung bình cao nhất (Mean = 3,56), cho thấy yếu tố con người được đánh giá là nhân tố then chốt quyết định hiệu quả QLNN. Kết quả này phản ánh những cải thiện nhất định về trình độ chuyên môn, kỹ năng và kinh nghiệm của đội ngũ cán bộ, đồng thời nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tiếp tục đầu tư cho đào tạo và nâng cao năng lực thực thi trong bối cảnh yêu cầu quản lý ngày càng phức tạp.

Nhân tố quy định pháp luật và chính sách hỗ trợ có điểm trung bình đạt 3,40, phản ánh hệ thống pháp luật và chính sách đã từng bước được hoàn thiện và tạo khung khổ tương đối rõ ràng cho hoạt động đầu tư và khai thác đường cao tốc. Tuy nhiên, mức điểm này cũng cho thấy vẫn còn tồn tại những hạn chế về tính đồng bộ, ổn định của chính sách và hiệu quả triển khai trong thực tiễn.

Đối với nhân tố quy hoạch và quản lý dự án, giá trị trung bình đạt 3,40, tương đương với nhân tố PL. Kết quả này cho thấy công tác quy hoạch và quản lý dự án đã có những cải thiện nhất định, đặc biệt về tính đồng bộ trong quy hoạch và quy trình lập, phê duyệt dự án, song vẫn còn những hạn chế trong cơ chế phối hợp giữa các bên liên quan trong quá trình triển khai dự án.

Trong khi đó, cơ cấu tổ chức và mô hình quản lý nhà có điểm trung bình thấp nhất (Mean = 3,37) trong 4 nhân tố nghiên cứu. Điều này hàm ý rằng sự chồng chéo về chức năng, hạn chế trong phối hợp liên ngành, liên cấp và mô hình tổ chức quản lý chưa thực sự tinh gọn vẫn là những rào cản chủ yếu đối với hiệu quả QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của QLNN đối với hoạt động đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam trên cơ sở xem xét 4 nhóm nhân tố chính, bao gồm: (i) Quy định pháp luật và chính sách hỗ trợ; (ii) Cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN; (iii) Năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ và (iv) Quy hoạch và quản lý dự án. Thông qua cách tiếp cận kết hợp giữa nghiên cứu định tính và định lượng, với dữ liệu khảo sát thu thập từ 165 đối tượng đại diện cho cơ quan QLNN, doanh nghiệp đầu tư xây dựng và các chuyên gia, nhà nghiên cứu, nghiên cứu đã cung cấp bằng chứng thực nghiệm phản ánh tương đối toàn diện thực trạng QLNN trong lĩnh vực đường cao tốc tại Việt Nam.

Kết quả thống kê mô tả cho thấy cả 4 nhân tố đều có giá trị trung bình lớn hơn mức trung lập, khẳng định vai trò quan trọng của QLNN trong toàn bộ vòng đời các dự án đường cao tốc. Trong đó, năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ được đánh giá cao nhất, cho thấy yếu tố con người là nhân tố then chốt quyết định hiệu quả tổ chức thực hiện chính sách và quản lý khai thác công trình. Nhân tố quy định pháp luật và chính sách hỗ trợ, cùng với nhân tố quy hoạch và quản lý dự án, đạt mức đánh giá khá và tương đối tương đồng, phản ánh những cải thiện nhất định trong hoàn thiện thể chế và công tác quy hoạch, quản lý dự án, song vẫn còn tồn tại những hạn chế về tính đồng bộ, ổn định và hiệu quả phối hợp trong thực tiễn. Trong khi đó, cơ cấu tổ chức và mô hình QLNN được đánh giá thấp hơn các nhân tố còn lại, cho thấy những bất cập trong phân công, phối hợp và tổ chức bộ máy quản lý vẫn là rào cản lớn đối với hiệu quả QLNN trong lĩnh vực đường cao tốc.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, có thể nhận thấy rằng việc nâng cao hiệu quả QLNN đối với đầu tư và khai thác đường cao tốc tại Việt Nam cần được tiếp cận theo hướng tổng thể và đồng bộ. Theo đó, bên cạnh việc tiếp tục nâng cao năng lực thực thi của đội ngũ cán bộ QLNN, cần chú trọng hoàn thiện khung pháp lý và chính sách hỗ trợ, cải cách cơ cấu tổ chức và mô hình quản lý, đồng thời nâng cao chất lượng công tác quy hoạch và quản lý dự án nhằm bảo đảm tính đồng bộ, hiệu quả và bền vững của hệ thống đường cao tốc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phạm Văn Hùng (2021), Hoàn thiện cơ chế QLNN về đầu tư tại Việt Nam, Tạp chí Kinh tế và Phát triển, 294: pp.24-31, 1859-0012.

[2]. Nguyễn Bảo Trân (2025), Các yếu tố tác động đến QLNN về kinh tế xanh trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam.

[3]. Nghiêm Văn Dĩnh, Nguyễn Quỳnh Sang (2009), Kinh tế - Quản lý khai thác công trình cầu đường, NXB. Giao thông vận tải, Hà Nội.

[4]. Lê Hoài Linh (2020), Nghiên cứu quản lý khai thác công trình giao thông đường bộ trên địa bàn TP.HCM, LATS, Trường Đại học Giao thông vận tải.

[5]. Đặng Hoàng Tuấn (2024), QLNN đối với dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư (PPP) trong xây dựng hạ tầng giao thông đường bộ trên địa bàn tỉnh Long An, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 12/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Phân tích thể chế và năng lực quản lý nhà nước về trật tự xây dựng đô thị tại Hạ Long: Cơ sở lý luận và khuyến nghị cải cách

An Institutional Analysis of State management capacity in urban construction order: The Case of Ha Long City and Pathways for Reform

> NGUYỄN MẠNH HOÀNG[1], NGUYỄN QUỐC TOẢN[2,*], NGUYỄN HỒNG HẢI[2]
[1]Chuyên ngành Kinh tế và QL đô thị, Khoa Kinh tế và Quản lý xây dựng, trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[2]Khoa Kinh tế và Quản lý xây dựng, trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[*]Email: toannq@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài nghiên cứu làm rõ thực trạng công tác quản lý trật tự xây dựng đô thị trên địa bàn TP Hạ Long (cũ), tỉnh Quảng Ninh. Quá trình đô thị hóa đã và đang diễn ra nhanh chóng trên phạm vi cả nước, đặt ra yêu cầu cấp thiết về công tác quản lý trật tự xây dựng. TP Hạ Long là một trường hợp điển hình, đóng vai trò cửa ngõ giao thương chiến lược trong hành lang kinh tế ven biển Vịnh Bắc Bộ mở rộng, đồng thời là trung tâm di sản với Vịnh Hạ Long - Di sản thiên nhiên thế giới được UNESCO công nhận từ năm 1994. Trong thực tiễn gần đây, báo chí và dư luận xã hội đã phản ánh nhiều trường hợp xây dựng trái phép kéo dài nhưng chưa được xử lý dứt điểm. Vì vậy, làm rõ được thực trạng của thành phố là một điều cấp thiết để phân tích những tồn đọng cũng như đưa ra những giải pháp để khắc phục, bài nghiên cứu cũng đã đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao chất lượng quản lý nhà nước về trật tự xây dựng đô thị trên địa bàn Hạ Long.

Từ khóa: Trật tự xây dựng đô thị, thể chế quản lý, năng lực nhà nước, quản trị đô thị, cải cách hành chính.

ABSTRACT

This study examines the current state of urban construction order management in Ha Long City, Quang Ninh Province. Rapid urbanization nationwide has created pressing demands for more effective regulation of construction order. Ha Long City is a representative case, acting as a strategic gateway for trade along the expanded Beibu Gulf Coastal Economic Corridor, and serving as a heritage center with Ha Long Bay - a UNESCO World Natural Heritage Site since 1994. In recent years, both the media and public opinion have highlighted numerous instances of prolonged illegal construction that have yet to be fully addressed. Understanding the city's present circumstances is therefore critical for identifying persistent shortcomings and developing targeted remedial measures. This paper also proposes a set of solutions aimed at enhancing the effectiveness of state management of urban construction order in Ha Long City.

Keywords: Urban construction order, management institutions, state capacity, urban governance, administrative reform.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh Việt Nam đang đẩy mạnh quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa và hội nhập quốc tế sâu rộng, tiến trình đô thị hóa đã và đang diễn ra nhanh chóng trên phạm vi cả nước, đặt ra yêu cầu cấp thiết đối với năng lực thể chế và hiệu quả quản lý nhà nước tại các đô thị. Theo báo cáo của Tổng cục Thống kê (2023), tỷ lệ đô thị hóa của Việt Nam đã đạt khoảng 41,7%, tăng gần gấp đôi so với hai thập kỷ trước và được dự báo sẽ chạm ngưỡng 50% vào năm 2030 [1]. Định hướng này cũng được thể hiện rõ tại Nghị quyết số 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 của Bộ Chính trị về quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045. Nghị quyết xác định rõ mục tiêu xây dựng hệ thống đô thị xanh - thông minh, có khả năng chống chịu cao và phát triển hài hòa giữa tăng trưởng kinh tế với bảo vệ tài nguyên - môi trường. Tuy nhiên, tốc độ đô thị hóa nhanh chóng này cũng tạo ra những áp lực rất lớn đối với công tác quản lý trật tự xây dựng đô thị (TTXD), đặc biệt tại các đô thị lớn, khu vực ven biển, và các trung tâm du lịch - dịch vụ có tốc độ tăng dân số cơ học cao. Tại nhiều địa phương, sự thiếu đồng bộ giữa quy hoạch - cấp phép - giám sát đã dẫn đến sự gia tăng tình trạng xây dựng không phép, sai phép, lấn chiếm đất công, hoặc vi phạm kiến trúc cảnh quan, ảnh hưởng đến trật tự, mỹ quan đô thị và môi trường sống của người dân. Đây không chỉ là vấn đề kỹ thuật đơn thuần, mà còn phản ánh rõ năng lực thể chế, khả năng phối hợp liên ngành và mức độ tham gia của cộng đồng trong kiểm soát phát triển đô thị [2].

Trong số các đô thị đang chịu áp lực cao từ quá trình đô thị hóa, TP Hạ Long là một trường hợp điển hình. Là đô thị loại I trực thuộc tỉnh Quảng Ninh - trung tâm chính trị, hành chính, kinh tế, văn hóa và du lịch của vùng Đông Bắc, Hạ Long đóng vai trò cửa ngõ giao thương chiến lược trong hành lang kinh tế ven biển Vịnh Bắc Bộ mở rộng. Thành phố này đồng thời là trung tâm di sản với Vịnh Hạ Long - Di sản thiên nhiên thế giới được UNESCO công nhận từ năm 1994. Theo số liệu của UBND TP. Hạ Long, đến năm 2024, dân số thường trú của thành phố đã đạt gần 320.000 người, chưa kể hàng chục nghìn người cư trú tạm thời, lao động ngắn hạn trong ngành du lịch và xây dựng. Đáng chú ý, tỷ lệ tăng dân số cơ học tại Hạ Long cao hơn mức trung bình của cả tỉnh, với lượng lớn dân di cư từ các huyện lân cận như Hoành Bồ, Cẩm Phả, Vân Đồn và cả các địa phương ngoài tỉnh. Bên cạnh tốc độ đô thị hóa cao, đặc điểm địa hình đồi núi - biển đảo - ven vịnh của Hạ Long khiến cho việc kiểm soát xây dựng càng trở nên phức tạp. Nhiều khu vực dân cư xen kẽ trong các vùng địa hình khó tiếp cận, các đảo nhỏ hoặc khu vực đồi dốc khiến cho công tác thanh tra, giám sát vi phạm gặp khó khăn, trong khi nhu cầu xây dựng ngày càng tăng nhanh tại các khu vực giáp ranh đô thị. Trong thực tiễn gần đây, báo chí và dư luận xã hội đã phản ánh nhiều trường hợp xây dựng trái phép kéo dài nhưng chưa được xử lý dứt điểm. Ví dụ điển hình là các công trình kiên cố xây trái phép trên đảo Mắt Rồng, đảo Bái Đông, nằm trong vùng lõi của Vịnh Hạ Long. Các công trình này không chỉ vi phạm quy định về cấp phép xây dựng, mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến cảnh quan và giá trị di sản của khu vực [3].

Trong bối cảnh đó, việc củng cố và cải cách hệ thống thể chế pháp luật, cũng như nâng cao năng lực quản lý nhà nước trong lĩnh vực TTXD tại TP Hạ Long trở thành một yêu cầu cấp thiết. Luật Xây dựng năm 2014 (đã được sửa đổi, bổ sung năm 2020) cùng với các văn bản hướng dẫn thi hành như Nghị định số 16/2022/NĐ-CP của Chính phủ và Thông tư số 03/2018/TT-BXD của Bộ Xây dựng đã tạo khung pháp lý tương đối đầy đủ cho công tác cấp phép, thanh tra và xử lý vi phạm xây dựng [4]. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai tại các địa phương, đặc biệt là ở cấp cơ sở vẫn còn nhiều điểm nghẽn như: chồng chéo thẩm quyền, thiếu tính răn đe trong xử lý vi phạm, và thiếu sự tham gia hiệu quả của cộng đồng. Những tồn tại này phản ánh một khoảng cách rõ rệt giữa chính sách và thực thi.

Xuất phát từ các vấn đề thực tiễn nêu trên, bài báo này đặt mục tiêu phân tích hệ thống thể chế pháp luật và năng lực quản trị nhà nước trong quản lý TTXD đô thị tại TP. Hạ Long. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất một số khuyến nghị cải cách nhằm hoàn thiện khung pháp lý, nâng cao năng lực tổ chức thực thi và thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng vào công tác giám sát xây dựng - hướng đến mục tiêu phát triển đô thị Hạ Long bền vững, trật tự và văn minh trong giai đoạn tới.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài viết sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính, kết hợp tiếp cận phân tích thể chế, đánh giá chính sách công và nghiên cứu trường hợp điển hình nhằm làm rõ các đặc trưng và thách thức trong công tác quản lý TTXD đô thị tại Thành phố Hạ Long. Cách tiếp cận này phù hợp với đặc điểm của các nghiên cứu về quản trị công và cải cách thể chế, vốn đòi hỏi sự gắn kết giữa khung lý thuyết hiện đại và thực tiễn quản lý hành chính tại địa phương.

Trên phương diện lý thuyết, nghiên cứu vận dụng tiếp cận phân tích thể chế (institutional analysis) để hệ thống hóa và rà soát khung pháp luật điều chỉnh hoạt động TTXD, từ cấp trung ương (Luật Xây dựng, Nghị định 16/2022/NĐ-CP...) đến các văn bản quản lý hành chính đặc thù tại địa phương như Quyết định số 34/2018/QĐ-UBND của tỉnh Quảng Ninh. Trọng tâm của phân tích là đánh giá mức độ rõ ràng, đồng bộ và khả thi của hệ thống quy định hiện hành trong điều kiện đô thị hóa nhanh, địa hình phức hợp và yêu cầu bảo tồn di sản tại Hạ Long.

Bên cạnh đó, bài viết áp dụng tiếp cận đánh giá chính sách (policy evaluation) để xác định khoảng cách giữa nội dung quy định pháp lý và quá trình thực thi trên thực tế. Các tiêu chí được sử dụng trong đánh giá bao gồm: tính hiệu lực của thể chế, hiệu quả tổ chức thực thi, khả năng phối hợp đa cấp và mức độ tham gia của cộng đồng trong giám sát xây dựng. Dữ liệu được thu thập từ các báo cáo chính thức của cơ quan nhà nước, kết luận thanh tra, thông tin từ hệ thống báo chí trung ương và địa phương, cùng với văn bản hành chính được công khai bởi UBND TP. Hạ Long.

Đặc biệt, nghiên cứu lựa chọn Thành phố Hạ Long làm trường hợp điển hình (case study) để phân tích sâu các vấn đề mang tính hệ thống trong quản lý TTXD tại một đô thị ven biển, du lịch, có tốc độ phát triển cao. Các tình huống cụ thể như vi phạm xây dựng tại xã Thống Nhất, sai phạm kéo dài tại phường Hà Khẩu, và tình trạng chồng chéo chức năng giữa cấp xã, thành phố và Sở Xây dựng được sử dụng làm tư liệu minh họa. Những trường hợp này được phân tích dưới lăng kính quản trị đa trung tâm (polycentric governance) để làm rõ các yếu tố thể chế gây cản trở hiệu quả quản lý.

Cuối cùng, khung phân tích lý thuyết của bài viết được đặt trên nền tảng lý thuyết quản trị công mới (New Public Governance - NPG), trong đó nhấn mạnh vai trò điều phối của Nhà nước, tính minh bạch, trách nhiệm giải trình và sự tham gia có ý nghĩa của cộng đồng. Việc vận dụng các trụ cột lý thuyết này không chỉ hỗ trợ làm rõ nguyên nhân của những bất cập hiện tại, mà còn định hướng cho các khuyến nghị cải cách thể chế và nâng cao năng lực quản trị nhà nước về TTXD tại Hạ Long trong giai đoạn tới.

3. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ TRẬT TỰ XÂY DỰNG

Quản lý nhà nước về TTXD đô thị là một cấu phần thiết yếu trong hệ thống quản lý phát triển đô thị, có vai trò đảm bảo sự tuân thủ pháp luật trong hoạt động xây dựng, đồng thời gìn giữ mỹ quan, an toàn và bền vững của không gian đô thị. Nội dung này đã được quy định rõ ràng trong hệ thống pháp luật Việt Nam, đặc biệt là Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 của Quốc hội, đã được sửa đổi, bổ sung bởi Luật số 62/2020/QH14. Theo quy định tại các điều khoản liên quan trong Luật và các nghị định hướng dẫn thi hành, TTXD được hiểu là việc tổ chức thực hiện các hoạt động xây dựng công trình một cách đúng theo quy hoạch được phê duyệt, đúng giấy phép xây dựng được cấp, đúng chỉ giới xây dựng, đồng thời tuân thủ đầy đủ các yêu cầu về kỹ thuật, kiến trúc, cảnh quan và bảo vệ môi trường đô thị [5]. Điều này nhằm đảm bảo rằng không gian đô thị được phát triển một cách có kiểm soát, hài hòa với quy hoạch tổng thể và không gây ra xung đột trong sử dụng đất, hạ tầng hay ảnh hưởng tiêu cực đến cộng đồng dân cư. Bên cạnh yếu tố kỹ thuật, TTXD còn mang ý nghĩa quản trị sâu sắc, thể hiện năng lực của bộ máy chính quyền trong việc ban hành quy định, tổ chức giám sát, xử lý vi phạm và phối hợp liên ngành. Việc một đô thị duy trì được kỷ cương TTXD không chỉ phụ thuộc vào năng lực của đội ngũ cán bộ chuyên môn, mà còn phản ánh mức độ hiệu lực của thể chế pháp luật và sự phối hợp giữa các cấp chính quyền - từ Trung ương đến địa phương. Như vậy, TTXD không thể chỉ được nhìn nhận dưới lăng kính kỹ thuật xây dựng, mà phải được đặt trong khung khổ quản trị đô thị hiện đại, nơi mà hiệu quả điều hành, minh bạch thông tin, khả năng giải trình và sự tham gia của người dân là những yếu tố không thể thiếu để duy trì kỷ cương phát triển không gian sống chất lượng, bền vững và đáng sống.

Ở khía cạnh học thuật, khái niệm và vai trò của quản lý nhà nước về TTXD đô thị có thể được tiếp cận hiệu quả thông qua các trụ cột lý luận của lý thuyết quản trị công hiện đại, đặc biệt là tiếp cận từ mô hình Quản trị công mới (New Public Governance - NPG) do Osborne (2006) đề xuất. Mô hình này không chỉ kế thừa những quan điểm của nền quản lý truyền thống và quản trị công mới (New Public Management - NPM), mà còn nhấn mạnh đến sự kết nối đa chiều giữa Nhà nước, người dân và các tổ chức xã hội trong việc thiết kế và thực thi chính sách công.

Theo đó, vai trò của chính quyền không còn thuần túy là người kiểm soát hành vi xây dựng thông qua các mệnh lệnh - hành chính, mà trở thành người điều phối và dẫn dắt mạng lưới quản trị, nơi các chủ thể khác nhau cùng chia sẻ trách nhiệm trong bảo đảm TTXD. Một trong những giá trị cốt lõi của lý thuyết này là tính minh bạch, trách nhiệm giải trình, và sự tham gia có ý nghĩa của cộng đồng, đặc biệt trong các lĩnh vực nhạy cảm và tác động trực tiếp đến đời sống dân cư như quản lý xây dựng (QLXD) [6]. Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và phức tạp như ở TP Hạ Long - nơi vừa là đô thị loại I, vừa là trung tâm du lịch quốc gia và có địa hình đặc thù gồm đồi núi, biển đảo, ven vịnh - thì yêu cầu về một mô hình quản trị linh hoạt, đa trung tâm (polycentric governance) và có khả năng thích ứng cao là vô cùng cấp thiết. Cụ thể, TTXD tại Hạ Long không chỉ chịu tác động từ yếu tố kỹ thuật xây dựng và quy hoạch, mà còn bị chi phối mạnh mẽ bởi áp lực đầu tư, quá trình mở rộng không gian đô thị, nhu cầu phân lô, xây dựng nhanh các khu dịch vụ, du lịch. Trong bối cảnh đó, mô hình quản trị công mới gợi mở cách tiếp cận phân quyền theo chiều sâu, theo đó các cấp phường, xã không chỉ là đơn vị thực thi mà cần được trao quyền rõ ràng, đi kèm với cơ chế giải trình minh bạch và hệ thống thông tin công khai về quy hoạch, giấy phép, và vi phạm xây dựng.

Ngoài ra, mô hình này cũng đặc biệt đề cao vai trò của cộng đồng trong việc giám sát, cảnh báo và phản ánh các hành vi sai phạm. Tại Hạ Long, thực tế cho thấy khi người dân được cung cấp thông tin rõ ràng và có kênh phản ánh hiệu quả, các vi phạm xây dựng đã được phát hiện và xử lý kịp thời hơn. Như vậy, để quản lý TTXD hiệu quả trong điều kiện đô thị đặc thù như Hạ Long, không thể chỉ dựa vào năng lực kiểm tra của các cơ quan chức năng, mà phải thiết lập một hệ thống thể chế mở, khuyến khích sự phối hợp nhiều cấp, đa chủ thể và áp dụng các nguyên tắc quản trị hiện đại, phù hợp với đặc trưng không gian và tốc độ đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ.

Việt Nam đã có những điều chỉnh thể chế đáng kể theo hướng phân cấp quản lý trong lĩnh vực xây dựng. Nghị định số 16/2022/NĐ-CP của Chính phủ về xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực xây dựng và Nghị định số 59/2015/NĐ-CP về quản lý đầu tư xây dựng (sửa đổi bởi Nghị định 42/2017 và Nghị định 100/2018) đều nhấn mạnh vai trò của chính quyền địa phương trong kiểm tra, giám sát, và xử lý vi phạm TTXD. Tuy nhiên, tính hiệu lực của phân quyền còn phụ thuộc rất lớn vào năng lực tổ chức bộ máy và cơ chế phối hợp giữa các cấp chính quyền - vốn là điểm nghẽn phổ biến tại nhiều đô thị [7-10].

Vai trò của thiết kế thể chế trong quản lý TTXD thể hiện ở việc tạo ra khuôn khổ luật pháp, quy chuẩn và quy trình rõ ràng, đồng thời đảm bảo cơ chế thực thi công minh và đồng bộ. Theo Báo cáo của Bộ Xây dựng năm 2023, hơn 35% các vụ vi phạm TTXD trên cả nước không được xử lý dứt điểm, phần lớn do chồng chéo trong phân cấp hoặc thiếu phối hợp giữa các cơ quan cấp xã, quận và sở ngành. Đặc biệt, mô hình tổ chức bộ máy quản lý đô thị hiện vẫn còn cồng kềnh ở nhiều địa phương, trong đó các phòng quản lý đô thị, thanh tra xây dựng, cán bộ địa chính - xây dựng tại phường còn thiếu tính chuyên môn sâu và chưa có chế tài đủ mạnh để xử lý triệt để các vi phạm. Ở cấp địa phương như Hạ Long - nơi có địa bàn rộng với đặc thù địa hình gồm đồi núi, biển đảo và vùng lõi di sản - thì đòi hỏi về thiết kế thể chế và tổ chức bộ máy càng trở nên cấp thiết. Không thể quản lý đô thị hiện đại nếu vẫn giữ mô hình hành chính tuyến tính, thiếu sự tích hợp công nghệ và thiếu sự tham gia của cộng đồng. Do đó, cơ sở lý luận của nghiên cứu này nhấn mạnh: nâng cao hiệu quả quản lý TTXD không thể tách rời quá trình cải cách thể chế và đổi mới mô hình quản trị đô thị theo hướng đa trung tâm, công khai - minh bạch và phản hồi xã hội.

4. PHÂN TÍCH HIỆN TRẠNG THỂ CHẾ VÀ BỘ MÁY TẠI HẠ LONG

TP Hạ Long - trung tâm chính trị, kinh tế và du lịch của tỉnh Quảng Ninh - đang đối diện với áp lực lớn trong quản lý TTXD, do tốc độ đô thị hóa nhanh, sự phát triển đa trung tâm, và yêu cầu bảo vệ Di sản thiên nhiên thế giới Vịnh Hạ Long. So với các đô thị ven biển phát triển nhanh khác như Đà Nẵng (với trọng tâm phát triển đô thị thông minh) hay Nha Trang (với áp lực từ đầu tư bất động sản nghỉ dưỡng ồ ạt), thách thức tại Hạ Long còn mang tính đặc thù và phức tạp hơn, nằm ở sự giao thoa giữa phát triển kinh tế - đô thị với nghĩa vụ bảo tồn nghiêm ngặt một Di sản Thiên nhiên Thế giới có không gian trải rộng trên vùng biển đảo. Tuy nhiên, thể chế pháp luật và bộ máy tổ chức hiện hành vẫn chưa theo kịp yêu cầu này, dẫn đến tình trạng chồng chéo chức năng, thiếu đồng bộ trong thực thi, và xuất hiện khoảng trống quản trị ở cấp cơ sở.

Hệ thống văn bản pháp luật và quy phạm hành chính hiện đang điều chỉnh công tác quản lý TTXD tại TP. Hạ Long được xây dựng trên nền tảng pháp lý thống nhất với cả nước, chủ yếu dựa vào các văn bản pháp luật ở cấp Trung ương và các quy định đặc thù do địa phương ban hành. Trước hết, Luật Xây dựng số 50/2014/QH13, được sửa đổi, bổ sung bởi Luật số 62/2020/QH14, là văn bản nền tảng quy định toàn diện về hoạt động xây dựng, bao gồm các nguyên tắc cấp phép, kiểm tra, giám sát, xử lý vi phạm trong xây dựng công trình [5]. Bên cạnh đó, các quy định xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực xây dựng hiện hành được điều chỉnh bởi Nghị định số 16/2022/NĐ-CP, ban hành ngày 28/01/2022 của Chính phủ, thay thế cho Nghị định số 139/2017/NĐ-CP, với mức xử phạt tăng nặng hơn đối với các hành vi xây dựng không phép, sai phép, không tuân thủ quy hoạch, làm tăng tính răn đe và yêu cầu chặt chẽ hơn đối với các địa phương trong việc thực thi [7]. Ngoài ra, về hướng dẫn nghiệp vụ cụ thể, Thông tư số 03/2018/TT-BXD của Bộ Xây dựng đã quy định chi tiết về trình tự, trách nhiệm và kỹ năng cần thiết trong công tác kiểm tra, phát hiện và xử lý vi phạm TTXD [11]. Đây là công cụ hỗ trợ quan trọng cho đội ngũ cán bộ thanh tra xây dựng và chính quyền cơ sở trong tổ chức thực hiện.

Ở cấp địa phương, tỉnh Quảng Ninh đã ban hành một số văn bản quy phạm hành chính có giá trị định hướng và hỗ trợ cụ thể cho TP Hạ Long trong công tác quản lý TTXD. Tiêu biểu là Quyết định số 34/2018/QĐ-UBND ngày 17/9/2018 về việc ban hành "Quy chế phối hợp giữa các cấp, các ngành trong quản lý TTXD đô thị". Quy chế này quy định rõ trách nhiệm phối hợp giữa Sở Xây dựng, UBND cấp huyện, cấp xã, Phòng Quản lý đô thị, Phòng Kinh tế - Hạ tầng và Thanh tra xây dựng trong việc tổ chức thanh tra, xử lý vi phạm, đặc biệt là ở các khu vực giáp ranh, vùng quy hoạch chưa được phủ kín[14]. Cùng với đó, Chỉ thị số 09/CT-UBND ngày 17/3/2020 của UBND tỉnh Quảng Ninh được ban hành với mục tiêu "chấn chỉnh công tác lập, thẩm định, phê duyệt và quản lý quy hoạch xây dựng đô thị", nêu rõ yêu cầu tăng cường tính minh bạch trong quy hoạch, gắn quy hoạch với kiểm soát xây dựng, và kiên quyết xử lý các hành vi tùy tiện điều chỉnh quy hoạch gây hệ lụy đến TTXD [15]. Thực tiễn triển khai cho thấy vẫn còn tồn tại những khoảng trống và mâu thuẫn nhất định trong hệ thống văn bản hiện hành. Một số quy định pháp luật chưa theo kịp với đặc thù phát triển không gian đô thị phức hợp của TP Hạ Long, nơi tồn tại song song các vùng đô thị hóa nhanh (như Bãi Cháy, Hòn Gai), vùng ven đô thị (như Hà Khánh, Hà Khẩu) và vùng biển đảo (Tuần Châu, đảo Bài Đông). Cơ chế phối hợp theo Quyết định 34 vẫn còn mang tính nguyên tắc, chưa có chế tài cụ thể khi các đơn vị không phối hợp kịp thời, dẫn đến tình trạng đùn đẩy trách nhiệm hoặc chồng chéo trong xử lý. Bên cạnh đó, một số nội dung hướng dẫn kỹ thuật liên quan đến kiểm tra hiện trường, xử lý vi phạm trên địa hình đồi núi, đảo hoặc công trình tạm vẫn chưa được cụ thể hóa, gây khó khăn cho cán bộ cấp cơ sở trong quá trình thực thi.

Cơ chế phối hợp giữa UBND thành phố, xã/phường, Thanh tra Sở Xây dựng: Quyết định số 34/2018/QĐ-UBND ngày 17/09/2018 của UBND tỉnh Quảng Ninh đã thiết lập một hệ thống phối hợp chặt chẽ giữa Sở Xây dựng, UBND cấp huyện, UBND cấp xã, Thanh tra Sở và các lực lượng quản lý đô thị trong việc giám sát và xử lý vi phạm TTXD. Quy chế này quy định rõ mỗi cấp chính quyền có trách nhiệm tiếp nhận thông tin, lập hồ sơ vi

phạm, cưỡng chế và xử phạt kịp thời, đồng thời cố gắng ngăn chặn sai phạm ngay từ khi phát sinh. Đồng thời, nó còn yêu cầu có kiểm tra thanh tra định kỳ và đột xuất, đảm bảo tính liên tục và hiệu quả trong công tác quản lý [14]. Tuy nhiên, thực tiễn tại TP Hạ Long cho thấy cơ chế phối hợp này vẫn còn khoảng trống lớn. Một vụ việc điển hình là xưởng chế biến dăm gỗ trái phép tại thôn Làng, xã Thống Nhất. Mặc dù hoạt động đã diễn ra kéo dài và gây bức xúc trong dân cư, nhưng chính quyền còn hành động chậm trễ . Dù tiếp đó đã có biên bản lập ngày 23/12/2024 và xử phạt hơn 82 triệu đồng, nhưng doanh nghiệp vẫn hoạt động bình thường cho đến khi bị "ra văn bản". Hành động này cho thấy hệ thống giám sát nội bộ yếu, cưỡng chế trễ, khiến dư luận nghi ngại về tính chủ động và hiệu quả thực thi của bộ máy chính quyền. Nguyên nhân nằm ở việc phân công trách nhiệm chưa thực chất, trong khi chế tài phối hợp thiếu cụ thể. Quyết định 34/2018 chỉ dừng ở mức quy định nguyên tắc chung, mà thiếu hướng dẫn cụ thể như: "Nếu UBND cấp xã không xử lý sai phạm trong thời gian 30 ngày, phải báo cáo UBND cấp huyện và Sở Xây dựng" [14]. Các sự kiện như vụ xưởng dăm gỗ cho thấy chính quyền cơ sở lúng túng hoặc né tránh xử lý, trong khi cấp trên chờ báo chí vào cuộc mới phản ứng. Đây là dấu hiệu rõ ràng của một cơ chế hành chính bị "đá bóng" trách nhiệm, làm giảm mức độ răn đe và niềm tin của người dân vào bộ máy quản lý. Việc xử lý vi phạm đi kèm với chậm trễ gây ra nhiều hệ quả đáng lo ngại. Trước hết, đó là sự mất lòng tin của cộng đồng địa phương: khi chính quyền không chủ động ngăn chặn sai phạm, người dân cảm thấy quyền lợi và tiếng nói của mình không được coi trọng. Thứ hai, là hiệu lực pháp luật bị giảm sút. Vi phạm kéo dài như vụ xưởng gỗ khiến doanh nghiệp có thể " lớ ngớ coi nhẹ", khiến nguy cơ sai phạm khác nhân rộng. Cuối cùng, đây chính là kẽ hở để các thế lực lợi ích "lách luật", dung dưỡng vi phạm ở quy mô lớn hơn, như các vụ xây nhà, làm đường trái phép trước đó.

Một trong những bất cập lớn nhất trong công tác quản lý TTXD tại Hạ Long nằm ở sự chồng chéo thẩm quyền giữa các cơ quan cấp thành phố, cấp phường/xã và Thanh tra ngành. Thực tế cho thấy, nhiều vụ việc vi phạm xảy ra trong thời gian dài nhưng không được xử lý quyết liệt, minh chứng rõ nét như tại Phường Hà Khẩu. Theo Kết luận Thanh tra số 87/KL-CTTr ngày 30/3/2023, Chánh Thanh tra TP Hạ Long xác định đã để xảy ra tình trạng "xây dựng sai phép, không phép, san gạt đất trái phép" tại tổ 79, khu 7 mà không xử lý kịp thời. Hành vi này không phải là sự cố nhỏ lẻ mà phản ánh hệ thống phân quyền còn bất cập; cán bộ cấp cơ sở không rõ thẩm quyền cưỡng chế [16]. Hơn nữa, ở cấp tỉnh, Sở Xây dựng Quảng Ninh cũng ghi nhận nhiều tồn tại tại nghĩa trang Hà Khẩu, khi các hạng mục như cổng, nhà điều hành và bãi đỗ xe được thi công không phép, vi phạm quy hoạch đã được phê duyệt [17]. Dù có báo cáo thanh tra, nhưng trách nhiệm xử lý lại rời rạc giữa tỉnh, thành phố và phường - khiến sai phạm không bị xử lý đồng bộ. Thêm nữa, lý do sâu xa là hệ thống quản lý còn thiếu công cụ hỗ trợ, dữ liệu quy hoạch, giấy phép, vi phạm chưa được số hóa, chưa tích hợp trên nền tảng GIS theo mô hình đô thị thông minh. Mặc dù tỉnh Quảng Ninh đã đặt mục tiêu phát triển đô thị thông minh và áp dụng GIS để quản lý đất đai, nhưng theo đánh giá từ Tạp chí Khoa học Môi trường & Phát triển (HUNRE), tiến độ ứng dụng tại Hạ Long "chậm và chưa thực sự đồng bộ giữa các cấp" . Điều này khiến công tác giám sát vi phạm mang tính thủ công không chỉ mất nhiều thời gian mà còn dễ bỏ sót, khó truy xuất trách nhiệm.

5. ĐÁNH GIÁ NĂNG LỰC TỔ CHỨC VÀ HÀNH CHÍNH

Phân cấp trong xử lý vi phạm: Công tác quản lý TTXD tại Hạ Long hiện đang được triển khai theo mô hình phân cấp rõ ràng, phù hợp với định hướng phân quyền trong quản lý đô thị của cả nước. Theo Quyết định số 34/2018/QĐ-UBND ngày 17/09/2018 của UBND tỉnh Quảng Ninh ban hành quy chế phối hợp quản lý TTXD đô thị, UBND cấp xã/phường có trách nhiệm phát hiện, lập biên bản vi phạm và báo cáo cấp trên, trong khi UBND cấp thành phố và Thanh tra Sở Xây dựng chịu trách nhiệm xử lý, cưỡng chế các hành vi vi phạm theo thẩm quyền [14]. Cách tiếp cận này được thiết kế nhằm tăng cường tính chủ động cho chính quyền cơ sở trong quản lý TTXD trên địa bàn. Thực tiễn triển khai tại Hạ Long cho thấy vẫn còn một số vấn đề cần tiếp tục được cải thiện để cơ chế phân cấp phát huy hiệu quả tối đa. Một trong những điểm đáng lưu ý là ở cấp phường, cán bộ đô thị nhiều nơi vẫn còn gặp khó khăn trong việc xác định biện pháp xử lý phù hợp hoặc thiếu thẩm quyền cưỡng chế trong trường hợp vi phạm kéo dài. Điều này dẫn đến việc phải chờ đợi chỉ đạo từ cấp thành phố hoặc cơ quan chuyên môn, gây chậm trễ trong xử lý vi phạm. Từ góc độ xây dựng chính quyền đô thị hiện đại, một số gợi ý có thể được cân nhắc nhằm tăng cường hiệu quả của mô hình phân cấp:

Thứ nhất, cần củng cố quyền hạn đi đôi với trách nhiệm giải trình ở cấp phường/xã, đặc biệt trong các trường hợp vi phạm TTXD mang tính phổ biến và không phức tạp. Việc này đòi hỏi một cơ chế rõ ràng, trong đó cán bộ cấp cơ sở không chỉ có đủ thẩm quyền lập biên bản, yêu cầu đình chỉ thi công, mà còn được ủy quyền xử phạt hoặc áp dụng các biện pháp hành chính trong phạm vi pháp luật cho phép. Đồng thời, để tránh tình trạng bị động hoặc đùn đẩy trách nhiệm, cấp phường cần có quy trình phối hợp ngược chiều, tức là trong các vụ việc có tính chất vượt thẩm quyền như sai phạm phức tạp, kéo dài, liên quan đến các tổ chức doanh nghiệp hoặc xây dựng trên đất chưa được giải phóng mặt bằng… thì cấp thành phố cần phản hồi nhanh chóng với thời gian xử lý được định chuẩn, đồng thời có cơ chế hỗ trợ chuyên môn, pháp lý và cưỡng chế rõ ràng. Điều này sẽ nâng cao hiệu quả thực thi của cấp cơ sở, đồng thời củng cố niềm tin của người dân về tính minh bạch và nhất quán trong xử lý vi phạm.

Thứ hai, tăng cường đào tạo chuyên sâu và hỗ trợ kỹ thuật - pháp lý cho cán bộ làm công tác đô thị ở cấp xã/phường là yêu cầu cấp thiết, nhất là trong bối cảnh các quy định về TTXD thường xuyên được cập nhật và đòi hỏi sự hiểu biết đa lĩnh vực (từ pháp luật xây dựng, quy hoạch, đất đai đến công nghệ số). Các chương trình đào tạo nên được thiết kế linh hoạt theo nhu cầu thực tiễn, chú trọng vào năng lực áp dụng pháp luật (ví dụ: xử lý vi phạm hành chính theo Nghị định 16/2022/NĐ-CP), kỹ năng lập biên bản hiện trường, kỹ năng làm việc với người dân trong các tình huống nhạy cảm, cũng như năng lực sử dụng các công cụ hỗ trợ số như hệ thống QLXD trực tuyến, bản đồ quy hoạch số, hoặc phần mềm cập nhật vi phạm. Ngoài ra, nên tổ chức các mô hình bồi dưỡng tại chỗ kết hợp giám sát thực hành để giúp cán bộ vừa nắm chắc quy định, vừa linh hoạt áp dụng phù hợp với điều kiện địa phương.

Thứ ba, thí điểm mô hình "xử lý tại chỗ" gắn với tổ công tác địa bàn, bao gồm sự phối hợp chặt chẽ giữa cán bộ địa chính - xây dựng phường, công an khu vực, đội trật tự đô thị và bộ phận tiếp nhận - phản hồi thông tin người dân. Mô hình này có thể được thiết kế theo hướng "phản ứng nhanh", trong đó mỗi vi phạm sau khi được ghi nhận hoặc phản ánh sẽ được đánh giá ban đầu tại chỗ để xác định mức độ nghiêm trọng, từ đó có hướng xử lý kịp thời, tránh để tồn đọng kéo dài. Việc ứng dụng công nghệ hiện đại như bản đồ số (GIS), hệ thống cơ sở dữ liệu quản lý vi phạm xây dựng theo thời gian thực (real-time violation tracking), công cụ chụp ảnh định vị GPS… sẽ hỗ trợ nâng cao hiệu quả giám sát và truy xuất thông tin, đồng thời giúp cấp phường báo cáo nhanh cho cấp thành phố khi cần sự can thiệp. Mô hình này, nếu được thí điểm thành công tại một số phường trọng điểm của TP Hạ Long, có thể mở rộng triển khai trong toàn tỉnh và nhân rộng ở các địa phương có tốc độ đô thị hóa cao.

Năng lực cán bộ: Số lượng, chuyên môn, đạo đức công vụ. Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh tại Hạ Long, yêu cầu về đội ngũ cán bộ quản lý TTXD không chỉ dừng lại ở việc nắm vững quy định pháp luật, mà còn cần có tư duy điều hành hiện đại, khả năng phối hợp đa ngành và đạo đức công vụ chuẩn mực. Việc nâng cao chất lượng đội ngũ cán bộ đang

được tỉnh Quảng Ninh và TP Hạ Long chú trọng như một khâu đột phá trong cải cách hành chính. Theo Báo Quảng Ninh (2025), UBND tỉnh đã phê duyệt Kế hoạch bồi dưỡng cán bộ, công chức, viên chức đến năm 2025, với hơn 62 lớp đào tạo và 3.757 lượt học viên, tập trung vào các chuyên đề về khoa học quản lý, chuyển đổi số, pháp luật xây dựng và công vụ [18]. Nhiều địa phương trong tỉnh, trong đó có TP Hạ Long (cũ), đã chủ động cử cán bộ địa chính - xây dựng cấp xã, thanh tra viên chuyên ngành xây dựng và cán bộ đô thị tham gia các khóa bồi dưỡng chuyên sâu, góp phần tăng cường năng lực tổ chức thi hành và giám sát xây dựng tại cơ sở. Bên cạnh chuyên môn, yếu tố đạo đức và tinh thần trách nhiệm trong thực thi công vụ cũng được chú trọng. Công tác đánh giá cán bộ gắn với hiệu quả thực hiện nhiệm vụ, đặc biệt trong xử lý kịp thời các vụ việc vi phạm, đã dần tạo động lực để mỗi cán bộ nâng cao bản lĩnh, tính công khai, minh bạch và khả năng giải trình. Thành phố cũng đang tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin trong theo dõi tiến độ xử lý hồ sơ, nhằm tạo môi trường làm việc minh bạch và giảm thiểu rủi ro trong thực thi công vụ. Để đảm bảo đồng bộ và bền vững, năng lực cán bộ cần tiếp tục được nâng cao thông qua đào tạo liên tục, đánh giá định kỳ và cơ chế luân chuyển, kiểm soát nội bộ hợp lý. Mặt khác, việc hoàn thiện khung pháp lý về trách nhiệm công vụ, kết hợp với công cụ đánh giá hiệu quả làm việc theo kết quả đầu ra (KPIs), sẽ là bước tiếp theo giúp Hạ Long xây dựng được một đội ngũ cán bộ đô thị "vừa hồng, vừa chuyên", đáp ứng yêu cầu phát triển đô thị bền vững trong giai đoạn tới.

Vấn đề trách nhiệm giải trình, giám sát cộng đồng: Trách nhiệm giải trình và sự tham gia của cộng đồng được xem là hai trụ cột quan trọng bảo đảm tính minh bạch, hiệu lực và hiệu quả trong quản lý TTXD đô thị, đặc biệt tại các đô thị đang phát triển nhanh như TP Hạ Long. Đây cũng là nội dung được nhấn mạnh trong nhiều chủ trương, chính sách lớn như Nghị quyết số 27-NQ/TW (2022) về tiếp tục xây dựng và hoàn thiện Nhà nước pháp quyền xã hội chủ nghĩa Việt Nam, trong đó yêu cầu nâng cao chất lượng cung cấp dịch vụ công và trách nhiệm giải trình của chính quyền các cấp [20]. Trên thực tế, TP Hạ Long đã có nhiều nỗ lực trong công khai thông tin quy hoạch, cập nhật giấy phép xây dựng và các quyết định xử phạt hành chính thông qua cổng thông tin điện tử, bảng tin phường xã hoặc tiếp cận tại bộ phận "một cửa". Tuy nhiên, để người dân có thể thực sự tham gia giám sát TTXD một cách hiệu quả, cần mở rộng hơn nữa các kênh phản hồi trực tuyến, nâng cấp các nền tảng số để thông tin được cập nhật theo thời gian thực, đồng thời cho phép truy vết lịch sử xử lý vi phạm một cách minh bạch, dễ tiếp cận. Ở cấp cơ sở, mối liên kết giữa phường/xã - UBND thành phố - các cơ quan chuyên môn như Sở Xây dựng, Phòng Quản lý đô thị cần được tăng cường thông qua các quy trình giải trình định kỳ, cơ chế xử lý khiếu nại minh bạch và hệ thống tiếp nhận phản ánh đa chiều. Việc củng cố trách nhiệm giải trình không nên chỉ giới hạn ở khâu hậu kiểm, mà cần trở thành một cơ chế thường xuyên, gắn liền với năng lực điều hành hành chính hiện đại. Bên cạnh đó, việc phát huy vai trò của cộng đồng trong giám sát TTXD không chỉ giới hạn ở các hoạt động "tự phát" khi có vi phạm, mà cần được thể chế hóa thông qua các tổ dân phố, hội đồng nhân dân cấp xã và các tổ chức chính trị - xã hội tại địa phương. Luật Thực hiện dân chủ ở cơ sở (năm 2022) đã mở đường cho việc này, xong việc triển khai tại thực địa cần đồng bộ về hướng dẫn, đào tạo và hỗ trợ kỹ thuật, để người dân không chỉ biết quyền giám sát, mà còn có thể thực hiện nó một cách bài bản, có cơ sở pháp lý [19]. Từ góc độ thể chế, việc thiết lập hệ thống quản lý TTXD gắn với giải trình và giám sát cộng đồng hiệu quả sẽ là bước chuyển quan trọng để nâng cao tính minh bạch, củng cố niềm tin và đồng thuận xã hội trong quá trình phát triển đô thị tại TP Hạ Long - một trung tâm du lịch và dịch vụ quốc gia đang ngày càng mở rộng về quy mô và tính phức tạp trong quản trị đô thị.

Phân cấp trong xử lý vi phạm xây dựng tại TP Hạ Long (cũ) hiện đang được triển khai theo các quy định hiện hành, trong đó Quyết định số 34/2018/QĐ-UBND của tỉnh Quảng Ninh đã thiết lập khung pháp lý cụ thể nhằm phân định rõ trách nhiệm giữa các cấp chính quyền. Tuy nhiên, trong quá trình thực thi, vẫn tồn tại những khó khăn nhất định về sự phối hợp liên cấp, đặc biệt giữa cấp cơ sở và cấp thành phố [14]. Điều này một phần xuất phát từ việc phạm vi thẩm quyền cưỡng chế, xử phạt hành chính ở cấp xã/phường còn hạn chế, dẫn đến phụ thuộc nhiều vào chỉ đạo từ cấp trên, làm chậm trễ quá trình xử lý vi phạm, ảnh hưởng đến tính kịp thời và hiệu lực của công tác quản lý TTXD. Về nguồn nhân lực, TP Hạ Long thời gian qua đã có nhiều nỗ lực đáng ghi nhận trong việc tăng cường đào tạo, bồi dưỡng cán bộ chuyên trách lĩnh vực xây dựng và quy hoạch. Mặc dù TP. Hạ Long đã có nhiều kênh công khai thông tin như Cổng thông tin điện tử, hệ thống "một cửa" điện tử, cũng như triển khai mô hình "chính quyền điện tử" theo chỉ đạo chung của tỉnh, nhưng sự tham gia chủ động của người dân trong giám sát xây dựng vẫn còn hạn chế. Một phần do cơ sở dữ liệu chưa được đồng bộ hóa và chưa cung cấp trải nghiệm thân thiện cho người dân khi tra cứu, theo dõi tiến độ cấp phép hoặc xử lý vi phạm. Việc khuyến khích người dân tham gia phản ánh, theo dõi và giám sát cần đi đôi với các chính sách nâng cao năng lực tiếp nhận và phản hồi từ phía chính quyền các cấp.

Bảng 1. Tổng hợp điểm nghẽn và khuyến nghị

TT	Nhóm vấn đề / Điểm nghẽn	Khuyến nghị cải cách tương ứng
1	Thể chế pháp luật còn chồng chéo, thiếu thống nhất	Rà soát, đồng bộ hóa hệ thống pháp luật, quy định giữa các cấp (Trung ương - địa phương)
2	Phân cấp - phân quyền chưa rõ ràng, thực thi thiếu hiệu lực	Làm rõ mô hình phân cấp, trao quyền thực chất cho cấp cơ sở đi kèm trách nhiệm giải trình
3	Thiếu cơ chế phối hợp liên ngành, liên cấp	Thiết lập quy trình phối hợp cụ thể, có chế tài, thời hạn và đầu mối chịu trách nhiệm
4	Hạn chế về năng lực cán bộ cơ sở	Tăng cường đào tạo chuyên sâu, bồi dưỡng liên tục theo vị trí việc làm và địa bàn đặc thù
5	Thiếu ứng dụng công nghệ trong giám sát và quản lý	Xây dựng hệ thống dữ liệu số hóa, GIS 3D, và nền tảng quản lý vi phạm thời gian thực
6	Trách nhiệm giải trình và minh bạch còn yếu	Áp dụng mô hình bảng điểm trách nhiệm, công khai thông tin trên nền tảng số
7	Mức độ tham gia của cộng đồng trong giám sát thấp	Phát triển kênh phản ánh trực tuyến, tổ dân phố giám sát, ứng dụng tương tác cộng đồng
8	Hạn chế về tài chính và đầu tư cho công tác TTXD	Bố trí kinh phí thường xuyên, thí điểm mô hình tài chính gắn hiệu quả TTXD cấp phường/xã

6. KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH

Trên cơ sở phân tích thể chế và thực trạng năng lực quản lý TTXD đô thị tại Hạ Long, bài viết đề xuất một hệ thống các khuyến nghị chính sách nhằm hướng đến việc hoàn thiện mô hình quản trị đô thị hiện đại, hiệu lực và có trách nhiệm. Các khuyến nghị này được xây dựng phù hợp với quy định tại Luật số 72/2025/QH15, trong đó nhấn mạnh mô hình tổ chức chính quyền địa phương chỉ gồm hai cấp hành chính: cấp tỉnh và cấp xã/phường/thị trấn. Việc cải cách theo hướng tinh gọn hóa bộ máy, tăng quyền cho cấp cơ sở, đồng thời gắn kết giữa quản lý hành chính - công nghệ - cộng đồng, là trụ cột xuyên suốt trong định hướng đổi mới hiện nay [21].

Trước hết, cần đẩy mạnh rà soát, đồng bộ hóa hệ thống pháp luật liên quan đến quản lý TTXD theo mô hình tổ chức chính quyền hai cấp như quy định tại Luật 72/2025/QH15. Việc bãi bỏ cấp trung gian (thành phố thuộc tỉnh, thị xã, huyện...) yêu cầu các địa phương khẩn trương xác lập lại phân quyền QLXD một cách trực tiếp giữa cấp tỉnh (UBND tỉnh, Sở Xây dựng) và cấp xã/phường. Trong bối cảnh hệ thống pháp luật hiện nay còn tồn tại không ít quy định lẫn lộn về chủ thể quản lý, việc tổ chức rà soát, sửa đổi và ban hành lại các quy định liên quan đến cấp

phép, kiểm tra, cưỡng chế và xử lý vi phạm là yêu cầu cấp thiết. Cơ chế pháp lý cần bảo đảm vừa thống nhất trong toàn quốc, vừa linh hoạt, phù hợp với đặc điểm đô thị hóa nhanh, địa hình ven biển và không gian di sản như tại Hạ Long [21].

Thứ hai, mô hình phân quyền quản lý cần được cụ thể hóa theo hướng tăng tính thực chất, rõ ràng về thẩm quyền và trách nhiệm giải trình. Theo Điều 11 và 12 của Luật số 72/2025/QH15, chính quyền cấp xã được xác lập là một cấp hành chính có trách nhiệm tổ chức thực hiện toàn diện các nhiệm vụ quản lý nhà nước tại cơ sở, dưới sự chỉ đạo và giám sát của UBND cấp tỉnh [21]. Vì vậy, cần mạnh dạn trao quyền cho UBND xã/phường trong việc phát hiện, lập biên bản, xử phạt hành vi vi phạm TTXD có quy mô nhỏ, đồng thời bảo đảm rằng cấp tỉnh sẽ tập trung xử lý các trường hợp mang tính phức tạp, liên ngành hoặc có ảnh hưởng lớn đến không gian đô thị. Cơ chế này không chỉ khắc phục được tình trạng chồng chéo, đùn đẩy trách nhiệm mà còn góp phần phát huy vai trò của chính quyền cấp cơ sở trong mô hình quản lý đa trung tâm.

Thứ ba, chuyển đổi số và ứng dụng công nghệ là giải pháp cốt lõi để hiện đại hóa công tác quản lý TTXD trong bối cảnh chính quyền địa phương được tổ chức tinh gọn. Luật 72/2025/QH15 khẳng định nguyên tắc "hoạt động hiệu lực, hiệu quả, hiện đại" là nền tảng vận hành của chính quyền các cấp [21]. Do đó, TP Hạ Long cần sớm triển khai đồng bộ các công cụ số như hệ thống cấp phép xây dựng điện tử, bản đồ quy hoạch số, nền tảng GIS 3D và đặc biệt là mô hình bản sao số đô thị (Urban Digital Twin). Việc tích hợp các dữ liệu này trên một hệ thống thống nhất không chỉ tăng cường tính minh bạch, khả năng truy xuất và phản hồi nhanh mà còn hỗ trợ rất lớn cho công tác giám sát vi phạm theo thời gian thực - yếu tố đặc biệt cần thiết trong điều kiện địa bàn ven vịnh, đảo và đồi núi của Hạ Long.

Bên cạnh yếu tố công nghệ, việc tăng cường minh bạch thông tin, trách nhiệm giải trình và giám sát cộng đồng là yếu tố quyết định hiệu quả quản lý trong bối cảnh tổ chức chính quyền chỉ còn hai cấp. Luật Thực hiện dân chủ ở cơ sở số 10/2022/QH15 nhấn mạnh yêu cầu kiểm soát quyền lực và trách nhiệm công khai của chính quyền cơ sở đối với người dân [19]. Theo đó, TP Hạ Long cần phát triển các công cụ công khai thông tin như "bảng điểm trách nhiệm công vụ", hiển thị tiến độ xử lý vi phạm, tên cán bộ phụ trách và thời hạn thực hiện. Đồng thời, cần thiết lập nền tảng phản ánh vi phạm trực tuyến, cho phép người dân chụp ảnh, gửi tọa độ, theo dõi tình trạng xử lý, qua đó mở rộng không gian giám sát xã hội một cách hiệu quả. Các tổ dân phố, mặt trận Tổ quốc và đoàn thể chính trị - xã hội cấp xã cần được tăng cường vai trò phản biện và giám sát thường xuyên, theo hướng thể chế hóa và có quy trình tiếp nhận minh bạch.

Cuối cùng, năng lực tổ chức và nguồn lực tài chính là điều kiện bảo đảm để các cải cách trên đi vào thực chất. Trong bối cảnh mô hình chính quyền cấp xã trở thành cấp duy nhất thực thi ở địa phương, cần có chương trình nâng cao năng lực toàn diện cho đội ngũ cán bộ quản lý TTXD tại cơ sở. Nội dung đào tạo phải bao gồm kiến thức pháp luật xây dựng, kỹ năng xử lý vi phạm hành chính, vận hành phần mềm QLXD và kỹ năng tương tác xã hội. Song song, thành phố cần bố trí kinh phí thường xuyên cho các hoạt động kiểm tra hiện trường, đầu tư thiết bị, phần mềm và tổ chức tập huấn. Việc thiết lập cơ chế tài chính gắn với hiệu quả xử lý vi phạm tại cấp xã không chỉ tạo động lực nội sinh cho bộ máy cơ sở mà còn bảo đảm tính bền vững trong quản lý TTXD đô thị.

7. KẾT LUẬN

Quản lý TTXD đô thị là một trong những chức năng cốt lõi phản ánh trực tiếp năng lực thể chế và hiệu quả điều hành của chính quyền địa phương trong tiến trình phát triển đô thị bền vững. Trong bối cảnh Hạ Long - một đô thị ven biển có vị thế chiến lược về du lịch và di sản - đang đối mặt với tốc độ đô thị hóa cao, nhu cầu phát triển hạ tầng lớn và áp lực dân số cơ học ngày càng gia tăng, việc củng cố thể chế quản lý TTXD không chỉ là vấn đề kỹ thuật hành chính, mà còn là bài toán về quản trị công hiện đại, gắn với yêu cầu minh bạch, phân quyền hiệu quả và ứng dụng công nghệ số.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, bên cạnh những nỗ lực cải cách của địa phương trong việc ban hành các quy chế phối hợp, đẩy mạnh chuyển đổi số và tổ chức lại lực lượng kiểm tra, công tác quản lý TTXD tại Hạ Long vẫn còn tồn tại nhiều điểm nghẽn: từ sự chồng chéo trong thẩm quyền, hạn chế về năng lực xử lý tại cấp xã/phường, đến việc thiếu dữ liệu số và kênh giám sát hiệu quả từ cộng đồng. Đáng chú ý, sự thay đổi căn bản trong tổ chức chính quyền địa phương theo Luật số 72/2025/QH15, với việc chính thức thiết lập mô hình hai cấp chính quyền (tỉnh - xã), đã đặt ra yêu cầu cấp thiết trong việc tái cấu trúc toàn diện hệ thống pháp luật, mô hình tổ chức, cũng như công cụ thực thi chính sách trong lĩnh vực TTXD [21].

Từ góc độ lý luận và thực tiễn, nghiên cứu khẳng định rằng quá trình hoàn thiện thể chế quản lý TTXD tại các đô thị như Hạ Long không thể tách rời tiến trình cải cách hành chính, chuyển đổi số và mở rộng không gian quản trị đa chủ thể. Việc đồng bộ hóa pháp luật theo hướng tinh giản và khả thi, thiết lập mô hình phân quyền rõ ràng, hiện đại hóa hạ tầng quản lý công và thể chế hóa vai trò giám sát của cộng đồng sẽ là những giải pháp then chốt để xây dựng một nền quản trị đô thị hiệu quả và đáng tin cậy. Đặc biệt, trong bối cảnh tổ chức bộ máy nhà nước ngày càng hướng tới tinh gọn, hiệu quả và minh bạch, quản lý TTXD không thể tiếp tục vận hành theo cơ chế hành chính truyền thống, mà cần chuyển hóa thành một hệ sinh thái quản trị công hiện đại, trong đó chính quyền - người dân - doanh nghiệp cùng đóng vai trò đồng kiến tạo và đồng giám sát không gian sống đô thị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Tổng cục Thống kê, Niên giám thống kê Việt Nam năm 2022. Hà Nội: NXB Thống kê, 2023.

[2]. Bộ Chính trị, "Nghị quyết số 06-NQ/TW về quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045," 2022.

[3]. UBND TP Hạ Long, "Báo cáo tình hình phát triển kinh tế - xã hội năm 2023 và nhiệm vụ năm 2024," 2024.

[4]. Quốc hội, "Luật Xây dựng số 50/2014/QH13," 2014.

[5]. Quốc hội, "Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng số 62/2020/QH14," 2020.

[6]. S. P. Osborne, "The new public governance?" Public Management Review, vol. 8, no. 3, pp. 377-387, 2006. DOI: https://doi.org/10.1080/14719030600853022

[7]. Chính phủ, "Nghị định số 16/2022/NĐ-CP về xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực xây dựng," 2022.

[8]. Chính phủ, "Nghị định số 59/2015/NĐ-CP về quản lý dự án đầu tư xây dựng công trình," 2015.

[9]. Chính phủ, "Nghị định số 42/2017/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung Nghị định số 59/2015/NĐ-CP," 2017.

[10]. Chính phủ, "Nghị định số 100/2018/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 59/2015/NĐ-CP," 2018.

[11]. Bộ Xây dựng, "Thông tư số 03/2018/TT-BXD hướng dẫn một số nội dung về kiểm tra, xử lý vi phạm trật tự xây dựng đô thị," 2018.

[12]. Chính phủ, "Nghị định số 139/2017/NĐ-CP quy định xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực xây dựng," 2017.

[13]. Quốc hội, "Luật số 62/2020/QH14 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng," 2020.

[14]. UBND tỉnh Quảng Ninh, "Quyết định số 34/2018/QĐ-UBND về việc ban hành Quy chế phối hợp giữa các cấp, các ngành trong quản lý trật tự xây dựng đô thị trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh," 2018.

[15]. UBND tỉnh Quảng Ninh, "Chỉ thị số 09/CT-UBND về việc chấn chỉnh công tác lập, thẩm định, phê duyệt và quản lý quy hoạch xây dựng đô thị trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh," 2020.

[16]. Thanh tra TP Hạ Long, "Kết luận Thanh tra số 87/KL-CTTr về các vi phạm trật tự xây dựng tại tổ 79, khu 7, phường Hà Khẩu, TP Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh," 2023.

[17]. Sở Xây dựng Quảng Ninh, "Báo cáo kết quả kiểm tra nghĩa trang Hà Khẩu - vi phạm quy hoạch và xây dựng không phép tại TP Hạ Long," 2022.

[18]. UBND tỉnh Quảng Ninh, "Quyết định số 362/QĐ-UBND phê duyệt Kế hoạch đào tạo, bồi dưỡng cán bộ, công chức tỉnh Quảng Ninh năm 2025," 2025.

[19]. Quốc hội, "Luật Thực hiện dân chủ ở cơ sở số 10/2022/QH15," 2022.

[20]. Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam, "Nghị quyết số 27-NQ/TW về tiếp tục xây dựng và hoàn thiện Nhà nước pháp quyền xã hội chủ nghĩa Việt Nam," 2022.

[21]. Quốc hội, "Luật số 72/2025/QH15 về Tổ chức chính quyền địa phương," 2025.

■Ngày nhận bài: 01/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2025

Nghiên cứu đề xuất các giải pháp nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam

Research proposes solutions to improve the quality of human resources in the field of maritime transport and logistics in Vietnam

> TS MAI BÁ LĨNH
Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh
Email: linhmb@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu các giải pháp nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam đóng vai trò then chốt trong bối cảnh ngành này đang phát triển mạnh mẽ và hội nhập sâu rộng vào chuỗi cung ứng toàn cầu. Hiện nay, thách thức lớn nhất xuất phát từ sự thiếu hụt lao động có kỹ năng chuyên sâu, năng lực ngoại ngữ còn hạn chế, trình độ ứng dụng công nghệ chưa cao và sự chênh lệch lớn giữa kiến thức đào tạo trong nhà trường với yêu cầu thực tiễn của doanh nghiệp.

Do vậy, cần nghiên cứu và đề xuất giải pháp trong đó tập trung vào 3 nhóm nội dung cốt lõi: Nâng cao chất lượng đào tạo, hợp tác và chuyển giao công nghệ và xây dựng hệ sinh thái phát triển nhân lực mang tính bền vững nhằm nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam.

Kết quả bài báo là tài liệu tham khảo cho các nhà khoa học, nhà quản lý, chuyên gia trong lĩnh vực vận tải biển, logistics nhằm nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam đáp ứng nhu cầu hiện nay.

Từ khóa: Nguồn nhân lực.

ABSTRACT

Researching solutions to improve the quality of human resources in the field of maritime transport and logistics in Vietnam plays a key role in the context of this industry developing strongly and integrating deeply into the global supply chain. Currently, the biggest challenges come from the shortage of skilled workers, limited foreign language skills, low level of technology application and the large gap between knowledge trained in schools and practical requirements of enterprises.

Therefore, it is necessary to research and propose solutions focusing on three core groups of contents: Improving training quality, cooperation and technology transfer and building a sustainable human resource development ecosystem to improve the quality of human resources in the field of maritime transport and logistics in Vietnam.

The results of the article are reference materials for scientists, managers and experts in the field of maritime transport and logistics to improve the quality of human resources in the field of maritime transport and logistics in Vietnam to meet current needs.

Keywords: Human resources.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vận tải biển và logistics là "xương sống" của thương mại quốc tế và chuỗi cung ứng quốc gia. Với vị trí địa chính trị và chuỗi giá trị xuất nhập khẩu phát triển nhanh, Việt Nam đang đối mặt cả cơ hội lẫn thách thức trong việc chuẩn bị nguồn nhân lực có chất lượng cao từ điều khiển, quản lý tàu, điều hành cảng, quản lý chuỗi cung ứng đến chuyên gia về dữ liệu và logistics số [1, 2, 4].

Tuy nhiên, nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam hiện đối mặt nhiều vấn đề nổi bật như thiếu hụt lao động có trình độ chuyên môn sâu, kỹ năng thực hành còn hạn chế và khả năng ngoại ngữ chưa đáp ứng yêu cầu hội nhập quốc tế. Chương trình đào tạo chậm cập nhật, chưa gắn kết chặt chẽ với nhu cầu doanh nghiệp, dẫn đến khoảng cách lớn giữa lý thuyết và thực tiễn. Bên cạnh đó, kỹ năng công nghệ, phân tích dữ liệu và vận hành hệ thống logistics hiện đại còn yếu, ảnh hưởng đến năng suất và khả năng cạnh tranh của ngành [3].

Do vậy, việc nghiên cứu các giải pháp nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam có ý nghĩa đặc biệt quan trọng, là yếu tố quyết định năng lực cạnh tranh của ngành trong bối cảnh hội nhập và chuyển đổi số mạnh mẽ. Chất lượng nhân lực cao giúp doanh nghiệp vận hành hiệu quả chuỗi cung ứng, giảm chi phí, tăng độ tin cậy và đáp ứng tiêu chuẩn quốc tế. Đồng thời, việc nghiên cứu bài bản giúp xác định đúng nhu cầu, hoàn thiện chính sách đào tạo và tạo nền tảng phát triển bền vững cho toàn ngành.

2. THỰC TRẠNG NGUỒN NHÂN LỰC TRONG LĨNH VỰC VẬN TẢI BIỂN VÀ LOGISTICS Ở VIỆT NAM

Qua tổng hợp, thu thập các dữ liệu thì thực trạng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics ở Việt Nam, cụ thể Bảng 1 về cơ cấu nhân lực ngành Logistics, Bảng 2 về khoảng cách năng lực theo từng nhóm kỹ năng, Bảng 3 về dự báo nhu cầu nhân lực logistics Việt Nam (2025 - 2030) như sau [1, 3]:

Bảng 1. Cơ cấu nhân lực ngành Logistics

Nhóm nhân lực	**Tỷ lệ**	**Ghi chú**
Nhân sự sơ cấp (lao động phổ thông, vận hành bãi, kho)	58%	Nhu cầu cao, thiếu kỹ năng công nghệ
Nhân sự trung cấp - kỹ thuật	25%	Thiếu kỹ năng ngoại ngữ, nghiệp vụ quốc tế
Nhân sự chuyên môn cao (quản trị chuỗi, vận tải biển, phân tích dữ liệu)	12%	Thiếu hụt lớn so với nhu cầu phát triển
Nhân sự cấp quản lý, điều hành	5%	Hiếm, chủ yếu đào tạo tại doanh nghiệp

Bảng 2. Khoảng cách năng lực theo từng nhóm kỹ năng

Nhóm kỹ năng	**Mức độ thiếu hụt (1 - 5)**	**Mức độ quan trọng (1 - 5)**	**Nhận xét**
Kỹ năng CNTT - số hóa	4,3	4,8	Khoảng cách lớn nhất
Ngoại ngữ (tiếng Anh)	3,9	4,6	70% DN báo thiếu nhân lực đủ trình độ
Kỹ năng quản trị chuỗi cung ứng	4,1	4,7	Thiếu nhân lực có kinh nghiệm thực tế
Phân tích dữ liệu, mô phỏng	4,5	4,9	Lực lượng mới nhưng rất thiếu
Kỹ năng mềm (teamwork, giao tiếp...)	3,4	4.2	Cần đào tạo bổ sung
Kiến thức pháp lý - thương mại quốc tế	3,7	4,4	Thiếu kiến thức thực tế về FTA, Incoterms

Bảng 3. Dự báo nhu cầu nhân lực logistics Việt Nam (2025 - 2030)

Năm	**Nhu cầu nhân lực (nghìn người)**	**Tăng trưởng %**	**Ghi chú**
2025	Khoảng 540	8%	Chuyển đổi số tăng mạnh
2027	Khoảng 620	7 - 8%/năm	Thương mại điện tử bùng nổ
2030	Khoảng 750	~7%/năm	Nhu cầu nhân lực chất lượng cao chiếm 20 - 25%

Như vậy, trên cơ sở thực trạng về nguồn nhân lực nêu trên và các báo cáo nghiên cứu có liên quan cho thấy lực lượng lao động logistics của Việt Nam đang thiếu nhân lực có kỹ năng chuyên môn cao (quản trị chuỗi cung ứng, khai thác cảng, vận hành TMS/WMS, logistics quốc tế...) và kỹ năng số (sử dụng phần mềm, phân tích dữ liệu...). Đây là "điểm nghẽn" khi chuỗi cung ứng đòi hỏi tự động hóa và tích hợp số hóa ngày càng cao.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bằng các nghiên cứu về lý thuyết, khảo sát thực tế thu thập, phân tích nhu cầu, tồn tại bất cập về nguồn nhân lực, tổng hợp đánh giá, lựa chọn phương pháp tiếp cận, tìm nguyên nhân của tồn tại bất cập, dự báo về nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam, trao đổi với các chuyên gia, nhà khoa học, các tổ chức, cá nhân hoạt động trong lĩnh vực này để đưa ra giải pháp nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam.

4. PHÂN TÍCH NHỮNG TỒN TẠI, BẤT CẬP CỦA NGUỒN NHÂN LỰC TRONG LĨNH VỰC VẬN TẢI BIỂN VÀ LOGISTICS VIỆT NAM

Qua tìm hiểu, phân tích các tài liệu có liên quan, tham khảo các chuyên gia nhà khoa học cho thấy rằng những tồn tại, bất cập của nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam như sau:

Trình độ ngoại ngữ và kỹ năng giao tiếp quốc tế còn hạn chế: Trình độ ngoại ngữ và kỹ năng giao tiếp quốc tế còn hạn chế khiến nhiều lao động khó tiếp cận tài liệu kỹ thuật, đàm phán hợp đồng hay làm việc hiệu quả với các hãng tàu, đối tác nước ngoài. Việc thiếu tự tin trong trao đổi chuyên môn và nắm bắt thuật ngữ chuyên ngành cũng làm giảm năng lực cạnh tranh.

Kỹ năng công nghệ và khả năng ứng dụng chuyển đổi số còn yếu: Kỹ năng công nghệ và khả năng ứng dụng chuyển đổi số còn yếu khiến nhiều lao động khó sử dụng hiệu quả các hệ thống quản lý vận tải, phần mềm logistics hay công cụ phân tích dữ liệu, chưa đáp ứng yêu cầu tự động hóa, dữ liệu lớn và các hệ thống quản trị hiện đại. Việc chậm thích ứng với tự động hóa và quy trình số hóa làm giảm năng suất và cản trở đổi mới trong doanh nghiệp.

Thiếu kinh nghiệm thực tế: Cơ hội thực tập và trải nghiệm tại doanh nghiệp còn hạn chế khiến nhiều lao động mới khó áp dụng kiến thức lý thuyết vào công việc thực tiễn. Họ gặp khó khăn trong xử lý tình huống phát sinh, quản lý quy trình vận hành và ra quyết định nhanh chóng. Điều này làm giảm hiệu quả công việc và kéo dài thời gian đào tạo tại doanh nghiệp.

Tình trạng chảy máu chất xám: Tình trạng chảy máu chất xám diễn ra khi nhiều nhân sự có trình độ cao rời doanh nghiệp trong nước để làm việc cho các công ty nước ngoài hoặc ngành nghề khác với mức thu nhập hấp dẫn hơn. Điều này dẫn đến thiếu hụt nhân lực chất lượng, làm chậm tiến trình phát triển và nâng cao năng lực cạnh tranh của lĩnh vực vận tải biển và logistics.

Kỹ năng mềm còn yếu: Kỹ năng mềm yếu khiến nhân lực gặp khó khăn trong làm việc nhóm, giao tiếp hiệu quả và giải quyết xung đột. Thiếu khả năng quản lý thời gian, tư duy phản biện, làm việc nhóm, giải quyết vấn đề và thích ứng với thay đổi làm giảm hiệu quả công việc, cản trở sự hợp tác và phát triển bền vững trong môi trường vận tải biển và logistics.

Mức độ hiểu biết về pháp lý quốc tế và quy định hàng hải còn hạn chế: Mức độ hiểu biết về pháp lý quốc tế và quy định hàng hải còn hạn chế khiến nhiều nhân sự gặp khó khăn trong việc tuân thủ các tiêu chuẩn, thủ tục và hợp đồng quốc tế. Điều này có thể dẫn đến rủi ro pháp lý, vi phạm quy định và làm giảm uy tín, năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp. Việc thiếu thông tin cập nhật kịp thời cũng như kỹ năng thích ứng có thể dẫn đến chậm trễ trong triển khai, tăng chi phí và rủi ro pháp lý, gia tăng nhu cầu tuyển dụng, đào tạo lại và tổ chức lại lao động vận tải.

Phân bổ nguồn nhân lực chưa hợp lý: Phân bổ nguồn nhân lực chưa hợp lý dẫn đến tình trạng tập trung quá nhiều nhân sự vào các khâu truyền thống, trong khi các mảng quan trọng như quản trị rủi ro, phân tích dữ liệu và tối ưu hóa chuỗi cung ứng lại thiếu hụt. Điều này làm giảm hiệu quả vận hành và cản trở sự phát triển bền vững của doanh nghiệp.

5. NGUYÊN NHÂN CHỦ YẾU CỦA NHỮNG TỒN TẠI, BẤT CẬP

Qua phân tích, đánh giá và tham khảo các chuyên gia, nhà khoa học trong lĩnh vực này thì nguyên nhân của những tồn tại, bất cập nêu trên chủ yếu từ các nguyên nhân sau:

Liên kết giữa doanh nghiệp và cơ sở đào tạo yếu: Liên kết giữa doanh nghiệp và cơ sở đào tạo yếu khiến chương trình học chưa gắn với thực tiễn ngành vận tải biển và logistics. Sinh viên thiếu cơ hội thực tập, tiếp cận quy trình vận hành và nhu cầu thực tế của doanh nghiệp. Các trường đào tạo có các cơ sở vật chất còn hạn chế, nội dung chưa đáp ứng xu hướng công nghệ, tự động hóa và quản trị chuỗi cung ứng hiện đại, dẫn đến khoảng cách giữa lao động và yêu cầu thực tế. Điều này dẫn đến nhân lực thiếu kỹ năng, kinh nghiệm và khả năng thích ứng khi ra nghề.

Lao động thiếu cơ hội thực hành và trải nghiệm thực tế: Nhiều lao động mới thiếu cơ hội thực hành tại cảng, kho bãi và doanh nghiệp vận tải. Hệ thống thực tập, mentoring và hướng dẫn chuyên môn chưa phát triển, dẫn đến nhân sự thiếu kinh nghiệm thực tế. Do vậy, họ khó xử lý tình huống phát sinh, giảm khả năng ra quyết định nhanh và ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả vận hành doanh nghiệp.

Chính sách thu hút và giữ chân nhân lực chưa hiệu quả: Mức lương, chế độ đãi ngộ và cơ hội thăng tiến trong ngành vận tải biển và logistics còn thấp so với nhu cầu và áp lực công việc. Nhiều nhân sự giỏi chuyển sang các doanh nghiệp nước ngoài hoặc ngành khác có thu nhập cao hơn. Việc này dẫn đến chảy máu chất xám, thiếu nhân lực quản lý cấp cao và đội ngũ có tay nghề cao.

Thiếu tiếp cận công nghệ và chuyển đổi số: Nhân lực trong ngành ít được trang bị đầy đủ kỹ năng công nghệ, phần mềm quản lý, dữ liệu lớn và tự động hóa. Sự thiếu hụt này xuất phát từ cả đào tạo chưa kịp thời và đầu tư công nghệ hạn chế trong doanh nghiệp. Hệ quả là hiệu quả vận hành thấp, khó triển khai các giải pháp logistics hiện đại và tối ưu hóa chuỗi cung ứng.

Yêu cầu quốc tế ngày càng cao nhưng kỹ năng ngoại ngữ và pháp lý hạn chế: Ngành vận tải biển và logistics Việt Nam hoạt động trong môi trường quốc tế, đòi hỏi nhân lực hiểu biết về ngoại ngữ, đàm phán và pháp lý quốc tế. Tuy nhiên, nhiều lao động thiếu kỹ năng giao tiếp quốc tế, chưa nắm vững quy định hàng hải và tiêu chuẩn quốc tế. Điều này làm giảm khả năng cạnh tranh và dễ dẫn đến rủi ro pháp lý.

Quản lý nguồn nhân lực chưa hợp lý và thiếu chiến lược phát triển dài hạn: Doanh nghiệp chưa có cơ chế phân bổ nhân lực hợp lý, chưa xây dựng lộ trình phát triển kỹ năng, năng lực lãnh đạo và chuyên môn. Nhiều vị trí quan trọng thiếu người có chuyên môn sâu và quản lý cấp cao. Việc này dẫn đến khoảng trống kỹ năng, khó triển khai chiến lược dài hạn, ảnh hưởng đến năng suất, hiệu quả vận hành và khả năng cạnh tranh quốc tế.

6. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG NGUỒN NHÂN LỰC TRONG LĨNH VỰC VẬN TẢI BIỂN VÀ LOGISTICS VIỆT NAM

Trên cơ sở phân tích thực trạng nêu trên, kết quả nghiên cứu về các giải pháp nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam như sau:

6.1. Từng bước chuyển chương trình đào tạo - từ lý thuyết sang rèn luyện kỹ năng và thực hành

Giải pháp từng bước chuyển chương trình đào tạo từ lý thuyết sang rèn luyện kỹ năng và thực hành là yếu tố then chốt nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong ngành vận tải biển và logistics Việt Nam. Trước tiên, xây dựng nền tảng lý thuyết vững chắc về quản lý chuỗi cung ứng, vận tải biển, khai thác cảng và logistics thông minh, đồng thời cập nhật kiến thức về công nghệ số, phần mềm quản lý vận tải và dữ liệu lớn. Tiếp theo, tích hợp các bài tập thực hành mô phỏng tình huống thực tế, như tối ưu hóa tuyến đường vận tải, quản lý kho thông minh, xử lý sự cố logistics và vận hành cảng tự

động. Các dự án nhóm, workshop và thực tập tại doanh nghiệp giúp học viên phát triển kỹ năng thực tế, tư duy phân tích dữ liệu và khả năng làm việc nhóm. Đánh giá liên tục dựa trên kỹ năng thực hành, phản hồi doanh nghiệp và xu hướng công nghệ đảm bảo nguồn nhân lực đáp ứng tiêu chuẩn quốc tế.

6.2. Phát triển chương trình hợp tác doanh nghiệp: "đào tạo theo đặt hàng"

Phát triển chương trình hợp tác doanh nghiệp theo mô hình "đào tạo theo đặt hàng" là giải pháp chiến lược nhằm nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam. Giải pháp này bắt đầu bằng việc doanh nghiệp xác định rõ nhu cầu nhân lực về số lượng, kỹ năng chuyên môn và công nghệ hiện đại, từ đó phối hợp với các cơ sở đào tạo xây dựng chương trình phù hợp. Chương trình kết hợp lý thuyết với thực hành, mô phỏng các tình huống thực tế trong vận tải biển, khai thác cảng, quản lý kho và logistics số. Học viên được tham gia thực tập, dự án thực tế tại doanh nghiệp, tiếp cận công nghệ quản lý vận tải, dữ liệu lớn và phần mềm logistics hiện đại. Đồng thời, cơ chế phản hồi liên tục từ doanh nghiệp giúp điều chỉnh nội dung đào tạo sát với yêu cầu thực tế. Mô hình này không chỉ nâng cao kỹ năng, năng lực làm việc nhóm và tư duy giải quyết vấn đề mà còn tạo nguồn nhân lực chất lượng cao, đáp ứng nhu cầu cạnh tranh quốc tế, góp phần phát triển bền vững ngành vận tải biển và logistics Việt Nam.

6.3. Nâng cao kỹ năng số và ngoại ngữ

Nâng cao kỹ năng số và ngoại ngữ là giải pháp then chốt để cải thiện chất lượng nguồn nhân lực trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam, đáp ứng yêu cầu hội nhập quốc tế và vận hành logistics hiện đại. Trước tiên, cần đào tạo nhân lực sử dụng thành thạo các phần mềm quản lý vận tải, kho bãi, chuỗi cung ứng và phân tích dữ liệu lớn, đồng thời ứng dụng các công nghệ số như Internet vạn vật (IoT) và hệ thống tự động hóa cảng. Song song đó, nâng cao năng lực ngoại ngữ, đặc biệt tiếng Anh, giúp nhân viên giao tiếp hiệu quả với đối tác quốc tế, hiểu tài liệu kỹ thuật và cập nhật các quy định, tiêu chuẩn toàn cầu. Kết hợp lý thuyết, bài tập thực hành và tình huống thực tế, cùng các chương trình workshop và dự án tại doanh nghiệp, giúp nhân lực vận tải biển và logistics phát triển toàn diện, linh hoạt và sẵn sàng đáp ứng nhu cầu cạnh tranh toàn cầu.

6.4. Hợp tác quốc tế và chuyển giao công nghệ

Hợp tác quốc tế và chuyển giao công nghệ là giải pháp quan trọng để nâng cao chất lượng nguồn nhân lực và năng lực cạnh tranh trong lĩnh vực vận tải biển và logistics Việt Nam. Giải pháp này bao gồm việc thiết lập quan hệ đối tác chiến lược với các doanh nghiệp, trường đại học và tổ chức logistics quốc tế để tiếp nhận kiến thức, quy trình quản lý hiện đại và công nghệ tiên tiến. Thông qua chương trình trao đổi chuyên gia, hội thảo quốc tế và dự án hợp tác, nhân lực Việt Nam được tiếp xúc với thực tiễn quốc tế, nâng cao kỹ năng vận hành cảng, quản lý chuỗi cung ứng, logistics số và xử lý dữ liệu lớn. Đồng thời, chuyển giao công nghệ giúp các doanh nghiệp trong nước áp dụng phần mềm quản lý hiện đại, tự động hóa quy trình và tối ưu hóa logistics. Giải pháp này góp phần xây dựng nguồn nhân lực chuyên nghiệp, linh hoạt và đáp ứng yêu cầu cạnh tranh toàn cầu, thúc đẩy phát triển bền vững ngành vận tải biển và logistics Việt Nam.

7. KẾT LUẬN

Nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong vận tải biển và logistics là nhiệm vụ chiến lược nếu Việt Nam muốn khai thác triệt để lợi thế cảng biển, vị trí thương mại và tham gia sâu hơn vào chuỗi giá trị toàn cầu. Giải pháp hiệu quả là kết hợp đồng bộ giữa các yếu tố: Đào tạo, gắn kết doanh nghiệp - trường học - nhà quản lý, phát triển kỹ năng số và ngoại ngữ, chính sách khuyến khích từ Nhà nước và hợp tác quốc tế để chuyển giao kỹ thuật và công nghệ. Việc triển khai cần có lộ trình rõ ràng, các chỉ tiêu đo lường kết quả và sự cam kết phối hợp giữa các cơ quan, tổ chức có liên quan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Công Thương (2024), Báo cáo Logistic Việt Nam 2024.

[2]. Bộ Công Thương (2023), Kế hoạch chuyển đổi số ngành Công Thương giai đoạn 2021 - 2025, định hướng đến năm 2030.

[3]. Quản trị nguồn nhân lực ngành logistics tại Việt Nam: Thực trạng và giải pháp. http://thuvienlamdong.org.vn:81/bitstream/DL_134679/65945/1/CVv146S132022236.pdf.

[4]. Hiệp hội Doanh nghiệp dịch vụ Logistics Việt Nam (2023), Báo cáo thường niên 2023.

■Ngày nhận bài: 01/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2025

Đề xuất các yếu tố kinh tế thành phố cảng ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển

Proposals for economic factors of the port city affecting seaport throughput

> TS VƯƠNG THU GIANG, TS NGUYỄN THỊ THÚY HỒNG*
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
*Email: hongntt.ktcb@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Cảng biển đóng vai trò là đầu mối giao thương quan trọng, thúc đẩy xuất nhập khẩu, góp phần phát triển kinh tế vùng và quốc gia. Cảng biển tạo ra nguồn thu cho ngân sách nhà nước, tạo việc làm trực tiếp và gián tiếp, thúc đẩy đô thị hóa và phát triển các khu vực ven biển, đồng thời tăng cường hội nhập kinh tế quốc tế và hỗ trợ an ninh quốc phòng. Sự phát triển kinh tế của thành phố mang lại lợi thế, nguồn lực to lớn cho cảng biển, giúp cảng tăng trưởng sản lượng và năng lực thông qua của cảng biển. Bài báo áp dụng phương pháp Delphi để chỉ ra các yếu tố kinh tế thành phố cảng ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển trong khu vực. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa quyết định trong việc tìm ra mức độ ảnh hưởng của các yếu tố kinh tế thành phố cảng ảnh hưởng đến quy mô cảng biển. Đây là cơ sở giúp các nhà hoạch định chính sách tại thành phố cảng nhận diện rõ những nhiệm vụ ưu tiên cần thực hiện nhằm đưa cảng biển phát triển một cách hiệu quả, phù hợp với tiềm năng sẵn có.

Từ khóa: Yếu tố kinh tế; thành phố cảng; sản lượng thông qua; cảng biển.

ABSTRACT

The seaport is an important center for trade, helping to boost import and export activities and supporting the economic development of the region and the country. It generates revenue for the state budget, creates jobs both directly and indirectly, encourages urban growth and the development of coastal areas and strengthens international economic integration as well as national security. The economic growth of the port city provides great advantages and resources for the seaport, helping it to increase its throughput and capacity. This article uses the Delphi method to identify economic factors of the port city that affect the cargo throughput of seaports in the region. The research results are important to understand how economic factors of the port city influence the scale of the seaport. This provides a basis for policymakers in the port city to clearly identify priority tasks to effectively develop the seaport, in line with its existing potential.

Keywords: Economic factors; port city; throughput; seaport.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cảng biển đóng vai trò là đầu mối giao thương quan trọng, thúc đẩy xuất nhập khẩu, góp phần phát triển kinh tế địa phương, vùng và quốc gia. Cảng biển tạo ra nguồn thu cho ngân sách nhà nước, tạo việc làm trực tiếp và gián tiếp, thúc đẩy đô thị hóa và phát triển các khu vực ven biển, đồng thời tăng cường hội nhập kinh tế quốc tế và hỗ trợ an ninh quốc phòng

Có thể nói cảng là động lực thiết yếu cho sự phát triển của các thành phố và các thành phố cung cấp nguồn lực và cơ sở hạ tầng quan trọng cho cảng [12]. Trong lĩnh vực nghiên cứu, về mối quan hệ qua lại giữa thành phố cảng và cảng biển, hiện nay đã có nhiều công bố trong và ngoài nước nghiên cứu ảnh hưởng của cảng biển đến thành phố cảng, đặc biệt về lĩnh vực kinh tế. Các mô hình thực nghiệm là phương pháp chủ yếu được sử dụng để nghiên cứu tác động về mặt kinh tế của cảng đối với sự phát triển của khu vực [9]. Kết quả cho thấy hoạt động của cảng thúc đẩy tăng trưởng của nền kinh tế đô thị. Thật vậy, Ferrari và cộng sự đánh giá tác động của hoạt động cảng đến việc làm trong 562 khu vực ở 10 nước Tây Âu từ năm 2000 đến năm 2006. Bottasso quan sát 621 khu vực nằm ở 13 nước ở châu Âu với giai đoạn nghiên cứu 1998 - 2009. Cả hai nhóm nghiên cứu đều ước tính tác động trực tiếp và gián tiếp do hoạt động tại cảng tạo ra bằng phương pháp kinh tế lượng. Những tính toán của họ đưa ra kết quả rằng hoạt động các cảng có tác động tích cực đối với tổng sản phẩm và việc làm của khu vực [dẫn

chiếu 6]. Dwarakish and Salim tin rằng cảng là phương tiện để hội nhập khu vực vào hệ thống kinh tế toàn cầu. Họ thấy rằng các cảng có ảnh hưởng tích cực đến việc tạo việc làm và tổng sản phẩm khu vực [dẫn chiếu 6]. Ở châu Á, trong một nghiên cứu mô tả mối tương quan giữa các hoạt động xuất khẩu tại cảng đảo Batam kết hợp với chín lĩnh vực GRDP, Slamet Hargono và các cộng sự chỉ ra rằng hoạt động xuất khẩu tại cảng sẽ tỷ lệ thuận với các ngành công nghiệp, xây dựng, giao thông vận tải và buôn bán [10]. Song và Mi thực hiện kiểm định nhân quả Granger giữa đầu tư cảng và tăng trưởng kinh tế ở Trung Quốc tại khu vực và tiểu vùng cấp độ khu vực. Họ khám phá ra mối tương quan trong ngắn hạn giữa đầu tư cảng và tăng trưởng kinh tế. Đặc biệt, các tác giả cho rằng đầu tư cảng là nguyên nhân lâu dài cho tăng trưởng kinh tế [9]. Munim and Schramm xem xét tác động của cơ sở hạ tầng cảng và các hoạt động liên quan đến tăng trưởng kinh tế. Các tác giả sử dụng phương pháp xây dựng phương trình cấu trúc để cung cấp bằng chứng thực nghiệm chỉ ra cơ sở hạ tầng của cảng đảm bảo chất lượng sẽ thúc đẩy tăng trưởng kinh tế đối với các quốc gia đang phát triển. Mối tương quan này yếu đi khi các nước đó trở nên thịnh vượng hơn [dẫn chiếu 6]. Năm 2020, có một nghiên cứu về sự ảnh hưởng của cảng biển Hải Phòng đến phát triển thành phố về mặt kinh tế. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, trong ngắn hạn, cả sản lượng thông qua cảng cũng như vốn đầu tư vào cảng có ảnh hưởng cùng chiều đến GRDP thành phố trong khi trong dài hạn thì chỉ sản lượng thông qua ảnh hưởng tích cực đáng kể đến GRDP thành phố [1].

Như vậy, phần lớn các nghiên cứu từ các quốc gia phát triển ở châu Âu đến khu vực châu Á, các nước tiếp giáp Việt Nam như Trung Quốc đến các nghiên cứu trong nước đều tập trung vào ảnh hưởng của cảng biển tới phát triển thành phố cảng chủ yếu về mặt kinh tế, đặc biệt cũng đã có nghiên cứu cụ thể về ảnh hưởng của cảng biển Hải Phòng đến phát triển thành phố về lĩnh vực kinh tế. Tuy nhiên, rất hiếm các nghiên cứu chỉ ra sự tác động của thành phố cảng đến sự phát triển của cảng biển nằm trong khu vực thành phố đó. Tác giả muốn lấp đầy khoảng trống đó cả về lý luận và thực tiễn. Nghiên cứu được bắt đầu với bài báo này với nội dung đề xuất các yếu tố kinh tế thành phố cảng ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khái niệm phương pháp Delphi

Phương pháp Delphi là quá trình giao tiếp nhóm giữa người nghiên cứu và các chuyên gia nhằm đạt được sự thống nhất về một vấn đề cụ thể, mang lại một kết quả khách quan, đáng tin cậy. Đây là phương pháp đã và đang được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu trong và ngoài nước.

2.2. Đặc điểm của phương pháp Delphi

Kỹ thuật Delphi là một phương pháp thích hợp để xây dựng sự đồng thuận bằng cách sử dụng bảng câu hỏi để thu thập dữ liệu từ một nhóm các đối tượng được lựa chọn [dẫn chiếu 5]. Đặc điểm của phương pháp như sau: (1) Kỹ thuật Delphi thiết kế nhiều vòng để phát triển sự đồng thuận về quan điểm liên quan đến một chủ đề nhất định. Quy trình phản hồi cho phép những người tham gia Delphi được lựa chọn đánh giá lại những ý kiến ban đầu của mình và đánh giá các ý kiến của các thành viên khác trong hội đồng Delphi; (2) một ưu điểm lớn khác của phương pháp Delphi là sự ẩn danh của người tham gia phỏng vấn. Đặc điểm này khắc phục những hạn chế của các phương pháp tổng hợp ý kiến thông thường khác như tác động của các cá nhân có tầm ảnh hưởng và áp lực *ý* kiến theo đám đông [dẫn chiếu 5]; (3) Ưu điểm quan trọng nữa của phương pháp Delphi là sự phản hồi có kiểm soát. Dựa trên Dalkey (1972), nhiễu là sự giao tiếp xảy ra trong quy trình nhóm, làm sai lệch dữ liệu và đôi khi giải quyết lợi ích nhóm/cá nhân hơn là tập trung vào giải quyết vấn đề nghiên cứu [dẫn chiếu 5]. Trải qua nhiều vòng khảo sát, những người tham gia phỏng vấn được định hướng trong giải quyết vấn đề, từ đó đưa ra ý kiến sâu sắc hơn và giảm thiểu được ảnh hưởng của nhiễu.

2.3. Thực hiện phương pháp

Phương pháp Delphi được thực hiện theo các bước sau:

** Bước 1*: Lập bảng câu hỏi.

Ngôn ngữ, cách diễn đạt và các vấn đề khoa học cần xin ý kiến chuyên phải được trình bày rõ ràng, mạch lạc, đúng văn phong hàn lâm, không gây khó hiểu, mơ hồ cho chuyên gia.

** Bước 2*: Lựa chọn chuyên gia xin ý kiến.

- Về số lượng: Các nghiên cứu không đưa ra số lượng chính xác chuyên gia cần thiết cho cuộc điều tra của Delphi. Ví dụ, Armstrong cho rằng 5 - 20 chuyên gia là đủ [dẫn chiếu 11]. Murphy và các cộng sự lại ngụ ý một số lượng nhỏ chuyên gia tham gia thảo luận là không có tính đại diện và đưa ra quan điểm hội đồng càng lớn thì kết quả đồng thuận càng đáng tin cậy [dẫn chiếu 11]. Trong khi, Rowe và Wright lưu ý rằng một hội đồng lớn có thể dẫn đến việc quá tải và không mạch lạc trong việc thu thập thông tin [7]. Còn Powell lại ưu tiên lựa chọn chuyên môn của các chuyên gia và mức độ sẵn sàng tham gia đóng góp ý kiến [5].

- Về chất lượng của chuyên gia: Trên thực tế, không có tiêu chí chính xác nào được đưa ra liên quan đến việc lựa chọn các chuyên gia Delphi. Theo Oh (1974), việc lựa chọn chuyên gia cần dựa trên sự phán xét và quyết định của các nhà nghiên cứu. Jones và Twiss (1978) tuyên bố rằng các nhà nghiên cứu áp dụng phương pháp Delphi nên xác định và lựa chọn những người tham gia thích hợp thông qua một quá trình đề cử. Nói chung, người nghiên cứu có thể lựa chọn các cá nhân có vị trí nhất định, các nhà lãnh đạo, làm theo đánh giá tác giả của các ấn phẩm trong tài liệu [8] hoặc liên hệ với những người có mối quan hệ trực tiếp đến một vấn đề cụ thể [dẫn chiếu 5].

** Bước 03*: Thực hiện xin ý kiến chuyên gia.

Về lý thuyết, quá trình thực hiện Delphi có thể được lặp đi lặp lại cho đến khi đạt được sự thống nhất. Tuy nhiên, Cyphert và Gant (1971), Brooks (1979), Ludwig (1994, 1997) cho rằng trong hầu hết các trường hợp, ba lần lặp lại thường là đủ để thu thập thông tin cần thiết và đạt được sự đồng thuận. Ngoài ra, số lần lặp lại trong quá trình thực hiện Delphi phụ thuộc phần lớn vào mức độ đồng thuận mà các nhà nghiên cứu tìm kiếm, có thể thay đổi từ 3 đến 5 vòng [dẫn chiếu 5].

3. ĐỀ XUẤT CÁC YẾU TỐ KINH TẾ THÀNH PHỐ CẢNG ẢNH HƯỞNG ĐẾN SẢN LƯỢNG THÔNG QUA CẢNG BIỂN

3.1. Đề xuất các yếu tố kinh tế của thành phố cảng ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển

Với mục tiêu nghiên cứu đã đề ra, đề tài cần xác định các yếu tố kinh tế cơ bản của thành phố ảnh hưởng đến chỉ tiêu sản lượng thông qua cảng biển trong địa bàn thành phố. Như đã đề cập, cho đến nay rất ít nghiên cứu về ảnh hưởng của thành phố cảng đến sự phát triển của cảng biển. Chính vì vậy, để lựa chọn các yếu tố kinh tế của thành phố cảng ảnh hưởng tới sản lượng thông qua cảng biển, đề tài tổng hợp các nghiên cứu về kinh tế thành phố cảng gắn với sự phát triển của cảng biển.

Tác giả Hồ Viết Chiến nêu lên những lợi thế tiềm năng phát triển kinh tế dịch vụ của Bà Rịa - Vũng Tàu, địa phương cửa ngõ của tỉnh miền Đông Nam Bộ hướng ra biển Đông, có hệ thống cảng biển lớn là đầu mối tiếp cận với các nước trong khu vực Đông Nam Á và thế giới. Bài báo nhấn mạnh cảng biển logistics được coi là một

trong bốn lĩnh vực dịch vụ kinh tế mũi nhọn của tỉnh nhưng còn phát triển chưa tương xứng với tiềm năng, nguyên nhân chủ yếu do hệ thống cảng biển chưa được quy hoạch đồng bộ khoa học, hệ thống đường bộ kết nối với hệ thống cảng biển với sân bay và các trung tâm dịch vụ logistics chưa hoàn thành, hệ thống giao thông địa bàn tỉnh và cả khu vực Đông Nam Bộ chưa đáp ứng được tốc độ phát triển hệ thống cảng của tỉnh, nguồn nhân lực phục vụ cho dịch vụ cảng biển và dịch vụ logistics còn quá ít, thiếu về số lượng và kém về chất lượng [2]. Có thể thấy, hệ thống giao thông, cơ sở hạ tầng và nguồn nhân lực phục vụ cho dịch vụ cảng biển, dịch vụ logistics của tỉnh là nguyên nhân chính khiến dịch vụ kinh tế mũi nhọn của tỉnh còn chưa phát triển tương xứng với tiềm năng. Tác giả Nguyễn Ngọc Trung khẳng định Quảng Ninh có những lợi thế chiến lược quan trọng trong vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ, chiều dài bờ biển trên 250 km. Đây là những lợi thế lớn để Quảng Ninh phát triển kinh tế biển. Thật vậy, thời gian qua, Quảng Ninh đã triển khai các cơ chế chính sách phát triển kinh tế biển hiệu quả với định hướng phát triển theo thứ tự ưu tiên, trước nhất là Du lịch - dịch vụ và Kinh tế hàng hải. Ngoài ra, Quảng Ninh cũng chú trọng phát triển mạnh hạ tầng giao thông phục vụ kinh tế nói chung và kinh tế biển nói riêng. Kết quả giai đoạn 2015 - 2020, Quảng Ninh đạt được khá nhiều kết quả nổi bật trong phát triển kinh tế biển, xét về kinh tế hàng hải, đường biển của tỉnh đảm nhận 8,3% khối lượng vận chuyển hàng hóa, chiếm 40,5% tổng hàng hóa thông qua các cảng biển khu vực phía Bắc. Quảng Ninh hiện có 11 dịch vụ cảng biển, trong đó doanh thu dịch vụ cảng biển giai đoạn nghiên cứu đạt khoảng 50.000 tỷ đồng [3]. Có thể thấy, sự chú trọng về cơ chế chính sách và phát triển mạnh hạ tầng giao thông phục vụ kinh tế biển (trong đó có cảng biển) đã giúp Quảng Ninh này đạt được khá nhiều thành tựu phát triển kinh tế biển trong thời gian qua. Song and Mi cũng điều tra mối quan hệ nhân quả Granger giữa đầu tư cảng và tăng trưởng kinh tế ở Trung Quốc ở cấp khu vực và tiểu khu vực. Họ tìm thấy mối quan hệ nhân quả song phương ngắn hạn giữa đầu tư cảng và tăng trưởng kinh tế [9].

Ở phạm vi rộng hơn, qui mô quốc gia và thế giới, Wim Heijman phân tích tác động kinh tế của thương mại thế giới đến cảng Rotterdam, cụ thể tìm kiếm mối quan hệ nhân quả giữa khối lượng thương mại trên thế giới và hoạt động tại cảng Rotterdam. Kết quả hồi quy chỉ ra rằng những cú sốc ngắn hạn trong thương mại thế giới có tác động đáng kể về mặt thống kê đến sản lượng của Rotterdam [12]. Tương tự, để điều tra ảnh hưởng của các nhân tố kinh tế ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển Việt Nam, tác giả Phạm Thị Thu Hằng đề xuất 5 nhân tố GDP, tổng kim ngạch xuất nhập khẩu, tổng giá trị công nghiệp, tổng giá trị nông, lâm nghiệp thủy sản và vốn đầu tư. Kết quả nghiên cứu chỉ ra GDP, tổng kim ngạch XNK và tổng giá trị công nghiệp ảnh hưởng tích cực đến sản lượng thông qua cảng biển Việt Nam, trong đó kim ngạch xuất nhập khẩu tác động mạnh nhất [4].

Sau khi tổng hợp một số các nghiên cứu có liên quan, có thể nhận thấy phát triển kinh tế các thành phố cảng thường được gắn với sự phát triển của cảng biển thông qua các chỉ tiêu về quy mô kinh tế của thành phố, vốn đầu tư, nguồn nhân lực và cơ sở hạ tầng giao thông của thành phố.

Để đảm bảo độ tin cậy trong việc lựa chọn các yếu tố kinh tế của thành phố cảng tác động đến sản lượng thông qua cảng biển, đề tài sử dụng phương pháp Delphi - mời các chuyên gia có chuyên môn phù hợp để xin ý kiến.

3.2. Áp dụng phương pháp Delphi để lựa chọn các yếu tố kinh tế của thành phố

Bước 1: Nhóm tác giả lập bảng câu hỏi phù hợp nhằm mục đích xin ý kiến các chuyên gia về các yếu tố kinh tế của thành phố cảng ảnh hưởng đến sản lượng thông qua của cảng biển.

Bước 2: Nhóm tác giả lựa chọn 6 chuyên gia đến từ các cơ quan thuộc thành phố cảng và các cơ quan đơn vị liên quan đến cảng biển, thành phố cảng.

Bảng 1. Danh sách các chuyên gia tham gia lựa chọn các yếu tố kinh tế ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển

STT	Cơ quan/ đơn vị	Vị trí công việc	Số năm kinh nghiệm	Học vị, học hàm
1	Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật Hải Phòng	Nguyên Phó Chủ tịch Thường trực UBND TP Hải Phòng	35 năm	Phó Giáo sư. Tiến sĩ
2	Cục thống kê Hải Phòng	Trưởng phòng Thống kê kinh tế	25 năm	Thạc sĩ
3	Cảng vụ Đà Nẵng	Giám đốc	25 năm	Tiến sĩ
4	Cảng Hải Phòng	Giám đốc	30 năm	Thạc sĩ
5	Viện Chiến lược và Phát triển GTVT	Trưởng phòng Dự báo và Tổ chức vận tải	25 năm	Thạc sĩ
6	Trường Đại học Ngoại thương	Giảng viên	32 năm	Phó Giáo sư. Tiến sĩ

(Nguồn: Nhóm tác giả tự tổng hợp)

Bước 3: Thực hiện phương pháp

Nhóm tác giả gửi mỗi chuyên gia một phiếu xin ý kiến. Sau khi nhận được phản hồi của các chuyên gia, nhóm tác giả tiến hành đàm đạo nhiều vòng qua email, điện thoại hoặc gặp mặt trực tiếp. Quá trình thảo luận diễn ra cho đến khi đạt được sự thống nhất giữa nhóm tác giả và các chuyên gia.

Cuối cùng, sau khi thống nhất được với từng chuyên gia, nhóm tác giả lập phiếu xin xác nhận sự đồng thuận về các yếu tố kinh tế của thành phố ảnh hưởng đến sản lượng thông qua. Các yếu tố kinh tế của thành phố ảnh hưởng đến sản lượng thông qua được nhất trí với 4 tiêu chí: Tổng sản phẩm trên địa bàn (GRDP); vốn đầu tư trực tiếp của nước ngoài (FDI); vốn đầu tư xây dựng cơ bản (vốn XDCB) và kim ngạch xuất nhập khẩu của thành phố (kim ngạch XNK).

3.3. Các yếu tố kinh tế của thành phố cảng

- Tổng sản phẩm trên địa bàn (GRDP):

Là giá trị tổng sản phẩm hàng hóa và dịch vụ của hoạt động sản xuất kinh doanh được thực hiện bởi các đơn vị sản xuất kinh doanh trên địa bản tỉnh (thành phố) trực thuộc Trung ương. Trên phạm vi cấp tỉnh, GRDP được tính theo phương pháp sản xuất, theo đó GRDP bằng tổng giá trị tăng thêm theo giá cơ bản của tất cả các hoạt động kinh tế cộng với phần thuế sản phẩm trừ đi trợ cấp sản phẩm. GRDP được tính theo giá hiện hành và giá so sánh.

Về phương pháp tính toán và nội dung tính toán, chỉ tiêu GDP và GRDP là hoàn toàn như nhau, chỉ khác ở phạm vi tính toán, GDP tính trên phạm vi của cả nước, còn GRDP tính trên phạm vi của một tỉnh, thành phố (địa phương).

- Đầu tư trực tiếp từ nước ngoài trên địa bàn (FDI):

Là tổng số tiền và hiện vật hợp pháp của các nhà đầu tư nước ngoài đưa vào địa phương, thực hiện đầu tư vào các dự án đã được

phê duyệt trên địa bàn tỉnh (thành phố) trực thuộc Trung ương, được thực hiện dưới các hình thức như tiền, máy móc, thiết bị, vật tư.

- *Vốn đầu tư xây dựng cơ bản (vốn đầu tư XDCB):*

Vốn đầu tư XDCB là chỉ tiêu phản ánh toàn bộ những chi phí được biểu hiện thành tiền dùng cho việc xây mới, mở rộng, xây dựng lại và khôi phục tài sản cố định trong một thời kỳ nhất định, bao gồm: Chi phí khảo sát, quy hoạch; chi phí chuẩn bị đầu tư và thiết kế; chi phí xây dựng; chi phí mua sắm, lắp đặt thiết bị… Vốn đầu tư XDCB gồm:

+ Xây dựng và lắp đặt (vốn xây lắp);

+ Máy móc thiết bị (vốn thiết bị);

+ Vốn đầu tư xây dựng cơ bản khác.

Cụ thể là:

$V_{XDCB} = V_{xd} + V_{tb} + V_k$ (đ)

Trong đó:

V_{XDCB} - Vốn đầu tư XDCB (đ);

V_{xd} - Vốn đầu tư xây dựng lắp đặt (đ);

V_{tb}- Vốn đầu tư máy móc thiết bị (đ);

V_k - Vốn đầu tư phát triển khác (đ).

- *Tổng kim ngạch xuất nhập khẩu (EX):*

Là số tiền thu được từ giá trị hàng hóa xuất khẩu, phụ thuộc vào quy mô, cơ cấu hàng xuất khẩu, cũng như đơn giá hàng xuất khẩu (theo giá CIF, FOB) phụ thuộc vào các hợp đồng xuất khẩu.

$EX = \sum Q_{xki}.P_{xki}$ (USD)

Trong đó:

EX - Tổng kim ngạch xuất khẩu (USD);

Q_{xk} - Khối lượng xuất khẩu loại i (Tấn);

P_{xk} - Đơn giá xuất khẩu loại i (USD/ tấn).

- *Tổng kim ngạch nhập khẩu (IM):*

Là số tiền phải chi ra cho việc nhập khẩu hàng hóa từ nước ngoài phục vụ sản xuất, kinh doanh và tiêu dùng trong nước (USD), phụ thuộc vào quy mô, cơ cấu hàng hóa nhập khẩu, cũng như phụ thuộc vào đơn giá nhập khẩu loại hàng (theo giá CIF, FOB) theo các hợp đồng nhập khẩu, cụ thể là:

$IM = \sum Q_{xki} . P_{xki}$ (USD)

Trong đó:

IM - Tổng kim ngạch nhập khẩu (USD);

Q_{xki} - Khối lượng hàng hóa nhập khẩu thứ i (Tấn);

P_{nki} - Đơn giá nhập khẩu loại hàng thứ i (USD/ tấn).

4. KẾT LUẬN

Bằng phương pháp Delphi, bài báo đã đề xuất được các yếu tố kinh tế của thành phố cảng ảnh hưởng đến sản lượng thông qua cảng biển. Phương pháp Delphi là một kỹ thuật nghiên cứu định tính sử dụng ý kiến của nhóm chuyên gia thông qua nhiều vòng phản hồi ẩn danh nhằm đạt được sự thống nhất cao trong dự báo và đánh giá. Việc sử dụng phương pháp này giúp đảm bảo rằng các yếu tố được xác định không chỉ dựa trên quan điểm cá nhân mà là sự đồng thuận của nhiều chuyên gia có chuyên môn, từ đó tạo ra kết quả nghiên cứu có độ tin cậy và tính khả thi cao trong thực tiễn.

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, 4 yếu tố như tổng sản phẩm trên địa bàn (GRDP), vốn đầu tư xây dựng cơ bản, vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI), kim ngạch xuất nhập khẩu của thành phố cảng có ảnh hưởng sản lượng hàng hóa thông qua cảng. Nhờ vào quá trình phản biện và tổng hợp nhiều ý kiến trong phương pháp Delphi, bài báo đã xác định được các yếu tố ưu tiên ảnh hưởng nhất, cung cấp cơ sở luận cứ vững chắc giúp các nhà hoạch định chính sách và doanh nghiệp trong việc thiết kế chiến lược phát triển kinh tế thành phố cảng và mở rộng năng lực cảng biển.

Do đó, các đề xuất từ bài báo được xem là tài liệu tham khảo quý giá, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và thúc đẩy phát triển bền vững sản lượng cảng biển, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu sâu hơn về các nhân tố khác có thể ảnh hưởng đến sự phát triển của cảng biển trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Vương Toàn Thu Thủy (2020), Nghiên cứu ảnh hưởng của cảng Hải Phòng đến phát triển kinh tế TP Hải Phòng, Luận án Tiến sĩ kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

[2]. Hồ Viết Chiến (2015), Kinh tế dịch vụ trong cơ cấu kinh tế tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu hiện nay, Tạp chí Khoa học thương mại, số 88, 63-68.

[3]. Nguyễn Ngọc Trung (2022), Phát triển kinh tế biển ở Quảng Ninh hiện nay, Tạp chí Kinh tế và Dự báo, số 07 (797), 78-81.

[4]. Phạm Thị Thu Hằng (2022), Sử dụng mô hình véc tơ hiệu chỉnh sai số trong nghiên cứu các nhân tố kinh tế ảnh hưởng đến tổng sản lượng hàng hóa thông qua cảng Việt Nam, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 72, tr.85-90.

[5]. Chia-Chien Hsu và Brian A. Sandford (08/2007), The Delphi Technique: Make sense of consensus. Practical Assessment, Research & Evaluation, A Peer - Reviewed Electronic Journal, vol.12, no.10.

[6]. Elena G. Efimova et. al. (2020), Seaports as drivers of regional economic development: The case of Saint Petersburg and Leningrad Province, Case Studies on Transport Policy 8, pp.383-393.

[7]. Gene Rowe and George Wright (2001), Expert Opinions in Forecasting: The Role of the Delphi Technique, Principles of Forecasting: International Series in Operations Research and Management Science, vol.30, ed. Jon Scott Armstrong (New York: Springer), 125-44.

[8]. Mehdi Mozuni, Wolfgang Jonas (2017), An Introduction to the Morphological Delphi Method for Design: A Tool for Future-Oriented Design Research. The Journal of Design, Economics and Innovation, vol.3, no.4, Winter.

[9]. Song, L.L., Mi, J.N. (2016), Port infrastructure and regional economic growth in China: a Granger causality analysis, Maritime Policy & Management, vol.43, Issue 4, pp.456-468.

[10]. Slamet Hargono et.al. (2013), The influence of the port to the economical growth of the Batam Island, Procedia Environmental Sciences, vol.17, pp.795-804.

[11]. UMA G. Gupta and Robert E. Clarke (10/1996), Theory and Applications of The Delphi Technique: A Bibliography (1975 - 1994), Technological Forecasting and Social Change, vol.3, Issue 2, pp.185-211.

[12]. Wim Heijman et.al. (2017), The impact of world trade on the Port of Rotterdam and the wider region of Rotterdam-Rijnmond, Case Studies on Transport Policy 5, 351-354.

■Ngày nhận bài: 01/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2025

Nghiên cứu mô hình ảnh hưởng của hoạt động lập kế hoạch vốn đến tiến độ giải ngân vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông đường bộ tại Việt Nam

The impact of capital planning on the disbursement progress of public investment in road transport infrastructure: Evidence from Vietnam

> TS ĐỖ VĂN THUẬN[1], PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI[2,*]
[1]Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ Xây dựng
[2]Trường Đại học Giao thông vận tải
[*]Email: hainl@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng của hoạt động lập kế hoạch (KH) vốn đến tiến độ giải ngân vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông đường bộ (GTĐB) tại Việt Nam. Nghiên cứu sử dụng 8 chỉ tiêu mô tả hoạt động lập KH vốn, được kế thừa và điều chỉnh từ các nghiên cứu trước, làm biến độc lập trong mô hình hồi quy. Dữ liệu khảo sát sơ cấp được thu thập từ 136 cán bộ thuộc các ban quản lý dự án (QLDA), cơ quan quản lý vốn, cơ quan KH, tài chính và kiểm toán nhà nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy 4 chỉ tiêu gồm: (i) Mức độ phổ biến đầy đủ và rõ ràng của các hướng dẫn xây dựng KH vốn (PL1); (ii) mức độ hợp lý của KH phân bổ vốn (PL5); (iii) mức độ phù hợp trong sắp xếp thứ tự ưu tiên và lựa chọn danh mục dự án (PL6) và (iv) mức độ rõ ràng, cụ thể của giải pháp điều hành KH (PL8) có ảnh hưởng tích cực và có ý nghĩa thống kê đến tiến độ giải ngân. Ngoài ra, chỉ tiêu mức độ phù hợp của quyết định chủ trương đầu tư (CTĐT) (PL7) đóng vai trò điều tiết tác động của PL5. Các kết quả này cung cấp bằng chứng thực nghiệm để kiến nghị hoàn thiện công tác lập KH vốn nhằm nâng cao hiệu quả giải ngân vốn đầu tư công.

Từ khóa: Lập kế hoạch vốn; giải ngân; đầu tư công; giao thông đường bộ.

ABSTRACT

This study investigates the impact of capital planning activities on the disbursement progress of public investment in road transport infrastructure projects in Vietnam. Eight indicators describing the capital planning process, adapted from previous studies, were employed as independent variables in a regression model. Primary survey data were collected from 136 respondents, including staff from project management units, investment capital management agencies, planning agencies, financial authorities and the State Audit Office. The results reveal that four indicators: (i) Clarity and completeness of capital planning guidelines (PL1), (ii) rationality of capital allocation planning (PL5), (iii) appropriateness of project prioritization and selection (PL6) and (iv) clarity and specificity of implementation solutions (PL8) have a positive and statistically significant effect on disbursement progress. Moreover, the indicator reflecting the appropriateness of project investment decision-making (PL7) moderates the effect of PL5. These findings provide empirical evidence for improving capital planning practices and enhancing the efficiency of public investment disbursement in Vietnam's transport infrastructure projects.

Keywords: Capital planning; public investment; disbursement progress; road transport infrastructure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đầu tư công vào lĩnh vực GTĐB đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, bảo đảm kết nối vùng và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Tuy nhiên, tiến độ giải ngân vốn đầu tư công tại Việt Nam vẫn còn chậm so với KH, gây ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng vốn và tiến độ hoàn thành các dự án hạ tầng. Một trong những nguyên nhân chính được xác định là chất lượng công tác lập KH vốn chưa cao, bao gồm việc xây dựng KH vốn trung hạn và hàng năm chưa đồng bộ, thiếu rõ ràng hoặc chưa sát với khả năng cân đối nguồn lực.

Bài báo này tập trung phân tích tác động của các yếu tố thuộc hoạt động lập KH vốn đối với tiến độ giải ngân vốn đầu tư công trong xây dựng công trình GTĐB. Trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu trước, nhóm tác giả xây dựng mô hình nghiên cứu với 8 chỉ tiêu mô tả công tác lập KH vốn và kiểm định thông qua dữ liệu khảo sát từ các cơ quan quản lý và thực hiện dự án. Kết quả nghiên cứu nhằm làm rõ các yếu tố quan trọng cần ưu tiên cải thiện trong lập KH vốn, từ đó đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả giải ngân và góp phần hoàn thiện công tác quản lý đầu tư công.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các chỉ tiêu mô tả hoạt động lập KH vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam được thừa kế từ mô hình nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả Trần Tuấn Phong và Nguyễn Lương Hải [1], bao gồm 8 chỉ tiêu (Bảng 1). Các chỉ tiêu này đóng vài trò là biến độc lập trong mô hình giả thuyết sự ảnh hưởng tích cực của các chỉ tiêu này đến tiến độ giải ngân vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam.

Bảng 1. Các chỉ tiêu mô tả hoạt động lập KH vốn đầu tư công

STT	Mã	Nội dung	Dựa trên nghiên cứu
1	PL1	Mức độ phổ biến đầy đủ và rõ ràng của các hướng hướng dẫn về xây dựng KH vốn đầu tư công trung hạn và hàng năm tới các bộ phận/ bên liên quan.	[2], [3, 4].
2	PL2	Mức độ phù hợp của KH vốn đầu tư trung hạn và hàng năm với các mục tiêu phát triển ngành Giao thông vận tải và các quy hoạch ngành đã được phê duyệt, KH tài chính 5 năm, KH vay, trả nợ công 5 năm.	[5]
3	PL3	Mức độ phù hợp của KH vốn đầu tư công với khả năng cân đối nguồn vốn đầu tư công và thu hút các nguồn vốn đầu tư của các thành phần kinh tế khác; bảo đảm cân đối vĩ mô, ưu tiên an toàn nợ công.	[5, 6]
4	PL4	Mức độ phù hợp của KH vốn đầu tư công hằng năm với KH vốn đầu tư công trung hạn đã được phê duyệt (dự án được giao KH vốn năm phải có trong KH trung hạn, dự án phải có quyết định đầu tư trước khi giao KH vốn hàng năm…).	[5, 7]
5	PL5	Mức độ hợp lý của KH phân bổ vốn đầu tư theo nguyên tắc, tiêu chí, định mức phân bổ vốn đầu tư công trong từng giai đoạn đã được cấp có thẩm quyền phê duyệt.	[5]
6	PL6	Mức độ phù hợp của việc sắp xếp thứ tự ưu tiên, lựa chọn danh mục dự án và mức vốn bố trí cụ thể cho từng dự án trong trung hạn phù hợp với khả năng cân đối vốn đầu tư công và khả năng huy động các nguồn vốn khác để thực hiện các mục tiêu, nhiệm vụ và định hướng KH phát triển kinh tế - xã hội 5 năm.	[5]
7	PL7	Mức độ phù hợp của quyết định CTĐT dự án với khả năng cân đối nguồn vốn đầu tư công và khả năng huy động các nguồn vốn khác đối với chương trình, dự án sử dụng nhiều nguồn vốn.	[8-11], [12]
8	PL8	Mức độ rõ ràng, cụ thể trong mô tả giải pháp điều hành, tổ chức thực hiện và dự kiến kết quả đạt được của KH vốn đầu tư công.	[TG]

Ghi chú: [TG] - tác giả

Khảo sát số liệu sơ cấp được tiến hành và thu thập được 136 mẫu hợp lệ, trong đó bao gồm 74 mẫu thuộc các ban QLDA các công trình GTĐB thuộc cơ quan chủ trì, 29 mẫu thuộc cơ quan chủ trì về quản lý vốn đầu tư xây dựng công trình GTĐB, 13 mẫu thuộc cơ quan KH về quản lý vốn đầu tư xây dựng công trình GTĐB, 7 mẫu thuộc cơ quan tài chính về quản lý vốn đầu tư xây dựng công trình GTĐB và 13 mẫu thuộc cơ quan Kiểm toán Nhà nước về vốn đầu tư xây dựng công trình GTĐB. Các số liệu này dùng để phân tích trong mô hình hồi quy để kiểm định các giả thuyết nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

Kết quả phân tích hồi quy (Hình 1 và Bảng 2) cho thấy mô hình nghiên cứu giải thích được 23,1% (Adjusted R^2 = 0,231) sự khác biệt trong tiến độ giải ngân vốn đầu tư công và mức giải thích này có ý nghĩa thống kê. Điều này khẳng định các chỉ tiêu mô tả hoạt động lập KH vốn có ảnh hưởng thật sự đến tiến độ giải ngân trong bối cảnh các dự án GTĐB ở Việt Nam.

Bốn chỉ tiêu có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê gồm:

- PL1 - Mức độ phổ biến đầy đủ và rõ ràng của hướng dẫn xây dựng KH vốn: Khi các hướng dẫn được phổ biến minh bạch và kịp thời tới các bộ phận liên quan, tiến độ giải ngân được cải thiện đáng kể. Điều này nhấn mạnh vai trò của tính minh bạch và khả năng tiếp cận thông tin trong toàn bộ quá trình quản lý đầu tư công.

- PL5 - Mức độ hợp lý của KH phân bổ vốn đầu tư: Biến số này có tác động mạnh và rõ rệt nhất, chứng tỏ việc phân bổ vốn theo nguyên tắc, tiêu chí và định mức hợp lý là yếu tố quyết định bảo đảm dòng vốn được giải ngân đúng tiến độ, tránh tình trạng dàn trải hoặc tồn đọng vốn.

- PL6 - Mức độ phù hợp trong sắp xếp thứ tự ưu tiên và lựa chọn danh mục dự án: Khi danh mục dự án được lựa chọn phù hợp với khả năng cân đối vốn và mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội, tiến độ giải ngân được cải thiện đáng kể. Điều này giúp hạn chế tình

trạng thiếu vốn cục bộ và gián đoạn trong quá trình triển khai.

- PL8 - Mức độ rõ ràng, cụ thể của giải pháp điều hành và tổ chức thực hiện: Chỉ tiêu này cho thấy KH điều hành chi tiết là công cụ quan trọng giúp các cơ quan thực hiện giải ngân hiệu quả và hạn chế phát sinh điều chỉnh trong quá trình triển khai.

Phân tích tương tác cho thấy PL7 - Mức độ phù hợp của quyết định CTĐT đóng vai trò biến điều tiết đối với tác động của PL5. Điều này nghĩa là hiệu quả của KH phân bổ vốn được tăng cường khi các quyết định CTĐT được ban hành đúng thời điểm và phù hợp với khả năng cân đối nguồn vốn.

Ngược lại, các chỉ tiêu còn lại PL2 (mức độ phù hợp với mục tiêu phát triển ngành), PL3 (mức độ phù hợp với khả năng cân đối nguồn vốn) và PL4 (mức độ phù hợp của KH vốn hằng năm với KH trung hạn) cho thấy không có tác động đáng kể đến tiến độ giải ngân trong mô hình nghiên cứu. Điều này gợi ý rằng mặc dù các yếu tố này quan trọng về mặt quy định pháp lý và định hướng, chúng có thể chưa được triển khai hiệu quả trong thực tế, hoặc tác động của chúng được trung gian bởi các yếu tố khác như chất lượng điều hành, năng lực QLDA.

Kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa thực tiễn quan trọng:

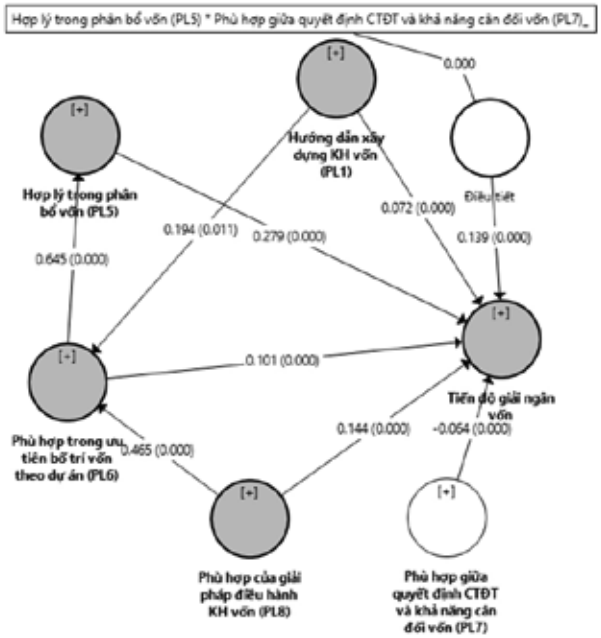
- Nâng cao chất lượng lập KH vốn, đặc biệt ở các khâu phổ biến thông tin, phân bổ nguồn lực hợp lý, chuẩn bị phương án điều hành chi tiết;
- Bảo đảm tính đồng bộ giữa khâu phê duyệt CTĐT và KH phân bổ vốn để tăng khả năng thực thi;
- Rà soát và tối ưu hóa việc xây dựng KH trung hạn và hằng năm nhằm bảo đảm tính khả thi và giảm thiểu các yếu tố cản trở tiến độ giải ngân.

Các phát hiện phù hợp với các nghiên cứu trước đây về vai trò của công tác lập KH trong quản lý đầu tư công [1], đồng thời cung cấp bằng chứng định lượng mới trong bối cảnh các dự án GTĐB ở Việt Nam. Đây là cơ sở khoa học quan trọng giúp các cơ quan quản lý nhà nước hoàn thiện thể chế, hướng dẫn và quy trình lập KH vốn, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng ngân sách và đẩy nhanh tiến độ thực hiện các dự án hạ tầng giao thông trọng điểm.

Bảng 2. Kết quả phân tích mô hình ảnh hưởng

Biến độc lập	Hệ số hồi quy chuẩn hóa (β)	Giá trị p (Sig.)	Kết luận
PL1 - Mức độ phổ biến hướng dẫn xây dựng KH vốn	0,072	0,000 **	Ảnh hưởng tích cực, có ý nghĩa
PL2 - Mức độ phù hợp với mục tiêu phát triển ngành	0,065	0,412	Không có ý nghĩa
PL3 - Mức độ phù hợp với khả năng cân đối nguồn vốn	0,041	0,573	Không có ý nghĩa
PL4 - Mức độ phù hợp của KH vốn hằng năm với KH trung hạn	0,072	0,398	Không có ý nghĩa
PL5 - Mức độ hợp lý của KH phân bổ vốn đầu tư	0,194	0,011*	Ảnh hưởng tích cực, có ý nghĩa mạnh
PL6 - Mức độ phù hợp trong sắp xếp thứ tự ưu tiên và lựa chọn dự án	0,465	0,000 **	Ảnh hưởng tích cực, có ý nghĩa
PL7 - Mức độ phù hợp của quyết định CTĐT (biến điều tiết của PL5)	0,139	0,000 (**)	Vai trò điều tiết
PL8 - Mức độ rõ ràng, cụ thể của giải pháp điều hành	0,144	0,000 **	Ảnh hưởng tích cực, có ý nghĩa

Ghi chú: (**) p < 0,01; (*) p < 0,05



Hình 1. Mô hình hồi quy

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã kiểm định mô hình ảnh hưởng của hoạt động lập KH vốn đến tiến độ giải ngân vốn đầu tư công xây dựng công trình GTĐB tại Việt Nam, dựa trên dữ liệu khảo sát từ 136 cán bộ thuộc các cơ quan quản lý, ban QLDA và các đơn vị liên quan. Kết quả phân tích hồi quy cho thấy mô hình giải thích được 23,1% sự khác biệt trong tiến độ giải ngân và 4 chỉ tiêu gồm PL1, PL5, PL6 và PL8 có tác động tích cực, có ý nghĩa thống kê. Đặc biệt, PL5 - mức độ hợp lý của KH phân bổ vốn là yếu tố có tác động mạnh nhất, trong khi PL7 - mức độ phù hợp của quyết định CTĐT đóng vai trò điều tiết mối quan hệ giữa PL5 và tiến độ giải ngân.

Các chỉ tiêu PL2, PL3 và PL4 không cho thấy ảnh hưởng đáng kể, hàm ý rằng việc đảm bảo tính phù hợp về mặt định hướng chiến lược và KH trung hạn cần được gắn kết chặt chẽ hơn với các giải pháp điều hành cụ thể và cơ chế phân bổ nguồn vốn.

** Từ các kết quả trên, nghiên cứu kiến nghị:*

- Nâng cao chất lượng công tác lập KH vốn thông qua việc phổ biến đầy đủ, rõ ràng các hướng dẫn và quy trình lập KH tới các đơn vị thực hiện;
- Hoàn thiện nguyên tắc và tiêu chí phân bổ vốn nhằm bảo đảm sự hợp lý và sát với nhu cầu thực tế của các dự án;
- Ưu tiên lựa chọn danh mục dự án hợp lý, bảo đảm tính khả thi của KH và giảm thiểu tình trạng thiếu vốn cục bộ;
- Tăng cường tính cụ thể trong giải pháp điều hành, giúp các đơn vị thực hiện chủ động triển khai và hạn chế điều chỉnh trong quá trình giải ngân;
- Phối hợp chặt chẽ giữa phê duyệt CTĐT và lập KH phân bổ vốn để tăng tính đồng bộ và khả năng thực thi của KH.

Nghiên cứu góp phần cung cấp bằng chứng thực nghiệm quan trọng cho việc cải thiện công tác quản lý vốn đầu tư công trong lĩnh vực GTĐB. Các kết quả này có thể được mở rộng để nghiên cứu trong các lĩnh vực hạ tầng khác, cũng như xem xét bổ sung thêm các yếu tố thể chế, năng lực quản lý và cơ chế giám sát nhằm nâng cao hơn nữa khả năng giải thích của mô hình trong các nghiên cứu tiếp theo.

** Hàm ý chính sách:*

Kết quả nghiên cứu cho thấy cải thiện chất lượng công tác lập KH vốn là giải pháp then chốt để đẩy nhanh tiến độ giải ngân vốn đầu tư công trong lĩnh vực GTĐB. Do đó, các cơ quan quản lý nhà nước cần tập trung: (i) Ban hành và phổ biến kịp thời các hướng dẫn lập KH vốn một cách minh bạch, dễ tiếp cận; (ii) hoàn thiện cơ chế phân bổ vốn theo hướng ưu tiên các dự án có tính sẵn sàng cao, bảo đảm cân đối nguồn lực và giảm tình trạng dàn trải; (iii) tăng cường phối hợp giữa khâu phê duyệt CTĐT và lập KH vốn để bảo đảm tính khả thi ngay từ giai đoạn chuẩn bị; (iv) yêu cầu các cơ quan lập KH xây dựng phương án điều hành chi tiết, gắn với mục tiêu giải ngân cụ thể. Các khuyến nghị này nếu được thực hiện đồng bộ sẽ góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng vốn ngân sách, rút ngắn thời gian hoàn thành dự án và thúc đẩy phát triển kết cấu hạ tầng giao thông theo đúng định hướng chiến lược quốc gia.

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]. Trần Tuấn Phong và Nguyễn Lương Hải (2024), Nghiên cứu các chỉ tiêu đánh giá hoạt động lập KH vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam, Tạp chí Giao thông vận tải, 64(3/2024), tr.145-148.

[2]. Nguyen, D.L., et al. (2004), Large construction projects in developing countries: a case study from Vietnam. International Journal of Project Management, 22, pp.553-561.

[3]. Florence, Y.Y.L. and T.T.D. Bui (2010), Factor Affecting Construction Project Outcomes: Case Study of Vietnam, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 136(3), pp.148-155.

[4]. Long, L.H., D.L. Young and Y.L. Jun (2008), Delay and Cost Overruns in Vietnam Large Construction Projects: A Comparison with Other Selected Countries, Journal of Civil Engineering, 12(6), pp.367-377.

[5]. Quốc hội (2024), Luật Đầu tư công số 58/2024/QH15.

[6]. Nguyễn Thị Minh Tâm và Cao Hào Thi (2009), Các nhân tố ảnh hưởng đến sự biến động chi phí của dự án xây dựng, Tạp chí Phát triển khoa học và công nghệ, 12(01), pp.104-117.

[7]. Shobana, K.S. and D. Ambika (March 2016), Evaluation of Factors Affecting Quality in Costruction Projects, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5(3).

[8]. Vũ Quang Lãm (2015), Các yếu tố ảnh hưởng đến chậm tiến độ và vượt dự toán dự án đầu tư công tại Việt Nam, Trường Đại học Kinh tế TP.HCM.

[9]. Hubbard, D.G. (1990), Successful Utility Project Management From Lessons Learned. Project Management Journal, 21(3), pp.19-23.

[10]. Edward, J.J. and B.A. David (1991), Optimal Allocation of Project Management Resources for Achieving Success. Journal of Construction Engineering and Management, 117(2), pp.321-340.

[11]. Albert, P.C.C., S. David and P.L.C. Ada (2004), Factors affecting the success of a construction project, Journal of Construction Engineering and Management, 130(1), pp.153-155.

[12]. Walid Belassi and Oya Icmeli Tukel (1996), A new framework for determining critical success/failure factors in projects, International Journal of Project Management, 14(3), pp.141-151.

■Ngày nhận bài: 05/12/2025 ■Ngày sửa bài: 15/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 22/12/2025

Nhân tố góp phần hình thành ý định tham gia dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư của Khu vực tư nhân tại Việt Nam

The critical factors contributing to private sector's behavioral intention to participate in Vietnam Public-Private partnership projects

> HUỲNH THỊ YẾN THẢO[1], VƯƠNG THỊ THÙY DƯƠNG[2,*]
[1]Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM
[2]Trường Đại học Xây dựng Miền Trung
[*]Email: vuongthithuyduong@muce.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân tích các nhân tố chính góp phần hình thành ý định tham gia các dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư (PPP) của khu vực tư nhân tại Việt Nam. Thông qua việc kết hợp thuyết hành có kế hoạch (TPB) và mô hình cấu trúc (SEM) cho thấy "Ảnh hưởng của chính quyền", "Nhận thức kiểm soát hành vi" và "Nhận thức rủi ro" có tác động mạnh nhất, trong khi "Thái độ hành vi" và "Chuẩn mực chủ quan" ảnh hưởng ở mức thấp hơn. Các phát hiện nhấn mạnh tầm quan trọng của việc hoàn thiện khung thể chế - pháp luật, tăng cường hỗ trợ năng lực và áp dụng các biện pháp giảm thiểu rủi ro nhằm thúc đẩy sự tham gia của khu vực tư nhân vào các dự án PPP. Nghiên cứu vừa mở rộng hiểu biết về ý định hành vi trong PPPs, vừa cung cấp những hàm ý chính sách quan trọng cho phát triển hạ tầng tại Việt Nam.

Từ khóa: Ý định hành vi, khu vực tư nhân, phương thức đối tác công tư, thuyết hành vi kế hoạch, mô hình cấu trúc tuyến tính (SEM).

ABSTRACT

This study investigates the critical factors influencing the private sector's intention to participate in Public-Private Partnership (PPP) projects in Vietnam. Integrating the Theory of Planned Behavior (TPB) with Structural Equation Modeling (SEM) showed that Government Influence, Perceived Behavioral Control, and Risk Perception had strong impacts, while Attitude toward Behavior and Subjective Norms demonstrated weaker effects. These results highlight the importance of improving institutional and legal frameworks, enhancing capacity support, and implementing effective risk-mitigation measures to encourage the Private Sector (PRS) participation in PPP projects. The study not only deepens the understanding of Behavioral Intention (BI) in PPPs but also provides important policy implications for infrastructure development in Vietnam.

Keywords: Behavioral Intention, private sector, public-private partnership, theory of planned behavior, structural equation modeling.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trước những hạn chế về nguồn lực công và chính sách tài khóa, đồng thời nhận thức rõ tầm quan trọng của cơ sở hạ tầng (CSHT) đối với tăng trưởng kinh tế, nhiều Chính phủ ngày càng coi khu vực tư nhân (KVTN) là một nguồn tài chính bổ sung nhằm bù đắp khoảng thiếu hụt vốn đầu tư. PPP là mô hình hợp tác chiến lược được áp dụng rộng rãi nhằm tận dụng thế mạnh của cả khu vực công (KVC) và KVTN để triển khai các dự án hạ tầng hiệu quả, bền vững và tiết kiệm chi phí [1]. Mặc dù chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam đã nhấn mạnh sự cần thiết phải ban hành các chính sách thúc đẩy PPP nhằm thu hút đầu tư của KVTN vào các dự án CSHT, song mức độ tham gia của khu vực này vẫn còn thấp và chưa đạt được như kỳ vọng, dù Nhà nước đã thiết lập khung pháp lý PPP thông qua Luật Đầu tư theo phương thức đối tác công tư số 64/2020/QH14 [2, 3]. Nguyên nhân của tình trạng này chủ yếu xuất phát từ cơ chế chia sẻ rủi ro chưa rõ ràng, chính sách hỗ trợ của Nhà nước thiếu ổn định, tính khả thi tài chính của dự án chưa đủ hấp dẫn và môi trường pháp lý chưa thực sự thuận lợi cho nhà đầu tư [4]. Bên cạnh đó, các yếu tố hành vi như nhận thức về khả năng kiểm soát, thái độ đối với PPP và chuẩn mực xã hội cũng ảnh hưởng đáng kể đến ý định tham gia của KVTN [5].

Nhiều nghiên cứu quốc tế đã phân tích các khía cạnh liên quan đến sự tham gia của KVTN trong mô hình PPP, tập trung vào quản lý rủi ro [6, 7], các yếu tố thành công then chốt, lựa chọn phương thức thực hiện [8] hoặc những thách thức triển khai. Tại Việt Nam, một số nghiên cứu [9] cũng đã đề cập đến phân bổ rủi ro, mức độ tham gia của KVTN và quản lý rủi ro trong PPP với cả phương pháp định tính và định lượng [2, 3]. Tuy nhiên, những công trình này thường thiếu khung phân tích tích hợp kết hợp lý thuyết hành vi với bối cảnh thực tiễn; hoặc ý định đầu tư của KVTN trong các dự án PPP

vẫn chưa được xem xét toàn diện [2, 3]. Vì vậy, nghiên cứu vận dụng lý thuyết hành vi có kế hoạch (Theory of Planned Behavior - TPB) kết hợp với mô hình phương trình cấu trúc (SEM) nhằm nhận diện các nhân tố tác động đến ý định hành vi (Behavioral Intention - BI) tham gia của KVTN vào dự án CSHT theo phương thức PPP, từ đó đề xuất các khuyến nghị chính sách khả thi.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Nghiên cứu về dự án đầu tư xây dựng theo hình thức PPP

Có nhiều nghiên cứu về áp dụng PPP trong dự án đầu tư xây dựng (DA ĐTXD) CSHT, đặc biệt là các công trình giao thông. Phần lớn các nghiên cứu tập trung các khía cạnh chính, bao gồm: (1) phân bổ rủi ro giữa các bên liên quan; (2) mô hình tài chính; (3) khung pháp lý; (4) sự tương tác giữa các bên liên quan; (5) các yếu tố thành công.

Karim [10] phân loại rủi ro dự án PPP thành 10 nhóm, gồm: chính trị, xây dựng, pháp lý, kinh tế, vận hành, thị trường, lựa chọn dự án, tài chính, quan hệ và tự nhiên/môi trường. Trong đó, thay đổi pháp luật, chậm trễ phê duyệt và thu hồi đất được xác định là những rủi ro phổ biến nhất. Ke, et al. [11] chỉ ra rằng KVC có xu hướng giữ lại các rủi ro vĩ mô, chia sẻ rủi ro vi mô và bất khả kháng, đồng thời phân bổ rủi ro mức trung bình cho KVTN. So sánh quốc tế cho thấy Vương quốc Anh chuyển giao rủi ro cho KVTN nhiều nhất, tiếp theo là Hy Lạp, Hồng Kông và Trung Quốc, phản ánh sự khác biệt trong văn hóa quản trị rủi ro. Tại Hy Lạp, KVC chủ yếu chịu trách nhiệm rủi ro vĩ mô, trong khi KVTN tham gia nhiều hơn vào rủi ro trung bình và vi mô . Ngược lại, ở Trung Quốc và Hồng Kông, rủi ro vi mô thường được chia đều giữa hai khu vực. Những khác biệt này tạo nền tảng quan trọng giúp nhà đầu tư quốc tế điều chỉnh chiến lược phù hợp với từng thị trường. Theo Bing, et al. [12], PPP, đặc biệt dưới hình thức Sáng kiến tài chính tư nhân (Private Finance Initiative - PFI) tại Anh, được xem là công cụ hiệu quả để đạt 'giá trị đồng tiền' (Value for money - VfM), nhờ sự kết hợp giữa cạnh tranh đấu thầu, linh hoạt đàm phán và khả năng chuyển dịch một phần rủi ro ra khỏi KVC. Khảo sát thực nghiệm cho thấy rủi ro vĩ mô và vi mô nên do KVC giữ lại hoặc chia sẻ với KVTN, trong khi rủi ro trung bình phù hợp hơn để phân bổ cho KVTN. Tuy nhiên, không phải tất cả các loại rủi ro đều có thể phân bổ rõ ràng, do đó, việc xây dựng khung phân bổ rủi ro hiệu quả ngay từ giai đoạn đầu là cần thiết để tối ưu hóa lợi ích các dự án PPP.

Theo World Bank [13], Công ty mục đích đặc biệt (Special Purpose Vehicle - SPV) được áp dụng phổ biến trong việc cấu trúc KVTN tham gia các hợp đồng PPP. SPV được thành lập nhằm thực hiện một dự án cụ thể, với mục tiêu tách biệt rủi ro và trách nhiệm pháp lý khỏi các chủ thể tham gia. Về mặt tài chính, SPV huy động vốn từ hai nguồn chính: vốn chủ sở hữu (CSH) của các cổ đông và nợ vay từ các tổ chức tín dụng hoặc thông qua phát hành trái phiếu. Trong cơ cấu tài chính các dự án PPP, đầu tư vốn CSH được đặc trưng bởi nguyên tắc 'vào trước, ra sau' [14], khiến nhà đầu tư vốn CSH gánh chịu rủi ro đầu tiên và cao nhất và do đó đòi hỏi mức sinh lợi kỳ vọng cao hơn so với các bên cho vay khác. Để tối ưu hóa cấu trúc vốn và giảm thiểu chi phí, SPV thường sử dụng tỷ lệ nợ vay cao, bởi chi phí vay vốn thường thấp hơn chi phí vốn CSH. Nguồn thu của dự án có thể đến từ phí người dùng hoặc thanh toán của Chính phủ, trong khi các khoản chi bao gồm chi đầu tư ban đầu và chi vận hành, bảo trì dài hạn. Sự thành công tài chính của một dự án PPP phụ thuộc vào cấu trúc hợp đồng và cơ chế phân bổ rủi ro hợp lý giữa nhà nước, nhà đầu tư và bên cho vay.

Khung pháp lý PPP bao gồm toàn bộ hệ thống pháp luật điều chỉnh vòng đời dự án. Để bảo đảm tính khả thi, Chính phủ cần điều chỉnh hoặc bổ sung khuôn khổ pháp lý, cho phép KVTN ký kết và thực hiện hợp đồng cung cấp dịch vụ công. Trong nhiều trường hợp, yêu cầu này đòi hỏi sửa đổi các văn bản quy phạm pháp luật hiện hành hoặc ban hành luật chuyên ngành mới. Từ góc độ nhà đầu tư, một khuôn khổ pháp lý hiệu quả phải giải quyết các vấn đề then chốt như: cơ chế phân bổ rủi ro giữa KVC và KVTN, thẩm định phương án tài chính, huy động vốn cho SPV, quản lý và thanh toán vốn nhà nước, quy trình đấu thầu, chế tài xử phạt và cơ chế giải quyết tranh chấp. Làm rõ và củng cố những nội dung này là điều kiện tiên quyết để thu hút KVTN, đặc biệt tại các thị trường đang phát triển như Việt Nam.

Liu, et al. [15] nhấn mạnh chất lượng sản phẩm và hiệu quả quản lý là thước đo cốt lõi đánh giá thành công của dự án PPP. Các yếu tố thành công (Critical Success Factors - CSFs) giúp nhận diện các điều kiện cốt lõi để triển khai dự án hiệu quả. Tại Nigeria, Farquaharson [14] xác định 17 yếu tố thúc đẩy tính bền vững trong các dự án hạ tầng PPP, trong đó 05 yếu tố nổi bật gồm: đánh giá hiệu suất dài hạn, hợp đồng minh bạch, động lực mở rộng thị trường, tiêu chí chứng nhận và tiêu chí lựa chọn nhà đầu tư. Các phát hiện nhấn mạnh vai trò quan trọng của quản trị hợp đồng và tính minh bạch đối với sự bền vững của dự án. Trong khi đó, Othman and Khallaf [16] thông qua khảo sát đã nhận diện 03 rào cản chính gồm: thiếu kinh nghiệm, khung pháp lý yếu và bất ổn tài chính. Mặc dù mức độ ảnh hưởng có sự khác biệt giữa các khu vực, nghiên cứu đều khẳng định tầm quan trọng của các khuyến nghị chính sách trong việc giảm thiểu tác động tiêu cực.

Tại Việt Nam, Nguyen, et al. [17] đã xác định 29 rào cản ảnh hưởng đến sự thành công của các dự án PPP, được phân thành 06 nhóm: xã hội-chính trị, pháp lý, thị trường tài chính, quy trình đấu thầu, rủi ro trong giai đoạn thực hiện và quản lý. Kết quả cho thấy các rào cản liên quan đến năng lực quản lý dự án và yếu tố xã hội-chính trị có tác động tiêu cực lớn nhất. Trong bối cảnh này, nhiều vấn đề đã được nghiên cứu gồm: phân bổ rủi ro giữa KVC và KVTN, thu hút KVTN tham gia, cũng như quản lý rủi ro trong các dự án PPP [18]. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện tại còn hạn chế trong việc làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến ý định tham gia của KVTN. Do đó, hướng tiếp cận mới cần tập trung phân tích cơ chế ra quyết định của KVTN trong các DA ĐTXD giao thông theo mô hình PPP, nhằm đề xuất giải pháp thu hút sự tham gia bền vững và hiệu quả của KVTN.

2.2. Nghiên cứu về ý định tham gia dự án PPP của KVTN

Một số nghiên cứu quốc tế đã xem xét ý định tham gia dự án PPP từ cả KVTN và KVC. Tại Trung Quốc, Yang, et al. [19] khảo sát 248 đối tượng đến từ các công ty xây dựng, bất động sản, dược phẩm, bệnh viện tư nhân và tổ chức đầu tư nhằm phân tích ý định và hành vi của KVTN trong các dự án chăm sóc sức khỏe. Kết quả cho thấy thái độ hành vi, chuẩn mực chủ quan, nhận thức kiểm soát hành vi và các điều kiện thuận lợi đều ảnh hưởng tích cực đến BI, trong khi BI có mối quan hệ chặt chẽ với hành vi thực tế. Nhằm nâng cao tính thuyết phục của mô hình TPB, nghiên cứu đã bổ sung biến "Các điều kiện thuận lợi", gồm: chính sách hỗ trợ đã được ban hành nhằm thúc đẩy đầu tư vốn tư nhân, có hướng dẫn chính thức thiết lập quan hệ đối tác với KVC và đào tạo cần thiết để tham gia cung cấp dịch vụ y tế.

Trong khi đó, Luo, et al. [20] cũng áp dụng TPB để phân tích ý định tham gia của công chúng vào các dự án PPP. Nghiên cứu chỉ ra rằng "rủi ro cảm nhận" có tác động mạnh mẽ hơn "lợi ích cảm nhận", và nhóm yếu tố "thái độ hành vi" có ảnh hưởng lớn hơn so với "chuẩn mực chủ quan". Từ đó, tác giả khuyến nghị các biện pháp nhằm tăng cường sự tham gia của công chúng. Ngoài ra, một nghiên cứu khác [21] cho thấy rằng để thu hút sự tham gia của KVTN

vào các dự án PPP, Chính phủ cần cải thiện mức tín dụng và đưa ra những phần thưởng hợp lý.

Áp dụng TPB trong một số ít các nghiên cứu kể trên cho thấy khả năng giải thích mạnh mẽ BI của cả cá nhân lẫn tổ chức [22, 23]. TPB đặc biệt hữu ích trong việc phân tích ý định tham gia của KVTN vào các dự án PPP hạ tầng giao thông, giúp nhận diện các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định tham gia. Tuy nhiên, để vận dụng hiệu quả trong bối cảnh này, cần bổ sung các yếu tố đặc thù ngoài phạm vi TPB truyền thống, chẳng hạn như: môi trường pháp lý; điều kiện tài chính và chính sách công - những yếu tố vốn có tác động đáng kể đến hành vi của KVTN. Do đó, bên cạnh ba nhóm biến cổ điển của TPB gồm: Thái độ hành vi (AB); Chuẩn mực chủ quan (SN); Nhận thức kiểm soát hành vi (PBC), cần xem xét thêm các yếu tố phù hợp với bối cảnh quốc gia và đặc thù dự án [21].

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ TRÌNH BÀY DỮ LIỆU

Nhóm tác giả sử dụng phương pháp định tính (nghiên cứu tài liệu, ý kiến chuyên gia và bảng câu hỏi) và phương pháp định lượng (thống kê mô tả, SEM) để xác định các nhân tố góp phần hình thành ý định tham gia dự án PPP của KVTN tại Việt Nam.

Đầu tiên, nghiên cứu tài liệu được thực hiện nhằm nhận dạng sơ bộ các yếu tố ảnh hưởng đến ý định tham gia của KTVN vào DAĐT hạ tầng giao thông PPP tại Việt Nam. Việc tổng hợp các nghiên cứu trong và ngoài nước giúp hình thành danh sách ban đầu các yếu tố và tiêu chí đánh giá liên quan.

Kế đến, nhóm tác giả tổ chức thảo luận với 10 chuyên gia gồm lãnh đạo doanh nghiệp tư nhân, nhà hoạch định chính sách về PPP và các nhà nghiên cứu PPP với mục đích xác định các yếu tố thúc đẩy sự tham gia của KVTN vào các dự án PPP. Một bảng câu hỏi chuyên gia được thiết kế nhằm làm rõ một số nội dung như: mức độ phù hợp của các yếu tố TPB trong bối cảnh Việt Nam, các yếu tố bên ngoài cần bổ sung vào mô hình và những nhân tố đặc thù ảnh hưởng đến Ý định hành vi (BI) của KVTN. Kết quả cho thấy, ngoài ba cấu phần truyền thống của TPB gồm: Thái độ hành vi (Attitude towards Behavior - AB), Chuẩn mực chủ quan (Subjective Norms - SN) và Nhận thức kiểm soát hành vi (Perceived Behavioral Control - PBC), mô hình cần bổ sung thêm hai nhân tố: Ảnh hưởng của chính quyền (Government Influence - GI) và Nhận thức rủi ro (Risk Perception - RP).

Sau khi các nhân tố được xác định, nghiên cứu tiến hành khảo sát chính thức bằng bảng câu hỏi (BCH), một công cụ hữu hiệu để thu thập đánh giá từ các chuyên gia có kinh nghiệm [24]. Việc thiết lập BCH trải qua hai giai đoạn: thiết kế BCH thử nghiệm vàtriển khai BCH chính thức. Tổng cộng 120 phản hồi hợp lệ được thu thập từ các đối tượng thuộc KVTN tại Việt Nam, trong đó 46.63% đối tượng khảo sát có kinh nghiệm từ 3 năm trở lên tham gia các dự án hạ tầng PPP giúp đảm bảo cả chiều sâu lẫn chiều rộng cho các nhận định thu thập được. Đáng chú ý, 60.83% đối tượng khảo sát là các quản lý cấp cao tham gia khảo sát làm tăng độ tin cậy của việc đánh giá về hành vi ra quyết định. Tỷ lệ doanh nghiệp tham gia gồm 63.33% trong nước và 36.67% quốc tế, mang lại sự đa dạng trong góc nhìn và cho phép so sánh nhận thức về môi trường PPP tại Việt Nam. Kết quả dữ liệu thống kê được trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thống kê dữ liệu [2, 3]

TT	Mã hóa	Biến độc lập	Giá trị lớn nhất	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị trung bình	Xếp hạng
I	**AB**	**Nhóm các yếu tố liên quan đến thái độ của KVTN khi tham gia dự án PPP**				
1	AB1	Công ty có thể gia tăng lợi nhuận khi tham gia vào dự án PPP	1	5	3.575	9
2	AB2	Công ty có thể gia nhập thị trường xây dựng CSHT khi tham gia vào dự án PPP	1	5	3.600	7
3	AB3	Công ty có thể tăng thị phần trong nền công nghiệp xây dựng	1	5	3.592	8
4	AB4	Công ty có thể nhận được một số đặc quyền chính trị khi tham gia vào dự án PPP	1	5	3.225	18
5	AB5	Công ty có thể xây dựng/gia tăng danh tiếng và hình ảnh xã hội khi tham gia vào dự án PPP	1	5	3.750	1
II	**SN**	**Nhóm các yếu tố liên quan đến chuẩn mực chủ quan của các bên liên quan**				
1	SN1	Phần lớn các đối thủ cạnh tranh tham gia vào dự án PPP và đạt được kết quả tích cực	1	5	2.983	20
2	SN2	Chính quyền có nhiều chính sách nhằm khuyến khích KVTN tham gia vào dự án PPP	1	5	3.458	13
3	SN3	Các ngành công nghiệp khác hỗ trợ công ty khi tham gia vào dự án PPP	1	5	2.900	21
4	SN4	Các tổ chức tài chính có chính sách hỗ trợ công ty tham gia vào dự án PPP	1	5	3.508	10
III	**PBC**	**Nhóm các yếu tố liên quan đến nhận thức kiểm soát hành vi**				
1	PBC1	Công ty có đủ nguồn lực tài chính để tham gia dự án PPP	1	5	3.692	4
2	PBC2	Công ty có thế mạnh về kỹ thuật, công nghệ để tham gia vào dự án PPP	1	5	3.750	1
3	PBC3	Công ty có kinh nghiệm tham gia vào các dự án PPP	1	5	3.708	3
4	PBC4	Công ty có thể kêu gọi vốn đầu tư từ các tổ chức tài chính khi tham gia dự án PPP	1	5	3.675	5
5	PBC5	Công ty có mối quan hệ hợp tác tốt với chính quyền	1	5	3.608	6
IV	**GI**	**Nhóm các yếu tố liên quan đến sự ảnh hưởng của chính quyền**				
1	GI1	Chính quyền có thể tạo ra môi trường công bằng, cạnh tranh cho sự phát triển của dự án PPP	1	5	3.475	12
2	GI2	Nhiều quy định và chính sách được ban hành đảm bảo sự phát triển của dự án PPP	1	5	3.483	11
3	GI3	Chính quyền tham gia hợp đồng PPP một cách liêm chính	1	5	3.392	14
4	GI4	Chính quyền cung cấp một phần tài chính cho công ty khi tham gia dự án PPP	1	5	3.217	19

TT	Mã hóa	Biến độc lập	Giá trị lớn nhất	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị trung bình	Xếp hạng
5	GI5	Chính quyền hợp tác với các tổ chức tài chính nhằm hỗ trợ, kêu gọi vốn đầu tư khi công ty tham gia dự án PPP	1	5	3.383	15
V	**RP**	**Nhóm các yếu tố liên quan đến rủi ro nhận thức**				
1	RP1	Các rủi ro của dự án PPP được phân bổ một cách công bằng giữa KVC và KVTN	1	5	3.267	17
2	RP2	Rủi ro được chia sẻ trong trường hợp giảm hoặc tăng doanh thu	1	5	3.367	16

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Mô hình SEM là sự kết hợp giữa phân tích nhân tố và phân tích hồi quy trong một khung phân tích chung cho phép có thể xử lý đồng thời các biến tiềm ẩn và các biến quan sát trong cùng một phân tích [25]. Nghiên cứu này áp dụng quy trình hai giai đoạn do Singh, et al. [26] đề xuất, gồm: đánh giá mức độ phù hợp của mô hình bằng CFA và SM và mô tả các quan hệ nhân quả giữa các biến tiềm ẩn nhằm kiểm định các giả thuyết và xác định ảnh hưởng trực tiếp, gián tiếp giữa các yếu tố trong mô hình tổng thể [27].

CFA được sử dụng để kiểm định mô hình đo lường dựa trên các chỉ số phù hợp trình bày tại Bảng 2, qua đó xác nhận tính hợp lệ thống kê và khả năng phản ánh chính xác mối quan hệ giữa các cấu trúc lý thuyết và các biến quan sát.

Bảng 2. Kết quả đánh giá độ phù hợp của mô hình [2]

Fit Index	Value	Threshold	Evaluation
Chi-square/df	1.276	< 3.00	Excellent
RMSEA	0.048	< 0.08	Good fit
CFI	0.956	> 0.90	Excellent
TLI	0.949	> 0.90	Excellent
GFI	0.829	> 0.80	Acceptable
SRMR	0.051	< 0.08	Good

Viết tắt: Chi-square/df - Chi-square chia cho bậc tự do; RMSEA - Sai số xấp xỉ trung bình bình phương gốc; CFI - Chỉ số phù hợp so sánh; TLI - Chỉ số Tucker-Lewis; GFI - Chỉ số độ phù hợp tốt; SRMR - Phần dư trung bình bình phương gốc chuẩn hóa; PCLOSE: Giá trị P của độ phù hợp chặt chẽ

Do mô hình cấu trúc được xây dựng dựa trên mô hình đo lường đã được kiểm định, các chỉ số đánh giá độ phù hợp tổng thể giữa phân tích CFA và phân tích SEM là nhất quán. Bảng 3, Bảng 4 trình bày kết quả của SEM về ý định và hành vi tham gia vào các dự án giao thông PPP tại Việt Nam của KVTN.

Bảng 3. Kết quả tác động của các nhóm yếu tố [2]

Các giả thuyết	Mối quan hệ/ Đường dẫn	Hệ số chuẩn hóa	Critical Ratio (CR)	P-value	Các kết quả
H1	AB → BI	0.175	2.229	0.026	Supported
H2	SN → BI	0.192	2.239	0.025	Supported
H3	PBC → BI	0.264	2.942	0.003	Supported
H4	GI → BI	0.269	2.471	0.013	Supported
H5	RP → BI	0.263	2.579	0.01	Supported

Bảng 4. Kết quả tác động của các biến thành phần trong nhóm yếu tố

Mối quan hệ/ Đường dẫn	Hệ số chưa chuẩn hóa	S.E.	Critical Ratio (CR)	P-value	Hệ số đã chuẩn hóa
GI → GI1	1				0.84
GI → GI2	0.964	0.085	11.337	***	0.845
GI → GI3	1.03	0.087	11.893	***	0.871
GI → GI4	1.012	0.104	9.782	***	0.767
GI → GI5	1.015	0.102	9.942	***	0.776
PBC → PBC1	1				0.697
PBC → PBC2	1.171	0.15	7.79	***	0.813
PBC → PBC3	1.162	0.149	7.795	***	0.813
PBC → PBC4	0.81	0.137	5.925	***	0.598
PBC → PBC5	0.826	0.133	6.209	***	0.629
RP → RP1	1				0.831
RP → RP2	1.023	0.125	8.161	***	0.841
SN → SN1	1				0.696
SN → SN2	0.881	0.124	7.083	***	0.738
SN → SN3	1.124	0.145	7.779	***	0.84
SN → SN4	0.906	0.131	6.928	***	0.719
AB → AB1	1				0.796

Mối quan hệ/ Đường dẫn	Hệ số chưa chuẩn hóa	S.E.	Critical Ratio (CR)	P-value	Hệ số đã chuẩn hóa
AB → AB2	0.941	0.112	8.432	***	0.751
AB → AB3	1.11	0.122	9.134	***	0.806
AB → AB4	1.174	0.152	7.738	***	0.697
AB → AB5	0.822	0.107	7.697	***	0.694
BI → BI1	1				0.777
BI → BI2	1.068	0.111	9.641	***	0.833
BI → BI3	1.196	0.125	9.578	***	0.828
BI → BI4	1.009	0.12	8.432	***	0.744

Kết quả tại Bảng 3 và Bảng 4 cho thấy toàn bộ các mối quan hệ giả thuyết đều có ý nghĩa thống kê (p-value < 0.05), qua đó khẳng định tính đúng đắn của các giả thuyết từ H1 đến H5. Trong năm yếu tố dự báo, Ảnh hưởng của chính quyền (GI) có tác động mạnh nhất đến Ý định tham gia dự án PPP của KVTN với β = 0.269. Trong nhóm GI, biến "Chính quyền tham gia hợp đồng PPP một cách liêm chính" (GI3) có hệ số chuẩn hóa cao nhất (β = 0.871), nhấn mạnh tầm quan trọng của tính minh bạch, công bằng và sự nhất quán trong quá trình quản lý nhà nước. Dữ liệu thực tiễn giai đoạn 1997-2019 cho thấy dù Việt Nam đã ban hành nhiều nghị định PPP và thu hút hơn 1.609.295 tỷ đồng cho 336 dự án (chủ yếu trong giao thông), các quy định về chia sẻ rủi ro, giám sát doanh thu và giải quyết tranh chấp vẫn chưa rõ ràng. Trước khi ban hành Nghị định 63/2018/NĐ-CP của Chính phủ, mức độ minh bạch thông tin còn thấp, góp phần làm giảm niềm tin của KVTN. Việc ban hành Luật PPP 2020 và Nghị định 35/2021/NĐ-CP của Chính phủ đã tạo khuôn khổ pháp lý tốt hơn, nhưng theo ADB [28], Việt Nam vẫn đối mặt thách thức về thực thi, chuẩn hóa quy trình và phân bổ rủi ro. Điều này khiến nhiều nhà đầu tư và nhất là nhà đầu tư quốc tế vẫn do dự trong quyết định tham gia dự án PPP. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước như [6], cho thấy vai trò đặc biệt quan trọng của chính quyền trong bối cảnh thể chế mới nổi.

Tiếp đến, nhóm yếu tố Nhận thức kiểm soát hành vi (PBC) cũng có ảnh hưởng mạnh (β = 0.264, p-value = 0.003). Hai biến đóng góp lớn nhất là PBC2 (thế mạnh kỹ thuật – công nghệ) và PBC3 (kinh nghiệm triển khai dự án PPP tại Việt Nam), đều có β = 0.813. Điều này phản ánh doanh nghiệp coi trọng năng lực nội tại và hiểu biết thị trường. Các biến khác như PBC1 (năng lực tài chính), PBC5 (hợp tác với chính quyền) và PBC4 (khả năng huy động vốn) cũng có vai trò quan trọng. Năm 2020, cả nước có 25 dự án PPP được đấu thầu rộng rãi với tổng mức đầu tư 6.482 tỷ đồng, nhưng không có nhà đầu tư nước ngoài trúng thầu [29], cho thấy kinh nghiệm tham gia PPP tại Việt Nam (PBC3) giúp doanh nghiệp có lợi thế rõ rệt, mặt khác phần phản ánh rào cản đối với các nhà đầu tư mới hoặc các nhà đầu tư nước ngoài thiếu kinh nghiệm hoặc chưa thích nghi với thị trường Việt Nam. Đến năm 2022, 10 dự án mới được phê duyệt và 14 đang được triển khai các bước chuẩn bị đầu tư với quy mô 235.000 tỷ đồng [30], trong đó đa phần các dự án có quy mô lớn và yêu cầu kỹ thuật cao, càng chứng tỏ năng lực công nghệ và kinh nghiệm là điều kiện tiên quyết để hình thành ý định tham gia PPP của KVTN. Nhiều doanh nghiệp Việt Nam có kinh nghiệm hạn chế trong triển khai dự án PPP, đồng thời bị ràng buộc bởi các yếu tố như hạn chế về vốn, hiểu biết pháp lý và năng lực kỹ thuật. Chính vì vậy, nhận thức kiểm soát hành vi và tác động chính sách từ phía chính quyền trở thành những yếu tố đặc biệt quan trọng trong việc hình thành ý định tham gia của KVTN.

Nhóm Nhận thức rủi ro (RP) có ảnh hưởng đáng kể đến BI của KVTN (β = 0.263), khẳng định vai trò trung tâm của yếu tố quản lý rủi ro trong môi trường PPP và điều này ủng hộ quan điểm của Zhang [31], người cho rằng phân bổ rủi ro và tính minh bạch là những mối quan tâm được KVTN nhắc đến nhiều nhất trong các mô hình PPP. Trái ngược với một số nghiên cứu xem nhận thức rủi ro chỉ là yếu tố tác động gián tiếp, kết quả nghiên cứu này cho thấy ảnh hưởng trực tiếp và mạnh mẽ về mặt thống kê, làm nổi bật tầm quan trọng thực tiễn của yếu tố này trong bối cảnh PPP hiện nay tại Việt Nam. Luật PPP năm 2020 đã cải thiện khung pháp lý nhưng rủi ro thể chế vẫn đáng ngại, gồm: : thiếu nhất quán giữa các cơ quan, phân chia rủi ro chưa rõ ràng, chậm trễ trong phản hồi từ các cơ quan chức năng, cơ chế hỗ trợ tài chính chưa rõ ràng. Theo ADB [51], sự thiếu thống nhất trong hướng dẫn giữa các cơ quan làm tăng nhận thức về rủi ro và giảm sự hấp dẫn của các dự án PPP. Thân Thanh Sơn chỉ ra nguy cơ quốc hữu hóa, thay đổi chính sách, vi phạm cam kết và thiếu bảo lãnh doanh thu đều tác động tiêu cực đến ý định đầu tư, chẳng hạn như dự án BOT cầu Phú Mỹ bị ảnh hưởng do lưu lượng xe thấp hơn dự báo và việc không hoàn thành công trình kết nối như cam kết, dẫn đến rủi ro lớn cho nhà đầu tư. Tác giả này chỉ ra rằng chỉ 5/102 dự án PPP khảo sát tại Việt Nam có kế hoạch phân bổ rủi ro rõ ràng từ đầu, điều này làm nổi bật nhu cầu cấp thiết về minh bạch thể chế và cơ chế chia sẻ rủi ro rõ ràng để củng cố niềm tin và giảm nhận thức rủi ro của KVTN, qua đó thúc đẩy BI của KVTN vào dự án PPP. Biến cạnh tranh giữa doanh nghiệp lại có ảnh hưởng yếu (β = 0.696), phản ánh bối cảnh PPP tại Việt Nam chịu tác động nhiều hơn bởi yếu tố thể chế. Với AB, hai biến AB3 (tăng thị phần) và AB1 (gia tăng lợi nhuận) có hệ số cao nhất (0.806 và 0.796), khẳng định động cơ kinh tế là yếu tố tâm lý trọng tâm. KVTN xem PPP là cơ hội mở rộng kinh doanh và đạt lợi ích tài chính. Phát hiện này phù hợp với Li, et al. [32], nhấn mạnh vai trò hỗ trợ của thái độ và áp lực xã hội trong ý định hợp tác PPP.

Mặc dù nhóm Thái độ hành vi (AB) và Chuẩn mực chủ quan (SN tuy có hệ số thấp hơn (AB: β = 0.175; SN: β = 0.192), nhưng vẫn góp phần quan trọng vào Ý định tham gia dự án PPP. Trong nhóm Chuẩn mực chủ quan (SN), yếu tố hỗ trợ từ các ngành liên quan và chính sách khuyến khích thể hiện ảnh hưởng xã hội tích cực. Ngược lại, yếu tố cạnh tranh giữa các doanh nghiệp lại có ảnh hưởng yếu (β = 0.696), phản ánh bối cảnh PPP tại Việt Nam chịu tác động nhiều hơn bởi yếu tố thể chế. Đối với nhóm Thái độ hành vi (AB), hai biến AB3 - tăng thị phần và AB1 - gia tăng lợi nhuận có hệ số chuẩn hóa lần lượt là 0.806 và 0.796, phản ánh động cơ kinh tế là yếu tố tâm lý chủ đạo thúc đẩy ý định đầu tư. KVTN xem PPP là cơ hội mở rộng kinh doanh và đạt lợi ích tài chính. Phát hiện này phù hợp với Li, et al. [32], nhấn mạnh vai trò hỗ trợ của thái độ và áp lực xã hội trong ý định hợp tác PPP. Kết quả cho thấy mô hình giải thích được 75.9% phương sai của Ý định hành vi (R^2 = 0.759), cho thấy khả năng giải thích mạnh mẽ. Bên cạnh đó, tất cả các tương quan giữa các cấu trúc đều dương và có ý nghĩa, chẳng hạn như giữa GI và RP (r = 0.662) và giữa AB và GI (r = 0.422), và những kết quả này tiếp tục khẳng định tính hợp lý của mô hình cấu trúc, đồng thời cho thấy sự tương tác giữa các yếu tố thể chế và tâm lý trong quá trình ra quyết định tham gia các dự án đầu tư công trình giao thông theo hình thức PPP tại Việt Nam.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã kết hợp Thuyết hành vi có kế hoạch (TPB) và mô hình SEM nhằm phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến ý định hành vi của KVTN trong việc tham gia các dự án CSHT giao thông PPP tại Việt Nam. Kết quả định lượng chỉ ra rằng Ảnh hưởng của chính quyền (GI), Nhận thức kiểm soát hành vi (PBC) và Nhận thức rủi ro (Risk Perception - RP) đều có tác động có ý nghĩa thống kê đến Ý định hành vi (BI) của KVTN. Phát hiện này nhấn mạnh vai trò tương tác giữa các yếu tố thể chế và tâm lý hành vi trong việc lý giải quyết định đầu tư PPP. Sự liêm chính, minh bạch của chính quyền; năng lực kỹ thuật, kinh nghiệm của các doanh nghiệp; và khả năng đánh giá, quản lý rủi ro là nền tảng cốt yếu để thúc đẩy KVTN tham gia hiệu quả vào các dự án PPP. Nghiên cứu khuyến nghị rằng việc tăng cường minh bạch thể chế, tiêu chuẩn hóa quy trình quản lý rủi ro và nâng cao năng lực của các doanh nghiệp tư nhân là những ưu tiên hiệu quả hơn so với các biện pháp hỗ trợ tài chính đơn thuần.

Mặc dù phạm vi khảo sát giới hạn tại Việt Nam có thể ảnh hưởng đến khả năng khái quát hóa, nghiên cứu này đã thiết lập một nền tảng vững chắc cho các nghiên cứu so sánh liên vùng và liên ngành trong tương lai. Hướng nghiên cứu tiếp theo có thể tập trung vào việc xác định các yếu tố đặc thù trong từng lĩnh vực hoặc so sánh mô hình ý định hành vi giữa các quốc gia, nhằm mục tiêu phát triển bền vững các dự án PPP và tăng cường hợp tác hiệu quả giữa KVC và KVTN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. The World Bank, Public-Private Partnerships: Reference Guide Version 3. The World Bank, 2017.

[2]. H. T. Y. Thao and V. T. T. Duong, "The Critical Factors Contributing to Private Sector's Behavioral Intention: A Case Study of Vietnam Construction Public-Private Partnership Projects," Engineering, Technology & Applied Science Research, vol. 15, No. 5, pp. 27741-27748, 2025.

[3]. H. T. Y. Thảo, V. T. T. Dương, T. T. Q. Như, and V. C. Hậu, "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)," Tạp chí Xây dựng, no. 07.2025, pp. 195-199, 2025.

[4]. N. Thai, L. Quan, and L. Huyen, " Factors Affecting private sector invesment intention inthe road infrastructure PPP projects in Viet Nam," in CIGOS 2021, Emerging Technologies and Applications for Green Infrastructure, ed: Springer Nature Singapore, 2021.

[5]. I. Ajzen, "The Theory of planned behavior," Organizational Behavior and Human Decision Processes, 1991.

[6]. M. P. Abednego and S. O. Ogunlana, "Good project governance for proper risk allocation in public-private partnerships in Indonesia," International Journal of Project Management, vol. 24, no. 7, pp. 622-634, 2006/10/01/ 2006, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.07.010.

[7]. R. O.-K. Albert P.C. CHAN, Yi HU, Yun LE, "A fuzzy model for assessing the risk exposure of procuring infrastructure mega-projects through public-private partnership: The case of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge," Front. Eng, vol. 5, no. 1, pp. 64-77, 2018-03-21 2018, doi: 10.15302/j-fem-2018067.

[8]. H. Liu, " PPP Project Social Capital Selection Based on Fuzzy Network Analysis., 32, ," Finance and Accounting Monthly, vol. 32, pp. 50-54, 2016.

[9]. Đ. T. Sỹ, N. A. Thư, and T. N. N. Nam, "Mô hình đánh giá sự sẵn sàng đầu tư của khu vực tư nhân trong các dự án PPP giao thông ở Việt Nam " Tạp chí Xây dựng, no. 3/2019, pp. 150-155, 2019.

[10]. N. A. Abd Karim, "Risk Allocation in Public Private Partnership (PPP) Project: A Review on Risk Factors," (in en), International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, vol. 2, no. 2, %12/%16 2011. [Online]. Available: https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/344.

[11]. Y. Ke, S. Wang, and P. C. Chan Albert, "Risk Allocation in Public-Private Partnership Infrastructure Projects: Comparative Study," Journal of Infrastructure Systems, vol. 16, no. 4, pp. 343-351, 2010/12/01 2010, doi: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000030.

[12]. L. Bing, A. Akintoye, P. J. Edwards, and C. Hardcastle, "The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK," International Journal of Project Management, vol. 23, no. 1, pp. 25-35, 2005/01/01/ 2005, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.04.006.

[13]. World Bank, "Finance Structures for PPP," Public-Private Partnership Resource Center, US. [Online]. Available: https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/finance-structures-ppp

[14]. Farquharson and e. al., A Guide for Hiring and Managing Advisors for Private Participation in Infrastructure. Washington, DC: Public-Private Infrastructure Advisory Facility, 2001.

[15]. T. Liu, Y. Wang, and S. Wilkinson, "Identifying critical factors affecting the effectiveness and efficiency of tendering processes in Public–Private Partnerships (PPPs): A comparative analysis of Australia and China," International Journal of Project Management, vol. 34, no. 4, pp. 701-716, 2016/05/01/ 2016, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.01.004.

[16]. K. Othman and R. Khallaf, "Identification of the Barriers and Key Success Factors for Renewable Energy Public-Private Partnership Projects: A Continental Analysis," Buildings, vol. 12, no. 10, p. 1511, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2075-5309/12/10/1511.

[17]. H. D. Nguyen, T. A. Nguyen, V. V. Doan, and C. N. Dang, "Assessing critical barriers and success factors of PPP projects in emerging economies: a case of Vietnam," Journal of Engineering, Design and Technology, vol. 23, no. 3, pp. 792-811, 2025, doi: 10.1108/JEDT-08-2023-0340.

[18]. Đỗ Tiến Sỹ, Nguyễn Anh Thư, and T. N. N. Nam, "Mô hình đánh giá sự sẵn sàng đầu tư của khu vực tư nhân trong các dự án PPP giao thông ở Việt Nam," Tạp chí Xây dựng, no. 3/2019, pp. 150-155, 2019.

[19]. J. Yang, L. Song, X. Yao, Q. Cheng, Z. Cheng, and K. Xu, "Evaluating the Intention and Behaviour of Private Sector Participation in Healthcare Service Delivery via Public-Private Partnership: Evidence from China," Journal of Healthcare Engineering, vol. 2020, no. 1, p. 5834532, 2020, doi: https://doi.org/10.1155/2020/5834532.

[20]. Z. Luo, J. Li, Z. Wu, S. Li, and G. Bi, "Investigating the Driving Factors of Public Participation in Public-Private Partnership (PPP) Projects-A Case Study of China," International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 19, no. 9, p. 5192, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1660-4601/19/9/5192.

[21]. Y. Zhang, J. Gu, M. Shan, Y. Xiao, and A. Darko, "Investigating Private Sectors' Behavioral Intention to Participate in PPP Projects: An Empirical Examination Based on the Theory of Planned Behavior," Sustainability, vol. 10, no. 8, p. 2692, 2018. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2692.

[22]. X. Zheng, Y. Lu, Y. Le, Y. Li, and J. Fang, "Formation of interorganizational relational behavior in megaprojects: Perspective of the extended theory of planned behavior," Journal of Management in Engineering, vol. 34, no. 1, p. 04017052, 2018.

[23]. T. Tang, "Research on Bidding Decision-Making of PPP Project Based on the Theory of Planned Behavior and Prospect Theory," Tianjin University Tianjin, China, 2016.

[24]. G. Marshall, "The purpose, design and administration of a questionnaire for data collection," (in E), Radiography, vol. 11, no. 2, pp. 131-136, 2005.

[25]. J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, Multivariate Data Analysis, 7 ed. New York: Pearson, 2010.

[26]. M. P. Singh, A. Chakraborty, and M. Roy, "Developing an extended theory of planned behavior model to explore circular economy readiness in manufacturing MSMEs, India," Resources, Conservation and Recycling, vol. 135, pp. 313-322, 2018/08/01/ 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.015.

[27]. B. M. Byrne, Structural Equation Modeling with AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming 3ed. Routledge, 2016.

[28]. ADB, "Socialist Republic of Viet Nam: Public-Private Partnerships, Private Sector Development, and State-Owned Enterprise Reform ", 2024. [Online]. Available: https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/54445/54445-001-tacr-en.pdf

[29]. T. Dũng, "Thu hút gần 6.500 tỷ đồng cho 25 dự án PPP." [Online]. Available: https://baodauthau.vn/thu-hut-gan-6500-ty-dong-cho-25-du-an-ppp-post112294.html

[30]. T. Long, "Các dự án PPP mới đều là các dự án trọng điểm, quy mô lớn của quốc gia." [Online]. Available: https://tapchicongthuong.vn/cac-du-an-ppp-moi-deu-la-cac-du-an-trong-diem--quy-mo-lon-cua-quoc-gia-107378.htm

[31]. X. Zhang, "Critical Success Factors for Public–Private Partnerships in Infrastructure Development," Journal of Construction Engineering and Management, vol. 131, no. 1, pp. 3-14, 2005/01/01 2005, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:1(3).

[32]. B. Li, A. A., E. P. J., and C. and Hardcastle, "Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry," Construction Management and Economics, vol. 23, no. 5, pp. 459-471, 2005/06/01 2005, doi: 10.1080/01446190500041537.

■Ngày nhận bài: 01/11/2025 ■Ngày sửa bài: 12/11/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 27/12/2025

Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công tại TP Đà Nẵng

Factors influencing the selection of design & build contractors in Da Nang City

> HUỲNH THỊ MINH TRÚC
Khoa Quản lý dự án, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng
Email: htmtruc@dut.udn.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng tại Việt Nam, đặc biệt là tại TP Đà Nẵng, mô hình thiết kế - thi công ngày càng được nhiều chủ đầu tư quan tâm nhờ tính tích hợp và hiệu quả. Tuy nhiên, sự cạnh tranh gay gắt trên thị trường đặt ra thách thức lớn cho chủ đầu tư trong quá trình lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công, đồng thời đòi hỏi các doanh nghiệp phải hiểu rõ các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định của khách hàng. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định và đánh giá các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công tại TP Đà Nẵng. Trên cơ sở tổng quan tài liệu trong và ngoài nước, các yếu tố ảnh hưởng được đề xuất và xây dựng mô hình nghiên cứu. Dữ liệu được thu thập từ 73 phiếu khảo sát hợp lệ. Độ tin cậy của thang đo được kiểm định bằng Cronbach's Alpha, sau đó phân tích nhân tố khám phá (EFA) được sử dụng để xác định các nhóm nhân tố chính. Cuối cùng, phương pháp phân tích tầm quan trọng hai chiều (IPA) được áp dụng nhằm đánh giá mức độ quan trọng và mức độ thực hiện của từng yếu tố. Kết quả đã xác định 15 yếu tố chính và phân nhóm các yếu tố thành bốn phân tư IPA, từ đó đưa ra các hàm ý quản trị cụ thể. Nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho các doanh nghiệp xây dựng trong việc hoàn thiện chiến lược dịch vụ - marketing, đồng thời hỗ trợ chủ đầu tư ra quyết định lựa chọn nhà thầu một cách hiệu quả hơn trong mô hình D&B tại Đà Nẵng.

Từ khóa: Thiết kế - thi công, nhân tố ảnh hưởng, phân tích nhân tố khám phá, lựa chọn nhà thầu, Đà Nẵng.

ABSTRACT

In the context of rapid urbanization in Vietnam, especially in Da Nang City, the Design & Build (D&B) project delivery model has gained increasing attention from investors due to its integration and efficiency. However, intense market competition has made contractor selection more challenging, highlighting the need to identify the key factors influencing clients' decisions. This study aims to examine the factors affecting the selection of Design-Build contractors in Da Nang City. Based on a comprehensive literature review, relevant factors were identified and a conceptual research model was developed. Data were collected from 73 valid questionnaires. The reliability of the measurement scales was tested using Cronbach's Alpha, followed by Exploratory Factor Analysis (EFA) to determine the principal factor groups. Importance–Performance Analysis (IPA) was then employed to evaluate the relative importance and performance of each factor. The results identified 15 key factors and classified them into four IPA quadrants, providing practical managerial implications. This research offers scientific insights for construction enterprises to refine their marketing and service strategies, and helps investors make more effective decisions in selecting D&B contractors in the context of Da Nang's growing construction market.

Keywords: Design - Build, influencing factor, exploratory factor analysis (EFA), contractor selection, Da Nang.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với tốc độ đô thị hóa nhanh chóng, số lượng dự án xây dựng tại Việt Nam ngày càng gia tăng nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội. Ở các đô thị trung tâm, công tác thiết kế và thi công xây dựng giữ vai trò đặc biệt quan trọng. TP Đà Nẵng là một minh chứng điển hình: dù là một đô thị trẻ, thành phố đã đạt tốc độ tăng trưởng ấn tượng trong những năm gần đây, trong đó ngành xây dựng đóng góp đáng kể vào sự phát triển này. Sự hiện đại hóa và tiến bộ công nghệ đã tạo ra những tác động mạnh mẽ đến ngành Xây dựng cả nước và riêng tại Đà Nẵng. Điều này kéo theo sự gia tăng kỳ vọng từ phía khách hàng, buộc các doanh nghiệp xây dựng phải điều chỉnh chiến lược và chính sách kinh doanh theo hướng

linh hoạt và cạnh tranh hơn. Nhiều doanh nghiệp đã chủ động tiếp cận công nghệ mới, đầu tư thiết bị hiện đại và cải tiến phương thức quản lý - thiết kế - thi công nhằm đáp ứng yêu cầu của các dự án có quy mô và tính phức tạp cao. Song song với sự phát triển đó, nhiều phương thức thực hiện dự án đã được áp dụng, trong đó mô hình thiết kế - xây dựng (Design–Build, thiết kế - thi công) ngày càng nhận được sự quan tâm bởi tính tích hợp và hiệu quả của nó. Đối với chủ đầu tư, việc lựa chọn được nhà thầu thiết kế - thi công có năng lực là yếu tố then chốt quyết định chất lượng và tiến độ dự án. Tuy nhiên, trong bối cảnh thị trường có sự cạnh tranh gay gắt với hàng loạt doanh nghiệp cùng cung cấp dịch vụ, quá trình lựa chọn nhà thầu trở nên phức tạp hơn bao giờ hết. Điều này đặt ra yêu cầu cho các doanh nghiệp xây dựng phải hiểu rõ những yếu tố ảnh hưởng đến quyết định của khách hàng, từ đó xây dựng chiến lược cạnh tranh phù hợp và nâng cao chất lượng dịch vụ. Đồng thời, việc xác định các tiêu chí lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công cũng hỗ trợ chủ đầu tư trong việc đưa ra quyết định chính xác và hiệu quả hơn.

Xuất phát từ bối cảnh trên, bài báo "Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu Design & Build tại TP Đà Nẵng" được thực hiện nhằm xác định, phân tích và đánh giá mức độ quan trọng của các tiêu chí ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công, qua đó đóng góp cơ sở khoa học cho cả doanh nghiệp và chủ đầu tư trong hoạt động quản lý và ra quyết định.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Thị trường xây dựng nhà ở riêng lẻ tại TP Đà Nẵng

Theo kết quả Điều tra dân số và nhà ở giữa kỳ năm 2024 của Việt Nam [1], Đa số các hộ dân cư sống trong ngôi nhà/căn hộ thuộc quyền sở hữu riêng của hộ (89,7%). Tỷ lệ này ở khu vực nông thôn cao hơn khu vực thành thị 16,4 điểm phần trăm (tương ứng 96,2% và 79,8%). Tỷ lệ hộ sống trong nhà kiên cố hoặc bán kiên cố chiếm 97,6% tổng số hộ có nhà ở, tăng 4,5 điểm phần trăm so với năm 2019 (93,1%). Mức chênh lệch giữa tỷ lệ hộ sống trong nhà kiên cố hoặc bán kiên cố ở khu vực thành thị và nông thôn thu hẹp đáng kể, chỉ còn 3 điểm phần trăm (khu vực thành thị 99,4% và nông thôn 96,4%). Diện tích nhà ở bình quân đầu người năm 2024 là 26,6 m^2/người, tăng 3,4 m^2/người so với năm 2019. Diện tích nhà ở bình quân đầu người của loại nhà chung cư thấp hơn nhà riêng lẻ (tương ứng là 21,1 m^2/người và 26,8 m^2/người). Khoảng 41,9% số hộ sống trong các ngôi nhà/căn hộ có diện tích bình quân đầu người từ 30 m^2/người trở lên, chỉ còn 4,1% hộ đang sống trong các ngôi nhà/căn hộ có diện tích chật hẹp dưới 8 m^2/người. Trong đó, tỷ lệ hộ sống trong các ngôi nhà/căn hộ có diện tích bình quân đầu người dưới 8 m2/người ở vùng Đông Nam Bộ là cao nhất (10,7%), tỷ lệ này của vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải miền Trung là thấp nhất (2,0%). Đa số các hộ dân cư đang sống trong các ngôi nhà/căn hộ được xây dựng và bắt đầu đưa vào sử dụng từ năm 2000 đến nay (81,5%, tương đương 22,9 triệu hộ), cao hơn 4,7% so với năm 2019. Tuy nhiên vẫn còn 14,2% số hộ sống trong ngôi nhà được xây dựng và đưa vào sử dụng lần đầu trong vòng từ trong vòng từ 25 đến 49 năm và 1,9% số hộ vẫn đang sống trong những ngôi nhà có tuổi đời từ trên 49 năm.

Theo [2], diện tích nhà ở bình quân năm 2025 phấn đấu đạt khoảng 30,0 m^2 sàn/người; trong đó, khu vực đô thị đạt khoảng 30,4 m^2 sàn/người, khu vực nông thôn đạt khoảng 27,2 m^2 sàn/người. Tỷ lệ nhà ở kiên cố phấn đấu đạt trên 70%; trong đó, khu vực đô thị đạt 80%÷90%, khu vực nông thôn đạt khoảng 50%-60%; không để phát sinh nhà ở đơn sơ, đặc biệt là khu vực đô thị. Trong đó đối với loại hình nhà ở riêng lẻ của hộ gia đình, cá nhân dự kiến hoàn thành trong năm 2025 là 21.105 căn với diện tích sàn nhà ở 2.532.648 m^2. Qua đây có thể thấy nhu cầu xây dựng nhà ở riêng lẻ của người dân thành phố ngày càng cao.

2.2. Tổng quan về mô hình thiết kế - thi công

Tổng thầu thiết kế - thi công là nhà thầu ký kết hợp đồng trực tiếp với chủ đầu tư để thực hiện dự án đầu tư xây dựng theo mô hình trọn gói, kết hợp giữa công tác thiết kế và thi công. Mô hình thiết kế - thi công được xem là giải pháp thay thế các phương thức truyền thống vốn từng gây chậm tiến độ, vượt chi phí hoặc làm gián đoạn dự án. Trong mô hình này, tổng thầu thiết kế - thi công đóng vai trò là đối tác chính, chịu trách nhiệm toàn diện trong quá trình thiết kế và xây dựng công trình. Tổng thầu đảm nhiệm toàn bộ các công việc từ lập kế hoạch, thiết kế, tư vấn vật liệu, thi công đến bảo trì công trình. Đồng thời, tổng thầu phối hợp chặt chẽ với chủ đầu tư nhằm nắm bắt nhu cầu và yêu cầu của dự án, làm cơ sở cho việc triển khai thiết kế và thi công. Trong quá trình thực hiện, tổng thầu có thể thuê các nhà thầu phụ tư vấn và/hoặc thi công để thực hiện một phần công việc; tuy nhiên, tổng thầu vẫn phải chịu trách nhiệm hoàn toàn đối với toàn bộ hoạt động thiết kế và xây dựng của dự án, bao gồm cả các phần việc do nhà thầu phụ thực hiện.

Về ưu điểm, phương thức này có năm ưu điểm chính. Thứ nhất, phương thức cho phép tập trung trách nhiệm trong việc thực hiện hai hoạt động xây dựng quan trọng và có mối liên hệ chặt chẽ của dự án là thiết kế và thi công. Thứ hai, phương thức này góp phần rút ngắn thời gian thực hiện dự án do các giai đoạn thiết kế và thi công có thể được triển khai song song, đồng thời giảm thời gian dành cho việc lựa chọn nhà thầu. Thứ ba, phương thức giúp giảm khối lượng công việc hành chính cho chủ đầu tư, đặc biệt là các hoạt động điều phối và giải quyết mâu thuẫn giữa đơn vị thiết kế và đơn vị thi công. Thứ tư, phương thức góp phần giảm thiểu rủi ro cho chủ đầu tư, bởi tổ chức thực hiện thiết kế - thi công chịu trách nhiệm quản lý nhiều rủi ro mà trong các phương thức truyền thống thường do chủ đầu tư đảm nhận. Thứ năm, do các hoạt động thiết kế và thi công được thực hiện trong cùng một tổ chức, sự phối hợp giữa các bộ phận được tăng cường, qua đó giúp việc điều chỉnh thiết kế trở nên linh hoạt và thuận lợi hơn, kể cả trong quá trình xây dựng.

Về nhược điểm, phương thức này tồn tại một số nhược điểm liên quan đến chi phí và rủi ro. Chủ đầu tư thường gặp khó khăn trong việc tính dự toán chi phí cho dự án khi lựa chọn nhà thầu do chưa có hồ sơ thiết kế chi tiết, bởi việc thiết kế là một nhiệm vụ của nhà thầu thiết kế - xây dựng. Cũng vì lý do trên, nhà thầu thiết kế - xây dựng sẽ gặp rủi ro lớn trong việc đáp ứng yêu cầu của chủ đầu tư, vì chưa ước tính được chính xác khối lượng thi công cần thực hiện. Để chia sẻ rủi ro với nhà thầu, chủ đầu tư thường phải chấp nhận các khoản chi phi dự phòng do nhà thầu đưa ra, từ đó dẫn đến chi phi cho dự án cao hơn. Ngoài ra, do giao toàn bộ cả hai hoạt động cho nhà thầu, khả năng kiểm soát của chủ đầu tư đối với dự án sẽ kém hơn so với phương thức "Thiết kế - Đấu thầu - Thi công".

2.3. Tổng quan về các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công

Nhiều nghiên cứu đã tập trung xác định các yếu tố quyết định sự thành công của dự án theo phương thức thiết kế - thi công. Một trong những công trình có ảnh hưởng sớm là nghiên cứu của Chan, Ho và Tam (2001) [3], trong đó nhóm tác giả sử dụng phân tích đa biến để xác định các yếu tố thành công then chốt của dự án thiết kế - thi công, bao gồm năng lực quản lý của nhà thầu, hiệu quả phối hợp giữa các bên và sự rõ ràng của yêu cầu dự án ngay từ giai đoạn đầu [3] . Nghiên cứu này đặt nền tảng quan trọng cho hướng tiếp cận định lượng trong đánh giá mức độ thành công của phương thức thiết kế - thi công trong nhiều bối cảnh khác nhau. Tại Malaysia, một loạt nghiên cứu tiếp theo tiếp tục củng cố bằng chứng về các yếu tố thành công của mô hình thiết kế - thi công trong khu vực công.

Ng và Yusof (2006) chỉ ra rằng các dự án thiết kế - thi công thành công thường có đặc điểm là yêu cầu dự án rõ ràng, cơ chế giao tiếp hiệu quả và đội ngũ quản lý có năng lực [4]. Tiếp nối kết quả này, Adnan et al. (2012) nghiên cứu các dự án xây dựng trong khối đại học công lập và nhấn mạnh vai trò của kinh nghiệm nhà thầu, sự tin cậy giữa các bên và khả năng hợp tác trong môi trường dự án tích hợp [5]. Gần đây hơn, Ping, Rahman và Ing (2020) sử dụng dữ liệu thực nghiệm để xác nhận rằng năng lực kỹ thuật của nhà thầu, cùng với cơ chế ra quyết định minh bạch của chủ đầu tư, là những yếu tố tạo ảnh hưởng đáng kể đến thành công của dự án thiết kế - thi công trong khu vực công tại Malaysia [6]. Ở bối cảnh ngoài Malaysia, nghiên cứu của Alvani, Bemanian và Hoseinalipour (2014) về các dự án đô thị tại Karaj (Iran) cũng chỉ ra một tập hợp các yếu tố thành công tương đồng, bao gồm khả năng quản lý rủi ro, chất lượng lập kế hoạch và tiến độ, cũng như năng lực thiết kế - thi công của tổng thầu [7]. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy các yếu tố thành công của thiết kế - thi công có tính chất phổ quát, đặc biệt liên quan đến năng lực của nhà thầu và mức độ rõ ràng của mục tiêu dự án, mặc dù bối cảnh thực hiện mỗi quốc gia có khác nhau. Tổng hợp các tài liệu cho thấy các yếu tố thành công chủ yếu của mô hình thiết kế - thi công xoay quanh năng lực và kinh nghiệm của tổng thầu, chất lượng hợp tác và giao tiếp, tính rõ ràng của yêu cầu dự án, và hiệu quả quản lý rủi ro. Bảng 1 trình bày danh sách các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công được tổng hợp từ các nghiên cứu liên quan.

Bảng 1. Danh sách các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công

STT	Ký hiệu	Tên nhân tố
1	DB1	Năng lực kinh nghiệm của nhà thầu trong quản lý THIẾT KẾ - THI CÔNG.
2	DB2	Sự hiểu biết và cam kết của nhà thầu về các mục tiêu của dự án.
3	DB3	Năng lực tài chính của nhà thầu.
4	DB4	Nhà thầu thiết lập được mục tiêu rõ ràng để hoàn thành dự án.
5	DB5	Khả năng phát triển về quản lý thiết kế.
6	DB6	Sự am hiểu của nhà thầu về công trình trong quá trình phát triển thiết kế.
7	DB7	Nhà thầu áp dụng các kĩ thuật xây dựng phù hợp.
8	DB8	Nhà thầu có các biện pháp tổ chức thi công phù hợp.
9	DB9	Nhà thầu có quan hệ tốt với chính quyền địa phương.
10	DB10	Các ưu đãi, dịch vụ hấp dẫn của nhà thầu
11	DB11	Nhà thầu có thái độ làm việc chuyên nghiệp, tận tình, chu đáo, có khả năng nắm bắt được tâm lý sở thích của khách hàng.
12	DB12	Nhà thầu có chính sách giá hợp lý.
13	DB13	Nhà thầu có dự toán thi công chi tiết và hợp lý.
14	DB14	Nhà thầu có năng lực máy móc đảm bảo hoàn thành dự án đúng mục tiêu.
15	DB15	Nhà thầu có mối quan hệ tốt với các đơn vị cung ứng vật tư đảm bảo có khả năng huy động vật tư tốt cho công trình.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Quy trình nghiên cứu

Quy trình nghiên cứu được thực hiện theo các bước sau. Trước hết, tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước được tiến hành nhằm xác định các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công và xây dựng mô hình nghiên cứu. Trên cơ sở đó, các yếu tố được đề xuất và đưa vào bảng câu hỏi khảo sát. Dữ liệu được thu thập từ 73 phiếu khảo sát hợp lệ. Độ tin cậy của thang đo được kiểm định bằng Cronbach's Alpha, tiếp theo là phân tích nhân tố khám phá (EFA) nhằm xác định cấu trúc và tính đại diện của các nhóm nhân tố. Sau khi các nhân tố được xác lập, phương pháp tầm quan trọng hai chiều (Importance Performance Analysis - IPA) được áp dụng để đánh giá đồng thời mức độ quan trọng và mức độ thực hiện của từng yếu tố, qua đó xác định các yếu tố cần ưu tiên cải thiện trong quá trình lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công tại TP Đà Nẵng.

3.2. Thu thập dữ liệu thông qua khảo sát

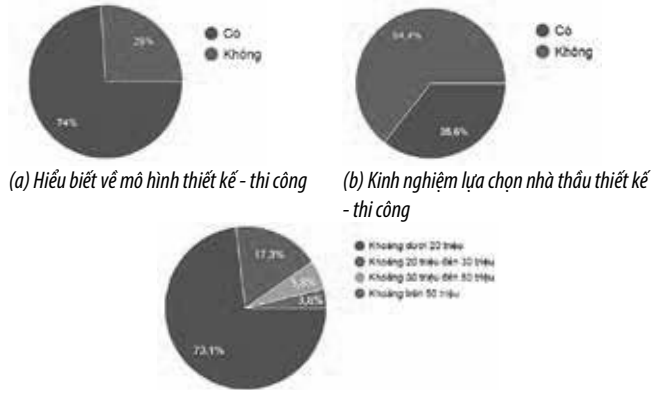
Nội dung khảo sát được thiết kế nhằm thu thập thông tin nền tảng về nhận thức và kinh nghiệm của người tham gia đối với phương thức thiết kế - thi công trong xây dựng. Cụ thể, bảng câu hỏi bao gồm các nội dung liên quan đến loại hình thiết kế - thi công, kinh nghiệm lựa chọn nhà thầu thi công xây dựng nhà ở riêng lẻ, cũng như kinh nghiệm trong việc lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công. Bên cạnh đó, các thông tin nhân khẩu học cơ bản của người trả lời cũng được thu thập, bao gồm nhóm độ tuổi, mức thu nhập bình quân hàng tháng của hộ gia đình và khu vực sinh sống tại TP Đà Nẵng. Những thông tin này được sử dụng nhằm phân tích đặc điểm mẫu khảo sát và làm cơ sở cho việc đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công trong bối cảnh đô thị Đà Nẵng.

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu, đối tượng khảo sát được xác định là những người dân đã, đang và dự kiến có nhu cầu xây dựng nhà ở riêng lẻ tại TP Đà Nẵng. Đây là nhóm đối tượng trực tiếp tham gia vào quá trình ra quyết định lựa chọn nhà thầu thi công và nhà thầu thiết kế - thi công, do đó các ý kiến thu thập được phản ánh sát thực tế bối cảnh nghiên cứu. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập thông qua phiếu khảo sát trực tuyến bằng Google Form, nhằm tăng tính thuận tiện, tiết kiệm thời gian và mở rộng phạm vi tiếp cận người tham gia khảo sát. Hình thức khảo sát này đồng thời giúp đảm bảo tính ẩn danh của người trả lời và nâng cao độ tin cậy của dữ liệu thu thập.

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

4.1. Đặc điểm đối tượng được khảo sát

Một cuộc khảo sát đã được tiến hành nhằm đánh giá các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công trên địa bàn thành phố Đà Nẵng. Đối tượng khảo sát là những người dân tại Đà Nẵng đã, đang hoặc sẽ có nhu cầu xây dựng nhà ở riêng lẻ và có tìm hiểu hoặc từng sử dụng mô hình nhà thầu thiết kế - thi công. Dữ liệu khảo sát được thu thập bằng hình thức trực tuyến, thông qua bảng câu hỏi trên nền tảng Google Forms. Tổng cộng có 104 phiếu khảo sát được phân phát, thu về 78 phiếu (tương đương tỷ lệ phản hồi 75%), trong đó 73 phiếu hợp lệ được sử dụng cho phân tích. Đáng chú ý, 35,6% số người trả lời cho biết họ đã có kinh nghiệm trong việc lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công. Việc thống kê các đặc điểm của mẫu khảo sát được thực hiện nhằm đảm bảo tính đại diện của mẫu và độ tin cậy của các kết quả phân tích.



(a) Hiểu biết về mô hình thiết kế - thi công

(b) Kinh nghiệm lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công

(c) Thu nhập trung bình hằng tháng theo hộ gia đình

Hình 1. Đặc điểm đối tượng được khảo sát

4.2. Phân tích thống kê mô tả và xếp hạng nhân tố theo trị trung bình

Để thuận tiện cho việc đánh giá và đề xuất kiến nghị, nghiên cứu đã sử dụng giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và độ tin cậy để sắp xếp các nhân tố đánh giá. Từ Bảng 2, độ lệch chuẩn dao động từ khoảng 1,05 đến 1,26, phản ánh sự khác nhau đáng kể về mức độ ổn định giữa các yếu tố. DB12 là yếu tố có độ lệch chuẩn thấp nhất (1,0496), kế đến là DB3 (1,0536). Điều này nghĩa là mức đánh giá của DB12 và DB3 rất ổn định, các ý kiến tương đối thống nhất và ít có sự chênh lệch giữa các người đánh giá. Một số yếu tố khác cũng có độ lệch chuẩn thấp (dưới 1,10) như DB7, DB9, DB10 và DB15, cho thấy sự đồng thuận tương đối cao trong nhận định về tầm quan trọng của chúng. Ngược lại, DB1 có độ lệch chuẩn cao nhất (1,2589), và DB2 cũng cao đáng kể (1,2388). Những giá trị độ lệch chuẩn cao này cho thấy sự phân tán lớn trong ý kiến: người đánh giá có quan điểm rất khác nhau về mức độ quan trọng của DB1 và DB2. Các yếu tố như DB5 và DB4 cũng có độ lệch chuẩn tương đối cao, gợi ý rằng mức độ đồng thuận ở các tiêu chí này không mạnh bằng các tiêu chí khác.

Bảng 3 trình bày xếp hạng các yếu tố theo trị trung bình. Những yếu tố được đánh giá cao nhất với điểm trung bình cao gồm có DB11 và DB6. Cụ thể, DB11 có điểm trung bình khoảng 3,918 (khoảng tin cậy 95%: 3,6548 - 4,1808), cao nhất trong các yếu tố, cho thấy đây là tiêu chí được nhiều người coi trọng hàng đầu. DB6 xếp ngay sau với điểm trung bình khoảng 3,904 (khoảng tin cậy 95%: 3,6342 – 4,1740), chứng tỏ mức độ quan trọng của DB6 cũng tương đương sát với DB11. Nhóm kế tiếp cũng có điểm trung bình khá cao, bao gồm DB7 (3,863) và DB14 (3,863), gần như tương đương nhau, cùng với DB13 (3,836). Những giá trị này cho thấy các yếu tố vừa nêu nằm trong nhóm quan trọng nhất khi lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công. Mặc dù khoảng tin cậy 95% của các yếu tố hàng đầu này có độ giao thoa (chồng lấn) nhất định, việc DB11 và DB6 dẫn đầu về điểm trung bình cho thấy chúng nổi bật hơn chút ít so với phần còn lại. Ngược lại, ở chiều thấp hơn, một số yếu tố có điểm trung bình thuộc loại thấp nhất là DB9 (3,5479) và DB10 (3,5753). Đây là hai yếu tố có mức đánh giá thấp nhất, ngụ ý rằng chúng được xem là kém quan trọng hơn trong quyết định lựa chọn nhà thầu so với các yếu tố khác.

Bảng 2. Kết quả thống kê mô tả

STT	Tiêu chí	Trung bình	95% độ tin cậy		Độ lệch chuẩn
			Giới hạn dưới	Giới hạn trên	
1	DB1	3.6712	3.3775	3.965	1.2589
2	DB2	3.7808	3.4918	4.0699	1.2388
3	DB3	3.7945	3.5487	4.0403	1.0536
4	DB4	3.7534	3.4763	4.0305	1.1877
5	DB5	3.6986	3.4164	3.9809	1.2097
6	DB6	3.9041	3.6342	4.1740	1.1567
7	DB7	3.8630	3.6071	4.1189	1.0969
8	DB8	3.7671	3.5019	4.0324	1.1368
9	DB9	3.5479	3.2899	3.8060	1.1061
10	DB10	3.5753	3.3176	3.8330	1.1045
11	DB11	3.9178	3.6548	4.1808	1.1274
12	DB12	3.8082	3.5633	4.0531	1.0496
13	DB13	3.8356	3.5690	4.1022	1.1428
14	DB14	3.8630	3.6012	4.1248	1.1219
15	DB15	3.7397	3.4817	3.9977	1.1059

Bảng 3. Xếp hạng 15 yếu tố theo giá trị trung bình

STT	Nhân tố	Thứ tự	Giá trị trung bình
11	DB11	1	3.9178
6	DB6	2	3.9041
7	DB7	3	3.863
14	DB14	4	3.863
13	DB13	5	3.8356
12	DB12	6	3.8082
3	DB3	7	3.7945
2	DB2	8	3.7808
8	DB8	9	3.7671
4	DB4	10	3.7534
15	DB15	11	3.7397
5	DB5	12	3.6986
1	DB1	13	3.6712
10	DB10	14	3.5753
9	DB9	15	3.5479

Tóm lại, phân tích tổng hợp thông qua kết quả thống kê mô tả cho thấy các yếu tố ảnh hưởng đến lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công có mức độ quan trọng không chênh lệch quá lớn (tất cả đều trên mức trung bình), nhưng một số yếu tố nổi trội hơn về điểm số trung bình (như DB11, DB6) cũng như một số yếu tố có đánh giá kém ổn định (như DB1, DB2). Việc xem xét đồng thời thứ hạng trung bình và độ ổn định của các yếu tố là cần thiết. Các tiêu chí quan trọng hàng đầu nên được ưu tiên, trong khi các tiêu chí có mức đánh giá chưa cao hoặc còn nhiều ý kiến phân tán (ví dụ: DB1, DB2, DB9, DB10, DB5) cần được nghiên cứu và làm rõ thêm. Kết quả này cung cấp cái nhìn toàn diện, vừa xác định những yếu tố chủ chốt trong quyết định chọn nhà thầu thiết kế - thi công, vừa cảnh báo những điểm chưa nhất quán để các nhà quản lý dự án có thể lưu ý và cải thiện trong quá trình ra quyết định.

4.3. Phân tích nhân tố khám phá

Phân tích nhân tố khám phá (Exploratory Factor Analysis - EFA) là một kỹ thuật thống kê được sử dụng nhằm rút gọn một tập hợp nhiều biến quan sát có mối tương quan với nhau thành một số lượng nhỏ hơn các nhân tố có ý nghĩa thống kê, qua đó làm rõ cấu trúc tiềm ẩn giữa các biến. Phương pháp này cho phép xác định các nhóm biến có tính chất tương đồng, góp phần đơn giản hóa mô hình nghiên cứu và nâng cao tính khái quát hóa của dữ liệu. EFA thường được áp dụng đối với các khái niệm trừu tượng, không thể đo lường trực tiếp, chẳng hạn như nhận thức, thái độ, hành vi, mức độ hài lòng, v.v. Theo Hoàng Trọng và Chu Mộng Ngọc (2010) [8], quy trình thực hiện EFA bao gồm 6 bước cơ bản và được minh họa cụ thể trong sơ đồ nghiên cứu. Một số tiêu chí thống kê quan trọng cần đảm bảo trong quá trình phân tích nhân tố gồm: hệ số tải nhân tố (factor loading) phải đạt từ 0.5 trở lên để đảm bảo độ liên kết giữa biến quan sát và nhân tố; tổng phương sai trích (Total Variance Explained) của các nhân tố phải đạt trên 60% nhằm phản ánh tốt phần lớn thông tin của dữ liệu gốc; hệ số KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) phải lớn hơn 0,5 để bảo đảm độ phù hợp của dữ liệu với phân tích nhân tố; đồng thời, quá trình phân tích thường sử dụng phép xoay nhân tố, phổ biến nhất là Varimax để tăng tính phân biệt giữa các nhân tố.

Bảng 4 trình bày kết quả kiểm định KMO và Bartlett. Từ bảng 4 cho thấy kết quả hệ số KMO = 0.926 thỏa mãn điều kiện 0.5 < KMO < 1, như vậy phân tích nhân tố khám phá là thích hợp cho dữ liệu thực tế. kết quả của kiểm định Bartlett's là 1436.028 với mức ý nghĩa Sig. < 0.05. Điều này chứng tỏ dữ liệu dùng để phân tích hoàn toàn thích hợp. Như vậy, các biến quan sát có tương quan tuyến tính với nhân tố đại diện.

Bảng 4. Kết quả kiểm định KMO và Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0.926
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1436.028
	df	105
	Sig.	0

Bảng 5 trình bày kết quả tổng phương sai trích. Kết quả phân tích nhân tố khám phá cho thấy chỉ có một nhân tố duy nhất có giá trị Eigenvalue lớn hơn 1 (11,55), tương ứng với tỷ lệ phương sai trích là 76.972%. Điều này cho thấy toàn bộ 15 biến quan sát đều hội tụ vào một nhân tố chung, phản ánh cấu trúc đơn chiều của thang đo. Theo tiêu chí Kaiser (Eigenvalue > 1), các thành phần còn lại đều có giá trị nhỏ hơn 1 và do đó không được giữ lại trong mô hình. Tỷ lệ phương sai trích tích lũy đạt 76.972% là rất cao, vượt ngưỡng tối thiểu 50% được khuyến nghị trong các nghiên cứu xã hội. Kết quả này khẳng định sự phù hợp và độ tin cậy của thang đo trong việc đo lường nhân tố tiềm ẩn duy nhất, là cơ sở vững chắc để thực hiện các bước phân tích tiếp theo.

Bảng 5. Kết quả tổng phương sai trích

Nhân tố	Tổng giá trị riêng ban đầu	% phương sai được giải thích	% phương sai tích luỹ được giải thích	Tổng bình phương hệ số tải sau khi trích	% phương sai được giải thích	% phương sai tích luỹ được giải thích
1	11.55	76.972	76.972	11.546	76.972	76.972
2	0.707	4.714	81.686			
3	0.577	3.85	85.536			
4	0.389	2.593	88.128			
5	0.336	2.238	90.366			
6	0.303	2.018	92.387			
7	0.234	1.563	93.949			
8	0.203	1.351	95.3			
9	0.176	1.171	96.475			
10	0.145	0.97	97.445			
11	0.127	0.85	98.295			
12	0.095	0.635	98.931			
13	0.064	0.429	99.369			
14	0.059	0.392	99.765			
15	0.035	0.235	100			

Kết quả phân tích hệ số tải nhân tố ở Bảng 6 cho thấy toàn bộ 15 biến quan sát (DB1 đến DB15) đều có hệ số tải nhân tố lớn hơn 0,5 là ngưỡng tối thiểu được khuyến nghị để đảm bảo biến có mức liên kết đáng kể với nhân tố chung. Trong đó, các biến DB1, DB2 và DB3 có hệ số tải rất cao, lần lượt đạt 0,928, 0,924 và 0,922, cho thấy mức độ tương quan rất mạnh giữa các biến này với nhân tố tiềm ẩn mà chúng đại diện. Đây là những chỉ tiêu thể hiện sự đóng góp nổi bật trong cấu trúc nhân tố. Nhìn chung, phần lớn các biến đều có hệ số tải dao động trong khoảng 0,86 đến 0,92, phản ánh độ hội tụ tốt và tính nhất quán cao trong nhóm. Đặc biệt, DB15 có hệ số tải thấp nhất trong số các biến (0,769), tuy vẫn nằm trong giới hạn chấp nhận được, song cũng là chỉ báo cần lưu ý vì mức độ liên hệ với nhân tố chung thấp hơn so với các biến còn lại. Tương tự, DB14 có hệ số tải 0,798, gần sát ngưỡng 0.8, cho thấy mức liên kết tương đối nhưng không quá nổi bật. Tổng thể, kết quả này khẳng định độ phù hợp cao của thang đo và cho thấy các biến được lựa chọn đều có khả năng đo lường tốt nhân tố chung trong mô hình nghiên cứu. Đây là tiền đề quan trọng để thực hiện các bước phân tích tiếp theo như kiểm định mô hình hoặc phân tích IPA.

Bảng 6. Kết quả giá trị hệ số tải nhân tố

STT	Chỉ tiêu	Hệ số tải nhân tố
1	DB1	0.928
2	DB2	0.924
3	DB3	0.922
4	DB4	0.909
5	DB5	0.905
6	DB6	0.902
7	DB7	0.897
8	DB8	0.883
9	DB9	0.881
10	DB10	0.873
11	DB11	0.867
12	DB12	0.863
13	DB13	0.821
14	DB14	0.798
15	DB15	0.769

4.4. Phân tích tầm quan trọng bằng phương pháp IPA

Phân tích tầm quan trọng hai chiều là một kỹ thuật có nguồn gốc từ phân tích hiệu suất quan trọng, thường được sử dụng để đo lường hoạt động dịch vụ, các chỉ số quan trọng và xếp hạng hiệu suất [9, 10]. Trong nghiên cứu này, phân tích tầm quan trọng hai chiều đã được sử dụng để đo lường tầm quan trọng của các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công tại TP. Đà Nẵng. Hình 2 cho thấy kết quả của phân tích tầm quan trọng hai chiều thông qua biểu đồ IPA. Biểu đồ IPA có trục tung thể hiện mức độ quan trọng được đo bằng giá trị trung bình của mỗi yếu tố, trong khi trục hoành đại diện cho tầm quan trọng nội tại, tức mức độ đại diện của từng yếu tố đối với nhân tố tiềm ẩn thông qua hệ số tải nhân tố. Mốc phân chia các phần tư thường được lấy tại giá trị trung bình của mỗi trục (giá trị trung bình chung và hệ số tải trung binhg của tập yếu tố). Dựa trên giá trị trung bình và hệ số tải của từng yếu tố DB1-DB15 so với giá trị trung bình chung (3,768) và hệ số tải trung bình (0,876), có thể phân nhóm các yếu tố vào bốn phần tư IPA như sau:

- Phần tư I (Giá trị trung bình cao, hệ số tải cao)

Nhóm yếu tố gồm DB2, DB3, DB6, DB7 (có trị trung bình > 3,768 và hệ số tải > 0,876). Đây là các yếu tố nằm trên trung bình ở cả hai chiều, tức vừa được khách hàng đánh giá rất quan trọng, vừa có tầm ảnh hưởng thống kê cao trong mô hình. Theo lý thuyết IPA, những thuộc tính cao hơn mức trung bình ở cả tầm quan trọng cảm nhận và thực tế được coi là rất quan trọng và mang tính quyết định cao. Chúng đóng vai trò là "yếu tố chủ chốt" đối với thành công lựa chọn nhà thầu. Do đó, cần ưu tiên duy trì và phát huy các yếu tố này. Nói cách khác, nhà quản lý nên tiếp tục đầu tư nguồn lực để giữ vững hiệu quả của nhóm tiêu chí này, bởi chúng có đóng góp lớn nhất đến kết quả và sự hài lòng của khách hàng. Ví dụ, trong nhóm này có thể bao gồm các tiêu chí về năng lực cốt lõi của nhà thầu; việc nhà thầu đạt kết quả cao ở những tiêu chí then chốt này sẽ tạo ra lợi thế cạnh tranh rõ rệt và cần được duy trì ổn định.

- Phần tư II (Giá trị trung bình cao, hệ số tải thấp)

Nhóm yếu tố DB11, DB12, DB13, DB14 (có trị trung bình > 3,768 nhưng hệ số tải < 0,876). Nhóm này gồm các yếu **tố** khách hàng cho là rất quan trọng (điểm trung bình cao hơn trung bình) nhưng tầm quan trọng thực tế lại không cao tương xứng trong mô hình thống kê. Theo kết quả

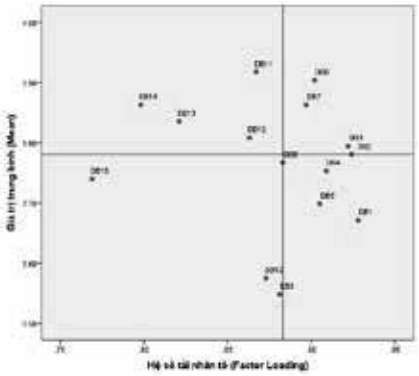
IPA, những tiêu chí trị trung bình cao nhưng hệ số tải thấp thuộc phần tư II. Ta có thể hiểu đây là các thuộc tính mà khách hàng kỳ vọng cao (có thể coi như các yêu cầu cơ bản cần phải có), nhưng chúng không phải là yếu tố phân biệt chính giữa các nhà thầu (đóng góp ít vào khác biệt kết quả). Nói cách khác, nhóm này giống như các "điều kiện cần có" hoặc tiêu chí nền tảng, mọi nhà thầu đều phải đáp ứng ở mức độ nhất định để được xem xét, nhưng vượt trội ở những tiêu chí này chưa chắc đã giúp nhà thầu thắng thầu. Do đó, doanh nghiệp cần tập trung cải thiện hiệu quả triển khai, điều chỉnh quy trình thực hiện hoặc nâng cao chất lượng dịch vụ liên quan đến các yếu tố này nhằm đáp ứng đúng kỳ vọng của khách hàng, tránh tạo ra sự thất vọng và sụt giảm niềm tin. Đây là nhóm tiêu chí cần được duy trì ở mức chuẩn mực, xem như "điều kiện cần" trong cạnh

- Phần tư III (Giá trị trung bình thấp, hệ số tải thấp)

Nhóm yếu tố: DB10, DB15 (trị trung bình < 3,768 và hệ số tải < 0,876). Đây là các yếu tố có tầm quan trọng thấp ở cả hai khía cạnh, nằm dưới mức trung bình của cả điểm khách hàng đánh giá lẫn hệ số tải nhân tố. Theo IPA, những tiêu chí thấp hơn trung bình ở cả tầm quan trọng cảm nhận và thực tế thuộc phần tư III, thường được coi là ít quan trọng và ít ảnh hưởng. Những yếu tố này hầu như không đóng góp nhiều vào việc phân biệt hay quyết định lựa chọn nhà thầu. Chúng tương ứng với nhóm "ưu tiên thấp" hoặc thậm chí có thể xem là những tiêu chí không cần đầu tư nhiều nguồn lực. Vì vậy, doanh nghiệp có thể giảm thiểu sự đầu tư hoặc nguồn lực dành cho nhóm này, tránh lãng phí không cần thiết, nhưng vẫn nên duy trì ở mức tối thiểu để đảm bảo tính đầy đủ của dịch vụ.

- Phần tư IV (Giá trị trung bình thấp, hệ số tải cao)

Nhóm yếu tố: DB1, DB4, DB5, DB8, DB9 (trị trung bình < 3,768 nhưng hệ số tải > 0,876). Các yếu tố này có đặc điểm không được khách hàng đánh giá quá cao, nhưng lại thể hiện tầm quan trọng nội tại rất lớn trong mô hình (hệ số tải vượt trội so với trung bình). Theo IPA hai chiều, những tiêu chí hệ số tải cao nhưng trị trung bình thấp thuộc phần tư IV. Điều này gợi ý rằng đây là các "động lực tiềm ẩn": khách hàng ít nhận thức được tầm quan trọng của chúng, nhưng thực chất chúng ảnh hưởng mạnh đến thành công. Có thể hiểu, khách hàng đang đánh giá thấp hoặc chưa chú ý đúng mức tới các yếu tố này khi đưa ra quyết định, mặc dù chúng có vai trò quan trọng phía sau. Đây là nhóm yếu tố tiềm năng bị bỏ sót. Doanh nghiệp cần tăng cường truyền thông, đào tạo hoặc cải thiện cách thức thể hiện để khách hàng hiểu rõ giá trị và vai trò thực sự của các yếu tố này. Việc định vị lại đúng tầm quan trọng của nhóm yếu tố này sẽ giúp gia tăng lợi thế cạnh tranh và tạo khác biệt trên thị trường.



Hình 2. Phân tích tầm quan trọng 2 chiều

Dựa trên biểu đồ IPA, kết quả phân tích cho thấy 15 yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu thiết kế - thi công được phân bố vào bốn phần tư với ý nghĩa quản trị khác nhau. Cụ thể, các yếu tố như DB2 - Sự hiểu biết và cam kết của nhà thầu, DB3 - Năng lực tài chính, DB6 - Sự am hiểu quy trình thiết kế, và DB7 - Ứng dụng kỹ thuật thi công nằm trong nhóm "Quan trọng toàn diện", tức vừa được khách hàng đánh giá cao, vừa có hệ số tải nhân tố cao. Ngược lại, các yếu tố như DB11 - Thái độ làm việc chuyên nghiệp hay DB13 - Dự toán chi tiết hợp lý tuy được khách hàng xem trọng nhưng lại chưa thể hiện rõ vai trò trong mô hình, cho thấy cần cải thiện năng lực triển khai thực tế. Đáng chú ý, những yếu tố như DB1 - Năng lực kinh nghiệm thiết kế, DB5 - Khả năng phát triển thiết kế, hay DB8 - Biện pháp tổ chức thi công dù có ảnh hưởng nội tại cao nhưng chưa được khách hàng đánh giá đúng mức, là cơ hội để doanh nghiệp nhấn mạnh truyền thông. Các yếu tố như DB10 - Ưu đãi dịch vụ và DB15 - Mối quan hệ với đơn vị cung ứng có mức ảnh hưởng thấp, nên được xem xét giảm đầu tư trong ngắn hạn. Qua đó, IPA giúp xác định rõ điểm mạnh, điểm yếu và các cơ hội điều chỉnh chiến lược dịch vụ - tiếp thị một cách hiệu quả.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định và phân tích 15 yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn nhà thầu theo mô hình Design & Build (D&B) tại thành phố Đà Nẵng, thông qua quy trình gồm khảo sát thực tế, kiểm định độ tin cậy, phân tích nhân tố khám phá (EFA), và đánh giá tầm quan trọng hai chiều theo phương pháp IPA. Kết quả cho thấy có sự khác biệt rõ rệt giữa tầm quan trọng cảm nhận và mức độ thể hiện thực tế của các yếu tố, từ đó giúp phân nhóm tiêu chí và đề xuất chiến lược ứng xử phù hợp. Cụ thể, một số yếu tố được khách hàng đánh giá cao và có ảnh hưởng thực sự mạnh mẽ, cần được doanh nghiệp ưu tiên duy trì. Ngược lại, một số yếu tố tuy có vai trò thống kê quan trọng nhưng chưa được khách hàng nhận thức rõ, đòi hỏi phải được truyền thông, nhấn mạnh lại trong quá trình tiếp cận thị trường. Ngoài ra, các yếu tố ít được quan tâm cũng như không có ảnh hưởng rõ rệt nên được xem xét giảm ưu tiên đầu tư. Những phát hiện từ nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho các doanh nghiệp xây dựng trong việc xây dựng chiến lược marketing - dịch vụ, tối ưu hóa quy trình lựa chọn nhà thầu, đồng thời hỗ trợ chủ đầu tư ra quyết định một cách hiệu quả và phù hợp hơn trong bối cảnh thị trường D&B đang ngày càng cạnh tranh và phát triển tại Đà Nẵng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Cục Thống kê - Bộ Tài chính (2024). Thông cáo báo chí kết quả điều tra dân số và nhà ở giữa kỳ năm 2024. https://www.nso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2025/01/thong-cao-bao-chi-ket-qua-dieu-tra-dan-so-va-nha-o-giua-ky-nam-2024/.

[2]. Quyết định 767/QĐ-UBND ngày 10/4/2024 của UBND TP Đà Nẵng về việc phê duyệt điều chỉnh kế hoạch phát triển nhà ở TP Đà Nẵng giai đoạn 2021-2025.

[3]. Chan, A. P. C., Ho, D. C. K., & Tam, C. M. (2001). Design and Build Project Success Factors: Multivariate Analysis. Journal of Construction Engineering and Management, 127(2), 93-100. https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2001)127:2(93).

[4]. Ng, W. S., & Yusof, A. M. (2006). The success factors of design and build procrement method: a literature visit. Proceedings of the 6th Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference (APSEC 2006), 5 - 6 September 2006, Kuala Lumpur, Malaysia.

[5]. Adnan, H., Bachik, F., Supardi, A., & Marhani, M. A. (2012). Success Factors of Design and Build Projects in Public Universities. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 35, 170-179. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.076.

[6]. Ping, L., Rahman, R. A., & Shu Ing, D. (2020). Success Factors of Design-Build Public Sector Projects in Malaysia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 712, 012045. https://doi.org/10.1088/1757-899X/712/1/012045.

[7]. Alvani, E., Bemanian, D. M., & Hoseinalipour, D. M. (2014). Analysis of Critical Success Factors in Design-Build Projects ; a Case study of Karaj Urban Projects. IJISET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, 1(6), 519-523.

[8]. Hoàng Trọng và Chu Mộng Ngọc (2008). Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS. NXB Hồng Đức. 2008.

[9]. Martilla, J. A., & James, J. C. (1977). Important - Performance analysis. Journal of Marketing, 41. 77-79.

[10]. Pham-Nguyen, NH., Huynh, T.T.M., Nguyen, MH. (2023). Proposing the Performance Assessment Model for Coastal Projects in Vietnam Toward Sustainable Development. In: Reddy, J.N., Wang, C.M., Luong, V.H., Le, A.T. (eds) ICSCEA 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 268. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-3303-5_27.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 11/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chuyển đổi số nhằm nâng cao hiệu quả quản trị đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam

Research proposes digital transformation solutions to improve management efficiency for Vietnamese transportation and logistics enterprises

> THS TRƯƠNG MINH HÒA
Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh
Email: hoatm@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Tại Việt Nam, với tốc độ phát triển kinh tế nhanh và nhu cầu vận chuyển hàng hóa gia tăng, các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam đang đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm: Quản lý vận hành phức tạp, chi phí vận tải cao, thiếu minh bạch trong quản lý dữ liệu và khả năng đáp ứng kịp thời nhu cầu khách hàng chưa cao.

Trong bối cảnh đó, chuyển đổi số được xem là một giải pháp chiến lược để nâng cao hiệu quả quản trị, tối ưu hóa quy trình vận hành và cải thiện khả năng ra quyết định dựa trên dữ liệu. Chuyển đổi số không chỉ liên quan đến việc ứng dụng công nghệ, mà còn đòi hỏi sự thay đổi về quản trị, chiến lược, văn hóa doanh nghiệp và năng lực nhân sự.

Bài báo này nghiên cứu thực trạng chuyển đổi số trong các doanh nghiệp vận tải và logistics tại Việt Nam, phân tích những thách thức hiện tại, đồng thời đề xuất các giải pháp chuyển đổi số nhằm nâng cao hiệu quả quản trị.

Từ khóa: Chuyển đổi số.

ABSTRACT

In Vietnam, with rapid economic growth and increasing demand for freight transport, Vietnamese transport and logistics enterprises are facing many challenges, including: Complex operational management, high transportation costs, lack of transparency in data management and low ability to promptly respond to customer needs.

In that context, Digital Transformation is considered a strategic solution to improve management efficiency, optimize operational processes and improve data-based decision-making. Digital transformation is not only related to the application of technology, but also requires changes in management, strategy, corporate culture and human resources capacity.

This article studies the current status of digital transformation in transport and logistics enterprises in Vietnam, analyzes current challenges and proposes digital transformation solutions to improve management efficiency.

Keywords: Digital transformation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành vận tải và logistics (sau đây viết tắt thành logistics) đang đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế Việt Nam, đặc biệt khi thương mại điện tử bùng nổ, sản xuất và xuất khẩu phát triển mạnh. Theo báo cáo, logistics Việt Nam tăng trưởng khoảng 14 - 16% hàng năm, có tới hơn 3.000 doanh nghiệp trong nước và nhiều công ty xuyên quốc gia như DHL, DB Schenker (Đức), UPS, FedEx (Mỹ), Kerry Logistics (Hong Kong)... đang hiện diện tại Việt Nam [1, 3, 4].

Tuy nhiên, chi phí logistics tại Việt Nam vẫn cao (theo một số báo cáo, chi phí logistics chiếm tỉ lệ lớn trong GDP) dẫn đến áp lực cạnh tranh chưa cao. Ngoài ra, mức độ chuyển đổi số trong ngành Logistics vẫn còn thấp. Theo Bộ Công Thương, 90,5% doanh nghiệp logistics ở Việt Nam mới dừng lại ở mức "số hóa" ban đầu (digitization), chỉ có rất ít doanh nghiệp đạt các cấp cao hơn như phân tích dự báo (predictive) hay thích ứng cao (adaptability) [1, 3, 4].

Do vậy, phân tích môi trường kinh doanh, nhận diện điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội, thách thức để đề xuất các giải pháp chuyển đổi số nhằm cao hiệu quả quản trị đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam sẽ giúp các doanh nghiệp vận tải và logistics vượt qua khó khăn, hiệu quả và phát triển bền vững.

2. PHÂN TÍCH THỰC TRẠNG CHUYỂN ĐỔI SỐ CỦA DOANH NGHIỆP VẬN TẢI VÀ LOGISTICS VIỆT NAM

Kinh tế số Việt Nam tiếp tục lớn mạnh với logistics được xem là một trong những ngành ưu tiên trong Chương trình chuyển đổi số quốc gia để đạt được mục tiêu chiến lược đến năm 2030, ngành Logistics Việt Nam sẽ đóng góp 6 - 8% GDP, tỉ lệ phụ thuộc dịch vụ logistics thuê ngoài (outsourcing) đạt 60 - 70% và chi phí logistics giảm xuống 16 - 18% GDP. Đến năm 2050, với các mục tiêu cao hơn được đặt ra (về tỷ lệ outsourcing, chi phí, vị thế toàn cầu) [3].

Hàng năm, các doanh nghiệp logistics Việt Nam đầu tư khoảng 500 triệu USD cho công nghệ số [2]. Một số doanh nghiệp đi đầu về ứng dụng số hóa, ví dụ như: J&T Express đã mở trung tâm trung chuyển lớn ở Khu công nghiệp Quang Minh (Hà Nội), sử dụng hệ thống tự động "Dynamic Weighing and Sorting (DWS)" để sắp xếp kiện hàng theo kích thước, mã và khối lượng, có thể xử lý lên đến 2,4 triệu bưu kiện/ngày với độ chính xác cao (99%). Viettel Post đã thành lập Công viên Logistics Viettel tại khu kinh tế cửa khẩu Đồng Đăng (Lạng Sơn), sử dụng công nghệ digital twin + IoT để giám sát thời gian thực hoạt động vận tải, dự báo luồng hàng hóa và cảnh báo rủi ro. Giao Hàng Tiết Kiệm đã sử dụng AI, IoT, Big Data trong hệ thống kho bãi, quản lý tồn kho và phân luồng giao hàng.

Đến nay, đã có khoảng 60% doanh nghiệp logistics lớn tại Việt Nam đã áp dụng các công nghệ tiên tiến như AI, blockchain để tăng hiệu quả chi phí thời gian. Tuy nhiên, chi phí logistics tại Việt Nam vẫn cao so với nhiều quốc gia: Chi phí logistics Việt Nam chiếm một phần đáng kể trong GDP.

Trên cơ sở tổng hợp các số liệu, chúng ta thấy rằng các doanh nghiệp logistics tại Việt Nam được đánh giá theo các "cấp độ số hóa" như Bảng 1.

Bảng 1. Các cấp độ số hóa của doanh nghiệp logistics Việt Nam

Cấp độ	Mô tả
Cấp 1 (Computerization)	Sử dụng máy tính để làm các công việc thủ công truyền thống (ghi sổ, lập hóa đơn điện tử đơn giản...).
Cấp 2 (Connection)	Kết nối hệ thống cơ bản, chia sẻ dữ liệu giữa các bộ phận, số hóa quy trình cơ bản.
Cấp 3 (Visualization)	Hiển thị dữ liệu theo thời gian thực, dashboard, giám sát quy trình.
Cấp 4 (Transparency)	Phân tích sâu, hiểu nguyên nhân và xu hướng các sự kiện vận hành.
Cấp 5 (Predictive)	Dự báo theo dữ liệu, phân tích nâng cao để tiên đoán các rủi ro hoặc nhu cầu.
Cấp 6 (Adaptability)	Tự động hóa, học máy, hệ thống có khả năng thích ứng, ra quyết định tự động dựa trên dữ liệu mới.

Theo báo cáo, 90,5% doanh nghiệp logistics Việt Nam còn ở các cấp 1 - 2, 73,5% ở cấp 2. Chỉ khoảng 5% doanh nghiệp đạt cấp 3 (visualization) và rất ít (2,2%) đạt cấp 4, cấp 5 và 6 là con số hiếm. Điều này cho thấy phần lớn doanh nghiệp mới chỉ số hóa bước đầu, chưa thực sự "chuyển đổi số" toàn diện [1, 2, 4].

3. PHƯƠNG ÁN NGHIÊN CỨU ĐỂ GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Trên cơ sở nghiên cứu về lý thuyết, khảo sát thực tế đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam, phân tích nhu cầu chuyển đổi số các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam; tổng hợp đánh giá, lựa chọn phương pháp tiếp cận; phân tích điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội, thách thức; trao đổi với các chuyên gia, nhà khoa học, các tổ chức, cá nhân hoạt động trong lĩnh vực này đưa ra phương án gắn thực tiễn với lý luận nhằm đưa ra các các giải pháp chuyển đổi số nhằm nâng cao hiệu quả quản trị đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam.

4. PHÂN TÍCH ĐIỂM MẠNH, ĐIỂM YẾU, CƠ HỘI, THÁCH THỨC ĐỐI VỚI CÁC DOANH NGHIỆP VẬN TẢI VÀ LOGISTICS VIỆT NAM

4.1. Điểm mạnh chuyển đổi số đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam

Qua khảo sát, phân tích, đánh giá, điểm mạnh chuyển đổi số trong ngành vận tải và logistics Việt Nam như sau:

- Ngành Logistics Việt Nam có tốc độ tăng trưởng cao, khoảng 14 - 16%/năm, tạo động lực đầu tư cho số hóa.
- Hạ tầng kho bãi phát triển với hơn 30.000 kho hiện đại, các trung tâm logistics được đầu tư mạnh sẽ tạo điều kiện rất tốt để triển khai chuyển đổi số hiệu quả.
- Ngành Logistic có sự tham gia của các doanh nghiệp lớn, đa quốc gia như như DHL, FedEx, J&T... đều hoạt động tại Việt Nam, có thể dẫn dắt mô hình số hóa.
- Nhà nước có nhiều chính sách hỗ trợ như chuyển đổi số logistics được đưa vào chương trình ưu tiên quốc gia, có khung pháp lý, chương trình hỗ trợ.
- Nguồn lực công nghệ nội địa như các công ty công nghệ lớn Việt Nam (như FPT) đang đầu tư vào AI, trung tâm AI, giúp cung cấp giải pháp số hóa cho logistics trong nước.

4.2. Điểm yếu chuyển đổi số đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam

Qua khảo sát, phân tích, đánh giá, điểm yếu chuyển đổi số trong ngành vận tải và logistics Việt Nam như sau:

- Trình độ số hóa thấp, hầu hết doanh nghiệp logistics mới ở cấp độ 1 - 2 (Computerization và Connection), rất ít doanh nghiệp đạt cấp cao hơn (predictive, adaptive);
- Nguồn nhân lực công nghệ hạn chế, thiếu nhân sự có kỹ năng cao về phân tích dữ liệu, AI, IoT, an ninh mạng;
- Chi phí đầu tư cho các công nghệ cao như hệ thống TMS, WMS, IoT, AI… là rất lớn, gây khó khăn cho doanh nghiệp vừa và nhỏ (SMEs). Theo khảo sát, nhiều công ty đã phải đầu tư từ 1 đến 5 tỷ VND/năm cho chuyển đổi số;
- Hệ thống công nghệ và giải pháp chưa đồng bộ, các doanh nghiệp nhỏ dùng phần mềm rời rạc, chưa tích hợp nền tảng số chung, thiếu chuẩn hóa. Một số doanh nghiệp vẫn theo văn hóa quản trị truyền thống, quyết định dựa trên kinh nghiệm, thiếu tư duy dữ liệu.

4.3. Cơ hội chuyển đổi số đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam

Qua khảo sát, phân tích, đánh giá cơ hội chuyển đổi số trong ngành vận tải và logistics Việt Nam như sau:

- Tăng trưởng thương mại điện tử bùng nổ kéo theo nhu cầu logistics tăng cao, đặc biệt giao hàng nhanh, kho micro, kho hậu cần;
- Xu hướng ứng dụng các công nghệ mới như IoT, AI, Big Data, blockchain, digital twin… có tiềm năng lớn để cải thiện tính minh bạch, dự báo, hiệu quả;
- Chính sách "số hóa quốc gia", Chính phủ Việt Nam đang khuyến khích chuyển đổi số, hỗ trợ doanh nghiệp, tạo khung pháp lý thuận lợi;
- Tăng cường hợp tác quốc tế và thu hút vốn đầu tư công nghệ, các quỹ và công ty công nghệ từ nước ngoài có thể đầu tư vào số hóa logistics Việt Nam.

4.4. Thách thức chuyển đổi số đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam

Qua khảo sát, phân tích, đánh giá thách thức chuyển đổi số đối với các doanh nghiệp vận tải và logistics Việt Nam như sau:

- Ngoài chi phí đầu tư ban đầu cao, việc bảo trì, vận hành hệ thống số cũng tốn kém;
- Doanh nghiệp còn phải đối mặt với nguy cơ tấn công mạng, mất dữ liệu, bảo mật thông tin khách hàng và đối tác;
- Các công ty logistics quốc tế có năng lực số mạnh như DHL, FedEx... có thể chiếm lĩnh thị trường nếu doanh nghiệp Việt không bắt kịp.

5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP CHUYỂN ĐỔI SỐ NHẰM NÂNG CAO HIỆU QUẢ QUẢN TRỊ ĐỐI VỚI CÁC DOANH NGHIỆP VẬN TẢI VÀ LOGISTICS VIỆT NAM

Trên cơ sở phân tích điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội, thách thức nêu trên, dưới đây là những giải pháp đề xuất mang tính thực tiễn

giúp các doanh nghiệp chuyển đổi số để nâng cao hiệu quả quản trị trong bối cảnh hội nhập quốc tế và toàn cầu hóa.

5.1. Xây dựng chiến lược quản trị và tầm nhìn số hóa

Đây là nền tảng cho mọi giải pháp kỹ thuật, nhân lực và chính sách khác. Nó giúp doanh nghiệp vận tải và logistics định hình con đường số hóa một cách hệ thống, đảm bảo các dự án công nghệ mang lại hiệu quả quản trị bền vững, giảm chi phí, tăng năng suất và nâng cao trải nghiệm khách hàng. Một chiến lược số hóa bài bản thường bao gồm các nội dung sau:

- *Định hình tầm nhìn số hóa dài hạn*: Các tổ chức cần xác định rõ mục tiêu số hóa trong 3 đến 5 năm và 10 năm tới, tập trung vào việc nâng cao hiệu quả vận hành, minh bạch thông tin, tối ưu chi phí và cải thiện trải nghiệm khách hàng. Tầm nhìn số hóa không chỉ đơn thuần là áp dụng các công nghệ mới mà còn là định hướng lại toàn bộ cách thức quản trị, vận hành và tương tác với khách hàng, đối tác và nhân viên. Tầm nhìn này phải gắn với chiến lược phát triển tổng thể của doanh nghiệp, đảm bảo số hóa không trở thành một dự án công nghệ riêng lẻ mà là phần cốt lõi của quản trị.

- *Xác lập KPI và mục tiêu đo lường hiệu quả:* Việc thiết lập KPI chi tiết cho từng lĩnh vực quản trị là cần thiết, ví dụ như: Thiết lập chỉ số hiệu quả vận hành (OTD - On-Time Delivery, thời gian xử lý đơn hàng, tỉ lệ sai sót); chỉ số tài chính (chi phí vận hành/logistics, ROI từ đầu tư công nghệ); chỉ số trải nghiệm khách hàng (CSAT, thời gian phản hồi yêu cầu); chỉ số nhân lực (giảm giờ làm thủ công, năng suất lao động tăng). KPI giúp doanh nghiệp đánh giá tiến trình số hóa và điều chỉnh chiến lược kịp thời.

- *Thành lập bộ phận chuyển đổi số chuyên trách và tích hợp chiến lược số hóa vào văn hóa tổ chức:* Để thực hiện được chiến lược số hóa cần sự tham gia tích cực của ban lãnh đạo và việc thành lập một bộ phận chuyên trách về chuyển đổi số để quản lý các dự án công nghệ, giám sát tiến độ và đảm bảo sự phối hợp hiệu quả giữa các phòng, ban. Tổ chức này chịu trách nhiệm xây dựng roadmap, triển khai các dự án công nghệ, giám sát KPI, báo cáo định kỳ; đóng vai trò cầu nối giữa công nghệ, vận hành và quản lý, giúp đảm bảo sự đồng bộ trong toàn doanh nghiệp.

5.2. Giải pháp kỹ thuật

Để các doanh nghiệp vừa nâng cao hiệu quả quản trị vừa tạo cơ sở cho phát triển bền vững trong môi trường số hóa, cần có giải pháp kỹ thuật sau:

- *Triển khai hoặc nâng cấp hệ thống quản lý vận tải (TMS) và kho bãi (WMS):* Hệ thống TMS giúp theo dõi và tối ưu hóa lộ trình, phân bổ phương tiện, giảm thiểu chi phí nhiên liệu và thời gian vận chuyển, đồng thời tích hợp dữ liệu từ các phương tiện, kho bãi và các điểm giao hàng để tạo ra bức tranh tổng thể về quá trình vận hành. Hệ thống WMS không chỉ quản lý lưu kho (inbound, out-bound) mà còn tự động hóa kiểm soát tồn kho, giao nhận, phân luồng hàng hóa và liên kết WMS - TMS để đồng bộ dữ liệu vận tải và kho bãi.

- *Ứng dụng IoT và cảm biến:* Lắp đặt cảm biến IoT trên xe vận tải để theo dõi vị trí (GPS), tình trạng hàng hóa về nhiệt độ và độ ẩm, trạng thái thiết bị về nhiên liệu và bảo trì, nhằm giúp giảm rủi ro, cải thiện bảo quản hàng hóa, tối ưu lộ trình. Lắp đặt IoT trong kho để cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, tải trọng nhằm giám sát kho, phát hiện bất thường, cảnh báo sớm. Sử dụng RFID cho hàng hóa để theo dõi luồng xuất nhập kho, thời gian tồn kho, giảm sai sót và thất thoát.

- *Áp dụng Big Data, AI vào phân tích dữ liệu:* Thu thập dữ liệu từ TMS, WMS, IoT, ERP để lưu trữ, chuẩn hóa và phân tích. Sử dụng AI/Machine Learning để dự báo nhu cầu vận chuyển - dựa trên lịch sử đơn hàng, mùa vụ, xu hướng thị trường; tối ưu hóa lộ trình vận chuyển - cân bằng giữa chi phí, thời gian, nhiên liệu; phân tích rủi ro - dự đoán trễ, hỏng hàng, chi phí bảo trì; tự động đề xuất giải pháp điều chỉnh (ví dụ: thay đổi lộ trình khi tắc đường, điều phối xe, lập kế hoạch sang kho khác).

- *Sử dụng công nghệ Blockchain cho hợp đồng và minh bạch chuỗi cung ứng:* Triển khai nền tảng blockchain để quản lý hợp đồng, biên nhận, chứng từ vận tải - tăng tính minh bạch và bảo mật, hỗ trợ quản lý hợp đồng vận tải, chứng từ và thanh toán tự động thông qua smart contract. Sử dụng smart contract: Các bên (shipper, khách hàng, kho bãi) ký hợp đồng tự động và thanh toán khi điều kiện được đáp ứng. Theo dõi provenance (nguồn gốc hàng) nếu hàng hóa cần truy xuất (như dược phẩm, thực phẩm...), giúp nâng cao uy tín và tin cậy.

- *Mô phỏng digital twin:* Xây dựng mô hình Digital Twin cho nhà kho hoặc cả chuỗi vận tải; mô phỏng hoạt động kho, vận chuyển, dự báo luồng hàng, điểm nghẽn, các tình huống bất thường (sự cố, thời tiết, tai nạn). Sử dụng mô phỏng để lập kế hoạch tối ưu, thử nghiệm kịch bản và đưa ra phương án điều chỉnh hợp lý.

5.3. Giải pháp chính sách và hợp tác các tổ chức, hiệp hội

Để thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong doanh nghiệp vận tải và logistics, các giải pháp về chính sách và hợp tác công - tư đóng vai trò hết sức quan trọng, giúp tạo môi trường thuận lợi cho đầu tư công nghệ, đào tạo nhân lực và nâng cao hiệu quả quản trị.

- *Xây dựng các chính sách:* Chính phủ, các cơ quan liên quan cần xây dựng các cơ chế hỗ trợ tài chính, bao gồm các gói vay ưu đãi, quỹ đầu tư chuyển đổi số cùng các chính sách khuyến khích doanh nghiệp áp dụng công nghệ tiên tiến, đặc biệt là các doanh nghiệp vừa và nhỏ còn hạn chế về nguồn lực. Bên cạnh đó, cần thiết lập các tiêu chuẩn và hướng dẫn triển khai chuyển đổi số trong ngành Logistics để giúp doanh nghiệp áp dụng công nghệ một cách đồng bộ, minh bạch và hiệu quả, đồng thời tăng tính tương thích dữ liệu giữa các bên trong chuỗi cung ứng.

- *Hợp tác các tổ chức, hiệp hội:* Tầm nhìn số hóa không chỉ dừng lại trong nội bộ mà cần mở rộng ra cả chuỗi cung ứng, tạo sự đồng bộ dữ liệu với các đối tác, khách hàng và nhà cung cấp, nhằm tối ưu hóa luồng thông tin và ra quyết định dựa trên dữ liệu toàn diện. Ngoài ra, hợp tác giữa doanh nghiệp và hiệp hội logistics, trường đại học, viện nghiên cứu là yếu tố then chốt để chia sẻ kiến thức, kinh nghiệm và nguồn lực, đồng thời thúc đẩy phát triển nhân lực công nghệ cao. Các hiệp hội có thể tạo lập các nền tảng dữ liệu chung, tổ chức hội thảo, workshop về số hóa và hỗ trợ tiếp cận công nghệ mới, tăng cường năng lực quản trị số hóa, nâng cao khả năng cạnh tranh, minh bạch hóa quy trình và tạo ra các lợi thế bền vững trong môi trường logistics ngày càng số hóa và hội nhập quốc tế.

6. KẾT LUẬN

Chuyển đổi số là giải pháp quan trọng và tất yếu để nâng cao hiệu quả quản trị doanh nghiệp trong lĩnh vực vận tải và logistics tại Việt Nam. Mặc dù hiện tại phần lớn các doanh nghiệp mới chỉ ở giai đoạn số hóa cơ bản, nhưng với sự đầu tư chiến lược về công nghệ (TMS, WMS, IoT, AI, blockchain...), nhân lực số và sự hỗ trợ chính sách, Việt Nam hoàn toàn có thể bứt phá để trở thành một trung tâm logistics số mạnh mẽ.

Các giải pháp được đề xuất trong nghiên cứu - từ chiến lược quản trị, kỹ thuật, nhân lực đến hợp tác công-tư, nếu được thực hiện theo roadmap rõ ràng sẽ giúp doanh nghiệp logistics tối ưu hóa hoạt động, giảm chi phí, tăng khả năng dự báo, nâng cao tính minh bạch và khả năng cạnh tranh quốc tế.

Cuối cùng, để chuyển đổi số thành công, vai trò của lãnh đạo doanh nghiệp, hiệp hội logistics và cơ quan quản lý là rất quan trọng. Sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên cùng với niềm tin vào giá trị dài hạn của số hóa sẽ là "chìa khóa" để doanh nghiệp logistics Việt Nam phát triển bền vững trong kỷ nguyên số.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Công Thương (2024), Báo cáo Logistic Việt Nam 2024.

[2]. Bộ Công Thương (2023), Kế hoạch chuyển đổi số ngành Công Thương giai đoạn 2021 - 2025, định hướng đến năm 2030.

[3]. Cục Thương mại điện tử và Kinh tế số (2023), Báo cáo Thương mại điện tử Việt Nam 2023.

[4]. Hiệp hội Doanh nghiệp dịch vụ Logistics Việt Nam (2023), Báo cáo thường niên 2023.

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

International experiences in green transition policies for transport infrastructure construction equipment: Lessons for Viet Nam

> TS NGUYỄN ĐÌNH TỨ, PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI
Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Việc chuyển đổi xanh cho thiết bị xây dựng công trình giao thông là một trong những hướng chính yếu để giảm phát thải, cải thiện chất lượng không khí và nâng cao hiệu quả năng lượng trong giai đoạn thi công. Bài báo này tổng hợp kinh nghiệm chính sách của một số nền kinh tế (EU, Nhật Bản, Hàn Quốc, cùng các dự án đa phương), phân tích hiệu quả và rút ra các bài học. Trên cơ sở đó, đề xuất khuyến nghị chính sách phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: Chuyển đổi xanh, thiết bị xây dựng, chính sách, đấu thầu xanh.

ABSTRACT

The green transition of transport infrastructure construction equipment has emerged as a key pathway to reducing greenhouse gas emissions, improving air quality, and enhancing energy efficiency during the construction phase. This paper synthesizes policy experiences from selected economies, including the European Union, Japan, the Republic of Korea, as well as multilateral initiatives, analyzes their effectiveness, and distills relevant lessons. Based on these findings, the paper proposes policy recommendations tailored to Viet Nam's institutional and socio-economic conditions.

Keywords: Green transition, construction equipment, public policy, green procurement.

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh toàn cầu đang chịu tác động mạnh mẽ từ biến đổi khí hậu, vấn đề giảm phát thải khí nhà kính và hướng tới phát triển bền vững đã trở thành ưu tiên hàng đầu của nhiều quốc gia. Việt Nam, với tư cách là một trong những nước đang phát triển có tốc độ đô thị hóa và công nghiệp hóa nhanh, đang phải đối mặt với thách thức to lớn trong việc cân bằng giữa yêu cầu tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường. Ngành Xây dựng giao thông - lĩnh vực giữ vai trò động lực trong phát triển hạ tầng - hiện được xác định là một trong những nguồn tiêu thụ năng lượng hóa thạch lớn và phát thải khí nhà kính đáng kể.

Ngành xây dựng giao thông Việt Nam sử dụng các thiết bị thi công cơ giới chủ yếu, bao gồm: Máy xúc, máy ủi, xe lu, xe bơm bê tông, cần cẩu và các phương tiện chuyên dụng khác. Các thiết bị này hoạt động chủ yếu dựa vào động cơ diesel truyền thống - vốn được chứng minh là nguồn phát thải lớn các chất gây ô nhiễm không khí như CO_2, NOx (oxit nitơ) và PM2.5 (bụi mịn).

Từ góc độ lý luận, việc giảm thiểu tác động môi trường từ hoạt động xây dựng giao thông có mối quan hệ chặt chẽ với các lý thuyết về phát triển bền vững, kinh tế xanh và chuyển đổi năng lượng. Các nghiên cứu quốc tế đã khẳng định rằng, nếu không có các chính sách chuyển đổi xanh trong lĩnh vực xây dựng cơ bản, đặc biệt là khâu thi công hạ tầng giao thông, mục tiêu giảm phát thải ròng bằng "0" sẽ khó có thể đạt được. Đây chính là nền tảng lý luận quan trọng khẳng định tính cấp thiết của nghiên cứu.

Như vậy, từ thực tiễn, có thể khẳng định rằng lĩnh vực xây dựng giao thông đang là "điểm trống" trong chính sách giảm phát thải ở Việt Nam. Nếu không sớm có giải pháp, áp lực môi trường đô thị sẽ ngày càng gia tăng, đồng thời làm suy giảm uy tín quốc tế của Việt Nam trong việc thực hiện các cam kết khí hậu.

2. KINH NGHIỆM CỦA CÁC NƯỚC

Việc nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế về chính sách chuyển đổi xanh trong lĩnh vực thiết bị xây dựng công trình giao thông có ý nghĩa quan trọng, bởi đây là lĩnh vực có đặc thù kỹ thuật cao, yêu cầu chi phí lớn và chịu sự điều chỉnh chặt chẽ của các quy định môi trường. Thực tiễn ở các quốc gia phát triển cho thấy, để thúc đẩy chuyển đổi xanh, không thể chỉ dựa vào các biện pháp kỹ thuật đơn lẻ mà cần sự kết hợp đồng bộ giữa chuẩn khí thải, công cụ tài chính và cơ chế mua sắm công xanh.

(i) Kinh nghiệm EU: Liên minh châu Âu được xem là khu vực tiên phong trong việc kiểm soát phát thải của thiết bị phi đường bộ. Bộ tiêu chuẩn khí thải Stage I-V cho NRMM áp dụng từ những năm 1990 đến nay đã liên tục siết chặt giới hạn phát thải NOx, PM và HC. Cùng với quy định bắt buộc, EU triển khai Quỹ xanh (Green Deal Fund) để hỗ trợ doanh nghiệp đổi mới công nghệ, đồng thời yêu cầu Green Public Procurement (GPP) - tức là các dự án sử dụng ngân sách công

phải ưu tiên thiết bị đạt chuẩn xanh. Chính sách này tạo động lực kép, vừa buộc doanh nghiệp tuân thủ, vừa khuyến khích thị trường thiết bị sạch phát triển.

(ii) Kinh nghiệm Nhật Bản: Nhật Bản sớm đưa ra các tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt cho thiết bị xây dựng từ thập niên 2000. Một đặc điểm nổi bật là chính sách hỗ trợ R&D và thí điểm công nghệ mới. Ví dụ, Tập đoàn Komatsu đã phát triển dòng máy xúc hybrid và thiết bị chạy pin lithium-ion, được chính phủ hỗ trợ thông qua trợ cấp đầu tư và chính sách thuế. Đồng thời, Nhật Bản áp dụng cơ chế ưu tiên đấu thầu xanh, các nhà thầu sử dụng thiết bị ít phát thải được chấm điểm cao hơn trong quá trình lựa chọn nhà thầu công trình công. Điều này tạo ra môi trường cạnh tranh lành mạnh, buộc doanh nghiệp tích cực đổi mới công nghệ.

(iii) Kinh nghiệm Hàn Quốc: Hàn Quốc áp dụng tiêu chuẩn khí thải tương đương EU nhưng nổi bật ở cơ chế scrappage program - thu hồi và thay thế thiết bị cũ bằng thiết bị đạt chuẩn mới, có trợ cấp trực tiếp từ ngân sách. Ngoài ra, Hàn Quốc cũng triển khai mô hình "metro xanh", thí điểm các công trường thi công tàu điện ngầm với thiết bị chạy điện hoặc LNG, nhằm đánh giá hiệu quả kỹ thuật trước khi nhân rộng. Chính sách này kết hợp giữa áp lực pháp lý và hỗ trợ tài chính, giúp thị trường chuyển đổi diễn ra nhanh chóng hơn.

(iv) Kinh nghiệm của WB/ADB: Ngân hàng Thế giới (WB) và Ngân hàng Phát triển châu Á (ADB) không trực tiếp áp dụng chuẩn khí thải, nhưng họ tạo ra cơ chế "chuẩn mực quốc tế bắt buộc" thông qua các chính sách an toàn môi trường - xã hội (ESS, Safeguard Policy). Các dự án hạ tầng do WB/ADB tài trợ đều phải sử dụng thiết bị thi công đạt tiêu chuẩn khí thải quốc tế, đồng thời gắn điều kiện môi trường vào hồ sơ mời thầu. Đây là công cụ gián tiếp nhưng rất hiệu quả, buộc các nước tiếp nhận vốn vay phải nâng cấp khung chính sách và thị trường thiết bị xanh.

Bảng 1. Kinh nghiệm chính sách quốc tế về chuyển đổi xanh thiết bị xây dựng

Quốc gia/ Tổ chức	Chính sách khí thải	Hỗ trợ tài chính	Mua sắm công xanh
EU	Stage I-V cho động cơ NRMM	Hỗ trợ R&D, quỹ xanh	Quy định GPP bắt buộc
Nhật Bản	Chuẩn khí thải nghiêm ngặt	Trợ cấp hybrid, EV	Ưu tiên đấu thầu
Hàn Quốc	Áp tiêu chuẩn tương đương EU	Chương trình scrappage (thu hồi, thay thế thiết bị cũ)	Thí điểm metro xanh
WB/ADB	Yêu cầu ESS/Safeguard	Cho vay ưu đãi	Điều kiện môi trường trong thầu

Nguồn: Tổng hợp của tác giả

Bảng 1 cho thấy các nước tiên tiến đều áp dụng tiêu chuẩn khí thải khắt khe và kết hợp nhiều công cụ chính sách. EU nổi bật với hệ thống chuẩn Stage V, Nhật Bản chú trọng thí điểm và hỗ trợ R&D, trong khi Hàn Quốc tập trung vào cơ chế tài chính và thay thế thiết bị cũ. WB/ADB tạo ra "áp lực mềm" thông qua điều kiện môi trường trong cấp.

3. THỰC TRẠNG VÀ CƠ HỘI - THÁCH THỨC TẠI VIỆT NAM

- Cơ cấu thiết bị: Khoảng 70÷80% thiết bị thi công hiện nay là thiết bị cũ nhập khẩu, chủ yếu đạt tiêu chuẩn khí thải thấp (Euro II-III). Những thiết bị này có hiệu suất sử dụng nhiên liệu thấp, công nghệ lạc hậu, dẫn đến mức phát thải cao (CO_2, NOx, PM2.5).
- Khung pháp lý: Hiện chưa có quy định kiểm soát khí thải chặt chẽ đối với thiết bị thi công. Trong khi đó, phương tiện giao thông đường bộ đã có lộ trình áp dụng tiêu chuẩn khí thải, cho thấy sự thiếu đồng bộ trong chính sách môi trường.
- Ứng dụng công nghệ sạch: Việc ứng dụng thiết bị điện, hybrid hoặc nhiên liệu thay thế (LNG, HVO, biodiesel) mới chỉ dừng lại ở giai đoạn thử nghiệm với quy mô nhỏ, chưa có dự án thương mại hoặc cơ chế khuyến khích triển khai diện rộng.

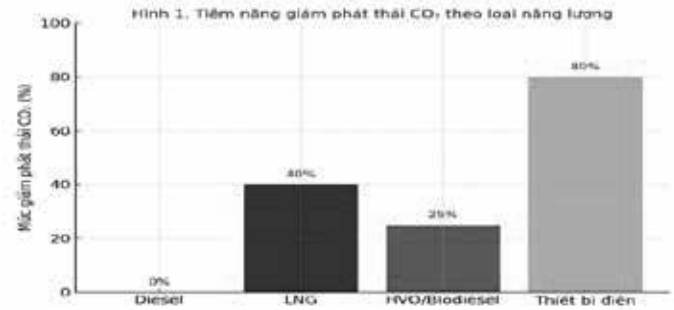
Những điểm này cho thấy Việt Nam đang tụt hậu so với quốc tế trong quản lý khí thải NRMM, và nếu không có giải pháp kịp thời, nguy cơ trở thành "bãi chứa thiết bị cũ, bẩn" là rất lớn.

Bảng 2. Cơ hội và thách thức cho Việt Nam

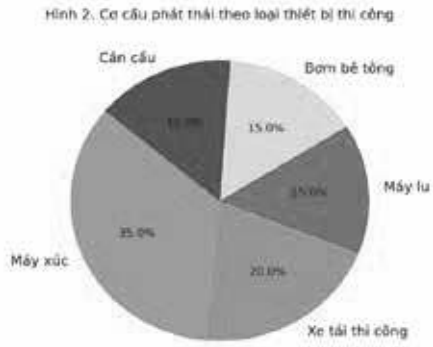
Cơ hội	Thách thức
Cam kết Net Zero 2050	Thiếu cơ chế kiểm soát thiết bị cũ
Nguồn tài trợ quốc tế (WB, ADB, JICA, Quỹ khí hậu xanh)	Chi phí đầu tư cao cho thiết bị sạch
Các đô thị lớn (Hà Nội, TP.HCM) có thể làm thí điểm	Hạ tầng sạc điện, LNG còn hạn chế
Thị trường xây dựng phát triển mạnh, tạo nhu cầu lớn	Doanh nghiệp ưu tiên chi phí ngắn hạn

Nguồn: Tổng hợp của tác giả

Việt Nam có nhiều cơ hội nhờ cam kết quốc tế (Net Zero 2050), nguồn tài chính hỗ trợ từ các tổ chức đa phương, và nhu cầu xây dựng hạ tầng đô thị ngày càng tăng. Tuy nhiên, thách thức lớn nhất nằm ở chi phí đầu tư ban đầu cao, thiếu hạ tầng năng lượng sạch và tâm lý doanh nghiệp còn thiên về lợi ích ngắn hạn.



Phân tích biểu đồ trên Hình 1 cho thấy, thiết bị chạy điện có thể giảm tới 80% phát thải CO_2 so với diesel; thiết bị sử dụng LNG giúp giảm khoảng 40% phát thải, đồng thời giảm NOx và PM2.5; nhiên liệu sinh học (HVO, biodiesel) cũng có tiềm năng giảm phát thải 20÷30% tùy theo tỷ lệ pha trộn. Từ những phân tích trên cho thấy điện hóa thiết bị thi công tại các đô thị lớn là hướng đi đầy tiềm năng, còn LNG hoặc biodiesel chỉ có thể đóng vai trò giải pháp chuyển tiếp trong ngắn hạn.



Phân tích biểu đồ trên Hình 1 cho thấy, máy xúc và xe tải thi công chiếm hơn 55% tổng phát thải từ thiết bị thi công; các thiết bị khác như máy lu, xe bơm bê tông, cần cẩu đóng góp ít hơn (10÷15% mỗi loại). Từ phân tích trên cho thấy, nếu ưu tiên chính sách chuyển đổi xanh cho máy xúc và xe tải thi công thì Việt Nam có thể đạt hiệu quả giảm phát thải lớn nhất với chi phí tối ưu. Đây là các nhóm thiết bị cần được đưa vào chương trình thí điểm công trường xanh trong giai đoạn tới.

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, một gói chính sách tổng hợp gồm: (i) tiêu chuẩn khí thải bắt buộc, (ii) cơ chế mua sắm công xanh, (iii) hỗ trợ tài chính và thuế ưu đãi, (iv) các chương trình thí điểm công nghệ, (v) hệ thống giám sát minh bạch sẽ mang lại hiệu quả cao hơn so với các biện pháp đơn lẻ. Đây cũng chính là con đường mà nhiều quốc gia đã áp dụng thành công để giảm phát thải trong lĩnh vực thiết bị xây dựng.

Trong bối cảnh Việt Nam đã cam kết Net Zero 2050, có thể rút ra một số khuyến nghị chính sách trọng tâm:

(1) Hoàn thiện khung pháp lý và tiêu chuẩn khí thải: Ban hành quy định kiểm soát khí thải đối với thiết bị thi công cơ giới, tương thích với tiêu chuẩn Euro IV-V; Xây dựng lộ trình loại bỏ dần thiết bị cũ dưới chuẩn (Euro II-III), kết hợp cơ chế kiểm định định kỳ.

(2) Thúc đẩy cơ chế tài chính và hỗ trợ doanh nghiệp: Áp dụng ưu đãi thuế nhập khẩu và tín dụng xanh cho thiết bị điện, hybrid, LNG; xây dựng quỹ hỗ trợ chuyển đổi xanh trong xây dựng, có thể kết hợp vốn từ WB, ADB, JICA và Quỹ khí hậu xanh.

(3) Phát triển hạ tầng năng lượng sạch: Quy hoạch và đầu tư trạm sạc nhanh tại các đô thị lớn, kết hợp với mạng lưới năng lượng tái tạo; phát triển hạ tầng kho LNG và nguồn cung nhiên liệu sinh học, đảm bảo tính ổn định và cạnh tranh.

(4) Triển khai thí điểm "công trường xanh" tại các đô thị lớn: Lựa chọn các dự án giao thông đô thị tại Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng làm mô hình thử nghiệm thiết bị điện/hybrid; thiết lập bộ chỉ số giám sát phát thải tại công trường để đánh giá hiệu quả thực tế.

(5) Nâng cao nhận thức và đào tạo nguồn nhân lực: Tổ chức các chương trình đào tạo kỹ thuật vận hành thiết bị sạch cho công nhân và kỹ sư; tăng cường truyền thông chính sách nhằm thay đổi nhận thức doanh nghiệp, hướng tới lợi ích dài hạn thay vì chi phí ngắn hạn.

Việt Nam có nhiều cơ hội nhờ cam kết quốc tế, sự hỗ trợ tài chính từ các tổ chức đa phương và nhu cầu xây dựng hạ tầng ngày càng tăng. Tuy nhiên, để tận dụng hiệu quả các cơ hội này, cần triển khai chiến lược chuyển đổi xanh toàn diện với trọng tâm là hoàn thiện chính sách, hỗ trợ tài chính, phát triển hạ tầng và thúc đẩy mô hình công trường xanh. Đây sẽ là nền tảng quan trọng để giảm phát thải khí nhà kính, bảo vệ môi trường đô thị và nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành xây dựng trong kỷ nguyên phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. European Commission. (2020). Non-road mobile machinery (NRMM) emission standards - Stage V. Retrieved from https://ec.europa.eu

[2]. International Energy Agency (IEA). (2023). Global EV Outlook 2023. Paris: IEA.

[3]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate Change 2021: Mitigation of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

[4]. Komatsu Ltd. (2022). Hybrid excavator technology report. Tokyo: Komatsu Research Institute.

[5]. Ministry of Construction of Vietnam. (2024). Thông tư 13/2024/TT-BXD về tiêu chuẩn môi trường trong xây dựng. Hà Nội: NXB Xây dựng.

[6]. Ministry of Industry and Trade (MOIT). (2020). Vietnam Energy Statistics 2020. Hà Nội: NXB Công Thương.

[7]. United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). Green public procurement guidelines. Nairobi: UNEP.

[8]. World Bank. (2022). Environmental and social framework (ESF). Washington, DC: World Bank.

[9]. Asian Development Bank (ADB). (2020). Sustainable transport infrastructure report. Manila: ADB.

[10]. Arizton Advisory & Intelligence. (2023). Vietnam crawler excavator market – Industry analysis and forecast 2023-2028. Singapore: Arizton.

[11]. OECD. (2022). Financing clean energy transitions in emerging economies. Paris: OECD Publishing.

[12]. JICA. (2021). Green growth and infrastructure investment in Asia. Tokyo: Japan International Cooperation Agency.

[13]. Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE). (2022). Vietnam's National Climate Change Strategy 2050. Hà Nội: MONRE.

[14]. Kang, J., & Lee, H. (2020). Policies for green construction equipment in South Korea: Opportunities and challenges. Journal of Cleaner Production, 265, 121779.

[15]. Zhang, Y., & Li, X. (2021). Emission reduction potential of alternative fuels for construction machinery. Energy Policy, 149, 112014.

Đánh giá các nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến quyết định mua nhà khu dân cư ở tỉnh Long An (cũ)

Examining crucial factors affecting residential purchase decisions in (old) Long An province

> TS NGUYỄN HOÀI NGHĨA
Khoa KT&QLXD, Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia TP.HCM
Email: nhnghia@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Việc xác định các nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến quyết định mua nhà giúp các chủ đầu tư nâng cao hiệu quả đầu tư dự án thông qua việc đáp ứng nhu cầu thực tế. Nghiên cứu này tập trung phân tích các nhân tố chính ảnh hưởng đến quyết định mua nhà tại các dự án khu dân cư thuộc tỉnh Long An (cũ). Dựa trên cơ sở lý thuyết và tham khảo ý kiến chuyên gia, bảng khảo sát gồm 39 chỉ tiêu đã được xây dựng. Độ tin cậy dữ liệu được kiểm định bằng hệ số Cronbach's Alpha (α = 0,942), đồng thời phân tích nhân tố khám phá (EFA) được thực hiện để xác định các nhóm yếu tố tiềm ẩn. Kết quả cho thấy có bảy nhóm yếu tố chính tác động đến quyết định mua nhà: (1) đặc điểm và thông tin sản phẩm, (2) tiện ích và phong thủy, (3) yếu tố tâm lý, (4) giá trị và điều kiện thanh toán, (5) vị trí, (6) pháp lý và tài chính, và (7) uy tín chủ đầu tư và nhà thầu. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhu cầu nhà ở tại tỉnh Long An (cũ) chịu tác động mạnh từ cả yếu tố hữu hình (giá, vị trí, pháp lý) lẫn vô hình (hình ảnh thương hiệu, yếu tố tâm lý). Nghiên cứu mang lại hàm ý thực tiễn cho nhà đầu tư, chủ đầu tư và nhà quản lý trong việc định hướng cung ứng sản phẩm nhà ở phù hợp với nhu cầu khách hàng, tránh tình trạng bão hòa thị trường.

Từ khóa: Quyết định mua nhà, thị trường bất động sản, hành vi người tiêu dùng, phân tích nhân tố.

ABSTRACT

Identifying the key factors that influence homebuyers' purchasing decisions enables developers to enhance project investment efficiency by aligning products with actual market demand. This study focuses on analyzing the principal factors affecting housing purchase decisions in residential development projects located in Long An Province (former administrative boundary). Based on a comprehensive literature review and expert consultations, a structured questionnaire comprising 39 observed variables was developed. Data reliability was assessed using Cronbach's Alpha coefficient (α = 0.942), and Exploratory Factor Analysis (EFA) was conducted to identify underlying latent factor groups. The results reveal seven major groups of factors influencing housing purchase decisions: (1) product characteristics and information, (2) amenities and feng shui considerations, (3) psychological factors, (4) price and payment conditions, (5) location, (6) legal and financial factors, and (7) developer and contractor reputation. The findings indicate that housing demand in Long An Province (former administrative boundary) is strongly affected by both tangible factors (such as price, location, and legal status) and intangible factors (including brand image and psychological considerations). This study provides practical implications for investors, developers, and policymakers by offering insights to guide the strategic provision of housing products that better match customer needs, thereby helping to prevent market saturation and improve overall investment effectiveness.

Keywords: Housing purchase decision, real estate market, consumer behavior, factor analysis

1. GIỚI THIỆU

Với vị trí địa lý chiến lược thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long, tỉnh Long An (cũ) tiếp giáp trực tiếp với TP.HCM và nằm trong khu vực kinh tế trọng điểm phía Nam. Đây là đầu mối giao thương quan trọng kết nối miền Đông Nam Bộ với các tỉnh miền Tây Nam Bộ thông qua hệ thống giao thông đường bộ, đường thủy đang ngày càng được đầu tư và hoàn thiện. Theo số liệu thống kê, tỉnh Long An (cũ) có diện tích tự nhiên khoảng 4.491 km^2 với dân số trên 1,7 triệu người. Trong định hướng phát triển, kinh tế của tỉnh tập trung vào ba trụ cột chính: công nghiệp - xây dựng, thương mại - dịch vụ và nông nghiệp, với tỷ trọng công nghiệp chiếm ưu thế nhờ lợi thế vị trí gần TP.HCM và các khu công nghiệp tập trung. Tỉnh Long An

đã quy hoạch và phát triển hàng chục khu công nghiệp, cụm công nghiệp với tổng diện tích hàng nghìn héc-ta, đồng thời triển khai nhiều dự án khu dân cư và thương mại - dịch vụ nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển đô thị. Sau ảnh hưởng của đại dịch Covid-19, kinh tế tỉnh đã phục hồi nhanh, tốc độ tăng trưởng GRDP đạt trên 9% năm 2022, thu ngân sách vượt kế hoạch, khẳng định vị thế là vùng kinh tế động lực của Đồng bằng sông Cửu Long [1], [2].

Với sự phát triển mạnh mẽ về kinh tế cơ sở hạ tầng thương mại dịch vụ, nhu cầu về nhà ở của người dân tăng theo với các loại hình nhà ở khác nhau. Nghiên cứu này được tiến hành nhằm mục đích giúp các nhà đầu tư bất động sản nhà ở nắm bắt được thực trạng nhu cầu nhà ở hiện tại của người dân để từ đó quyết định đầu tư phân khúc và loại hình phù hợp với nhu cầu hiện tại.

2. TỔNG QUAN

Suttiwongpan và cộng sự đã tập trung nghiên cứu vào các đặc điểm thiết kế quy hoạch ảnh hưởng như thế nào đến quyết định mua nhà của người dân tại Thái Lan [3]. Các tác giả đã nhấn mạnh tầm quan trọng của các tiêu chí như: cơ sở hạ tầng, vị trí khu đô thị, vấn đề tiết kiệm năng lượng, và đặc điểm môi trường. Các yếu tố khác cũng góp phần vào việc lựa chọn nhà của người dân bao gồm: việc thiết kế làn đường dành cho xe đạp, lối đi bộ rộng, mạng lưới đường giao thông thuận tiện cho việc tiếp cận cũng như quay đầu xe, hàng rào thông thoáng, sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường, và quản lý rác thải.

Một nghiên cứu khác được thực hiện tại Thái Lan nhằm xác định yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua bất động sản sau đại dịch COVID-19 [4]. Nghiên cứu thu thập dữ liệu khảo sát từ 390 người trả lời. Các số liệu này được xử lý bằng các phân tích thống kê để xác định sự ảnh hưởng của các yếu tố độc lập đến quyết định mua bất động sản. Kết quả nghiên cứu xác định quyết định mua bất động sản sau đại dịch COVID-19 bị tác động bởi các yếu tố như: vị trí, khả năng thanh toán, không gian sống, ý kiến các thành viên trong gia đình và vấn đề an ninh.

Ariyawansa đã tiến hành nghiên cứu về hành vi tiêu thụ nhà ở Srilanka [5]. Nghiên cứu cho thấy có 35% số người được hỏi ưa thích mua nhà đã xây sẵn thay vì mua đất và tự xây nhà. Bên cạnh đó, yếu tố vị trí ngôi nhà cũng được đánh giá là yếu tố quyết định quan trọng. Điều này thể hiện tầm quan trọng của vị trí địa lý và tiện ích xung quanh đối với quyết định mua nhà. Những yếu tố khác cũng được cân nhắc khi chọn mua nhà như: Chất lượng công trình, giá cả, tính pháp lý, tiện ích, và tiện ích của khu dân cư.

Một nghiên cứu khác được thực hiện tại Đông Timor để xác định các yếu tố động cơ và nhận thức ảnh hưởng đến hành vi mua nhà. Nghiên cứu đã nhấn mạnh các yếu tố bao gồm: Môi trường sạch, an toàn, thẩm mỹ, và tiện ích điện nước [6].

Một nghiên cứu thú vị khác được tiến hành ở Malaysia tập trung vào việc xác định các yếu tố liên quan đến phong thủy ảnh hưởng đến việc lựa chọn mua nhà [7]. Nghiên cứu đã sử dụng một bảng câu hỏi bao gồm 26 yếu tố phong thủy. Để đánh giá xếp hạng từ các người trả lời khác nhau, nghiên cứu đã sử dụng kiểm định Kruskal-Wallis của phân tích ANOVA. Kết quả của nghiên cứu cho thấy năm yếu tố phong thủy ảnh hưởng mạnh nhất đến lựa chọn nhà ở và định giá bất động sản, bao gồm hướng nhà, hình dạng lối vào nhà, vị trí nhà trên con đường, số nhà và vị trí phòng khách. Nghiên cứu này độc đáo và giá trị ở việc khám phá mối quan hệ giữa các nguyên tắc phong thủy và việc lựa chọn nhà ở và định giá bất động sản dựa trên các yếu tố văn hóa và thu nhập. Những phát hiện của nghiên cứu cung cấp thông tin hữu ích cho việc thiết kế và định vị bất động sản nhà ở Malaysia [7].

Ở Việt Nam, Trần đã khảo sát các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định mua bất động sản tại khu vực TP.HCM [8]. Thông qua số liệu khảo sát từ 327 phiếu phản hồi hợp lệ, tác giả đã tiến hành các phân tích thống kê bao gồm Cronbach Alpha, nhân tố khám phá, và phân tích hồi quy. Kết quả nghiên cứu xác định 5 nhân tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà gồm: Vị trí địa lý và hạ tầng kết nối, giá cả và phương thức thanh toán, pháp lý và quyền sở hữu, tiện ích và chất lượng công trình, và uy tín chủ đầu tư và thông tin thị trường.

Một nghiên cứu khác lại tập trung vào việc xác định các nhân tố chính ảnh hưởng đến quyết định mua nhà ở của các gia đình trẻ tại TP.HCM [9]. Với phương pháp kết hợp định tính và định lượng bao gồm Cronbach Alpha, ANOVA, nhân tố khám phá, và phân tích hồi quy. Kết quả nghiên cứu xác nhận giả thuyết nghiên cứu với các yếu tố quan trọng có ảnh hưởng đến quyết định mua nhà như: Tài chính, vị trí, ảnh hưởng của người thân, môi trường, và thiết kế. Trong đó, yếu tố tài chính tác động mạnh nhất đến quyết định mua nhà ở, yếu tố thiết kế tác động yếu nhất. Các tác giả cũng đề xuất một số giải pháp giúp các doanh nghiệp kinh doanh bất động sản số lượng giao dịch với đối tượng là các gia đình trẻ mua nhà ở tại TP.HCM.

Một nghiên cứu chuyên sâu khác về thị trường nhà ở tại TP.HCM đã làm rõ các yếu tố then chốt ảnh hưởng đến quyết định mua nhà của khách hàng [10]. Kết quả cho thấy 07 yếu tố có tác động mạnh nhất bao gồm: tình hình tài chính, pháp lý, không gian sống, vị trí, thiết kế - kiến trúc, môi trường sống và tiện nghi công cộng. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng phần lớn nhu cầu tập trung ở phân khúc giá dưới 20 triệu đồng/m^2 (83%) và từ 21-26 triệu đồng/m^2 (10%), phản ánh quy mô lớn của thị trường nhà ở dành cho nhóm thu nhập thấp và trung bình. Bên cạnh đó, đa số khách hàng ưu tiên nhà có diện tích dưới 100 m^2 (90%), trong đó nhà phố chiếm ưu thế (85%) so với căn hộ chung cư (15%). Nhóm khách hàng đã lập gia đình và có thu nhập từ 10-14 triệu đồng/tháng được ghi nhận có nhu cầu mua nhà cao hơn so với các nhóm còn lại.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Dựa trên các bài báo khoa học trong và ngoài nước, cùng với việc tham khảo ý kiến người có kinh nghiệm trong lĩnh vực tư vấn, phát triển các dự án nhà ở, bảng câu hỏi khảo sát gồm 39 yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà ở các dự án khu dân cư thuộc tỉnh Long An (cũ) được xây dựng. Bảng khảo sát được gửi đến các cá nhân đang sinh sống và làm việc tại tỉnh Long An và các tỉnh lân cận. Số lượng phản hồi hợp lệ nhận được là 236 bảng khảo sát (gồm 163 đáp viên sinh sống và làm việc tại tỉnh và 73 đáp viên sinh sống và làm tại các tỉnh lân cận).

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Các câu trả lời từ 236 bảng khảo sát hợp lệ được tiến hành xử lý thống kê [12]. Kết quả phân tích giá trị trung bình (Mean) cho thấy mức độ quan trọng của các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà tại các dự án khu dân cư thuộc tỉnh Long An (cũ) (Bảng 1). Tất cả các yếu tố đều có trị trung bình lớn hơn 3 chứng tỏ các yếu tố có ảnh hưởng nhất định đến quyết định mua nhà của người dân.

Bảng 1. Bảng xếp hạng các yếu tố ảnh hưởng theo trị trung bình

Ký hiệu	Các yếu tố ảnh hưởng	Trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Hạng
GP4	Giá trị tương lai của ngôi nhà	4,71	1,203	1
BC1	Danh tiếng nhà thầu và chủ đầu tư	4,58	0,993	2
GP2	Giá bán hợp lý so với vị trí ngôi nhà	4,58	1,230	3
BC2	Kinh nghiệm phát triển dự án của chủ đầu tư	4,58	1,006	4
GP1	Phương thức thanh toán linh hoạt	4,54	1,035	5

GP3	Giá bán hợp lý so với chất lượng ngôi nhà	4,53	1,095	6
VT5	Vị trí gần nơi sinh sống của người thân	4,52	0,915	7
VT2	Vị trí gần các cơ sở vui chơi, giải trí và trung tâm thể dục thể thao	4,49	0,877	8
VT8	Hướng nhà phù hợp với phong thủy của chủ nhà	4,48	1,116	9
VT1	Vị trí gần nơi làm việc	4,46	1,116	10
GP7	Tính pháp lý của ngôi nhà được đảm bảo	4,44	0,902	11
VT4	Vị trí gần trường học và trung tâm y tế	4,42	1,015	12
TL2	Thỏa mãn nhu cầu về chất lượng cuộc sống cho bản thân	4,40	1,109	13
GP6	Hỗ trợ khoản vay và lãi suất hấp dẫn từ ngân hàng	4,39	0,975	14
TL3	Mong muốn có nhiều không gian riêng cho bản thân	4,34	1,141	15
VT3	Vị trí gần các khu vực sinh hoạt công cộng, công viên	4,31	0,979	16
BC4	Hình ảnh và thương hiệu chủ đầu tư và nhà thầu	4,31	0,615	17
VT7	Vị trí gần các trục đường chính	4,30	0,909	18
CLTN1	Chất lượng kết cấu ngôi nhà	4,28	1,005	19
GP5	Các chương trình khuyến mãi của chủ đầu tư	4,28	1,041	20
TL1	Tác động từ ý kiến của người thân và bạn bè	4,26	0,869	21
TL5	Mong muốn sở hữu một chỗ ở riêng	4,21	1,391	22
TL4	Thông tin từ chuyên gia tư vấn bất động sản	4,21	1,013	23
BC3	Năng lực tài chính chủ đầu tư	4,16	1,324	24
CLTN2	Cảnh quan xung quanh khu dân cư	4,05	0,981	25
CLTN7	Tiếng ồn xung quanh	4,05	1,289	26
NT4	Tham khảo qua Website chính thức của các công ty bất động sản	4,04	1,212	27
CLTN3	Các dịch vụ vệ sinh và bảo trì cơ sở hạ tầng	3,98	1,026	28
CLTN8	Kiến trúc ngôi nhà	3,96	0,893	29
VT6	Vị trí gần chợ hoặc siêu thị/ trung tâm thương mại	3,78	0,763	30
CLTN10	Vật liệu hoàn thiện/ trang trí ngôi nhà	3,76	0,954	31
CLTN5	Chất lượng cơ sở hạ tầng xung quanh	3,72	0,890	32
NT2	Tham khảo thông tin qua các kênh chuyên mua bán bất động sản	3,71	1,002	33
CLTN6	Cộng đồng dân cư xung quanh	3,55	1,324	34
NT3	Tham khảo thông tin quảng cáo qua các kênh thương mại điện tử	3,53	1,298	35
CLTN11	Hệ thống chiếu sáng đường phố khu dân cư	3,38	1,178	36
CLTN9	Hình dạng và kích thước ngôi nhà	3,36	1,209	37
CLTN4	An ninh trong khu vực	3,20	1,112	38
NT1	Tham khảo thông tin từ bạn bè, người thân	3,19	1,235	39

Kết quả xếp hạng cho thấy 5 yếu tố được xếp hạng cao nhất bao gồm:

- Giá trị tương lai của ngôi nhà (trị trung bình: 4,71): Người mua quan tâm đến tiềm năng tăng giá trị của ngôi nhà trong tương lai. Điều này cho thấy các dự án với triển vọng tăng trị giá có thể hấp dẫn hơn đối với khách hàng.
- Danh tiếng nhà thầu và chủ đầu tư (trị trung bình: 4,58): Yếu tố này cũng được đánh giá cao, ngụ ý rằng danh tiếng và uy tín của nhà thầu và chủ đầu tư đóng vai trò quan trọng trong quyết định đầu tư. Điều này có thể gợi ý cần xây dựng danh tiếng và làm việc với các đối tác có danh tiếng tốt để tạo sự tin tưởng.
- Giá bán hợp lý so với vị trí ngôi nhà và Kinh nghiệm phát triển dự án của chủ đầu tư (trị trung bình: 4.58): Hai yếu tố này có điểm số trung bình tương tự, cho thấy giá cả và kinh nghiệm trong phát triển dự án đều quan trọng. Điều này có thể gợi ý rằng người mua nhà quan tâm đến giá trị và chất lượng của dự án.
- Thanh toán linh hoạt (trị trung bình: 4.54237): Thanh toán linh hoạt không được đánh giá cao bằng so với các yếu tố khác, nhưng vẫn quan trọng. Điều này có thể đề xuất rằng sự linh hoạt trong việc thanh toán có thể tạo sự hấp dẫn cho người mua nhà.

Bên cạnh đó, các yếu tố ảnh hưởng trên được tiến hành phân tích nhân tố khám phá (EFA) nhằm xác định các nhóm nhân tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà. Kết quả kiểm định hệ số Cronbach's Alpha các nhóm > 0,6 và hệ số tương quan biến tổng của các biến đều lớn hơn 0,3 sau khi loại bỏ các biến: VT4, VT5, VT6, CLTN1, CLTN2, GP4, NT4. Điều đó chứng tỏ thang đo lường là phù hợp. Kiểm định KMO (Kaiser - Mayer - Olkin) và Bartlett's Test of Sphericity được thực hiện trước tiên để kiểm tra sự phù hợp của dữ liệu [12]. Kết quả phân tích cho thấy chỉ số KMO là 0,776 > 0,5, điều này chứng tỏ dữ liệu dùng để phân tích nhân tố là hợp lý. Kết quả kiểm định Bartlett's là 6374,671với mức ý nghĩa Sig. = 0,000 < 0,05, cho thấy các biến tương quan với nhau và thoả điều kiện phân tích nhân tố. Phân tích EFA được thực hiện với 32 biến quan sát và được rút gọn bằng phương pháp phân tích thành tố chính với phép quay Varimax. Kết quả phân tích được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Ma trận xoay kết quả phân tích EFA

	Nhân tố						
Biến	1	2	3	4	5	6	7
CLTN5	0,836						
NT2	0,835						
CLTN11	0,830						
CLTN9	0,823						

CLTN6	0,816						
NT3	0,799						
CLTN4	0,796						
NT1	0,775						
CLTN10	0,651						
CLTN8	0,650						
CLTN7	0,618						
VT1		0,932					
VT8		0,922					
VT2		0,865					
TL4			0,713				
TL1			0,665				
TL3			0,606				
TL5			0,592				
TL2			0,500				
GP2				0,709			
GP4				0,668			
GP3				0,650			
GP1				0,554			
VT7					0,970		
VT3					0,961		
GP7						0,924	
GP6						0,902	
BC2							0,863
BC1							0,861
BC4							0,648

Nhận xét: các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà ở khu dân cư được phân thành 7 nhóm nhân tố sau:

- **Nhóm đặc điểm và thông tin sản phẩm gồm 11 yếu tố:** *Tiếng ồn xung quanh, kiến trúc ngôi nhà, vật liệu trang trí ngôi nhà, chất lượng cơ sở hạ tầng, tham khảo thông tin qua các kênh chuyên mua bán bất động sản, cộng đồng dân cư xung quanh, tham khảo thông tin quảng cáo qua các kênh truyền thông thương mại điện tử, hệ thống chiếu sáng đường phố khu dân cư, hình dạng kích thước ngôi nhà, an ninh và an toàn trong khu vực, tham khảo thông tin từ bạn bè người thân*. Nhóm nhân tố này được đánh giá có ảnh hưởng lớn nhất đến quyết định mua nhà tại các dự án khu dân cư. Để đáp ứng nhu cầu của khách hàng nhà đầu tư cần phải: Sử dụng vật liệu và thiết bị chất lượng cao đảm bảo tính bền vững và tiện ích cho cư dân; sử dụng công nghệ hiện đại như hệ thống điện thông minh và an ninh để tạo ra môi trường sống tiện nghi và an toàn; thông tin minh bạch về mỗi ngôi nhà, bao gồm hình ảnh, diện tích, số phòng, và giá cả; sử dụng các kênh truyền thông như trang web, ứng dụng di động, và mạng xã hội để chia sẻ thông tin về dự án và các sản phẩm bất động sản; hợp tác với môi giới bất động sản tìm kiếm các môi giới chuyên nghiệp để giới thiệu sản phẩm và dự án tới một lượng lớn khách hàng tiềm năng; và xây dựng mối quan hệ với cư dân hiện tại để họ có thể giới thiệu sản phẩm đến người quen.
- **Nhóm tiện ích và phong thủy gồm 03 yếu tố:** *Gần các cơ sở vui chơi, giải trí và trung tâm thể dục - thể thao, hướng nhà phù hợp với phong thủy chủ nhà, và gần nơi làm việc*. Những yếu tố này có đóng góp quan trọng vào sự hấp dẫn của ngôi nhà đối với người mua. Chủ đầu tư có thể dựa trên những thông tin tiện ích xung quanh dự án mình đầu tư trong tương lai đánh giá phân tích để đưa ra sản phẩm phù hợp với mong muốn của người mua.
- **Nhóm tác động từ các yếu tố tâm lý gồm 05 yếu tố:** *Thỏa mãn nhu cầu về chất lượng cuộc sống cho bản thân, mong muốn có nhiều không gian riêng cho bản thân, tác động từ ý kiến của người thân và bạn bè, mong muốn sở hữu một chỗ ở riêng, và thông tin từ chuyên gia tư vấn bất động sản*. Để đáp ứng nhu cầu của người mua liên quan đến nhóm nhân tố này, chủ đầu tư có thể xem xét thiết kế dự án để tạo ra loại nhà ở phù hợp với kích thước gia đình và nhu cầu cá nhân, tạo ra môi trường sống thú vị và tiện nghi bằng cách tích hợp các tiện ích và dịch vụ như công viên, hồ bơi, sân chơi cho trẻ em, và các cơ sở giải trí khác trong khu dự án, xây dựng mối quan hệ với cộng đồng cư dân hiện tại bằng cách tổ chức các hoạt động và sự kiện cộng đồng, và lắng nghe ý kiến và phản hồi của họ.
- **Nhóm giá trị và điều kiện thanh toán gồm 04 yếu tố:** *Giá trị tương lai của ngôi nhà, giá bán hợp lý so với vị trí ngôi nhà, phương thức thanh toán linh hoạt, và giá bán hợp lý so với chất lượng ngôi nhà*. Để thúc đẩy nhu cầu giao dịch, các nhà phát triển dự án bất động sản có thể cân nhắc: tạo ra các lựa chọn về giá cả đa dạng để đáp ứng nhu cầu của nhiều đối tượng khách hàng, cung cấp các chương trình thanh toán linh hoạt, bao gồm các kế hoạch thanh toán theo đợt hoặc hỗ trợ tài chính để giúp người mua dễ dàng đảm bảo tài chính cho việc mua nhà, cải thiện chất lượng xây dựng, tích hợp các tiện ích hiện đại, và đảm bảo rằng dự án phát triển ổn định và bền vững dẫn đến việc giá trị ngôi nhà tăng dần theo thời gian, đảm bảo rằng giá bán của ngôi nhà phù hợp với chất lượng xây dựng và tiện ích có sẵn, và cung cấp thông tin và tư vấn tài chính đầy đủ và chính xác để giúp khách hàng hiểu rõ về các tùy chọn thanh toán, lựa chọn vay mượn, và các yếu tố tài chính liên quan đến mua nhà.
- **Nhóm vị trí gồm 02 yếu tố:** *Vị trí gần các khu vực sinh hoạt công cộng, công viên và vị trí gần các trục đường chính*. Các chủ đầu tư cần đảm bảo rằng dự án xây dựng nằm ở vị trí thuận tiện gần các trục đường chính hoặc tuyến giao thông quan trọng. Vị trí thuận lợi giúp người mua tiết kiệm thời gian di chuyển và kết nối dễ dàng với các khu vực khác. Bên cạnh đó, dự án cần được phát triển gần khu sinh hoạt công cộng hoặc tạo ra các khu vực sinh hoạt công cộng trong dự án, bao gồm các tiện ích như sân chơi cho trẻ em, phòng tập thể dục, sân tennis, và phòng họp cộng đồng. Điều này tạo điểm thu hút cho cư dân và thúc đẩy sự tương tác giữa họ.

- **Nhóm quy định và pháp lý gồm 02 yếu tố:** *Tính pháp lý của ngôi nhà được đảm bảo và hỗ trợ khoản vay và lãi suất hấp dẫn từ ngân hàng*. Các nhà đầu tư phát triển bất động sản cần phải: Đảm bảo rằng mọi giao dịch và tài sản trong dự án khu dân cư đều tuân theo pháp luật và có tính pháp lí đảm bảo, các hợp đồng và thủ tục pháp lí nên được thực hiện một cách cẩn thận và đúng quy định, cung cấp thông tin chi tiết về các lựa chọn vay mượn, lãi suất, và các yếu tố tài chính khác để giúp người mua hiểu rõ hơn về tài chính của họ. Các yếu tố như sổ đỏ, giấy tờ tài sản, và các thủ tục liên quan đến giao dịch mua bán cần được quản lý một cách chuyên nghiệp và đáng tin cậy. Tích hợp công cụ tài chính cung cấp công cụ và tư vấn tài chính cho cư dân để giúp họ quản lý tài chính cá nhân và hợp đồng vay mượn một cách hiệu quả.
- **Nhóm uy tín chủ đầu tư và nhà thầu gồm 03 yếu tố:** *Hình ảnh và thương hiệu chủ đầu tư và nhà thầu, danh tiếng nhà thầu và chủ đầu tư, và kinh nghiệm phát triển dự án của chủ đầu tư.* Để phát triển mạnh nhóm yếu tố này, các chủ đầu tư cần tích lũy kinh nghiệm và tham gia phát triển các dự án khu dân cư một cách chuyên nghiệp; thể hiện năng lực xây dựng và quản lý dự án thông qua các dự án thành công trong quá khứ; đồng thời lựa chọn các nhà thầu và đối tác đáng tin cậy, có uy tín trong ngành xây dựng. Việc hợp tác với những đối tác có năng lực và uy tín sẽ đảm bảo chất lượng xây dựng và thực hiện các dự án theo đúng tiến độ. Bên cạnh đó, chủ đầu tư cần xây dựng và duy trì một hình ảnh và thương hiệu uy tín nhằm thu hút khách hàng và tạo sự tin tưởng.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu được thực hiện nhằm mục đích xác định và phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà dự án khu dân cư tại địa bàn tỉnh Long An (cũ). Sau khi tiến hành lược khảo các nghiên cứu trước đây, 39 yếu tố được xác định và được sử dụng để xây dựng bảng khảo sát. 236 bảng khảo sát hợp lệ được thu thập từ những đối tượng hiện đang sinh sống và làm việc tại địa bàn tỉnh Long An và khu vực lân cận. Kết quả phân tích cho thấy 39 yếu tố có tác động đáng kể đến quyết định mua nhà dự án khu dân cư. 39 yếu tố này được sử dụng để tiến hành phân tích nhân tố khám phá và được phân thành 7 nhóm nhân tố quan trọng nhất trong quá trình mua nhà. 7 nhóm nhân tố bao gồm: 1) Đặc điểm và thông tin sản phẩm, 2) tiện ích và phong thủy, 3) tác động từ yếu tố tâm lý, 4) giá trị và điều kiện thanh toán, 5) vị trí, 6) quy định và pháp lý, và 7) uy tín. Dựa kết quả nghiên cứu, nhằm đảm bảo sự thành công của dự án bất động sản khu dân cư, đáp ứng được nhu cầu thực tế của người mua nhà, và tăng tính thanh khoản của dự án các chủ đầu tư cần phải cân nhắc và thực hiện các chiến lược sau:

- Xây dựng các dự án nhà ở với tiện nghi hiện đại và chất lượng cao để thu hút người mua.
- Đầu tư vào hạ tầng và các tiện ích xã hội, bao gồm cả trường học, bệnh viện, và khu vui chơi giải trí.
- Tạo ra môi trường sống sạch sẽ, an toàn và hài hòa với phong thủy tốt.
- Chọn vị trí chiến lược cho các dự án nhà ở gần các tiện ích quan trọng và các tuyến giao thông chính để thuận lợi cho di chuyển và sử dụng dịch vụ.
- Hợp tác với những đối tác có năng lực và uy tín sẽ đảm bảo chất lượng xây dựng và thực hiện các dự án theo đúng tiến độ, chủ đầu tư cần xây dựng và duy trì một hình ảnh và thương hiệu mạnh mẽ cho dự án bất động sản.
- Tối ưu hóa thông tin tìm hiểu để mua nhà như cung cấp thông tin rõ ràng và minh bạch về các dự án nhà ở, bao gồm thông tin về thiết kế, tiện ích, phát triển hệ thống giới thiệu sản phẩm để giúp người mua đưa ra quyết định thông thái.
- Xây dựng các chiến dịch quảng cáo và tiếp thị tạo ấn tượng tích cực về các dự án nhà ở. Đặc biệt cần đào tạo đội ngũ bán hàng bất động sản chuyên nghiệp kiến thức hoặc hợp tác với những chuyên gia đầu ngành để giới thiệu phân tích sản phẩm dự án để tạo sự tin tưởng và thu hút người mua.
- Tạo cơ hội cho người mua thăm thực tế và trải nghiệm các căn hộ hoặc nhà mẫu để họ có thể cảm nhận trước. Tạo mối quan hệ với cộng đồng.
- Thu thập và chia sẻ các bằng chứng thực tế về giá trị và tiện ích của các căn nhà hoặc nhà mẫu qua các báo cáo, đánh giá từ người mua trước, và các tài liệu hình ảnh.
- Cung cấp các lựa chọn thanh toán linh hoạt tạo ra các sản phẩm nhà ở đa dạng về giá cả nâng cao giá trị tương lai của ngôi nhà tạo điểm nhấn mạnh mẽ về giá so với chất lượng, bao gồm cả chương trình vay vốn và trả góp để giúp người mua có khả năng tài chính.
- Cung cấp thông tin rõ ràng về giá bán và các khoản phí liên quan đến giao dịch mua nhà.
- Đảm bảo tuân thủ đầy đủ các quy định pháp luật liên quan đến giao dịch bất động sản để tạo niềm tin cho người mua.
- Cung cấp dịch vụ hỗ trợ pháp lý và tài chính để giúp người mua xử lý mọi thủ tục liên quan đến mua nhà.
- Hỗ trợ khoản vay từ ngân hàng hỗ trợ cư dân trong việc tìm kiếm và xử lý các khoản vay từ ngân hàng để mua nhà. Cung cấp thông tin chi tiết về các lựa chọn vay mượn, lãi suất, và các yếu tố tài chính khác để giúp người mua hiểu rõ hơn về tài chính của họ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Báo Long An Online, "Long An: Tốc độ tăng trưởng kinh tế năm 2024 phục hồi tích cực, ước cả năm đạt 8,3%," https://baolongan.vn/long-an-toc-do-tang-truong-kinh-te-nam-2024-phuc-hoi-tich-cuc-uoc-ca-nam-dat-8-3--a186709.html. [Truy cập: 20-08-2025].

[2]. Ủy ban Nhân dân tỉnh Long An, "GRDP tỉnh Long An 6 tháng đầu năm 2025 tăng 8,34%," Cổng thông tin điện tử tỉnh Long An, 2025. https://www.longan.gov.vn/kinh-te/grdp-tinh-long-an-6-thang-dau-nam-2025-tang-8-34-994535. [Truy cập: 20-08-2025].

[3]. Suttiwongpan, C., Tochaiwat, K., & Naksuksakul, S. (2019). Influence of designs following green assessment criteria on decision to buy houses in housing projects: Thailand's ecovillage. ABAC Journal, 39(4), 1-15.

[4]. Zhang, P., & Nuangjamnong, C. (2022). Factors influencing the purchase decision of Bangkok building property in the context of new normal life situation. International Research E-Journal on Business and Economics, 7(1), 44-60.

[5]. Ariyawansa, R. G. (2010). An empirical study of consumer behavior in housing market in Colombo. Built-Environment Sri Lanka, 8(1).

[6]. Susilawati, C., & Anunu, F. B. (2001). Motivation and perception factors influence buying home behaviour in Dilly, East Timor. In The 7th Pacific Rim Real Estate Society Annual Conference.

[7]. Yap, J. B. H., & Lum, K. C. (2020). Feng Shui principles and the Malaysian housing market: what matters in property selection and pricing?. Property Management, 38(5), 643-664.

[8]. Trần, V. Q. (2025). Các nhân tố ảnh hưởng đến quyết định mua bất động sản của khách hàng tại Thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Kinh tế và Dự báo, https://kinhtevadubao.vn/cac-nhan-to-anh-huong-den-quyet-dinh-mua-bat-dong-san-cua-khach-hang-tai-thanh-pho-ho-chi-minh-32482.html

[9]. Trần, V. K., và Đỗ, M. K. (2024). Những yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà ở của các gia đình trẻ tại Thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Công thương, https://tapchicongthuong.vn/nhung-yeu-to-anh-huong-den-quyet-dinh-mua-nha-o-cua-cac-gia-dinh-tre-tai-thanh-pho-ho-chi-minh-116993.htm

[10]. Võ, P. T. N. (2013). "Các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua nhà". Luận văn Thạc sĩ Kinh tế. Trường Đại học Kinh tế TP.HCM, Việt Nam

[11]. Hoàng, T. và Chu, N. M. N. (2008). Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS, Tập 1, Tập 2. NXB Hồng Đức.

■Ngày nhận bài: 03/12/2025 ■Ngày sửa bài: 12/12/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2025

3D Analysis of piled raft foundation for bearing capacity, settlement and Safety factor under varying conditions

Phân tích 3D của móng bè cọc cho sức chịu tải, độ lún và hệ số an toàn trong các điều kiện khác nhau

> ASSOC.PROF LE BA VINH[1], DR TRAN VAN TUAN[2], M.ENG TRUONG QUYNH NHU[3], M.ENG NGUYEN TUAN THONG[2], M.ENG TRUONG PHUC THO[4]

[1]Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam. Email: lebavinh@hcmut.edu.vn
[2]Faculty of Civil Engineering, Can Tho University, Vietnam. Email: tvtuan@ctu.edu.vn
[3]College of Environment and Natural Resources, Can Tho University, Vietnam. Email: tquynhnhu29@gmail.com
[2]Faculty of Civil Engineering, Can Tho University, Vietnam. Email: thongM4223019@gstudent.ctu.edu.vn
[4]Can Tho City Department of Construction, Vietnam. Email: tphuctho@gmail.com

ABSTRACT

Piled raft foundation is commonly adopted for many foundations particularly in heavy structures. This study investigated the influence of pile configuration, pile length, and loading condition on the bearing capacity, settlement, and safety factor of piled raft foundations in two layers of clayey soil in Ho Chi Minh city, Vietnam. Three-dimensional finite element analyses were performed by using Plaxis 3D with a Mohr-Coulomb model under a 100 kPa vertical load. A piled raft foundation model consisting of a 20 m × 100 m raft supported by 70 piles was analyzed for different pile configurations, pile lengths, and loading conditions. The results indicated that at 0.02 m settlement, the regular configuration provided the highest bearing capacity (up to 185.9 MN), which was significantly higher than the staggered approximately 12.5% and 3-row configurations about 75.1%. Corresponding factors of safety more than three times greater and long-term settlements lower. Furthermore, increasing pile length from 20 m to 50 m enhanced bearing capacity by approximately 112%, improved the factor of safety by nearly 91%, and reduced long-term settlement by about 48%. In addition, combined vertical-horizontal loading increased settlement by about 4% and reduced the factor of safety by nearly 9% compared to vertical loading alone. This study highlights the importance of design parameters in piled raft performance and provides insight into optimizing foundation behavior under different conditions.

Keywords: 3D analysis, bearing capacity, safety factor, piled raft, settlement.

TÓM TẮT

Móng bè cọc thường được áp dụng cho nhiều loại móng đặc biệt là trong các công trình lớn. Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của cấu hình cọc, chiều dài cọc và các loại phân bố tải trọng đến sức chịu tải, độ lún và hệ số an toàn của móng bè cọc cho đất hai lớp sét tại TP.HCM, Việt Nam. Phân tích phần tử hữu hạn ba chiều được thực hiện bằng sử dụng Plaxis 3D với mô hình Mohr-Coulomb dưới tải trọng thẳng đứng 100 kPa. Mô hình móng bè cọc gồm một bè 20 m × 100 m được đỡ bởi 70 cọc đã được phân tích với các cấu hình cọc, chiều dài cọc và điều kiện tải trọng khác nhau. kết quả cho thấy, tại độ lún 0,02 m, cấu hình bố trí cọc đều cung cấp khả năng chịu tải cao nhất (lên đến 185,9 MN), cao hơn đáng kể so với cấu hình so le khoảng 12,5% và cấu hình 3 hàng khoảng 75,1%. Hệ số an toàn tương ứng lớn hơn ba lần và độ lún dài hạn thấp hơn. Hơn nữa, việc tăng chiều dài cọc từ 20 m lên 50 m đã tăng sức chịu tải lên khoảng 112%, cải thiện hệ số an toàn gần 91% và giảm độ lún dài hạn khoảng 48%. Ngoài ra, tải trọng kết hợp thẳng đứng và nằm ngang làm tăng độ lún khoảng 4% và giảm hệ số an toàn gần 9% so với chỉ tải trọng thẳng đứng. Nghiên cứu này nhấn mạnh tầm quan trọng của các thông số thiết kế đối với hiệu suất của bè cọc và cung cấp thông tin chi tiết về tối ưu hóa ảnh hưởng của nền móng trong các điều kiện khác nhau.

Từ khóa: Phân tích 3D, sức chịu tải, hệ số an toàn, móng bè cọc, độ lún.

1. INTRODUCTION

Piled raft foundation has emerged as an effective and economical solution for supporting heavy structures, particularly in soft or heterogeneous soils where traditional shallow foundations may fail to meet performance criteria. The concept integrates both piles and raft to share the applied loads, enhancing bearing capacity and reducing settlement (Poulos, 2009). While the raft provides a large contact area with the soil, piles contribute additional stiffness and control differential settlement, making piled raft foundation advantageous for high-rise buildings, bridges, and offshore structures (Horikoshi & Randolph, 1999).

Numerous studies have investigated the behavior of piled raft foundations under various conditions. Factors such as pile configuration such as number, spacing, and layout, pile length, and type of loading (vertical, horizontal, or combined) significantly influence the performance of the system (Mandolini et al., 2005; Nguyen et al., 2013; Nasr and Sorour, 2016). However, many of these studies rely on simplified analytical or two-dimensional numerical models, which may not capture the full interaction mechanisms in three dimensions.

With the advancement of computational tools, three-dimensional finite element (3D FE) analysis has become a powerful method to model the complex soil–structure interaction in piled raft foundation more realistically. It allows for the detailed evaluation of bearing capacity, settlement behavior, and safety factors under various design configurations and loading scenarios (Lee and Jeong, 2010). Quang et al. (2021) indicated the effect of the settlement on piled raft foundation for high-rise buildings in Ho Chi Minh city by using Plaxis 3D. Modak and Singh (2022) investigated the influences of pile number, pile spacing, pile length and loading intensity on the settlement by an analysis method using the Plaxis 3D software. Also, numerical models based on a 3D FE analysis was used to identify optimum design parameters of piled raft foundations (Alesmael and Ekmen, 2025).

The parametric factor was formulated based on the relationship between the impedance of the piled raft, and the pile foundation obtained by parametric numerical analyses in the frequency domain. This study aims to conduct 3D FE analysis to investigate the effects of pile configuration, pile length, and load type on the bearing capacity, settlement, and safety factor of piled raft foundations of Ho Chi Minh city. The findings are expected to provide deeper insights into the optimal design of piled raft foundation and enhance the understanding of their performance under different engineering conditions.

2. RESEARCH SIGNIFICANCE

This study provides a comprehensive evaluation of the performance of piled raft foundations subjected to various configurations, pile lengths, and loading conditions through 3D FE modeling. By analyzing factors such as bearing capacity, settlement, and factor of safety, the research offers valuable insights for optimizing foundation design in clayey soils typical of Ho Chi Minh city, Vietnam. In particular, the results reveal that combined vertical and horizontal loading markedly increases settlement and reduces the factor of safety, highlighting the critical need to consider horizontal loads in practical foundation design.

3. METHODOLOGY

3.1. Correlation of Moduli

The deformation properties of elastic materials (*E'*) are described most by oedometer modulus (E_{oed}) and Poisson's ratio (*v*) [10].

$$E' = E_{oed} \times \frac{(1+\nu)\times(1-2\nu)}{1-\nu} \quad (1)$$

Where $E_{oed} = \frac{c_v \gamma_w}{k}$ with c_v is the consolidation coefficient, γ_w is the unit weight of the pore fluid, *k* is the coefficient of permeability.

2.2. Numerical Analysis Methods

The standard notation is used to apply a finite element approximation as [11]:

$$u = N\upsilon \quad p = Np_n \quad \varepsilon = B\upsilon \quad (2)$$

where *v* is the nodal displacement vector, p_n is the nodal excess pore pressure vector, *u* is the continuous displacement vector within an element and *p* is the excess pore pressure. The matrix *N* contains the interpolation functions and *B* is the strain interpolation matrix.

The same functions are used for displacements and pore pressures. Starting from the incremental equilibrium equation and applying the above finite element approximation:

$$\int B^T \Delta\sigma dV = \int N^T \Delta b dV + \int N^T \Delta t dS + r_0 \quad (3)$$

where *b* is a body force due to self-weight and *t* is the surface tractions, the residual force vector r_0 will be equal to zero, but solutions of previous load steps may have been inaccurate. By adding the residual force vector the computational procedure becomes self-correcting. The term *dV* indicates integration over the volume of the body considered and *dS* indicates a surface integral.

4. 3D FINITE ELEMENT MODELING

4.1. Material Properties

Two layers of clayed soils were modelled in the standardized Mohr-Coulomb model under undrained type. The soil properties were mostly obtained from borehole investigations conducted in Ho Chi Minh City [12]. Both total stress analysis (TSA) and effective stress analysis (ESA) parameters were obtained from triaxial. The elastic modulus (E') values of ESA data were then determined using Eq. (1). Table 1 summarizes the material parameters used in the analysis.

Table 1. Soil and foundation structure parameters

Parameter	Unit	Soil 1		Soil 2	
		TSA	ESA	TSA	ESA
Unsaturated Density	γ_{unsat} (kN/m^3)	20.25	20.25	19.93	19.93
Saturated Density	γ_{sat} (kN/m^3)	20.25	20.25	19.93	19.93
Elastic Modulus	E_s (MPa)	8.33	-	39.44	-
Elastic Modulus	E' (MPa)	-	4.74	-	6.81
Poisson's ratio	*v*	0.35	0.30	0.35	0.30
Cohesion	c_{ref} (kN/m^2)	136.0	9.80	162.0	4.20
Friction angle	φ (°)	3.09	28.0	2.47	31.00
Dilation angle	Ψ (°)	0	0	0	0
Permeabilities	k (m/day)	5.50×10^{-3}		8.64×10^{-3}	

TSA: total stress analysis

ESA: effective stress analysis

The raft was simulated using a plate element with thickness of 2.0 m. The piles were performed as embedded beam elements with a diameter of 1.0 m and a length of 30 m. The pile-soil interaction at the pile skin and the pile toe was considered to be layer dependent. Furthermore, both the raft and pile materials were considered as linear elastic with a rigid connection. The geometric configurations of the piled raft evaluated in the analysis are shown in Table 2.

Table 2. Properties of piled raft foundation

Parameter	Unit	Pile	Raft
Unit weight	γ ($\mathbf{kN/m^3}$)	0	0
Elastic Modulus	E_s ($\boldsymbol{MPa}$)	3.0x10^4	3.0x10^4
Poisson's ratio	v	-	0.15
Pile length	L (m)	30.00	-
Number of piles	n	70.00	-
Diameter	d (m)	1.00	-
Thickness	T (m)	-	2.00

a. Modeling of Piled Raft Foundation

A 3D FE analysis was performed by using Plaxis 3D to investigate the behavior of piled raft foundations subjected to a vertical load of 100 kPa. The analysis conducted with medium mesh and K_0 procedure for initial stress generation. The typical 3D model implementation is indicated in Figure 1.

The models were simulated by length, width and height of 300 m x 220 m x 100 m. The boundaries of model were fixed in bottom and sides, preventing displacement in all directions. The total finite element meshes were 8416 elements and 15947 nodes. The water level was assumed to be located at the ground surface.

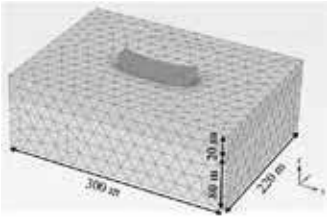
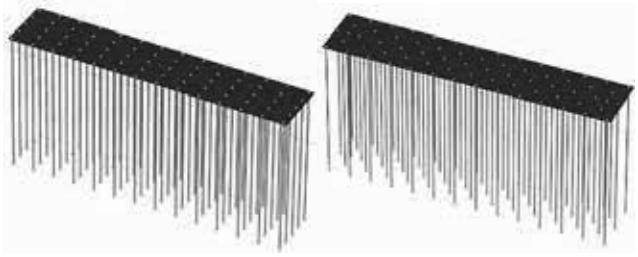
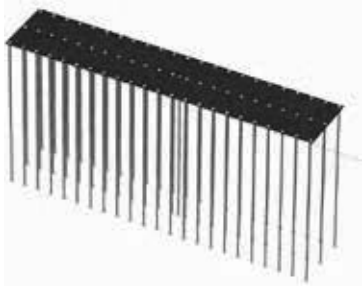


Figure 1. Typical 3D modeling in Plaxis 3D

The piled raft system consisted of a rectangular raft measuring 20 m × 100 m with a thickness of 2.0 m, supported by 70 piles with a length of 30.0 m. Three different pile arrangements were examined to investigate the influence of geometric configuration on the behavior of the piled raft foundation system. Fig. 2 shows the detailed different geometric configurations including regular, staggered and 3-row configurations.



(a) Regular (b) Staggered



(c) 3-row configuration

Figure 2. Three types of configurations

Three different configurations for the piles were investigated to consider the effect of the pile length and load type on bearing capacity, settlement and factor of safety of the piled raft foundation. This research explores various scenarios of pile length and dimension to determine load contribution under applied vertical loading of 100 kPa.

The analysis also investigated the effects of varying pile length (20 m, 30 m, and 50 m) and load type, including a vertical load of 200 kPa and combined vertical and horizontal (100 kPa) loads.

5. RESULTS AND DISCUSSIONS

5.1. Effect of Configuration on Piled Raft

5.1.1. Bearing capacity

Fig. 3 indicated the load-settlement curves at a settlement of 0.02 m for three different pile configurations. The regular configuration achieved the highest bearing capacity of 185.9 MN, which is approximately 12.5% higher than that of the staggered configuration (165.3 MN) and nearly 75.1% greater than that of the 3-row configuration (46.3 MN).

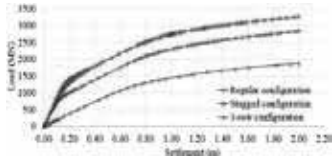
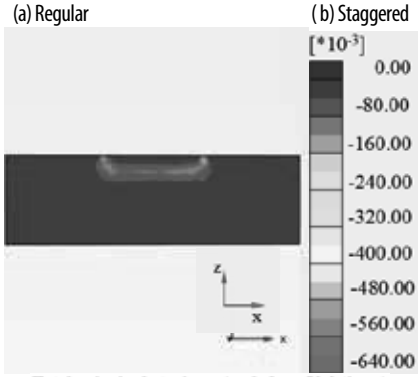


Figure 3. Bearing capacity of piled raft in three configurations

Figure 4. indicates the failure zone corresponding to the ultimate bearing capacity load. The failure zone was taken as the total principal strain. It showed the developed failure zone without bottom and both of side boundaries. The results demonstrated that the bearing capacity was not affected by the boundary conditions.

Total principal strain ε_3 (scaled up 50.0 times) Total principal strain ε_3 (scaled up 50.0 times)
Maximum value = -0.01178*10^{-3} Maximum value = -0.01020*10^{-3}
Minimum value = -0.1822 Minimum value = -0.2818

(a) Regular (b) Staggered



Total principal strain ε_1 (scaled up 50.0 times)
Maximum value = -0.01439*10^{-3}
Minimum value = -0.1821

(c) 3-row configuration

Figure 4. Failure zone (total principal strain)

5.1.2. Settlement

The settlements of regular and staggered piled arrangements within 2 years were approximately 0.046 m while the 3-row arrangement showed a significantly larger settlement of about 0.162 m, as shown in Fig. 5. These results emphasized the importance of pile arrangement in controlling time-dependent settlement behavior in piled raft foundations.

5.1.3. Factor of safety

The factor of safety of the regular, staggered and 3-row configurations were 30.75, 29.85, and 8.61 respectively, as indicated in Figure 6.

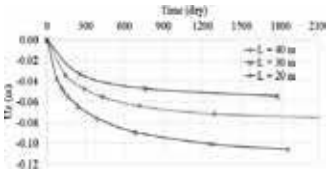


Figure 5. Settlement of piled raft in three configurations

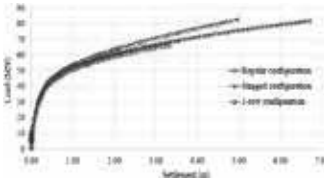


Figure 6. Factor of safety in three configurations

b. Parametric Study

The numerical results of the parametric study simulating the effects of pile length and loading conditions on the bearing capacity, settlement and safety factor of the piled raft foundation are illustrated in Figure 7.

5.2.1. Effect of the length of piles

Figure 7 shows diagrammatically the load-settlement response of the piled raft foundation for varying pile lengths. The pile length was increased from 20 m to 30 m and 50 m with a settlement of 0.02 m, the bearing capacities were observed 83.09 MN, 125.05 MN, and 176.33 MN, respectively. The results indicate the bearing capacity increases significantly with longer pile lengths representing an overall increase of about 112%.

The settlements at 1200 days were reduced 0.98 m, 0.72 m and 0.51 m for pile length of 20, 30 and 50 m, respectively, as shown in Figure 8. The long-term settlement decreased by approximately 48% with increasing pile length. Meanwhile, the factor of safety increased from 12.90 to 13.29 and 24.59 as the pile length increased (Figure 9). Therefore, the longer pile was most reasonable to achieve optimal settlement.

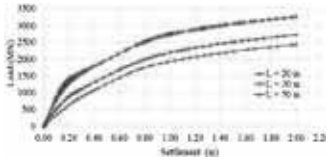


Figure 7. Effect of piled length on bearing capacity

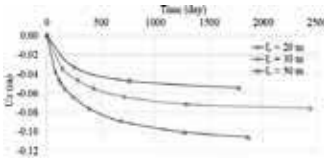


Figure 8. Effect of piled lengths on settlement

5.2.2. Effect of loading conditions

The effect of loading conditions was assessed by comparing a vertical load of 100 kPa with combined vertical (100 kPa)-horizontal (200 kPa) loads, as illustrated in Figure 10 and 11.

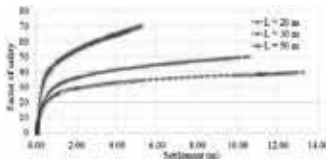


Figure 9. Effect of piled length on factor of safety

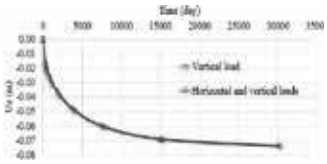


Figure 10. Effect of loading conditions on settlement

Figure 10 presents the comparison of settlement behavior over time under various loading conditions. Settlement increased from 0.69 m under vertical loading to 0.72 m under combined loading, a rise of approximately 4.3%. Factor of safety decreased from 14.45 to 13.20 at a settlement of 0.2 m, a reduction of about 8.7% (Figure 11).

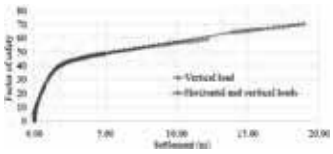


Figure 11. Effect of horizontal and vertical load on factor of safety

5. CONCLUSION

This study conducted 3D numerical analyses to evaluate the performance of piled raft foundations in two-layer clayey soils representative of Ho Chi Minh City, Vietnam. The effects of pile configuration, pile length, and loading conditions on bearing capacity, settlement, and factor of safety were indicated. The main conclusions are as follows:

At 0.02 m settlement, the regular configuration provided the highest bearing capacity (up to 185.9 MN), which was significantly higher than the staggered approximately 12.5% and 3-row configurations about 75.1%. The factors of safety were more than three times greater. Long-term settlement of the 3-row layout was approximately 0.162 m higher than the regular and staggered configurations of 0.046 m.

Increasing pile length from 20 m to 50 m increased bearing capacity by about 112%, improved the factor of safety by nearly 91%, and reduced long-term settlement by approximately 48%. The inclusion of horizontal loading increased settlement by about 4% and reduced the factor of safety by nearly 9%, highlighting the importance of combined loading in design.

This study highlights the importance of considering both pile arrangement and pile length when designing piled raft foundations. Furthermore, since combined vertical and horizontal loading conditions lead to higher settlement and lower safety of factor, horizontal loads should be explicitly included in practical design to ensure stability and structural safety.

REFERENCES

[1]. Poulos H.G., Piled raft foundations: design and applications, Géotechnique, Vol. 51, No. 2, 2009, pp.95-113.

[2]. Horikoshi K., and Randolph M.F., Estimation of overall settlement of piled rafts, Soils and foundations, Japanese Geotechnical Society, Vol. 39, No. 2, 1999, pp.59-68.

[3]. Mandolini A., Russo G., and Viggiani C., Pile foundations: Experimental investigations, analysis and design, XVI ICSMGE, Vol. 1, 2005, Osaka, pp.137-149.

[4]. Nguyen D.D.C., Jo S., and Kim D., Design method of piled-raft foundations under vertical load considering interaction effects, Computers and Geotechnics, Vol. 47, 2013, pp. 16-27.

[5]. Nasr N.E., and Sorour T.M., 3-D Analysis of a Piled-Raft Foundation Subjected to Vertical and Lateral Loads, Fourth Geo-China International Conference, ACSE, 2016, pp. 193-200.

[6]. Lee J., Kim Y., and Jeong S., Three-dimensional analysis of bearing behavior of piled raft on soft clay, Computers and Geotechnics, Vol. 37, 2010, pp.103-114.

[7]. Quang H.T., Amornfa K., and Tuan V.T., Piled raft - an effective foundation design method for high-rise buildings in Ho Chi Minh city, Viet Nam, International Journal of GEOMATE, Vol. 21, Issue 87, 2021, pp.102-109.

[8]. Modak R., and Signh B., A parametric study of large piled raft foundations on clay soil, Ocean Engineering, Vol. 262, 2022.

[9]. Alesmael A., and Ekmen A.B., Artificial intelligence supported optimization of piled raft foundations based on three-dimensional finite element analyses, Structures, Vol. 77, 2025.

[10]. Dang T.X., Nguyen T.A., Nguyen P.T., and Tran H.V.T., Enhancing soil elastic modulus estimation through derivative calculations and consolidation test, International Journal of GEOMATE, Vol. 27, Issue 121, 2024, pp. 77-84.

[11]. Plaxis bv P.O. Box 572 A.D., Netherlands, Plaxis 3D Manual-Material Models Manual. 2023: Netherlands.

[12]. German House Project, Ho Chi Minh City, Vietnam. 2014, Vietnam.

CHI NHÁNH TỔNG CÔNG TY ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM
- KHAI THÁC ĐƯỜNG SẮT NGHỆ TĨNH

Địa chỉ: Số 01, Đường Lê Ninh, Phường Vinh Hưng, tỉnh Nghệ An

Chúc Mừng Năm Mới

Xuân Bính Ngọ 2026

CHI NHÁNH TỔNG CÔNG TY ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM
- KHAI THÁC ĐƯỜNG SẮT HÀ NỘI

Địa chỉ: Số 120 Lê Duẩn, Phường Văn Miếu - Quốc Tử Giám, Thành phố Hà Nội

Chúc Mừng Năm Mới

Xuân Bính Ngọ

2026

CÔNG TY TNHH SẢN XUẤT VẬT LIỆU VÀ KINH DOANH THƯƠNG MẠI HẢI ĐĂNG

Địa chỉ: Thôn Đăk Pơi, xã Đăk Pék, tỉnh Quảng Ngãi

Chúc mừng năm mới

Bính Ngọ