

07-2026

ISSN 2734-9888

tapchixaydung.vn

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION





TỔNG CÔNG TY CƠ KHÍ XÂY DỰNG - CTCP

Địa chỉ: 125 D Minh Khai, phường Bạch Mai, TP. Hà Nội
Điện thoại: 024.38631122 - Email: vanphongtctcoma@gmail.com
Website: www.coma.vn



Dự án: Chế tạo thiết bị lò đốt rác (xuất khẩu)



Dự án: Chống ngập tại TP. Hồ Chí Minh



Dự án: Hệ thống cấp nước chuỗi đô thị
Sơn Tây - Hòa Lạc - Xuân Mai - Miếu Môn -
Hà Nội - Hà Đông giai đoạn II



Đường sắt đô thị Hà Nội, tuyến Cát Linh - Hà Đông



Gia công chế tạo vỏ máy biến áp tại xưởng COMA2



VIỆN QUY HOẠCH THIẾT KẾ VÀ KIỂM ĐỊNH XÂY DỰNG

Địa chỉ: Quốc lộ 39A, tổ dân phố Tiên Thắng, phường Sơn Nam, tỉnh Hưng Yên



CHỨC NĂNG NHIỆM VỤ:

Viện Quy hoạch, thiết kế và kiểm định xây dựng là đơn vị sự nghiệp công lập thuộc Sở Xây dựng tỉnh Hưng Yên có chức năng giúp Giám đốc Sở Xây dựng nghiên cứu, ứng dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực quy hoạch, kiến trúc, phát triển đô thị và hạ tầng kỹ thuật; thực hiện các hoạt động kiểm định chất lượng công trình, vật liệu xây dựng và tư vấn, dịch vụ về xây dựng. Tham mưu tư vấn giúp Giám đốc Sở về lĩnh vực giao thông vận tải đối với công trình giao thông; công tác quản lý, áp dụng quy chuẩn, tiêu chuẩn, ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật và chất lượng công trình giao thông; tư vấn lập báo cáo đánh giá tác động môi trường đối với dự án đầu tư xây dựng theo quy định hiện hành của pháp luật. Viện có tư cách pháp nhân, có con dấu và tài khoản riêng được mở tại Ngân hàng thương mại để hoạt động theo quy định của pháp luật; chịu sự chỉ đạo, quản lý trực tiếp về tổ chức, số người làm việc và hoạt động của Sở Xây dựng đồng thời chịu sự chỉ đạo, hướng dẫn, giám sát, thanh tra, kiểm tra về chuyên môn, nghiệp vụ của các cơ quan nhà nước có thẩm quyền.



Viện đã thực hiện lập Quy hoạch các Khu Công nghiệp như KCN Tiên Lữ - Kim Động - Ân Thi, KCN số 5, KCN số 4, Cụm Công nghiệp Minh Khai, Cụm Công nghiệp Lạc Đạo và một số Cụm CN khác và đang lập đồ án Quy hoạch chung nông thôn của các xã trên địa bàn tỉnh.

MỤC LỤC CONTENT

07.2026 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
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 Tổ Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thăng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:

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

TÒA SOẠN:

Tầng 3, Số 308E Minh Khai,
phường Tương Mai, TP 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: Cáp treo Fansipan qua thung lũng
Mường Hoa

THANH NGÀ
NGỌC LÝ

PGS.TS ĐỖ TÚ LAN

PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG

GS.TS.KTS NGUYỄN TỔ LĂNG

THS LÊ TÙNG LÂM

TS.KTS ĐÌNH THỊ HẢI YẾN

THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG

KTS PHẠM THANH TÙNG

TS.KTS NGUYỄN TẤT THẮNG

PGS.TS TỐNG TÔN KIẾN

NGUYỄN HOÀNG LINH

AN NHIÊN

TS NGUYỄN CAO LÃNH, TS LÊ LAN HƯƠNG,
THS NGUYỄN THỊ VĂN HƯƠNG, THS NGUYỄN THÙY TRANG,
THS LÊ ĐỖ ĐẠT

TS PHẠM SĨ DŨNG, PGS.TS NGUYỄN HỮU DUY
PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THỊ, THS VŨ NGỌC QUÂN

TRẦN QUỐC BẢO, VŨ THÙY DUNG

THS NGUYỄN VĂN PHÚC

KTS BUI THỊ THÙY DUNG, TS.KTS LÊ KIM THƯ

THS.NCS NGUYỄN CÔNG DŨNG

LÊ TIẾN THUẬN

GS.TS.KTS NGUYỄN QUỐC THÔNG
THS.KTS VŨ TRƯỜNG GIANG
THS.NCS ĐỖ HÀ MY, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI

THS ĐOÀN THỊ BÍCH NGỌC,
PGS.TS CHÂU NGUYỄN XUÂN QUANG, TS PHẠM THỊ MAI THY
THS LÊ NGUYỄN NGỌC HẢI

GS.TS NGUYỄN VIỆT ANH, KS VŨ DUY QUÝ,
KS NGUYỄN THANH SƠN, KS NGUYỄN HOÀNG VIỆT
BUI THANH VIỆT, TS VŨ NHẬT LUÂN

THS NGUYỄN THỊ THANH HUYỀN, TS LẠI VĂN MẠNH,
THS VŨ ĐỨC LINH, TS NGUYỄN THẾ THÔNG
THS NGUYỄN THANH TRUNG

THS.NCS NGUYỄN ĐÌNH LUYỆN, LÊ THỊ ANH THƯ
THS NGUYỄN QUANG ANH, THS NGUYỄN TRUNG ANH,
THS TRẦN ĐỨC ĐẠT

QUẢN LÝ NGÀNH

6 Ngành Xây dựng: Tăng tốc chuyển đổi số
8 Bước ngoặt trong tư duy quản lý nhà nước bằng công cụ kỹ thuật

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

10 Tái cấu trúc đô thị: Hòa hòa giữa phát triển, bảo tồn và hệ sinh thái nhân văn
16 Đô thị năng lượng xanh thông minh: Khung tiếp cận cho quy hoạch đô thị carbon thấp ở Việt Nam
20 Xu hướng phát triển đô thị thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp
25 Nghị quyết 111/2025/UBTVQH15 và những vấn đề đặt ra đối với quy hoạch không gian một tỉnh
28 Tái sử dụng thích ứng trụ sở hành chính dời dư sau sắp xếp đơn vị hành chính ở Việt Nam: Khung dữ liệu số, đánh giá đa tiêu chí và lộ trình thí điểm

32 Những lợi ích khi áp dụng mô hình quy hoạch XHCN trong thực tiễn hiện nay?

35 Hồ Tây - di sản cảnh quan của Hà Nội mới

DIỄN ĐÀN KHOA HỌC

38 Chính quy hóa lực lượng lao động xây dựng tự do phi chính thức tại Việt Nam: Từ kỹ nghệ bản địa đến tác phong công nghiệp

TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

44 Khi tài nguyên truyền thống cạn dần: VLXD công nghệ cao sẽ mở lối cho ngành Xây dựng Việt Nam

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

50 Lận đận xây dựng thị trường điện cạnh tranh

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

52 Kỹ thuật hệ thống - chìa khóa quản lý dự án đường sắt hiện đại

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

53 Quy hoạch khu ở phục vụ người lao động trong các khu công nghiệp tại Hà Nội đến năm 2030

58 Tổng quan về hình thái học đô thị định lượng: Tiềm năng, vấn đề và thách thức

62 Giải pháp tổ chức không gian cư trú các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc thích ứng với biến đổi khí hậu, sạt lở đất theo hướng xanh

66 Phát triển bền vững không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội: Giải pháp tổ chức và quản lý

70 Quốc môn: Vai trò biểu tượng và định hướng tổ chức không gian kiến trúc trong các khu kinh tế của khẩu Việt Nam

75 Mô hình tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan phục vụ phát triển du lịch gắn với an ninh quốc phòng cho các đảo Việt Nam

80 Không gian công cộng và kinh tế ban đêm: Khung khái niệm về mức độ phù hợp của không gian công cộng tại khu vực nội đô Hà Nội

84 Khai thác giá trị văn hóa truyền thống trong tổ chức không gian ở của người Thái khu vực Tây Bắc: Nghiên cứu trường hợp bản Vàng Pheo

88 Nhận diện giá trị đặc trưng của kiến trúc chùa Việt Nam

93 Sự giao thoa trong kiến trúc nhà ở của người Kinh và các dân tộc thiểu số ở vùng Trung du Bắc Bộ

96 Công nghệ, cảm nhận tiếp cận và quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng tại Hà Nội: Đề xuất khung phân tích ba tầng

100 Thành lập bản đồ hình thái đô thị dựa trên khung phân loại Local Climate Zone: Nghiên cứu điển hình tại TP Hồ Chí Minh

104 Nghiên cứu các yếu tố của quy hoạch đô thị ảnh hưởng đến hiệu quả đầu tư xây dựng TOD: Tổng quan nghiên cứu trên thế giới và khả năng ứng dụng tại TP Hồ Chí Minh

108 Ứng dụng công nghệ tích hợp SONIC - IOT - AI trong phát hiện rò rỉ trên mạng lưới cấp nước

114 Nghiên cứu tác động của phát triển nhà cao tầng đến năng lực khai thác hệ thống giao thông đô thị tại TP Hồ Chí Minh

118 Hiện trạng và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả hoạt động cấp nước trên địa bàn tỉnh Đồng Nai

124 Xây dựng cơ sở dữ liệu và giải pháp số hóa quản lý hạ tầng đô thị tại khu vực đô thị Biên Hòa, TP Đồng Nai

130 Nghiên cứu xây dựng bộ tiêu chí cảnh xanh cho cảng thủy nội địa khu vực tỉnh Tây Ninh

134 Đường sắt tốc độ cao và mô hình TOD: Động lực phát triển đô thị thông minh định hướng từ Nghị định 269/2025/NĐ-CP về phát triển đô thị thông minh



INDUSTRY MANAGEMENT

- THANH NGA 6 Construction Industry: Accelerating digital transformation
NGOC LY 8 A turning point in thinking about state management using technical tools

FROM POLICY TO LIFE

- DO TU LAN 10 Urban restructuring: Balancing development, preservation and the human ecosystem
NGUYEN VU PHUONG 16 Smart green energy cities: A framework for lowcarbon urban planning in Vietnam
NGUYEN TO LANG 20 The trend in urban development is towards implementing a twolevel local government model
LE TUNG LAM 25 Resolution 111/2025/UBTVQH15 and the issues raised regarding the spatial planning of a province
DINH THI HAI YEN 28 Adaptive reuse of surplus administrative offices after administrative unit reorganization in Vietnam: Digital data framework, multicriteria assessment and pilot roadmap
PHAM HOANG PHUONG 32 What are the benefits of applying The Socialist planning model in practice today?
PHAM THANH TUNG 35 West Lake - A landscape heritage of modern Hanoi

SCIENCE FORUM

- NGUYEN TAT THANG 38 Formalizing the informal freelance construction workforce in Vietnam: From indigenous skills to industrial work ethics

TALK WITH EXPERTS

- TONG TON KIEN 44 As traditional resources dwindle, hightech building materials will pave the way for Vietnam's construction industry

PERSPECTIVE TO PRACTICAL

- NGUYEN HOANG LINH 50 The struggle to build a competitive electricity market

ABOUT NEW BOOK

- AN NHIEU 52 Systems engineering - The key to modern railway project management

SCIENTIFIC RESEARCH

- NGUYEN CAO LANH, LE LAN HUONG, NGUYEN THI VAN HUONG, NGUYEN THUY TRANG, LE DO DAT 53 Planning residential neighbourhoods for Industrial Parks' labours in Hanoi until 2030
PHAM SI DUNG, NGUYEN HUU DUY 58 Reviewing urban morphometrics: Potential, issues and challenges
NGUYEN DINH THI, VU NGOC QUAN 62 Green-oriented spatial organization solutions for ethnic minority settlements in the northern mountainous region to adapt to climate change and landslides
TRAN QUOC BAO, VO THUY DUNG 66 Sustainable development of public spaces in Hanoi's historic urban areas: Organizational and management solutions
NGUYEN VAN PHUC 70 Gateway monuments: Symbolic roles and architectural spatial organization in Vietnam's border economic zone
BUI THI THUY DUNG, LE KIM THU 75 Model of architectural landscape space organization for tourism development associated with security national defense on Vietnamese islands
NGUYEN CONG DUNG 80 Public space and night-time economy development: A conceptual framework of spatial suitability in Hanoi's inner City
LE TIEN THUAN 84 Exploiting traditional culture in the organization of Thai ethnic residential space in Northwest Vietnam: A case study of Vang Pheo village
NGUYEN QUOC THONG 88 Identifying the distinctive values of Vietnamese pagoda architecture
VU TRUONG GIANG 93 The cultural convergence in housing Between the Kinh and ethnic minorities in the Northern Midlands
DO HA MY, NGUYEN LUONG HAI 96 Technology, perceived accessibility and transport construction planning in Hanoi: A three-layer analytical framework
DOAN THI BICH NGOC, CHAU NGUYEN XUAN QUANG, PHAM THI MAI THY 100 Urban morphology mapping using Local Climate Zone Classification: A case study of Ho Chi Minh City
LE NGUYEN NGOC HAI 104 Research on factors of urban planning affecting the effectiveness of TOD (Transit-Oriented Development) in construction investment: An overview of gender studies and its applicability in Ho Chi Minh City
NGUYEN VIET ANH, VO DUY QUY, NGUYEN THANH SON, NGUYEN HOANG VIET 108 Application of integrated SONIC - IOT - AI technology for leak detection in water supply networks
BUI THANH VIET, VO NHAT LUAN 114 Impacts of high-rise development on the operational capacity of the urban transport system in Ho Chi Minh City
NGUYEN THI THANH HUYEN, LAI VAN MANH, VU DUC LINH, NGUYEN THE THONG 118 Assessment of the current situation and proposed solutions for enhancing the efficiency of water supply services in Dong Nai province
NGUYEN THANH TRUNG 124 Development of a GIS-BASED database and digital solutions for urban infrastructure management in the Bien Hoa urban area, Dong Nai City
NGUYEN DINH LUYEN, LE THI ANH THU 130 Green port criteria for inland waterway ports in Tay Ninh Province: A Delphi-AHP approach
NGUYEN QUANG ANH, NGUYEN TRUNG ANH, TRAN DUC DAT 134 High-speed railways and the tod model: A driving force for smart city development oriented by decree 269/2025/ND-CP on smart city development

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
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. Khat 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:

3rd Floor, 308E Minh Khai Street,
Tuong Mai Ward, Hanoi, Vietnam
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

07.2026 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 Vũ Ngọc Anh - Ủy viên
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vĩnh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Đoàn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tổ Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thắng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:

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

THS.NCS NGUYỄN THỊ TRANG, PGS.TS NGUYỄN THANH CHƯƠNG TS NGUYỄN MINH KHOA, TS ĐỖ MINH NGỌC, THS NGÔ MINH ĐỨC TS NGUYỄN DUY HƯNG, THS NGUYỄN NHẬT LONG, TS PHẠM XUÂN BÁCH TS NGUYỄN PHI LONG, LƯU HOÀNG PHONG, PGS.TS LÊ TRUNG PHONG GS.TS NGUYỄN TIẾN CHƯƠNG, TS NGÔ VĂN THỨC, TS NGUYỄN HẢI QUANG, TS ĐOÀN XUÂN QUÝ THS PHẠM TRUNG HIẾU, PGS.TS NGUYỄN HÙNG PHONG, TS TRẦN VIỆT TÂM THS.KTS NGUYỄN GIA KHÁNH	138	Nâng cao chất lượng dịch vụ vận tải hành khách bằng đường sắt đô thị tại Hà Nội từ kinh nghiệm quốc tế
THS.NCS HUỖNH TRUNG QUỐC, KS TRẦN TỬ Hào, PGS.TS NGUYỄN MẠNH TUẤN TS TRẦN ĐỨC TRUNG THS PHẠM NGỌC ANH, THS ĐỖ HỒNG HẢI, THS PHẠM HỒNG DƯƠNG, KS BUI DUY CHÍNH, THS LÊ NGỌC THÔNG, THS TỐNG THỊ XUYẾN, THS NGUYỄN THÀNH CÔNG, THS ĐỖ HỒNG THOAN TS NGUYỄN SỸ TÀI, TS PHẠM MINH TÂM, TS LÊ QUÍ THẢO, KS CỐ NHƯ QUÂN THS NGUYỄN HỮU ĐỨC, THS NGUYỄN VĂN TUẤN	142	Sự phân bố lớp đất yếu ảnh hưởng đến vùng biến dạng dẻo và tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên dưới nền đường đắp
THS LÂM QUANG THÁI, PGS.TS AN THỊ HOÀI THU ANH, TS TRẦN XUÂN TRƯỜNG, THS LÊ MẠNH TUẤN THS TRẦN TIẾN LƯƠNG, TS TRẦN SINH BIẾN, THS VŨ THỊ THU THS NGUYỄN XUÂN HÒA, THS TRẦN VĂN HUÂN	146	Phân tích và dự báo tiêu thụ điện năng trong mạng điện khu công nghiệp dựa trên điện trở tương đương
TS.KTS HÀ VĂN THANH KHƯƠNG TS NGUYỄN VĂN TRUNG	151	Mô phỏng ảnh hưởng của lớp bảo vệ và kích bản cháy đến đám bê tông cốt thép
TS TẠ VĂN PHẤN, TS CHU TUẤN LONG THS THÁI NGỌC THẮNG THS ĐOÀN THỊ HƯỜNG	156	Phương pháp thực hành tính toán đầm bê tông cốt thép theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt
PGS.TS DƯƠNG HỮU TUYẾN, PGS.TS NGUYỄN ĐĂNG QUANG TS NGÔ ĐỨC PHƯỚC	160	Nghiên cứu khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông cốt liệu keramzit theo mô hình vết nứt tới hạn
TS LÊ TRỌNG TÙNG	165	Đánh giá hiệu quả môi trường và giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng Việt Nam
THS TRƯƠNG MINH HÒA	170	Hiệu quả sử dụng cao su vụn trong bê tông nhựa chặt tải chế nóng
TS HOÀNG NGỌC SƠN	174	Nghiên cứu tận dụng phế thải thạch cao phospho để sản xuất gạch bê tông
TS ĐỖ VĂN THUẬN, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	180	Nghiên cứu tác động của hệ thống đường thông thoát khí xả (EGB) trên động cơ ME nhằm tối ưu hóa tiêu thụ nhiên liệu trong điều kiện Slow Steaming
THS NGUYỄN PHƯƠNG THANH, TS LÊ TRỌNG TÙNG, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG, THS TRƯƠNG THANH ĐIỂN PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, THS CAO QUANG KHẢI THS.NCS TRẦN MINH ĐỨC, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI	184	Thiết kế robot tự hành tích hợp cảm biến thông minh nhằm cảnh báo giám sát môi trường lao động
NGUYỄN HOÀI NGHĨA, TRẦN THANH HÀ, ĐỖ NGỌC LUÂN VŨ TRỌNG NGHĨA, TRẦN THỊ VIỆT HÀ	188	Xây dựng chương trình hỗ trợ phát hiện và thống kê cây xanh HCMUNRE_TreeVision1 từ ảnh UAV sử dụng Deep Learning
	192	Cải thiện hiệu suất của hệ thống điện mặt trời áp mái tại các nhà ga tàu điện dựa trên điều chỉnh cấu trúc kết nối của dây PV
	198	Nghiên cứu ứng dụng phần mềm mã nguồn mở Node-RED trong điều khiển giám sát các hệ thống dùng PLC trên tàu thủy
	201	Ứng dụng màng một chiều và kỹ thuật ma trận thưa để lập trình xử lý số liệu lưới khống chế trắc địa số lượng điểm lớn
	204	Phát triển kinh tế biển gắn với kinh tế tư nhân: Nghiên cứu từ các đô thị lấn biển tỉnh An Giang
	210	Cải thiện công tác sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học theo Chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035
	214	Tối ưu hóa thiết kế tổng mặt bằng nhằm rút ngắn thời gian thi công trong các dự án xây dựng cao tầng
	220	Phát triển mô hình nghiên cứu kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng
	224	Nghiên cứu tác động của chi phí sử dụng vốn bình quân, quy mô vốn thị trường đến hiệu quả hoạt động của các doanh nghiệp logistics tại Việt Nam
	228	Rào cản trong phát triển dịch vụ logistics xanh tại các doanh nghiệp bưu chính
	232	Nghiên cứu các yếu tố quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam
	236	Ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch và lãnh đạo đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam
	240	Nghiên cứu biện pháp đảm bảo nguồn nhân lực đường sắt Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045 đáp ứng nhu cầu xã hội
	244	Thanh tra từ xa đối với dự án đầu tư xây dựng: Mô hình cảnh báo rủi ro từ dữ liệu điện tử trong nghiệm thu và thanh toán
	248	Phân tích mức độ phối hợp quản lý vốn đầu tư công trong các dự án xây dựng công trình giao thông: Thực trạng và hàm ý quản lý
	251	Nghiên cứu các rào cản thể chế - pháp lý trong việc thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không tại Việt Nam
	254	Đánh giá rủi ro chi phí thi công công trình nông thôn mới tại củ lao An Bình
	261	Kinh nghiệm quốc tế về điện hóa giao thông công cộng và bài học chính sách cho Việt Nam
	264	Nghiên cứu các yếu tố rủi ro liên quan đến nhà thầu thi công và cung ứng trong các dự án xây dựng công trình giao thông sử dụng vốn đầu tư công tại Việt Nam
	269	Quan điểm của các bên liên quan về những yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu của dự án xây dựng
	274	Đánh giá hệ thống chợ truyền thống tại TP Thủ Đức bằng khung phân tích đa chiều



NGUYEN THI TRANG, NGUYEN THANH CHUONG	138	Enhancing the service quality of urban rail passenger transport in Hanoi: Lessons from international experience
NGUYEN MINH KHOA, DO MINH NGOC, NGO MINH DUC	142	The distribution of weak soil layers affects the plastic deformation zone and the limit load of the natural soil under the embankment
NGUYEN DUY HUNG, NGUYEN NHAT LONG, PHAM XUAN BACH	146	Analysis and forecasting of electricity consumption in industrial park power networks based on equivalent resistance
NGUYEN PHI LONG, LUU HOANG PHONG, LE TRUNG PHONG	151	Numerical modelling the effects of concrete cover and fire scenarios on rc beams
NGUYEN TIEN CHUONG, NGO VAN THUC, NGUYEN HAI QUANG, DOAN XUAN QUY	156	A practical method for calculating the shear strength of reinforced concrete beams according to inclined crosssections
PHAM TRUNG HIEU, NGUYEN HUNG PHONG, TRAN VIET TAM	160	Study on punching shear capacity of keramzit lightweight aggregate concrete flat slabs based on Critical shear crack theory
NGUYEN GIA KHANH	165	Evaluating the environmental effectiveness and aesthetic value of rammed earth materials in Vietnamese civil architecture
HUYNH TRUNG QUOC, TRAN TU HAO, NGUYEN MANH TUAN	170	Effectiveness of crumb rubber in hot recycled densegraded asphalt concrete
TRAN DUC TRUNG	174	Utilization of phosphorus gypsum waste for the concrete bricks production
PHAM NGOC ANH, DO HONG HAI, PHAM HONG DUONG, BUI DUY CHINH, LE NGOC THONG, TONG THI XUYEN, NGUYEN THANH CONG, DO HONG THOAN	180	A study on the impact of the exhaust gas bypass (EGB) system on ME engines for fuel consumption optimization under Slow Steaming conditions
NGUYEN SY TAI, PHAM MINH TAM, LE QUI THAO, CO NHU QUAN	184	The design incorporates smart sensors for mobile robots to monitor and warn about the working environment
NGUYEN HUU DUC, NGUYEN VAN TUAN	188	Developing a program to support the detection and statistical analysis of trees: HCMUNRE_TreeVision1 from UAV images using Deep Learning
LAM QUANG THAI, AN THI HOAI THU ANH, TRAN XUAN TRUONG, LE MANH TUAN	192	Improving the performance of rooftop photovoltaic systems at railway stations based on reconfiguration of PV array interconnections
TRAN TIEN LUONG, TRAN SINH BIEN, VU THI THU	198	Research on using opensource Node-RED software in controlling and monitoring PLC-based systems on ships
NGUYEN XUAN HOA, TRAN VAN HUAN	201	Applying onedimensional arrays and sparse matrix techniques to program data processing for largescale geodetic control networks
HA VAN THANH KHUONG	204	Marine economic development associated with the private sector: A case study of marine reclamation urban areas in An Giang province
NGUYEN VAN TRUNG	210	Improving the efficiency of capital utilization for school infrastructure development under the National target program on education and training for the 2026 - 2035 period
TA VAN PHAN, CHU TUAN LONG	214	Optimizing the overall construction site layout design to shorten construction time in highrise building projects
THAI NGOC THANG	220	Developing a research model for BIM application outcomes in construction project management
DOAN THI HUONG	224	The nexus between weighted average cost of capital, market capitalization and the profitability of logistics firms in Vietnam
DUONG HUU TUYEN, NGUYEN DANG QUANG	228	Barriers to the development of green logistics services in postal enterprises
NGO DUC PHUOC	232	A study of the factors determining air cargo transportation service selection by importexport enterprises in Vietnam
LE TRONG TUNG	236	The effects of planning and leadership on investor satisfaction with quality, schedule and cost performance in road transport infrastructure projects in Vietnam
TRUONG MINH HOA	240	Research on measures to ensure human resources for Vietnam's railway sector by 2030, with a vision to 2045, to meet social needs
HOANG NGOC SON	244	Remote inspection of construction investment projects: A risk warning model based on electronic data in acceptance and payment stages
DO VAN THUAN, NGUYEN LUONG HAI	248	Analyzing the coordination of public investment capital management in transport infrastructure projects: Current situation and managerial implications
NGUYEN PHUONG THANH, LE TRONG TUNG, NGUYEN LUONG HAI	251	Research to institutional - legal barriers to promoting investment in transport infrastructure development toward netzero emissions in Vietnam
DO THI MY DUNG, TRUONG THANH DIEN	254	Cost risk assessment in new rural civil works in An Binh islet
NGUYEN HONG THAI, CAO QUANG KHAI	261	International experiences in public transport electrification and policy implications for Viet Nam
TRAN MINH DUC, NGUYEN LUONG HAI	264	A study on risk factors associated with construction and supply contractors in public investment-funded transport construction projects in Vietnam
NGUYEN HOAI NGHIA, TRAN THANH HA, DO NGOC LUAN	269	Different perspectives of stake holders on factors of bidding quotation in construction projects
VO TRONG NGHIA, TRAN THI VIET HA	274	Evaluating traditional market systems in Thu Duc City using a multidimensional framework

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

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

NGÀNH XÂY DỰNG:

Tăng tốc chuyển đổi số

**THANH NGÀ**

Chuyển đổi số đã từng bước trở thành một động lực mới của ngành Xây dựng. Nhiều nền tảng số quan trọng được đưa vào vận hành, tạo cơ sở đổi mới phương thức quản lý và nâng cao hiệu quả giải quyết thủ tục hành chính.

CHUYỂN ĐỔI SỐ LÀ ĐỘT PHÁ CHIẾN LƯỢC CỦA NGÀNH

Tại Hội nghị sơ kết công tác 6 tháng đầu năm 2026 của Bộ Xây dựng, Bộ trưởng Trần Hồng Minh nhấn mạnh: chuyển đổi số phải trở thành “chìa khóa chiến lược”, tạo động lực tăng trưởng mới, nâng cao năng suất, năng lực cạnh tranh và đổi mới phương thức quản lý ngành Xây dựng. Trọng tâm không chỉ là số hóa quy trình mà phải hoàn thành rà soát, tái cấu trúc thủ tục hành chính; phát triển dịch vụ công trực tuyến; xây dựng cơ sở dữ liệu dùng chung; gắn nghiên cứu với thực tiễn thông qua phát triển đô thị thông minh, hệ thống giao thông thông minh (ITS), mô hình thông tin công trình (BIM), trí tuệ nhân tạo (AI), VLXD mới và các công nghệ phục vụ quản lý Ngành.

Nhìn lại những kết quả Bộ Xây dựng đã đạt được trong 6 tháng đầu năm, Bộ trưởng khẳng định, việc hoàn thiện thể chế, xây dựng cơ sở dữ liệu, tái cấu trúc thủ tục hành chính và triển khai dịch vụ công trực tuyến đã tạo nền tảng quan trọng để ngành Xây dựng chuyển từ quản lý bằng hồ sơ sang quản trị trên nền tảng dữ liệu.

Bộ trưởng đồng thời yêu cầu, tập trung triển khai hiệu quả các nhiệm vụ theo Nghị quyết Đại hội XIV của Đảng, Chương trình hành động của Ban Chấp hành Trung ương khóa XIV, Chương trình hành động của cấp ủy các cấp và Chương trình hành động của Bộ Xây dựng; trong đó thực hiện đồng bộ các nghị quyết chiến lược của Bộ Chính trị, trọng tâm là Nghị quyết số 57-NQ/TW về đột phá phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia, Nghị quyết số 66-NQ/TW về đổi mới toàn diện công tác xây dựng, thi hành pháp luật và Nghị quyết số 79-NQ/TW về phát triển kinh tế nhà nước.

Tiếp tục hoàn thiện môi trường pháp lý cho hoạt động trên môi trường số; xây dựng và triển khai các chương trình chuyển đổi số của Bộ Xây dựng; rà soát, hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật ngành; nâng cấp, vận hành Hệ thống thông tin, Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng bảo đảm nguyên tắc “đúng - đủ - sạch - sống - thống nhất - dùng chung”.

HOÀN THIỆN CHÍNH SÁCH, CHUẨN HÓA QUẢN TRỊ DỮ LIỆU

Theo kế hoạch, năm 2026 Bộ Xây dựng được giao 52 nhiệm vụ chuyển đổi số. Đến ngày 07/7/2026, Bộ đã hoàn thành 35 nhiệm vụ, 17 nhiệm vụ còn lại được thực hiện thường xuyên, không có nhiệm vụ quá hạn. Toàn bộ kết quả được cập nhật trên Hệ thống theo dõi thực hiện Nghị quyết số 57-NQ/TW của Ban Chỉ đạo Trung ương.

Bộ tập trung hoàn thiện hành lang pháp lý cho chuyển đổi số, điểm nhấn là đề xuất Chính phủ ban hành Nghị định số 212/2026/NĐ-CP, lần đầu quy định tương đối đầy đủ về điều kiện năng lực hoạt động xây dựng gắn với Hệ thống thông tin, Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng, tạo cơ sở pháp lý thống nhất cho việc xây dựng, cập nhật, quản lý, kết nối và khai thác dữ liệu trên phạm vi toàn Ngành.

Bộ cũng ban hành Thông tư số 03/2026/TT-BXD hướng dẫn phát triển đô thị thông minh; Thông tư số 39/2026/TT-BXD hướng dẫn một số nội dung chi tiết của Hệ thống thông tin, Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng. Cùng ngày 17/6/2026, Bộ trưởng ký ban hành liên tiếp 04 Quyết định gồm: Quyết định số 942/QĐ-BXD về Khung kiến trúc dữ liệu và Khung quản trị dữ liệu Bộ Xây dựng; Quyết định số 943/QĐ-BXD về Danh mục dữ liệu mở và Kế hoạch cung cấp dữ liệu mở giai đoạn 2026-2030; Quyết định số 945/QĐ-BXD về Từ điển dữ liệu dùng chung ngành Xây dựng; Quyết định số 946/QĐ-BXD về Danh mục dữ liệu gốc, dữ liệu chủ và dữ liệu chuyên ngành dùng chung, nhằm hoàn thiện khung pháp lý, chuẩn hóa cấu trúc dữ liệu, thống nhất phương thức quản trị, xác định dữ liệu gốc, dữ liệu chủ, dữ liệu mở và cơ chế chia sẻ dữ liệu giữa các đơn vị. Đây là điều kiện để thay thế dần việc quản lý bằng hồ sơ giấy, hình thành nền tảng quản trị dữ liệu thống nhất trong toàn Ngành.

HÌNH THÀNH HỆ THỐNG DỮ LIỆU QUỐC GIA CỦA NGÀNH XÂY DỰNG

Trên nền tảng pháp lý dần hoàn thiện, Bộ Xây dựng đồng thời đẩy nhanh xây dựng hệ thống dữ liệu theo Kế hoạch số

02-KH/BCĐTW của Ban Chỉ đạo Trung ương và Nghị quyết số 71/NQ-CP của Chính phủ. Theo đó, Bộ được giao hoàn thành 10 bộ cơ sở dữ liệu, gồm 1 Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng và 9 cơ sở dữ liệu chuyên ngành.

Đến ngày 07/7/2026, 9/9 cơ sở dữ liệu chuyên ngành đã hoàn thành xây dựng và đưa vào vận hành trên phạm vi toàn quốc, gồm: cơ sở dữ liệu đăng kiểm phương tiện; tàu biển, thuyền viên; kết cấu hạ tầng đường bộ; kết cấu hạ tầng đường sắt; năng lực hành nghề hoạt động xây dựng; hệ thống thông tin về nhà và thị trường BĐS; kết cấu hạ tầng hàng không và các cơ sở dữ liệu chuyên ngành theo kế hoạch.

Đối với Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng, hệ thống chính thức vận hành từ ngày 01/01/2026, gồm 3 hợp phần: cơ sở dữ liệu quy hoạch đô thị, nông thôn; cơ sở dữ liệu dự án đầu tư, công trình xây dựng; cơ sở dữ liệu đơn giá, định mức xây dựng. Hệ thống được kết nối với Hệ thống thông tin giải quyết thủ tục hành chính của các địa phương và các cơ sở dữ liệu quốc gia về dân cư, đất đai, đăng ký doanh nghiệp để hình thành, khai thác và chia sẻ dữ liệu.

Đến ngày 07/7/2026, hệ thống đã tạo lập 13.911 tài khoản, quản lý 151.560 dữ liệu quy hoạch, dự án và công trình xây dựng, gồm: 144.276 hồ sơ cấp phép xây dựng, 2.473 hồ sơ thẩm định quy hoạch đô thị, nông thôn, 4.811 hồ sơ thẩm định dự án đầu tư xây dựng; đồng thời hoàn thành đồng bộ 13.747 dữ liệu với Trung tâm Dữ liệu quốc gia.

Bộ tiếp tục rà soát, hoàn thiện thêm 10 cơ sở dữ liệu phục vụ quản lý chuyên ngành. Đến nay, 5 cơ sở dữ liệu đã cơ bản hoàn thành, gồm: cơ sở dữ liệu về Chứng chỉ hành nghề hoạt động xây dựng; kết quả giải quyết thủ tục hành chính; văn bản chỉ đạo, điều hành; định mức, giá xây dựng và chỉ số giá xây dựng; hồ sơ cán bộ, công chức, viên chức. 5 cơ sở dữ liệu còn lại gồm: quy chuẩn, tiêu chuẩn xây dựng; nhiệm vụ khoa học công nghệ và môi trường; phòng thí nghiệm chuyên ngành xây dựng (LAS-XD); quy hoạch khai thác khoáng sản làm VLXD; năng lực của tổ chức, cá nhân giám định tư pháp xây dựng đang tiếp tục được chuẩn hóa để phục vụ công tác quản lý, điều hành và giải quyết thủ tục hành chính.

DỮ LIỆU TỪNG BƯỚC THAY THẾ HỒ SƠ GIẤY

Việc hoàn thiện thể chế và hình thành hệ thống dữ liệu đã tạo nền tảng để Bộ Xây dựng đẩy mạnh cải cách thủ tục hành chính trên môi trường số. Đến nay, Bộ có 251 thủ tục hành chính thuộc thẩm quyền giải quyết, trong đó 246 thủ tục đã được cung cấp dưới hình thức dịch vụ công trực tuyến, đạt 98,9%, gồm 149 dịch vụ công trực tuyến toàn trình và 97 dịch vụ công trực tuyến một phần. Từ ngày 01/01 - 07/7/2026, Hệ thống thông tin giải quyết thủ tục hành chính của Bộ đã tiếp nhận, xử lý 151.914 hồ sơ, trong đó 138.242 hồ sơ trực tuyến, đạt 91% tổng số hồ sơ tiếp nhận.

Đối với cấp địa phương, Bộ đã triển khai Hệ thống thông tin giải quyết thủ tục hành chính theo mô hình tập trung đối với 215/215 thủ tục hành chính, gồm: 143 dịch vụ công trực tuyến toàn trình và 72 dịch vụ công trực tuyến một phần, áp dụng cho 195 thủ tục cấp tỉnh và 20 thủ tục cấp xã. Hệ thống đã tạo lập 67.800 tài khoản cho cán bộ giải quyết thủ tục hành chính tại các địa phương; đến ngày 07/7/2026 đã tiếp nhận và xử lý 468.231 hồ sơ, trong đó 383.275 hồ sơ trực tuyến, đạt 82%.

Điểm mới của giai đoạn này không nằm ở việc tăng số

lượng dịch vụ công trực tuyến mà ở việc thay đổi phương thức giải quyết thủ tục hành chính. Bộ Xây dựng đã hoàn thành kết nối 5/5 cơ sở dữ liệu của 3 Bộ gồm: Bộ Công an, Bộ Tài chính và Bộ NN&MT, gồm: cơ sở dữ liệu về dân cư, đất đai, đăng ký doanh nghiệp, đăng ký xe và giấy phép lái xe. Trên cơ sở đó, Bộ hoàn thành tái cấu trúc 58/58 thủ tục hành chính, chính thức triển khai trên phạm vi cả nước từ ngày 25/4/2026 theo Văn bản số 6010/BXD-TTCNTT ngày 22/4/2026, cho phép khai thác dữ liệu sẵn có thay thế nhiều thành phần hồ sơ giấy.

Để thống nhất việc khai thác dữ liệu, Bộ tiếp tục ban hành Quyết định số 695/QĐ-BXD ngày 12/5/2026, Quyết định số 738/QĐ-BXD ngày 16/5/2026 và Quyết định số 744/QĐ-BXD ngày 18/5/2026 công bố dữ liệu, hướng dẫn kết nối và khai thác dữ liệu đối với lĩnh vực đăng kiểm phương tiện, tàu biển - thuyền viên và năng lực hành nghề hoạt động xây dựng, tạo cơ sở pháp lý để cơ quan giải quyết thủ tục hành chính khai thác trực tiếp dữ liệu điện tử, giảm yêu cầu người dân, doanh nghiệp phải nộp lại giấy tờ đã có trong các cơ sở dữ liệu quốc gia.

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỮ LIỆU

Bên cạnh những kết quả đạt được, Bộ Xây dựng cũng chỉ rõ nhiều khó khăn trong quá trình triển khai. Theo đánh giá của Bộ, trở ngại lớn nhất hiện nay là chất lượng dữ liệu. Khối lượng hồ sơ công trình, bản vẽ thiết kế, tài liệu kỹ thuật được hình thành qua nhiều năm rất lớn, phần lớn chưa được số hóa hoặc chưa đáp ứng chuẩn dữ liệu để tích hợp vào hệ thống, ảnh hưởng trực tiếp đến mục tiêu bảo đảm dữ liệu đầy đủ.

Việc triển khai các nền tảng số giữa các địa phương cũng chưa đồng đều. Mặc dù Bộ đã ban hành liên tiếp các Văn bản số 769, 770, 772, 774, 778, 779, 785, 786/BXD-TTCNTT ngày 19/01/2026 và Văn bản số 8939/BXD-TTCNTT ngày 12/6/2026 để đôn đốc, hướng dẫn, song kết quả thực hiện vẫn có sự chênh lệch.

Đối với Hệ thống thông tin giải quyết thủ tục hành chính theo mô hình tập trung, các địa phương như: TP.HCM, Hà Nội, Hải Phòng, Đà Nẵng, Đồng Nai, Quảng Ninh, Nghệ An, Gia Lai, Tây Ninh và Lạng Sơn có kết quả triển khai tích cực, số lượng hồ sơ phát sinh cao. Ngược lại, vẫn còn 12/34 địa phương có số lượng hồ sơ thấp hơn đáng kể so với mức bình quân chung.

Đối với Hệ thống thông tin, Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng, TP.HCM, Khánh Hòa, Hưng Yên, Đà Nẵng, Hải Phòng và Quảng Ninh đã chủ động rà soát, cập nhật dữ liệu và cấp mã quy hoạch, dự án, công trình. Tuy nhiên, vẫn còn 13/34 tỉnh, thành phố, trong đó có: Hà Nội, Cà Mau, Cao Bằng, Đắk Lắk, Đồng Tháp, Lai Châu, Lạng Sơn, Nghệ An, Phú Thọ... chưa hoàn thành việc rà soát, đồng bộ dữ liệu và cấp mã theo quy định. Kết quả triển khai chưa đồng đều làm giảm hiệu quả liên thông, chia sẻ và tái sử dụng dữ liệu giữa Trung ương và địa phương...

Theo kế hoạch, trong 6 tháng cuối năm, Bộ Xây dựng sẽ phối hợp với các địa phương đẩy nhanh việc rà soát, số hóa, chuẩn hóa và cập nhật dữ liệu; duy trì, vận hành ổn định Hệ thống thông tin, Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng và các cơ sở dữ liệu chuyên ngành; mở rộng chia sẻ dữ liệu với các Bộ, ngành, địa phương; công bố dữ liệu mở phục vụ phát triển kinh tế số, xã hội số; tiếp tục đẩy mạnh dịch vụ công trực tuyến toàn trình và tái cấu trúc quy trình giải quyết thủ tục hành chính trên cơ sở khai thác dữ liệu.❖

Bước ngoặt trong tư duy quản lý nhà nước bằng công cụ kỹ thuật



NGỌC LÝ

Với quy mô chưa từng có - 139 quy chuẩn kỹ thuật cần xây dựng, sửa đổi, bổ sung trong vòng 5 năm - kế hoạch này được kỳ vọng sẽ gỡ bỏ những nút thắt thể chế lâu nay, kiến tạo một "hạ tầng pháp lý kỹ thuật" hiện đại, chuẩn bị cho ngành Xây dựng Việt Nam tự tin bước vào kỷ nguyên số và phát triển bền vững.

Ngày 11/7/2026, Bộ trưởng Bộ Xây dựng ban hành Quyết định số 1202/QĐ-BXD về Kế hoạch 5 năm xây dựng quy chuẩn kỹ thuật giai đoạn 2026 - 2030. Đây là kế hoạch có quy mô lớn nhất từ trước đến nay trong lĩnh vực quy chuẩn kỹ thuật của ngành Xây dựng, với mục tiêu xây dựng, sửa đổi, bổ sung và hoàn thiện 139 quy chuẩn kỹ thuật quốc gia phục vụ công tác quản lý nhà nước và phát triển Ngành.

KẾ HOẠCH KIẾN TẠO MỘT "HẠ TẦNG PHÁP LÝ KỸ THUẬT" HIỆN ĐẠI

Trong kiến trúc thể chế của bất kỳ quốc gia phát triển nào, hệ thống quy chuẩn kỹ thuật quốc gia (QCVN) luôn đóng vai trò là "bộ xương đỡ" cho toàn bộ hoạt động đầu tư, xây dựng và vận hành hạ tầng. Đối với một nền kinh tế đang phát triển năng động như Việt Nam, nơi tốc độ đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ gắn liền với các cam kết quốc tế khắt khe về giảm phát thải, hệ thống quy chuẩn kỹ thuật càng trở nên quan trọng. Nó không chỉ đơn thuần là các thông số kỹ thuật khô khan mà chính là rào cản kỹ thuật bảo vệ lợi ích quốc gia, bảo đảm an toàn sinh mệnh, và đồng thời là bệ phóng thúc đẩy đổi mới sáng tạo.

Hơn một năm trước, khi trò chuyện với Tạp chí Xây dựng về hệ thống quy chuẩn kỹ thuật xây dựng, một chuyên gia trong Ngành đã từng nói rằng, nhìn tổng thể hệ thống quy chuẩn kỹ thuật ngành Xây dựng (giai đoạn trước sáp nhập - PV), dù đã có nhiều đóng góp quan trọng, không thể phủ nhận còn những mâu thuẫn nhất định với thực tiễn phát triển. Nhiều quy chuẩn bộc lộ sự chậm trễ so với tốc độ đổi mới của công nghệ vật liệu, chưa tích hợp sâu các yêu cầu về công trình xanh, và đôi khi còn chồng chéo với các quy định liên ngành (như phòng cháy chữa cháy, môi trường, giao thông...).

Bởi thế, trong bối cảnh hiện nay, Quyết định số 1202/QĐ-BXD ngày 11/7/2026 về Kế hoạch 5 năm xây dựng quy chuẩn kỹ thuật giai đoạn 2026 - 2030, của Bộ trưởng Bộ Xây dựng, không chỉ là một hoạt động nghiệp vụ định kỳ. Nhìn từ góc

độ quản lý vĩ mô, đây là một thay đổi căn bản trong tư duy điều hành: Dịch chuyển mạnh mẽ từ tư duy "quản lý hành chính" (dựa vào cơ chế xin - cho, phê duyệt bằng văn bản hành chính) sang "quản trị kỹ thuật" (quản lý bằng luật chơi kỹ thuật minh bạch, đồng bộ và định lượng).

Với quy mô chưa từng có - 139 quy chuẩn kỹ thuật cần xây dựng, sửa đổi, bổ sung trong vòng 5 năm - kế hoạch này được kỳ vọng sẽ gỡ bỏ những nút thắt thể chế lâu nay, kiến tạo một "hạ tầng pháp lý kỹ thuật" hiện đại, chuẩn bị cho ngành Xây dựng Việt Nam tự tin bước vào kỷ nguyên số và phát triển bền vững.

Thực tế cho thấy, trong giai đoạn 2026 - 2030 và những năm tiếp theo, Việt Nam sẽ đứng trước áp lực đổi mới hệ thống thể chế kỹ thuật đến từ các luồng dịch chuyển vĩ mô lớn.

Trước hết là sự hoàn thiện của hành lang pháp lý về tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật. Trong đó, cột mốc quan trọng là Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật (sửa đổi) chính thức đi vào cuộc sống (có hiệu lực từ 01/01/2026), cùng với việc Chính phủ ban hành Nghị định số 22/2026/NĐ-CP quy định chi tiết việc xây dựng và ban hành quy chuẩn kỹ thuật. Những văn bản thượng tầng này đòi hỏi các Bộ chuyên ngành, đặc biệt là Bộ Xây dựng, phải rà soát, tái cấu trúc toàn bộ hệ thống quy chuẩn thuộc phạm vi quản lý để đảm bảo tính hợp pháp, tính thống nhất và không chồng chéo.

Hai là, áp lực từ các cam kết quốc tế về môi trường và khí hậu. Việt Nam đang hiện thực hóa lộ trình đưa phát thải ròng bằng 0 (Net Zero). Ngành Xây dựng - một trong những ngành tiêu thụ năng lượng và phát thải khí nhà kính lớn nhất thông qua sản xuất vật liệu và vận hành tòa nhà - không thể đứng ngoài cuộc. Hệ thống quy chuẩn cũ không còn đủ sức nặng để bắt buộc các chủ đầu tư cắt giảm dấu chân carbon. Do đó, việc xây dựng một hệ thống quy chuẩn mới tích hợp sâu các tiêu chí xanh là yêu cầu cấp bách.

Ba là, làn sóng cách mạng công nghiệp lần thứ tư (4.0) với sự bùng nổ của Mô hình thông tin công trình (BIM), trí tuệ nhân tạo (AI) trong thiết kế, in 3D trong xây dựng, và các loại

vật liệu thông minh đòi hỏi phải có một "ngôn ngữ kỹ thuật pháp lý" tương thích. Nếu quy chuẩn đúng yên, các công nghệ hiện đại này sẽ không thể áp dụng hợp pháp tại Việt Nam, gây lãng phí nguồn lực và kìm hãm năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp nội địa.

Khác biệt cốt lõi của Quyết định số 1202/QĐ-BXD so với các giai đoạn trước là tính hệ thống và toàn diện. Thay vì sửa đổi manh mún, chắp vá theo kiểu "hồng đầu vá đáy", kế hoạch này tiếp cận theo mô hình "quy hoạch tổng thể hệ thống kỹ thuật", bao quát toàn bộ các mảnh ghép của Ngành: Từ quy hoạch xây dựng, hạ tầng kỹ thuật đô thị, nhà ở, vật liệu xây dựng, cho đến an toàn công trình dân dụng, công nghiệp, giao thông, cấp thoát nước và môi trường.

CỐT LÕI ĐỔI MỚI VÀ TƯ DUY QUẢN TRỊ HIỆN ĐẠI

Con số 139 quy chuẩn kỹ thuật trong vòng 5 năm là một áp lực định lượng cực kỳ lớn. Tính bình quân, mỗi năm Bộ Xây dựng phải chủ trì, phối hợp soạn thảo, thẩm định và ban hành khoảng 28 quy chuẩn.

Với khối lượng công việc không nhỏ này phản ánh 3 định hướng chiến lược sâu sắc của cơ quan quản lý:

Thứ nhất, triệt tiêu không gian của các thủ tục hành chính "xám". Đó là, khi mọi tiêu chuẩn, quy chuẩn đều rõ ràng, định lượng và phủ kín các lĩnh vực, doanh nghiệp chỉ cần đối chiếu và tuân thủ. Cơ chế "xin - cho" hay việc giải thích quy định một cách tùy tiện từ phía cơ quan quản lý sẽ bị triệt tiêu, từ đó *tối ưu hóa chi phí tuân thủ cho toàn xã hội*.

Thứ hai, kiến tạo cấu trúc dữ liệu cho chuyển đổi số. Trong đó, hệ thống quy chuẩn được chuẩn hóa là điều kiện tiên quyết để số hóa ngành Xây dựng. Khi quy chuẩn kỹ thuật được "mã hóa" thành các thuật toán, máy tính có thể tự động kiểm tra tính tuân thủ của một bản thiết kế BIM, rút ngắn thời gian thẩm định từ vài tháng xuống vài ngày.

Thứ ba, hóa giải rào cản, thúc đẩy hội nhập toàn cầu. Bởi lẽ, việc chủ động đưa hệ thống quy chuẩn tiệm cận với các tiêu chuẩn Eurocodes, chuẩn Mỹ (ASTM, ACI) hay chuẩn Nhật Bản (JIS) giúp các nhà thầu quốc tế dễ dàng vào Việt Nam, đồng thời giúp sản phẩm vật liệu xây dựng Việt Nam rộng đường xuất khẩu mà không vấp phải các rào cản kỹ thuật tại nước sở tại.

Đây là những điểm cốt lõi đổi mới, thể hiện tính linh hoạt và tư duy quản trị hiện đại.

Quyết định số 1202/QĐ-BXD mang trong mình những triết lý quản lý mới, khắc phục triệt để những vướng mắc của công tác làm quy chuẩn trước đây.

Trước đây, việc lập kế hoạch theo từng năm khiến các đơn vị soạn thảo luôn rơi vào trạng thái "vắt chân lên cổ" chạy theo tiến độ giải ngân và phê duyệt. Việc định hình một bộ khung 5 năm cho phép các viện nghiên cứu, các trường đại học và cơ quan quản lý chủ động phân bổ nguồn lực tài chính, thành lập các nhóm chuyên gia chuyên sâu và có đủ thời gian khảo sát thực tiễn một cách nghiêm túc.

Một điểm nghẽn khác trước đây là, quy chuẩn ban hành đôi khi quá cao hoặc quá xa rời thực tế khiến thị trường "nghet thở". Quyết định 1202/QĐ-BXD quy định rõ: *Trước khi sửa đổi hoặc ban hành mới, bắt buộc phải có báo cáo đánh giá hiệu quả áp dụng thực*

tế. Đây là bước tiến lớn, chuyển từ tư duy "ngồi phòng máy lạnh áp đặt thông số" sang tư duy "lắng nghe hơi thở của công trường".

Điều 2 của Quyết định cho phép điều chỉnh, bổ sung kế hoạch khi xuất hiện các yêu cầu mới từ thực tiễn hoặc để xuất từ chính các tổ chức, cá nhân, doanh nghiệp. Trong kỷ nguyên công nghệ thay đổi từng ngày, một hệ thống quy chuẩn "đóng băng" 5 năm sẽ tự biến mình thành lực cản. Cơ chế mở này đảm bảo tính "sống" và khả năng tự thích ứng của quy chuẩn kỹ thuật trước dòng chảy công nghệ.

Việc xác định rõ Vụ KHCNMT&VLXD làm đầu mối chịu trách nhiệm giúp loại bỏ tình trạng "cha chung không ai khóc" hoặc sự cát cứ thông tin giữa các cục, vụ viện, tạo ra một nhạc trưởng thực sự trong việc liên kết dòng chảy dữ liệu kỹ thuật.

Đến 139 quy chuẩn kỹ thuật đáp ứng đúng kỳ vọng và về đích đúng hẹn vào năm 2030, cần một cái nhìn khách quan về cả thời cơ lẫn thách thức. Như đã phân tích ở trên, sự xuất hiện của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật mới cùng Thông tư số 15/2026/TT-BKHCN là bộ phóng pháp lý vững chắc.

Thêm nữa là nền tảng hạ tầng số của Bộ Xây dựng đang dần hoàn thiện. Điều này đã được người đứng đầu Bộ Xây dựng - Bộ trưởng Trần Hồng Minh - nhấn mạnh tại Hội nghị sơ kết 6 tháng đầu năm 2026, rằng: "Chuyển đổi số là nền tảng để đổi mới phương thức quản lý, điều hành, phục vụ mục tiêu tăng trưởng và phát triển của Ngành trong giai đoạn mới". Đây là "cánh cửa" quan trọng mở ra đón luồng ý kiến rộng rãi của người dân, chuyên gia và doanh nghiệp, không còn bị giới hạn bởi không gian hay khoảng cách địa lý. Việc tương tác qua môi trường số giúp nâng cao chất lượng phản biện xã hội. Bên cạnh đó, sự trưởng thành của đội ngũ tri thức ngành Xây dựng Việt Nam với hệ sinh thái các viện nghiên cứu (Viện KHCN Xây dựng - IBST, Viện VLXD..., các trường đại học lớn như ĐH Xây dựng, ĐH Kiến trúc) và cộng đồng chuyên gia cao cấp có kinh nghiệm thực chiến quốc tế phong phú, cũng sẽ là cơ sở vững chắc để thực hiện các mục tiêu đề ra.

Dù vậy, những nút thắt thách thức còn đó. Thách thức lớn nhất không nằm ở số lượng quy chuẩn, mà nằm ở năng lực đồng hóa và vận hành một hệ thống quy chuẩn phức tạp liên ngành trong bối cảnh công nghệ thay đổi với tốc độ cấp số nhân.

Kế hoạch 5 năm xây dựng quy chuẩn kỹ thuật giai đoạn 2026 - 2030 theo Quyết định số 1202/QĐ-BXD không đơn thuần là một chương trình hành động mang tính kỹ thuật thuần túy, mà chính là một chiến lược then chốt nhằm tái định hình năng lực cạnh tranh quốc gia của ngành Xây dựng Việt Nam. Với quy mô 139 quy chuẩn kỹ thuật quốc gia, kế hoạch thể hiện tầm nhìn dài hạn, tư duy quản lý hiện đại và quyết tâm cải cách mạnh mẽ của Bộ Xây dựng trước những đòi hỏi mang tính thời đại của cuộc Cách mạng 4.0 và xu thế chuyển đổi xanh toàn cầu.

Dù hành trình phía trước còn đối mặt với không ít thách thức về nguồn lực, năng lực chuyên gia hay bài toán phối hợp liên ngành, nhưng với một lộ trình bài bản, khoa học cùng sự đồng hành, phản biện tích cực từ toàn xã hội, kỳ vọng rằng, hệ thống quy chuẩn kỹ thuật thế hệ mới này sẽ hoàn thành xuất sắc sứ mệnh làm "hạ tầng của hạ tầng". Đây chính là nền tảng vững chắc để xây dựng nên một Việt Nam hiện đại, an toàn, thông minh và phát triển bền vững trong những thập kỷ tới. ❖

TÁI CẤU TRÚC ĐÔ THỊ:

Hài hòa giữa phát triển, bảo tồn và hệ sinh thái nhân văn

**PGS.TS ĐỖ TÚ LAN^(*)**

Một đô thị hiện đại đang sống là một đô thị có “tri tuệ” của tương lai, nhưng vẫn mang trong mình “nhịp đập” của quá khứ. Sự trân trọng các giá trị di sản vật chất và phi vật chất của khu vực và được chuyển tiếp vào không gian tái cấu trúc, tạo nên một đô thị có nền tảng văn hoá lịch sử và nhân văn phát triển bền vững.

Hầu hết các đô thị trên thế giới đều mang trong mình một tiến trình lịch sử riêng biệt, được định hình bởi các đặc thù kinh tế - xã hội qua từng thời kỳ. Trong tiến trình đó, xây dựng mới và tái thiết luôn là hai trục song hành không thể tách rời. Nếu bản sắc văn hóa - lịch sử và các giá trị bản địa được coi là “phần hồn”, thì quy hoạch chính là khung cấu trúc để gìn giữ và phát huy dòng chảy tinh thần đó.

Thách thức cốt yếu hiện nay trong công tác tái cấu trúc đô thị là xác lập trạng thái cân bằng động giữa bảo tồn và phát triển. Quá trình này không chỉ tác động đến cảnh quan vật thể mà còn can thiệp sâu vào hệ sinh thái nhân văn. Những biến động về di dân, cấu trúc định cư, sinh kế và tập quán sinh hoạt của cộng đồng nếu không được kiểm soát tốt có thể dẫn đến những đứt gãy về giá trị xã hội. Điều này đòi hỏi các nhà quy hoạch và chính quyền đô thị phải thiết lập những quyết sách chiến lược nhằm đảm bảo sự hài hòa giữa hệ sinh thái tự nhiên và nhân văn.

Bài viết tập trung phân tích các vấn đề trọng yếu trong việc tái cấu trúc diện rộng, từ đó đề xuất các giải pháp thích ứng cho đô thị thời kỳ mới - nơi công nghệ thông minh và năng lực ứng phó biến đổi khí hậu trở thành những xung lực đột phá cho sự phát triển bền vững.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự bùng nổ đô thị hóa dẫn đến tình trạng các di sản văn hóa bị xâm lấn, không gian xanh bị thu hẹp và đứt gãy các mối quan hệ xã hội truyền thống. Tùy thuộc vào cơ

chế chính sách phát triển đô thị và điều kiện kinh tế, cấu trúc đô thị được hình thành hoàn toàn theo thiết kế quy hoạch đô thị hoặc có những đô thị không đủ nguồn lực để thực hiện được theo quy hoạch, trở thành một cấu trúc dở dang, có những phân khúc được xây dựng mới hoàn thiện hạ tầng, nhưng cũng tồn tại những phân khúc còn phát triển tự phát, có thể lấn chiếm đất công, và thiếu đầu tư hạ tầng. Tuy nhiên hệ sinh thái đô thị luôn biến động và tự điều chỉnh tạo sự cân bằng tạm thời.

Những đô thị không thực hiện được đúng theo quy hoạch trong giai đoạn trước, để lại tồn tại của nhiều khu vực xây dựng tràn lan thiếu kiểm soát, mật độ dày đặc, mất cân bằng sinh thái, hạ tầng kỹ thuật không đáp ứng, nguy cơ cháy nổ mất an ninh. Nhiều khu vực dân cư xây dựng quá lâu năm, công trình cũ xuống cấp, hạ tầng kỹ thuật yếu kém, không đảm bảo môi trường sống. Nhưng những khu vực này lại chứa đựng nhiều giá trị nhân văn được cộng đồng hun đúc từ nhiều năm, cũng như những công trình có giá trị di sản. Môi trường sống quen thuộc và công việc mưu sinh đã thành nếp của nhiều gia đình và nhiều thế hệ, nếu thay đổi, có thể gây nên sự xáo trộn xã hội đáng kể.

Nhu cầu phát triển đô thị hiện đại văn minh đòi hỏi phải tái cấu trúc những khu vực của đô thị bất hợp lý. Tái cấu trúc đô thị không chỉ là xây mới, mà là quá trình “làm mới” dựa trên nền tảng tôn trọng các giá trị sẵn có. Phát triển bền vững chỉ đạt được khi có sự giao thoa mật thiết giữa kinh tế (phát triển), tâm hồn (văn hóa) và con người (hệ sinh thái nhân văn).

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



Phối cảnh dự án trực đại lộ cảnh quan sông Hồng đoạn qua khu vực nội đô. Nguồn: UBND TP Hà Nội

1. BẢO TỒN GIÁ TRỊ VĂN HÓA - LỊCH SỬ: "LINH HỒN" CỦA ĐÔ THỊ

1.1. Nhận diện di sản

Tái thiết đô thị hay tái cấu trúc đô thị để phát triển những không gian mới hiện đại, trước tiên cần nhận diện di sản, không chỉ là các di tích cấp quốc gia mà còn là các khu phố cổ, các công trình kiến trúc đặc trưng và ký ức cộng đồng. Di sản không phải là vật cản của sự phát triển, mà chính là tài sản, là bản sắc tạo nên giá trị khác biệt cho một đô thị. Một thành phố hiện đại không có quá khứ là một thành phố vô hồn. Quá trình nhận diện di sản là sự chắt lọc những tinh hoa của đô thị được tích tụ theo lịch sử phát triển cần được gìn giữ. Di sản được đánh giá vừa là vật chất vừa là phi vật chất của khu vực cần tái thiết, nó chính là phần "linh hồn" của vùng đất. Việc gìn giữ và bảo tồn những di sản không phải là sự níu kéo những cái cũ, mà là tạo những nền tảng chuyển tiếp của quá khứ và hiện đại có bản sắc của khu vực và vùng miền.

Để bảo tồn phần "vật chất" của đô thị, cần chuyển dịch từ tư duy "bảo tàng hóa" (giữ nguyên không chạm vào) sang "bảo tồn thích ứng". Chiến lược "Bảo tồn thích ứng": Cho phép di sản "sống" cùng dòng chảy hiện đại, không "đóng băng" di tích khiến chúng trở thành những "ốc đảo" chết trong đô thị.

1.2. Nguyên tắc bảo tồn

Bảo tồn "Lấy cộng đồng làm trung tâm", bất kỳ một dự án tái thiết đô thị nào muốn thành công và bền vững đều phải dựa trên 3 trụ cột "Nhà nước - Doanh nghiệp - Cộng đồng". Người dân phải được tham gia vào quá trình quy hoạch, được

lên tiếng về việc họ muốn giữ lại cái gì. Sự đồng thuận của cộng đồng chính là "vũ khí" mạnh nhất để bảo vệ di sản trước các áp lực thương mại hóa tiêu cực.

Tái thiết đô thị không phải là một cuộc chiến "một mất một còn" giữa cái cũ và cái mới. Đó là nghệ thuật "gói bọc quá khứ trong lòng tương lai", nơi các tòa nhà chọc trời bằng kính và thép soi bóng xuống những mái ngói rêu phong, tạo nên một đô thị giàu bản sắc và đáng sống. Di sản chính là tài sản cốt lõi để tạo dựng bản sắc, sử dụng các yếu tố văn hóa làm điểm nhấn trong thiết kế kiến trúc mới để duy trì tính liên tục của lịch sử.

1.3. Một số giải pháp bảo tồn

Tích hợp di sản vào quy hoạch mới: Thay vì san phẳng, các công trình cũ (nhà máy cổ, biệt thự, khu dân cư, khu tập thể cũ có giá trị...) cần được cải tạo công năng. Ví dụ: Biến nhà máy cũ thành trung tâm nghệ thuật, sáng tạo (giống như mô hình của nhiều nước châu Âu).

Khoanh vùng và phân cấp bảo tồn: Không thể giữ lại tất cả, nhưng cần có bộ tiêu chí rõ ràng để xếp hạng. Công trình đặc biệt xuất sắc cần bảo tồn nguyên trạng; công trình có giá trị trung bình có thể giữ lại mặt tiền (phương pháp facadism) hoặc cải tạo cấu trúc bên trong để phục vụ công năng hiện đại.

Hài hòa về kiến trúc: Các công trình cao tầng, hiện đại xây dựng xen kẽ phải có khoảng lùi, tầng cao và ngôn ngữ kiến trúc tôn trọng, không "nuốt chửng" các công trình di sản xung quanh.

Gìn giữ phần "hồn - phi vật chất" khó hơn vì nó vô hình và nằm trong chính con người, do đó khi tiến hành tái cấu trúc đô thị và tái thiết đô thị cần phải có quan điểm và tính toán



Hình 1. Dự án phục hồi Suối Cheonggyecheon được biết đến như một kỳ tích. Ảnh: Shutterstock

chiến lược rõ ràng về những giá trị phi vật chất cần giữ lại, từ đó có các giải pháp cụ thể:

Hạn chế tối đa việc “ly hương” cư dân: Trong tái thiết đô thị, giải pháp tốt nhất là tái định cư tại chỗ cho người dân bản địa. Khi người dân còn sống ở đó, tiếng nói, tiếng cười, nếp sinh hoạt, hàng quán vỉa hè, các lễ hội đình làng... mới được duy trì.

Kinh tế di sản (Heritage Economy): Tạo sinh kế cho người dân dựa trên chính di sản của họ. Hỗ trợ các hộ gia đình duy trì nghề truyền thống, ẩm thực đặc trưng biến chúng thành sản phẩm du lịch văn hóa. Khi di sản nuôi sống được người dân, họ sẽ tự giác bảo vệ nó.

Số hóa ký ức đô thị: Trước khi tái thiết một khu vực, cần tiến hành ghi âm, phỏng vấn sâu, quay phim, chụp ảnh để lưu trữ lại ký ức của cộng đồng, tạo thành một “bảo tàng số” cho thế hệ mai sau.

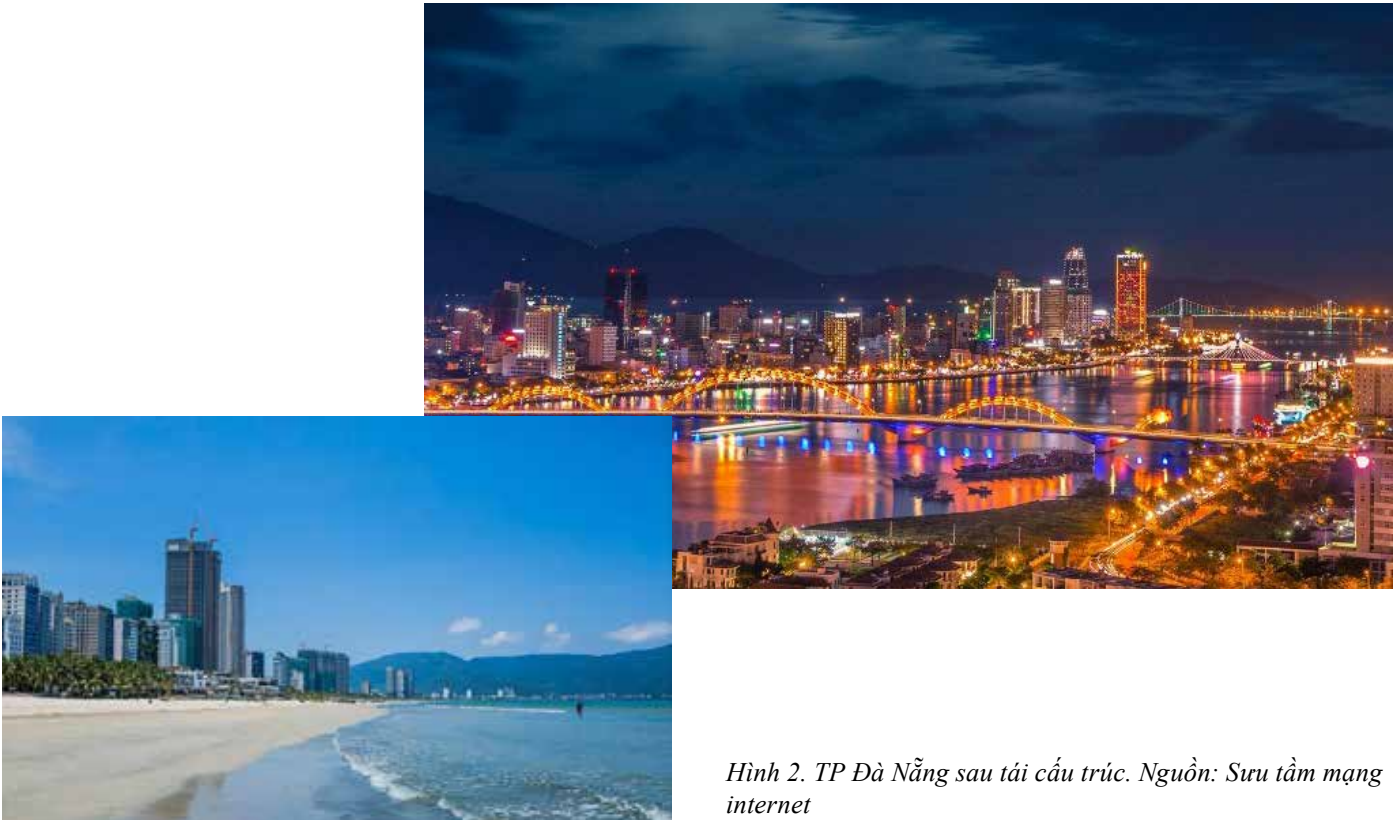
2. PHÁT TRIỂN HIỆN ĐẠI - ĐỘNG LỰC THÚC ĐẨY SỰ CHUYỂN MÌNH

2.1. Mục tiêu của tái cấu trúc đô thị

Mục tiêu tái cấu trúc đô thị là phát triển hiện đại, tái thiết các khu dân cư cũ, tạo nên một cấu trúc khỏe mạnh, có giá trị “đô thị đáng sống” hơn. Một cấu trúc đô thị “khỏe mạnh” (healthy urban structure) không chỉ dừng lại ở một thành phố đẹp hay hiện đại. Về bản chất, đó là một hệ sinh thái đô thị lấy “con người làm trung tâm”, nơi mà quy hoạch hạ tầng

vật chất có thể nuôi dưỡng, bảo vệ và nâng cao chất lượng sức khỏe thể chất lẫn tinh thần của cư dân.

Tái cấu trúc đô thị chú trọng phát triển hạ tầng thông minh, áp dụng công nghệ để quản lý giao thông, năng lượng và rác thải, giảm áp lực lên vùng lõi di sản. Nén đô thị thông minh, tập trung mật độ ở những khu vực mới để dành không gian giãn dân và bảo vệ các khu vực nhạy cảm về văn hóa. Hạ tầng cho người đi bộ/xe đạp, vỉa hè rộng rãi, có bóng mát, làn đường dành riêng cho xe đạp thông suốt và an toàn. Giao thông công cộng (GTCC) hiệu quả, hệ thống xe buýt, tàu điện ngầm/tàu điện trên cao kết nối chặt chẽ, chi phí hợp lý và dễ dàng tiếp cận. Mật độ cây xanh cao, công viên công cộng, vườn hoa nhỏ trong phố (pocket parks), và cây xanh dọc các tuyến đường. Không gian tương tác, các quảng trường, phố đi bộ nơi mọi người có thể giao lưu, tập thể dục, giảm căng thẳng (stress) và gắn kết cộng đồng. Hệ thống thoát nước tốt để chống ngập úng, kiểm soát tốt chỉ số ô nhiễm không khí (AQI), xử lý rác thải triệt để và giảm thiểu tiếng ồn đô thị. Phục hồi hệ sinh thái bị tổn thương, hồi sinh các dòng sông chết, hồ nước bị ô nhiễm trong lòng đô thị, biến chúng thành các hành lang xanh. Phát triển các bể mặt thấm nước, vườn trên mái, tường xanh để giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị và quản lý nước mưa tự nhiên. Có sự cân bằng giữa nhà ở thương mại và nhà ở xã hội hợp túi tiền. Đường phố, tòa nhà, phương tiện công cộng phải thân thiện và dễ dàng tiếp cận đối với người già, trẻ em và người khuyết tật.



Hình 2. TP Đà Nẵng sau tái cấu trúc. Nguồn: Sưu tầm mạng internet

2.2. Động lực phát triển đô thị

Thực hiện tái cấu trúc đô thị đạt được những mục tiêu nêu trên, sẽ tạo nên những động lực chuyển mình cho đô thị, từ kinh tế đến xã hội:

- Kinh tế đô thị, tạo ra các giá trị thặng dư từ du lịch văn hóa và dịch vụ sáng tạo. Thu hút vốn và nhân lực, với hạ tầng đồng bộ, chính sách linh hoạt luôn là nơi hấp dẫn các dòng vốn đầu tư và là nơi hội tụ của lực lượng lao động chất lượng cao. Sự tập trung của các doanh nghiệp, viện nghiên cứu và dịch vụ tài chính tại đô thị giúp giảm chi phí giao dịch, tăng tính hợp tác và tạo ra các ngành công nghiệp, dịch vụ có giá trị gia tăng cao.

- Động lực Công nghệ và Đổi mới sáng tạo (Innovation), đô thị hiện đại chính là "vườn ươm" cho các giải pháp công nghệ mới: Hạ tầng thông minh (Smart Infrastructure), việc triển khai mạng 5G/6G, hệ thống cảm biến IoT, dữ liệu lớn (Big Data) và trí tuệ nhân tạo (AI) trong quản lý giao thông, năng lượng không chỉ nâng cao hiệu suất đô thị mà còn thúc đẩy ngành công nghiệp công nghệ phát triển. Hệ sinh thái khởi nghiệp, các khu đô thị sáng tạo, công viên phần mềm là nơi kết nối giữa ý tưởng sáng tạo, vốn đầu tư mạo hiểm và thị trường thử nghiệm, biến công nghệ thành động lực sản xuất trực tiếp.

- Động lực xã hội: Nâng cao chất lượng sống và năng suất lao động. Một đô thị được phát triển hiện đại và nhân văn sẽ tác động ngược lại vào yếu tố con người: Giải phóng năng

lượng sáng tạo, khi hạ tầng giao thông tốt (giảm kẹt xe), môi trường sống trong lành (nhiều không gian xanh), người dân sẽ giảm stress, tiết kiệm thời gian, từ đó tái tạo sức lao động và nâng cao năng suất làm việc. Thúc đẩy dịch vụ và tiêu dùng, đô thị hiện đại hình thành nên lối sống mới, kích cầu các ngành dịch vụ cao cấp như giáo dục quốc tế, y tế chất lượng cao, giải trí, nghệ thuật và kinh tế ban đêm (night-time economy).

Khi cấu trúc đô thị tối ưu và hiện đại, nó sẽ tự động kích hoạt các dòng chảy về vốn, tri thức, công nghệ và con người lưu thông nhanh hơn, tạo ra lực đẩy liên tục cho sự phát triển.

3. CÂN BẰNG HỆ SINH THÁI NHÂN VĂN VÀ XÃ HỘI: "HẠT NHÂN" CON NGƯỜI

3.1. Hệ sinh thái nhân văn xã hội

Sinh thái nhân văn (Human Ecology) trong đô thị là mối quan hệ tương hỗ giữa con người (xã hội, văn hóa, lối sống) và môi trường tự nhiên/nhân tạo xung quanh họ. Khi tiến hành tái cấu trúc đô thị - đặc biệt là chuyển đổi từ đô thị cũ sang đô thị hiện đại - việc đảm bảo cân bằng sinh thái nhân văn là điều kiện tiên quyết để thành phố phát triển bền vững, tránh tình trạng "hiện đại hóa nhưng mất bản sắc" hoặc "phát triển hạ tầng nhưng triệt tiêu không gian sống của con người".

Một cấu trúc đô thị tốt, sẽ tạo được cân bằng hệ sinh thái nhân văn xã hội, trong đó không gian công cộng là thành tố có ý nghĩa quan trọng như quảng trường, công viên, vỉa hè nơi

mọi tầng lớp xã hội có thể tương tác (xóa bỏ sự biệt lập xã hội). Quá trình tái cấu trúc đô thị là cơ hội để dành thêm quỹ đất cho không gian công cộng, đồng thời đổi mới phương thức thiết kế, tạo nên những không gian hiện đại phong phú đáp ứng yêu cầu không ngừng đổi mới sáng tạo của người dân.

3.2. Quyền và trách nhiệm của người dân

Quyền cư trú và sinh kế của người dân trong khu vực tái cấu trúc là yếu tố nhân văn xã hội cần được quan tâm, đảm bảo người dân bản địa không bị đẩy ra khỏi quá trình tái cấu trúc (hiện tượng Gentrification - chỉnh trang đô thị gây đuổi dân nghèo). Phương án tái cấu trúc đô thị tối ưu là tái định cư tại chỗ tối đa cho người dân bản địa, có môi trường sống tốt hơn nhưng không bị di dời ra nơi xa, vẫn duy trì được các mối quan hệ truyền thống và công việc hiện hữu.

Tái cấu trúc đô thị thường làm tăng giá trị bất động sản, vô tình đẩy những người thu nhập thấp - vốn là một phần của hệ sinh thái nhân văn lâu đời - ra khỏi trung tâm. Do đó quá trình tái cấu trúc đô thị cần phải có đa dạng hóa phân khúc nhà ở, Quy hoạch bắt buộc phải có tỷ lệ nhà ở xã hội, nhà ở giá hợp lý ngay trong các khu đô thị mới tái thiết. Tạo không gian cho kinh tế nhỏ, chợ truyền thống được số hóa hoặc tổ chức lại một cách văn minh, thay vì triệt tiêu hoàn toàn để thay bằng trung tâm thương mại. Kinh tế vi mô này nuôi sống hàng triệu gia đình và là nét đặc trưng của đô thị Á Đông.

Cân bằng sinh thái nhân văn xã hội là đảm bảo sức khỏe tinh thần của người dân, theo đó thiết kế đô thị lấy con người làm trung tâm, chú trọng ánh sáng tự nhiên, cây xanh và khoảng cách đi bộ thuận tiện. Ưu tiên quyền của người đi bộ, chuyển dịch ưu tiên hạ tầng từ xe cơ giới sang người đi bộ, xe đạp và các phương tiện giao thông thân thiện. Khi con người chậm lại, sự tương tác xã hội và tính "nhân văn" của đô thị tăng lên. Đô thị không chỉ là tập hợp của các khối nhà, nó là nơi chứa đựng ký ức, văn hóa và các mối quan hệ cộng đồng. Khi giải tỏa hoặc cải tạo các khu đô thị cũ (như khu tập thể, phố cổ, làng nội đô), cần hạn chế tối đa việc xé lẻ các cộng đồng dân cư đã gắn bó lâu đời. Sự đứt gãy này thường dẫn đến các hệ lụy về tâm lý và an sinh xã hội. Thay vì đập bỏ các nhà máy cũ, di sản kiến trúc, hãy tái thiết kế chúng thành trung tâm nghệ thuật, không gian công cộng, quán cà phê... Cách làm này vừa giữ được hồn cốt đô thị, vừa tạo ra giá trị kinh tế mới.

Để đạt được sự cân bằng sinh thái nhân văn, quy hoạch không thể là mệnh lệnh áp đặt từ trên xuống (Top-down) một cách thuần túy kỹ thuật. Nó cần sự kết hợp với phương thức từ dưới lên (Bottom-up). Người dân phải được tham gia vào quá trình tái cấu trúc đô thị của chính họ. Họ cần được tham vấn về nhu cầu không gian, sinh kế và văn hóa. Chỉ khi người dân cảm thấy mình là chủ thể, thuộc về không gian đó, họ mới có ý thức gìn giữ và nuôi dưỡng hệ sinh thái đô thị phát triển lành mạnh.

4. MỘT SỐ BÀI HỌC VỀ TÁI CẤU TRÚC ĐÔ THỊ Ở VIỆT NAM VÀ QUỐC TẾ

Tái cấu trúc đô thị (Urban Restructuring) là một quá trình

tất yếu giúp các thành phố chuyển mình để thích ứng với các áp lực về dân số, biến đổi khí hậu và suy thoái kinh tế. Dưới đây là những bài học thành công nổi bật từ cả quốc tế và trong nước, mang lại nhiều giá trị tham khảo về tầm nhìn, phương thức thực hiện và tính bền vững.

4.1. Seoul (Hàn Quốc): Hồi sinh dòng sông Cheonggyecheon - chọn chất lượng sống thay vì hạ tầng giao thông

Vào cuối thế kỷ 20, dòng kênh Cheonggyecheon bị bê tông hóa và đê lên bởi một tuyến đường cao tốc trên cao sầm uất nhưng ô nhiễm. Năm 2003, chính quyền Seoul quyết định dỡ bỏ hoàn toàn tuyến đường này để khôi phục lại dòng sông cổ. Mục tiêu Lấy con người và môi trường làm trung tâm. Việc dỡ bỏ đường cao tốc không gây kẹt xe nghiêm trọng như xã hội lo ngại; ngược lại, nó thúc đẩy người dân dùng phương tiện công cộng. Khu vực này giảm được 3,6°C nhiệt độ trung bình mùa hè và kích thích kinh tế du lịch, thương mại xung quanh phát triển vượt bậc. (Hình 1)

4.2. Singapore: Quy hoạch tích hợp và mô hình đô thị 15 phút

Singapore không chỉ tái cấu trúc từng khu vực lẻ tẻ mà thực hiện thông qua Quy hoạch tích hợp chiến lược (Integrated Master Plan). Họ dịch chuyển từ các khu công nghiệp truyền thống sang mô hình đô thị nén, đa chức năng. Tối ưu hóa không gian nhờ TOD (Phát triển đô thị gắn kết với giao thông công cộng). Mỗi khu đô thị mới (như Jurong Lake District) đều được thiết kế để cư dân có thể tiếp cận trường học, bệnh viện, công viên và nơi làm việc trong vòng 15 phút đi bộ hoặc xe đạp. Việc giữ nghiêm kỷ cương quy hoạch giúp Singapore không bị phá vỡ cấu trúc dù mật độ dân số cực cao.

4.3. Bilbao (Tây Ban Nha): "Hiệu ứng Guggenheim" - tái cấu trúc dựa trên văn hóa và dịch vụ

Từ một thành phố công nghiệp nặng (đóng tàu, luyện kim) bị suy thoái nghiêm trọng vào thập niên 1980, Bilbao đã tái cấu trúc toàn diện bằng cách chuyển dịch sang nền kinh tế dịch vụ và du lịch văn hóa, với điểm nhấn là bảo tàng nghệ thuật Guggenheim Bilbao. Sử dụng kiến trúc biểu tượng làm đòn bẩy. Một công trình văn hóa xuất sắc có thể thay đổi hoàn toàn thương hiệu của một thành phố, thu hút dòng vốn đầu tư toàn cầu và vực dậy các ngành dịch vụ vệ tinh.

4.4. Đà Nẵng (Việt Nam): Mở rộng không gian đô thị về phía biển

Trước những năm 2000, Đà Nẵng là một đô thị nghèo, khu vực phía đông sông Hàn bị cô lập, chủ yếu là nhà chập vá và bãi cát. Thành phố đã thực hiện một cuộc đại tái cấu trúc bằng chiến dịch giải tỏa, đền bù quy mô lớn để xây dựng hệ thống cầu bắc qua sông Hàn và mở rộng không gian đô thị về phía biển. Bằng giải pháp đột phá về hạ tầng kết nối kết hợp khai thác quỹ đất. Việc dịch chuyển không gian phát triển đã biến bán đảo Sơn Trà và biển Mỹ Khê thành động lực kinh tế. Bài học lớn nhất của Đà Nẵng là sự đồng thuận của người dân nhờ chính sách tái định cư hợp lý và minh bạch vào thời điểm đó. (Hình 2)

4.5. TP.HCM (Việt Nam): Cải tạo kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè



Hình 3. Ảnh sưu tầm có tính chất minh hoạ ý tưởng.

Từng là một "điểm đen" về ô nhiễm và nhà ổ chuột lấn chiếm, dự án cải tạo kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè (kéo dài hơn một thập kỷ) là một ví dụ điển hình về tái cấu trúc cảnh quan và hạ tầng kỹ thuật đô thị lớn. Thành phố đã kiên trì giải quyết bài toán an sinh xã hội đi đôi với môi trường. Dự án đã di dời hàng chục ngàn hộ dân, xây dựng hệ thống thu gom nước thải khổng lồ dưới lòng đất và hình thành hai tuyến đường Hoàng Sa - Trường Sa. Đây là bài học về việc kết hợp nguồn vốn quốc tế (World Bank) và nguồn lực nội tại để hồi sinh các vùng lõi đô thị bị suy thoái.

4.6. Hà Nội (Việt Nam): Tái cấu trúc lấy sông Hồng làm trục cảnh quan

Quy hoạch Thủ đô 100 năm vừa được Thành phố Hà Nội phê duyệt. Theo đó, bên cạnh những mục tiêu phát triển đô thị theo các trục không gian và các trung tâm, các tầng phát triển, tái cấu trúc đô thị cũng là một mục tiêu lớn, trong đó, việc ý tưởng tái cấu trúc lấy sông Hồng làm trục cảnh quan lớn của Thủ đô. Tái phát triển hai bên sông Hồng thành không gian đô thị hiện đại với những công viên và đại lộ cảnh quan thay cho những khu dân cư chất lượng thấp, xây dựng lộn xộn, và quay lưng với sông Hồng. Đồng thời, thành phố cũng tái cấu trúc các khu dân cư trung tâm có chất lượng thấp để tạo nên môi trường sống tốt hơn trong tổng thể thành phố. Những ý tưởng tái cấu trúc đô thị đang bắt đầu được thực hiện. (Hình 3)

5. KẾT LUẬN

Tái cấu trúc đô thị không phải là sự đánh đổi, mà là sự tối ưu hóa các nguồn lực. Tái cấu trúc đô thị đảm bảo hài hoà giữa phát triển và bảo tồn, giữa kinh tế, môi trường và nhân văn xã hội sẽ tạo nên một cấu trúc đô thị khoẻ mạnh, một đô thị đáng sống. Do đó, đối với một đô thị có quá nhiều không gian bất cập, thiếu hệ thống hạ tầng, môi trường sống thấp kém, xây dựng lộn xộn thiếu thẩm mỹ, lãng phí tài nguyên... rất cần phải tái thiết hoặc tái cấu trúc đô thị.

Một đô thị hiện đại đáng sống là một đô thị có "trí tuệ" của tương lai, nhưng vẫn mang trong mình "nhịp đập" của quá khứ. Sự trân trọng các giá trị di sản vật chất và phi vật chất của khu vực và được chuyển tiếp vào không gian tái cấu trúc, tạo nên một đô thị có nền tảng văn hoá lịch sử và nhân văn phát triển bền vững.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Phạm Xuân Anh, Mô hình phát triển đô thị nền tảng để đạt mục tiêu phát triển đô thị tăng trưởng xanh. Tạp chí Xây dựng 9/2021
- [2] Gilles Antier, Những chiến lược của các vùng đô thị lớn - Thách thức quyền lực và quy hoạch. IMV 2010
- [3] Jeb Br gmann, Welcome to the Urban Revolution How cities are channging the World. Bloomsbury Press, New York- Berlin-London, 2009
- [4] William SW Lim, Quy hoạch đô thị theo đạo lý châu Á. NXB Xây dựng 2012
- [5] John M Levy, Quy hoạch đô thị đương đại. NXB Xây dựng, 2022
- [6] Trương Quang Thao, Đô thị học. NXB Xây dựng, 2011

ĐÔ THỊ NĂNG LƯỢNG XANH THÔNG MINH:

Khung tiếp cận cho quy hoạch đô thị carbon thấp ở Việt Nam

PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG^(*)

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, chuyển đổi số, tăng trưởng xanh và cam kết phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050, quy hoạch đô thị Việt Nam cần chuyển từ mô hình mở rộng không gian sang mô hình chú trọng hiệu quả tài nguyên, năng lượng, dữ liệu và khả năng chống chịu khí hậu [1], [3]. Đô thị thông minh (ĐTTM) không chỉ là đô thị được số hóa bằng cảm biến, camera, trung tâm điều hành hay nền tảng dữ liệu, mà phải có khả năng tối ưu năng lượng, giảm phát thải carbon, nâng cao chất lượng sống và thích ứng với biến đổi khí hậu [2], [8].

Bài viết đề xuất khung “Đô thị năng lượng xanh thông minh” như một hướng tiếp cận tích hợp giữa quy hoạch đô thị, chuyển dịch năng lượng, công trình xanh, giao thông xanh, hạ tầng thích ứng khí hậu và quản trị dữ liệu carbon. Trọng tâm là bổ sung lớp “năng lượng - carbon - dữ liệu” xuyên suốt quá trình lập quy hoạch, phát triển hạ tầng, thiết kế và cải tạo đô thị, cũng như vận hành ĐTTM. Khung tiếp cận này góp phần định hướng các đô thị Việt Nam phát triển theo hướng carbon thấp, xanh, thông minh, thích ứng khí hậu và phù hợp với mục tiêu trung hòa carbon quốc gia [4], [10].

ĐẶT VẤN ĐỀ

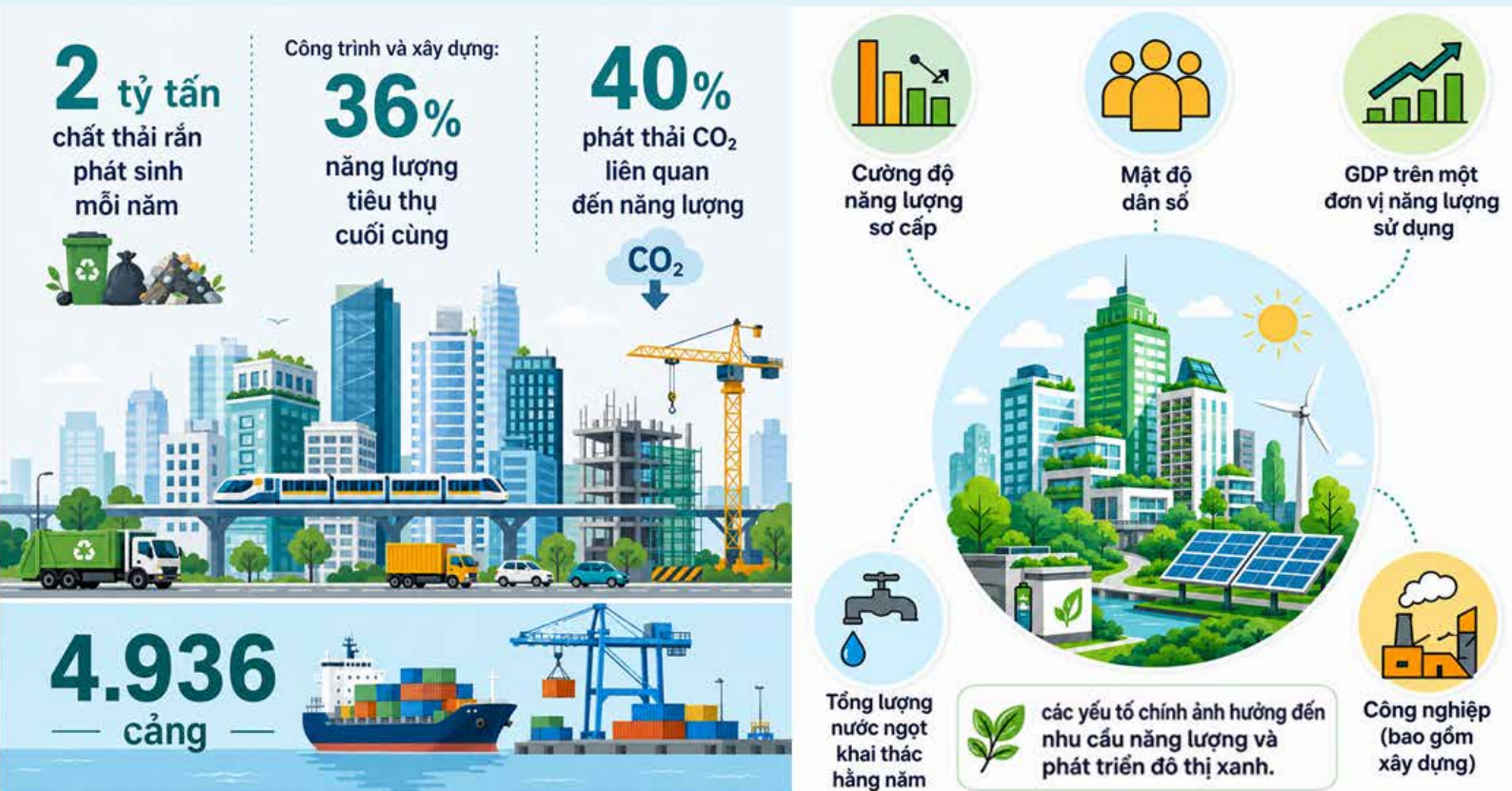
Thế giới đang bước vào giai đoạn phát triển đô thị mới, trong đó năng lượng, carbon và khả năng chống chịu khí hậu trở thành các biến số trung tâm của quy hoạch và quản trị đô thị [8], [10]. Nếu trong giai đoạn đầu, ĐTTM

thường được nhận diện thông qua các giải pháp số hóa như cảm biến, camera, trung tâm điều hành thông minh, nền tảng dữ liệu và dịch vụ công trực tuyến, thì giai đoạn hiện nay đặt ra yêu cầu cao hơn: đô thị phải vận hành hiệu quả hơn, tiêu thụ ít năng lượng hơn, phát thải ít hơn, thích ứng tốt hơn với rủi ro khí hậu và tạo lập môi trường sống chất lượng hơn cho người dân [2], [8].

Đối với Việt Nam, yêu cầu này không còn là xu hướng xa. Quá trình đô thị hóa nhanh, gia tăng dân số đô thị, mở rộng diện tích sàn xây dựng, phát triển khu đô thị mới, khu công nghiệp, trung tâm thương mại, dịch vụ, giao thông cơ giới và nhu cầu điều hòa không khí đang làm gia tăng mạnh phụ tải năng lượng đô thị. Cùng với đó, nhiều đô thị đang đối mặt với đảo nhiệt đô thị, ngập úng, suy giảm cây xanh - mặt nước, ô nhiễm không khí, quá tải hạ tầng và rủi ro khí hậu ngày càng rõ nét [1], [11]. Nếu tiếp tục phát triển theo lối “mở rộng không gian trước, bổ sung năng lượng sau”, các đô thị sẽ khó đạt được mục tiêu xanh, thông minh, thích ứng khí hậu và trung hòa carbon [3], [4].

Hình 1 cho thấy, hạ tầng đô thị vừa là động lực phát triển, vừa là khu vực tiêu thụ lớn tài nguyên, năng lượng và phát sinh phát thải. Vì vậy, chuyển đổi đô thị theo hướng xanh, thông minh và carbon thấp cần bắt đầu từ cách quy hoạch, xây dựng và vận hành hạ tầng đô thị. Trong bối cảnh đó, quy hoạch đô thị không thể chỉ dừng lại ở tổ chức sử dụng đất, phân khu chức năng, mạng lưới giao thông và hệ thống hạ tầng kỹ thuật truyền thống. Quy hoạch đô thị thể hệ mới cần tích hợp đồng thời 3 logic: không gian - năng lượng - dữ liệu. Nói cách khác, năng lượng thông

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



Hạ tầng đô thị trong mối quan hệ với tiêu thụ năng lượng, tài nguyên và phát thải carbon.
(Nguồn: Tổng hợp từ UN-Habitat/UNFCCC /UNEP).

minh (NLTM) cần được nhìn nhận như một lớp cấu trúc của quy hoạch đô thị, tương tự như giao thông, cấp nước, thoát nước, cây xanh, mặt nước hay sử dụng đất. Đây là điểm chuyển quan trọng từ “ĐTTM số hóa” sang “ĐTTM tối ưu năng lượng” [2], [5].

Nghiên cứu tiếp cận hạ tầng năng lượng thông minh không chỉ như một cấu phần kỹ thuật của ngành điện, mà như một nền tảng để tổ chức lại mô hình phát triển đô thị theo hướng carbon thấp. Trên cơ sở phân tích xu hướng quốc tế, khung chính sách trong nước và yêu cầu thực tiễn của đô thị Việt Nam, bài viết đề xuất khung tiếp cận “Đô thị năng lượng xanh thông minh” với 5 lớp tích hợp, nhằm bổ sung chiều cạnh “năng lượng - carbon - dữ liệu” vào quy hoạch và quản trị đô thị carbon thấp ở Việt Nam.

PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

Bài viết sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu chính sách, phân tích xu hướng quốc tế và tổng hợp mô hình lý luận - ứng dụng. Các tài liệu chính sách được xem xét gồm Nghị quyết số 06-NQ/TW về phát triển bền vững đô thị Việt Nam; Nghị định số 269/2025/NĐ-CP về phát triển ĐTTM; Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh; Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu; Quy hoạch điện VIII; Chương trình quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả; cùng các quy chuẩn liên quan đến công trình sử dụng năng lượng hiệu quả.

Bên cạnh đó, bài viết tham chiếu một số mô hình quốc tế như đô thị nén, phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD), đô thị 15 phút, đô thị bọt biển,

khu đô thị phát thải thấp, khu đô thị năng lượng dương, bản sao số đô thị/bảng điều khiển carbon. Các mô hình này được phân tích nhằm rút ra những nguyên tắc chung có thể vận dụng phù hợp với bối cảnh Việt Nam [8], [10].

Trên cơ sở đó, khung tiếp cận “Đô thị năng lượng xanh thông minh” được xây dựng theo hướng tích hợp 5 lớp: không gian đô thị; công trình và khu chức năng; năng lượng thông minh; giao thông xanh; dữ liệu và quản trị carbon. Đây là khung gợi mở nhằm bổ sung lớp “năng lượng - carbon - dữ liệu” trong quy hoạch, phát triển và vận hành ĐTTM ở Việt Nam.

CƠ SỞ CHÍNH SÁCH VÀ YÊU CẦU TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG TRONG QUY HOẠCH ĐÔ THỊ VIỆT NAM

Trong những năm gần đây, định hướng phát triển đô thị Việt Nam đã chuyển từ ưu tiên mở rộng không gian sang nâng cao chất lượng đô thị, sử dụng hiệu quả tài nguyên, thích ứng khí hậu và giảm phát thải. Nghị quyết số 06-NQ/TW đặt ra yêu cầu phát triển hệ thống đô thị đồng bộ, hiện đại, bền vững, có khả năng chống chịu và sử dụng tiết kiệm tài nguyên [1]. Nghị định số 269/2025/NĐ-CP về phát triển ĐTTM tiếp tục mở rộng nội hàm ĐTTM theo hướng lấy dữ liệu, nền tảng số, quản trị tích hợp và hiệu quả vận hành làm công cụ nâng cao chất lượng phát triển đô thị [2].

Cùng với đó, Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh, Chiến lược quốc gia về BĐKH, Quy hoạch điện VIII và Chương trình quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả đã hình thành khung định hướng tương đối thống nhất: phát triển đô thị phải gắn với chuyển dịch

năng lượng, sử dụng hiệu quả tài nguyên, giảm cường độ carbon và nâng cao chất lượng sống. Điều này cho thấy năng lượng đô thị không còn là nội dung riêng của ngành điện, mà cần được lồng ghép vào quy hoạch không gian, phát triển hạ tầng, quản lý công trình, tổ chức giao thông và quản trị đô thị.

Đô thị là nơi tập trung dân cư, công trình, dịch vụ, giao thông và các hoạt động tiêu dùng có cường độ năng lượng lớn. Khu vực công trình xây dựng như nhà ở cao tầng, trung tâm thương mại, khách sạn, bệnh viện, trường học và công sở tiêu thụ nhiều điện cho chiếu sáng, điều hòa không khí, thông gió, thang máy và thiết bị vận hành. Đồng thời, đây cũng là khu vực còn dư địa tiết kiệm đáng kể nếu áp dụng đồng bộ quy chuẩn sử dụng năng lượng hiệu quả, thiết kế thụ động, vật liệu phù hợp, thiết bị hiệu suất cao và quản lý năng lượng thông minh [6], [7].

Giao thông đô thị cũng trở thành nguồn tiêu thụ năng lượng và phát thải lớn do gia tăng phương tiện cá nhân, đô thị lan tỏa, khoảng cách đi lại dài và tỷ lệ giao thông công cộng còn hạn chế. Bên cạnh đó, hình thái đô thị thiếu cây xanh, mặt nước, hành lang thông gió, vật liệu phản xạ nhiệt và không gian đi bộ sẽ làm gia tăng đảo nhiệt, kéo theo nhu cầu làm mát và phụ tải điện cực đại. Vì vậy, bài toán năng lượng đô thị không thể chỉ giải quyết bằng tăng nguồn cung điện hoặc bổ sung công nghệ sau quy hoạch, mà cần được xử lý từ cấu trúc không gian, mật độ phát triển, mô hình giao thông, thiết kế công trình, hạ tầng xanh và nền tảng dữ liệu quản trị đô thị.

Xu hướng gia tăng năng lượng tái tạo cùng với phụ tải điện đô thị cho thấy bài toán năng lượng không thể chỉ xử lý ở cấp nguồn điện. Quy hoạch đô thị cần tham gia quản lý nhu cầu, phân bổ phụ tải, tích hợp năng lượng tái tạo tại chỗ, lưu trữ và dữ liệu vận hành, qua đó hỗ trợ chuyển dịch sang mô hình đô thị carbon thấp.

Có thể thấy, các căn cứ chính sách hiện nay đã tạo nền tảng quan trọng để đưa hạ tầng năng lượng thông minh vào quy hoạch đô thị như một yêu cầu phát triển mới. Vấn đề quan trọng là chuyển các định hướng này thành tiêu chí, công cụ và quy trình cụ thể trong đồ án quy hoạch, chương trình phát triển đô thị và vận hành ĐTTM.

XU HƯỚNG QUỐC TẾ VỀ ĐÔ THỊ XANH, THÔNG MINH VÀ NET ZERO

Các chương trình nghị sự quốc tế về đô thị bền vững đều nhấn mạnh vai trò của đô thị trong ứng phó biến đổi khí hậu, giảm phát thải và nâng cao chất lượng sống. New Urban Agenda của UN-Habitat đặt đô thị hóa bền vững trong mối liên hệ với chất lượng sống, việc làm, công bằng xã hội, khả năng chống chịu và bảo vệ môi trường [8]. Trong lĩnh vực năng lượng, điều này có nghĩa là quy hoạch đô thị phải góp phần giảm nhu cầu di chuyển, giảm tiêu thụ năng lượng công trình, tăng hiệu quả sử dụng tài nguyên và tạo điều kiện cho các mô hình năng lượng sạch.

Một số mô hình đô thị tiêu biểu đang được nhiều quốc gia quan tâm có thể kể đến như đô thị nén và TOD, đô thị

15 phút, đô thị bọt biển, vùng đô thị phát thải thấp, khu đô thị năng lượng dương, bản sao số đô thị và bảng điều khiển carbon. Các mô hình này cho thấy năng lượng đô thị không thể chỉ giải quyết bằng tăng nguồn cung điện, mà phải được xử lý ngay từ cấu trúc không gian, tổ chức giao thông, thiết kế công trình, hạ tầng xanh và dữ liệu quản trị. Đô thị nén và TOD giảm phụ thuộc vào xe cá nhân; đô thị 15 phút rút ngắn nhu cầu di chuyển; đô thị bọt biển góp phần hạ nhiệt, giảm ngập và giảm nhu cầu làm mát; khu đô thị phát thải thấp hoặc năng lượng dương thúc đẩy năng lượng tái tạo, lưu trữ và chia sẻ năng lượng tại chỗ. Trong khi đó, bản sao số đô thị và bảng điều khiển carbon giúp giám sát, dự báo và tối ưu vận hành theo thời gian thực.

Nhìn chung, các mô hình này thể hiện sự chuyển dịch từ “đô thị thông minh thiên về công nghệ” sang “đô thị xanh thông minh dựa trên hiệu quả vận hành”, hướng tới giảm tiêu thụ năng lượng, giảm phát thải carbon và nâng cao chất lượng sống đô thị.

KHUNG TIẾP CẬN ĐÔ THỊ NĂNG LƯỢNG XANH THÔNG MINH

Từ các xu hướng quốc tế và yêu cầu thực tiễn trong nước, có thể đề xuất mô hình Đô thị năng lượng xanh thông minh như một hướng tiếp cận tích hợp giữa quy hoạch đô thị, chuyển đổi năng lượng, chuyển đổi số và thích ứng khí hậu [2]. Mô hình này không xem hạ tầng năng lượng là một hệ thống kỹ thuật tách rời, mà là một cấu phần cốt lõi trong tổ chức không gian đô thị, vận hành hạ tầng và quản trị phát triển carbon thấp [5].

Về nguyên tắc, mô hình cần được xây dựng trên bốn định hướng cơ bản. Thứ nhất, tích hợp quy hoạch đô thị với quy hoạch năng lượng, trong đó phân bổ không gian, mật độ, chức năng, giao thông, cây xanh, mặt nước và hạ tầng kỹ thuật được xem xét đồng thời với nhu cầu năng lượng và khả năng giảm phát thải. Thứ hai, lấy mục tiêu sử dụng năng lượng hiệu quả và giảm phát thải carbon làm tiêu chí xuyên suốt trong lập quy hoạch, thiết kế đô thị, thiết kế công trình và quản lý vận hành [6], [7]. Thứ ba, ứng dụng dữ liệu số, AI, IoT và bản sao số đô thị trong giám sát, dự báo, tối ưu vận hành và kiểm soát carbon. Thứ tư, tăng cường khả năng chống chịu trước BĐKH thông qua hạ tầng xanh, hạ tầng xanh lam và các giải pháp dựa vào tự nhiên [8], [10].

Mô hình đề xuất không xem các cấu phần đô thị là những hợp phần tách rời, mà tổ chức chúng theo các lớp tích hợp có quan hệ chặt chẽ với nhau. Hình dưới đây cho thấy năm lớp cốt lõi của “Đô thị năng lượng xanh thông minh” và vai trò của từng lớp trong việc hướng tới đô thị carbon thấp, thích ứng khí hậu và chất lượng sống cao.

Điểm quan trọng của mô hình là không thay thế hệ thống quy hoạch hiện hành, mà bổ sung một lớp “năng lượng - carbon - dữ liệu” xuyên suốt các đồ án quy hoạch, chương trình phát triển đô thị và dự án đầu tư xây dựng. Nếu lớp này được tích hợp ngay từ giai đoạn đầu, quy hoạch đô thị sẽ không chỉ trả lời câu hỏi “không gian đô

thị được tổ chức và sử dụng ra sao”, mà còn trả lời các câu hỏi mới: đô thị sẽ tiêu thụ bao nhiêu năng lượng, phát thải bao nhiêu carbon, có thể sản xuất năng lượng sạch tại chỗ ở mức nào, khu vực nào cần ưu tiên cải tạo và hiệu quả vận hành được giám sát ra sao.

KHẢ NĂNG ÁP DỤNG MÔ HÌNH ĐÔ THỊ NĂNG LƯỢNG XANH THÔNG MINH TẠI VIỆT NAM

Để triển khai mô hình “Đô thị năng lượng xanh thông minh” tại Việt Nam, cần chuyển từ quy hoạch theo từng ngành riêng lẻ sang quy hoạch tích hợp theo không gian, dữ liệu và mục tiêu phát thải. Các đô thị lớn, đô thị mới, khu đô thị TOD, khu công nghiệp - đô thị - dịch vụ, khu vực tái thiết đô thị và trung tâm hành chính mới có thể được lựa chọn làm không gian thí điểm.

Đối với các đô thị trung tâm, cần từng bước hình thành bộ chỉ số năng lượng và carbon trong quy hoạch, gồm: mật độ phát triển gắn với giao thông công cộng, tiềm năng điện mặt trời mái nhà, tỷ lệ công trình xanh, mức tiêu thụ năng lượng công trình, tỷ lệ giao thông công cộng, giao thông xanh và giao thông điện. Trong đó, cần chú trọng hạ tầng sạc xe điện và điện hóa phương tiện công cộng. Các chỉ số này cần được lồng ghép vào chương trình phát triển đô thị, quy hoạch và thiết kế đô thị.

Đối với các khu đô thị mới, có thể thí điểm các mô hình khu đô thị phát thải thấp, khu đô thị năng lượng dương, đô thị 15 phút, đô thị bọt biển và băng điều khiển carbon. Đây là quy mô phù hợp để kiểm nghiệm giải pháp kỹ thuật, cơ chế tài chính, mô hình quản lý vận hành và sự tham gia của cộng đồng trước khi nhân rộng.

Ở cấp công trình, cần đẩy mạnh công trình xanh, công trình sử dụng năng lượng hiệu quả, thiết kế thụ động, vật liệu carbon thấp, quản lý năng lượng tòa nhà và điện mặt trời mái nhà. Với các công trình hiện hữu như công sở, bệnh viện, trường học, khách sạn, trung tâm thương mại và chung cư, cần có chương trình cải tạo năng lượng nhằm giảm chi phí vận hành và phát thải dài hạn.

Ở cấp quản trị, cần phát triển nền tảng dữ liệu đô thị tích hợp thông tin về năng lượng, giao thông, công trình, môi trường, khí hậu và phát thải carbon. Dữ liệu không chỉ phục vụ giám sát, mà còn hỗ trợ dự báo, cảnh báo, điều phối phụ tải, đánh giá hiệu quả đầu tư và kiểm soát mục tiêu phát triển carbon thấp. Từ các cấp độ áp dụng nêu trên, có thể khái quát một số nhóm nhiệm vụ ưu tiên nhằm đưa mô hình vào thực tiễn như sau.

Như vậy, “Đô thị năng lượng xanh thông minh” không chỉ là mô hình kỹ thuật, mà là một phương thức phát triển đô thị mới. Nếu được triển khai có lộ trình, mô hình này có thể giúp các đô thị Việt Nam giảm phát thải, sử dụng năng lượng hiệu quả hơn, tăng khả năng chống chịu khí hậu và tiến gần hơn tới mục tiêu tăng trưởng xanh, phát triển bền vững và trung hòa carbon.

KẾT LUẬN

Hạ tầng năng lượng thông minh không chỉ là cấu phần

kỹ thuật của ngành điện. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, tăng trưởng xanh và Net Zero, hạ tầng này cần trở thành nền tảng để tổ chức lại mô hình phát triển đô thị. Một đô thị xanh không chỉ có cây xanh, mặt nước hay công trình đẹp, mà phải tiêu thụ ít năng lượng hơn, sử dụng năng lượng sạch hơn, vận hành linh hoạt hơn và có năng lực chống chịu tốt hơn.

Đối với Việt Nam, quá trình đô thị hóa vẫn tiếp diễn, nhiều đô thị mới, khu công nghiệp, khu dịch vụ và hạ tầng giao thông đang được đầu tư. Nếu tích hợp hạ tầng năng lượng thông minh ngay từ giai đoạn quy hoạch, các đô thị có thể hạn chế phát triển carbon cao, giảm chi phí vận hành và kiểm soát tốt hơn các rủi ro hạ tầng trong dài hạn.

Tương lai của ĐTTM không nằm ở số lượng cảm biến hay nền tảng số, mà ở năng lực tối ưu tài nguyên, giảm phát thải carbon và nâng cao chất lượng sống. ĐTTM chỉ thực sự có ý nghĩa khi đồng thời là đô thị xanh, thích ứng khí hậu và có trách nhiệm với mục tiêu trung hòa carbon quốc gia. Do đó, tích hợp hạ tầng năng lượng thông minh vào quy hoạch đô thị là điều kiện quan trọng để Việt Nam phát triển hệ thống đô thị xanh, thông minh, thích ứng khí hậu và hướng tới mục tiêu Net Zero.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Nghị quyết số 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 về quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
- [2] Nghị định số 269/2025/NĐ-CP ngày 14/10/2025 về phát triển đô thị thông minh.
- [3] Quyết định số 1658/QĐ-TTg ngày 01/10/2021 phê duyệt Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050.
- [4] Quyết định số 896/QĐ-TTg ngày 26/7/2022 phê duyệt Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050.
- [5] Quyết định số 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- [6] Quyết định số 280/QĐ-TTg ngày 13/3/2019 phê duyệt Chương trình quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả giai đoạn 2019-2030.
- [7] QCVN 09:2017/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả.
- [8] UN-Habitat. The New Urban Agenda Handbook. United Nations Human Settlements Programme, 2017.
- [9] UNFCCC. Urban Climate Action Is Crucial to Bend the Emissions Curve. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2020.
- [10] UNEP. Cities and Climate Change. United Nations Environment Programme, 2024.
- [11] World Bank. Vietnam Country Climate and Development Report, 2022.
- [12] Asian Transport Observatory. Transport and Climate Profile: Viet Nam, 2024/2025.
- [13] Nguyễn Mạnh Cường. Hạ tầng năng lượng thông minh và giải pháp cung cấp điện cho các đô thị tại Việt Nam. Viện Năng lượng, Bộ Công Thương, (VOV, 6/2026)
- [14] Lê Anh Tuấn, GreenYellow. Hạ tầng năng lượng tự chủ - Trụ cột mới của năng lực cạnh tranh doanh nghiệp trong kỷ nguyên chuyển đổi năng lượng, (VOV 6/2026).

Xu hướng phát triển đô thị thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp



GS.TS.KTS NGUYỄN TỔ LĂNG

Bên cạnh các mô hình phát triển đô thị đã được luật hóa, hiện nay ở nước ta có nhiều đô thị khi xây dựng được mang tên loại mô hình, nhưng thực tế chưa có một định nghĩa chính thức nào trong các văn bản pháp luật, chưa có tiêu chí, tiêu chuẩn cụ thể...

1. MỞ ĐẦU

Ngày 01/7/2025 đánh dấu sự đổi mới toàn diện, một cột mốc đặc biệt quan trọng ở Việt Nam, cả nước thực hiện Nghị quyết số 202/2025/QH15 ngày 16/6/2025 của Quốc hội về việc sắp xếp đơn vị hành chính cấp tỉnh; Nghị quyết số 203/2025/QH15 ngày 16/6/2025 của Quốc hội sửa đổi, bổ sung một số điều của Hiến pháp nước CHXHCN Việt Nam; Nghị quyết số 76/2025/UBTVQH15 ngày 14/4/2025 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về việc sắp xếp đơn vị hành chính năm 2025 và các nghị quyết ban hành ngày 16/6/2025 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về việc sắp xếp các đơn vị hành chính cấp xã tại các tỉnh.

Đến nay, sau 1 năm thực hiện việc tinh giản bộ máy, sáp nhập một số tỉnh và triển khai mô hình chính quyền địa phương 2 cấp, cả nước ta có 34 đơn vị hành chính cấp tỉnh [7], trong đó có 27 tỉnh và 7 thành phố trực thuộc Trung ương gồm 2 đô thị đặc biệt là Thủ đô Hà Nội và TP.HCM; 5 đô thị loại I là Hải Phòng, Huế, Đà Nẵng, Cần Thơ và Đồng Nai (từ ngày 30/4/2026).

Bên cạnh việc sắp xếp lại các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương, hệ thống đô thị ở nước ta có nhiều thay đổi, 687 phường tại khu vực đô thị được thành lập từ ngày 01/7/2025 trên cơ sở các thành phố, thị xã cũ thuộc tỉnh [8]. Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 ngày 24/12/2025 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội [9] về phân loại đô thị đã giúp các tỉnh xây dựng và công bố danh mục đô thị loại II, đô thị loại III và phường đạt trình độ phát triển đô thị trên địa bàn của tỉnh. Đồng thời trong thời gian qua, các tỉnh đã triển khai, thẩm định và phê duyệt việc điều chỉnh Quy hoạch tỉnh thời

kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, trong đó có nội dung phát triển đô thị.

Bài viết này tập trung trình bày tình hình và xu hướng phát triển đô thị ở nước ta hiện nay tại 27 tỉnh, không bao gồm 7 thành phố trực thuộc trung ương, sau giai đoạn chuyển đổi sang mô hình chính quyền địa phương hai cấp, gồm một số điểm về thực trạng hệ thống đô thị và xu hướng phát triển, trong đó có một số mô hình phát triển đô thị trên thế giới và việc áp dụng vào Việt Nam, và cuối cùng là một vài kiến nghị về công tác phát triển đô thị ở nước ta trong giai đoạn tới.

2. THỰC TRẠNG HỆ THỐNG ĐÔ THỊ

Đô thị đóng vai trò quan trọng trong phát triển đất nước, theo 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, “công tác quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển đô thị ở nước ta đã đạt được nhiều kết quả rất quan trọng... kinh tế khu vực đô thị tăng trưởng ở mức cao, đóng góp khoảng 70% GDP cả nước” [1]. Từ 2022 đến nay, hệ thống đô thị tiếp tục là đòn bẩy thúc đẩy nền kinh tế nước nhà, cũng vì vậy, ngày 08/12/2025, Ban Chấp hành Trung ương ban hành Kết luận số 224-KL/TW của Bộ Chính trị về tiếp tục thực hiện Nghị quyết số 06-NQ/TW, trong đó yêu cầu tập trung vào 5 nội dung trọng tâm: Đổi mới tư duy về công tác quy hoạch đô thị; Sửa đổi, bổ sung quy định pháp luật về quy hoạch đô thị và nông thôn; Chiến lược phát triển nhà ở quốc gia; Tăng cường quản lý phát triển đô thị và phát triển

kinh tế đô thị; Bảo vệ môi trường đô thị [2].

Trên cơ sở của các văn bản quy phạm pháp luật, 27 tỉnh hiện nay ở nước ta (được sáp nhập từ 49 tỉnh trước ngày 01/7/2025) và cả nước thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp, gồm cấp tỉnh và cấp cơ sở (xã, phường, đặc khu), bỏ cấp huyện; theo đó hệ thống các thành phố và thị xã thuộc tỉnh không tồn tại; và khi không còn cấp huyện, các thị trấn thuộc huyện (cấp xã) được sáp nhập vào các đơn vị cấp cơ sở (xã nông thôn). Tổng số các đô thị trước khi sáp nhập tại 27 tỉnh là 776 [14], bao gồm các đô thị từ loại I thuộc tỉnh, loại II đến loại V cũ và các đô thị mới được nâng cấp, trong đó tỉnh có nhiều đô thị nhất là Ninh Bình với 68 đô thị (tỉnh Ninh Bình cũ 38 đô thị, tỉnh Nam Định cũ 16 đô thị, tỉnh Hà Nam cũ 14 đô thị); tỉnh có ít đô thị nhất là Điện Biên với 07 đô thị. Số lượng đô thị trước 01/7/2025 tại các tỉnh như trên Bảng 1.

Theo các nghị quyết ngày 16/6/2025 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về sắp xếp đơn vị hành chính cấp xã năm 2025, cả nước có 687 phường trong tổng số 3.321 đơn vị cơ sở, trong đó tại 27 tỉnh có 380 phường [8], bên cạnh đó là 307 phường tại 7 thành phố trực thuộc Trung ương (kể cả Đồng Nai sau khi sáp nhập và nâng cấp). Bắc Ninh là tỉnh có số phường nhiều nhất (32) trong khi tỉnh Lai Châu chỉ có 02 phường. Số lượng phường tại các tỉnh như Bảng 1.

Thực hiện Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 ngày 24/12/2025 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về Phân loại đô thị, tất cả các tỉnh trong cả nước đã ban hành quyết định công bố danh mục đô thị loại II, loại III và phường đạt trình độ phát triển đô thị trên địa bàn tỉnh vào giai đoạn đầu năm 2026 (tỉnh có quyết định sớm nhất là Lai Châu, Quyết định số 193/QĐ-UBND ngày 30/01/2026 và tỉnh có quyết định muộn nhất là Gia Lai, Quyết định số 1832/QĐ-UBND ngày 24/4/2026). Như vậy, hiện nay ngoài 07 thành phố trực thuộc Trung ương, trên cả nước có 731 đô thị loại II và loại III tại 27 tỉnh. Phú Thọ là tỉnh có số đô thị loại II và III được công nhận nhiều nhất (60) trong khi tỉnh Điện Biên chỉ có 07 đô thị. Số lượng đô thị tại các tỉnh sau ngày 24/4/2026 như Bảng 1.

3. XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ

Sau thời kỳ cả nước bước vào thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp, hệ thống đô thị ở nước ta có nhiều chuyển biến, theo từng giai đoạn:

- Từ ngày 01/7/2025 khi không còn cấp huyện, các thành phố và thị xã thuộc tỉnh không tồn tại; các thị trấn thuộc huyện (cấp xã) được sáp nhập vào các xã; các phường mới được thành lập trên cơ sở chia tách từ các thành phố, thị xã cũ và được coi là các khu vực đô thị thuộc tỉnh, mặc dù có số lượng chỉ bằng khoảng gần một nửa số đô thị trước đó.

- Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về phân loại đô thị xác định các tiêu chí, tiêu chuẩn phân loại đô thị và giao thẩm quyền công nhận loại đô thị, trình độ phát triển đô thị cho Bộ trưởng Bộ Xây dựng đối với đô thị loại I và Chủ tịch UBND các tỉnh đối với đô thị loại II và loại III và trình độ phát triển đô thị của đơn vị hành

chính cấp xã trong đô thị [9]. Thực hiện Nghị quyết này, các tỉnh đã lập đề án phân loại đô thị, tổ chức thẩm định và Chủ tịch UBND các tỉnh đã ký quyết định công nhận [12]. Số lượng 731 đô thị loại II và loại III được công nhận theo xu hướng phát triển các đô thị trên cơ sở nền tảng của các thành phố, thị xã trước đây (từ các phường hiện tại) và các xã có bao gồm các thị trấn cũ, nơi đã có tiềm năng và trình độ phát triển đô thị, cụ thể như trên Bảng 1. Như vậy, hệ thống đô thị được công nhận trên cả nước phát triển, mở rộng không những về số lượng mà còn về quy mô dân số và diện tích. Ví dụ cụ thể tại tỉnh Quảng Trị [11] như trên Bảng 2.

- Sau khi ổn định hoạt động với mô hình chính quyền địa phương 2 cấp, các tỉnh đã tiến hành điều chỉnh Quy hoạch tỉnh cho thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (kể cả các tỉnh không sáp nhập). Đến nay hầu hết các tỉnh đã hoàn thành nhiệm vụ này, chỉ còn một số ít các tỉnh đang tiếp tục hoàn thiện chờ quyết định phê duyệt. Xu hướng phát triển đô thị tại các tỉnh được phân ra làm 2 loại (xem Bảng 1):

+ Nhiều tỉnh phấn đấu trở thành đô thị loại I - thành phố trực thuộc Trung ương. 4 tỉnh Quảng Ninh, Bắc Ninh, Ninh Bình và Khánh Hòa đang được định hướng lập đề án quy hoạch để trở thành thành phố trực thuộc Trung ương trong giai đoạn từ nay đến năm 2030 [13]. Bộ Chính trị đã có Kết luận số 20-KL/TW ngày 07/4/2026 và Kết luận số 52-KL/TW ngày 20/6/2026 về chủ trương thành lập thành phố Quảng Ninh và thành phố Bắc Ninh trực thuộc Trung ương.

+ 23 tỉnh còn lại có hệ thống đô thị loại II và loại III cơ bản căn cứ vào hệ thống đô thị được công bố danh mục trong thời gian gần đây [12]. Tuy nhiên, nhiều tỉnh có số lượng đô thị theo quy hoạch giảm nhiều so với số đô thị đã công bố, đáng kể nhất là tỉnh Phú Thọ, đến năm 2030 tỉnh dự kiến có 4 đô thị loại II và 10 đô thị loại III (so với 60 đô thị hiện hữu); ngược lại, một số tỉnh có số lượng đô thị theo quy hoạch tăng hơn so với số đô thị đã công bố [12]. Tỉnh có số lượng đô thị tăng nhiều nhất và cũng là tỉnh dự kiến có nhiều đô thị nhất vào năm 2030 là Đồng Tháp với 6 đô thị trung tâm loại II và 42 đô thị loại III, trong đó có 19 đô thị mới, 23 khu vực đô thị hóa tại các xã [10]; con số này cũng vượt trội so với số lượng đô thị hiện hữu là 35 và số lượng đô thị trước 01/7/2025 là 33. Ví dụ cụ thể về Phương án phát triển hệ thống đô thị đến năm 2030 của tỉnh Đồng Tháp như bảng 3.

- Một xu hướng nữa của phát triển đô thị ở Việt Nam hiện nay là định hướng theo các mô hình đô thị đã hình thành và phát triển trên thế giới, như Đô thị thông minh, Đô thị sinh thái, đô thị xanh, đô thị theo định hướng giao thông công cộng, đô thị ít cacbon, đô thị nén, đô thị sinh thái - kinh tế, đô thị xấp. Ngoài ra, còn một số mô hình đô thị khác như: đô thị thiết kế định hướng cho người đi bộ, đô thị với các khu vực bảo tồn di sản, Đô thị với các khu vực phát triển du lịch [5]. Hiện nay, một số mô hình đô thị ở nước ta đã được luật hóa, như: Phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng; Phát triển đô thị tăng trưởng xanh; Đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển bền vững; Đô thị thông minh; nhiều mô hình phát triển đô thị khác đang được nghiên cứu để đưa vào các văn bản quy

Bảng 1. Số lượng đô thị và phường tại 27 tỉnh theo các giai đoạn [8], [12], [13], [14].

TT	Tên tỉnh	Số lượng đô thị trước 01/7/2025 [14]	Số phường (từ 01/7/2025) [8]	Số lượng đô thị loại II, loại III và phường đạt trình độ phát triển đô thị [12]	Số lượng đô thị theo định hướng các quy hoạch tỉnh đến 2030 [13]	
					Loại II	Loại III
1	An Giang	41	14	38	06	34
2	Bắc Ninh	42	33	33	Đô thị loại I	
3	Cà Mau	38	09	32	02	33
4	Cao Bằng	15	03	14	Chưa có số liệu	
5	Đắk Lắk	28	14	26	Chưa có số liệu	
6	Điện Biên	07	03	07	Chưa có số liệu	
7	Đồng Tháp	33	20	35	06	42
8	Gia Lai	40	25	39	Chưa có số liệu	
9	Hà Tĩnh	16	09	17	02	14
10	Hưng Yên	28	11	35	04	14
11	Khánh Hoà	13	16	15	Đô thị loại I	
12	Lai Châu	08	02	08	01	07
13	Lạng Sơn	19	04	15	01	12
14	Lào Cai	22	10	25	03	26
15	Lâm Đồng	62	20	38	05	33
16	Nghệ An	23	11	23	Chưa có số liệu	
17	Ninh Bình	68	32	38	Đô thị loại I	
18	Phú Thọ	56	15	60	04	10
19	Quảng Ngãi	18	09	20	02	15
20	Quảng Ninh	13	30	13	Đô thị loại I	
21	Quảng Trị	23	08	23	02	21
22	Sơn La	11	08	11	01	11
23	Tây Ninh	50	14	26	09	16
24	Thái Nguyên	17	15	23	03	11
25	Thanh Hóa	34	19	44	05	33
26	Tuyên Quang	22	07	29	02	27
27	Vĩnh Long	29	19	44	04	41
	Tổng cộng	776	380	731		

phạm pháp luật.

a. Các mô hình phát triển đô thị được xác định theo văn bản quy phạm pháp luật

+ “Phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD) là giải pháp quy hoạch, đầu tư cải tạo, chỉnh trang và phát triển đô thị, lấy điểm kết nối giao thông đường sắt làm điểm tập trung dân cư, kinh doanh dịch vụ thương mại, văn phòng” [6].

+ “Đô thị thông minh là đô thị lấy khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số làm động lực cốt lõi để quy hoạch, xây dựng, quản lý và vận hành đô thị, nhằm nâng cao chất lượng cung cấp dịch vụ, bảo đảm môi trường sống an toàn, tiện nghi cho người dân, nâng cao năng lực cạnh tranh, hiệu quả quản lý của đô thị, thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội, hướng tới mục tiêu phát triển đô thị bền vững” [4].

+ “Phát triển đô thị tăng trưởng xanh là việc quy hoạch, đầu tư xây dựng đô thị bảo đảm các nội dung về tăng trưởng xanh, hạ tầng xanh, không gian xanh và các công trình xanh theo quy định của Nghị định, phù hợp với từng vùng, miền và từng đô thị trong từng giai đoạn nhất định” [3]. Loại mô hình phát triển này cần được phân biệt với Đô thị xanh, loại hình ở nước ta chưa có định nghĩa mang tính pháp lý.

+ “Phát triển đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển bền vững là việc cải tạo, chỉnh trang hoặc phát triển mới đô thị tuân thủ các nguyên tắc, yêu cầu về thích ứng với biến đổi khí hậu theo quy định tại Nghị định này, bảo đảm phù hợp với từng khu vực, từng vùng, miền, từng

Bảng 2. Danh mục đô thị đến năm 2030 của tỉnh Quảng Trị (trích) [11]

Đơn vị hành chính sau sáp nhập		Định hướng			
Đơn vị hành chính mới	Loại Đơn vị hành chính	TT	Đô thị	Hiện trạng	Đến năm 2030
				(phân loại theo NQ 111)	
Phường Đồng Hới	Phường	1	Đồng Hới (Trên toàn ranh giới các phường: Đồng Hới, Đồng Sơn, Đồng Thuận)	II	II
Phường Đồng Sơn	Phường				
Phường Đồng Thuận	Phường				
...	...	...	...	...	...
Xã Triệu Phong	Xã	23	Ái Tử (Khu vực đô thị là thị trấn Ái Tử cũ)	III	III

Bảng 3. Phương án phát triển hệ thống đô thị đến năm 2030 của tỉnh Đồng Tháp (trích) [10]

STT	Đô thị	Loại đô thị	Ghi chú
I	ĐÔ THỊ TRUNG TÂM		
1	Đô thị Mỹ Tho	II	Gồm các phường: Mỹ Tho, Đạo Thạnh, Mỹ Phong, Thới Sơn, Trung An
...	...	...	...
II	ĐÔ THỊ MỚI		
1	Đô thị Tràm Chim	III	Xã Tràm chim
...	...	...	...
III	KHU VỰC ĐÔ THỊ HÓA TẠI XÃ		
...	...	...	...
23	Đô thị Bình Ninh	III	Xã Bình Ninh

địa phương khác nhau, bảo vệ tài nguyên môi trường và nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân tại đô thị, đáp ứng mục tiêu phát triển bền vững” [3].

Chi tiết quy định về các mô hình phát triển đô thị này tại Việt Nam đã được xác định rõ ràng và có hướng dẫn cụ thể trong các Nghị định của Chính phủ.

b. Các mô hình phát triển đô thị cần được tiếp tục nghiên cứu áp dụng

Bên cạnh các mô hình phát triển đô thị đã được luật hóa, hiện nay ở nước ta có nhiều đô thị khi xây dựng được mang tên loại mô hình, nhưng thực tế chưa có một định nghĩa chính thức nào trong các văn bản pháp luật, chưa có tiêu chí, tiêu chuẩn cụ thể như đô thị xanh, đô thị sinh thái, đô thị nén, đô thị xộp. Điều đó không thống nhất, gây khó khăn khi áp dụng các tiêu chí, chỉ tiêu cho các loại đô thị này tại các địa bàn khác nhau. Dưới đây là một số mô hình đô thị sử dụng nhiều trên thế giới, có thể được hiểu như sau [5]:

+ Mô hình đô thị xanh. Đô thị xanh là các đô thị có kế hoạch giảm thiểu tác động môi trường bằng cách giảm chất thải, giảm phát thải, tăng cường tái chế, tăng mật độ nhà ở đồng thời tăng cường không gian mở, cây xanh và khuyến khích phát triển các doanh nghiệp địa phương bền vững. Đô thị xanh cần đạt được tiêu chí của một đô thị bền vững, đó là một đô thị nơi sinh sống của những người có ý thức giảm thiểu đầu vào cần thiết về năng lượng, nước, thực phẩm, chất thải, nhiệt độ, ô nhiễm không khí - CO₂, khí mê-

tan và ô nhiễm nước.

+ Mô hình đô thị sinh thái. Đây là mô hình định cư con người dựa trên cấu trúc và chức năng tự phục hồi của các hệ sinh thái tự nhiên. Đô thị sinh thái hướng đến cung cấp sự phong phú, lành mạnh cho cư dân trên cơ sở không tiêu thụ nhiều tài nguyên không thể tái tạo.

+ Mô hình đô thị nén. Đô thị nén là khu vực định cư đô thị với mật độ cao và có các đặc điểm chính như bao gồm khu vực trung tâm phát triển mật độ cao với chức năng hỗn hợp. Khu vực lân cận đô thị nén dành cho cây xanh, khoảng trống phục vụ cho nhu cầu nghỉ ngơi giải trí hay sản xuất thực phẩm, trồng hoa tươi phục vụ đô thị. Đô thị nén quan tâm về tính bền vững đô thị, nhằm vào yêu cầu sử dụng đất tốt hơn. Mô hình này đòi hỏi cách suy nghĩ mới liên quan đến quy hoạch thành phố, thiết kế đô thị, giao thông và nhà ở.

+ Đô thị xộp là đô thị được thiết kế để hấp thụ thụ động, làm sạch và sử dụng lượng mưa theo hướng thân thiện với môi trường, làm giảm dòng chảy nguy hiểm và ô nhiễm. Các kỹ thuật liên quan bao gồm các con đường thấm nước, vườn trên mái nhà, vườn thu gom nước mưa, không gian xanh và mặt nước như ao, hồ.

+ Đô thị thiết kế định hướng cho người đi bộ (POD) là chính sách thân thiện với người đi bộ, cung cấp lối đi bộ dễ dàng, thoải mái cho người đi bộ đến các khu thương mại và dân cư cũng như các trạm trung chuyển. POD được sử dụng

thông qua sự kết hợp của thiết kế không gian bao gồm phát triển tập trung, sử dụng hỗn hợp, giao thông yên tĩnh cho người đi bộ - định hướng tiếp cận các tuyến công cộng và các loại nhà ở khác nhau.

4. MỘT VÀI KIẾN NGHỊ

- Các tỉnh có định hướng trở thành thành phố trực thuộc Trung ương trong giai đoạn từ nay đến năm 2030 cần sớm lập đề án quy hoạch, thực hiện các công đoạn cần thiết để trình Quốc hội phê duyệt.

- Các tỉnh cần nhanh chóng kiện toàn các đô thị loại II và loại III được công bố và định hướng phát triển theo các quyết định phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch tỉnh thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Sớm có kế hoạch lập, điều chỉnh quy hoạch cho tất cả các đô thị, đặc biệt là các đô thị được xây dựng, nâng cấp từ các xã nông thôn hoặc các xã bao gồm các thị trấn trước đây. Quá trình lập quy hoạch đô thị cần quan tâm và tuân thủ các quy hoạch cấp trên: Quy hoạch tổng thể Quốc gia, quy hoạch vùng và các quy hoạch ngành liên quan để xây dựng một hệ thống mạng lưới đô thị hoàn chỉnh, đồng bộ và liên kết tốt với nhau.

- Rà soát các tiêu chí, tiêu chuẩn và trình độ phát triển cho các đô thị theo Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội. Bổ sung những tiêu chuẩn chưa đầy đủ (nếu có).

- Nhà nước sớm ban hành các văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến các mô hình phát triển đô thị có thể áp dụng được ở Việt Nam, trong đó có các tiêu chí, tiêu chuẩn, các quy định cụ thể và có quan tâm đến các vùng, miền trong cả nước.

- Lựa chọn mô hình phát triển cho từng đô thị theo các đặc thù của địa phương nhằm xây dựng các đô thị có bản sắc và tận dụng triệt để các đặc điểm phát triển. Sau đây là một vài gợi ý về lựa chọn mô hình phát triển: Mô hình đô thị xanh, đô thị tăng trưởng xanh, đô thị sinh thái có thể áp dụng cho bất kỳ địa phương nào ở Việt Nam. Đô thị xanh cũng có thể áp dụng riêng cho các khu đô thị mới; Đô thị sinh thái trước mắt chỉ nên áp dụng cho các đô thị có điều kiện về kinh tế và kỹ thuật, nơi ít gặp khó khăn về khả năng tiếp cận kỹ thuật và tài chính; Đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu nên áp dụng cho các đô thị chịu tác động của biến đổi khí hậu; Đô thị nén phù hợp cho các khu đô thị mới ở Việt Nam, nơi có địa hình phù hợp, có thể áp dụng cho khu vực trung tâm và các khu vực cũ phục hồi, tuy nhiên ứng dụng của nó có thể bị hạn chế do những điều kiện về hạ tầng kỹ thuật và xã hội; Đô thị xấp có thể đưa vào từng khu vực đô thị hiện hữu, nơi các vấn đề về chất lượng cấp nước và thoát nước đang được phổ biến và nên được lồng ghép vào quy hoạch cho tất cả các khu đô thị mới tiếp giáp với các khu vực hiện hữu; Đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD) phù hợp cho cả khu vực đô thị mới và khu tái định cư, đặc biệt đây là cơ hội để khai thác triệt để giá trị đất; Mô hình POD phù hợp để áp dụng rộng rãi cho tất cả các đô thị ở Việt Nam.

5. KẾT LUẬN

Sau 1 năm thực hiện việc tinh giản bộ máy, sáp nhập một số tỉnh và triển khai mô hình chính quyền địa phương 2 cấp, bỏ cấp huyện, hệ thống đô thị ở nước ta đã có nhiều thay đổi. Bên cạnh các phường được thành lập từ ngày 01/7/2025 trên cơ sở các thành phố, thị xã thuộc tỉnh, các tỉnh đã xây dựng và công bố danh mục đô thị loại II, loại III và phường đạt trình độ phát triển đô thị trên địa bàn của tỉnh.

Quy hoạch tỉnh thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 của các tỉnh đã được điều chỉnh và phê duyệt, trong đó việc quy hoạch xây dựng và phát triển các đô thị loại II và loại III thuộc tỉnh và các tiểu vùng trong tỉnh được xác định cho giai đoạn đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050.

Bài viết này đã trình bày tình hình phát triển đô thị ở nước ta hiện nay tại 27 tỉnh sau giai đoạn chuyển đổi sang mô hình chính quyền địa phương hai cấp, gồm một số điểm về thực trạng hệ thống đô thị và xu hướng phát triển, kể cả một số mô hình phát triển đô thị trên thế giới và việc áp dụng vào Việt Nam, và cuối cùng là một vài kiến nghị về công tác phát triển đô thị ở nước ta trong giai đoạn tới, trước mắt là đến năm 2030.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Ban Chấp hành Trung ương. 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;
- [2] Ban Chấp hành Trung ương. Kết luận của Bộ Chính trị về tiếp tục thực hiện 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;
- [3] Chính phủ. Nghị định số 35/2026/NĐ-CP ngày 22/01/2026 Quy định chi tiết một số điều của Nghị quyết về phân loại đô thị;
- [4] Chính phủ. Nghị định số 269/2025/NĐ-CP ngày 14/10/2025 về Phát triển đô thị thông minh;
- [5] Nguyễn Tố Lăng. Nhận diện vấn đề đô thị và quản lý phát triển đô thị khi đất nước dần trở thành nước công nghiệp theo hướng hiện đại. Tạp chí Cộng sản, số 957 (kỳ 1) và số 958 (kỳ 2). Hà Nội, 2021;
- [6] Quốc hội. Luật Đường sắt số 95/2025/QH15 ngày 27/6/2025;
- [7] Quốc hội. Nghị quyết số 202/2025/QH15 ngày 16/6/2025 về việc sắp xếp đơn vị hành chính cấp tỉnh;
- [8] Ủy ban Thường vụ Quốc hội. Các Nghị quyết ban hành ngày 16 tháng 6 năm 2025 về việc sắp xếp các đơn vị hành chính cấp xã tại các tỉnh;
- [9] Ủy ban Thường vụ Quốc hội. Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 ngày 24/12/2025 về Phân loại đô thị;
- [10] UBND tỉnh Đồng Tháp. Quyết định số 1410/QĐ-UBND ngày 13/5/2026 về việc Phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch tỉnh Đồng Tháp thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050;
- [11] UBND tỉnh Quảng Trị. Quyết định số 719/QĐ-UBND ngày 27/02/2026 về việc Phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch tỉnh Quảng Trị thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050;
- [12] UBND các tỉnh. Quyết định Công bố danh mục đô thị loại II, loại III và phường đạt trình độ phát triển đô thị trên địa bàn tỉnh;
- [13] UBND các tỉnh. Quyết định Phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch tỉnh thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050;
- [14] UBND các tỉnh. Trang thông tin điện tử của tỉnh (tinh.gov.vn).

Nghị quyết 111/2025/UBTVQH15 và những vấn đề đặt ra đối với quy hoạch không gian một tỉnh



THS LÊ TÙNG LÂM^(*)

Nghị quyết 111/2025/UBTVQH15 không chỉ là văn bản quy định về phân loại đô thị mà còn phản ánh sự chuyển dịch quan trọng trong cách nhìn nhận về đô thị ở Việt Nam.

Trong hơn 3 thập niên đổi mới, Việt Nam đã trải qua quá trình đô thị hóa nhanh chóng với sự gia tăng mạnh mẽ về số lượng đô thị, quy mô dân số đô thị, tỷ lệ đô thị hóa và mức độ tập trung các hoạt động kinh tế - xã hội. Hệ thống đô thị quốc gia không ngừng mở rộng, từ các đô thị trung tâm cấp quốc gia, các thành phố trực thuộc Trung ương đến các đô thị trung tâm vùng, trung tâm tỉnh và các đô thị chuyên ngành. Quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa, phát triển hạ tầng giao thông, hội nhập kinh tế quốc tế, chuyển đổi số và sự hình thành các hành lang kinh tế mới đã làm thay đổi sâu sắc cấu trúc không gian phát triển của nhiều địa phương. Trong bối cảnh đó, đô thị không còn phát triển theo mô hình tập trung đơn cực như trước, mà ngày càng xuất hiện các hình thái phát triển mới như đô thị mở rộng, đô thị liên kết, đô thị đa trung tâm, các khu vực đô thị hóa lan tỏa ra vùng ven và các không gian phát triển có tính chất đan xen giữa đô thị và nông thôn.

Bên cạnh những thành tựu đạt được, thực tiễn phát triển cũng cho thấy hệ thống tiêu chí và phương pháp phân loại đô thị trước đây đã bộc lộ nhiều hạn chế. Việc đánh giá đô thị trong nhiều trường hợp còn thiên về các chỉ tiêu định lượng, gắn chặt với địa giới hành chính, chưa phản ánh đầy đủ vai trò của đô thị trong mạng lưới phát triển vùng và quốc gia. Một số tiêu chí chưa theo kịp các xu hướng phát triển mới như đô thị xanh, đô thị thông minh, đô thị sinh thái, đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu và đô thị dựa trên dữ liệu. Trong nhiều trường hợp, phạm vi không gian phát triển thực tế của đô thị đã vượt ra ngoài ranh giới của một đơn vị hành chính nhưng cơ chế đánh giá và phân loại vẫn chủ yếu dựa trên địa giới quản lý hành chính truyền thống, dẫn đến khoảng cách nhất định giữa thực tiễn phát triển và công cụ quản lý nhà nước.

Quá trình đổi mới tổ chức bộ máy nhà nước, đặc biệt là việc thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp, cũng

đặt ra những yêu cầu mới đối với công tác phân loại đô thị. Khi quy mô và phạm vi quản lý của nhiều đơn vị hành chính thay đổi, việc đánh giá trình độ phát triển đô thị không thể chỉ dựa trên phạm vi của một phường hay một xã riêng lẻ, mà cần xem xét trong tổng thể không gian đô thị được xác định bởi quy hoạch. Đồng thời, yêu cầu nâng cao hiệu lực quản lý nhà nước, sử dụng hiệu quả nguồn lực đất đai, bảo vệ môi trường, thích ứng với biến đổi khí hậu và nâng cao chất lượng sống của người dân đòi hỏi hệ thống phân loại đô thị phải phản ánh đúng bản chất phát triển của đô thị trong điều kiện mới. Xu thế phát triển đô thị trên thế giới hiện nay cũng cho thấy sự chuyển dịch từ tư duy phát triển theo chiều rộng sang phát triển theo chiều sâu, từ mở rộng diện tích xây dựng sang nâng cao chất lượng không gian sống, từ tăng trưởng đơn thuần sang phát triển bền vững. Các đô thị hiện đại không chỉ được đánh giá bởi quy mô dân số hay diện tích xây dựng mà còn bởi chất lượng hạ tầng, khả năng kết nối, mức độ thông minh, khả năng chống chịu trước thiên tai và biến đổi khí hậu, chất lượng môi trường sống, mức độ bao trùm xã hội và hiệu quả quản trị đô thị. Điều đó đòi hỏi hệ thống phân loại đô thị phải được điều chỉnh theo hướng hiện đại hơn, phản ánh đầy đủ hơn các yếu tố chất lượng và năng lực phát triển của đô thị.

Trong bối cảnh đó, Nghị quyết số 111/2025/UBTVQH15 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội (sau đây viết tắt là Nghị quyết 111) về phân loại đô thị được ban hành nhằm xây dựng một khuôn khổ phân loại đô thị phù hợp với yêu cầu phát triển mới của đất nước. Nghị quyết không chỉ kế thừa những nội dung còn phù hợp của hệ thống phân loại trước đây mà còn đổi mới mạnh mẽ cách tiếp cận, chuyển trọng tâm từ việc đánh giá đơn thuần các chỉ tiêu kỹ thuật sang đánh giá tổng hợp vai trò, mức độ đô thị hóa, chất lượng hạ tầng và tổ chức không gian đô thị. Đồng thời, Nghị quyết cũng thể hiện

^(*)Trưởng Ban Đô thị HĐND TP Đà Nẵng

xu hướng tiếp cận đô thị theo không gian phát triển được xác định trong quy hoạch, tạo cơ sở pháp lý quan trọng cho việc nâng cao chất lượng công tác quy hoạch, quản lý và phát triển đô thị trong giai đoạn mới.

Việc nghiên cứu Nghị quyết 111 không chỉ có ý nghĩa đối với công tác phân loại đô thị, mà còn giúp nhận diện những thay đổi quan trọng trong tư duy phát triển không gian của Việt Nam. Đây là cơ sở để xem xét lại nhiều khái niệm và phương pháp tiếp cận trong quy hoạch, đặc biệt là quy hoạch không gian một tỉnh, nơi mối quan hệ giữa đô thị và nông thôn, giữa phát triển và bảo tồn, giữa không gian xây dựng và không gian sinh thái ngày càng trở nên phức tạp và đòi hỏi những cách tiếp cận tích hợp hơn. Nghị quyết vì vậy không chỉ là một văn bản kỹ thuật về phân loại đô thị mà còn là một bước chuyển đáng chú ý trong quá trình hoàn thiện tư duy quản lý và phát triển không gian ở Việt Nam trong giai đoạn mới.

Theo Nghị quyết 111, hệ thống đô thị được phân thành 4 loại gồm đô thị loại đặc biệt, đô thị loại I, đô thị loại II và đô thị loại III. Việc phân loại được thực hiện trên cơ sở 3 nhóm tiêu chí chính gồm vai trò, vị trí và điều kiện phát triển kinh tế - xã hội; mức độ đô thị hóa; và trình độ phát triển hạ tầng cùng tổ chức không gian đô thị. Cách tiếp cận này cho thấy sự thay đổi rõ rệt trong tư duy đánh giá đô thị. Thay vì chỉ xem xét quy mô dân số hoặc diện tích xây dựng, Nghị quyết yêu cầu đánh giá tổng hợp vai trò của đô thị trong hệ thống phát triển, mức độ đô thị hóa thực chất và chất lượng của hệ thống hạ tầng cũng như tổ chức không gian. Đây là bước chuyển từ tư duy đánh giá theo số lượng sang tư duy đánh giá theo chất lượng phát triển.

Một trong những điểm mới quan trọng nhất của Nghị quyết là việc xác định đô thị trên phạm vi phù hợp với quy hoạch được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt. Mặc dù Nghị quyết không đưa ra định nghĩa mới về đô thị, nhưng cách tiếp cận này cho thấy đô thị không còn được nhìn nhận đơn thuần là một đơn vị hành chính hay một khu vực xây dựng liên tục, mà được xem là một không gian phát triển được tổ chức theo các chức năng đô thị. Điều này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh nhiều đô thị hiện nay bao gồm nhiều đơn vị hành chính cấp xã khác nhau và có phạm vi phát triển vượt ra ngoài các ranh giới hành chính truyền thống. Nghị quyết cũng bổ sung nội dung đánh giá trình độ phát triển đô thị đối với các đơn vị hành chính cấp xã trong phạm vi đô thị, cho phép phản ánh rõ hơn sự khác biệt về trình độ phát triển giữa các khu vực trong cùng một đô thị.

Từ cách tiếp cận mới đó, cần nhận thức lại một số khái niệm thường bị nhầm lẫn trong thực tiễn. Phạm vi đô thị không đồng nhất với đất đô thị. Đất đô thị không đồng nhất với đất xây dựng đô thị. Đất xây dựng đô thị không đồng nhất với đất dân dụng. Tỷ lệ đô thị hóa không đồng nhất với tỷ lệ đất đô thị hoặc tỷ lệ đất xây dựng đô thị. Dân số đô thị cũng không phản ánh đầy đủ chất lượng phát triển của đô thị. Phạm vi đô thị là không gian phát triển được xác định trong quy hoạch. Trong phạm vi đó có thể bao gồm đất xây dựng, đất nông nghiệp, mặt nước, hành lang xanh, khu bảo tồn sinh thái, các khu vực dự trữ phát triển và nhiều loại hình

sử dụng đất khác. Chính vì vậy, việc đánh giá đô thị không thể chỉ dựa trên tỷ lệ đất xây dựng hay mật độ công trình mà phải xem xét toàn bộ cấu trúc không gian và các chức năng phát triển của đô thị.

Một nội dung đặc biệt quan trọng là mối quan hệ giữa đô thị và nông thôn. Trong tư duy truyền thống, đô thị và nông thôn thường được xem là hai không gian đối lập nhau. Tuy nhiên, thực tiễn phát triển hiện đại cho thấy giữa hai khu vực này tồn tại mối quan hệ gắn bó và phụ thuộc lẫn nhau. Trong nhiều đô thị hiện nay vẫn tồn tại các vùng sản xuất nông nghiệp, các khu vực sinh thái, hồ chứa nước, hành lang xanh và các khu bảo tồn thiên nhiên. Ngược lại, nhiều khu vực nông thôn lại có quan hệ mật thiết với đô thị thông qua hệ thống giao thông, lao động, dịch vụ và chuỗi cung ứng. Điều đó cho thấy đô thị không nhất thiết phải là một không gian được phủ kín bởi các công trình xây dựng. Một đô thị hiện đại hoàn toàn có thể bao gồm các không gian nông nghiệp, sinh thái và dự trữ phát triển nếu các chức năng đô thị vẫn giữ vai trò chủ đạo trong cấu trúc phát triển chung.

Tỷ lệ đô thị hóa cũng cần được hiểu một cách chính xác hơn. Về bản chất, tỷ lệ đô thị hóa là tỷ lệ dân số đô thị trên tổng dân số của một địa phương hoặc một vùng lãnh thổ. Đây là chỉ tiêu phản ánh mức độ chuyển dịch dân cư từ khu vực nông thôn sang khu vực đô thị và mức độ tập trung các hoạt động phi nông nghiệp. Tuy nhiên, tỷ lệ đô thị hóa không phản ánh trực tiếp diện tích đất đô thị, diện tích đất xây dựng đô thị hay chất lượng phát triển của đô thị. Một địa phương có tỷ lệ đô thị hóa cao chưa chắc đã có hệ thống hạ tầng tốt hoặc môi trường sống chất lượng. Ngược lại, một địa phương có tỷ lệ đô thị hóa chưa cao nhưng tổ chức không gian hợp lý, hạ tầng đồng bộ và môi trường bền vững vẫn có thể đạt chất lượng phát triển cao hơn. Vì vậy, Nghị quyết 111 không sử dụng riêng tỷ lệ đô thị hóa làm căn cứ phân loại đô thị mà đặt nó trong mối quan hệ với các nhóm tiêu chí khác.

Nếu lấy tinh thần của Nghị quyết 111 để minh họa thì có thể hình dung một đô thị loại III như sau: Giả sử một đô thị trung tâm tiểu vùng có: Diện tích tự nhiên: 12.000 ha. Dân số: khoảng 120.000 người. Khu trung tâm hành chính, thương mại, dịch vụ: 1.000 ha. Khu dân cư đô thị: 1.500 ha. Khu công nghiệp, logistics: 500 ha. Đất giao thông, hạ tầng kỹ thuật: 500 ha. Đất nông nghiệp: 6.000 ha. Mặt nước, cây xanh, sinh thái: 2.500 ha. Trong trường hợp này: Đất xây dựng đô thị chỉ khoảng 3.500 - 4.000 ha. Đất nông nghiệp và sinh thái vẫn chiếm hơn 60% diện tích. Nhưng toàn bộ không gian đó vẫn có thể được xác định là một đô thị loại III nếu đáp ứng các tiêu chuẩn về vai trò trung tâm tiểu vùng, mức độ đô thị hóa và hạ tầng theo Nghị quyết 111. Trước đây nhiều người hiểu: Đô thị bao gồm khu vực nhà cửa liên tục. Trong khi tinh thần mới là: Đô thị là một không gian phát triển được tổ chức theo chức năng đô thị. Do đó trong một đô thị loại III hoàn toàn có thể tồn tại: đất lúa; vùng nông nghiệp; rừng sinh thái; hồ chứa nước; hành lang xanh; khu bảo tồn; khu dự trữ phát triển. Miễn là tổng thể không gian đó được quy hoạch và vận hành như một đô thị trung tâm tiểu vùng.

Đây là điểm rất đáng chú ý về mối quan hệ đô thị - nông



thôn trong quy hoạch không gian một tỉnh, vì nó cho thấy đô thị và nông thôn không còn là hai phạm trù tách biệt tuyệt đối mà có thể cùng tồn tại trong một không gian phát triển thống nhất. Mặc dù là văn bản về phân loại đô thị, Nghị quyết 111 có tác động sâu rộng đến công tác quy hoạch không gian một tỉnh. Trước hết, Nghị quyết thúc đẩy sự chuyển đổi từ tư duy quản lý theo địa giới hành chính sang tư duy quản lý theo không gian phát triển. Thay vì xem mỗi đô thị là một thực thể riêng biệt, quy hoạch không gian hiện đại cần nhìn nhận toàn bộ lãnh thổ tỉnh như một hệ thống không gian thống nhất, trong đó các đô thị, khu vực nông thôn, các trung tâm phát triển, hệ thống hạ tầng, không gian sinh thái và không gian nước có mối quan hệ hữu cơ với nhau. Các đô thị không chỉ được tổ chức theo ranh giới hành chính mà cần được xem xét trong mối quan hệ với mạng lưới giao thông, các hành lang kinh tế, các trung tâm dịch vụ, các khu vực sản xuất và các vùng sinh thái trên phạm vi toàn tỉnh.

Nghị quyết cũng làm nổi bật vai trò của tổ chức không gian trong phát triển đô thị. Một đô thị hiện đại không chỉ được đánh giá bởi quy mô dân số hay tốc độ tăng trưởng mà còn bởi chất lượng tổ chức không gian, khả năng kết nối, hiệu quả sử dụng đất đai, chất lượng môi trường sống và khả năng thích ứng với các rủi ro trong tương lai. Điều này đòi hỏi công tác quy hoạch phải chuyển từ tư duy phân bố đất đai đơn thuần sang tư duy tổ chức các dòng vận động của con người, hàng hóa, dịch vụ, tri thức, dữ liệu và các nguồn lực phát triển trên lãnh thổ. Bên cạnh đó, Nghị quyết còn cho thấy vai trò ngày

càng quan trọng của dữ liệu và chuyển đổi số trong quản lý đô thị. Việc đánh giá mức độ đô thị hóa, trình độ hạ tầng và tổ chức không gian trong tương lai sẽ ngày càng dựa trên các hệ thống dữ liệu số, cơ sở dữ liệu không gian, GIS, mô hình số và các nền tảng quản trị thông minh. Chất lượng dữ liệu sẽ trở thành một trong những yếu tố quyết định chất lượng quy hoạch và hiệu quả quản lý phát triển.

Tuy nhiên, Nghị quyết 111 mới chỉ là bước khởi đầu cho quá trình đổi mới tư duy phát triển đô thị. Nhiều vấn đề lý luận và thực tiễn vẫn cần tiếp tục được nghiên cứu và hoàn thiện như mối quan hệ giữa đô thị và không gian phát triển, giữa đô thị và đơn vị hành chính, giữa đô thị và nông thôn, phương pháp đánh giá trình độ phát triển đô thị cấp xã, các mô hình tổ chức không gian phù hợp với điều kiện Việt Nam, cũng như vai trò của dữ liệu và quy hoạch chiến lược không gian trong quản trị phát triển lãnh thổ.

Có thể nói rằng Nghị quyết 111 không chỉ là văn bản quy định về phân loại đô thị mà còn phản ánh sự chuyển dịch quan trọng trong cách nhìn nhận về đô thị ở Việt Nam. Từ chỗ xem đô thị chủ yếu là một đơn vị hành chính và một khu vực xây dựng tập trung, cách tiếp cận mới đặt trọng tâm vào không gian phát triển, mức độ đô thị hóa, chất lượng hạ tầng và tổ chức không gian. Đây là nền tảng quan trọng để đổi mới công tác quy hoạch, quản lý và phát triển đô thị, đồng thời mở ra những hướng tiếp cận mới đối với quy hoạch không gian một tỉnh trong bối cảnh phát triển xanh, thông minh, bền vững và thích ứng với những biến động của tương lai.❖

TÁI SỬ DỤNG THÍCH ỨNG TRỤ SỞ HÀNH CHÍNH DÔI DƯ SAU SẮP XẾP ĐƠN VỊ HÀNH CHÍNH Ở VIỆT NAM:

Khung dữ liệu số, đánh giá đa tiêu chí và lộ trình thí điểm



TS.KTS ĐINH THỊ HẢI YẾN^(*)

Việt Nam đang bước vào giai đoạn tái cấu trúc không gian hành chính với quy mô lớn, kéo theo sự xuất hiện của một quỹ trụ sở và nhà, đất công đôi dư đáng kể. Bài viết này nhằm xây dựng một khung nghiên cứu phục vụ việc lựa chọn phương án tái sử dụng thích ứng đối với trụ sở hành chính đôi dư sau sắp xếp đơn vị hành chính. Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích tài liệu, tổng hợp chính sách, đối chiếu kinh nghiệm quốc tế và thiết kế khung đánh giá đa tiêu chí. Kết quả đề xuất 3 hợp phần chính: cơ sở dữ liệu số quốc gia cho tài sản đôi dư; bộ tiêu chí đánh giá tiềm năng tái sử dụng gồm 5 nhóm tiêu chí và 20 tiêu chí con; cùng lộ trình thí điểm theo các nhóm tài sản điển hình.

Bài viết lập luận rằng chuyển trọng tâm từ “xử lý tài sản” sang “lựa chọn sử dụng cuối tốt nhất” có thể đồng thời nâng cao giá trị công, giảm lãng phí, hạn chế phát thải gắn với phá dỡ xây mới và tạo cơ sở cho các mô hình phát triển đô thị linh hoạt hơn. Đóng góp của nghiên cứu nằm ở việc kết nối quản trị tài sản công, quy hoạch đô thị, bảo tồn giá trị kiến trúc và đánh giá vòng đời công trình trong một khung ra quyết định thống nhất, phù hợp với bối cảnh Việt Nam hiện nay.

1. GIỚI THIỆU

Năm 2025, Quốc hội thông qua nghị quyết sắp xếp đơn vị hành chính cấp tỉnh, theo đó cả nước còn 34 đơn vị hành chính cấp tỉnh; tiếp nối quá trình này, Công điện số 39/CT-TTg yêu cầu đẩy nhanh tiến độ khai thác, xử lý nhà, đất đôi dư và bảo đảm hoàn thành trong quý II/2026. [3][4][5] Bối cảnh

^(*) Chi hội KTS cơ quan Trung ương Hội KTS Việt Nam

đó làm xuất hiện một bài toán kép: vừa phải xử lý nhanh tài sản công đôi dư, vừa phải tránh những quyết định ngắn hạn gây thất thoát giá trị công, mất cơ hội tái cấu trúc đô thị và gia tăng phát thải do phá dỡ - xây mới.

Trên bình diện quốc tế, tái sử dụng thích ứng công trình hiện hữu được xem là một công cụ quan trọng để kéo dài vòng đời công trình, giữ lại năng lượng hàm chứa và giảm chất thải phá dỡ; lợi ích của cách tiếp cận này thường được mô tả trên bốn bình diện chính: kinh tế, môi trường, xã hội và giá trị văn hóa - lịch sử. Đồng thời, pháp luật châu Âu về hiệu quả năng lượng công trình nhấn mạnh rằng công trình chiếm 40% tiêu thụ năng lượng cuối cùng và 36% phát thải khí nhà kính liên quan đến năng lượng trong Liên minh châu Âu, và các công trình hiện hữu cần được chuyển hóa dần thành công trình phát thải bằng 0 vào năm 2050. [7][12][14]

Vấn đề đặt ra ở Việt Nam không chỉ là “thanh lý hay giữ lại”, mà là làm thế nào để xác định phương án sử dụng cuối tốt nhất cho từng nhóm tài sản trong điều kiện ràng buộc bởi pháp lý, quy hoạch, giá trị kiến trúc, hiện trạng kỹ thuật, nhu cầu cộng đồng và hiệu quả tài chính. Bản thảo gốc của tác giả đã nêu đúng khoảng trống này khi đề xuất chuyển từ tư duy “xử lý tài sản” sang tư duy “lựa chọn phương án tái sử dụng thích ứng” dựa trên dữ liệu số, bản đồ, chẩn đoán kỹ thuật và đánh giá đa tiêu chí.

Từ đó, bài viết này trả lời 3 câu hỏi nghiên cứu: Việc quản trị quỹ trụ sở đôi dư nên được cấu trúc lại theo nguyên tắc nào? Bộ tiêu chí nào có thể dùng để sàng lọc và xếp hạng phương án tái sử dụng? Lộ trình thí điểm nào phù hợp để



Một trụ sở bị bỏ hoang tại Hà Đông, Hà Nội.

triển khai ở Việt Nam trong giai đoạn 2025 - 2026?

2. TỔNG QUAN LÝ THUYẾT VÀ KHUNG PHÂN TÍCH

Khái niệm tái sử dụng thích ứng (adaptive reuse) được hiểu là việc chuyển đổi một công trình hiện hữu sang công năng mới hoặc công năng hỗn hợp mới mà vẫn bảo toàn được phần đáng kể các giá trị vật chất, kiến trúc hoặc di sản. Các nghiên cứu tổng quan gần đây cho thấy hiệu quả của tái sử dụng không thể đánh giá chỉ bằng chi phí đầu tư ban đầu; cần đồng thời xem xét giá trị di sản, hiệu quả vận hành, lợi ích xã hội, mức độ phù hợp quy hoạch, tiềm năng tiết kiệm năng lượng và khả năng giảm phát thải trong toàn bộ vòng đời công trình. [1][2][13]

Đối với nhóm trụ sở hành chính dôi dư, khung lý thuyết phù hợp nhất là sự giao cắt của 4 cách tiếp cận. Thứ nhất là quản trị tài sản công, nơi đối tượng phân tích không phải tài sản tư nhân tối đa hóa lợi nhuận mà là tài sản có nghĩa vụ tạo giá trị công. Thứ hai là quy hoạch và thiết kế đô thị, nơi vị trí, kết nối giao thông, cấu trúc lô đất và tương thích chức năng quyết định khả năng chuyển đổi. Thứ ba là khoa học công trình và đánh giá vòng đời, nơi hiện trạng kết cấu, lớp vỏ công trình, hệ thống kỹ thuật và năng lượng hàm chứa trở thành dữ liệu quyết định. Thứ tư là lý thuyết giá trị xã hội của di sản, [10][13] nơi một trụ sở cũ có thể được đánh giá không chỉ bằng giá đất mà còn bằng vai trò ký ức, biểu tượng và hạ tầng cộng đồng.

Trong bối cảnh hậu đại dịch, nhu cầu sử dụng văn phòng cũng đã thay đổi theo xu hướng làm việc kết hợp (hybrid work), khiến nhiều thị trường phải xem xét lại việc giữ

nguyên công năng văn phòng đối với các tòa nhà cũ, đặc biệt là những tài sản hạng thấp hoặc không còn hiệu quả vận hành. Điều đó củng cố thêm lập luận rằng trụ sở dôi dư không nên tự động quay lại chức năng văn phòng hoặc bị xử lý bằng một cơ chế đơn tuyến. [8][9]

Từ tổng quan nói trên, bài viết đề xuất một khung phân tích gồm 3 tầng: tầng dữ liệu số quốc gia; tầng đánh giá đa tiêu chí; và tầng quyết định thí điểm. 3 tầng này tương ứng với 3 câu hỏi: Tài sản nào đang có? Tài sản nào đáng giữ để chuyển đổi? Tài sản nào nên làm trước để tạo hiệu ứng chính sách. Khung này kế thừa trực tiếp định hướng đã xuất hiện trong bản thảo gốc nhưng được chuẩn hóa theo logic của một bài báo khoa học.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu sử dụng thiết kế nghiên cứu định tính theo hướng tổng hợp chính sách và xây dựng khung phương pháp. Nguồn dữ liệu gồm 3 nhóm: văn bản chính sách chính thức của Việt Nam về sắp xếp đơn vị hành chính và xử lý nhà, đất dôi dư; khung pháp lý và định hướng quốc tế liên quan đến công trình hiện hữu, hiệu quả năng lượng và phát thải vòng đời; [3][4][7][12] và bản thảo gốc do tác giả cung cấp, trong đó đã phác thảo các nhóm tài sản, định hướng tiêu chí và lộ trình thí điểm.

Về kỹ thuật phân tích, nghiên cứu đề xuất quy trình 4 bước. Bước đầu là lập cơ sở dữ liệu số quốc gia về tài sản dôi dư, tích hợp bản đồ vị trí, hiện trạng pháp lý, tình trạng kỹ thuật, giá trị kiến trúc - di sản, thông số vận hành và nhu cầu khu vực. Bước thứ hai là phân loại tài sản thành các nhóm

điển hình để tránh áp một cơ chế giống nhau cho mọi trường hợp. Bước thứ ba là chấm điểm bằng phương pháp phân tích thứ bậc (analytic hierarchy process - AHP) kết hợp ra quyết định đa tiêu chí (multi-criteria decision making - MCDM). [11] Bước thứ tư là lựa chọn danh mục thí điểm và chuẩn bị nghiên cứu tiền khả thi cho từng mô hình.

Trong phạm vi bài viết, đối tượng phân tích là trụ sở hành chính dôi dư ở cấp trung ương và địa phương phát sinh sau sắp xếp đơn vị hành chính. Đơn vị quan sát là tài sản công riêng lẻ hoặc cụm tài sản. Biến phân tích chính gồm năm nhóm: kiến trúc; kỹ thuật - môi trường; đô thị - xã hội; pháp lý - quản trị; và tài chính - thực thi. Cách thiết kế này bảo đảm bài viết có tính học thuật rõ ràng, đồng thời vẫn phù hợp với việc triển khai thực tế ở Việt Nam.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả thứ nhất là đề xuất cơ sở dữ liệu số quốc gia về trụ sở dôi dư như một điều kiện tiên quyết của mọi quyết định xử lý. Cơ sở dữ liệu này không nên chỉ dừng ở hồ sơ quản lý tài sản, mà phải cho phép đọc tài sản như một “đơn vị ra quyết định” trong không gian đô thị. Bộ dữ liệu tối thiểu cần gồm: mã tài sản; cấp quản lý; tọa độ; diện tích đất; diện tích sàn; năm xây dựng; hiện trạng kết cấu; hiện trạng phòng cháy và tiếp cận; tình trạng pháp lý đất; giá trị kiến trúc - di sản; mức độ tương thích quy hoạch; cường độ sử dụng hiện tại; nhu cầu dịch vụ công xung quanh; và sơ bộ phát thải tránh được nếu tái sử dụng thay vì phá dỡ - xây mới. Cách tiếp cận này phù hợp với xu hướng quản trị công trình hiện hữu như một phần của chiến lược giảm phát thải vòng đời. [12][14]

Kết quả thứ hai là bộ tiêu chí đánh giá tiềm năng tái sử dụng gồm 5 nhóm và 20 tiêu chí con, được đề xuất như sau. Nhóm kiến trúc gồm: giá trị kiến trúc - di sản; tính linh hoạt mặt bằng; khả năng chiếu sáng và thông gió tự nhiên; khả năng tiếp cận và an toàn không gian. Nhóm kỹ thuật - môi trường gồm: trạng thái kết cấu; khả năng nâng cấp hệ thống kỹ thuật; tiềm năng cải thiện hiệu quả năng lượng; lượng phát thải và chất thải tránh được khi tái sử dụng. Nhóm đô thị - xã hội gồm: vị trí và khả năng kết nối giao thông công cộng; mức độ phù hợp quy hoạch; nhu cầu dịch vụ công hoặc sinh hoạt cộng đồng xung quanh; mức độ tạo giá trị công và bao trùm xã hội. Nhóm pháp lý - quản trị gồm: mức độ rõ ràng hồ sơ pháp lý; tính khả thi về phê duyệt chuyển đổi; mức độ ràng buộc di sản hoặc môi trường; năng lực phối hợp liên cơ quan. Nhóm tài chính - thực thi gồm: chi phí cải tạo; khả năng huy động vốn; tiềm năng tạo dòng tiền hoặc tiết kiệm ngân sách; và khả năng triển khai theo giai đoạn. Cấu trúc 5 nhóm này kế thừa logic của bản thảo gốc nhưng được viết lại đầy đủ, rõ biến và có thể lượng hóa.

Kết quả thứ ba là khung phân loại phương án sử dụng cuối tốt nhất. Thay vì mặc định chuyển nhượng hoặc giữ nguyên công năng văn phòng, nghiên cứu đề xuất 6 họ mô hình ưu tiên: trung tâm dịch vụ công hợp nhất; trung tâm học tập thư viện - đổi mới sáng tạo; cơ sở văn hóa cộng đồng; cơ sở y tế cơ bản hoặc chăm sóc xã hội; nhà ở công vụ chuyển đổi hoặc nhà ở giá phù hợp ở các vị trí thích hợp;

và mô hình công năng hỗn hợp có kiểm soát, trong đó tầng công cộng được ưu tiên hơn tối đa hóa địa tô thuần túy. Việc lựa chọn giữa các mô hình này cần dựa trên chấm điểm đa tiêu chí chứ không dựa vào một chỉ số duy nhất như giá đất.

Kết quả thứ tư là lộ trình thí điểm. Thay vì triển khai dàn trải, nghiên cứu đề xuất lựa chọn 3 nhóm thí điểm: một trụ sở trung ương tại Hà Nội có giá trị biểu tượng và yêu cầu chuyển đổi cao; một trụ sở cấp tỉnh hoặc cụm hành chính sau sáp nhập để thử nghiệm mô hình tái cấu trúc hạ tầng công; và một khu đất công trung tâm để thử mô hình công năng hỗn hợp với điều kiện bảo đảm lợi ích công. Cách nhân rộng theo “họ nguyên mẫu” sẽ hiệu quả hơn việc xử lý từng tòa nhà đơn lẻ, vì cho phép chuẩn hóa quy trình, mẫu biểu, bộ dữ liệu và cơ chế phối hợp. Đây cũng là tinh thần đề xuất nổi bật ở phần cuối bản thảo gốc.

5. THẢO LUẬN

Điểm mấu chốt của bài toán trụ sở dôi dư là xung đột giữa tốc độ và chất lượng quyết định. Mệnh lệnh chính sách hiện nay nhấn mạnh việc hoàn thành xử lý trong quý II/2026, điều đó tạo áp lực hành động nhanh. Tuy nhiên, nếu “xử lý nhanh” bị hiểu như bán nhanh, điều chuyển cơ học hoặc phá dỡ sớm, Nhà nước có thể bỏ lỡ giá trị công dài hạn của quỹ tài sản này. Vì vậy, bài viết cho rằng yêu cầu cấp bách không phủ định nhu cầu nghiên cứu; ngược lại, chính áp lực thời gian làm cho một khung quyết định chuẩn hóa càng trở nên cần thiết. [4][5]

Thảo luận thứ hai liên quan đến phát thải và cải tạo công trình hiện hữu. Văn bản của Liên minh châu Âu cho thấy chính sách công trình hiện nay đã chuyển từ cách nhìn thuần vận hành sang cách nhìn vòng đời, bao gồm khí nhà kính trong suốt vòng sống công trình và cả vật liệu. Điều này đặc biệt quan trọng với Việt Nam, nơi nhiều trụ sở dôi dư nằm ở khu vực trung tâm đô thị, có hạ tầng sẵn có và có thể đạt hiệu quả cao hơn nếu được cải tạo thay vì thay thế hoàn toàn. Nói cách khác, tái sử dụng thích ứng không chỉ là giải pháp quy hoạch hay di sản, mà còn là công cụ khí hậu và công cụ tài khóa. [7][12][14]

Thảo luận thứ ba là về chuyển dịch mô hình sử dụng trụ sở. Sau đại dịch, việc duy trì diện tích văn phòng lớn như trước không còn là giả định mặc định ở nhiều nơi; vì vậy, các khu hành chính cũ có thể cần được định vị lại thành hạ tầng công cộng đa chức năng, thay vì tái lập một mô hình hành chính phân tán. Điều này phù hợp với logic của quy hoạch đô thị nén, hạ tầng dùng chung và tối ưu hóa tài sản công. [8][9]

Từ các thảo luận trên, có thể rút ra một đóng góp khái niệm quan trọng: đối tượng nghiên cứu không còn là “tòa nhà cũ” mà là “nút chuyển đổi của hệ thống đô thị - thể chế”. Khi nhìn như vậy, trụ sở dôi dư trở thành nơi giao cắt của tài sản công, thiết kế đô thị, môi trường, phúc lợi cộng đồng và đổi mới quản trị. Đó là lý do bài viết này đề xuất tích hợp cơ sở dữ liệu số, đánh giá đa tiêu chí và nguyên mẫu thí điểm trong cùng một khung.

6. KẾT LUẬN

Bài viết kết luận rằng xử lý trụ sở hành chính dôi dư ở Việt Nam không nên tiếp cận như một nghiệp vụ tài sản đơn

Phụ lục A: Bộ tiêu chí chấm điểm gợi

Nhóm tiêu chí	Trọng số gợi ý	Tiêu chí con
Kiến trúc	25	Giá trị kiến trúc - di sản; tính linh hoạt mặt bằng; chiếu sáng - thông gió tự nhiên; tiếp cận và an toàn không gian
Kỹ thuật - môi trường	20	Trạng thái kết cấu; khả năng nâng cấp hệ thống kỹ thuật; tiềm năng cải thiện hiệu quả năng lượng; phát thải tránh được khi tái sử dụng
Đô thị - xã hội	20	Kết nối giao thông; phù hợp quy hoạch; nhu cầu cộng đồng; giá trị công và bao trùm xã hội
Pháp lý - quản trị	15	Rõ ràng hồ sơ pháp lý; tính khả thi phê duyệt; ràng buộc bảo tồn - môi trường; phối hợp liên cơ quan
Tài chính - thực thi	20	Chi phí cải tạo; khả năng huy động vốn; dòng tiền hoặc tiết kiệm ngân sách; khả năng triển khai theo giai đoạn

Phụ lục B: Cấu trúc dữ liệu cần thu thập cho từng tài sản

Trường dữ liệu	Mô tả ngắn
Mã tài sản	Mã định danh duy nhất
Vị trí	Tọa độ, địa chỉ, liên kết bản đồ
Quy mô	Diện tích đất, diện tích sàn, số tầng
Pháp lý	Loại đất, hồ sơ sở hữu - sử dụng, hạn chế pháp lý
Kỹ thuật	Kết cấu, hệ thống kỹ thuật, phòng cháy, tiếp cận
Giá trị kiến trúc	Niên đại, giá trị biểu tượng, giá trị di sản
Đô thị	Quy hoạch, giao thông, bán kính dịch vụ
Môi trường	Tiềm năng cải tạo năng lượng, ước tính phát thải tránh được
Tài chính	Chi phí cải tạo sơ bộ, khả năng khai thác, mô hình vốn
Xã hội	Nhu cầu cộng đồng, khả năng tạo giá trị công

thuần, mà phải được đặt trong khung tái sử dụng thích ứng công trình hiện hữu. Cách tiếp cận này cho phép bảo toàn giá trị công, giảm lãng phí, hỗ trợ mục tiêu phát triển đô thị bền vững và hạn chế phát thải gắn với phá dỡ - xây mới.

3 kiến nghị chính được đề xuất là: xây dựng ngay cơ sở dữ liệu số quốc gia về trụ sở đô dư; áp dụng bộ tiêu chí đánh giá đa tiêu chí để lựa chọn sử dụng cuối tốt nhất; và triển khai một danh mục thí điểm theo họ nguyên mẫu, thay vì xử lý phân tán từng tài sản. Hướng nghiên cứu tiếp theo là kiểm định thực nghiệm bộ tiêu chí trên một mẫu tài sản cụ thể và lượng hóa phát thải tránh được, chi phí vòng đời và lợi ích xã hội của từng kịch bản tái sử dụng.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Aigwi, I. E., Duberia, A., & Nwadike, A. N. (2023). Adaptive reuse of existing buildings as a sustainable tool for climate change mitigation within the built environment. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*.

[2] Arfa, F., Zijlstra, H., Lubelli, B., & Quist, W. (2022). Adaptive reuse of heritage buildings: From a literature review to a model of practice. *Historic Environment: Policy and Practice*, 13(2), 148–170. <https://doi.org/10.1080/17567505.2022.2058551>

[3] Chính phủ. (2025). Quốc hội thông qua Nghị quyết sắp xếp đơn vị hành chính cấp tỉnh. Cổng Thông tin điện tử Chính phủ.

[4] Chính phủ. (2026). Công điện số 39/CP-TTg ngày 17/4/2026 của Thủ tướng Chính phủ về đẩy nhanh tiến độ xử lý nhà, đất là tài sản công sau sắp xếp tổ chức

bộ máy và đơn vị hành chính. Hà Nội.

[5] Chính phủ. (2026). Thủ tướng yêu cầu bảo đảm hoàn thành xử lý các cơ sở nhà, đất dôi dư trong quý II năm 2026. Cổng Thông tin điện tử Chính phủ.

[6] Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change*.

[7] European Parliament & Council. (2024). Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the Energy Performance of Buildings (Recast). *Official Journal of the European Union*.

[8] Guo, N., Jiang, W., Pothuru, Y., & Yang, B. (2026). Mapping the Midweek Mountain: The New Geography of Hybrid Work. *arXiv*.

[9] McKinsey Global Institute. (2023, September). *Empty spaces and hybrid places: The pandemic's lasting impact on real estate*. McKinsey & Company.

[10] Metwally, E., et al. (2025). Adaptive reuse of ministerial buildings in Egypt to achieve sustainable urban development. *Journal of Engineering Sciences (JES)*, 53(3).

[11] Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.

[12] United Nations Environment Programme. (2023). *2023 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi: UNEP.

[13] Wilkinson, S. J., Remøy, H., & Langston, C. (2014). *Sustainable Building Adaptation: Innovations in Decision-Making*. Wiley-Blackwell.

[14] World Green Building Council. (2019). *Bringing Embodied Carbon Upfront: Coordinated Action for the Building and Construction Sector to Tackle Embodied Carbon*.

Những lợi ích khi áp dụng mô hình quy hoạch XHCN trong thực tiễn hiện nay?



THS.KTS PHẠM HOÀNG PHƯƠNG(*)

Vừa qua, tại phiên họp tập thể thường kỳ tháng 5/2026 của UBND TP Hà Nội, các đại biểu đã xem xét, cho ý kiến đối với dự thảo “Đề án triển khai thí điểm mô hình xã, phường XHCN trên địa bàn Hà Nội”. Điều này chắc chắn sẽ đặt ra một số thách thức trong cộng đồng dân cư về lợi ích và hiệu quả chung. Về mặt quy hoạch đô thị, với nhiều điểm ưu việt trên thế giới và cả tại Việt Nam, mô hình quy hoạch đô thị XHCN nếu được thực hiện một cách đầy đủ và chuẩn xác sẽ có thể góp phần mang lại nhiều đóng góp tích cực cho công cuộc chỉnh trang đô thị, phát triển kinh tế - xã hội, nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân trong tương lai.

Đánh giá một cách tổng thể, mô hình quy hoạch XHCN đã thể hiện rất rõ những ưu việt vượt trội so với nhiều mô hình quy hoạch đô thị kiểu công nghiệp của phương Tây lúc bấy giờ. Dựa trên nền tảng tư tưởng triết học Mác - Lê Nin, các kiến trúc sư XHCN đi đầu bởi nền kiến trúc Xô Viết và các nước Đông Âu cũ đã xây dựng một nền tảng quy hoạch đô thị đậm chất nhân văn, trong đó lấy tư tưởng “nghệ thuật vị nhân sinh” được đặt lên vị trí hàng đầu với trọng tâm là đại bộ phận quần chúng nhân dân lao động.

Cụ thể, các tiêu chí nguyên tắc nền tảng chính mà các đồ án quy hoạch đô thị mô hình XHCN lúc bấy giờ về cơ bản luôn đạt được bao gồm: (1) Tổ chức cấu trúc không gian theo tầng bậc để tối ưu hiệu quả sử dụng và vận hành, quản lý; (2) Xây dựng các chiến lược, kế hoạch tổ chức thực hiện quy hoạch trong thực tiễn để hỗ trợ tích cực thúc đẩy nền kinh tế phát triển, giúp giảm thiểu các rủi ro trong quá trình triển khai và sử dụng; (3) Thúc đẩy và hỗ trợ xây dựng hoàn thiện chất lượng cuộc sống và xây dựng phong cách sống con người XHCN; (4) Góp phần ngày một cải thiện các nhược điểm còn tồn tại cũng như nâng cao chất lượng đời sống người dân. Cho đến nay, các mục tiêu trên vẫn còn nguyên giá trị mà nhiều đồ án quy hoạch hiện đại vẫn còn đặt ra.

Ở cấp độ toàn đô thị, các nhà quy hoạch đô thị XHCN tiên phong bởi các kiến trúc sư quy hoạch Xô Viết hướng tới các

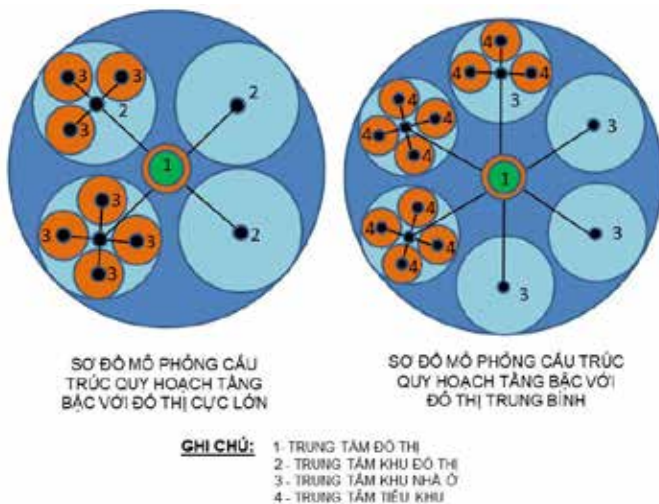
cấu trúc đô thị thích nghi được với quá trình luôn biến động của đô thị đương đại lúc bấy giờ bằng cách tổ chức cấu trúc đô thị động cho phép phân phát triển mới trong quá trình phát triển đô thị gần như không gây ảnh hưởng đến phân hiện hữu của đô thị. Ví dụ tiêu biểu đầu tiên là mô hình quy hoạch đô thị năm 1932 của quy hoạch gia L.Ladopski đề xuất áp dụng cho phương án quy hoạch cải tạo thủ đô Moscow. Thay vì mở rộng đô thị theo hình thức đồng tâm truyền thống làm cho khu vực trung tâm dễ bị quá tải, mô hình này lại tái cấu trúc đô thị phát triển về một phía để kéo theo sự phát triển của trung tâm và khu sản xuất đô thị cho phép đô thị có thể tự phát triển điều chỉnh cân bằng và ổn định. Cùng với đó, Mô hình “thành phố dải” của quy hoạch gia Nikolay Alexandrovich Miliutin đề xuất năm 1929 - 1930 hướng tới giải pháp quy hoạch cấu trúc đô thị phát triển theo phương kéo dài về hai phía (có đầy đủ các khu chức năng của một đô thị công nghiệp hiện đại) mà không làm thay đổi khu vực đô thị cũ. Điều này đã mang đến rất nhiều cơ hội để chỉnh trang và phát triển đô thị một cách bền vững, có bản sắc riêng. (Hình 1)

Đặc biệt và quan trọng hơn ở cấp độ đơn vị ở cơ sở phải kể đến là mô hình quy hoạch “Khu ở dạng tiểu khu” - một trong những đóng góp quý giá, trở thành nền tảng cơ sở cho nhiều nguyên mẫu quy hoạch đô thị hiện đại ở nhiều quốc gia trên thế giới bao gồm cả Việt Nam. Trên cơ sở kế thừa một số nguyên tắc thiết kế của các nước Âu, Mỹ trước đó (như mô hình đơn vị ở lán giếng, quy hoạch thành phố vườn tại Hoa Kỳ...), các mô hình quy hoạch tiểu khu ở đã có sự điều chỉnh bổ sung hướng đến gia tăng chất lượng phục vụ tối ưu nhất cho sinh hoạt của người dân (như tổ chức hệ thống giao thông khu vực được tổ chức là các đường cụt hạn chế các trục đường giao thông xuyên tâm qua các tiểu khu nhà ở để tránh tai nạn giao thông; trong tiểu khu nhà ở chia thêm cấp phục vụ nhóm ở với trung tâm là công trình mẫu giáo - nhà trẻ để đảm bảo khả năng tiếp cận nhanh chóng, an toàn, nhà ở trong tiểu khu nhà ở chủ yếu là nhà chung cư có khoảng không gian cây xanh và vườn trẻ đảm bảo tính sinh thái, tiện

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



Hình 1. Hình ảnh đô thị Volgograd (CHLB Nga) hiện nay phát triển thịnh vượng trên cơ sở mô hình quy hoạch “thành phố dài” (nguồn internet)



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng cấu trúc đô thị tầng bậc với tiểu khu nhà ở là đơn vị cơ sở tại các nước XHCN Đông Âu và Liên Xô cũ (nguồn ảnh: internet)



Hình 3. Hình ảnh những khu ở tiện nghi theo mô hình tiểu khu hoàn chỉnh trong những năm giữa thế kỷ 20 tại Praha (Tiệp Khắc cũ) và Wasaw (Ba Lan) (nguồn: internet)

nghi... (Hình 2)

Chỉ riêng giai đoạn 1970 - 1975 trên khắp lãnh thổ Liên bang Xô Viết cũ đã xây dựng được trên 170 điểm dân cư đô thị theo mô hình này, mang đến những thành tựu hình ảnh đời sống và chất lượng sinh hoạt vượt trội cho người dân.

Cũng theo mô hình này, thủ đô Praha (Tiệp Khắc cũ) năm 1950 cũng hướng đến phát triển những khu dân cư mới trên 100 nghìn người với hệ thống trung tâm thương mại dịch vụ đồng bộ tại các vùng ven đô. Các chức năng trung tâm công cộng đô thị tại các khu dân cư mới một mặt hỗ trợ hoàn thiện chức năng của trung tâm đô thị mặt khác trở thành các cực hút sự phát triển của khu đô thị mới để giảm mật độ ở các quận trung tâm đô thị. Tiêu biểu như khu dân cư mới Tây Nam Praha, có quy mô 120 nghìn dân với hệ thống hạ tầng dịch vụ tiện nghi đồng bộ. (Hình 3,4)

Tại Ba Lan, mô hình đơn vị ở với cấu trúc tầng bậc được áp dụng trong các định hướng phát triển không gian đô thị đã được áp dụng mang đến nhiều cơ hội tái thiết hồi sinh lớn cho các đô thị bị xuống cấp và tàn phá sau chiến tranh

thế giới II. Tiêu biểu nhất là mô hình tiểu khu của kiến trúc sư S.Kozinski đã đề xuất với cấu trúc đơn vị đô thị chính (khu dân cư) có quy mô 40 nghìn người cho phép tối đa hoá hiệu quả phục vụ của khu trung tâm thương mại dịch vụ. Các khu dân cư sẽ được kết nối để hợp thành cấp tiểu khu lớn hơn với quy mô xấp xỉ khoảng 100 nghìn người tổ chức trên cơ sở theo dạng tuyến vị trí bám hai bên các trục giao thông cho phép khả năng tương hỗ với nhau cũng như phục vụ tốt nhất khi



Hình 4. Hình ảnh những khu ở tiện nghi tại thành phố Zelenograd (CHLB Nga) với các tòa chung cư cao tầng kèm theo công trình dịch vụ tiện ích ở trung tâm có bán kính phục vụ rất tiện lợi và nhanh chóng (nguồn internet)

đô thị có điều kiện giao thông được cơ giới hoá cao.

Tại Bulgaria, trong giai đoạn thập niên 1950 - 1970 đã phát triển nhanh chóng các khu dân cư mới với cơ cấu cũng được tổ chức theo cấu trúc tầng bậc như các đô thị XHCN mang đến chất lượng sống rất cao cho người dân. Trong đó, thay vì bố trí tập trung tại trung tâm các tiểu khu một cách khô cứng, các công trình tiện ích được nghiên cứu quy hoạch cẩn thận theo các vị trí phân tán đều khắp với bán kính phục vụ được đề xuất từ 800 - 1.200 m đối với quy mô phục vụ khu dân cư và 250 - 400 m đối với quy mô phục vụ tiểu khu nhà ở.

Trong quá khứ, đặc biệt là những thập kỷ 1970 - 1990, mô hình quy hoạch đô thị XHCN cũng đã từng được nghiên cứu áp dụng tại Việt Nam tiêu biểu như mô hình các khu tập thể Giảng Võ, Thành Công, Trung Tự, Kim Liên, Trung Tự (Hà Nội) trước đây. Điểm minh chứng rõ nét nhất chính là cho đến nay, dù các khối nhà tập thể chung cư cao tầng cũ đã xuống cấp do niên hạn kết cấu đã hết, nhưng rất nhiều dân cư hiện hữu vẫn luôn muốn tiếp tục được gắn bó lâu dài bởi các giá trị "lấy người dân làm trung tâm" mà các phương án quy hoạch mang lại thông qua trước tiên chính sự tiện lợi và hợp lý trong khả



năng tiếp cận các dịch vụ tiện ích như: trường học, trạm y tế, chợ dân sinh, công viên cây xanh... tại các khu ở như thế này. Cùng với đó, rất nhiều người dân sau khi đã chuyển đi để sinh sống tại các khu đô thị mới vẫn luôn hàng ngày trở về các khu chung cư cũ này để cho con đi học, đi chợ... bởi những chất lượng sử dụng và tiện nghi vượt trội. (Hình 5)



Hình 5. Hình ảnh khu tập thể Giảng Võ (Hà Nội) quy hoạch theo mô hình XHCN với các khối nhà chung cư cao tầng và công trình tiện ích tiện nghi (trường học, công viên, dịch vụ thương mại...) ở trung tâm (nguồn: internet)

Như vậy, việc triển khai mô hình "Đề án triển khai thí điểm mô hình xã, phường XHCN trên địa bàn Hà Nội" với việc nghiên cứu kế thừa và áp dụng các mô hình quy hoạch XHCN sẽ góp phần mang đến nhiều cơ hội lớn trong chỉnh trang và phát triển đô thị trong thời gian tới. Tuy nhiên, do sự khác biệt về điều kiện và thời điểm áp dụng, nhu cầu sử dụng của người dân hiện nay, nên cần có những đánh giá, chọn lọc để một mặt kế thừa và phát huy những yếu tố tích cực, triết lý nhân văn tốt đẹp của mô hình quy hoạch đô thị XHCN. Đồng thời hạn chế triệt để các tồn tại hạn chế như bố trí hệ thống các công trình tiện ích không đủ, bán kính sử dụng quá lớn kéo theo những hạn chế khả năng tiếp cận của người dân hoặc ngược lại bố trí quá dày đặc dẫn đến dư thừa và lãng phí do không sử dụng hết công suất sử dụng của công trình.❖

Hồ Tây - di sản cảnh quan của Hà Nội mới



KTS PHẠM THANH TÙNG^(*)

Trong cấu trúc không gian đô thị đa cực, hồ Tây là cực sinh thái, cảnh quan, văn hóa tâm linh, không gian công cộng cấp vùng. Hồ Tây không thể đo đếm kỹ thuật bằng mật độ xây dựng, mà phải bằng “giá trị không gian mở”. Đây là logic của đô thị hiện đại hậu carbon.

Ảnh: NGUYỄN HÀ HIỆP

C hưa khi nào, Dự án cải tạo cảnh quan Hồ Tây lại được nhắc đến nhiều như bây giờ, khi mà Hà Nội đang chuyển mình triển khai Quy hoạch tổng thể tầm nhìn 100 năm theo định hướng “Đa tầng - Đa lớp - Đa cực - Đa trung tâm” với Trục đại lộ cảnh quan sông Hồng được xác định là trục động lực trung tâm chiến lược định hình lại cấu trúc đô thị. Vậy Hồ Tây sẽ có vai trò thế nào trong quy hoạch thế kỷ này. Đó không chỉ là câu chuyện của cải tạo, chỉnh trang, mở rộng giao thông quanh hồ, mà là cách một siêu đô thị có bề dày lịch sử hàng ngàn năm ứng xử với ký ức, thiên nhiên và bản sắc của chính mình như thế nào. Bởi Hồ Tây không đơn thuần là “lá phổi xanh”, hay “quỹ đất vàng cho thị trường bất động sản”, mà Hồ Tây còn có giá trị vô giá và đặc sắc, đó là một không gian văn hóa sống, một lối sinh thái chiến lược, một di sản cảnh quan của Thăng Long, và một tài sản văn hóa tinh thần của đô thị Hà Nội.

TỪ “HẠ TẦNG THOÁT NƯỚC” TRỞ LẠI “LINH HỒN ĐÔ THỊ”

Đó là xu thế của thế giới thay đổi quan điểm sai lầm kéo dài hơn một thế kỷ khi nhiều thành phố phải trả giá vì đã coi sông hồ như vật cản giao thông, là kênh thoát nước kỹ thuật, hoặc quỹ đất để khai thác bất động sản... để từ đó tiến hành lấp sông, kè cứng bờ nước, xây cao tốc ven sông, bê tông hóa hồ, đẩy cư dân ra xa mặt nước. Và kết quả là ô nhiễm môi trường, suy giảm chất lượng

sống, mất bản sắc đô thị, đứt gãy văn hóa cộng đồng. Nhưng từ cuối thế kỷ 20 đến nay, thế giới đã bước vào một giai đoạn “phục hồi sông hồ đô thị” (urban river/lake restoration), coi đó là yếu tố quan trọng trong chiến lược thích ứng biến đổi khí hậu, Net-Zero; phát triển kinh tế xanh, bền vững; phát triển văn hóa giữ gìn bản sắc và cuối cùng là cạnh tranh đô thị toàn cầu.

Một trong những ví dụ nổi tiếng nhất thế giới là phá cao tốc để hồi sinh dòng suối Cheonggyecheon ở Seoul (Hàn Quốc), sau nhiều thập niên bị lấp bỏ để làm đường cao tốc và phát triển kinh tế. Nhưng rồi, vào năm đầu 2000, Thị trưởng thành phố khi đó đã có một quyết định lịch sử là phá bỏ đường cao tốc, phục hồi lại dòng suối cổ, phục hồi hệ sinh thái và không gian công cộng, bỏ qua mọi sức ép của dư luận khi thành phố phải sử dụng nguồn kinh phí cải tạo quá lớn và nỗi sợ về ách tắc giao thông... Và sau khi suối Cheonggyecheon được phục hồi, kết quả đã vượt xa mong đợi: nhiệt độ khu vực giảm đáng kể, hệ sinh học đa dạng quay trở lại, giá trị kinh tế đô thị tăng, lượng du khách đến thăm tăng vọt, hưởng thụ không khí trong lành, suối nước trong xanh, cảnh quan hai bên sông tươi đẹp, chất lượng sống cải thiện mạnh. Seoul đã tìm lại được bản sắc đô thị từ chính dòng nước lịch sử này. Ngày nay Cheonggyecheon trở thành biểu tượng toàn cầu về tái sinh đô thị sinh thái.

Paris (Pháp) cũng đóng nhiều tuyến ô tô ven sông, mở quảng trường đi bộ, tăng cây xanh, tổ chức hoạt động văn hóa ven nước. Bờ sông Seine hiện nay là không gian thư giãn, nơi biểu diễn nghệ thuật, nơi gặp gỡ cộng đồng, nơi

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

du lịch và sáng tạo. Chính quyền Paris hiểu rằng giá trị lớn nhất của mặt nước không phải là vận tải, mà là chất lượng sống đô thị. Đó là thay đổi cực kỳ quan trọng trong tư duy quy hoạch hiện đại.

Sau nhiều thập niên bê tông hóa cực mạnh, nhiều đô thị Trung Quốc bị ngập lụt nghiêm trọng, đảo nhiệt tăng, hệ sinh thái hồ bị chết. Để khắc phục, Trung Quốc đã phát triển mô hình: “Sponge City” - “Thành phố bọt biển”. Thay vì kè cứng, thoát nước thật nhanh, họ bắt đầu phục hồi hồ tự nhiên, tạo vùng đất ngập nước, mở hành lang sinh thái, tăng bề mặt thấm nước, như ở Vũ Hán, Thâm Quyển và Hàng Châu.

Còn Amsterdam (Hà Lan) và Copenhagen (Đan Mạch) coi nước là trung tâm bản sắc đô thị, không phải là khoảng trống cần khai thác tối đa. Với họ, hồ, bến cảng, không gian ven nước là cấu trúc cốt lõi tạo nên bản sắc thành phố. Ở các thành phố này, ưu tiên xe đạp, hạn chế ô tô, mở rộng không gian đi bộ, giữ tầm nhìn mặt nước công cộng. Mặt nước trở thành nơi giao tiếp xã hội, nơi nghỉ ngơi, du lịch, nơi định hình văn hóa đô thị.

Điểm chung của các đô thị thành công trên thế giới là dù khác nhau về văn hóa, về thể chế, các mô hình phục hồi sông hồ đô thị đều có vài nguyên tắc giống nhau, như: giảm vai trò của xe cơ giới ven nước; trả mặt nước cho cộng đồng; ưu tiên đi bộ, xe đạp, công viên, văn hóa cộng đồng; phục hồi sinh thái tự nhiên. Hạn chế kè cứng, bê tông hóa bờ nước. Xem sông hồ là tài sản khí hậu, không chỉ là cảnh quan mà là hạ tầng sinh thái, hạ tầng chống biến đổi khí hậu. Giữ gìn bản sắc địa phương.

BÀI HỌC NÀO CHO DỰ ÁN CẢI TẠO HỒ TÂY?

Dự án kè đường quanh hồ Tây trước kia và nay là “Dự án cải tạo, phát huy giá trị khu vực hồ Tây và tuyến đường cảnh quan ven hồ Tây” nhằm xây dựng khu vực hồ Tây trở thành trung tâm văn hóa, du lịch và kinh tế sáng tạo bền vững của Thủ đô Hà Nội; khai thác hiệu quả các giá trị đặc sắc về cảnh quan, lịch sử, văn hóa và sinh thái của hồ Tây gắn với khu phố cổ, khu phố cũ và không gian sông Hồng, qua đó góp phần nâng cao chất lượng sống của người dân, thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội. Nhưng mỗi lần có dự án, là một lần bất an trong xã hội. Tại sao vậy? Bởi vì nó đụng đến một không gian đặc biệt nhạy cảm của Hà Nội: vừa là cảnh quan tự nhiên, vừa là không gian văn hóa - lịch sử - tâm linh, lại vừa là “lá phổi” sinh thái của đô thị. Sự phản ứng dè dặt của xã hội không phải vì người dân không muốn cải tạo hồ Tây, mà vì nhiều người cho rằng cái giá phải trả khi can thiệp thô bạo cảnh quan và bản sắc đô thị có thể quá lớn.

Thứ nhất, hồ Tây không chỉ là “mặt nước”, mà là di sản không gian. Hồ Tây là hồ tự nhiên lớn nhất Thủ đô, tồn tại hàng nghìn năm trong cấu trúc đô thị Thăng Long. Giá trị của hồ không nằm riêng ở diện tích mặt nước mà ở đường bờ bao uốn lượn tự nhiên, nhiều làng cổ ven hồ với hệ thống chùa, phủ, đền miếu - không gian mở hiếm hoi còn lại của Hà Nội. Nhiều chuyên gia cho rằng, khi mở rộng

đường theo tư duy giao thông cơ giới, hồ sẽ bị “hóa cứng”, mất đi vẻ mềm mại vốn có.

Thứ hai, lo ngại hồ Tây bị biến thành “đại lộ bê tông”. Đây là lý do lớn nhất. Bởi, khi mở rộng đường ven hồ thường kéo theo kè cứng bờ hồ, tăng bề mặt bê tông, tăng lưu lượng ô tô, tăng bãi đỗ xe, gia tăng thương mại hóa mặt nước. Và như thế, hồ Tây sẽ từ không gian nghỉ dưỡng sinh thái chuyển thành hành lang giao thông tốc độ cao. Điều này đi ngược xu hướng quốc tế hiện nay.

Thứ ba, sợ mất “bản sắc hồ Tây”. Điều làm hồ Tây khác biệt chính là cấu trúc bờ hồ tự nhiên, không đều, ít bị tác động bởi quy hoạch kiểu kỹ trị qua các giai đoạn cải tạo từ thời Pháp. Các đoạn đường như: Nghi Tàm, Quảng An, Trích Sài, Nhật Chiêu đến nay vẫn cho ta cảm giác “làng ven hồ”, chuyển tiếp mềm giữa đô thị và thiên nhiên. Nếu mở rộng (dù chỉ trong phạm vi hơn 11 km) mặt cắt lớn hơn, dải cây bị thu hẹp, khoảng lùi công trình thay đổi, xuất hiện áp lực cao tầng và bất động sản, thì bản sắc “ven hồ” có thể biến thành một dạng boulevard hiện đại giống nhiều khu đô thị khác. Đây là nỗi lo rất thật của giới kiến trúc và văn hóa.

Thứ tư, tác động tới hệ sinh thái và vi khí hậu, Hồ Tây có vai trò điều hòa khí hậu cực lớn cho phía Tây Bắc nội đô Hà Nội. Mở rộng đường có thể gây thu hẹp vùng thấm nước, tăng hiệu ứng đảo nhiệt, tăng ô nhiễm bụi và tiếng ồn, ảnh hưởng dòng chảy mặt, tác động hệ sinh thái ven hồ. Đặc biệt, nếu kè cứng bờ hồ thì hồ sẽ mất vùng chuyển tiếp sinh học, giảm khả năng “thở” của mặt nước, dễ làm chất lượng nước xấu hơn. Nhiều đô thị trên thế giới hiện đang phục hồi “bờ mềm sinh thái”, Hà Nội nên tránh nguy cơ đi ngược xu hướng tiến bộ này.

Thứ năm, lo ngại về áp lực bất động sản. Đây là vấn đề rất nhạy cảm. Trong quá trình đô thị hóa, nhiều dự án mở đường thường kéo theo: tăng giá đất, thay đổi chức năng sử dụng đất, xây dựng cao tầng, thương mại hóa mạnh không gian công cộng. Mục tiêu giao thông có thể “mở đường cho phát triển bất động sản”, mà với khu vực Hồ Tây nơi quỹ đất cực kỳ đắt đỏ, nỗi lo này càng có cơ sở.

Không thể phủ nhận những mặt tích cực của dự án nếu tiếp cận tư duy quy hoạch hiện đại, lấy con người làm trung tâm, có thể giảm ùn tắc cục bộ, tạo tuyến đi bộ, xe đạp liên tục, cải thiện cách tiếp cận với mặt hồ, chỉnh trang hạ tầng kỹ thuật, cải tạo nước hồ, tăng không gian công cộng chất lượng cao. Thiết kế cảnh quan theo hướng không đường hóa, kè hóa không gian ven hồ làm mất bờ cong tự nhiên và ảnh hưởng đến hệ sinh thái nước, mất bản sắc không gian của hồ; ưu tiên người đi bộ, đi xe đạp, hạn chế xe tốc độ cao, ưu tiên sử dụng phương tiện giao thông công cộng, taxi bay... để chở du khách tham quan làng cổ, các di tích văn hóa kiến trúc lịch sử, thưởng ngoạn cảnh quan, công viên, nhà hát Ngọc Trai...; sử dụng vật liệu sinh thái trong cải tạo, kiểm soát chiều cao công trình quanh hồ để không hạn chế tầm nhìn đường chân trời, mặt nước mờ sương, thì cảnh quan hồ Tây sẽ được nâng cấp, những tác động tiêu cực đến hồ Tây sẽ bị hạn chế. Và



Ảnh: NGUYỄN HÀ HIỆP

đặc biệt là sẽ không làm đứt gãy văn hóa, bởi các làng cổ, đình, chùa ven hồ không bị cô lập bởi hạ tầng giao thông lớn, không gian công cộng quanh hồ bị bất động sản hóa. Phải coi “hồ Tây là di sản cảnh quan” cần bảo tồn cấu trúc tự nhiên, giữ gìn bản sắc Thăng Long, ưu tiên sinh thái và văn hóa. Hồ Tây không phải là “vành đai giao thông”, mà phải là không gian cảnh quan chiến lược cấp quốc gia, là “công viên cảnh quan trung tâm”, đưa con người trở lại với mặt nước, thay vì đưa xe hơi ra sát mặt nước. Hồ Tây không chỉ là một hồ nước lớn, mà trong cấu trúc tương lai của Hà Nội, cần được hiểu như một “lõi cảnh quan - văn hóa - sinh thái” đặc biệt của trung tâm đô thị lịch sử.

HỒ TÂY TRONG QUY HOẠCH HÀ NỘI TẦM NHÌN 100 NĂM

Soi chiếu kỹ định hướng Quy hoạch Hà Nội tầm nhìn 100 năm, thì sẽ thấy vai trò của hồ Tây lớn hơn rất nhiều. Trong cấu trúc không gian đô thị đa cực, hồ Tây là cực sinh thái, cảnh quan, văn hóa tâm linh, không gian công cộng cấp vùng. Hồ Tây không thể đo đếm kỹ thuật bằng mật độ xây dựng, mà phải bằng “giá trị không gian mở”. Đây là logic của đô thị hiện đại hậu carbon.

Đa lớp, hồ Tây là nơi chống lớp lịch sử Thăng Long không nơi nào ở Hà Nội có tính “đa lớp” rõ như khu hồ Tây. Ở đây tồn tại đồng thời dấu tích thủy văn cổ của sông Hồng, làng nghề truyền thống, chùa phủ nghìn năm, biệt thự thời Pháp, không gian hiện đại mới, không gian văn hóa nghệ thuật đương đại. Các lớp này không tách rời mà đan xen nhau. Nếu mở rộng đường theo tư duy kỹ thuật

thuần túy thì nhiều lớp ký ức đô thị sẽ bị cắt đứt, không gian chuyển tiếp làng - hồ - phố bị phá vỡ, và như thế, cấu trúc không gian tạo nên ký ức cộng đồng bị đứt gãy. Đây là điều đáng sợ nhất đối với một đô thị lịch sử như Hà Nội.

Đa tầng, hồ Tây là tầng sinh thái chiến lược. Trong cấu trúc đô thị hiện đại, “đa tầng” không chỉ là các tầng kỹ thuật xây dựng, mà còn gồm tầng sinh thái, tầng nước, tầng văn hóa, tầng không gian công cộng. Hồ Tây chính là “tầng điều hòa tự nhiên” cực kỳ quý hiếm của nội đô, giúp giảm nhiệt đô thị, điều hòa vi khí hậu, cân bằng độ ẩm, tạo hành lang sinh thái. Nếu vành đai ven hồ bị bê tông hóa, tăng mật độ giao thông, tăng công trình cao tầng, thì Hà Nội sẽ mất một “bộ máy điều hòa khí hậu tự nhiên”. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng khốc liệt, cực đoan thì đó là tổn thất chiến lược chứ không chỉ là vấn đề mỹ quan, kinh tế.

Đa trung tâm, Hồ Tây là trung tâm mềm bên cạnh các trung tâm hiện đại như tài chính, hành chính... Đây là trung tâm sinh thái, trung tâm văn hóa, trung tâm trải nghiệm công cộng, nơi người dân nghỉ ngơi, nơi diễn ra giao tiếp xã hội, nơi tái tạo tinh thần đô thị, nơi lưu giữ bản sắc Thăng Long. Các thành phố lớn trên thế giới đều có những “trung tâm mềm” như vậy như Central Park của New York City, Hyde Park của London, West Lake của Hàng Châu... Và hồ Tây - hồ tự nhiên thấm đẫm văn hóa lịch sử lớn nhất Thủ đô chính là “trung tâm mềm” vô giá của Hà Nội.

Nếu được nhìn nhận như thế, tôi tin dự án cải tạo hồ Tây sẽ thành công.❖

CHÍNH QUY HÓA LỰC LƯỢNG LAO ĐỘNG XÂY DỰNG TỰ DO PHI CHÍNH THỨC TẠI VIỆT NAM:

Từ kỹ nghệ bản địa đến tác phong công nghiệp



TS.KTS NGUYỄN TẤT THẮNG^(*)

Kỹ nghệ bản địa của người thợ Việt là một tài nguyên quý giá, nhưng chỉ có thể trở thành sức mạnh kiến thiết đất nước khi được đặt trên bệ đỡ của các cơ chế chính sách kiến tạo đồng bộ, được rèn giũa qua kỷ luật và kỹ thuật hiện đại tại các công trường.

Hàng trăm năm, thậm chí hàng ngàn năm qua, những người lao động từ những tổp thợ quê tự do, đến hiệp thợ, phường thợ thủ công và thô sơ với các nghề như nề, mộc, cơ khí... đã kiến thiết nên nhiều công trình như đình chùa, cung điện, nhà ở... Là lực lượng lao động phi chính thức trong xã hội, vốn xuất thân từ nông thôn, ngày nay đã đóng vai trò là xương sống, góp phần kiến tạo phần lớn các công trình xây dựng ở đô thị và nông thôn Việt Nam. Tuy nhiên, sự phát triển bùng nổ của thị trường lao động, xu hướng già hóa dân số và sự dịch chuyển lao động sang các khu công nghiệp, đại công trường... đang gây ra tình trạng khan hiếm nguồn lực này gay gắt. Đồng thời, khoảng cách về tác phong công nghiệp và kỷ luật an toàn lao động của nhóm thợ tự do đang trở thành điểm nghẽn không những đối với nhu cầu lao động của xã hội mà còn đặt ra trước yêu cầu phát triển hiện đại hóa của ngành Xây dựng, nếu muốn sử dụng nguồn nhân lực này nhằm đáp ứng tốc độ và quy mô xây dựng hiện nay.

Bài báo nghiên cứu các giải pháp chuyển dịch, nâng cấp lực lượng lao động xây dựng phi chính thức này trở thành lực lượng công nhân kỹ thuật chính quy, có kỹ năng nghề đạt chuẩn và tác phong công nghiệp... nhằm giải phóng và nâng tầm nguồn tài nguyên lao động, vừa đảm bảo đáp ứng các tiêu chuẩn quốc gia, vừa có thể cung cấp nguồn lực lao động cho nhu cầu xã hội, vừa tạo sinh kế bền vững cho người dân tại các vùng miền nông thôn.

^(*) Nghiên cứu viên cao cấp - Viện Kiến trúc Quốc gia (Bộ Xây dựng)

1. VÌ SAO LỰC LƯỢNG LAO ĐỘNG XÂY DỰNG TỰ DO LẠI KHAN HIẾM TRÊN THỊ TRƯỜNG LAO ĐỘNG HIỆN NAY?

Nhiều thập kỷ qua, lực lượng lao động xây dựng tự do (LLLĐXD TD) ở Việt Nam phần lớn xuất thân và có gốc gác tại khắp các vùng miền nông thôn. Họ xa rời quê hương, đi khắp nơi, chủ yếu đến các đô thị, thành phố để sinh kế bằng các nghề chủ yếu như nề, mộc, cơ khí... có tính thời vụ ở các thời điểm nông nhàn, giáp hạt... Ly nông nhưng không ly hương, theo kiểu con lăc (đi về liên tục trong ngày hoặc ngắn ngày). Với mong ước cải thiện dần cuộc sống vốn thuần nông và với phương thức tổ chức hành nghề theo kiểu “cha truyền con nối” hay “thợ cả dắt thợ em” và được tổ chức tương đối bài bản khép kín từ trên xuống như “cai thầu”, thợ cả, thợ chính, thợ phụ, hậu cần nấu ăn... Lâu dần, nghề này trở thành nghề chính, có tính trụ cột với nam giới trong mọi gia đình. Đồng thời, qua thời gian, các hiệp thợ, các tổp thợ đã trở thành nguồn nhân công phi chính thức (không qua trường lớp đào tạo nghề) cho mọi công việc xây dựng, cải tạo sửa chữa nhà cửa không chỉ phục vụ nhu cầu của cả xã hội, mà còn tham gia đóng góp đáng kể vào xây dựng các công trình của quốc gia thông qua các hình thức thầu phụ, hoặc khoán việc thông qua các “cai thầu”...

Tuy nhiên, gần chục năm trở lại đây, nhất là tại thời điểm hiện nay, hiện tượng người dân muốn xây dựng, cải tạo nhà nhưng khó khăn không tìm được thợ quê, thợ tự do lành

Bảng 1: Bản đồ hóa cấu trúc kỹ năng, phân bố địa lý và phân khúc thị trường của LLLĐXDĐT phi chính thức tại Việt Nam.

Loại hình nghề tiêu biểu	Vùng lõi cung ứng (địa phương trọng điểm)	Đặc trưng kỹ nghệ bản địa và phương thức vận hành	Phân khúc thị trường đáp ứng chủ lực
Thợ nề và xây thô (xây, trát, đổ bê tông, cốt thép, cốp pha)	- Miền Bắc và miền Trung: Nam Định (Hải Hậu, Nghĩa Hưng), Thái Bình, Thanh Hóa (Hoàng Hóa), Nghệ An. - Miền Nam: An Giang, Đồng Tháp, Quảng Ngãi, Bình Định.	- Sức bền cao, chịu gian khổ tốt. - Vận hành theo mô hình cai thầu đồng hương hoặc hiệp thợ gia đình. - Chuyển dịch linh hoạt theo mùa vụ nông nhàn.	- Nhà ở riêng lẻ dân dụng. - Thầu phụ khoán việc cho các đại công trình (hạ tầng, xây dựng dân dụng, công nghiệp...).
Thợ mộc xây dựng (kết cấu mái, cốp pha gỗ, kiến trúc cổ truyền)	- Hà Nội (Thạch Thất, Chàng Sơn). - Bắc Ninh (Đông Kỵ). - Huế (Mỹ Xuyên). - Quảng Nam (Kim Bồng).	- Thừa hưởng kỹ nghệ chạm khắc, kết cấu mộng gỗ truyền thống. - Thợ cả có năng lực đọc bản vẽ hình học không gian phức tạp không qua trường lớp. - Đào tạo kiểu truyền nghề gia tộc.	- Phục dựng, trùng tu di sản văn hóa, đình chùa... - Hoàn thiện nội thất gỗ cao cấp cho kiến trúc dân dụng, biệt thự...
Thợ cơ khí và sắt công trình (cốt thép kết cấu, khung nhà thép, nhôm kính)	- Nam Định (Xuân Trường). - Hà Nội (Phùng Xá - Thạch Thất). - Bắc Ninh (Đa Hội - Từ Sơn).	- Xuất thân từ các làng nghề rèn, gò hàn dân dụng. - Nhạy bén với cấu kiện cơ khí và liên kết chịu lực. - Tốc độ cơ động và thích ứng với máy móc cầm tay nhanh.	- Lắp dựng nhà xưởng tiền chế dân dụng. - Gia công cốt thép móng, cột, sàn tại chỗ. - Hoàn thiện hệ thống cửa, vách nhôm kính.
Thợ hoàn thiện cao cấp (ốp lát đá di sản, sơn bả mỹ thuật, trắn vách thạch cao)	- Thanh Hóa (Đông Sơn, Vĩnh Lộc). - Ninh Bình (Hoa Lư - Ninh Vân). - Vĩnh Phúc (Vĩnh Tường). - Đà Nẵng (Ngũ Hành Sơn).	- Đạt trình độ nghệ nhân về xử lý bề mặt (ốp lát mạch kín, xẻ và đục nhám đá tự nhiên). - Tư duy thẩm mỹ cao. - Chuyên môn hóa sâu, nhóm thợ nhỏ (3-5 người) độc lập.	- Mặt dựng (facade) công trình lớn, quảng trường... - Khách sạn, resort cao cấp. - Hoàn thiện nội - ngoại thất công trình hạng sang.

nghề. Lý do xuất phát từ sự dịch chuyển sâu sắc trong cơ cấu phát triển kinh tế và nhân khẩu học của toàn xã hội Việt Nam. Chúng ta có thể thấy rõ điều đó bởi các nguyên do sau đây:

+ Kể từ năm 1995, Việt Nam gia nhập ASEAN và đặc biệt năm 2006, ra nhập Tổ chức Thương mại thế giới (WTO). Gần ba thập kỷ qua, Việt Nam đã gặt hái được nhiều thành tựu về thương mại, đầu tư, không những giúp nâng cao vị thế quốc gia trong chuỗi giá trị toàn cầu, mà còn thể hiện rõ các cam kết hội nhập quốc tế, khu vực. Trong bối cảnh đó, thị trường nhân công lao động có nhiều biến động và thay đổi, đặc biệt là LLLĐXDĐT. Nhiều lao động xây dựng tự do có tay nghề và kỹ năng chuyên môn cao đã tham gia thị trường lao động nước ngoài bằng hình thức xuất khẩu lao động. Số đồng bào còn lại có xu hướng chọn làm công nhân nhà máy (điện tử, may mặc, da giày, cơ khí, dịch vụ xây dựng...) ở các khu công nghiệp, khu chế xuất ngay tại quê hương. Thu nhập có thể chưa cao, nhưng được gần gia đình, được đóng bảo hiểm, công việc ổn định, không phải dầm mưa dãi nắng và đi lại xa, cũng như rui ro tai nạn lao động...

+ Đứt gãy thế hệ (lão hóa lực lượng lao động): phương thức truyền nghề truyền thống dựa trên quan hệ đồng hương, đồng môn, đồng cảnh đang dần biến mất. Triết lý "Tậu trâu, cưới vợ, làm nhà/ Cả ba việc ấy thật là khó thay" đã không còn là động lực duy nhất với thanh niên nông thôn nếu chỉ duy nhất trông chờ vào mưu sinh bằng nghề này. Những thợ cả lành nghề hiện nay đa số đã cao tuổi. Thế hệ

trẻ không còn mặn mà với việc "đứng giàn giáo, xách xô vữa" do định kiến xã hội về nghề và sự vất vả đặc thù.

+ Các doanh nghiệp trong nước hoặc liên doanh với nước ngoài, đầu tư nhập khẩu hoặc sản xuất các đồ gia dụng hoặc các trang thiết bị, vật liệu hoàn thiện xây dựng như thang máy, máy điều hòa, máy bơm, tủ lạnh, máy giặt, đồ gỗ, vật liệu ốp lát sàn, trần, tường, vật liệu sơn... cũng đã thu hút một lực lượng lớn thợ tự do vào làm việc với quy trình khép kín từ cung cấp sản phẩm - lắp đặt - bảo hành, sửa chữa...

+ Sự bùng nổ của dòng vốn FDI và đầu tư công: các dự án hạ tầng lớn, khu đô thị đại chúng liên tục hình thành, thu hút một lượng lớn lao động xây dựng tự do vào làm thầu phụ, khoán việc thông qua các "cai thầu". Lực lượng này tập trung về các đại công trường với các dự án xây dựng có quy mô lớn, khiến thị trường xây dựng nhà dân riêng lẻ bị bỏ trống.

Với nhu cầu về quy mô và tốc độ xây dựng như hiện nay của Việt Nam, không những của quốc gia mà cả thị trường xã hội - Việc đặt ra làm thế nào để có thể khai thác, tận dụng nguồn nhân lực này, mặc dù còn nhiều hạn chế về tác phong, kỷ luật lao động lẫn kỹ thuật theo hướng công nghiệp là việc hết sức cần thiết, cả về số lượng và chất lượng kỹ thuật nghề. Đặt ra cần phải có các giải pháp đồng bộ, khoa học và liên ngành.

2. THỰC TRẠNG LLLĐXDĐT HIỆN NAY

Có thể thấy, đặc trưng tích cực nhất của LLLĐXDĐT chính là ở sự khéo léo của từng cá nhân, liên kết số đông trở thành

kỹ nghệ bản địa với từng nghề, khả năng thích ứng cao, đáp ứng linh hoạt các phân khúc của thị trường về nhân lực xây dựng. Sự khéo tay của họ không phải là tự phát nhất thời, mà là sự tích lũy kỹ năng có tính kế thừa từ các thế hệ trước tại các vùng miền, địa phương. Đây là một lợi thế cạnh tranh cốt lõi của nhân lực xây dựng Việt Nam mà các trường nghề chính quy hiện nay chưa khai thác được. Tuy nhiên, mặc dù phân hóa kỹ năng rất rõ ràng và chất lượng tay nghề cá nhân cao, nhưng vì vận hành dưới dạng toán thợ, hiệp thợ phi chính thức, họ hoàn toàn thiếu năng lực quản lý tổ chức, quản lý an toàn lao động và không có tư cách pháp nhân để bảo vệ quyền lợi kinh tế chính đáng. Hơn thế, khoảng cách giữa năng lực hiện tại của thợ tự do và những yêu cầu đòi hỏi về tiến độ, kỷ luật và tác phong công nghiệp, công nghệ kỹ thuật, vật liệu mới của ngành Xây dựng hiện nay là rất lớn.

Thông qua quy luật di cư và tập trung hóa kỹ năng - LLLĐXDTD tại Việt Nam không phân bố đồng đều mà tồn tại dưới dạng các "vùng lõi cung ứng" gắn liền với lịch sử làng nghề. Sự dịch chuyển của họ tuân theo quy luật đồng hương kéo đồng nghề. Một người thợ cả lành nghề từ các vùng đất tổ nghề khi lên đô thị lập nghiệp sẽ kéo theo hàng chục, hàng trăm thanh niên nông thôn, tạo thành các chuỗi cung ứng thâu phụ phi chính thức nhưng có tính chuyên môn hóa cao. LLLĐXDTD có thể được phân chia làm 4 nghề chính sau đây: (Hình 1)

+ Thợ nề (thợ xây thô, đổ bê tông, hoàn thiện cơ bản): đây là lực lượng đông đảo nhất, chiếm tỷ trọng lớn nhất trong lao động phi chính thức. Nguồn cung của nhóm này chủ yếu đến từ các vùng thuần nông có mật độ dân số cao và quỹ đất nông nghiệp hạn chế. Nổi tiếng với sức bền, khả năng chịu gian khổ tốt, chuyên gánh vác các công đoạn nặng nhọc như cốp pha, cốt thép, đổ bê tông, thường có xu hướng gắn kết thành các "hiệp thợ gia đình", chuyên nhận khoán trọn gói phần thô nhà ở dân dụng.

+ Thợ mộc (cốp pha gỗ, kết cấu mái, kiến trúc cổ truyền): mặc dù cốp pha nhôm và thép đang phổ biến ở các dự án lớn, nhưng trong xây dựng dân dụng và công trình văn hóa/tôn giáo, thợ mộc vẫn giữ vị trí độc tôn. Chuyên về kết cấu nhà gỗ cổ truyền như vì kèo, mái ngói; phục dựng công trình tôn giáo tín ngưỡng, hoặc thiên về cấu kiện hoàn thiện nội thất gỗ cao cấp gắn với công trình kiến trúc chạm khắc hoa văn tinh xảo, phục vụ trùng tu di sản hoặc các biệt thự cao cấp và trang trí kiến trúc...

+ Thợ sắt, thợ cơ khí xây dựng (cốt thép, kết cấu khung thép, nhôm kính): nghề này đòi hỏi sức khỏe và tư duy hình học trực quan cao hơn. Lực lượng này thường tập trung ở các địa phương có truyền thống nghề rèn hoặc gò hàn, cơ khí chế tạo. Thường là thợ sắt công trình, thợ hàn kết cấu thép, thợ nhôm kính hoàn thiện. Họ rất nhạy bén với bản vẽ kết cấu thép và lắp dựng giàn giáo cốp pha định hình.

+ Thợ hoàn thiện cao cấp (sơn bả, ốp lát, trần thạch cao, đá tự nhiên): đây là nhóm thợ đòi hỏi tính khéo tay cao nhất trong các loại hình nghề xây dựng phi chính thức, tiệm cận với trình độ nghệ nhân. Thu nhập của nhóm này thường cao hơn thợ nề và có xu hướng chuyên môn hóa sâu, đòi hỏi tính

mỹ thuật khắt khe.

Trên cơ sở phân tích trên, có thể hệ thống hóa nguồn LLLĐXDTD phi chính thức theo địa bàn vùng miền, địa phương và phân loại phân khúc nghề nghiệp theo bảng sau đây (Bảng 1)

Với bản đồ hóa (mapping) LLLĐXDTD phi chính thức (tức là chưa qua trường lớp đào tạo nghề) theo địa bàn cư trú gốc và tính chất nghề nghiệp đặc trưng - có thể thấy tại Việt Nam, sự phân hóa này chịu ảnh hưởng sâu sắc bởi yếu tố địa văn hóa, lịch sử làng nghề và đặc điểm di cư lao động theo vùng miền. Việc hiểu rõ tọa độ địa lý của nguồn lực này, giúp Nhà nước hoặc các tập đoàn lớn nếu muốn thực hiện chiến lược đào tạo, sẽ biết chính xác cần đặt các trung tâm thực hành kỹ năng ở đâu để đạt hiệu quả cao nhất mà không làm xáo trộn dòng di cư của họ.

3. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ KHAI THÁC SỬ DỤNG, TỔ CHỨC LLLĐXDTD TẠI VIỆT NAM

Cũng giống như Việt Nam, ngay cả các quốc gia phát triển cũng từng hoặc đang phụ thuộc lớn vào lực lượng lao động phi chính thức, lao động di cư hoặc thợ tự do. Tuy nhiên, cách họ quản lý và chuyển đổi rất khác biệt. Lực lượng lao động này được coi như viên ngọc thô mang sẵn dòng máu tài hoa, khéo léo của người thợ. Cái họ thiếu là tư duy an toàn công nghiệp, kỷ luật lao động và sự tiếp cận với công nghệ, kỹ thuật, vật liệu mới... Khi có một bộ đồ chính sách hợp lý, nhằm biến các "hiệp thợ tự do" thành các "tổ đội chuyên nghiệp", sẽ tạo ra một lực lượng hùng hậu, giải quyết tận gốc bài toán khát nhân lực chất lượng trong lĩnh vực xây dựng.

Theo Tổ chức Lao động Quốc tế (ILO), lao động phi chính thức (Informal labor), là bao gồm tất cả các thỏa thuận việc làm mà không cung cấp cho người lao động sự bảo vệ theo luật pháp. Điều này có nghĩa, những người lao động trong ngành xây dựng có thể làm việc mà không có hợp đồng lao động chính thức, hoặc không được ghi nhận trong hệ thống quản lý lao động của nhà nước và không được hưởng các quyền lợi như bảo hiểm xã hội, bảo hiểm y tế hay bảo hiểm thất nghiệp... Họ thường gặp phải nhiều rủi ro, bao gồm việc không có sự bảo vệ về pháp lý khi xảy ra tai nạn lao động hoặc tranh chấp với chủ sử dụng lao động. Họ cũng thường phải làm việc trong điều kiện không ổn định và thu nhập không đảm bảo...

Với những pháp lý trên, có thể tham khảo kinh nghiệm về khai thác sử dụng và tổ chức LLLĐXDTD tại một số quốc gia sau đây: (Hình 2)

+ Với các nước phát triển (Đức, Nhật Bản, Hàn Quốc): được quản lý thông qua hệ thống Chứng chỉ hành nghề quốc gia và áp lực pháp lý từ phía bảo hiểm hay chính quyền. Ví dụ tại Đức (với hệ thống đào tạo kép nghề - Dual vocational training), bằng sự gắn kết giữa trường nghề, doanh nghiệp và áp lực từ hệ thống bảo hiểm hay chế tài pháp lý. Một người muốn làm thợ xây (nhỏ lẻ hay lớn) đều phải trải qua trường nghề kết hợp thực hành tại doanh nghiệp. Người dân Đức gần như không thể tự thuê một nhóm thợ vô danh vì nếu xảy ra sự cố, bảo hiểm sẽ từ chối đền bù và chủ nhà có thể bị phạt

Bảng 2: Vai trò then chốt của Nhà nước, các Tập đoàn lớn và Hội nghề nghiệp trong đào tạo nghề, chuyển hóa từ khéo tay sang kỹ năng chuyên sâu.

Chủ thể	Vai trò chiến lược	Hành động cụ thể
Nhà nước	Kiến tạo chính sách và Chế tài	- Ban hành chính sách giảm thuế cho các nhà thầu lớn có chương trình “Đào tạo và Chính quy hóa thợ tự do”. - Bắt buộc các công trình đầu tư công phải dành một tỷ lệ nhất định sử dụng lao động địa phương đã qua chuẩn hóa.
Các Tập đoàn xây dựng lớn	Đầu tàu kéo toa	- Đóng vai trò là người đặt hàng. Thay vì tuyển dụng trực tiếp, họ ký hợp đồng dài hạn với các HTX xây dựng vệ tinh ở nông thôn, cam kết bao tiêu đầu ra với điều kiện các HTX phải đảm bảo thợ có chứng chỉ và tác phong công nghiệp.

nặng vì sử dụng lao động bất hợp pháp hay trốn thuế. Hoặc tại Nhật Bản (với hệ thống thầu phụ và nghiệp đoàn) - lực lượng thợ truyền thống (như thợ mộc xây nhà gỗ cổ truyền) được tôn vinh là nghệ nhân (Takumi). Với thợ xây dựng thông thường, Nhật Bản sử dụng hệ thống đánh giá kỹ năng nghề nghiêm ngặt. Lao động nông thôn hoặc lao động nước ngoài đều phải qua các nghiệp đoàn, được huấn luyện an toàn lao động bắt buộc trước khi bước chân vào công trường.

+ Với các nước đang phát triển (Trung Quốc, Ấn Độ): ví dụ Trung Quốc (mô hình quản lý “nông dân công”), với hàng trăm triệu lao động nông thôn đổ về thành thị xây dựng các siêu đô thị. Trung Quốc đã giải bài toán này bằng cách ràng buộc các tập đoàn xây dựng lớn, các nhà thầu phải có trách nhiệm đào tạo ngắn hạn tại chỗ, cấp thẻ an toàn và tích hợp họ vào hệ thống quản lý số (City Information Modeling - CIM và thẻ thông minh cá nhân) để kiểm soát dòng lao động và trả lương trực tiếp, tránh qua cai thầu trung gian ăn chặn.

Như vậy có thể thấy, bất luận LLLĐXDTD hành nghề đơn lẻ hay theo nhóm, đều phải qua đào tạo tối thiểu ở các doanh nghiệp hoặc trường nghề và phải có chứng chỉ hành nghề hợp pháp. Đây là bài học kinh nghiệm thực tiễn, có giá trị với Việt Nam, nếu chúng ta muốn thúc đẩy tốc độ và quy mô xây dựng hạ tầng, các đại đô thị... cũng như nhu cầu lớn của thị trường xã hội, trên cơ sở phát huy nguồn nhân lực dồi dào và giá trị này.

4. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH VÀ GIẢI PHÁP TRONG ĐÀO TẠO SỬ DỤNG LLLĐXDTD TẠI VIỆT NAM

4.1. Xác định vị trí của LLLĐXDTD trong hệ thống nhân lực lao động của ngành Xây dựng

Có thể thấy, LLLĐXDTD tại Việt Nam trong quá khứ cũng như hiện nay, đang đáp ứng phân khúc thị trường mà các nhà thầu lớn (hạng A, hạng B) không muốn hoặc không thể làm hiệu quả về chi phí như nhà ở riêng lẻ, cải tạo sửa chữa nhỏ, công trình vùng sâu vùng xa... Nếu tận dụng và “chuẩn hóa” được họ thông qua các hình thức đào tạo cơ bản ngắn hạn, ngành xây dựng sẽ giải quyết được cùng lúc 3 bài toán kinh tế - xã hội: nâng cao chất lượng và tốc độ xây dựng các công trình quốc gia và dân sinh, giảm thiểu tai nạn lao động và ổn định an sinh xã hội cho nông thôn.

Để làm được việc đó, cần đặt LLLĐXDTD như một tài

nguyên quốc gia, lấy sự khéo léo bản năng của họ, tập hợp lại để trở thành kỹ nghệ bản địa làm gốc, lấy nhu cầu sinh kế bền vững làm động lực và lấy tác phong công nghiệp làm đòn bẩy. Nếu chúng ta làm được điều đó, Việt Nam sẽ sở hữu một “quân đoàn kiến thiết” cực kỳ hùng hậu. Họ vừa có sự tỉ mỉ, khéo léo của người thợ thủ công truyền thống, vừa có sự thần tốc, chính xác của người công nhân thời đại số. Họ không chỉ xây dựng nên những ngôi nhà cho làng quê của chính họ, cho nhu cầu của cả xã hội, mà còn là lực lượng chủ lực gánh vác các siêu dự án hạ tầng, đường cao tốc, đường sắt tốc độ cao, các đại đô thị... của đất nước trong những thập kỷ tới.

Để chuyển hóa một lực lượng lao động lớn vốn thuần nông, tự phát, khéo tay nhưng thiếu kỷ luật thành một đội quân tinh nhuệ, có tác phong công nghiệp đáp ứng tốc độ đô thị hóa và đại công trường hiện nay, chúng ta cần một hệ thống giải pháp đồng bộ từ thượng tầng thông qua cơ chế chính sách, đến hạ tầng thông qua sự vào cuộc và phối hợp của các cấp chính quyền địa phương, doanh nghiệp, hội nghề nghiệp...

4.2. Thiết lập hệ sinh thái trong chuỗi đào tạo và cung ứng nguồn nhân công lao động

Để đưa LLLĐXDTD từ phi chính thức sang chính thức, chúng ta không thể bê nguyên xi giáo trình của các trường trung cấp hay cao đẳng nghề để bắt họ đi học. Họ cần tiền để sống và hỗ trợ cho gia đình hàng ngày. Do đó, mô hình chuyển đổi khả thi phải dựa trên “thực tế hóa” và “thương mại hóa”. Sự khéo tay của người thợ Việt là tài sản, nhưng điểm yếu cố hữu là làm theo thói quen và kinh nghiệm cảm tính. Để đáp ứng tốc độ xây dựng hiện đại, cần phải chuyển hóa họ qua chuỗi đào tạo gồm 4 nội dung sau đây:

Xây dựng hệ sinh thái “vệ tinh vùng” trong đào tạo nghề

Chúng ta không thể kéo hàng triệu lao động về các thành phố lớn để đào tạo rồi trả về. Thay vào đó, cần mô hình “đào tạo tại chỗ, sử dụng tại chỗ và điều tiết liên vùng”, có thể ở các cấp độ và địa điểm như:

+ Thành lập các trung tâm thực hành kỹ năng xây dựng cấp vùng hay cấp tỉnh: đây không phải là trường nghề chính quy, mà là các sân chơi kỹ năng do Nhà nước đầu tư hạ tầng cơ bản, nhưng vận hành chủ yếu bởi các doanh nghiệp xây dựng và các nhà thầu lớn. Tại đây, người lao động nông thôn

có thể đến đăng ký kiểm tra tay nghề, cập nhật công nghệ mới vào những tháng nông nhàn.

+ Xây dựng mạng lưới “HTX xây dựng kiểu mới”: gom các toán thợ nhỏ lẻ ở nông thôn thành các HTX xây dựng cấp tỉnh/thành phố/phường/xã. HTX này sẽ là pháp nhân đứng ra ký hợp đồng với các đại công trường, lo bảo hiểm, trang bị bảo hộ lao động và chịu trách nhiệm tổ chức quản lý kỹ thuật. Đây chính là vùng đệm giúp người nông dân làm quen dần với môi trường quản lý công nghiệp trước khi bước vào các dự án lớn của doanh nghiệp hay Nhà nước. (Hình 3)

Công thức đào tạo nghề chuyển hóa từ “khéo tay” sang “kỹ năng chuyên sâu”

+ Mô-đun hóa giáo trình đào tạo (đơn giản và trực quan): không thể bắt những người lao động này học lý thuyết hàn lâm. Giáo trình phải được thiết kế thành các mô-đun kỹ năng cực kỳ ngắn gọn, trực quan (như sử dụng video, mô hình 3D, hoặc ứng dụng trên điện thoại). Ví dụ: mô-đun kỹ thuật xây gạch bê tông nhẹ, mô-đun đọc bản vẽ cốt thép, mô-đun kỹ thuật chống thấm cốt lõi... Học mô-đun nào, cấp chứng chỉ và thực hành ngay mô-đun đó.

+ Công nghiệp hóa công cụ lao động: tác phong công nghiệp không thể hình thành nếu người thợ vẫn dùng những công cụ thô sơ truyền thống. Cần có chính sách hỗ trợ (ví dụ qua các quỹ khuyến nông, tín dụng chính sách) để các tổ đội thợ tiếp cận với máy móc cầm tay hiện đại như máy cân bằng laser, máy phun vữa, giàn giáo thép thông minh thay cho giáo gỗ, giáo tre... Công cụ hiện đại tự khắc sẽ ép người lao động phải thay đổi hành vi và tư duy chính xác cho chính mình.

Trang bị tác phong công nghiệp từ nhu cầu thị trường và chuẩn mực công trường

Tác phong công nghiệp (đúng giờ, kỷ luật an toàn, quy trình nghiêm ngặt, ý thức bảo hộ...) không tự nhiên sinh ra từ mọi lời kêu gọi, nó chỉ được hình thành từ kỷ luật sắt của công trường và lợi ích kinh tế tương xứng.

+ Bộ tiêu chuẩn “Thẻ thông hành công trường”: các cơ quan quản lý cần phối hợp ban hành một quy định bắt buộc với mọi lao động khi bước vào công trường (dù là thợ phụ của thầu phụ), bắt buộc phải có thẻ an toàn và kỹ năng cơ bản. Thẻ này được tích hợp mã định danh (hoặc QR code). Nếu vi phạm kỷ luật an toàn hoặc làm ẩu, thẻ sẽ bị khóa trên hệ thống toàn quốc. Áp lực mất sinh kế sẽ buộc người thợ phải tuân thủ kỷ luật.

+ Cơ chế trả lương theo năng suất chất lượng công nghiệp: thay vì trả công nhật (vốn dung túng cho sự lười biếng hoặc kéo dài thời gian), hệ thống quản lý của các tổ đội phải chuyển triệt để sang khoán sản phẩm theo tiêu chuẩn kỹ thuật (như các yêu cầu về độ phẳng, độ sọt, tiến độ...). Khi người thợ hiểu rằng, nếu làm đúng quy trình, năng suất tăng gấp đôi, thu nhập tăng gấp đôi; nếu làm ẩu, phải tự bỏ tiền túi ra sửa, họ sẽ tự giác học và rèn dũa tác phong công nghiệp.

Vai trò then chốt của Nhà nước, các tập đoàn, doanh nghiệp lớn và hội nghề nghiệp

Chiến lược này không thể thành công nếu chỉ dựa vào sự tự vận động của thợ tự do. Nó cần sự hợp tác chiến lược và

đồng bộ giữa Nhà nước, các tập đoàn và doanh nghiệp xây dựng, các tổ chức hội nghề nghiệp, ứng với vai trò vị thế và các hành động cụ thể dưới đây (Bảng 2)

4.3. Các giải pháp về đào tạo theo chuẩn công nhân kỹ thuật xây dựng

Trong hệ thống thang bảng lương và phân cấp kỹ thuật của ngành Xây dựng Việt Nam, công nhân kỹ thuật bậc 3 (3/7) được coi là bản lề. Ở cấp bậc này, người thợ không còn làm việc theo bản năng hay chỉ sai đâu đánh đó. Họ đã làm chủ được kỹ thuật cốt lõi, có khả năng đọc hiểu bản vẽ kỹ thuật độc lập, làm việc theo quy trình an toàn và hướng dẫn được cho thợ phụ (bậc 1, bậc 2).

Dựa trên nền tảng khéo tay sẵn có từ người thợ, việc đào tạo ngắn hạn theo mô-đun hoàn toàn có thể nâng cấp họ lên trình độ sơ cấp nghề tương đương công nhân bậc 3/7. Để áp dụng vào cơ cấu tổ chức của các doanh nghiệp xây dựng hiện đại, lực lượng sau đào tạo này sẽ được định danh lại thành các nhóm nghề kỹ thuật chính quy. Đây cũng chính là sự phủ nhận khi nhiều định kiến cho rằng lao động tự do nông thôn không thể làm công nhân xây dựng chính quy. Nó cho thấy chỉ cần một lộ trình đào tạo trúng đích, họ sẽ là nguồn tài nguyên vô giá của các doanh nghiệp xây dựng. Dựa trên bảng 1 về các loại hình nghề truyền thống tiêu biểu - hệ thống hóa danh mục nghề nghiệp được sắp xếp và chia thành 4 nhóm chủ lực, đáp ứng với sự tương thích giữa kỹ nghệ bản địa và tiêu chuẩn công nghiệp (Bảng 3).

Dựa vào bảng phân chia này có thể thấy hoàn toàn không xóa bỏ sự khéo tay cốt lõi của người thợ (ví dụ thợ đá Thanh Hóa hay thợ mộc Thạch Thất), mà là chuẩn hóa và đặt tên mới cho các nhóm nghề dưới góc độ quản trị doanh nghiệp. Ví dụ từ “thợ đục đá” trở thành “công nhân chế tác và ốp lát đá di sản bậc 3”, nâng tầm vị thế xã hội và nghề nghiệp của người lao động.

Đồng thời, tách biệt giữa thợ đa năng và thợ chuyên sâu bởi thợ quê truyền thống thường cái gì cũng biết làm nhưng không sâu (vừa xây, vừa trát, vừa lát gạch, vừa sơn...). Khi vào doanh nghiệp xây dựng hiện đại, để đáp ứng tốc độ cao, họ phải được đào tạo theo hướng chuyên môn hóa cao vào một nhóm nghề cụ thể trong bảng để tối ưu hóa năng suất lao động. Trên cơ sở đó, doanh nghiệp sẽ hoạch định được đơn giá khoán nội bộ dễ dàng thông qua xây dựng định mức kinh tế kỹ thuật, áp dụng cơ chế khoán sản phẩm trực tiếp cho các tổ đội hay HTX vệ tinh, loại bỏ hoàn toàn việc chăm công nhật lằng lằng và thiếu chính xác...

5. KẾT LUẬN

Hành trình chuyển hóa của LLLĐXDĐTĐ tại Việt Nam, xét cho cùng, là tấm gương phản chiếu sự vận động mang tính quy luật của nền kinh tế từ tự phát sang tự giác, từ tư duy tiểu nông đến tác phong công nghiệp. Việc lựa chọn chiến lược “Chính quy hóa lực lượng lao động xây dựng phi chính thức” không đơn thuần là một giải pháp tình thế nhằm lấp đầy khoảng trống nhân lực, mà là một bước đi mang tính cấu trúc, tạo ra tác động cộng hưởng đồng thời lên 3 hệ giá trị: Xã hội - Doanh nghiệp - Nông thôn. Đối với nhu cầu xã hội, việc

Bảng 3: Hệ thống hóa danh mục nghề nghiệp và chuẩn đầu ra, tương đương công nhân kỹ thuật xây dựng bậc 3/7 sau đào tạo.

Nhóm nghề kỹ thuật trong DN	Nghề cụ thể sau đào tạo	Chuẩn năng lực kỹ thuật cốt lõi (bậc 3/7)	Tiêu chuẩn tác phong công nghiệp bắt buộc
1. Nhóm Kỹ thuật Xây dựng và Kết cấu thô	- Công nhân nề - xây dựng kết cấu. - Công nhân cốt pha, giàn giáo thông minh. - Công nhân bê tông - cốt thép.	- Đọc thành thạo bản vẽ kiến trúc và kết cấu cơ bản. - Sử dụng thành thạo máy cân bằng laser, máy trắc địa mini. - Lắp dựng được hệ giàn giáo nêm, giáo thép đúng tiêu chuẩn chịu lực. - Kiểm soát được độ sụt bê tông, kỹ thuật đầm và dưỡng hộ bê tông tấm lớn.	- Tuyệt đối tuân thủ quy trình an toàn giàn giáo và bảo hộ trên cao. - Giữ gìn vệ sinh công trường. - Báo cáo tiến độ theo nhật ký công việc.
2. Nhóm Kỹ thuật hoàn thiện Kiến trúc	- Công nhân ốp lát kỹ thuật cao. - Công nhân sơn bả và hiệu ứng mỹ thuật. - Công nhân trần - vách thạch cao và vật liệu mới.	- Đọc hiểu bản vẽ chi tiết hoàn thiện. - Xử lý chuẩn xác các mạch gạch khổ lớn, kỹ thuật cắt góc 45 độ bằng máy. - Làm chủ kỹ thuật sơn hiệu ứng bê tông, sơn giả chất liệu, kỹ thuật chống thấm bề mặt chuyên sâu.	- Ý thức cao về độ chính xác. - Tác phong bảo quản sản phẩm sau thi công. - Tiết kiệm và quản lý hao hụt vật tư cao cấp.
3. Nhóm Kỹ thuật Kết cấu thép và Cơ khí	- Công nhân hàn kết cấu công nghệ cao. - Công nhân lắp dựng khung thép tiền chế. - Công nhân cơ khí nhôm kính kiến trúc.	- Đọc hiểu bản vẽ chế tạo cơ khí và định vị cấu kiện. - Làm chủ các kỹ thuật hàn điện, hàn CO2 ở các tư thế cơ bản đạt tiêu chuẩn siêu âm mối hàn. - Sử dụng thành thạo thiết bị cầu chuyển, siết lực bu-lông cường độ cao theo đúng mô-men xoắn quy định.	- Kỷ luật nghiêm ngặt về an toàn phòng chống cháy nổ. - Sử dụng thiết bị bảo hộ bắt buộc (kính hàn, mặt nạ, dây an toàn).
4. Nhóm Kiến trúc cổ truyền và Di sản	- Công nhân mộc kiến trúc và kết cấu gỗ. - Công nhân chế tác và ốp lát đá mỹ nghệ.	- Chuyển bản vẽ kiến trúc thành bản vẽ sàm mộng gỗ truyền thống. - Làm chủ kỹ thuật liên kết mộng không dùng đinh, kỹ thuật xử lý chống mối mọt cấu kiện gỗ. - Sử dụng máy mini cầm tay trong đục chạm đá, kỹ thuật neo, treo đá mặt dựng	- Tác phong tỉ mỉ, kiên nhẫn của người làm nghệ thuật. - Ý thức bảo tồn nguyên trạng di sản khi thực hiện trùng tu.

nâng cấp các hiệp thợ, tổ thợ tự do đạt chuẩn công nhân kỹ thuật sẽ giúp xã hội được thụ hưởng những công trình nhà ở an toàn hơn, chất lượng mỹ thuật cao hơn, giảm thiểu tối đa rủi ro tai nạn lao động nhờ tư duy an toàn và kỹ nghệ bản địa đã được hệ thống hóa bằng khoa học quản trị. Đối với các doanh nghiệp xây dựng, việc chuyển đổi các toán thợ thành hệ sinh thái các HTX xây dựng, hay những doanh nghiệp vệ tinh siêu nhỏ, sẽ cung cấp cho các nhà thầu lớn một quân đoàn công nhân tinh nhuệ, vừa có sự khéo léo bản năng, vừa tuân thủ nghiêm ngặt tác phong lao động công nghiệp. Đây chính là động lực cốt lõi để các tập đoàn xây dựng tăng năng suất lao động, làm chủ công nghệ mới và đáp ứng tốc độ thần tốc của các siêu dự án quốc gia trong giai đoạn tới. Đối với an sinh xã hội vùng nông thôn, mô hình đào tạo mô-đun lưu động và sử dụng nhân lực theo mạng lưới tại chỗ, vệ tinh, chính là giải pháp tạo sinh kế bền vững "ly nông bất ly hương". Việc chính quy hóa LLLĐXDTD giúp họ bám trụ với nghề bằng một vị thế xã hội được tôn trọng, có bảo hiểm, có thu nhập ổn định, giảm áp lực di cư tự do và giữ gìn các cốt lõi văn hóa làng nghề truyền thống.

Kỹ nghệ bản địa của người thợ Việt là một tài nguyên quý giá, nhưng chỉ có thể trở thành sức mạnh kiến thiết đất nước khi được đặt trên bệ đỡ của các cơ chế chính sách kiến tạo đồng bộ, được rèn giũa qua kỷ luật và kỹ thuật hiện đại tại các công trường. Khi hai dòng chảy này gặp nhau, nhu cầu thị trường xã hội và ngành Xây dựng Việt Nam không chỉ giải được bài toán cung cầu về nhân lực lao động, mà còn sở hữu một nền tảng nội lực nhân văn, đưa con người làm trung tâm của mọi sự phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Tổng cục Thống kê (2023) - Báo cáo điều tra lao động việc làm năm 2022: Thực trạng lao động phi chính thức tại Việt Nam. NXB Thống kê, Hà Nội.
- [2] International Labour Organization - ILO (2018). Women and men in the informal economy: A statistical picture.
- [3] BMBF - Federal Ministry of Education and Research (2022). The German Vocational Training System (Dual System): Structure, Function, and Transferability.
- [4] Wang, M., & Zhang, X. (2020). "The Nongmingong (Migrant Peasants) on Chinas Mega-construction Sites: Institutional Management and Digital Tracking Systems." - China Economic Review

KHI TÀI NGUYÊN TRUYỀN THỐNG CẠN DẦN:

VLXD công nghệ cao sẽ mở lối cho ngành Xây dựng Việt Nam

**THU THẢO**

Trước áp lực giảm phát thải khí nhà kính, cạn kiệt tài nguyên khoáng sản và yêu cầu phát triển hạ tầng quy mô lớn, ngành vật liệu xây dựng (VLXD) Việt Nam đang đứng trước yêu cầu phải chuyển đổi mạnh mẽ sang các dòng vật liệu công nghệ cao, phát thải carbon thấp và có khả năng tái chế. Trao đổi với BTV Tạp chí Xây dựng, PGS.TS Tống Tôn Kiên - Phó viện trưởng Viện Nghiên cứu và Ứng dụng VLXD nhiệt đới (Trường ĐH Xây dựng Hà Nội) cho rằng, chìa khóa không nằm ở việc sử dụng nhiều vật liệu hơn mà là tạo ra những vật liệu thông minh hơn, bền vững hơn và hiệu quả hơn trong suốt vòng đời công trình.

CHUYỂN TƯ DUY KHAI THÁC SANG TỐI ƯU HÓA TÀI NGUYÊN

♦ Xin chào PGS.TS Tống Tôn Kiên, rất vui được trở lại trò chuyện cùng ông trên Tạp chí Xây dựng số tháng 7/2026. Vẫn là nội dung đang vô cùng nóng của ngành VLXD, một trong những lĩnh vực được xem là phát thải carbon lớn, theo ông, đâu là thách thức lớn nhất đối với mục tiêu Net Zero của ngành hiện nay?

- Theo tôi, thách thức của ngành VLXD trong lộ trình hướng tới Net Zero nằm ở chỗ phần lớn các loại vật liệu chủ lực hiện nay đều gắn chặt với quá trình khai thác tài nguyên thiên nhiên và tiêu thụ năng lượng ở quy mô lớn.

Trong đó, ngành xi măng là ví dụ điển hình. Đây là lĩnh vực phát thải carbon lớn nhất trong ngành VLXD, bởi phát thải không chỉ đến từ nhiên liệu cho lò nung mà còn xuất phát từ chính phản ứng hóa học trong quá trình sản xuất clinker. Ngay cả khi thay thế hoàn toàn nhiên liệu hóa thạch bằng nhiên liệu tái tạo thì vẫn còn một lượng lớn phát thải từ quá trình vận hành rất khó loại bỏ.

Đó là lý do vì sao Net Zero đối với ngành VLXD không đơn thuần là câu chuyện tiết kiệm năng lượng hay thay đổi nhiên liệu, mà đòi hỏi phải thay đổi cách chúng ta thiết kế, sản xuất và sử dụng tiết kiệm, hiệu quả vật liệu.

Tôi cho rằng có 3 thách thức lớn. Thứ nhất là giảm phụ thuộc vào tài nguyên nguyên sinh thông qua việc tăng

cường sử dụng vật liệu tái chế, phụ phẩm công-nông nghiệp và các nguồn nguyên liệu thay thế.

Thứ hai là phát triển và thúc đẩy sử dụng các dòng vật liệu carbon thấp, hoặc hấp phụ carbon... là những hướng đi quan trọng.

Thứ ba là nâng cao hiệu quả sử dụng vật liệu trong công trình. Chúng ta không nên chỉ tập trung vào việc sản xuất vật liệu phát thải thấp hơn mà còn phải hướng tới việc sử dụng ít vật liệu hơn nhưng vẫn đạt hiệu quả kỹ thuật cao hơn. Đây chính là lợi thế của các vật liệu hiệu năng cao như bê tông chất lượng cao (HPC) hay bê tông siêu tính năng (UHPC).

Nếu nhìn rộng hơn, mục tiêu cuối cùng không phải chỉ là giảm phát thải trong nhà máy sản xuất vật liệu mà là giảm phát thải trên toàn bộ vòng đời công trình, từ khai thác nguyên liệu, sản xuất, thi công, vận hành cho tới tháo dỡ và tái chế.

Vì vậy, Net Zero đối với ngành VLXD thực chất là một quá trình chuyển đổi toàn diện từ mô hình kinh tế tuyến tính sang kinh tế tuần hoàn, từ tư duy khai thác tài nguyên sang tư duy tối ưu hóa tài nguyên và phát triển vật liệu bền vững.

♦ Một trong những hướng nghiên cứu mà ông theo đuổi nhiều năm là tái chế chất thải rắn xây dựng (CTRXD). Theo ông, Việt Nam đang đứng ở đâu trong lĩnh vực này?

- Có thể nói, Việt Nam hiện đang ở giai đoạn đầu của quá



Đến năm 2045, công trường xây dựng sẽ không còn là nơi sản xuất vật liệu và thi công kết cấu như hiện nay, mà sẽ trở thành nơi lắp ráp các sản phẩm đã được thiết kế, mô phỏng và chế tạo sẵn bằng công nghệ số”.

PGS.TS Tống Tôn Kiên

trình quản lý và tái chế CTRXD theo hướng bài bản và bền vững.

Theo các nghiên cứu trước đây, CTRXD chiếm khoảng 10 - 12% tổng lượng chất thải rắn đô thị. Tuy nhiên, đây chủ yếu là những số liệu được tổng hợp trong giai đoạn 2009 - 2017 và đến nay vẫn chưa có hệ thống thống kê đầy đủ, cập nhật thường xuyên trên phạm vi cả nước. Thực tế cho thấy, tỷ lệ này có sự khác biệt rất lớn giữa các địa phương, thành phố lớn. Tại những đô thị có tốc độ đô thị hóa và phát triển xây dựng cao như Hà Nội hay TP.HCM, lượng CTRXD có thể chiếm tới 25 - 30% tổng lượng chất thải đô thị, cá biệt có thể trên 50%, tùy từng thời điểm.

Một trong những hạn chế lớn hiện nay là phương pháp dự báo lượng CTRXD vẫn chủ yếu được xác định gián tiếp thông qua tỷ lệ phần trăm so với chất thải rắn sinh hoạt. Trong khi đó, chất thải sinh hoạt lại được tính toán dựa trên lượng phát sinh theo đầu người. Cách tiếp cận này chưa phản ánh đúng bản chất của hoạt động xây dựng, bởi lượng chất thải xây dựng phụ thuộc nhiều hơn vào quy mô đầu tư, diện tích xây dựng, tốc độ đô thị hóa, sự phát triển kinh tế và thị trường bất động sản. Vì vậy, kết quả dự báo thường chưa sát với thực tế, đặc biệt tại các địa phương có nhiều dự án xây dựng quy mô lớn.

Bên cạnh đó, hệ thống thống kê hiện hành cũng còn những khoảng trống nhất định. Dữ liệu của cơ quan thống kê chủ yếu tập trung vào tổng diện tích sàn xây dựng của

một số nhóm công trình dân dụng và công nghiệp, trong khi chưa tách riêng đầy đủ các công trình hạ tầng kỹ thuật như giao thông, cầu đường, cấp thoát nước hay các dự án phát triển đô thị. Đây đều là những lĩnh vực phát sinh khối lượng CTRXD rất lớn nhưng chưa được lượng hóa đầy đủ trong công tác dự báo.

Từ thực tiễn đó, nhóm nghiên cứu của chúng tôi đã đề xuất phương pháp dự báo mới, trong đó lượng CTRXD được xác định dựa trên diện tích sàn xây dựng và đặc điểm của từng loại công trình, kết hợp với các chỉ số kinh tế - xã hội như tốc độ tăng dân số, tốc độ đô thị hóa, GDP và tốc độ tăng trưởng kinh tế. Cách tiếp cận này cho phép dự báo sát thực tế hơn so với phương pháp truyền thống.

Nếu được áp dụng rộng rãi, các địa phương sẽ có cơ sở dữ liệu chính xác và cập nhật hơn để phục vụ công tác quy hoạch bãi chứa, trung tâm xử lý và nhà máy tái chế CTRXD phù hợp. Đồng thời, việc yêu cầu chủ đầu tư kê khai, dự báo khối lượng chất thải phát sinh ngay từ giai đoạn cấp phép xây dựng cũng sẽ giúp hình thành hệ thống dữ liệu liên tục, đồng bộ từ địa phương đến trung ương, tạo nền tảng quan trọng cho việc thúc đẩy kinh tế tuần hoàn trong ngành Xây dựng và nâng cao hiệu quả quản lý CTRXD trong thời gian tới.

❖ Vấn đề khó khăn có nằm ở công nghệ hay thị trường tiêu thụ sản phẩm tái chế không?

- Cả hai. Hiện nay một số mô hình tái chế đã hình thành. Tại Hà Nội đã có doanh nghiệp đầu tư dây chuyền xử lý CTRXD quy mô lớn. Hải Phòng đang triển khai nhà máy xử lý và tái chế CTRXD quy mô lớn đầu tiên của Việt Nam. Quảng Ninh cũng đã có doanh nghiệp sử dụng vật liệu tái chế để sản xuất gạch bê tông không nung.

Tuy nhiên, phần lớn sản phẩm hiện mới dừng ở xử lý sơ cấp, phân khúc giá trị thấp như vật liệu san lấp hoặc nền đường giao thông; chưa có nhiều sản phẩm tái chế thứ cấp có giá trị cao.

Trong khi đó, tại các nước phát triển, vật liệu tái chế được phân loại rất chi tiết. Loại chất lượng cao sẽ tiếp tục được chế biến thành VLXD thứ cấp có giá trị gia tăng lớn hơn, chỉ loại chất lượng thấp mới xử lý và gia cường để làm vật liệu san lấp. Chính điều này giúp các nhà máy chủ động được đầu ra và nâng cao hiệu quả kinh tế.

◆ Nhiều chủ đầu tư vẫn lo ngại về chất lượng vật liệu tái chế. Ông nhìn nhận vấn đề này như thế nào?

- Đây là tâm lý dễ hiểu nhưng phần lớn xuất phát từ việc thiếu thông tin khoa học. Các nghiên cứu trong và ngoài nước đều cho thấy vật liệu tái chế hoàn toàn có thể đáp ứng yêu cầu kỹ thuật nếu được phân loại và xử lý đúng quy trình.

Đương nhiên trong quá trình phá dỡ công trình có thể xuất hiện một số thành phần cần kiểm soát như amiăng hoặc các chất nguy hại khác. Nhưng các thành phần này có thể được loại bỏ ngay từ khâu phân loại ban đầu, hoặc kiểm soát trong quá trình tái chế.

Hiện nay, trong nhiều phạm vi tiêu chuẩn sản phẩm VLXD, đưa yêu cầu ngay về nguyên liệu tự nhiên nên khi muốn đưa sản phẩm vật liệu tái chế có các nguồn nguyên liệu khác vào thị trường đều phải phát triển tiêu chuẩn sản phẩm mới. Do đó, nên chăng để khuyến khích doanh nghiệp ứng dụng công nghệ mới, đổi mới sáng tạo trong sản xuất thì chúng ta có thể thay đổi cách kiểm soát chất lượng một số sản phẩm từ nguyên liệu đầu vào bằng kiểm soát chất lượng sản phẩm đầu ra.

Vấn đề quan trọng nhất là phải xây dựng được chuỗi quản lý CTRXD từ khâu xây dựng/ phá dỡ, thu gom, phân loại đến sản phẩm tái chế. Nếu làm tốt, vật liệu tái chế hoàn toàn có thể được sử dụng an toàn trong nhiều loại công trình.

“RÀO CẢN LỚN NHẤT LÀ HỆ SINH THÁI ỨNG DỤNG”

◆ Bên cạnh vật liệu tái chế, ông cũng là một trong những chuyên gia nghiên cứu về bê tông chất lượng cao và bê tông siêu tính năng (UHPC). Theo ông, vì sao đây được xem là hướng đi quan trọng để giảm phát thải carbon?

- Nhiều người thường nghĩ rằng bê tông cường độ cao sẽ phát thải lớn hơn do sử dụng nhiều xi măng hơn. Nhưng nếu nhìn trên toàn bộ vòng đời công trình thì kết quả lại khác.

Bản chất của vật liệu hiệu năng cao là tạo ra khả năng chịu lực lớn hơn trên cùng một đơn vị vật liệu. Khi sử dụng UHPC, kích thước kết cấu có thể giảm đáng kể, lượng thép sử dụng giảm, khối lượng đào đắp nền móng giảm và thời gian thi công cũng được rút ngắn.

Năm 2019, chúng tôi đã thực hiện các đánh giá hiệu quả thử nghiệm ứng dụng UHPC cho bản mặt cầu nông thôn. Kết quả cho thấy lượng vật liệu sử dụng giảm đáng kể 40 - 58%, kéo theo giảm 65% tổng năng lượng tiêu thụ và giảm 76% lượng phát thải carbon trong quá trình xây dựng. Nếu tính trên toàn bộ vòng đời công trình, bao gồm cả chi phí duy tu, bảo dưỡng và sửa chữa, mức giảm phát thải có thể rất lớn.

Nói cách khác, đây là cách tiếp cận "xây ít vật liệu hơn nhưng hiệu quả hơn".

◆ Tuy nhiên, giá thành UHPC hiện vẫn cao hơn nhiều lần bê tông thông thường?

- Đúng là chi phí vật liệu ban đầu còn cao. Nhưng cần nhìn ở góc độ chi phí vòng đời.

Khi tuổi thọ công trình tăng lên, chi phí sửa chữa giảm xuống và thời gian khai thác kéo dài hơn thì tổng chi phí xã hội lại thấp hơn.

Thực tế, nhiều quốc gia hiện nay không còn đánh giá vật liệu chỉ dựa trên giá thành đầu tư ban đầu mà đánh giá trên toàn bộ vòng đời công trình. Đây cũng là xu hướng mà Việt Nam cần tiếp cận trong tương lai.

◆ Theo ông, đâu là rào cản lớn nhất hiện nay đối với VLXD carbon thấp và vật liệu công nghệ cao?

- Rào cản lớn nhất hiện nay không hẳn là công nghệ mà là hệ sinh thái áp dụng. Chủ đầu tư còn lo ngại về độ bền và hiệu quả kinh tế. Đơn vị thiết kế thiếu dữ liệu kỹ thuật và công cụ đánh giá carbon. Đơn vị thi công chưa có nhiều kinh nghiệm thực tế. Trong khi đó, hệ thống tiêu chuẩn, định mức, đơn giá cho các loại vật liệu mới vẫn đang trong quá trình hoàn thiện.

Nếu muốn vật liệu xanh và vật liệu công nghệ cao phát triển mạnh, chúng ta cần đồng thời hoàn thiện tiêu chuẩn kỹ thuật, cơ chế khuyến khích thị trường và các chính sách ưu đãi cụ thể cho chủ đầu tư và các doanh nghiệp tham gia.

THỜI CỦA VẬT LIỆU CARBON THẤP

◆ Ông hình dung ngành VLXD Việt Nam sẽ thay đổi như thế nào trong 10 - 20 năm tới?

- Tôi cho rằng tương lai của ngành VLXD sẽ gắn liền với 3 xu hướng lớn.

Thứ nhất là vật liệu tái chế và kinh tế tuần hoàn.

Thứ hai là vật liệu carbon thấp.

Thứ ba là công nghiệp hóa xây dựng dựa trên thiết kế mô đun hóa, các sản phẩm cấu kiện đúc sẵn, sản xuất trong nhà máy và lắp ghép tại công trường.

Khi đó, công trường xây dựng sẽ sạch hơn, lượng chất thải phát sinh ít hơn, chất lượng được kiểm soát tốt hơn và toàn bộ quá trình sẽ được quản lý bằng các nền tảng số như BIM.

Cuộc cạnh tranh của ngành vật VLXD trong tương lai sẽ không còn là khai thác nhiều tài nguyên hơn, mà là làm chủ công nghệ vật liệu tốt hơn. Quốc gia nào tạo ra được các vật liệu bền hơn, thông minh hơn và phát thải thấp hơn sẽ có lợi thế lớn trong phát triển hạ tầng bền vững.

◆ Biến đổi khí hậu đang làm thay đổi điều kiện làm việc của công trình. Theo ông, vật liệu cho hạ tầng tương lai sẽ cần đáp ứng những tiêu chí gì?

- Trong bối cảnh biến đổi khí hậu diễn biến ngày càng phức tạp, yêu cầu đối với VLXD không còn dừng ở khả năng chịu lực như trước đây mà phải hướng tới độ bền lâu và khả năng thích ứng với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.

Các công trình hạ tầng tương lai, đặc biệt là hạ tầng ven biển, giao thông trọng điểm hay các dự án quy mô lớn, sẽ phải đối mặt với nhiều tác động bất lợi như xâm thực mặn, nhiệt độ cực đoan, mưa bão bất thường và sự gia tăng của ngập lụt và các yếu tố ăn mòn. Do đó, vật liệu cần đáp ứng đồng thời nhiều tiêu chí như khả năng chống xâm thực, chống ăn mòn, chịu nhiệt, tuổi thọ dài và giảm chi phí bảo trì trong suốt vòng đời công trình.

Hiện nay, ngành VLXD đã từng bước làm chủ được nhiều dòng vật liệu có độ bền lâu cao. Điển hình là bê tông chất lượng cao (HPC) và UHPC, cho phép nâng cao đáng kể tuổi thọ công trình, đồng thời giảm nhu cầu sửa chữa, gia cường trong quá trình khai thác.

Bên cạnh đó, xu hướng phát triển các vật liệu có khả năng tái chế và tái sử dụng cũng ngày càng rõ nét. Trong tương lai, khi công nghiệp hóa xây dựng phát triển mạnh hơn, nhiều sản phẩm cấu kiện sẽ được chuẩn hóa, sản xuất theo dạng mô-đun, thi công lắp ghép. Khi công trình hết niên hạn sử dụng, các cấu kiện này có thể được tháo dỡ, tái sử dụng hoặc tái chế để phục vụ các công trình khác, qua đó giảm đáng kể lượng chất thải phát sinh và nhu cầu khai thác tài nguyên mới.

Đối với các dự án hạ tầng quy mô rất lớn như đường sắt tốc độ cao trong tương lai, tư duy vật liệu cũng phải thay đổi. Không thể tiếp cận theo cách truyền thống là vận chuyển vật liệu từ một vài trung tâm sản xuất đi dọc cả tuyến. Thay vào đó cần nghiên cứu đồng bộ từ vị trí bố trí các nhà máy cấu kiện, nguồn nguyên liệu tại từng vùng, phương án logistics và khả năng tái sử dụng vật liệu sau này. Đây là hướng tiếp cận mang tính bền vững hơn rất nhiều.

Tôi cho rằng vật liệu của tương lai sẽ là những vật liệu vừa có độ bền cao, vừa sử dụng nhiều nguyên liệu tái chế, phụ phẩm công-nông nghiệp, đồng thời có khả năng tái sử dụng sau khi kết thúc vòng đời công trình.

◆ Việt Nam đang đầu tư rất lớn cho cao tốc, hạ tầng ven biển, đường sắt đô thị... Đây có phải là thời điểm thích hợp để thay đổi tư duy vật liệu?

- Tôi cho rằng đây không chỉ là thời điểm thích hợp mà là yêu cầu bắt buộc. Trong nhiều năm qua, ngành Xây dựng phát triển chủ yếu dựa trên nguồn tài nguyên thiên nhiên sẵn có như cát, đá, đất sét hay khoáng sản làm VLXD. Tuy nhiên, các nguồn tài nguyên này đang ngày càng chịu áp lực lớn từ tốc độ đô thị hóa, đầu tư hạ tầng và yêu cầu bảo vệ môi trường.

Nếu tiếp tục phát triển theo mô hình khai thác tài nguyên truyền thống, chúng ta sẽ gặp nhiều thách thức về nguồn cung vật liệu, phát thải carbon và chi phí môi trường trong tương lai.



Chúng ta không nên chỉ tập trung vào việc sản xuất vật liệu phát thải thấp hơn, mà còn phải hướng tới việc sử dụng ít vật liệu hơn nhưng vẫn đạt hiệu quả kỹ thuật cao hơn”.

PGS.TS Tống Tôn Kiên

Các dự án hạ tầng quy mô lớn hiện nay chính là cơ hội để ngành VLXD chuyển đổi sang các dòng vật liệu hiệu năng cao, vật liệu carbon thấp, vật liệu tái chế và các cấu kiện, mô-đun công nghiệp hóa. Không chỉ giúp giảm tiêu hao tài nguyên mà còn nâng cao chất lượng, tuổi thọ và hiệu quả kinh tế của công trình.

Có thể nói, đầu tư hạ tầng đang tạo ra một "thị trường thử nghiệm" rất quan trọng để các công nghệ vật liệu mới được ứng dụng ở quy mô lớn và từng bước hoàn thiện.

CẦN MỘT HỆ SINH THÁI ĐỐI MỚI SÁNG TẠO HOÀN CHỈNH

◆ Nếu được lựa chọn một hướng nghiên cứu có thể tạo đột phá cho ngành VLXD Việt Nam trong 10 năm tới, ông sẽ ưu tiên điều gì?

- Nếu chỉ chọn một hướng ưu tiên, tôi cho rằng đó sẽ là các VLXD phát thải carbon thấp được sản xuất từ nguồn tài nguyên tái chế và có khả năng hấp thụ carbon trong quá trình sử dụng.

Đây là xu hướng mà thế giới đang theo đuổi rất mạnh mẽ. Thay vì tiếp tục khai thác tài nguyên thiên nhiên, VLXD tương lai cần tận dụng tối đa chất thải xây dựng, tro xỉ nhiệt điện, xỉ luyện kim và các phụ phẩm công-nông nghiệp khác để tạo ra các sản phẩm mới có giá trị cao hơn.

Xa hơn nữa, vật liệu không chỉ dừng ở việc giảm phát thải mà còn có thể hấp thụ hoặc lưu giữ carbon trong suốt vòng đời sử dụng. Khi đó, chúng ta không chỉ giảm lượng khí CO₂ phát sinh mà còn góp phần loại bỏ một phần khí nhà kính khỏi môi trường.

Nếu làm chủ được các công nghệ này, Việt Nam vừa giảm được áp lực khai thác tài nguyên, vừa nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành VLXD trong bối cảnh các tiêu chuẩn xanh và yêu cầu giảm phát thải ngày càng khắt khe trên toàn cầu.

◆ Điều gì khiến ông trăn trở nhất khi nhiều nghiên cứu VLXD vẫn dừng lại trong phòng thí nghiệm?

- Tôi cho rằng khó khăn lớn nhất không nằm ở bản thân nghiên cứu mà nằm ở giai đoạn chuyển tiếp từ nghiên cứu sang ứng dụng thực tiễn.

Đối với bất kỳ vật liệu mới nào, quá trình phát triển đều phải trải qua nhiều bước, từ nghiên cứu trong phòng thí



Quốc gia nào tạo ra được các vật liệu bền hơn, thông minh hơn và phát thải thấp hơn sẽ có lợi thế lớn trong phát triển hạ tầng bền vững”.

PGS.TS Tống Tôn Kiên

nghiệm, thử nghiệm quy mô nhỏ, thí điểm sản xuất và thi công trên công trình thực tế, đến thương mại và ứng dụng ở quy mô công nghiệp. Tuy nhiên, hiện nay phần lớn các chương trình khoa học thường kết thúc ở giai đoạn nghiên cứu hoặc thử nghiệm ban đầu.

Trong khi đó, giai đoạn khó khăn nhất lại là giai đoạn thương mại hóa và triển khai đại trà. Đây là giai đoạn cần nguồn lực lớn, thời gian dài và sự tham gia của nhiều bên như cơ quan quản lý, đơn vị tư vấn và chủ đầu tư, doanh nghiệp.

Một khó khăn khác là tâm lý e ngại rủi ro. Chủ đầu tư và đơn vị tư vấn thiết kế thường chưa sẵn sàng chấp nhận những vật liệu hoàn toàn mới nếu chưa có nhiều công trình thực tế chứng minh hiệu quả. Trong khi đó, hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn, định mức, đơn giá cho vật liệu mới thường chưa được xây dựng đầy đủ nên việc áp dụng càng khó khăn hơn.

Theo tôi, Việt Nam cần có các chương trình khoa học mang tính chiến lược và dài hạn hơn, hỗ trợ liên tục từ nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho tới giai đoạn thử nghiệm quy mô lớn và thương mại hóa. Chỉ khi đó các kết quả nghiên cứu mới thực sự đi vào cuộc sống.

Thực tế đã có những mô hình rất đáng khích lệ. Chẳng hạn tại Quảng Ninh và Điện Biên, địa phương đã phối hợp với các cơ sở nghiên cứu để xây dựng các nhiệm vụ khoa học gắn trực tiếp với nhu cầu thực tiễn, đồng thời nghiên cứu cả định mức, đơn giá và cơ chế áp dụng sau khi công nghệ được hoàn thiện. Đây là cách tiếp cận mà tôi cho rằng cần được nhân rộng.

◆ Theo ông, Việt Nam đang thiếu nhất điều gì để phát triển VLXD công nghệ cao: vốn, công nghệ, chính sách hay niềm tin vào khoa học?

- Tôi cho rằng, điều Việt Nam thiếu nhất hiện nay là một hệ sinh thái đổi mới sáng tạo hoàn chỉnh.

Chúng ta không thiếu nhà khoa học, cũng không thiếu doanh nghiệp sẵn sàng đổi mới. Công nghệ tiên tiến trên thế giới cũng có thể tiếp cận, giải mã được thông qua hợp tác nghiên cứu và chuyển giao.

Tuy nhiên, để một công nghệ mới phát triển thành sản phẩm thương mại cần sự kết nối đồng bộ giữa nghiên cứu, chính sách và thị trường. Nếu chỉ có công nghệ mà không có tiêu chuẩn, không có cơ chế khuyến khích hoặc không

có những công trình tiên phong sử dụng thì rất khó tạo ra đột phá.

Do đó, điều quan trọng nhất là tạo dựng niềm tin vào khoa học thông qua các cơ chế hỗ trợ thử nghiệm, đánh giá độc lập và ứng dụng thực tiễn.

◆ Nếu có thể gửi một thông điệp tới các doanh nghiệp VLXD đang đứng trước áp lực chuyển đổi xanh hiện nay, ông muốn nói điều gì?

- Theo tôi, các doanh nghiệp cần mạnh dạn hơn trong việc đầu tư cho khoa học công nghệ và đổi mới sáng tạo.

Trong bối cảnh các yêu cầu về giảm phát thải carbon, sử dụng hiệu quả tài nguyên và phát triển bền vững ngày càng trở thành tiêu chuẩn chung của thế giới, chuyển đổi xanh không còn là một lựa chọn mang tính tự nguyện mà sẽ dần trở thành điều kiện để doanh nghiệp tồn tại và phát triển.

Quá trình này chắc chắn đòi hỏi chi phí đầu tư, thời gian và cả sự chấp nhận những rủi ro ban đầu. Tuy nhiên, nếu chậm thay đổi, doanh nghiệp sẽ đối mặt với áp lực cạnh tranh ngày càng lớn khi thị trường, chủ đầu tư và các đối tác quốc tế ngày càng quan tâm tới các tiêu chí cam kết môi trường và phát thải carbon của sản phẩm.

Doanh nghiệp cần coi khoa học công nghệ là động lực cốt lõi để nâng cao năng suất, chất lượng và giá trị gia tăng của sản phẩm. Những vật liệu phát thải thấp, vật liệu tái chế, vật liệu hiệu năng cao hay các công nghệ sản xuất tiết kiệm năng lượng sẽ không chỉ giúp giảm tác động môi trường mà còn tạo ra lợi thế cạnh tranh trong dài hạn.

Hay nói cách khác, trong bối cảnh ngành Xây dựng đang bước vào giai đoạn chuyển đổi xanh và phát triển theo mô hình kinh tế tuần hoàn, tôi mong các doanh nghiệp VLXD mạnh dạn đầu tư cho khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và ứng dụng các giải pháp sản xuất phát thải thấp. Chuyển đổi xanh không còn là lựa chọn mà đã trở thành yêu cầu tất yếu để nâng cao năng lực cạnh tranh và đáp ứng các tiêu chuẩn, cam kết phát triển bền vững trong tương lai của doanh nghiệp.

Doanh nghiệp cần xem các cam kết về môi trường, xã hội và quản trị (ESG) không chỉ là trách nhiệm mà còn là cơ hội để tạo ra giá trị mới. Một doanh nghiệp phát triển bền vững là doanh nghiệp biết cân bằng giữa hiệu quả kinh tế, trách nhiệm môi trường và lợi ích xã hội. Đầu tư cho công nghệ xanh hôm nay chính là đầu tư cho sức cạnh tranh của ngày mai.

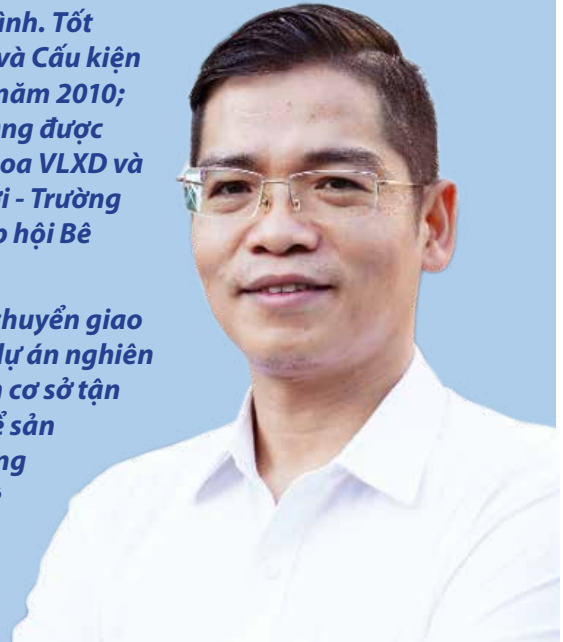
Tôi tin rằng doanh nghiệp nào đi đầu trong đổi mới công nghệ và chuyển đổi xanh hôm nay sẽ là những doanh nghiệp có vị thế vững chắc trên thị trường trong tương lai. Đó không chỉ là cam kết với môi trường mà còn là cam kết với sự phát triển bền vững của chính doanh nghiệp và của ngành Xây dựng Việt Nam.

◆ Nếu nhìn đến năm 2045, ông hình dung công trường xây dựng Việt Nam sẽ khác gì so với hiện nay?

- Tôi nghĩ, đến năm 2045, công trường xây dựng sẽ rất khác so với những gì chúng ta đang thấy hiện nay.

PGS.TS Tống Tôn Kiên sinh năm 1981; quê quán: Hoa Lư, Ninh Bình. Tốt nghiệp Trường ĐH Xây dựng năm 2005, chuyên ngành Vật liệu và Cấu kiện xây dựng; Thạc sĩ chuyên ngành Vật liệu và Công nghệ vật liệu năm 2010; nhận bằng Tiến sĩ kỹ thuật ngành Kỹ thuật vật liệu năm 2017. Ông được phong hàm PGS năm 2023; hiện là giảng viên Bộ môn VLXD, Khoa VLXD và là Phó viện trưởng Viện Nghiên cứu và Ứng dụng VLXD nhiệt đới - Trường ĐH Xây dựng Hà Nội; đồng thời ông cũng là thành viên của Hiệp hội Bê tông Việt Nam.

Với gần 20 năm kinh nghiệm nghiên cứu, giảng dạy, tư vấn và chuyển giao công nghệ, PGS.TS Tống Tôn Kiên đã chủ trì và tham gia nhiều dự án nghiên cứu phát triển trong nước và quốc tế về các VLXD bền vững trên cơ sở tận dụng các phụ phẩm công nghiệp, nông nghiệp hoặc phế thải để sản xuất xanh và sạch; vật liệu phát thải carbon thấp ứng dụng trong công trình xây dựng bền vững (bê tông cốt liệu tái chế (RAC), bê tông không xi măng/Geopolymer (GPC), bê tông siêu tính năng (UHPC); gạch và cấu kiện không nung; bê tông nhựa đường polyme biến tính...).



Hiện nay, phần lớn hoạt động xây dựng vẫn diễn ra trực tiếp tại công trường. Vật liệu được vận chuyển đến, gia công tại chỗ, thi công tại chỗ và phát sinh khá nhiều chất thải trong quá trình xây dựng. Trong tương lai, mô hình này sẽ dần thay đổi theo hướng công nghiệp hóa và số hóa.

Một tỷ lệ lớn cấu kiện xây dựng chuẩn hóa sẽ được sản xuất hàng loạt trong nhà máy với mức độ tự động hóa cao, sau đó vận chuyển đến công trường để lắp ghép. Công trường khi đó sẽ giống một dây chuyền lắp ráp hơn là một nơi sản xuất như hiện nay. Điều này giúp kiểm soát chất lượng tốt hơn, giảm thất thoát vật liệu, giảm phát sinh chất thải và rút ngắn đáng kể thời gian thi công.

Các loại vật liệu được sử dụng cũng sẽ thay đổi mạnh mẽ. Thay vì phụ thuộc chủ yếu vào tài nguyên thiên nhiên khai thác mới, ngành Xây dựng sẽ sử dụng ngày càng nhiều vật liệu tái chế, vật liệu có hàm lượng carbon thấp và các sản phẩm được sản xuất từ nguồn phụ phẩm công-nông nghiệp. Những vật liệu hiệu năng cao như HPC, UHPC hay các loại vật liệu thông minh sẽ được ứng dụng rộng rãi hơn trong các công trình hạ tầng.

Tôi cũng cho rằng khái niệm “tuổi thọ vật liệu” sẽ được nhìn nhận khác đi. Trong tương lai, vật liệu không chỉ được thiết kế để sử dụng một lần. Ngay từ giai đoạn thiết kế, người ta sẽ tính đến khả năng tháo dỡ, tái sử dụng hoặc tái chế sau khi công trình kết thúc vòng đời khai thác. Đây sẽ là nền tảng quan trọng của kinh tế tuần hoàn trong ngành Xây dựng.

Bên cạnh đó, công nghệ số sẽ thay đổi toàn bộ cách thức quản lý công trình. Các nền tảng BIM, Quản lý dự án và thi

công (CDE), Quản lý và vận hành tài sản (Digital Twin/CAFM) và mô hình số sẽ được sử dụng xuyên suốt từ thiết kế, sản xuất vật liệu, thi công cho tới vận hành công trình. Trước khi công trường được triển khai ngoài thực tế, gần như toàn bộ quá trình xây dựng đã được mô phỏng và kiểm soát trên môi trường số (hoàn công trước khi thi công). Điều này giúp hạn chế sai sót, tối ưu vật liệu và giảm phát thải ngay từ giai đoạn thiết kế.

Xa hơn nữa, tôi cho rằng VLXD trong tương lai không chỉ có nhiệm vụ tạo nên công trình mà còn phải góp phần giải quyết các vấn đề môi trường. Những vật liệu có khả năng hấp thụ carbon, lưu giữ carbon hoặc phát thải âm sẽ dần xuất hiện nhiều hơn trong các công trình mới.

Nếu như trước đây, ngành Xây dựng được đánh giá bằng số lượng công trình được xây dựng thì trong tương lai, thành công sẽ được đo bằng việc chúng ta xây dựng hiệu quả đến đâu, sử dụng ít tài nguyên đến đâu và phát thải thấp đến đâu.

Tôi tin rằng đến năm 2045, cuộc cạnh tranh của ngành VLXD sẽ không còn là khai thác nhiều tài nguyên hơn, mà là làm chủ được nhiều công nghệ vật liệu tiên tiến hơn. Quốc gia nào tạo ra được những vật liệu bền hơn, thông minh hơn, tái chế được nhiều hơn và phát thải thấp hơn sẽ có lợi thế lớn trong phát triển hạ tầng bền vững.

Đó cũng là con đường mà ngành VLXD Việt Nam cần hướng tới nếu muốn đồng hành cùng mục tiêu tăng trưởng xanh và phát thải ròng bằng “0” trong những thập kỷ tới.❖

❖ Trân trọng cảm ơn ông về cuộc trò chuyện!

Lận đận xây dựng thị trường điện cạnh tranh



NGUYỄN HOÀNG LINH

Bắt đầu từ ngày 20/7/2026, thị trường bán buôn điện cạnh tranh trên lãnh thổ Việt Nam sẽ được vận hành một cách bài bản và chặt chẽ nhất từ trước tới nay theo quy định trong Thông tư số 29/2026/TT-BCT của Bộ Công Thương sau 13 năm mày mò, lận đận đi tìm con đường dẫn đến thị trường điện cạnh tranh.

MỘT “HỘP ĐEN” KHÓ GIẢI MÃ

Xin bắt đầu từ một thông tin được đăng tải trên trang điện tử của Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) ngày 12/11/2013 có tựa đề “Sau năm 2023: Sẽ thực hiện thị trường bán lẻ điện cạnh tranh hoàn chỉnh”. Đây là yêu cầu của Thủ tướng Chính phủ theo Quyết định số 63/2013/QĐ-TTg ngày 08/11/2013 quy định về lộ trình, các điều kiện và cơ cấu ngành điện để hình thành và phát triển các cấp độ thị trường điện lực tại Việt Nam.

Theo đó, thị trường điện lực được hình thành và phát triển qua 3 cấp độ, đáp ứng đầy đủ các điều kiện về kết cấu hạ tầng cũng như năng lực hoạt động của các đơn vị tham gia thị trường, đó là:

Cấp độ 1 - Thị trường phát điện cạnh tranh: Tiếp tục thực hiện thị trường phát điện cạnh tranh đến hết năm 2014.

Cấp độ 2 - Thị trường bán buôn điện cạnh tranh được chia thành 2 giai đoạn. Giai đoạn từ năm 2015-2016: Thực hiện thị trường bán buôn điện cạnh tranh thí điểm. Giai đoạn từ năm 2017-2021: Thực hiện thị trường bán buôn điện cạnh tranh hoàn chỉnh.

Cấp độ 3 - Thị trường bán lẻ điện cạnh tranh, được chia thành 2 giai đoạn. Giai đoạn từ năm 2021-2023: Thực hiện thị trường bán lẻ điện cạnh tranh thí điểm. Giai đoạn từ sau năm 2023: Thực hiện thị trường bán lẻ điện cạnh tranh hoàn chỉnh.

Đến nay, nếu chiếu theo thời hạn được Chính phủ giao phó tại Quyết định số 63/2013/QĐ-TTg thì việc thực hiện thị trường bán buôn điện cạnh tranh hoàn chỉnh đã chậm mất đến 9 năm (!).

Theo các chuyên gia phân tích, sự chậm trễ này khi đi tìm hiểu nguyên nhân lại khó khăn tựa như giải mã những mối liên quan nhằng nhịt trong một “hộp đen” vậy.

Ở đây có nguyên nhân do EVN vẫn là đơn vị duy nhất nắm giữ khâu truyền tải và độc quyền phần lớn khâu phân phối. Điều này gây khó khăn trong việc tạo ra một sân chơi bình đẳng thực sự cho các đơn vị mua và bán buôn độc lập.

Lại có nguyên nhân vì giá bán lẻ hiện hành vẫn chịu nhiều kiểm soát, chưa tách bạch rõ ràng chi phí. Việc thực hiện bù chéo giữa các nhóm khách hàng làm sai lệch tín hiệu thị trường, khiến các nhà đầu tư khó tính toán biên độ lợi nhuận.

Một nguyên nhân nữa, các giao dịch trong thị trường bán buôn đòi hỏi hệ thống điều độ Hệ thống điện Quốc gia phải xử lý khối lượng dữ liệu khổng lồ với độ chính xác tuyệt đối và vận hành độc lập hoàn toàn, nhưng hạ tầng công nghệ lõi và hệ thống đo đếm thông minh hiện vẫn đang trong quá trình hoàn thiện...

Đến nay, với 142 điều của Thông tư số 29/2026/TT-BCT, nhiều vướng mắc trên đây đã được Bộ Công Thương tháo gỡ nhưng “hình ảnh độc quyền” của EVN vẫn đang còn để lại nhiều ám ảnh cho một thị trường minh bạch và bình đẳng như mong muốn.

XA XÔI CHO THỊ TRƯỜNG BÁN LẺ ĐIỆN CẠNH TRANH

Sau nhiều năm vật lộn thiết kế và vận hành thị trường bán buôn điện cạnh tranh, nay tiếp tục sang phần bán lẻ. Trong cuộc tọa đàm “Phát triển bền vững ngành điện - Những vấn đề đặt ra” do Cổng thông tin điện tử Chính phủ tổ chức gần đây, TS Nguyễn Sĩ Dũng - nguyên Phó chủ nhiệm Văn phòng Quốc hội, người điều phối chương trình đã đặt câu hỏi tới đại diện Bộ Công Thương, về việc EVN có phải là kênh phân phối, bán điện trực tiếp, duy nhất tới người tiêu dùng cuối cùng hay không?

Phó cục trưởng Cục Điện lực Trịnh Quốc Vũ cho biết hiện



XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC



Samsung Electronics trở thành doanh nghiệp tiên phong mua điện năng lượng tái tạo (điện mặt trời) trực tiếp từ một đơn vị phát điện tư nhân theo cơ chế DPPA, điểm khởi đầu cho thị trường mua bán điện trực tiếp tại Việt Nam.

Toàn cảnh Samsung Electronics Việt Nam Thái Nguyên (SEVT)

nay, EVN không phải là đơn vị bán lẻ điện duy nhất trên toàn quốc. Bên cạnh EVN còn có 742 doanh nghiệp mua buôn và bán lẻ điện với thị phần chiếm khoảng 8,59%. Như vậy, thị phần theo sản lượng điện thương phẩm mà EVN bán cho các khách hàng sử dụng điện chiếm khoảng 91,4%.

Không ít người ngỡ ngàng, sau 13 năm thực hiện Quyết định số 63/2013/QĐ-TTg của Chính phủ, với sự chênh lệch thị phần một trời một vực như vậy thật dễ dàng nhận thấy rằng, việc thực hiện thị trường bán lẻ điện cạnh tranh hoàn chỉnh của nước nhà quả còn nhiều gian nan. Làm sao con số 8,59% kia có thể tự tin bình đẳng với con số 91,41%?

Khó khăn xuất hiện ngay trong nội tại của EVN. Tại diễn đàn "Xây dựng thị trường năng lượng cạnh tranh, minh bạch" chiều 18/12/2025, Trưởng ban Kinh doanh và mua bán điện của EVN Nguyễn Quốc Dũng cho rằng cần hết sức cẩn trọng trong việc triển khai đến giai đoạn bán lẻ điện cạnh tranh. Ông cho biết tại các quốc gia trên thế giới áp dụng mô hình thị trường điện riêng, có quốc gia chỉ dừng lại ở thị trường bán buôn điện cạnh tranh. Có nước tiến đến thị trường bán lẻ rồi quay lại chỉ bán buôn. Tại Mỹ, nhiều bang chưa mở cửa với thị trường bán lẻ điện.

Ông Nguyễn Quốc Dũng lập luận các nước muốn triển khai thị trường bán lẻ phải đáp ứng một số tiêu chí. Một trong số đó là phụ tải đạt mức gần như bão hòa hoặc tăng trưởng thấp khoảng 1 - 2%, dẫn tới chi phí vốn đầu tư lưới truyền tải thấp. Khi ấy, thị trường bán lẻ được vận hành dựa trên chất lượng dịch vụ, nhằm tăng tính cạnh tranh giữa các đơn vị cung ứng. Bên cạnh đó, dự phòng trên lưới điện cần đảm bảo 30% trở lên. Tức là cung điện phải luôn lớn hơn cầu, từ đó mới tạo sự cạnh tranh, kéo giá giảm. Đây là vấn đề cốt yếu của thị trường bán lẻ.

Điều đó cũng có nghĩa là EVN chưa sẵn sàng cho thị trường bán lẻ điện này và con số thị phần 91,4% kia cũng rất khó hạ xuống mức có thể cạnh tranh lành mạnh, công bằng!

CON ĐƯỜNG TẮT YẾU

Nghị quyết số 70-NQ/TW ngày 20/8/2025 của Bộ Chính trị về bảo đảm an ninh năng lượng quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 đã đặt ra mục tiêu thiết lập một "thị trường năng lượng cạnh tranh, minh bạch, hiệu quả, phù hợp với thể chế kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa".

Nhằm tập trung huy động mọi nguồn lực xã hội, khuyến khích mạnh mẽ khu vực tư nhân tham gia phát triển năng

lượng, Nghị quyết nhấn mạnh nhiều định hướng quan trọng, như phát triển thị trường điện theo hướng tăng cường tính cạnh tranh, minh bạch, hiệu quả, đồng bộ với bảo đảm an ninh năng lượng; triển khai thực hiện hiệu quả cơ chế mua bán điện trực tiếp, đồng thời tăng cường quyền lựa chọn của khách hàng sử dụng điện trong việc tiếp cận và lựa chọn đơn vị cung cấp điện phù hợp với nhu cầu; xây dựng và hoàn thiện hệ thống giao dịch điện, bao gồm cơ chế hợp đồng mua bán điện (PPA) minh bạch, ổn định, dài hạn, bảo đảm quyền và lợi ích hợp pháp, chính đáng của nhà đầu tư...

Cùng với đó, thực tiễn cả trong nước và trên thế giới đã chứng minh rằng có cạnh tranh thì mới có thể huy động tối đa nguồn vốn tư nhân để phát triển ngành điện; các nhà máy điện tham gia đấu thầu buộc phải nâng cao hiệu suất để bán điện với mức giá hợp lý, từ đó tối thiểu hóa chi phí sản xuất; khi người tiêu dùng có quyền lựa chọn đơn vị cung cấp (ở cấp độ bán lẻ điện cạnh tranh), các công ty buộc phải cải thiện chất lượng phục vụ và chăm sóc khách hàng; việc vận hành thị trường qua hệ thống điện quốc gia minh bạch sẽ tạo tín hiệu giá công bằng, phản ánh đúng cung - cầu và chi phí sản xuất thực tế...

Nêu ra định hướng chiến lược của Đảng và Chính phủ và bài học từ thực tiễn như vậy để thấy rằng, con đường thiết kế và vận hành thị trường bán lẻ điện cạnh tranh sắp tới là tất yếu, khó mấy cũng phải làm.

Kết luận bài này, xin đưa một tin vui được đăng tải từ Báo điện tử Chính phủ hôm 01/6/2026, đó là sau khi được Công ty tư vấn năng lượng toàn cầu Schneider Electric tư vấn, Samsung Electronics trở thành doanh nghiệp tiên phong mua điện năng lượng tái tạo (điện mặt trời) trực tiếp từ một đơn vị phát điện tư nhân theo cơ chế DPPA, điểm khởi đầu cho thị trường mua bán điện trực tiếp tại Việt Nam.

Có thể hiểu cơ chế DPPA là cơ chế mua bán điện trực tiếp (Direct Power Purchase Agreement - DPPA) cho phép đơn vị phát điện từ năng lượng tái tạo ký kết hợp đồng mua bán điện trực tiếp với khách hàng sử dụng điện lớn, thay vì mua bán điện hoàn toàn thông qua EVN theo mô hình truyền thống.

Ấn tượng trong sự kiện này ở chỗ, người bán điện và người mua điện cách nhau hàng ngàn ki-lô-mét, giữa Nhà máy điện mặt trời TTC Đức Huệ 2 ở Tây Ninh và Samsung Electronics tại Thái Nguyên. Có lẽ cũng là lần đầu tiên, EVN có trách nhiệm truyền tải như một dịch vụ shipper vậy!❖

Kỹ thuật hệ thống - chìa khóa quản lý dự án đường sắt hiện đại

> AN NHIÊN

Cuốn sách "Kỹ thuật hệ thống trong dự án đường sắt - Minh họa trực quan" giới thiệu phương pháp quản lý toàn bộ vòng đời dự án, từ xác định yêu cầu, thiết kế, tích hợp, thử nghiệm đến vận hành và bảo trì.

NXB Xây dựng phát hành cuốn "Kỹ thuật hệ thống trong dự án đường sắt - Minh họa trực quan" của tác giả Jong-Pil Nam, do TS Dương Trọng Vĩnh dịch. Cuốn sách dày 246 trang, gồm 11 Chương với hàng trăm sơ đồ, hình minh họa và quy trình kỹ thuật được hệ thống hóa từ kinh nghiệm thực tiễn trong các dự án đường sắt.

Cuốn sách tổ chức nội dung theo toàn bộ quá trình hình thành và phát triển một hệ thống đường sắt, gồm:

Chương 1 giới thiệu tổng quan về kỹ thuật hệ thống, giải thích vì sao một tuyến đường sắt cần được xem là một hệ thống thống nhất chứ không phải tập hợp của nhiều hạng mục độc lập; Chương 2 tập trung vào quản lý yêu cầu, từ việc hình thành yêu cầu ban đầu, phân tích, phân bổ đến kiểm soát thay đổi và xác minh trong suốt quá trình thực hiện dự án.

Chương 3 trình bày quy trình xác minh và thẩm định, giúp bảo đảm mọi yêu cầu đặt ra đều được kiểm tra bằng tài liệu, thử nghiệm và kết quả cụ thể; Chương 4 giới thiệu phương pháp quản lý độ tin cậy, độ sẵn sàng và khả năng bảo trì của hệ thống, từ dự báo hỏng hóc đến đánh giá hiệu quả khai thác.

Chương 5 đi sâu vào quản lý an toàn, nhận diện mối nguy, đánh giá rủi ro và xây dựng hồ sơ chứng minh an toàn cho toàn bộ hệ thống; Chương 6 phân tích yếu tố con người trong thiết kế và vận hành, từ phòng điều khiển, giao diện sử dụng đến điều kiện làm việc của nhân viên vận hành.

Chương 7 hướng dẫn quản lý giao diện giữa các hệ thống và giữa các nhà thầu, một trong những nội dung thường phát sinh nhiều vướng mắc nhất trong các dự án quy mô lớn; Chương 8 trình bày quản lý cấu hình nhằm kiểm soát thay đổi thiết kế, hồ sơ và thiết bị trong suốt vòng đời dự án.

Chương 9 giới thiệu các nội dung về tương thích điện từ,

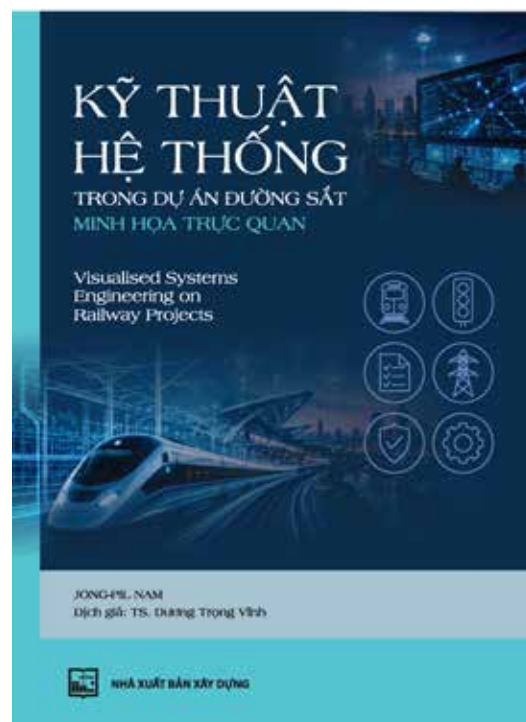
nối đất, liên kết đẳng thế, cấp điện và những yêu cầu kỹ thuật bảo đảm hệ thống hoạt động ổn định. Chương 10 đề cập đến bảo đảm phần mềm và an ninh mạng, những nội dung ngày càng quan trọng khi hệ thống đường sắt phụ thuộc nhiều vào điều khiển số. Chương 11 tập trung vào tiếng ồn và rung động, từ đánh giá nguồn phát sinh đến các giải pháp giảm thiểu trong thiết kế và vận hành.

Trong toàn bộ cuốn sách, Chương 1 có thể xem là "chìa khóa" để người đọc tiếp cận những nội dung phía sau. Điểm đáng giá nhất của chương này là tác giả bắt đầu từ cách nhìn nhận một dự án đường sắt. Đường sắt không chỉ gồm: cầu, hầm, nền đường, ray hay nhà ga; mà còn bao gồm: cấp điện, tín hiệu, thông tin liên lạc, phần mềm điều khiển, đoàn tàu, trung tâm điều hành, con người và môi trường vận hành. Mỗi bộ phận có thể do một đơn vị khác nhau thiết kế, chế tạo hoặc thi công, nhưng khi đưa vào khai thác phải hoạt động như một hệ thống thống nhất.

Từ cách tiếp cận đó, tác giả trình bày toàn bộ quá trình phát triển hệ thống theo một trình tự logic: xác định nhu cầu, xây dựng yêu cầu kỹ thuật, phân chia chức năng, thiết kế, chế tạo, lắp đặt, tích hợp, thử nghiệm, nghiệm thu, vận hành, bảo trì và kết thúc khai thác. Mỗi giai đoạn đều có mục tiêu, tài liệu và phương pháp kiểm tra riêng, giúp phát hiện sai sót ngay từ đầu thay vì chờ đến khi công trình hoàn thành mới xử lý.

Các sơ đồ minh họa trong Chương 1 giúp người đọc dễ hình dung mối quan hệ giữa các bộ phận của hệ thống, trách nhiệm của từng chủ thể và quy trình kiểm soát xuyên suốt vòng đời dự án. Chính nền tảng đó tạo sự liên kết cho toàn bộ 10 Chương còn lại.

Cuốn sách được biên soạn như một tài liệu thực hành. Mỗi nội dung đều gắn với quy trình, biểu đồ và ví dụ cụ thể, giúp người đọc có thể đối chiếu với công việc đang thực hiện. ♦



Quy hoạch khu ở phục vụ người lao động trong các khu công nghiệp tại Hà Nội đến năm 2030

Planning residential neighbourhoods for Industrial Parks' labours in Hanoi until 2030

> TS NGUYỄN CAO LÃNH^{1,*}, TS LÊ LAN HƯƠNG², THS NGUYỄN THỊ VĂN HƯƠNG³,
THS NGUYỄN THÙY TRANG³, THS LÊ ĐỖ ĐẠT³

¹Trường Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Trường Nhóm chuyên môn Kiến trúc Công nghệ, Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

³Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: lanhnc@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Chỗ ở cho người lao động trong các khu công nghiệp (KCN) là một vấn đề xã hội cấp thiết, đặc biệt tại các đô thị lớn như Hà Nội. Hiện nay, trong số 22 KCN của thành phố, có 9 KCN đang hoạt động nhưng mới chỉ có 1 khu nhà ở công nhân đã hoàn thành và 2 khu đang được xây dựng, đáp ứng khoảng 20% nhu cầu nhà ở hiện tại của người lao động. Trên cơ sở đó, nghiên cứu tiến hành đánh giá hiện trạng và dự báo nhu cầu nhà ở của người lao động trong các KCN trong thời gian tới; đồng thời đánh giá quỹ đất phù hợp cho việc quy hoạch phát triển khu nhà ở công nhân. Từ các kết quả phân tích, nghiên cứu đề xuất các mô hình phát triển và giải pháp quy hoạch nhằm đáp ứng nhu cầu nhà ở của người lao động, góp phần phát triển các KCN theo hướng bền vững.

Từ khóa: Quy hoạch; khu công nghiệp; khu ở; người lao động; quản lý.

ABSTRACT

Accommodation for workers in industrial parks (IPs) is always an imminent matter to society, especially for large cities like Hanoi. Among 22 IPs in Hanoi, 9 IPs have been put into operation but only 1 housing area for workers has been built, 2 are under construction, altogether meeting about 20% of the current housing requirement for workers. This study provides assessments and forecasts of the housing needs of IPs' workers in the coming time, evaluates land funds suitable for planning of housing areas for workers, thereby proposes appropriate development models and planning options.

Keywords: Planning; industrial zones; residential areas; workers; management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thủ đô Hà Nội là trung tâm đầu não chính trị - hành chính quốc gia, trung tâm lớn về văn hóa, khoa học, giáo dục, kinh tế và giao dịch quốc tế của cả nước. Hà Nội cũng là nơi có nhu cầu và giá trị nhà ở cao nhất Việt Nam. Giải quyết nhu cầu nhà ở, đặc biệt là nhà ở cho đối tượng người lao động trong các KCN [1] luôn là vấn đề được quan tâm hàng đầu tại Hà Nội. Theo quy hoạch đến năm 2030, Hà Nội có 22 KCN với tổng diện tích đất KCN là ~5.400 ha. Đến nay, 10 KCN đã được xây dựng và đi vào hoạt động với tổng diện tích đất KCN là ~1.340 ha, thu hút ~167.000 người lao động và dự kiến phát triển mở rộng tiếp thêm ~640 ha, nâng tổng số người lao động dự kiến lên ~255.000 người [2], [3]. Số lao động trong KCN dự kiến theo quy hoạch (QH) đến hết năm 2030 lên tới ~645.000 người. Tuy nhiên hiện nay, Hà Nội chỉ mới có 1 khu nhà ở cho công nhân đã hoàn thiện và đi vào hoạt động, 2 khu đang được xây dựng và bắt đầu hoạt động, đáp ứng được khoảng 20% nhu cầu ở hiện tại của người lao động [4]. Như vậy, đến năm 2030, Hà Nội cần phát triển thêm rất nhiều khu nhà ở cho người lao động tại các KCN trên địa bàn. Đây là thách thức đặt ra đối với các chính quyền địa phương các cấp, các nhà đầu tư phát triển, các doanh nghiệp KCN và các nhà QH, thiết kế. Từ góc nhìn của QH, nghiên cứu này đưa ra các đánh giá, dự báo nhu cầu ở của người lao động KCN trong thời gian tới, đánh giá các quỹ đất phù hợp với việc QH phát triển khu ở cho người lao động, từ đó đề xuất các mô hình phát triển thích hợp và giải pháp QH khu ở cho người lao động.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là "khu ở phục vụ người lao động trong các KCN". Lĩnh vực nghiên cứu là QH không gian. Phạm vi không gian nghiên cứu trong TP Hà Nội. Phạm vi thời gian nghiên cứu đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng tổng hợp nhiều phương pháp nhằm bảo đảm tính khoa học, khách quan và độ tin cậy của kết quả nghiên cứu, bao gồm: điều tra, khảo sát thực địa; điều tra xã hội học; phương pháp chuyên gia; phương pháp dự báo; và phương pháp phân tích, tổng hợp. Nguồn tài liệu và số liệu được thu thập từ các cơ quan quản lý nhà nước và cơ quan chuyên môn, như Bộ Xây dựng, Sở Xây dựng Hà Nội, Sở Quy hoạch - Kiến trúc Hà Nội và các đơn vị có liên quan.

Bảng 1. Tổng hợp thực trạng nhà ở công nhân tại các KCN Hà Nội

Nhóm dự án	Tên dự án/Khu vực	Quy mô	Thực trạng xây dựng & Tiến độ	Năng lực đáp ứng	Ghi chú/Hạng mục chưa hoàn thiện
I. Dự án đã và đang xây dựng (Tổng thiết kế ~22.400 chỗ; đã xong ~8.390; đã thuê 8.080)	Kim Chung (Đông Anh) (KCN Thăng Long)	~20 ha	~80% QH. Hoàn thành 24 nhà 5 tầng và 3 khối nhà 15 tầng; hạ tầng kỹ thuật xong.	~11.520 chỗ ở	Chưa xây dựng khu cây xanh tập trung và khu đất công cộng giáp tỉnh lộ 23.
	KCN Phú Nghĩa	3,97 ha	~10% QH. Xong 01 tòa nhà chung cư thấp tầng; hạ tầng giao thông hoàn chỉnh.	106 căn hộ (~636 lao động)	Chưa xây dựng nhà trẻ và các công trình thương mại dịch vụ.
	KCN Thạch Thất - Quốc Oai	2,07 ha	~67% QH. Hoàn thành 2/3 đơn nguyên KTX thấp tầng.	490 căn hộ (~2.940 lao động)	
	Cty Meiko				
	Cty Young Fast	0,44 ha	~33% QH. Hoàn thành 1/3 đơn nguyên KTX thấp tầng.	86 căn hộ (~516 lao động)	
II. Dự án đang lập quy hoạch / Chuẩn bị đầu tư	KCN Quang Minh I & mở rộng	~41 ha	Đang lập đồ án QH chi tiết.	Chưa xác định	Cơ cấu gồm đất công cộng, nhà trẻ, cây xanh, bãi xe, nhà ở cao/thấp tầng.
	KCN Quang Minh II	~14 ha	Đang lập đồ án QH chi tiết.	Chưa xác định	Cơ cấu tương tự dự án Quang Minh I.
	Khu đô thị - dịch vụ Sài Đồng B	1,24 ha	Đang lập đồ án QH chi tiết.		
	Dự án Khu NOXH cao tầng Bảo Ngọc			Dự kiến 2.050 người, 808 căn hộ	
	Dự án Khu NOXH			Dự kiến 5.310 người, 2040 căn hộ	

3. CÁC NỘI DUNG CHÍNH CỦA NGHIÊN CỨU

3.1. Thực trạng QH và xây dựng khu ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội

3.1.1. Thực trạng QH và xây dựng các KCN tại Hà Nội

Tính đến thời điểm giữa năm 2024, trong số 22 KCN theo QH đến năm 2030, 9 KCN đã đi vào hoạt động, 1 KCN đang xây dựng và kêu gọi đầu tư, 12 KCN còn lại chưa thực hiện. Tổng diện tích đất KCN đã xây dựng là ~1.340 ha, dự kiến phát triển mở rộng tiếp thêm ~640 ha trong thời gian tới, nâng tổng diện tích đất KCN lên ~1.980 ha, chiếm khoảng 36,7% tổng diện tích đất KCN theo QH. Phần lớn các KCN đã hoạt động có tỷ lệ lấp đầy 100%. Các KCN này thu hút được khoảng 167.000 người lao động, chiếm 27,7% tổng số lao động công nghiệp và xây dựng tại khu vực đô thị trên địa bàn Hà Nội. Diện tích đất KCN còn lại chưa được xây dựng là 3.420 ha, chiếm tới 63,3% tổng diện tích đất KCN theo quy hoạch của Hà Nội.

3.1.2. Thực trạng QH và xây dựng các khu ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội

Hiện tại, có 3 dự án nhà ở cho công nhân lao động tại các KCN đã và đang tiến hành xây dựng (một phần đã đưa vào khai thác sử dụng) với tổng công suất thiết kế khoảng 22.400 chỗ ở; đã hoàn thành được khoảng 8.390 chỗ ở và đã bố trí cho công nhân thuê được 8.080 chỗ, bao gồm: 1) Dự án nhà ở công nhân thí điểm tại xã Kim Chung, huyện Đông Anh; 2) Dự án nhà ở công nhân tại KCN Phú Nghĩa; 3) Dự án nhà ở công nhân của 2 doanh nghiệp tại KCN Thạch Thất - Quốc Oai [4]. Bên cạnh đó, có 03 dự án đang được triển khai và lập dự án đầu tư xây dựng, bao gồm: 1) Dự án nhà ở công nhân tại KCN Quang Minh I và mở rộng; 2) Dự án nhà ở công nhân tại KCN Quang Minh II; 3) Khu đô thị - dịch vụ Sài Đồng B [4].

3.2. Dự báo nhu cầu ở của người lao động trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030

Số lượng người lao động trong các KCN có nhu cầu nhà ở đến

năm 2030 tại Hà Nội (Nno) được tính theo công thức: $Nno = N_{kcn} - N_{dp}$. Trong đó: N_{kcn} : Số lượng người lao động trong các KCN, được tính toán dựa trên quy mô diện tích đất KCN (Sk_{cn}) và chỉ tiêu lao động trên một đơn vị diện tích đất KCN (Lk_{cn}) theo công thức: $N_{kcn} = Sk_{cn} \times Lk_{cn}$. Sk_{cn} theo QH đến năm 2030 tại Hà Nội là khoảng 5.400 ha. Hiện nay, chỉ tiêu Lk_{cn} tại Hà Nội là khoảng 130 lao động/ha đất KCN. Tuy nhiên, theo các định hướng phát triển công nghiệp xanh, sạch, thông minh của Hà Nội, chỉ tiêu này có xu hướng giảm, dự kiến đạt 120 lao động/ha đất KCN đến năm 2030. Như vậy, dự báo $N_{kcn} = 5.400 \times 120 = 648.000$ người. N_{dp} : Số lượng người lao động địa phương trong các KCN đã có nhà ở ổn định và không có nhu cầu tăng thêm nhà ở. Hiện nay, số lượng lao động địa phương của Hà Nội chỉ đáp ứng được khoảng 30% nhu cầu lao động trong các KCN, 70% còn lại là lao động ngoại tỉnh. Tốc độ gia tăng dân số và lao động cơ học của Hà Nội hiện nay khoảng 1,4-1,8% năm cùng với tốc độ chuyển dịch cơ cấu lao động từ nông nghiệp sang công nghiệp thấp [5] không thể đủ đáp ứng nhu cầu lao động tăng nhanh trong các KCN nên lao động trong các KCN đến năm 2030 tại Hà Nội phụ thuộc phần lớn vào các lao động ngoại tỉnh. Vì vậy, dự kiến đến năm 2030, số lao động địa phương trong các KCN tại Hà Nội chỉ đạt khoảng 30% tổng số lao động, 70% còn lại là lao động ngoại tỉnh. Trong số các lao động địa phương, theo kết quả khảo sát xã hội học tại các KCN, khoảng 20% số lao động này có nhu cầu nhà ở tăng thêm. Như vậy, N_{dp} ước tính đạt khoảng 24-25% tổng số lao động trong các KCN. Do đó, có thể tính toán dự báo $N_{dp} = 25\% N_{kcn} = 162.000$ người. Đến năm 2030, số lao động trong các KCN tại Hà Nội có nhu cầu nhà ở (Nno) dự báo là 486.000 người, bao gồm cả người quản lý, chuyên gia, công nhân và người phục vụ. Theo số liệu lao động thông thường trong các KCN, khoảng 10% số lao động là người quản lý và chuyên gia, 90% còn lại là công nhân và người phục vụ. Từ đó, có thể tính toán dự báo nhu cầu ở của người lao động trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030 như Bảng 2.

Bảng 2. Dự báo nhu cầu ở của người lao động trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030

Số lao động trong KCN có nhu cầu nhà ở (người)			Nhu cầu nhà ở (căn hộ)				
			Cho quản lý, chuyên gia		Cho người lao động, phục vụ		
Tổng số	Quản lý, chuyên gia	Công nhân, phục vụ	Căn hộ 2 người	Căn hộ 4 người	Căn hộ 4 người	Căn hộ 6 người	Căn hộ 8 người
486.000	48.600	437.400	4.860	9.720	21.870	29.160	21.870

Theo quy định hiện hành của Hà Nội [6], với chỉ tiêu 8m² sàn ở / người cho căn hộ thì dự báo cần phải xây dựng 3.888.000 m² sàn ở cho người lao động đến năm 2030. Nếu lấy theo định mức ở ký túc xá [7], với chỉ tiêu tối thiểu 4m² sàn ở / người thì dự báo cần phải xây dựng 1.944.000 m² sàn ở cho người lao động.

3.3. Các giải pháp đề xuất

3.3.1. Quan điểm

Bên cạnh các quan điểm chung của Đảng, Chính phủ và các cấp chính quyền Hà Nội, việc đề xuất giải pháp QH khu ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030 quy hoạch nhà ở công nhân tại các KCN Hà Nội cần được bổ sung 4 quan điểm chiến lược nhằm đảm bảo tính thực tiễn và bền vững. Trước hết, QH phải bám sát *đặc thù và ưu tiên người lao động* - nhóm đối tượng trẻ, thu nhập thấp và có tính di động cao. Tiếp theo, lộ trình đầu tư cần phát triển đồng bộ *theo tiến trình phát triển*, ưu tiên hoàn thiện dứt điểm hạ tầng kỹ thuật cùng tiện ích cơ bản (nhà trẻ, chợ, sân thể thao) rồi mới mở rộng các công trình dịch vụ, hành chính lớn hơn theo thời gian. Cuối cùng, các khu ở này không được cô lập mà phải *hòa nhập* tốt với đô thị xung quanh, đồng thời *tích hợp chặt chẽ mô hình phát triển gắn với giao thông công cộng* (TOD) của toàn thành phố để tối ưu hóa việc đi lại và sinh hoạt cho người lao động (từ cấp nhóm nhà ở tới cấp đơn vị ở và tới cấp khu đô thị-dịch vụ).

3.3.2. Các loại hình phát triển khu ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội

Hiện nay, theo nghiên cứu, đề xuất các loại hình phát triển nhà ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội như sau: 1) Nhà trọ công nhân; 2) Khu lưu trú công nhân; 3) Nhóm nhà ở công nhân; 4) Khu nhà ở công nhân/Khu đô thị - dịch vụ phục vụ KCN.

Loại 01: Nhà trọ công nhân: Là loại hình tự phát phổ biến nhất hiện nay khi nguồn cung nhà ở chính thống còn thiếu hụt. Mô hình này nằm trên các quỹ đất tư nhân nhỏ lẻ thuộc khu dân cư quanh KCN, có quy mô diện tích và dân số phụ thuộc vào quỹ đất của từng cá nhân. Chức năng chủ yếu là các phòng trọ tiêu chuẩn thấp (cao từ 1 đến 6 tầng), áp dụng tại các KCN chưa phát triển hoặc thiếu hụt nhà ở cho người lao động.

Loại 02: Khu lưu trú công nhân: Là loại hình mới được đề xuất xây dựng dựa trên việc chuyển đổi một phần quỹ đất KCN hiện có (chiếm khoảng 2-10% diện tích KCN), nằm liền kề các khu chức năng trong KCN. Mô hình này chỉ phục vụ duy nhất người lao động trực tiếp (không có người phụ thuộc) với chức năng là nhà ở kiểu ký túc xá và các tiện ích ở mức tối thiểu. Loại hình này được áp dụng cho các KCN quy hoạch sau Nghị định 35 [8] hoặc các KCN cũ còn quỹ đất.

Loại 03: Nhóm nhà ở công nhân: Là các nhóm nhà ở (chủ yếu là chung cư dạng nhà ở xã hội hoặc ký túc xá) được xây dựng liền kề hoặc quanh KCN trong bán kính tối ưu 2-3 km (tương đương tối đa 30 phút đi bộ hoặc 5-10 phút đi xe máy). Mô hình này tận dụng từ các ô đất trống xen kẽ trong khu dân cư hiện hữu hoặc một phần quỹ đất của

các dự án nhà ở xã hội (NOXH) lân cận KCN. Bên cạnh nhà ở, dự án còn tích hợp một số tiện ích phục vụ cho cả công nhân và cư dân xung quanh, được áp dụng rộng rãi tại hầu hết các KCN ở Hà Nội.

Loại 04: Khu nhà ở công nhân/Khu đô thị - dịch vụ phục vụ KCN: Đây là loại hình phát triển có quy mô lớn nhất và đồng bộ nhất, phục vụ tốt nhất cho người lao động trong các KCN, tương ứng với cấp từ đơn vị ở trở lên, đặc biệt là các khu đô thị - dịch vụ theo Nghị định 82 [9]. Đặc điểm chi tiết của mô hình này bao gồm ba khía cạnh. Vị trí và khoảng cách tiếp cận lý tưởng: Dự án được định vị nằm gần KCN hoặc nằm ngay trong tổng thể khu đô thị - dịch vụ với khoảng cách tối ưu tới nơi làm việc từ 2-3 km. Cụ ly này đảm bảo thời gian di chuyển hợp lý cho người lao động, tương đương tối đa 30 phút đi bộ, 15-20 phút đi xe đạp hoặc từ 5-10 phút đi xe máy. Quy chuẩn quy hoạch và cách tính toán dân số: Diện tích đất đơn vị ở phải tuân thủ quy chuẩn QCVN:01/2021/BXD [10]. Tuy nhiên, đối với phân khúc thu nhập thấp và NOXH, dự án được hưởng các cơ chế ưu đãi lớn như: chỉ tiêu các loại đất trong đơn vị ở đạt tối thiểu 70% quy định chung, mật độ xây dựng hoặc hệ số sử dụng đất được phép tăng lên tối đa 1,5 lần. Quy mô dân số tại đây được tính toán dựa trên tổng lượng lao động KCN và loại trừ các nhóm đối tượng (lao động địa phương, người đi xe bus, người thuê trọ, người đã có chỗ ở gần kề), kết hợp với hệ số tính đến người phụ thuộc và lao động phi công nghiệp. Đa dạng chức năng và nguồn lực thực hiện: mô hình này cung cấp đa dạng các loại hình nhà ở cho cả người làm việc trong khu dịch vụ đô thị. Tùy theo quy mô, nhà ở công nhân có thể bố trí thành đơn vị ở riêng, nhóm nhà biệt lập hoặc trong khu hỗn hợp kết hợp thương mại - dịch vụ. Nhờ tính đồng bộ, người lao động không chỉ sử dụng tiện ích nội khu mà còn dễ dàng tiếp cận hệ thống dịch vụ công cộng phong phú cấp đô thị. Do đòi hỏi nguồn lực đầu tư rất lớn về cả HTKT lẫn xã hội, mô hình này do các tập đoàn công nghiệp và bất động sản quy mô lớn thực hiện.

3.3.3. Đánh giá về khả năng phát triển các mô hình khu ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội

Căn cứ theo QH chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn 2050 [11]; Điều chỉnh QH xây dựng vùng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn 2050 [12]; Quyết định 1569/QĐ-TTg năm 2024 phê duyệt QH Thủ đô Hà Nội thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 [13]; QH tổng thể Thủ đô Hà Nội tầm nhìn 100 năm [14]; Các kết quả điều tra, khảo sát về hiện trạng phát triển các KCN và các khu ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội; Các dự báo về nhu cầu lao động và nhà ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030; Các tiêu chí đánh giá khu ở cho KCN&CX trên địa bàn TP Hà Nội; Đánh giá tổng hợp về khả năng phát triển các loại hình nhà ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030 như sau (không kể Loại 01: Nhà trọ công nhân):

Bảng 3. Tổng hợp khả năng phát triển các loại hình nhà ở trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030 (không kể Loại 01: Nhà trọ công nhân)

TT	Tên KCN	Hiện trạng phát triển	Khả năng phát triển các loại hình nhà ở cho người lao động		
			Loại 2 (Khu lưu trú công nhân)	Loại 3 (Nhóm nhà ở công nhân)	Loại 4 (Khu nhà ở công nhân / Khu đô thị - dịch vụ phục vụ KCN)
1	Thăng Long	HĐ, 100%	D	A	B
2	Nội Bài	HĐ, 100%	D	A	A
3	Sài Đồng B	HĐ, 100%	D	B	B

TT	Tên KCN	Hiện trạng phát triển	Khả năng phát triển các loại hình nhà ở cho người lao động		
			Loại 2 (Khu lưu trú công nhân)	Loại 3 (Nhóm nhà ở công nhân)	Loại 4 (Khu nhà ở công nhân / Khu đô thị - dịch vụ phục vụ KCN)
4	Nam Thăng Long	HĐ, 100%	D	A	B
5	Quang Minh I mở rộng	HĐ, 100%	D	A	A
6	Thạch Thất - Quốc Oai	HĐ, 100%	D	A	A
7	Hà Nội - Đài Tư	HĐ, 100%	D	B	B
8	Phủ Nghĩa	HĐ, 100%	D	A	B
9	Quang Minh II	XD, HĐ	C	A	A
10	Hỗ trợ Nam Hà Nội	XD, ĐT	C	A	B
11	Sóc Sơn	QH	A	A	A
12	Bắc Thường Tín	QH	A	A	A
13	Phụng Hiệp	QH	A	A	A
14	Đông Anh	QH	A	A	A
15	Tiến Thắng	QH	A	A	
16	Khu Cháy	QH	A	A	A
17	Bắc Phú Xuyên	QH	A	A	A
18	Phụng Hiệp giai đoạn 2	QH	A	A	A
19	Thanh Văn-Tân Ước	QH	A	A	A
20	Xuân Dương	QH	A	A	A
21	Ba Vì	QH	A	A	A
22	Phù Đổng	QH	A	A	A

Ghi chú: Khả năng phát triển theo mức độ: A) Tốt; B) Khá; C) Trung bình; D) Không.

HĐ: Đã hoạt động; XD: Đang xây dựng; ĐT: Đang thu hút đầu tư; QH: Trong quy hoạch

Nhìn chung, đối với các KCN đã hoạt động và lấp đầy trên 50%, khả năng phát triển các dự án Loại 02: Khu lưu trú công nhân trong KCN là không thể. Khả năng phát triển các Loại 03 và Loại 04 phụ thuộc vào chủ đầu tư các quỹ đất phát triển xung quanh. Đối với các KCN nằm trong QH chưa triển khai, việc điều chỉnh quy hoạch KCN và bố trí khu nhà ở phục vụ người lao động trong KCN là hoàn toàn có thể, tính khả thi cao khi các quỹ đất xung quanh còn trống nhiều và chưa có nhà đầu tư phát triển các khu chức năng khác.

3.3.4. Các giải pháp quy hoạch

3.3.4.1. Đối với nhóm nhà ở

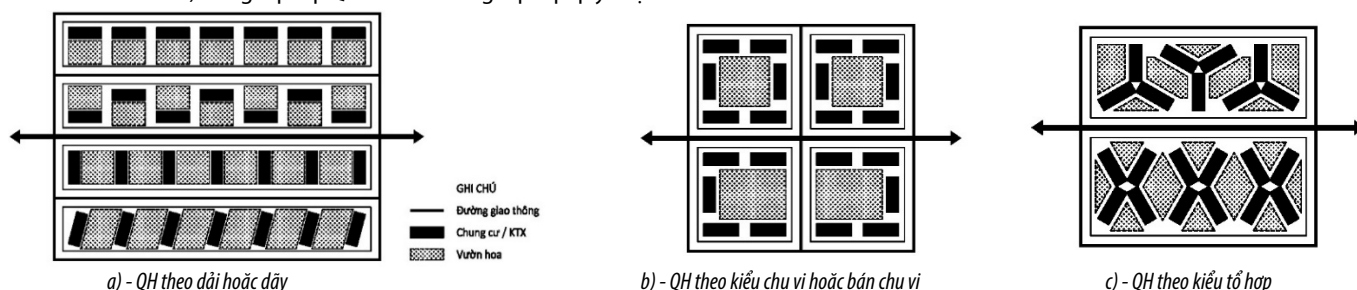
Áp dụng cho Loại 02: Khu lưu trú công nhân và Loại 03: Nhóm nhà ở công nhân. Cơ cấu chức năng: Với quy mô phát triển tương ứng với nhóm nhà ở, cơ cấu chức năng loại này gồm: i) Nhà ở công nhân cho thuê theo kiểu ký túc xá nhiều tầng, bao gồm cả: nhà ăn tập thể; chỗ để xe máy, xe đạp; cửa hàng tiện ích nhỏ; phòng sinh hoạt cộng đồng và bộ phận quản lý chung; ii) - Các tiện tích cơ bản như vườn hoa cây xanh và sân thể thao nhỏ (cầu lông, bóng rổ); iii) Hệ thống giao thông và chỗ đỗ xe nội bộ. Các chỉ tiêu cơ bản: Mật độ xây dựng và hệ số sử dụng đất: Theo Điều 7, Nghị định 100/2015/NĐ-CP, dự án đầu tư xây dựng NOXH được tăng mật độ xây dựng hoặc hệ số sử dụng đất lên tối đa 1,5 lần so với quy chuẩn, tiêu chuẩn xây dựng hiện hành do cơ quan có thẩm quyền ban hành. Chỉ tiêu diện tích ở: Có thể lấy theo chỉ tiêu diện tích ở tối thiểu của ký túc xá là 4m² sàn / người. (Mục 6 Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4451:2012: Nhà ở - Nguyên tắc cơ bản để thiết kế). Các giải pháp QH: Có rất nhiều giải pháp quy hoạch

cho nhóm nhà ở phục vụ công nhân, tùy thuộc vào quy mô và hình dạng, địa hình khu đất có thể lựa chọn 1 giải pháp hay kết hợp nhiều giải pháp. Sau đây là một số giải pháp cơ bản:

- *QH theo dải hoặc theo dãy*: Nguyên tắc, các đơn nguyên ký túc xá giống nhau bố trí theo dải (ngang hàng hay so le) hoặc theo dãy liên tục (thẳng hàng hay so le). Khoảng không gian trống giữa các đơn nguyên bố trí vườn hoa cây xanh và sân thể thao. Ưu điểm: Tiết kiệm đất, sử dụng đất hiệu quả và xây dựng nhanh nhờ sự bố trí đơn giản, QH và thiết kế lặp lại. Nhược điểm: Không gian đơn điệu, đường ống hạ tầng kỹ thuật kéo dài, khu vực vườn hoa, sân thể thao phân tán nhỏ. Giải pháp này áp dụng cho các khu đất có hình dạng kéo dài.

- *QH theo kiểu chu vi hoặc bán chu vi*: Nguyên tắc, các đơn nguyên ký túc xá giống nhau được bố trí theo chu vi khu đất hoàn toàn hoặc để trống 1 cạnh. Khoảng không gian trống ở giữa bố trí vườn hoa cây xanh và sân thể thao. Ưu điểm: Sử dụng đất và đường ống hạ tầng kỹ thuật hiệu quả, xây dựng nhanh chóng nhờ sự bố trí đơn giản, quy hoạch và thiết kế lặp lại. Khu vực vườn hoa và sân thể thao được tập trung, quy mô lớn hơn, không gian sinh động hơn. Nhược điểm: Hướng nắng và hướng gió 1 số đơn nguyên không thuận lợi. Giải pháp này áp dụng cho các dự án có khu đất vuông vắn hay tương đối vuông vắn.

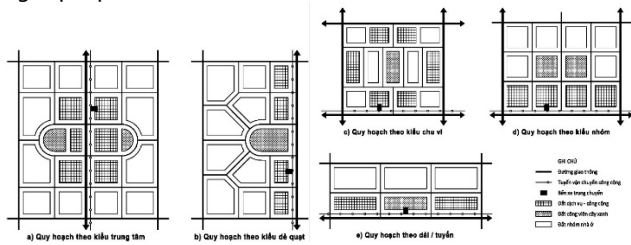
- *Các giải pháp khác*: Giải pháp QH theo kiểu tổ hợp đơn nguyên hay tự do được áp dụng tùy điều kiện thực tế của khu đất.



Hình 1. Giải pháp QH nhóm nhà ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội

3.3.4.2. Đối với đơn vị ở

Áp dụng cho Loại 04: Khu nhà ở công nhân/Khu đô thị - dịch vụ phục vụ KCN. Cơ cấu chức năng: Đầy đủ cơ cấu chức năng của một đơn vị ở hoàn chỉnh theo quy chuẩn QCVN:01:2021/BXD, gồm: i) Các nhóm nhà ở: Đối với nhà ở, dành một tỷ lệ lớn thích hợp cho người lao động trong các KCN, còn lại là các loại hình nhà ở thương mại khác (cho các đối tượng sống và làm việc tại chính khu đô thị dịch vụ này); ii) Các công trình dịch vụ - công cộng: Chỉ tiêu các công trình dịch vụ cơ bản hàng ngày và cấp thiết (chợ, cửa hàng tiện ích, trường mầm non) cần tăng cường phù hợp với sự gia tăng mật độ và chỉ tiêu ở của người lao động trong các KCN (hệ số từ 1,2 đến 1,3). Lưu ý đặc biệt bố trí bến xe trung chuyển kết nối trực tiếp với đường liên khu vực/chính khu vực và với hệ thống giao thông công cộng nhanh của đô thị theo mô hình TOD; iii) Cây xanh công cộng; iv) Đường giao thông (đường từ cấp phân khu vực đến đường nhóm nhà ở) và bãi đỗ xe cho đơn vị ở. Các chỉ tiêu cơ bản: Tuân thủ quy chuẩn QCVN:01/2021/BXD. Tuy nhiên, đối với các nhóm nhà ở xã hội hay nhà ở công nhân, theo Điều 7, Nghị định 100/2015/NĐ-CP, dự án đầu tư xây dựng NOXH được tăng mật độ xây dựng hoặc hệ số sử dụng đất lên tối đa 1,5 lần so với quy chuẩn, TCXD hiện hành do cơ quan có thẩm quyền ban hành. Chỉ tiêu đất đơn vị ở 15-28 m²/người. Chỉ tiêu diện tích ở: Có thể lấy theo chỉ tiêu diện tích ở tối thiểu của ký túc xá là 4 m² sàn/người. (Mục 6 Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4451:2012: Nhà ở - Nguyên tắc cơ bản để thiết kế). Đảm bảo khoảng cách đi bộ trong đơn vị ở với bán kính tối đa từ trung tâm đơn vị ở là 400-500 m, tương ứng với 8-10 phút đi bộ. Các giải pháp QH tuân thủ các nguyên tắc cơ bản của QH đơn vị ở theo định hướng giao thông công cộng TOD, lấy khu vực trung tâm đơn vị ở với bến xe công cộng làm hạt nhân, từ đó phát triển theo dạng trung tâm, dẻ quạt, tuyến, dải, nhóm, hỗn hợp hay tự do. Sau đây là một số giải pháp QH cơ bản (Hình 2).



Hình 2. Giải pháp QH đơn vị ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội

- **QH kiểu trung tâm:** Đặt khu trung tâm và trục giao thông chính ở giữa, các chức năng khác bao quanh. Ưu điểm là bán kính phục vụ đều, nhưng nhược điểm là mật độ tập trung lớn tại khu vực trung tâm gây ùn ứ giờ cao điểm và chia cắt không gian bởi tuyến giao thông chính của đô thị; áp dụng cho quy mô trên 10.000 người.

- **QH dạng dẻ quạt:** Đặt khu trung tâm giáp đường lớn, các khu chức năng cùng phát triển về một phía với khu vực trung tâm, giúp bán kính phục vụ đều, không bị chia cắt bởi giao thông chính, nhưng hạn chế mở rộng diện tích; áp dụng quy mô dưới 10.000 người.

- **QH theo chu vi:** Bố trí các công trình dịch vụ - công cộng bám dọc các trục đường lớn xung quanh, đưa nhà ở và cây xanh vào lớp trong. Giải pháp này giúp tối ưu giá trị mặt tiền và tăng tiện ích thương mại, nhưng nhược điểm là bán kính phục vụ không đều, làm tăng khoảng cách đi bộ, phù hợp với các đơn vị ở có các tuyến đường liên khu vực hoặc chính khu vực bao quanh.

- **QH theo nhóm:** Phát triển nhà ở và dịch vụ thành các cụm tập trung theo lưới giao thông ô cở. Ưu điểm là sử dụng đất hiệu quả, dễ phân kỳ đầu tư, theo từng giai đoạn hay từng dự án riêng biệt nhưng làm tăng mật độ đường nội bộ; áp dụng cho quy mô trung bình và lớn trên 10.000 người.

- **QH theo dải/tuyến:** Bố trí nhà ở và công cộng chạy dài dọc hoặc

vuông góc với đường lớn, ưu tiên bến xe và thương mại ở dải đầu tiên. Mô hình này rất linh hoạt trong phát triển theo giai đoạn, nhưng nhược điểm là tăng khoảng cách đi bộ và kéo dài đường giao thông; áp dụng cho khu đất có hình dạng kéo dài song song hay vuông góc với tuyến đường đô thị tiếp cận.

4. KẾT LUẬN

Trên đây là các kết quả nghiên cứu chính về khu ở cho người lao động trong các KCN tại Hà Nội đến năm 2030, đề xuất các giải pháp quy hoạch cụ thể, bao gồm cơ cấu chức năng, chỉ tiêu tính toán, giải pháp quy hoạch với các nguyên tắc, ưu điểm, nhược điểm và phạm vi áp dụng. Nghiên cứu cũng đã đánh giá khả năng áp dụng các loại hình (04 loại hình) và giải pháp cho từng KCN trên địa bàn TP Hà Nội đến năm 2030. Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của từng khu vực, quy mô và tính chất của từng khu ở, cùng với các tiêu chí đánh giá đã đề xuất, các nhà quản lý, nhà quy hoạch cũng như chủ đầu tư có thể lựa chọn giải pháp phù hợp.

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề án khoa học cấp thành phố "Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp xây dựng khu ở phục vụ các khu công nghiệp và khu chế xuất trên địa bàn thành phố Hà Nội" (Mã số: CT05/03-2022-2).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. S. Arifin. Housing provision for factory workers. Dimensi Teknik Arsitektur, vol. 29, no. 2, pp. 110-116, 2001.
- [2] Ban Quản lý các khu công nghiệp và chế xuất Hà Nội (HIZA). Số liệu về các khu công nghiệp và số lao động trong các khu công nghiệp tại Hà Nội. HIZA, Hà Nội, 2023.
- [3] Nguyễn Cao Lãnh. Đánh giá tổng kết 30 năm quy hoạch phát triển mô hình khu công nghiệp ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, tập 16, số 4V, tr. 149-161, 2022.
- [4] Nguyễn Thị Vân Hương, Lê Lan Hương, Nguyễn Cao Lãnh và Nguyễn Thùy Trang. Đánh giá thực trạng quản lý và vận hành các khu nhà ở phục vụ khu công nghiệp và khu chế xuất Hà Nội. Tạp chí Xây dựng, số 08, tr. 78-85, 2024.
- [5] Tổng cục Thống kê. Niên giám thống kê 2023. NXB. Thống kê, Hà Nội, 2023.
- [6] UBND TP Hà Nội. Nghị quyết số 10/2023/NQ-HĐND ngày 06/7/2023 của Hội đồng nhân dân TP Hà Nội quy định diện tích nhà ở tối thiểu để đăng ký thường trú vào chỗ ở hợp pháp do thuê, mượn, ở nhờ tại TP Hà Nội, Hà Nội, 2023.
- [7] Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội. Thông tư số 38/2018/TT-BLĐTBXH ngày 28/12/2018 quy định tiêu chuẩn, định mức sử dụng diện tích công trình sự nghiệp thuộc lĩnh vực giáo dục nghề nghiệp, Hà Nội, 2018.
- [8] Chính phủ. Nghị định số 35/2022/NĐ-CP ngày 28/5/2022 quy định về Quản lý khu công nghiệp và khu kinh tế, Hà Nội, 2022.
- [9] Chính phủ. Nghị định số 82/2018/NĐ-CP ngày 22/5/2018 quy định về Quản lý khu công nghiệp và khu kinh tế, Hà Nội, 2018.
- [10] Bộ Xây dựng. Thông tư số 01/2021/TT-BXD ngày 19/5/2021 ban hành QCVN 01:2021/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Quy hoạch xây dựng, Hà Nội, 2021.
- [11] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 1259/QĐ-TTg ngày 26/7/2011 phê duyệt Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050, Hà Nội, 2011.
- [12] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 768/QĐ-TTg ngày 06/5/2016 phê duyệt Điều chỉnh Quy hoạch xây dựng Vùng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050, Hà Nội, 2016.
- [13] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 1569/QĐ-TTg ngày 12/12/2024 phê duyệt Quy hoạch Thủ đô Hà Nội thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, Hà Nội, 2024.
- [14] UBND TP Hà Nội. Quyết định số 2512/QĐ-UBND ngày 13/5/2026 phê duyệt Quy hoạch tổng thể Thủ đô Hà Nội tầm nhìn 100 năm, Hà Nội, 2026.

Tổng quan về hình thái học đô thị định lượng: Tiềm năng, vấn đề và thách thức

Reviewing urban morphometrics: Potential, issues and challenges

> TS PHẠM SĨ DŨNG^{1,*}, PGS.TS NGUYỄN HỮU DUY²

¹Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; *Email: dungps@huce.edu.vn

²Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

TÓM TẮT

Những năm gần đây, cách tiếp cận định lượng trong nghiên cứu hình thái học đô thị được biết đến với khái niệm urban morphometric (UMM) ngày càng được quan tâm. Bài báo tổng quan khái niệm này, hệ thống hóa các chỉ số và ứng dụng hiện nay, đồng thời thảo luận những thách thức và triển vọng phát triển trên thế giới cũng như tại Việt Nam. Thông qua phương pháp tổng quan tường thuật (narrative review), nghiên cứu nhấn mạnh UMM như một hướng tiếp cận có tính hệ thống, có khả năng đo lường và tái lập thông qua các bộ chỉ số định lượng. Tại Việt Nam, UMM cho thấy tiềm năng ứng dụng trong quy hoạch và quản lý đô thị dựa trên dữ liệu, hướng tới đô thị thông minh, dù vẫn đối mặt với những thách thức về thuật ngữ và hạn chế của dữ liệu đầu vào.

Từ khóa: Hình thái đô thị; hình thái đô thị định lượng; tiếp cận định lượng; biến đổi đô thị.

ABSTRACT

In recent years, quantitative approaches in urban morphology research, known as urban morphometrics (UMM), have attracted increasing attention. This paper reviews the concept of UMM, systematizes its key metrics and current applications, and discusses its challenges and future prospects both globally and in Vietnam. Using a narrative review approach, the study highlights UMM as a systematic, measurable, and reproducible framework based on a set of quantitative metrics. In the Vietnamese context, UMM demonstrates significant potential for evidence-based urban planning and management, contributing to the development of smart cities, although challenges related to terminological inconsistency and limited input data remain.

Keywords: Urban morphology; urban morphometrics; quantitative approach; urban evolution.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hình thái học đô thị là lĩnh vực nghiên cứu đô thị tập trung vào cấu trúc vật lý của các thành phố, với các yếu tố cơ bản của hình thái đô thị như tòa nhà, lô đất, đường phố, đặt trong mối quan hệ sâu sắc với các động lực phi không gian và các tác nhân tác động đến sự biến đổi đô thị như các yếu tố kinh tế - xã hội hay môi trường. Do đó, hình thái học đô thị nhận được sự quan tâm rất mạnh mẽ đến từ nhiều lĩnh vực và đồng thời nó cũng được xem như một phương pháp luận liên ngành, cung cấp những hiểu biết có giá trị cho sự phát triển đô thị từ quá khứ đến tương lai [1], [2], [3]. Trong nghiên cứu hình thái đô thị, các trường phái truyền thống đã đóng vai trò nền tảng trong việc nhận diện và diễn giải cấu trúc không gian đô thị. Trường phái Anh - Đức, tiêu biểu là Conzen, phát triển cách tiếp cận lịch sử - địa lý (historico-geographical approach) nhằm phân tích sự tiến hóa của đô thị thông qua mạng lưới đường, cấu trúc lô đất và hình thái công trình, gắn với bối cảnh kinh tế - xã hội. Trường phái Ý, khởi nguồn từ Muratori và được tiếp nối bởi Caniggia và Maffei, phát triển cách tiếp cận hình thái, loại hình (process-typological approach), nhấn mạnh tính liên tục giữa đô thị cũ và mới, phân tích đa cấp độ và xem hình thái đô thị như một quá trình tiến hóa. Trong khi đó, trường phái Pháp (Panerai, Castex, Depaule) tập trung vào mối liên hệ giữa hình thái, kiến trúc và các yếu tố xã hội - văn hóa, góp phần làm rõ vai trò của ô phố truyền thống như sản phẩm của quá trình biến đổi tập thể [4]. Mặc dù có chiều sâu lý thuyết, các cách tiếp cận này chủ yếu dựa trên phân tích định tính,

khó chuẩn hóa, khó tái lập và hạn chế trong so sánh hệ thống giữa nhiều đô thị và thang đo khác nhau, đồng thời gặp khó khăn khi tích hợp với GIS, dữ liệu lớn và các phương pháp phân tích không gian hiện đại [5]. Những hạn chế này đã thúc đẩy sự phát triển của UMM - một hướng tiếp cận định lượng nhằm đo lường hình thái đô thị thông qua các chỉ số hình học, cho phép phân tích đa quy mô, so sánh khách quan và có khả năng mở rộng để hiểu thành phố một cách khoa học và có thể hỗ trợ việc can thiệp, quy hoạch, quản lý đô thị. Trên cơ sở đó, bài báo này hệ thống hóa các chỉ số và ứng dụng của UMM, đồng thời thảo luận triển vọng của cách tiếp cận này trong nghiên cứu và thực tiễn đô thị tại Việt Nam.

Hiện nay, nghiên cứu hình thái đô thị ở Việt Nam vẫn chủ yếu dựa trên các hướng tiếp cận truyền thống. Phần lớn các nghiên cứu tập trung vào mô tả cấu trúc mạng đường, hình thái khu phố, làng đô thị hóa hoặc khu đô thị mới thông qua khảo sát thực địa, bản đồ và phân tích trường hợp [6], [7]. Một số nghiên cứu gần đây đã ứng dụng Space syntax để phân tích kết nối không gian của các tuyến ngõ và không gian kinh doanh phi chính thức tại Hà Nội [8], hoặc tổ chức không gian nhà ở tại TP.HCM [9]. Bên cạnh đó, các nghiên cứu của Thịnh và cộng sự về làng đô thị [10] hay sự chuyển đổi giữa hình thái chính thức và phi chính thức tại Hà Nội và TP.HCM [11] sử dụng bản đồ, ảnh viễn thám, GIS để diễn giải quá trình phát triển đô thị. Tuy nhiên, các nghiên cứu này vẫn thiên về mô tả và diễn giải hơn là xây dựng hệ thống chỉ số định lượng có khả năng so sánh và tự động hóa trên quy mô lớn. Điều này cho thấy vẫn tồn tại khoảng

trống cho các nghiên cứu UMM tại Việt Nam, đặc biệt trong bối cảnh dữ liệu không gian, GIS, viễn thám và khoa học dữ liệu đô thị đang phát triển mạnh.

Đây là một bài báo tổng quan tường thuật (narrative review) mang tính định hướng nhằm tổng hợp các nghiên cứu tiêu biểu về UMM. Bài báo tập trung vào các nghiên cứu sử dụng chỉ số định lượng hình thái đô thị ở nhiều quy mô (công trình, ô phố, mạng đường), đặc biệt là các nghiên cứu có ảnh hưởng công bố từ đầu những năm 2015 đến nay, giai đoạn đánh dấu sự phát triển mạnh của dữ liệu không gian số, GIS, viễn thám và khoa học dữ liệu đô thị. Nguồn tài liệu chủ yếu là các bài báo khoa học có phản biện bằng tiếng Anh thuộc Scopus, Web of Science thông qua công cụ tìm kiếm Google Scholar, công bố trên các tạp chí chuyên ngành về quy hoạch, hình thái đô thị và khoa học không gian. Việc tìm kiếm được thực hiện thông qua hai từ khóa “urban morphometrics” và “quantitative urban morphology”. Các tài liệu được phân loại theo các nhóm nội dung như: hệ thống chỉ số hình thái, các công cụ tính toán, cũng như các xu hướng ứng dụng UMM trong quy hoạch và quản lý đô thị. Trên cơ sở đó, bài báo thảo luận về xu hướng phát triển và triển vọng ứng dụng UMM, đặc biệt nhấn mạnh trong bối cảnh đô thị Việt Nam.

2. SỰ HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN CỦA UMM

Trong khái niệm về UMM, từ “morphometric” xuất phát từ sinh học nhằm định lượng các đặc điểm hình dạng và mối quan hệ giữa các sinh vật, xem xét sự biến đổi của chúng theo thời gian. Bằng việc xem đô thị như một cơ thể sống, khái niệm này sau đó được chuyển dịch sang lĩnh vực nghiên cứu đô thị nhằm xác định các đặc trưng của các thành phần đô thị và quan hệ giữa chúng [5]. Khác biệt với các cách tiếp cận định tính truyền thống, hình thái học định lượng là một cách tiếp cận có hệ thống, có thể đo lường và có thể tái lập thông qua một tập các chỉ số (metrics) về mặt hình học và/hoặc ngữ nghĩa, được tính toán phản ánh các thành phần cấu thành của đô thị như công trình, đường phố, lô đất, cấu trúc không gian tổng thể và mối quan hệ không gian giữa chúng. Những chỉ số này sau đó được sử dụng để xây dựng các mô tả phân loại hoặc nhận diện các mẫu hình đô thị, có thể so sánh giữa các thành phố, khu vực hoặc giữa giai đoạn khác nhau, phục vụ phân tích và nghiên cứu về quá trình hình thành hoặc tiến hóa của không gian đô thị.

2.1. Các đơn vị phân tích hình thái

Việc phân loại các đối tượng và chỉ số hình thái là vấn đề được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm và phân loại. Đa dạng các đối tượng hình thái được xem xét ở các cấp độ khác nhau và được đơn giản hóa thành ba quy mô: (1) cấp độ vĩ mô (macro) đề cập đến cấu trúc tổng thể của thành phố, đô thị, vùng đô thị, cảnh quan; (2) cấp độ trung gian (meso) thường xem xét các khu ở, có bán kính đi bộ từ 5-10 phút; (3) cấp độ vi mô (micro), đối tượng hình thái là công trình, thửa đất, đoạn đường, khối nhà.

Mỗi yếu tố, đối tượng hình thái này đều được tính toán dựa trên các chỉ số hình thái. Việc phân loại các chỉ số được chia thành các nhóm, theo thứ tự từ đơn giản đến phức tạp, với các chỉ số phổ biến: Kích thước (Dimension); Hình dạng (Shape); Phân bố không gian (Spatial distribution); Mật độ (Intensity); Kết nối (Connectivity); Tính đa dạng (Diversity). Các chỉ số này được tính toán ở đa quy mô của các yếu tố hình thái [1], [3], [12]. Chỉ số Kích thước đánh giá kích thước hình học như chiều dài, rộng, cao, chu vi, diện tích, thể tích của đối tượng hình thái như công trình, đường phố. Chỉ số Hình dạng của các đối tượng hình thái được tính toán dựa trên kích thước hình học của từng đối tượng. Ví dụ như chỉ số độ dài (elongation) của công trình được tính toán bằng tỷ số của chiều rộng/chiều dài. Một số chỉ số khác có thể kể đến như chỉ số đo mức độ phức tạp về

hình dạng (complexity index) hay mức độ nén (compactness index) của công trình hoặc một khu vực. Chỉ số Phân bố không gian thể hiện sự phân bố của các đối tượng và vị trí tương hỗ của chúng trong không gian như khoảng cách giữa các công trình, độ xấp, tính liên tục của khu vực xây dựng,... Chỉ số Cường độ đánh giá mức độ chiếm dụng không gian, đề cập đến mật độ các đối tượng trong một bối cảnh nhất định như tỷ lệ diện tích che phủ, tỷ lệ diện tích sàn, số lượng lô đất trong một khu phố,... Đối với tính kết nối, chỉ số này chủ yếu được sử dụng để đánh giá sự liên kết không gian của mạng lưới đường phố. Chỉ số Tính đa dạng cho thấy sự đa dạng và phong phú của các đối tượng và đặc điểm của chúng trong khu vực nghiên cứu, cho phép đo tính đồng nhất, đa dạng diện tích của các lô đất, chức năng sử dụng đất.

Có hàng trăm đến hàng nghìn chỉ số để tính toán các đối tượng hình thái. Mỗi đối tượng sẽ được đo lường bằng những chỉ số phù hợp. Ví dụ riêng ở quy mô công trình, Biljecki và Chow (2022) đã phát triển bộ hàng trăm chỉ số tính toán cho từng công trình và mối quan hệ của nó với những công trình xung quanh [13]. Tương tự đối với mạng lưới đường được thể hiện bằng các đoạn đường và nút giao, Hillier (1996) và Boeing (2017) đã phát triển các công cụ như Space syntax, OSMnx và các chỉ số như Tích hợp (Integration), Lựa chọn (Choice) hay Tính trung tâm (Centrality) cho phép định lượng khả năng kết nối của các đoạn đường và các nút [14], [15]. Giá trị của chúng cho thấy mức độ mạch lạc, kết nối tổng thể của mạng lưới.

2.2. Các công cụ tính toán

Việc phân tích UMM được thực hiện dựa trên việc sử dụng hệ thống thông tin địa lý GIS (ArcGIS, MapInfo, QGIS), cho phép tính toán và phân tích nhiều chỉ số UMM ở các cấp độ công trình và khu phố, đặc biệt là các chỉ số liên quan đến hình học, mật độ xây dựng và phân bố không gian của các yếu tố đô thị. Tuy nhiên, để đáp ứng nhu cầu tính toán ngày càng tăng với lượng dữ liệu lớn, các phương pháp về thống kê, học máy đã được áp dụng cho phép phân tích đa biến, so sánh hình thái đô thị ở nhiều khu vực hoặc nhiều giai đoạn phát triển đô thị. Trong khi đó, mô hình hồi quy và các mô hình dự đoán đã cho phép việc nghiên cứu tác động của hình thái học lên các hiện tượng đô thị khác trên phạm vi không gian rộng hơn và quy mô thời gian dài hơn. Để nhận diện các kiểu hình thái đô thị, các phương pháp dựa trên kỹ thuật thị giác máy tính (computer vision) và học sâu (deep learning) đã được sử dụng trong những năm gần đây nhằm trích xuất đặc trưng thị giác trực tiếp từ ảnh viễn thám hoặc bản đồ, qua đó nhận diện các mẫu hình không gian phức tạp mà các chỉ số hình thái truyền thống khó nắm bắt. Việc này đặc biệt hiệu quả trong việc nhận diện và phân loại các kiểu hình thái đô thị ở quy mô lớn [12].

Ngoài ra, gần đây nhiều nhà nghiên cứu đã đề xuất các công cụ đo lường có hệ thống các chỉ số hình thái. Boeing (2017) đã đề xuất OSMnx để tự động hóa các phép đo mạng lưới đường phố dựa trên lý thuyết không gian và lý thuyết đồ thị. Fleischmann (2019) đề xuất Momepy để đo lường đa quy mô từ các tòa nhà, lô đất đến vùng đô thị bằng cách sử dụng các thuật toán đo lường. Trong khi đó, Biljecki và Chow (2022) đề xuất “Global Building Morphology Indicators” cho hình dạng tòa nhà. Các công cụ này được xây dựng dựa trên nền tảng các ngôn ngữ lập trình như Python hay R [2], [13], [15].

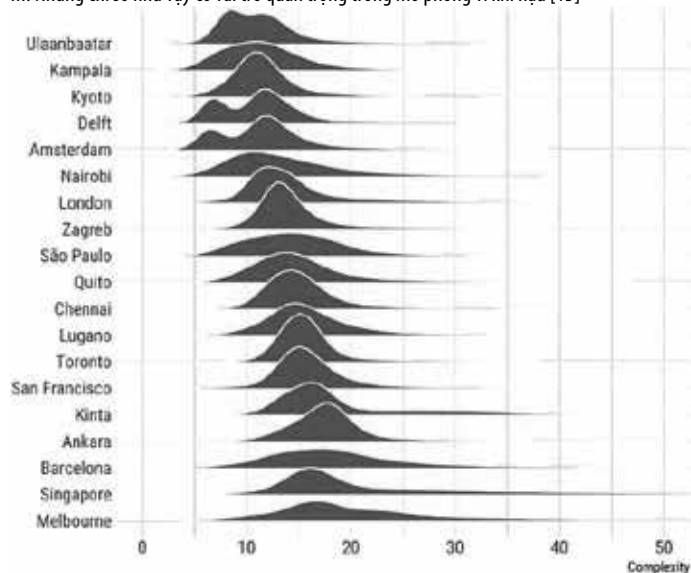
2.3. Ứng dụng trong quy hoạch và quản lý đô thị

Việc đánh giá các chỉ số hình thái đô thị là một điều kiện then chốt nhằm nhận diện và so sánh các đặc điểm khác nhau của quá trình phát triển đô thị, chẳng hạn như mức độ chính thức hay phi chính thức, có kế hoạch hay tự phát, cũng như mức độ ổn định hay biến đổi của cấu trúc đô thị theo thời gian. Thông qua các chỉ số định lượng, hình thái đô thị không chỉ được mô tả dưới dạng hình học, mà còn được phân tích như một hệ thống không gian - xã hội

có cấu trúc và có logic nội tại [5], [16]. Cụ thể, các nhóm chỉ số liên quan đến tính trung tâm (centrality), mật độ (density) và kết nối không gian (connectivity) cho phép làm rõ mô hình tổ chức không gian của đô thị, qua đó phân biệt các dạng cấu trúc như đồng nhất hay phân hóa, đơn tâm, đa tâm hay hỗn hợp, cũng như xu hướng phát triển nén (compact) hay phân tán (sprawled) của thành phố. Những chỉ số này giúp phản ánh không chỉ hình thái vật thể của đô thị mà còn các cơ chế vận hành không gian gắn với phân bố dân cư, việc làm và các hoạt động kinh tế - xã hội. Bên cạnh đó, cách tiếp cận urban morphometrics (UMM) cho phép mở rộng phân tích hình thái đô thị sang việc đánh giá mối quan hệ tương tác giữa hình thái và các yếu tố đô thị khác. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra mối liên hệ chặt chẽ giữa cấu trúc hình thái với khả năng tiếp cận, các chỉ số kinh tế - xã hội như sức sống đô thị, phân bố chức năng sử dụng đất, hoạt động thương mại, cũng như các vấn đề môi trường đô thị như nguy cơ ngập lụt, vi khí hậu hay tiêu thụ năng lượng [3], [17], [18], [19]. Nhờ khả năng đo lường, so sánh và tái lập, UMM tạo ra một khung phân tích tích hợp, góp phần làm rõ vai trò của hình thái đô thị trong việc định hình hiệu quả, tính bền vững và khả năng chống chịu của các hệ thống đô thị đương đại.



Hình 1. Chỉ số mật độ tòa nhà được tính toán trên các ô lưới 100 m tại Singapore, dựa trên khoảng cách của một tòa nhà đến tòa nhà lân cận gần nhất trong phạm vi bán kính 25 m. Những chỉ số như vậy có vai trò quan trọng trong mô phỏng vi khí hậu [13]



Hình 2. Biểu đồ so sánh chỉ số độ phức tạp (complexity index) của mặt bằng công trình ở nhiều thành phố [13]

3. TIỀM NĂNG ÁP DỤNG TRONG BỐI CẢNH VIỆT NAM

Tại Việt Nam, quá trình đô thị hóa nhanh và sự đa dạng hình thái tại các đô thị tạo điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng các chỉ số hình thái. Sự tồn tại song song của các khu đô thị mới, khu dân cư tự phát, khu phố lịch sử cho phép các chỉ số hình thái đô thị được kiểm nghiệm trong nhiều bối cảnh khác nhau, qua đó làm rõ khả năng phân biệt và so sánh hình thái của cách thức tiếp cận định lượng. Bên cạnh đó, sự phát triển mạnh mẽ của dữ liệu không gian và công cụ GIS trong những năm gần đây mở ra cơ hội thực hiện các nghiên cứu định lượng về hình thái đô thị với chi phí thấp. Các nguồn dữ liệu như bản đồ địa chính số, dữ liệu đường phố, ảnh viễn thám độ phân giải trung bình và cao cho phép trích xuất các đặc trưng hình thái cơ bản như mạng lưới đường, dấu chân công trình và mật độ xây dựng ở quy mô lớn. Điều này đặc biệt phù hợp với các nghiên cứu so sánh giữa các khu vực hoặc các giai đoạn phát triển đô thị. Đặc biệt, nhu cầu ngày càng tăng về các công cụ đánh giá định lượng trong công tác quy hoạch và quản lý đô thị là một động lực quan trọng cho việc ứng dụng UMM. Trong bối cảnh quy hoạch ngày càng hướng tới bằng chứng và dữ liệu lớn, các chỉ số hình thái có thể đóng vai trò là công cụ hỗ trợ đánh giá hiện trạng, so sánh phương án và theo dõi biến đổi đô thị theo thời gian. Trong bối cảnh Việt Nam đang hướng tới xây dựng đô thị thông minh, việc sử dụng các chỉ số đánh giá hình thái có thể đóng vai trò quan trọng góp phần vào quá trình này.

Bên cạnh những ưu điểm của phương pháp này, cũng cần nhận diện những hạn chế của nó. Trên thực tế, để hiểu được toàn diện hơn hình thái đô thị, ngày càng nhiều chỉ số đã được đưa ra. Tuy nhiên sự đa dạng của các chỉ số cũng mang đến những thách thức bởi sự thiếu nhất quán về thuật ngữ liên quan đến các thành phần cơ bản của hình thái đô thị. Do đó, một vấn đề chung của phương pháp này hiện nay là chưa cung cấp được một khuôn khổ toàn diện và đáng tin cậy cho phân tích định lượng, dẫn đến khó khăn trong việc phát triển các tiêu chí cho hệ thống đo lường cũng như cho việc so sánh giữa các đô thị và nghiên cứu [3], [13]. Đặc biệt, một trong những thách thức lớn nhất khi áp dụng các chỉ số hình thái, đặc biệt là tại các nước đang phát triển như Việt Nam, là sự hạn chế và không đồng nhất của dữ liệu đầu vào. Ví dụ, dữ liệu dấu chân tòa nhà (building footprint), một loại dữ liệu phổ biến và quan trọng để tính toán các chỉ số hình thái, thường được sử dụng thông qua ứng dụng OpenStreetMap. Mặc dù được thường xuyên cập nhật tuy nhiên ở nhiều nước đang phát triển dữ liệu này là không đầy đủ. Ngoài ra dữ liệu về chiều cao công trình, chức năng sử dụng đất, hoặc lịch sử phát triển đô thị thường thiếu hoặc không được chuẩn hóa, gây khó khăn cho phân tích đa biến, đa quy mô và phân tích các khía cạnh hình thái phức tạp hơn. Thêm vào đó, để xác định những đặc trưng hình dạng và xử lý lượng dữ liệu lớn đòi hỏi khả năng sử dụng các công cụ mới như học máy, các mô hình không gian, thuật toán và thống kê với các ngôn ngữ lập trình như Python, R. Điều này cũng gây nên những khó khăn đối với các nhà quy hoạch, nghiên cứu đô thị. Khoảng cách giữa nghiên cứu học thuật và thực tiễn quy hoạch cũng là một rào cản đáng kể. Các kết quả phân tích UMM thường được trình bày dưới dạng chỉ số hoặc mô hình thống kê, trong khi các nhà quản lý và quy hoạch cần các chỉ dẫn trực quan, dễ diễn giải và có khả năng tích hợp vào quy trình lập quy hoạch hiện hành. Việc chuyển hóa các kết quả định lượng từ nghiên cứu thành ngôn ngữ và công cụ phục vụ ra quyết định vẫn là một thách thức chưa được giải quyết đầy đủ. Cuối cùng, UMM chủ yếu tập trung vào hình thái vật thể của đô thị, do đó có nguy cơ giản lược các yếu tố xã hội, kinh tế và thể chế vốn đóng vai trò quan trọng trong sự hình thành và biến đổi không gian đô thị. Nếu không được kết hợp với các tiếp cận định tính và bối cảnh hóa, các phân tích định lượng có thể dẫn đến những diễn giải phiến diện hoặc khó áp dụng trong thực tiễn.

Mặt khác, việc xây dựng một khung ứng dụng UMM phù hợp với điều kiện địa phương là hết sức cần thiết. Khung nghiên cứu này cần xác định rõ các nhóm dữ liệu phục vụ phân tích như dữ liệu GIS, ảnh viễn thám, dấu chân tòa nhà, dữ liệu mạng đường; đồng thời đề xuất các cấp độ phân tích phù hợp với đặc trưng đô thị Việt Nam như lô đất, nhà ống, ô phố, khu ở và cấu trúc mạng đường. Bên cạnh đó, cần ưu tiên phát triển hệ thống chỉ số phản ánh các đặc điểm nổi bật của đô thị Việt Nam như mật độ xây dựng cao, tính hỗn hợp chức năng, tính phi chính thức và sự phân mảnh không gian. Một khung UMM cho Việt Nam không chỉ có ý nghĩa học thuật trong việc chuẩn hóa và định lượng hình thái đô thị, mà còn mở ra nhiều ứng dụng thực tiễn trong quy hoạch và quản lý phát triển đô thị. Trên cơ sở đó, việc thiết lập một sơ đồ khung phương pháp UMM tại Việt Nam sẽ là một bài toán cho các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực này.

4. KẾT LUẬN

Ngay từ những nền tảng ban đầu, nghiên cứu hình thái đô thị đã xem cấu trúc không gian đô thị như kết quả của các quá trình biến đổi theo thời gian, song trong thời gian dài chủ yếu dựa trên các cách tiếp cận định tính và diễn giải, thiếu một ngôn ngữ định lượng có hệ thống. Trong bối cảnh đó, UMM xuất hiện như một bước tiến nhằm kế thừa và mở rộng lý thuyết hình thái đô thị thông qua các công cụ định lượng, góp phần đưa lĩnh vực này tiến gần hơn tới một khoa học hiện đại về thành phố. Cách tiếp cận UMM cho phép phân tích hình thái đô thị như một thực thể động, gắn với các quá trình biến đổi xã hội - môi trường, đồng thời hỗ trợ việc hiểu và giải quyết các vấn đề đô thị cũng như ra quyết định trong quy hoạch và thiết kế đô thị. Đối với Việt Nam, trong bối cảnh đô thị hóa nhanh nhưng thiếu kiểm soát, UMM cho thấy tiềm năng ứng dụng lớn. Tuy nhiên, hình thái học định lượng vẫn là một hướng tiếp cận mới nổi, với nhiều thuật ngữ và chỉ số chưa thống nhất, đòi hỏi tiếp tục hoàn thiện. Đồng thời, các phương pháp định lượng cần được xem như sự bổ sung, chứ không thay thế, cho các cách tiếp cận định tính truyền thống, và cần được gắn kết chặt chẽ hơn với thực tiễn quy hoạch và quản lý đô thị.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin được trân trọng gửi lời cảm ơn đến Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) đã tài trợ cho nghiên cứu này với Đề tài mã số 105.08-2025.27.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K Kropf. The Handbook Of Urban Morphology. Chicester, UK: John Wiley & Son Ltd, 2018.
- [2] M Fleischmann. Momepy: urban morphology measuring toolkit. Open Source Softw, vol. 4, 2019, doi: 10.21105/joss.01807.
- [3] M Fleischmann et al. Measuring urban form: overcoming terminological inconsistencies for a quantitative and comprehensive morphologic analysis of cities. Environ. Plann, 2020, doi: 10.1177/2399808320910444.
- [4] S Porta and V Oliveira. Quantitative and qualitative analysis in urban morphology: systematic legacy and latest developments. Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Urban Design and Planning 178(2), 2025, doi.org/10.1680/jurdp.24.00047.
- [5] J Dibble et al. On the origin of spaces: Morphometric foundations of urban form evolution. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, vol. 24, 2017, doi: 10.1177/2399808317725075.
- [6] Nguyễn Thế Bá. Quy hoạch xây dựng phát triển đô thị. NXB. Xây dựng, 2022.
- [7] Đoàn Minh Khôi. Hình thái học đô thị. NXB. Xây dựng, 2023.
- [8] Ha Minh Hai Thai et al. The evolution of pathways linking main streets and marketplaces to home-based business locations in Hanoi, Vietnam. Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability, vol. 15, no. 2, pp. 165-191, 2022, doi.org/10.1080/17549175.2020.1858444.
- [9] Phạm Phi Phương, Phạm Ngọc Quỳnh Giao and OS Gyu. Spatial configuration of traditional houses and apartment unit plans in Ho Chi Minh City, Vietnam: A comparative study. Spatium, vol. 45, 2021, doi: 10.2298/SPAT2145034P.

[10] NK Thinh, H Kamalipour and Y Gao. Mapping the emerging forms of informality: A comparative morphogenesis of villages-in-the-city in Vietnam. Habitat International, vol. 138, 2023, doi: 10.1016/j.habitatint.2023.102864.

[11] NK Thinh and H Kamalipour. Mapping informal/formal morphologies over time: Exploring urban transformations in Vietnam. Cities, vol. 152, 2024, doi: 10.1016/j.cities.2024.105168.

[12] Y Wang et al. AI-Enhanced quantitative urban morphology: A comparison of metric-based and vision-based representations. Frontiers of Architectural Research, 2025, doi.org/10.1016/j.foar.2025.09.013.

[13] F Biljecki. Global building morphology indicators. Comput. Environ. Urban Syst., vol. 95, 2022, 10.1016/j.compenvurbsys.2022.101809.

[14] B Hillier. Space is the Machine: a Configurational Theory of Architecture. Cambridge University Press, 1996.

[15] G Boeing. OSMnx: new methods for acquiring, constructing, analyzing and visualizing complex street networks. Comput. Environ. Urban Syst., vol. 65, 2017, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004.

[16] M Batty. The New Science of Cities. MIT Press, 2013.

[17] A Araldi and G Fusco. From the street to the metropolitan region: Pedestrian perspective in urban fabric analysis. Environment and Planning B, 2019, doi: 10.1177/2399808319832612.

[18] P Zang, D Ghosh and S Park. Spatial measures and methods in sustainable urban morphology: A systematic review. Landscape and Urban Planning, vol. 237, 2023, doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104776.

[19] M Mabrouk et al. Revisiting Urban Resilience: A Systematic Review of Multiple-Scale Urban Form Indicators in Flood Resilience Assessment. Sustainability, vol. 16(12), no. 5076, 2024, doi.org/10.3390/su16125076.

Giải pháp tổ chức không gian cư trú các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc thích ứng với biến đổi khí hậu, sạt lở đất theo hướng xanh

Green-oriented spatial organization solutions for ethnic minority settlements in the northern mountainous region to adapt to climate change and landslides

> PGS.TS NGUYỄN ĐÌNH THI^{1*}, THS VŨ NGỌC QUÂN²

¹Viện Bảo tồn và Phát triển bền vững, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

*Email: thind@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện tượng sạt lở đất do lũ ống, lũ quét và tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) gây ra những thiệt hại rất lớn về con người và tài sản cho người dân miền núi phía Bắc. Nghiên cứu này đề xuất các giải pháp về tổ chức không gian cư trú các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc nhằm thích ứng với BĐKH và sạt lở đất giúp đảm bảo an toàn tính mạng và nâng cao chất lượng sống cho người dân địa phương. Đóng góp mới của nghiên cứu là đề xuất 03 giải pháp tổ chức không gian cư trú các dân tộc thiểu số theo cấp độ bản, làng; cấp độ khuôn viên và cấp độ ngôi nhà ở thích ứng với BĐKH, sạt lở đất theo hướng xanh. Nghiên cứu sử dụng các phương pháp gồm: khảo sát thực địa; thu thập và tổng hợp tài liệu, số liệu; phân tích, đánh giá; so sánh, đối chiếu.

Từ khóa: Không gian cư trú; dân tộc thiểu số; miền núi phía Bắc; thích ứng với biến đổi khí hậu; sạt lở đất.

ABSTRACT

Landslides triggered by flash floods, debris flows, and climate change have caused severe losses of life and property for residents in the Northern mountainous region. This study proposes spatial organization solutions for ethnic minority settlements in this region to adapt to climate change and landslides, thereby safeguarding lives and enhancing the quality of life for local residents. The novel contribution of this research lies in proposing three green-oriented spatial organization solutions for ethnic minority settlements across three scales: the village level, the homestead level, and the individual housing level. To achieve the research objectives, this study employs a combination of methods, including field surveys, document and data collection and synthesis, analysis and evaluation, and comparative analysis.

Keywords: Settlement space; ethnic minorities; Northern mountainous region; climate change adaptation; landslides.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước ta là quốc gia có nhiều đồi núi, chiếm tới 3/4 diện tích lãnh thổ và đa phần là đồi núi thấp. Khu vực miền núi phía Bắc bao gồm vùng đồi núi Tây Bắc và Đông Bắc, trong đó khu vực Tây Bắc chủ yếu là núi trung bình và núi cao, cao nhất là dãy núi Hoàng Liên Sơn trên 2500 m, đỉnh núi cao nhất là Fansipan (3.143 m); khu vực Đông Bắc là núi trung bình và núi thấp, cao nhất là dãy núi thượng nguồn sông Chảy có nhiều đỉnh cao trên dưới 2000 m và thấp dần về phía biển. Từ đó, cho thấy khả năng sạt lở đất do lũ ống, lũ quét xảy ra tại khu vực miền núi phía Bắc là rất lớn.

Theo số liệu thống kê của Cục Quản lý đê điều và Phòng, chống thiên tai trong vòng 20 năm qua, mỗi năm tại Việt Nam thiên tai cướp đi sinh mạng của hơn 400 người và hàng nghìn người bị thương, thiệt hại kinh tế trên 1,5 tỷ USD. Mưa lũ, sạt, xói lở đất còn ảnh hưởng nặng nề đến mọi mặt phát triển kinh tế, xã hội và đời sống của người dân. Chỉ tính riêng thiệt hại do bão Yagi vào tháng

9 năm 2024 đã gây ra là rất nặng nề, có 352 người chết và mất tích. Đơn cử như tại một số khu vực địa phương tại miền núi phía Bắc như Lào Cai có 118 người chết, 61 người mất tích, 84 người bị thương; Yên Bái: 53 người chết, 02 người mất tích; Cao Bằng: 43 người chết, 09 người mất tích; Hòa Bình: 07 người chết; số nhà bị hư hỏng là 168.253 ngôi nhà; nhiều nghìn ha lúa, hoa màu, vườn cây ăn quả bị ngập úng, thiệt hại nặng nề; hàng nghìn lồng bè nuôi trồng thủy sản bị hư hỏng, cuốn trôi do lũ (Hình 1).



Hình 1. Một số hình ảnh sạt lở đất do lũ ống, lũ quét tại khu vực miền núi phía Bắc

Hiện nay, có nhiều nghiên cứu cũng như các giải pháp thực tiễn chống xói mòn, sạt lở đất tại vùng miền núi phía Bắc. Tuy nhiên, nghiên cứu này tiếp tục đề xuất một giải pháp theo hướng xanh đó là giải pháp hạn chế can thiệp vào chống lại BĐKH, sạt lở đất mà tập trung vào giải pháp kế thừa các giá trị tri thức bản địa trong việc chung sống hài hòa, thích ứng với lũ ống, lũ quét, ngập lụt và sạt lở đất của các dân tộc địa phương miền núi phía Bắc nói riêng cũng như các địa phương khác trong cả nước nói chung. Giải pháp này cho phép vừa có khả năng chống sạt lở đất, thích ứng với BĐKH, vừa thân thiện với môi trường, giảm Net Zero, tạo lập tín chỉ carbon nhằm giảm lượng khí thải carbon và đặc biệt giúp tăng cường sinh kế cho người dân tại vùng miền núi phía Bắc. Vì vậy, việc nghiên cứu đề xuất giải pháp tổ chức không gian cư trú các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc thích ứng với BĐKH, sạt lở đất theo hướng xanh là rất cần thiết và cấp bách.

Trong bài viết này, không gian cư trú được hiểu là khu dân cư nông thôn có phạm vi khu vực có ranh giới nhất định, nơi cộng đồng dân cư sinh sống và sản xuất nông nghiệp, gắn bó với nhau bởi huyết thống gia đình, dòng tộc hoặc cùng nhau thụ hưởng môi trường sống tại nông thôn; bao gồm không gian ở, không gian sản xuất và không gian sinh hoạt, tôn giáo, tín ngưỡng của cộng đồng dân cư; không gian cư trú được hiểu theo 03 cấp độ không gian, đó là: không gian bản, làng; khuôn viên và không gian nhà ở [3]. Theo đó, nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào việc tổ chức, sắp xếp các không gian chức năng ở, sản xuất sinh kế trong các bản, làng thích ứng với BĐKH, sạt lở đất.

Từ những vấn đề nêu trên, mục tiêu của nghiên cứu đề xuất các giải pháp về tổ chức không gian cư trú các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc nhằm thích ứng với BĐKH, sạt lở đất giúp đảm bảo an toàn sinh mạng và nâng cao chất lượng sống, tạo lập sinh kế cho người dân. Kết quả nghiên cứu đề xuất được 03 giải pháp tổ chức không gian bản, làng; không gian khuôn viên và không gian nhà ở thích ứng với biến đổi khí hậu, sạt lở đất theo hướng xanh.

2. NHỮNG KINH NGHIỆM CHỐNG SẠT LỞ ĐẤT TỪ THỰC TIỄN

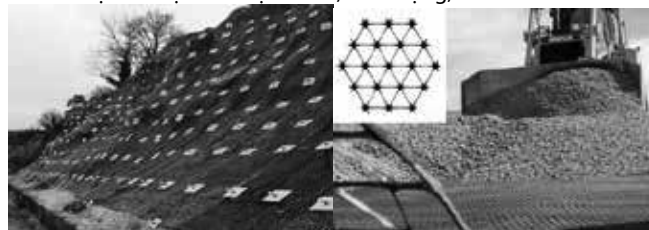
Sạt lở đất được phân ra gồm 05 dạng dịch chuyển, trượt của đất như sau: (i) sụt lún; (ii) lật; (iii) trượt; (iv) lan rộng; (v) chảy [4]. Sau những trận mưa lớn với cường độ cao sẽ gây ra lũ quét, lũ ống và dẫn đến sạt lở đất. Theo Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) có 03 nguyên nhân gây ra xói mòn, sạt lở đất, đó là: (i) địa chất (geological causes); (ii) Hình thái của nền đất (Morphological causes); (iii) Hoạt động của con người (Human causes). Trong đó, địa chất do cấu trúc của vật liệu đất, đá bị yếu, phong hóa nên dẫn đến rời rạc hoặc các địa tầng khác nhau có thể tạo nên độ cứng và độ bền khác nhau; đặc điểm địa hình bị chia cắt, độ dốc lớn; do đứt gãy địa chất, tạo nên các khe nứt. Hình thái của nền đất do độ dốc lớn, bị xói mòn tự nhiên do thảm thực vật phong hóa đất làm mất khả năng giữ đất, giữ nước làm trôi, trượt đất; các dòng chảy của sông, suối dẫn khoét sâu vào kết cấu của đất, đá; quá trình biến động do kiến tạo của nền đất tự nhiên. Hoạt động của con người làm phá hủy thảm thực vật bề mặt do đốt, chặt phá rừng; thay đổi hình thái nhân tạo do cắt xẻ sườn đồi núi để làm đường đi hoặc xây dựng nhà ở làm mất chân dốc tự nhiên và tăng tải trọng lên bề mặt đất dốc. Bên cạnh đó, việc gây ô nhiễm môi trường, tăng phát thải nhà kính đã làm biến đổi khí hậu, gây ra nhiệt độ tăng, băng tan, nước biển dâng cao cũng là những tác động lớn đến khả năng sạt lở đất.

Từ những nguyên nhân trên, nhằm đảm bảo ổn định đời sống, con người đã luôn quan tâm chống trả hoặc thích ứng với lũ ống, lũ quét và sạt lở đất tại miền núi phía Bắc. Dưới đây là tổng hợp các kinh nghiệm đang thực hiện chống sạt lở đất bằng khoa học, công nghệ và kinh nghiệm tri thức bản địa giúp tìm ra một giải pháp thích ứng theo hướng xanh và tạo lập nguồn sinh kế mới cho người dân.

2.1. Kinh nghiệm đang triển khai hiện nay

Tại các quốc gia trên thế giới và Việt Nam đều đang tập trung vào 02 nhóm giải pháp trọng tâm trong việc ứng phó với lũ ống, lũ quét và sạt lở đất, đó là: phòng và chống sạt lở đất. Trong đó, phòng sạt lở đất được ứng dụng trí tuệ nhân tạo địa không gian (GeoAI), công nghệ địa lý thông tin (GIS) và trí tuệ nhân tạo (AI) giúp phân vùng nguy cơ và lập bản đồ nguy cơ rủi ro chi tiết cho từng khu vực; xây dựng hệ thống cảnh báo sớm như cảnh báo sạt lở dựa trên lượng mưa tích lũy, sử dụng thiết bị cảm biến độ ẩm của đất, cảm biến độ dịch chuyển mặt đất kết hợp công nghệ Internet vạn vật (IoT) và hình ảnh vệ tinh để theo dõi biến dạng của các sườn dốc nằm trong bản đồ nguy cơ; quản lý rủi ro, cấm xây dựng nhà cửa tại các sườn dốc nguy hiểm, độ dốc lớn hoặc vùng thường xuyên xảy ra trượt lở đất; sơ tán dân cư và hướng dẫn nâng cao nhận thức của cộng đồng, người dân tại địa phương thường xuyên được tham gia diễn tập sơ tán đến nơi an toàn, hướng dẫn nhận biết các dấu hiệu sạt lở đất như hiện tượng mặt đất nứt, cây nghiêng hoặc tiếng động khác thường trong lòng đất.

Về chống sạt lở đất với giải pháp vật lý “cứng” gồm: (i) tạo ổn định mái đất dốc bằng biện pháp xây tường chắn đất như các loại tường trọng lực (dùng rọ đá xếp, xây tường đá hộc), tường cọc (đóng tường cừ, cọc vây, tường barret), tường chắn có cốt kim loại, tường chắn kiểu console néo vào sườn đất dốc; (ii) gia cường đất bằng biện pháp neo đất, đinh đất, vôi và lưới kỹ thuật (Hình 2); (iii) ổn định mái dốc nhưng không gia cường đất như biện pháp chèn đá dăm, làm giạt cấp sườn dốc, đào rãnh thoát nước ngầm để làm khô bề mặt sườn dốc; ổn định mái đất dốc bằng hệ thống lưới thép 2D-Geo là loại lưới thép cường độ cao với các mắt lưới hình thoi được thiết kế để ổn định sườn dốc và ngăn ngừa xói mòn; ổn định mái dốc bằng biện pháp cọc neo đất được làm từ thanh hoặc que thép, cọc neo đất được lắp đặt vào sườn dốc theo một góc để ổn định nền đất [13]. Tại Nhật Bản, hiện đang sử dụng hệ thống đập Sabo xây dựng trên dòng chảy của khe núi để cản đất đá, lũ ống, lũ quét trong khi nước vẫn chảy qua đập giúp giảm thiểu tối đa sức tàn phá của đất, đá, cây rừng trước khi dòng chảy xuống đến các khu dân cư nông thôn dưới sườn dốc. Tại miền núi phía Bắc, Nhật Bản cũng đã giúp xây dựng thử nghiệm thành công đập Sabo theo tiêu chuẩn Nhật Bản tại suối Năm Păm, bản Piêng, Sơn La.



Hình 2. Gia cố bằng đinh đất kết hợp với lưới thép và lưới vôi địa kỹ thuật

Về chống sạt lở đất bằng giải pháp gia cố “mềm” sườn đất dốc gồm: (i) gia cố mái đất dốc bằng trồng cỏ; (ii) gia cố mái đất dốc bằng trồng rừng phủ xanh đồi trọc. Giải pháp trồng rừng giữ đất kết hợp với các giải pháp cứng là phương pháp phổ biến và bền vững tại nhiều quốc gia. Theo đó, bộ rễ cây của các thảm thực vật đóng vai trò như “neo đất” tự nhiên giúp tăng tính liên kết của hạt đất, đồng thời làm giảm tác động xói mòn của nước mưa khi chảy tràn qua (Hình 3).



Hình 3. Gia cố mái đất dốc bằng biện pháp trồng cỏ và trồng rừng, phủ xanh đồi trọc

Giải pháp gia cố “mềm” là một giải pháp thích ứng với khả năng trơn trượt, sạt lở của đất. Đây là những giải pháp theo hướng xanh, có khả năng phủ xanh đồi trọc và nhất là tạo nên sự cân bằng hệ sinh thái của thảm thực vật trong môi trường tự nhiên. Tuy nhiên, việc lựa chọn cây trồng mới chỉ đang tập trung vào nhiệm vụ phủ xanh đồi trọc, trồng cây lấy gỗ, lấy quả chứ chưa thực sự quan tâm đến chức năng bảo vệ thảm thực vật có khả năng chống sạt lở đất, nhất là tại vùng đồi núi có địa hình và địa chất đất phức tạp, có độ dốc cao rất lớn như tại miền núi phía Bắc.

2.2. Kinh nghiệm từ truyền thống

Tại các khu vực miền núi phía Bắc, do đặc điểm của điều kiện tự nhiên khắc nghiệt, với địa hình hết sức phức tạp, nên các dân tộc thiểu số khi tạo lập không gian cư trú đều rất quan tâm đến hòa đồng với môi trường cảnh quan tự nhiên. Tùy theo văn hóa, lối sống và thói quen sinh hoạt cũng như sản xuất mà các dân tộc lựa chọn không gian cư trú trên các đỉnh, sườn núi cao; khu vực sườn núi, lưng chừng núi hay khu vực thung lũng, chân núi, ven suối. Do đặc thù cư trú theo địa hình như vậy, nên nhằm tránh lũ ống, lũ quét, sạt lở đất và không khí ẩm thấp từ lòng đất cũng như tránh thú dữ mà các dân tộc chủ yếu lựa chọn nhà sàn truyền thống (nhà trên cột) để sinh sống. Ngôi nhà sàn truyền thống được bố trí quay mặt về hướng Nam hoặc Đông Nam để đón gió mát vào mùa hè, quay lưng về đồi, núi nơi hướng Bắc để tránh gió lạnh mùa đông. Tầng sàn áp mái bố trí không gian kho chứa lương thực, giúp mưa gió, lũ lụt vẫn bảo quản được lương thực khô ráo.

Tại các khu vực duyên hải ven biển, những nơi thường xuyên ngập lũ cha ông ta có kinh nghiệm truyền thống là bố trí hướng đầu hồi ngôi nhà quay về hướng Đông (mặt nhà quay về hướng Nam) để tránh gió bão và triều cường, nước biển dâng. Đồng thời ngôi nhà cũng dựng trên các cây cọc (nhà trên cọc) để chống mưa, lũ, ngập nước. Người dân vùng biển còn có kinh nghiệm sử dụng mũi thuyền nhọn, cao để rẽ và vượt sóng cao khi ra biển mùa mưa bão, đây cũng là bài học có thể áp dụng cho việc làm giảm thiểu dòng chảy (rẽ phân nhánh dòng chảy) của lũ quét và sạt lở đất trong xây dựng không gian cư trú khu vực miền núi.

Tại các khu vực cư trú ven sườn đồi, núi hay ven chân đồi sông, suối nơi thường xuyên ngập lũ hay sạt lở đất, người dân thường trồng tre thành những hàng lũy giúp ngăn nước lũ và sạt lở đất. Tre thuộc loại họ “cỏ” nên rất dễ dàng sinh trưởng trong điều kiện thổ nhưỡng và môi trường khắc nghiệt. Tre có tuổi thọ cao, sống bình quân trên 100 năm và tốc độ sinh trưởng nhanh; có khả năng tự tái sinh; có khả năng hấp thụ khí carbon; có khả năng sử dụng như một hàng rào chắn đất tự nhiên và giữ đất; có khả năng lọc và làm chậm dòng chảy của nước giúp chống sạt lở đất hiệu quả; là loại được liệu quý; làm vật liệu xây dựng, dệt may, giấy, chế biến thực phẩm, đồ gia dụng, làm du lịch và giúp sinh kế cho người dân [1].



a) Rễ cây lấy gỗ (loại rễ cây độc lập)

b) Rễ cây tre (loại thân rễ liên kết)

Hình 4. So sánh giữa loại rễ cây lấy gỗ, cây ăn quả với bộ rễ cây tre [2]

Tre nhờ có bộ rễ đặc biệt là “thân rễ” và liên kết ngang theo tinh thể mạng đa chiều nên cây tre rất vững chắc và có thể đứng vững trong giông bão, có khả năng chống được lũ ống, lũ quét và sạt lở đất. Hệ thống rễ này cho phép cây tre tồn tại trong những điều kiện khắc nghiệt nhất của tự nhiên và phát triển nhanh hơn so với những loài cây thân gỗ khác. So sánh với rễ cây lấy gỗ, cây ăn quả là loại rễ độc

lập nên làm việc độc lập, thiếu liên kết; riêng rẽ tre có cấu trúc tự nhiên rất đặc biệt, là loại “thân rễ” tinh thể mạng có thể liên kết đa chiều 3D, tạo nên một tấm lưới tinh thể mạng tự nhiên [2] (Hình 4).

3. GIẢI PHÁP TỔ CHỨC KHÔNG GIAN CƯ TRÚ THÍCH ỨNG VỚI ĐBKH THEO HƯỚNG XANH

3.1. Giải pháp tổ chức không gian bản, làng

Đối với tổ chức không gian bản, làng không chỉ giúp thích ứng với lũ ống, lũ quét và sạt lở đất, đồng thời phải giữ gìn được bản sắc văn hóa truyền thống và duy trì, tạo lập sinh kế bền vững cho người dân. Vì vậy, theo kinh nghiệm khi lựa chọn địa điểm xây dựng không gian bản, làng và nhà ở cần chú ý đến đặc điểm hình thái địa hình, địa vật và thể đất. Đề xuất 04 giải pháp cụ thể sau:

- *Giải pháp 1:* Không gian cư trú phải bố trí xa khu vực thường xuyên xảy ra sạt lở đất, nơi có phẫu tự thủy (vị trí hai bên vách núi dốc, đáy hẹp như hình phễu). Nếu xây dựng trên sườn núi đất dốc thì nên chọn sườn thoải có độ dốc dưới 30 độ và nên xây dựng bản phân tán theo dạng “tuyến” và “vành khăn” bám theo các đường đồng mức tự nhiên của sườn dốc. Hạn chế tối đa việc đào cắt chân taluy gây mất chân nền đất dẫn tới sạt lở mái đất dốc.

- *Giải pháp 2:* Nếu xây dựng dưới thung lũng thì chọn thể đất phải cao, rộng, bằng phẳng để tránh lũ quét và không quá gần sông, suối để tránh lũ ống. Cấu trúc bản nên bố trí dạng “điểm” kết hợp với “tuyến” theo địa hình tự nhiên.

- *Giải pháp 3:* Phía trên đỉnh đồi, núi của bản, làng cần thiết trồng tre thành lũy dạng thảm nệm xanh “hình chữ V” (giống như hình mũi thuyền vượt biển và chệch với hướng lũ quét khoảng 30 - 60 độ). Lũy tre phải trồng dày, so le nhiều lớp theo cấu trúc tinh thể mạng 3D của lưới địa kỹ thuật 3 trục đang được sử dụng trong việc tạo mảng chống trơn trượt, sạt lở mái đất hiện nay. Kết hợp với giải pháp trồng tre bao phủ và ngăn lũ cần đào hệ thống mương hào cắt dòng phân thủy theo nhiều bậc (vòng trên, giữa và cuối của vòng nệm lũy tre) giúp thu gom nước mưa chảy tràn từ đỉnh xuống, dẫn hướng dòng chảy ra xa khu vực bản, ngăn nước đổ dồn trực tiếp (hệ thống mương cũng đào theo hình nệm theo hình lũy tre) (Hình 5).

- *Giải pháp 4:* Kết hợp với việc sử dụng hệ thống đập Sapo tại các dòng suối ven bản để giảm sức mạnh của lũ ống.

Với các giải pháp tích hợp này, sẽ giúp cho không gian cư trú giảm thiểu được ảnh hưởng của lũ ống, lũ quét và sạt lở đất, ngoài ra trồng tre còn giúp nhiều như giá trị phủ xanh đồi trọc, tạo lập tín chỉ carbon, giúp sinh kế cho người dân như làm du lịch, sản xuất dược liệu, đồ dùng sinh hoạt, vật liệu xây dựng và thực phẩm. Cần lưu ý nếu sử dụng kết hợp thêm bờ kè hoặc tường chắn đất nền nên sử dụng tường rọ đá, tường xếp đá học để ngăn đất nhưng vẫn cho dòng chảy đi thấm thấu qua.



a) Cách thức trồng tre theo cấu trúc tinh thể

b) Hệ thống mương hào cắt dòng phân thủy

mạng 3D của lưới địa kỹ thuật 3 trục

Hình 5. Giải pháp tổ chức không gian bản, làng thích ứng với ĐBKH

3.2. Giải pháp tổ chức không gian khuôn viên

Đối với tổ chức khuôn viên các ngôi nhà trong bản, đề xuất 02 giải pháp sau:

- *Giải pháp 1:* Kế thừa kinh nghiệm truyền thống trồng vườn cây ăn quả, cây lấy gỗ xung quanh khuôn viên ngôi nhà, giúp vừa làm kinh

tế vườn vừa giảm thiểu sức gió, bão và thích ứng với biến đổi khí hậu, sạt lở đất. Tại hàng rào khuôn viên hướng Bắc và Tây Bắc cần trồng tre tối thiểu từ 3 hàng trở lên so le với nhau tạo thành tường lũy để vừa giúp bảo vệ cho ngôi nhà giảm thiểu lũ ống, lũ quét và sạt lở đất; vừa giúp tạo sinh kế và nguồn thực phẩm cho gia đình.

- *Giải pháp 2:* Phía ngoài lũy tre, sử dụng bờ kè mềm sinh thái (kết hợp với hàng rào khuôn viên) như kè rọ đá hoặc bờ kè xếp đá tự nhiên kết hợp trồng cây xanh có rễ sâu, vừa tạo độ thấm thoát nước tốt, vừa tạo cảnh quan hàng rào xanh.

3.3. Giải pháp tổ chức kiến trúc nhà ở

Đối với tổ chức kiến trúc nhà ở, đề xuất 03 giải pháp sau:

- *Giải pháp 1:* Khai thác kinh nghiệm tri thức bản địa trong việc xây dựng nhà sàn truyền thống (nhà trên cột). Đây là giải pháp thích ứng rất hiệu quả đối với ĐBKH vùng miền núi phía Bắc. Kết cấu móng cột là móng độc lập cắm sâu vào tầng đất cứng để neo giữ công trình đồng thời phép nước ngầm len lỏi chảy qua. Gầm sàn nâng cao cho phép các dòng lũ quét qua chảy gầm sàn, giảm thiểu áp lực do tường chắn (lúc bình thường, gầm sàn sử dụng chức năng linh hoạt như tiếp khách, sinh hoạt chung, dịch vụ, sản xuất, thương mại và hoạt động sinh kế hoặc chứa nông cụ).

- *Giải pháp 2:* Bố trí đầu hồi ngôi nhà theo hướng song song và chếch với sườn đất dốc khoảng 30 - 60 độ về hướng Đông để giảm thiểu ảnh hưởng của lũ quét, lũ ống, sạt lở đất trực tiếp vào mặt chính ngôi nhà. Mặt nhà quay về hướng Nam hoặc Đông Nam đón gió mát vào mùa hè, lưng quay về hướng Bắc (hướng đối, núi) để ngăn gió lạnh vào mùa đông.

- *Giải pháp 3:* Kế thừa không gian tầng áp mái trong nhà ở dân gian truyền thống các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc được khai thác nâng cao tầng mái thành không gian trú ẩn cho người và gia cầm khi xảy ra mưa gió, lũ lụt, lũ quét.

4. KẾT LUẬN

Bề mặt thảm thực vật tự nhiên của đồi, núi bị hư hại làm ảnh hưởng đến môi trường tự nhiên, dẫn đến ĐBKH cũng như lũ ống, lũ quét và sạt lở đất. Việc chống trả lại tự nhiên là một việc làm rất khó khăn và tốn kém, trong khi đó lại gây nên ảnh hưởng tiêu cực cho hệ sinh thái môi trường tự nhiên. Vì vậy, nghiên cứu các giải pháp tổ chức không gian cư trú gồm không gian bản, không gian khuôn viên và kiến trúc nhà ở các dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc thích ứng với ĐBKH, sạt lở đất theo hướng xanh là cần thiết nhằm giúp người dân bám bản, bám đất đai sản xuất và chung sống hài hòa với ĐBKH, sạt lở đất.

Nghiên cứu cũng phân tích bài học kinh nghiệm từ dân gian truyền thống trong tổ chức không gian cư trú thích ứng với ĐBKH, sạt lở đất như: Khu vực miền núi phía Bắc bố trí xây dựng nhà sàn truyền thống (nhà trên cột) và tầng sàn áp mái bố trí không gian kho bảo quản lương thực khô ráo khi mưa gió, lũ lụt; xây nhà theo đường đồng mức dạng "tuyến" và hình "vành khăn" theo tự nhiên giúp tránh đường tụ thủy và phân tán để giảm thiểu tác hại của lũ quét. Khu vực ven biển xây dựng nhà trên cọc và bố trí hướng đầu hồi ngôi nhà quay về hướng Đông giúp tránh gió bão và triều cường, nước biển dâng; sử dụng mũi thuyền nhọn, cao để rẽ và vượt sóng cao khi ra biển mùa mưa bão; Khu vực ven sườn đồi, núi hay ven chân đồi sông, suối trồng tre thành hàng lũy giúp ngăn nước lũ và sạt lở đất.

Nghiên cứu cũng đã đề xuất được 03 nhóm giải pháp tổ chức không gian: bản, làng; khuôn viên; kiến trúc nhà ở thích ứng với ĐBKH, sạt lở đất. Trong đó tập trung đề xuất biện pháp tích hợp trồng tre thành thảm lũy nêm xanh hình chữ V kết hợp với hệ thống mương hào cắt dòng phân thủy và xây kè mềm sinh thái thích ứng với ĐBKH, lũ ống, lũ quét và sạt lở đất theo hướng xanh.

Nhằm có thể đưa kết quả nghiên cứu vào áp dụng trong thực tiễn, rất cần sự quan tâm của chính quyền địa phương trong việc quy hoạch phát triển, cải tạo không gian cư trú nông thôn cũng như công tác quản lý và hướng dẫn cộng đồng dân cư cùng tham gia vào tổ chức không gian cư trú thích ứng với ĐBKH, sạt lở đất. Việc trồng tre chống lũ ống, lũ quét và sạt lở đất được giao khoán như giao đất trồng rừng cho các hộ gia đình với sự hỗ trợ của chính quyền về cây giống, kỹ thuật trồng và nguồn vốn vay ưu đãi. Mặt khác, cũng cần có hướng dẫn về cách thức khai thác và thu hoạch một cách bền vững, giúp tăng cường hoạt động sinh kế làm tăng mức thu nhập, xóa đói giảm nghèo cho người dân vùng miền núi phía Bắc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Báo Khuyến Nông. Cây tre - Đặc điểm, phân loại và kỹ thuật trồng tre, 2020. Internet: <https://baokhuyennong.com/cay-tre> (truy cập: tháng 6/2026).
- [2] Chế Đình Lý. Vai trò cây xanh trong việc hạn chế sạt lở đất ở các đô thị đồi núi, thích ứng với biến đổi khí hậu. Môi trường Xây dựng Việt Nam, tháng 11/2023. Internet: <https://moitruongxaydungvn.vn/vai-tro-cay-xanh-trong-viec-han-che-sat-lo-dat-o-cac-do-thi-doi-nui-thich-ung-voi-bien-doi-khi-hau> (truy cập: tháng 6/2026).
- [3] Nguyễn Đình Thi & Nguyễn Hoài Thu (đồng chủ biên). Tổ chức không gian kiến trúc nhà ở nông thôn theo hướng phát triển bền vững, Hà Nội, NXB. Xây dựng, 2026.
- [4] DM Cruden and DJ Varnes. Landslides: Investigation and Mitigation, National Academy Press Washington, D. C. 1996.
- [5] O Tzalaihin. How to Prevent a Landslide, wikiHow, 2023. Internet: <https://www.wikihow.com/Prevent-a-Landslide> (accessed: 6/2026).
- [6] E Fernandez. NoCot guv pushes for bamboo planting to curb floods, landslides. Philippine News Agency, Mar. 9, 2020. Internet: <https://www.pna.gov.ph/articles/1095932> (accessed: 6/2026).
- [7] K Forbes and J Broadhead. Forests and Landslides: The Role of Trees and Forests in the Prevention of Landslides and Rehabilitation of Landslide-Affected Areas in Asia, 2nd ed, Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, 2013.
- [8] KTN News Kenya. Using Bamboo grass to control floods, YouTube, Feb. 6, 2016. Internet: <https://www.youtube.com/watch?v=XSp17MYr008> (accessed: 6/2026).
- [9] R Purwaningsih, J Sartohadi, and MA Setiawan. Trees and Crops Arrangement in the Agroforestry System Based on Slope Units to Control Landslide Reactivation on Volcanic Foot Slopes in Java, Indonesia. Land, vol. 9, no. 9, Art. no. 327, Sep. 2020, doi: 10.3390/land9090327.
- [10] S Mbugua. Investing in bamboo to curb floods in Kenya. DW, Jul. 29, 2018. Internet: <https://www.dw.com/en/investing-in-bamboo-to-curb-floods-in-kenya/a-44833210> (accessed: 6/2026).
- [11] Thi, N. Đ., Lan, V. T. H., Phong, N. L., Tho, P. T. H., & Thu, N. H. Sustainable development of Tay ethnic village spaces in Tuyen Quang Province through the preservation and utilization of traditional architectural values. International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, vol. 16, no. 2, pp. 145-163, 2025, doi: 10.30880/ijscet.2025.
- [12] Thi, N. Đ., Bao, T. Q., Long, D. Viet., Thuan, L. T., Hiep, N. H., Hang, N. T., Lan, V. T. H. Sustainable Development of Traditional Settlement Space of Thai People in Northwest Vietnam: A Case Study of Vang Pheo Village. Civil Engineering and Architecture, vol. 14, no. 3, pp. 1831-1855, 2026, doi: 10.13189/cea.2026.140330.
- [13] Lê Duy Cường. Các biện pháp gia cố mái dốc, 2022. Internet: <https://minhduccorp.com.vn/cac-bien-phap-gia-co-mai-doc> (truy cập: tháng 6/2026).
- [14] J Barton. How Deep Does Root Barrier for Bamboo Need to Be?. Root Barrier Store, Aug. 24, 2023. Internet: <https://rootbarrier.store/blogs/latest-news/how-deep-does-root-barrier-for-bamboo-need-to-be> (accessed: 6/2026).
- [15] Nguyễn Thủy. Những bụi tre đáng giá ngàn tỷ. Báo Nông nghiệp Việt Nam, tháng 07/2022. Internet: <https://nongnghiep.vn/nhung-bo-tre-dang-gia-ngan-ty-d346107.html> (truy cập: tháng 6/2026).

Phát triển bền vững không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội: Giải pháp tổ chức và quản lý

Sustainable development of public spaces in Hanoi's historic urban areas: Organizational and management solutions

> **TRẦN QUỐC BẢO¹, VÕ THÙY DUNG²**

¹Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: baotq@huce.edu.vn

²Trường Đại học Mở Hà Nội; Email: vothuydung@hou.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và áp lực phát triển ngày càng gia tăng, hệ thống không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội đang đối mặt với nhiều thách thức về chất lượng môi trường, khả năng kết nối, hiệu quả sử dụng và cơ chế quản lý. Nghiên cứu này tập trung đánh giá thực trạng và đề xuất các giải pháp tổ chức, quản lý không gian công cộng theo hướng phát triển bền vững. Trên cơ sở tiếp cận hệ thống, tiếp cận cảnh quan đô thị lịch sử (Historic Urban Landscape - HUL) và quan điểm phát triển bền vững, nghiên cứu sử dụng phương pháp hỗn hợp, kết hợp khảo sát thực địa, điều tra xã hội học với 941 mẫu và phân tích không gian. Phạm vi nghiên cứu bao gồm hệ thống vườn hoa, quảng trường, không gian thiêng và khu vực Hồ Hoàn Kiếm trong khu đô thị lịch sử Hà Nội. Kết quả cho thấy hệ thống không gian công cộng mang cấu trúc đa lớp, có giá trị quan trọng về xã hội, văn hóa và môi trường, nhưng vẫn tồn tại nhiều hạn chế về kết nối không gian, chất lượng môi trường và hiệu quả quản trị. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất khung giải pháp tích hợp gồm tổ chức không gian, cải thiện môi trường, nâng cao tiện ích sử dụng, đổi mới quản lý và tăng cường sự tham gia của cộng đồng, góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho phát triển bền vững không gian công cộng trong các khu đô thị lịch sử.

Từ khóa: Không gian công cộng; khu đô thị lịch sử; phát triển bền vững; cảnh quan đô thị lịch sử; quản lý đô thị; Hà Nội.

ABSTRACT

In the context of rapid urbanization and increasing development pressures, the public space system within Hanoi's historic urban area is facing multiple challenges related to environmental quality, spatial connectivity, utilization efficiency, and governance mechanisms. This study aims to evaluate the current conditions of public spaces and propose organizational and management strategies for sustainable development. Based on a systems approach, the Historic Urban Landscape (HUL) framework, and sustainable development principles, the research employs a mixed-methods approach combining field surveys, sociological investigations involving 941 respondents, and spatial analysis. The study covers urban gardens, public squares, sacred spaces, and the Hoan Kiem Lake area within Hanoi's historic urban area. The findings indicate that the public space system exhibits a multi-layered structure with significant social, cultural, and environmental values, but still faces limitations in spatial connectivity, environmental quality, and governance effectiveness. Based on these findings, the study proposes an integrated framework consisting of spatial organization, environmental improvement, enhancement of public amenities, governance innovation, and community participation. The research contributes to the scientific foundation for the sustainable development of public spaces in historic urban areas.

Keywords: Public space; historic urban area; sustainable development; Historic Urban Landscape; urban management; Hanoi.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và gia tăng mật độ xây dựng tại các đô thị lớn, không gian công cộng ngày càng khẳng định vai trò thiết yếu đối với chất lượng sống, sức khỏe cộng đồng và bản sắc đô thị. Đặc biệt tại Hà Nội, khu đô thị lịch sử - bao gồm khu phố

cổ, khu phố cũ - vừa là nơi lưu giữ các giá trị văn hóa, kiến trúc đặc trưng, vừa là không gian diễn ra các hoạt động xã hội, kinh tế và du lịch quan trọng. Tuy nhiên, dưới áp lực của phát triển đô thị, thương mại hóa và gia tăng dân số, hệ thống không gian công cộng tại khu vực này đang đối mặt với nhiều thách thức, như suy giảm diện tích,

quá tải sử dụng, hạn chế về khả năng tiếp cận và chất lượng môi trường chưa đáp ứng yêu cầu.

Trong những năm gần đây, các tiếp cận phát triển bền vững đã được nhấn mạnh trong quy hoạch và quản lý đô thị, với mục tiêu cân bằng giữa bảo tồn giá trị di sản, cải thiện môi trường sống và đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội. Đồng thời, các quan điểm như Cảnh quan đô thị lịch sử (Historic Urban Landscape - HUL) của UNESCO đã đề xuất cách nhìn tích hợp, coi đô thị lịch sử như một hệ thống đa lớp, trong đó các yếu tố không gian, văn hóa, xã hội và môi trường có mối quan hệ tương tác chặt chẽ. Trong bối cảnh đó, không gian công cộng không chỉ đơn thuần là các khoảng trống vật lý, mà còn là nền tảng quan trọng để duy trì sức sống đô thị, thúc đẩy tương tác xã hội và nâng cao sức khỏe cộng đồng.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về không gian công cộng và phát triển đô thị bền vững, các nghiên cứu chuyên sâu về tổ chức và quản lý không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội theo hướng tích hợp vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, mối quan hệ giữa cấu trúc không gian, hành vi sử dụng và cơ chế quản lý chưa được làm rõ một cách hệ thống, dẫn đến việc đề xuất giải pháp còn mang tính rời rạc và thiếu tính khả thi trong thực tiễn. Xuất phát từ những vấn đề nêu trên, bài báo này tập trung phân tích thực trạng và các yếu tố ảnh hưởng đến phát triển không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội, trên cơ sở đó đề xuất các giải pháp tổ chức và quản lý theo hướng phát triển bền vững. Nghiên cứu hướng tới việc xây dựng một cách tiếp cận tích hợp, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng không gian công cộng, cải thiện chất lượng môi trường sống và bảo tồn giá trị di sản trong bối cảnh phát triển đô thị hiện nay.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Không gian công cộng được xem là một thành phần quan trọng trong cấu trúc đô thị, góp phần thúc đẩy tương tác xã hội, hình thành bản sắc nơi chốn và nâng cao chất lượng sống đô thị. Trong bối cảnh phát triển bền vững, nhiều nghiên cứu quốc tế đã khẳng định rằng không gian công cộng không chỉ là các khoảng trống vật lý, mà còn là hạ tầng xã hội và sinh thái có vai trò quan trọng trong tổ chức không gian đô thị. Pickett, Cadenasso và Grove [1] tiếp cận đô thị như một hệ sinh thái tổng hợp, trong đó các thành phần tự nhiên, vật thể và kinh tế - xã hội luôn tồn tại trong mối quan hệ tương tác động. Tương tự, Benedict và McMahon [2] nhấn mạnh vai trò của hạ tầng xanh trong việc cải thiện vi khí hậu, tăng cường khả năng chống chịu và nâng cao chất lượng môi trường đô thị.

Từ góc độ phát triển bền vững, Jenks và Dempsey [3] cho rằng quy hoạch đô thị cần bảo đảm sự cân bằng giữa tăng trưởng kinh tế, công bằng xã hội và chất lượng môi trường sống. Báo cáo của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) [4] cũng chỉ ra rằng ô nhiễm không khí, gia tăng nhiệt độ bề mặt và suy giảm không gian xanh đang trở thành các thách thức nghiêm trọng đối với các đô thị mật độ cao. Trong lĩnh vực quản lý môi trường đô thị, Pahl-Wostl [5] nhấn mạnh vai trò của quản lý thích ứng trong kiểm soát rủi ro ngập lụt và biến đổi khí hậu. Trong lĩnh vực bảo tồn đô thị, tiếp cận Cảnh quan đô thị lịch sử (Historic Urban Landscape - HUL) của UNESCO đã tạo ra bước chuyển quan trọng từ bảo tồn công trình đơn lẻ sang bảo tồn hệ thống cảnh quan và đời sống đô thị [6]. Theo đó, các giá trị vật thể, xã hội, văn hóa, kinh tế và môi trường cần được xem xét như các lớp cấu thành không gian đô thị lịch sử, đồng thời phải được tích hợp trong các chiến lược phát triển đương đại.

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu gần đây đã cho thấy những tác động rõ rệt của quá trình đô thị hóa đến điều kiện sinh thái và môi trường đô thị Hà Nội. Nguyễn, Lin và Chan [7], thông qua dữ liệu viễn thám và khí tượng giai đoạn 1999-2016, cho thấy quá trình mở rộng đô thị đã làm gia tăng hiệu ứng đảo nhiệt và suy giảm chất

lượng sinh thái tại nhiều khu vực nội đô. Các nghiên cứu công bố gần đây tiếp tục khẳng định mối quan hệ giữa đô thị hóa, suy giảm lớp phủ thực vật và gia tăng nguy cơ ngập lụt tại Hà Nội. [8], [9] Về mặt thực tiễn, Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 [10] và Quy hoạch phân khu H1-1 khu vực Hoàn Kiếm [11] đã từng bước tích hợp các nguyên tắc bảo tồn cảnh quan, phát triển hạ tầng xanh và thích ứng môi trường vào hệ thống quy hoạch lõi đô thị lịch sử.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về sinh thái đô thị, biến đổi khí hậu, hạ tầng xanh và bảo tồn đô thị, các nghiên cứu chuyên sâu về mối quan hệ giữa điều kiện tự nhiên, môi trường sinh thái và tổ chức không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, việc tích hợp hệ thống không gian công cộng, không gian thiêng, mặt nước và cảnh quan lịch sử như một cấu trúc sinh thái - xã hội thống nhất phục vụ phát triển bền vững chưa được nghiên cứu một cách hệ thống. Đây chính là khoảng trống mà nghiên cứu này hướng tới bổ sung.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu sử dụng phương pháp hỗn hợp, kết hợp giữa định tính và định lượng nhằm đảm bảo tính toàn diện và độ tin cậy của kết quả. Trước hết, khảo sát thực địa được tiến hành tại các không gian công cộng tiêu biểu trong khu đô thị lịch sử nhằm thu thập thông tin về hiện trạng tổ chức không gian, điều kiện môi trường và mức độ sử dụng. Song song với đó, điều tra xã hội học được thực hiện thông qua phỏng vấn bán cấu trúc và bảng hỏi nhằm ghi nhận hành vi, nhu cầu và nhận thức của người sử dụng đối với các không gian này.

Bên cạnh đó, phương pháp phân tích không gian được sử dụng để đánh giá các yếu tố như khả năng tiếp cận, mức độ kết nối và phân bố không gian công cộng trong cấu trúc đô thị. Cuối cùng, phương pháp phân tích tổng hợp được áp dụng nhằm tích hợp các kết quả thu thập được từ các phương pháp trên, qua đó xác định các vấn đề cốt lõi và xây dựng cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp tổ chức và quản lý không gian công cộng theo hướng phát triển bền vững.

4. THỰC TRẠNG KHÔNG GIAN CÔNG CỘNG TRONG KHU ĐÔ THỊ LỊCH SỬ HÀ NỘI

Mục này trình bày kết quả phân tích thực trạng hệ thống không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội trên cơ sở khảo sát thực địa, điều tra xã hội học và phân tích không gian. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ 12 vườn hoa lịch sử, 5 quảng trường quy mô nhỏ, 12 không gian thiêng và khu vực Hồ Hoàn Kiếm, kết hợp với điều tra xã hội học gồm 941 mẫu trong điều kiện sử dụng thường nhật. Kết quả phản ánh đặc điểm tổ chức không gian, chất lượng môi trường, mô hình sử dụng và các vấn đề tồn tại, làm cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp phát triển bền vững.

4.1. Đặc điểm hệ thống không gian công cộng

Hệ thống không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội thể hiện cấu trúc đa lớp, gồm ba nhóm chính: (i) vườn hoa và quảng trường truyền thống; (ii) các không gian thiêng gắn với di sản văn hóa - tín ngưỡng; và (iii) khu vực Hồ Hoàn Kiếm với vai trò trung tâm cảnh quan - xã hội.

Các vườn hoa lịch sử như Mai Xuân Thưởng, Hàng Đậu, Yersin - Pasteur có quy mô nhỏ, phân bố xen cài trong các khu dân cư và chủ yếu phục vụ các hoạt động thường nhật. Các quảng trường như Cách mạng Tháng Tám và Đồng Kinh Nghĩa Thục có khả năng tập trung đông người, phục vụ các hoạt động cộng đồng và sự kiện đô thị. Tuy nhiên, các không gian này phân bố rời rạc và thiếu tính liên kết.

Bên cạnh đó, hệ thống đình, đền, chùa phân bố đan xen trong cấu trúc đô thị, vừa thực hiện chức năng tín ngưỡng, vừa đóng vai trò như các điểm tụ cộng đồng quy mô nhỏ. Mặc dù không phải không gian công cộng mở theo nghĩa truyền thống, các không gian này vẫn tham gia tích cực vào đời sống xã hội thông qua các hoạt động văn hóa và sinh hoạt cộng đồng.

Đặc biệt, khu vực Hồ Hoàn Kiếm giữ vai trò trung tâm tích hợp đa chức năng, kết nối không gian công cộng, di sản kiến trúc và các hoạt động xã hội. Với diện tích khoảng 63,72 ha và cấu trúc tổ chức xoay quanh mặt nước trung tâm, khu vực này được xem là lõi cảnh quan và không gian công cộng trung tâm của Hà Nội.



Hình 1. Cấu trúc hệ thống không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội

4.2. Đánh giá chất lượng không gian

Kết quả khảo sát cho thấy chất lượng không gian có sự khác biệt rõ giữa các nhóm không gian: các vườn hoa quy mô nhỏ được đánh giá tích cực về vi khí hậu nhờ hệ thống cây xanh và bóng mát, nhưng hạn chế về diện tích, tiện ích và khả năng tổ chức hoạt động đa dạng. Các quảng trường và không gian mở lớn có lợi thế về khả năng tiếp cận và nhận diện không gian, song chịu tác động mạnh từ giao thông, bề mặt cứng và thiếu không gian nghỉ ngơi, dẫn đến nhiệt độ bề mặt cao và ô nhiễm tiếng ồn. Các không gian thiêng có chất lượng môi trường tương đối ổn định, nổi bật ở yếu tố yên tĩnh, bản sắc và cảm nhận an toàn, nhưng khả năng tiếp cận bị giới hạn bởi chức năng tín ngưỡng và quy chế sử dụng, tạo nên tính chất “bán công cộng”. Khu vực Hồ Hoàn Kiếm được đánh giá cao nhất về cảnh quan, khả năng đi bộ, chất lượng môi trường và mức độ hỗ trợ hoạt động cộng đồng. Tuy nhiên, không gian này cũng đang chịu áp lực đáng kể từ du lịch, mật độ sử dụng cao và nguy cơ suy giảm chất lượng môi trường cục bộ.

4.3. Hoạt động sử dụng và nhu cầu người dân

Mô hình sử dụng không gian công cộng có sự khác biệt theo từng loại hình: Các vườn hoa chủ yếu phục vụ các hoạt động thường nhật như đi bộ, tập thể dục, nghỉ ngơi và giao tiếp xã hội, với mức độ sử dụng tương đối ổn định. Các quảng trường và không gian mở lớn phục vụ các hoạt động tập trung đông người, sự kiện văn hóa và giao thông, do đó mức độ sử dụng biến động theo thời gian. Các không gian thiêng chủ yếu phục vụ hoạt động tín ngưỡng, công quả và các nghi lễ truyền thống. Trong điều kiện thường nhật, mức độ sử dụng không cao và tập trung vào các nhóm người sử dụng đặc thù; tuy nhiên trong các dịp lễ hội, các không gian này trở thành điểm tụ cộng đồng quan trọng, góp phần duy trì bản sắc và sức sống đô thị. Khu vực Hồ Hoàn Kiếm có mức độ sử dụng cao và đa dạng nhất, bao gồm đi bộ, vui chơi, biểu diễn nghệ thuật, du lịch và giao tiếp xã hội. Kết quả điều tra cho thấy trên 60% người sử dụng đánh giá tích cực đối với các yếu tố cảnh quan, không gian đi bộ và giá trị văn hóa của khu vực.

4.4. Các vấn đề tồn tại

Kết quả phân tích cho thấy hệ thống không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội vẫn tồn tại nhiều hạn chế mang tính cấu trúc. Trước hết, các vườn hoa, quảng trường, không gian thiêng và khu vực Hồ Hoàn Kiếm hiện phân bố rời rạc, chưa hình thành

mạng lưới liên hoàn, làm hạn chế khả năng tiếp cận và lan tỏa hoạt động đô thị. Bên cạnh đó, chất lượng môi trường có sự phân hóa rõ rệt; các không gian trung tâm chịu áp lực từ giao thông, du lịch và mật độ sử dụng cao, trong khi nhiều không gian nhỏ thiếu tiện ích và bảo trì. Sự mất cân bằng trong khai thác không gian cũng thể hiện rõ qua tình trạng quá tải tại Hồ Hoàn Kiếm nhưng sử dụng chưa hiệu quả ở nhiều không gian khác. Đồng thời, tình trạng lấn chiếm, thương mại tự phát và thiếu phối hợp quản lý tiếp tục làm giảm hiệu quả vận hành, đặt ra thách thức đối với bảo tồn di sản và phát triển bền vững.

Bảng 1. Các vấn đề chính của hệ thống không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội

Nhóm vấn đề	Biểu hiện chính	Tác động
Kết nối không gian	Phân bố rời rạc, thiếu liên kết mạng lưới	Giảm khả năng tiếp cận, phân tán hoạt động
Chất lượng môi trường	Nhiệt độ cao, tiếng ồn, thiếu cây xanh, ô nhiễm	Giảm chất lượng sử dụng
Khai thác sử dụng	Quá tải tại Hồ Hoàn Kiếm, sử dụng thấp ở không gian nhỏ	Mất cân bằng chức năng
Áp lực phát triển	Du lịch, đô thị hóa, thương mại hóa	Suy giảm giá trị di sản
Quản lý và vận hành	Lấn chiếm, thương mại tự phát, thiếu bảo trì	Giảm hiệu quả quản trị

5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP TỔ CHỨC VÀ QUẢN LÝ KHÔNG GIAN CÔNG CỘNG

Tên cơ sở các kết quả phân tích thực trạng, các giải pháp được đề xuất theo hướng tích hợp, nhằm đồng thời cải thiện cấu trúc không gian, nâng cao chất lượng môi trường, tăng cường khả năng sử dụng và hoàn thiện cơ chế quản lý. Cách tiếp cận này hướng tới việc xây dựng một hệ thống không gian công cộng có tính liên kết, thích ứng và hỗ trợ phát triển bền vững trong khu đô thị lịch sử Hà Nội.



Hình 2. Khung giải pháp tích hợp tổ chức và quản lý không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội

5.1. Giải pháp tổ chức không gian

Một trong những định hướng quan trọng là tăng cường tính kết nối giữa các không gian công cộng, không gian thiêng và khu vực Hồ Hoàn Kiếm, phù hợp với các nghiên cứu gần đây về bảo tồn thích ứng và phát triển bền vững khu vực trung tâm lịch sử Hà Nội [12].

Bên cạnh đó, cần chú trọng tái cấu trúc các không gian công cộng quy mô nhỏ theo hướng linh hoạt và đa chức năng. Các vườn

hoa, khoảng trống đô thị và không gian xen kẽ có thể được cải tạo nhằm tăng cường khả năng sử dụng hàng ngày, bổ sung chức năng sinh hoạt cộng đồng và nâng cao chất lượng môi trường sống. Việc tổ chức lại không gian cần dựa trên đặc điểm khu vực và nhu cầu thực tế của người dân, tránh áp dụng các mô hình thiết kế đồng nhất.

5.2. Giải pháp cải thiện môi trường

Cải thiện điều kiện môi trường là yếu tố then chốt nhằm nâng cao chất lượng không gian công cộng. Trước hết, cần tăng cường hệ thống cây xanh, đặc biệt tại các quảng trường và không gian mở lớn, nhằm giảm nhiệt độ bề mặt, tạo bóng mát và cải thiện vi khí hậu đô thị. Các giải pháp điều chỉnh vi khí hậu như tăng cường cây xanh, bố trí mặt nước, vật liệu thấm nước, tăng cường thông gió tự nhiên và kiểm soát bức xạ nhiệt cần được tích hợp trong quá trình thiết kế và cải tạo không gian. Đồng thời, việc kiểm soát ô nhiễm tiếng ồn và bụi từ giao thông cũng là yếu tố quan trọng để nâng cao chất lượng môi trường và trải nghiệm của người sử dụng.

5.3. Giải pháp nâng cao tiện ích và khả năng sử dụng

Việc bổ sung và nâng cấp hệ thống tiện ích công cộng là điều kiện cần thiết để tăng cường khả năng sử dụng không gian. Các yếu tố như ghế ngồi, thùng rác, nhà vệ sinh công cộng, chiếu sáng và thiết bị thể dục cần được bố trí hợp lý, phù hợp với đặc điểm từng loại hình không gian. Đồng thời, cần phát triển các không gian linh hoạt có khả năng thích ứng với nhiều loại hình hoạt động khác nhau, từ sinh hoạt thường nhật đến tổ chức sự kiện cộng đồng. Việc thiết kế không gian theo hướng mở, dễ chuyển đổi chức năng sẽ giúp nâng cao hiệu quả sử dụng và đáp ứng nhu cầu đa dạng của người dân trong các thời điểm khác nhau.

5.4. Giải pháp quản lý và vận hành

Một hệ thống không gian công cộng hiệu quả đòi hỏi cơ chế quản lý và vận hành phù hợp. Trong đó, cần xây dựng mô hình quản lý tích hợp, tăng cường sự phối hợp giữa các cơ quan quản lý nhà nước, chính quyền địa phương và các tổ chức liên quan. Việc phân định rõ trách nhiệm và thiết lập cơ chế giám sát sẽ góp phần nâng cao hiệu quả quản lý. Ngoài ra, cần hoàn thiện các quy định liên quan đến sử dụng không gian công cộng, kiểm soát hoạt động thương mại và hạn chế tình trạng lấn chiếm. Việc ứng dụng công nghệ trong quản lý, như giám sát môi trường và quản lý hoạt động không gian, cũng là hướng đi cần được xem xét trong bối cảnh đô thị hiện đại.

5.5. Giải pháp tăng cường tham gia cộng đồng

Sự tham gia của cộng đồng đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì và phát triển bền vững không gian công cộng. Cần thúc đẩy mô hình đồng quản lý, trong đó người dân, tổ chức xã hội và chính quyền cùng tham gia vào quá trình quản lý, vận hành và bảo trì không gian. Việc tổ chức các hoạt động văn hóa, xã hội và cộng đồng tại không gian công cộng sẽ góp phần tăng cường sự gắn kết và nâng cao ý thức sử dụng không gian. Đối với các không gian thiêng, cần có cách tiếp cận phù hợp nhằm vừa bảo tồn giá trị văn hóa - tín ngưỡng, vừa phát huy vai trò của chúng trong đời sống cộng đồng mà không làm mất đi tính thiêng và bản sắc vốn có.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ thực trạng hệ thống không gian công cộng trong khu đô thị lịch sử Hà Nội thông qua khảo sát thực địa, điều tra xã hội học và phân tích không gian đối với 12 vườn hoa lịch sử, 5 quảng trường nhỏ, 12 không gian thiêng và khu vực Hồ Hoàn Kiếm. Kết quả cho thấy hệ thống không gian công cộng của khu vực nghiên cứu mang cấu trúc đa lớp, bao gồm các không gian công cộng truyền thống, không gian văn hóa - tín ngưỡng và các không gian trung tâm có giá trị cảnh quan - di sản đặc biệt. Các không gian

này không chỉ góp phần đáp ứng nhu cầu sinh hoạt cộng đồng, giao tiếp xã hội và cải thiện môi trường sống, mà còn giữ vai trò quan trọng trong việc duy trì bản sắc và sức sống của khu đô thị lịch sử Hà Nội.

Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra nhiều hạn chế mang tính cấu trúc, bao gồm sự thiếu kết nối giữa các loại hình không gian, sự phân hóa về chất lượng môi trường và tiện ích sử dụng, tình trạng quá tải tại các khu vực trung tâm, cũng như những bất cập trong cơ chế quản lý và vận hành. Dưới tác động của đô thị hóa nhanh, phát triển du lịch và áp lực thương mại hóa, nhiều không gian công cộng đang đứng trước nguy cơ suy giảm chất lượng và mất dần vai trò trong đời sống đô thị.

Trên cơ sở tiếp cận hệ thống, tiếp cận cảnh quan đô thị lịch sử (HUL) và quan điểm phát triển bền vững, nghiên cứu đã đề xuất một khung giải pháp tích hợp bao gồm tổ chức không gian, cải thiện chất lượng môi trường, nâng cao khả năng sử dụng, hoàn thiện cơ chế quản lý và tăng cường sự tham gia của cộng đồng. Qua đó, nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho việc tổ chức và quản lý không gian công cộng trong các khu đô thị lịch sử theo hướng tích hợp giữa bảo tồn di sản, nâng cao chất lượng sống và phát triển đô thị bền vững.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ GD&ĐT trong đề tài nghiên cứu “Giải pháp phát triển không gian khu đô thị lịch sử Hà Nội theo hướng bền vững”, mã số B2025-MHN-03.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., Grove, J.M. Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. in Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature, New York, Springer, 2008.
- [2] Benedict, M.A., McMahon, E.T. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Washington DC: Island Press, 2006.
- [3] Jenks, M., Dempsey, N. Future Forms and Design for Sustainable Cities. Oxford: Architectural Press, 2005.
- [4] World Health Organization. Urban Air Quality Database. WHO, Geneva, 2014.
- [5] Pahl-Wostl, C. Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. Water Resources Management, vol. 21(1), 2007.
- [6] UNESCO. Recommendation on the Historic Urban Landscape. in UNESCO General Conference, Paris, 2011.
- [7] Nguyen, T.M., Lin, T.H., Chan, H.P. The environmental effects of urban development in Hanoi, Vietnam from satellite and meteorological observations from 1999 - 2016. Sustainability, vol. 11(6), 2019.
- [8] Nguyen, M.H., Trinh, T.T.K., Dang, K.B., Vu, T.K.O., Pham, T.P.N., Tran, V.T., Pham, T.P., Pham, S.L., Do, T.T.T., Vu, K.H. An Integrated Approach to Assessing the Impacts of Urbanization on Urban Flood Hazards in Hanoi, Vietnam. Sustainability, vol. 17(23), 2025.
- [9] Nguyen, H.D., Doan, T.B., Pham, S.D., Tran, D.D. Urban expansion trends and their relationship with flood susceptibility during the period 2014-2024 in Hanoi City. Vietnam Journal of Earth Sciences, vol. 48(2), 2026.
- [10] Thủ tướng, Chính phủ. Quyết định số 1259/QĐ-TTg ngày 26/7/2011 phê duyệt Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050. Hà Nội, Việt Nam, 2011.
- [11] UBND TP Hà Nội. Quy hoạch phân khu đô thị H1-1B, tỷ lệ 1/2000 - Khu vực Hồ Gươm và phụ cận. Hà Nội, Việt Nam, 2021.
- [12] Tran Quoc, B., Vo Thuy, D., Le Xuan, T., & Nguyen Manh, T. Conservation and sustainable development of the Hoan Kiem Lake area, Hanoi: Proposal for a heritage conservation and planning model. Civil Engineering and Architecture, vol. 14(1), 2026.

Quốc môn: Vai trò biểu tượng và định hướng tổ chức không gian kiến trúc trong các Khu kinh tế cửa khẩu Việt Nam

Gateway monuments: Symbolic roles and architectural spatial organization in Vietnam's border economic zone

> THS NGUYỄN VĂN PHÚC

Bộ môn KTCN, Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: phucnv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Quốc môn là công trình kiến trúc đặc thù được hình thành tại khu vực cửa khẩu quốc tế, đánh dấu ranh giới lãnh thổ quốc gia và thể hiện hình ảnh đại diện về chủ quyền, bản sắc văn hóa và vị thế của một quốc gia trong tiến trình giao lưu và hội nhập quốc tế. Trong các khu kinh tế cửa khẩu (KKTCK) Việt Nam, quốc môn không chỉ thực hiện chức năng nhận diện lãnh thổ mà còn đóng vai trò là biểu tượng kiến trúc, điểm nhấn không gian và hạt nhân tổ chức kiến trúc cảnh quan khu vực cửa khẩu. Tuy nhiên, thực tiễn phát triển cho thấy kiến trúc quốc môn tại nhiều KKTCK còn thiếu định hướng thiết kế thống nhất; hình thức kiến trúc chưa thể hiện rõ bản sắc quốc gia; mối quan hệ giữa quốc môn với quảng trường, trục không gian và các công trình chức năng cửa khẩu chưa được tổ chức đồng bộ.

Từ khóa: Quốc môn; khu kinh tế cửa khẩu; kiến trúc biểu tượng.

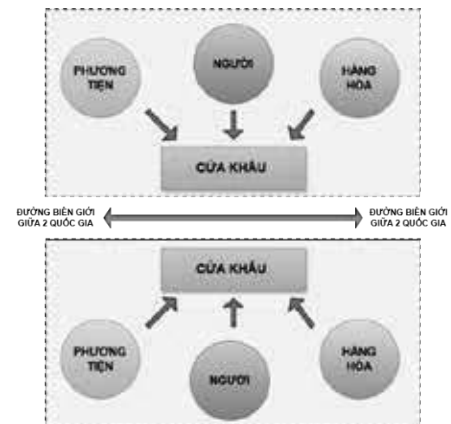
ABSTRACT

The border gate monument is a distinctive architectural structure developed in international border gate areas, serving as a marker of national territorial boundaries and representing national sovereignty, cultural identity, and the status of a country in the process of international exchange and integration. Within Vietnam's Border Economic Zones (BEZs), border gate monuments not only perform the function of territorial identification but also play the role of architectural symbols, spatial landmarks, and core elements in organizing the architectural and landscape structure of border gate areas. However, current development practices reveal that the architecture of border gate monuments in many BEZs still lacks unified design orientation; architectural forms have not clearly expressed national identity; and the relationship between border gate monuments, plazas, spatial axes, and functional gate facilities has not been organized in a coherent and integrated manner.

Keywords: Gateway Monuments; border gate economic zone; symbolic architecture.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tiến trình toàn cầu hóa và hội nhập kinh tế quốc tế, các khu vực biên giới quốc gia ngày càng đóng vai trò quan trọng như những đầu mối giao lưu kinh tế, thương mại, văn hóa và ngoại giao. Tại Việt Nam, hệ thống các KKTCK được hình thành và phát triển nhằm khai thác lợi thế vị trí địa lý, thúc đẩy thương mại biên giới, tăng cường liên kết vùng và tạo động lực phát triển kinh tế - xã hội tại các địa phương biên giới. Theo Quyết định số 52/2008/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ, các KKTCK là khu kinh tế tổng hợp được thành lập tại khu vực cửa khẩu biên giới đất liền, có vai trò đặc biệt trong phát triển kinh tế cửa khẩu, logistics, dịch vụ và hợp tác quốc tế. Trong cấu trúc không gian của các KKTCK, khu vực cửa khẩu quốc tế là nơi diễn ra hoạt động xuất nhập cảnh cho người, xuất nhập khẩu hàng hóa và kiểm soát an ninh biên giới.



Sơ đồ KKTCK theo mô hình kinh tế - xã hội

Tại vị trí trung tâm của khu vực này, quốc môn được xây dựng như một công trình kiến trúc đặc thù, vừa đánh dấu ranh giới lãnh thổ quốc gia, vừa thể hiện hình ảnh đại diện của đất nước trước cộng đồng quốc tế. Khác với các công trình hạ tầng kỹ thuật thuần túy, quốc môn mang tính biểu tượng cao, chứa đựng các giá trị về chủ quyền quốc gia, bản sắc văn hóa, tinh thần dân tộc và khát vọng hội nhập.

Về mặt kiến trúc, quốc môn có thể được xem như một dạng kiến trúc biểu tượng, trong đó hình thức, tỷ lệ, ngôn ngữ tạo hình và tổ chức không gian đều được sử dụng để truyền tải những ý nghĩa vượt lên trên chức năng sử dụng thông thường. Công trình quốc môn thường gắn với các yếu tố kiến trúc như quảng trường cửa khẩu, cột cờ, trục nghi lễ, cảnh quan và hệ thống công trình kiểm soát biên giới, tạo thành một tổng thể không gian có tính đại diện quốc gia. Tuy nhiên, trong thực tiễn phát triển các KKTCK Việt Nam, việc quy hoạch và thiết kế quốc môn chưa được nghiên cứu một cách hệ thống. Nhiều công trình được đầu tư với quy mô lớn nhưng chủ yếu chú trọng đến hình thức kiến trúc mà thiếu cơ sở lý luận về biểu tượng và tổ chức không gian. Một số quốc môn chưa tạo được dấu ấn đặc trưng; chưa phản ánh rõ bản sắc văn hóa Việt Nam; chưa có sự liên kết chặt chẽ với các thành phần không gian xung quanh như quảng trường, trục cảnh quan và khu chức năng cửa khẩu. Bên cạnh đó, sự phát triển của mô hình cửa khẩu thông minh đặt ra yêu cầu mới về việc tích hợp công nghệ, tổ chức giao thông và kiểm soát biên giới, đòi hỏi quốc môn phải được xem xét như một thành phần trong tổng thể cấu trúc không gian hiện đại.

2. KHÁI NIỆM KIẾN TRÚC BIỂU TƯỢNG VÀ KIẾN TRÚC QUỐC MÔN

Kiến trúc không chỉ đáp ứng các yêu cầu chức năng, kỹ thuật và thẩm mỹ mà còn là phương tiện truyền tải các thông điệp văn hóa, chính trị và xã hội. Trong nhiều trường hợp, công trình kiến trúc được tạo lập nhằm biểu đạt những giá trị trừu tượng như quyền lực, bản sắc, niềm tin hay khát vọng phát triển. Những công trình này thường được gọi là kiến trúc biểu tượng. Theo Charles Jencks (1939-2019), kiến trúc biểu tượng là loại hình kiến trúc mà hình thức công trình mang những tầng nghĩa vượt ra ngoài chức năng sử dụng, cho phép người quan sát nhận biết và diễn giải các thông điệp văn hóa và xã hội. Christian Norberg-Schulz (1926-2000) cho rằng kiến trúc có khả năng “cụ thể hóa tinh thần nơi chốn” (Genius Loci), qua đó phản ánh đặc trưng văn hóa và điều kiện tự nhiên của một địa điểm cụ thể. Kevin Lynch (1918-1984) nhấn mạnh vai trò của các công trình điểm nhấn (Landmarks) trong việc hình thành hình ảnh đô thị và tăng cường khả năng nhận diện không gian. Trên thế giới, nhiều công trình như Arc de Triomphe, Brandenburg Gate hay Gateway Arch được xem là những ví dụ điển hình của kiến trúc biểu tượng gắn với lịch sử và bản sắc quốc gia. Các công trình này không chỉ là điểm nhấn kiến trúc mà còn là biểu tượng của chủ quyền, ký ức tập thể và khát vọng phát triển.



Arc de Triomphe



Brandenburg Gate



Gateway Arch

Trong ngữ nghĩa tiếng Việt, “quốc môn” được hiểu là công trình kiến trúc mang tính biểu tượng được xây dựng tại các cửa ngõ đối ngoại của quốc gia, đặc biệt tại các cửa khẩu quốc tế trên biên giới đất liền. Quốc môn vừa là dấu hiệu nhận biết lãnh thổ, vừa là hình ảnh đại diện thể hiện chủ quyền quốc gia, bản sắc văn hóa dân tộc và tinh thần hội nhập. Khác với cột mốc biên giới có chức năng pháp lý xác định đường biên, quốc môn là công trình kiến trúc - cảnh quan có quy mô lớn hơn, mang tính đại diện và tạo ấn tượng đầu tiên đối với người và hàng hóa khi đi qua biên giới. Về bản chất, quốc môn là một dạng kiến trúc biểu tượng đặc thù của khu vực biên giới. Nếu các công trình biểu tượng trong đô thị thường đại diện cho lịch sử, văn hóa hoặc quyền lực chính trị, thì quốc môn trực tiếp gắn với ba lớp ý nghĩa cơ bản:

- *Biểu tượng chủ quyền quốc gia*: Khẳng định ranh giới lãnh thổ, thể hiện quyền quản lý và sự hiện diện của Nhà nước tại khu vực biên giới.

- *Biểu tượng bản sắc văn hóa*: Chuyển tải những giá trị kiến trúc, mỹ thuật và văn hóa đặc trưng của dân tộc Việt Nam.

- *Biểu tượng của hội nhập và hợp tác quốc tế*: Thể hiện hình ảnh quốc gia hiện đại, cởi mở và thân thiện trong quan hệ với các nước láng giềng và cộng đồng quốc tế.

Xét dưới góc độ quy hoạch, quốc môn không tồn tại như một công trình đơn lẻ mà là hạt nhân tổ chức của một tổng thể không gian bao gồm quảng trường cửa khẩu, trục tiếp cận, cột cờ, khu kiểm soát liên hợp, hệ thống cây xanh và các công trình dịch vụ hỗ trợ. Điều này tương đồng với quan niệm của Aldo Rossi (1931-1997) về các “Urban Artifacts” - những công trình có khả năng định hình ký ức và cấu trúc không gian đô thị. Trong bối cảnh các KKTCK Việt Nam, quốc môn còn có mối liên hệ chặt chẽ với hoạt động logistics, thương mại biên giới và quản lý cửa khẩu. Do đó, công trình này phải đáp ứng đồng thời các yêu cầu về:

- Giá trị biểu tượng và thẩm mỹ;
- Tổ chức giao thông và kiểm soát biên giới;
- An ninh, quốc phòng;
- Khả năng thích ứng với công nghệ và mô hình cửa khẩu thông minh.

Như vậy, có thể hiểu rằng: Quốc môn là công trình kiến trúc biểu tượng được bố trí tại khu vực cửa khẩu quốc tế, có chức năng đánh dấu lãnh thổ quốc gia, thể hiện bản sắc văn hóa và tổ chức không gian trung tâm của khu vực cửa khẩu trong mối quan hệ với các hoạt động giao thương, quản lý biên giới và hội nhập quốc tế.

3. VAI TRÒ CỦA QUỐC MÔN TRONG CẤU TRÚC KHÔNG GIAN KKTCK

Trong cấu trúc tổng thể của các KKTCK, quốc môn giữ vị trí đặc biệt vì đây là điểm giao cắt giữa không gian lãnh thổ, không gian kinh tế và không gian biểu tượng quốc gia. Vai trò của quốc môn có thể được xem xét trên các phương diện sau:

- *Vai trò nhận diện lãnh thổ và chủ quyền quốc gia*: Quốc môn là dấu mốc không gian có tính đại diện cao nhất tại khu vực cửa khẩu. Cùng với quốc kỳ, cột mốc biên giới và các biểu tượng quốc gia khác, quốc môn góp phần khẳng định sự hiện diện của Nhà nước Việt Nam tại khu vực biên giới và tạo dựng cảm nhận rõ ràng về ranh giới lãnh thổ.

- *Vai trò tổ chức không gian trung tâm của khẩu:* Quốc môn thường được đặt tại vị trí trục chính, trở thành điểm kết thúc thị giác của tuyến tiếp cận và là tâm điểm của quảng trường cửa khẩu.

- *Vai trò biểu tượng văn hóa và hình ảnh quốc gia:* Thông qua hình thức kiến trúc, vật liệu, họa tiết và tỷ lệ công trình, quốc môn truyền tải những giá trị văn hóa và tinh thần dân tộc. Đây là “bộ mặt” của đất nước tại khu vực biên giới, nơi tạo ấn tượng đầu tiên đối với khách quốc tế và các đối tác thương mại.

- *Vai trò thúc đẩy du lịch và quảng bá hình ảnh địa phương:* Nhiều quốc môn trở thành điểm tham quan, chụp ảnh và tổ chức các sự kiện đối ngoại, góp phần gia tăng giá trị du lịch và quảng bá thương hiệu của KKTCK cũng như địa phương biên giới.

- *Vai trò hỗ trợ vận hành của khẩu hiện đại:* Trong bối cảnh phát triển của khẩu thông minh, quốc môn không chỉ mang tính biểu tượng mà còn cần được tích hợp với hệ thống giám sát, kiểm soát và hạ tầng số, góp phần nâng cao hiệu quả vận hành và quản lý cửa khẩu.

Nhiều quốc gia đã xây dựng các công trình cổng biên giới mang giá trị biểu tượng cao và được tổ chức trong tổng thể không gian cửa khẩu hiện đại. Tại Trung Quốc, các cửa khẩu như Đồng Hưng hay Bằng Tường thường sử dụng kiến trúc quy mô lớn, bố cục đối xứng và quảng trường rộng nhằm thể hiện sức mạnh quốc gia và tạo ấn tượng mạnh về không gian cửa ngõ. Tại Kazakhstan và Nga, các công trình cửa khẩu chú trọng tính tối giản, hiện đại nhưng vẫn tạo được dấu ấn thông qua tỷ lệ lớn và vị trí nổi bật trong cảnh quan. Ở Hàn Quốc, các cửa khẩu kết hợp hài hòa giữa công nghệ, quản lý thông minh và kiến trúc biểu tượng.

4. THỰC TRẠNG QUỐC MÔN TẠI CÁC KKTCK VIỆT NAM

Hệ thống KKTCK Việt Nam được hình thành dọc theo các tuyến biên giới đất liền với Trung Quốc, Lào và Campuchia, đóng vai trò là các đầu mối giao thương quốc tế, trung tâm logistics, dịch vụ và hợp tác kinh tế xuyên biên giới. Trong tổng thể không gian của KKTCK, khu vực cửa khẩu quốc tế là “cửa ngõ quốc gia”, nơi diễn ra các hoạt động xuất nhập cảnh, xuất nhập khẩu, kiểm tra - kiểm soát và các hoạt động đối ngoại. Quốc môn thường được bố trí tại vị trí trung tâm của khu vực này, trên trục tiếp cận chính và gần với quảng trường, cột cờ, khu kiểm soát liên hợp và hệ thống cảnh quan. Do đó, quốc môn không chỉ là một công trình kiến trúc độc lập mà còn là hạt nhân không gian có vai trò định hướng bố cục và tạo dựng hình ảnh nhận diện cho toàn bộ khu vực cửa khẩu. Xét về cấu trúc chức năng, quốc môn có thể được hiểu là điểm giao thoa giữa ba lớp không gian:

- *Không gian lãnh thổ:* đánh dấu ranh giới quốc gia và khẳng định chủ quyền;

- *Không gian kinh tế:* gắn với các hoạt động thương mại, logistics và dịch vụ cửa khẩu;

- *Không gian biểu tượng:* thể hiện hình ảnh quốc gia, bản sắc văn hóa và tinh thần hội nhập.

Chính sự giao thoa này làm cho quốc môn trở thành một thành phần kiến trúc đặc biệt, có giá trị vượt lên trên phạm vi của một công trình hạ tầng thông thường. Qua khảo sát tại các KKTCK tiêu biểu, có thể nhận thấy kiến trúc quốc môn ở Việt Nam khá đa dạng về hình thức, quy mô và mức độ đầu tư. Mặc dù chưa có một bộ tiêu chuẩn thống nhất ở cấp quốc gia, các công trình hiện nay có thể được phân loại theo một số tiêu chí chủ yếu sau:

- *Quốc môn tại cửa khẩu quốc tế quy mô lớn:* Đây là các công trình được đầu tư tại những KKTCK có vai trò đặc biệt quan trọng về thương mại, logistics và hợp tác quốc tế như Móng Cái, Lào Cai và Mộc Bài.

- *Quốc môn tại cửa khẩu quốc tế quy mô trung bình:* Các công trình tại Lao Bảo, Cầu Treo hay Bờ Y thường có quy mô vừa phải, đáp ứng tốt yêu cầu nhận diện và chức năng nhưng mức độ đầu tư kiến trúc và cảnh quan chưa thật sự nổi bật.

- *Quốc môn tại cửa khẩu chính hoặc cửa khẩu phụ:* Một số cửa khẩu quy mô nhỏ chỉ có các công trình mang tính nhận diện cơ bản, chủ yếu đáp ứng yêu cầu chức năng và quản lý biên giới, chưa hình thành đầy đủ giá trị biểu tượng và tổ chức không gian kiến trúc hoàn chỉnh.



Quốc môn tại cửa khẩu Hữu Nghị



Quốc môn tại cửa khẩu Lao Bảo



Quốc môn tại cửa khẩu Mộc Bài

5. KẾT QUẢ VÀ TỒN TẠI HẠN CHẾ

Qua quá trình hình thành và xây dựng các KKTCK, có thể nhận thấy hệ thống quốc môn tại các KKTCK Việt Nam đã từng bước được quan tâm đầu tư, đặc biệt tại các cửa khẩu quốc tế trọng điểm. Nhiều công trình đã vượt ra ngoài chức năng nhận diện đơn thuần để trở thành điểm nhấn kiến trúc và biểu tượng quốc gia tại khu vực biên giới. Bên cạnh những kết quả đạt được, thực trạng kiến trúc quốc môn tại các KKTCK Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế:

- Thiếu định hướng quy hoạch và thiết kế thống nhất ở cấp quốc gia. Hiện chưa có bộ tiêu chí hoặc hướng dẫn chuyên ngành quy định về vị trí, quy mô, hình thức và tổ chức không gian của quốc môn. Do đó, các công trình được thiết kế theo nhiều cách tiếp cận khác nhau, dẫn đến sự thiếu đồng bộ trong hệ thống nhận diện kiến trúc cửa khẩu Việt Nam.

- Giá trị biểu tượng và bản sắc văn hóa chưa được khai thác đầy đủ. Một số công trình còn thiên về hình thức trang trí hoặc sao chép mô típ kiến trúc quen thuộc, chưa tạo được ngôn ngữ kiến trúc đặc trưng phản ánh sâu sắc bản sắc dân tộc và đặc điểm vùng miền.

- Mối quan hệ giữa quốc môn và không gian xung quanh chưa được tổ chức đồng bộ. Ở nhiều cửa khẩu, công trình quốc môn chưa gắn kết chặt chẽ với quảng trường, trục tiếp cận, cảnh quan và hệ thống giao thông, làm giảm hiệu quả biểu tượng và trải nghiệm không gian.

- Chưa tích hợp đầy đủ yêu cầu vận hành hiện đại. Trong một số trường hợp, thiết kế còn chú trọng hình thức mà chưa tính toán đầy đủ đến tổ chức giao thông, an ninh, kiểm soát và khả năng tích hợp công nghệ phục vụ cửa khẩu thông minh.

- Mức độ đầu tư và chất lượng kiến trúc còn chênh lệch giữa các tuyến biên giới. Các KKTCK trên tuyến Việt Nam - Trung Quốc thường được đầu tư bài bản hơn so với nhiều cửa khẩu trên tuyến

Việt Nam - Lào và Việt Nam - Campuchia, phản ánh sự khác biệt về điều kiện kinh tế, lưu lượng thương mại và nguồn lực đầu tư.

6. NÂNG CAO VAI TRÒ BIỂU TƯỢNG VÀ TỔ CHỨC KHÔNG GIAN CỦA QUỐC MÔN TRONG CÁC KKTCK

- Quốc môn như biểu tượng chủ quyền quốc gia:

Trong toàn bộ cấu trúc không gian của các KKTCK, quốc môn là công trình có khả năng biểu đạt trực tiếp và mạnh mẽ nhất ý nghĩa chủ quyền lãnh thổ quốc gia. Nếu cột mốc biên giới mang giá trị pháp lý xác định đường biên thì quốc môn mang giá trị biểu tượng và truyền thông, thể hiện hình ảnh cụ thể về sự hiện diện của Nhà nước tại khu vực biên giới.

- Quốc môn như biểu tượng bản sắc văn hóa và hình ảnh quốc gia:

Bên cạnh ý nghĩa về chủ quyền lãnh thổ, quốc môn còn là công trình kiến trúc đại diện cho bản sắc văn hóa và hình ảnh quốc gia. Trong bối cảnh giao lưu quốc tế ngày càng sâu rộng, quốc môn không chỉ là nơi kiểm soát biên giới mà còn là “bộ mặt kiến trúc” của đất nước tại khu vực biên giới, nơi tạo nên ấn tượng đầu tiên đối với khách quốc tế, doanh nghiệp và các đối tác thương mại. Trong điều kiện Việt Nam, quốc môn có thể kế thừa nhiều giá trị từ kiến trúc truyền thống như cấu trúc cổng, mái dốc, họa tiết trống đồng, hoa sen hoặc hình tượng chim Lạc. Tuy nhiên, việc sử dụng các yếu tố này cần được chắt lọc và diễn giải bằng ngôn ngữ kiến trúc đương đại để tránh sao chép hình thức và bảo đảm tính hiện đại.

- Quốc môn như hạt nhân tổ chức không gian kiến trúc khu vực cửa khẩu:

Trong cấu trúc không gian của khu vực cửa khẩu, quốc môn không chỉ là một công trình mang tính biểu tượng mà còn đóng vai trò như hạt nhân tổ chức, định hướng bố cục và tạo lập trật tự không gian tổng thể. Tương tự như các công trình điểm nhấn trong thiết kế đô thị, quốc môn có khả năng xác lập trục nhìn, tạo điểm kết thúc thị giác và hình thành tâm điểm không gian cho toàn bộ khu vực cửa khẩu.

- Tạo lập trục không gian chủ đạo:

Quốc môn thường được bố trí trên trục giao thông chính dẫn vào khu vực cửa khẩu, trở thành điểm nhấn kết thúc của tuyến tiếp cận. Bố cục này tạo ra sự rõ ràng về định hướng không gian, đồng thời tăng cường cảm nhận về tính trang trọng và nghi lễ của hành trình qua biên giới. Trục không gian này thường gắn với:

- Đại lộ hoặc tuyến đường đối ngoại;
- Quảng trường cửa khẩu;
- Cột cờ quốc gia;
- Khu kiểm soát liên hợp;
- Hệ thống cây xanh và chiếu sáng.

- Hình thành tâm điểm không gian và quảng trường cửa khẩu:

Khi được kết hợp với quảng trường và cảnh quan, quốc môn trở thành tâm điểm tổ chức không gian, nơi tập trung các hoạt động nghi lễ, đối ngoại và du lịch. Quảng trường cửa khẩu không chỉ đóng vai trò tạo khoảng lùi để tôn vinh công trình mà còn tạo không gian công cộng thể hiện tính đại diện quốc gia.

- Liên kết với các khu chức năng cửa khẩu:

Quốc môn có mối quan hệ trực tiếp với khu kiểm soát xuất nhập cảnh, khu hải quan, khu kiểm dịch, bãi kiểm hóa và các công trình dịch vụ. Việc tổ chức hợp lý mối quan hệ này giúp bảo đảm sự cân bằng giữa yêu cầu biểu tượng và hiệu quả vận hành.

- Tạo dựng hình ảnh tổng thể của cửa khẩu:

Thông qua vị trí nổi bật và khả năng chi phối cảm nhận thị giác, quốc môn góp phần tạo dựng hình ảnh đặc trưng cho toàn bộ KKTCK. Đây là thành tố quan trọng giúp hình thành bản sắc không gian và nâng cao khả năng nhận diện của từng cửa khẩu trong hệ thống KKTCK Việt Nam.

- Quốc môn trong bối cảnh phát triển của khẩu thông minh:

Xu hướng xây dựng của khẩu thông minh đang đặt ra những yêu cầu mới đối với tổ chức không gian và kiến trúc quốc môn. Trong mô hình này, các hoạt động kiểm soát, giám sát, quản lý lưu lượng và trao đổi dữ liệu được tự động hóa và số hóa ở mức cao. Trong bối cảnh đó, quốc môn không chỉ giữ vai trò biểu tượng mà còn trở thành một thành phần của hạ tầng thông minh, kết nối giữa kiến trúc, công nghệ và quản trị hiện đại. Sự kết hợp này cho phép duy trì giá trị biểu tượng truyền thống đồng thời đáp ứng yêu cầu phát triển của các KKTCK trong giai đoạn mới.

7. ĐỊNH HƯỚNG TỔ CHỨC KHÔNG GIAN KIẾN TRÚC QUỐC MÔN

Việc quy hoạch và thiết kế quốc môn trong các KKTCK Việt Nam cần được tiếp cận theo quan điểm xem quốc môn không chỉ là một công trình kiến trúc đơn lẻ mà là một thành phần chiến lược trong cấu trúc không gian của khẩu, đồng thời là biểu tượng đại diện cho chủ quyền quốc gia, bản sắc văn hóa dân tộc và hình ảnh của đất nước trong tiến trình hội nhập quốc tế. Do đó, quan điểm tổ chức không gian kiến trúc quốc môn cần chú trọng:

- Quốc môn là công trình kiến trúc biểu tượng cấp quốc gia: Có vai trò thể hiện chủ quyền lãnh thổ, bản sắc văn hóa và vị thế của Việt Nam tại khu vực biên giới.

- Quốc môn là hạt nhân tổ chức không gian của khẩu: Định hướng bố cục kiến trúc, cảnh quan và hệ thống giao thông của khu vực cửa khẩu.

- Quốc môn phải kết hợp hài hòa giữa biểu tượng và chức năng: Đáp ứng đồng thời yêu cầu thẩm mỹ, nghi lễ, vận hành, an ninh và công nghệ.

- Thiết kế quốc môn cần mang tính hiện đại và đặc trưng vùng miền: Phản ánh bản sắc dân tộc nhưng phù hợp với điều kiện tự nhiên và văn hóa của từng khu vực biên giới.

- Quốc môn phải thích ứng với xu hướng phát triển của khẩu thông minh: Tích hợp công nghệ và hướng tới phát triển bền vững.

Quốc môn cần được bố trí tại vị trí trung tâm và có khả năng nhận diện cao nhất trong khu vực cửa khẩu, thường nằm trên trục giao thông đối ngoại chính và tại điểm kết thúc thị giác của tuyến tiếp cận. Công trình nên được tổ chức trong mối quan hệ chặt chẽ với quảng trường cửa khẩu, cột cờ, khu kiểm soát liên hợp và hệ thống cảnh quan, nhằm hình thành một tổng thể không gian có trật tự, rõ ràng và mang tính nghi lễ. Với các nguyên tắc sau:

Nguyên tắc về hình thức kiến trúc:

Hình thức kiến trúc quốc môn cần thể hiện sự kết hợp giữa truyền thống và hiện đại. Các yếu tố văn hóa Việt Nam nên được lựa chọn và cách điệu phù hợp để tạo nên ngôn ngữ kiến trúc đặc trưng, tránh sao chép trực tiếp các hình thức cổ truyền.

Nguyên tắc về tổ chức giao thông và chức năng:

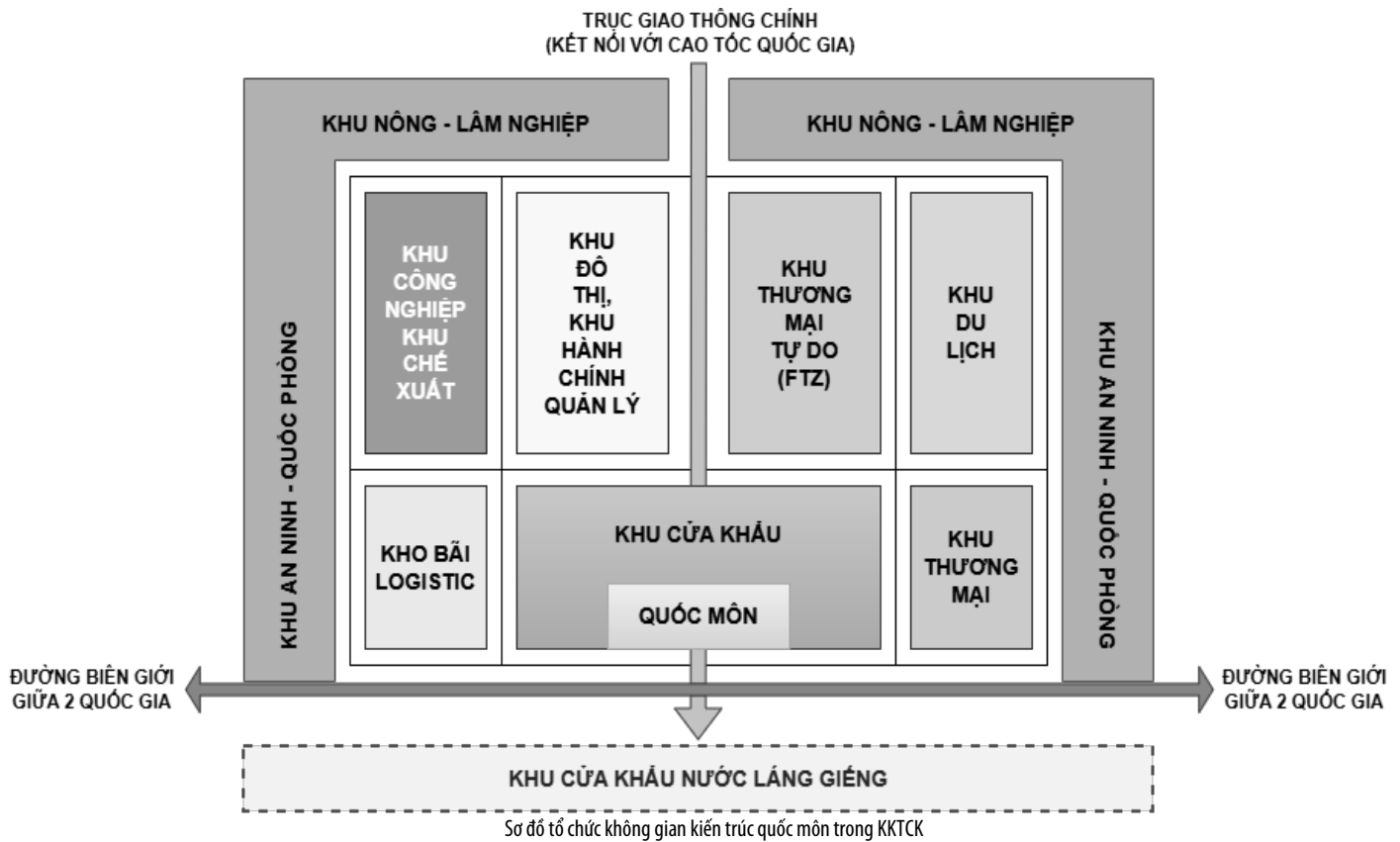
Thiết kế quốc môn cần bảo đảm không cản trở lưu thông và phải phối hợp chặt chẽ với tổ chức giao thông của khu vực cửa khẩu. Hình thức kiến trúc và kết cấu phải phù hợp với các làn xe, kiểm soát an ninh và yêu cầu vận hành của cửa khẩu hiện đại.

Nguyên tắc về cảnh quan và môi trường:

Quốc môn cần được đặt trong tổng thể cảnh quan được thiết kế đồng bộ, bao gồm quảng trường, cây xanh, mặt nước, hệ thống chiếu sáng và biển chỉ dẫn. Các giải pháp cảnh quan phải góp phần tôn vinh công trình, tạo cảm giác trang trọng và nâng cao chất lượng không gian công cộng.

Nguyên tắc về công nghệ và tính thích ứng:

Quốc môn cần có khả năng tích hợp hệ thống giám sát, biển báo điện tử, chiếu sáng thông minh và các thiết bị công nghệ phục vụ cửa khẩu thông minh. Thiết kế cũng cần bảo đảm khả năng mở rộng, nâng cấp và thích ứng với những thay đổi trong tương lai.



Đề xuất mô hình tổ chức không gian kiến trúc quốc môn:

Trên cơ sở các nguyên tắc nêu trên, có thể đề xuất mô hình tổ chức không gian kiến trúc quốc môn gồm năm lớp cấu trúc chính:

- Trục tiếp cận đối ngoại: Tuyến giao thông chính dẫn đến cửa khẩu.
- Quảng trường cửa khẩu: Không gian chuyển tiếp và tổ chức nghi lễ.
- Quốc môn: Điểm nhấn kiến trúc và biểu tượng trung tâm.
- Khu kiểm soát liên hợp: Hải quan, biên phòng, kiểm dịch và các chức năng kiểm soát.
- Cảnh quan và hạ tầng công nghệ: Cây xanh, chiếu sáng, hệ thống số và thiết bị giám sát.

Mô hình này cho phép kết hợp hài hòa giữa giá trị biểu tượng, tổ chức không gian và yêu cầu vận hành hiện đại, đồng thời có thể áp dụng linh hoạt cho nhiều loại cửa khẩu và KKTK khác nhau.

8. KẾT LUẬN

Quốc môn là một loại hình kiến trúc đặc thù tại các khu vực cửa khẩu quốc tế, mang đồng thời giá trị biểu tượng, giá trị không gian và giá trị chức năng. Trong các KKTK Việt Nam, quốc môn không chỉ đóng vai trò đánh dấu ranh giới lãnh thổ mà còn là hình ảnh đại diện cho chủ quyền quốc gia, bản sắc văn hóa dân tộc và tinh thần hội nhập quốc tế. Với vị trí đặc biệt tại khu vực cửa khẩu, quốc môn trở thành điểm nhấn kiến trúc và hạt nhân tổ chức không gian, góp phần tạo dựng hình ảnh nhận diện cho toàn bộ KKTK. Giá trị của công trình không chỉ nằm ở hình thức tạo hình mà còn ở khả năng truyền tải các thông điệp về chủ quyền, văn hóa và hình ảnh quốc gia, đồng thời tổ chức không gian trung tâm của khu vực cửa khẩu trong mối quan hệ với quảng trường, trục tiếp cận, cảnh quan và các công trình chức năng khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 52/2008/QĐ-TTg ngày 25/4/2008 về việc phê duyệt "Đề án quy hoạch phát triển các khu kinh tế cửa khẩu Việt Nam đến năm 2020", Việt Nam, 2008.
- [2] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 1531/QĐ-TTg ngày 30/8/2013 về việc phê duyệt Đề án "Rà soát, điều chỉnh quy hoạch phát triển các khu kinh tế cửa khẩu Việt Nam đến năm 2020 và tầm nhìn đến năm 2030", Việt Nam, 2013.
- [3] Lynch, K. The Image of the City. MIT Press, 1960.
- [4] Norberg-Schulz, C. Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture, Rizzoli, 1980.
- [5] Jencks, C. The Language of Post-Modern Architecture, Rizzoli, 1977.
- [6] Rossi, A. The Architecture of the City. MIT Press, 1982.

Mô hình tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan phục vụ phát triển du lịch gắn với an ninh quốc phòng cho các đảo Việt Nam

Model of architectural landscape space organization for tourism development associated with security national defense on Vietnamese islands

> KTS BÙI THỊ THÙY DUNG¹, TS.KTS LÊ KIM THU^{2,*}

¹NCS Học viện Hậu cần

²Học viện Kỹ thuật Quân sự; *Email: Thulk@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Các đảo Việt Nam có vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế biển, du lịch và bảo vệ chủ quyền quốc gia. Tuy nhiên, quá trình phát triển du lịch biển đảo hiện nay đang tạo áp lực lớn lên hệ sinh thái, cảnh quan và hạ tầng kỹ thuật. Bài báo phân tích thực trạng tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan các đảo Việt Nam, đồng thời đề xuất mô hình tổ chức không gian theo hướng tích hợp giữa bảo tồn sinh thái, phát triển du lịch bền vững và bảo đảm an ninh quốc phòng. Trên cơ sở tiếp cận sinh thái và quy hoạch không gian biển, nghiên cứu đề xuất các giải pháp về phân vùng chức năng, phát triển hạ tầng xanh, thích ứng biến đổi khí hậu và tổ chức không gian lưỡng dụng dân sinh - quốc phòng. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho quy hoạch và quản lý phát triển bền vững hệ thống đảo Việt Nam.

Các đảo Việt Nam có vai trò quan trọng đối với phát triển kinh tế biển, du lịch và bảo vệ chủ quyền quốc gia. Tuy nhiên, quá trình phát triển du lịch biển, đảo đang tạo áp lực lớn lên hệ sinh thái, cảnh quan và hạ tầng kỹ thuật. Bài báo phân tích thực trạng tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan trên các đảo Việt Nam, đồng thời đề xuất mô hình tổ chức không gian theo hướng tích hợp giữa bảo tồn sinh thái, phát triển du lịch bền vững và bảo đảm quốc phòng, an ninh. Trên cơ sở tiếp cận sinh thái và quy hoạch không gian biển, nghiên cứu đề xuất các giải pháp về phân vùng chức năng, phát triển hạ tầng xanh, thích ứng với biến đổi khí hậu và tổ chức không gian lưỡng dụng dân sinh - quốc phòng. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở khoa học phục vụ công tác quy hoạch và quản lý phát triển bền vững hệ thống đảo Việt Nam.

Từ khóa: Kiến trúc cảnh quan đảo; du lịch biển đảo; tổ chức không gian; an ninh quốc phòng; phát triển bền vững.

ABSTRACT

Vietnamese islands play an important role in marine economic development, tourism development, and the protection of national sovereignty. However, the current development of island tourism has created significant pressure on ecosystems, natural landscapes, and technical infrastructure systems. This paper analyzes the current situation of architectural landscape spatial organization on Vietnamese islands and proposes a spatial organization model integrating ecological conservation, sustainable tourism development, and security national defense requirements. Based on ecological and marine spatial planning approaches, the study proposes solutions related to functional zoning, green infrastructure development, climate change adaptation, and the organization of dual-use civil-defense spaces. The research findings contribute to providing a scientific basis for the planning and sustainable management of Vietnam's island systems

Keywords: Island landscape architecture; island tourism; spatial organization; security national defense; sustainable; development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là quốc gia biển với hơn 3.260 km bờ biển cùng hệ thống trên 3.000 đảo lớn nhỏ phân bố trải dài từ Bắc vào Nam. Trong chiến lược phát triển kinh tế biển quốc gia, các đảo và quần đảo không chỉ có vai trò quan trọng về kinh tế, du lịch và sinh thái mà

còn giữ vị trí đặc biệt trong bảo vệ chủ quyền lãnh thổ và bảo đảm an ninh quốc phòng (ANQP) trên Biển Đông. Theo Nghị quyết số 36-NQ/TW năm 2018 về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, Việt Nam xác định phát triển mạnh kinh tế biển gắn với bảo vệ môi trường sinh thái và

củng cố ANQP biển đảo [1].

Trong những năm gần đây, nhiều đảo như Phú Quốc, Cát Bà, Lý Sơn và Côn Đảo đã trở thành các trung tâm phát triển du lịch biển đảo quan trọng của cả nước. Sự gia tăng nhanh chóng của các hoạt động du lịch và đầu tư xây dựng đã góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế địa phương, cải thiện hệ thống hạ tầng và nâng cao chất lượng dịch vụ. Tuy nhiên, quá trình phát triển này cũng đang đặt ra nhiều thách thức đối với không gian biển đảo như suy giảm hệ sinh thái tự nhiên, quá tải hạ tầng kỹ thuật, xói lở bờ biển, ô nhiễm môi trường và mất bản sắc cảnh quan địa phương. Theo Gössling (2003), các đảo nhiệt đới là những hệ sinh thái đặc biệt nhạy cảm với áp lực từ phát triển du lịch đại trà và có khả năng phục hồi sinh thái thấp hơn nhiều so với các hệ sinh thái đất liền [2].

Bên cạnh các vấn đề môi trường, nhiều đảo có vị trí chiến lược quốc phòng nhưng chưa được tổ chức không gian theo hướng tích hợp đa chức năng giữa phát triển kinh tế, du lịch và bảo vệ chủ quyền quốc gia. Thực tế này dẫn đến nguy cơ xung đột giữa khai thác không gian du lịch với yêu cầu bảo đảm ANQP, đặc biệt tại các đảo tiền tiêu và khu vực ven biển chiến lược. Theo Ehler và Douvère (2009), quy hoạch không gian biển là công cụ quan trọng nhằm giải quyết các xung đột sử dụng tài nguyên biển thông qua việc tổ chức không gian tích hợp giữa các mục tiêu phát triển kinh tế, sinh thái và xã hội [3].

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng ngày càng gia tăng, yêu cầu tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan các đảo theo hướng phát triển bền vững, thích ứng sinh thái và bảo đảm ANQP đang trở thành nhiệm vụ cấp thiết. Do đó, việc nghiên cứu mô hình tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan phục vụ phát triển du lịch gắn với ANQP cho các đảo Việt Nam có ý nghĩa quan trọng cả về lý luận và thực tiễn.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN

2.1. Khái niệm tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan đảo

Tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan đảo là quá trình định hướng, phân bố và kiểm soát các chức năng không gian trên đảo nhằm tạo lập môi trường sống bền vững, phù hợp với điều kiện tự nhiên, sinh thái, kinh tế và quốc phòng. Khác với không gian đô thị đất liền, không gian đảo mang những đặc điểm đặc thù như quỹ đất hạn chế, tính cô lập không gian cao, hệ sinh thái nhạy cảm và khả năng chịu tải môi trường thấp. Ngoài ra, các đảo còn chịu tác động trực tiếp từ biến đổi khí hậu, nước biển dâng và các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng gia tăng. Theo IPCC (2022), các vùng ven biển, đảo nhỏ là những khu vực dễ bị tổn thương nhất trước các tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu [4].

Trong bối cảnh đó, tổ chức không gian đảo không chỉ đơn thuần là phân bố chức năng sử dụng đất mà còn phải bảo đảm sự cân bằng giữa khai thác phát triển với bảo tồn hệ sinh thái tự nhiên. McHarg (1969) cho rằng quy hoạch và thiết kế không gian cần dựa trên nguyên tắc “Design with Nature”, tức tổ chức phát triển hài hòa với cấu trúc tự nhiên nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường [5]. Quan điểm này đặc biệt phù hợp đối với các đảo Việt Nam, nơi có hệ sinh thái biển đảo mong manh và dễ bị suy thoái dưới áp lực phát triển du lịch và đô thị hóa ven biển.

2.2. Vai trò của kiến trúc cảnh quan trong phát triển đảo

Kiến trúc cảnh quan giữ vai trò quan trọng trong việc định hướng phát triển bền vững không gian biển đảo thông qua bảo tồn cấu trúc sinh thái tự nhiên, kiểm soát phát triển xây dựng và tạo lập bản sắc không gian đặc trưng cho từng đảo. Không gian cảnh quan đảo không chỉ mang giá trị thẩm mỹ mà còn là nền tảng duy trì khả năng chống chịu môi trường và thích ứng khí hậu. Theo Sporn (1984), thiên nhiên trong đô thị và không gian cư trú không phải là

yếu tố trang trí mà là hệ thống nền tảng quyết định tính bền vững của môi trường sống [6].

Đối với các đảo Việt Nam, kiến trúc cảnh quan còn đóng vai trò quan trọng trong việc tổ chức không gian du lịch sinh thái, bảo tồn văn hóa cộng đồng cư dân biển đảo và nâng cao chất lượng môi trường sống. Việc kiểm soát mật độ xây dựng, bảo vệ không gian xanh ven biển và duy trì cấu trúc cảnh quan tự nhiên sẽ góp phần giảm thiểu nguy cơ xói lở, ô nhiễm môi trường và suy giảm đa dạng sinh học. Đồng thời, kiến trúc cảnh quan còn là công cụ hỗ trợ quản lý phát triển không gian đảo theo hướng cân bằng giữa khai thác du lịch với bảo vệ hệ sinh thái biển.

2.3. Yêu cầu tích hợp ANQP trong tổ chức không gian đảo

Các đảo và quần đảo Việt Nam không chỉ giữ vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế biển mà còn có ý nghĩa chiến lược đặc biệt đối với ANQP. Trong bối cảnh cạnh tranh không gian biển và các vấn đề địa chính trị trên Biển Đông ngày càng phức tạp, việc tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan đảo cần được tiếp cận theo hướng tích hợp đa mục tiêu giữa phát triển dân sinh, du lịch và bảo vệ chủ quyền quốc gia. Theo Nghị quyết số 36-NQ/TW, phát triển kinh tế biển gắn chặt với bảo đảm ANQP và duy trì chủ quyền biển đảo [1].

Nhiều đảo của Việt Nam đồng thời đảm nhiệm các chức năng chiến lược như kiểm soát hàng hải, quan sát biển, bảo đảm hậu cần kỹ thuật và hỗ trợ các hoạt động cứu hộ cứu nạn trên biển. Vì vậy, quy hoạch không gian đảo không thể chỉ tập trung vào khai thác kinh tế hoặc phát triển du lịch mà cần tổ chức hợp lý các vùng chức năng nhằm hạn chế xung đột giữa các hoạt động dân sự với yêu cầu ANQP. Theo Ehler và Douvère (2009), quy hoạch không gian biển hiệu quả cần giải quyết đồng thời các lợi ích sinh thái, kinh tế, xã hội và an ninh nhằm bảo đảm sử dụng tài nguyên biển bền vững [5].

Trên cơ sở đó, tổ chức không gian đảo cần xác định rõ các hành lang quốc phòng, khu vực kiểm soát an ninh và các vùng phát triển hạn chế nhằm tránh xung đột chức năng sử dụng đất. Đồng thời, việc phát triển các hệ thống hạ tầng lưỡng dụng như cảng biển, giao thông ven biển, sân bay và hệ thống thông tin liên lạc sẽ góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng không gian và tăng cường khả năng ứng phó trong các tình huống khẩn cấp. Bên cạnh đó, việc tổ chức ổn định cộng đồng dân cư trên đảo cũng là yếu tố quan trọng trong xây dựng “thể trận quốc phòng”, tạo cơ sở cho phát triển kinh tế biển bền vững kết hợp với bảo vệ chủ quyền quốc gia.

3. THỰC TRẠNG TỔ CHỨC KHÔNG GIAN CÁC ĐẢO VIỆT NAM

3.1. Thực trạng phát triển du lịch biển đảo

Trong khoảng hơn một thập niên trở lại đây, du lịch biển đảo Việt Nam đã có tốc độ phát triển nhanh chóng và trở thành một trong những động lực quan trọng thúc đẩy kinh tế biển. Nhiều đảo như Phú Quốc, Cát Bà, Cô Tô và Côn Đảo đã hình thành các khu nghỉ dưỡng cao cấp, trung tâm dịch vụ du lịch và hệ thống hạ tầng kỹ thuật phục vụ phát triển kinh tế biển. Quá trình đầu tư xây dựng góp phần cải thiện khả năng kết nối hạ tầng, nâng cao chất lượng dịch vụ, tạo thêm việc làm cho cộng đồng cư dân địa phương. Tuy nhiên, quá trình phát triển du lịch tại nhiều đảo vẫn mang tính tự phát, thiếu kiểm soát tổng thể và chưa dựa trên đánh giá đầy đủ về sức tải môi trường cũng như khả năng chịu tải của hệ sinh thái đảo. Theo Hall (2001), phát triển du lịch ven biển và biển đảo thường tạo ra áp lực lớn đối với tài nguyên môi trường nếu không có chiến lược quản lý không gian phù hợp. Thực tế tại nhiều đảo cho thấy tốc độ đô thị hóa và gia tăng đầu tư xây dựng đang vượt quá khả năng đáp ứng của hệ thống hạ tầng kỹ thuật và môi trường sinh thái.



Hiện trạng ven biển Cát Bà



Hiện trạng ven biển Côn Đảo



Hiện trạng ven biển Phú Quốc



Hiện trạng ven biển Cù Tô

Hình 1. Hiện trạng tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan tại một số đảo Việt Nam

Ngoài ra, việc phát triển du lịch theo mô hình đại trà với mật độ xây dựng cao đang làm thay đổi cấu trúc cảnh quan tự nhiên và ảnh hưởng tới bản sắc văn hóa biển đảo. Nhiều khu vực ven biển bị chia cắt bởi các dự án du lịch khép kín, làm suy giảm khả năng tiếp cận không gian công cộng của cộng đồng cư dân địa phương. Điều này đặt ra yêu cầu cần đổi mới tư duy tổ chức không gian đảo theo hướng phát triển bền vững và tích hợp đa chức năng.

3.2. Những hạn chế trong tổ chức không gian đảo

Một trong những vấn đề nổi bật hiện nay là sự mất cân bằng sinh thái trong quá trình phát triển không gian đảo. Việc san gạt địa hình, mở rộng quỹ đất xây dựng và khai thác du lịch ven biển quá mức đã làm suy giảm đáng kể diện tích rừng phòng hộ, rạn san hô và các hệ sinh thái biển quan trọng. Theo UNEP (2021), hệ sinh thái biển đảo nhiệt đới có khả năng phục hồi rất chậm khi chịu tác động từ các hoạt động xây dựng và du lịch đại trà [12]. Sự suy giảm này không chỉ ảnh hưởng đến môi trường sinh thái mà còn làm giảm khả năng chống chịu thiên tai của các đảo trước tác động của biến đổi khí hậu.

Bên cạnh đó, quá trình đô thị hóa tại nhiều đảo đang diễn ra theo xu hướng bê tông hóa tương tự đô thị đất liền. Mật độ xây dựng cao, thiếu không gian xanh công cộng và sự phát triển dày đặc của các công trình nghỉ dưỡng ven biển đã phá vỡ cấu trúc cảnh quan tự nhiên của đảo. Theo Spurr (1984), việc xem nhẹ vai trò của cấu trúc tự nhiên trong tổ chức không gian sẽ dẫn tới suy giảm chất lượng môi trường sống và mất cân bằng sinh thái đô thị [11]. Điều này đặc biệt nguy hiểm đối với các đảo có diện tích nhỏ và hệ sinh thái nhạy cảm.

Ngoài các vấn đề môi trường và cảnh quan, nhiều đồ án quy hoạch hiện nay còn thiếu sự tích hợp giữa phát triển kinh tế với ANQP. Một số khu vực ven biển và đảo chiến lược chưa được phân định rõ hành lang bảo vệ, thiếu cơ chế kiểm soát không gian và chưa phát triển hiệu quả các hệ thống hạ tầng lưỡng dụng. Điều này dẫn tới nguy cơ xung đột giữa khai thác du lịch với yêu cầu bảo đảm an ninh biển đảo trong dài hạn.

4. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH TỔ CHỨC KHÔNG GIAN KIẾN TRÚC CẢNH QUAN ĐẢO

4.1. Quan điểm xây dựng mô hình

Mô hình tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan đảo được xây dựng trên quan điểm phát triển bền vững và tiếp cận hệ sinh thái, trong đó xem hệ thống tự nhiên là nền tảng cho tổ chức không gian và kiểm soát phát triển xây dựng. Theo McHarg (1969), quy hoạch

không gian cần dựa trên nguyên tắc thích ứng với điều kiện tự nhiên nhằm giảm thiểu các tác động tiêu cực của con người tới môi trường [9]. Quan điểm này đặc biệt phù hợp đối với các đảo Việt Nam - nơi có quỹ đất hạn chế, hệ sinh thái nhạy cảm và khả năng chịu tải môi trường thấp.

Bên cạnh yêu cầu bảo tồn sinh thái, mô hình còn hướng tới tích hợp đa chức năng giữa phát triển du lịch, tổ chức dân cư, hạ tầng kỹ thuật và bảo đảm ANQP. Tổ chức không gian cảnh quan cần được tiếp cận như một hệ thống tổng thể gồm các thành phần sinh thái, xã hội và kinh tế có mối quan hệ tương tác chặt chẽ với nhau. Vì vậy, việc phân bố các khu chức năng trên đảo cần bảo đảm sự cân bằng giữa khai thác phát triển với bảo vệ tài nguyên tự nhiên và duy trì khả năng chống chịu môi trường.

Ngoài ra, mô hình tổ chức không gian đảo cũng cần thích ứng linh hoạt với tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Các khu vực ven biển và đảo nhỏ là nhóm khu vực chịu rủi ro cao nhất trước các hiện tượng thời tiết cực đoan và biến đổi khí hậu toàn cầu. Do đó, việc tổ chức không gian cần ưu tiên bảo vệ hành lang sinh thái ven biển, kiểm soát phát triển xây dựng tại các khu vực nguy cơ cao và phát triển hệ thống hạ tầng xanh nhằm nâng cao khả năng chống chịu môi trường cho đảo.

4.2. Cấu trúc mô hình không gian tổng thể

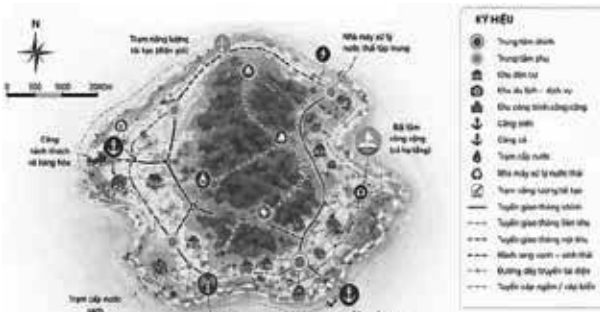
Mô hình tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan đảo được đề xuất theo cấu trúc đa lớp chức năng nhằm bảo đảm sự liên kết giữa bảo tồn sinh thái, phát triển du lịch và ANQP. Trong đó, vùng bảo tồn sinh thái được xem là cấu trúc nền tảng của không gian đảo, bao gồm các khu vực rừng tự nhiên, rừng ngập mặn, rạn san hô và hệ sinh thái ven biển có giá trị cao về môi trường. Đây là các khu vực cần hạn chế tối đa hoạt động xây dựng nhằm duy trì đa dạng sinh học và tăng cường khả năng phòng chống thiên tai cho đảo.

Bao quanh vùng sinh thái là các khu vực phát triển du lịch sinh thái và nghỉ dưỡng với định hướng mật độ xây dựng thấp, công trình phân tán theo địa hình tự nhiên và ưu tiên sử dụng vật liệu thân thiện môi trường. Theo Honey (2008), du lịch sinh thái bền vững cần bảo đảm sự hài hòa giữa phát triển kinh tế, bảo tồn môi trường và lợi ích cộng đồng địa phương [7]. Vì vậy, việc tổ chức không gian du lịch cần hạn chế tối đa can thiệp thô bạo vào địa hình tự nhiên và duy trì khả năng tiếp cận cộng đồng đối với không gian ven biển.

Các khu dân cư và dịch vụ được tổ chức theo hướng bảo tồn cấu trúc làng biển truyền thống kết hợp với phát triển hạ tầng xã hội và không gian công cộng phục vụ cộng đồng cư dân địa phương. Trong khi đó, các khu vực hạ tầng kỹ thuật và ANQP được bố trí theo nguyên tắc kiểm soát an toàn không gian, tăng cường khả năng kết nối giao thông chiến lược và phát triển các hệ thống hạ tầng lưỡng dụng phục vụ cả mục tiêu dân sinh và ANQP. Cấu trúc này cho phép nâng cao hiệu quả sử dụng không gian đảo đồng thời bảo đảm tính linh hoạt trong quản lý và phát triển bền vững lâu dài.

4.3. Mô hình phát triển hạ tầng xanh và hạ tầng sinh thái

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và suy giảm tài nguyên tự nhiên ngày càng gia tăng, phát triển hạ tầng xanh được xem là giải pháp quan trọng nhằm nâng cao tính bền vững cho không gian biển đảo. Đối với các đảo Việt Nam, hệ thống hạ tầng không chỉ đáp ứng nhu cầu phát triển du lịch và dân sinh mà còn cần bảo đảm khả năng chống chịu trước các tác động của thiên tai, nước biển dâng và xâm nhập mặn. Theo OECD (2021), hạ tầng xanh là thành phần cốt lõi trong mô hình kinh tế biển bền vững bởi khả năng giảm phát thải carbon, bảo vệ hệ sinh thái và nâng cao năng lực thích ứng khí hậu của cộng đồng ven biển [10].



Hình 2. Giải pháp đầu tư hạ tầng xanh và hạ tầng sinh thái

Trên cơ sở đó, mô hình tổ chức không gian đảo cần ưu tiên phát triển các hệ thống hạ tầng sinh thái như năng lượng mặt trời, điện gió quy mô nhỏ, hệ thống thu gom và tái sử dụng nước mưa, xử lý nước thải sinh học và giao thông xanh. Đặc biệt, đối với các đảo có quy mô nhỏ và khoảng cách xa đất liền, việc tăng cường khả năng tự chủ về năng lượng và nước sạch có ý nghĩa quan trọng nhằm giảm sự phụ thuộc vào hệ thống cung cấp từ đất liền.

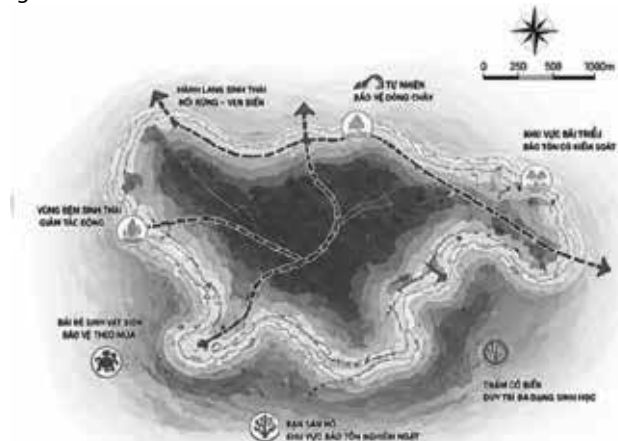
Theo Beatley (2014), các đô thị biển tương lai cần được phát triển theo hướng “Blue Urbanism”, tức tái thiết lập mối quan hệ hài hòa giữa con người với hệ sinh thái đại dương thông qua các giải pháp quy hoạch và hạ tầng thân thiện môi trường [2]. Quan điểm này đặc biệt phù hợp với các đảo Việt Nam trong bối cảnh áp lực phát triển du lịch, đô thị hóa ven biển ngày càng gia tăng.



Hình 3. Giải pháp tự chủ nguồn điện và nguồn nước

4.4. Mô hình thích ứng biến đổi khí hậu và bảo vệ hệ sinh thái đảo

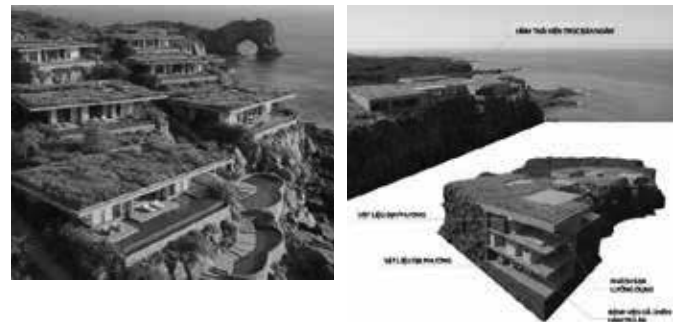
Các đảo Việt Nam là khu vực dễ bị tổn thương trước tác động của biến đổi khí hậu, đặc biệt là hiện tượng nước biển dâng, xói lở bờ biển và gia tăng tần suất thiên tai cực đoan. Theo IPCC (2022), các vùng ven biển và đảo nhỏ được xác định là nhóm khu vực chịu rủi ro cao nhất do khả năng chống chịu hạn chế và hệ sinh thái nhạy cảm [4]. Vì vậy, tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan đảo cần được tiếp cận theo hướng thích ứng linh hoạt với điều kiện tự nhiên và giảm thiểu rủi ro thiên tai.



Hình 4. Giải pháp bảo tồn sinh thái và cảnh quan đặc trưng

Một trong những giải pháp quan trọng là bảo vệ và phục hồi hệ thống sinh thái tự nhiên như rừng ngập mặn, thảm cỏ biển và rạn san hô nhằm tăng khả năng phòng chống thiên tai và duy trì cân bằng sinh thái. Theo UNEP (2021), các hệ sinh thái ven biển đóng vai trò như “hạ tầng sinh thái tự nhiên”, giúp giảm năng lượng sóng biển, hạn chế xói lở và bảo vệ cộng đồng cư dân ven biển [12]. Do đó, việc kiểm soát phát triển xây dựng tại các khu vực nhạy cảm về sinh thái cần được xem là nguyên tắc quan trọng trong quy hoạch không gian đảo.

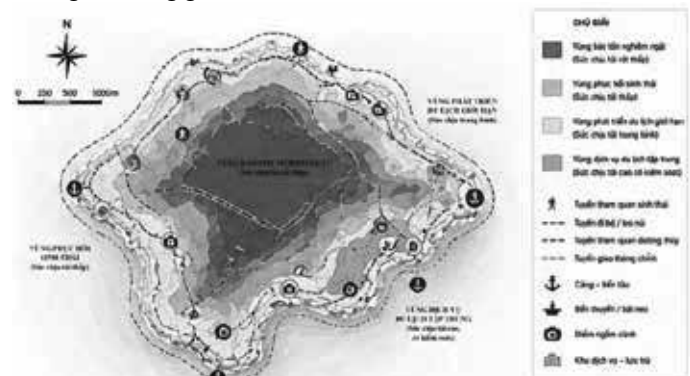
Bên cạnh đó, các công trình kiến trúc trên đảo cần được thiết kế theo hướng thích ứng khí hậu với các giải pháp như nâng cao cốt nền xây dựng, sử dụng vật liệu chống ăn mòn, tăng khả năng thông gió tự nhiên và hạn chế bê tông hóa bề mặt. Không gian mở công cộng và hành lang thoát hiểm cũng cần được tổ chức hợp lý nhằm nâng cao khả năng sơ tán và ứng phó khi xảy ra thiên tai. Theo Dawson (2007), khả năng chống chịu của các khu vực ven biển phụ thuộc lớn vào chất lượng tổ chức không gian và năng lực thích ứng của hệ thống hạ tầng [4].



Hình 5. Giải pháp kiến trúc “ẩn mình” trong địa hình

4.5. Tổ chức không gian du lịch sinh thái bền vững

Phát triển du lịch biển đảo theo hướng bền vững cần dựa trên nguyên tắc cân bằng giữa khai thác kinh tế với bảo tồn tài nguyên tự nhiên và văn hóa địa phương. Trong thực tế, nhiều đảo tại Việt Nam đang phát triển theo xu hướng du lịch đại trà với mật độ xây dựng cao, gây áp lực lớn lên hệ sinh thái và hạ tầng kỹ thuật. Theo Butler (1980), các điểm đến du lịch thường trải qua chu kỳ phát triển từ tăng trưởng đến suy thoái nếu không kiểm soát tốt sức tải môi trường và không gian [3].



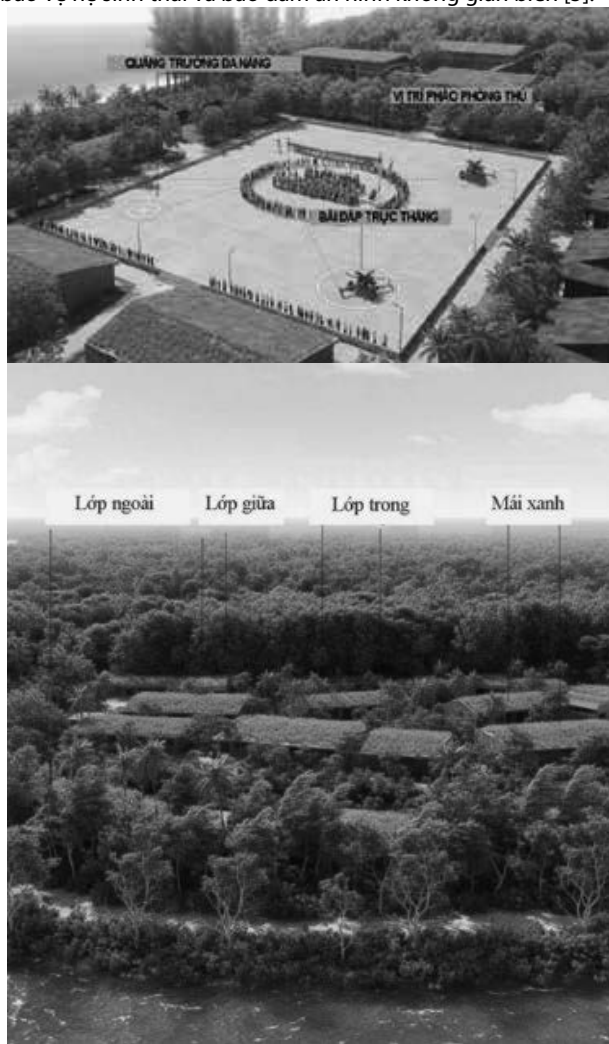
Hình 6. Giải pháp kiểm soát sức chịu tải và phát triển du lịch bền vững

Do đó, mô hình tổ chức không gian du lịch trên đảo cần ưu tiên phát triển các loại hình du lịch sinh thái, du lịch cộng đồng và nghỉ dưỡng chất lượng cao với mật độ xây dựng thấp. Các khu du lịch cần được bố trí phân tán theo địa hình tự nhiên nhằm hạn chế san gạt địa hình và giảm tác động tới cảnh quan. Đồng thời, việc sử dụng vật liệu địa phương, kiến trúc thấp tầng và giải pháp thông

gió tự nhiên sẽ góp phần duy trì bản sắc không gian biển đảo và giảm tiêu thụ năng lượng. Ngoài ra, việc kiểm soát sức tải du lịch cần được xem là công cụ quan trọng nhằm bảo vệ môi trường đảo. Vì vậy, tổ chức không gian du lịch cần gắn với phát triển sinh kế cộng đồng, bảo tồn văn hóa ngư dân và nâng cao vai trò của cư dân địa phương trong quản lý tài nguyên du lịch biển đảo.

4.6. Mô hình tăng cường tích hợp ANQP trong tổ chức không gian đảo

Bên cạnh chức năng kinh tế và du lịch, nhiều đảo Việt Nam còn giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong chiến lược bảo vệ chủ quyền biển đảo quốc gia. Do đó, tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan đảo cần bảo đảm sự tích hợp chặt chẽ giữa phát triển dân sinh với yêu cầu ANQP. Theo Ehler và Douvère (2009), quy hoạch không gian biển hiệu quả cần giải quyết đồng thời các mục tiêu phát triển kinh tế, bảo vệ hệ sinh thái và bảo đảm an ninh không gian biển [5].



Hình 7. Giải pháp tích hợp hạ tầng lưỡng dụng và nguy trang bằng hệ thực vật

Trên cơ sở đó, các khu vực quốc phòng, hành lang an ninh và vùng kiểm soát đặc biệt cần được xác định rõ trong cấu trúc không gian đảo nhằm hạn chế xung đột chức năng sử dụng đất. Đồng thời, cần phát triển các hệ thống hạ tầng lưỡng dụng như cảng biển, sân bay, giao thông ven biển và hệ thống thông tin liên lạc vừa phục vụ dân sinh vừa đáp ứng yêu cầu quốc phòng khi cần thiết.

Ngoài ra, việc tăng cường hiện diện dân cư bền vững trên đảo cũng có ý nghĩa quan trọng trong xây dựng “thể trận quốc phòng toàn dân trên biển”. Các khu dân cư cần được tổ chức theo hướng

ổn định lâu dài, bảo đảm sinh kế, nâng cao chất lượng môi trường sống và tạo điều kiện phát triển kinh tế biển bền vững. Đây là yếu tố quan trọng góp phần củng cố chủ quyền quốc gia trong bối cảnh cạnh tranh không gian biển ngày càng gia tăng hiện nay.

5. KẾT LUẬN

Tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan các đảo Việt Nam theo hướng phát triển du lịch gắn với ANQP là yêu cầu cấp thiết trong bối cảnh phát triển kinh tế biển và biến đổi khí hậu hiện nay. Thực tiễn cho thấy quá trình phát triển du lịch biển đảo đang tạo ra nhiều áp lực đối với hệ sinh thái, cảnh quan tự nhiên và công tác quản lý không gian biển đảo. Vì vậy, việc tổ chức không gian đảo cần được tiếp cận theo hướng tích hợp giữa bảo tồn sinh thái, phát triển du lịch bền vững và bảo đảm ANQP.

Trên cơ sở phân tích đặc điểm không gian đảo Việt Nam, bài báo đã đề xuất mô hình tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan theo cấu trúc đa chức năng gồm vùng bảo tồn sinh thái, vùng du lịch sinh thái, vùng dân cư - dịch vụ, vùng hạ tầng kỹ thuật và vùng ANQP. Đồng thời, nghiên cứu cũng đề xuất các giải pháp phát triển hạ tầng xanh, thích ứng biến đổi khí hậu và kiểm soát phát triển xây dựng nhằm nâng cao tính bền vững cho không gian biển đảo.

Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở lý luận và thực tiễn cho công tác quy hoạch, quản lý và phát triển hệ thống đảo Việt Nam theo hướng phát triển bền vững, thích ứng sinh thái và tăng cường bảo vệ chủ quyền quốc gia trên biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam. Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045. Hà Nội, 2018.
- [2] T Beatley. Blue Urbanism: Exploring Connections Between Cities and Oceans. Island Press, 2014.
- [3] RW Butler. The concept of a tourist area cycle of evolution: Implications for management of resources. The Canadian Geographer, vol. 24, no. 1, pp. 5-12, 1980, doi: 10.1111/j.1541-0064.1980.tb00970.x.
- [4] RJ Dawson. Re-engineering cities: A framework for adaptation to global change. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, vol. 365, no. 1861, pp. 3085-3098, 2007, doi: 10.1098/rsta.2007.0002.
- [5] C Ehler and F Douvère. Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-Based Management. UNESCO Intergovernmental Oceanographic Commission, 2009.
- [6] S Gössling. Tourism and development in tropical islands: Political ecology perspectives. Tourism Geographies, vol. 5, no. 4, pp. 383-404, 2003, doi: 10.1080/1461668032000129141.
- [7] M Honey. Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns Paradise? 2nd ed., Island Press, 2008.
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, 2022, doi: 10.1017/9781009325844.
- [9] IL McHarg. Design with Nature. Natural History Press, 1969.
- [10] OECD. The Ocean Economy to 2030. OECD Publishing, 2021, doi: 10.1787/9789264251724-en.
- [11] AW Spirn. The Granite Garden: Urban Nature and Human Design. Basic Books, 1984.
- [12] United Nations Environment Programme. Marine Ecosystem Restoration: Guidelines for Sustainable Coastal Development. UNEP, 2021.

Không gian công cộng và kinh tế ban đêm: Khung khái niệm về mức độ phù hợp của không gian công cộng tại khu vực nội đô Hà Nội

Public space and night-time economy development: A conceptual framework of spatial suitability in Hanoi's inner City

> **THS.NCS NGUYỄN CÔNG DŨNG**

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

Email: nguyendung.amc@gmail.com

TÓM TẮT

Hà Nội đang thúc đẩy phát triển kinh tế ban đêm (KTBD) và từng bước hoàn thiện cơ chế khai thác không gian công cộng (KGCC) phục vụ các hoạt động ban đêm. Tuy nhiên, thực tiễn tại khu vực nội đô cho thấy kết quả phát triển không đồng đều: một số không gian duy trì được sức sống về đêm và khả năng thu hút người sử dụng liên tục, trong khi nhiều không gian khác có điều kiện khá tương đồng lại chưa hình thành được các hoạt động ban đêm bền vững. Thực tế này đặt ra câu hỏi về vai trò của KGCC trong sự hình thành và duy trì KTBD. Trên cơ sở tổng hợp lý thuyết về KGCC, nhịp thời gian đô thị và KTBD, kết hợp phân tích, đối chiếu các trường hợp điển hình tại nội đô Hà Nội, bài báo chỉ ra rằng sự khác biệt này không chỉ xuất phát từ chính sách hay hoạt động kinh doanh mà chủ yếu gắn với đặc điểm và cách thức vận hành của KGCC. Từ đó, bài báo đề xuất khái niệm “mức độ phù hợp của không gian công cộng” như một khung khái niệm để lý giải sự khác biệt trong phát triển KTBD, đồng thời gợi mở cơ sở lý luận cho quản lý KGCC theo trục thời gian nhằm thúc đẩy phát triển KTBD bền vững tại Hà Nội.

Từ khóa: Không gian công cộng; kinh tế ban đêm; nhịp thời gian đô thị; mức độ phù hợp không gian; nội đô Hà Nội.

ABSTRACT

As Hanoi advances the development of the night-time economy while progressively establishing mechanisms for utilizing public spaces for night-time activities, significant disparities have emerged in the performance of different public spaces within the city's inner urban area. While some public spaces have sustained vibrant night-time activities and continuously attracted users, others with seemingly similar physical conditions have failed to develop a sustainable night-time economy. This raises an important question regarding the role of public space in the formation and long-term sustainability of the night-time economy. Drawing upon theories of public space, urban temporal rhythms, and the night-time economy, and through a comparative analysis of representative cases in Hanoi's inner urban area, this paper argues that these differences are primarily attributable to the intrinsic characteristics and temporal operation of public spaces rather than to policy interventions or commercial activities alone. Based on this analysis, the paper proposes the concept of spatial suitability as a conceptual framework for explaining variations in the development of the night-time economy. It further provides a theoretical foundation for managing public spaces through a temporal management approach to support the sustainable development of Hanoi's night-time economy.

Keywords: Public space; night-time economy; spatial suitability; urban temporal rhythms; Hanoi inner urban area.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, KTBD được nhiều quốc gia và đô thị xem như một động lực tăng trưởng mới nhằm mở rộng thời gian tiêu dùng và khai thác hiệu quả hơn các nguồn lực không gian, hạ tầng và đời sống đô thị trong các khung giờ buổi tối và ban đêm. Tại Việt Nam, định hướng này đã từng bước được thể chế hóa và gắn

với yêu cầu phát triển đô thị bền vững [1], [2]. Riêng Hà Nội đã ban hành nhiều cơ chế, chính sách liên quan, từ các quy định đặc thù của Luật Thủ đô [3] đến Đề án phát triển kinh tế ban đêm và các định hướng cải tạo, tái thiết khu vực nội đô [4], [5].

Tuy nhiên, thực tiễn tại Hà Nội cho thấy sự khác biệt đáng chú ý giữa các KGCC. Trong khi khu vực Hồ Gươm, phố cổ hay một số

không gian ven Hồ Tây duy trì được sức sống đô thị và thu hút các hoạt động kinh tế vào ban đêm, nhiều không gian khác dù được đầu tư hạ tầng tương đồng lại chưa hình thành được các hoạt động ban đêm ổn định. Sự khác biệt này cho thấy phát triển KTBD không chỉ phụ thuộc vào chính sách hay hoạt động kinh doanh mà còn gắn với cách tổ chức, vận hành và sử dụng không gian đô thị theo thời gian; từ đó đặt ra câu hỏi: đâu là vai trò thực sự của KGCC trong việc hình thành và duy trì các hoạt động ban đêm?

Tổng quan nghiên cứu cho thấy hai hướng tiếp cận liên quan chưa được kết nối đầy đủ. Các nghiên cứu về KTBD chủ yếu tiếp cận từ kinh tế, du lịch, thương mại và dịch vụ, trong đó KGCC thường được xem là nơi diễn ra hoạt động hơn là yếu tố định hình sự phát triển của KTBD [6], [7], [8]. Ngược lại, các nghiên cứu về KGCC và quy hoạch đô thị theo thời gian đã phát triển sâu các luận điểm về nhịp thời gian đô thị và sự biến đổi của hoạt động sử dụng không gian [9], [6], [10], nhưng hiếm khi liên kết với KTBD như một bài toán quản lý không gian. Vì vậy, câu hỏi vì sao những không gian tương đồng về điều kiện hạ tầng vật lý lại cho kết quả KTBD khác nhau chưa được lý giải một cách thấu đáo từ góc độ quản lý đô thị.

Từ khoảng trống nghiên cứu trên, bài báo tập trung làm rõ ba vấn đề chính. Thứ nhất, bản chất của KTBD trong cấu trúc vận hành của đô thị là gì. Thứ hai, vì sao và trong những điều kiện nào KGCC đóng vai trò nền tảng đối với KTBD. Thứ ba, quản lý KGCC theo trục thời gian bao gồm những nội dung vận hành cụ thể nào.

Để làm rõ các vấn đề trên, bài báo xem xét vai trò của không gian đô thị và cách thức vận hành không gian theo thời gian trong sự hình thành KTBD; lập luận được phát triển thông qua tổng hợp lý thuyết và đối chiếu các trường hợp tại khu vực Nội đô Hà Nội. Nghiên cứu lựa chọn KGCC, thay vì các công trình thương mại, dịch vụ hay không gian tư nhân, vì đây là loại không gian phản ánh rõ nhất mối quan hệ giữa đời sống công cộng, hoạt động xã hội và KTBD, đồng thời chịu tác động trực tiếp của các yêu cầu quản lý đô thị.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN

2.1. Từ vận hành đô thị theo thời gian đến bản chất KTBD

Để trả lời câu hỏi thứ nhất, cần nhìn đô thị không phải như một thực thể không gian tĩnh mà như một quá trình vận hành trong thời gian: con người không sống trong không gian vật lý thuần túy mà trong các nơi chốn được trải nghiệm đồng thời theo cả phương diện không gian và thời gian [9]. Hướng nghiên cứu và quy hoạch đô thị từ phương diện thời gian, phát triển mạnh ở châu Âu, nhấn mạnh vai trò của nhịp điệu đô thị (*urban rhythms*): mỗi đô thị vận hành theo những nhịp điệu riêng, phụ thuộc vào đặc điểm dân cư, cấu trúc hạ tầng và tập quán sử dụng không gian [10], [11].

KTBD có thể được hiểu như biểu hiện kinh tế của quá trình vận hành đô thị trong không gian và thời gian: cùng một KGCC có thể đảm nhận những trạng thái sử dụng khác nhau, từ hoạt động thường nhật ban ngày đến hoạt động buổi tối, ban đêm và giai đoạn phục hồi, mỗi trạng thái gắn với những nhu cầu và hình thức hoạt động kinh tế riêng. Khi đời sống đô thị mở rộng sang các khung giờ buổi tối và ban đêm, hình thành hiện tượng thành phố ban đêm (*night-time city*) hoặc thành phố 24 giờ, các hoạt động kinh tế gắn với trạng thái đô thị về đêm cũng xuất hiện, thường được thảo luận dưới các khái niệm “kinh tế buổi tối” (*evening economy*) và “kinh tế ban đêm” (*night-time economy*) [12], [8]. Các hoạt động này không phân bố đồng đều trong đô thị mà hình thành những không gian có mức độ sôi động, cách thức sử dụng và nhóm người tham gia khác nhau [7].

Trong nghiên cứu này, KTBD được tiếp cận trong khoảng thời gian từ 18h00 đến 06h00 sáng hôm sau, phù hợp với Đề án phát triển kinh tế ban đêm ở Việt Nam theo Quyết định số 1129/QĐ-TTg

năm 2020 [1]; nghiên cứu đặc biệt quan tâm đến sự chuyển đổi giữa các trạng thái sử dụng và giai đoạn phục hồi từ 02h00 đến 06h00 như một bộ phận của quá trình quản lý KGCC.

Cách tiếp cận này đặt yếu tố không gian vào vị trí trung tâm của phân tích, thay vì chỉ tập trung vào bản thân các hoạt động kinh doanh. Sự khác biệt giữa hai cách tiếp cận trong việc xác định vai trò của KGCC, trọng tâm quản lý và trọng tâm phân tích được khái quát trong Bảng 1.

Bảng 1. So sánh hai cách tiếp cận trong nghiên cứu và quản lý KTBD

Khía cạnh so sánh	KTBD như một ngành kinh tế	KTBD như biểu hiện của trạng thái vận hành đô thị ban đêm
Định hướng cách tiếp cận	Tập trung vào các hoạt động kinh doanh ban đêm	Xem hoạt động kinh tế là biểu hiện của trạng thái vận hành đô thị ban đêm
Vai trò của KGCC	Không gian diễn ra các hoạt động kinh doanh	Nền tảng của không gian đô thị được tổ chức và vận hành theo thời gian
Trọng tâm quản lý	Cấp phép, kinh doanh, an ninh	Quản lý và vận hành sử dụng không gian theo thời gian
Trọng tâm phân tích	Quy mô và hiệu quả các hoạt động kinh tế	Quan hệ giữa không gian công cộng, hoạt động kinh tế và vận hành đô thị

2.2. Vì sao KGCC đóng vai trò nền tảng

Khi KTBD được tiếp cận như biểu hiện của trạng thái vận hành đô thị ban đêm, KGCC không chỉ là nơi diễn ra các hoạt động mà trở thành điều kiện quyết định khả năng hình thành và duy trì các hoạt động đó. Trong nghiên cứu này, KGCC được hiểu theo nghĩa rộng, gồm các không gian mở có khả năng tiếp cận và sử dụng công cộng cao như quảng trường, công viên, vườn hoa, tuyến phố đi bộ; tính công cộng được xem xét qua khả năng tiếp cận, khả năng sử dụng và khả năng tham gia các hoạt động công cộng [6]. Cách hiểu này phù hợp với thực tiễn nội đô Hà Nội, nơi phần lớn hoạt động KTBD diễn ra trên các không gian mở có tính tiếp cận cao.

Vai trò nền tảng của KGCC không được quyết định bởi từng thuộc tính riêng lẻ mà bởi sự kết hợp của nhiều thuộc tính: đặc tính vật lý, mức độ đan xen chức năng, khả năng tiếp cận, khả năng thích ứng và văn hóa sử dụng không gian. Những không gian duy trì được hoạt động công cộng thường có khả năng tiếp cận tốt, linh hoạt về công năng và tạo điều kiện cho việc dừng chân, giao lưu, gặp gỡ [13], [14], [6]; cấu trúc đường phố và tổ chức không gian ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chống lợp các hoạt động theo thời gian [15], [16]; nhịp vận hành của mỗi không gian còn chịu tác động của điều kiện hạ tầng, thể chế và bối cảnh lịch sử, văn hóa [10]. Trong đó, văn hóa sử dụng không gian là thành phần quan trọng nhưng thường ít được chú ý: được phản ánh qua thói quen và tập quán sử dụng KGCC như đi bộ, dừng chân, gặp gỡ và giao lưu hình thành qua thời gian và góp phần tạo nên bản sắc nơi chốn (*place identity*) [17]. Khác với đời sống công cộng vốn có thể quan sát và đo đếm, văn hóa sử dụng không gian cần được bồi đắp theo thời gian: một quảng trường mới chỉ đủ điều kiện hạ tầng vật lý mà chưa tích lũy được tập quán sử dụng thì khó hình thành đời sống công cộng ổn định về đêm.

2.3. Quản lý KGCC theo trục thời gian gồm những nội dung gì?

Khi KGCC được xem là nền tảng vật chất của KTBD, nội dung quản lý cần chuyển từ quản lý hoạt động sang quản lý quá trình sử dụng không gian theo thời gian: trọng tâm không còn là các hoạt động kinh doanh riêng lẻ mà là cách không gian vận hành, chuyển đổi và thích ứng trong các khung thời gian khác nhau. Để án phát triển kinh tế đêm của Hà Nội đã bước đầu thể hiện cách tiếp cận này qua cơ chế phân vùng động, tĩnh, chuyển tiếp và các khung giờ hoạt động [4], [18]. Trên cơ sở đó, nội dung quản lý có thể phân thành ba lớp có quan hệ chặt chẽ; cách phân chia này kế thừa các nghiên cứu

về cộng hưởng thời gian, lập trình không gian và quản lý sự thay đổi theo thời gian [6], kinh nghiệm quản lý đô thị ban đêm [7], đồng thời tương đồng với công cụ quy hoạch theo thời gian tại một số đô thị châu Âu, nơi thành phố vận hành song song một kế hoạch không gian và một kế hoạch điều phối các thời gian của đô thị [19].

Lớp thứ nhất là quản lý trạng thái sử dụng, nhận diện và điều hành các trạng thái sử dụng khác nhau của cùng một không gian theo từng khung thời gian. Lớp thứ hai là quản lý cường độ sử dụng, kiểm soát mật độ người, mức độ tập trung hoạt động và áp lực lên hạ tầng nhằm duy trì chất lượng không gian. Lớp thứ ba là quản lý quá trình chuyển đổi trạng thái, với ngưỡng và quy trình chuyển đổi được xác định trước cho các thời điểm chuyển tiếp. Nội dung, công cụ và sự gắn kết của ba lớp quản lý với cơ chế của Hà Nội được khái quát trong Bảng 2.

Bảng 2. Ba lớp quản lý KGCC theo trục thời gian

Lớp quản lý	Nội dung quản lý	Công cụ quản lý	Gắn với cơ chế Hà Nội
Trạng thái sử dụng	Phân định và điều hành trạng thái theo khung giờ	Quy định khung giờ, phân vùng chức năng theo thời gian	Phân vùng động, tĩnh, chuyển tiếp
Cường độ sử dụng	Mật độ, tập trung hoạt động, áp lực hạ tầng	Điều tiết dòng người, giới hạn quy mô, giám sát năng lực chịu tải	Kiểm soát cao điểm tại khu vực phố cổ, khu vực quanh Hồ Gươm
Chuyển đổi trạng thái	Ngưỡng và quy trình chuyển giữa các trạng thái	Quy trình đóng và mở tuyến, chuyển đổi sự kiện, chuyển sang phục hồi	Chuyển từ giao thông sang đi bộ và ngược lại

2.4. Giai đoạn phục hồi trong vòng đời sử dụng theo ngày

Việc sử dụng KGCC trong một ngày có thể được nhìn nhận như một chu trình vận hành gồm các trạng thái nối tiếp nhau, trong đó sau giai đoạn hoạt động cao điểm ban đêm là giai đoạn phục hồi không gian, thường từ khoảng 02h00 đến 06h00, dành cho vệ sinh môi trường, thu gom và phân loại chất thải, hoàn trả mặt bằng, kiểm tra chất lượng không gian và chuẩn bị cho chu kỳ sử dụng tiếp theo.

Giai đoạn phục hồi có hai vai trò. Ở góc độ vận hành, giai đoạn này gắn với duy trì chất lượng không gian và kiểm soát áp lực lên hạ tầng. Ở góc độ phát triển bền vững, khả năng duy trì KTBD không chỉ phụ thuộc vào việc kéo dài thời gian hoạt động mà còn vào khả năng tái lập chất lượng không gian sau mỗi chu kỳ sử dụng [6], bởi việc kéo dài hoạt động ban đêm luôn đi kèm các chi phí môi trường và xã hội như ô nhiễm ánh sáng, tác động đến nhịp sinh học và gia tăng tiêu thụ năng lượng [20]. Đối với các khu vực có giá trị lịch sử và mức độ nhạy cảm cao, giai đoạn phục hồi còn góp phần hạn chế tác động tích lũy của hoạt động ban đêm đối với cảnh quan và di sản đô thị [21].

2.5. Mức độ phù hợp của KGCC như một cách tiếp cận giải thích sự khác biệt

Sự khác biệt về kết quả phát triển KTBD giữa các KGCC có thể được lý giải từ mức độ phù hợp của chính các không gian đó. Mức độ phù hợp không phụ thuộc vào một điều kiện riêng lẻ mà là kết quả của sự kết hợp giữa các nhóm thuộc tính không gian, xã hội - văn hóa và quản lý đã được phân tích ở các mục trên; trong đó, khả năng tiếp cận, mức độ đan xen chức năng, văn hóa sử dụng không gian, quản lý theo trục thời gian và khả năng phục hồi sau mỗi chu kỳ hoạt động giữ vai trò đặc biệt quan trọng.

Trong nghiên cứu này, “mức độ phù hợp của không gian” được hiểu là khả năng của một KGCC trong việc hình thành, duy trì và hỗ trợ các hoạt động KTBD trong một khoảng thời gian xác định, đồng thời vẫn bảo đảm chất lượng không gian, giá trị văn hóa - di sản và điều kiện sống của cộng đồng cư dân. Khái niệm này được sử dụng

như một khung tổng hợp nhằm giải thích vì sao không phải mọi KGCC đều phù hợp để phát triển KTBD, dù có thể có điều kiện hạ tầng tương đối tương đồng.

Từ các cơ sở lý luận đã trình bày, nghiên cứu đề xuất khung khái niệm về mức độ phù hợp của KGCC đối với phát triển KTBD (Hình 1); trong đó, ba nhóm thuộc tính nêu trên là các thành phần cấu thành mức độ phù hợp, và quản lý theo trục thời gian được cụ thể hóa qua ba lớp quản lý đã trình bày ở Mục 2.3.



Hình 1. Khung khái niệm đề xuất về mức độ phù hợp của không gian (Spatial Suitability) đối với phát triển kinh tế ban đêm

3. PHÂN TÍCH TRƯỜNG HỢP HÀ NỘI VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đối chiếu các trường hợp nội đô Hà Nội

Các KGCC tại nội đô Hà Nội có nhiều đặc điểm chung: gắn với mặt nước, di sản và mạng lưới đường phố truyền thống, mức độ đan xen chức năng cao, tập quán sử dụng KGCC được tích lũy qua thời gian. Tuy nhiên, các thuộc tính này không phân bố đồng đều; chính sự khác biệt về tổ hợp thuộc tính tạo nên mức độ phù hợp khác nhau và là cơ sở để đối chiếu các trường hợp dưới đây.

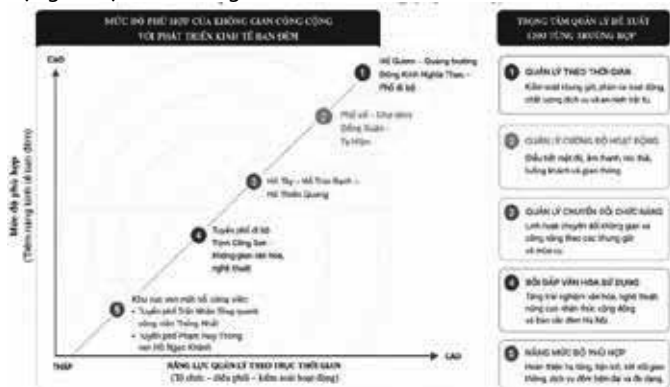
Khu vực Hồ Gươm và tuyến phố đi bộ lân cận có vị trí trung tâm, mức độ đan xen chức năng cao và văn hóa sử dụng được tích lũy qua nhiều thế hệ; các thuộc tính không gian đã hội tụ ở mức cao nên yếu tố quyết định nằm ở cách không gian được tổ chức và vận hành theo thời gian. Việc tổ chức phố đi bộ cuối tuần chuyển đổi không gian giao thông thành không gian đi bộ, duy trì dòng người và kéo dài thời gian sử dụng vào ban đêm; do nằm trong khu vực di sản có cường độ sử dụng cao, hoạt động ban đêm chỉ bền vững khi đi kèm quản lý cường độ và phục hồi sau mỗi chu kỳ. Trường hợp này cho thấy khi mức độ phù hợp đã hình thành, quản lý theo trục thời gian trở thành yếu tố quyết định khả năng kích hoạt và duy trì KTBD.

Khu vực phố cổ có khả năng tiếp cận cao, mạng lưới đường phố dày, sự đan xen của các chức năng ở, thương mại, dịch vụ và hoạt động công cộng, tạo nên mức độ đan xen chức năng và văn hóa sử dụng không gian thuộc loại cao nhất Nội đô, thể hiện qua hàng quán Tạ Hiện, chợ đêm Hàng Đào - Đồng Xuân và sinh hoạt vỉa hè buổi tối. Tuy nhiên, khi cường độ người sử dụng và hoạt động vượt ngưỡng chịu tải của không gian, trọng tâm quản lý chuyển từ kích hoạt sang kiểm soát mật độ, điều tiết dòng người và giảm áp lực hạ tầng. Trường hợp này cho thấy mức độ phù hợp cao chỉ được duy trì khi cường độ sử dụng nằm trong giới hạn chịu tải, bảo đảm chất lượng không gian và đời sống cư dân.

Khu vực ven Hồ Tây và Hồ Trúc Bạch phản ánh một dạng phân hóa khác: mức độ phù hợp không đồng đều ngay trong cùng một hệ thống không gian. Cảnh quan mặt nước, khả năng tiếp cận thuận

lợi cùng hệ thống quản cả phê, hàng ăn ven hồ đã từng bước hình thành tập quán sử dụng không gian vào buổi tối; song sự khác biệt giữa các tuyến nằm ở mức độ đan xen chức năng: tuyến đan xen cao có các hoạt động hỗ trợ lẫn nhau, duy trì dòng người trong nhiều khung thời gian; tuyến công năng đơn điệu chỉ thu hút người sử dụng vào thời điểm nhất định, khiến hoạt động ban đêm cục bộ và thiếu liên tục. Trường hợp này cho thấy quản lý theo trục thời gian chỉ phát huy hiệu quả khi đi cùng sự hoàn thiện các thuộc tính không gian, trong đó mức độ đan xen chức năng đô thị là thuộc tính quan trọng tạo nên sự phân hóa.

Các không gian ven hồ và công viên, tiêu biểu như tuyến Trần Nhân Tông quanh Công viên Thống Nhất và tuyến Phạm Huy Thông ven Hồ Ngọc Khánh, dù được đầu tư tương đối đồng bộ về hạ tầng và cảnh quan, có mức độ đan xen chức năng chưa cao, tập quán sử dụng ban đêm chưa rõ nét và việc tổ chức hoạt động theo khung thời gian mới ở bước đầu, nên lượng người sử dụng buổi tối không ổn định, chưa đủ tạo động lực cho KTBD. Trường hợp này cho thấy hạ tầng và chất lượng không gian chỉ là điều kiện nền tảng; để hình thành và duy trì KTBD bền vững còn cần sự hội tụ của cấu trúc năng đô thị, khả năng thu hút dòng người và quá trình tích lũy hoạt động xã hội theo thời gian.



Hình 2. Sơ đồ đối chiếu khung khái niệm với các trường hợp nghiên cứu (Phân loại không gian công cộng theo mức độ phù hợp và trọng tâm quản lý để phát triển kinh tế ban đêm bền vững tại nội đô Hà Nội)

3.2. Đóng góp của khung khái niệm đối với công tác quản lý KTBD tại Hà Nội

Với khung khái niệm đề xuất, quản lý và phát triển KTBD ở nội đô Hà Nội cần bắt đầu từ việc nhận diện mức độ phù hợp của từng KGCC. Cách tiếp cận này chuyển trọng tâm từ quản lý hoạt động kinh doanh sang quản lý không gian, các thuộc tính của không gian và chế độ vận hành của không gian theo thời gian.

Việc đưa một không gian vào khai thác KTBD cần dựa trên đánh giá tổng hợp các nhóm thuộc tính cấu thành mức độ phù hợp, gồm thuộc tính không gian, xã hội - văn hóa và quản lý. Trong đó, quản lý theo trục thời gian giữ vai trò đặc biệt quan trọng, bởi nó quyết định cách không gian được kích hoạt, điều tiết, chuyển đổi và phục hồi sau mỗi chu kỳ hoạt động ban đêm.

Đối với những không gian có mức độ phù hợp cao, ba lớp quản lý cần được triển khai đồng bộ, trong đó giai đoạn phục hồi được xem là một bộ phận của chu trình vận hành. Riêng các không gian có giá trị và mức độ nhạy cảm cao như Hồ Gươm và phố cổ, kiểm soát cường độ sử dụng và bảo đảm phục hồi sau mỗi chu kỳ là điều kiện tiên quyết để duy trì hoạt động lâu dài mà không làm suy giảm chất lượng không gian và giá trị di sản. Trong khi đó, với những không gian đang hình thành văn hóa sử dụng như ven Hồ Tây, cách tiếp cận phù hợp hơn là từng bước bồi đắp tập quán sử dụng và điều chỉnh linh hoạt phương thức vận hành theo quá trình phát triển của không gian.

4. KẾT LUẬN

Bài báo xuất phát từ một câu hỏi thực tiễn tại khu vực nội đô Hà Nội: vì sao những KGCC có điều kiện hạ tầng tương đối tương đồng lại cho kết quả phát triển KTBD rất khác nhau. Trên cơ sở tiếp cận đô thị như một hệ thống vận hành theo thời gian, nghiên cứu đề xuất cách hiểu KTBD như biểu hiện kinh tế của trạng thái vận hành đô thị về đêm, thay vì chỉ xem đó là sự kéo dài của các hoạt động kinh doanh ngoài giờ hành chính.

Đóng góp chính của nghiên cứu là đề xuất khung khái niệm về mức độ phù hợp của KGCC đối với phát triển KTBD. Cách tiếp cận này góp phần lý giải vì sao cùng một định hướng phát triển KTBD nhưng các KGCC có thể tạo ra những kết quả rất khác nhau.

Kết quả nghiên cứu đồng thời gợi mở một cách tiếp cận mới trong quản lý không gian công cộng trong bối cảnh thúc đẩy kinh tế ban đêm: việc đánh giá mức độ phù hợp của không gian công cộng cần được thực hiện trước khi quyết định lựa chọn: địa điểm, mô hình tổ chức và cách thức vận hành sao cho phù hợp với các hoạt động kinh tế ban đêm vô cùng đa dạng tại Hà Nội nói chung và khu vực Nội đô nói riêng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 1129/QĐ-TTg ngày 27/7/2020 phê duyệt Đề án phát triển kinh tế ban đêm ở Việt Nam, Hà Nội, 2020.
- [2] Bộ Chính trị. Nghị quyết số 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 về Quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, Hà Nội, 2022.
- [3] Quốc hội. Luật Thủ đô số 02/2026/QH16, có hiệu lực từ 01/7/2026, Hà Nội, 2026.
- [4] UBND thành phố Hà Nội. Quyết định số 2419/QĐ-UBND ngày 9/5/2026 phê duyệt Đề án phát triển kinh tế đêm trên địa bàn thành phố Hà Nội giai đoạn 2026-2030, định hướng đến năm 2045, Hà Nội, 2026.
- [5] UBND thành phố Hà Nội. Quyết định số 2512/QĐ-UBND ngày 13/5/2026 phê duyệt Quy hoạch tổng thể Thủ đô Hà Nội tầm nhìn 100 năm, Hà Nội, 2026.
- [6] Carmona, M. Public Places - Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design, 3rd ed. Routledge, London và New York, 2021.
- [7] Roberts, M., Eldridge, A. Planning the Night-time City. Routledge, London, 2009.
- [8] Bianchini, F. Night Cultures, Night Economies. Planning Practice & Research, 10(2), pp. 121-126, 1995.
- [9] Lynch, K. What Time Is This Place?. MIT Press, Cambridge, 1972.
- [10] Henckel, D., Thomaier, S., Könecke, B., Zedda, R., Stabilini, S. (eds.). Space-Time Design of the Public City. Urban and Landscape Perspectives, vol. 15. Springer, Dordrecht, 2013.
- [11] Mareggi, M. Urban Rhythms in the Contemporary City. In: Henckel, D., Thomaier, S., Könecke, B., Zedda, R., & Stabilini, S. (eds.). Space-Time Design of the Public City. Urban and Landscape Perspectives, vol. 15. Springer, Dordrecht, pp. 3-20, 2013.
- [12] Heath, T. The twenty-four hour city concept. Journal of Urban Design, 2(2), pp. 193-204, 1997.
- [13] Jacobs, J. The Death and Life of Great American Cities. Random House, New York, 1961.
- [14] Gehl, J. Cities for People. Island Press, Washington DC, 2011.
- [15] Alexander, C. et al. A Pattern Language. Oxford University Press, New York, 1977.
- [16] Marshall, S. Streets and Patterns. Spon Press, London, 2005.
- [17] Lynch, K. Good City Form. MIT Press, Cambridge, 1981.
- [18] Hội đồng nhân dân thành phố Hà Nội. Nghị quyết số 34/2026/NQ-HĐND ngày 15/6/2026 quy định về phát triển kinh tế ban đêm trên địa bàn thành phố Hà Nội, có hiệu lực từ 01/7/2026, Hà Nội, 2026.
- [19] Zambianchi, M. The Area Governance Plan and the Territorial Time Plan of the City of Bergamo. In: Henckel, D., Thomaier, S., Könecke, B., Zedda, R., & Stabilini, S. (eds.). Space-Time Design of the Public City. Urban and Landscape Perspectives, vol. 15. Springer, Dordrecht, pp. 227-243, 2013.
- [20] Pottharst, M., Könecke, B. The Night and Its Loss. In: Henckel, D., Thomaier, S., Könecke, B., Zedda, R., & Stabilini, S. (eds.). Space-Time Design of the Public City. Urban and Landscape Perspectives, vol. 15. Springer, Dordrecht, pp. 37-48, 2013.
- [21] UNESCO. Recommendation on the Historic Urban Landscape. UNESCO, Paris, 2011.

Khai thác giá trị văn hóa truyền thống trong tổ chức không gian ở của người Thái khu vực Tây Bắc: Nghiên cứu trường hợp bản Vàng Pheo

Exploiting traditional culture in the organization of Thai ethnic residential space in Northwest Vietnam: A case study of Vang Pheo village

> LÊ TIẾN THUẬN

Khoa Kiến trúc - Quy hoạch, Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: thuanlt@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Không gian ở truyền thống của người Thái khu vực Tây Bắc Việt Nam phản ánh mối quan hệ chặt chẽ giữa điều kiện tự nhiên, tổ chức xã hội và bản sắc văn hóa cộng đồng. Tuy nhiên, dưới tác động của quá trình hiện đại hóa, đô thị hóa và phát triển du lịch cộng đồng, nhiều giá trị không gian cư trú truyền thống đứng trước nguy cơ bị biến đổi và mai một. Nghiên cứu này tập trung phân tích thực trạng tổ chức không gian ở của người Thái tại bản Vàng Pheo, tỉnh Lai Châu - một bản người Thái trắng còn lưu giữ tương đối nguyên vẹn cấu trúc cư trú truyền thống. Thông qua khảo sát thực địa, phân tích không gian và tổng hợp tài liệu nghiên cứu, bài báo làm rõ các giá trị văn hóa truyền thống thể hiện trong tổ chức không gian bản, khuôn viên và kiến trúc nhà ở. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất các giải pháp khai thác giá trị văn hóa truyền thống trong tổ chức không gian cư trú theo hướng bảo tồn thích ứng, kết hợp giữa gìn giữ bản sắc văn hóa với nâng cao chất lượng sống và phát triển du lịch cộng đồng bền vững. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho định hướng phát triển không gian cư trú của người Thái khu vực Tây Bắc trong bối cảnh đương đại.

Từ khóa: Văn hóa truyền thống; không gian ở; dân tộc Thái; Tây Bắc Việt Nam; bản Vàng Pheo; kiến trúc nhà sàn; bảo tồn thích ứng.

ABSTRACT

The traditional residential space of the Thai ethnic group in Northwest Vietnam reflects the close relationship between natural conditions, social organization, and community cultural identity. However, under the impacts of modernization, urbanization, and community-based tourism development, many traditional residential values are facing the risk of transformation and decline. This study focuses on analyzing the current condition of residential space organization in Vang Pheo village, Lai Chau province, one of the White Thai villages that still preserves relatively intact traditional settlement structures. Through field surveys, spatial analysis, and literature review, the paper clarifies the traditional cultural values embedded in the organization of village space, household compounds, and housing architecture. Based on these findings, the study proposes solutions for exploiting traditional culture in residential space organization toward adaptive conservation, combining cultural preservation with improving living quality and sustainable community-based tourism development. The research contributes to the scientific basis for orienting the development of Thai ethnic residential spaces in Northwest Vietnam in the contemporary context.

Keywords: Traditional culture; residential space; Thai ethnic group; Northwest Vietnam; Vang Pheo village; stilt house architecture; adaptive conservation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Không gian ở truyền thống của dân tộc Thái khu vực Tây Bắc Việt Nam là kết quả của quá trình thích ứng lâu dài giữa con người với điều kiện tự nhiên, môi trường sinh thái và cấu trúc xã hội cộng đồng. Trong đó, tổ chức không gian bản, khuôn viên và kiến trúc nhà ở không chỉ đáp ứng nhu cầu cư trú mà còn phản ánh sâu sắc đời sống văn hóa, tín ngưỡng, tập quán sản xuất và quan hệ cộng đồng của người Thái [1], [2]. Các yếu tố như vị trí lựa chọn bản làng ven suối, cấu trúc nhà sàn, không gian sinh

hoạt cộng đồng, tổ chức khuôn viên gắn với sản xuất nông nghiệp... đã hình thành nên một hệ thống không gian ở mang bản sắc đặc trưng của cư dân vùng núi Tây Bắc [3]. Theo Rapoport [4], không gian ở truyền thống không đơn thuần là sản phẩm vật chất mà còn là biểu hiện của các giá trị văn hóa, cấu trúc xã hội và quan niệm sống của cộng đồng cư dân bản địa. Đối với người Thái vùng Tây Bắc, mô hình cư trú “bản ven suối - nhà sàn - ruộng nước” thể hiện rõ mối quan hệ cộng sinh giữa con người với tự nhiên và văn hóa cộng đồng [5].

Tuy nhiên, trong bối cảnh hiện đại hóa, đô thị hóa và phát triển du lịch cộng đồng hiện nay, không gian ở truyền thống của người Thái đang chịu nhiều tác động mạnh mẽ. Sự xuất hiện của vật liệu xây dựng mới, thay đổi nhu cầu sinh hoạt, chuyển đổi cơ cấu kinh tế và xu hướng xây dựng nhà ở theo kiểu đô thị đã làm biến đổi đáng kể cấu trúc không gian truyền thống. Nhiều giá trị văn hóa bản địa dần bị mai một; các yếu tố tổ chức không gian mang tính truyền thống bị thay thế hoặc suy giảm vai trò trong đời sống cộng đồng [6], [7].

Bản Vàng Pheo, xã Mường So, tỉnh Lai Châu là một trong những bản người Thái trắng còn lưu giữ tương đối nguyên vẹn cấu trúc không gian cư trú truyền thống, hệ thống nhà sàn và các hoạt động văn hóa cộng đồng đặc trưng. Đồng thời, bản cũng đang phát triển mô hình du lịch cộng đồng gắn với bảo tồn văn hóa truyền thống [8]. Đây là điều kiện thuận lợi để nghiên cứu mối quan hệ giữa văn hóa truyền thống và tổ chức không gian ở, từ đó đề xuất các giải pháp khai thác giá trị văn hóa trong định hướng tổ chức không gian cư trú thích ứng với bối cảnh phát triển mới.

Nghiên cứu tập trung làm rõ các giá trị văn hóa truyền thống tác động đến tổ chức không gian ở của người Thái tại bản Vàng Pheo; phân tích thực trạng biến đổi không gian cư trú; đồng thời đề xuất các giải pháp khai thác giá trị văn hóa truyền thống trong tổ chức không gian bản, khuôn viên và kiến trúc nhà ở, góp phần bảo tồn bản sắc văn hóa và phát triển bền vững không gian cư trú của dân tộc Thái ở vùng Tây Bắc.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Các nghiên cứu về không gian cư trú truyền thống của người Thái vùng Tây Bắc Việt Nam chủ yếu tập trung vào ba hướng chính: cấu trúc bản làng và tổ chức không gian cư trú; kiến trúc nhà sàn truyền thống; và bảo tồn văn hóa gắn với phát triển du lịch cộng đồng.

Nhiều nghiên cứu cho thấy tổ chức không gian bản của người Thái có mối quan hệ chặt chẽ với điều kiện tự nhiên, đặc biệt là địa hình, nguồn nước và phương thức canh tác lúa nước [1], [2]. Mô hình cư trú “bản ven suối - nhà sàn - ruộng nước” phản ánh rõ sự thích ứng sinh thái và tính cộng đồng trong tổ chức không gian ở [5]. Theo Rapoport [4], không gian ở truyền thống không chỉ là sản phẩm vật chất mà còn phản ánh cấu trúc xã hội và các giá trị văn hóa của cộng đồng cư dân bản địa.

Ở quy mô kiến trúc, các nghiên cứu đã làm rõ giá trị văn hóa và kỹ thuật của nhà sàn người Thái. Nhà ở truyền thống vừa đáp ứng nhu cầu cư trú, vừa thể hiện tín ngưỡng, quan hệ gia đình và tập quán sinh hoạt cộng đồng [9, 10]. Theo Oliver [11], kiến trúc vernacular hình thành từ quá trình tích lũy kinh nghiệm bản địa và có khả năng thích ứng cao với môi trường tự nhiên. Điều này thể hiện rõ trong tổ chức nhà sàn của người Thái với kết cấu thích ứng khí hậu nóng ẩm và địa hình miền núi.

Trong bối cảnh hiện nay, nhiều nghiên cứu đã đề cập đến sự biến đổi của không gian cư trú truyền thống dưới tác động của hiện đại hóa và phát triển du lịch cộng đồng [6], [7]. Một số nghiên cứu gần đây bước đầu tiếp cận theo hướng bảo tồn thích ứng, kết hợp giữa gìn giữ bản sắc văn hóa với phát triển bền vững không gian cư trú dân tộc Thái [8], [12]. Đồng thời, tiếp cận Cảnh quan đô thị lịch sử (HUL) của UNESCO cũng nhấn mạnh vai trò của việc bảo tồn các giá trị văn hóa bản địa như một thành phần quan trọng của phát triển bền vững không gian cư trú truyền thống [13].

Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu hiện nay chủ yếu tập trung vào mô tả giá trị văn hóa hoặc kiến trúc nhà ở riêng lẻ,

trong khi còn thiếu các nghiên cứu tiếp cận không gian ở như một hệ thống tổng hợp gồm cấu trúc bản, khuôn viên và kiến trúc nhà ở trong mối quan hệ với văn hóa truyền thống và nhu cầu phát triển đương đại. Đây cũng là khoảng trống mà nghiên cứu này hướng tới bổ sung thông qua trường hợp bản Vàng Pheo.

3. THỰC TRẠNG KHÔNG GIAN BẢN VÀNG PHEO

Bản Vàng Pheo nằm tại xã Mường So, tỉnh Lai Châu, được hình thành ven suối Nậm So và dưới chân núi Phu Nhọ Kho. Không gian cư trú của bản mang đặc trưng điển hình của người Thái trắng vùng Tây Bắc với mô hình tổ chức tuyến theo địa hình thung lũng và dòng chảy tự nhiên.

3.1. Tổ chức không gian bản

Bản Vàng Pheo được hình thành theo dạng cư trú tuyến, phát triển dọc theo hai con suối Nậm So và Nậm Tùn dưới chân núi. Tuyến đường chính kết nối khu di sản Mường So với Quốc lộ 100 đóng vai trò là trục không gian trung tâm, các cụm nhà phân bố hai bên đường và song song với dòng suối. Nhà ở chủ yếu quay mặt ra thung lũng, cánh đồng và nguồn nước, trong khi phía sau tựa vào sườn núi, phản ánh tập quán định cư truyền thống của người Thái (Hình 1).



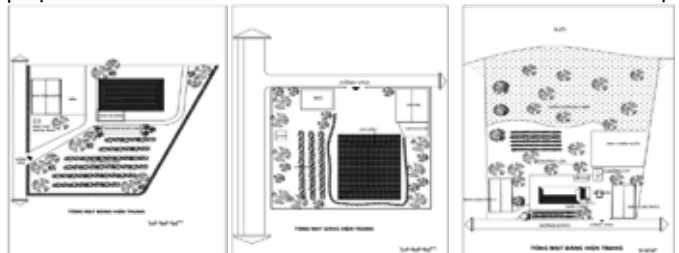
Hình 1. Cấu trúc bản Vàng Pheo

Không gian bản được tổ chức hài hòa với điều kiện tự nhiên: phía Tây là đồi núi và rừng phòng hộ, phía Đông và phía Nam là ruộng nước và đất canh tác nông nghiệp. Khu trung tâm tập trung nhà ở, nhà văn hóa và các tuyến giao thông nội bản; các khu vực ngoại vi bố trí không gian sản xuất, chăn thả và nghĩa địa. Hệ thống giao thông bám theo địa hình tự nhiên, kết nối các cụm nhà thông qua các lối ngõ nhỏ dạng phân nhánh, tạo nên cấu trúc không gian linh hoạt và thích ứng với địa hình miền núi.

Nhìn chung, bản Vàng Pheo là mô hình cư trú truyền thống tiêu biểu của người Thái vùng Tây Bắc, thể hiện sự gắn kết giữa không gian ở, sinh kế sản xuất và cảnh quan tự nhiên.

3.2. Tổ chức khuôn viên

Khuôn viên nhà ở truyền thống người Thái tại Vàng Pheo thường có cấu trúc mở, gắn với hoạt động sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt gia đình. Trong khuôn viên thường bao gồm nhà sàn chính, sân phơi, khu chăn nuôi nhỏ, vườn rau và không gian phụ trợ.



Hình 2. Khuôn viên 3 ngôi nhà tại bản Vàng Pheo

Không gian sản xuất đóng vai trò quan trọng trong đời sống cộng đồng và sinh hoạt hàng ngày, đồng thời là nơi tổ chức các hoạt động thủ công truyền thống như dệt vải, đan lát, chế biến nông sản. Hệ thống cây xanh và hàng rào tự nhiên tạo nên tính chuyển tiếp mềm giữa không gian ở với cảnh quan xung quanh.

Tuy nhiên, dưới tác động của kinh tế thị trường và nhu cầu xây dựng mới, nhiều khuôn viên đã bị thu hẹp hoặc bê tông hóa. Các công trình phụ xây dựng tự phát làm giảm tính thống nhất và hài hòa của tổng thể không gian cư trú.

3.3. Tổ chức kiến trúc nhà ở

Nhà ở truyền thống tại bản Vàng Pheo chủ yếu là nhà sàn gỗ của người Thái trắng. Mặt bằng nhà được tổ chức theo chiều dọc với ba phần chính: không gian tiếp khách và sinh hoạt cộng đồng; không gian giao thông trung tâm; và không gian thờ cúng, nghỉ ngơi. Kiến trúc nhà sàn phản ánh rõ nét cấu trúc văn hóa truyền thống. Không gian bếp giữ vai trò trung tâm trong sinh hoạt gia đình; khu vực thờ cúng tổ tiên bố trí ở vị trí trang trọng; cầu thang nam - nữ phân tách theo tập quán truyền thống.

Hiện nay, số lượng nhà sàn truyền thống còn giữ nguyên trạng không nhiều. Nhiều công trình đã thay đổi vật liệu mái, kết cấu và hình thức kiến trúc bằng vật liệu hiện đại như tôn, bê tông, gạch xây. Một số nhà xây mới mô phỏng hình thức nhà sàn nhưng không còn giữ được tổ chức không gian và giá trị văn hóa nguyên gốc. Sự biến đổi này giúp nâng cao điều kiện tiện nghi sinh hoạt nhưng đồng thời làm suy giảm tính bản địa và bản sắc kiến trúc truyền thống của bản (Hình 3).

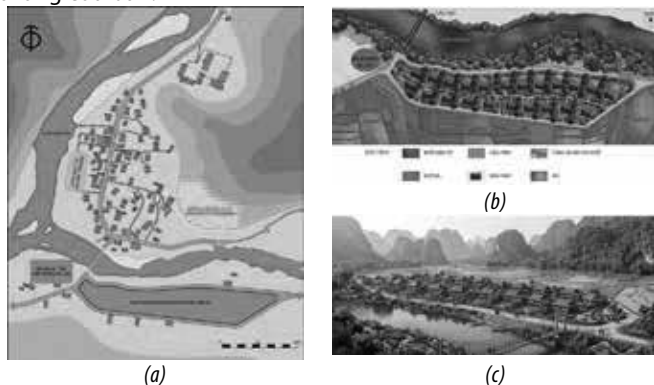


Nhà truyền thống Nhà truyền thống biến đổi Nhà hiện đại
Hình 3. Các loại hình nhà hiện nay tại bản Vàng Pheo

4. GIẢI PHÁP KHAI THÁC VĂN HÓA TRUYỀN THỐNG TRONG TỔ CHỨC KHÔNG GIAN Ở TẠI BẢN VÀNG PHEO

4.1. Giải pháp tổ chức không gian bản

Cần bảo tồn cấu trúc không gian bản truyền thống theo mô hình cư trú gắn với địa hình và nguồn nước tự nhiên. Việc phát triển không gian mới cần hạn chế phá vỡ cấu trúc tuyến truyền thống của bản.



(a) Giải pháp tổ chức không gian bản (b) Tổ chức không gian bản mới phía Bắc suối Nậm So (c) Phối cảnh minh họa bản mới phía Nam suối Nậm So
Hình 4. Giải pháp tổ chức không gian bản

Không gian trung tâm cộng đồng cần được tổ chức thành hạt nhân văn hóa gồm nhà văn hóa, sân lễ hội và không gian sinh

hoạt cộng đồng gắn với các hoạt động văn hóa dân gian như múa xòe, lễ hội Nàng Han, trình diễn nghề thủ công truyền thống.

Các tuyến giao thông nội bản cần ưu tiên quy mô phù hợp với cảnh quan truyền thống; hạn chế mở rộng cứng hóa quá mức, đồng thời xây dựng bãi đỗ xe cho khách du lịch phía bên ngoài bản nhằm hạn chế tác động đến cấu trúc cư trú truyền thống. Tăng cường sử dụng cây xanh, vật liệu địa phương và giải pháp cảnh quan sinh thái nhằm duy trì đặc trưng không gian bản Thái.

Không gian sản xuất nông nghiệp truyền thống như ruộng nước, nương và vườn cần được bảo tồn như một thành phần quan trọng của cấu trúc không gian cư trú và cảnh quan văn hóa (Hình 4).

4.2. Giải pháp tổ chức khuôn viên

Tổ chức khuôn viên cần kế thừa cấu trúc truyền thống gắn với sinh hoạt và sản xuất hộ gia đình. Không gian sân cần được duy trì như vùng chuyển tiếp giữa nhà ở với cộng đồng, đồng thời là nơi diễn ra các hoạt động văn hóa và sản xuất thủ công.

Khuyến khích sử dụng hàng rào mềm, cây xanh bản địa và vườn truyền thống nhằm tăng cường bản sắc cảnh quan và cải thiện vi khí hậu. Các công trình phụ trợ cần bố trí hợp lý, hạn chế xây dựng tự phát làm phá vỡ tổng thể không gian.

Đối với các hộ phát triển du lịch cộng đồng, cần tổ chức khuôn viên theo hướng kết hợp giữa không gian ở truyền thống với không gian trải nghiệm văn hóa như khu dệt thổ cẩm, ẩm thực truyền thống, không gian biểu diễn nghệ thuật dân gian. Giải pháp cải tạo khuôn viên cần đảm bảo hài hòa giữa nhu cầu tiện nghi hiện đại với việc duy trì đặc trưng văn hóa và cảnh quan bản địa (Hình 5).

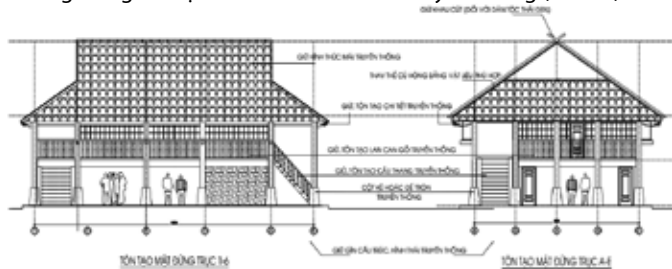


(a) Sử dụng hàng rào mềm, cây xanh (b) Không gian sản xuất truyền thống (c) Không gian sinh hoạt cộng đồng
Hình 5. Giải pháp tổ chức khuôn viên

4.3. Giải pháp tổ chức kiến trúc

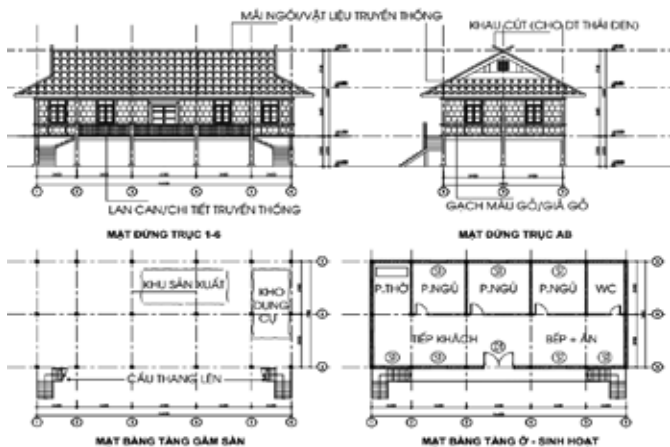
Đối với các nhà sàn truyền thống còn giá trị, cần ưu tiên bảo tồn nguyên trạng kết cấu, hình thức mái và tổ chức không gian nội thất truyền thống. Việc cải tạo cần theo hướng thích ứng, bổ sung tiện nghi hiện đại nhưng không làm phá vỡ cấu trúc văn hóa nguyên gốc. Khuyến khích sử dụng vật liệu địa phương kết hợp công nghệ

xây dựng mới nhằm nâng cao độ bền, khả năng chống chịu khí hậu nhưng vẫn giữ được hình thức kiến trúc truyền thống (Hình 6).



Hình 6. Giải pháp cải tạo nhà truyền thống có giá trị

Đối với công trình xây mới, cần định hướng mô hình kiến trúc kế thừa hình thái nhà sàn truyền thống, bảo tồn tỷ lệ không gian, mái dốc, hiên nhà và cấu trúc tổ chức mặt bằng đặc trưng của người Thái. Không gian nội thất cần tiếp tục duy trì các yếu tố văn hóa như không gian thờ cúng, bếp lửa trung tâm, không gian sinh hoạt cộng đồng và các khu vực gắn với nghề thủ công truyền thống (Hình 7).



Hình 7. Giải pháp tổ chức kiến trúc công trình xây mới

Đồng thời, cần xây dựng bộ hướng dẫn thiết kế kiến trúc phù hợp với điều kiện địa phương nhằm kiểm soát quá trình phát triển xây dựng, đảm bảo hài hòa giữa bảo tồn bản sắc và đáp ứng nhu cầu sinh hoạt hiện đại. Đây cũng là cơ sở để hướng tới mô hình bảo tồn thích ứng trong phát triển không gian cư trú dân tộc Thái vùng Tây Bắc.

5. KẾT LUẬN

Không gian ở truyền thống của người Thái tại bản Vàng Pheo là kết quả của quá trình thích ứng lâu dài với điều kiện tự nhiên, môi trường sinh thái và đời sống văn hóa cộng đồng. Tổ chức không gian bản, khuôn viên và kiến trúc nhà ở đều phản ánh sâu sắc bản sắc văn hóa dân tộc Thái vùng Tây Bắc.

Trong bối cảnh hiện đại hóa và phát triển du lịch cộng đồng, không gian cư trú truyền thống đang có nhiều biến đổi cả về cấu trúc không gian, vật liệu xây dựng và hình thức kiến trúc. Điều này đặt ra yêu cầu cần có các giải pháp khai thác và phát huy giá trị văn hóa truyền thống theo hướng thích ứng với điều kiện phát triển mới.

Các giải pháp đề xuất trong nghiên cứu tập trung vào việc khai thác văn hóa truyền thống như một nền tảng tổ chức không gian cư trú bền vững, bao gồm bảo tồn cấu trúc bản truyền thống, tổ chức khuôn viên gắn với sinh hoạt cộng đồng và phát triển kiến trúc kế thừa giá trị nhà sàn Thái. Đây là cơ sở quan

trọng nhằm vừa giữ gìn bản sắc văn hóa dân tộc vừa nâng cao chất lượng không gian sống và phát triển kinh tế địa phương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Quang Minh, Trần Thị Hạnh. Cấu trúc không gian bản truyền thống người Thái tỉnh Lai Châu. Tạp chí Kiến trúc và Di sản, số 3, tr. 42-47, 2019.
- [2] Trần Hữu Sơn. Nhà ở và cấu trúc cư trú truyền thống người Thái Tây Bắc. Bảo tàng Dân tộc học Việt Nam, 2005.
- [3] Nguyễn Văn Huy. Không gian văn hóa người Thái vùng Tây Bắc. Tạp chí Dân tộc học, số 1, tr. 15-24, 1995.
- [4] Rapoport, A. House Form and Culture. Prentice Hall, 1969.
- [5] Nguyễn Đình Thi, Trần Quốc Bảo. Phát triển bền vững nhà ở dân tộc thiểu số miền núi phía Bắc. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2024.
- [6] Đỗ Thị Thu Hà. Biến đổi không gian làng truyền thống trong bối cảnh phát triển du lịch. Tạp chí Nghiên cứu Đô thị, số 2, tr. 34-41, 2018.
- [7] Lê Thị Thu Mai, Nguyễn Văn Cường. Biến đổi không gian cư trú dân tộc thiểu số miền núi Tây Bắc. Tạp chí Xây dựng và Phát triển, số 1, tr. 45-51, 2022.
- [8] Thi Nguyen Dinh et al. Sustainable Development of Traditional Settlement Space of Thai People in Northwest Vietnam: A Case Study of Vang Pheo Village. Civil Engineering and Architecture, vol.14, no.3, 2026.
- [9] Vương Trung. Nhà sàn truyền thống dân tộc Thái ở Việt Nam. NXB. Hội Nhà văn, Hà Nội, 2018.
- [10] Bao Tran Quoc et al. Impacts of Culture on Traditional Housing Architecture of Ethnic Minority in the Vietnamese Northern Mountains. Journal of Design and Built Environment, vol.24, pp. 1-18, 02/2024.
- [11] Oliver, P. Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture. Routledge, 2006.
- [12] Bùi Minh Thái. Bảo tồn bản làng truyền thống người Thái vùng Tây Bắc. Tạp chí Kiến trúc và Quy hoạch, số 4, tr. 56-62, 2018.
- [13] UNESCO. Recommendation on the Historic Urban Landscape. UNESCO Publishing, 2011.

Nhận diện giá trị đặc trưng của kiến trúc chùa Việt Nam

Identifying the distinctive values of Vietnamese pagoda architecture

> GS.TS.KTS NGUYỄN QUỐC THÔNG

Hội Kiến trúc sư Việt Nam; Email: nquochong@gmail.com

TÓM TẮT

Ngôi chùa là công trình quan trọng nhất trong kiến trúc Phật giáo, được xây dựng ở nhiều vùng miền trên cả nước. Ngôi chùa không chỉ là nơi truyền bá tư tưởng, thực hành các hoạt động Phật giáo mà còn là một công trình văn hóa gắn với cộng đồng dân cư nơi tọa lạc. Ở nước ta hiện có nhiều hệ phái Phật giáo với những đặc điểm kiến trúc chùa khác nhau. Nhiều ngôi chùa đã trở thành di sản, góp phần tạo nên một hệ thống di sản kiến trúc Phật giáo phong phú và đặc sắc. Vì thế, việc nghiên cứu, nhận diện các giá trị đặc trưng của kiến trúc chùa Việt Nam là cần thiết và có ý nghĩa quan trọng. Theo hướng này, đã có nhiều công trình nghiên cứu được thực hiện. Bài viết tập trung nhận diện tính thống nhất và tính đa dạng - một trong những vấn đề lý luận then chốt trong nghiên cứu kiến trúc chùa Việt Nam. Bài viết dựa trên kết quả khảo sát kiến trúc chùa của bốn hệ phái: Bắc tông, Khất sĩ, Nam tông Khmer và Nam tông Kinh, đồng thời tham khảo các tư liệu về kiến trúc chùa Việt Nam. Trên cơ sở đó, bài viết nêu những nhận định ban đầu về tính thống nhất và tính đa dạng trong kiến trúc chùa của từng hệ phái, qua đó gợi mở hướng phát triển kiến trúc chùa Việt Nam.

Từ khóa: Chùa; kiến trúc Phật giáo; kiến trúc dân gian; kiến trúc truyền thống; bản sắc kiến trúc.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phật giáo được du nhập, định hình và phát triển trong suốt hơn 2000 năm với tinh thần “tùy duyên nhập thế” đã thấm sâu vào đời sống của cộng đồng các dân tộc ở nước ta, kết tinh thành những giá trị văn hóa Phật giáo đặc sắc lưu truyền từ thế hệ này sang thế hệ khác.

Trong kiến trúc Phật giáo, ngôi chùa là công trình quan trọng nhất, được xây dựng tại khắp các vùng, miền của đất nước. Ngôi chùa không chỉ là nơi truyền thừa tư tưởng, thực hành nghi lễ và sinh hoạt Phật giáo, mà còn là một công trình văn hóa của cộng đồng dân cư nơi ngôi chùa tọa lạc.

Qua quá trình phát triển, nhiều hệ phái Phật giáo đã hình thành ở nước ta với kiến trúc chùa khác nhau. Ngày nay, nhiều ngôi chùa đã trở thành di sản, góp phần tạo nên một hệ thống di sản kiến trúc Phật giáo phong phú và đặc sắc. Vì thế, việc nghiên cứu, nhận diện giá trị đặc trưng của kiến trúc chùa Việt Nam có ý nghĩa quan trọng.

ABSTRACT

The pagoda is the most important structure in Buddhist architecture, built throughout the country. It is not only a place for transmitting Buddhist thought and practicing Buddhist activities, but also a cultural landmark for the community where it is located. In Vietnam, there are many Buddhist sects with different pagoda architectures. Many pagodas have become heritage sites, contributing to a rich and unique system of Buddhist architectural heritage. Therefore, studying and identifying the distinctive values of Vietnamese pagoda architecture is necessary and of great importance. Many studies have been conducted in this direction. This article focuses on identifying the unity and diversity - one of the key theoretical issues in the study of Vietnamese pagoda architecture. The article is based on the results of a survey of pagoda architecture from four sects: Northern Buddhism, Mendicant Buddhism, Khmer Theravada Buddhism, and Kinh Theravada Buddhism, with reference to Vietnamese pagoda architecture documents. Based on that, initial opinions are presented regarding the unity and diversity in the temple architecture of each sect, thereby suggesting directions for the development of Vietnamese temple architecture.

Keywords: Pagoda; Buddhist architecture; folk architecture; traditional architecture; architectural identity.

Tuy nhiên, đây là vấn đề khó, đã có nhiều người quan tâm nghiên cứu. Bài viết tập trung nhận diện tính thống nhất và tính đa dạng trong kiến trúc chùa Việt Nam - một trong những vấn đề lý luận then chốt trong nghiên cứu kiến trúc chùa. Bài viết dựa trên kết quả của khảo sát kiến trúc chùa của bốn hệ phái: Bắc tông, Khất sĩ, Nam tông Khmer và Nam tông Kinh ở ba miền Bắc, Trung, Nam có tham khảo các tài liệu khoa học liên quan đến kiến trúc chùa Việt Nam.. Trên cơ sở đó, nêu những ý kiến ban đầu về tính thống nhất và tính đa dạng trong kiến trúc chùa của từng hệ phái cùng gợi ý định hướng phát triển kiến trúc chùa Việt Nam trong tương lai.

2. KHÁI QUÁT VỀ KIẾN TRÚC PHẬT GIÁO VIỆT NAM

Phật giáo phát xuất từ Ấn Độ vào thế kỷ VI trước Công nguyên (TCN) do Đức Thích Ca Mâu Ni sáng lập. Theo đó kiến trúc ra đời phục vụ nhu cầu tu tập của Phật giáo, thường bao gồm: Tháp Phật (Stupa), động, Phật điện (Phật đường), Tăng viện (Giảng đường và

nơi ở của chư tăng). Từ thế kỷ III TCN Phật giáo lan rộng ra các nước với ba hệ thống kiến trúc Phật giáo cơ bản khác nhau [4]. Đó là:

Kiến trúc Phật giáo Tiểu thừa (Hinayana) với trung tâm là tháp Phật (Stupa), nơi tôn thờ những di vật của đức Phật (Xá lợi) và là biểu tượng vũ trụ quan Phật giáo. Phật giáo Tiểu thừa thịnh hành Ấn Độ, Srilanka và một số nước Đông Nam Á;

Kiến trúc Phật giáo Đại thừa (Mahayana) lấy chùa và điện Phật với tượng Phật (hình người) làm trung tâm. Kiến trúc Phật giáo Đại thừa từ Ấn Độ lan truyền đến Trung Quốc, Nhật Bản, Triều Tiên, Việt Nam... Do thích ứng với điều kiện tự nhiên và đặc điểm văn hóa của từng quốc gia mà kiến trúc Phật giáo Đại thừa phát triển rất đa dạng, mang dấu ấn địa phương;

Kiến trúc Phật giáo Mật tông (Vajrayana) là sự kết hợp giữa Phật giáo và các yếu tố tín ngưỡng Ấn Độ giáo, với hệ thống biểu tượng và các pho tượng phong phú, đồng thời tuân thủ những nguyên tắc nghiêm ngặt trong biểu đạt giác ngộ tâm linh thông qua Mandala, biểu trưng cho thân và tâm của Đức Phật. Phật giáo Mật tông phổ biến ở Ấn Độ, Nepal, Tây Tạng, Mông Cổ, Trung Quốc, Nhật Bản,... (Hình 1, 2, 3).



Hình 1. Kiến trúc Phật giáo Tiểu thừa tiêu biểu: Borobudur, Indonesia (Internet)



Hình 2. Kiến trúc Phật giáo Đại thừa tiêu biểu: Chùa Bảo Sơn (thời Minh), Thượng Hải, Trung Quốc (Internet)



Hình 3. Kiến trúc Phật giáo Mật tông tiêu biểu: Tu viện Kumbum, xây dựng năm 1436, Tây Tạng (Internet)

Phật giáo du nhập vào nước ta, chủ yếu từ hai hướng: Hướng Bắc từ Ấn Độ qua Trung Quốc vào miền Bắc Việt Nam với tư tưởng Phật giáo Đại thừa; Hướng Tây từ Ấn Độ qua các nước Myanmar, Lào, Thái lan và Campuchia vào miền Nam nước ta với tư tưởng Phật giáo Tiểu thừa.

Đầu công nguyên, với tinh thần Từ - Bi - Hỷ - Xả, Phật giáo Đại thừa (còn được gọi là Phật giáo Bắc tông hay hệ phái Bắc tông) du nhập vào nước ta, lập nên trung tâm Phật giáo đầu tiên ở Luy Lâu, nay là Thuận Thành, Bắc Ninh. Để có thể phát triển lâu dài ở nước ta, Phật giáo luôn chú trọng sự kết hợp với văn hóa và tín ngưỡng bản địa. Ngay từ đầu, tư tưởng Phật giáo Đại thừa đã kết hợp với tinh thần tín ngưỡng dân gian truyền thống, trong đó có tục thờ các thần nông nghiệp như Pháp Vân (thần Mây), Pháp Vũ (thần Mưa), Pháp Lôi (thần Sấm), Pháp Điện (thần Chớp). Tất cả được thể hiện trong kiến trúc ngôi chùa, làm cho ngôi chùa trở nên gần gũi, gắn bó với đời sống tâm linh và văn hóa của người Việt. Di tích Chùa Pháp Vân (chùa Dâu) ở Thuận Thành là ví dụ tiêu biểu. (Hình 4)



Hình 4. Chùa Dâu, Thuận Thành, Bắc Ninh [6]

Những thế kỷ tiếp theo, hệ phái Bắc tông phát triển ở khu vực miền Trung và miền Nam và trở thành hệ phái Phật giáo, có thể nói là phổ biến nhất ở nước ta. Đến năm 1944, với chỉ nguyện "Nổi truyền Thích ca Chánh pháp" làm tôn chỉ tu học và hành đạo, Tổ sư Minh Đăng Quang đã khai sáng Hệ phái Khất Sĩ - một hệ phái mới với nhiều sáng tạo theo hướng bản địa hóa không chỉ trong tu học mà cả trong kiến trúc.

Cùng thời gian đầu công nguyên, Phật giáo Tiểu thừa - Phật giáo Nguyên thủy (Theravada) còn gọi là Phật giáo Nam tông Khmer hay hệ phái Nam tông Khmer được du nhập vào Việt Nam, chủ yếu ở khu vực Đồng bằng Nam bộ. Đến năm 1939, hình thành Phật giáo Nam tông Kinh hay còn gọi là hệ phái Nam tông Kinh. Hệ phái Nam tông kinh kế thừa kinh điển Phật giáo nguyên thủy có sự kết hợp với các nghi lễ quan trọng theo truyền thống văn hóa Việt Nam.

Như vậy đến nay ở nước ta, nhìn chung, có bốn hệ phái Phật giáo phổ biến là: Bắc tông, Khất sĩ, Nam tông Khmer và Nam tông Kinh.

3. NHẬN DIỆN TÍNH THỐNG NHẤT VÀ ĐA DẠNG TRONG KIẾN TRÚC CHÙA VIỆT NAM

Trên cơ sở tham khảo nhiều công trình nghiên cứu về kiến trúc chùa Việt Nam và kết quả khảo sát, có thể nhận thấy tính thống nhất và đa dạng trong kiến trúc chùa của các hệ phái phụ thuộc vào các yếu tố chính: Tư tưởng Phật giáo Việt Nam và phương thức hành đạo của từng hệ phái; Văn hóa Phật giáo của người khởi dựng và người trụ trì; Giải pháp kiến trúc theo hướng thích nghi với các yếu tố tự nhiên và văn hóa bản địa, nơi ngôi chùa được xây dựng.

Thật vậy, tính thống nhất trong kiến trúc chùa Việt phản ánh sự thống nhất về nội dung tư tưởng Phật giáo Việt Nam. Đó là kết quả của sự tiếp nhận tư tưởng Phật giáo từ bên ngoài vào nhưng được điều chỉnh và bổ sung cho phù hợp với các yếu tố bản địa. Đồng thời, kiến trúc ngôi chùa có nguồn gốc từ kiến trúc dân gian địa phương. Như vậy, có thể coi đây là một trong những căn cứ khoa học quan trọng cho phép lý giải tính thống nhất trong ngôn ngữ kiến trúc chùa Việt Nam. Mặt khác, do điều kiện tự nhiên, khí hậu và đặc điểm văn hóa - xã hội của các vùng, miền khác nhau cùng với phương thức tu tập có những điểm riêng khác nhau của từng hệ phái Phật giáo mà kiến trúc chùa có những đặc trưng khác nhau. Và chính điều này tạo nên tính đa dạng trong kiến trúc chùa Việt Nam.

3.1. Tính thống nhất và đa dạng trong kiến trúc chùa thuộc hệ phái Bắc tông

Kiến trúc chùa thuộc hệ phái Bắc tông mang yếu tố Phật giáo Đại thừa nhưng nhờ có sự giao thoa văn hóa và phù hợp điều kiện tự nhiên bản địa, đã tạo nên nhiều mô hình tổ chức không gian chùa khác nhau. Nhìn chung kiến trúc chùa Bắc tông có nguồn gốc từ kiến trúc dân gian với vì kèo gỗ, mái lợp ngói, quy mô không lớn, luôn hài hòa với khung cảnh thiên nhiên. Phần lớn các ngôi chùa do người dân, Phật tử và Nhà sư xây dựng, ngoài ra một số ít ngôi chùa do triều đình xây dựng.

Kiến trúc chùa Bắc tông định hình ở đồng bằng Bắc Bộ, trong quá trình phát triển, nhất là từ thế kỷ XVI có những ảnh hưởng nhất định đối với kiến trúc chùa ở miền Trung và miền Nam. Chùa luôn được xây dựng ở vị trí có cảnh quan đẹp, kiến trúc không chỉ phù hợp với văn hóa cộng đồng mà còn là kết tinh của những giá trị nghệ thuật kiến trúc dân gian truyền thống. Tất cả tạo nên những đặc trưng riêng, trong đó có tính thống nhất và sự đa dạng của kiến trúc chùa, góp phần làm giàu thêm bản sắc kiến trúc truyền thống của ngôi chùa Việt Nam. Có thể nhận diện nét đặc trưng này qua:

- Phương thức hành đạo:

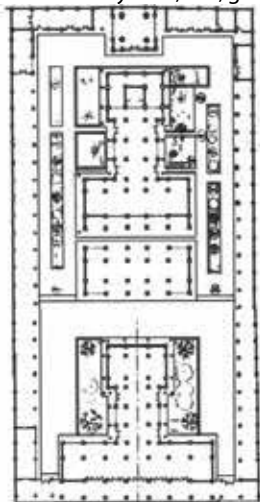
Ở đồng bằng Bắc Bộ, tổ chức không gian chùa có các dạng: Chùa vừa thờ Phật vừa thờ Thánh (Tiền Phật, hậu Thánh); Chùa vừa thờ Thánh vừa thờ Phật (Tiền Thần, hậu Phật); Chùa phối thờ Tam giáo (Phật, Lão, Khổng). Trong khi chùa ở khu vực miền Trung và miền Nam phổ biến có lối bài trí kiểu Tiền Phật - hậu Tổ.

- Vị trí đặt ngôi chùa:

Nguyên tắc phong thủy được vận dụng khá phổ biến trong việc chọn vị trí dựng chùa, cũng như trong bố cục tổng thể các công trình của ngôi chùa. Chùa được xây dựng ở nơi yên tĩnh, gần làng xóm và thường dựa vào sườn núi (nếu có điều kiện) và quay mặt hướng Nam, phía trước có mặt nước - sông, hồ hay đồng ruộng trải dài. Ngôi chùa, vì thế không chỉ hài hòa với cảnh quan tự nhiên mà còn góp phần tô điểm thêm vẻ đẹp của cảnh quan tự nhiên.

- Mặt bằng tổng thể:

Mặt bằng tổng thể chùa ở đồng bằng Bắc Bộ, ngoài dạng bố cục hướng tâm thời Lý, về sau thường có các dạng chính như: Chữ đinh, chữ nhị, chữ tam, chữ công và nội công ngoại quốc. Bố cục tổng thể các hạng mục công trình phổ biến của ngôi chùa theo thuật phong thủy, đồng thời thống nhất theo nguyên tắc một trục đối xứng, lần lượt từ ngoài vào là: Tam quan, Gác chuông hay Cổng chùa (có thể có), Sân chùa, Khu trung tâm là điện thờ Phật thường bao gồm: Tiền đường, Thiệu hương và Thượng điện (Tam bảo). Hai bên có hành lang nơi đặt bàn thờ và tượng các vị La Hán hoặc làm nơi nghỉ cho khách thập phương. Cuối cùng là nhà Tổ, nơi sinh hoạt của Tăng - Ni trụ trì [4]. Không gian còn lại là cảnh quan mặt nước, cây xanh, sân vườn và các công trình kiến trúc nhỏ như: Thủy đình, cầu, giếng,.... (Hình 5)



Hình 5. Mặt bằng chùa Keo, Thái Bình [4]

Ở khu vực miền Trung, mặt bằng tổng thể phổ biến kiểu chữ khẩu. Trong khi kiến trúc tổng thể chùa ở Nam Bộ lại mộc mạc hơn, có xu hướng mở, gần liền với đời sống cộng đồng của người dân vùng sông nước,...

- Kiến trúc:

Tính thống nhất của kiến trúc chùa, như đã trình bày ở trên là do có nguồn gốc từ kiến trúc dân gian địa phương. Ở miền Bắc, kiến trúc các ngôi chùa với hệ khung bằng gỗ (có thể tháo lắp) theo kiểu Vĩ - Kê - Bẩy truyền thống với nhiều cách tổ hợp trồng rường, giá chiêng đa dạng khác nhau tùy vào từng ngôi chùa, chưa nói đến nghệ thuật chạm khắc tinh xảo. Kiến trúc chùa, vì thế thể hiện tinh hoa của kiến trúc truyền thống, trong đó tỷ lệ mái bằng 2 lần thân hay mái đao và độ dẹo cong rất nhẹ của tàu đao tạo nên giá trị nghệ thuật kiến trúc Việt đặc sắc, khác hẳn với kiến trúc chùa của các nước đồng văn, như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc.

Ở miền Trung, kiến trúc chùa phát triển từ cấu trúc ngôi nhà rường có sự kết hợp ảnh hưởng của các hình thức kiến trúc cung

đỉnh thời Nguyễn. Còn ở Nam Bộ kiến trúc chùa là từ ngôi nhà Bát Dàn (Xếp Đọi) - một dạng kiến trúc dân gian quen thuộc của người dân vùng sông nước. (Hình 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)



Hình 6. Mặt đứng chùa Keo, Hưng Yên (Thái Bình cũ) [6]



Hình 7. Góc đao chùa Keo, Hưng Yên (Thái Bình cũ) [6]



Hình 8. Bộ vì chùa Keo, Hưng Yên (Thái Bình cũ) [6]



Hình 9. Mặt đứng gác chuông chùa Keo, Hưng Yên (Thái Bình cũ) [6]



Hình 10. Gác chuông chùa Keo, Thái Bình [6]



Hình 11. Chùa Huyền không sơn thượng, Hương Trà, Huế [1]



Hình 12. Chùa Giác Lâm, TP.HCM [1]

Có thể dễ dàng giải thích nguồn gốc dân gian của kiến trúc các ngôi chùa là: Ngay từ buổi đầu khi Phật giáo du nhập vào nước ta, các Tăng sĩ đã sống và truyền đạo trong cộng đồng dân cư địa phương đều dựa vào ngôi nhà của cư dân địa phương. Sau này, khi xây dựng các ngôi chùa đầu tiên - chùa làng, thật dễ hiểu các ngôi chùa ấy đều lấy hình thức của kiến trúc dân gian địa phương để phát triển. Và như vậy, quy mô các ngôi chùa thường không lớn, được xây dựng bằng kỹ thuật dân gian và vật liệu địa phương theo cách sao cho phù hợp với tập quán sinh hoạt của người dân và hài hòa với môi trường tự nhiên. Tương tự, về màu sắc, ngôi chùa mang đậm nét mộc mạc, bởi chính màu sắc tự nhiên mà không sơn phủ thêm của các vật liệu xây dựng địa phương. Vì thế khi đến chùa, con người cảm nhận tính linh thiêng nhưng không

cảm thấy xa lạ mà gần gũi, thân quen. Dựng chùa từ kiến trúc dân gian, phải chăng là cách tốt nhất để tư tưởng Phật giáo lan tỏa và thấm sâu trong cộng đồng dân cư địa phương.

Trong quá trình phát triển, để khẳng định tính chính thống của Phật giáo và tính bền vững của công trình Phật giáo, hình thức kiến trúc chùa dần dần có những thay đổi, đặc biệt là ở bộ mái, các kiến trúc nhỏ và chi tiết trang trí, thể hiện tính biểu tượng chính thống của Phật giáo, dễ nhận biết và thu hút cộng đồng, cùng với đó là vật liệu để xây chùa bền chắc hơn. Xuất hiện ngày càng nhiều sáng tạo mới, độc đáo trong tổ chức mặt bằng ngôi chùa, nhất là ở ngôi chính điện nhằm mở rộng không gian phục vụ cho nhu cầu tu tập ngày càng tăng của số đông Phật tử. Đây cũng là một trong những yếu tố góp phần tạo nên tính đa dạng trong kiến trúc chùa Việt Nam.

3.2. Tính thống nhất và đa dạng trong kiến trúc chùa thuộc hệ phái Khất sĩ

Trước khi đề cập đến kiến trúc chùa, có thể thấy, để thuận tiện trong việc tu học và hành đạo, hệ phái Khất sĩ đã sáng tạo trong việc chuyển dịch kinh Phật sang tiếng Việt dưới dạng văn vần dễ đọc, dễ nhớ đối với người Việt. Đồng thời gọi tên nơi thờ tự là Tịnh xá. Nguyên gốc tiếng Phạn là "Vihāra", vốn có nghĩa là một trú xứ thanh tịnh, u tịch. Danh hiệu của ngôi tịnh xá thường có hai chữ, đứng đầu là chữ Ngọc, còn chữ thứ hai do Tổ sư và chư Trưởng lão tăng ni quyết định, có thể dùng tên địa phương của khu vực đó để đặt. Đặc điểm kiến trúc chùa của hệ phái Khất sĩ thể hiện thông qua:

- *Vị trí xây dựng Tịnh xá:*

Gần cộng đồng là vị trí thuận lợi nhất như là nguyên tắc căn bản để dựng tịnh xá của hệ phái Khất sĩ.

- *Mặt bằng tổng thể:*

Bố cục mặt bằng tổng thể tịnh xá của hệ phái Khất sĩ thường đăng đối theo trục với công trình chính điện ở vị trí trung tâm.

- *Kiến trúc:*

Chính điện có mặt bằng bát giác với 4 cột cái lớn ở chính giữa, 8 cột quân xung quanh và 2 tầng mái (tầng mái trên có 4 mặt mái). Một số tịnh xá sau này do nhu cầu mở rộng không gian nên đã thêm 8 hàng cột hiên nối dài, đồng thời có 03 tầng mái hoặc hơn.

Chính điện hình bát giác do vị Tổ sư Minh Đăng Quang thiết kế là một trong những mô hình thể hiện tính kế thừa độc đáo, mang đậm tính dân tộc. Đó là sự dung hợp sáng tạo tài tình giữa hai truyền thống Phật giáo Nam tông và Bắc tông của vị Tổ sư, không theo mô hình của Phật giáo Nam tông ở Campuchia hoặc ở vùng Nam bộ Khmer, mà cũng không hoàn toàn theo truyền thống của Phật giáo Đại thừa [5].

Về ý nghĩa của ngôi Chính điện, mô hình bát giác, tượng trưng cho Bát Chánh Đạo; cổ lâu tứ giác tượng trưng cho Tứ Diệu Đế; bốn cột lớn trong lòng chính điện tượng trưng cho Tứ Chúng cùng nhau nâng đỡ ngôi nhà Phật. Trên đỉnh chính điện là một bông Hoa sen hoặc Ngọn đèn chân lý biểu trưng cho sự thanh tịnh cao khiết hoặc ánh sáng chân lý soi sáng cho chúng sinh. Giữa chính điện là một tòa tháp bằng gỗ, để trống bốn phía, bên trong bài trí tượng Phật Thích Ca. Mái tháp gỗ gồm 13 tầng tượng trưng cho 13 nấc thang tiến hóa tâm linh của chúng sinh hữu tình. (Hình 13)



Hình 13. Tịnh xá Ngọc Viên, Vĩnh Long [1]

3.3. Tính thống nhất và đa dạng trong kiến trúc chùa thuộc hệ phái Nam tông Khmer

Phật giáo Nguyên thủy - Phật giáo Tiểu thừa được hình thành ngay trong thế kỷ đầu tiên sau khi đức Phật Thích Ca viên tịch. Du nhập vào nước ta từ rất sớm, chủ yếu ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long, Phật giáo Tiểu thừa được gọi là Phật giáo Nam tông Khmer hay hệ phái Nam tông Khmer. Có thể nhận diện đặc điểm của kiến trúc chùa thuộc hệ phái Nam tông Khmer thông qua:

- *Vị trí xây dựng chùa:*

Ngôi chùa thuộc hệ phái Nam tông Khmer là không gian tu tập Phật giáo, đồng thời là không gian sinh hoạt văn hóa cộng đồng của dân tộc Khmer ở địa phương. Do đó ngôi chùa gắn với đời sống cộng đồng và thường được xây dựng ở nơi có cảnh quan đẹp trù phú. Đây là những nguyên tắc thống nhất trong việc lựa chọn vị trí dựng chùa của hệ phái Nam tông Khmer.

- *Mặt bằng tổng thể:*

Với chức năng vừa thực hành Phật sự vừa sinh hoạt văn hóa cộng đồng nên mặt bằng tổng thể ngôi chùa của hệ phái Nam tông Khmer được tổ chức như là một công viên, có quy mô lớn, trong đó nổi bật chính điện. Chính điện được đặt ở vị trí trung tâm theo hướng Đông - Tây. Hệ thống các công trình trong tổng thể chùa bao gồm các hạng mục như: Cổng chùa, Nhà hội (Sa la), Tầng xá, Tháp cốt, Tháp tượng Phật Thích Ca an vị dưới gốc Bồ Đề,... Còn lại là không gian xanh với nhiều cây xanh lớn, cổ thụ.

- *Kiến trúc:*

Chính điện là công trình quan trọng nhất của chùa Khmer được xây dựng trên 2 hoặc 3 cấp nền cao, có tường với lan can vây quanh. Chính điện có mặt bằng chữ nhật. Mái chính Điện có 3 cấp, bên trên trang trí các hình rắn thần Po choong, thủy quái Makara... Đỡ dưới điểm mái là tượng nữ thần Key nor. Bên dưới, phía bậc cấp là hình rắn thần Nagar 7 đầu, hình tượng chằn (Yeak) đứng bảo vệ Phật pháp,...

Mỗi ngôi chùa Khmer là một tổng hòa các sắc thái văn hóa riêng của người Khmer. Đó là những giá trị nghệ thuật được gửi gắm trong hình khối kiến trúc, sự hòa hợp giữa kiến trúc và điêu khắc cùng với những đường nét trang trí tinh xảo đầy ấn tượng. Nhiều sinh hoạt và phong tục tập quán quý báu của người Khmer luôn được diễn ra trong chùa. Trong chùa còn lưu giữ những bộ kinh điển Phật giáo bằng tiếng Pali hoặc tiếng Khmer cổ rất có giá trị. Tất cả tạo nên những nét riêng biệt đặc sắc góp phần xứng đáng vào kho tàng văn hóa kiến trúc của dân tộc Việt Nam. (Hình 14, 15)



Hình 14. Chùa Ăng, Trà Vinh (Internet)



Hình 15. Chùa Kh'leang, Sóc Trăng [1]

3.4. Tính thống nhất và đa dạng trong kiến trúc chùa thuộc hệ phái Nam tông Kinh

Phật giáo Nam tông Kinh bắt đầu du nhập vào cộng đồng người Việt từ Campuchia vào năm 1939. Những kinh điển Phật giáo nguyên thủy đã được các vị sư kế thừa và tuyển dịch để hoằng pháp. Ngoài ra, hệ phái Nam tông Kinh cũng kế thừa các nghi lễ quan trọng theo truyền thống văn hóa Việt Nam, như các lễ tiết Rằm tháng Giêng, rằm tháng 4 (Phật Đản), rằm tháng 7 (tiết Vu Lan) tạo nên nét đặc trưng riêng, khác với hệ phái Nam tông Khmer.

Có thể nhận diện đặc điểm của kiến trúc chùa thuộc hệ phái Nam tông Khmer thông qua:

- *Mặt bằng tổng thể:*

Theo tinh thần của Phật giáo nguyên thủy, mặt bằng tổng thể chùa thuộc hệ phái Nam tông Kinh thường được bố cục theo mô hình hướng tâm với điện Phật dạng tháp ở trung tâm. Bao quanh chính điện là các khu phụ trợ như: đàn kết giới Sima, nơi đức Phật

thuyết pháp, giảng đường, tăng xá,... Ngoài ra, trong khuôn viên chùa còn có nơi để để Pháp sư giảng pháp vào ngày lễ.

- Kiến trúc:

Chính điện có kiến trúc dạng tháp, thường phỏng theo kiến trúc chùa tháp đa màu sắc của Myanmar hay của Thái Lan. Mặt tiền chính điện được bố trí nhìn về hướng Đông. Trong chính điện chỉ tôn thờ duy nhất tượng Phật Thích Ca. Xung quanh chính điện treo những bức tranh về cuộc đời đức Phật. Chính điện là công trình có quy mô lớn nhất chế ngự không gian toàn cảnh. Xung quanh, là các công trình phụ trợ, bao gồm cả cổng (tam quan) thường có ngôn ngữ kiến trúc kết hợp, phỏng theo nhiều phong cách kiến trúc du nhập khác nhau, trong đó kiến trúc truyền thống của dân tộc được chú trọng. (Hình 16, 17)



Hình 16. Chùa Bửu Long, Thủ Đức [1]



Hình 17. Chùa Hộ Pháp, Vũng Tàu [1]

4. TÌNH HÌNH XÂY DỰNG CHÙA HIỆN NAY Ở VIỆT NAM

Những năm gần đây, nhiều nhà chùa đã tự cải tạo hoặc xây dựng mới nhằm mở rộng không gian ngôi chùa để đáp ứng nhu cầu tu tập của Tăng Ni và Phật tử ngày càng tăng mạnh. Những can thiệp này, trong một số trường hợp bộc lộ nguy cơ làm mai một dần đặc trưng kiến trúc truyền thống của ngôi chùa Việt Nam. Trên thực tế, có thể coi đây là xu hướng phổ biến, tất yếu, có thể góp phần tạo nên tính đa dạng của kiến trúc chùa hiện đại. Qua khảo sát thực tế, cho thấy có 2 dạng can thiệp vào quy hoạch và kiến trúc các ngôi chùa ở các hệ phái Phật giáo theo hướng hợp lý và không hợp lý như sau:

Can thiệp hợp lý, tích cực, có giá trị cần được phát huy để thúc đẩy sự sáng tạo, làm tăng thêm sự đa dạng của kiến trúc chùa Việt Nam hiện đại. Đó là việc bổ sung công trình mới vào tổng thể cũ để đáp ứng nhu cầu Phật sự, nhưng không làm mất đi mà còn góp phần làm tăng thêm giá trị truyền thống của tổng thể kiến trúc chùa. (Hình 18)



Hình 18. Chùa Tôn Thạnh, Long An - Trường hợp cải tạo hợp lý [1]

Can thiệp không hợp lý diễn ra phổ biến là việc xen cấy, mở rộng không gian sử dụng bằng các công trình tạm nhưng chưa được nghiên cứu kỹ để phù hợp với mặt bằng tổng thể của ngôi chùa. Kết quả là làm mất đi tính thống nhất cũng như giá trị của tổng thể kiến trúc chùa. Những can thiệp này được đánh giá là tiêu cực, cần có giải pháp khắc phục (Hình 19).



Hình 19. Chùa Bửu Phong, Đồng Nai - Trường hợp cải tạo không hợp lý [1]

5. KẾT LUẬN

Thật khó có thể kết luận, bởi đây là vấn đề lớn và khó, nhưng có tính cấp thiết đối với thực tiễn phát triển kiến trúc chùa đương đại ở nước ta. Vì thế, thay cho kết luận, tác giả xin nêu một số nhận xét cũng như ý kiến ban đầu về định hướng phát triển kiến trúc chùa Việt Nam trong tương lai.

Trước hết, tính thống nhất như đã nêu ở trên có thể dễ đạt được sự đồng thuận. Trong khi tính đa dạng trong kiến trúc Phật giáo của từng hệ phái ở nước ta lại là vấn đề cần được tranh luận, trao đổi cũng như cần nhiều hơn những nghiên cứu chuyên sâu để có thể định hướng phát triển chùa Việt Nam. Vấn đề đặt ra là: Làm thế nào để vừa đảm bảo tính thống nhất của kiến trúc chùa Việt Nam, vừa tạo điều kiện thuận lợi cho sự sáng tạo, làm nên sự đa dạng của kiến trúc chùa của các hệ phái Phật giáo, góp phần làm giàu thêm bản sắc kiến trúc Việt Nam truyền thống?

Thực tế những năm gần đây, nhiều ngôi chùa được bảo tồn, trùng tu và xây dựng mới với quy mô ngày càng lớn cùng với hình thức kiến trúc đa dạng khác nhau. Bên cạnh những mặt tích cực trong xây dựng chùa, còn tồn tại những hạn chế nhất định, trong đó bản sắc đặc trưng của kiến trúc chùa Việt đang có nguy cơ dần mai một. Để định hướng phát triển kiến trúc chùa Việt hiện đại và có bản sắc đáp ứng nhu cầu Phật sự ngày càng tăng, cần thiết:

Trước mắt, nhanh chóng sáng tạo biểu tượng chung, thể hiện tính thống nhất của Phật giáo Việt Nam để các ngôi chùa trong nước và ngoài nước sử dụng, giúp Phật tử và khách thập phương nhận biết đó là ngôi chùa Việt Nam. Cũng như nhanh chóng có các giải pháp kiến trúc tháo lắp cơ động, linh hoạt phục vụ cho các hoạt động Phật sự đồng người ngoài trời để không ảnh hưởng đến giá trị kiến trúc chùa hiện có.

Đồng thời, cần tiếp tục các nghiên cứu chuyên sâu về tính thống nhất và đa dạng của kiến trúc chùa Việt Nam. Trên cơ sở đó, tiến tới xây dựng các nguyên tắc hướng dẫn thiết kế chùa (có thể dưới dạng sổ tay hướng dẫn) để định hướng thiết kế và xây dựng chùa đạt được những chuẩn mực cần thiết. Các nguyên tắc này đảm bảo nhu cầu hoạt động Phật giáo đương đại của từng hệ phái Phật giáo, phù hợp với điều kiện tự nhiên, đặc điểm văn hóa địa phương, vùng miền, nhưng không ngăn cản, mà trái lại khuyến khích sáng tạo đa dạng của kiến trúc các hệ phái Phật giáo theo hướng hiện đại và bản sắc. Các nguyên tắc thiết kế tập trung và chi tiết hóa các thành phần kiến trúc như: mái, thân nhà (tường, cửa), thêm bệ, bậc thang và lan can. Chú ý tương quan tỷ lệ giữa các thành phần, cũng như về nội thất, kết cấu, sử dụng vật liệu, màu sắc, chi tiết trang trí, kiến trúc nhỏ và cảnh quan, sân vườn.

Các nguyên tắc thiết kế chùa là cơ sở để các nhà sư và các bên liên quan tham khảo đồng thời là căn cứ để tiến tới kiến nghị với cơ quan nhà nước về quy chuẩn thiết kế bảo tồn, trùng tu, tôn tạo và xây dựng mới chùa Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ban Văn hóa Giáo hội Phật giáo Việt Nam. Tư liệu khảo sát. Nguyễn Quốc Thông thực hiện, 2019, 2021, 2022.
- [2] Trần Lâm Biền. Diễn biến kiến trúc truyền thống Việt. NXB. Văn hóa Thông tin, Hà Nội, 2008.
- [3] Phạm Anh Dũng, Nguyễn Thị Lan. Kiến trúc đình chùa Nam Bộ. NXB. Xây dựng, 2014.
- [4] Thích Minh Hiền. Giáo trình Kiến trúc mỹ thuật Phật giáo, 2022.
- [5] Hội Phật giáo Việt Nam, Hệ phái Khất sĩ. 100 ngôi tịnh xá tiêu biểu. NXB. Tổng hợp TP.HCM, 2014.
- [6] Trung tâm Bảo tồn Di sản Thăng Long - Hà Nội. Tư liệu khảo sát chùa Việt Nam. Nguyễn Quốc Thông thực hiện, 2026.
- [7] Viện Bảo tồn Di tích. Kiến trúc chùa Việt Nam - tập 1-2. NXB. Văn hóa Dân tộc, 2017.
- [8] Viện Bảo tồn Di tích. Bộ khung gỗ trong di tích kiến trúc cổ truyền Việt - tập 1. NXB. Văn hóa Dân tộc, 2023.
- [9] Viện Bảo tồn Di tích. Tư liệu khảo sát chùa Việt Nam. Phòng Thông tin, Tư liệu, 2026.

Sự giao thoa trong kiến trúc nhà ở của người Kinh và các dân tộc thiểu số ở vùng Trung du Bắc Bộ

The cultural convergence in housing Between the Kinh and ethnic minorities in the Northern Midlands

> **THS.KTS VŨ TRƯỜNG GIANG**

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: truonggiangvu1999@gmail.com

TÓM TẮT

Vùng Trung du Bắc Bộ là không gian chuyển tiếp giữa đồng bằng sông Hồng và miền núi phía Bắc, nơi cộng cư lâu đời của người Kinh và các dân tộc thiểu số (DTTS) như Mường, Tày, Nùng, Dao. Tiến trình lịch sử và giao lưu kinh tế - văn hóa đã tạo nên sự biến đổi sâu sắc trong kiến trúc nhà ở truyền thống, hình thành các dạng thức kiến trúc lai ghép. Bài viết phân tích sự giao thoa này qua các lớp nghiên cứu về tổ chức không gian, kết cấu, vật liệu và hình thái quy hoạch làng xã. Kết quả cho thấy kiến trúc nhà ở trung du mang đặc điểm trung gian giữa hệ hình nhà nền đất (người Kinh) và nhà sàn (các DTTS), phản ánh khả năng thích nghi cao với điều kiện tự nhiên và xã hội. Nghiên cứu góp phần nhận diện giá trị kiến trúc bản địa, làm cơ sở đề xuất định hướng bảo tồn, phát triển nhà ở nông thôn hiện đại.

Từ khóa: Kiến trúc bản địa; nhà ở nông thôn; Trung du Bắc Bộ; giao thoa văn hóa; kiến trúc dân tộc.

ABSTRACT

The Northern Midlands of Vietnam is a transitional region between the Red River Delta and the Northern mountainous area, where the Kinh people and various ethnic minorities (Muong, Tay, Nung, Dao) have long coexisted. Throughout history, cultural and economic interactions have transformed residential architecture, developing hybrid forms. This paper analyzes these interactions through spatial organization, structural systems, building materials, and village layouts. The results indicate that midland architecture possesses intermediary characteristics between ground-based houses (Kinh) and stilt houses (ethnic minorities), demonstrating high adaptability. The study contributes to identifying indigenous architectural values, providing a foundation for modern rural housing conservation and development.

Keywords: Indigenous architecture; rural housing; Northern Midlands of Vietnam; cultural interaction; ethnic architecture.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kiến trúc nhà ở truyền thống trong các xã hội nông nghiệp không chỉ phản ánh nhu cầu cư trú đơn thuần mà còn gắn chặt với điều kiện tự nhiên, phương thức sản xuất, cấu trúc xã hội và hệ thống tín ngưỡng. Vùng Trung du Bắc Bộ có địa hình đặc trưng là các dãy đồi thấp xen kẽ thung lũng và hệ thống sông suối dày đặc, tạo nên một môi trường sinh thái chuyển tiếp đặc biệt giữa đồng bằng sông Hồng và miền núi phía Bắc.

Về mặt xã hội, đây là địa bàn cộng cư lâu đời. Người Kinh (chủ yếu định cư ở thung lũng, canh tác lúa nước) và các DTTS như Mường, Tày, Nùng, Dao (phần bố ở khu vực đồi núi) đã diễn ra quá trình tiếp xúc, giao thương lâu dài. Sự giao lưu này làm mờ ranh giới của hai hệ hình kiến trúc nguyên gốc: nhà nền đất của người Kinh và nhà sàn của các DTTS. Thay vào đó, các dạng thức kiến trúc trung gian, lai ghép xuất hiện như một kết quả tiến hóa tự nhiên nhằm đáp ứng tốt nhất nhu cầu sinh hoạt và bối cảnh tự nhiên đặc thù.

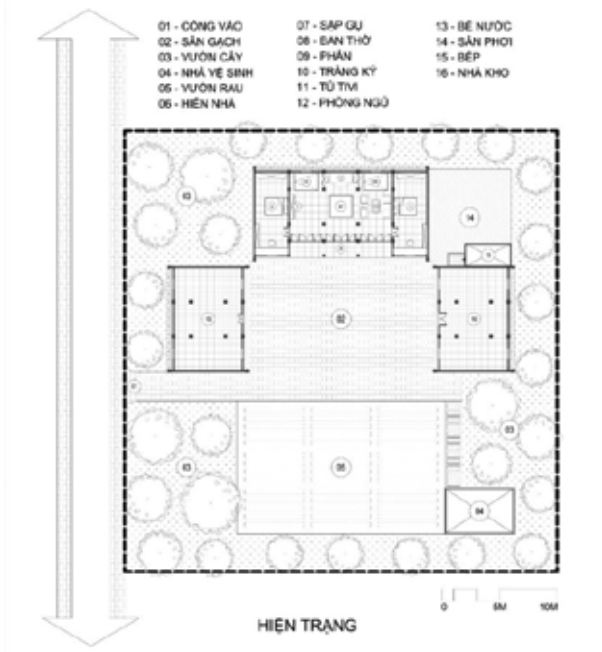
Trong bối cảnh đô thị hóa nông thôn mạnh mẽ hiện nay, các công trình bê tông cốt thép đang dần thay thế nhà ở truyền thống, gây nguy cơ đứt gãy bản sắc và mất đi các giải pháp thích ứng khí hậu bản địa. Do đó, việc nghiên cứu, nhận diện đặc trưng giao thoa kiến trúc tại vùng Trung du Bắc Bộ là vô cùng cấp thiết, cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho việc định hướng xây dựng mô hình nhà ở nông thôn đương đại.

2. ĐẶC TRƯNG KIẾN TRÚC, QUY HOẠCH NHÀ Ở VÀ QUÁ TRÌNH GIAO THOA

2.1. Đặc trưng kiến trúc của các hệ hình nguyên gốc

Nhà ở truyền thống của người Kinh: Phổ biến là loại hình nhà ba gian hai chái, tổ chức theo trục ngang và phát triển theo chiều dài. Gian giữa là trung tâm tâm linh và đối ngoại (thờ cúng, tiếp khách); các gian bên và chái nhà phục vụ sinh hoạt, nghỉ ngơi hoặc làm kho chứa. Hệ kết cấu chịu lực chính là khung gỗ (cột, xà, vì kèo)

liên kết bằng mộng, đặt trên chân tảng đá để chống ẩm. Mái nhà lợp ngói đất nung có độ dốc lớn giúp thoát nước nhanh, vườn rộng ra phía trước tạo thành hàng hiên đón gió và chắn bức xạ nhiệt.

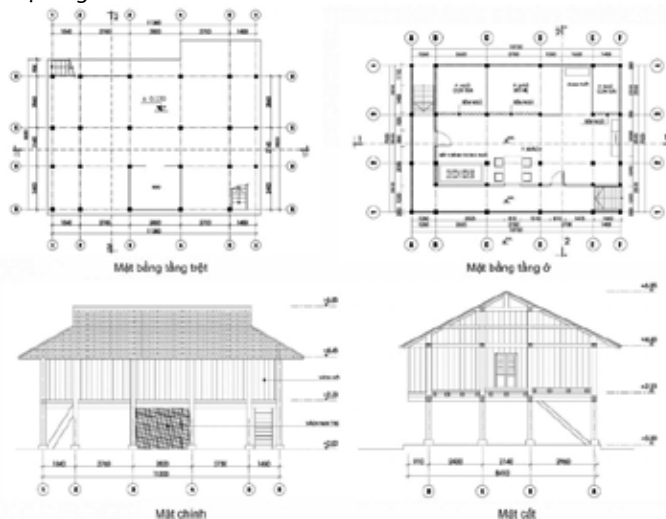


Hình 1. Mặt bằng ba gian hai chái truyền thống vùng Đồng bằng sông Hồng



Hình 2. Nhà ba gian truyền thống của người Kinh [17]

Nhà ở truyền thống của nhiều dân tộc thiểu số: Phổ biến là dạng cấu trúc nhà sàn, công trình được nâng cao khỏi mặt đất bằng hệ thống cột gỗ nhằm chống ẩm, hạn chế tác động của thú dữ và tận dụng không gian dưới sàn để chăn nuôi, lưu trữ công cụ sản xuất. Không gian nội thất mang tính mở, ít vách ngăn cố định, tạo sự linh hoạt trong tổ chức các hoạt động sinh hoạt cộng đồng và gia đình. Vật liệu xây dựng chủ đạo là gỗ, tre, nứa với mái lợp bằng lá cọ hoặc lá giang.



Hình 3. Nhà sàn truyền thống dân tộc Thái [19]

Về kết cấu, nhà sàn chủ yếu được làm từ gỗ và tre. Hệ cột gỗ đóng vai trò chịu lực chính, trong khi sàn nhà thường được làm bằng ván gỗ hoặc tre đan. Mái nhà thường được lợp bằng lá cọ, lá giang hoặc ngói tùy theo điều kiện kinh tế và vật liệu sẵn có của từng địa phương.



Hình 4. Nhà sàn truyền thống dân tộc Mường và Tây [18]

2.2. Các dạng kiến trúc trong quá trình giao thoa

Tại vùng Trung du Bắc Bộ, hai hệ hình trên tích hợp và phái sinh ra ba dạng thức lai ghép điển hình:

Nhà sàn cải biến: Giữ cấu trúc sàn nâng cao nhưng thay thế vách tre, ván gỗ bằng tường xây gạch hoặc đất nện nhằm tăng độ bền vững và tính riêng tư cho cấu trúc gia đình hạt nhân.

Nhà nửa sàn nửa đất: Một phần ngôi nhà xây trực tiếp trên đất nền vững chắc, phần còn lại vươn ra không gian dốc bằng hệ cột sàn. Dạng thức này tối ưu hóa việc san lấp mặt bằng tại các địa hình đồi dốc phức tạp.

Nhà nền đất cải biến: Người Kinh tại trung du nâng cao nền nhà (từ 0,5 m đến 1 m) và mở rộng hàng hiên sâu hơn, tiếp thu tư duy thoáng đãng và cách ly ẩm mốc của hệ hình nhà sàn.



Hình 5. Nhà nửa sàn nửa đất tại vùng trung du [20]

Bảng 1. So sánh đặc trưng kiến trúc nhà ở

Tiêu chí	Nhà ở người Kinh	Nhà ở các dân tộc thiểu số	Nhà ở giao thoa vùng Trung du
Nền nhà	Nền đất sát mặt đất tự nhiên	Nhà sàn cao (cách đất 1,5 - 2 m)	Nền cao hoặc sàn thấp (0,5 - 1,2 m)
Kết cấu	Khung gỗ truyền thống, tường gạch	Cột gỗ chịu lực, vách nhẹ (tre, gỗ)	Khung gỗ/bê tông kết hợp tường bao che dày
Không gian	Ba gian hai chái, phân định rõ ràng	Không gian mở linh hoạt, ít vách ngăn	Gian thờ trung tâm kết hợp các không gian mở
Mái nhà	Mái ngói dốc vừa phải, 4 mái hoặc 2 mái	Mái lá dốc lớn, hình thức vát góc	Mái dốc lớn, lợp ngói hoặc vật liệu hỗn hợp
Quan hệ cảnh quan	Hướng nội, gần với sân trước, vườn	Hướng ngoại, gần với nương rẫy, đồi núi	Hướng địa hình, kết hợp sân đệm và vườn đối

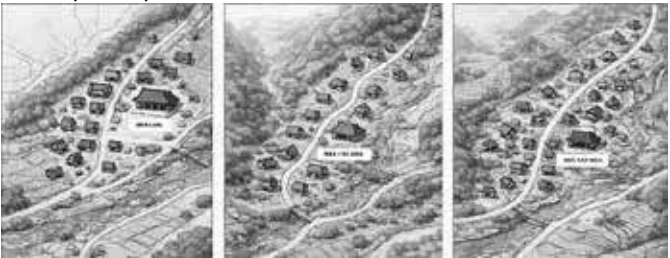
2.3. Đặc trưng quy hoạch làng, xã

Hình thái cư trú và mạng lưới đường giao thông của làng xã vùng Trung du Bắc Bộ thể hiện rõ nét tính chất chuyển tiếp:

Làng người Kinh đồng bằng: Mang tính quần tụ cao, mật độ xây dựng dày đặc. Hệ thống giao thông dạng bàn cờ hoặc phân nhánh rõ ràng xung quanh trung tâm là đình làng. Không gian mang tính khép kín, ranh giới rõ ràng với không gian canh tác lúa nước.

Bản làng DTTS miền núi: Mang tính phân tán, cấu trúc tự phát theo các đường đồng mức và nguồn nước. Giao thông uốn lượn tự nhiên theo địa hình đồi núi, không có trung tâm hành chính - tâm linh tập trung rõ rệt.

Làng xã vùng Trung du: Là mô hình lai ghép bán tập trung. Các hộ gia đình quần tụ thành các cụm nhỏ dọc theo các trục giao thông chính uốn lượn theo chân đồi. Mật độ xây dựng ở mức trung bình, vừa giữ được sự gắn kết cộng đồng kiểu người Kinh, vừa thích ứng linh hoạt với địa hình đồi thoải kiểu miền núi.



Hình 6. Phân bố nhà ở làng, xã vùng Đồng bằng sông Hồng
Hình 7. Phân bố nhà ở làng, xã vùng núi phía Bắc
Hình 8. Phân bố nhà ở làng, xã vùng Trung du Bắc Bộ

Bảng 2. So sánh đặc trưng quy hoạch làng, xã

Tiêu chí	Làng, xã vùng đồng bằng	Làng, xã vùng núi	Làng, xã vùng trung du
Mật độ cư trú	Dày đặc	Thưa thớt	Trung bình
Tổ chức không gian	Tập trung (Quần tụ)	Phân tán	Bán tập trung (Cụm đối)
Ảnh hưởng địa hình	Ít ảnh hưởng, san lấp phẳng	Phụ thuộc mạnh vào độ dốc, nguồn nước	Ảnh hưởng vừa, nương theo chân đồi
Mạng lưới giao thông	Rõ ràng, có trật tự hình học	Tự phát, nương theo tự nhiên	Bán quy hoạch, uốn lượn theo địa hình
Yếu tố trung tâm	Rõ ràng (Đình, chùa, giếng làng)	Không rõ ràng (Phân theo dòng họ/địa hình)	Khá rõ (Trục đường chính hoặc không gian chung)
Kiểu không gian	Khép kín (Lũy tre, cổng làng)	Mở hoàn toàn vào thiên nhiên	Lai ghép (Mở về cảnh quan, kết nối về hạ tầng)

2.4. Mối quan hệ biện chứng giữa hình thái quy hoạch và kiến trúc nhà ở

Hình thái làng xã đóng vai trò là "khung cấu trúc" định hình kiến trúc của từng ngôi nhà.

Ở vùng đồng bằng, quy hoạch tập trung hướng nội thúc đẩy ngôi nhà phát triển theo trục ngang, ưu tiên mặt tiền nhìn ra sân và hệ thống tường bao che kín đáo bảo vệ gia đình.

Ở vùng miền núi, quy hoạch phân tán dọc theo sườn dốc khiến ngôi nhà phải xử lý cao độ bằng hệ cột sàn, không gian nội thất có xu hướng mở tự do để đón gió và kết nối trực tiếp với nương rẫy xung quanh.

Tại vùng trung du, chính mô hình quy hoạch bán tập trung và địa hình đồi thoải đã "lập trình" cho ngôi nhà sự linh hoạt: mặt bằng nhà ở vừa kế thừa cấu trúc ba gian trật tự để thực hiện các nghi lễ thờ cúng của người Kinh, vừa áp dụng giải pháp nâng nền, mở rộng hiên và xoay hướng nhà nương theo các đường cong địa hình của miền núi thay vì ép buộc theo một hướng cố định.

3. GIÁ TRỊ KIẾN TRÚC HÌNH THÀNH TỪ QUÁ TRÌNH GIAO THOA

Sự giao thoa kiến trúc tại vùng Trung du Bắc Bộ đã kết tinh nên các giá trị bản sắc độc đáo:

Giá trị thích nghi môi trường tự nhiên: Khắc phục nhược điểm dễ sạt lở, ẩm ướt của địa hình đồi dốc bằng cách tiếp thu giải pháp nâng cao cốt nền của nhà sàn. Sự kết hợp giữa mái dốc ngói của người Kinh và giải pháp thông gió từ hệ thống cửa, hiên rộng của các DTTS giúp công trình đạt hiệu quả tối ưu về vi khí hậu: mát mẻ mùa hè, khô ráo mùa mưa và kín gió mùa đông.

Giá trị tổ chức không gian sống nhân văn: Tạo ra không gian đệm (hàng hiên và sân cảnh quan) vô cùng linh hoạt. Mặt bằng cấu trúc vừa giữ được tính tôn ti, trang trọng ở gian thờ trung tâm, vừa đạt tính cởi mở, đa năng ở các không gian sinh hoạt phụ trợ, tăng cường sự gắn kết giữa các thành viên và kết nối hài hòa với tự nhiên.

Giá trị kỹ thuật và vật liệu bản địa: Chứng minh năng lực sáng tạo trí tuệ dân gian khi tích hợp hệ thống mộng gỗ chịu lực phức tạp của người Kinh với kỹ thuật cắm cột sàn vững chắc trên nền dốc của người miền núi. Sự chuyển đổi linh hoạt sang các vật liệu bền vững (gạch gốm, đá học, ngói đất nung) trên nền tảng tư duy kiến trúc nhẹ (tre, gỗ) giúp nâng cao tuổi thọ công trình mà không phá vỡ cấu trúc sinh thái.

Giá trị sinh thái cảnh quan và bản sắc vùng: Tạo nên hình thái kiến trúc "vườn - đồi - ao - nhà" đặc trưng. Nhà ở không chiếm lĩnh hay chế ngự thiên nhiên mà ẩn mình khéo léo vào địa hình đồi thoải, tạo nên một bức tranh tổng thể cân bằng sinh thái tuyệt đối, định hình một bộ mặt kiến trúc vùng nông thôn trung du không thể trộn lẫn.

4. KẾT LUẬN

Kiến trúc nhà ở vùng Trung du Bắc Bộ là sản phẩm của quá trình tiếp biến văn hóa có chọn lọc và thích ứng sinh thái thông minh giữa người Kinh và các cộng đồng dân tộc thiểu số. Sự giao thoa này không làm lu mờ bản sắc mà trái lại, đã kiến tạo nên một hệ hình kiến trúc trung gian thích nghi hoàn hảo với điều kiện tự nhiên chuyển tiếp và bối cảnh xã hội cộng cư.

Các yếu tố cốt lõi như kết cấu khung linh hoạt, giải pháp nâng nền chống ẩm, hệ mái dốc lớn thích ứng khí hậu mưa nhiều cùng phương thức tổ chức làng xã nương theo địa hình uốn lượn vẫn được duy trì và phát triển như những giá trị kiến trúc bản địa cốt lõi. Trong giai đoạn hiện đại hóa và đô thị hóa nông thôn hiện nay, các bài học kinh nghiệm từ sự giao thoa này chính là kim chỉ nam khoa học. Chúng gợi mở giải pháp thiết kế các mẫu nhà ở nông thôn mới: kế thừa tinh thần tổ chức không gian truyền thống, ứng dụng công nghệ và vật liệu đương đại, đảm bảo tính tiện nghi nhưng không xa rời các giá trị sinh thái và bản sắc văn hóa vùng miền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hoàng Huy Thắng. Kiến trúc truyền thống các dân tộc thiểu số vùng miền núi phía Bắc. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2015.
[2] Nguyễn Khắc Tụng. Nhà ở cổ truyền các dân tộc Việt Nam. NXB Khoa học Xã hội, Hà Nội, 1993.
[3] Vũ Tam Lang. Kiến trúc cổ Việt Nam. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2006.
[4] Viện Kiến trúc Quốc gia. Đặc trưng kiến trúc nhà ở nông thôn vùng trung du và các giải pháp bảo tồn. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, 2020.

Công nghệ, cảm nhận tiếp cận và quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng tại Hà Nội: Đề xuất khung phân tích ba tầng

Technology, perceived accessibility and transport construction planning in Hanoi:
A three-layer analytical framework

> **THS.NCS ĐỖ HÀ MY, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI***

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: hainl@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất khung phân tích ba tầng lý giải cơ chế tác động của công nghệ hướng đến người dùng đến hành vi sử dụng và chấp nhận quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng, với trọng tâm là vai trò trung gian của khả năng tiếp cận cảm nhận (PAC). Xuất phát từ khoảng cách giữa đầu tư hạ tầng và tỷ lệ sử dụng giao thông công cộng tại Hà Nội, bài báo xác định ba khoảng trống: Thiếu khung tích hợp công nghệ và PAC trong mô hình kiểm định được; thiếu bằng chứng tại đô thị châu Á đang phát triển và thiếu vòng phản hồi từ cảm nhận người dùng sang quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng. Khung gồm tầng 1 (TECHI-8 là biến độc lập), tầng 2 (PACI-5 là biến trung gian) và tầng 3 (hành vi sử dụng, chấp nhận đối với quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng và phản hồi hai kênh). Khung được thiết kế để có thể kiểm định bằng SEM đa nhóm giữa người dùng metro, xe buýt vé điện tử và xe buýt vé giấy tại Hà Nội, qua đó hỗ trợ phân tích vai trò trung gian của khả năng tiếp cận cảm nhận và giá trị chẩn đoán của phản hồi đa nhóm trong quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng.

Từ khóa: Khả năng tiếp cận cảm nhận; công nghệ hướng đến người dùng; quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng đô thị; phản hồi quy hoạch; metro Hà Nội; vé điện tử; mô hình cấu trúc tuyến tính.

ABSTRACT

This paper proposes a three-layer analytical framework explaining the mechanism through which user-oriented technology affects public transport use behaviour and acceptance of transport infrastructure planning, with perceived accessibility (PAC) as the primary mediator. Drawing on the persistent gap between infrastructure investment and public transport ridership in Hanoi, the paper identifies three research gaps: The absence of an integrated framework linking technology and PAC in a testable structural model; the lack of empirical evidence in developing Asian cities and the absence of a systematic feedback loop from user perceptions to transport construction planning. The framework comprises layer 1 (user-oriented technology constructs TECHI-8 as independent variables), layer 2 (PACI-5 as the primary mediator) and layer 3 (behavioural outcomes, planning acceptance and a two-channel planning feedback loop). The framework is designed for multi-group SEM validation across metro, e-ticketing bus and paper-ticketing bus users in Hanoi, supporting analysis of the mediating role of perceived accessibility and the diagnostic value of multi-group feedback in urban transport construction planning.

Keywords: Perceived accessibility; user-oriented technology; urban transport construction planning; planning feedback; Hanoi metro; e-ticketing; structural equation modelling.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong giai đoạn 2010 - 2024, Hà Nội đã đầu tư hàng chục tỷ USD vào hạ tầng giao thông công cộng: Tuyến metro 2A Cát Linh - Hà Đông vận hành từ năm 2021, tuyến metro 3 đoạn Nhổn - Ga Hà

Nội đang triển khai, mạng lưới xe buýt cải cách với hơn 100 tuyến và hệ thống vé điện tử đang thí điểm liên thông đa phương thức. Những đầu tư này hướng đến mục tiêu giao thông công cộng đạt 30 - 35% tổng nhu cầu đi lại vào năm 2030 [1]. Tuy nhiên, tỷ lệ đảm

nhận của giao thông công cộng hiện còn thấp, ước tính dưới 15% tổng nhu cầu đi lại và xu hướng phụ thuộc vào phương tiện cá nhân tiếp tục gia tăng cùng với tốc độ đô thị hóa [2, 3].

Khoảng cách này đặt ra nhu cầu chính sách cụ thể: Cơ quan quy hoạch cần công cụ chẩn đoán để xác định vì sao đầu tư chưa chuyển hóa thành thay đổi hành vi. Các chỉ số đánh giá hiệu quả hiện nay chủ yếu là chỉ số kỹ thuật vận hành: Lưu lượng, tần suất, độ đúng giờ. Những chỉ số này đo hiệu quả từ phía cung nhưng không phản ánh lý do thật sự người dân lựa chọn hay không lựa chọn giao thông công cộng trong đời sống hàng ngày.

Tài liệu quốc tế chỉ ra rằng quyết định sử dụng giao thông công cộng phụ thuộc không chỉ vào điều kiện kỹ thuật mà còn vào cảm nhận về khả năng tiếp cận hệ thống [4, 5]. Tuy vậy, chưa có khung tích hợp đồng thời công nghệ hướng đến người dùng, khả năng tiếp cận cảm nhận và vòng phản hồi quy hoạch trong một mô hình có cấu trúc kiểm định được [7]. Bài báo đề xuất khung ba tầng nhằm lấp đầy khoảng trống đó, cung cấp công cụ đánh giá có thể tích hợp vào quy trình lập và rà soát quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng.

2. TỔNG QUAN LÝ LUẬN VÀ KHOẢNG TRỐNG NGHIÊN CỨU

2.1. Giới hạn của chỉ số kỹ thuật trong đánh giá hiệu quả giao thông công cộng

Geurs và van Wee [4] chỉ ra rằng các chỉ số không gian-kỹ thuật bỏ qua thành phần cá nhân, bao gồm năng lực, nhu cầu và cảm nhận của từng người dùng, trong khi thành phần này tương tác đáng kể với hành vi di chuyển. Handy [6] nhấn mạnh khoảng cách này vẫn dai dẳng trong thực hành: Quyết định đầu tư vẫn dựa chủ yếu vào chỉ số lưu lượng và năng lực vì chúng đơn giản và dễ truyền đạt hơn. Khoảng cách giữa chỉ số kỹ thuật và hành vi vì thế là khoảng cách cấu trúc, không thể lấp đầy bằng cải thiện thêm các chỉ số vận hành.

2.2. Khả năng tiếp cận cảm nhận như thước đo bổ sung

Khả năng tiếp cận cảm nhận để cập đến mức độ mà cá nhân cảm thấy hệ thống giao thông cho phép họ tham gia các hoạt động trong đời sống hàng ngày. Lättman và cộng sự [5] đã phát triển thang đo PAC, công cụ chuẩn hóa đầu tiên cho cấu trúc này trong bối cảnh giao thông công cộng. PAC đo trải nghiệm tích lũy của người dùng, không đo một chuyến đi đơn lẻ hay một thông số vận hành cụ thể. Friman và cộng sự [9] xác nhận chất lượng dịch vụ cảm nhận có liên hệ chặt chẽ với PAC. Curl [10] cho thấy khoảng cách đáng kể giữa chỉ số tiếp cận đo bằng GIS và mức tiếp cận tự báo cáo, đặc biệt ở các nhóm dễ bị tổn thương, gợi ý PAC có tiềm năng cung cấp thông tin chẩn đoán mà chỉ số kỹ thuật bỏ qua.

2.3. Công nghệ hướng đến người dùng và cơ chế tác động qua cảm nhận

Brakewood và Watkins [7] trong tổng quan 60 nghiên cứu ghi nhận lợi ích nhất quán nhất của thông tin thời gian thực là giảm thời gian chờ cảm nhận và tăng hài lòng, không phải giảm thời gian chờ thực tế. Watkins và cộng sự [11] định lượng khoảng cách này: Cung cấp thông tin qua ứng dụng giảm thời gian chờ thực tế khoảng 30 giây nhưng giảm thời gian chờ cảm nhận gần hai phút. Alonso-González và cộng sự [12] phát hiện rào cản chính của chấp nhận dịch vụ là mức độ tin cậy cảm nhận và thân thiện với công nghệ, không phải tính năng kỹ thuật.

2.4. Ba khoảng trống trong thực hành quy hoạch xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam

Khoảng trống thứ nhất là thiếu khung tích hợp công nghệ, PAC và hành vi trong một mô hình cấu trúc kiểm định được, phần lớn nghiên cứu xử lý hai nhánh này tách biệt. Khoảng trống thứ hai là thiếu bằng chứng tại đô thị đang phát triển châu Á, nơi bối cảnh rào cản số và thói quen phương tiện cá nhân khác biệt căn bản so

với châu Âu [8]. Khoảng trống thứ ba là thiếu vòng phản hồi có hệ thống từ cảm nhận người dùng theo từng loại hình dịch vụ sang điều chỉnh quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng. Đây là khoảng trống trực tiếp nhất mà khung ba tầng hướng đến.

3. KHUNG PHÂN TÍCH 3 TẦNG

3.1. Nguyên tắc xây dựng khung

Khung được xây dựng từ 4 nguyên tắc: (1) Lấy cảm nhận người dùng làm thước đo trung tâm [5]; (2) công nghệ tác động gián tiếp qua cảm nhận, không trực tiếp lên hành vi [7]; (3) phân tách theo loại hình dịch vụ vì sự khác biệt giữa các nhóm mang thông tin chẩn đoán [13] và (4) khép vòng phản hồi bằng cách chuyển hóa dữ liệu cảm nhận thành tín hiệu điều chỉnh quy hoạch [14].

3.2. Tầng 1: Điều kiện hệ thống

Tầng 1 bao gồm 8 cấu trúc công nghệ hướng đến người dùng trong 3 cụm chức năng. Cụm chất lượng thông tin (TECH1-3: Độ chính xác, tính kịp thời, tính hữu ích của thông tin thời gian thực) được kỳ vọng định hình chủ yếu cảm nhận về tính dự đoán hành trình thông qua giảm bất định [11].

Cụm hỗ trợ hành trình (TECH4-5: Lập kế hoạch và tích hợp đa phương thức) tác động đến cảm nhận kiểm soát thông qua giảm tải nhận thức. Cụm giao dịch và giao diện (TECH6-8: Vé điện tử, thanh toán số, thiết kế giao diện) tác động đến cảm nhận dễ dàng tiếp cận dịch vụ và tự tin sử dụng [15].

Ba cụm này đại diện cho 3 chiều can thiệp từ phía cung mà đơn vị quy hoạch và vận hành có thể điều chỉnh độc lập, tạo cơ sở cho khuyến nghị chính sách có mục tiêu.

3.3. Tầng 2: Quá trình nhận thức

Tầng 2 là cốt lõi của khung, bao gồm năm chiều PAC được xác định là cấu trúc trung gian trung tâm của khung, phát triển trên nền thang đo của Lättman và cộng sự [5], được điều chỉnh và phân tách thành năm chiều phù hợp với bối cảnh Hà Nội. PAC1 (dễ tiếp cận điểm đến) và PAC2 (tính dự đoán hành trình) thuộc nhóm nhận thức. PAC3 (kiểm soát hành trình) và PAC4 (thoải mái tâm lý) thuộc nhóm cảm xúc. PAC5 (tự tin sử dụng GTCC) là chiều bổ sung phù hợp với bối cảnh Hà Nội, nơi nhiều người dùng đang trong giai đoạn chuyển đổi từ phương tiện cá nhân. Khi một chiều PAC thấp hơn kỳ vọng ở một nhóm, điều đó gợi ý chiều can thiệp công nghệ nào cần ưu tiên.

3.4. Tầng 3: Kết quả và phản hồi quy hoạch

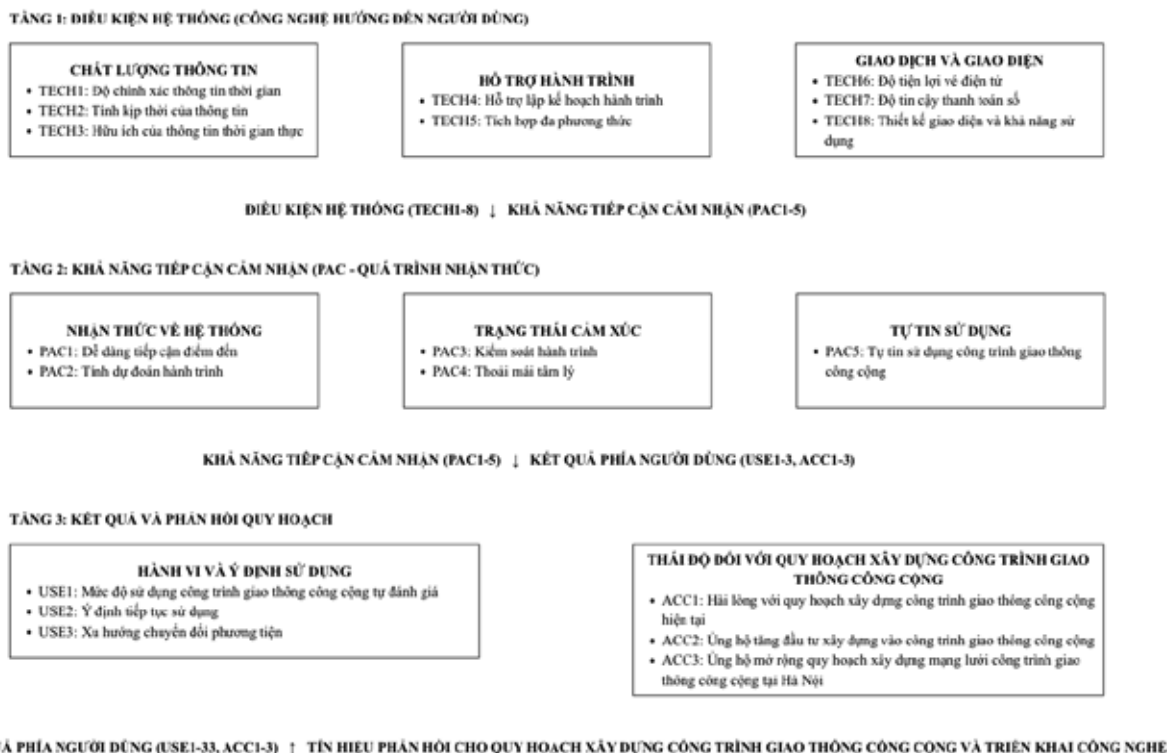
Tầng 3 gồm hai nhóm biến kết quả. Nhóm hành vi và ý định bao gồm USE1 (mức độ sử dụng giao thông công cộng tự đánh giá), USE2 (ý định tiếp tục sử dụng) và USE3 (xu hướng chuyển đổi phương tiện). Nhóm chấp nhận đối với quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng bao gồm ACC1 (hài lòng với quy hoạch xây dựng hệ thống giao thông công cộng hiện tại), ACC2 (ủng hộ tăng đầu tư xây dựng vào công trình giao thông công cộng) và ACC3 (ủng hộ mở rộng quy hoạch xây dựng mạng lưới công trình giao thông công cộng tại Hà Nội) [16]. Nhóm ACC phản ánh mức độ chấp nhận xã hội đối với định hướng xây dựng, đầu tư và mở rộng hệ thống, qua đó bổ sung cho các chỉ số kỹ thuật truyền thống trong đánh giá hiệu quả giao thông công cộng.

Vòng phản hồi được vận hành thông qua so sánh đa nhóm giữa 3 nhóm người dùng: Metro, xe buýt và điện tử và xe buýt vé giấy. So sánh này tạo ra hai kênh phản hồi có ý nghĩa thực tiễn. Kênh thứ nhất là phản hồi về xây dựng và tổ chức mạng lưới công trình giao thông công cộng: Khi PAC thấp ở nhóm metro dù mức đầu tư công nghệ và hạ tầng cao, tín hiệu này gợi ý vấn đề nằm ở kết nối chặng đầu-chặng cuối và tích hợp đa phương thức. Kênh thứ hai là phản hồi về triển khai công nghệ: Khi chênh lệch giữa chất lượng công nghệ cảm nhận và PAC lớn ở nhóm xe buýt vé điện tử, tín hiệu này gợi ý rằng công nghệ chưa chuyển hóa đầy đủ thành cải thiện

cảm nhận tiếp cận và cần điều chỉnh giao diện hoặc cơ chế hỗ trợ chuyển đổi người dùng.

3.5. Sơ đồ khung phân tích

Hình 1 minh họa khung phân tích 3 tầng được đề xuất trong bài. Tầng 1 bao gồm 3 cụm công nghệ hướng đến người dùng (TECH1-TECH8) đại diện cho điều kiện hệ thống có thể điều chỉnh từ phía cung. Tầng 2 là khả năng tiếp cận cảm nhận (PAC1-PAC5), đóng vai trò biến trung gian kết nối điều kiện hệ thống với các kết quả phía người dùng. Tầng 3 gồm hai nhóm kết quả USE1-3 và ACC1-3, phản ánh hành vi sử dụng và thái độ đối với quy hoạch, đồng thời cung cấp tín hiệu phản hồi cho điều chỉnh quy hoạch xây dựng mạng lưới và triển khai công nghệ. Khung này được kiểm định bằng mô hình SEM đa nhóm cho 3 loại hình dịch vụ: Metro, xe buýt vé điện tử và xe buýt vé giấy.



Hình 1. Khung phân tích ba tầng: Công nghệ hướng đến người dùng, khả năng tiếp cận cảm nhận phản hồi quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng tại Hà Nội

4. BỐI CẢNH ỨNG DỤNG: HÀ NỘI VÀ 3 NHÓM DỊCH VỤ

4.1. Lý do chọn Hà Nội

Hà Nội được chọn vì 3 lý do phương pháp luận: Là đô thị có đủ 3 nhóm trải nghiệm công nghệ khác biệt cùng hoạt động: Metro với công nghệ tích hợp cao, xe buýt đang thí điểm vé điện tử và xe buýt vé giấy như nhóm cung cấp cơ sở so sánh đa nhóm trong cùng một bối cảnh; đang trong một trong những giai đoạn chuyển đổi đầu tư giao thông lớn nhất lịch sử [1], tạo điều kiện kiểm định tác động công nghệ ở giai đoạn triển khai ban đầu; khoảng cách mục tiêu-thực tế tạo áp lực chính sách trực tiếp để phát triển công cụ chẩn đoán.

4.2. Metro: Ca chẩn đoán về khoảng cách kết nối

Metro là nhóm có mức đầu tư hạ tầng và công nghệ cao nhất trong 3 nhóm được xem xét. Nhóm này có giá trị chẩn đoán chủ yếu đối với kết nối mạng lưới: Nếu khả năng tiếp cận cảm nhận thấp hơn kỳ vọng dù điều kiện công nghệ trong hệ thống tốt, điều đó gợi ý vấn đề nằm ở kết nối chặng đầu-chặng cuối và tích hợp đa phương thức hơn là ở công nghệ đơn điểm.

4.3. Xe buýt vé điện tử: Ca chẩn đoán về hiệu quả chuyển đổi công nghệ

Xe buýt vé điện tử cho phép quan sát tác động của chuyển đổi công nghệ trong cùng một nền dịch vụ xe buýt. So với nhóm vé giấy, nhóm này giúp nhận diện liệu thay đổi phương thức vé có thật sự cải thiện khả năng tiếp cận cảm nhận hay mới chỉ thay đổi thao tác giao dịch. Vì vậy, đây là nhóm có giá trị chẩn đoán trực tiếp nhất

cho phản hồi về triển khai công nghệ.

4.4. Xe buýt vé giấy: Ca chẩn đoán nhóm tham chiếu

Xe buýt vé giấy là nhóm tham chiếu cơ sở trong khung phân tích. Việc so sánh nhóm này với xe buýt vé điện tử cho phép tách tác động của công nghệ về khỏi đặc điểm chung của chính dịch vụ xe buýt. Nếu mức PAC giữa hai nhóm chênh lệch không đáng kể, điều đó cho thấy công nghệ hiện mới thay đổi hình thức giao dịch nhiều hơn là cải thiện trải nghiệm tiếp cận.

5. THẢO LUẬN VÀ HÀM Ý QUY HOẠCH

5.1. Đóng góp lý luận

Khung ba tầng có 3 đóng góp lý luận. Thứ nhất, tích hợp hai nhánh tài liệu tách biệt - công nghệ giao thông và PAC, thông qua cơ chế trung gian có cấu trúc kiểm định được. Thứ hai, xác lập công nghệ như biến tiền đề có cấu trúc cho PAC, thay vì chỉ xem PAC như kết quả của hải lòng dịch vụ chung chung [5]. Thứ ba, tầng phản hồi quy hoạch thu hẹp khoảng cách giữa nghiên cứu học thuật và thực hành quy hoạch [6], dịch chuyển thảo luận từ "liệu công nghệ có làm tăng hành khách" sang "công nghệ thay đổi PAC và phản hồi quy hoạch như thế nào."

5.2. Hàm ý thực tiễn cho quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng tại Hà Nội

Bảng 1 so sánh giá trị chẩn đoán của chỉ số kỹ thuật truyền thống và khả năng tiếp cận cảm nhận trong đánh giá hiệu quả giao thông công cộng.

Bảng 1. So sánh chỉ số kỹ thuật và khả năng tiếp cận cảm nhận (PAC)

Khía cạnh	Chỉ số kỹ thuật	Khả năng tiếp cận cảm nhận (PAC)
Đo lường	Hiệu quả vận hành phía cung	Trải nghiệm tích lũy phía cầu
Câu hỏi trả lời	Hệ thống chạy tốt không?	Người dùng cảm thấy có thể đi đâu không?
Phân tách theo nhóm	Thường không	Có, theo loại hình dịch vụ
Tín hiệu chính sách	Điều chỉnh vận hành	Điều chỉnh mạng lưới và công nghệ

Kênh mạng lưới cung cấp tín hiệu cho sở giao thông vận tải: PAC thấp ở nhóm metro → ưu tiên cải thiện kết nối đa phương thức thay vì mở rộng tuyến. Kênh công nghệ cung cấp tín hiệu cho đơn vị vận hành: khoảng cách TECH-PAC lớn ở nhóm xe buýt vé điện tử → ưu tiên điều chỉnh giao diện và hỗ trợ chuyển đổi người dùng. Litman [13] xác nhận nhiều cải thiện tiếp cận đạt được qua tổ chức dịch vụ tốt hơn mà không cần đầu tư hạ tầng mới.

5.3. Hạn chế

Khung có hai hạn chế chính. Thứ nhất, chưa có bằng chứng thực nghiệm kiểm định; cần dữ liệu thực với cỡ mẫu đủ lớn, CFA, SEM và so sánh đa nhóm. Khung cũng chưa tích hợp yếu tố thay đổi theo thời gian của PAC khi người dùng tích lũy kinh nghiệm. Thứ hai, khung tập trung vào ba loại hình dịch vụ tại Hà Nội; tính khái quát sang các đô thị và phương thức khác cần kiểm định thêm. Kết quả thực nghiệm sẽ được công bố trong nghiên cứu tiếp theo.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đề xuất khung phân tích ba tầng nhằm lấp đầy 3 khoảng trống chính trong tài liệu và thực tiễn: Thiếu mô hình tích hợp công nghệ với khả năng tiếp cận cảm nhận, thiếu bằng chứng phù hợp với bối cảnh đô thị đang phát triển như Hà Nội và thiếu cơ chế phản hồi từ cảm nhận người dùng vào quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng.

Khung đặt công nghệ hướng đến người dùng ở tầng 1, khả năng tiếp cận cảm nhận ở tầng 2 và hai nhóm kết quả ở tầng 3 gồm hành vi sử dụng và chấp nhận đối với quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng. Trong đó, ACC1 là hài lòng với quy hoạch xây dựng hệ thống giao thông công cộng hiện tại, ACC2 là ủng hộ tăng đầu tư xây dựng vào công trình giao thông công cộng và ACC3 là ủng hộ mở rộng quy hoạch xây dựng mạng lưới công trình giao thông công cộng tại Hà Nội.

Việc áp dụng khung vào 3 nhóm metro, xe buýt vé điện tử và xe buýt vé giấy tạo ra cấu trúc so sánh có giá trị chẩn đoán rõ ràng. Metro phản ánh vấn đề kết nối mạng lưới, xe buýt vé điện tử phản ánh hiệu quả chuyển đổi công nghệ, còn xe buýt vé giấy cung cấp nền tham chiếu để nhận diện phần giá trị gia tăng thật sự của công nghệ vé.

Đóng góp thực tiễn của khung là cung cấp công cụ có thể tích hợp vào quá trình rà soát và điều chỉnh quy hoạch xây dựng công trình giao thông công cộng, bổ sung cho các chỉ số kỹ thuật bằng thước đo phản ánh trải nghiệm thực tế của người dùng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 519/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, 2016.
- [2] A. Minh Ngoc, H. Nishiuchi, N. Van Truong and L. Thu Huyen. A comparative study on travel mode share, emission, and safety in five Vietnamese Cities. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, vol. 20, no. 1, pp. 157-169, Apr. 2022, doi: 10.1007/s13177-021-00283-0.
- [3] D. H. Nguyen and V. N. Nguyen. Analysis Study of Current Transportation Status in Vietnam's Urban Traffic and the Transition to Electric Two-Wheelers Mobility. *Sustainability*, vol. 13, no. 10, p. 5577, May 2021, doi: 10.3390/su13105577.

[4] K. T. Geurs and B. van Wee. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *J. Transp. Geogr.*, vol. 12, no. 2, pp. 127-140, Jun. 2004, doi: 10.1016/J.JTRANGE.2003.10.005.

[5] K. Lättman, L. E. Olsson and M. Friman. Development and test of the Perceived Accessibility Scale (PAC) in public transport. *J. Transp. Geogr.*, vol. 54, pp. 257-263, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2016.06.015.

[6] C. Brakewood and K. Watkins. A literature review of the passenger benefits of real-time transit information. *Transp. Rev.*, vol. 39, no. 3, pp. 327-356, May 2019, doi: 10.1080/01441647.2018.1472147.

[7] S. Handy. Is accessibility an idea whose time has finally come?. *Transp. Res. D Transp. Environ.*, vol. 83, p. 102319, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102319.

[8] M. Friman, K. Lättman and L. E. Olsson. Public Transport Quality, Safety and Perceived Accessibility. *Sustainability*, vol. 12, no. 9, p. 3563, Apr. 2020, doi: 10.3390/su12093563.

[9] A. Curl. The importance of understanding perceptions of accessibility when addressing transport equity: A case study in Greater Nottingham, UK. *J. Transp. Land Use*, vol. 11, no. 1, Nov. 2018, doi: 10.5198/jtlu.2018.1003.

[10] K. E. Watkins, B. Ferris, A. Borning, G. S. Rutherford and D. Layton. Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders. *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 45, no. 8, pp. 839-848, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.trd.2011.06.010.

[11] M. J. Alonso-González, S. Hoogendoorn-Lanser, N. van Oort, O. Cats and S. Hoogendoorn. Drivers and barriers in adopting Mobility as a Service (MaaS) - A latent class cluster analysis of attitudes. *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 132, pp. 378-401, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.trd.2019.11.022.

[12] M. Pojani and D. Stead. Sustainable Urban Transport in the Developing World: Beyond Megacities. *Sustainability*, vol. 7, no. 6, pp. 7784-7805, Jun. 2015, doi: 10.3390/su7067784.

[13] T. A. Litman. Evaluating accessibility for transportation planning, 2025. Internet: www.vtpi.org.

[14] L. Bertolini, F. le Clercq and L. Kapoen. Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transp. Policy (Oxf)*, vol. 12, no. 3, pp. 207-220, May 2005, doi: 10.1016/j.tranpol.2005.01.006.

[15] C. Brakewood, A. Ziedan, S. J. Hendricks, S. J. Barbeau and A. Joslin. An evaluation of the benefits of mobile fare payment technology from the user and operator perspectives. *Transp. Policy (Oxf)*, vol. 93, pp. 54-66, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.tranpol.2020.04.015.

[16] I. Ajzen. The theory of planned behavior. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.*, vol. 50, no. 2, pp. 179-211, Dec. 1991, doi: 10.1016/0749-5978(91)90020-T.

[17] R. M. Baron and D. A. Kenny. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic and statistical considerations. *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 51, no. 6, pp. 1173-1182, 1986, doi: 10.1037/0022-3514.51.6.1173.

Thành lập bản đồ hình thái đô thị dựa trên khung phân loại Local Climate Zone: Nghiên cứu điển hình tại TP Hồ Chí Minh

Urban morphology mapping using Local Climate Zone Classification: A case study of Ho Chi Minh City

> **THS ĐOÀN THỊ BÍCH NGỌC^{1,2,*}, PGS.TS CHÂU NGUYỄN XUÂN QUANG², TS PHẠM THỊ MAI THY³**

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

²Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

³Trung tâm Ứng dụng công nghệ vũ trụ TP Hồ Chí Minh

*Email: ngocdtb@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Phân tích hình thái đô thị đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá cấu trúc không gian và đặc điểm phát triển đô thị. Nghiên cứu này nhằm thành lập bản đồ hình thái đô thị dựa trên hệ thống phân loại Local Climate Zone (LCZ) cho một khu vực điển hình tại TP.HCM. Dữ liệu huấn luyện được xây dựng thông qua việc số hóa các vùng mẫu trên ảnh độ phân giải cao theo quy trình WUDAPT và phân loại LCZ được thực hiện bằng công cụ trực tuyến LCZ Generator. Kết quả cho thấy khu vực nghiên cứu có sự phân bố đa dạng của các lớp LCZ, trong đó các lớp xây dựng LCZ 3 (nhà thấp tầng mật độ dày đặc) và LCZ 9 (nhà thưa thớt) chiếm ưu thế. Cấu trúc không gian thể hiện tính phân mảnh cao, với sự xen kẽ giữa khu vực xây dựng và bề mặt tự nhiên, phản ánh đặc trưng hình thái đô thị và xu hướng phát triển không đồng đều. Nghiên cứu khẳng định hiệu quả của LCZ Generator trong việc thành lập bản đồ hình thái đô thị và cung cấp cơ sở khoa học phục vụ quy hoạch đô thị bền vững.

Từ khóa: Vùng khí hậu cực bộ; LCZ Generator; WUDAPT; hình thái đô thị; TP Hồ Chí Minh.

ABSTRACT

Urban morphology analysis plays a crucial role in understanding spatial structure and urban development patterns. This study aims to map urban morphology based on the Local Climate Zone (LCZ) classification for a representative area in Ho Chi Minh City. Training data were developed by digitizing training areas from high-resolution imagery following the WUDAPT protocol and LCZ classification was performed using the LCZ Generator online tool. The results reveal a diverse distribution of LCZ classes, where the built-up classes LCZ 3 (compact low-rise) and LCZ 9 (sparsely built) dominate the study area. The spatial structure exhibits a high level of fragmentation, characterized by strong intermixing between built-up and natural surfaces, reflecting heterogeneous urban development patterns. This study demonstrates the effectiveness of the LCZ Generator for urban morphology mapping and provides a scientific basis for sustainable urban planning.

Keywords: Local climate zone; LCZ Generator; WUDAPT; urban morphology; Ho Chi Minh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

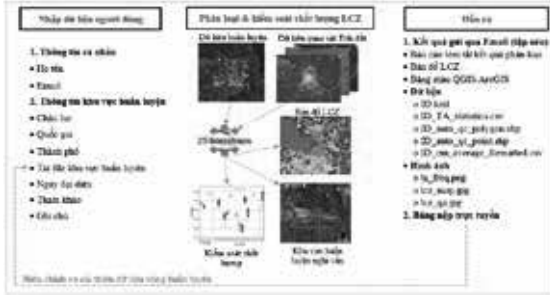
Một trong những phương pháp hiệu quả để phân tích hình thái đô thị là hệ thống phân loại Local Climate Zone (LCZ), được đề xuất bởi Stewart và Oke [1]. Hệ thống này phân chia bề mặt và cấu trúc không gian đô thị thành 17 lớp khác nhau, cho phép mô tả một cách chi tiết và có hệ thống cấu trúc bề mặt đô thị, từ đó hỗ trợ hiệu quả cho các nghiên cứu về môi trường và quy hoạch đô thị [1, 2].

Cùng với sự phát triển của công nghệ viễn thám và học máy,

việc phân loại LCZ ngày càng được tự động hóa và nâng cao hiệu quả. Trong bối cảnh đó, quy trình WUDAPT (World Urban Database and Access Portal Tools) đã được phát triển nhằm chuẩn hóa việc thu thập dữ liệu và xây dựng bản đồ LCZ trên phạm vi toàn cầu [2, 3]. Dựa trên nền tảng này, công cụ trực tuyến LCZ Generator cho phép người dùng xây dựng bản đồ LCZ thông qua việc cung cấp các vùng mẫu huấn luyện, trong khi hệ thống tự động thực hiện quá trình phân loại dựa trên dữ liệu viễn thám và các thuật toán học máy [4].

Độ chính xác của bản đồ LCZ được đánh giá thông qua phương pháp kiểm tra chéo với kỹ thuật bootstrap (25 lần lặp) [4]. Trong mỗi lần lặp, tập dữ liệu được chia thành 70% cho huấn luyện và 30% cho kiểm tra độc lập. Các chỉ số đánh giá bao gồm: Độ chính xác tổng thể (OA); hệ số Kappa; độ chính xác của người dùng (UA) và độ chính xác của nhà sản xuất (PA).

Kết quả cuối cùng bao gồm bản đồ LCZ thô và bản đồ đã được hiệu chỉnh bằng bộ lọc Gaussian hình thái nhằm làm mịn không gian.



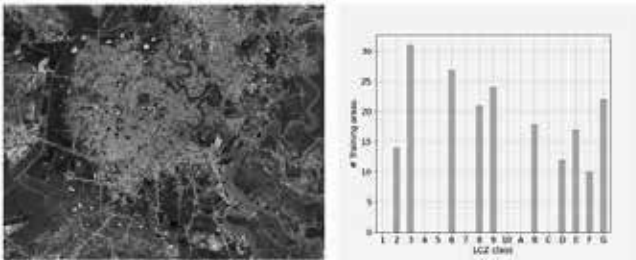
Hình 4. Sơ đồ phân loại theo LCZ Generator [4]

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Dữ liệu huấn luyện và đánh giá độ chính xác phân loại

Bộ dữ liệu huấn luyện phục vụ phân loại được xây dựng với tổng cộng 196 vùng mẫu, đại diện cho 10 lớp LCZ đặc trưng tại khu vực nghiên cứu. Số lượng mẫu cho mỗi lớp dao động từ 10 đến 31 đa giác, đảm bảo tính đại diện và tuân thủ các hướng dẫn kỹ thuật của quy trình WUDAPT (Hình 5).

Kết quả đánh giá độ chính xác cho thấy mô hình phân loại đạt hiệu quả cao với độ chính xác tổng thể (OA) là 89,1% và hệ số Kappa đạt 0,88. Các chỉ số này phản ánh mức độ tin cậy và tính nhất quán cao của bản đồ hình thái đô thị được thành lập.



Hình 5. Mẫu huấn luyện theo các lớp LCZ được lấy trên Google Earth

Kết quả tại Bảng 1 cho thấy sự khác biệt về khả năng nhận diện giữa các nhóm lớp:

- Nhóm lớp phủ tự nhiên: Đạt độ chính xác rất cao, đặc biệt là LCZ G (mặt nước) với PA là 100% và UA là 99,4%. Các lớp LCZ B (rừng cây thưa), LCZ E (bề mặt cứng) và LCZ F (đất trống) đều có các chỉ số độ chính xác trên 90%.

- Nhóm lớp xây dựng: Các chỉ số UA và PA dao động trong khoảng từ 71,2% đến 84,6%. Sự nhầm lẫn nhẹ giữa các lớp xây dựng (như LCZ 2, 3, 6) có thể xuất phát từ sự tương đồng về vật liệu bề mặt và cấu trúc không gian phức tạp trong lõi đô thị.

Bảng 1. Kết quả đánh giá độ chính xác phân loại LCZ

Lớp LCZ	LCZ2	LCZ 3	LCZ 6	LCZ 8	LCZ 9	LCZ B	LCZ D	LCZ E	LCZ F	LCZ G
PA	72,3	83,8	76,7	80,8	80,4	98,3	87,1	94,4	96,8	100
UA	82,9	84,6	83,5	71,2	78,7	90,8	98,4	92,7	90,9	99,4
OA	89,10									
Kappa	0,88									

4.2. Đặc điểm phân bố không gian và cơ cấu diện tích của các lớp LCZ

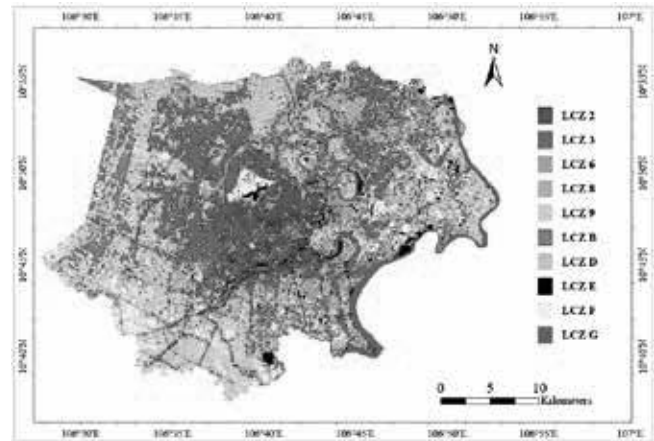
Kết quả xây dựng bản đồ hình thái đô thị (Hình 6) và số liệu thống kê diện tích (Bảng 2) cho thấy:

Các lớp LCZ 2 và LCZ 3 tập trung chủ yếu ở lõi trung tâm khu vực nghiên cứu, nơi có mật độ xây dựng dày đặc và cấu trúc đô thị nén. Trong đó, LCZ 3 chiếm tỷ lệ cao nhất (19,2%) với diện tích 186,8 km², phản ánh đặc trưng phổ biến của nhà phố liền kề mật độ cao. LCZ 2 chiếm diện tích khiêm tốn hơn với 60,8 km² (6,3%), chủ yếu là các khu vực nhà trung tầng tại các phường trung tâm lâu đời.

LCZ 6 (nhà thấp tầng mật độ vừa phải) chiếm 155,3 km² (16,0%), phân bố xem kẽ trong các quận nội thành mở rộng. Đây là hình thái đại diện cho các khu dân cư truyền thống hoặc các khu đô thị mới có quy hoạch hạ tầng đồng bộ.

LCZ 8 (nhà xưởng quy mô lớn) có diện tích 65,8 km² (6,8%), phân bố chủ yếu ở vùng ven, nơi tập trung các khu công nghiệp, khu chế xuất. Trong khi đó, LCZ E (bề mặt cứng) chiếm tỷ lệ thấp nhất với 2,2% (21,7 km²), gắn liền với các công trình hạ tầng chuyên biệt như sân bay, kho cảng, bãi đỗ xe và đường giao thông.

LCZ 9 (nhà thưa thớt) là lớp chiếm ưu thế tương đương LCZ 3 với 186,6 km² (19,2%). Lớp này xuất hiện rải rác ở vùng chuyển tiếp giữa nội và ngoại thành, phản ánh xu hướng đô thị hóa phân tán với sự xen kẽ giữa nhà ở và đất trống và khu vực thực vật.



Hình 6. Bản đồ hình thái đô thị năm 2025 tại khu vực nghiên cứu

Hệ thống mảng xanh tập trung mạnh ở phía Tây Bắc với LCZ B (64,0 km²) và LCZ D (116,8 km²), đóng vai trò là vùng đệm sinh thái. Ngược lại, phía Tây Nam chiếm ưu thế bởi LCZ F (59,7 km²), nơi vẫn duy trì các hoạt động nông nghiệp hoặc quỹ đất chưa đô thị hóa. Lớp mặt nước LCZ G chiếm 54,6 km² (5,6%), phân bố theo hệ thống sông ngòi, kênh rạch đặc trưng của khu vực.

Nhìn chung, cấu trúc hình thái đô thị tại khu vực nghiên cứu mang tính phân mảnh cao với sự chiếm ưu thế của các lớp xây dựng mật độ trung bình và thấp (LCZ 3 và LCZ 9), cho thấy một đô thị đang trong quá trình mở rộng mạnh mẽ nhưng vẫn giữ được những mảng không gian tự nhiên quan trọng ở các khu vực cửa ngõ.

Bảng 2. Diện tích và tỷ lệ các lớp LCZ trong khu vực nghiên cứu

Lớp LCZ	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
LCZ 2	60,8	6,3
LCZ 3	186,8	19,2
LCZ 6	155,3	16,0
LCZ 8	65,8	6,8
LCZ 9	186,6	19,2
LCZ B	64,0	6,6
LCZ D	116,8	12,0
LCZ E	21,7	2,2
LCZ F	59,7	6,1
LCZ G	54,6	5,6
Tổng cộng	972,0	100,0

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng bản đồ hình thái đô thị theo hệ thống LCZ cho khu vực trung tâm TP.HCM bằng công cụ LCZ Generator, đạt độ chính xác cao (OA = 89,1%, Kappa = 0,88), cho thấy phương pháp phù hợp với điều kiện đô thị nhiệt đới phức tạp.

Kết quả phản ánh cấu trúc đô thị phân mảnh, với sự xen kẽ giữa khu xây dựng và bề mặt tự nhiên. Trong đó, LCZ 3 và LCZ 9 chiếm ưu thế, thể hiện xu hướng phát triển nén ở nội thành và mở rộng ở vùng ven.

Nghiên cứu cung cấp dữ liệu hữu ích cho phân tích khí hậu đô thị, hỗ trợ nhận diện đảo nhiệt và định hướng hạ tầng xanh, đồng thời khẳng định hiệu quả áp dụng WUDAPT và LCZ Generator tại Việt Nam..

Hạn chế của nghiên cứu là mới sử dụng 10 lớp LCZ cơ bản, chưa phản ánh đầy đủ tính đa dạng hình thái đô thị. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng phân loại các lớp LCZ để phản ánh chi tiết hơn hình thái của đô thị.

Lời cảm ơn: Các kết quả trong nghiên cứu này là một phần sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2026, mã số CT.2026.14 của Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ID Stewart, TR Oke. Local climate zones for urban temperature studies. Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 93, no. 12, pp. 1879-1900, 2012, doi: 10.1175/BAMS-D-11-00019.1.
- [2] A Rodler, T Udel. Local climate zone approach on local and micro scales: Dividing the urban open space. Urban Climate, vol. 28, pp. 100457, 2019, doi: 10.1016/j.uclim.2019.100457.
- [3] B Bechtel, PJ Alexander, J Böhner, J Ching, O Conrad, J Feddema, G Mills, L See and I Stewart. Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 4, no. 1, pp. 199-219, 2015, doi: 10.3390/ijgi4010199.
- [4] J Ching, G Mills, B Bechtel, L See, J Feddema, X Wang, C Ren, O Brousse, A Martilli and M Neophytou. WUDAPT: An urban weather, climate and environmental modeling infrastructure for the anthropocene. Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 99, no. 9, pp. 1907-1924, 2018, doi: 10.1175/BAMS-D-16-0236.1.
- [5] JM Demuzere, J Kittner and B Bechtel. LCZ Generator: a web application to create Local

Climate Zone maps. Frontiers in Environmental Science, vol. 9, pp. 637455, 2021, doi: 10.3389/fenvs.2021.637455.

[6] KPS Cordovil, YT Brou, OA Guedi, IV Peres, WB Machado, ABS Gaspar, H Bencherif, LRM Gonçalves and LG de Carvalho. Local Climate Zones Classification Applied to a Brazilian Amazon City. Urban Science, vol. 8, no. 4, pp. 253, 2024, doi: 10.3390/urbansci8040253.

[7] LCH Chung, C Yoo. Recent improvements in supervised pixel-based LCZ classification. Sustainable Urban Development: Experience from East and Southeast Asian High-Density Cities, Springer, pp. 53-75, 2024.

[8] AN Le, TN Vo, HV Nguyen and DM Nguyen. Climate trends and climate change scenarios in Ho Chi Minh City. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 964, no. 1, pp. 012009, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/964/1/012009.

[9] C Huỳnh, R Eckert, M Maikämper, B Horst, F Schwartz. Cẩm nang Quy hoạch và Thiết kế đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu cho TP. Hồ Chí Minh. Internet: https://www-docs.b-tu.de/megacity-hcmc/public/2013_edition_handbook_on_climate_change_adapted_urban_planning_and_design_VIE.pdf, (truy cập tháng 04/2026).

[10] WUDAPT. Digitize training areas. Internet: <https://www.wudapt.org/digitize-training-areas> (accessed: 04/2026).

Nghiên cứu các yếu tố của quy hoạch đô thị ảnh hưởng đến hiệu quả đầu tư xây dựng TOD: Tổng quan nghiên cứu trên thế giới và khả năng ứng dụng tại TP Hồ Chí Minh

Research on factors of urban planning affecting the effectiveness of TOD (Transit-Oriented Development) in construction investment: An overview of gender studies and its applicability in Ho Chi Minh City

> **THS LÊ NGUYỄN NGỌC HẢI**

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

Email: Innhai@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tổng quan này nhằm hệ thống hóa và đề xuất khoảng trống kiến thức bằng cách tổng hợp các nghiên cứu trên thế giới công bố từ năm 2015 đến 2025. Nghiên cứu tập trung phân tích 5 nhóm yếu tố quy hoạch đô thị chính ảnh hưởng đến hiệu quả đầu tư TOD: Mật độ và cơ cấu sử dụng đất, khả năng tiếp cận và tích hợp giao thông, cơ chế quản trị và thể chế, mô hình tài chính và thu hồi giá trị đất, khung pháp lý và công cụ quy hoạch đô thị. Thông qua việc phân tích các kết quả nghiên cứu và khoảng trống nghiên cứu trong nhiều bối cảnh địa lý khác nhau, tổng quan cung cấp những hiểu biết tổng hợp dành cho các nhà nghiên cứu, nhà hoạch định chính sách và những người thực hành tham gia quy hoạch và triển khai các dự án TOD trong bối cảnh TP.HCM hiện nay.

Từ khóa: Mật độ và cơ cấu sử dụng đất; khả năng tiếp cận và tích hợp giao thông; cơ chế quản trị và thể chế; mô hình tài chính và thu hồi giá trị đất; khung pháp lý và công cụ quy hoạch đô thị.

ABSTRACT

This literature review aims to systematize and identify knowledge gaps by synthesizing research published worldwide between 2015 and 2025. The study focuses on analyzing five key urban planning factors influencing the effectiveness of TOD (Transit-Oriented Development) investments: Land use density and structure, accessibility and transport integration, governance mechanisms and institutions, financial models and land value recovery and the legal framework and urban planning tools. Through the analysis of theoretical frameworks, empirical results and research gaps across various geographic contexts, this review provides comprehensive insights for researchers, policymakers and practitioners involved in planning and implementing TOD projects in the context of Ho Chi Minh City.

Keywords: Density and land-use configuration; accessibility and transport integration; governance mechanisms and institutional arrangements; financial models and land value capture; regulatory frameworks and zoning instruments.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (Transit-Oriented Development - TOD) đại diện cho một sự chuyển dịch quan trọng trong quy hoạch đô thị hiện đại đã triển khai rộng rãi trên toàn cầu. Tiến đề cốt lõi của đầu tư TOD nằm ở việc hợp quy hoạch sử dụng đất - giao thông và đổi mới cấu trúc đô thị, định hướng đầu tư cho nâng cấp, tái thiết và phát triển đô thị xung quanh

các nút giao thông đường sắt đô thị. TOD tập trung phát triển khu dân cư, dịch vụ thương mại - bán lẻ và chức năng văn phòng trong phạm vi có thể đi bộ đến các phương tiện giao thông công cộng để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng đất và hạ tầng công cộng, cải thiện sức khỏe cộng đồng, giảm phụ thuộc vào phương tiện cá nhân, giảm ô nhiễm không khí và phát thải khí nhà kính, đồng thời bảo tồn và phát huy các giá trị di sản văn hóa (Sở Quy hoạch - Kiến trúc

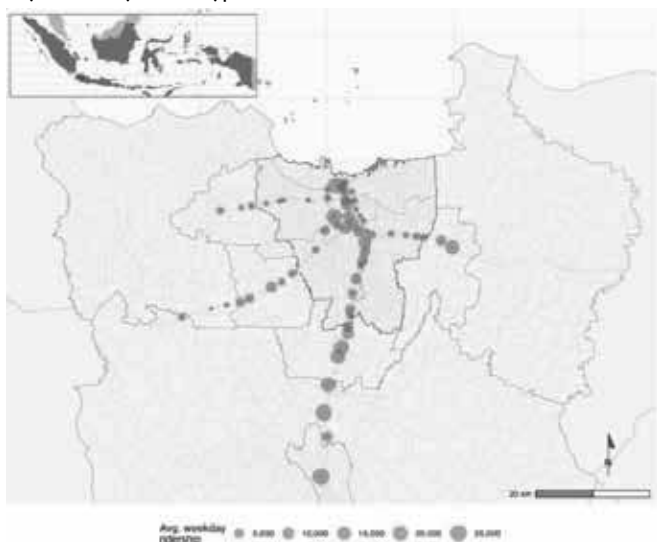
TP.HCM, 2026) [1]. Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng, áp lực môi trường ngày càng lớn và hạn chế tài chính cho phát triển hạ tầng, TOD không chỉ là chiến lược phát triển bền vững mà còn là cơ chế quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư và tính khả thi tài chính của các dự án đường sắt đô thị.

Mặc dù chính sách TOD ngày càng được quan tâm và triển khai rộng rãi trên toàn cầu, nhưng sự hiểu biết về hiệu quả đầu tư TOD vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Do đó, việc phân tích, tổng quan các nghiên cứu cung cấp sự hiểu biết tổng thể, đa chiều về mối quan hệ giữa các yếu tố quy hoạch đô thị với hiệu quả đầu tư TOD. Đây là cơ sở quan trọng để tiếp tục nghiên cứu dựa trên bằng chứng trong bối cảnh TP.HCM, khi các mô hình quốc tế cần điều chỉnh theo điều kiện thể chế, thị trường đất đai và năng lực quản trị địa phương.

2. NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT CÁC YẾU TỐ CỦA QUY HOẠCH ĐÔ THỊ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HIỆU QUẢ ĐẦU TƯ XÂY DỰNG TOD

Các nghiên cứu quốc tế về hiệu quả đầu tư TOD phát triển mạnh mẽ từ trước năm 2015, tập trung chủ yếu vào 5 nhóm yếu tố quy hoạch chính: Mật độ và cơ cấu sử dụng đất, khả năng tiếp cận và tích hợp giao thông, cơ chế quản trị và thể chế, mô hình tài chính và thu hồi giá trị đất, khung pháp lý và công cụ quy hoạch đô thị.

- Về mật độ (mật độ dân cư và mật độ việc làm) và cơ cấu sử dụng đất: Khi nghiên cứu các dự án TOD tại Indonesia, Saroji et al. (2023) [2] chứng minh rằng cơ cấu sử dụng đất tối ưu là sử dụng đất hỗn hợp (dân cư, thương mại, văn phòng, khách sạn) sẽ tối đa hóa giá trị hiện tại ròng (NPV) và tỷ suất lợi nhuận nội bộ (IRR); Widita et al. (2024) [3] cũng khẳng định mật độ việc làm và chỉ số entropy sử dụng đất ảnh hưởng tích cực và nhất quán đến lượng hành khách. Phát hiện này nhấn mạnh chiến lược đầu tư TOD nên ưu tiên tập trung việc làm thông qua các ưu đãi phát triển văn phòng và quy hoạch khu vực hỗn hợp.



Hình 1. Phân bố các điểm dừng tàu và lượng hành khách trung bình vào các ngày trong tuần tại các ga của tuyến đường sắt khu vực đô thị Jakarta (theo Widita et al., 2024) [3].

- Về khả năng tiếp cận và tích hợp giao thông: Nhiều nghiên cứu tại các quốc gia cho thấy rằng tích hợp đa phương thức (đường sắt, xe buýt, xe đạp, đi bộ) đại diện cho một khía cạnh khác của khả năng tiếp cận ảnh hưởng đến hiệu quả đầu tư khi tạo ra hiệu ứng

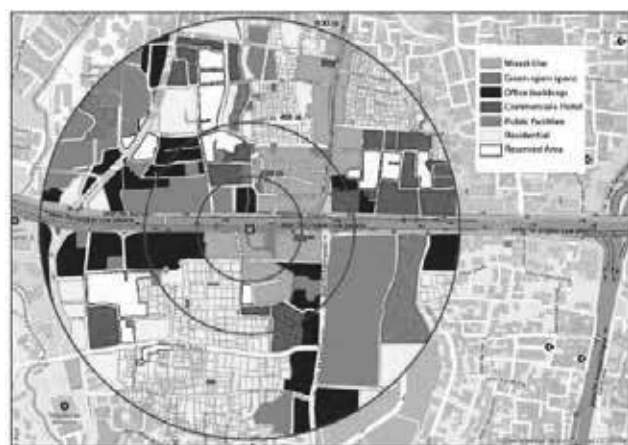
gia tăng giá trị đất đai tập trung mạnh trong bán kính 500 - 800 m quanh ga (theo Lin et al., 2022 tại Trung Quốc [4]; Saroji et al., 2023 [2] và Saputra et al., 2025 [5] tại Indonesia; Sapsangthong et al., 2025 [6] tại Thái Lan). Tuy nhiên, các nghiên cứu đều cho rằng việc đạt được sự tích hợp đa phương thức hiệu quả phải đối mặt với các rào cản về thể chế khi các phương thức khác nhau được vận hành bởi các cơ quan riêng biệt với mục tiêu khác nhau và cơ chế phối hợp hạn chế.



Hình 2. Phân tích cho thấy xu hướng lô đất càng gần hệ thống giao thông đường sắt (Ninh Ba, Trung Quốc) thì giá giao dịch đất càng cao (theo Lin et al., 2022) [4]

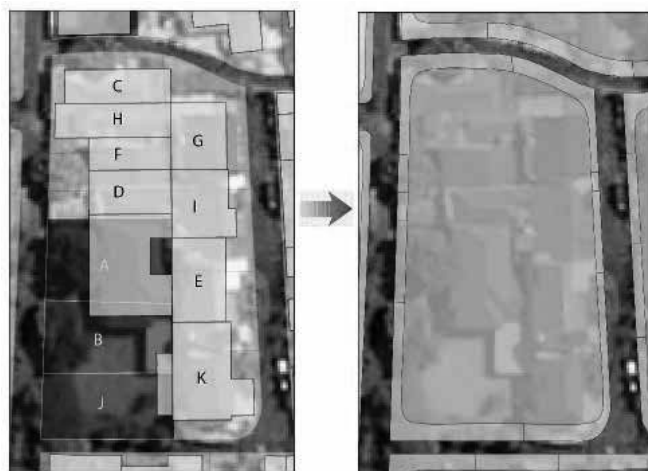
- Về cơ chế quản trị và thể chế: Cấu trúc quản trị và các thỏa thuận thể chế như những yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả đầu tư TOD. Theo Aveline-Dubach và Blandeau (2019) [7], khi phân tích sâu mô hình đường sắt kết hợp bất động sản (Rail-plus-Property - R+P) của Tập đoàn Vận tải đường sắt công cộng Hồng Kông (MTRC), khẳng định quản trị tích hợp trong một thực thể tổ chức duy nhất (thống nhất quyền vận hành đường sắt, phát triển đất và quy hoạch) là yếu tố quyết định thành công hiệu quả đầu tư. Tuy nhiên, các nghiên cứu khác cho rằng khả năng áp dụng mô hình MTRC bị hạn chế bởi các điều kiện về thể chế trong nhiều bối cảnh khác nhau (Wang et al., 2019 [8] tại Trung Quốc; Ali et al., 2024 [9] tại Malaysia). Điều này có ý nghĩa nhấn mạnh cơ chế quản trị tích hợp và thể chế có ý nghĩa sâu sắc đối với hiệu quả đầu tư TOD.

- Về mô hình tài chính và thu hồi giá trị đất: Các mô hình tài chính và công cụ thu hồi giá trị trực tiếp quyết định hiệu quả đầu tư TOD bằng cách thức tài trợ chi phí cơ sở hạ tầng, cách thức thu hồi giá trị gia tăng của đất đai và cách phân bổ rủi ro và lợi nhuận giữa các bên liên quan. Các tài liệu nghiên cứu đã chỉ ra nhiều cơ chế thu hồi giá trị với hiệu quả khác nhau tùy thuộc vào bối cảnh: Mô hình đường sắt cộng với bất động sản của Tập đoàn Vận tải đường sắt công cộng Hồng Kông thể hiện phương pháp thu hồi giá trị toàn diện nhất thông qua các hoạt động phát triển bất động sản (Aveline-Dubach và Blandeau, 2019) [7]; mô hình lợi nhuận của Metro Thẩm Quyển đa dạng hóa nguồn doanh thu ngoài vé thông qua phát triển bất động sản, cho thuê thương mại và quảng cáo (Zhang et al., 2018) [10]; đặc biệt, điều chỉnh sử dụng đất nổi lên như một cơ chế thu hồi giá trị đặc biệt phù hợp với các dự án TOD mới thông qua mô hình được phát triển bởi Saroji et al. (2023) [2] bằng cách cấu hình sử dụng đất tối ưu, tỷ lệ che phủ xây dựng (BCR) và tỷ lệ diện tích sàn (FAR) nhằm tối đa hóa NPV (giá trị hiện tại ròng) và IRR (tỷ suất lợi nhuận nội bộ) trong bối cảnh TOD của Indonesia. Tuy nhiên, các mô hình phải đối mặt với những thách thức trong bối cảnh thể chế chính trị khác nhau.



Mô phỏng can thiệp vào bản đồ quy hoạch sử dụng đất hiện có (hình trên), các thửa đất được hợp nhất thành một khối với chức năng thống nhất (hình dưới), theo Saroji et al. (2023) [2].

Hình 3. Bản đồ điều chỉnh đất để xuất cho khu TOD Fatmawati (Jakarta, Indonesia)



a)

b)

Một số lô đất nhà ở và văn phòng với các tòa nhà hiện hữu (Hình 4a) được hợp nhất và quy hoạch chuyển đổi thành sử dụng hỗn hợp (căn hộ, văn phòng, thương mại, khách sạn) trên cùng một khu vực với hệ số sử dụng đất cao hơn ban đầu, theo Saroji et al. (2023) [2].

Hình 4. Mô phỏng cách thức phân bổ lại bất động sản

- Về khung pháp lý và công cụ quy hoạch đô thị: Các khuôn khổ pháp lý, đặc biệt là các quy định về phân vùng và hệ số sử dụng

đất (Floor Area Ratio-FAR) nổi lên như một công cụ đặc biệt mạnh mẽ để tối ưu hóa đầu tư TOD. Một số nghiên cứu chứng minh rằng quy hoạch phân vùng đa mục đích (ở, thương mại, văn phòng và khách sạn) trong khu vực nhà ga tạo ra giá trị hiện tại ròng (NPV) và tỷ suất lợi nhuận nội bộ (IRR) cao hơn so với cơ cấu sử dụng đất đơn mục đích, cùng với các quy định về mật độ xây dựng (Building Coverage Ratio-BCR) và hệ số sử dụng đất (FAR) phải được phối hợp để đạt được cấu trúc TOD tối ưu giúp tối đa hóa lợi nhuận của nhà phát triển tư nhân và lợi ích công cộng (theo Yu et al., 2023 [11]; Saroji et al., 2023 [2]). Do đó, các nghiên cứu cũng chỉ ra khung pháp lý nên linh hoạt cho các thông số tiêu chuẩn được điều chỉnh dựa trên điều kiện cụ thể của dự án và các thỏa thuận thu hồi giá trị như những yếu tố quan trọng đối với hiệu quả đầu tư TOD.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá các kết quả nghiên cứu được kế thừa và mở rộng

Tổng quan tài liệu cho thấy nhiều kết quả có tính nhất quán và là cơ sở quan trọng để kế thừa và mở rộng trong bối cảnh TP.HCM.

Thứ nhất, các mô hình quản trị tích hợp giữa giao thông công cộng, phát triển đất đai và quy hoạch đô thị thường tạo hiệu quả đầu tư TOD cao hơn mô hình quản lý phân tán.

Thứ hai, cơ chế thu hồi giá trị đất đai được xem là nguồn lực tài chính quan trọng cho TOD. Các hình thức như phát triển bất động sản gần với nhà ga, đấu giá quyền phát triển, điều chỉnh hệ số sử dụng đất hoặc chia sẻ lợi ích từ tăng giá đất đều góp phần nâng cao tính khả thi tài chính của dự án.

Thứ ba, TOD không chỉ là tăng mật độ mà là tổ chức không gian đô thị hợp lý. Mật độ phát triển chỉ phát huy tác dụng khi kết hợp với cơ cấu sử dụng đất hỗn hợp.

Thứ tư, khả năng tiếp cận là yếu tố quyết định giá trị đầu tư TOD. Khoảng cách đến ga, tần suất vận hành, kết nối đa phương thức, an toàn đi bộ có quan hệ trực tiếp với giá trị đất đai, lượng hành khách và sức hấp dẫn đầu tư. Nhiều nghiên cứu ghi nhận vùng ảnh hưởng hiệu quả cao nhất thường nằm trong bán kính khoảng 500 - 800 m quanh ga.

Thứ năm, các chính sách linh hoạt về quy hoạch như thường FAR, điều chỉnh chỉ tiêu xây dựng hoặc cơ chế ưu đãi đầu tư có thể đồng thời gia tăng lợi ích công cộng và lợi nhuận tư nhân nếu được thiết kế phù hợp.

3.2. Những khoảng trống nghiên cứu cần được thảo luận nghiên cứu chuyên sâu hơn

Phân tích tổng quan đã chỉ ra một số khoảng trống khoa học quan trọng cần được tiếp tục nghiên cứu trong tương lai.

Thứ nhất, mặc dù các nghiên cứu ghi nhận giá trị ban đầu và lợi nhuận phát triển, nhưng ít nghiên cứu xem xét tính bền vững tài chính dài hạn của các mô hình đầu tư TOD có duy trì trong thời gian dài khi thị trường trưởng thành, tình trạng khan hiếm đất đai và điều kiện thể chế thay đổi.

Thứ hai, các cơ chế thu hồi giá trị nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư cũng có thể tạo ra hiện tượng đô thị hóa, di dời dân cư và những thách thức về khả năng chi trả, làm suy yếu tính bền vững xã hội. Rất ít nghiên cứu xem xét một cách hệ thống chiến lược quy hoạch đạt sự cân bằng giữa hiệu quả đầu tư và mục tiêu công bằng này.

Thứ ba, các thành phố nên ưu tiên một vài dự án TOD chất lượng cao hay theo đuổi việc triển khai TOD rộng rãi cùng với sự đồng bộ với các chiến lược phát triển đô thị toàn diện trong bối cảnh nguồn lực hạn chế còn ít sự quan tâm từ các nghiên cứu thực nghiệm.

Thứ tư, vai trò của các đổi mới công nghệ (nền tảng kỹ thuật số, thành phố thông minh) tương tác với các yếu tố quy hoạch tuyến thống trong việc nâng cao hiệu quả đầu tư TOD phần lớn chưa được khám phá trong các tài liệu.

Thứ năm, các yếu tố thích ứng và khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu chưa được đề cập trong phân tích đầu tư TOD. Khi các thành phố đối mặt với rủi ro khí hậu ngày càng tăng, việc hiểu cách quy hoạch TOD có thể nâng cao cả hiệu quả đầu tư và khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng đối với đô thị đang phát triển.

Thứ sáu, mặc dù một số nghiên cứu đề cập đến các rào cản thể chế, nhưng rất ít nghiên cứu cung cấp phân tích chi tiết về cơ chế phối hợp công tư và liên ngành nhằm lượng hóa tác động của các yếu tố quy hoạch đô thị đến hiệu quả đầu tư xây dựng TOD.

Thứ bảy, việc xác định mối quan hệ nhân quả vẫn còn nhiều thách thức. Mặc dù đa phần các nghiên cứu định tính cung cấp những hiểu biết về bối cảnh, nhưng hạn chế về khả năng khái quát hóa và suy luận nhân quả. Rất ít nghiên cứu sử dụng thiết kế bán thực nghiệm hoặc phương pháp công cụ biến số để củng cố các tuyên bố về nhân quả. Điều này cho thấy các khuyến nghị chính sách có thể dựa trên nền tảng nhân quả không chắc chắn.

4. KẾT LUẬN

Tổng quan các nghiên cứu giai đoạn 2015 - 2025 cho thấy hiệu quả đầu tư TOD chịu tác động bởi 5 nhóm yếu tố chính thuộc lĩnh vực quy hoạch đô thị: Mật độ và cơ cấu sử dụng đất, khả năng tiếp cận và tích hợp giao thông, cơ chế quản trị và thể chế, mô hình tài chính và thu hồi giá trị đất, khung pháp lý và công cụ quy hoạch đô thị. Tuy nhiên, sự phối hợp đồng bộ giữa các nhóm yếu tố này vẫn còn nhiều khoảng trống thách thức hiệu quả TOD đòi hỏi nghiên cứu bổ sung trong tương lai. Đối với TP.HCM, các mô hình quốc tế không thể sao chép nguyên trạng mà cần điều chỉnh theo điều kiện thể chế, thị trường đất đai và năng lực quản trị địa phương. Đây là cơ sở quan trọng để tiếp tục nghiên cứu các yếu tố quy hoạch đô thị ảnh hưởng đến hiệu quả đầu tư TOD tại TP.HCM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sở Quy hoạch - Kiến trúc TP.HCM. Hướng dẫn kỹ thuật về quy hoạch và triển khai TOD cho TP.HCM. Chương trình Năng lượng, Hạ tầng và Thành phố xanh, tr.10, 2026.
- [2] G. Saroji, A. M. Navastara and K. Pradinie. Land readjustment model for transit-oriented development (TOD) projects: Generating optimal financial benefits. *Civil Engineering Journal*, vol. 9, no. 10, pp. 2512-2528, 2023, doi: 10.28991/cej-2023-09-10-012.
- [3] A. Widita, M. Rizki and T. B. Joewono. TOD-related features and station-level ridership: Insights from the Jakarta Metropolitan Area, Indonesia. *Public Transport*, vol. 16, no. 3, pp. 789-815, 2024, doi: 10.1007/s12469-024-00369-4.
- [4] Y. Lin, S. Zheng and W. Li. Land premium effects of urban rail transit and the associated policy insights for TOD: A case of Ningbo, China. *Urban Rail Transit*, vol. 8, no. 3-4, pp. 205-221, 2022, doi: 10.1007/s40864-022-00180-z.
- [5] E. Saputra, P. Pradono and I. P. Kusumantoro. Transit-oriented development in emerging cities: A case study of railway station areas in Bandung, Indonesia. *Pena Teknik: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, vol. 10, no. 1, pp. 1-12, 2025, doi: 10.51557/zer8bm80.
- [6] P. Sapsangthong, S. Chalermpong and H. Kato. Assessing transit-oriented development integrated practices of land use, transport and socioeconomics toward sustainable urban development in Thailand. *Urban Rail Transit*, vol. 11, no. 1, pp. 1-24, 2025, doi: 10.1007/s40864-025-00251-x.
- [7] N. Aveline-Dubach and G. Blandeau. The political economy of transit value capture: The changing business model of the MTRC in Hong Kong. *Urban Studies*, vol. 56, no. 16, pp. 3415-3431, 2019, doi: 10.1177/0042098018821519.

[8] Y. Wang, S. Feng, Z. Deng and S. Cheng. Institutional barriers to financing transit-oriented development in China: Analyzing informal land value capture strategies. *Transport Policy*, vol. 82, pp. 1-10, 2019, doi: 10.1016/j.tranpol.2019.07.010.

[9] N. A. Ali, M. H. Mustafa and W. N. A. W. A. Aziz. Economic vitality in transit-oriented development: Stakeholder-driven framework from Malaysia. *Semarak International Journal of Entrepreneurship, Economics and Business Development*, vol. 2, no. 1, pp. 6-19, 2024, doi: 10.37934/sijeebd.2.1.619.

[10] M. Zhang, M. Li and Y. Shen. Profit model of metro enterprises and quasi-market based practice of Shenzhen Metro. *Urban Rail Transit*, vol. 4, no. 2, pp. 61-73, 2018, doi: 10.1007/s40864-018-0082-8.

[11] B. Yu, X. Zhu, Y. Jiang and B. Peng. Transit-oriented development and floor area ratio regulation in a transportation corridor: Formulation and a case study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 178, Art. no. 103814, 2023, doi: 10.1016/j.tra.2023.103814.

Ứng dụng công nghệ tích hợp SONIC - IOT - AI trong phát hiện rò rỉ trên mạng lưới cấp nước

Application of integrated SONIC - IOT - AI technology for leak detection in water supply networks

> GS.TS NGUYỄN VIỆT ANH^{1,*}, KS VÕ DUY QUÝ², KS NGUYỄN THANH SƠN³, KS NGUYỄN HOÀNG VIỆT⁴

¹Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường (IESE), Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²AlwaterX Technology Co., Ltd

³Công ty CP Kinh doanh Nước sạch Hải Dương

⁴Công ty CP Nước sạch số 2 Hà Nội

*Email: anhnv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả ứng dụng công nghệ tích hợp Sonic - IoT - AI (Wi.Plat) trong phát hiện rò rỉ trên mạng lưới cấp nước. Nghiên cứu được triển khai tại Công ty CP Kinh doanh Nước sạch Hải Dương và Công ty CP Nước sạch số 2 Hà Nội. Dữ liệu âm học được thu thập tại hiện trường, truyền qua nền tảng điện toán đám mây để phân tích bằng trí tuệ nhân tạo (AI), từ đó xác định các vị trí nghi ngờ rò rỉ và hỗ trợ kiểm tra hiện trường. Kết quả cho thấy, tại Hải Dương, trong 2 tháng, công nghệ đã hỗ trợ phát hiện 14 điểm rò rỉ, góp phần giảm tỷ lệ thất thoát nước ở khu vực nghiên cứu từ 11,6% xuống 10,1% tại DMA 03 và từ 11,2% xuống 8,8% tại DMA 16. Tại Hà Nội, tỷ lệ thất thoát nước tại khu vực nghiên cứu giảm từ 16,2% xuống còn 7,9%, tương ứng tiết kiệm khoảng 5.750 m³ nước mỗi tháng. Kết quả nghiên cứu khẳng định tính hiệu quả và khả thi của công nghệ Sonic - IoT - AI trong phát hiện rò rỉ và quản lý nước không doanh thu (NRW).

Từ khóa: AI; chống thất thoát nước; công nghệ thông minh; phát hiện rò rỉ; Wi.Plat.

ABSTRACT

This paper presents the results of applying integrated Sonic - IoT - AI technology, namely Wi.Plat, for leak detection in water supply networks. The study was conducted at Hai Duong Water Company and Hanoi No. 2 Water Company. Acoustic data were collected in the field and transmitted via a cloud-computing platform for analysis using artificial intelligence (AI), thereby identifying suspected leak locations and supporting field verification.

The results show that in Hai Duong, over a two-month period, the technology supported the detection of 14 leak points, contributing to a reduction in water loss from 11.6% to 10.1% in study area DMA 03 and from 11.2% to 8.8% in DMA 16. In Hanoi, the water loss rate in the study area decreased from 16.2% to 7.9%, corresponding to saving of 5,750 m³ of water per month, approximately.

The findings confirm the effectiveness and feasibility of Sonic - IoT - AI technology in leak detection and non-revenue water management.

Keywords: AI; leak detection; smart technology; water loss reduction; Wi.Plat.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước sạch là một sản phẩm thiết yếu đối với cộng đồng. Đảm bảo cấp nước đầy đủ, liên tục, với lưu lượng, áp lực cần thiết, chất lượng đáp ứng quy chuẩn quốc gia tới khách hàng, đồng thời đảm bảo sản xuất kinh doanh hiệu quả, bền vững là mục tiêu hướng tới của mỗi doanh nghiệp cấp nước. Trong đó, giảm thất thoát, thất thu nước trong hệ thống cấp nước là một nội dung rất quan trọng. Với nhiều cố gắng, tỷ lệ nước không doanh thu ở các đô thị Việt Nam hiện nay trung bình là 17% [1]. Với tổng công suất cấp nước đô thị mỗi ngày là 12 triệu m³, chỉ tính theo đơn giá nước sinh hoạt, mỗi ngày ngành Nước đã tổn thất ~20,4 tỷ đồng, mỗi năm tổn thất gần 7.500 tỷ đồng hay 300 triệu USD. Chỉ cần giảm được tỷ lệ nước không doanh thu 2%, đã cho phép tiết kiệm ít nhất 35 triệu USD mỗi năm.

Sức ép của nhu cầu cải tiến, đổi mới công nghệ, giảm tỷ lệ nước thất thoát và nâng cao chất lượng dịch vụ, mở rộng phạm vi phục vụ, trong khi mạng lưới cấp nước ở nhiều nơi còn chắp vá, cũ nát, được lắp đặt bằng nhiều loại vật liệu ống và phụ tùng có kích cỡ, chất lượng vật liệu, chất lượng thi công khác nhau, công tác quản lý hoạt động xây dựng và bảo vệ đường ống, công trình cấp nước còn yếu kém, trình độ dân trí ở nhiều nơi còn hạn chế, là những thách thức mà các doanh nghiệp cấp nước hiện đang phải vượt qua. Hầu hết các doanh nghiệp cấp nước đều rất quan tâm đầu tư cho hoạt động chống thất thoát nước. Việc áp dụng các công nghệ mới, thông minh, cho phép phát hiện kịp thời, chính xác điểm rò rỉ với nguồn lực phù hợp để có thể can thiệp, khắc phục sớm, với chi phí hợp lý, là một trong những giải pháp mà nhiều doanh nghiệp tìm kiếm [2], [3].

Phương pháp kiểm soát rò rỉ phổ biến nhất là phân vùng mạng lưới cấp nước thành các khu vực quản lý lưu lượng hay còn gọi là Khu vực đồng hồ tổng (District Metered Area - DMA) để theo dõi lưu lượng ban đêm và phát hiện bất thường. Sau khi xác định khu vực nghi ngờ, các thiết bị như tiền định vị (leak noise logger), tương quan âm (correlator) và khuếch đại âm (ground microphone) được sử dụng để khoanh vùng và xác định chính xác vị trí rò rỉ [4].

Một số nơi áp dụng giải pháp phân tích áp lực quá độ (Transient Analysis), sử dụng sóng âm truyền tải với tần số cao và số lượng dữ liệu rất lớn để phân tích và dự đoán khả năng điểm rò rỉ trên đường ống. Phương pháp này kết hợp cả việc đánh giá tình trạng “sức khỏe” của đường ống, khi dữ liệu có thể giúp phân tích được sự thay đổi bề dày thành ống (0,2 mm), từ đó cảnh báo khả năng rò rỉ trong tương lai, không phải chỉ dò tìm hiện tại.

Công nghệ vệ tinh quan sát mặt đất, sử dụng radar khẩu độ tổng hợp (SAR) trong việc quét bề mặt thông qua việc phát sóng vi ba và thu hồi phản xạ, kết hợp phân tích học máy để phân vùng rò rỉ, giúp công tác tiếp cận khu vực có khả năng rò rỉ nhanh, triển khai các biện pháp dò tìm phù hợp ngay sau đó.

Giải pháp cảm biến âm học IoT: Đây là công nghệ được áp dụng phổ biến nhất hiện nay. Các cảm biến âm học (Acoustic Sensors hoặc Leak Noise Loggers) được lắp đặt tại van, họng cứu hỏa hoặc đồng hồ tổng để ghi nhận tín hiệu âm thanh phát sinh từ các điểm rò rỉ trên đường ống. Dữ liệu được truyền qua mạng IoT (NB-IoT, LTE-M, LoRaWAN hoặc 4G/5G) đến nền tảng đám mây để phân tích và phát hiện bất thường. Các giải pháp tiêu biểu như từ Gutterman (Thụy Sĩ), FIDO AI (Anh Quốc), Wiplat (Hàn Quốc), HWM (Anh Quốc), vonRoll (Thụy Sĩ),... Ưu điểm của giải pháp này là triển khai nhanh, chi phí hợp lý, phù hợp với mạng lưới phân phối đô thị và có khả năng giám sát liên tục 24 giờ/ngày, 7 ngày/tuần (24/7) [5].

Giải pháp giám sát lưu lượng và áp lực với IoT: Các cảm biến áp lực (Pressure Logger) và lưu lượng (Flow Meter) được lắp đặt tại các DMA (District Metered Areas) nhằm giám sát liên tục trạng thái vận hành của mạng lưới. Dữ liệu thời gian thực được truyền về hệ thống SCADA hoặc nền tảng IoT để phân tích xu hướng và phát hiện các dấu hiệu rò rỉ thông qua sự thay đổi bất thường của áp lực hoặc lưu lượng ban đêm. Các giải pháp tiêu biểu: Technolog Cello (Anh Quốc), Kamstrup (Đan Mạch), I2O (Anh Quốc),... Giải pháp này đặc biệt hiệu quả trong việc phát hiện rò rỉ lớn và hỗ trợ quản lý áp lực nhằm giảm thất thoát cơ học.

Giải pháp giám sát diện rộng, sử dụng AI và phân tích dữ liệu thông minh: Sự phát triển của AI cho phép phân tích đồng thời dữ liệu từ nhiều nguồn như âm thanh, áp lực, lưu lượng và dữ liệu khách hàng. Các thuật toán học máy (Machine Learning) và học sâu (Deep Learning) có khả năng nhận diện các mẫu bất thường, dự đoán nguy cơ rò rỉ và hỗ trợ ưu tiên sửa chữa. Một số nền tảng nổi bật gồm FIDO AI (Anh Quốc), TaKaDu (Israel), Wi.Plat (Hàn Quốc),... Các hệ thống này giúp chuyển đổi từ mô hình phản ứng sau sự cố sang mô hình quản lý rò rỉ chủ động (Proactive Leakage Management).

Xu hướng hiện nay là tích hợp IoT, AI, GIS, mô hình thủy lực và Digital Twin để xây dựng hệ thống quản lý thất thoát nước thông minh theo thời gian thực. Các dữ liệu từ cảm biến hiện trường được thu thập liên tục, phân tích bằng AI và hiển thị trên các trung tâm điều hành mạng lưới cấp nước (Network Operation Center - NOC), giúp các đơn vị cấp nước nâng cao hiệu quả vận hành, giảm thất thoát và kéo dài tuổi thọ tài sản hạ tầng.

Hội Cấp thoát nước Việt Nam đã triển khai Dự án Chống thất thoát trong hệ thống cấp nước bằng giải pháp thông minh. Dự án do Viện Nguồn lực quốc tế (WRI) - Sáng kiến hợp tác vì phát triển xanh và các mục tiêu toàn cầu đến năm 2030 (P4G) tài trợ. Các đối tác chính của Dự án là Hội Cấp thoát nước Việt Nam (VWSA, chủ trì

Dự án), Công ty CP Kinh doanh nước sạch Hải Dương, Công ty CP Tư vấn và Đầu tư Đô thị Việt (VUCICO), Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường (IESE), Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Công ty K-Water và Công ty Wi-Plat (Hàn Quốc, đơn vị chuyển giao công nghệ). Tiếp sau đó, Công ty CP Nước sạch số 2 Hà Nội cũng đã chủ động thử nghiệm công nghệ Wi.Plat kết hợp Sonic - IoT - AI.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Mô tả thử nghiệm tại Hải Dương

Các DMA nghiên cứu được lựa chọn dựa trên các tiêu chí gồm: (1) có ranh giới thủy lực rõ ràng, được giám sát bằng đồng hồ tổng; (2) có tỷ lệ thất thoát nước trên 10%; (3) quy mô mạng lưới và số lượng khách hàng đủ lớn; (4) có đầy đủ dữ liệu vận hành phục vụ đánh giá hiệu quả của hệ thống phát hiện rò rỉ ứng dụng IoT và AI.

Địa điểm được lựa chọn để tiến hành nghiên cứu thử nghiệm là 2 khu dân cư thuộc TP Hải Dương, với 100% số hộ được cấp nước từ hệ thống cấp nước tập trung. 2 khu vực được quản lý bởi 2 DMA số 03 và số 16, đường kính 150 mm. Đồng hồ tổng của mỗi DMA cung cấp thông tin về lượng nước cấp vào khu vực. DMA 03 có tổng chiều dài tuyến ống 11,94 km, trong đó có 1,68 km ống HDPE D160 mạng phân phối và 10,26 km ống thép tráng kẽm đường kính 20 - 50 mm mạng dịch vụ. Số hộ tiêu thụ trong khu vực là 1.867, trong đó có 41 cơ quan và 1.826 hộ gia đình. Tỷ lệ thất thoát hiện tại của khu vực là 12,3%. DMA 16 có tổng chiều dài ống 23,8 km, gồm 19,98 km ống HDPE đường kính 32 - 160 mm và 3,82 km ống thép tráng kẽm đường kính 50 - 100 mm. Trong khu vực có 2.687 hộ tiêu thụ, gồm 28 cơ quan và 2.659 hộ gia đình. Tỷ lệ thất thoát hiện tại là 10,2%. Mạng lưới bao gồm nhiều loại vật liệu đường ống, như HDPE và thép tráng kẽm, phản ánh điều kiện thực tế của hệ thống cấp nước đô thị tại Việt Nam (Hình 1).



Hình 1. Khu vực thí điểm DMA 03 và DMA 16 tại TP Hải Dương

Các thiết bị được trang bị phục vụ cho nghiên cứu bao gồm: Thiết bị âm học để thu nhận âm thanh từ dòng chảy trên đường ống Sonic M1 kèm theo thanh truyền âm thanh từ đường ống nằm dưới sâu tới thiết bị Sonic (3 bộ); Điện thoại thông minh với hệ điều hành Android; Giá đỡ; Cáp kết nối; Cáp sạc; Phần mềm NELOW của hãng Wi-Plat (Hình 2).



Hình 2. Thiết bị phục vụ thử nghiệm 1 tại Hải Dương

Sau khi lắp đặt, kích hoạt nút nguồn trên thiết bị Sonic M1, thiết bị sẽ tự động bật bluetooth, đồng thời kích hoạt phần mềm NELOW trên điện thoại thông minh. Tiến hành dò tìm bằng cách

đặt thanh cắm lên thành tuyến ống hay bề mặt các phụ kiện như van, đồng hồ,... có nước chảy qua, chọn chế độ đọc dữ liệu. Mỗi điểm dò tìm cách nhau từ 10 - 20 m, và việc này được lặp lại trên toàn tuyến ống. Xung động âm thu nhận từ dòng nước chảy được số hóa và thông qua nền tảng điện toán đám mây truyền về trung tâm, nơi có phần mềm NELOW. Phần mềm thông minh sẽ phân tích dữ liệu âm thanh (độ lớn, biên độ dao động, tần số), phân tích các điểm có nghi ngờ rò rỉ (ký hiệu là các vòng tròn màu đỏ trên bản đồ số mạng lưới cấp nước). Kích thước vòng tròn phụ thuộc vào vật liệu ống, lưu lượng dòng chảy hay mức độ rò rỉ nghi ngờ, khoảng cách từ điểm đo tới điểm rò rỉ. Phần mềm có thể nhận biết và chỉ ra điểm có nguy cơ cao khi dịch chuyển thiết bị dò tìm âm thanh đến gần hay xa hơn điểm rò rỉ, giúp đào tìm được điểm rò rỉ chính xác hơn (Hình 3-4).

Dữ liệu hiện trạng của khu vực cấp nước, bản đồ số hóa về mạng lưới cấp nước, với dữ liệu chi tiết về các tuyến ống, lịch sử nước thất thoát của khu vực được thu thập, dùng làm dữ liệu nền. Số liệu thất thoát của DMA 03 tháng trong tháng 10 và tháng 11 năm 2022 tương ứng là 11,6 và 11,5%, của DMA 16 là 10,5 và 11,2%.



Hình 3. Thu thập dữ liệu hiện trường tại DMA 03, khu vực Cẩm Thượng, Hải Dương



Hình 4. Thu thập dữ liệu hiện trường tại DMA 16, khu vực Hải Tân, Hải Dương

2.2. Mô tả thử nghiệm tại TP Hà Nội

Khu vực nghiên cứu được lựa chọn dựa trên các tiêu chí: (i) tỷ lệ thất thoát nước cao (>15%), (ii) có dữ liệu sản lượng và tỷ lệ thất thoát đầy đủ, (iii) mạng lưới có quy mô đủ lớn và đa dạng, (iv) tồn tại nguy cơ rò rỉ ngầm chưa xác định được vị trí, và (v) có khả năng đánh giá hiệu quả trước và sau khi triển khai. Theo các tiêu chí này, xã Bát Tràng (Đa Tốn cũ) thuộc Xí nghiệp Nước sạch Gia Lâm được lựa chọn làm khu vực thí điểm triển khai (Hình 5).

Xã Bát Tràng (Đa Tốn cũ) bao gồm các thôn Khoan Tế, Ngọc Động, Đào Xuyên, Thuận Tốn, Lê Xá; và một phần xã Gia Lâm bao gồm khu vực dọc Quốc lộ 5 và một số khu vực lân cận. Đây là khu vực có tỷ lệ thất thoát cao, 16,2%.



Hình 5. Khu vực thí điểm - DMA Đa Tốn

Sử dụng thiết bị Wi.Plat để thu nhận và phân tích tiếng ồn do rò rỉ trên mạng lưới cấp nước. Khi phát hiện tín hiệu âm thanh nghi ngờ rò rỉ phát sinh từ mạng lưới đường ống, dữ liệu được tải lên nền tảng NELOW Cloud, nơi trí tuệ nhân tạo (AI) phân tích, đánh giá liệu tín hiệu thu được có phải là rò rỉ nước hay không (Hình 6). Kỹ thuật viên cũng có thể rà soát lại bằng cách nghe các tập tin âm thanh đã được thu thập kèm hình ảnh và vị trí theo GIS để phân tích sâu, sàng lọc, gửi cho nhóm hiện trường dùng thiết bị khuếch đại âm thanh truyền thống xác nhận lại điểm rò rỉ.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của Wi.Plat

Với 4 bộ thiết bị Wi.Plat - Sonic GL, tổ công tác đã thực hiện 6.811 điểm đo, gồm 4.410 điểm đo trên địa bàn xã Bát Tràng và 2.401 điểm đo trên địa bàn xã Gia Lâm, bao gồm đồng hồ khách hàng, van phân phối và trụ cứu hỏa (Hình 7, Hình 8).



Hình 7. Thu thập dữ liệu hiện trường tại khu vực Đa Tốn



Hình 8. Thu thập dữ liệu hiện trường tại khu vực Cổ Bi

Nền tảng quản lý hệ thống thông qua cloud WI.Plat được cung cấp kèm phần cứng thiết bị IoT Sonic GL. Từ giao diện chung của chương trình, tùy theo nhu cầu mà người dùng có thể khởi tạo các dự án riêng tương ứng để thực hiện dò tìm và quản lý, bao gồm quản lý về thông tin địa lý (GIS), dò tìm rò rỉ, quản lý áp lực, quản lý lưu lượng và chương trình bảo trì hệ thống mạng lưới (Hình 9).

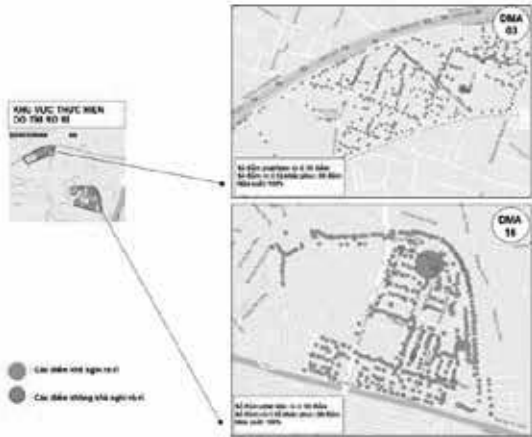


Hình 9. Giao diện ứng dụng trên máy tính của trình quản lý

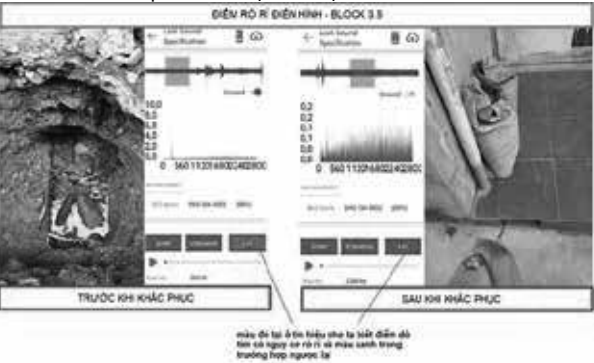
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu tại Hải Dương

Trong thời gian tháng 10-12/2021, nhóm nghiên cứu đã triển khai dò tìm ở 2 khu vực DMA 03 và DMA 16 tổng cộng 500 lượt (Hình 10) và tìm được các điểm rò rỉ chính xác thông qua hiển thị đề xuất trên ứng dụng Nelow (Hình 11), kết quả kiểm soát rò rỉ thu được như Bảng 1 [5], [6].



Hình 10. Phần mềm phân tích dữ liệu và chỉ vị trí rò rỉ trên bản đồ



Hình 11. Kết quả dò tìm từ một điểm rò rỉ điển hình

Bảng 1. Các kết quả kiểm soát rò rỉ thu được

Khu vực	Điểm rò rỉ phát hiện bằng thiết bị Sonic M1	Điểm rò rỉ có thể quan sát (không dùng thiết bị Sonic M1)	Tỷ lệ thất thoát nước		
			T10/2022	T11/2022	T12/2022
DMA 03	6	1			
DMA 16	8	4	11,6	11,5	10,1
Tổng	14	5	10,5	11,2	8,8

Đối với DMA 03, sau 1 tháng, tỷ lệ thất thoát đã giảm xuống còn 10,1%, hay giảm 13% so với ban đầu. Đối với DMA 16, tỷ lệ thất thoát còn 8,8%, giảm 19% so với ban đầu. Với khu vực có tỷ lệ thất thoát vốn đã thấp, các tuyến ống còn tương đối mới, kết quả thử nghiệm cho thấy giảm được gần 2% lượng nước thất thoát chỉ trong 2 tháng thử nghiệm là kết quả rất khả quan [6].

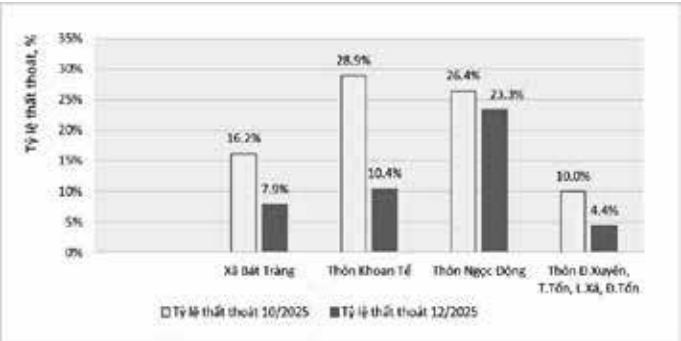
3.2. Kết quả nghiên cứu tại TP Hà Nội

Kết quả thực nghiệm tháng 10-12/2025 cho thấy 9 điểm rò rỉ được xác định chính xác, bao gồm các vị trí ống DN25 và DN50 tại xã Bát Tràng. Lưu lượng nước thất thoát ước tính 7m³/h, tương ứng giảm 8.3% so với tháng 10, tương đương 5.750 m³/tháng [7].

Tại khu vực xã Gia Lâm, đã thử nghiệm khu vực QL5, tổ dân phố Bình Minh, Voi Phục, Kiên Trung; thôn Kiều Kỵ và khu TT Z176, phát hiện và sửa chữa 2 điểm vỡ ống DN50, DN63. Lưu lượng nước thất thoát ước tính 0,2m³/h [7] (Bảng 2). Sau khi phát hiện và sửa chữa, tỷ lệ thất thoát của khu vực giảm (Hình 12).

Bảng 2. So sánh tỷ lệ thất thoát nước trước và sau khi thực hiện dự án

STT	Khu vực thực hiện	Tỷ lệ TTTT tháng 10/2025	Tỷ lệ TTTT tháng 12/2025	So sánh (+/-)	Lượng nước thu hồi quy đổi (m³/tháng)
I	Xã Bát Tràng (Đa Tốn cũ)	16,2%	7,9%	-8,3%	5.750
1	Thôn Khoan Tế	28,9%	10,4%	-	2.900
2	Thôn Ngọc Động	26,4%	23,3%	-3,1%	250
3	Thôn Đào Xuyên, Thuận Tốn, Lê Xá, mặt đường Đa Tốn	10,0%	4,4%	-5,6%	2.600
II	Xã Gia Lâm				
1	Thôn Kiều Kỵ, TT Z176	30,7%	30,4%	-0,2%	290



Hình 12. So sánh tỷ lệ giảm thất thoát nước trước và sau khi thực hiện dự án

3.3. Tính toán chi phí - lợi ích

Giả định cơ sở: Sản lượng DMA 5.000 m³/ngày; Sản lượng năm 1.825.000 m³; Giá bán nước 8.000 VNĐ/m³.

Phương án thuê thiết bị (EaaS - Equipment as a Service): trong trường hợp công ty chưa trang bị bộ thiết bị ban đầu, cần thời gian để đánh giá chi tiết hơn tính phù hợp và khả thi dự án. Giá trị lượng nước thất thoát tránh được và lợi ích thu được như sau:

Bảng 3. Giá trị lượng nước thất thoát tránh được và lợi ích thu được

Mức giảm NRW	Nước thu hồi (m³/năm)	Giá trị kinh tế (VNĐ/năm)	So với Gói 6 tháng (210 triệu)	So với Gói 12 tháng (360 triệu)
1%	18.250	146.000.000	70%	41%
2%	36.500	292.000.000	139%	81%
3%	54.750	438.000.000	209%	122%
4%	73.000	584.000.000	278%	162%
5%	91.250	730.000.000	348%	203%

Phương án đầu tư thiết bị (Equipment as a Purchase - EaaP):

Giá trị thu hồi = Sản lượng năm × % giảm NRW × Giá bán nước

Bảng 4. Giá trị lượng nước thất thoát tránh được và lợi ích thu được

Giảm NRW	Nước thu hồi (m ³ /năm)	Giá trị thu hồi (triệu VNĐ/năm)	ROI năm 1
1%	18.250	146	20,9%
2%	36.500	292	41,7%
3%	54.750	438	62,6%
4%	73.000	584	83,4%
5%	91.250	730	104,3%
6%	109.500	876	125,1%
7%	127.750	1.022	146,0%
8%	146.000	1.168	166,9%

Bảng 5. Thời gian hoàn vốn (Payback Period)

Giảm NRW	Giá trị thu hồi (triệu/năm)	Thời gian hoàn vốn
1%	146	4,8 năm
2%	292	2,4 năm
3%	438	1,6 năm
4%	584	1,2 năm
5%	730	11,5 tháng
6%	876	9,6 tháng

Kết quả tính toán lợi ích - chi phí cho thấy thời gian thu hồi vốn trung bình là 2-3 năm tùy mức độ thất thoát có thể giảm được.

3.4. Đánh giá ưu - nhược điểm và tính khả thi của công nghệ

Hai dự án thí điểm đã chứng minh tính hiệu quả của công nghệ Wi.Plat - Sonic trong phát hiện rò rỉ, trực quan và hỗ trợ nhanh chóng việc tìm ra điểm nghi ngờ có rò rỉ nhờ hiển thị nhanh thông qua điện thoại thông minh.

Phương pháp này cho phép phát hiện rò rỉ với độ chính xác, tốc độ đo nhanh (mỗi giờ có thể đo được khu vực với 200 - 250 đồng hồ khách hàng), đồng thời cho phép tiến hành đo được vào ban ngày, mà không bị nhiễu bởi các tiếng ồn do phương tiện giao thông đi lại trên đường như thiết bị khuếch đại âm truyền thống, giúp giảm thiểu nhiều các ca lao động đêm của công nhân. Thay vì phải huy động nhân lực đi rà soát tất cả các tuyến ống để xác định rò rỉ ban đêm với tai nghe và dụng cụ khuếch đại âm, việc sử dụng công nghệ thông minh và lựa chọn chiến lược kiểm soát rò rỉ thích hợp (sàng lọc - xác định rò rỉ - khắc phục) có hiệu quả cao hơn và giảm chi phí nguồn lực hơn. Ngoài ra, kết hợp với thiết bị khuếch đại âm truyền thống, đồng thời tích hợp thiết bị Sonic M1 với các phương tiện kiểm soát mạng lưới hiện đại như đồng hồ lưu lượng và áp suất, truyền dữ liệu theo thời gian thực về qua hệ thống Scada, cho phép xác định được chính xác, nhanh chóng điểm rò rỉ trên mạng lưới với chi phí vận hành thấp. Đặc biệt, với những ưu điểm kể trên, thiết bị có thể phát huy hiệu quả rất tốt với khu vực có tỷ lệ thất thoát còn cao.

Công nghệ hỗ trợ công tác quản lý công việc và trích xuất báo cáo rất chi tiết. Với hệ thống Nelow này, đơn vị sử dụng có thể quản lý chính xác các tác vụ, lộ trình (theo hệ thống thông tin địa lý - GIS), xuất báo cáo danh mục các điểm khả nghi có rò rỉ, kèm hình ảnh và âm thanh tương ứng để rà soát kiểm tra trước khi ra quyết định sửa chữa rò rỉ.

Thiết bị Wi.Plat hoạt động tương thích hệ thống thông tin địa lý GIS, phục vụ kiểm tra đối tượng cấp nước chính xác theo các dữ liệu số hóa của Công ty cấp nước, tham gia tốt công tác chuyển đổi số trong công tác quản lý vận hành, nâng cao năng suất và độ chính xác. Thiết bị cho phép người dùng lưu trữ và truy xuất dữ liệu lịch sử từng điểm đo trên nền tảng đám mây, dễ dàng quản lý và theo dõi. Ưu điểm nổi bật của Wi.Plat - Sonic là khả năng hoạt động trong điều kiện ẩm ướt (chuẩn IP68) và phân tích dữ liệu bằng AI giúp cảnh báo rò rỉ chính xác.

Xác định khu vực có khả năng rò rỉ thất thoát cao bằng cách triển khai diện rộng với số lượng thiết bị và nhân lực cơ bản, không cần nhân sự có chuyên môn cao hay kinh nghiệm lâu năm trong công tác dò tìm rò rỉ mà vẫn đáp ứng được nhiệm vụ phân vùng rò rỉ cho khu vực. Từ đó, đặt mức độ ưu tiên cho các bước định vị chính xác điểm rò rỉ trên mạng lưới, giảm thời gian quá độ trong quá trình dò tìm bằng thiết bị chuyên dụng truyền thống, do mất nhiều thời gian để tiếp cận được điểm rò rỉ. Thu hồi được lượng nước thất thu trong khoảng thời gian “chết” đó, dù muốn hay không nó vẫn xảy ra. Tăng cao sự phối hợp, điều hành theo ma trận nếu có trong đơn vị, các nhân sự đều có thể tham gia công nghệ này mà không gặp phải thử thách đáng kể như những loại thiết bị chuyên dụng truyền thống.

Tuy nhiên, một số mặt hạn chế của công nghệ này cần được cải thiện, tiếp tục phát triển. Thiết bị IoT đang sử dụng công nghệ ghi âm học, nên vẫn có ảnh hưởng nhất định từ tiếng ồn của môi trường xung quanh trong quá trình vận hành. Nền tảng AI và học máy sâu cần được phát triển để lọc được nhiễu tốt hơn.

Thiết bị sử dụng kết nối từ cảm biến với điện thoại thông minh (Smartphone) bằng kết nối Bluetooth. Điện thoại phải có nguồn điện đủ tốt để không làm gián đoạn công tác thu thập dữ liệu.

Thiết bị thu âm và phân tích dữ liệu chưa tốt khi sử dụng trên tuyến trực chính, mạng lưới truyền tải, với độ sâu chôn ống lớn, đường kính ống lớn, và còn hạn chế với vật liệu ống phi kim loại, với khả năng truyền âm thấp hơn nhiều so với ống kim loại.

Công nghệ này cũng cần đội ngũ được huấn luyện và thực hiện thao tác thành thạo. Công ty cấp nước cần có kế hoạch tập huấn và chiến lược chuẩn bị nhân sự phù hợp.

3.5. So sánh kết quả nghiên cứu với các dự án Wi.Plat tại Hàn Quốc và quốc tế

Kết quả triển khai công nghệ Wi.Plat tại Hải Dương và Hà Nội cho thấy xu hướng tương đồng với các dự án đã được thực hiện tại Hàn Quốc và nhiều quốc gia khác (Bảng 6).

Bảng 6. So sánh kết quả đạt được tại Việt Nam với các dự án quốc tế

Dự án	Quốc gia	Điểm rò rỉ phát hiện	Hiệu quả chính
Hải Dương	Việt Nam	14	NRW giảm ~13-19%
Hà Nội	Việt Nam	11	NRW giảm từ 16,16% xuống 7,9%
Wanju	Hàn Quốc	8	MNF giảm 39%
Uiseong	Hàn Quốc	5	Hiệu suất cấp nước tăng >10%
Jangheung	Hàn Quốc	15	Tiết kiệm 36.500 m ³ /năm
Surabaya	Indonesia	>30	MNF giảm 30%
Bandung	Indonesia	>30	Tiết kiệm 109.500 m ³ /năm
Cirebon	Indonesia	>30	Tiết kiệm 153.300 m ³ /năm
Sarawak	Malaysia	14	MNF giảm 15%
Sivas	Thổ Nhĩ Kỳ	4	NRW khu vực ~40% được cải thiện

Tại Surabaya (Indonesia), sau khi triển khai nền tảng NELOW kết hợp cảm biến âm học và AI, lưu lượng đêm tối thiểu (MNF) giảm khoảng 30%, phát hiện trên 30 điểm rò rỉ và tiết kiệm khoảng 175.000 m³ nước mỗi năm. Tại Bandung và Cirebon, hơn 60 điểm rò rỉ được phát hiện, giúp tiết kiệm tổng cộng hơn 262.000 m³ nước mỗi năm [8].

Tại Hàn Quốc, dự án Wanju ghi nhận mức giảm 39% lưu lượng đêm tối thiểu sau khi sửa chữa 8 điểm rò rỉ lớn, tương đương tiết kiệm khoảng 163.000 m³ nước mỗi năm. Dự án Uiseong giúp nâng hiệu suất cấp nước từ khoảng 70% lên trên 80%, đồng thời tiết kiệm khoảng 109.500 m³ nước mỗi năm. Tại Jangheung, hệ thống đã xác định 149 điểm nghi ngờ rò rỉ và xác nhận 15 điểm rò rỉ thực tế, mang lại hiệu quả tiết kiệm khoảng 36.500 m³ nước mỗi năm [8].

Các dự án tại Malaysia, Thổ Nhĩ Kỳ và Ấn Độ cũng cho thấy hiệu quả tương tự. Tại Sarawak (Malaysia), MNF giảm 15% chỉ sau một tháng vận hành; tại Sivas (Thổ Nhĩ Kỳ), hệ thống hỗ trợ giảm thất thoát trong khu vực có tỷ lệ NRW gần 40%; trong khi tại Jodhpur và Dehradun (Ấn Độ), 16 điểm rò rỉ được phát hiện và xử lý, giúp tiết kiệm khoảng 43.000 m³ nước mỗi năm [8].

Điều này chứng minh rằng công nghệ Sonic - IoT - AI của Wi.Plát phù hợp với điều kiện hạ tầng cấp nước tại Việt Nam.

Công nghệ IoT trong ngành cấp nước đã được triển khai rộng rãi tại nhiều quốc gia, nơi các doanh nghiệp cấp nước đã xây dựng hệ thống quản lý mạng lưới thông minh (Smart Water Network) với khả năng giám sát liên tục lưu lượng, áp lực và rò rỉ theo thời gian thực. Tại Việt Nam, hạ tầng số và dữ liệu GIS của nhiều đơn vị cấp nước đang từng bước được hoàn thiện, tạo điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng các giải pháp IoT và AI trong quản lý thất thoát nước. So với các công nghệ truyền thống, giải pháp Wi.Plát có ưu thế nhờ chi phí đầu tư hợp lý, dễ triển khai, không yêu cầu hạ tầng phức tạp và phù hợp với điều kiện vận hành của đa số doanh nghiệp cấp nước tại Việt Nam. Công nghệ có thể được áp dụng theo giai đoạn (phase) để đảm bảo tính tương thích và khả năng đầu tư tài chính.

So với phương pháp dò tìm rò rỉ truyền thống sử dụng thiết bị khuếch đại âm và tương quan âm, công nghệ Wi.Plát giúp mở rộng phạm vi khảo sát, giảm phụ thuộc vào kinh nghiệm cá nhân của kỹ thuật viên và hỗ trợ số hóa toàn bộ quá trình thu thập dữ liệu. Hệ thống cho phép lưu trữ dữ liệu trên nền tảng đám mây, phân tích bằng AI và quản lý theo GIS, tạo tiền đề cho công tác quản lý tài sản và vận hành mạng lưới theo hướng chuyển đổi số.

Kết quả thực nghiệm tại Hải Dương và Hà Nội cho thấy công nghệ phù hợp với các DMA có tỷ lệ thất thoát từ trung bình đến cao (>10%), đặc biệt hiệu quả đối với mạng lưới dịch vụ và phân phối có mật độ đầu nối lớn. Với mô hình dịch vụ (Equipment as a Service - EaaS), các đơn vị cấp nước có thể tiếp cận công nghệ mà không cần đầu tư CAPEX ban đầu, từ đó giảm rủi ro tài chính và tăng khả năng triển khai diện rộng [8].

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Các kết quả thử nghiệm cho thấy công nghệ thông minh chống thất thoát nước Wi-Plát sử dụng thiết bị nghe và truyền tín hiệu âm thanh, dựa trên nền tảng bản đồ số, công nghệ điện toán đám mây, phần mềm phân tích dữ liệu thông minh, cho phép xác định chính xác điểm rò rỉ theo thời gian thực, đo được cả ban ngày, với các thiết bị dễ sử dụng, không đòi hỏi kỹ thuật phức tạp. Lượng nước thất thoát trong 2 tháng thử nghiệm tại 2 khu vực tương ứng còn 10,1% (DMA 03) và 8,8% (DMA 16), giảm 13% và 19% so với trước dự án; tỷ lệ thất thoát chung giảm 2% tại 2 khu vực vốn có tỷ lệ thất thoát rất thấp, khó tìm điểm rò rỉ tại TP Hải Dương. Tại Hà Nội, kết quả thực nghiệm thuộc DMA Xã Bát Tràng (Đa Tốn cũ) trong 2 tháng thử nghiệm đã giảm đến 50% lượng nước thất thoát, còn 8,3% so với đầu kỳ thực nghiệm dự án là 16,3%, thu hồi được lượng nước tương ứng lên đến 5.750 m³/tháng.

Việc ứng dụng công nghệ thông minh trong chống thất thoát nước rất có tiềm năng và nhiều cơ hội ở Việt Nam, khi tỷ lệ thất thoát

nói chung còn cao, và đang thu hút sự quan tâm của nhiều doanh nghiệp cấp nước.

Những kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy công nghệ Wi.Plát đã được triển khai áp dụng thành công. Kiến nghị triển khai diện rộng, ứng dụng công nghệ này tại các đơn vị cấp nước khác.

Bên cạnh thất thoát cơ học từ rò rỉ nước trên mạng lưới, cần thiết phải có chiến lược tổng thể để quản lý nước không doanh thu, với các giải pháp cụ thể ưu tiên trước mắt và dài hạn tại doanh nghiệp cấp nước. Việc phát hiện và khắc phục rò rỉ cũng phải được thực hiện thường xuyên, liên tục, do hiện tượng rò rỉ nước trên mạng lưới luôn xảy ra hằng ngày, hằng giờ.

Triển khai áp dụng quản trị nước thông minh góp phần đảm bảo an ninh nguồn nước của khu vực và quốc gia, giúp điều tiết, sử dụng tài nguyên nước hợp lý, giúp bảo vệ sức khỏe cộng đồng và nâng cao chất lượng cuộc sống, đảm bảo an ninh, an toàn và an sinh xã hội. Những lợi ích do ứng dụng quản trị nước thông minh mang lại không chỉ cho bản thân doanh nghiệp mà còn cho cả cộng đồng.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Nhà tài trợ Dự án P4G, Hội Cấp thoát nước Việt Nam, Công ty CP Tư vấn và Đầu tư Đô thị Việt, Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường (IESE), Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Công ty K-Water và Công ty Wi.Plát (Hàn Quốc), Công ty CP Nước sạch Hải Dương, Công ty TNHH Công nghệ Aiwatex, Công ty CP Nước sạch số 2 Hà Nội đã hỗ trợ, phối hợp và tham gia thực hiện Dự án.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hội Cấp thoát nước Việt Nam. Báo cáo tại Hội nghị Ban chấp hành Hội CTNVN. 5/2026.
- [2] Chương trình Quốc gia bảo đảm cấp nước an toàn giai đoạn 2016 - 2025, được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1566/QĐ-TTg ngày 9/8/2016, 2016.
- [3] Chỉ thị số 34/CT-TTg ngày 28/08/2020 của Thủ tướng Chính phủ về tăng cường công tác quản lý hoạt động sản xuất, kinh doanh nước sạch, bảo đảm cấp nước an toàn, liên tục. 2020.
- [4] Nguyễn Việt Anh, Vũ Hồng Dương, Trần Văn Dương, Nguyễn Văn Hợp. Quản lý vận hành và bảo dưỡng các công trình của hệ thống cấp nước. NXB. Xây dựng, 2016.
- [5] Công ty CP Kinh doanh Nước sạch Hải Dương. Báo cáo kết quả hoạt động sản xuất, kinh doanh năm 2021 và 2022, 2022.
- [6] Võ Duy Quý, Nguyễn Việt Anh, Phạm Minh Cường, Lê Thu Thủy, Sanghoon Cha. Kết quả nghiên cứu ứng dụng công nghệ thông minh Wi.Plát trong xác định rò rỉ trên mạng lưới cấp nước tại thành phố Hải Dương. Tạp chí Cấp thoát nước Việt Nam, số 140, tr. 68-71, 4/2022.
- [7] Xí nghiệp Nước sạch Gia Lâm, Công ty Nước sạch số 2 Hà Nội. Báo cáo công tác tháng 12/2025, 2025.
- [8] WI.Plát. Project_Case Studies_190626(EN), 2026.

Nghiên cứu tác động của phát triển nhà cao tầng đến năng lực khai thác hệ thống giao thông đô thị tại TP Hồ Chí Minh

Impacts of high-rise development on the operational capacity of the urban transport system in Ho Chi Minh City

> BÙI THANH VIỆT¹, TS VÕ NHẬT LUÂN^{2,*}

¹Ban Quản lý Khu Nông nghiệp Công nghệ cao TPHCM; Email: btviet.ahtp@tphcm.gov.vn

²Trường Đại học Văn Hiến; *Email: Luanvn@vhu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích thực trạng xu thế phát triển nhà ở cao tầng trên địa bàn TP.HCM và nghiên cứu điển hình dự án 79B Lý Thường Kiệt thông qua các công cụ đánh giá tác động và mô phỏng giao thông. Kết quả cho thấy tác động của nhà cao tầng đến giao thông đô thị tập trung tại các khu vực có mật độ phát triển lớn. Dự án nhà cao tầng có thể làm gia tăng áp lực lên các tuyến đường và nút giao lân cận, trong khi khả năng đáp ứng của mạng lưới phụ thuộc nhiều vào tổ chức lối ra vào, bãi đỗ xe, phân luồng và mức độ hoàn thiện hạ tầng khu vực. Từ đó, nghiên cứu đề xuất quản lý phát triển nhà cao tầng gắn với đánh giá tác động giao thông và tích hợp quy hoạch sử dụng đất với giao thông.

Từ khóa: Nhà cao tầng; giao thông đô thị; sử dụng đất; TP.HCM.

ABSTRACT

The paper analyzes the current trend of high-rise residential development in Ho Chi Minh City and examines the 79B Ly Thuong Kiet project as a representative case study using traffic impact assessment and traffic simulation tools. The findings indicate that the impacts of high-rise development on urban traffic are concentrated in areas with high development intensity. High-rise projects can increase pressure on surrounding road corridors and intersections, while the performance of the transport network depends substantially on access design, parking provision, traffic organization, and the degree of completion of surrounding infrastructure. Based on these findings, the study proposes that the management of high-rise development should be closely linked to traffic impact assessment and to the integration of land-use planning with transport planning.

Keywords: High-rise development; urban transport; land use; Ho Chi Minh City.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại các đô thị lớn, phát triển nhà cao tầng thường được xem là giải pháp chủ yếu để nâng cao hiệu quả sử dụng đất, gia tăng nguồn cung nhà ở và thúc đẩy tái cấu trúc không gian đô thị. Tuy nhiên, từ góc nhìn giao thông, gia tăng chiều cao công trình không đơn thuần là thay đổi hình thái kiến trúc, mà kéo theo sự gia tăng mật độ cư trú, tăng số chuyến đi phát sinh - thu hút, tăng xung đột tại các cổng tiếp cận và tăng áp lực lên các tuyến đường, nút giao đã hiện hữu [1]. Khi mật độ xây dựng vượt quá năng lực phục vụ của mạng lưới giao thông, phát triển theo chiều cao có thể gây ùn tắc giao thông, giảm tốc độ, tăng thời gian trễ và chi phí xã hội do giao thông [2].

TP.HCM là đô thị lớn nhất cả nước, có nhu cầu đi lại rất cao và còn phụ thuộc đáng kể vào phương tiện giao thông cá nhân. Trong bối cảnh đó, các dự án nhà ở cao tầng đặt ra yêu cầu phải phát triển nhà cao tầng cần xem xét các tác động trực tiếp đến năng lực khai thác của hệ thống giao thông đô thị. Nhiều dự án

cao tầng nằm trong khu vực mạng lưới đường phố hiện hữu có mặt cắt hẹp và tổ chức giao thông phức tạp.

Các nghiên cứu và báo cáo thường chỉ phân tích mô tả xu hướng phát triển nhà ở, hoặc đánh giá giao thông ở cấp dự án riêng lẻ. Trong khi đó, tác động của nhà cao tầng đến giao thông đô thị cần được phân tích đồng thời ở hai cấp độ: cấp độ vĩ mô để nhìn ra xu thế phát triển nguồn cung và mức độ tập trung không gian; và cấp độ vi mô để nhận diện cơ chế gây áp lực lên các tuyến, các nút và toàn mạng lưới [1], [3]. Nghiên cứu thực hiện các mục tiêu: (i) lượng hóa quy mô và mức độ tập trung của phát triển nhà cao tầng ở TP.HCM giai đoạn 2016 - 2025; (ii) phân tích trường hợp điển hình dự án 79B Lý Thường Kiệt nhằm làm rõ cơ chế tác động của một tổ hợp cao tầng đến năng lực khai thác giao thông khu vực; và (iii) đề xuất một số hàm ý quản lý về phát triển nhà cao tầng gắn với giao thông đô thị.

2. THỰC TRẠNG PHÁT TRIỂN NHÀ CAO TẦNG TẠI TP.HCM

Giai đoạn 2016 - 2025 cho thấy phát triển nhà ở tại TP.HCM diễn ra chủ yếu theo mô hình cao tầng, thể hiện rõ qua quy mô sản phẩm và diện tích sàn được đưa ra thị trường. Trong giai đoạn này, ghi nhận 422 hồ sơ công bố, tương ứng khoảng 398 dự án, với tổng số 182.285 căn hộ chung cư và khoảng 13,62 triệu m² diện tích sàn. Ngược lại, nhà ở thấp tầng chỉ chiếm 1.140 căn với khoảng 179,55 nghìn m² sàn. Chênh lệch rất lớn giữa hai loại hình cho thấy phát triển nhà ở tại thành phố trong những năm gần đây có sự chuyển dịch mạnh sang mô hình chung cư và tổ hợp nhà ở cao tầng.

Về cơ cấu sản phẩm, căn hộ chung cư chiếm 99,38% tổng số đơn vị nhà ở và 98,7% tổng diện tích sàn, phản ánh xu thế phát triển đô thị theo chiều cao đã trở thành đặc trưng nổi bật của thị trường nhà ở TP.HCM. Trong bối cảnh quỹ đất khu vực nội đô ngày càng hạn hẹp, chi phí sử dụng đất gia tăng và nhu cầu cư trú đô thị tiếp tục mở rộng, phát triển nhà cao tầng là lựa chọn nhằm gia tăng hiệu quả khai thác đất và đáp ứng quy mô dân số ngày càng lớn. Tuy nhiên, quá trình này cũng đồng thời làm thay đổi cấu trúc không gian đô thị, từ phân bố dân cư, tổ chức hoạt động kinh tế - xã hội đến nhu cầu đi lại hằng ngày.

Bảng 1. Cơ cấu sản phẩm nhà ở mới trên địa bàn TP.HCM giai đoạn 2016 - 2025

Loại hình	Số lượng sản phẩm	Tỷ trọng (%)	Diện tích sàn (m ²)	Tỷ trọng diện tích (%)
Căn hộ chung cư	182.285	99,38	13.624.032	98,70
Nhà ở thấp tầng	1.140	0,62	179.546	1,30
Tổng	183.425	100,00	13.803.578	100,00

Nguồn: [4]

Sự gia tăng của nhà cao tầng là sự thay đổi về hình thức kiến trúc hay mô hình đầu tư bất động sản, phản ánh quá trình tập trung hóa dân cư và hoạt động đô thị với cường độ cao hơn trên cùng một đơn vị diện tích đất. Khi số lượng căn hộ và diện tích sàn gia tăng mạnh trong các khu vực phát triển tập trung, mật độ cư trú thực tế cũng tăng theo, kéo theo sự gia tăng nhu cầu tiếp cận hạ tầng kỹ thuật và hạ tầng xã hội, đặc biệt là hệ thống giao thông đô thị. Điều này cho thấy phát triển nhà cao tầng cần được nhìn nhận như một yếu tố ảnh hưởng đến năng lực của hạ tầng đô thị, trong đó giao thông là lĩnh vực chịu tác động trực tiếp và rõ rệt nhất [1].

Bảng 2. Quy mô nguồn cung căn hộ chung cư theo năm tại TP.HCM

Năm	Số hồ sơ/đợt	Số tên dự án	Số căn hộ chung cư	Diện tích sàn chung cư (m ²)
2016	12	12	2.205	146.738
2017	86	85	30.647	2.440.624
2018	102	100	40.081	3.312.686
2019	77	75	27.404	2.138.360
2020	45	45	22.041	1.577.212
2021	32	31	15.542	1.044.299
2022	18	16	13.293	888.445
2023	27	24	12.016	884.888
2024	19	18	17.489	1.013.544
2025	4	4	1.567	177.235

Nguồn: [4]

Giai đoạn 2016 - 2020 chiếm 122.378 căn hộ, tương đương 67,14% tổng số căn hộ của cả giai đoạn; riêng năm 2017 đạt đỉnh với 40.081 căn hộ. Từ năm 2020 trở đi, số hồ sơ và căn hộ giảm so với giai đoạn trước đó nhưng thành phố vẫn tiếp tục bổ sung 59.907 căn hộ mới trong giai đoạn 2020 - 2025, cho thấy áp lực lên hạ tầng giao thông do phát triển nhà cao tầng không phải là hiện tượng nhất thời, mà kéo dài liên tục qua nhiều năm.

Thay vì gia tăng áp lực một cách đồng đều trên toàn thành phố, phát triển nhà cao tầng tạo ra các điểm về phát sinh chuyển đi tại những hành lang, cực đô thị và khu vực chuyển đổi đất đai mạnh. Khi nhiều dự án cường độ cao xuất hiện trong cùng một khu vực, tác động giao thông mang tính tích lũy sẽ xuất hiện, ngay cả khi từng dự án riêng lẻ đều có thể được đánh giá là chấp nhận được.

Bảng 3. Các địa bàn có nguồn cung nhà cao tầng lớn

Địa bàn	Số hồ sơ/đợt	Số căn hộ chung cư	Diện tích sàn chung cư (m ²)	Tỷ trọng căn hộ (%)
TP Thủ Đức	169	79.382	5.638.310	43,55
Quận 1	36	16.128	1.270.239	8,85
Quận 7	47	16.096	1.341.659	8,83
Bình Chánh	27	12.441	790.316	6,83
Bình Tân	19	11.798	676.271	6,47
Quận 8	24	11.046	739.072	6,06
Bình Thạnh	16	8.239	740.994	4,52
Tân Phú	11	7.097	576.978	3,89
Nhà Bè	15	4.321	490.698	2,37
Quận 4	8	2.800	204.408	1,54

Nguồn: [4].

Dữ liệu nghiệm thu hoàn thành thi công xây dựng cho thấy xu hướng phát triển nhà ở cao tầng đã được chuyển hóa thành công trình thực tế, chứ không chỉ tồn tại ở dạng nguồn cung dự kiến. Trong giai đoạn 2016 - 2025, có 225 công trình được nghiệm thu hoàn thành; riêng giai đoạn 2016 - 2020 ghi nhận 177 công trình, tương đương 78,67% tổng số công trình được ghi nhận [4]. Về phương diện giao thông, số lượng công trình hoàn thành cao đồng nghĩa với việc áp lực lên mạng lưới đã hiện hữu trên thực địa. Nhiều khu vực chỉ mới có kế hoạch phát triển, thực tế đã trở thành những không gian vận hành với mật độ dân cư, xe ra vào và nhu cầu đi lại rất lớn.

3. TÁC ĐỘNG CỦA PHÁT TRIỂN NHÀ CAO TẦNG ĐẾN NĂNG LỰC KHAI THÁC HỆ THỐNG GIAO THÔNG ĐÔ THỊ TẠI TP.HCM: TRƯỜNG HỢP DỰ ÁN 79B LÝ THƯỜNG KIỆT

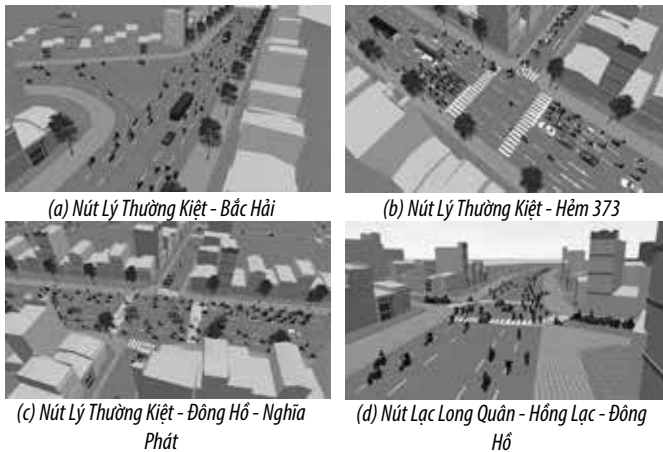
Dự án 79B Lý Thường Kiệt là trường hợp điển hình của phát triển nhà cao tầng trong khu vực đô thị hiện hữu. Dự án có tổng diện tích khu đất 29.768,7 m², được phát triển thành khu chung cư cao tầng kết hợp thương mại, dịch vụ và công viên cây xanh [5]. Công trình có chiều cao tối đa 30 tầng, tổng diện tích sàn xây dựng khoảng 212.895,19 m², quy mô 1.664 căn hộ và dân số dự kiến khoảng 4,1 - 4,3 nghìn người. Bên cạnh chức năng ở, dự án còn bố trí các tầng thương mại - dịch vụ, nhà trẻ, rạp chiếu phim và các tiện ích cộng đồng.

Bảng 4. Một số chỉ tiêu cơ bản của dự án 79B Lý Thường Kiệt

Chỉ tiêu	Giá trị
Vị trí dự án	79B Lý Thường Kiệt, phường 8, quận Tân Bình, TP.HCM
Loại hình phát triển	Chung cư cao tầng kết hợp thương mại, dịch vụ và công viên cây xanh
Tổng diện tích khu đất	29.768,7 m ²
Chiều cao công trình tối đa	30 tầng; 120 m
Tổng diện tích sàn xây dựng (không kể hầm, mái)	212.895,19 m ²
Số căn hộ	1.664 căn
Dân số dự kiến	Khoảng 4.118 - 4.280 người
Bãi đỗ xe bố trí	19.020,87 m ² cho thương mại; 31.467,30 m ² cho khu ở
Số lối ra/vào đánh giá	05 lối ra/vào
Số nút giao nghiên cứu VISSIM	07 nút giao

Nguồn: [5]

Dự án nằm trong một khu vực có mạng lưới đường phố hỗn hợp, với các trục tiếp cận chính gồm Lý Thường Kiệt, Bắc Hải, Đông Hồ, Nghĩa Phát, Phú Hòa, Lê Minh Xuân, Thành Mỹ, Hẻm 373 Lý Thường Kiệt, Lạc Long Quân và Hồng Lạc. Nhiều tuyến trong số này có mặt cắt hẹp, vai trò vừa là đường khu vực vừa là đường gom. Vì vậy, đánh giá tác động giao thông của dự án không thể dừng ở cổng ra/vào, mà cần xem xét theo cụm nút giao liên hoàn.



Hình 1. Mô phỏng đánh giá tác động giao thông các tuyến đường khu vực dự án

Nghiên cứu sử dụng mô hình mô phỏng vi mô VISSIM để đánh giá năng lực khai thác mạng lưới tại các mốc hiện trạng, năm 2030 và năm 2040. Kết quả mô phỏng mạng lưới cho thấy vận tốc đi lại trung bình năm 2030 giảm xuống 17,12 km/h, thấp hơn hiện trạng 2026; đồng thời thời gian trễ trung bình tăng lên 20,73 s/xe. Đến năm 2040, vận tốc đi lại trung bình phục hồi lên 18,32 km/h và thời gian trễ giảm còn 19,38 s/xe, cho thấy mạng lưới có cải thiện nhất định khi hệ thống giao thông khu vực được hoàn thiện hơn. Mạng lưới vẫn có thể vận hành trong các kịch bản được mô phỏng, nhưng dễ bị tác động khi có thêm nguồn phát sinh chuyển đi hoặc khi xảy ra xung đột cục bộ tại các cổng dự án và các nút liên kế.

Bảng 5. Các tham số đánh giá mạng lưới giao thông khu vực dự án 79B

Chỉ tiêu	Hiện trạng/2026	Năm 2030	Năm 2040
Vận tốc đi lại trung bình (km/h)	18,15	17,12	18,32
Thời gian trễ trung bình (s/xe)	19,56	20,73	19,38
Tổng quãng đường di chuyển (km)	29.606	35.824	36.934
Tổng thời gian di chuyển (giờ)	1.631	2.092	2.016
Tổng thời gian trễ (giờ)	134	172	166
Số lượng dừng	3.365	3.432	3.398

Khi xem xét theo tuyến đường, trị số V/C [6] bất lợi nhất năm 2040 tập trung ở các tuyến hẻm 373 (0,85), Lý Thường Kiệt (0,83) và Lê Minh Xuân (0,81). Đây đều là những hướng có vai trò kết nối giữa trục chính và khu vực nội bộ, đồng thời chịu tác động trực tiếp từ luồng xe ra/vào và luồng xe quá cảnh. Các tuyến Phú Hòa và Hồng Lạc có mức khai thác thấp hơn, nhưng vẫn chịu ảnh hưởng dây chuyền khi tổ chức giao thông tại cụm nút thay đổi.

Bảng 6. Hệ số V/C bất lợi và mức phục vụ bất lợi của các tuyến đường quanh dự án 79B

Tuyến đường	V/C bất lợi 2030	LOS bất lợi 2030	V/C bất lợi 2040	LOS bất lợi 2040
Lý Thường Kiệt	0,67	C	0,83	D
Bắc Hải	0,41	B	0,54	C
Hẻm 373	0,75	D	0,85	D
Đông Hồ	0,43	B	0,54	C
Nghĩa Phát	0,36	B	0,51	C
Phú Hòa	0,18	A	0,24	A
Lê Minh Xuân	0,70	C	0,81	D
Lạc Long Quân	0,64	C	0,70	C
Hồng Lạc	0,26	A	0,33	A

Mô phỏng giao thông cho thấy đặc trưng của khu vực nghiên cứu với dòng xe hỗn hợp, tỷ lệ xe máy chiếm ưu thế, mật độ phương tiện cao và mức độ xung đột lớn tại các nút giao lân cận dự án. Các chỉ tiêu định lượng như thời gian trễ, chiều dài hàng chờ và mức phục vụ được xác định có thể nhận diện các điểm nghẽn, hướng chuyển động xung đột và đặc điểm vận hành của từng nút trong toàn bộ mạng lưới.

Bảng 7. Mức phục vụ (LOS) của các nút giao chịu tác động trực tiếp từ dự án 79B

Nút giao	Năm 2030	Năm 2040
Lý Thường Kiệt - Bắc Hải	C	D
Lý Thường Kiệt - Hẻm 373 Lý Thường Kiệt	B	C
Lý Thường Kiệt - Đông Hồ - Nghĩa Phát	C	C
Lý Thường Kiệt - Phú Hòa	B	B
Lý Thường Kiệt - Lê Minh Xuân	C	D
Đông Hồ - Thành Mỹ	B	B
Lạc Long Quân - Hồng Lạc - Đông Hồ	C	C

Đối với các nút giao thông khu vực dự án, kết quả tổng hợp cho thấy các nút nghiên cứu trong khu vực chủ yếu vận hành ở mức C và D ở cả hai mốc 2030 và 2040. Thay đổi tổ chức giao thông hoặc biến động lưu lượng ở một nút có thể làm dịch chuyển hàng chờ và áp lực sang các nút lân cận.

4. ĐỊNH HƯỚNG QUẢN LÝ PHÁT TRIỂN NHÀ CAO TẦNG GẮN VỚI ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG GIAO THÔNG

Quản lý phát triển nhà cao tầng cần được đặt trong mối quan hệ trực tiếp với năng lực khai thác của hệ thống giao thông đô thị. Trên cơ sở kết quả phân tích, nghiên cứu để xuất một số định hướng sau:

Thứ nhất: Cần tích hợp các chỉ tiêu phát triển nhà cao tầng với các chỉ tiêu năng lực giao thông trong quá trình phê duyệt quy hoạch và dự án. Các thông số như tầng cao công trình, hệ số sử dụng đất, mật độ xây dựng, quy mô dân số, cơ cấu chức năng, nhu cầu đỗ xe và phương án tổ chức tiếp cận cần được xem xét đồng thời với năng lực thông hành của tuyến đường, khả năng khai thác của nút giao, mức độ tiếp cận vận tải công cộng và điều kiện đi bộ trong khu vực.

Thứ hai: Cần chuẩn hóa yêu cầu đánh giá tác động giao thông đối với các dự án nhà cao tầng, đặc biệt là các dự án quy mô lớn và dự án nằm trong khu vực nội đô hiện hữu. Nội dung đánh giá bao gồm lưu lượng phát sinh, khả năng thông hành, ảnh hưởng đến các tuyến đường lân cận, nút giao chính, tổ chức đỗ xe, xung đột dòng xe và khả năng lan truyền ùn tắc trong mạng lưới. Đối với các khu vực đã có mật độ phát triển cao, cần áp dụng ngưỡng kiểm soát chặt hơn so với các khu vực còn dư địa hạ tầng.

Thứ ba: Cần đẩy mạnh áp dụng các công cụ mô hình hóa giao thông trong công tác thẩm định và quản lý phát triển đô thị. Việc sử dụng mô hình dự báo nhu cầu giao thông, mô hình bốn bước và mô phỏng vi mô cho phép lượng hóa rõ hơn các chỉ tiêu như lưu lượng, thời gian trễ, chiều dài hàng chờ và mức phục vụ, đồng thời hỗ trợ nhận diện các điểm nghẽn, hướng xung đột và phạm vi lan truyền tác động trong toàn mạng lưới.

Thứ tư: Cần gắn phát triển nhà cao tầng với định hướng phát triển giao thông công cộng (TOD) và chuyển dịch phương thức đi lại. Đối với các dự án quy mô lớn, nếu không có khả năng kết nối hiệu quả với metro, xe buýt sức chở lớn, mạng lưới trung chuyển và không gian đi bộ, phần lớn nhu cầu đi lại phát sinh vẫn sẽ phụ thuộc vào xe cá nhân. Việc cho phép phát triển nhà cao tầng cần ưu tiên các khu vực có khả năng tiếp cận tốt với vận tải công cộng, đồng thời gắn với các giải pháp giảm sử dụng xe cá nhân và tăng khả năng tiếp cận bằng đi bộ, xe đạp và phương tiện công cộng.

Thứ năm: Cần thiết lập cơ chế phối hợp giữa quản lý phát triển xây dựng và quản lý hạ tầng giao thông theo cùng một khung quyết định. Hình thành cơ chế phối hợp giữa các cơ quan quản lý xây dựng, giao thông và quy hoạch đô thị trong việc chia sẻ dữ liệu, thống nhất tiêu chí thẩm định và theo dõi tác động sau đầu tư.

5. KẾT LUẬN

Phát triển nhà cao tầng đang trở thành xu hướng của thị trường nhà ở tại TP.HCM, thể hiện qua tỷ trọng lớn của căn hộ chung cư trong cơ cấu nguồn cung mới và sự tập trung mạnh tại một số cực đô thị. Xu thế phát triển nhà cao tầng làm thay đổi hình thái phát triển không gian đô thị, gia tăng mật độ cư trú, cường độ sử dụng đất và nhu cầu đi lại, từ đó tạo áp lực ngày càng lớn lên năng lực khai thác của hệ thống giao thông đô thị. Các tổ hợp nhà cao tầng quy mô lớn làm gia tăng đáng kể áp lực lên các tuyến đường và nút giao lân cận, đặc biệt trong bối cảnh mạng lưới hiện hữu có mặt cắt hạn chế và tổ chức giao thông phức tạp.

Nghiên cứu đề xuất các giải pháp quản lý phát triển nhà cao tầng gắn với đánh giá tác động giao thông, tích hợp quy hoạch

sử dụng đất với giao thông, tăng cường áp dụng mô hình số trong thẩm định và ưu tiên phát triển theo định hướng vận tải công cộng nhằm bảo đảm hiệu quả khai thác bền vững của hệ thống giao thông đô thị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Padma, S. Velmurugan, N. Kalsi, K. Ravinder, M. Erramapalli and S. Kannan. Traffic impact assessment for sustainable development in urban areas. *Transportation Research Procedia*, vol. 48, pp. 3173-3187, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.08.165.
- [2] T. D. Toan and D. V. Dong. Traffic impact assessment of infrastructure development projects for sustainable urban growth, in *CIQOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure*, ser. Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 54, Singapore: Springer, pp. 927-932, 2019, doi: 10.1007/978-981-15-0802-8_148.
- [3] M. A. R. Abdeen, S. Farrag, M. Benaida, T. Sheltami and Y. El-Hansali. VISSIM calibration and validation of urban traffic: A case study of Al-Madinah City. *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 27, pp. 1747-1756, 2023, doi: 10.1007/s00779-023-01738-9.
- [4] Sở Xây dựng TP.HCM. Danh sách dự án đủ điều kiện huy động vốn trên địa bàn TP.HCM giai đoạn 2015 - 2025, 2024.
- [5] Tổng Công ty Xây dựng Sài Gòn. Báo cáo đầu tư dự án chung cư cao tầng kết hợp thương mại, dịch vụ tại 79B Lý Thường Kiệt, Phường 8, quận Tân Bình, 2018.
- [6] Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 13592:2022 - Đường đô thị: Yêu cầu thiết kế, 2022.

Hiện trạng và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả hoạt động cấp nước trên địa bàn tỉnh Đồng Nai

Assessment of the current situation and proposed solutions for enhancing the efficiency of water supply services in Dong Nai province

> THS NGUYỄN THỊ THANH HUYỀN, TS LẠI VĂN MẠNH, THS VŨ ĐỨC LINH, TS NGUYỄN THẾ THÔNG*

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường, Bộ NN&MT

*Email: thongnguyenthe15@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá hiện trạng hoạt động cấp nước trên địa bàn tỉnh Đồng Nai giai đoạn 2023-2025 và góp phần xây dựng dữ liệu hạch toán tài nguyên nước theo Nghị định số 53/2024/NĐ-CP. Phân tích dựa trên dữ liệu thứ cấp, khảo sát trực tiếp và khung Hệ thống hạch toán kinh tế - môi trường cho tài nguyên nước (SEEA-Water). Năm 2025, tổng lượng nước khai thác của ngành cấp nước (VSIC¹ 36) toàn tỉnh đạt khoảng 174,88 triệu m³, gần như hoàn toàn từ nước mặt (khoảng 99%). Trong 135,50 triệu m³ được cung cấp, phần lớn phục vụ sinh hoạt (73,86 triệu m³) và sản xuất công nghiệp (44,79 triệu m³). Tỷ lệ thất thoát nước giảm còn 16,0%, trong khi nước rửa lọc được tái tuần hoàn hoàn toàn. Đối chiếu với Quy hoạch tài nguyên nước quốc gia và Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Đồng Nai, tỉnh đáp ứng phần lớn chỉ tiêu, song vẫn còn dư địa cải thiện về giảm thất thoát, chuyển đổi số và tái chế bùn thải. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất các giải pháp theo hướng kinh tế tuần hoàn (KTTH) cho ngành cấp nước tỉnh Đồng Nai.

Từ khóa: Cấp nước; hạch toán tài nguyên nước; lưu vực sông Đồng Nai; kinh tế tuần hoàn; SEEA-Water.

ABSTRACT

This paper assesses the current state of water supply in Dong Nai province over the period 2023-2025 and contributes to the development of water resource accounting data under Decree No. 53/2024/ND-CP. The analysis drew on secondary data, direct surveys, and the System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-Water). In 2025, total water abstraction by the water supply sector (VSIC 36) across the province reached an estimated 174.88 million m³, drawn almost entirely from surface water (about 99%). Of the 135.50 million m³ supplied, most served domestic use (73.86 million m³) and industrial production (44.79 million m³). The non-revenue water rate fell to 16.0%, while filter-backwash water was fully recirculated. Benchmarked against the national and Dong Nai river basin water resource plans, the province met most targets, though room remained for improvement in loss reduction, digital transformation, and sludge recycling. Accordingly, the study proposes solutions oriented towards a circular economy for Dong Nai province's water supply sector.

Keywords: Water supply; water resource accounting; Dong Nai river basin; circular economy; SEEA-Water.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉnh Đồng Nai là một trong những địa phương công nghiệp trọng điểm của cả nước, đồng thời giữ vị trí đặc biệt quan trọng trong lưu vực sông Đồng Nai, là một trong những lưu vực sông lớn nhất Việt Nam, với địa giới hành chính bao phủ phần lớn các tiểu vùng của lưu vực. Theo Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Đồng Nai thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, nhu cầu khai thác, sử dụng nước tại Đồng Nai (trước sáp nhập) là 2.005,7 triệu m³ nước, đứng thứ hai trong số các tỉnh thuộc

lưu vực sông Đồng Nai [9]. Tổng lượng nước của các dòng sông trên địa bàn tỉnh Đồng Nai vào khoảng 24 tỷ m³/năm, song phân bố không đều khi mùa mưa chiếm khoảng 80% và mùa khô chỉ chiếm khoảng 20%, gây áp lực thiếu hụt nguồn nước cục bộ [14]. Sự phát triển nhanh của công nghiệp và đô thị làm nhu cầu sử dụng nước tăng mạnh, trong khi việc kiểm soát, xử lý xả thải còn hạn chế khiến chất lượng nguồn nước mặt - nguồn cấp chủ yếu cho sinh hoạt và sản xuất đứng trước nhiều thách thức.

¹Vietnam Standard Industrial Classification

Về khung pháp lý, Luật Tài nguyên nước năm 2023 [2] và Nghị định số 53/2024/NĐ-CP [1] đã quy định hạch toán tài nguyên nước như một công cụ đo lường hiệu quả khai thác, sử dụng nước, làm cơ sở cho điều hòa, phân phối nguồn nước, với lộ trình thực hiện đến năm 2030 (Điều 75). Cùng với đó, Quy hoạch tài nguyên nước thời kỳ 2021-2030 [8] và Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Đồng Nai [9] đã xác lập hệ thống mục tiêu cụ thể về quản lý, bảo vệ và sử dụng hiệu quả tài nguyên nước. Trong bối cảnh đó, việc đánh giá hiện trạng cấp nước và năng lực đáp ứng các mục tiêu quy hoạch trở thành yêu cầu cấp thiết, đồng thời là cơ sở dữ liệu phục vụ hạch toán.

Trên thế giới, khung SEEA-Water đã được áp dụng ở nhiều quy mô và bối cảnh khác nhau, song phần lớn tập trung ở cấp lưu vực hoặc quốc gia với trọng tâm là cân bằng nước thủy văn. Một số nghiên cứu điển hình có thể kể đến: áp dụng SEEA-Water cho lưu vực sông Segura (Tây Ban Nha) để lập bảng cung cấp - sử dụng và sơ đồ dòng nước Sankey phục vụ quản lý lưu vực; kết hợp mô hình thủy văn với SEEA-Water cho lưu vực Büyük Menderes (Thổ Nhĩ Kỳ) nhằm bổ sung dữ liệu thủy văn cho các tài khoản nước [5]; hay tích hợp SEEA-Water với mô hình động lực hệ thống để đánh giá an ninh nước tầng chứa nước Azarshahr (Iran) [6]. Các nghiên cứu này cho thấy SEEA-Water là một khung mở, cần được tùy biến theo đặc điểm và mức độ sẵn có dữ liệu của từng quốc gia. Tuy nhiên, ở Việt Nam, hạch toán tài nguyên nước mới được luật hóa gần đây (Luật Tài nguyên nước năm 2023, Nghị định số 53/2024/NĐ-CP) và còn thiếu các nghiên cứu áp dụng thực nghiệm. Trong bối cảnh đó, điểm mới của nghiên cứu này là: (i) áp dụng có hệ thống khung hạch toán tài nguyên nước cho riêng ngành cấp nước (VSIC 36) - ngành giữ vai trò trung gian giữa môi trường và nền kinh tế - ở cấp địa phương (tỉnh Đồng Nai), thay vì tiếp cận toàn lưu vực như phần lớn nghiên cứu trước; (ii) biên tập bảng cung cấp - sử dụng nước (PSUT)² tương thích với yêu cầu dữ liệu của nhóm tài khoản khai thác, sử dụng nước theo Nghị định số 53/2024/NĐ-CP; và (iii) gắn kết quả hạch toán với phân tích năng lực đáp ứng các mục tiêu quy hoạch tài nguyên nước và định hướng KTTH - một hướng tiếp cận chưa được đề cập trong các nghiên cứu SEEA-Water đã công bố.

2. HƯỚNG TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu thứ cấp

Nghiên cứu thu thập, tổng hợp và kế thừa dữ liệu thứ cấp từ các doanh nghiệp cấp nước chủ lực trên địa bàn tỉnh Đồng Nai (trước sáp nhập) trong giai đoạn 2023-2025. Nguồn dữ liệu gồm ba nhóm chính: (i) báo cáo hoạt động sản xuất - kinh doanh và số liệu khai thác - sản xuất - phân phối - sử dụng nước; (ii) các văn bản quy phạm pháp luật và quy hoạch có liên quan, gồm Luật Tài nguyên nước năm 2023 [2], Nghị định số 53/2024/NĐ-CP [1], Quy hoạch tài nguyên nước quốc gia [8] và Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Đồng Nai [9]; (iii) khung phương pháp luận quốc tế về Hệ thống hạch toán kinh tế - môi trường cho tài nguyên nước (SEEA-Water) [13].

2.2. Phương pháp khảo sát trực tiếp

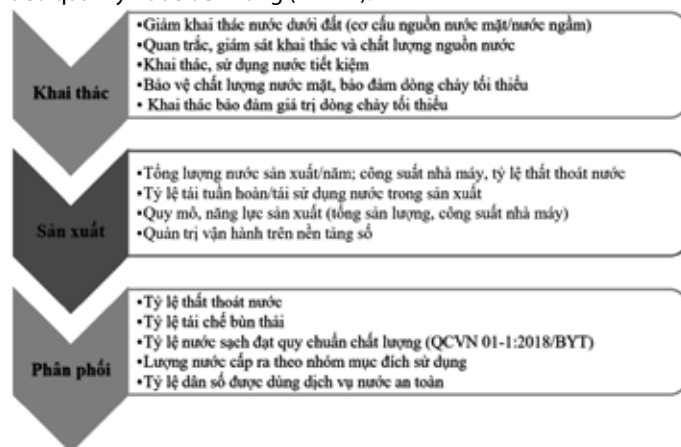
Nghiên cứu tiến hành khảo sát trực tiếp trong giai đoạn 2025-2026 nhằm thu thập dữ liệu sơ cấp về hiện trạng hoạt động cấp nước trên địa bàn tỉnh Đồng Nai. Đối tượng khảo sát gồm hai nhóm: (i) cơ quan quản lý nhà nước cấp tỉnh (Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Đồng Nai); và (ii) doanh nghiệp cấp nước chủ lực, trọng tâm là Công ty Cổ phần Cấp nước Đồng Nai (DOWACO) và một số doanh nghiệp cấp nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất trên địa bàn tỉnh như Công ty Cổ phần Cấp nước Long Khánh, Công ty Cổ phần Cấp nước Gia Tân, Công ty Cổ phần Cấp nước Nhơn Trạch³. Mẫu

khảo sát được lựa chọn theo phương pháp chọn mẫu có chủ đích như DOWACO được chọn do quản lý, cung cấp khoảng 85% lượng nước sạch toàn tỉnh nên có tính đại diện cao cho ngành VSIC 36 của tỉnh; Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Đồng Nai được chọn nhằm bổ sung góc nhìn chính sách và thu thập bổ sung, đối chiếu số liệu. Hình thức khảo sát gồm phỏng vấn sâu, phát phiếu bảng hỏi đối với 02 đối tượng lựa chọn. Nội dung khảo sát tập trung vào: cơ cấu nguồn khai thác; sản lượng nước sản xuất và phân phối; cơ cấu hộ sử dụng nước; tỷ lệ thất thoát nước; và hoạt động tái sử dụng, tuần hoàn nước trong sản xuất.

Để kiểm soát sai số và bảo đảm độ tin cậy, dữ liệu sơ cấp được đối chiếu chéo với dữ liệu thứ cấp (báo cáo sản xuất - kinh doanh của doanh nghiệp và số liệu của cơ quan quản lý), rà soát tính nhất quán về đơn vị và kỳ thống kê, đồng thời chuẩn hóa trước khi đưa vào phân tích hiện trạng theo từng năm trong giai đoạn 2023-2025.

2.3. Phương pháp hạch toán tài nguyên nước

Hạch toán tài nguyên nước được thực hiện theo quy định của Luật Tài nguyên nước năm 2023 [2] và Nghị định số 53/2024/NĐ-CP [1], trong đó hạch toán tài nguyên nước được xác định là công cụ đo lường hiệu quả khai thác, sử dụng tài nguyên nước, làm cơ sở cho việc quản lý và phân bổ nguồn nước hợp lý. Trên cơ sở dòng vật chất của nước qua hệ thống cấp nước, nghiên cứu hệ thống hóa các chỉ tiêu: lượng nước khai thác theo nguồn (nước mặt, nước dưới đất), lượng nước sản xuất, lượng nước cấp, lượng nước thất thoát và lượng nước tái tuần hoàn. Hệ thống các nhóm tài khoản trong hạch toán tài nguyên nước bao gồm: 1. Nhóm tài khoản về đặc điểm tài nguyên nước, 2. Nhóm tài khoản về khai thác, sử dụng nước, 3. Nhóm tài khoản về xả nước thải vào nguồn nước, 4. Nhóm tài khoản về kinh tế - xã hội liên quan đến tài nguyên nước. Phạm vi thu thập dữ liệu trong nghiên cứu này nhằm hướng tới hỗ trợ nhóm tài khoản thứ 2 về khai thác và sử dụng nước trong phạm vi lưu vực sông Đồng Nai. Các dữ liệu yêu cầu hạch toán để thực hiện nhóm tài khoản 2 được hướng dẫn tại Điều 72 Nghị định số 53/2024/NĐ-CP [13] bao gồm: a) Tên đơn vị khai thác, sử dụng nước; loại ngành kinh tế; b) Nguồn nước khai thác; vị trí khai thác; c) Lượng nước khai thác cho các mục đích sử dụng nước theo năm; tổng lượng nước khai thác theo năm; d) Lượng nước tái sử dụng, tuần hoàn cho từng mục đích (nếu có). Trên cơ sở dữ liệu được thu thập theo hướng tiếp cận dòng nước đi qua nền kinh tế từ giai đoạn khai thác, sản xuất, phân phối, nghiên cứu đề xuất đánh giá hiệu quả cấp nước thông qua các chỉ tiêu quản lý nước bền vững (Hình 1).

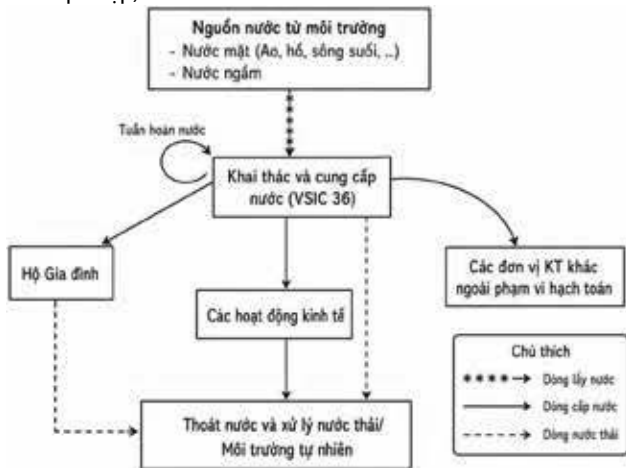


Hình 1. Hướng tiếp cận đánh giá hiện trạng cấp nước hỗ trợ hạch toán tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai. (Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp, 2026)

²Physical Supply and Use Tables - PSUT

³tỉnh Đồng Nai (trước sáp nhập) có 9 doanh nghiệp cấp nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất

Trong khuôn khổ SEEA-Water, ngành ISIC 36⁴ [11] hay VSIC 36 [10], khai thác, xử lý và cung cấp nước được xác định là một trong những ngành giữ vị trí trung tâm và đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong việc mô tả mối quan hệ giữa tài nguyên nước và nền kinh tế. Do tầm quan trọng của chúng trong việc cung cấp, sử dụng nước và cung ứng các dịch vụ liên quan đến nước, trong đó ngành VSIC 36 là ngành chủ chốt thực hiện chức năng phân phối nước cho nền kinh tế [12]. Vai trò đặc thù của ngành VSIC 36 thể hiện ở chỗ đây là ngành đóng vai trò trung gian: ngành này khai thác nước từ môi trường, xử lý và phân phối lại nước cho các đơn vị kinh tế khác và hộ gia đình, do đó vừa là đối tượng sử dụng nước vừa là đơn vị cung cấp nước cho toàn bộ nền kinh tế (Hình 2). Do đó, để biên tập tài khoản 2 [1] nghiên cứu sẽ tập trung khai thác, phân tích, tổng hợp thông tin, dữ liệu ngành VSIC 36 từ các đơn vị vừa khai thác, vừa phân phối nước chủ lực trong phạm vi tỉnh Đồng Nai (trước sáp nhập).



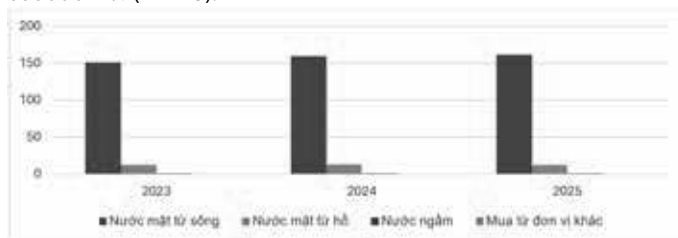
Hình 2. Mối tương tác giữa tài nguyên nước với các ngành kinh tế thông qua ngành Khai thác và cung cấp nước sạch (VSIC 36). Nguồn: [13]

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Hiện trạng cấp nước tại Đồng Nai

3.1.1. Hiện trạng khai thác nguồn nước tại Đồng Nai

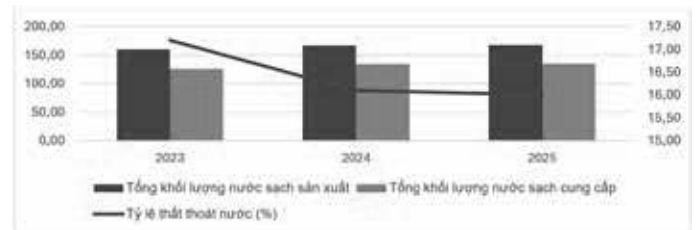
Tổng lượng nước khai thác của tỉnh Đồng Nai tăng liên tục trong giai đoạn 2023-2025, từ khoảng 163 triệu m³ lên khoảng 175 triệu m³, tương ứng mức tăng khoảng 7%. Diễn biến này phản ánh nhu cầu nước ngày càng lớn gắn với quá trình đô thị hóa và mở rộng sản xuất công nghiệp của một trong những địa phương công nghiệp trọng điểm của cả nước. Hệ thống cấp nước của tỉnh phụ thuộc gần như tuyệt đối vào nước mặt. Năm 2025, nước mặt từ sông chiếm khoảng 92,3% (161,41 triệu m³), nước mặt từ hồ chứa chiếm khoảng 7,1% (12,36 triệu m³), trong khi nước dưới đất chỉ chiếm khoảng 0,6% (1,10 triệu m³) và lượng mua từ đơn vị khác không đáng kể. Như vậy, tổng tỷ trọng nước mặt đạt khoảng 99%, còn nước dưới đất dưới 1% (Hình 3).



Hình 3. Lượng nước khai thác nước của ngành VSIC 36 tại tỉnh Đồng Nai theo nguồn nước, 2023-2025. (Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp từ kết quả khảo sát, 2026)

3.1.2. Hiện trạng sản xuất

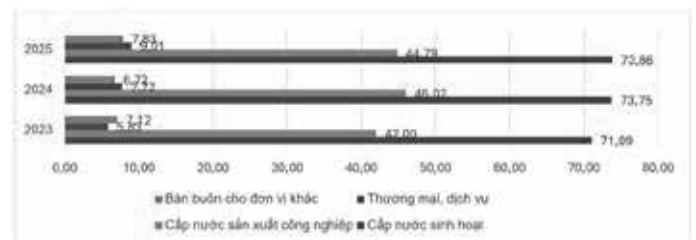
Trong giai đoạn 2023-2025, sản lượng nước sạch của ngành cấp nước toàn tỉnh có xu hướng tăng nhẹ, phù hợp với gia tăng nhu cầu sinh hoạt và sản xuất công nghiệp; năm 2025, tổng lượng nước cấp ra ước đạt 135,50 triệu m³ (Hình 4). Đáng chú ý, tỷ lệ thất thoát nước giảm liên tục, từ 17,2% năm 2023 xuống 16,0% năm 2025, cho thấy hiệu quả quản lý mạng lưới được cải thiện, dù vẫn còn khoảng cách so với mục tiêu 10% vào năm 2030 [8]. Theo hướng KTTH, lượng nước rửa lọc phát sinh trong sản xuất được tái tuần hoàn 100% và tái sử dụng trực tiếp trong dây chuyền, góp phần tiết kiệm nước thô và giảm chi phí xử lý.



Hình 4. Hiện trạng sản xuất và cung cấp nước từ ngành VSIC 36 tại tỉnh Đồng Nai, 2023-2025. (Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp từ kết quả khảo sát, 2026)

3.1.3. Cơ cấu phân phối nước sạch tỉnh Đồng Nai

Cơ cấu phân phối nước sạch toàn tỉnh năm 2025 phản ánh rõ đặc trưng của một địa phương công nghiệp (Hình 5). Trong tổng 135,50 triệu m³ cấp ra, cấp nước sinh hoạt chiếm tỷ trọng lớn nhất (73,86 triệu m³, khoảng 54%), tiếp đến là nước phục vụ sản xuất công nghiệp (44,79 triệu m³, khoảng 33%) - cao hơn nhiều so với mặt bằng chung, phù hợp với mật độ khu công nghiệp dày đặc của Đồng Nai. Nước cho thương mại - dịch vụ (9,01 triệu m³) và cấp cho các đơn vị kinh tế khác (7,84 triệu m³) chiếm phần còn lại. Cơ cấu này đặt ra yêu cầu kép: vừa bảo đảm an toàn cấp nước sinh hoạt, vừa đáp ứng nhu cầu nước ổn định cho phát triển công nghiệp.



Hình 5. Hiện trạng phân phối nước sạch của ngành VSIC 36 tại tỉnh Đồng Nai, 2023-2025. (Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp từ kết quả khảo sát, 2026)

3.2. Hạch toán tài nguyên nước đối với bảng cung cấp - sử dụng nước cho ngành khai thác, xử lý và cung cấp nước vật chất tỉnh Đồng Nai

Bảng 1 được biên tập theo cấu trúc bảng PSUT của SEEA-Water [13], đồng thời đáp ứng yêu cầu dữ liệu của nhóm tài khoản về khai thác, sử dụng nước quy định tại Điều 71 và Điều 72 Nghị định số 53/2024/NĐ-CP. Theo dòng vật chất, bảng tổ chức các luồng nước thành ba khối: (i) dòng chảy từ môi trường vào nền kinh tế, phản ánh lượng nước khai thác từ các nguồn tự nhiên; (ii) dòng chảy bên trong nền kinh tế, phản ánh lượng nước được cung cấp, sử dụng và tái tuần hoàn giữa ngành cấp nước với các đối tượng sử dụng; và (iii) dòng chảy từ nền kinh tế trở lại môi trường, phản ánh lượng nước hoàn trả vào nguồn. Cách trình bày này cho phép theo dõi toàn bộ vòng luân chuyển của nước qua ngành VSIC 36 - đơn vị giữ vai trò trung gian giữa môi trường và nền kinh tế.

⁴International Standard Industrial Classification of All Economic Activities

Bảng 1. Bảng PSUT cho ngành VSIC 36, tỉnh Đồng Nai năm 2025.
(Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp từ kết quả khảo sát, 2026)

Bảng cung cấp và sử dụng (triệu m ³)		Ngành VSIC 36 - Khai thác, xử lý và cung cấp nước tại tỉnh Đồng Nai
		Đơn vị: triệu m ³
Dòng chảy từ môi trường vào nền kinh tế	1. Tổng lượng khai thác nước (= 1.i + 1.ii + 1.iii)	174,88
	1.i. Từ nước nội địa	174,88
	1.i.1 Nước bề mặt	173,78
	1.i.2. Nước ngầm	1,11
	1.ii. Từ nước mưa	-
	1.iii. Từ ngoài khu vực	-
Dòng chảy bên trong nền kinh tế	2. Lượng sử dụng nước từ các đơn vị kinh tế	0,01
	Nước tái sử dụng	0,01
	Nước thải vào hệ thống cống	-
	Nước từ đơn vị khác	-
	3. Tổng lượng nước sử dụng (= 1+2)	174,89
	4. Lượng cung cấp các đơn vị kinh tế	135,50
	Nước tái sử dụng	0,01
	Nước thải vào hệ thống nước thải	-
	Nước sinh hoạt	73,86
	Nước phục vụ sản xuất công nghiệp	44,79
	Nước thương mại, dịch vụ	9,01
	Cung cấp cho các đơn vị kinh tế khác	7,84
Dòng chảy từ nền kinh tế trở lại môi trường	5. Tổng lượng trở lại của nước (=5a+5b)	-
	5.a Trở lại vào nguồn nước nội địa	-
	5.a.1 Nước bề mặt	-
	5.a.2 Nước ngầm	-
	5.a.3 Nước trong đất	-
	5.b Trở lại vào nguồn khác	-
	6. Tổng lượng cung cấp (=4+5)	135,50

Kết quả cho thấy ngành cấp nước của tỉnh Đồng Nai phụ thuộc gần như tuyệt đối vào nước mặt nội địa. Trong tổng lượng khai thác 174,88 triệu m³ năm 2025, nước mặt chiếm 173,78 triệu m³ và nước dưới đất chỉ 1,11 triệu m³. Ngành không khai thác từ nước mưa - tức không thu hứng nước mưa trực tiếp đưa vào hệ thống cấp nước, mà chỉ tập trung vào hai nguồn là nước bề mặt (sông, hồ) và nước dưới đất; do đó dòng “khai thác từ nước mưa” trong Bảng 1 được ghi nhận bằng “-” (không phát sinh). Cách ghi nhận này cũng phù hợp với nguyên tắc cân bằng vật chất của SEEA-Water, bởi lượng mưa trên địa bàn về cơ bản đã hình thành dòng chảy bổ cấp cho sông, hồ và được phản ánh trong nguồn nước mặt. Về phía cung cấp, tổng lượng nước cấp cho nền kinh tế đạt 135,50 triệu m³, lớn nhất là cấp cho sinh hoạt (73,86 triệu m³) và sản xuất công nghiệp (44,79 triệu m³) - phù hợp với đặc điểm một địa phương tập trung nhiều khu công nghiệp; lượng nước tự sử dụng trong ngành không đáng kể. Đáng chú ý, ở khối dòng chảy từ nền kinh tế trở lại môi trường (mục 5, Bảng 1), toàn bộ lượng nước phát sinh trong sản xuất năm 2025 (khoảng 10 nghìn m³ nước rửa lọc) đã được tái tuần hoàn trực tiếp vào quá trình sản xuất. Vì vậy, ngành VSIC 36 của tỉnh không xả nước vào hệ thống nước thải và không hoàn trả lượng nước nào ra môi trường tự nhiên; toàn bộ các dòng thuộc mục 5 đều được ghi nhận bằng “-” (không phát sinh). Đặc điểm này thể hiện rõ tính tuần hoàn trong vận hành, đồng thời cho thấy khối dữ liệu hoàn trả có tính liên thông với nhóm tài khoản xả nước thải trong các kỳ hạch toán tiếp theo. Như vậy, dữ liệu tổng hợp tại Bảng 1 đáp ứng yêu cầu về dữ liệu tại điểm b và điểm c khoản 1 Điều 72 Nghị định số 53/2024/NĐ-CP, gồm nguồn nước, vị trí khai thác và lượng nước khai thác theo mục đích, theo năm.

Trên cơ sở dữ liệu đã chuẩn hóa, Bảng 1 cung cấp bức tranh định lượng về toàn diện về dòng luân chuyển nước qua các đơn vị khai thác, xử lý và cung cấp nước từ khai thác, phân phối, tái sử dụng đến hoàn trả môi trường. Kết quả này không chỉ đáp ứng yêu cầu dữ liệu của nhóm tài khoản khai thác, sử dụng nước, mà còn là đầu vào trực tiếp để biên tập tài khoản khai thác, sử dụng nước trong quá trình hạch toán tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai - thuộc loại hình hạch toán lưu vực sông liên tỉnh theo quy định.

3.3. Phân tích năng lực đáp ứng các mục tiêu quản lý, bảo vệ, sử dụng hiệu quả, bền vững tài nguyên nước

Để đặt hiện trạng cấp nước trong khung định hướng quản lý, nghiên cứu đối chiếu kết quả hoạt động của hoạt động cấp nước tỉnh Đồng Nai với mục tiêu của hai quy hoạch có liên quan: Quy hoạch tài nguyên nước thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 [8] và Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Đồng Nai thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 [9].

Bảng 2. Đánh giá năng lực đáp ứng các mục tiêu quản lý, bảo vệ, sử dụng hiệu quả, bền vững tài nguyên nước năm 2025

STT	Chỉ tiêu đánh giá	Đánh giá cho tỉnh Đồng Nai	Ghi chú
I	Giai đoạn khai thác		
1	Giảm khai thác nước dưới đất	Tốt	Nguồn nước chủ yếu là nước mặt theo định hướng bảo vệ nước ngầm quốc gia
2	Thực hiện quan trắc, giám sát khai thác tài nguyên nước và quan trắc, giám sát tự động liên tục, định kỳ chất lượng nguồn nước khai thác	Tốt	Luật Tài nguyên nước 2023
3	Khai thác, sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả nhằm nâng cao giá trị kinh tế của tài nguyên nước, bảo đảm an ninh nguồn nước, thích ứng với biến đổi khí hậu	Đáp ứng	Mục tiêu quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai
4	Kiểm soát chất lượng, trữ lượng các nguồn nước, nâng cao khả năng tích trữ nước trên các lưu vực sông	Tốt	Mục tiêu quy hoạch tài nguyên nước quốc gia

5	Bảo vệ chất lượng nước mặt, kiểm soát ô nhiễm lưu vực sông và bảo đảm an toàn cấp nước trong mùa khô	Tốt	Khảo sát thực tế
6	Khai thác, sử dụng nguồn nước trên sông, suối, kênh, rạch phải bảo đảm giá trị dòng chảy tối thiểu	Tốt	Quy định tại Phụ lục VI quy hoạch lưu vực sông Đồng Nai
II	Giai đoạn sản xuất nước		
7	Tỷ lệ tái tuần hoàn/tái sử dụng nước trong sản xuất	Tốt (Tái tuần hoàn 100% nước rửa lọc)	Khảo sát thực tế
8	Quy mô, năng lực sản xuất	Tốt (Cấp >85% sản lượng tỉnh)	Dữ liệu yêu cầu hạch toán tài nguyên nước bằng khai thác và sử dụng theo Nghị định số 53/2024
9	Quản trị tổng hợp ngành nước trên nền tảng công nghệ số	Cần cải thiện	Mục tiêu quy hoạch tài nguyên nước quốc gia
III	Giai đoạn phân phối nước		
10	Tỷ lệ tái chế bùn thải	Cần cải thiện (0%)	Khảo sát thực tế
11	Giảm thất thoát nước xuống 10%	Đáp ứng (đạt 16%)	Mục tiêu quy hoạch tài nguyên nước quốc gia
12	Tỷ lệ nước sạch đạt quy chuẩn chất lượng	Tốt (100%)	QCVN 01-1:2018/BYT
13	Hiệu quả cấp nước sinh hoạt ⁵	Tốt 1,48	Là lượng nước cấp thức thể so với tiêu chuẩn cấp nước ở Việt Nam tại Đồng Nai.
IV	Tiêu chí đánh giá khác		
14	Tuân thủ giấy phép khai thác (lưu lượng cho phép)	Tốt	Khảo sát thực tế
15	Mức độ sẵn sàng dữ liệu cho hạch toán tài nguyên nước	Tốt	Khảo sát thực tế

Ghi chú: Chỉ tiêu đánh giá ở 3 mức bao gồm: Tốt, Đáp ứng và Cần cải thiện

3.4. Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả hoạt động cấp nước trên địa bàn tỉnh Đồng Nai

- Trước hết, cần hoàn thiện và vận hành hệ thống dữ liệu phục vụ hạch toán theo hướng chuẩn hóa, thống nhất kỳ thu thập và tích hợp với cơ sở dữ liệu tài nguyên nước quốc gia (Điều 70 Nghị định số 53/2024/NĐ-CP); trong đó ưu tiên bổ sung nhóm tài khoản đặc điểm tài nguyên nước (trữ lượng nước mặt, nước dưới đất cuối kỳ) - phần doanh nghiệp không tự cung cấp được - qua phối hợp với đơn vị quản lý hồ chứa, cơ quan khí tượng thủy văn và tổ chức lưu vực sông. Bên cạnh đó, cần đẩy nhanh công bố sức chịu tải nguồn nước liên tỉnh và hành lang bảo vệ nguồn nước tại các đoạn sông cấp cho nhà máy nước của tỉnh; sử dụng kết quả hạch toán làm cơ sở điều hòa, phân phối nguồn nước, nhất là khu vực hạ lưu sông Đồng Nai. Đồng thời, kiểm soát chặt hoạt động khai thác, sử dụng và xả thải phù hợp chức năng nguồn nước, gắn với chỉ tiêu 100% khu công nghiệp - khu chế xuất xử lý nước thải đạt chuẩn - đặc biệt quan trọng với Đồng Nai, nơi nhiều khu công nghiệp nằm ở thượng nguồn các điểm thu nước.

- Động lực đầu tư vào giảm thất thoát và KTTH còn bị hạn chế bởi ba yếu tố: (i) cơ chế giá nước chưa phản ánh đầy đủ chi phí dài hạn và chưa có tín hiệu khuyến khích tiết kiệm; (ii) thiếu cơ chế ưu đãi tài chính cho doanh nghiệp đầu tư hạ tầng số và giải pháp tuần hoàn; và (iii) thiếu thị trường đầu ra cho sản phẩm tái chế (như bùn thải) do chưa có khung pháp lý. Do đó, cần ban hành tiêu chuẩn về nước tái sử dụng và tái chế bùn thải, cùng cơ chế ưu đãi (giá nước, tài chính) cho doanh nghiệp áp dụng giải pháp tuần hoàn; đặt lộ trình giảm thất thoát nước (hướng tới 10% vào năm 2030) gắn với giám sát định kỳ.

- Trọng tâm trước mắt là giảm thất thoát nước, vì đây là khoản đầu tư KTTH có suất sinh lời cao và rủi ro thấp nhất. Do các đơn vị vận hành theo biểu giá cố định của tỉnh, dự địa cải thiện hiệu quả

Kết quả đánh giá 15 chỉ tiêu cho thấy hoạt động cấp nước tỉnh Đồng Nai năm 2025 đáp ứng tốt phần lớn mục tiêu quản lý, bảo vệ và sử dụng hiệu quả tài nguyên nước, với 11 chỉ tiêu đạt mức “Tốt”, 2 chỉ tiêu “Đáp ứng” và 2 chỉ tiêu “Cần cải thiện”.

Năng lực của tỉnh nổi bật ở giai đoạn khai thác và bảo đảm chất lượng nước. Cơ cấu nguồn nước tập trung vào nước mặt, hạn chế khai thác nước dưới đất (dưới 1%), phù hợp định hướng bảo vệ nước ngầm và bảo đảm dòng chảy tối thiểu; chất lượng nước sạch đạt quy chuẩn (QCVN 01-1:2018/BYT) và mức cấp nước sinh hoạt bình quân đạt 1,48 lần tiêu chuẩn tối thiểu. Đặc biệt, việc tái tuần hoàn 100% nước rửa lọc trong sản xuất thể hiện rõ tiếp cận theo hướng KTTH. Cùng với mức độ tuân thủ giấy phép khai thác và sẵn sàng dữ liệu cho hạch toán đều ở mức tốt, đây là nền tảng thuận lợi để tỉnh tham gia tiến trình hạch toán tài nguyên nước.

Về điểm cần cải thiện, hai chỉ tiêu ở mức thấp nhất là quản trị ngành nước trên nền tảng số và tỷ lệ tái chế bùn thải (0%); bên cạnh đó, tỷ lệ thất thoát nước (16%) mới ở mức “Đáp ứng”, chưa đạt mục tiêu 10%. Đối với tỷ lệ thất thoát nước, nguyên nhân chủ yếu đến từ hạ tầng mạng lưới có đường ống cũ, áp lực vận hành chưa được kiểm soát tối ưu và mức độ phân vùng tách mạng còn hạn chế. Đối với quản trị trên nền tảng số, nguyên nhân là mức độ đầu tư cho hệ thống giám sát, đo đếm và quản lý dữ liệu tự động (SCADA⁶, GIS⁷, DMA⁸) còn chưa đồng bộ. Đối với tái chế bùn thải, nguyên nhân cốt lõi mang tính thể chế: hiện chưa có quy chuẩn quốc gia về tái chế bùn thải và tiêu chuẩn chất lượng sản phẩm tái chế, khiến doanh nghiệp thiếu cơ sở pháp lý để triển khai. Nhìn chung, các điểm cần cải thiện không xuất phát từ năng lực vận hành yếu, mà chủ yếu liên quan đến đầu tư hạ tầng số và khoảng trống thể chế - những vấn đề có thể giải quyết bằng giải pháp cụ thể, có lộ trình, với sự phối hợp giữa cơ quan quản lý và doanh nghiệp.

⁵Công thức: Lượng nước cấp bình quân đầu người thực tế/ Tiêu chuẩn cấp nước tối thiểu. Ước tính theo TCXDVN 33:2006, lượng nước cấp tối thiểu cho sinh hoạt là 80 lít/người/ngày.

⁶Supervisory Control and Data Acquisition: hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu

⁷Geographic Information System: hệ thống thông tin địa lý.

⁸District Metered Area: khu vực/vùng đo đếm tách biệt

chủ yếu nằm ở chi phí. Ước tính mỗi điểm phần trăm giảm đối với tỷ lệ thất thoát nước của ngành VSIC36 tại Đồng Nai sẽ tiết kiệm khoảng 1,4 - 1,5 triệu m³/năm, tương đương tiết kiệm chi phí khoảng 5,6 tỷ VND chi phí sản xuất⁹. Thu hẹp khoảng cách từ mức 16,0% xuống mục tiêu quốc gia năm 2030 là 10% sẽ giải phóng khoảng 8,5 triệu m³/năm, ước tính đủ cấp nước thêm cho 70.000 - 80.000 cư dân đô thị theo định mức 110 lít/người/ngày.

Hướng đi dài hạn theo KTTH là đóng vòng vật chất qua thu hồi giá trị từ bùn thải. Lý do là bùn phát sinh từ quá trình keo tụ - tạo bông hiện được thải bỏ như chất thải rắn, vừa tốn chi phí xử lý vừa không thu hồi giá trị; nguyên nhân cốt lõi là chưa có khung pháp lý và tiêu chuẩn chất lượng sản phẩm tái chế. Với lượng bùn ước tính khoảng 455,8 tấn/năm, thỏa thuận cung cấp B2B¹⁰ với hợp tác xã nông nghiệp hoặc cơ sở sản xuất vật liệu (giá 500.000 - 1.000.000 VNĐ/tấn) có thể tạo nguồn thu vài trăm triệu đồng mỗi năm, đồng thời giảm chi phí chôn lấp. Hướng đi này có cơ sở khoa học và thực tiễn vững chắc: bùn nước cấp giàu silic và nhôm, có hoạt tính puzolan sau khi sấy, nghiền và nung nên có thể thay thế một phần vật liệu xi măng[16]; các nghiên cứu cho thấy thay thế đến 10% bùn gốc nhôm trong gạch gốm cho kết quả đạt yêu cầu, còn bùn gốc sắt giúp gạch có cường độ tốt hơn gạch sét đối chứng [3]. Bùn nước cấp đã được ứng dụng làm gạch, gạch lát, cốt liệu nhẹ, phụ gia xi măng [4], chất ổn định đất và cải tạo đất nông nghiệp [7], [15].

Cuối cùng, cần đẩy mạnh chuyển đổi số trong quản trị vận hành là điều kiện nền cho mọi cải thiện khác. Lý do xuất phát từ hạ tầng giám sát, đo đếm tự động chưa đồng bộ - hạn chế khả năng phát hiện rò rỉ và chuẩn hóa dữ liệu tại các đơn vị cấp nước tỉnh Đồng Nai.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá hiện trạng hoạt động cấp nước trên địa bàn tỉnh Đồng Nai giai đoạn 2023-2025 và bước đầu biên tập bảng PSUT cho VSIC 36 nhằm hỗ trợ hạch toán tài nguyên nước theo Nghị định số 53/2024/NĐ-CP. Kết quả cho thấy ngành cấp nước của tỉnh phụ thuộc gần như tuyệt đối vào nước mặt (khoảng 99%); năm 2025, tổng lượng khai thác đạt 174,88 triệu m³ và lượng cấp ra 135,50 triệu m³, chủ yếu cho sinh hoạt và sản xuất công nghiệp. Đối chiếu với Quy hoạch tài nguyên nước quốc gia và Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Đồng Nai, tỉnh đáp ứng tốt phần lớn chỉ tiêu, song còn dư địa cải thiện ở ba điểm: giảm tỷ lệ thất thoát nước (16,0%, chưa đạt mục tiêu 10%), chuyển đổi số trong quản trị vận hành và tái chế bùn thải. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất hệ giải pháp theo hướng KTTH, đòi hỏi sự đồng bộ giữa doanh nghiệp (giảm thất thoát, đẩy mạnh chuyển đổi số, thu hồi giá trị từ bùn thải) và cơ quan quản lý (hoàn thiện dữ liệu hạch toán, công bố sức chịu tải và hành lang bảo vệ nguồn nước, ban hành cơ chế khuyến khích tái sử dụng nước và bùn thải). Kết quả nghiên cứu là đầu vào trực tiếp cho việc biên tập nhóm tài khoản khai thác, sử dụng nước trong hạch toán tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai, đồng thời cung cấp cơ sở tham khảo cho công tác quản lý và nâng cao hiệu quả cấp nước của tỉnh.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ: “Nghiên cứu cơ sở khoa học, đề xuất quy trình và hướng dẫn kỹ thuật thực hiện hạch toán tài nguyên nước cho lưu vực sông ở Việt Nam, áp dụng thí điểm cho lưu vực sông Đồng Nai”, mã số TNMT.ĐL.2025.11.01, do Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường chủ trì thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chính phủ. Nghị định số 53/2024/NĐ-CP ngày 16/5/2024 quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tài nguyên nước. Việt Nam, 2024.
- [2] Quốc hội. Luật Tài nguyên nước số 28/2023/QH15. Việt Nam, 2023.
- [3] S De Carvalho Gomes, JL Zhou, W Li and G Long. Progress in manufacture and properties of construction materials incorporating water treatment sludge: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 145, pp. 148-159, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.032>.
- [4] S Hirose. Waste Management Technologies in Japanese Cement Industry. *Journal of Water and Environment Technology*, vol. 2, no. 1, 2004.
- [5] SE Esen and L Hein. Development of SEEA water accounts with a hydrological model. *Science of the Total Environment*, vol. 737, no. 1, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140168>.
- [6] T Mahdavi, A Bagheri and SA Hosseini. Applying the System of Environmental and Economic Accounts for Water (SEEA-Water) for integrated assessment of water security in an aquifer scale - Case study: Azarshahr aquifer, Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, vol. 9, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100261>.
- [7] TC Odimegwu, I Zakaria, MM Abood, CBK Nketsiah and M Ahmad. Review on Different Beneficial Ways of Applying Alum Sludge in a Sustainable Disposal Manner. *Civil Engineering Journal*, vol. 4, no. 9, pp. 2230-2241, 2018, doi: <https://doi.org/10.28991/cej-03091153>.
- [8] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 1622/QĐ-TTg ngày 27/12/2022 phê duyệt Quy hoạch tài nguyên nước thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Việt Nam, 2022.
- [9] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 22/QĐ-TTg ngày 08/01/2024 phê duyệt Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Đồng Nai thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Việt Nam, 2024.
- [10] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 36/2025/QĐ-TTg ngày 29/9/2025 ban hành Hệ thống ngành kinh tế Việt Nam. Việt Nam, 2025.
- [11] United Nations. International Standard Industrial Classification of All Economic Activities. New York, USA, 2008.
- [12] United Nations. System of Environmental-Economic Accounting 2012: Experimental Ecosystem Accounting (SEEA-EEA). 2014.
- [13] United Nations Statistics Division. System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-Water). 2012.
- [14] Uyên Nhi. Giá trị của những dòng sông. Báo Đồng Nai, 2023. Internet: <https://baodongnai.com.vn/dong-nai-cuoi-tuan/202307/gia-tri-cua-nhung-dong-song-3172394/> (truy cập 11/6/2026).
- [15] WN Cheng, H Yi, CF Yu, HF Wong, G Wang, EE Kwon and YF Tsang. Biorefining Waste Sludge from Water and Sewage Treatment Plants into Eco-Construction Material. *Frontiers in Energy Research*, vol. 7, 2019, doi: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2019.00022>.
- [16] ZH He, B Wang, JY Shi, H Rong, HY Tao, AS Jamal and XD Han. Recycling drinking water treatment sludge in construction and building materials: A review. *Science of The Total Environment*, vol. 926, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171513>.

⁹Nếu chi phí khoảng 20% và đơn giá trung bình là 11.000 VNĐ/ m³ nước theo Quyết định số 20/2014/QĐ- UBND ngày 23/05/2014 của UBND tỉnh Đồng Nai

¹⁰Business to business

Xây dựng cơ sở dữ liệu và giải pháp số hóa quản lý hạ tầng đô thị tại khu vực đô thị Biên Hòa, TP Đồng Nai

Development of a GIS-BASED database and digital solutions for urban infrastructure management in the Bien Hoa urban area, Dong Nai City

> THS NGUYỄN THANH TRUNG

Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Lạc Hồng, Đồng Nai
Email: thanhtrungpc@lhu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu và giải pháp số hóa phục vụ quản lý hạ tầng đô thị tại Khu vực đô thị Biên Hòa, TP Đồng Nai. Ứng dụng công nghệ GIS, Mobile GIS và Cloud Computing, nhóm nghiên cứu đã khảo sát, thu thập, chuẩn hóa dữ liệu thực địa theo các tiêu chuẩn quốc tế và quốc gia. Các lớp dữ liệu như cây xanh, đèn tín hiệu, biển báo, hố ga được số hóa và quản lý trên hệ thống phân mềm đa nền tảng (Desktop, Mobile). Hệ thống hỗ trợ giám sát, vận hành, bảo trì tài sản hạ tầng hiệu quả, đồng thời cải thiện quy trình xử lý sự cố và báo cáo thống kê. Kết quả góp phần hiện đại hóa công tác quản lý đô thị, tạo tiền đề cho quá trình chuyển đổi số trong quản lý hạ tầng đô thị. Nghiên cứu cũng đề xuất các kiến nghị về cơ chế vận hành và bảo mật dữ liệu hạ tầng số.

Từ khóa: Hệ thống thông tin địa lý (GIS); quản lý hạ tầng đô thị; đô thị thông minh; chuyển đổi số; cơ sở dữ liệu không gian.

ABSTRACT

This study develops a standardized GIS database and proposes digital solutions for urban infrastructure management in the Bien Hoa urban area, Dong Nai City, Vietnam. Geographic Information Systems (GIS), mobile applications, and cloud computing were integrated to collect, standardize, and manage infrastructure data in accordance with national and international standards. Infrastructure assets, including green spaces, traffic signals, road signs, and drainage facilities, were digitized and integrated into a multi-platform management system comprising Desktop, WebGIS, and Mobile applications. The developed system supports asset monitoring, maintenance planning, incident reporting, and statistical analysis, thereby improving the efficiency and effectiveness of urban infrastructure management. The proposed framework provides a practical foundation for digital transformation, smart urban governance, and sustainable urban infrastructure management in Vietnam.

Từ khóa: Geographic information systems; urban infrastructure management; smart City; data digitalization; spatial database.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, công tác quản lý hạ tầng đô thị đang trở thành một trong những thách thức lớn đối với nhiều quốc gia, đặc biệt tại các đô thị có tốc độ phát triển cao. Sự gia tăng dân số, mở rộng không gian đô thị, áp lực lên hệ thống giao thông, cấp thoát nước, chiếu sáng, cây xanh và các công trình hạ tầng kỹ thuật đòi hỏi các cơ quan quản lý phải đổi mới phương thức quản lý theo hướng số hóa, tích hợp và dựa trên thông tin số. Việc quản lý bằng hồ sơ giấy hoặc các cơ sở dữ liệu phân tán không còn đáp ứng yêu cầu cập nhật theo thời gian thực, chia sẻ dữ liệu giữa các cơ quan và hỗ trợ ra quyết định trong quản lý đô thị hiện đại [4].

Trong hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị, giao thông giữ vai trò đặc biệt quan trọng vì vừa là động lực phát triển kinh tế - xã hội, vừa quyết định khả năng kết nối không gian đô thị và chất lượng phục

vụ người dân. Bên cạnh hệ thống đường bộ, cầu, nút giao, biển báo, đèn tín hiệu và bãi đỗ xe, hệ thống giao thông công cộng ngày càng được xem là cấu phần quan trọng của phát triển đô thị bền vững và chuyển đổi số đô thị. Nhiều nghiên cứu quốc tế đã khẳng định rằng việc quản lý tích hợp hạ tầng giao thông với dữ liệu không gian giúp tối ưu hóa vận hành giao thông, nâng cao hiệu quả khai thác tài sản công, giảm ùn tắc, giảm phát thải khí nhà kính và hỗ trợ xây dựng các mô hình giao thông xanh. Trong xu hướng chuyển đổi số hiện nay, các công nghệ như Geographic Information Systems (GIS), Internet of Things (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI), điện toán đám mây (Cloud Computing) và Digital Twin đang được ứng dụng rộng rãi nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu hạ tầng thống nhất, phục vụ giám sát, phân tích và hỗ trợ ra quyết định theo thời gian thực [10].

Tại Việt Nam, quá trình chuyển đổi số quốc gia, phát triển đô thị thông minh và hiện đại hóa công tác quản lý đô thị đã được xác định

khác. Tuy nhiên, quá trình đô thị hóa nhanh cùng với sự gia tăng quy mô dân số và phương tiện giao thông đã tạo áp lực lớn đối với công tác quản lý, vận hành và bảo trì hạ tầng đô thị. Trong khi đó, dữ liệu quản lý hiện vẫn còn phân tán giữa nhiều đơn vị, chưa được chuẩn hóa và chưa hình thành cơ sở dữ liệu không gian thống nhất phục vụ quản lý tổng hợp. Việc thiết lập cơ chế quản trị dữ liệu, chia sẻ thông tin và chuẩn hóa cơ sở dữ liệu dùng chung được xem là một trong những điều kiện tiên quyết để triển khai hiệu quả các mô hình đô thị thông minh và quản lý hạ tầng số [5].

Đặc biệt, hạ tầng giao thông và hệ thống giao thông công cộng đang giữ vai trò ngày càng quan trọng trong chiến lược phát triển

đô thị bền vững của TP Đồng Nai. Việc xây dựng cơ sở dữ liệu GIS tích hợp cho các đối tượng như mạng lưới đường giao thông, biển báo, đèn tín hiệu, cây xanh, hệ thống chiếu sáng và thoát nước không chỉ phục vụ quản lý tài sản hạ tầng mà còn tạo ra cơ sở dữ liệu để kết nối với các hệ thống quản lý giao thông thông minh (ITS), quản lý giao thông công cộng và các ứng dụng điều hành đô thị số trong tương lai. Trên cơ sở đặc điểm đó, khu vực đô thị Biên Hòa được lựa chọn làm địa bàn nghiên cứu nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu không gian và đề xuất giải pháp số hóa quản lý hạ tầng đô thị theo hướng đồng bộ, tích hợp và phục vụ quá trình chuyển đổi số của TP Đồng Nai.

Bảng 1. Phân tích SWOT về ứng dụng GIS tại khu vực đô thị Biên Hòa

Yếu tố	Nội dung
Strengths (Điểm mạnh)	- Khu vực đô thị Biên Hòa là trung tâm kinh tế, công nghiệp và đầu mối giao thông của TP Đồng Nai, có nhu cầu cao về hiện đại hóa quản lý hạ tầng và giao thông đô thị. - Hệ thống hạ tầng kỹ thuật tương đối đồng bộ, bao gồm mạng lưới giao thông đô thị, biển báo, đèn tín hiệu, hệ thống chiếu sáng, cây xanh và thoát nước, tạo điều kiện thuận lợi để xây dựng cơ sở dữ liệu GIS tích hợp.
Weaknesses (Điểm yếu)	- Dữ liệu hạ tầng còn phân tán giữa nhiều đơn vị quản lý, thiếu chuẩn hóa và chưa có cơ sở dữ liệu không gian dùng chung. - Hạ tầng công nghệ thông tin và nguồn nhân lực khai thác GIS chưa đáp ứng yêu cầu quản lý dữ liệu lớn và cập nhật theo thời gian thực. - Việc quản lý tài sản, bảo trì công trình và xử lý sự cố vẫn còn phụ thuộc nhiều vào quy trình thủ công.
Opportunities (Cơ hội)	- Chương trình chuyển đổi số quốc gia và xây dựng hạ tầng số tạo điều kiện thuận lợi cho việc triển khai hệ thống GIS trong quản lý hạ tầng đô thị. - Các công nghệ WebGIS, Mobile GIS, IoT, AI, Digital Twin và điện toán đám mây cho phép quản lý trực tuyến tài sản hạ tầng, giám sát giao thông, hỗ trợ điều hành giao thông công cộng và cung cấp dữ liệu theo thời gian thực. - Khả năng tích hợp dữ liệu giao thông, giao thông công cộng, cấp thoát nước, cây xanh và các hệ thống hạ tầng khác trên GIS sẽ nâng cao hiệu quả quản lý đô thị và hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu.
Threats (Thách thức)	- Tốc độ đô thị hóa nhanh làm gia tăng áp lực cập nhật và duy trì tính chính xác của cơ sở dữ liệu hạ tầng. - Nguy cơ phân mảnh dữ liệu và thiếu cơ chế chia sẻ giữa các quan quản lý nếu chưa có quy chuẩn thống nhất về dữ liệu không gian. - Các yêu cầu về an toàn, bảo mật và quản trị dữ liệu ngày càng cao khi mở rộng kết nối và chia sẻ dữ liệu hạ tầng đô thị.

Kết quả phân tích SWOT cho thấy khu vực đô thị Biên Hòa có nhiều lợi thế để triển khai hệ thống quản lý hạ tầng đô thị trên GIS nhờ quy mô đô thị lớn, mạng lưới hạ tầng kỹ thuật tương đối hoàn chỉnh và định hướng mạnh mẽ về chuyển đổi số của TP Đồng Nai. Đặc biệt, việc tích hợp các lớp dữ liệu hạ tầng giao thông như mạng lưới đường, biển báo, đèn tín hiệu, bến bãi và từng bước kết nối với dữ liệu giao thông công cộng sẽ góp phần nâng cao hiệu quả quản lý hạ tầng theo hướng đồng bộ, liên thông và thông minh. Tuy nhiên, những hạn chế về chuẩn hóa dữ liệu, cơ chế chia sẻ thông tin và năng lực vận hành hệ thống GIS vẫn là những thách thức cần được giải quyết. Đây cũng là cơ sở để nghiên cứu đề xuất mô hình cơ sở dữ liệu không gian tích hợp và giải pháp số hóa quản lý hạ tầng đô thị nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, khai thác và vận hành hệ thống hạ tầng trong bối cảnh chuyển đổi số.

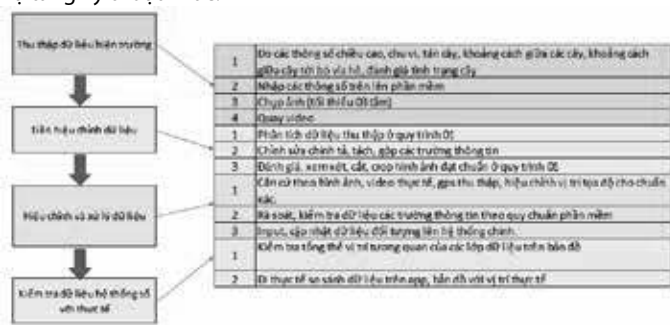
2.3. Quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu và số hóa hạ tầng đô thị trên GIS

Nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu không gian phục vụ quản lý hạ tầng đô thị, nghiên cứu đề xuất quy trình số hóa tích hợp trên hệ thống GIS gồm ba nhóm quy trình chính: (i) thu thập và chuẩn hóa dữ liệu hiện trường; (ii) quản lý, cập nhật và xử lý sự cố hạ tầng; và (iii) khai thác dữ liệu phục vụ công tác thống kê, báo cáo và hỗ trợ ra quyết định. Quy trình được xây dựng theo hướng đồng bộ giữa dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính, bảo đảm khả năng cập nhật thường xuyên, chia sẻ thông tin và quản lý tập trung trên hệ thống cơ sở dữ liệu GIS.

a) Thu thập và chuẩn hóa dữ liệu hiện trường

Quy trình thu thập dữ liệu được thực hiện thông qua khảo sát thực địa kết hợp thiết bị định vị GPS và ứng dụng Mobile GIS nhằm

ghi nhận đầy đủ thông tin về vị trí, hình ảnh, hiện trạng và các thuộc tính kỹ thuật của từng đối tượng hạ tầng. Các nhóm tài sản được khảo sát bao gồm hệ thống giao thông, biển báo, đèn tín hiệu, cây xanh, chiếu sáng công cộng, hệ thống thoát nước và các công trình hạ tầng kỹ thuật khác.



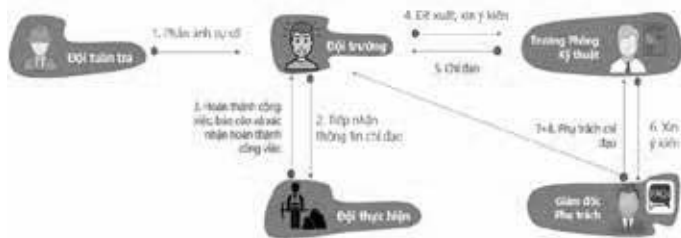
Hình 2. Quy trình thu thập và chuẩn hóa dữ liệu hiện trường

Sau khi thu thập, dữ liệu được kiểm tra, chuẩn hóa và đồng bộ vào cơ sở dữ liệu không gian để phục vụ quản lý tập trung. Quy trình thu thập dữ liệu được thể hiện tại (Hình 2).

b) Quản lý, cập nhật và xử lý sự cố hạ tầng

Sau khi dữ liệu được tích hợp vào hệ thống GIS, các thông tin về tài sản hạ tầng được quản lý tập trung và cập nhật thường xuyên trong suốt vòng đời khai thác. Hệ thống cho phép tiếp nhận phản ánh sự cố từ nhiều nguồn như đơn vị quản lý, lực lượng tuần tra hoặc người dân thông qua ứng dụng di động. Các sự cố được phân loại theo nhóm tài sản và mức độ ưu tiên để điều phối xử lý, bên cạnh đó toàn bộ quá trình xử lý được cập nhật trực tiếp lên hệ thống kèm

theo vị trí, hình ảnh và thời gian hoàn thành. Quy trình này giúp nâng cao khả năng giám sát, rút ngắn thời gian xử lý và tạo lập cơ sở dữ liệu lịch sử phục vụ công tác quản lý, bảo trì và đánh giá chất lượng vận hành hạ tầng (Hình 3).



Hình 3. Quy trình quản lý và xử lý sự cố hạ tầng đô thị

c) Khai thác dữ liệu phục vụ quản lý và hỗ trợ ra quyết định

Cơ sở dữ liệu GIS sau khi được xây dựng sẽ phục vụ công tác thống kê, phân tích và báo cáo hạ tầng đô thị. Hệ thống hỗ trợ truy xuất nhanh thông tin về số lượng, hiện trạng và phân bố của các nhóm tài sản; tự động tổng hợp các chỉ tiêu về bảo trì, sửa chữa, tình trạng xuống cấp và tiến độ xử lý sự cố. Các báo cáo chuyên đề được trực quan hóa dưới dạng bản đồ, bảng biểu và biểu đồ, giúp cơ quan quản lý dễ dàng theo dõi hiện trạng, lập kế hoạch đầu tư, phân bổ nguồn lực và hỗ trợ ra quyết định trong quản lý hạ tầng đô thị, đồng thời từng bước tích hợp với hệ thống quản lý giao thông thông minh và các nền tảng điều hành đô thị.

3. KẾT QUẢ XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ GIẢI PHÁP SỐ HOÀ QUẢN LÝ HẠ TẦNG ĐÔ THỊ CHO KHU VỰC ĐÔ THỊ BIÊN HÒA

Trên cơ sở quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu và số hóa hạ tầng đô thị đã đề xuất, nghiên cứu đã phát triển thành công hệ thống quản lý hạ tầng đô thị trên GIS phục vụ khu vực đô thị Biên Hòa, TP Đồng Nai. Hệ thống được thiết kế theo mô hình đa dụng, bảo đảm khả năng thu thập, cập nhật, quản lý và khai thác dữ liệu hạ tầng một cách thống nhất, hỗ trợ chia sẻ thông tin giữa các đơn vị quản lý theo thời gian thực.

Hệ thống quản lý được phát triển gồm ba thành phần chính:

(1) Hệ thống quản trị cơ sở dữ liệu (Desktop GIS): Phục vụ quản trị cơ sở dữ liệu, biên tập dữ liệu không gian, cập nhật thông tin và quản lý các lớp dữ liệu hạ tầng.

(2) Hệ thống khai thác dữ liệu trực tuyến (WebGIS): Hỗ trợ tra cứu, trực quan hóa, khai thác và chia sẻ dữ liệu hạ tầng trên nền bản đồ số thông qua môi trường Internet.

(3) Ứng dụng quản lý hiện trường (Mobile GIS): Hỗ trợ khảo sát hiện trường, cập nhật dữ liệu, phản ánh và xử lý sự cố, quản lý tài sản hạ tầng cũng như đồng bộ dữ liệu trực tiếp với hệ thống trung tâm.

Hệ thống cho phép tích hợp dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính của các nhóm tài sản như cây xanh, hệ thống giao thông, biển báo, đèn tín hiệu, chiếu sáng công cộng, hệ thống thoát nước và các công trình hạ tầng kỹ thuật khác.

3.1. Xây dựng cơ sở dữ liệu không gian và số hóa hạ tầng đô thị

Trên cơ sở quy trình thu thập và chuẩn hóa dữ liệu đã đề xuất, nghiên cứu đã xây dựng cơ sở dữ liệu không gian (Geodatabase) phục vụ quản lý hạ tầng đô thị khu vực Biên Hòa, TP Đồng Nai. Hoạt động khảo sát thực địa được thực hiện bằng thiết bị di động tích hợp GPS kết hợp ứng dụng Mobile GIS nhằm thu thập thông tin không gian và các thuộc tính của các đối tượng hạ tầng. Các lớp dữ liệu này được số hóa bao gồm gồm cây xanh, hệ thống chiếu sáng, biển báo, hệ thống giao thông, đèn tín hiệu, trạm điện, thoát nước và hồ ga.



Hình 4. Thu thập thực địa và số hóa dữ liệu hạ tầng

Trong quá trình khảo sát, mỗi đối tượng hạ tầng được ghi nhận đầy đủ thông tin về vị trí địa lý, hình ảnh hiện trạng, đặc điểm kỹ thuật và tình trạng khai thác. Dữ liệu sau khi thu thập được kiểm tra, hiệu chỉnh, chuẩn hóa theo cấu trúc Geodatabase và đồng bộ lên hệ thống quản lý GIS thông qua điện toán đám mây. Việc chuẩn hóa dữ liệu giúp bảo đảm tính thống nhất, hạn chế trùng lặp thông tin và tạo điều kiện thuận lợi cho việc cập nhật, khai thác và chia sẻ dữ liệu giữa các đơn vị quản lý.



Hình 5. Số hóa các đối tượng hạ tầng đô thị trên hệ thống

Kết quả xây dựng cơ sở dữ liệu không gian cho phép hình thành các lớp dữ liệu hạ tầng đô thị được quản lý tập trung trên cùng một nền tảng. Các đối tượng hạ tầng được định vị chính xác trên bản đồ số và liên kết với dữ liệu thuộc tính, hình ảnh hiện trường và lịch sử quản lý, hỗ trợ hiệu quả công tác quản lý tài sản, bảo trì, xử lý sự cố và quy hoạch phát triển hạ tầng đô thị.

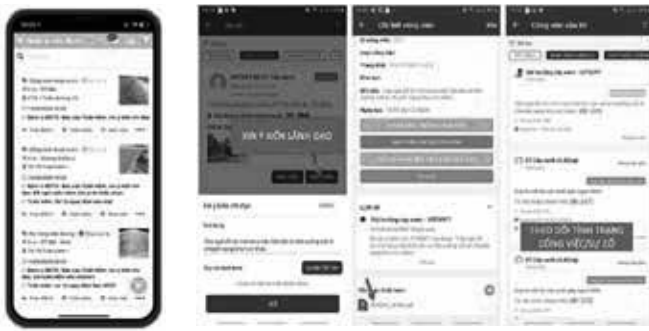
3.2. Triển khai hệ thống quản lý dữ liệu hạ tầng đô thị

Sau khi các lớp dữ liệu hạ tầng được thu thập, chuẩn hóa và tích hợp vào cơ sở dữ liệu không gian (Geodatabase), toàn bộ thông tin được quản lý tập trung trên hệ thống và phân quyền truy cập theo chức năng của từng nhóm người dùng.



Hình 6. Dashboard quản lý dữ liệu hạ tầng đô thị

Hệ thống hỗ trợ đồng bộ dữ liệu giữa Desktop GIS, WebGIS và Mobile GIS, bảo đảm khả năng cập nhật, khai thác và chia sẻ thông tin theo thời gian thực.



Hình 7. Quy trình tiếp nhận và xử lý sự cố trên Mobile GIS



Hình 8. Thống kê, phân tích và truy xuất dữ liệu trên hệ thống GIS

Bảng 2. So sánh hiệu quả quản lý hạ tầng trước và sau khi áp dụng hệ thống GIS

Tiêu chí	Trước khi số hóa	Sau khi số hóa	Hiệu quả đạt được
Quản lý dữ liệu	Hồ sơ giấy, Excel, dữ liệu phân tán	Cơ sở dữ liệu GIS tập trung	Dữ liệu thống nhất, dễ cập nhật
Tra cứu tài sản hạ tầng	Tìm kiếm thủ công theo hồ sơ	Tra cứu trực tiếp trên bản đồ GIS	Rút ngắn đáng kể thời gian tìm kiếm
Báo cáo sự cố	Điện thoại, văn bản hoặc nhóm trao đổi	Mobile GIS kèm vị trí GPS và hình ảnh	Tiếp nhận và xử lý nhanh hơn
Theo dõi xử lý sự cố	Khó theo dõi tiến độ	Theo dõi trạng thái theo thời gian thực	Minh bạch quá trình xử lý
Cập nhật dữ liệu	Cập nhật định kỳ, dễ sai lệch	Đồng bộ trực tuyến qua Cloud	Dữ liệu luôn được cập nhật
Thống kê, báo cáo	Tổng hợp thủ công bằng Excel	Báo cáo tự động, biểu đồ và bản đồ chuyên đề	Giảm thời gian lập báo cáo
Quản lý tài sản	Theo từng đơn vị	Quản lý tập trung trên GIS	Hạn chế trùng lặp dữ liệu
Hỗ trợ ra quyết định	Phụ thuộc kinh nghiệm	Phân tích không gian trên GIS	Nâng cao chất lượng quyết định

Kết quả so sánh trong Bảng 2 cho thấy việc ứng dụng GIS đã chuyển đổi phương thức quản lý hạ tầng từ mô hình quản lý phân tán sang quản lý tập trung trên dữ liệu không gian. Các chức năng tra cứu tài sản, cập nhật dữ liệu, xử lý sự cố và thống kê báo cáo đều được thực hiện trực tuyến trên cùng một hệ thống, giúp giảm thời gian xử lý công việc, hạn chế sai sót trong quá trình cập nhật và nâng cao tính minh bạch trong quản lý. Đây là cơ sở quan trọng để triển khai các hoạt động quản lý tài sản hạ tầng theo thời gian thực và hỗ trợ quá trình chuyển đổi số trong quản lý đô thị.

Bảng 3. Khả năng hỗ trợ quản lý của hệ thống GIS đối với các nhóm hạ tầng đô thị

Đối tượng hạ tầng	Chức năng quản lý trên GIS	Lợi ích đạt được
Cây xanh	Quản lý vị trí, chủng loại, tình trạng	Hỗ trợ bảo trì, cắt tỉa
Đèn tín hiệu	Theo dõi thiết bị, sự cố	Giảm thời gian xử lý
Biển báo giao thông	Quản lý vị trí và hiện trạng	Thuận lợi kiểm kê, thay thế
Hệ thống chiếu sáng	Theo dõi tài sản, lịch bảo trì	Nâng cao hiệu quả vận hành
Thoát nước, hố ga	Quản lý vị trí và hiện trạng	Hỗ trợ phòng chống ngập
Hạ tầng giao thông	Quản lý mạng lưới đường và các công trình phụ trợ	Cơ sở tích hợp với hệ thống ITS và quản lý giao thông công cộng trong tương lai

Kết quả trong Bảng 3 cho thấy hệ thống GIS có khả năng quản lý cùng lúc nhiều nhóm tài sản hạ tầng trên cùng một cơ sở thống nhất. Việc tích hợp dữ liệu không gian với thông tin thuộc tính giúp nâng cao hiệu quả quản lý vòng đời tài sản, hỗ trợ lập kế hoạch bảo trì, kiểm kê và xử lý sự cố. Đặc biệt, đối với hạ tầng giao thông, cơ sở dữ liệu GIS tạo thuận lợi để kết nối với các hệ thống giao thông thông minh (ITS), quản lý giao thông công cộng và điều hành đô thị số trong tương lai.

3.4. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu phù hợp với xu hướng ứng dụng GIS trong quản lý hạ tầng đô thị tại Nhật Bản, Hàn Quốc và một số đô thị của Việt Nam, nơi dữ liệu không gian được sử dụng làm cơ sở cho quản lý tài sản và hỗ trợ ra quyết định [7]. Tuy nhiên, điểm mới của nghiên cứu là phát triển hệ thống quản lý tích hợp trên Desktop GIS, WebGIS và Mobile GIS, đáp ứng yêu cầu quản lý nhiều nhóm hạ tầng tại khu vực đô thị Biên Hòa. Mặc dù hệ thống đã đáp ứng tốt yêu cầu quản lý hiện tại, việc tích hợp dữ liệu cảm biến IoT, Digital Twin và trí tuệ nhân tạo để dự báo tình trạng hạ tầng, tối ưu hóa công tác bảo trì và hỗ trợ điều hành giao thông theo thời gian thực sẽ là hướng phát triển trong các nghiên cứu tiếp theo.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã xây dựng thành công cơ sở dữ liệu không gian (Geodatabase) và phát triển hệ thống quản lý hạ tầng đô thị GIS cho khu vực Biên Hòa, TP Đồng Nai. Hệ thống tích hợp Desktop GIS, WebGIS và Mobile GIS, cho phép quản lý tập trung các nhóm tài sản hạ tầng như cây xanh, hệ thống giao thông, biển báo, đèn tín hiệu, chiếu sáng và thoát nước; hỗ trợ thu thập dữ liệu hiện trường, giám sát hiện trạng, xử lý sự cố, thống kê và khai thác dữ liệu theo thời gian thực. Kết quả nghiên cứu giúp nâng cao hiệu quả quản lý tài sản hạ tầng, hỗ trợ quá trình chuyển đổi số và tạo cơ sở cho phát triển đô thị trong tương lai.

Bên cạnh đó, cơ sở dữ liệu không gian được xây dựng trong nghiên cứu còn tạo tiền đề quan trọng để tích hợp và quản lý hạ tầng giao thông, từng bước kết nối với hệ thống giao thông công cộng theo định hướng phát triển đô thị xanh. Việc số hóa các lớp dữ liệu như mạng lưới đường, biển báo, đèn tín hiệu, bến bãi và các công trình hạ tầng giao thông sẽ hỗ trợ hiệu quả cho công tác quy hoạch, tổ chức vận hành, giám sát và tối ưu hóa mạng lưới giao thông công cộng. Trong tương lai, khi được tích hợp với các công nghệ như ITS, IoT, AI và Digital Twin, hệ thống GIS sẽ hỗ trợ việc quản lý giao thông, giảm ùn tắc, giảm phát thải khí nhà kính và thúc đẩy phát triển đô thị thông minh, xanh và bền vững tại TP Đồng Nai [6].

Để phát huy hiệu quả của hệ thống trong thực tiễn, cần tiếp tục hoàn thiện cơ chế quản lý, chia sẻ và cập nhật dữ liệu giữa các cơ quan quản lý nhà nước; từ đó xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật thống nhất về cơ sở dữ liệu không gian, bảo đảm an toàn, an ninh thông tin và khả năng kết nối với các hệ thống quản lý chuyên ngành. Trong các nghiên cứu tiếp theo, cần mở rộng tích hợp dữ liệu cảm biến IoT, Digital Twin và trí tuệ nhân tạo nhằm nâng cao khả năng dự báo, hỗ trợ ra quyết định và quản lý hạ tầng đô thị theo hướng chủ động, thông minh và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thị Thúy Hiền và Đinh Việt Hùng. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS trong công tác quản lý quy hoạch xây dựng đô thị. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 16, tr. 65-71, 2013.
- [2] Nguyễn Hiếu Trung và Lê Đức Toàn. Xây dựng hệ thống thông tin địa lý (CTGIS) phục vụ quản lý và quy hoạch đô thị TP Cần Thơ. Trường Đại học Cần Thơ, 2014.

[3] Nguyễn Hồng Sơn. Ứng dụng GIS trong quản lý hạ tầng hệ thống thoát nước và phương tiện vận chuyển rác thải trên địa bàn TP Huế. Sở Xây dựng Thừa Thiên Huế, 2014.

[4] United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. Nairobi, Kenya: UN-Habitat, 2022.

[5] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Smart City Data Governance: Challenges and the Way Forward. Paris, France: OECD Publishing, 2023.

[6] World Bank. Thriving: Making Cities Green, Resilient and Inclusive in a Changing Climate. Washington, DC: World Bank, 2024.

[7] R. Ugarelli et al. Infrastructure Asset Management: Historic and Future Perspectives. Water, vol. 14, no. 8, article 1236, 2022.

[8] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 950/QĐ-TTg ngày 01/8/2018 phê duyệt Đề án phát triển đô thị thông minh bền vững Việt Nam giai đoạn 2018 - 2025 và định hướng đến năm 2030, Hà Nội, 2018.

[9] Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội chủ nghĩa Việt Nam. Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 và Luật số 62/2020/QH14 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng, Hà Nội, 2014, 2020.

[10] International Telecommunication Union (ITU). Best Practices for Graphical Digital Twins of Smart Cities. Geneva, Switzerland: ITU, 2023.

Nghiên cứu xây dựng bộ tiêu chí cảng xanh cho cảng thủy nội địa khu vực tỉnh Tây Ninh

Green port criteria for inland waterway ports in Tay Ninh Province: A Delphi-AHP approach

> **THS.NCS NGUYỄN ĐÌNH LUYỆN***, **LÊ THỊ ANH THƯ**

Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh

*Email: nguyendinhluuyen2906@gmail.com

TÓM TẮT

Quy hoạch tỉnh Tây Ninh 2021 - 2030 xác định phát triển 66 cảng thủy nội địa (TNĐ) trên sông Vàm Cỏ Đông, trong khi TCCS 02:2022/CHHVN chỉ áp dụng cho cảng biển, không phản ánh đặc thù môi trường nước ngọt và quy mô nhỏ của cảng TNĐ. Nghiên cứu áp dụng Delphi hai vòng (n=15 chuyên gia) kết hợp Phân tích thứ bậc AHP để xây dựng bộ tiêu chí cảng xanh gồm 20 tiêu chí theo 4 chiều: Môi trường nước và Hệ sinh thái (ENV), Quản lý chất thải và An toàn hàng hóa nguy hiểm (WSM), Quản trị và Cộng đồng (GOV), Năng lượng và Phát thải (ENE). Trọng số AHP xác định ENV cao nhất (0.35), phù hợp hệ số nhạy cảm $E = 2.3$ của sông Vàm Cỏ Đông. Thử nghiệm tại hai cảng tỉnh Tây Ninh cho thấy cả hai chưa đạt ngưỡng cảng xanh (80%), với chiều GOV và ENE yếu nhất. Bộ tiêu chí được đề xuất như tài liệu tham chiếu kỹ thuật bổ sung cho TCCS 02:2022, áp dụng tự nguyện giai đoạn 2026 - 2030.

Từ khóa: Cảng xanh; cảng thủy nội địa; bộ tiêu chí; phương pháp Delphi; AHP; Tây Ninh; ESG; phát triển bền vững.

ABSTRACT

Tay Ninh Province's 2021 - 2030 Master Plan targets 66 inland waterway ports (IWPs) along the Vam Co Dong River, while TCCS 02:2022/CHHVN applies only to seaports. This study applies a two-round Delphi (n=15 experts) combined with AHP to develop a 20-criterion green port framework across four dimensions: Water Environment and Ecosystem (ENV), Waste Management and Dangerous Goods Safety (WSM), Governance and Community (GOV) and Energy and Emissions (ENE). AHP assigns ENV the highest weight (0.35), consistent with the freshwater sensitivity factor $E = 2.3$ of the Vam Co Dong River. Pilot application at two Tay Ninh ports confirms neither reaches the 80% green port threshold, with GOV and ENE as weakest dimensions. The framework is proposed as a technical reference complement to TCCS 02:2022 for voluntary adoption during 2026 - 2030.

Keywords: Green port; inland waterway port; evaluation criteria; Delphi method; AHP; Tay Ninh; ESG; Sustainable development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quy hoạch tỉnh Tây Ninh 2021 - 2030 xác định 66 cảng hàng hóa nội địa trên hệ thống đường thủy, với sông Vàm Cỏ Đông là trục vận tải có khả năng đạt 5 triệu tấn/năm [2]. Nhiều cảng đã mở rộng tiếp nhận hàng nguy hiểm (LPG, xăng dầu) trong khi nghiên cứu trước của nhóm tác giả ghi nhận chỉ số rủi ro $R = 20$ (LPG) và $R = 12$ (xăng dầu) [1], đặt ra yêu cầu chuyển hóa từ kiểm soát rủi ro sang mô hình cảng xanh toàn diện. Áp lực từ chuỗi cung ứng quốc tế cũng ngày càng tăng: Các nhà nhập khẩu EU và Mỹ yêu cầu ESG compliance từ toàn bộ chuỗi logistics, bao gồm cảng nội địa [7, 8].

TCCS 02:2022/CHHVN được xây dựng cho cảng biển, không có điều khoản áp dụng cho cảng TNĐ [4]. Các khung quốc tế như EcoPort SDM (ESPO) [5] hay Harit Sagar (Ấn Độ) [6] cũng không phản ánh đặc thù môi trường nước ngọt, quy mô nhỏ và chuỗi đa phương thức biên giới của cảng TNĐ Tây Ninh. Hiện chưa có nghiên cứu nào công bố bộ tiêu chí cảng xanh dành riêng cho cảng TNĐ tại Việt Nam - đây là khoảng trống mà nghiên cứu này lấp đầy.

Nghiên cứu có ba mục tiêu: (1) So sánh các khung tiêu chí quốc tế và xác định khoảng trống khi áp vào cảng TNĐ nước ngọt; (2) xây

dựng bộ tiêu chí 20 tiêu chí qua Delphi + AHP với trọng số phản ánh đặc thù sinh thái Vàm Cỏ Đông; (3) thử nghiệm tại hai cảng đại diện Tây Ninh và rút ra khuyến nghị chính sách.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Khái niệm và khung lý thuyết cảng xanh

Cảng xanh là cảng vừa thỏa mãn tiêu chí môi trường vừa mang lại lợi ích kinh tế bền vững - hai mục tiêu bổ trợ nhau, không mâu thuẫn. Khung ESG (Environmental-Social-Governance) ngày càng được áp dụng trong đánh giá bền vững cảng [7, 8]: Chiều E bao gồm quản lý chất lượng nước, không khí và đa dạng sinh học; chiều S bao gồm tác động đến cộng đồng ven cảng; chiều G bao gồm chính sách, minh bạch và tuân thủ pháp lý. An toàn - kiểm soát rủi ro theo $R = P \times S$ [1] là điều kiện cần nhưng chưa đủ: Cảng xanh đòi hỏi thêm quản lý chủ động phát thải, năng lượng và gắn kết cộng đồng.

2.2. Các khung tiêu chí quốc tế và giới hạn khi áp vào cảng TNĐ Việt Nam

Bốn khung tiêu chí phổ biến đã được rà soát: EcoPort SDM (ESPO, EU), TCCS 02:2022 (Việt Nam), Harit Sagar (Ấn Độ) và Khung

ESG cảng biển quốc tế. Không khung nào đủ áp dụng trực tiếp vào cảng TND Tây Ninh. EcoPort SDM thiết kế cho cảng biển quy mô lớn, không có điều khoản về môi trường nước ngọt hay hàng nguy hiểm nội địa. TCCS 02:2022 giới hạn phạm vi ở cảng biển và không phân biệt đặc thù sinh thái giữa nước mặn và nước ngọt. Harit Sagar (Ấn Độ, 2023) phù hợp hơn về quy mô nhỏ và tập trung vào điện hóa phương tiện (35% trọng số), tuy nhiên không phản ánh hệ số nhạy cảm nước ngọt và chuỗi biên giới đa phương thức đặc thù của hệ thống sông Vàm Cỏ Đông. Điểm chung của cả 4 khung là thiếu tiêu chí tích hợp kiểm soát HNH vào xanh hóa cảng - khoảng trống WSM-3 mà nghiên cứu này lấp đầy.

2.3. Đặc thù cảng TND khu vực tỉnh Tây Ninh - 4 điểm khác biệt cốt lõi

- *Môi trường nước ngọt*: Sông Vàm Cỏ Đông có hệ số nhạy cảm E = 2,3 (biển E = 1,0), tính theo $E = (E_1 + E_2 + E_3)/3$ với $E_1=1,4$ (pha loãng thấp), $E_2=1,5$ (tích lũy sinh học), $E_3=1,8$ (điểm lấy nước SH cách 0,8 km) $\times$ hệ số mùa khô 1,3 [1]. Chiều ENV cần trọng số cao hơn so với cảng biển.

- *Quy mô nhỏ*: Cảng TND Tây Ninh diện tích 4 - 12 ha, vốn đầu tư hạn chế - tiêu chí phải khả thi, không áp chuẩn cảng container triệu TEU.

- *Chuỗi biên giới*: Hàng Campuchia qua Mộc Bài chuyển sang đường thủy tạo rủi ro môi trường đặc thù chưa được TCCS 02:2022 hay IMDG Code đề cập [10].

- *Hàng hóa không đồng nhất*: LPG (nhóm 2), xăng dầu (nhóm 3), xi măng và hàng tổng hợp - bộ tiêu chí phải linh hoạt áp dụng cho tất cả loại hàng.

2.4. Cơ sở pháp lý

Bộ tiêu chí được xây dựng trong khuôn khổ pháp lý đầy đủ: Luật BVMT 2020 [9] xác định nghĩa vụ quan trắc và báo cáo môi trường định kỳ cho cơ sở sản xuất; NĐ 34/2024 về hàng nguy hiểm [10] quy định yêu cầu an toàn và ứng phó sự cố tràn đổ đối với LPG và xăng dầu tại cảng nội địa; NĐ 08/2021 về đường TND [11] xác định tiêu chuẩn bảo vệ môi trường trong hoạt động vận tải thủy; ADN 2025 [12] cung cấp tiêu chuẩn kỹ thuật quốc tế về vận chuyển hàng nguy hiểm bằng đường TND và Quy hoạch tỉnh Tây Ninh 2021 - 2030 [2] đặt ra định hướng phát triển 66 cảng hàng hóa. Các văn bản này cung cấp ngưỡng pháp lý tối thiểu bắt buộc, trong khi bộ tiêu chí hướng đến xuất sắc vượt tuân thủ, tạo ra sự phân biệt rõ giữa cảng đạt chuẩn pháp lý (compliance) và cảng xanh thật sự (green performance).

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Quy trình xây dựng bộ tiêu chí - 4 bước

Nghiên cứu áp dụng quy trình 4 bước theo Seguí và cộng sự [13] có điều chỉnh cho bối cảnh cảng TND nước ngọt Việt Nam: (1) Rà soát tài liệu, rút trích 35 tiêu chí ứng viên từ EcoPort SDM, TCCS 02:2022, Harit Sagar và ADN 2025, sau đó bổ sung 5 tiêu chí từ phỏng vấn sâu cán bộ vận hành cảng tại Tây Ninh; (2) Delphi vòng 1: 15 chuyên gia đánh giá mức độ quan trọng (thang 1 - 5), tính khả thi và khả năng đo lường, loại tiêu chí có điểm trung bình < 3,5 hoặc hệ số biến thiên CV > 30%; (3) Delphi vòng 2: Phản hồi kết quả vòng 1, đồng thuận $\geq 70\%$ cho điểm ± 1 từ trung vị, xác lập bộ tiêu chí cuối 20 tiêu chí; (4) AHP: Ma trận so sánh cặp 4 chiều ENV-WSM-GOV-ENE, tổng hợp bằng trung bình hình học theo Saaty và Vargas

Bảng 1. Kết quả đồng thuận Delphi vòng 2 theo chiều tiêu chí

Chiều	Số tiêu chí	Đồng thuận TB (%)	Tiêu chí cao nhất	Nhận xét
ENV - Môi trường nước	5	86,4	ENV-4: 93%	Nhất quán cao; ENV-4 là tiêu chí mới thêm từ thực địa
WSM - Chất thải & HNH	5	83,1	WSM-3: 89%	WSM-3 là tiêu chí giao thoa an toàn HNH và xanh hóa
GOV - Quản trị & Cộng đồng	5	80,7	GOV-1: 91%	GOV-3 (tham vấn cộng đồng) là tiêu chí mới, được đánh giá cao
ENE - Năng lượng & Phát thải	5	74,6	ENE-1: 81%	Bất đồng về lộ trình điện hóa; đồng thuận thấp nhất

[17], kiểm tra tỉ số nhất quán CR < 0,1 đảm bảo tính hợp lệ của phán đoán chuyên gia. Quy trình này đảm bảo vừa có cơ sở khoa học (kiểm định đa lớp) vừa phản ánh thực tiễn địa phương (tiêu chí bổ sung từ thực địa).

3.2. Hội đồng chuyên gia Delphi

Hội đồng 15 chuyên gia gồm 3 nhóm bằng nhau: (a) Học thuật - giảng viên/nghiên cứu viên hàng hải, môi trường, logistics; (b) quản lý nhà nước - cán bộ Cảng vụ đường thủy và Sở Nông nghiệp và Môi trường Tây Ninh; (c) vận hành cảng - cán bộ kỹ thuật từ 4 cảng nghiên cứu. Tiêu chí chọn: Tối thiểu 5 năm kinh nghiệm liên quan.

3.3. Địa bàn thử nghiệm

Hai cảng đại diện trên sông Vàm Cỏ Đông, tỉnh Tây Ninh: Cảng TND Thành Tài (~12 ha, đa năng, tiếp nhận tàu 7.000 tấn) và cảng TND Xăng dầu-LPG (~3,8 ha, chuyên dụng HNH, tàu 2.000 tấn). Cả hai cách điểm lấy nước sinh hoạt 0,6 - 1,0 km, đã có giấy phép môi trường và đang cập nhật theo NĐ 08/2022.

3.4. Kiểm định độ tin cậy

Ba kiểm định độc lập đảm bảo bộ tiêu chí đủ tin cậy làm công cụ đánh giá chuẩn, thực hiện theo quy trình tách biệt với quá trình xây dựng tiêu chí để tránh xác nhận vòng: (i) Cronbach's Alpha theo Hair và cộng sự [18] (ngưỡng $\alpha \geq 0,7$): Bộ tiêu chí đạt $\alpha = 0,82$ (ENV), 0,79 (WSM), 0,76 (GOV), 0,71 (ENE) - tất cả trên ngưỡng chấp nhận, chiều ENE có alpha thấp nhất phù hợp kết quả đồng thuận Delphi thấp nhất (74,6%); (ii) ICC (Intraclass Correlation Coefficient) theo Koo và Mae [19] giữa hai đánh giá viên độc lập tại cảng Thành Tài: ICC = 0,84 (95% CI: 0,71–0,92) - mức 'tốt', xác nhận tính nhất quán khi hai người khác nhau đánh giá cùng một cảng; (iii) CVI (Content Validity Index) từ Delphi vòng 2 theo Lynn [20] (ngưỡng CVI $\geq 0,78$): Tất cả 20 tiêu chí đạt CVI $\geq 0,80$, CVI trung bình 0,89 - mức 'xuất sắc'. Cả 3 kiểm định xác nhận bộ tiêu chí có độ tin cậy và hiệu lực nội dung đủ để sử dụng làm công cụ đánh giá chính thức cho cảng TND, không chỉ là công cụ nghiên cứu học thuật thuần túy.

3.5. Quy trình thực địa

Tại mỗi cảng, dữ liệu thu thập trong 2 ngày: (i) Quan sát hiện trường theo bảng kiểm 20 tiêu chí; (ii) phỏng vấn bán cấu trúc với 3 cán bộ cảng; (iii) rà soát hồ sơ nội bộ (SOP, bảo trì, nhật ký sự cố). Điểm cuối xác định bằng tam giác hóa - chỉ giữ kết quả nhất quán từ $\geq 2/3$ nguồn.

4. KẾT QUẢ

4.1. Kết quả Delphi - Bộ tiêu chí cuối cùng

Sau hai vòng Delphi, bộ tiêu chí cuối gồm 20 tiêu chí từ danh sách 35 ban đầu. Mười lăm tiêu chí bị loại trong vòng 1 do điểm trung bình < 3,5 (chủ yếu liên quan điện hóa hoàn toàn và giám sát vệ tinh, vượt quá năng lực kỹ thuật giai đoạn 2026 - 2030 của cảng TND quy mô nhỏ). Ba tiêu chí mới được bổ sung từ chuyên gia vận hành: ENV-4 (kế hoạch ứng phó sự cố tràn đổ hóa chất), WSM-3 (SOP HNH tích hợp xanh), GOV-3 (cơ chế tham vấn cộng đồng ven sông) phản ánh thực tiễn đặc thù không xuất hiện trong khung quốc tế nào đã rà soát. Bảng 1 trình bày kết quả đồng thuận Delphi vòng 2: ENV và WSM đạt đồng thuận cao nhất (86,4% và 83,1%); ENE thấp nhất (74,6%) do bất đồng về lộ trình điện hóa phương tiện tại cảng quy mô nhỏ. Mức đồng thuận ENE vẫn trên ngưỡng 70%, đủ để giữ lại chiều này trong bộ tiêu chí nhằm định hướng lộ trình dài hạn sau 2030.

4.2. Kết quả AHP - Trọng số chiều và tiêu chí

Kết quả AHP cho thấy ENV được ưu tiên cao nhất (Bảng 2). Tất cả CR < 0,1, đảm bảo tính nhất quán. Trọng số ENV = 0,35 phù hợp E-factor = 2,3 của sông Vàm Cỏ Đông - cao hơn 2,3 lần so với chuẩn biến (E = 1,0). Trọng số WSM = 0,28 phản ánh thực tế nhiều cảng TND Tây Ninh xử lý HNH, tạo ra rủi ro môi trường trực tiếp. ENE nhận trọng số thấp nhất (0,17) do các chuyên gia đánh giá lộ trình điện hóa chưa khả thi trong giai đoạn 2026 - 2030 với cảng quy mô nhỏ.

Bảng 2. Trọng số chiều theo phương pháp AHP

Chiều	Mô tả	Trọng số (w_i)	Xếp hạng	CR
ENV	Môi trường nước và Hệ sinh thái	0,35	1	0,028
WSM	Quản lý chất thải và An toàn HNH	0,28	2	0,028
GOV	Quản trị và Cộng đồng	0,20	3	0,028
ENE	Năng lượng và Phát thải	0,17	4	0,028

Bảng 3 trình bày 20 tiêu chí với trọng số tổng hợp (global weight). ENV-4 (kế hoạch ứng phó sự cố tràn đổ) có trọng số cao nhất (0,095), phản ánh rủi ro tràn hóa chất đặc biệt nghiêm trọng đối với nguồn nước ngọt Vàm Cỏ Đông. WSM-3 (0,078) đứng thứ hai: Cảng đã đầu tư SOP kiểm soát HNH có nền tảng để đạt điểm WSM-3 mà không cần đầu tư thêm nhiều - đây là cầu nối giữa an toàn và xanh hóa.

Bảng 3. Trọng số tổng hợp 20 tiêu chí theo AHP

Mã	Tiêu chí	Trọng số chiều	Trọng số nội	Trọng số tổng hợp
ENV-1	Quan trắc chất lượng nước tại cảng	0,35	0,18	0,063
ENV-2	Đề quây và hệ thống thu gom nước thải		0,22	0,077
ENV-3	Diện tích cây xanh/tổng diện tích (%)		0,15	0,053
ENV-4 ★	Kế hoạch ứng phó sự cố tràn đổ hóa chất		0,27	0,095
ENV-5	Báo cáo quan trắc định kỳ		0,18	0,063
WSM-1	Phân loại chất thải rắn tại nguồn	0,28	0,20	0,056
WSM-2	Xử lý nước thải tàu		0,18	0,050
WSM-3 ★	SOP hàng nguy hiểm tích hợp xanh		0,28	0,078
WSM-4	Quản lý hóa chất và MSDS điện tử		0,20	0,056
WSM-5	Tỷ lệ tái sử dụng/tái chế chất thải (%)		0,14	0,039
GOV-1	Chính sách môi trường được ban hành và công khai	0,20	0,25	0,050
GOV-2	Chương trình đào tạo nhân viên về môi trường		0,20	0,040
GOV-3 ★	Cơ chế tham vấn cộng đồng ven sông		0,22	0,044
GOV-4	Kiểm toán môi trường nội bộ định kỳ		0,18	0,036
GOV-5	Báo cáo bền vững công khai hàng năm		0,15	0,030
ENE-1	Tỷ lệ sử dụng năng lượng tái tạo (%)	0,17	0,25	0,043
ENE-2	Hệ thống đo và quản lý tiêu thụ năng lượng		0,22	0,037
ENE-3	Phương tiện xếp dỡ điện hóa/tổng phương tiện		0,18	0,031
ENE-4	Kiểm kê phát thải GHG hàng năm		0,20	0,034
ENE-5	Kế hoạch giảm phát thải có lộ trình		0,15	0,026
★ Tiêu chí mới bổ sung (ENV-4, WSM-3, GOV-3) không có trong khung quốc tế nào đã rà soát				

4.3. Kết quả thử nghiệm tại hai cảng

Kết quả đánh giá tại hai cảng cho thấy cả hai chưa đạt ngưỡng cảng xanh 80%, với điểm tổng hợp 59% (cảng Thành Tài) và 65% (cảng Xăng dầu LPG). Chiều GOV và ENE là khoảng cách lớn nhất ở cả hai cảng: GOV thấp vì chưa có chính sách môi trường chính thức và chương trình đào tạo; ENE thấp vì chưa có hệ thống đo lường tiêu thụ năng lượng và chưa thực hiện kiểm kê phát thải. Chiều ENV của cảng Xăng dầu LPG cao hơn Thành Tài (3,2 vs. 2,9) nhờ có quy trình kiểm soát nước thải tốt hơn từ yêu cầu vận hành HNH. Khoảng cách giữa hai cảng lớn nhất ở chiều WSM (3,6 vs. 3,3) xác nhận luận điểm rằng đầu tư vào kiểm soát HNH tạo nền tảng trực tiếp cho điểm WSM (Bảng 4).

Bảng 4. Điểm đánh giá cảng xanh tại hai cảng thử nghiệm tỉnh Tây Ninh

Chỉ số	ENV (0,35)	WSM (0,28)	GOV (0,20)	ENE (0,17)	Điểm tổng hợp
Cảng TND Thành Tài	2,9/5	3,3/5	2,4/5	2,1/5	59%
Cảng TND Xăng dầu LPG	3,2/5	3,6/5	2,7/5	2,3/5	65%
Ngưỡng cảng xanh	≥ 4,0	≥ 4,0	≥ 4,0	≥ 4,0	≥ 80%

Phân tích Quick Wins - tiêu chí có GAP lớn, chi phí can thiệp thấp xác định 6 ưu tiên hành động ngay trong giai đoạn 2026 - 2027: GOV-1 (chính sách môi trường công khai, không tốn kém), GOV-2 (đào tạo nhân viên < 80 triệu), WSM-1 (phân loại chất thải < 50 triệu), WSM-3 (SOP HNH tích hợp xanh < 30 triệu), ENV-5 (báo cáo quan trắc < 20 triệu) và ENE-2 (hệ thống đo năng lượng < 60 triệu). Tổng chi phí 6 Quick Wins ước tính 200 - 400 triệu đồng/cảng (quy mô 4 - 8 ha), không cần vốn vay. Lợi ích trực tiếp: Giảm phí xử lý chất thải (30 - 50 triệu/năm), tránh phạt hành chính, cải thiện điểm ESG chuỗi cung ứng xuất khẩu [7, 8].

4.4. So sánh với TCCS 02:2022 - năm điểm khác biệt cốt lõi

Bộ tiêu chí khác với TCCS 02:2022 ở 5 điểm cốt lõi: (1) Bổ sung tiêu chí quan trắc chất lượng nước ngọt (ENV-1, ENV-2) - TCCS 02:2022 không có điều khoản tương đương vì được thiết kế cho môi trường biển; (2) WSM-3 tích hợp kiểm soát HNH vào xanh hóa cảng - TCCS 02:2022 chỉ đề cập an toàn như điều kiện cấp phép, không liên kết với quản lý môi trường; (3) GOV-3 yêu cầu tham vấn cộng đồng ven sông như tiêu chí đánh giá định kỳ - phản ánh thực tế cộng đồng ven sông Vàm Cỏ Đông sử dụng nước trực tiếp; (4) E-factor nước ngọt (E = 2,3) quyết định trọng số ENV - TCCS 02:2022 không phân biệt môi trường biển-nội địa trong công thức tính điểm; (5) Ngưỡng đánh giá khả thi theo quy mô 4 - 12 ha với chi phí Quick Wins 200 - 400 triệu đồng - TCCS 02:2022 hướng đến cảng biển lớn,

không có hướng dẫn triển khai cho cảng nhỏ. Năm điểm này tạo ra bộ tiêu chí thật sự phù hợp với đặc thù địa phương, không chỉ là sao chép hay điều chỉnh khung quốc tế.

5. THẢO LUẬN

5.1. Tại sao cảng TND cần bộ tiêu chí riêng

Ba lý do không thể áp TCCS 02:2022 hay khung quốc tế trực tiếp: (1) E-factor nước ngọt cao gấp 2,3 lần biển - ô nhiễm tại cảng TND lan nhanh hơn và ảnh hưởng trực tiếp đến nguồn nước sinh hoạt; (2) Quy mô 4 - 12 ha đòi hỏi tiêu chí khả thi về chi phí, không thể áp chuẩn cảng container triệu TEU; (3) Hàng hóa không đồng nhất (HNH + hàng rời + tổng hợp) đòi hỏi tiêu chí linh hoạt hơn tiêu chí cảng chuyên dụng [2, 6].

5.2. Mối quan hệ giữa kiểm soát HNH và xanh hóa cảng

Cảng Xăng dầu LPG đạt WSM cao hơn Cảng Thành Tài (3,6 vs. 3,3); Đầu tư vào kiểm soát an toàn HNH tạo nền tảng quản lý môi trường chủ động. WSM-3 là cầu nối học thuật giữa nghiên cứu quản trị rủi ro HNH [1] và nghiên cứu cảng xanh hiện tại - hai mục tiêu bổ trợ, không mâu thuẫn.

5.3. So sánh quốc tế, tính chuyển giao và giới hạn

Bộ tiêu chí có cơ sở so sánh với hai mô hình quốc tế cho cảng nội địa. Về điểm tương đồng với Dự án Cảng xanh nội địa Danube (Danube Commission, 2023) [15]: Cả hai sử dụng Delphi chuyên gia đa ngành và kiểm định CVI đảm bảo hiệu lực nội dung; cả hai đều không áp trực tiếp chuẩn cảng biển lớn mà xây dựng tiêu chí riêng cho quy mô nhỏ. Điểm khác biệt quan trọng: Mô hình Danube không phân biệt hệ số nhạy cảm môi trường nước ngọt và không có thành phần WSM cho hàng nguy hiểm nội địa - hai đặc thù cốt lõi của bộ tiêu chí này. Về tính chuyển giao: Bộ tiêu chí có thể áp dụng cho cảng TND nước ngọt phía Nam (sông Đồng Nai, sông Tiền Giang, sông Sài Gòn) với hai điều chỉnh - E-factor theo thủy văn địa phương và trọng số GOV theo năng lực quản lý nhà nước khu vực. Giới hạn cần thừa nhận: (1) mẫu Delphi n=15 cần mở rộng lên n=25 - 30 trong kiểm định tiếp theo để tăng tính đại diện; (2) thử nghiệm mới tại hai cảng cần mở rộng sang 4 - 6 cảng trong giai đoạn 2026 - 2027; (3) E-factor E = 2,3 được tính từ dữ liệu đo lường của nhóm tác giả [1], cần kiểm chứng bằng số liệu quan trắc dài hạn 5 - 10 năm để đảm bảo tính ổn định qua các mùa thủy văn.

5.4. Hàm ý quản lý nhà nước và lộ trình chính sách

Ba hàm ý chính sách rút ra từ kết quả nghiên cứu: (1) Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam có thể xem xét bộ tiêu chí như phụ lục kỹ thuật bổ sung cho TCCS 02:2022, áp dụng tự nguyện cho cảng TND phía Nam 2026 - 2028, tiến tới bắt buộc sau 2030, phù hợp lộ trình Đề án phát triển cảng xanh Việt Nam và cam kết Net Zero 2050. Cơ chế áp dụng hai giai đoạn (tự nguyện → bắt buộc) đã được Rhine Alarm Model (châu Âu) và Harit Sagar (Ấn Độ) chứng minh hiệu quả cao hơn áp đặt ngay từ đầu [15]. (2) UBND Tây Ninh có thể nghiên cứu lồng ghép điểm đánh giá cảng xanh vào tiêu chí gia hạn giấy phép môi trường - ngưỡng 60% (2026), 70% (2028), 80% (2030) theo từng giai đoạn, tạo động lực kinh tế không cần ngân sách nhà nước bổ sung. Đây là công cụ chính sách tương tự 'green premium' trong thị trường logistics quốc tế, giúp cảng Tây Ninh cải thiện khả năng tiếp cận chuỗi cung ứng xuất khẩu đòi hỏi ESG [7, 8]. (3) Trong khuôn khổ Hội nghị IWT 2026 tại Hải Phòng, Việt Nam nên đề xuất xây dựng bộ tiêu chí cảng xanh khu vực Mê Kông, lấy bộ tiêu chí này làm đầu vào tham vấn kết hợp kinh nghiệm Danube và MRC Safety Book 2025 [14, 15] - định vị Việt Nam như quốc gia tiên phong trong quản trị cảng xanh nội địa ASEAN.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng bộ tiêu chí cảng xanh gồm 20 tiêu chí theo 4 chiều (ENV, WSM, GOV, ENE) dành riêng cho cảng TND khu

vực tỉnh Tây Ninh với 3 đóng góp cụ thể: (1) Tích hợp E-factor nước ngọt (E = 2,3) vào trọng số AHP, tạo cơ sở khoa học cho trọng số ENV = 0,35 - phân biệt rõ cảng TND nước ngọt với cảng biển; (2) xác định 3 tiêu chí mới (ENV-4, WSM-3, GOV-3) không xuất hiện trong khung quốc tế nào được rà soát, phản ánh thực tiễn đặc thù của hệ thống cảng HNH nước ngọt Việt Nam; (3) kiểm định 3 lớp (Cronbach α , ICC, CVI) xác nhận độ tin cậy và hiệu lực nội dung đủ để sử dụng như công cụ đánh giá chính thức.

Hai khuyến nghị hành động cụ thể: (1) Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam xem xét bộ tiêu chí như tài liệu tham khảo kỹ thuật bổ sung cho TCCS 02:2022, áp dụng tự nguyện 2026 - 2030 và bắt buộc sau 2030 theo lộ trình được công bố trước ít nhất 2 năm để cảng có thời gian chuẩn bị, phù hợp Đề án phát triển cảng xanh Việt Nam; (2) UBND Tây Ninh đưa điểm đánh giá cảng xanh vào tiêu chí gia hạn giấy phép môi trường theo lộ trình 3 bậc 60% - 70% - 80%, tạo động lực cải thiện điểm xanh tự nguyện mà không cần ngân sách bổ sung. Bài báo tiếp theo của nhóm tác giả sẽ trình bày lộ trình chuyển đổi cảng xanh chi tiết cho 4 cảng đang hoạt động tại Tây Ninh giai đoạn 2026 - 2030.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Thị Anh Thư, Nguyễn Đình Luyện. Quy trình kiểm soát rủi ro và ứng phó sự cố môi trường tại cảng TND. NXB. Giao thông vận tải, tr. 87, ISBN: 978-604-76-3365-4. Internet: <https://ctst.ut.edu.vn/ctst-2026/>.
- [2] UBND tỉnh Tây Ninh. Quy hoạch tỉnh Tây Ninh thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, 2024.
- [3] UNCTAD. Review of Maritime Transport 2023. United Nations, Geneva, 2023.
- [4] Cục Hàng hải Việt Nam. TCCS 02:2022/CHVN - Tiêu chuẩn cơ sở về cảng xanh. Bộ Giao thông vận tải, 2022.
- [5] ESPO. ESPO Green Guide 2021: A Manual for European Ports Towards a Green Future. Brussels, 2021.
- [6] Ministry of Ports, Shipping and Waterways, India. Harit Sagar Green Port Guidelines 2023. New Delhi, 2023.
- [7] Gu X., Zhu Y., Zhang J. Toward sustainable port development: An empirical analysis of China's port industry using an ESG framework. Humanities and Social Sciences Communications, 10, 944, 2023.
- [8] Villabruna V.E., et al. Barriers and strategies for green investments in environmental sustainability. Journal of Cleaner Production, 2024.
- [9] Quốc hội Việt Nam. Luật Bảo vệ môi trường số 72/2020/QH14, Hà Nội, 2020.
- [10] Chính phủ Việt Nam. Nghị định 34/2024/NĐ-CP quy định danh mục hàng hóa nguy hiểm và vận chuyển bằng phương tiện thủy nội địa, Hà Nội, 2024.
- [11] Chính phủ Việt Nam. Nghị định 08/2021/NĐ-CP quy định quản lý đường thủy nội địa, Hà Nội, 2021.
- [12] United Nations. ADN 2025: European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways. Geneva, 2024.
- [13] Seguí X., et al. New environmental performance baseline for inland ports: A first step towards the application of an environmental management system. Science of the Total Environment, 548-549, pp. 88-97, 2016.
- [14] Mekong River Commission. A Safety Book for Vessel Crew and Port Staff on the carriage, handling and storage of dangerous goods. Vientiane, 2025.
- [15] Danube Commission. Green Inland Ports Pilot Project: Environmental Management Systems for Danube Ports. Budapest, 2023.
- [16] Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, 1980.
- [17] Saaty T.L., Vargas L.G. Models, Methods. Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process. 2nd ed. Springer, 2012.
- [18] Hair J.F., Black W.C., Babin B.J., Anderson R.E. Multivariate Data Analysis, 8th ed. Cengage, 2019.
- [19] Koo T.K., Mae M.Y. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. Journal of Chiropractic Medicine, 15(2), 155-163, 2016.
- [20] Lynn M.R. Determination and quantification of content validity. Nursing Research, 35(6), 382-385, 1986.

Đường sắt tốc độ cao và mô hình TOD: Động lực phát triển đô thị thông minh định hướng từ Nghị định 269/2025/NĐ-CP về phát triển đô thị thông minh

High-speed railways and the tod model: A driving force for smart city development oriented
by decree 269/2025/ND-CP on smart city development

> THS NGUYỄN QUANG ANH^{1,*}, THS NGUYỄN TRUNG ANH², THS TRẦN ĐỨC ĐẠT²

¹Trung tâm Công nghệ thông tin (Bộ Xây dựng)

²Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng

*Email: anhng@moc.gov.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích mối liên kết giữa đường sắt tốc độ cao (ĐSTĐC), mô hình phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng và đô thị thông minh trong bối cảnh phát triển hành lang Bắc - Nam tại Việt Nam. Trên cơ sở định hướng của Nghị định số 269/2025/NĐ-CP, bài báo làm rõ vai trò của tuyến ĐSTĐC không chỉ như một công trình vận tải kết nối Hà Nội - TP.HCM, mà còn là trục động lực có khả năng hình thành chuỗi cực tăng trưởng mới dọc tuyến. Khác với TOD gắn với đường sắt đô thị nội đô, TOD quanh ga ĐSTĐC mang tính liên vùng, gắn với phát triển đô thị, dịch vụ, logistics, du lịch và trung tâm việc làm. Bài báo cũng nhận diện các khó khăn về tích hợp quy hoạch, quỹ đất, cơ chế tài chính, hạ tầng số và kết nối liên phương thức. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất các giải pháp nhằm phát triển TOD dọc tuyến theo hướng thông minh, bền vững.

Từ khóa: Đường sắt tốc độ cao; đô thị thông minh; TOD; giao thông công cộng.

ABSTRACT

This paper analyzes the relationship between high-speed rail, Transit-Oriented Development (TOD) and smart urban development in the context of Vietnam's North-South development corridor. Based on the orientation of Decree No. 269/2025/ND-CP, the paper clarifies that the North-South high-speed railway should not only be viewed as a transport project connecting Hanoi and Ho Chi Minh City, but also as a strategic corridor capable of creating new growth poles along the route. Unlike TOD associated with intra-urban rail systems, TOD around high-speed rail stations has a broader intercity and regional dimension, closely linked with urban development, services, logistics, tourism and employment centers. The paper also identifies key challenges related to integrated planning, land resources, financial mechanisms, digital infrastructure and multimodal connectivity. Based on this analysis, several solutions are proposed to promote TOD along the high-speed rail corridor toward a smart, sustainable and balanced urban development model.

Keywords: High-speed rail; smart city; TOD; public transport.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình đô thị hóa nhanh tại Việt Nam đang tạo áp lực lớn lên hạ tầng giao thông, sử dụng đất và quản trị đô thị. Áp lực này không chỉ tập trung ở Hà Nội và TP.HCM mà còn lan rộng tới các đô thị trung gian, đô thị tỉnh lỵ, trung tâm công nghiệp, dịch vụ và du lịch dọc trục Bắc - Nam. Vì vậy, yêu cầu đặt ra không chỉ là giải quyết ùn tắc trong từng đô thị mà còn phải tổ chức lại không gian phát

triển theo hướng hành lang, đa trung tâm và dựa trên giao thông công cộng khối lượng lớn.

Trong bối cảnh đó, ĐSTĐC Bắc - Nam cần được nhìn nhận không chỉ là công trình kết nối Hà Nội - TP.HCM mà còn là hành lang phát triển quốc gia. Với chiều dài khoảng 1.541 km, đi qua 20 tỉnh, thành phố, dự kiến bố trí 23 ga hành khách và 5 ga hàng, tuyến ĐSTĐC có khả năng hình thành chuỗi cực tăng trưởng mới dọc tuyến. Các ga

trung gian như Thanh Hóa, Vinh, Huế, Đà Nẵng, Quy Nhơn, Nha Trang, Phan Thiết, Long Thành... có thể trở thành đầu mối phát triển đô thị, dịch vụ, logistics, du lịch và công nghiệp hỗ trợ.

Do đó, mô hình TOD gắn với ĐSTĐC cần được tiếp cận theo đặc thù liên đô thị, liên vùng, khác với TOD quanh đường sắt đô thị chủ yếu phục vụ đi lại nội đô. Không gian TOD quanh ga cần được tổ chức theo nhiều lớp, gồm lõi ga, vùng tiếp cận bằng giao thông gom khách và vùng ảnh hưởng kinh tế - đô thị rộng hơn, nhằm kết nối nhà ga với xe buýt, đường bộ, logistics, thương mại - dịch vụ, nhà ở và hạ tầng số.

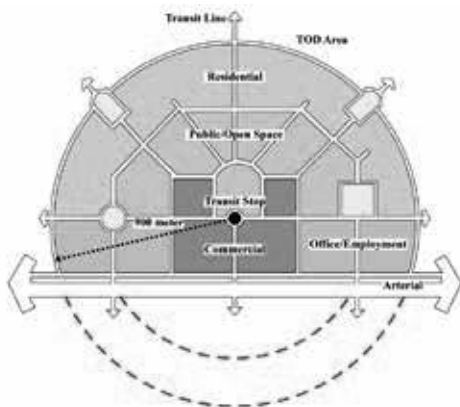
Nghị định số 269/2025/NĐ-CP đã tạo cơ sở pháp lý quan trọng cho phát triển không gian đô thị gắn với đường sắt và khu TOD. Tuy nhiên, nếu chỉ tiếp cận TOD qua các ví dụ tại Hà Nội và TP.HCM, mô hình này dễ bị hiểu hẹp như công cụ chỉnh trang hoặc tăng mật độ quanh ga đầu cuối. Vì vậy, bài báo tiếp cận mối liên kết giữa ĐSTĐC, TOD và đô thị thông minh theo logic hành lang phát triển, nhấn mạnh vai trò của các ga dọc tuyến như “cửa ngõ vùng” và điểm kích hoạt tăng trưởng mới trong mạng lưới đô thị quốc gia.

2. ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN TOD TẠI VIỆT NAM

Nghị định số 269/2025/NĐ-CP của Chính phủ về phát triển không gian đô thị gắn với đường sắt và khu TOD đã tạo cơ sở pháp lý quan trọng để tổ chức lại không gian đô thị theo hướng tích hợp giữa giao thông, sử dụng đất, hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng số và huy động nguồn lực phát triển. Điểm đáng chú ý là nhà ga đường sắt không còn được xem chỉ là công trình vận tải, mà trở thành hạt nhân phát triển không gian đô thị.

Trong bối cảnh triển khai ĐSTĐC Bắc - Nam, định hướng TOD cần được mở rộng từ các đô thị đầu mối như Hà Nội và TP.HCM sang toàn bộ hành lang tuyến. Với chiều dài khoảng 1.541 km, đi qua 20 tỉnh, thành phố, dự kiến bố trí 23 ga hành khách và 5 ga hàng, tuyến ĐSTĐC có khả năng hình thành chuỗi không gian phát triển mới dọc trục Bắc - Nam. Do đó, TOD cần được xem là công cụ tổ chức lại mạng lưới đô thị, dịch vụ, logistics, du lịch và công nghiệp hỗ trợ tại các ga trung gian, thay vì chỉ là phát triển mật độ cao quanh ga đầu cuối.

Các khu vực quanh ga ĐSTĐC cần được quy hoạch theo mô hình tích hợp, đa chức năng và phân tầng không gian rõ ràng. Khu vực lõi ga ưu tiên trung chuyển, thương mại, dịch vụ, văn phòng, khách sạn và không gian công cộng; vùng tiếp cận tổ chức giao thông gom khách, xe buýt, bãi đỗ chuyển tiếp, nhà ở và tiện ích đô thị; vùng ảnh hưởng rộng hơn gắn với phát triển đô thị, logistics, du lịch, công nghiệp và trung tâm việc làm cấp vùng. Cách tiếp cận này giúp phân biệt TOD gắn với ĐSTĐC với TOD của đường sắt đô thị nội đô.



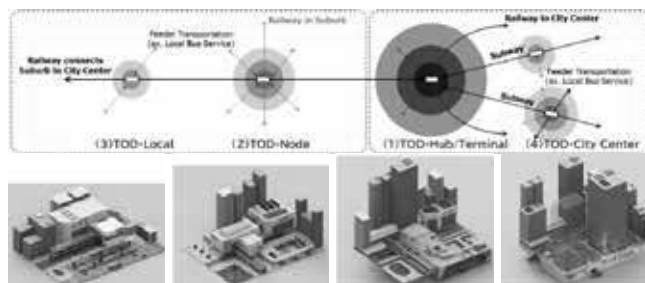
Hình 1. Mô hình tổ chức không gian sử dụng đất trong khu vực phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng (TOD)

Bên cạnh vai trò quy hoạch, TOD còn là công cụ tạo nguồn lực tài chính thông qua khai thác giá trị gia tăng từ đất đai quanh ga, hợp tác công - tư và chia sẻ lợi ích giữa Nhà nước, nhà đầu tư và cộng đồng. Để triển khai hiệu quả, cần tích hợp chặt chẽ quy hoạch giao thông, quy hoạch đô thị, quy hoạch sử dụng đất và nền tảng dữ liệu đô thị thông minh. Như vậy, TOD tại Việt Nam cần được tiếp cận không chỉ như mô hình phát triển quanh ga mà là chiến lược phát triển hành lang đô thị - kinh tế dọc tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam theo hướng thông minh và bền vững.

3. MỐI LIÊN KẾT GIỮA ĐSTĐC - TOD - ĐÔ THỊ THÔNG MINH

Mối liên kết giữa ĐSTĐC, TOD và đô thị thông minh có thể được nhìn nhận như một cấu trúc phát triển tích hợp. Trong đó, ĐSTĐC tạo lập trục kết nối liên vùng; TOD tổ chức không gian phát triển quanh các nhà ga; hạ tầng số đô thị hỗ trợ quản lý, vận hành và cung cấp dịch vụ thông minh. Ba yếu tố này bổ trợ lẫn nhau, hướng tới hình thành các cực tăng trưởng mới, nâng cao hiệu quả sử dụng đất và thúc đẩy phát triển đô thị bền vững dọc tuyến.

ĐSTĐC giữ vai trò là bộ khung hạ tầng chiến lược, có khả năng tái cấu trúc không gian phát triển ở quy mô quốc gia và vùng. Tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam không chỉ phục vụ kết nối Hà Nội - TP.HCM, mà còn tạo điều kiện hình thành hành lang phát triển mới dọc trục Bắc - Nam. Các đô thị có ga như Thanh Hóa, Vinh, Huế, Đà Nẵng, Quy Nhơn, Nha Trang, Phan Thiết, Long Thành... có thể trở thành đầu mối kết nối vùng, thu hút dân cư, lao động, dịch vụ, du lịch, logistics và các hoạt động kinh tế mới.



Hình 2. Mô hình phát triển giữa ĐSTĐC - TOD - đô thị thông minh

Trên nền tảng đó, TOD chuyển hóa lợi thế kết nối của ĐSTĐC thành không gian phát triển cụ thể quanh nhà ga. Khác với TOD đường sắt đô thị chủ yếu phục vụ đi lại nội đô, TOD gắn với ĐSTĐC có phạm vi ảnh hưởng rộng hơn, mang tính liên đô thị và liên vùng. Không gian quanh ga cần được tổ chức theo nhiều lớp, gồm lõi ga, khu vực tiếp cận trực tiếp và vùng ảnh hưởng mở rộng, gắn với các chức năng trung chuyển, thương mại, dịch vụ, văn phòng, lưu trú, nhà ở, logistics, du lịch và trung tâm việc làm.

Đô thị thông minh là điều kiện quan trọng để các khu TOD gắn với ĐSTĐC vận hành hiệu quả. Hạ tầng số cho phép tích hợp dữ liệu về giao thông, đất đai, dân cư, năng lượng, môi trường và dịch vụ công, từ đó hỗ trợ dự báo nhu cầu đi lại, điều phối giao thông tiếp cận ga, quản lý bãi đỗ xe, kiểm soát luồng hành khách và giám sát phát triển không gian quanh ga.

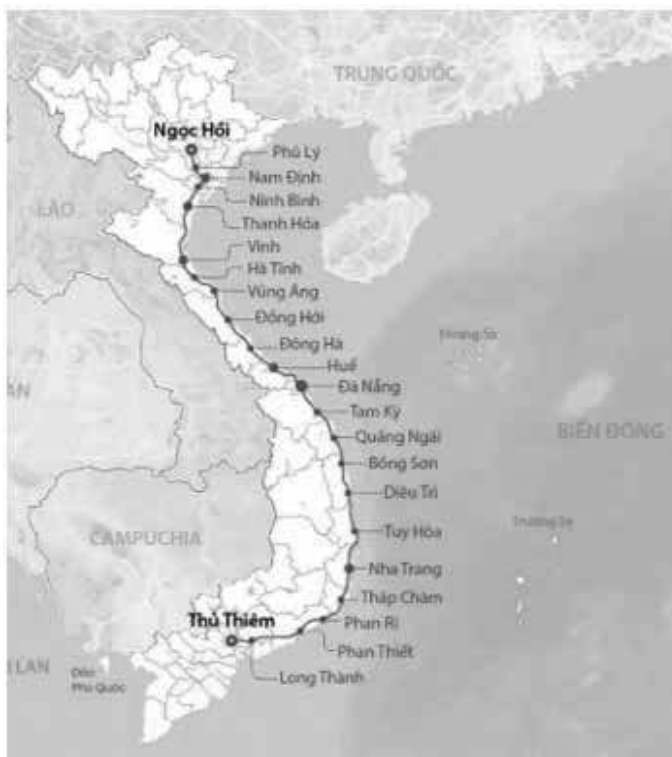
Có thể khái quát mối quan hệ này theo chuỗi logic: ĐSTĐC tạo ra trục kết nối và cơ hội phát triển; TOD tổ chức không gian quanh ga để khai thác cơ hội đó; đô thị thông minh bảo đảm quá trình vận hành và quản trị hiệu quả, linh hoạt, bền vững. Khi được tích hợp đồng bộ, tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam không chỉ rút ngắn thời gian di chuyển giữa các vùng mà còn góp phần hình thành chuỗi đô thị thông minh dọc tuyến, phân bổ lại tăng trưởng và giảm áp lực cho các đô thị lớn hiện hữu.

4. THỰC TẾ PHÁT TRIỂN TOD TẠI VIỆT NAM

4.1. Hiện trạng và tiềm năng phát triển TOD

Trên thế giới, TOD gắn với đường sắt được xem là công cụ quan trọng để tái cấu trúc không gian đô thị, nâng cao hiệu quả sử dụng đất và tạo nguồn lực đầu tư hạ tầng. Tại Việt Nam, tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam dài khoảng 1.541 km, tốc độ thiết kế 350 km/h, đi qua 20 tỉnh, thành phố, gồm 23 ga hành khách và 5 ga hàng, mở ra tiềm năng phát triển TOD trên toàn bộ hành lang Bắc - Nam, không chỉ tại Hà Nội và TP.HCM. Khi thời gian đi lại Hà Nội - TP.HCM có thể rút từ khoảng 30 giờ xuống còn khoảng 5 giờ, quan hệ không gian - thời gian giữa các vùng sẽ có sự thay đổi đáng kể.

Vì vậy, TOD gắn với ĐSTĐC cần được nhìn nhận theo logic hành lang phát triển. Các ga trung gian như Thanh Hóa, Vinh, Hà Tĩnh, Huế, Đà Nẵng, Quy Nhơn, Nha Trang, Phan Thiết, Long Thành... có thể trở thành các cực tăng trưởng mới nếu được tổ chức đồng bộ với quy hoạch đô thị, giao thông kết nối, logistics, du lịch, thương mại - dịch vụ và hạ tầng số. Đây là điểm khác biệt so với TOD đường sắt đô thị, vốn chủ yếu phục vụ đi lại nội đô và cải thiện khả năng tiếp cận trong phạm vi thành phố.



Hình 3. Bản đồ dự kiến tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam và các ga dọc tuyến

Thực tế cho thấy một số địa phương dọc tuyến đã bắt đầu quan tâm đến quy hoạch không gian quanh ga ĐSTĐC. Ninh Bình đã đề cập định hướng phát triển đô thị quanh các ga Phú Lý, Nam Định và Ninh Bình; Hà Tĩnh nghiên cứu vùng phụ cận các ga Hà Tĩnh và Vũng Áng. Những động thái này cho thấy phát triển không gian quanh ga ĐSTĐC không còn là vấn đề lý thuyết mà đã bước đầu trở thành nội dung thực tiễn trong quy hoạch đô thị và vùng.

Tại Hà Nội và TP.HCM, mô hình này hiện chủ yếu được nhắc tới trong mối liên hệ với metro, đường sắt đô thị và các ga đầu mối. Đây là cơ sở thực tiễn quan trọng, nhưng chưa phản ánh đầy đủ đặc thù của tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam. Nếu phát triển quanh ga nội đô tập trung vào giảm ùn tắc và tái thiết không gian đô thị hiện hữu thì

phát triển dọc tuyến ĐSTĐC hướng tới hình thành đô thị mới, trung tâm dịch vụ vùng, đầu mối logistics, du lịch và công nghiệp hỗ trợ. Do đó, thực tiễn tại Việt Nam cần được mở rộng từ tư duy “phát triển quanh ga nội đô” sang “phát triển theo hành lang”, trong đó tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam giữ vai trò trục xương sống.

4.2. Sự sẵn sàng về hạ tầng số và năng lực quản trị đô thị

Phát triển TOD gắn với ĐSTĐC không chỉ phụ thuộc vào quỹ đất quanh ga mà còn phụ thuộc lớn vào năng lực quản trị tích hợp và nền tảng dữ liệu đô thị. Các khu TOD dọc tuyến cần được quản lý trên cơ sở dữ liệu đồng bộ về giao thông, dân cư, đất đai, quy hoạch, hạ tầng kỹ thuật, môi trường và dịch vụ công. Đây là điều kiện để chính quyền địa phương có thể dự báo nhu cầu đi lại, tổ chức giao thông gom khách, kiểm soát phát triển đất đai quanh ga, điều phối dịch vụ công và giám sát quá trình đô thị hóa.

Tuy nhiên, mức độ sẵn sàng giữa các địa phương hiện còn không đồng đều. Các đô thị lớn đã bước đầu triển khai hệ thống điều hành giao thông thông minh, cơ sở dữ liệu dân cư, đất đai và dịch vụ công trực tuyến. Trong khi đó, nhiều đô thị trung gian dọc tuyến vẫn còn hạn chế về hạ tầng số, dữ liệu dùng chung và năng lực phối hợp liên ngành. Đây là thách thức đáng chú ý, bởi TOD gắn với ĐSTĐC chỉ có thể phát huy hiệu quả khi nhà ga, giao thông kết nối, sử dụng đất, đầu tư hạ tầng và quản trị đô thị được điều phối trên cùng một nền tảng thông tin thống nhất.

4.3. Khó khăn và thách thức khi phát triển TOD tại Việt Nam

Mặc dù tiềm năng phát triển TOD dọc tuyến ĐSTĐC rất lớn, quá trình triển khai tại Việt Nam vẫn đối mặt với nhiều khó khăn. Trước hết là nguy cơ hiểu TOD theo nghĩa hẹp, chỉ tập trung vào tăng mật độ xây dựng hoặc khai thác quỹ đất ngắn hạn quanh ga. Cách tiếp cận này có thể làm giảm vai trò chiến lược của TOD trong tổ chức lại không gian vùng, nhất là tại các đô thị trung gian cần kết hợp phát triển đô thị, giao thông gom khách, logistics, du lịch và dịch vụ cấp vùng.

Một thách thức quan trọng khác là yêu cầu tích hợp quy hoạch. Phát triển TOD dọc tuyến ĐSTĐC đòi hỏi sự đồng bộ giữa quy hoạch đường sắt, quy hoạch tỉnh, quy hoạch đô thị, quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch giao thông địa phương và các dự án hạ tầng kết nối. Nếu thiếu cơ chế phối hợp liên ngành, khu vực quanh ga có thể phát triển rời rạc, thiếu kết nối với xe buýt, đường bộ, bãi đỗ chuyển tiếp, không gian công cộng và các khu chức năng đô thị.

Bên cạnh đó, vấn đề quỹ đất và cơ chế tài chính cũng là rào cản lớn. Khu vực quanh ga thường có giá đất biến động mạnh, quyền sử dụng đất phức tạp, nhu cầu giải phóng mặt bằng và tái định cư đáng kể. Trong khi đó, cơ chế khai thác giá trị gia tăng từ đất, chia sẻ lợi ích giữa Nhà nước - nhà đầu tư - cộng đồng và tái đầu tư cho hạ tầng vẫn cần được hoàn thiện. Nếu thiếu kiểm soát, TOD có thể bị lệch sang phát triển bất động sản đơn thuần.

Ngoài ra, hiệu quả của ĐSTĐC phụ thuộc lớn vào khả năng tiếp cận ga bằng giao thông công cộng và các phương thức bền vững như xe buýt, taxi, phương tiện chia sẻ, đi bộ, xe đạp. Vì vậy, TOD dọc tuyến cần đi kèm với tổ chức giao thông gom khách, bãi đỗ chuyển tiếp, kết nối liên phương thức và dịch vụ đô thị quanh ga, để các ga ĐSTĐC thực sự trở thành hạt nhân phát triển thay vì chỉ là điểm lên xuống tàu.

5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

Để phát triển hiệu quả các khu TOD gắn với ĐSTĐC tại Việt Nam, cần tiếp cận theo hướng hành lang phát triển dọc tuyến Bắc - Nam, thay vì chỉ tập trung vào hai đô thị đầu cuối. Trọng tâm là đồng

bộ quy hoạch giao thông, sử dụng đất, phát triển đô thị, hạ tầng số và cơ chế khai thác nguồn lực quanh ga, qua đó biến ĐSTĐC từ công trình vận tải thành động lực tái cấu trúc mạng lưới đô thị quốc gia.

Quy hoạch TOD cần được xây dựng theo vai trò và tiềm năng của từng ga. Các ga có tiềm năng rất cao như Ngọc Hồi, Thanh Hóa, Vinh, Huế, Đà Nẵng, Diêu Trì, Diên Khánh, Long Thành và Thủ Thiêm có thể phát triển thành trung tâm giao thông, thương mại, dịch vụ, logistics, du lịch và việc làm cấp vùng. Ngược lại, các ga như Tam Kỳ, Bồng Sơn, Phan Rí cần phát triển chọn lọc, phù hợp quy mô đô thị, tránh mở rộng dàn trải và đầu cơ đất đai quanh ga.



Hình 4. Phát triển mô hình TOD gắn với ĐSTĐC

Không gian quanh ga cần tổ chức theo cấu trúc nhiều lớp: Lõi ga ưu tiên trung chuyển, thương mại, dịch vụ, văn phòng, khách sạn và không gian công cộng; vùng tiếp cận trực tiếp bố trí xe buýt gom khách, taxi, phương tiện chia sẻ, bãi đỗ chuyển tiếp, đi bộ, xe đạp và tiện ích đô thị; vùng ảnh hưởng mở rộng gắn với đô thị, logistics, du lịch, công nghiệp hỗ trợ hoặc trung tâm việc làm. Tùy tính chất từng ga, có thể phát triển các mô hình đặc thù như logistics - việc làm tại Vũng Áng, airport-city tại Long Thành hoặc TOD du lịch - dịch vụ tại Huế, Đồng Hới, Tuy Hòa, Diên Khánh và Mường Mán.

Hạ tầng số cần trở thành nền tảng vận hành các khu TOD thông minh, thông qua tích hợp dữ liệu giao thông, dân cư, đất đai, quy hoạch, năng lượng, môi trường và dịch vụ công. Trên cơ sở đó, có thể dự báo nhu cầu đi lại, điều phối giao thông gom khách, quản lý bãi đỗ xe, giám sát biến động đất đai quanh ga và hỗ trợ ra quyết định đầu tư. Các công nghệ như GIS, IoT, AI và bản sao số có thể được ứng dụng từng bước tại các khu TOD quy mô lớn.

Cơ chế khai thác quỹ đất quanh ga cần hướng tới điều tiết hợp lý giá trị gia tăng từ đất để tái đầu tư cho hạ tầng, giao thông công cộng, không gian công cộng và dịch vụ đô thị. Nhà nước cần kiểm soát quy hoạch, quỹ đất và tiến độ phát triển; đồng thời áp dụng các công cụ như đấu giá đất, đấu thầu dự án có sử dụng đất, phát triển quỹ đất hai bên ga và chia sẻ lợi ích giữa Nhà nước, nhà đầu tư và cộng đồng. Việc phát triển TOD phải tránh lệch sang bất động sản đơn thuần và cần gắn với mục tiêu hình thành chuỗi đô thị thông minh và bền vững dọc tuyến Bắc - Nam.

6. KẾT LUẬN

Việc tích hợp ĐSTĐC với mô hình TOD có thể trở thành động lực quan trọng để tái cấu trúc không gian đô thị và phát triển vùng tại Việt Nam. Tuyến ĐSTĐC Bắc - Nam không chỉ kết nối Hà Nội - TP.HCM mà còn mở ra cơ hội hình thành chuỗi cực tăng trưởng mới

dọc tuyến, đặc biệt tại các ga có tiềm năng TOD cao như Thanh Hóa, Vinh, Huế, Đà Nẵng, Diêu Trì, Diên Khánh, Long Thành và Thủ Thiêm.

Trong bối cảnh Nghị định số 269/2025/NĐ-CP tạo nền tảng pháp lý cho phát triển không gian đô thị gắn với đường sắt và khu TOD, cần chuyển từ tư duy phát triển quanh từng nhà ga sang tư duy phát triển theo hành lang. Mỗi ga ĐSTĐC cần được xác định đúng vai trò, phù hợp với điều kiện dân cư, quỹ đất, kinh tế và chức năng vùng.

Để mô hình ĐSTĐC - TOD - đô thị thông minh phát huy hiệu quả cần đồng bộ quy hoạch giao thông, sử dụng đất, kết nối liên phương thức, hạ tầng số và cơ chế khai thác giá trị gia tăng từ đất quanh ga. Đây là cơ sở quan trọng để hình thành các khu TOD dọc tuyến, góp phần phân bổ lại tăng trưởng, giảm áp lực lên các đô thị lớn và thúc đẩy phát triển đô thị thông minh, bền vững trên hành lang Bắc - Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nghị định số 269/2025/NĐ-CP ngày 14/10/2025 của Chính Phủ về phát triển không gian đô thị gắn với đường sắt và khu TOD.
- [2] Định hướng phát triển ĐSTĐC Việt Nam đến năm 2045. NXB. Giao thông vận tải, tr. 35-78, 2023.
- [3] Quy hoạch phát triển đô thị Việt Nam gắn với mô hình TOD. NXB. Xây dựng, tr. 52-110, 2022.
- [4] Nguyễn Hồng Tiến (chủ biên). Đô thị thông minh - Lý luận và thực tiễn phát triển tại Việt Nam. NXB. Xây dựng, tr. 120-165, 2021.
- [5] Nguyễn Văn Huy. Mô hình phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng và khả năng vận dụng tại Việt Nam. Tạp chí Quy hoạch Đô thị, số 41, tr. 23-30, 2020.
- [6] Phạm Sỹ Liêm. Phát triển bền vững đô thị Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số. NXB. Chính trị Quốc gia Sự thật, tr. 67-102, 2019.
- [7] World Bank. Smart Cities for Sustainable Development: Policies and Practices. Washington D.C., World Bank Publications, pp. 90-145, 2020.
- [8] Cervero, Robert. Transit-Oriented Development in the Global Context. Washington D.C., Island Press, pp. 45-92, 2013.

Nâng cao chất lượng dịch vụ vận tải hành khách bằng đường sắt đô thị tại Hà Nội từ kinh nghiệm quốc tế

Enhancing the service quality of urban rail passenger transport in Hanoi: Lessons from international experience

> **THS.NCS NGUYỄN THỊ TRANG^{1,*}, PGS.TS NGUYỄN THANH CHƯƠNG²**

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

²Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: nguyenthitrang@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và sự gia tăng phương tiện cá nhân tại các đô thị lớn, vận tải hành khách công cộng, đặc biệt là đường sắt đô thị giữ vai trò quan trọng trong giảm ùn tắc và phát triển bền vững. Tuy nhiên, hiệu quả hệ thống không chỉ phụ thuộc vào đầu tư hạ tầng mà còn chịu tác động quyết định bởi chất lượng dịch vụ. Bài báo phân tích cơ sở lý luận về chất lượng dịch vụ trong vận tải hành khách đường sắt đô thị, đồng thời tổng hợp kinh nghiệm từ một số thành phố tiêu biểu. Trên cơ sở đối chiếu với thực trạng tại Hà Nội, nghiên cứu chỉ ra các hạn chế về kết nối, tổ chức vận hành và trải nghiệm hành khách, từ đó đề xuất các bài học nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ theo hướng hiện đại, tích hợp và bền vững.

Từ khóa: Đường sắt đô thị; chất lượng dịch vụ; vận tải hành khách; kết nối giao thông; Hà Nội.

ABSTRACT

In the context of rapid urbanization and the increasing use of private vehicles in large cities, public passenger transport, particularly urban rail transit, plays a crucial role in reducing traffic congestion and promoting sustainable development. However, the effectiveness of urban rail systems depends not only on infrastructure investment but also significantly on service quality. This paper analyzes the theoretical foundations of service quality in urban rail passenger transport and reviews experiences from selected cities. Based on an assessment of the current situation in Hanoi, the study identifies key limitations related to system connectivity, operational organization and passenger experience. Accordingly, the paper proposes practical lessons to improve service quality in urban rail transit towards a modern, integrated and sustainable development approach.

Keywords: Urban rail transit; service quality; passenger transport; system connectivity; Hanoi.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường sắt đô thị là cấu phần quan trọng của hệ thống giao thông đô thị hiện đại, có khả năng vận chuyển khối lượng lớn hành khách với tốc độ cao và độ an toàn lớn. Trong bối cảnh ùn tắc giao thông và ô nhiễm môi trường gia tăng, phát triển đường sắt đô thị là giải pháp chiến lược nhằm hướng tới giao thông bền vững. Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy đầu tư hạ tầng mới chỉ là điều kiện cần, trong khi chất lượng dịch vụ mới là yếu tố quyết định hiệu quả khai thác. Chất lượng dịch vụ không chỉ bao gồm yếu tố kỹ thuật như độ đúng giờ và tần suất mà còn liên quan đến khả năng tiếp cận, kết nối và trải nghiệm hành khách. Tại Hà Nội, hệ thống đường sắt đô thị đang trong giai đoạn đầu phát triển, với mạng lưới chưa hoàn

chỉnh và mức độ sử dụng còn hạn chế. Do đó, việc nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế và vận dụng vào thực tiễn có ý nghĩa quan trọng nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ và hiệu quả khai thác. Việc phát triển đường sắt đô thị tại Hà Nội đã được định hướng trong Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 [1], đồng thời được tạo điều kiện thuận lợi bởi các cơ chế, chính sách đặc thù theo Luật Thủ đô năm 2024 [2] và Nghị quyết số 188/2025/QH15 của Quốc hội về phát triển hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị [3].

Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính, dựa trên tổng quan và hệ thống hóa tài liệu trong và ngoài nước về chất lượng dịch vụ đường sắt đô thị. Trên cơ sở đó, nghiên cứu phân tích,

đối chiếu kinh nghiệm của một số đô thị tiêu biểu (Tokyo, Seoul, Bangkok, Jakarta) với thực trạng tại Hà Nội để rút ra bài học và đề xuất giải pháp phù hợp. Dữ liệu sử dụng là dữ liệu thứ cấp, được tổng hợp từ các báo cáo, tài liệu đã được công bố.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

2.1. Khái niệm chất lượng dịch vụ trong đường sắt đô thị

Theo cách tiếp cận kinh điển của Parasuraman, Zeithaml và Berry (1988), chất lượng dịch vụ được xác định thông qua khoảng cách giữa kỳ vọng của khách hàng và cảm nhận thực tế sau khi sử dụng dịch vụ. Chất lượng dịch vụ đường sắt đô thị có thể được đo lường thông qua các nhóm yếu tố như độ tin cậy, sự thuận tiện, khả năng tiếp cận và mức độ hài lòng tổng thể của hành khách [4]. Các mô hình đánh giá chất lượng dịch vụ trong đường sắt đô thị có tính ổn định và có thể áp dụng ở nhiều bối cảnh khác nhau [5]. Cảm nhận của hành khách về chất lượng dịch vụ thường mang tính chủ quan và chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như kỳ vọng cá nhân, đặc điểm chuyến đi và điều kiện môi trường. Do đó, việc đánh giá và cải thiện chất lượng dịch vụ cần dựa trên cả dữ liệu vận hành khách quan và phản hồi từ người sử dụng [6].

2.2. Vai trò của kết nối trong chất lượng dịch vụ đường sắt đô thị

Một trong những đặc điểm quan trọng của hệ thống đường sắt đô thị là tính tuyến cố định, điều này khiến khả năng tiếp cận hệ thống trở thành yếu tố then chốt quyết định mức độ sử dụng. Các yếu tố môi trường xung quanh nhà ga như khả năng đi bộ, mật độ dân cư và hạ tầng kết nối có ảnh hưởng đáng kể đến việc hành khách lựa chọn sử dụng vận tải công cộng [7].

Khả năng tiếp cận là một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến lựa chọn phương tiện của hành khách [8]. Các yếu tố như khoảng cách đến nhà ga, đặc điểm hạ tầng và cảm nhận về an toàn có tác động đáng kể đến quyết định sử dụng vận tải công cộng. Điều này cho thấy chất lượng dịch vụ đường sắt đô thị không chỉ phụ thuộc vào vận hành nội bộ mà còn liên quan chặt chẽ đến điều kiện bên ngoài hệ thống [9]. Việc tích hợp giữa các phương thức vận tải là điều kiện tiên quyết để nâng cao hiệu quả hệ thống và chất lượng dịch vụ. Một hệ thống đường sắt đô thị chỉ có thể phát huy tối đa hiệu quả khi được đặt trong một mạng lưới vận tải liên thông, nơi các phương tiện hỗ trợ lẫn nhau thay vì hoạt động độc lập [10].

2.3. Kinh nghiệm nâng cao chất lượng dịch vụ tại một số thành phố trên thế giới

2.3.1. Cách tiếp cận nâng cao chất lượng dịch vụ trong hệ thống đường sắt đô thị

Mô hình đánh giá sự hài lòng của hành khách trong đường sắt đô thị có tính chuyển giao cao giữa các quốc gia, trong đó các yếu tố cốt lõi như đúng giờ, tần suất, tiện nghi và khả năng kết nối luôn đóng vai trò trung tâm. Điều này cho thấy việc nâng cao chất lượng dịch vụ cần được tiếp cận theo hướng hệ thống, thay vì cải thiện đơn lẻ từng yếu tố [5].

2.3.2. Tokyo - Chuẩn mực về độ tin cậy và hiệu quả vận hành

Các hệ thống vận tải tại Nhật Bản được tổ chức với mức độ chính xác cao, trong đó sai lệch thời gian được kiểm soát ở mức tối thiểu. Một yếu tố quan trọng khác là khả năng tổ chức luồng hành khách hiệu quả tại nhà ga và trên tàu, giúp giảm thiểu tình trạng ùn tắc và nâng cao trải nghiệm người dùng. Ngoài ra, hệ thống thông tin hành khách tại Tokyo được thiết kế trực quan, đa ngôn ngữ và

cập nhật theo thời gian thực, góp phần nâng cao tính tiện lợi và khả năng tiếp cận của dịch vụ. Từ góc độ chất lượng dịch vụ, độ tin cậy và sự thuận tiện là hai yếu tố có ảnh hưởng mạnh nhất đến ý định tiếp tục sử dụng dịch vụ đường sắt đô thị. Điều này lý giải vì sao hệ thống Tokyo duy trì được lượng hành khách rất lớn và ổn định trong thời gian dài [11].

2.3.3. Seoul - Ứng dụng công nghệ và nâng cao trải nghiệm hành khách

Seoul là một trong những đô thị tiêu biểu về ứng dụng công nghệ trong nâng cao chất lượng dịch vụ đường sắt đô thị. Hệ thống metro tại đây được tích hợp với các phương thức vận tải khác thông qua thẻ vé điện tử, giúp đơn giản hóa quá trình thanh toán và giảm thời gian giao dịch. Việc cung cấp thông tin đầy đủ và kịp thời là một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ vận tải công cộng [6]. Từ góc độ hành vi người dùng, sự thuận tiện và khả năng tiếp cận đóng vai trò quyết định trong lựa chọn phương tiện. Điều này giải thích vì sao việc tích hợp công nghệ và nâng cao trải nghiệm người dùng tại Seoul đã góp phần làm tăng đáng kể tỷ lệ sử dụng hệ thống đường sắt đô thị [8].

2.3.4. Bangkok và Jakarta - Bài học từ hạn chế kết nối và hiệu quả khai thác

Các đô thị đang phát triển như Bangkok và Jakarta cung cấp những bài học quan trọng về hạn chế trong phát triển hệ thống đường sắt đô thị. Mặc dù đã đầu tư lớn vào hạ tầng nhưng hiệu quả khai thác chưa đạt kỳ vọng do thiếu kết nối đồng bộ và hạn chế trong tổ chức dịch vụ. Nhiều dự án đường sắt đô thị trên thế giới gặp tình trạng chi phí vượt dự toán và nhu cầu hành khách thấp hơn dự kiến, nguyên nhân chủ yếu là do đánh giá chưa đầy đủ về hành vi người dùng và khả năng kết nối hệ thống [12]. Bên cạnh đó, các yếu tố môi trường xung quanh nhà ga, như khả năng đi bộ và tiếp cận có ảnh hưởng lớn đến việc sử dụng vận tải công cộng. Những hạn chế này cho thấy việc đầu tư đường sắt đô thị cần đi kèm với cải thiện chất lượng dịch vụ và tăng cường khả năng kết nối chặng đầu - chặng cuối, nhằm đảm bảo tính hấp dẫn và hiệu quả của hệ thống [7].

2.3.5. Nhận xét tổng hợp

Từ các phân tích ở trên có thể tổng hợp kinh nghiệm chính của quốc tế và khả năng vận dụng cho Hà Nội như sau:

Bảng 1. Tổng hợp những kinh nghiệm chính và khả năng vận dụng cho Hà Nội

Thành phố	Kinh nghiệm nổi bật	Khía cạnh chất lượng dịch vụ	Bài học cho Hà Nội
Tokyo	Độ đúng giờ, vận hành ổn định	Độ tin cậy, tần suất	Tối ưu lịch trình, nâng cao kỷ luật vận hành
Seoul	Vé điện tử, thông tin thời gian thực	Công nghệ, trải nghiệm hành khách	Tích hợp thanh toán và thông tin hành trình
Zurich/Copenhagen	Kết nối giao thông và TOD	Kết nối, tiếp cận, quy hoạch đô thị	Gắn metro với xe buýt, đi bộ, xe đạp và phát triển đô thị
Bangkok/Jakarta	Hạn chế do thiếu kết nối đồng bộ	Chặng đầu - chặng cuối	Tránh phát triển metro tách rời mạng lưới vận tải công cộng

Từ các kinh nghiệm quốc tế có thể rút ra một số kết luận quan trọng:

- Chất lượng dịch vụ đường sắt đô thị phụ thuộc mạnh vào độ tin cậy, tần suất và trải nghiệm hành khách;
- Ứng dụng công nghệ đóng vai trò then chốt trong nâng cao tiện ích dịch vụ;
- Kết nối và khả năng tiếp cận là yếu tố quyết định mức độ sử dụng;
- Việc phát triển hệ thống cần gắn với hành vi người dùng và quy hoạch đô thị.

3. THỰC TRẠNG CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ TẠI HÀ NỘI

3.1. Tổng quan hệ thống

Trong những gần đây, Hà Nội đã từng bước triển khai hệ thống đường sắt đô thị nhằm giải quyết tình trạng ùn tắc giao thông và hướng tới phát triển hệ thống vận tải hành khách công cộng hiện đại. Đến nay, tuyến đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông (tuyến số 2A) là tuyến đầu tiên đã chính thức đi vào vận hành thương mại từ ngày 06/11/2021. Tuyến có chiều dài 13,05 km, gồm 12 nhà ga trên cao, kết nối khu vực trung tâm thành phố với khu vực phía Tây Nam [13]. Tuyến sử dụng đoàn tàu điện với tốc độ thiết kế khoảng 80 km/h, tốc độ khai thác trung bình khoảng 35 km/h và có khả năng vận chuyển khối lượng lớn hành khách trong giờ cao điểm. Theo số liệu công bố của Hanoi Metro, trong giai đoạn vận hành ban đầu, số lượng hành khách trung bình của tuyến đạt khoảng 30.000 - 40.000 lượt hành khách/ngày, có thời điểm cao hơn vào các ngày cuối tuần hoặc dịp lễ. Bên cạnh đó, tuyến Nhổn - Ga Hà Nội (tuyến số 3) có tổng chiều dài khoảng 12,5 km, trong đó đoạn trên cao dài 8,5 km với 8 nhà ga đã được đưa vào vận hành thương mại từ tháng 8/2024, còn đoạn đi ngầm dài khoảng 4 km vẫn đang tiếp tục thi công [14].

Về tổng thể, hệ thống đường sắt đô thị tại Hà Nội được đầu tư theo tiêu chuẩn kỹ thuật tương đối hiện đại, bao gồm hệ thống điều khiển tín hiệu, đoàn tàu điện và hạ tầng chuyên dụng. Các yếu tố về an toàn và khả năng vận chuyển cơ bản đáp ứng yêu cầu của một hệ thống vận tải công cộng khối lượng lớn. Tuy nhiên, do mới ở giai đoạn đầu phát triển, hệ thống vẫn đang trong quá trình hoàn thiện cả về quy mô mạng lưới lẫn hiệu quả vận hành. Trong bối cảnh thói quen sử dụng phương tiện cá nhân vẫn phổ biến tại Hà Nội, việc hệ thống đường sắt đô thị chưa đạt được số lượng hành khách như kỳ vọng cho thấy còn tồn tại khoảng cách giữa năng lực kỹ thuật và hiệu quả sử dụng thực tế.

3.2. Những hạn chế trong chất lượng dịch vụ

3.2.1. Hạn chế về kết nối chặng đầu - chặng cuối

Một trong những hạn chế lớn nhất hiện nay của hệ thống đường sắt đô thị tại Hà Nội là khả năng kết nối chặng đầu, chặng cuối còn yếu, chưa đáp ứng được nhu cầu đi lại thực tế của người dân. Hệ thống xe buýt kết nối chưa được tổ chức đồng bộ về lộ trình, tần suất và vị trí dừng đỗ, dẫn đến việc chuyển tiếp giữa các phương thức vận tải còn bất tiện và mất thời gian. Điều này làm giảm đáng kể tính hấp dẫn của hệ thống đường sắt đô thị, đặc biệt đối với các chuyến đi ngắn hoặc hành trình có nhiều điểm trung chuyển. Ngoài ra, hạ tầng hỗ trợ tiếp cận như vỉa hè, lối đi bộ, cầu vượt, bãi đỗ xe cá nhân tại khu vực nhà ga còn hạn chế, chưa được quy hoạch đồng bộ. Nhiều khu vực xung quanh nhà ga chưa đảm bảo điều kiện thuận lợi cho người đi bộ, gây khó khăn cho hành khách, đặc biệt là người cao tuổi, trẻ em hoặc người khuyết tật.

3.2.2. Hạ tầng phụ trợ chưa đồng bộ

Bên cạnh hạn chế về kết nối, hệ thống hạ tầng phụ trợ phục vụ hành khách tại các nhà ga đường sắt đô thị còn chưa được đầu

tư đầy đủ và đồng bộ. Cụ thể, nhiều nhà ga chưa có hệ thống bãi đỗ xe đủ quy mô, gây khó khăn cho hành khách có nhu cầu gửi xe để sử dụng tàu điện. Không gian dành cho người đi bộ tại khu vực xung quanh nhà ga còn hạn chế, thiếu sự liên thông và chưa đảm bảo tính an toàn. Ngoài ra, hệ thống chỉ dẫn, thông tin tại nhà ga tuy đã được triển khai nhưng vẫn còn thiếu tính trực quan, chưa thật sự thân thiện với người sử dụng, đặc biệt là người lần đầu tiếp cận dịch vụ. Các tiện ích hỗ trợ khác như khu vực chờ, dịch vụ thương mại, vệ sinh công cộng cũng chưa phát triển đầy đủ, dẫn đến trải nghiệm của hành khách chưa được nâng cao.

3.2.3. Thiếu tích hợp về vé và thông tin hành khách

Một hạn chế khác của hệ thống đường sắt đô thị tại Hà Nội là việc chưa có sự tích hợp hiệu quả về hệ thống vé và thông tin hành khách. Hiện nay, việc sử dụng vé tàu điện vẫn mang tính độc lập, chưa liên thông với các phương thức vận tải công cộng khác như xe buýt. Điều này khiến hành khách phải thực hiện nhiều thao tác thanh toán khác nhau trong cùng một hành trình, làm giảm tính thuận tiện và gia tăng thời gian di chuyển. Bên cạnh đó, hệ thống cung cấp thông tin cho hành khách chưa thật sự hoàn thiện. Thông tin về lịch trình, tần suất, kết nối tuyến và các phương án di chuyển thay thế chưa được tích hợp đầy đủ trên một nền tảng thống nhất. Việc thiếu các công cụ hỗ trợ như ứng dụng di động hoặc hệ thống thông tin thời gian thực khiến hành khách gặp khó khăn trong việc lập kế hoạch di chuyển.

3.3. Thách thức trong thu hút hành khách

Một trong những thách thức lớn nhất đối với hệ thống đường sắt đô thị tại Hà Nội là khả năng thu hút hành khách chuyển đổi từ phương tiện cá nhân sang vận tải công cộng. So với phương tiện cá nhân, đường sắt đô thị hiện nay chưa tạo được lợi thế rõ rệt về tổng thời gian di chuyển, đặc biệt khi tính đến thời gian tiếp cận nhà ga và chuyển tuyến. Bên cạnh đó, tâm lý người dân cũng là một yếu tố ảnh hưởng đáng kể. Do hệ thống đường sắt đô thị còn mới, nhiều người chưa quen với việc sử dụng hoặc chưa có đủ thông tin để tin tưởng vào tính ổn định và hiệu quả của dịch vụ. Tuy nhiên, chất lượng dịch vụ vẫn còn nhiều hạn chế, tập trung chủ yếu ở 3 khía cạnh: Khả năng kết nối chặng đầu - chặng cuối, sự thiếu đồng bộ của hạ tầng phụ trợ và mức độ tích hợp dịch vụ còn thấp.

3.4. Bài học kinh nghiệm cho Hà Nội

3.4.1. Nâng cao độ tin cậy và tần suất vận hành

Trong bối cảnh Hà Nội, việc đảm bảo các chuyến tàu hoạt động đúng giờ, ổn định và có tần suất phù hợp sẽ góp phần nâng cao niềm tin của hành khách đối với hệ thống. Hiện nay, mặc dù tuyến Cát Linh - Hà Đông đã vận hành tương đối ổn định, nhưng để nâng cao sức hấp dẫn cần tiếp tục tối ưu hóa lịch trình chạy tàu, rút ngắn thời gian giãn cách giữa các chuyến trong giờ cao điểm và đảm bảo tính nhất quán trong vận hành. Việc giảm thiểu các sự cố kỹ thuật, tăng cường công tác bảo trì, bảo dưỡng định kỳ và ứng dụng các giải pháp quản lý vận hành hiện đại là những yêu cầu cần thiết.

3.4.2. Tăng cường kết nối hệ thống

Một trong những bài học quan trọng nhất đối với Hà Nội là cần nâng cao khả năng kết nối giữa đường sắt đô thị với các phương thức vận tải khác. Trước hết, cần tổ chức lại mạng lưới xe buýt theo hướng đóng vai trò trung chuyển cho các tuyến đường sắt đô thị, đảm bảo hành khách có thể dễ dàng tiếp cận nhà ga từ các khu dân cư. Đồng thời, cần đầu tư hệ thống bãi đỗ xe tại các nhà ga theo mô hình "Park & Ride" nhằm khuyến khích người dân sử dụng kết hợp giữa phương tiện cá nhân và vận tải công cộng. Ngoài ra, việc cải thiện hạ tầng đi bộ như vỉa hè, lối sang đường, cầu vượt và các tuyến

kết nối an toàn đến nhà ga cũng là yếu tố quan trọng.

3.4.3. Ứng dụng công nghệ số trong quản lý và cung cấp dịch vụ
Hà Nội cần đẩy mạnh triển khai các giải pháp công nghệ nhằm nâng cao hiệu quả vận hành và cải thiện trải nghiệm hành khách. Trước hết, cần xây dựng hệ thống vé điện tử tích hợp, cho phép hành khách sử dụng một phương tiện thanh toán duy nhất cho nhiều loại hình vận tải công cộng. Điều này không chỉ giúp đơn giản hóa quá trình sử dụng dịch vụ mà còn tạo thuận lợi trong việc quản lý và khai thác dữ liệu. Bên cạnh đó, việc phát triển các ứng dụng di động cung cấp thông tin thời gian thực về lịch trình, tình trạng vận hành và hướng dẫn lộ trình sẽ giúp hành khách dễ dàng tiếp cận và sử dụng hệ thống.

3.4.4. Cải thiện trải nghiệm hành khách

Việc cải thiện trải nghiệm người dùng cần được xem là một trong những ưu tiên hàng đầu trong phát triển hệ thống đường sắt đô thị tại Hà Nội.

Các yếu tố cần được chú trọng bao gồm: Sự tiện nghi trên tàu, không gian tại nhà ga, hệ thống chỉ dẫn rõ ràng, an ninh - an toàn và thái độ phục vụ của nhân viên. Bên cạnh đó, cần tăng cường công tác truyền thông nhằm nâng cao nhận thức của người dân về lợi ích của việc sử dụng vận tải công cộng, đồng thời hướng dẫn hành khách cách sử dụng dịch vụ một cách hiệu quả.

3.4.5. Phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD)

Một trong những định hướng quan trọng trong phát triển hệ thống đường sắt đô thị là gắn kết với quy hoạch đô thị theo mô hình phát triển định hướng giao thông công cộng (Transit-Oriented Development - TOD). Mô hình này tập trung phát triển các khu dân cư, thương mại và dịch vụ xung quanh các nhà ga, qua đó tăng mật độ hành khách và nâng cao hiệu quả khai thác hệ thống. Đối với Hà Nội, việc triển khai TOD cần được thực hiện đồng bộ với quy hoạch sử dụng đất và phát triển hạ tầng đô thị. Ngoài ra, việc kiểm soát phát triển phương tiện cá nhân tại các khu vực trung tâm, kết hợp với phát triển vận tải công cộng sẽ góp phần định hướng lại hành vi đi lại của người dân theo hướng bền vững hơn.

4. KẾT LUẬN

Chất lượng dịch vụ là yếu tố then chốt quyết định sự thành công của hệ thống đường sắt đô thị. Thực tiễn triển khai tại Hà Nội cho thấy, mặc dù đã đạt được những bước tiến quan trọng về đầu tư hạ tầng và vận hành ban đầu, nhưng hệ thống vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế liên quan đến kết nối, tổ chức dịch vụ và trải nghiệm hành khách. Đối với Hà Nội, trong bối cảnh hệ thống đường sắt đô thị đang trong giai đoạn đầu phát triển, việc nâng cao chất lượng dịch vụ không chỉ là yêu cầu cấp thiết mà còn là điều kiện tiên quyết để hệ thống thật sự trở thành trụ cột của vận tải hành khách công cộng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 519/QĐ-TTg ngày 31/3/2016 về việc phê duyệt Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, Hà Nội, 2016.
- [2] Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam. Luật Thủ đô. Luật số 39/2024/QH15, ngày 28/6/2024.
- [3] Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam. Nghị quyết số 188/2025/QH15 ngày 19/02/2025 về thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù, đặc biệt để phát triển hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị tại TP Hà Nội, TP Hồ Chí Minh.
- [4] C. Y. P. Chan, K. S. Chin, C. Chan, and K. L. Tsui. An analysis of passengers' ride needs of urban rail transit services: Application of quality function deployment, 2019. Internet: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/241971/1/1697308139.pdf>.

[5] J. De Oña and R. De Oña. Customer satisfaction in urban rail: A study on transferability of satisfaction models. *Public Transport*, vol. 12, pp. 335-357, 2020, doi: 10.1007/s12469-019-00223-y.

[6] L. Dell'Olio, Á. Ibeas and P. Cecín. The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, vol. 18, no. 1, pp. 217-227, 2011, doi: 10.1016/j.tranpol.2010.08.005.

[7] R. J. Schneider. Local environment characteristics associated with walking and taking transit to shopping districts. *Journal of Transport and Land Use*, vol. 8, no. 2, pp. 95-113, 2015, doi: 10.5198/jtlu.2015.666.

[8] S. Kim and G. F. Ulfarsson. Travel mode choice of the elderly: Effects of personal, household, neighborhood and trip characteristics. *Transportation Research Record*, no. 1894, pp. 117-126, 2004, doi: 10.3141/1894-13.

[9] J. B. Ingvarsson and O. A. Nielsen. The influence of vicinity to stations, station characteristics and perceived safety on public transport mode choice: A case study from Copenhagen. *Public Transport*, vol. 14, pp. 109-136, 2022, doi: 10.1007/s12469-021-00285-x.

[10] M. Givoni and D. Banister, *Integrated transport: From policy to practice*. Routledge, 2010, doi: 10.4324/9780203850886.

[11] W. Shen, W. Xiao, and X. Wang. Passenger satisfaction evaluation model for urban rail transit: A structural equation modeling based on partial least squares. *Transport Policy*, vol. 46, pp. 20-31, 2016, doi: 10.1016/j.tranpol.2015.10.006.

[12] B. Flyvbjerg. Cost overruns and demand shortfalls in urban rail and other infrastructure, 2013. Internet: <https://arxiv.org/abs/1303.7402>.

[13] Công ty TNHH MTV Đường sắt Hà Nội (Hanoi Metro). Báo cáo kết quả vận hành tuyến đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông, Hà Nội, 2022.

[14] Ban Quản lý Đường sắt đô thị Hà Nội (MRB). Báo cáo tiến độ thực hiện dự án tuyến đường sắt đô thị thí điểm thành phố Hà Nội, đoạn Nhổn - Ga Hà Nội, Hà Nội, 2023.

Sự phân bố lớp đất yếu ảnh hưởng đến vùng biến dạng dẻo và tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên dưới nền đường đắp

The distribution of weak soil layers affects the plastic deformation zone and the limit load of the natural soil under the embankment

>TS NGUYỄN MINH KHOA^{1,*}, TS ĐỖ MINH NGỌC¹, THS NGÔ MINH ĐỨC²

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

²Thanh tra TP Hải Phòng

*Email: minhkhoea.nguyen@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Dùng phương pháp sai phân hữu hạn và phần mềm Matlab để giải bài toán phẳng trạng thái ứng suất giới hạn trong nền đất tự nhiên 3 lớp dưới tác dụng của tải trọng nền đường đắp với giả thiết mới về điều kiện nền đất ổn định, kết hợp với một số tính chất cơ học của đất và tải trọng ngoài, đưa ra kết quả tin cậy cao. Có thể dùng bài toán này để khảo sát ảnh hưởng của sự phân bố của lớp đất yếu đến vùng biến dạng dẻo và tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên. Kết quả cho thấy trạng thái ứng suất giới hạn của nền đất tự nhiên không chỉ phụ thuộc vào tải trọng ngoài mà còn phụ thuộc và vị trí phân bố lớp đất khác nhau: Vùng biến dạng dẻo phát triển rộng trong lớp đất yếu, chiều rộng hơn tải trọng nền đắp và có biên tiếp giáp với mặt thoáng nền đất; nếu lớp đất trên cùng có chiều dày lớn hơn 0,75 - 1,75 chiều rộng nền đường, có thể coi nền đất thiên nhiên là đồng nhất với các đặc tính của lớp đất trên cùng để tính tải trọng giới hạn.

Từ khóa: Tải trọng giới hạn; nền đất tự nhiên 3 lớp; ảnh hưởng của lớp đất yếu; ứng suất tiếp lớn nhất đạt giá trị nhỏ nhất.

ABSTRACT

Using the finite difference method and Matlab software to solve the limit stress state problem in a three-layer natural soil under embankment loads, with new assumptions about soil stability conditions combined with mechanical properties and external loads, highly reliable results are obtained. The problem effectively investigates the influence of weak soil layer distribution on the plastic deformation zone and limit load. Results show that the limit stress state depends not only on external load but also on the location of soil layers. The plastic deformation zone develops widely in weak layers, exceeding the embankment width and extending to the free soil surface. If the top layer thickness exceeds 0.75 - 1.75 times the embankment width, the natural soil foundation can be considered homogeneous with top layer characteristics for limit load calculation.

Keywords: Limit load; 3-layer natural soil; influence of weak soil layer; maximum shear stress reaches minimum value.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các công trình xây dựng đều truyền tải trọng thông qua móng và sức chịu tải của nền đất đảm bảo cho công trình ổn định. Tải trọng giới hạn là một đặc trưng cho sức chịu tải của nền đất, nó không những phụ thuộc vào tính chất địa kỹ thuật của nền đất mà còn phụ thuộc vào đặc điểm của công trình, của móng và các giải pháp nâng cao sức chịu tải.

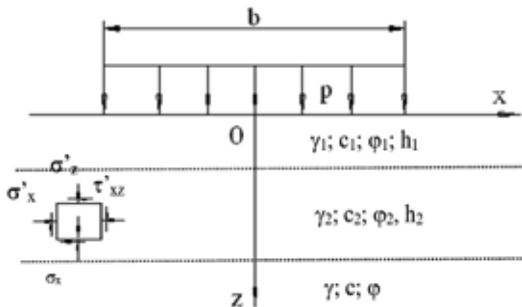
Các tiêu chuẩn đưa ra yêu cầu đầu tiên là phải ổn định khi xây dựng nền đắp trên nền đất yếu [3, 8]. Để tính toán ổn định cường độ, có thể dựa vào việc kiểm soát vùng biến dạng dẻo trong nền đất yếu hoặc phương pháp mặt trượt giả định, như phương pháp Bishop với mặt trượt trụ tròn cắt sâu xuống vùng đất yếu [8]. Theo lý thuyết cân bằng giới hạn, điển hình L.Prandtl khi xác định tải trọng giới hạn đã giả thiết tất cả các điểm trong nền đất đều bị biến

dạng dều, tiếp theo có nhiều phương pháp khác xác định tải trọng giới hạn dựa trên các dạng mặt trượt của phương pháp này [3, 4, 5]. L.K.lugenxon đã đưa ra công thức tính tải trọng giới hạn khi lớp đất yếu tương đối mỏng, giả thiết khi phá hoại không hình thành mặt trượt được mà biến dạng dẻo sẽ bao trùm toàn bộ bề dày đất yếu trong phạm vi dưới nền đắp và đất yếu sẽ bị ép đẩy trôi ra hai bên [3]. Một số nghiên cứu giả thiết nền đất tự nhiên ổn định theo điều kiện ứng suất tiếp lớn nhất đạt giá trị nhỏ nhất [1]. Bằng cách này sẽ xét được trọng lượng bản thân để xác định trạng thái ứng suất, vùng biến dạng dẻo hữu hạn ở trạng thái giới hạn. Kết quả khá phù hợp như nghiên cứu nền đất tự nhiên đồng nhất hoặc 2 lớp chịu tải trọng móng cứng hoặc tải trọng móng mềm [1, 2]. Nhưng các nghiên cứu này còn ít, chưa thể khảo sát được ảnh hưởng của lớp đất yếu trong nền đất tự nhiên nhiều lớp mà đây là trường hợp thường gặp trong thực tế. Chính vì vậy, trong bài báo này sẽ nghiên cứu xây dựng và giải bài toán trạng thái ứng suất giới hạn của nền đất tự nhiên gồm nhiều lớp chịu tải trọng là móng mềm, từ đó đánh giá vùng biến dạng dẻo, tải trọng giới hạn khi xét đến vị trí và chiều dày của lớp đất yếu trong nền đất tự nhiên, làm cơ sở thiết kế nền đường đắp và giải pháp chống mất ổn định trượt trôi.

2. BÀI TOÁN TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT GIỚI HẠN

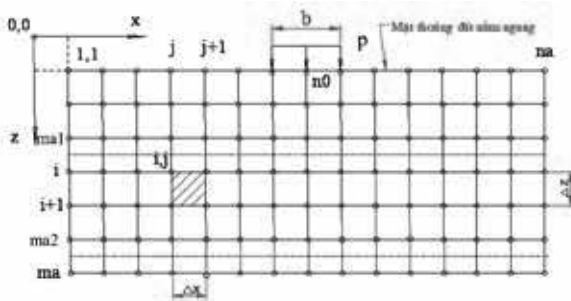
2.1. Sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn

Xét bài toán nền đất tự nhiên gồm 3 lớp với lớp ở phía trên có có trọng lượng thể tích γ_1 (kN/m³), lực dính đơn vị c_1 (kPa), góc ma sát trong φ_1 (°) và chiều dày h_1 (m); tương tự lớp đất ở giữa có γ_2 (kN/m³), c_2 (kPa), φ_2 (°) và h_2 ; lớp đất ở phía dưới có γ (kN/m³), c (kPa) và φ (°) (giả định chiều dày vô hạn). Tải trọng của nền đường đắp là tải trọng hình băng có cường độ bằng trọng lượng cột đất bên trên p (kPa) và chiều rộng là khoảng cách giữa 2 điểm giữa của mái dốc b (m). Các ứng suất hữu hiệu gắn với hệ tọa độ xOz là σ'_x , σ'_z và τ'_{xz} [5, 6] (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ tính toán

Dùng phương pháp sai phân hữu hạn để giải bài toán phẳng trạng thái ứng suất giới hạn theo định lý giới hạn dưới với giả thiết nền đất tự nhiên ổn định theo điều kiện ứng suất tiếp lớn nhất đạt giá trị nhỏ nhất kết hợp với một số điều kiện khác (gọi tắt là bài toán) [1, 2]. Khối đất được chia thành sơ đồ lưới sai phân hữu hạn (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ lưới sai phân hữu hạn

Trong Hình 2: n_0 và m_0 là kích thước của lưới sai phân hữu hạn theo phương trục x và z ; Δx và Δz - kích thước của ô lưới; m_1 và m_2 là hàng lưới sai phân xác định lớp đất trên cùng và lớp đất ở giữa; n_0 - điểm giữa của lưới ở mặt thoáng, với $n_0 = (1 + n_0)/2$; i và j - vị trí hàng i và cột j của nút trong lưới sai phân. Có thể chọn $\Delta x = \Delta z = 1$ m, $n_0 = 25$ và $m_0 = 13$ để tính toán [1, 2]. Tại các điểm nút (i, j) có các thành phần ứng suất $\sigma'_x(i, j)$, $\sigma'_z(i, j)$, $\tau'_{xz}(i, j)$. Sơ đồ lưới sai phân chọn sao cho ứng suất của các nút trong khối đất cũng như trên biên đều nằm trong các phương trình cân bằng và hàm mục tiêu:

- Hàm mục tiêu viết cho mỗi nút lưới:

$$Z \approx \sum_i \sum_j \frac{1}{G(i, j)} \left[\left(\frac{\sigma'_x(i, j) - \sigma'_z(i, j)}{2} \right)^2 + \tau'^2_{xz}(i, j) \right] \Delta x \Delta z + \sum_i \sum_j \frac{1}{G(i, j)} \left[\sqrt{\left(\frac{\sigma'_x(i, j) - \sigma'_z(i, j)}{2} \right)^2 + \tau'^2_{xz}(i, j)} \dots \right]^2 \Delta x \Delta z - p \rightarrow \min \quad (1)$$

Với $G(i, j)$ là mô-đun trượt của đất tại các nút lưới. Các bài toán sau chọn G là hằng số.

- Hàm mục tiêu cần thỏa mãn 4 ràng buộc sau:

1 - Hệ phương trình có được từ cực tiểu lượng cưỡng bức theo phương pháp nguyên lý cực trị Gauss [2], viết cho điểm giữa của ô lưới sai phân.

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\left(\frac{\sigma'_x(i+1, j+1) - \sigma'_z(i+1, j+1)}{2} \right) + \left(\frac{\sigma'_x(i+1, j) - \sigma'_z(i+1, j)}{2} \right) \dots}{\left(\frac{\sigma'_x(i, j+1) - \sigma'_z(i, j+1)}{2} \right) + \left(\frac{\sigma'_x(i, j) - \sigma'_z(i, j)}{2} \right)} \right) \frac{1}{\Delta z} \Delta x \Delta z \dots \\ & + \left(\frac{\tau'_{xz}(i+1, j+1) + \tau'_{xz}(i, j+1)}{2} - \frac{\tau'_{xz}(i+1, j) + \tau'_{xz}(i, j)}{2} \right) \frac{1}{\Delta x} \Delta x \Delta z = 0 \\ & \left(\frac{\left(\frac{\sigma'_x(i+1, j+1) - \sigma'_z(i+1, j+1)}{2} \right) + \left(\frac{\sigma'_x(i+1, j) - \sigma'_z(i+1, j)}{2} \right) \dots}{\left(\frac{\sigma'_x(i, j+1) - \sigma'_z(i, j+1)}{2} \right) + \left(\frac{\sigma'_x(i, j) - \sigma'_z(i, j)}{2} \right)} \right) \frac{1}{\Delta x} \Delta x \Delta z \dots \\ & + \left(\frac{\tau'_{xz}(i+1, j+1) + \tau'_{xz}(i, j+1)}{2} - \frac{\tau'_{xz}(i+1, j) + \tau'_{xz}(i, j)}{2} \right) \frac{1}{\Delta z} \Delta x \Delta z = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Với nền đất tự nhiên có mặt thoáng nằm ngang thì áp lực nghỉ $k_0 = 1,0$. Do đó, lớp đất ở trên cùng: $\sigma'_0 = \gamma_1 (i-1) \Delta z$; lớp đất ở giữa: $\sigma'_0 = \gamma_1 (m_{a1}-1) \Delta z + \gamma_2 (i-m_{a1}) \Delta z$; lớp đất ở dưới cùng: $\sigma'_0 = \gamma_1 (m_{a1}-1) \Delta z + \gamma_2 (m_{a2}-m_{a1}) \Delta z + \gamma (i-m_{a2}) \Delta z$.

2 - Đất là vật liệu không chịu kéo, tại mỗi điểm nút lưới: $\sigma'_x(i, j) \geq 0$ và $\sigma'_z(i, j) \geq 0$

3 - Trạng thái của đất thỏa mãn điều kiện bền Mohr - Coulomb [4, 5], viết cho mỗi điểm nút:

$$f(k)(i, j) = \sqrt{\left(\frac{\sigma'_x(i, j) - \sigma'_z(i, j)}{2} \right)^2 + \tau'^2_{xz}(i, j)} - \frac{\sigma'_x(i, j) + \sigma'_z(i, j)}{2} \sin \varphi(i, j) - c(i, j) \cos \varphi(i, j) \leq 0 \quad (3)$$

4 - Điều kiện biên của bài toán:

+ Điều kiện biên tại mặt thoáng ($m_0 = 1$), với các nút không chịu tác dụng của tải trọng: $\sigma'_x(i, j) = 0$; $\tau'_{xz}(i, j) = 0$, còn các nút chịu tác dụng của tải trọng nền đường đắp: $\tau'_{xz}(i, j) = 0$; $\sigma'_z(i, j) = p$

+ Điều kiện biên dưới và hai bên khối đất: Nhận thấy, khi ở xa điểm đặt lực thì các ứng suất tại các nút liên kế theo phương đứng và phương ngang xấp xỉ bằng nhau. Vì thế, điều kiện biên dưới và hai bên khối đất được viết: $(\sigma'_x(i, j) - \sigma'_x(i+1, j))^2 \rightarrow \min$ và $(\sigma'_z(i, j) - \sigma'_z(i+1, j))^2 \rightarrow \min$.

Ngoài các ứng suất tại mặt thoáng nói trên, các ứng suất còn lại tại các nút là chưa biết. Các ứng suất chưa biết này là các ẩn số được đưa vào hàm mục tiêu và các ràng buộc. Tải trọng nền đường đắp p ứng với giá trị lớn nhất để nền đất ở trạng thái giới hạn cũng là ẩn số của bài toán, giá trị $p = \sigma'_z(i, j)$ tìm được này là tải trọng giới hạn hay sức chịu tải của nền đất tự nhiên, ký hiệu p_{gh} (kPa).

Như vậy, bài toán xác định trạng thái ứng suất trong đất theo phương pháp sai phân hữu hạn là tìm cực tiểu của hàm mục tiêu (1) thỏa mãn các điều kiện ràng buộc (2), các điều kiện đất là vật liệu không chịu kéo, điều kiện bên Mohr - Coulomb và điều kiện biên của khối đất.

Bài toán này có thể sử dụng các phương pháp giải toán quy hoạch phi tuyến khác nhau. Về mặt toán học, khi mà hàm mục tiêu là hàm lồi và điều kiện ràng buộc cũng lồi thì bài toán có nghiệm duy nhất. Thuật toán quy hoạch phi tuyến phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây, một số đã có sẵn thành các chương trình tính trong các phần mềm toán học. Ở đây, đặc biệt sử dụng hàm fmincon(...) có trong phần mềm Matlab [7] để giải.

Bài toán chúng tôi có nghiệm duy nhất, xác định được trạng thái ứng suất giới hạn và từ điều kiện Mohr - Coulomb, tính $f(k)$ tại từng điểm theo công thức (3), sau đó nối các điểm có cùng giá trị $f(k)$ gọi là đường đẳng bên. Khi $f(k) = 0$ thì đất đã bị biến dạng dẻo. Vùng biến dạng dẻo là tập hợp các điểm bị biến dạng dẻo, có chiều rộng nhất b_d (m).

2.2. Đánh giá bài toán

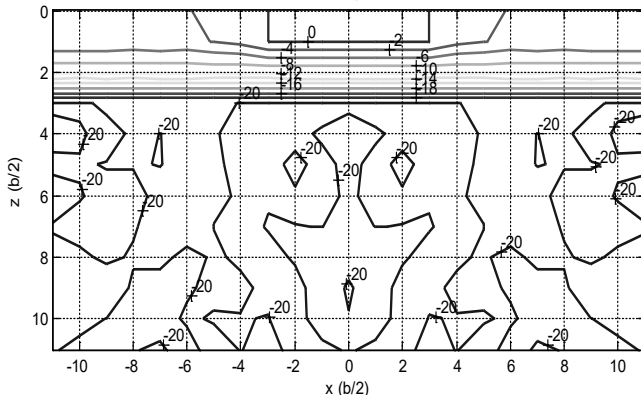
Trường hợp móng cứng nằm ngang và đáy trơn nhẵn thì lời giải giải tích theo lý thuyết cân bằng giới hạn (L. Prandtl, 1920) và các phương pháp mặt trượt cho nền đất đồng nhất trong bài toán phẳng, ta thấy nếu $\gamma = 0$ (hoặc $b = 0$) và không có tải trọng bên thì p_{gh}/c phụ thuộc vào ϕ . Do đó, xét nền đất tự nhiên đồng nhất (coi $\gamma = 0$) cho ϕ lần lượt bằng 0; 5°; 10°; 15°; 20° để xác định tải trọng giới hạn đường thẳng. Sau đó, so sánh kết quả này với một số nghiên cứu điển hình [4, 5, 6], cho p_{gh}/c tương đối bằng nhau theo ϕ , chỉ có phương pháp của K. Terzaghi cao hơn các phương pháp còn lại. Cụ thể, kết quả của bài toán sai lệch (+1,04 ÷ -14,36%) so với của V. V. Sokolovski, Vesic, P. D. Ebdokimov, TCVN 4253; sai lệch (-8,52 ÷ -28,21%) so với của K. Terzaghi; sai lệch -15,89 % so với của V. G. Berezansev ở $\phi = 20^\circ$; ϕ càng lớn thì P_{gh}/c của bài toán càng nhỏ hơn các nghiên cứu khác. Mặc dù kết quả vẫn có sự sai lệch nhỏ những vẫn có thể dùng bài toán này để nghiên cứu nền đất tự nhiên và khảo sát ảnh hưởng của lớp đất yếu.

3. KHẢO SÁT SỐ BÀI TOÁN TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT GIỚI HẠN

3.1. Đường đẳng bên và vùng biến dạng dẻo

- Bài toán 1: Xét nền đường đắp có chiều rộng b , nền đất tự nhiên 3 lớp (Hình 1), với lớp đất ở phía trên cùng có $c_1 = 5$ kPa, $\phi_1 = 0$, $\gamma_1 = 5$ kN/m³ và $h_1 = 0,75b$; lớp đất ở giữa có $c_2 = 15$ kPa, $\phi_2 = 0$, $\gamma_2 = 10$ kN/m³ và $h_2 = 0,5b$; lớp đất ở dưới cùng có $c = 40$ kPa, $\phi = 0$, $\gamma = 17$ kN/m³.

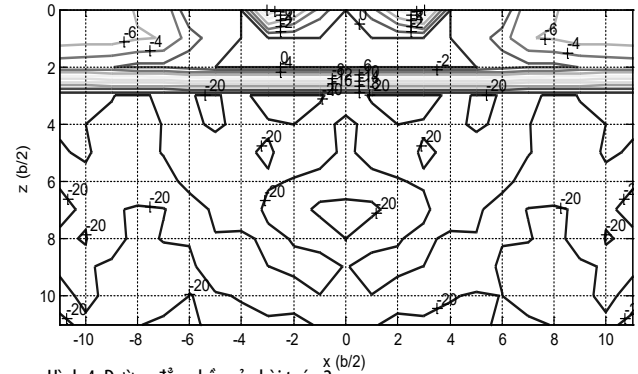
Kết quả được tải trọng giới hạn, $p_{gh} = 26,1674$ kPa, đường đẳng bên $f(k)$ và vùng biến dạng dẻo có $b_d = 3b$ (Hình 3).



Hình 3. Đường đẳng bên của bài toán 1

- Bài toán 2: Gần tương tự bài toán 2, nhưng ở đây cho: $c_1 = 15$ kPa, $\phi_1 = 0$, $\gamma_1 = 10$ kN/m³ và $h_1 = 0,75b$; $c_2 = 5$ kPa, $\phi_2 = 0$, $\gamma_2 = 5$ kN/m³ và $h_2 = 0,5b$; $c = 40$ kPa, $\phi = 0$, $\gamma = 17$ kN/m³.

Kết quả được tải trọng giới hạn, $p_{gh} = 56,3725$ kPa, đường đẳng bên $f(k)$ và vùng biến dạng dẻo có $b_d = 5b$ (Hình 4).



Hình 4. Đường đẳng bên của bài toán 2

Nhận xét từ kết quả của Bài toán 1 và 2:

- Sự thay đổi đáng kể của trạng thái ứng suất giới hạn và vùng biến dạng dẻo khi thay đổi vị trí của các lớp đất; vùng biến dạng dẻo phát triển rộng trong lớp đất có lực dính đơn vị nhỏ và vùng biến dạng dẻo này có chiều rộng lớn hơn tải trọng nền đắp, có biên tiếp giáp với mặt thoáng nền đất tự nhiên (Hình 3, Hình 4). Ngay dưới tải trọng nền đường đắp, với mô tả là móng mềm không hình thành "lõi đất".

- Khi thay đổi vị trí hai lớp đất bên trên cho thấy khi lớp đất có lực dính đơn vị c và trọng lượng thể tích γ lớn ở trên cùng thì chiều rộng vùng biến dạng tăng từ $3b$ lên $5b$ và tải trọng giới hạn tăng thêm 115,43%.

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của lớp đất yếu

3.2.1. Vị trí lớp đất yếu phân bố trong nền đất tự nhiên

- Bài toán 3: Xét nền đất tự nhiên, không xét góc ma sát trong ($\phi = 0$) và trọng lượng thể tích ($\gamma = 0$ kN/m³), chịu tác dụng của tải trọng nền đường đắp có chiều rộng b .

- Trường hợp 3.1: Xét lớp đất ở giữa có $c_2 = 10$ kPa và $h_2 = 0,5b$, được phân bố trong nền đất tự nhiên có lực dính đơn vị $c = 40$ kPa (hay $c_1 = c_3 = 40$ kPa).

- Trường hợp 3.2: Xét lớp đất ở giữa có $c_2 = 40$ kPa và $h_2 = 0,5b$, được phân bố trong nền đất tự nhiên có lực dính đơn vị $c = 10$ kPa (hay $c_1 = c_3 = 10$ kPa).

Thay đổi độ sâu h_1 (từ bề mặt của lớp đất xem xét đến bề mặt nền đất tự nhiên cũng chính là chiều dày lớp đất bên trên), để khảo sát tải trọng giới hạn (Bảng 1).

Bảng 1. Quan hệ giữa tải trọng giới hạn (kPa) với độ sâu của lớp đất xem xét (h_1/b)

m_{a1}	m_{a2}	h_1/b	Trường hợp 3.1		Trường hợp 3.2	
			p_{gh} (kPa)	b_d	p_{gh} (kPa)	b_d
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2	0,25	107,9211	3b	106,8826	6b
2	3	0,75	130,2574	4b	49,1824	2b
3	4	1,25	177,1591	5b	48,9980	2b
4	5	1,75	194,3881	3b	48,9206	2b
5	6	2,25	195,4268	2b	48,9335	2b
6	7	2,75	196,2029	2b	48,9415	2b

Từ Bảng 1 của Bài toán 3:

- Trường hợp 3.1 có thể coi là trường hợp lớp đất yếu ($c = 10$ kPa) phân bố trong nền đất tốt ($c = 40$ kPa), tải trọng giới hạn luôn tăng khi tăng độ sâu của lớp đất yếu. Cột (4) cho thấy, khi $h_1/b \geq 1,75$ thì tải trọng giới hạn không tăng đáng kể. Có thể cho rằng ở chiều sâu này, lớp đất yếu không còn ảnh hưởng đến tải trọng giới hạn hay sức chịu tải của nền đất tự nhiên.

- Trường hợp 3.2 có thể coi là trường hợp lớp đất tốt ($c = 40$ kPa) phân bố trong nền đất yếu ($c = 10$ kPa) tải trọng giới hạn luôn giảm khi tăng độ sâu của lớp đất cứng. Cột (6) cho thấy khi $h_1/b \geq 0,75$ thì tải trọng giới hạn giảm không đáng kể. Có thể cho rằng ở chiều sâu này, ảnh hưởng của lớp đất tốt trong nền đất yếu không còn.

- Kết quả ở cột (5) và (7) cho thấy chiều rộng vùng biến dạng dẻo thay đổi trong phạm vi khá lớn, $b_d = 2b \div 6b$. Kết quả này khác với L.K.lugenxon cho rằng vùng biến dạng dẻo sẽ bao trùm toàn bộ bề dày đất yếu trong phạm vi dưới nền đắp, $b_d = b$.

3.2.2. Chiều dày lớp đất yếu phân bố trong nền đất tự nhiên

- Bài toán 4: Xét bài toán này gần giống trường hợp 3.1 của Bài toán 3, chỉ khác là chiều dày lớp đất ở giữa ở hai trường hợp:

- Trường hợp 4.1: Xét khi $h_2 = b$.

- Trường hợp 4.2: Xét khi $h_2 = 1,5b$.

Thay đổi độ sâu h_1 , để khảo sát tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên (Bảng 2).

Bảng 2. Quan hệ giữa tải trọng giới hạn (kPa) với độ sâu của lớp đất xem xét (h_1/b)

ma1	h_1/b	Trường hợp 4.1		Trường hợp 4.2	
		m_{a2}	p_{gh} (kPa)	m_{a2}	p_{gh} (kPa)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0,25	3	59,5290	4	59,2229
2	0,75	4	111,4534	5	110,9901
3	1,25	5	170,7704	6	170,3067
4	1,75	6	193,4791	7	193,1874

Nhận xét:

- Kết quả cột (2) với cột (4) và cột (6) của Bảng 2 và với cột (4) của Bảng 1, có thể thấy được khi $h_2 < b$ đã ảnh hưởng đến tải trọng giới hạn.

- Trong Bảng 2, tại cột (4) và cột (6) thì tải trọng giới hạn ở hai trường hợp của bài toán này gần như trùng nhau, cho thấy chiều dày lớp đất yếu đã không còn ảnh hưởng đến tải trọng giới hạn khi $h_2 > b$. Tương ứng, độ sâu trung bình của đáy lớp đất thứ 2 là $1,75b$. Điều này thêm khẳng định kết quả nhận xét kết quả ở Bài toán 3.

4. KẾT LUẬN

Sử dụng phương pháp đã có xem nền đất tự nhiên ổn định theo điều kiện ứng suất tiếp lớn nhất đạt giá trị nhỏ nhất, tác giả nghiên cứu trạng thái ứng suất giới hạn và tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên gồm 3 lớp đất, chịu tải trọng của nền đường đắp với giả thiết là nền đất chịu tải trọng trên móng mềm là hợp lý và mang ý nghĩa thực tiễn để khảo sát ảnh hưởng của sự phân bố lớp đất yếu.

Trạng thái ứng suất giới hạn phụ thuộc vào phân bố lớp đất khác nhau:

- Tải trọng giới hạn thay đổi. Vùng biến dạng dẻo phát triển rộng trong lớp đất có lực dính đơn vị nhỏ (có thể coi đây là lớp đất yếu) và

rộng hơn chiều rộng nền đắp $b_d = 2b \div 6b$ và có biên tiếp giáp với mặt thoáng nền đất, cho thấy được phạm vi cần xử lý nền đất yếu.

- Nếu lớp đất trên cùng có chiều dày lớn hơn 0,75 - 1,75 chiều rộng nền đắp, có thể coi nền đất tự nhiên là đồng nhất với các đặc tính của lớp đất trên cùng để tính tải trọng giới hạn. Điều này khác với các khuyến nghị sử dụng của L. Prandtl là lớn hơn 1,5 chiều rộng nền đường [3]. Do đó, tùy theo trường hợp cụ thể mà xác định chiều sâu khảo sát tính toán và không nên quy định cụ thể là ứng suất do tải trọng ngoài bằng 0,1 - 0,2 ứng suất do trọng lượng bản thân gây ra để tính toán lún.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Thị Thanh Hương. Nghiên cứu tính toán tải trọng tới hạn của nền đất. Tạp chí Địa kỹ thuật, số 02, 2011.
- [2] Nguyễn Minh Khoa, Đỗ Minh Ngọc, Nguyễn Anh Trinh. Khảo sát ổn định trượt trôi nền đất yếu bằng bề phản áp có xét ảnh hưởng của lớp đất cứng ở phía dưới nền đường đắp. Tạp chí Giao thông vận tải, số 10, 2024.
- [3] Dương Học Hải, Nguyễn Xuân Trúc. Thiết kế đường ô tô, tập 2. NXB. Xây dựng, 2002.
- [4] Phan Trường Phiệt. Cơ học đất ứng dụng và tính toán công trình trên nền đất theo trạng thái giới hạn. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2010.
- [5] Arnold Verruijt. Soil mechanics. Delft University of Technology, 2001.
- [6] Karl Terzaghi & Ralph B. Peck & Gholamreza Mesri. Soil Mechanics in Engineering Practice. University of Illinois, 1996.
- [7] MathWorks. Matlab - Optimization Toolbox™. User's guide R2011b, Stanford, California, USA, 2011.
- [8] Tổng cục Đường bộ Việt Nam. Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu. TCCS41:2022/TCDBVN.

Phân tích và dự báo tiêu thụ điện năng trong mạng điện khu công nghiệp dựa trên điện trở tương đương

Analysis and forecasting of electricity consumption in industrial park power networks based on equivalent resistance

> TS NGUYỄN DUY HƯNG^{1*}, THS NGUYỄN NHẬT LONG¹, TS PHẠM XUÂN BÁCH²

¹Trường Đại học Công nghiệp Việt - Hung

²Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Nam Định

*Email: hungnguyenat73@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm nâng cao độ tin cậy của việc dự báo tiêu thụ điện năng và đánh giá tổn thất điện năng trong các doanh nghiệp công nghiệp. Trong bối cảnh phát triển công nghiệp nhanh tại Việt Nam, đặc biệt tại các khu công nghiệp và nhà máy sản xuất, nhu cầu sử dụng điện năng ngày càng tăng, trong khi tổn thất điện năng trong các hệ thống cung cấp điện nội bộ vẫn còn đáng kể. Vì vậy, việc xây dựng các phương pháp dự báo tiêu thụ điện năng và xác định tổn thất điện năng có ý nghĩa quan trọng đối với quản lý và sử dụng năng lượng hiệu quả. Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích đặc tính phụ tải của mạng điện nội bộ nhà máy kết hợp với việc xác định các tham số mạch điện và xây dựng các hệ số đặc trưng cho chế độ vận hành của phụ tải và cấu trúc mạng điện. Các hệ số được đề xuất gồm hệ số đặc trưng dạng đường cong phụ tải (Kđt) và hệ số cấu trúc mạch điện (Ktop). Phương pháp được áp dụng cho các mạng điện nội bộ dạng hình tia và mạng trục chính để xác định điện trở tương đương và tính toán tổn thất điện năng. Kết quả cho thấy sai số giữa lượng điện cung cấp tính toán và số liệu vận hành thực tế là 2,63%, chứng tỏ phương pháp có độ tin cậy và khả năng ứng dụng trong dự báo tiêu thụ điện năng và đánh giá tổn thất điện năng tại doanh nghiệp công nghiệp.

Từ khóa: Dự báo tiêu thụ điện năng; tổn thất điện năng; mạng điện công nghiệp; đặc tính phụ tải; điện trở tương đương.

ABSTRACT

This study aims to improve the reliability of forecasting electricity consumption and assessing power losses in industrial enterprises. In the context of rapid industrial development in Vietnam, especially in industrial parks and manufacturing plants, the demand for electricity is continuously increasing, while power losses in internal power supply systems remain significant. Therefore, developing methods for forecasting electricity consumption and determining power losses is important for effective energy management and utilization. The study applies an analytical approach based on load characteristics of internal factory power networks, combined with the determination of circuit parameters and the development of characteristic coefficients describing load operating conditions and network structure. The proposed coefficients include the load curve coefficient (Kđt) and the circuit topology coefficient (Ktop). The method is applied to radial and main-line internal power networks to determine equivalent resistance and calculate power losses. The results show that the error between the calculated electricity supply and the actual operational data is 2.63%, indicating that the proposed method has good reliability and can be applied to forecasting electricity consumption and evaluating power losses in industrial enterprises.

Keywords: Electricity consumption forecasting; power loss; industrial power systems; load characteristics; equivalent resistance; energy efficiency; industrial enterprises.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển kinh tế - xã hội ở Việt Nam, việc nâng cao độ chính xác dự báo nhu cầu điện và xác định tin cậy tổn thất điện năng ngày càng được chú trọng. Nhiều nghiên cứu cho thấy phân tích tổn thất trong mạng điện nội bộ doanh nghiệp là yếu tố quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và tối ưu vận hành hệ thống [1-2]. Đồng thời, việc xây dựng các mô hình và thuật toán xác suất mô tả tham số vận hành giúp tăng độ tin cậy của kết quả đánh giá và dự báo phụ tải điện [3].

Kinh nghiệm trong nước và quốc tế cho thấy rằng các biến động kinh tế, đặc biệt trong lĩnh vực năng lượng có thể ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả vận hành của các hệ thống thiết bị trong các tổ hợp công nghiệp. Trong những điều kiện này, việc cải tiến các phương pháp thiết kế và tối ưu hóa thiết bị điện, chẳng hạn như các phương pháp tối ưu hóa cấu trúc dựa trên thuật toán di truyền đối với máy điện đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả năng lượng của các hệ thống công nghiệp [4-5].

Trong những năm gần đây, khoa học dữ liệu và trí tuệ nhân tạo được ứng dụng rộng rãi trong dự báo phụ tải điện. Đặc biệt, các mô hình mạng nơ-ron cho dự báo ngắn hạn giúp nâng cao độ chính xác trong hệ thống điện khu vực [6], trong khi các phương pháp quản lý tiêu thụ dựa trên phân tích xếp hạng hỗ trợ điều khiển và tối ưu hóa phụ tải [7].

Các nghiên cứu cho thấy việc kết hợp phân tích dữ liệu và mô hình hóa giúp nâng cao độ tin cậy trong tính toán và dự báo phụ tải điện [8-9]. Mô hình chuỗi thời gian hỗ trợ phân tích xu hướng và cải thiện độ chính xác dự báo [10], trong khi các mô hình quản lý nhu cầu điện của doanh nghiệp góp phần điều chỉnh và tối ưu hóa phụ tải hệ thống [11].

Các phương pháp trí tuệ nhân tạo ngày càng được ứng dụng trong dự báo phụ tải điện, trong đó mạng nơ-ron kết nối đầy đủ cho phép dự báo nhanh và thích ứng với biến đổi tham số vận hành [12]. Bên cạnh đó, các mô hình kết hợp như Markov và học máy được sử dụng để dự báo tiêu thụ năng lượng ở quy mô quốc gia và khu vực [13]. Gần đây, các hệ thống dự báo thông minh dựa trên dữ liệu đo đếm và mô hình học sâu được triển khai rộng rãi nhằm nâng cao độ chính xác dự báo nhu cầu điện năng [14-15].

Tính cấp thiết của nghiên cứu được thể hiện qua sự quan tâm của các tổ chức quốc tế đối với nâng cao hiệu quả sử dụng và dự báo nhu cầu điện trong bối cảnh tiêu thụ tăng nhanh ở các nước đang phát triển, trong đó có Việt Nam [16].

Trong bối cảnh phát triển kinh tế và công nghiệp ở Việt Nam, yêu cầu nâng cao tự chủ công nghệ gắn liền với đảm bảo cung cấp điện ổn định và quản lý, dự báo nhu cầu hiệu quả trước sự gia tăng nhanh của phụ tải. Bên cạnh phát triển nguồn điện, việc cải thiện phương pháp dự báo phụ tải, đặc biệt cho khu dân cư và đô thị trở nên cần thiết. Các nghiên cứu phân tích phụ tải thực tế và cập nhật giá trị chuẩn trong tòa nhà, khu dân cư khẳng định vai trò của việc xây dựng các mô hình dự báo chính xác cho hệ thống điện hiện đại [17].

2. NỘI DUNG

2.1. Tổng quan nghiên cứu

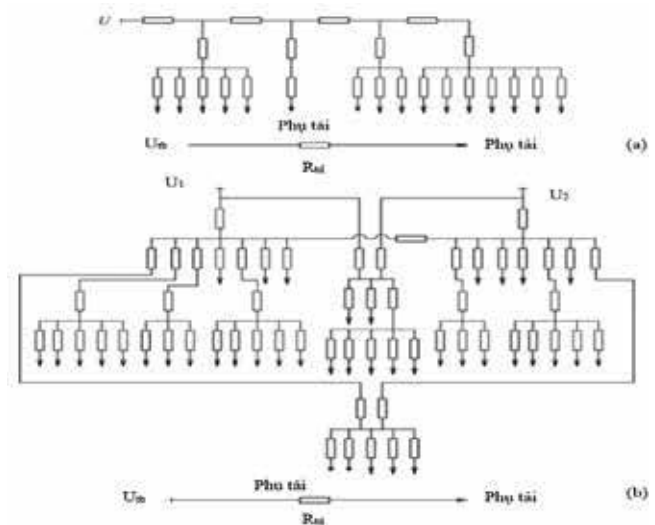
Trong bối cảnh công nghiệp hóa, nhu cầu sử dụng điện trong các doanh nghiệp ngày càng tăng, đòi hỏi các giải pháp sử dụng năng lượng tiết kiệm, hiệu quả và dự báo phụ tải điện chính xác. Dự

báo đúng giúp doanh nghiệp lập kế hoạch sử dụng điện hợp lý, tối ưu vận hành và giảm chi phí. Tuy nhiên, tổn thất điện năng trong hệ thống nội bộ nhà máy vẫn còn đáng kể, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả kỹ thuật và kinh tế, nên việc xác định chính xác và kiểm soát tỷ lệ tổn thất là nhiệm vụ quan trọng.

Sự phát triển của công nghệ đo đếm và hệ thống quản lý năng lượng cho phép nâng cao độ chính xác của các mô hình dự báo dựa trên dữ liệu vận hành. Dù vậy, các thông số mạng điện nội bộ có thể biến đổi theo thời gian, gây sai số trong tính toán. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất hoàn thiện phương pháp dự báo và đánh giá tổn thất điện năng bằng cách sử dụng điện trở tương đương của mạch điện để xác định chính xác hơn các tham số, qua đó nâng cao độ tin cậy trong quản lý và sử dụng năng lượng tại doanh nghiệp công nghiệp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để dự đoán mức tiêu thụ điện năng, người ta đề xuất sử dụng điện trở tương đương của mạch đang xét. Thông thường, các mạch được chia thành hai loại (Hình 1).



a) - Mạch dạng một đường dây với một điểm kết nối nguồn điện và một điểm kết nối thiết bị nhận điện; b) - Mạch có nhiều điểm kết nối nguồn điện và thiết bị nhận điện

Hình 1. Sơ đồ các dạng mạng điện nội bộ trong nhà máy

Loại thứ nhất (Hình 1a) là một đường dây đơn với một điểm kết nối cho nguồn điện và một điểm kết nối cho người tiêu dùng. Loại mạch này được đặc trưng bởi sự phân bố dòng điện tải giữa các phần tử tỷ lệ thuận với giá trị điện trở của chúng. Mạch này có thể được biểu diễn đơn giản nhất, chỉ có một phần tử - điện trở vật lý tương đương, R_{td} .

Hãy xác định tổn thất công suất cho mạch đang nghiên cứu:

$$W_{\text{ax}} = 3 R_{td}^f \sum_{t=1}^{T_n} I_{t,pt}^2 = 3 R_{td}^f \sum_{t=1}^{T_n} I_{t,pt}^2 \cdot K \cdot T \quad (1)$$

Trong đó: W_{ax} là tổn thất điện năng của sơ đồ (kWh); R_{td}^f là điện trở tương đương của một pha trong sơ đồ (Ω); $I_{t,pt}$ là dòng điện của phụ tải tại các khoảng của đồ thị phụ tải (A); T_n là khoảng thời gian tính toán (giờ); t là khoảng thời gian thay đổi dòng điện của đồ thị phụ tải (giờ); $I_{t,pt}$ là giá trị trung bình của dòng điện phụ tải (A); K_{dt} là hệ số đồ thị phụ tải, thể hiện tỷ số giữa tổng bình phương các dòng điện (hoặc công suất) của đồ thị phụ tải biến thiên và tổng các dòng

điện (hoặc công suất) trung bình.

$$K_{dt} = \frac{R_{\theta}^{tb}}{R_{\theta}^f} \quad (2)$$

$$\text{Từ đây: } R_{\theta}^{tb} = K_{dt} \cdot R_{\theta}^f \quad (3)$$

Xác định $I_{tb,pt}^2$ và R_{td}^{tb}

$$I_{tb,pt}^2 = \frac{W^2}{(\sqrt{3} \cdot U_{tb} \cdot \cos \varphi_{tb})^2} \quad (4)$$

$$R_{\theta}^{tb} = \frac{\Delta W \cdot U_{tb}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{tb}}{P_{tb}^2 \cdot T_n} \quad (5)$$

Trong đó: W là công suất điện cung cấp cho lưới điện, MW; P_{tb} là công suất tải trung bình, MW; ΔW là tổn thất năng lượng, MW; U_{tb} là điện áp lưới trung bình, kV; $\cos \varphi_{tb}$ là hệ số công suất tải trung bình.

Loại mạch thứ hai bao gồm các mạch có nhiều điểm cấp nguồn và kết nối tải (Hình 1b). Mạch 2 được đặc trưng bởi sự phụ thuộc của dòng điện tải vào vị trí của các nút cấp nguồn, điểm kết nối và công suất tải và ở mức độ thấp hơn, vào điện trở của các phần tử mạng. Để làm rõ các thông số của mạch loại thứ hai này cần một thông số mới - hệ số cấu trúc liên kết, K_{top} , thể hiện tỷ lệ tổn thất công suất tác dụng (điện năng) đối với vị trí cố định của các thiết bị tiêu thụ điện và vị trí của tải theo điện trở của các phần tử mạch tại $K_{top} = 1$.

Sau đó, giá trị trung bình về điện trở theo (5) sẽ được xác định:

$$R_{\theta}^{tb} = R_{\theta}^f \cdot K_{dt} \cdot K_{top} \quad (6)$$

$K_{top} = 1$ đối với mạch 1 (Hình 1a), vì dòng điện chạy qua các đoạn mạch được phân bố theo giá trị điện trở của chúng và với giá trị không đổi của năng lượng điện truyền tải (đồ thị tải đồng đều), các mối quan hệ sau đây là đúng:

$$K_{app} = K = 1$$

$$R_{\theta}^{tb} = R_{\theta}^f \quad (7)$$

Một trường hợp cụ thể của mạch thứ hai là một bảng phân phối điện với một nút nguồn cố định và một số nút thiết bị tiêu thụ điện.

Hãy tính tổng tổn thất công suất tác dụng cho các đoạn mạch thứ hai đã nghiên cứu tại một thời điểm cố định và chia giá trị thu được cho bình phương cường độ dòng điện trong đoạn đầu mạch I_{dd} (hay nói cách khác, cho bình phương tổng cường độ dòng điện trong các đoạn mạch).

Do đó, giá trị điện trở tương đương của mạch 2 thu được bằng cách tính đến K_{top} tại một thời điểm cố định mà không tính đến K_{dt} .

$$R_{\theta}^{tb} = R_{\theta}^f \cdot K_{top} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{if}^2 \cdot R_i}{I_{dd}^2} \quad (8)$$

Trong đó: I_{if} là dòng điện hoạt động của phần tử thứ i (phần, nhánh); n là số phần mạch; R_i là điện trở của phần mạch thứ i; I_{dd} là dòng điện của phần đầu mạch; R_i được xác định bởi (9) đối với mạch có cấu trúc xuyên tâm và (10) đối với cấu trúc thân.

$$R_{\theta}^{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{i20} \cdot L_i \left[1 + \alpha (\theta_d - 20) \right] + \frac{\sum_{i=1}^m R_{i,db}}{n}}{n} \quad (9)$$

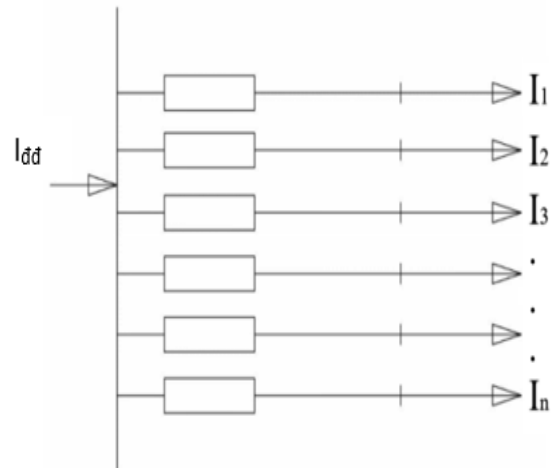
Trong đó: R_{i20} là điện trở suất của một mét dây dẫn mạch thứ i ở nhiệt độ 20°C, Ω/m; L_i là chiều dài của dây dẫn mạch thứ i, m; θ_d là

hiệu độ của dây dẫn mạch thứ i, °C; $R_{i,db}$ là điện trở tiếp xúc của các thiết bị điện hạ thế trên đường dây, Ω; n là số lượng thiết bị trong đoạn mạch thứ i; α là hệ số tăng điện trở của vật liệu dẫn điện theo nhiệt độ, 1/°C.

Đối với cấu trúc đường dây chính được triển khai với hệ thống thanh cái phân tán

$$R_{\theta}^{tb} = \left[R_{TC,20} \cdot L_{TC} \cdot \frac{1}{6} \left(1 + \frac{1}{n} \right) \left(2 + \frac{1}{n} \right) \right] \cdot \left[1 + \alpha_{TC} (\theta_{TC} - 20) \right] + \frac{R_{20} \cdot L_{DN}}{n} \cdot \left[1 + \alpha_{DN} (\theta_{DN} - 20) \right] \cdot \frac{\sum_{i=1}^k R_{ix}}{n}$$

Trong đó: L_{TC} là chiều dài của thanh cái phân phối, m; $R_{TC,20}$ là điện trở của một mét thanh cái phân phối ở nhiệt độ 20°C; n là số lượng thiết bị tiêu thụ điện được cấp điện từ thanh cái phân phối; R_{20} là điện trở của một mét dây nhánh từ thanh cái ở nhiệt độ 20°C, Ω/m; θ_{TC} là nhiệt độ của thanh cái, °C; θ_{DN} là nhiệt độ của lõi dẫn điện nhánh, °C; L_{DN} là chiều dài của dây nhánh, m; α_{DN} là tham số của hệ số nhiệt độ tăng điện trở của vật liệu dây nhánh, 1/°C; α_{TC} là tham số của hệ số nhiệt độ tăng điện trở của vật liệu thanh dẫn phân phối, 1/°C; tổng điện trở tiếp xúc của các thiết bị chuyển mạch được lắp đặt trên một nhánh, Ω; K là số lượng thiết bị chuyển mạch điện áp thấp trên một nhánh.



Hình 2. Sơ đồ mạch tương đương tổng quát của bảng phân phối điện

Kết quả tính toán cho R_{td}^{tb} và R_{td}^f , có tính đến bố trí thiết bị tủ điện và các thông số kỹ thuật số lượng nhánh, nhiệt độ gia nhiệt của dây dẫn và nhiệt độ môi trường xung quanh được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán cho R_{td}^{tb} và R_{td}^f

TT	Dòng điện cho phép lâu dài trung bình $I_{cp,db}^f$, A	Chiều dài trung bình dây nhánh $L_{nh,db}$, m	Số nhánh n	Hệ số tải của đường dây $K_{tđ}$	Nhiệt độ θ , °C		K_{top}		K_{top}	
1	20,5	16,5	16	0,460	20	22,10	1,10	14,11	0,70	20,00
2	20,6	16,6	14	0,480	20	24,20	1,04	15,62	0,65	23,50

3	20,8	16,3	12	0,500	20	26,40	1,02	17,05	6,64	26,20
4	21,2	15,8	10	0,550	20	30,60	1,08	19,80	0,70	28,70
5	21,8	15,9	8	0,600	20	35,50	1,04	23,10	0,74	31,40

$$\text{Ở đó: } K_{top} = \frac{R_{\theta}^{tb}}{R_{\theta}^f}$$

Điện trở tương đương R_{td}^{tb} và R_{td}^f được tính bằng cách sử dụng (5). Để tính cho R_{td}^{tb} và R_{td}^f , cần phải tính đến sự nóng lên của dây dẫn nhánh và điện trở tiếp xúc của các thiết bị điện áp thấp được lắp đặt trên đường dây. Các thông số này không được xem xét khi tính cho R_{td}^{tb} . Kết quả tính toán cho thấy khi tính cho R_{td}^{tb} - K_{top} gần bằng đơn vị.

Trong các khu công nghiệp ở Việt Nam, điện được cấp từ lưới trung áp 22 kV, qua trạm biến áp hạ xuống 0,4 kV và phân phối đến các thiết bị sản xuất qua hệ thống tủ điện và dây dẫn. Do số lượng thiết bị lớn và phụ tải biến đổi theo sản xuất, tổn thất điện năng trong mạng điện nội bộ cần được đánh giá chính xác để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng.

Ví dụ, xét một đoạn mạch trong mạng điện hạ áp của một phân xưởng sản xuất cơ khí tại Khu công nghiệp Thăng Long (Đông Anh, Hà Nội). Mạng điện phân xưởng bao gồm một tủ phân phối hạ áp cấp điện cho các thiết bị tiêu thụ như động cơ truyền động, máy gia công cơ khí và các thiết bị phụ trợ. Chiều dài trung bình của các nhánh cấp điện từ tủ phân phối đến các thiết bị tiêu thụ là $l_{tb} = 16,5$ m; số lượng thiết bị tiêu thụ điện $n = 16$.

Dòng điện cho phép làm việc liên tục trung bình của dây dẫn là $I_{tb,cp} = 20,50$ A; hệ số tải trung bình của đường dây $K_{tải} = 0,45$; nhiệt độ môi trường trong nhà xưởng khoảng $\theta_{mt} = 20^{\circ}\text{C}$; hệ số công suất trung bình của các động cơ điện trong phân xưởng là $\cos\varphi_{tb} = 0,60$.

Theo số liệu thống kê vận hành của phân xưởng, điện năng tiêu thụ trong năm đạt khoảng $W_{năm} = 95,52$ MWh, trong đó điện năng cung cấp hữu ích cho các thiết bị tiêu thụ là $W_{pt} = 92,94$ MWh. Như vậy, tổn thất điện năng trong mạng điện nội bộ của phân

xưởng là $\Delta W = 2,58$ MWh.

Hãy xác định giá trị tổng bình phương công suất trung bình cho số giờ hoạt động hàng năm $T_n = 1987$ h.

$$\Sigma P_{tb}^2 = P_{tb} \cdot T_n = \frac{\Delta W^2}{T_n^2} \cdot T_n = \frac{\Delta W^2}{T_n} = \frac{2,58^2}{1987} = 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ (MW)}$$

Khi đó, theo công thức (5):

$$R_{td}^{tb} = \frac{\Delta W \cdot U_{tb}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{tb}}{P_{tb} \cdot T_n} = \frac{2,58 \cdot 0,38^2 \cdot 0,6^2}{3,35^2 \cdot 1987} = 22,5 (\Omega)$$

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, với quy trình công nghệ không đổi, sự gia tăng giá trị trung bình R_{td}^f (Bảng 2) là do sự gia tăng điện trở tiếp xúc của các thiết bị chuyển mạch được lắp đặt trên các đường dây mạch điện. Nếu không, giá trị trung bình R_{td}^f sẽ không đổi, và sự thay đổi tổn thất tải trong mạng điện hạ thế sẽ tương ứng với bình phương của năng lượng điện truyền tải (Bảng 2).

2.3. Kết quả và thảo luận

Chúng tôi sẽ xác định tổn thất điện năng dựa trên dữ liệu năm 2020.

$$\Delta W = \frac{R_{tb}^{tb} \cdot P_{tb}^2 \cdot T_n}{U_{tb}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{tb}} = \frac{22,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,35 \cdot 1987}{0,38^2 \cdot 0,6^2} = 2,66 \text{ (MWh)} \quad (11)$$

Tức là, với chu kỳ công nghệ không đổi cho mạng lưới đang nghiên cứu, tổn thất lên tới $\Delta W\% = 2,86\%$ sản lượng điện không tổn thất (92,94 MWh). Hãy xác định sản lượng điện ước tính.

$$W_{tt} = \frac{100}{2,86} \cdot \frac{R_{\theta}^{tb}}{U_{tb}^2} \cdot \frac{P_{tb}^2 \cdot T_n}{\cos^2 \varphi_{tb}} = 93,01 \text{ (MWh)} \quad (12)$$

Sau đó, sai số trong việc xác định W_{tt} dựa trên giá trị điện trở tương đương liên quan đến nguồn cung cấp điện thực tế hàng năm cho năm 2020 (Bảng 2) $\delta\%$ sẽ là:

$$\delta\% = \frac{W_{\text{âm}} - W_{tt}}{W_{\text{âm}}} \cdot 100 = \frac{95,52 - 93,01}{95,52} \cdot 100 = 2,63\%$$

Bảng 2. Lượng điện tiêu thụ giai đoạn 2020 - 2025 và dự báo cho năm 2026

Năm	2020	2022	2023	2024	2025	2026 (giá trị kỳ vọng)
Thông số						
Số giờ làm việc trong năm, T_n , giờ	1987	1982	1987	1971	1971	1972
Điện năng cung cấp trong năm, $W_{năm}$, MWh	95,52	95,31	95,55	94,92	94,92	95,00
Điện năng cấp không tổn thất, W_{tt} , MWh	92,94	92,74	93,36	92,36	92,36	92,43
Tổn thất điện năng, ΔW , MWh	2,58	2,57	2,57	2,56	2,56	2,57
ΣP_{tb}^2 , $(\text{MWh} \cdot 10^{-3})$	3,35	3,33	3,35	3,32	3,32	3,34
R_{td}^{tb} , Ω	22,5	22,4	22,3	22,6	22,6	22,6
Tổn thất điện năng khi điện trở tương đương trung bình $R_{td}^{tb} = \text{const}$, MWh	2,66	2,66	2,66	2,64	2,64	2,64
Sự thay đổi của theo các năm		-0,33	-0,34	0,66	0	0
Hệ số thay đổi của điện trở tương đương trung bình R_{td}^{tb} theo các năm, K	-	0,996	0,996	1,009	1	1
Giá trị trung bình của hệ số thay đổi điện trở tương đương trung bình R_{td}^{tb} theo các năm, K_{tb}				1,002		

Bảng 2 hiển thị dữ liệu về mức tiêu thụ năng lượng trong quá trình vận hành và tính toán. Hãy xác định sự thay đổi thực tế về tổn thất năng lượng trong năm 2020.

$$\begin{aligned}\Delta W &= (R_{\theta 20}^{ib} - R_{\theta 19}^{ib}) \Sigma P_{ib 20}^2 \cdot 10^{-3} \cdot T_n \\ &= (22,4 - 22,5) \cdot 3,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1982 \\ &= -0,66 (MWh)\end{aligned}$$

Dấu “-” cho thấy lượng tổn thất đã giảm đi 0,66 MW h.

Dựa trên các giá trị lịch sử của giá trị trung bình R_{td}^{ib} , có thể xác định giá trị dự đoán của giá trị trung bình R_{td}^{ib} bằng cách sử dụng giá trị trung bình của hệ số thay đổi điện trở tương đương.

Ví dụ, hãy xác định $R_{td 26}^{ib}$ và $R_{td 27}^f$

$$R_{td 26}^{ib} = K_{ib} \cdot R_{td 25}^{ib} = 22,605 (\Omega)$$

$$R_{td 27}^f = 22,61 (\Omega)$$

Các kết quả thu được có thể được khuyến nghị để ước tính và phân tích tổn thất bằng cách sử dụng biểu thức (11) và dự báo sản lượng điện ước tính bằng cách sử dụng biểu thức (12).

3. KẾT LUẬN

Để nâng cao độ tin cậy của các thông số tiêu thụ điện tại các doanh nghiệp công nghiệp, việc sử dụng điện trở tương đương của mạch mạng có thể được khuyến nghị. Đề xuất sử dụng hệ số thay đổi điện trở tương đương cho mạch đang nghiên cứu, thể hiện động lực của các giá trị R_{td}^{ib} trong các khoảng thời gian được xem xét, làm giá trị hiệu chỉnh cho điện trở tương đương. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng giá trị của hệ số này cho khoảng thời gian dự báo có thể khác với các giá trị lịch sử.

Việc giảm điện trở tương đương của mạch có thể thực hiện được trong trường hợp thay thế thiết bị điện và các thiết bị điện lỗi thời, cũng như thực hiện các biện pháp tiết kiệm năng lượng nhằm giảm mức tổn thất điện năng. Thuật toán được đề xuất cho phép tăng hiệu quả trong việc dự báo mức tiêu thụ điện và ước tính tổn thất điện năng trong trung hạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Грачева Е.И., Шакурова З.М., Абдуллазянов Р.Э. Сравнительный анализ наиболее распространенных детерминированных методов определения потерь электроэнергии в цеховых сетях // Проблемы энергетики, № 5, С. 87-96, 2019.
- [2] Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутриводского электроснабжения // Проблемы энергетики, № 2, С. 65-74, 2020.
- [3] Грачева Е.И., Наумов О.В., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутриводского электроснабжения // Проблемы энергетики, № 1, С. 93-104, 2021.
- [4] Сафин А.Р., Хуснутдинов Р.Р., Копылов А.М., Максимов В.В., Цветков А.Н., Гибадуллин Р.Р., Петров Т.И. Разработка метода топологической оптимизации электрических машин на основе генетического алгоритма // Вестник КГЭУ, № 4(40), С. 77-85, 2018.
- [5] Петров Т.И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей // Проблемы энергетики, том 23, № 3, С. 70-79, 2021.
- [6] Серебряков Н.А. Применение адаптивного ансамблевого нейросетевого метода для краткосрочного прогнозирования электропотребления электротехнического комплекса районных электрических сетей // Омский научный вестник, № 1(175), С. 39-45, 2021.
- [7] Kivchun O.R. Methodology for integrating rank analysis procedures in managing

electricity consumption of regional electrotechnical complexes // Proceedings of Tula State University. Technical Sciences, Issue 21, pp. 200-209, 2021.

[8] Manikovsky A.S. Analysis of methods for forecasting electricity consumption // Proceedings of the DONIZhT Scientific Works Collection, no. 60, pp. 23-30, 2021.

[9] Zubkov S.D. Technocenological analysis of enterprise electricity consumption // Innovative Science, no. 2, pp. 20-22, 2020.

[10] Khudzasaidov J.Kh., Rusina A.G., Matrenin P.V., Dmitriev S.A., Safaraliev M.Kh. Development of electricity consumption forecasting models based on time series in isolated power systems // EsiK, no. 3(48), pp. 23-27, 2020.

[11] Dzyuba A.P. Model for managing electricity demand of industrial enterprises connected to power generation networks // Bulletin of Surgut State University, Issue 1(31), pp. 12-25, 2021.

[12] Lyakhovsky A.V., Shadrin A.A. Forecasting model of electricity consumption based on a fully connected neural network // Electrical Engineering and Information Systems, no. 1, Issue 18, pp. 107-113, 2022.

[13] Zhaosu Meng, Huike Sun, Xi Wang. Forecasting Energy Consumption Based on SVR and Markov Model: A Case Study of China // Front. Environ. Sci., 06 April 2022 Sec. Environmental Economics and Management.

[14] S. B. Taieb, J. W. Taylor and R. J. Hyndman. Hierarchical probabilistic forecasting of electricity demand with smart meter data. Journal of the American Statistical Association, 2020.

[15] T. Ahmad and H. Chen. Deep learning for multi-scale smart energy forecasting. Energy, vol. 175, с. 98112, 2019.

[16] World Bank, Electric Power Consumption, The World Bank Group, Washington, D.C., USA, 2021. Internet: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>.

[17] Солянов Ю.И., Федотов А.И., Галицкий Ю.Я., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество, № 6, С. 62-71, 2021.

Mô phỏng ảnh hưởng của lớp bảo vệ và kích bản cháy đến dầm bê tông cốt thép

Numerical modelling the effects of concrete cover and fire scenarios on rc beams

> TS NGUYỄN PHI LONG^{1,*}, LƯU HOÀNG PHONG², PGS.TS LÊ TRUNG PHONG²

¹Khoa xây dựng, Học viện Hàng không Việt Nam

²Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

*Email: longnp@vaa.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung đánh giá khả năng chịu hỏa hoạn của kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) theo tiêu chuẩn Eurocode, nhằm đáp ứng yêu cầu an toàn cấp thiết cho hạ tầng đô thị Việt Nam. Bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) trên nền tảng ANSYS APDL, tác giả thực hiện phân tích tương tác nhiệt - cơ phi tuyến tuần tự để mô phỏng sự suy giảm đặc tính vật liệu dưới tác động của đường cong nhiệt ISO 834. Trọng tâm nghiên cứu là lượng hóa ảnh hưởng của chiều dày lớp bê tông bảo vệ (20-70 mm) và các kịch bản tiếp xúc lửa (1 và 3 mặt) đến giới hạn chịu lửa của cấu kiện. Việc tự động hóa mô phỏng qua ngôn ngữ kịch bản APDL giúp xác định chính xác cơ chế phá hoại do ứng suất nhiệt và thiết lập mối liên hệ giữa cấu tạo hình học với khả năng chịu lực cực hạn. Kết quả được hệ thống hóa thành các biểu đồ thiết kế đa biến và ma trận tra cứu nhanh, cung cấp công cụ hỗ trợ kỹ sư tối ưu hóa giải pháp kỹ thuật cho từng cấp chịu lửa cụ thể. Công trình không chỉ khẳng định hiệu quả của mô phỏng số trong kỹ thuật an toàn cháy mà còn góp phần nâng cao tính bền vững cho các công trình công cộng trọng điểm trước các kịch bản hỏa hoạn phức tạp.

Từ khóa: Kết cấu bê tông cốt thép; giới hạn chịu lửa; an toàn cháy kết cấu; chiều dày lớp bảo vệ.

ABSTRACT

This research focuses on evaluating the fire resistance of reinforced concrete (RC) structures in accordance with Eurocode standards, aiming to address the pressing safety requirements of Vietnam's urban infrastructure. Utilizing the Finite Element Method (FEM) implemented within the ANSYS APDL platform, a sequential non-linear thermo-mechanical coupling analysis is performed to simulate the degradation of material properties under the influence of the ISO 834 standard fire curve. The core of this study lies in quantifying the impact of concrete cover thickness (ranging from 20 to 70 mm) and various fire exposure scenarios (1-sided and 3-sided) on the fire resistance rating of the structural members. The automation of simulations via the APDL scripting language facilitates the precise identification of failure mechanisms induced by thermal stresses and establishes the correlation between geometric configurations and ultimate load-bearing capacity. The findings are systematized into multivariate design charts and rapid lookup matrices, providing robust engineering tools to optimize technical solutions for specific fire resistance levels. This work not only validates the efficacy of numerical simulation in fire safety engineering but also contributes to enhancing the resilience of key public infrastructures against complex fire scenarios.

Keywords: Reinforced concrete structures; fire resistance limit; structural fire safety; concrete cover thickness.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

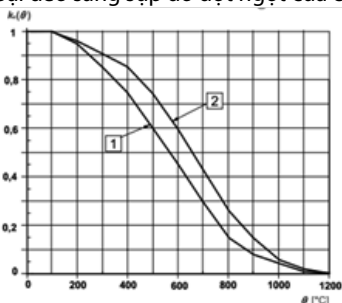
Trong bối cảnh đô thị hóa tại Việt Nam, việc đảm bảo an toàn hỏa hoạn cho các công trình nhịp lớn đòi hỏi sự chuyển dịch từ thiết kế định tính sang phân tích dựa trên hiệu năng theo tiêu chuẩn Eurocode [1]. Sự suy giảm đặc tính cơ lý của ma trận bê tông và sự mất mát khả năng làm việc đồng thời giữa thép - bê tông ở nhiệt độ cực hạn là nguyên nhân cốt lõi dẫn đến các cơ chế phá hoại kết cấu đột ngột [2]. Nghiên cứu này ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) trên nền tảng ANSYS APDL để thực hiện phân tích nhiệt-cơ phi tuyến tuần tự. Quy trình này cho phép tái hiện trường nhiệt độ không ổn định và sự biến đổi trạng thái ứng suất-biến dạng của dầm bê tông cốt thép dưới tác

động đồng thời của tải trọng và đường cong nhiệt tiêu chuẩn ISO 834. Việc khai thác ngôn ngữ kịch bản APDL để tự động hóa mô phỏng tham số không chỉ nâng cao độ tin cậy của mô hình qua kiểm chứng thực nghiệm mà còn cho phép khảo sát hệ thống các biến số hình học [3]. Trọng tâm nghiên cứu tập trung lượng hóa ảnh hưởng của chiều dày lớp bê tông bảo vệ (20-70 mm) đến giới hạn chịu lửa của cấu kiện. Kết quả được hệ thống hóa thành các biểu đồ thiết kế đa biến và ma trận tra cứu nhanh, hỗ trợ kỹ sư tối ưu hóa giải pháp kỹ thuật cho từng cấp chịu lửa cụ thể [1]. Những đóng góp này thiết lập cơ sở lý luận vững chắc cho công tác thiết kế và thẩm định an toàn cháy, góp phần nâng cao tính bền vững cho hệ thống hạ tầng quốc gia.

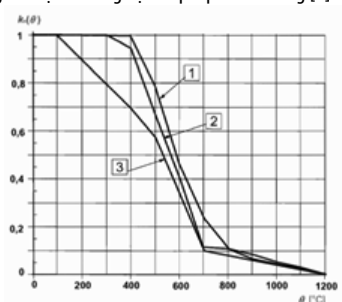
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Sự thoái hóa đặc tính cơ học của bê tông dưới tác động nhiệt là một quá trình phi tuyến phức tạp, hệ quả từ sự phá hủy cấu trúc ma trận đá xi măng và đặc tính hóa lý của cốt liệu. Theo hình 1, hệ số giảm cường độ nén $k_c(\theta)$ bắt đầu suy giảm mạnh khi nhiệt độ vượt ngưỡng 200°C do sự đứt gãy các liên kết hóa học và hình thành nứt vĩ mô [1]. Đặc biệt, bê tông cốt liệu silic thể hiện sự tổn thương nghiêm trọng hơn cốt liệu canxi do hiện tượng biến đổi pha và giãn nở thể tích đột ngột, dẫn đến sự triệt tiêu độ cứng chống uốn EI khi tiệm cận ngưỡng 500°C [2]. Đồng thời, ứng xử của cốt thép chịu lực cũng bộc lộ sự suy giảm đột ngột về giới hạn chảy và mô-đun đàn hồi khi nhiệt độ vượt quá 400°C. Theo hình 2, hệ số giảm cường độ $k_s(\theta)$ phụ thuộc chặt chẽ vào trạng thái biến dạng; trong đó, các cấu kiện khổng lồ chế biến dạng dưới 2% có tốc độ suy vong năng lực chịu tải nhanh hơn, chỉ còn dưới 40% tại 600°C. Sự kết hợp giữa thoái hóa ma trận bê tông và suy yếu cốt thép làm dịch chuyển nhanh chóng trục trung hòa lên phía trên, thu hẹp cánh tay đòn nội lực và triệt tiêu lực bám dính giữa hai vật liệu. Hệ quả tất yếu là sự chuyển đổi từ cơ chế phá hoại dẻo sang sụp đổ đột ngột của cấu kiện [3].



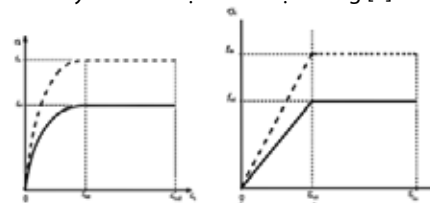
Đường cong 1. Bê tông khối lượng thông thường với cốt liệu silic
Đường cong 2. Bê tông khối lượng thông thường với cốt liệu vôi
Hình 1. Biểu đồ giảm hệ số cường độ cho phép của bê tông [4]



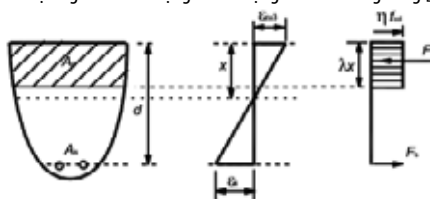
Đường cong 1. Cốt thép chịu kéo (cán nóng) cho biến dạng $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$
Đường cong 2. Cốt thép chịu kéo (cán nguội) cho biến dạng $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$
Đường cong 3. Cốt thép chịu nén và cốt thép chịu kéo cho biến dạng $\varepsilon_{s,fi} < 2\%$
Hình 2. Biểu đồ giảm hệ số cường độ cho phép của cốt thép [4]

Theo Hình 3, dưới góc độ cơ học kết cấu, Eurocode 2 thiết lập quy trình thẩm định dựa trên tương tác đa vật lý giữa trường nhiệt độ phi tuyến và năng lực chịu tải dư. Quan hệ ứng suất-biến dạng (σ - ϵ) bộc lộ sự thoái hóa nghiêm trọng khi cường độ nén f_{ck} và mô-đun đàn hồi sụt giảm, đi kèm sự biến đổi các ngưỡng biến dạng tới hạn do phá hủy cấu trúc vĩ mô của ma trận bê tông [1]. Theo Hình 4, sự suy giảm đặc tính vật liệu buộc tiết diện phải tái thiết lập trạng thái cân bằng nội lực. Gradient nhiệt độ gây phân vùng cường độ không đồng nhất, khiến trục trung hòa dịch chuyển lên phía trên để duy trì cân bằng giữa hợp lực nén hiệu chỉnh và hợp lực kéo của cốt thép đã bị chảy dẻo nhiệt. Hệ quả trực tiếp là sự thu hẹp cánh tay đòn nội lực, làm sụt giảm đột ngột khả năng kháng uốn $M_{Rd,fi}$ và triệt tiêu biên độ an toàn của cấu kiện [2]. Việc ứng dụng các mô hình

toán học kết hợp mô phỏng phần tử hữu hạn là yếu tố then chốt để dự báo chính xác giới hạn chịu lửa (R) và ngăn ngừa sụp đổ dây chuyền theo triết lý thiết kế dựa trên hiệu năng [3].



Hình 3. Quan hệ ứng suất biến dạng - biến dạng theo 2 đường cong [4]



Hình 4. Quan hệ ứng suất biến dạng - biến dạng theo 2 đường cong [4]

2.2. Phương pháp mô phỏng số

Việc mô phỏng số ứng xử nhiệt-cơ của dầm BTCT dưới tác động hỏa hoạn đòi hỏi một quy trình phân tích đa vật lý nghiêm ngặt. Trong môi trường ANSYS APDL, nghiên cứu triển khai phân tích tương tác nhiệt-cơ phi tuyến tuần tự [3]. Giai đoạn đầu sử dụng phần tử nhiệt SOLID để giải quyết bài toán truyền nhiệt không ổn định, xác định trường nhiệt độ trên tiết diện. Tiếp theo, mô hình cấu trúc được thiết lập với phần tử SOLID cho bê tông (áp dụng tiêu chuẩn phá hủy Willam-Warnke) và phần tử thanh LINK cho cốt thép theo phương pháp rời rạc. Giả thiết bám dính lý tưởng được thực hiện thông qua việc chia sẻ nút chung giữa thép và bê tông, cho phép tái hiện chính xác sự suy giảm cường độ chảy dẻo của cốt thép ở nhiệt độ cao.

Để đảm bảo tính ổn định của thuật toán lặp Newton-Raphson trong giai đoạn phi tuyến cực hạn, kỹ thuật chia lưới phân vùng mật độ (graded meshing) được tối ưu hóa dựa trên phân tích hội tụ lưới theo khung lý thuyết Eurocode 2 [1]. Các thông số vật liệu đa vật lý, bao gồm đặc trưng cơ học (mô-đun đàn hồi, cường độ) và nhiệt-lý (độ dẫn nhiệt, nhiệt dung riêng), được chuẩn hóa theo nhiệt độ để phản ánh trung thực sự thoái hóa của cấu trúc dưới dòng nhiệt cực hạn [5].

Hệ thống điều kiện biên cơ học được định nghĩa tỉ mỉ nhằm tái hiện sơ đồ làm việc và cơ chế phân phối lại nội lực, đặc biệt là ảnh hưởng của sự giãn nở nhiệt bị kiểm chế trong các kết cấu siêu tĩnh. Tải trọng nhiệt được áp dụng dưới dạng điều kiện biên nhiệt động học theo đường cong hỏa hoạn tiêu chuẩn ISO 834, mô phỏng tiến trình gia nhiệt phi tuyến theo thời gian. Sự kết hợp chặt chẽ giữa hệ điều kiện biên chuẩn mực và trường nhiệt độ biến thiên là tiền đề để dự báo chính xác trạng thái giới hạn khả năng chịu tải và các hiện tượng mất ổn định hình học phi tuyến của cấu kiện trong điều kiện biên khắc nghiệt [3].

3. BÀI TOÁN KHẢO SÁT

3.1. Thông số đầu vào kết cấu

Cấu kiện dầm BTCT nghiên cứu có kích thước tiết diện 200×400 mm, nhịp tính toán 3000 mm, được cốt hóa bởi 4 thanh thép $\phi 16$ với lớp bảo vệ $c=20$ mm. Đặc tính vật liệu đầu vào cho mô hình ANSYS APDL được xác lập nghiêm ngặt: thép ($E_s=2 \times 10^5$ MPa, $\rho_s=7850$ kg/m³, $n=0,3$) và bê tông ($E_c=27,5 \times 10^3$ MPa, $\rho_c=2500$ kg/m³, $\nu=0,2$). Việc chuẩn hóa các thông số cơ lý này là tiền đề cốt lõi để phân tích chính xác sự suy giảm năng lực chịu tải và ứng xử phi tuyến của kết cấu dưới tác động của nhiệt độ cao [3], [5].

3.2. Mô phỏng các bài toán truyền nhiệt trên phần mềm ANSYS APDL

Bảng 3. Các trường tính toán nhiệt độ cho cấu kiện dầm đơn giản (tăng cường lớp bê tông bảo vệ 20-70 mm) theo kích bản đốt 1 mặt đáy

Thời gian	ISO 834	Bê tông	cốt thép c = 20mm	cốt thép c = 30mm	cốt thép c = 40mm	cốt thép c = 50mm	cốt thép c = 70mm
10 phút	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C
30 phút	842°C	20°C	262°C	179°C	125°C	91°C	47°C
60 phút	945°C	20°C	405°C	308°C	234°C	178°C	106°C
90 phút	1006°C	20°C	498°C	395°C	314°C	253°C	160°C
120 phút	1045°C	20°C	568°C	462°C	378°C	312°C	211°C

Bảng 4. Các trường tính toán nhiệt độ cho cấu kiện dầm đơn giản (tăng cường lớp bê tông bảo vệ 20 -70 mm) theo kích bản đốt 3 mặt

Thời gian	ISO 834	Bê tông	cốt thép c = 20 mm	cốt thép c = 30 mm	cốt thép c = 40 mm	cốt thép c = 50 mm	cốt thép c = 70 mm
10 phút	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C
30 phút	842°C	20°C	278°C	192°C	135°C	99°C	52°C
60 phút	945°C	20°C	452°C	356°C	278°C	214°C	124°C
90 phút	1006°C	20°C	568°C	471°C	389°C	318°C	205°C
120 phút	1045°C	20°C	645°C	553°C	473°C	400°C	280°C

Kết quả mô phỏng số xác lập quy luật tiến hóa trường nhiệt độ phi tuyến, nơi gradient nhiệt độ bị chi phối bởi chiều dày lớp bảo vệ và kích bản gia nhiệt. Hiệu ứng trễ nhiệt giúp bảo vệ cốt thép nhưng suy giảm khi cháy đa diện do giao thoa nhiệt lượng. Sự phân bố nhiệt không đồng nhất này là cơ sở định lượng để thẩm định thoả hĩa cơ lý và dự báo trạng thái giới hạn theo Eurocode 2.

4.2. Kết quả tính toán theo Eurocode

Dữ liệu nhiệt độ trích xuất từ mô phỏng được sử dụng để xác định cường độ dư của vật liệu, phục vụ tính toán năng lực chịu tải P của dầm BTCT theo Eurocode 2 theo bài toán Hình 5. Từ các Bảng 5, Bảng 6 và Bảng 7 kết quả thể hiện kích bản 1, khi chưa gia tăng lớp bảo vệ (c=20 mm), cốt thép đạt 568°C sau 120 phút, khiến tải trọng P sụt giảm 66,28%. Ngược lại, với c=70 mm, nhiệt độ thép chỉ ở mức

211°C, bảo toàn 91,51% năng lực chịu tải ban đầu. Từ các Bảng 8, Bảng 9 và Bảng 10 kết quả thể hiện kích bản 2 ứng xử nhiệt-cơ khác nghiệt hơn do hiện tượng giao thoa nhiệt lượng đa hướng. Tại c=20 mm, nhiệt độ thép vọt lên 645°C, gây sụt giảm 80,85% tải trọng, đưa kết cấu tiệm cận trạng thái sụp đổ. Ngay cả khi c=50 mm, năng lực chịu tải vẫn giảm 34,98%. Chỉ khi c=70 mm ($T_s=280^\circ\text{C}$), độ suy giảm mới được khống chế ở mức 15,60%. Kết quả khẳng định giới hạn chịu lửa (R) của dầm phụ thuộc mật thiết vào chiều dày lớp bảo vệ và điều kiện phơi nhiễm nhiệt. Việc duy trì mô-men kháng uốn dư $M_{Rd,fi}$ lớn hơn mô men tác dụng là điều kiện tiên quyết để đảm bảo an toàn kết cấu theo triết lý thiết kế dựa trên hiệu năng [3].

Bảng 5. Kết quả tính toán cho từng nhiệt độ trường hợp dầm chưa tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ (c=20 mm) KB1

Thời gian (Phút)	Nhiệt độ đáy dầm theo Iso 834	Nhiệt độ cốt thép (°C)	Tải trọng P tương ứng (T)	Độ giảm (%)
0 phút	20°C	20°C	8.72	0%
30 phút	842°C	262°C	7.53	↓ 13.65%
60 phút	945°C	405°C	5.59	↓ 35.89%
90 phút	1006°C	498°C	4.06	↓ 53.44%
120 phút	1045°C	568°C	2.94	↓ 66.28%

Bảng 6. Kết quả tính toán cho từng nhiệt độ trường hợp dầm chưa tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ (c=50 mm) KB1

Thời gian (Phút)	Nhiệt độ cốt thép (°C)	Tải trọng P tương ứng (T)	Độ giảm (%)
0 phút	20°C	8.72	0%
30 phút	91°C	8.44	↓ 3.21%
60 phút	178°C	8.15	↓ 6.54%
90 phút	253°C	7.61	↓ 12.73%
120 phút	312°C	7.00	↓ 19.72%

Bảng 7. Kết quả tính toán cho từng nhiệt độ trường hợp dầm chưa tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ (c=70 mm) KB1

Thời gian (Phút)	Nhiệt độ cốt thép (°C)	Tải trọng P tương ứng (T)	Độ giảm (%)
0 phút	20°C	8.72	0%
30 phút	47°C	8.61	↓ 1.26%
60 phút	106°C	8.38	↓ 3.9%
90 phút	160°C	8.21	↓ 5.85%
120 phút	211°C	7.98	↓ 8.49%

Bảng 8. Kết quả tính toán cho từng nhiệt độ trường hợp dầm chưa tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ (c=20 mm) KB2

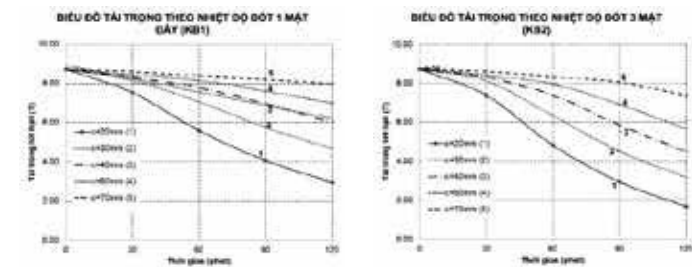
Thời gian (Phút)	Nhiệt độ đáy dầm theo Iso 834	Nhiệt độ cốt thép (°C)	Tải trọng P tương ứng (T)	Độ giảm (%)
0 phút	20°C	20°C	8.72	0%
30 phút	842°C	278°C	7.38	↓ 15.37%
60 phút	945°C	452°C	4.82	↓ 44.72%
90 phút	1006°C	568°C	2.94	↓ 66.28%
120 phút	1045°C	645°C	1.67	↓ 80.85%

Bảng 9. Kết quả tính toán cho từng nhiệt độ trường hợp dầm chứa tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ (c=50 mm) KB2

Thời gian (Phút)	Nhiệt độ cốt thép (°C)	Tải trọng P tương ứng (T)	Độ giảm (%)
0 phút	20°C	8.72	0%
30 phút	99°C	8.41	↓ 3.56%
60 phút	214°C	7.96	↓ 8.72%
90 phút	318°C	6.91	↓ 20.76%
120 phút	400°C	5.67	↓ 34.98%

Bảng 10. Kết quả tính toán cho từng nhiệt độ trường hợp dầm chứa tăng chiều dày lớp bê tông bảo vệ (c=70 mm) KB2

Thời gian (Phút)	Nhiệt độ cốt thép (°C)	Tải trọng P tương ứng (T)	Độ giảm (%)
0 phút	20°C	8.72	0%
30 phút	52°C	8.59	↓ 1.49%
60 phút	124°C	8.32	↓ 4.59%
90 phút	205°C	8.04	↓ 7.80%
120 phút	280°C	7.36	↓ 15.60%



Hình 10. Khả năng chịu lực của cấu kiện theo thời gian theo kích bản 1 (KB1) và kích bản 2 (KB2)

Hình 10 xác lập quy luật suy giảm năng lực chịu tải của dầm BTCT theo thời gian phơi nhiễm nhiệt. Kết quả khẳng định khả năng chịu tải tỉ lệ nghịch với thời gian và diện tích tiếp xúc lửa, trong đó kích bản KB2 gây tổn thất nghiêm trọng hơn KB1 do hiện tượng giao thoa nhiệt lượng đa hướng. Chiều dày lớp bảo vệ (c) là biến số quyết định: tại c=0mm, dầm mất 75% tải trọng sau 120 phút (KB2), trong khi c=70 mm bảo toàn 80-90% năng lực chịu tải nhờ hiệu ứng trễ nhiệt. Đây là cơ sở định lượng quan trọng để tối ưu hóa thiết kế kháng cháy theo QCVN 06:2022/BXD và Eurocode 2 [3].

4.3. Thảo luận

Phân tích tương quan giữa kích bản hỏa hoạn và chiều dày lớp bê tông bảo vệ (c) làm sáng tỏ quy luật suy giảm phi tuyến năng lực chịu tải (P) cùng sự gia tăng biến dạng cấu kiện dưới tác động của đường cong ISO 834. Trong kích bản gia nhiệt đơn diện (KB1), hiệu ứng trễ nhiệt (thermal lag) đóng vai trò rào cản nhiệt động học hữu hiệu. Khi c=20 mm, nhiệt độ cốt thép đạt 568°C khiến tải trọng tới hạn sụt giảm 66,28%. Tuy nhiên, tại c=70 mm, nhiệt độ chỉ ở mức 211°C, bảo toàn 91,51% năng lực chịu tải ban đầu. Kết quả này phù hợp với khung lý thuyết Eurocode 2 về ngưỡng tới hạn 400°C của thép carbon [2]. Ngược lại, kích bản gia nhiệt tam diện (KB2) bộc lộ sự nghiêm trọng do hiện tượng giao thoa nhiệt lượng đa hướng tại vùng lõi, gây thoái hóa về hóa lý trầm trọng ma trận gel C-S-H. Tại mốc 120 phút với c=20 mm, nhiệt độ thép vọt lên 645°C, khiến tải trọng sụt giảm 80,85%, đưa cấu kiện vào trạng thái cận kề sụp đổ [5]. Sự hội tụ các đường đẳng nhiệt (isotherms) thúc đẩy trực trung hòa dịch chuyển lên phía trên, thu hẹp cánh tay đòn nội lực và triệt tiêu biên độ an toàn nhanh chóng hơn KB1.

Về động học biến dạng, nghiên cứu ghi nhận sự chuyển đổi từ vênh nhiệt (thermal bowing) sang biến dạng nhanh chóng (runaway deformation). Trong khi KB1 (c=70 mm) kiểm soát biến dạng dư dưới 3%, thì KB2 (c=20 mm) ghi nhận độ võng tới 45% do chảy dẻo nhiệt và nghiêng nát bê tông vùng nén. Do đó, c là biến số chiến lược quyết định giới hạn chịu lửa (R). Việc nâng cấp cc từ 20 mm lên 70 mm trong điều kiện cháy đa diện giúp cải thiện khả năng

kháng cháy từ 3 đến 4 lần, cung cấp dữ liệu định lượng thiết yếu cho thiết kế an toàn cháy theo hiệu năng [1].

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác lập hệ thống luận cứ khoa học vững chắc về hành vi nhiệt-cơ của dầm BTCT dưới tác động hỏa hoạn tiêu chuẩn. Kết quả khẳng định chiều dày lớp bảo vệ (c) là biến số chiến lược quyết định giới hạn chịu lửa (R). Ngưỡng c=70 mm được xác định là biên độ an toàn nhiệt học tối ưu, cho phép bảo toàn 85-90% năng lực chịu tải dư sau 120 phút phơi nhiễm nhiệt. Việc gia tăng (c) không chỉ là giải pháp thụ động mà còn là chiến lược chủ động ngăn ngừa sự sụp đổ đột ngột, đặc biệt trong kích bản cháy tam diện nghiêm trọng [5].

Nghiên cứu chứng minh tính ưu việt của phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) trên nền tảng ANSYS APDL trong việc tái hiện tương tác nhiệt - cơ phi tuyến tuần tự. Quy trình này cho phép định lượng hóa các hiện tượng phức tạp như sự phân vùng cường độ không đồng nhất và ứng suất nhiệt cường bức mà các phương pháp truyền thống chưa thể đáp ứng. Hệ thống biểu đồ thiết kế đa biến và ma trận tra cứu nhanh được thiết lập là công cụ hỗ trợ thiết thực cho công tác thẩm định an toàn cháy theo triết lý thiết kế dựa trên hiệu năng.

Nghiên cứu cảnh báo rủi ro sụp đổ (progressive collapse) đối với các cấu kiện mảnh chịu lửa đa diện do hiện tượng giao thoa nhiệt lượng nghiêm trọng [2]. Đây là cơ sở lý luận quan trọng để kiến nghị điều chỉnh các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia tiệm cận với tiêu chuẩn Eurocode. Hướng phát triển tương lai cần tập trung vào cốt liệu đặc biệt và vật liệu chống cháy thông minh, kết hợp mô phỏng số tiên tiến và thực nghiệm quy mô lớn để tối ưu hóa tính bền vững cho hạ tầng trọng điểm quốc gia [1].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyen, P.L. Đánh giá khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông cốt thép trong kết cấu nhà ga hàng không theo tiêu chuẩn Eurocode. Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng, số 6, tr. 295-299, 2020.

[2] Nguyen, P.L., Ferrier, E. High-temperature behavior of hand lay-up CFRP under simultaneous thermal and mechanical loading. Fire Safety Journal, vol. 97, pp. 10-20, 2018.

[3] Nguyen, P.L. Experimental and numerical study on thermo-mechanical behavior of carbon fiber reinforced polymer and structures reinforced with CFRP. Doctoral Dissertation, Université Claude Bernard Lyon 1, France, 2018.

[4] European Committee for Standardization. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design (EN 1992-1-2). Brussels, Belgium: CEN, 2004.

[5] Nguyen, P.L., Vu, X.H. Thermo-mechanical performance of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) and CFRP-reinforced concrete structures under fire conditions. Construction and Building Materials, vol. 215, pp. 120-135, 2019.

Phương pháp thực hành tính toán dầm bê tông cốt thép theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt

A practical method for calculating the shear strength of reinforced concrete beams according to inclined cross-sections

> GS.TS NGUYỄN TIẾN CHƯƠNG, TS NGÔ VĂN THỨC¹, TS NGUYỄN HẢI QUANG², TS ĐOÀN XUÂN QUÝ^{3,*}

¹Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

²Trường Đại học Điện lực

³Trường Đại học Thủy lợi; *Email: quydx@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu phương pháp thực hành tính toán dầm bê tông cốt thép (BTCT) theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt. Khả năng chịu lực cắt của dầm được kiểm tra bằng cách so sánh biểu đồ khả năng chịu lực cắt của dầm với biểu đồ lực cắt. Điều kiện đảm bảo khả năng chịu lực cắt của dầm là biểu đồ khả năng chịu lực cắt của dầm không có điểm nào nằm phía dưới biểu đồ lực cắt; trường hợp ngược lại - dầm không đảm bảo khả năng chịu lực cắt. Phương pháp tính toán có ưu điểm là tính toán đơn giản và có thể tính toán dầm chịu tải trọng có quy luật phân bố bất kỳ, trong khi các phương pháp hiện hành chỉ tính toán cho trường hợp tải trọng tập trung hoặc tải trọng phân bố đều.

Từ khóa: Khả năng chịu cắt; tiết diện nghiêng; dầm bê tông cốt thép.

ABSTRACT

This paper presents a practical method for calculating the shear strength of reinforced concrete beams according to inclined cross-sections. The shear strength of the beam is checked by comparing the beam's shear strength diagram with the shear force diagram. The condition for ensuring shear strength is that the beam's shear strength diagram has no points below the shear force diagram; conversely, the beam fails to meet the shear strength requirements. The calculation method is simple and can handle beams subjected to loads with arbitrary distribution patterns. In contrast, current methods only calculate for concentrated or uniformly distributed loads.

Keywords: Shear strength; inclined cross-section; reinforced concrete beam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

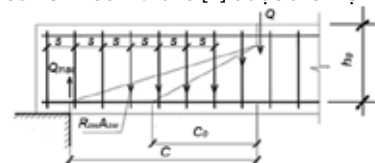
Mô hình tính toán dầm BTCT chịu lực cắt theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [1] là mô hình tiết diện nghiêng. Các phương pháp tính toán

dầm BTCT chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng đang được giảng dạy trong các trường đại học cũng như đang được dùng trong thực tế ở nước ta dựa trên phương pháp tính toán của LB Nga [3 - 5]. Phương pháp tính toán của LB Nga [6] được phát triển để tính toán cấu kiện chịu hai dạng tải trọng là dạng tải trọng phân bố đều và dạng lực tập trung. Với mỗi dạng tải trọng (phân bố đều hay lực tập trung), tiến hành phân tích để xác định các tiết diện nghiêng nguy hiểm trên từng khoảng giá trị chiều dài của hình chiếu tiết diện nghiêng và từ đó xây dựng các công thức tính toán khả năng chịu lực cắt theo các tiết diện nghiêng nguy hiểm. Phương pháp tính toán này có ưu điểm là đưa ra các công thức có thể tính toán bằng tay, nhưng cũng có các hạn chế là phải xét đến nhiều trường hợp tính toán và cho đến nay mới chỉ phát triển để tính toán cho hai trường hợp tải trọng là trường hợp dầm chịu tải trọng phân bố đều và trường hợp dầm chịu lực tập trung.

Khác với các phương pháp truyền thống trên đây, trong [2] đã đề xuất một cách tiếp cận mới để giải bài toán tính toán dầm BTCT theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt. Theo cách tiếp cận này được đề xuất trong [2], tính toán dầm BTCT theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt được thực hiện bằng cách so sánh trực tiếp biểu đồ lực cắt với biểu đồ khả năng chịu lực cắt của dầm. Cách tiếp cận này có thể khắc phục được các hạn chế trên đây của các phương pháp truyền thống. Theo cách tiếp cận này, phần dưới đây của bài báo sẽ phát triển phương pháp thực hành tính toán dầm BTCT theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt.

2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN DẦM BTCT THEO TIẾT DIỆN NGHIÊNG CHỊU LỰC CẮT

Mô hình tính toán dầm bê tông cốt thép theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt theo TCVN 5574:2018 [1] được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Mô hình tính toán dầm BTCT theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt
Điều kiện tính toán được viết như sau:

$$Q \leq Q_{bs} = Q_b + Q_{sw} \quad (1)$$

trong đó:

Q là lực cắt trên tiết diện nghiêng với chiều dài hình chiếu C lên trục dọc cấu kiện, được xác định do tất cả các ngoại lực nằm ở một

phía của tiết diện nghiêng đang xét; khi đó, cần kể đến tác dụng nguy hiểm nhất của tải trọng trong phạm vi tiết diện nghiêng;

Q_b là lực cắt chịu bởi bê tông trong tiết diện nghiêng;

Q_{sw} là lực cắt do cốt thép ngang chịu trong tiết diện nghiêng.

Lực cắt Q_b được xác định theo công thức:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} R_{bt} b h_0^2}{C} \quad (2)$$

nhưng không lớn hơn $2,5 R_{bt} b h_0$ và không nhỏ hơn $0,5 R_{bt} b h_0$,

Trong đó: φ_{b2} là hệ số, kể đến ảnh hưởng của cốt thép dọc,

lực bám dính và đặc điểm trạng thái ứng suất của bê tông nằm phía trên vết nứt xiên, lấy bằng 1,5.

Lực cắt Q_{sw} đối với cốt thép đai vuông góc với trục dọc cấu kiện được xác định theo công thức:

$$Q_{sw} = \varphi_{sw} q_{sw} C_0 \quad (3)$$

trong đó:

C_0 là hình chiếu vết nứt xiên, lấy bằng C nhưng không lớn hơn $2h_0$;

φ_{sw} là hệ số, kể đến sự suy giảm nội lực dọc theo chiều dài hình chiếu C_0 , lấy bằng 0,75;

q_{sw} là nội lực trong cốt thép ngang trên một đơn vị chiều dài cấu kiện, được xác định theo công thức:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} \quad (4)$$

A_{sw} là diện tích mặt cắt ngang của cốt thép đai;

s_w là khoảng cách giữa các cốt thép đai.

Cốt thép ngang được kể đến trong tính toán khi thỏa mãn điều kiện:

$$q_{sw} \geq 0,25 R_{bt} b \quad (5)$$

Ngoài ra, TCVN 5574:2018 [1] cho phép kể đến cốt thép ngang ngay cả khi điều kiện (5) không thỏa mãn, nếu như giá trị Q_b trong

(1) được xác định theo công thức:

$$Q_b = \frac{4\varphi_{b2} h_0^2 q_{sw}}{C} \quad (6)$$

Giới hạn giá trị của Q_b tính theo (6) giống như khi tính theo (2).

Theo TCVN 5574:2018 [1] khả năng chịu lực cắt của cốt thép đai được tính đến khi khoảng cách giữa các cốt thép đai thỏa mãn điều kiện:

$$s \leq \min \left(300mm, \frac{h_0}{2}, \frac{R_{bt} b h_0^2}{Q} \right) \quad (7)$$

Nếu khoảng cách giữa các cốt thép đai trong dầm không thỏa mãn điều kiện (7) hoặc dầm không có cốt thép đai thì khả năng chịu lực cắt của dầm chỉ có thành phần Q_b .

3. PHƯƠNG PHÁP THỰC HÀNH TÍNH TOÁN THEO TIẾT DIỆN NGHIÊNG CHỊU LỰC CẮT

Xét trường hợp các tải trọng trên dầm có phương vuông góc với trục dầm, tác dụng lên đỉnh dầm và có hướng từ trên xuống. Các biểu đồ Q và Q_{bs} được xây dựng dựa trên các giá trị của chúng tương ứng với tọa độ của tiết diện tính toán. Tại tiết diện cách mép gối một khoảng bằng x , lực cắt $Q = Q(x)$ được xác định như sau:

$$Q(x) = Q_{max} - \int_0^x q_l dx - \sum P_i \quad (8)$$

trong đó:

Q_{max} là lực cắt tại mép gối;

q_l, P_i tương ứng là tải trọng phân bố và lực tập trung tác dụng lên dầm trên phần bên trái tiết diện tính toán.

Dạng biểu đồ lực cắt Q phụ thuộc vào quy luật phân bố của tải trọng trên dầm. Nếu các tải trọng tác dụng lên dầm có hướng từ trên xuống thì đồ thị có dạng đi xuống. Giá trị của $Q(x)$ giảm dần từ mép gối đến phía trong nhịp. Hình 2 là một ví dụ về dạng biểu đồ lực cắt Q . Bước nhảy xuất hiện tại tọa độ có lực tập trung.



Hình 2. Ví dụ dạng biểu đồ lực cắt Q

Giá trị của Q_{bs} được xác định căn cứ vào hàm lượng và khoảng cách giữa các cốt thép đai. Nếu hàm lượng cốt thép đai thỏa mãn điều kiện (5) và khoảng cách giữa các cốt thép đai thỏa mãn điều kiện (7) thì lực cắt Q_{sw} được xác định theo công thức:

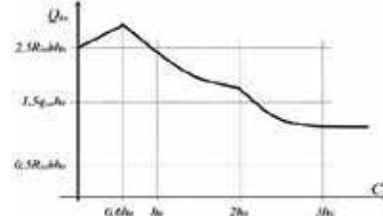
$$Q_{sw} = 0,75 q_{sw} C \leq 1,5 q_{sw} h_0 \quad (9)$$

và lực cắt Q_b được xác định theo công thức:

$$0,5 R_{bt} b h_0 \leq Q_b = \frac{1,5 R_{bt} b h_0^2}{C} \leq 2,5 R_{bt} b h_0 \quad (10)$$

Trong đó: q_{sw} được xác định theo (4).

Biểu đồ lực cắt Q_{bs} có dạng như trên Hình 3.



Hình 3. Biểu đồ lực cắt Q_{bs}

Đại lượng C trong các công thức trên đây là chiều dài của hình chiếu tiết diện nghiêng lên trục dầm, còn x là khoảng cách từ mép gối đến tiết diện tính toán. Trường hợp các tải trọng trên dầm có phương vuông góc với trục dọc, tác dụng lên đỉnh dầm và có hướng từ trên xuống, ta có $C = x$. Biểu đồ lực cắt Q và biểu đồ Q_{bs} có thể được vẽ trên trục chung (ví dụ ở Hình 4). Trên Hình 4, trục ngang là khoảng cách từ mép gối đến tiết diện tính toán, có thể là x hoặc C tùy thuộc vào tính toán Q hoặc Q_{bs} .



Khoảng cách từ mép gối (x/C)

Hình 4. Ví dụ về biểu đồ lực cắt Q và Q_{bs} trên cùng hệ trục

Trên hệ trục chung, nếu biểu đồ Q_{bs} không có điểm nào nằm phía dưới biểu đồ Q , tức là với mọi tiết diện nghiêng, đại lượng Q_{bs} không nhỏ hơn Q . Đây là trường hợp đảm bảo khả năng chịu tác dụng của lực cắt theo tiết diện nghiêng. Trường hợp biểu đồ Q_{bs} có một phần nằm phía dưới biểu đồ Q , nghĩa là tồn tại các tiết diện nghiêng, mà theo đó lực cắt Q_{bs} nhỏ hơn lực cắt Q . Trường hợp này dầm không đảm bảo khả năng chịu tác dụng của lực cắt theo tiết diện nghiêng, không thỏa mãn điều kiện (1).

Nếu khoảng cách giữa các cốt thép đai không thỏa mãn điều kiện (7) hoặc trong dầm không có cốt thép đai thì tính toán theo khả năng chịu lực cắt của dầm được tiến hành như trên đây nhưng không tính khả năng chịu lực cắt của cốt thép đai ($q_{sw} = 0$).

Nếu khoảng cách giữa các cốt thép đai thỏa mãn điều kiện (7), nhưng cốt thép đai không thỏa mãn điều kiện (5) thì có thể tính toán như trường hợp không có cốt đai hoặc như trường hợp có cốt đai nhưng lực cắt Q_b được xác định theo công thức:

$$0,5R_{bt}bh_0 \leq Q_b = \frac{4\varphi_{b2}h_0^2q_{sw}}{C} \leq 2,5R_{bt}bh_0 \quad (11)$$

Dầm đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng nếu có ít nhất một trong hai trường hợp thỏa mãn điều kiện tính toán.

4. QUY TRÌNH TÍNH TOÁN

** Bước 1: Tính toán theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng*

Tính toán theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng được thực hiện theo điều kiện:

$$Q \leq 0,3R_{bt}bh_0 \quad (12)$$

Trong đó: Q là lực cắt trong dầm tại tiết diện có khoảng cách đến mép dầm không nhỏ hơn h_0 . Để đơn giản khi tính toán, thiên về an toàn, có thể lấy $Q = Q_{max}$.

Dầm không đảm bảo khả năng chịu lực cắt nếu điều kiện (12) không thỏa mãn.

** Bước 2: Kiểm tra khoảng cách giữa các cốt thép đai theo yêu cầu cấu tạo:*

Theo quy định về cấu tạo, khoảng cách giữa các cốt thép đai trong dầm phải thỏa mãn điều kiện:

$$s \leq S_{ct} = \min(500mm, 3h_0/4). \quad (13)$$

Nếu không thỏa mãn điều kiện (13) thì cốt thép đai không đảm bảo yêu cầu về cấu tạo, không đảm bảo điều kiện để tính toán theo khả năng chịu lực cắt.

** Bước 3: Tính toán theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt:*

Kiểm tra khoảng cách giữa các cốt thép đai theo điều kiện:

$$s \leq s_{max} = \min(300mm, \frac{h_0}{2}, \frac{R_{bt}bh_0^2}{Q}). \quad (14)$$

Nếu không thỏa mãn điều kiện (14), thì khi tính toán dầm theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt, không tính cốt thép đai. Trường hợp thỏa mãn điều kiện (14), tiến hành kiểm tra theo điều kiện (5). Nếu vừa thỏa mãn điều kiện (14) và điều kiện (5), thì tính dầm có cốt thép đai với Q_{sw} tính theo (9) và Q_b tính theo (10). Nếu thỏa mãn điều kiện (14) nhưng không thỏa mãn điều kiện (5), thì có thể tính dầm theo hai cách: không có cốt thép đai hoặc có cốt thép đai nhưng Q_b được tính theo (6). Nếu có ít nhất theo một cách tính mà thỏa mãn điều kiện (1), thì dầm đảm bảo khả năng chịu lực cắt; nếu theo cả hai cách tính mà không thỏa mãn điều kiện (1), thì dầm không đảm bảo khả năng chịu lực cắt.

Theo phương pháp thực hành tính toán dầm theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt, khả năng chịu lực cắt của dầm được thực hiện bằng cách so sánh biểu đồ Q với biểu đồ Q_{bs} (hoặc Q_b - trường hợp không tính cốt thép đai). Nếu biểu đồ lực cắt Q không có phần nào cao hơn biểu đồ khả năng chịu lực cắt của dầm Q_{bs} (hoặc Q_b - trường hợp không tính cốt thép đai) thì dầm đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng, ngược lại, dầm không đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng.

Ta có thể xác định tiết diện nghiêng $C = C_o$ mà theo đó hiệu số giữa Q_{sb} và Q có giá trị nhỏ nhất, tức là $\Delta = Q_{bs}(C_o) - Q(C_o) = \min(Q_{bs}(C) - Q(C))$. Dầm đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng khi $\Delta \geq 0$, không đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng khi $\Delta < 0$. Tương tự, trong trường hợp không tính cốt thép đai, có thể xác định tiết diện nghiêng $C = C_o$ mà tại đó hiệu số giữa

Q_b và Q có giá trị nhỏ nhất, tức là $\Delta = Q_b(C_o) - Q(C_o) = \min(Q_b(C) - Q(C))$. Dầm đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng khi $\Delta \geq 0$, không đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng khi $\Delta < 0$.

Theo quy trình tính toán trên đây, một chương trình tính toán dầm bê tông cốt thép chịu lực cắt được viết bằng ngôn ngữ PYTHON. Dưới đây là các ví dụ được tính bằng chương trình này.

5. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

5.1. Ví dụ 1: Dầm chịu tải phân bố đều

Tính toán theo độ bền chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng dầm đơn giản BTCT có tiết diện chữ nhật $b = 200mm$; $h = 400mm$; $h_0 = 370mm$; bê tông B25 ($R_b = 14,5MPa$; $R_{bt} = 1,05MPa$); cốt thép đai 2 nhánh Ø8CB240 - T ($A_{sw} = 50,5mm^2$; $R_{sw} = 170MPa$; $s = 150mm$). Tải trọng tác dụng lên dầm phân bố đều: tải trọng thường xuyên $q_g = 14kN/m$, tải trọng tạm thời $q_v = 36kN/m$. Lực cắt tại mép gối $Q_{max} = 137,5kN$.

-----KẾT QUẢ TÍNH TOÁN-----

Tính toán theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng:

$$Q_{max} = 137,500kN$$

$$0,3R_{bt}bh_0 = 321,900kN$$

☒ $Q_{max} < 0,3R_{bt}bh_0 \rightarrow$ Đảm bảo độ bền theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng.

Kiểm tra khoảng cách cốt thép đai theo yêu cầu cấu tạo:

$$s = 150mm$$

$$S_{ct} = 278mm$$

☒ $s < S_{ct} = \min(500, 3h_0/4) \rightarrow$ Đảm bảo yêu cầu cấu tạo.

TÍNH TOÁN THEO TIẾT DIỆN NGHIÊNG CHỊU LỰC CẮT:

Kiểm tra khoảng cách cốt thép đai theo yêu cầu để tính:

$$s = 150mm$$

$$S_{max} = 185mm$$

☒ $s < S_{max} = \min(300, h_0/2, R_{bt}bh_0^2/Q_{max}) \rightarrow$ Đảm bảo yêu cầu để tính cốt thép đai.

Kiểm tra hàm lượng cốt thép đai:

$$q_{sw} = 114mm$$

$$q_{swmin} = 52mm$$

☒ $q_{sw} > q_{swmin} = 0,25R_{bt}b$

Trường hợp $s < S_{max}$ & $q_{sw} > q_{swmin} \rightarrow$ có tính cốt thép đai

☒ Đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng.

Tiết diện nghiêng nguy hiểm $C_0 = 1110mm$

Lực cắt tại tiết diện..... $Q(C_0) = 101,980kN$

Khả năng chịu lực cắt..... $Q_{bs}(C_0) = 102,084kN$

Ví dụ này được lấy trong [6]. Kết quả tính toán trong [6]: $C_0 = 1161mm$, tại đó lực cắt $Q(C_0) = 100,35kN$, khả năng chịu lực cắt $Q_{bs}(C_0) = 100,69kN$.

5.2. Ví dụ 2: Dầm chịu lực tập trung

Tính toán theo độ bền chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng dầm đơn giản BTCT có nhịp $L = 4,5m$, chịu lực tập trung $P = 195kN$ đặt tại các vị trí 1/3 nhịp dầm; kích thước tiết diện ngang $b = 300mm$; $h = 600mm$; $h_0 = 530mm$; bê tông B20 ($R_b = 11,5MPa$; $R_{bt} = 0,90MPa$); cốt thép đai 2 nhánh Ø8CB240 - T ($A_{sw} = 50,5mm^2$; $R_{sw} = 170MPa$; $s = 100mm$).

-----KẾT QUẢ TÍNH TOÁN-----

Tính toán theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng:

$$Q_{max} = 195,000kN$$

$$0,3R_{bt}bh_0 = 548,550kN$$

☒ $Q_{max} < 0,3R_{bt}bh_0 \rightarrow$ Đảm bảo độ bền theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng.

Kiểm tra khoảng cách cốt thép đai theo yêu cầu cấu tạo:

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$s_{ct} = 398 \text{ mm}$$

☑ $s < s_{ct} = \min(500, 3h_0/4) \rightarrow$ Đảm bảo yêu cầu cấu tạo.

TÍNH TOÁN THEO TIẾT DIỆN NGHIÊNG CHỊU LỰC CẮT:

Kiểm tra khoảng cách cốt thép đai theo yêu cầu để tính:

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 265 \text{ mm}$$

☑ $s < s_{max} = \min(300, h_0/2, R_{bt}bh_0^2/Q_{max}) \rightarrow$ Đảm bảo yêu cầu để tính cốt thép đai.

Kiểm tra hàm lượng cốt thép đai:

$$q_{sw} = 171 \text{ mm}$$

$$q_{swmin} = 68 \text{ mm}$$

☑ $q_{sw} > q_{swmin} = 0,25R_{bt}b$

Trường hợp $s < s_{max}$ & $q_{sw} > q_{swmin} \rightarrow$ có tính cốt thép đai

☑ Đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng.

Tiết diện nghiêng nguy hiểm $C_0 = 1500 \text{ mm}$

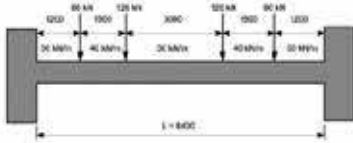
Lực cắt tại tiết diện..... $Q(C_0) = 195,000 \text{ kN}$

Khả năng chịu lực cắt..... $Q_{bs}(C_0) = 211,711 \text{ kN}$

Ví dụ 2 được lấy trong [5]. Kết quả tính toán trong [5]: $C = a = 1500 \text{ mm}$; $Q = 195,000 \text{ kN}$; $Q_{bs} = 211,709 \text{ kN}$.

5.3. Ví dụ 3: Dầm chịu tải trọng có phân bố phức tạp

Tính toán theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt của dầm BTCT có sơ đồ như Hình 5. Mặt cắt ngang dầm hình chữ nhật: $b = 350 \text{ mm}$, $h = 700 \text{ mm}$, $h_0 = 650 \text{ mm}$. Bê tông B30 ($R_b = 17 \text{ MPa}$; $R_{bt} = 1,15 \text{ MPa}$). Cốt thép đai: $\Phi 10, CB400 - V$ ($R_{sw} = 280 \text{ MPa}$), $s = 180 \text{ mm}$, $n = 2$. Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải) tác dụng lên dầm như trên Hình 5. Tải trọng tạm thời (hoạt tải) phân bố đều trên dầm $q_v = 40 \text{ kN/m}$. Lực cắt lớn nhất tại mép gối $Q_{max} = 491 \text{ kN}$.



Hình 5. Dầm BTCT

-----KẾT QUẢ TÍNH TOÁN-----

Tính toán theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng:

$$Q_{max} = 491,000 \text{ kN}$$

$$0,3R_{bt}bh_0 = 1160,250 \text{ kN}$$

☑ $Q_{max} < 0,3R_{bt}bh_0 \rightarrow$ Đảm bảo độ bền theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng.

Kiểm tra khoảng cách cốt thép đai theo yêu cầu cấu tạo:

$$s = 180 \text{ mm}$$

$$s_{ct} = 488 \text{ mm}$$

☑ $s < s_{ct} = \min(500, 3h_0/4) \rightarrow$ Đảm bảo yêu cầu cấu tạo.

TÍNH TOÁN THEO TIẾT DIỆN NGHIÊNG CHỊU LỰC CẮT:

Kiểm tra khoảng cách cốt thép đai theo yêu cầu để tính:

$$s = 180 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

☑ $s < s_{max} = \min(300, h_0/2, R_{bt}bh_0^2/Q_{max}) \rightarrow$ Đảm bảo yêu cầu để tính cốt thép đai.

Kiểm tra hàm lượng cốt thép đai:

$$q_{sw} = 244 \text{ mm}$$

$$q_{swmin} = 101 \text{ mm}$$

☑ $q_{sw} > q_{swmin} = 0,25R_{bt}b$

Trường hợp $s \leq s_{max}$ & $q_{sw} \geq q_{swmin} \rightarrow$ có tính cốt thép đai

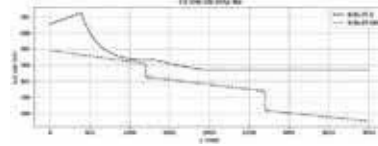
☑ Đảm bảo khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng.

Tiết diện nghiêng nguy hiểm $C_0 = 1004 \text{ mm}$

Lực cắt tại tiết diện..... $Q(C_0) = 420,720 \text{ kN}$

Khả năng chịu lực cắt..... $Q_{bs}(C_0) = 438,061 \text{ kN}$

Biểu đồ lực cắt Q và Q_{bs} được thể hiện trên Hình 6.



Hình 6. Biểu đồ lực cắt Q và Q_{bs}

6. THẢO LUẬN

Trên đây đã xem xét 3 ví dụ, trong đó 1 ví dụ dầm chịu tải trọng phân bố đều, 1 ví dụ dầm chịu các lực tập trung và 1 ví dụ dầm chịu tải trọng có phân bố phức tạp. Giá trị lực cắt trong dầm và khả năng chịu lực cắt của dầm được xác định tại các tiết diện với khoảng cách 1 mm. Kết quả tính toán theo phương pháp thực hành được đề xuất phù hợp với số liệu công bố trong các tài liệu trích dẫn cho trường hợp dầm chịu tải trọng phân bố đều và chịu lực tập trung. Ví dụ 3 thể hiện các ưu điểm của phương pháp tính toán được đề xuất là có thể áp dụng để tính toán dầm chịu tải trọng có phân bố phức tạp và kết quả tính toán được biểu diễn trực quan bằng các biểu đồ (Hình 6).

7. KẾT LUẬN

Phương pháp thực hành tính toán dầm bê tông cốt thép theo tiết diện nghiêng chịu lực cắt được đề xuất trong bài báo được xây dựng trên cơ sở mô hình tính toán của TCVN 5574:2018. Phương pháp được áp dụng để tính toán dầm bê tông cốt thép chịu tác dụng của tải trọng có phân bố bất kỳ, tác dụng lên đỉnh dầm theo phương vuông góc với trục dầm và có hướng từ trên xuống. Thay vì phải xác định trước các tiết diện nghiêng nguy hiểm và xét nhiều trường hợp tải trọng riêng biệt như trong các phương pháp tính toán truyền thống, phương pháp này kiểm tra khả năng chịu lực cắt của dầm thông qua việc so sánh trực tiếp biểu đồ lực cắt với biểu đồ khả năng chịu lực cắt theo tiết diện nghiêng dọc theo chiều dài dầm.

Đối với trường hợp dầm chịu tải trọng phân bố đều và dầm chịu tải trọng tập trung, kết quả tính toán của các ví dụ cho thấy phương pháp được đề xuất cho kết quả phù hợp với kết quả tính toán theo các phương pháp tính toán hiện hành trong các tài liệu. Ngoài ra, phương pháp có thể áp dụng để tính dầm chịu tải trọng có quy luật phân bố bất kỳ, trong khi các phương pháp truyền thống chỉ áp dụng được cho trường hợp dầm chịu tải trọng phân bố đều hoặc chịu tải trọng tập trung.

Với quy trình tính toán rõ ràng, trực quan và dễ số hóa, phương pháp đề xuất thuận lợi cho việc lập trình tính toán trên máy tính, phù hợp để sử dụng trong thực hành thiết kế và giảng dạy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 5574:2018. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [2] Nguyễn Tiến Chương, Ngô Văn Thúc, Trương Hoàng Phúc. Tính toán theo độ bền chịu lực cắt dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng phân bố phức tạp. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, số 12, tr. 71-75, 03/2025.
- [3] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Trường Thắng, Võ Mạnh Tùng. Kết cấu bê tông cốt thép - Phần cấu kiện cơ bản. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2021.
- [4] Lê Bá Huê, Phan Minh Tuấn. Phương pháp thực hành tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo TCVN 5574:2018. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2024.
- [5] Đoàn Thị Quỳnh Mai, Trần Việt Tâm, Phạm Thái Hoàn, Dương Văn Hai, Đinh Văn Tùng. Hướng dẫn tính toán cấu kiện bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2022.
- [6] Методическое пособие по расчету железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Москва, 2015.

Nghiên cứu khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông cốt liệu keramzit theo mô hình vết nứt tới hạn

Study on punching shear capacity of keramzit lightweight aggregate concrete flat slabs based on Critical shear crack theory

> THS PHẠM TRUNG HIẾU^{1,*}, PGS.TS NGUYỄN HÙNG PHONG², TS TRẦN VIỆT TÂM²

¹Văn phòng Đăng ủy phường Hải An, TP Hải Phòng

²Nhóm chuyên môn Công trình bê tông cốt thép, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: hieupham9892@gmail.com

TÓM TẮT

Khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông nhẹ cốt liệu rỗng đã được đề cập trong các tiêu chuẩn thiết kế trên thế giới, tuy nhiên việc áp dụng còn hạn chế. Bài báo đề xuất một mô hình tính toán khả năng chống chọc thủng của bản sàn bê tông nhẹ dựa trên lý thuyết vết nứt tới hạn (CSCT). Mô hình đề xuất được phát triển từ việc phân tích cơ chế phá hoại có kể đến đường kính, tính chất cốt liệu và góc xoay của bản, phản ánh sát hơn ứng xử của bản bê tông nhẹ sau nứt. Kết quả của mô hình tính toán đề xuất được kiểm chứng trên các dữ liệu thực nghiệm của 26 mẫu sàn được công bố trong các nghiên cứu uy tín trên thế giới. Kết quả kiểm chứng cho thấy mô hình đề xuất dự báo khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông nhẹ chính xác và có độ tin cậy đảm bảo.

Từ khóa: Bê tông cốt liệu nhẹ; khả năng chống chọc thủng; lý thuyết vết nứt tới hạn CSCT.

ABSTRACT

The punching shear resistance of lightweight aggregate concrete flat slabs has been addressed in numerous design standards; however, their application remains subject to several limitations. This paper proposes a model for predicting the punching shear resistance of slabs based on the Critical Shear Crack Theory (CSCT). The proposed model is developed through an analysis of the failure mechanism considering both aggregate diameter and slab rotation, thereby providing a more realistic representation of the post-cracking behavior of lightweight concrete. The model is validated against experimental data reported in reputable international studies. The validation results demonstrate that the proposed model can predict punching shear resistance with good accuracy and reliability.

Keywords: Lightweight aggregate concrete; punching shear resistance; Critical Shear Crack Theory (CSCT).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sàn phẳng bê tông cốt thép được sử dụng phổ biến trong các công trình dân dụng và công nghiệp nhờ ưu điểm giảm chiều cao tầng, tăng tính linh hoạt cho việc bố trí không gian kiến trúc và thuận lợi trong thi công. Ngày nay, bê tông cốt liệu nhẹ (Lightweight Aggregate Concrete - LWAC) càng được quan tâm trong xây dựng nhờ khả năng giảm tải trọng bản thân kết cấu, góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế và giảm tác động đến môi trường. Tuy nhiên, do có mô đun đàn hồi thấp hơn, cường độ chịu kéo nhỏ hơn và cơ chế cài cốt liệu khác so với bê tông thường, khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông cốt liệu nhẹ có thể suy giảm so với bê tông thường và cần được đánh giá bằng các mô hình tính toán phù hợp.

Hiện nay, các tiêu chuẩn thiết kế như TCVN 5574:2018 [1], ACI 318-19 [2], Eurocode 2 [3], Fib Model Code 2010 [4] đều đã đề cập đến khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông nhẹ, tuy nhiên do cơ sở tính khác nhau nên cho kết quả dự báo khác

nhau. Trong Fib Model Code 2010 [4] và nghiên cứu của Aurelio Muttoni [5], đường kính cốt liệu hiệu quả của bê tông nhẹ được giả thiết bằng không ($d_g = 0$) để xét đến sự suy giảm cơ chế cài cốt liệu trong vết nứt do hiện tượng phá vỡ các hạt cốt liệu. Kết quả nghiên cứu của Caratelli [6] lại cho thấy các hạt cốt liệu không bị phá vỡ, không quan sát thấy sự suy giảm đáng kể của cơ chế cài cốt liệu. Việc xác định góc xoay của bản tương đối phức tạp do phụ thuộc vào kết quả phân tích mô men tác dụng và mô men kháng uốn của tiết diện. Những hạn chế này cho thấy cần tiếp tục hoàn thiện mô hình tính toán khả năng chống chọc thủng đối với sàn bê tông nhẹ.

Tên cơ sở lý thuyết vết nứt tới hạn (CSCT), bài báo phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông cốt liệu nhẹ và đề xuất một mô hình và công thức tính toán mới. Trong mô hình đề xuất, đường kính cốt liệu hiệu quả được xác định như một hàm phụ thuộc vào khối lượng riêng của bê tông và kích thước cốt liệu

lớn nhất của hạt; đồng thời góc xoay của bản được xác định thông qua tỷ số biến dạng cốt thép thay cho tỷ số mô men.

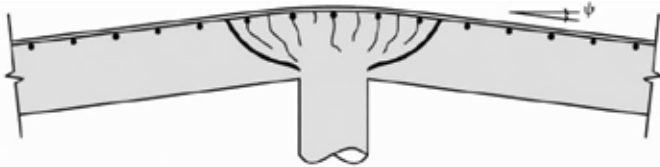
2. LÝ THUYẾT VẾT NỨT TỚI HẠN XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỐNG CHỌC THÙNG CỦA SÀN PHẪNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

Lý thuyết vết nứt tới hạn (Critical Shear Crack Theory - CSCT) là cơ sở lý thuyết được áp dụng để mô tả cơ chế phá hoại chọc thủng của sàn phẳng bê tông cốt thép; theo đó khả năng kháng chọc thủng được tính theo công thức:

$$V_{Rdc} = k_{\psi} \frac{\sqrt{f_c}}{\gamma_c} b_0 d_v \text{ với } k_{\psi} = \frac{1}{1,5 + 0,9 \times k_{dg} \times \psi \times d} \leq 0,6 \quad (1)$$

Trong đó: f_c : cường độ chịu nén của bê tông (MPa); b_0 : chu vi đáy tháp chọc thủng; d_v : chiều cao làm việc vùng chịu cắt; k_{ψ} : hệ số phụ thuộc vào góc xoay (ψ) của sàn, đường kính cốt liệu (k_{dg}) và chiều cao trung bình làm việc theo 2 phương (d).

Khác với các phương pháp thiết kế truyền thống dựa chủ yếu vào cường độ chịu kéo của bê tông. Mô hình vết nứt tới hạn cho rằng khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông cốt thép bị chi phối bởi sự hình thành và mở rộng của vết nứt nghiêng quanh cột. Khi tải trọng tăng, bản sàn xuất hiện biến dạng xoay tại vùng liên kết cột - sàn; bản sàn bị xoay làm vết nứt nghiêng mở rộng, suy giảm khả năng truyền lực cắt qua vùng bê tông chịu nén và qua mặt nứt.



Hình 1. Góc xoay ψ của bản sàn

Góc xoay phản ánh mức độ biến dạng của vùng liên kết cột - sàn dưới tác dụng của tải trọng và có quan hệ trực tiếp với độ mở của vết nứt tới hạn. Khi góc xoay tăng, độ mở vết nứt tăng theo, làm suy giảm khả năng truyền lực cắt qua mặt nứt do giảm hiệu quả cài cốt liệu. Vì vậy, khả năng chống chọc thủng của sàn giảm dần khi góc xoay tăng.

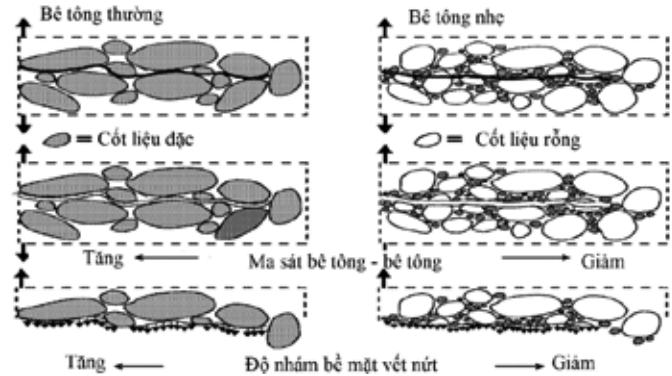
Bên cạnh đó, kích thước cốt liệu lớn nhất và đường kính cốt liệu hiệu quả (d_g) có vai trò quan trọng vì ảnh hưởng đến cơ chế cài cốt liệu trên mặt nứt. Đối với bê tông thường, khi vết nứt phát triển cắt qua bê tông, lực cắt có thể được truyền một phần nhờ hiệu ứng cài cốt liệu hai bên mặt nứt. Nếu vết nứt đi xuyên qua cốt liệu hoặc cốt liệu có cường độ thấp bị nghiêng vỡ, khả năng cài cốt liệu bị suy giảm. Vì vậy, mô hình có thể được điều chỉnh thông qua việc xác định lại (d_g), xét đến đặc điểm cốt liệu, đường đi của vết nứt và mức độ phá hoại qua cốt liệu.

3. CƠ CHẾ PHÁ HOẠI CHỌC THÙNG SÀN BÊ TÔNG NHẹ KERAMZIT

Đối với sàn bê tông nhẹ sử dụng cốt liệu rỗng keramzit, do cường độ của hạt keramzit thấp hơn cốt liệu đá tự nhiên, vết nứt nghiêng trong vùng chọc thủng thường phát triển xuyên qua hạt cốt liệu. Hiện tượng này làm suy giảm đáng kể cơ chế cài cốt liệu, dẫn đến khả năng truyền lực cắt qua mặt nứt thấp hơn so với bê tông thường.

Sự suy giảm hiệu quả cài cốt liệu trong bê tông nhẹ làm giảm ma sát giữa hai mặt nứt và khả năng truyền lực cắt qua vết nứt, do đó các vết nứt có xu hướng phát triển nhanh hơn và vùng phá hoại được hình thành ở mức tải trọng thấp hơn so với bê tông thường có cùng cường độ chịu nén.

Kalus et al. (2025) [8] ghi nhận biến dạng của cốt thép không vượt quá biến dạng chảy tại thời điểm phá hoại. Kết quả này cho thấy phá hoại chọc thủng xảy ra trước khi hệ cốt thép chịu kéo được huy động hoàn toàn, cho rằng khả năng chịu lực của liên kết cột - sàn bị chi phối chủ yếu bởi cơ chế chọc thủng của bê tông thay vì cơ chế phá hoại do uốn.



Hình 2. Vết nứt do phá hoại chọc thủng của Bê tông (Wille và Dehn) [7]

Những đặc điểm trên cho thấy cơ chế chống chọc thủng của sàn bê tông nhẹ cốt liệu keramzit chịu ảnh hưởng mạnh bởi đặc tính của cốt liệu nhẹ, sự giảm hiệu ứng cài cốt liệu và ứng suất của cốt thép khi phá hoại. Những yếu tố này có thể được xem xét nhằm tăng độ chính xác của công thức khi áp dụng đối với sàn phẳng bê tông nhẹ.

4. ĐỀ XUẤT TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỐNG CHỌC THÙNG CỦA SÀN PHẪNG BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẹ THEO LÝ THUYẾT VẾT NỨT TỚI HẠN

4.1. Xét ảnh hưởng của kích thước cốt liệu đến khả năng chống chọc thủng

Kích thước cốt liệu ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng truyền lực cắt qua mặt nứt. Khi kích thước cốt liệu tăng, bề mặt nứt trở nên gồ ghề hơn, làm tăng hiệu ứng cài cốt liệu và ma sát giữa hai mặt nứt, từ đó nâng cao khả năng truyền lực cắt. Ngược lại, cốt liệu nhỏ tạo ra bề mặt nứt tương đối phẳng, làm giảm hiệu quả cài cốt liệu và khả năng truyền lực qua vết nứt.

Trong fib Model Code 2010 [4], ảnh hưởng của cốt liệu được xét thông qua đường kính cốt liệu hiệu quả d_g . Đối với bê tông thường, giá trị d_g được xác định theo kích thước cốt liệu lớn nhất sử dụng trong cấp phối (d_{max}). Tuy nhiên, đối với bê tông cốt liệu nhẹ, tiêu chuẩn giả thiết $d_g = 0$ do cho rằng cốt liệu nhẹ thô bị nghiêng vỡ khi phá hoại xảy ra và không còn tham gia đáng kể vào cơ chế cài cốt liệu.

Caratelli và cộng sự [6] cho rằng giả thiết $d_g = 0$ trong fib Model Code 2010 [4] chưa phản ánh đầy đủ vai trò của cơ chế cài cốt liệu trong bê tông nhẹ, do các hạt cốt liệu nhẹ không phải lúc nào cũng bị phá vỡ hoàn toàn và bề mặt phá hoại vẫn tồn tại độ nhám đáng kể do ảnh hưởng của cốt liệu mịn. Vì vậy, tác giả đề xuất sử dụng đường kính cốt liệu hiệu quả d_g có xét đến mức độ phá vỡ của cốt liệu nhẹ khi đánh giá khả năng chống chọc thủng $d_g = (0,5 \div 0,9) d_{max}$ với d_{max} là kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu lớn nhất dạng cầu.

Công thức đề xuất của Caratelli và cộng sự [6] chỉ phản ánh kích thước hạt, không phản ánh chất lượng cơ học của hạt nhẹ (nhẹ/yếu). Deifalla (2020) [9] trong nghiên cứu của mình đề xuất đường kính cốt liệu hiệu quả d_g nên được xác định như một hàm phụ thuộc vào khối lượng riêng của bê tông ρ_c (kg/m^3), nhằm phản ánh một cách hợp lý hơn mối quan hệ giữa đặc tính vật liệu của bê tông cốt liệu nhẹ và cơ chế truyền lực cắt qua vết nứt.

$$d_g = \left(\frac{\rho_c}{2400} \right)^3 \times d_{max} \quad (2)$$

Theo Eurocode 2 [3], ảnh hưởng của bê tông nhẹ đến các đặc trưng cơ học được xét thông qua tỷ số chuẩn hóa ($\rho_c/2200$), trong đó 2200 kg/m^3 là giới hạn trên khối lượng thể tích của bê tông nhẹ. Nhận thấy ảnh hưởng của khối lượng thể tích bê tông đến các đặc trưng cơ học có tính phi tuyến, nghiên cứu đề xuất hiệu chỉnh đường kính cốt liệu hiệu quả (d_g) theo khối lượng thể tích bê tông, với giá trị tham chiếu 2200 kg/m^3 theo Eurocode 2 [3], nhằm phản ánh ảnh hưởng của bê tông nhẹ đến cơ chế cài cốt liệu, cụ thể:

$$d_g = \left(\frac{\rho_c}{2200} \right)^3 \times d_{\max} \quad (3)$$

Trong đó: số mũ 3 là được kế thừa từ cách tiếp cận của Deifalla (2020) [9], còn giá trị 2200 kg/m^3 được lựa chọn để bảo đảm tính thống nhất với các quy định của Eurocode 2 [3] đối với bê tông nhẹ; $d_{\max}$: kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu thô dạng cầu.

Goldyn (2023) [10] chỉ ra rằng cốt liệu mịn tự nhiên vẫn góp phần tạo độ nhám bề mặt vết nứt và duy trì khả năng truyền lực cắt trong bê tông nhẹ. Vì vậy, nghiên cứu đề xuất giới hạn (d_g) không nhỏ hơn kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu mịn tự nhiên (cát tự nhiên) ($d_{\max,s}$).

$$d_g = \left(\frac{\rho_c}{2200} \right)^3 \times d_{\max} \geq d_{\max,s} \quad (4)$$

Trong trường hợp không có số liệu về kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu $d_{\max}$, có thể giả thiết (d_g) bằng kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu mịn tự nhiên ($d_{\max,s}$).

$$d_g = d_{\max,s} \quad (5)$$

Đối với bê tông thông dụng, giá trị $d_{\max,s}$ này thường nằm trong khoảng từ 4 mm đến 5 mm.

4.2. Đề xuất biểu thức tính gần đúng góc xoay ψ của bản sàn

Theo fib Model Code 2010 [4], biểu thức tính góc xoay của bản sàn được đề xuất:

$$\psi = 1,5 \times \frac{r_s}{d} \times \frac{f_{yd}}{E_s} \times \left(\frac{m_s}{m_R} \right)^{1,5} \quad (6)$$

Trong đó: m_s : mô men trung bình trên một đơn vị chiều dài dùng để tính toán cốt thép chịu uốn trong dải cột (support strip) theo phương đang xét; m_R : mô men chịu uốn thiết kế trung bình trên một đơn vị chiều dài của dải cột, cũng theo phương đang xét.

Theo đề xuất của Taehun Ha et al. (2015) [11] thay vì sử dụng tỷ số (m_s/m_R), có thể xem xét sử dụng tỷ số biến dạng ($\varepsilon_s/\varepsilon_y$), cho phép đánh giá hợp lý hơn trạng thái làm việc thực tế của cốt thép trong điều kiện phá hoại chọc thủng:

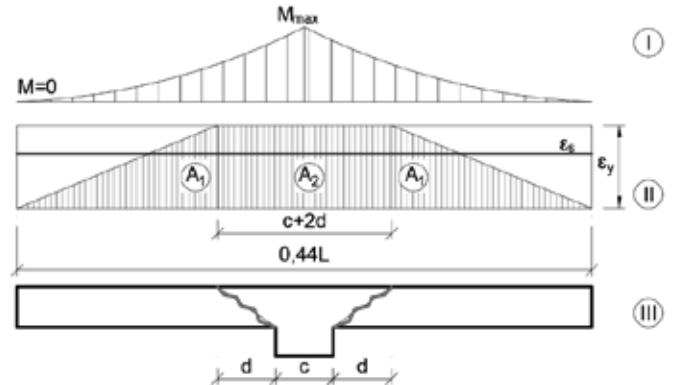
$$\frac{m_s}{m_R} = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} \quad (7)$$

Trong đó: ε_s là biến dạng trung bình của cốt thép trong dải cột; ε_y là biến dạng chảy dẻo của cốt thép.

Đồng thời khi đó hệ số 1.5 được thay thế bằng hệ số 1,2 theo mức tính toán gần đúng cấp III (LoA III) của fib Model Code 2010 [4] đối với phá hoại chọc thủng.

Trong thực hành thiết kế, nội lực của sàn thường được xác định bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), còn cốt thép trong dải cột được bố trí dựa trên mô men trung bình trong phạm vi bề rộng liên quan đến chu vi chọc thủng ($s_0 = c + 2d$). Tương tự như biểu đồ biến dạng của cốt thép (Taehun Ha et al. 2015 [11]; Kalus et al. 2025 [8]), giả thiết dạng phân bố ứng suất, trong đó biến dạng của cốt thép chịu kéo đạt giá trị ε_y trong chu vi tháp chọc thủng và giảm dần đến giá trị 0 tại vị trí mô men bằng 0 theo quy luật đường parabol. Đối với bê tông nhẹ, do tính chất giòn hơn của vật liệu và vết nứt chọc thủng cắt qua cốt liệu, sự phá hoại xảy ra đột ngột hơn,

cơ chế dẻo giảm đi, do đó giả thiết ứng suất (biến dạng) trong cốt thép ngoài phạm vi tháp chọc thủng (Hình A₁) là phân bố tuyến tính (Hình 3).



I - Biểu đồ mô men;

II - Biểu đồ biến dạng của cốt thép dọc trong dải sàn trên cột;

III - Sơ đồ sàn và tháp chọc thủng;

L - nhịp sàn; c - kích thước cột; d - bề rộng một phía tháp chọc thủng;

A₁ - diện tích biểu đồ biến dạng cốt thép ngoài tháp chọc thủng;

A₂ - diện tích biểu đồ biến dạng cốt thép trong tháp chọc thủng;

A - diện tích tổng thể của biểu đồ biến dạng cốt thép

Hình 3. Phân bố biến dạng trong cốt thép dọc dài sàn

Với giả thiết $d \approx L/30$, bằng biến đổi hình học, ta có

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} = \frac{2A_1 + A_2}{A} = 0,576 + 0,038 \times \frac{c}{d} \quad (8)$$

Tổng hợp các biến đổi trên lại, ta có thể tính góc xoay của bản bằng công thức:

$$\psi = 1,2 \frac{r_s}{d} \frac{f_y}{E_s} \left(\frac{m_s}{m_R} \right)^{1,5} = k_{m1} \frac{r_s}{d} \frac{f_y}{E_s} \quad (9)$$

$$k_{m1} = 1,2 \times \left(0,576 + 0,038 \times \frac{c}{d} \right)^{1,5}$$

Trong đó: f_c : cường độ chịu nén của bê tông mẫu lăng trụ; f_y : giới hạn chảy của cốt thép dọc; E_s : mô đun đàn hồi của thép; r_s : là vị trí mà mô men uốn hướng tâm bằng 0 so với trục gối.

4.3. Tổng hợp công thức để xuất tính toán khả năng chống chọc thủng của sàn bê tông cốt liệu nhẹ

Từ kết quả các đề xuất kể đến kích thước hạt cốt liệu nhẹ và góc xoay, ta có công thức tính khả năng chống chọc thủng của sàn bê tông cốt liệu nhẹ như sau:

$$F \leq V_{Rd,c} = k_{\psi} \times \frac{\sqrt{f_c}}{\gamma_c} \times b_0 \times d \quad (10)$$

$$\text{Trong đó: } k_{\psi} = \frac{1}{1,5 + 0,9 \times k_{dg} \times \psi \times d} \quad (11)$$

$$k_{dg} = \begin{cases} \frac{32}{16 + d_g} \geq 0,75 & (\text{khi } d_{\max} \leq 16 \text{ mm}) \\ 1,0 & (\text{khi } d_{\max} > 16 \text{ mm}) \end{cases} \quad (12)$$

$$d_g = \left(\frac{\rho_c}{2200} \right)^3 \times d_{\max} \geq d_{\max,s} \quad (13)$$

$$\psi = 1,2 \frac{r_s}{d} \frac{f_y}{E_s} \left(\frac{m_s}{m_R} \right)^{1,5} = k_{m1} \frac{r_s}{d} \frac{f_y}{E_s} \quad (14)$$

$$k_{m1} = 1,2 \times \left(0,576 + 0,038 \times \frac{c}{d} \right)^{1,5} \quad (15)$$

Bảng 1. Kết quả kiểm chứng công thức đề xuất đối với các nghiên cứu thực nghiệm sàn phẳng bê tông nhẹ được công bố

STT	Nghiên cứu thực nghiệm của nhóm tác giả	Mẫu	V_{prop} (kN)	V_{test} (kN)	V_{test}/V_{prop}
1	A.A.Zaher và cộng sự [12]	L1	84,70	110	1,30
2		L2	39,64	50	1,26
3		L3	151,90	175	1,15
4		L6	105,10	115	1,09
5		L7	133,07	155	1,16
6	Youm và cộng sự [13]	L-MSW	744,33	862	1,16
7		L-SH-C	511,87	552	1,08
8		L-CL-S	536,33	626,3	1,17
9	Carmo và cộng sự [14]	S1-LC60	156,48	175,7	1,12
10		S2-LC30	115,37	127,6	1,11
11		S1-LC45	138,31	147,4	1,07
12		S2-LC45	139,25	167,4	1,20
13	Goldyn và cộng sự [15]	LC-0.47-0	451,81	520	1,15
14	Al-Asadi và cộng sự [16]	S1-L.W	45,63	57	1,25
15	Mohamed và cộng sự [17]	S1	258,66	340	1,31
16	Clarke và cộng sự [18]	M1	173,88	205	1,18
17		M3	198,62	206	1,04
18		M4	190,14	218	1,15
19		M12	234,62	218	0,93
20		M13	262,48	295	1,12
21		M14	177,90	186	1,05
22		M16	155,15	182	1,17
23		M18	175,73	195	1,11
24		M26	238,85	234	0,98
25	Hognestad E và cộng sự [19]	H1 L3	252,28	311,37	1,23
26		H1 L4	256,95	311,37	1,21

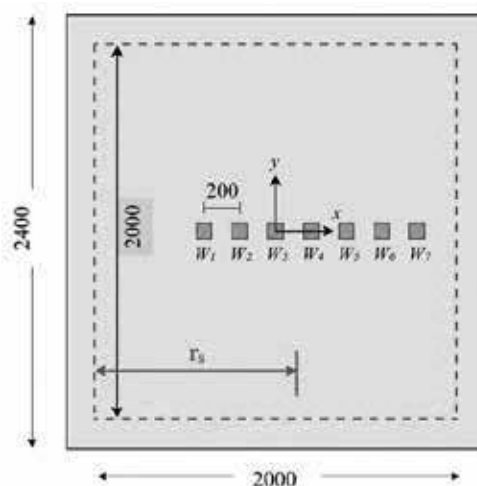
5. KIỂM CHỨNG ĐỐI VỚI CÁC NGHIÊN CỨU ĐÃ CÔNG BỐ

5.1. Kiểm chứng với nghiên cứu thực nghiệm của Angelo

Caratelli [6]

Angelo Caratelli [6] nghiên cứu khả năng chống chọc thủng của bản sàn bê tông nhẹ sử dụng cốt liệu đất sét nung nở LECA và tro rác thải sinh hoạt (L-MSW). Mẫu thí nghiệm là bản sàn vuông kích thước $2,4 \times 2,4$ m, dày 200 mm, không bố trí cốt thép chống chọc thủng, chịu tải tập trung thông qua bản thép vuông cạnh 400 mm tại vị trí cột giữa có kích thước 400×400 mm. Bê tông sử dụng cốt liệu LECA có kích thước lớn nhất 15 mm, kích thước hạt cát lớn nhất 5 mm, đạt khối lượng thể tích 2064 kg/m^3 và cường độ nén trung bình 58,6 MPa. Kết quả thí nghiệm cho thấy tải trọng phá hoại chọc thủng đạt 862 kN, tương ứng với chuyển vị cực hạn khoảng 19 mm.

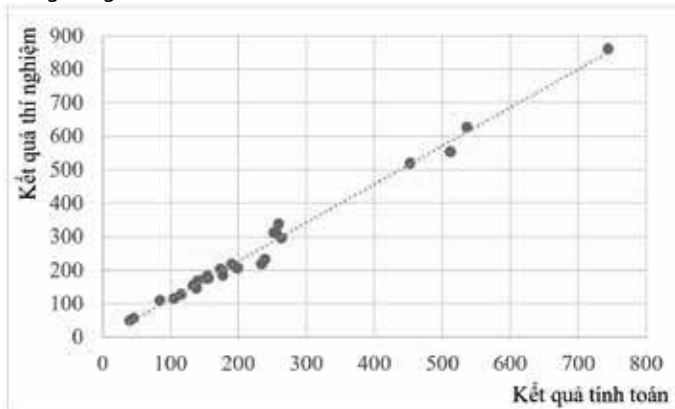
Thay số vào công thức (10) có được sức kháng chọc thủng theo lý thuyết: $V_{prop} = 744,33$ (kN). Tải trọng phá hoại chọc thủng cực hạn: $V_{test} = 862$ kN. Tỷ số khả năng chọc thủng theo thực nghiệm và theo mô hình đề xuất $V_{test}/V_{prop} = 1,16 > 1,0$ cho thấy kết quả tính toán của mô hình thiên về an toàn và có độ chính xác đảm bảo.



Hình 4. Sơ đồ mẫu sàn thí nghiệm của nhóm tác giả Angelo Caratelli [6]

5.2. Kiểm chứng mô hình đối với 26 mẫu thí nghiệm

Trên cơ sở các nghiên cứu thực nghiệm về phá hoại chọc thủng sàn bê tông cốt liệu nhẹ của các tác giả trên thế giới, kiểm chứng công thức đề xuất (10) đối với 26 mẫu thí nghiệm được tổng hợp trong Bảng 1.



Hình 5. Biểu đồ kiểm chứng công thức (10) và các thí nghiệm sàn phẳng bê tông nhẹ. Kết quả cho thấy tỷ số giữa tải trọng chọc thủng theo thực nghiệm và theo công thức đề xuất (10) trung bình là 1,14 với hệ số biến động (COV) bằng 0,08. Kết quả này cho thấy mô hình đề xuất có độ chính xác, mức độ phân tán nhỏ và có độ dự trữ an toàn hợp lý.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất mô hình và công thức tính toán khả năng chống chọc thủng của sàn phẳng bê tông nhẹ dựa trên lý thuyết vết nứt tới hạn, có xét tới ảnh hưởng của tính chất và kích thước cốt liệu keramzit, khối lượng thể tích bê tông nhẹ, đường kính cốt liệu mịn lớn nhất và ảnh hưởng của góc xoay của sàn phẳng bê tông nhẹ. Công thức đề xuất đã được kiểm chứng với 26 mẫu thí nghiệm được tổng hợp từ 10 bài báo quốc tế khoa học uy tín. Tỷ số trung bình giữa tải trọng gây chọc thủng theo thực nghiệm và theo công thức đề xuất là 1,14, hệ số biến động $COV = 0,08$ cho thấy mô hình có độ chính xác, mức độ phân tán nhỏ và có độ dự trữ an toàn hợp lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 5574:2018. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2018.
- [2] ACI 318R-19. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. American Concrete Institute 318R-19, Farmington Hills, MI, USA, 2019.
- [3] Eurocode 2 (EC2). Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992-1-1, Brussels, Belgium., 2004.
- [4] Fédération Internationale du Béton (fib). Fib Model Code for Concrete Structures 2010, MC 2010, Berlin, Germany, 2013, doi: 10.1002/9783433604090.
- [5] A. Muttoni. Punching shear strength of reinforced concrete slabs without transverse reinforcement. ACI Struct. J., vol. 105, no. 4, pp. 440-450, 2008, doi: 10.14359/19858.
- [6] A. Caratelli, S. Imperatore, A. Meda and Z. Rinaldi. Punching shear behavior of lightweight fiber reinforced concrete slabs. Compos. Part B Eng., vol. 99, pp. 257-265, 2016, doi: 10.1016/j.compositesb.2016.06.045.
- [7] K. Wille and F. Dehn. Fracture Mechanical Behaviour of Lightweight Aggregate Concrete. in Proc. Int. Conf. Role of Concrete in Sustainable Development, Dundee, U.K., 2003, pp. 527-535, doi: 10.1680/rocisd.32477.0051.
- [8] M. Kalus, J. Ungermann, M. Classen and J. Hegger. Punching shear in flat slab systems - Experimental quantification of unconsidered system influences. Struct. Concr., vol. 27, no. 2, pp. 1406-1420, 2026, doi: 10.1002/suco.70234.
- [9] A. Deifalla. Design of lightweight concrete slabs under two-way shear without shear reinforcements: A comparative study and a new formula. Eng. Struct., vol. 222, no. 111076, 2020, doi: 10.1016/j.engstruct.2020.111076.

- [10] M. Goldyn. Application of the Critical Shear Crack Theory for calculation of punching shear capacity of lightweight aggregate concrete slabs. Arch. Civ. Eng., vol. 69, no. 1, pp. 55-70, 2023, doi: 10.24425/ace.2023.144159.
- [11] T. Ha, M.-H. Lee, J. Park, and D.-J. Kim. Effects of openings on the punching shear strength of RC flat plate slabs without shear reinforcement. Struct. Des. Tall Spec. Build., vol. 24, no. 13, pp. 895-911, 2015, doi: 10.1002/tal.1217.
- [12] A. A. Zaher, A. A. Abdelrahman, A. S. Eldeib and A. A. Mohamed. Punching Shear Behavior of Lightweight Foamed RC Slabs. Int. J. Appl. Innov. Eng. Manag., vol. 4, no. 7, pp. 67-74, 2015.
- [13] K. S. Youm, J. J. Kim, and J. Moon. Punching shear failure of slab with lightweight aggregate concrete and low reinforcement ratio. Constr. Build. Mater., vol. 65, pp. 92-102, 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.04.097.
- [14] R. N. F. Carmo, H. Costa, and M. Rodrigues. Experimental study of punching failure in LWAC slabs with different strengths. Mater. Struct., vol. 49, no. 7, pp. 2611-2626, 2016, doi: 10.1617/s11527-015-0671-x.
- [15] M. Goldyn, L. Krawczyk, W. Rzyński, and T. Urban. Experimental investigations on punching shear of flat slabs made from lightweight aggregate concrete. Arch. Civ. Eng., vol. 64, no. 4, pp. 293-306, 2018, doi: 10.2478/ace-2018-0058.
- [16] S. T. Abd Alkarem and A. K. Al-Asadi. Effect of Crimped Steel Fiber Ratios on Punching Shear Strength of Lightweight Concrete Slabs. Samarra J. Eng. Sci. Res., vol. 2, no. 4, pp. 24-41, 2024.
- [17] M. Said, M. A. Adam, A. E. Arafa, and A. Moatasem. Improvement of punching shear strength of reinforced lightweight concrete flat slab using different strengthening techniques. J. Build. Eng., vol. 32, no. 101749, 2020, doi: 10.1016/j.jobe.2020.101749.
- [18] J. L. Clarke and F. K. Birjandi. Punching shear resistance of lightweight aggregate concrete slabs. Mag. Concr. Res., vol. 42, no. 152, pp. 171-176, 1990, doi: 10.1680/mac.1990.42.152.171.
- [19] E. Hognestad, R. C. Elstner and J. A. Hanson. Shear strength of reinforced structural lightweight aggregate concrete slabs. ACI J. Proc., vol. 61, no. 6, pp. 643-656, 1964, doi: 10.14359/7800.

Đánh giá hiệu quả môi trường và giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng Việt Nam

Evaluating the environmental effectiveness and aesthetic value of rammed earth materials in Vietnamese civil architecture

> **THS.KTS NGUYỄN GIA KHÁNH**

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam; Email: khanhng@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh ngành xây dựng toàn cầu đang đối mặt với yêu cầu giảm phát thải carbon và hướng tới phát triển bền vững, các vật liệu xây dựng có nguồn gốc tự nhiên ngày càng được quan tâm. Một trong số đó là vật liệu trình tường, là một dạng vật liệu đất nện truyền thống ở vùng cao Việt Nam, sử dụng đất được đầm nén theo từng lớp để tạo thành kết cấu tường có khả năng chịu lực và bao che công trình. Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả môi trường và giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng ở Việt Nam, thông qua phương pháp tổng quan tài liệu và phân tích so sánh với các vật liệu xây dựng phổ biến khác. Nghiên cứu cũng đưa ra một số gợi ý nhằm thúc đẩy ứng dụng trình tường trong kiến trúc bền vững tại Việt Nam.

Từ khóa: Trình tường; đất nện; phát triển bền vững; giá trị thẩm mỹ; kiến trúc dân dụng.

ABSTRACT

In the context of the global construction industry facing demands for carbon emission reduction and sustainable development, naturally derived building materials are receiving increasing attention. One example is "trình tường", a traditional earthen building material found in the highlands of Vietnam. It utilizes compacted soil in layers to create load-bearing and protective wall structures. This study evaluates the environmental effectiveness and aesthetic value of rammed earth in civil architecture in Vietnam through a literature review and comparative analysis with other common building materials. The study also offers some suggestions to promote the application of rammed earth in sustainable architecture in Vietnam.

Keywords: RRammed earth; sustainable development; aesthetic value; civil architecture.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành xây dựng hiện là một trong những lĩnh vực tiêu thụ tài nguyên và phát thải khí nhà kính lớn nhất trên thế giới. Theo báo cáo của Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP), lĩnh vực xây dựng và vận hành công trình chiếm khoảng 37% tổng lượng phát thải CO₂ toàn cầu. Đáng chú ý, lượng phát thải carbon hàm chứa trong vật liệu xây dựng như xi măng, thép và nhôm đang ngày càng gia tăng và trở thành thách thức lớn đối với mục tiêu trung hòa carbon của ngành xây dựng.

Tại Việt Nam, quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ trong hơn hai thập kỷ qua đã kéo theo nhu cầu xây dựng lớn, dẫn đến mức tiêu thụ vật liệu xây dựng và năng lượng ngày càng tăng. Trong bối cảnh Việt Nam cam kết đạt mức phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050, việc nghiên cứu và ứng dụng các vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường trở thành yêu cầu cấp thiết.

Đất nện là vật liệu xây dựng truyền thống đã tồn tại từ lâu trong nhiều nền văn hóa trên thế giới. Tại Việt Nam, vật liệu này được gọi với cái tên trình tường, sử dụng phổ biến trong kiến trúc dân gian của đồng bào dân tộc tại các tỉnh miền núi phía Bắc. Các công trình trình tường truyền thống đã chứng minh khả năng

thích nghi tốt với điều kiện khí hậu khắc nghiệt, đồng thời duy trì độ bền trong nhiều thập kỷ. Chúng không chỉ đáp ứng yêu cầu sử dụng mà còn thể hiện những giá trị văn hóa và thẩm mỹ đặc sắc.

Trong bối cảnh kiến trúc bền vững đang phát triển mạnh mẽ, trình tường đang được xem xét như một giải pháp thay thế tiềm năng cho các vật liệu có cường độ phát thải carbon cao. Tuy nhiên, việc đánh giá toàn diện hiệu quả năng lượng và môi trường của vật liệu này trong điều kiện Việt Nam vẫn còn hạn chế.

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá hiệu quả môi trường và giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng ở Việt Nam, từ đó đề xuất định hướng ứng dụng trong bối cảnh phát triển bền vững hiện nay.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ VẬT LIỆU TRÌNH TƯỜNG

2.1. Tổng quan lịch sử hình thành và phát triển

Đất nện (rammed earth) là một trong những kỹ thuật xây dựng lâu đời nhất của nhân loại, xuất hiện cách đây hơn 4.000 năm. Kỹ thuật này được ghi nhận rõ rệt tại Trung Quốc, nơi đất được nén chặt trong khuôn gỗ để tạo thành tường chịu lực. Một số công trình tiêu biểu có thể kể đến bao gồm: một phần của Vạn Lý

Trường Thành được xây bằng đất đầm nén, các cụm nhà Thổ lâu Phúc Kiến, dạng công trình nhà ở cộng đồng với tường đất dày, có khả năng chống chịu tốt với khí hậu và xung đột.

Ngoài Trung Quốc, kỹ thuật này cũng xuất hiện độc lập ở Bắc Phi (Ma-rốc, Algeria), Trung Đông, Nam Âu (Tây Ban Nha, Pháp). Trong suốt hàng nghìn năm, công trình đất nền phát triển mạnh ở các vùng có khí hậu khô hoặc bán khô hạn, khu vực có nguồn đất sét, cát dồi dào.

Đặc điểm giai đoạn này: tường dày (30-60 cm), khả năng cách nhiệt cao, vật liệu hoàn toàn tự nhiên, thi công thủ công tại chỗ, dựa vào kinh nghiệm dân gian, tuổi thọ công trình có thể lên tới hàng chục đến hàng trăm năm nếu bảo trì tốt.



Hình 1. Thành Cổ Loa



Hình 2. Thổ lâu Phúc Kiến

Bảng 1. Một số thông số khảo cổ về quy mô của Thành Cổ Loa, Đông Anh, Hà Nội [1]

Giai đoạn	Loại công trình	Chiều cao max (m)	Chiều rộng (m)	Thời gian xây dựng
1	Tường và móng đất sét	>1	1,8	Thế kỷ 4 trước CN
2	Đất đắp	2	17	Thế kỷ 3 trước CN
3	Lớp đất trình tường dày	2,5	24	-
4	Đất đắp	3	24-25	Thế kỷ 1
5	Lớp đất trình tường mỏng	4	26	Thế kỷ 15-16

Từ thế kỷ XX, nhà đất nền dần suy giảm do nhiều nguyên nhân, bao gồm sự phổ biến của bê tông cốt thép và gạch nung, quan niệm cho rằng nhà đất là lạc hậu, kém bền, cùng với quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng.

Từ cuối thế kỷ XX, vật liệu trình tường được quan tâm và ứng dụng trở lại trong bối cảnh biến đổi khí hậu, yêu cầu giảm phát thải CO₂ trong xây dựng và xu hướng phát triển kiến trúc sinh thái. Nhiều kiến trúc sư tiêu biểu như Glenn Murcutt và Wang Shu đã ứng dụng thành công vật liệu đất nền trong các công trình kiến trúc hiện đại.

Đặc điểm nổi bật của giai đoạn này gồm: kết hợp công nghệ (máy đầm nén, phụ gia ổn định như xi măng hoặc vôi), năng cao khả năng kiểm soát chất lượng, tăng giá trị thẩm mỹ nhờ bề mặt văn đất tự

nhien và mở rộng phạm vi ứng dụng trong nhiều loại hình công trình như nhà ở, khu nghỉ dưỡng và công trình công cộng.

Trong tương lai, vật liệu đất nền được kỳ vọng sẽ trở thành một thành phần quan trọng của kiến trúc bền vững nhờ các ưu điểm như giảm phát thải carbon so với bê tông và gạch nung, tận dụng nguồn vật liệu tại chỗ, tăng khả năng tái sử dụng, tái chế và phân hủy tự nhiên, đồng thời phù hợp với định hướng phát triển kinh tế tuần hoàn.

Nhà đất nền không chỉ là một kỹ thuật xây dựng cổ xưa mà còn là giải pháp vật liệu mang tính tương lai. Quá trình phát triển của nó trải qua ba giai đoạn rõ rệt: hình thành - suy giảm - phục hưng, phản ánh sự thay đổi trong nhận thức về môi trường, công nghệ và giá trị văn hóa trong kiến trúc.

Tại Việt Nam, công trình đất nền xuất hiện từ rất sớm, tiêu biểu là Thành Cổ Loa, gắn liền với thời kỳ An Dương Vương và Nhà nước Âu Lạc, được xây dựng vào khoảng thế kỷ III trước Công nguyên (TCN). Đây là khu di tích có quy mô lớn và là di tích duy nhất còn tồn tại đến nay về một kinh đô cổ được thiết lập trên đồng bằng Bắc Bộ. Kỹ thuật đất đầm nén đã được người Việt cổ sử dụng để xây dựng Thành Cổ Loa cách đây hơn 2.000 năm, cho thấy giá trị và độ bền của loại hình kết cấu này. Về sau, kỹ thuật này được biết đến phổ biến với tên gọi trình tường và được sử dụng rộng rãi trong xây dựng nhà ở truyền thống của các dân tộc miền núi phía Bắc như người Hmông, người Hà Nhì và người Dao.

Tiềm năng phát triển của vật liệu trình tường nước ta là rất lớn, đặc biệt trong các lĩnh vực: nhà ở sinh thái, du lịch cộng đồng, công trình thích ứng khí hậu vùng núi và nông thôn.



Hình 3. Nhà cổ Chung Pủa của người Hmông ở Hà Giang được xây dựng bằng vật liệu trình tường



Hình 4. Nhà cộng đồng & Homestay Nậm Đăm, Hà Giang, một ví dụ về áp dụng vật liệu trình tường vào công trình kiến trúc hiện đại

2.2. Các hạn chế của vật liệu trình tường truyền thống

Khả năng chống nước kém do sử dụng đất tự nhiên nguyên bản (chủ yếu đất đồi, đất sét) trộn với rơm rạ, vỏ trấu để tăng tính liên kết, không sử dụng chất ổn định công nghiệp. Dễ bị xói mòn, nứt khi gặp mưa kéo dài, giải pháp xử lý thường dùng hệ mái hiên

dài nhô ra ngoài để bao che bảo vệ và tường được nâng lên trên các bệ vững chắc cao hơn mặt đất.

Tường rất dày (thường từ 40-50 cm), trọng lượng nặng, hạn chế mở các khung cửa lớn lấy sáng và thông gió. Cường độ chịu lực thấp, đặc biệt với đất không ổn định, khó dùng cho nhà nhiều tầng có kết cấu chịu lực lớn.

Chất lượng công trình phụ thuộc chất lượng đất và tay nghề thợ thủ công. Thời gian thi công dài do thi công theo lớp, phải chờ

khô tự nhiên hoặc bảo dưỡng. Khó tiêu chuẩn hóa do mỗi vùng có loại đất khác nhau dẫn đến khó áp dụng đồng bộ trong xây dựng đại trà.

2.3. Các quy trình thi công nhà trình tường hiện nay

2.3.1. Tường bán hiện đại (ổn định hóa)

Gồm các bước:

(1) Thiết kế cấp phối Xác định tỷ lệ đất - cát - sỏi - chất ổn định Kiểm tra bằng thí nghiệm (Proctor, nén mẫu)	(2) Trộn vật liệu Trộn khô → thêm nước → trộn đều Có thể dùng máy trộn	(3) Lắp dựng cốt pha Khuôn thép hoặc gỗ chắc chắn Có hệ giằng chống	(4) Đám cơ giới hoặc bán cơ giới Dùng đầm tay hoặc đầm rung Lớp dày 10–15 cm	(5) Bảo dưỡng Giữ ẩm 3-7 ngày (nếu có xi măng/vôi) Tránh nắng gắt, mưa trực tiếp	(6) Hoàn thiện bề mặt Mài, đánh bóng hoặc phủ chống thấm
---	--	---	--	--	---

Ưu điểm: tăng cường độ, chống nước tốt hơn.

Nhược điểm: tăng phát thải CO₂ do xi măng.

2.3.2. Tường hiện đại (công nghiệp hóa)

Gồm các bước:

(1) Thiết kế kỹ thuật số Mô phỏng bằng BIM Tính toán kết cấu, nhiệt	(2) Chuẩn hóa vật liệu Kiểm soát cấp phối theo tiêu chuẩn Sử dụng phụ gia chuyên dụng	(3) Thi công bằng máy Đám khí nén (pneumatic rammer) Khuôn thép module	(4) Tích hợp kết cấu Chèn cốt thép hoặc khung bê tông Tích hợp hệ điện nước	(5) Tiên chế (nếu có) Sản xuất panel tại xưởng Lắp ghép tại công trình	(6) Hoàn thiện cao cấp Phủ chống thấm, chống bụi Giữ vân đất như vật liệu trang trí
---	---	--	---	--	---

Ưu điểm: chất lượng cao, kiểm soát tốt, thẩm mỹ

Nhược điểm: chi phí cao, yêu cầu kỹ thuật

3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ MÔI TRƯỜNG CỦA VẬT LIỆU TRÌNH TƯỜNG

3.1. Giảm phát thải carbon

Theo báo cáo “Building Materials and the Climate: Constructing a New Future”, UNEP khẳng định vật liệu xây dựng là một trong những nguồn phát thải carbon lớn nhất của ngành xây dựng và cần được thay thế bằng các vật liệu tái tạo hoặc có nguồn gốc tự nhiên để đạt mục tiêu phát thải ròng bằng 0 vào giữa thế kỷ XXI (UNEP, 2023). Khác với gạch nung hoặc bê tông, trình tường không yêu cầu quá trình nung ở nhiệt độ cao. Vật liệu chủ yếu được tạo thành từ đất tự nhiên, nước và một lượng nhỏ phụ gia ổn định (nếu cần). Do đó, lượng phát thải CO₂ trong giai đoạn sản xuất thấp hơn đáng kể so với các vật liệu xây dựng công nghiệp.

Theo UNEP, việc chuyển đổi sang các vật liệu tái tạo và tái sử dụng là một trong ba chiến lược quan trọng nhằm giảm phát thải carbon trong ngành xây dựng. Trình tường đáp ứng tốt yêu cầu này nhờ sử dụng nguồn nguyên liệu sẵn có tại địa phương và hạn chế nhu cầu vận chuyển xa.

3.2. Giảm tiêu thụ năng lượng hàm chứa

Năng lượng hàm chứa trong vật liệu xây dựng là tổng toàn bộ năng lượng tiêu hao cho toàn bộ vòng đời của vật liệu. Quá trình này bắt đầu từ khâu khai thác nguyên liệu thô, vận chuyển, sản xuất tại nhà máy, thi công lắp đặt cho đến khi phá dỡ và tái chế hoặc xử lý cuối cùng.

Đối với gạch nung, nhiệt độ sản xuất thường đạt từ 900-1100°C; trong khi sản xuất xi măng cần nhiệt độ khoảng 1450°C. Các quá trình này tiêu thụ lượng lớn nhiên liệu hóa thạch và tạo ra lượng phát thải đáng kể. Ngược lại, trình tường chỉ yêu cầu các công đoạn đào đất, sàng lọc và đầm nén cơ học. Theo nghiên cứu của UNEP, các vật liệu đất nện thuộc nhóm vật liệu có năng lượng hàm chứa thấp nhất trong ngành xây dựng hiện nay.

3.3. Khả năng điều hòa nhiệt và độ ẩm

Các nghiên cứu về truyền nhiệt và truyền ẩm trong tường đất cho thấy vật liệu trình tường có khả năng điều hòa vi khí hậu rất hiệu quả.

Nghiên cứu của Wang và cộng sự chỉ ra rằng vật liệu đất nện có khả năng điều tiết nhiệt độ và độ ẩm nhờ cấu trúc mao dẫn tự

hiên. Tường đất hấp thụ nhiệt vào ban ngày và giải phóng dần vào ban đêm, giúp giảm dao động nhiệt độ trong nhà [2].

Ngoài ra, khi độ ẩm môi trường tăng cao, tường đất có khả năng hấp thụ hơi nước; ngược lại khi môi trường khô hơn, hơi nước được giải phóng trở lại không khí. Cơ chế này giúp cải thiện chất lượng môi trường trong nhà và giảm nhu cầu sử dụng các thiết bị điều hòa không khí. Đặc tính này rất phù hợp cho khí hậu khu vực miền Bắc và Bắc Trung Bộ nước ta, tối ưu hơn hẳn các vật liệu xây dựng phổ biến khác như gạch hay bê tông [3].

Nhiều công trình truyền thống của người Mông tại Hà Giang cho thấy nhiệt độ bên trong nhà trình tường thường thấp hơn môi

trường bên ngoài vào mùa hè và ấm hơn vào mùa đông, góp phần giảm nhu cầu sử dụng năng lượng cơ học.

3.4. Tính tuần hoàn của vật liệu

Một trong những ưu điểm nổi bật của trình tường là khả năng tái sử dụng gần như hoàn toàn. Khi công trình kết thúc vòng đời sử dụng, vật liệu đất có thể được tái sử dụng trực tiếp hoặc hoàn trả về môi trường tự nhiên mà không tạo ra lượng lớn chất thải xây dựng. Điều này phù hợp với mô hình kinh tế tuần hoàn đang được thúc đẩy trong ngành xây dựng hiện đại.

Bảng 2. So sánh tác động môi trường của trình tường với các vật liệu xây dựng phổ biến

Nguồn tổng hợp: Tổng hợp và quy đổi từ Reddy et al. (2010; 2014), Christoforou et al. (2016), UNEP (2023), Serrano et al. (2025).

Vật liệu	Phát thải CO ₂ e (kgCO ₂ e/m ³)	Năng lượng hàm chứa (MJ/m ³)	Nguồn vật liệu	Khả năng tái chế	Khả năng hoàn trả tự nhiên	Đặc điểm chính
Trình tường	20 - 60	400 - 800	Địa phương	Rất cao	Rất cao	Phát thải thấp, điều hòa nhiệt tốt
Trình tường ổn định hóa bằng vôi (5-10%)	50 - 120	600 - 1200	Địa phương	Cao	Cao (phân hủy tự nhiên)	Có quá trình cacbonat hóa hấp thụ lại CO ₂
Trình tường ổn định hóa bằng xi măng (5-10%)	100 - 250	800 - 1600	Địa phương + công nghiệp	Trung bình	Trung bình	Tăng cường độ nhưng tăng phát thải
Gạch nung	180 - 350	2500 - 4500	Công nghiệp	Thấp (khó tái sử dụng nguyên khối)	Thấp	Tiêu hao năng lượng nung lớn
Bê tông (không cốt thép)	300 - 410	3000 - 5500	Công nghiệp	Không	Rất thấp	Xi măng là nguồn phát thải chính
Bê tông cốt thép	350 - 500	5000 - 8000	Công nghiệp	Không	Rất thấp	Bao gồm phát thải từ thép
Kết cấu thép	800 - 2000	20000 - 35000	Công nghiệp	Trung bình (tái chế công nghiệp)	Không	Phát thải rất cao

Vật liệu trình tường có năng lượng hàm chứa thấp hơn khoảng 70-90% so với bê tông truyền thống [4]. Việc bổ sung vôi làm chất ổn định trong trình tường giúp cải thiện đáng kể các tính chất cơ học và độ bền ẩm của vật liệu, đồng thời vẫn giữ được khả năng tái chế và khả năng hoàn trả tự nhiên cao, đặc biệt trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm như Việt Nam. So với xi măng, vôi có mức phát thải CO₂ thấp hơn do nhiệt độ nung thấp hơn (khoảng 900-1000°C so với ~1450°C của clinker xi măng [5]). Đáng chú ý, vật liệu chứa vôi có khả năng tái hấp thụ một phần CO₂ từ khí quyển thông qua quá trình cacbonat hóa ($\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$) trong suốt vòng đời sử dụng. Theo nghiên cứu của Pacheco-Torgal và Jalali (2012), lượng CO₂ hấp thụ lại có thể đạt từ 10-30% lượng phát thải ban đầu tùy điều kiện môi trường [6].

Do đó, mặc dù trình tường ổn định hóa bằng vôi có phát thải cao hơn trình tường thuần tự nhiên, nhưng vẫn thấp hơn đáng kể so với xi măng và được xem là giải pháp cân bằng giữa 3 yếu tố: Hiệu quả môi trường, độ bền kỹ thuật và khả năng ứng dụng thực tế.

Kết quả so sánh cho thấy vật liệu trình tường có lợi thế rõ rệt về phát thải carbon và năng lượng hàm chứa. Điều này khẳng định tiềm năng của trình tường như một giải pháp vật liệu bền vững trong bối cảnh giảm phát thải ngành xây dựng tại Việt Nam. So với bê tông cốt thép, trình tường có thể giúp giảm đáng kể dấu chân carbon của công trình, đặc biệt khi sử dụng vật liệu tại chỗ và hạn chế vận chuyển.

4. GIÁ TRỊ THẨM MỸ VÀ TIỀM NĂNG CỦA VẬT LIỆU TRÌNH TƯỜNG TRONG KIẾN TRÚC NHÀ Ở

4.1. Tính nguyên bản và bền vững của vật liệu

Theo quan điểm của kiến trúc hiện tượng học, chất lượng thẩm mỹ của công trình không chỉ nằm ở hình thức mà còn ở trải nghiệm vật chất của người sử dụng. Tường trình tạo nên những lớp địa tầng tự nhiên với màu sắc thay đổi theo thành phần khoáng vật của đất, từ đó tạo nên bản sắc riêng cho mỗi công trình. Các nghiên cứu và dự án trình tường đương đại cho thấy chính tính không đồng nhất của vật liệu lại trở thành yếu tố thẩm mỹ quan trọng trong kiến trúc bền vững [7]. Chính những lớp địa tầng tự nhiên này đã tạo nên vẻ đẹp độc bản mà không loại vật liệu công nghiệp nào có thể tái tạo hoàn toàn. Khác với bề mặt phẳng và đồng nhất của bê tông hoặc gạch ốp hoàn thiện, trình tường tạo nên bề mặt có chiều sâu thị giác và cảm nhận xúc giác phong phú. Các lớp đất với màu sắc khác nhau tạo nên những hiệu ứng chuyển sắc tự nhiên. Bề mặt nhám nhẹ của tường đất cũng giúp người sử dụng cảm nhận rõ hơn tính vật chất của công trình cũng như tạo sự gắn kết với môi trường tự nhiên.

Vẻ đẹp của trình tường không đến từ các lớp hoàn thiện nhân tạo mà đến từ chính cấu trúc vật liệu. Do đó, công trình vẫn duy trì giá trị thẩm mỹ trong suốt vòng đời sử dụng mà không cần thay thế hoặc bảo trì lớp hoàn thiện thường xuyên. Đây là một ưu điểm quan trọng xét trên cả khía cạnh kinh tế và môi trường.



Hình 5. Các lớp đất với màu sắc khác nhau tạo nên những hiệu ứng chuyển sắc tự nhiên trong một công trình kiến trúc hiện đại

4.2. Tính bản địa trong kiến trúc

Một trong những giá trị thẩm mỹ quan trọng của trình tường là khả năng phản ánh đặc trưng địa phương. Tại các làng bản vùng cao Việt Nam, màu vàng của tường đất hòa nhập với màu sắc địa hình và cảnh quan xung quanh. Điều này tạo nên mối liên hệ chặt chẽ giữa công trình và môi trường tự nhiên.

Bảng 3. Đánh giá giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường theo tiêu chí kiến trúc

Tiêu chí thẩm mỹ	Mô tả	Mức độ đánh giá
Tính chân thực vật liệu	Thể hiện trực tiếp màu sắc và kết cấu đất tự nhiên	Rất cao
Tính bản địa	Phản ánh điều kiện địa lý và văn hóa địa phương	Rất cao
Tính độc bản	Mỗi công trình có màu sắc và vân đất khác nhau	Rất cao
Khả năng hòa nhập cảnh quan	Màu sắc gần gũi với tự nhiên	Cao
Giá trị xúc giác	Bề mặt nhám tự nhiên tạo cảm giác vật chất rõ rệt	Cao
Tính biểu cảm kiến trúc	Tạo chiều sâu thị giác thông qua các lớp đất nén	Cao
Khả năng kết hợp vật liệu hiện đại	Dễ kết hợp với kính, gỗ, thép và bê tông	Trung bình - cao
Giá trị văn hóa	Gắn với kiến trúc truyền thống vùng cao Việt Nam	Rất cao

4.3. Tiềm năng và các thách thức

Việt Nam có nhiều điều kiện thuận lợi để phát triển vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng: Nguồn đất xây dựng phong phú, kinh nghiệm xây dựng truyền thống lâu đời, khí hậu phù hợp với vật liệu có khối nhiệt lớn, nhu cầu phát triển công trình thân thiện với môi trường ngày càng tăng.

Ngoài hiệu quả môi trường, trình tường còn giúp tạo nên các không gian sống mang bản sắc văn hóa địa phương. Điều này phù hợp với xu hướng kiến trúc bền vững hiện nay, trong đó các giá trị sinh thái và văn hóa bản địa được xem là những thành phần không thể tách rời.

Mặc dù có nhiều ưu điểm, việc ứng dụng trình tường trong kiến trúc dân dụng hiện đại vẫn gặp một số khó khăn và thách thức.

Thách thức kỹ thuật: chưa có hệ thống tiêu chuẩn quốc gia hoàn chỉnh tại Việt Nam, chất lượng đất không đồng nhất, khả

năng chống ẩm và chống xói mòn cần được nâng cao, có thể gia tăng bằng cách thêm phụ gia, tạo hệ mái đua rộng, xử lý chân tường chống ẩm, tạo lớp bảo vệ bề mặt phù hợp.

Thách thức kinh tế: thi công cần lao động có kỹ năng, thời gian thi công dài hơn một số loại vật liệu phổ biến khác.

Thách thức nhận thức: trình tường thường bị xem là vật liệu “cổ truyền” hoặc chỉ phù hợp với khu vực nông thôn, chỉ có thể xây dựng trên quy mô nhỏ. Tuy nhiên, các công trình đương đại ở nước ngoài và ngay tại Việt Nam đã chứng minh vật liệu này hoàn toàn có thể đáp ứng các yêu cầu thẩm mỹ, quy mô và kỹ thuật của kiến trúc hiện đại.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy vật liệu trình tường có tiềm năng lớn trong việc nâng cao tính bền vững của kiến trúc dân dụng Việt Nam. Về mặt môi trường, trình tường có lượng phát thải carbon thấp, năng lượng hàm chứa nhỏ, khả năng tái sử dụng cao và phù hợp với mô hình kinh tế tuần hoàn. Về mặt thẩm mỹ, vật liệu này mang lại giá trị độc đáo thông qua tính chân thực vật liệu, tính bản địa, hiệu ứng thị giác tự nhiên và khả năng kết nối với cảnh quan.

Để thúc đẩy ứng dụng vật liệu trình tường trong thực tiễn, cần xây dựng hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia, tăng cường nghiên cứu vật liệu cải tiến và khuyến khích các dự án thí điểm áp dụng cho các công trình kiến trúc bền vững. Đây có thể trở thành một giải pháp quan trọng góp phần thực hiện mục tiêu giảm phát thải carbon của ngành xây dựng Việt Nam trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] NC Kim, LV Toi and TH Hiep. Co Loa: An Investigation of Vietnam Ancient Capital. *Antiquity*, vol. 84, pp. 1011-1027, 2010.
- [2] Y Wang et al. The Implications of Non-Constant Hygrothermal Parameters on Heat and Moisture Transfer in Rammed Earth Walls Across Diverse Climate Zones. *Sustainability*, vol. 17, no. 22, pp. 10238, 2025.
- [3] H Zhang et al. Research on Heat and Moisture Transfer Performance and Annual Energy Consumption of Full-Size Rammed Earth Buildings. *Buildings*, vol. 16, no. 3, pp. 582, 2026.
- [4] BVV Reddy and KS Jagadish. Embodied Energy of Building Materials. *Energy and Buildings*, vol. 35, no. 2, pp. 129-137, 2003.
- [5] G Habert, SA Miller, VM John, JL Provis, A Favier, A Horvath and KL Scrivener. Environmental Impacts and Decarbonization Strategies in the Cement and Concrete Industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, vol. 1, no. 11, pp. 559-573, 2020, doi: 10.1038/s43017-020-0093-3.
- [6] F Pacheco-Torgal and S Jalali. Earth Construction: Lessons from the Past for Future Eco-Efficient Construction. *Construction and Building Materials*, vol. 29, pp. 512-519, 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054.
- [7] L Nanz, M Rauch, T Honermann and T Auer. Impacts on the Embodied Energy of Rammed Earth Façades During Production and Construction Stages. *Journal of Facade Design and Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 75-88, 2019, doi: 10.7480/jfde.2019.1.3370.

Hiệu quả sử dụng cao su vụn trong bê tông nhựa chặt tái chế nóng

Effectiveness of crumb rubber in hot recycled dense-graded asphalt concrete

> **THS.NCS HUỖNH TRUNG QUỐC, KS TRẦN TỬ HÀO, PGS.TS NGUYỄN MẠNH TUẤN***

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

*Email: nmanhtuan@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá hiệu quả sử dụng cao su vụn từ lốp xe phế thải đối với bê tông nhựa chặt tái chế nóng (BTNCTCN) 12,5 sử dụng 25% bê tông nhựa thu hồi (RAP). Hai hỗn hợp được so sánh gồm hỗn hợp không bổ sung cao su vụn (RO) và hỗn hợp bổ sung 1,0% cao su vụn theo khối lượng hỗn hợp (RI). Cốt liệu và bột khoáng được lấy từ trạm trộn bê tông nhựa của Công ty Cổ phần Công trình giao thông Sài Gòn, cốt liệu có nguồn gốc từ mỏ đá Tân Cảng, Đồng Nai; nhựa đường mới là nhựa đường 60/70 của Công ty TNHH Nhựa đường Petrolimex; cao su vụn được cung cấp bởi Công ty Cổ phần Phát triển công nghệ Cao Su, cỡ hạt 0,4 mm. Trên cơ sở cấp phối BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP và hàm lượng nhựa tối ưu 4,8%, hai hỗn hợp RO và RI được đánh giá thông qua độ ổn định Marshall, độ dẻo Marshall, cường độ kéo khi ép chế của mẫu khô và mẫu ngâm, tỷ số cường độ kéo gián tiếp TSR, mô-đun đàn hồi ở 15°C, 30°C và 60°C; đồng thời xem xét hiệu quả áp dụng thông qua kiểm toán kết cấu áo đường và giá thành rải thảm. Kết quả cho thấy hỗn hợp RI có độ ổn định Marshall, độ dẻo Marshall, cường độ ép chế khô cùng ướt và TSR cao hơn hỗn hợp RO. Mô-đun đàn hồi của RI thấp hơn RO ở cả ba mức nhiệt độ thí nghiệm, cho thấy cao su vụn góp phần làm tăng biến dạng đàn hồi phục hồi và giảm độ cứng của BTNCTCN có RAP; đồng thời RI vẫn cho kết quả độ ổn định Marshall, độ dẻo Marshall, cường độ ép chế và TSR cao hơn RO trong phạm vi thí nghiệm. Kết quả kiểm toán kết cấu cho thấy cả hai phương án đều thỏa mãn các điều kiện tính toán, trong khi phương án có cao su vụn có giá thành rải thảm cao hơn do phát sinh chi phí vật liệu cao su. Vì vậy, việc bổ sung 1,0% cao su vụn cho BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP có triển vọng về mặt kỹ thuật, nhưng cần tiếp tục xem xét hiệu quả kinh tế theo điều kiện áp dụng thực tế.

Từ khóa: Bê tông nhựa chặt tái chế nóng; RAP; cao su vụn; lốp xe phế thải; trộn khô; Marshall; TSR; mô-đun đàn hồi.

ABSTRACT

This paper evaluates the effectiveness of waste tire crumb rubber in hot recycled dense-graded asphalt concrete AC 12.5 incorporating 25% reclaimed asphalt pavement (RAP). Two mixtures were compared: a mixture without crumb rubber (RO) and a mixture containing 1.0% crumb rubber by total mixture weight (RI). Aggregates and mineral filler were obtained from the asphalt plant of Saigon Traffic Construction Joint Stock Company, with aggregates originating from Tan Cang quarry, Dong Nai Province. The virgin binder was 60/70 penetration grade asphalt supplied by Petrolimex Asphalt Company, while Rubber Technology Development Joint Stock Company supplied the 0.4 mm crumb rubber. Based on the designed gradation of hot recycled AC 12.5 with 25% RAP and an optimum asphalt content of 4.8%, the two mixtures were evaluated through Marshall stability, Marshall flow, indirect tensile strength of dry and conditioned specimens, tensile strength ratio (TSR) and elastic modulus at 15°C, 30°C and 60°C. A preliminary pavement structure assessment and surfacing cost comparison were also conducted. The results showed that RI provided higher Marshall stability, Marshall flow, dry indirect tensile strength, conditioned indirect tensile strength and TSR than RO. The elastic modulus of RI was lower than that of RO at all tested temperatures, indicating that crumb rubber increased recoverable elastic deformation and reduced the stiffness of the RAP-containing mixture; meanwhile, RI still showed higher Marshall stability, Marshall flow, indirect tensile strength, and TSR than RO within the scope of the laboratory tests. The pavement structure assessment showed that both mixtures satisfied the checking criteria considered in this study, whereas the mixture containing crumb rubber had a higher surfacing cost due to the additional rubber material. Therefore, the incorporation of 1.0% crumb rubber in hot recycled dense-graded asphalt concrete with 25% RAP shows technical potential, although its economic efficiency should be further assessed under practical application conditions.

Keywords: Hot recycled asphalt concrete; reclaimed asphalt pavement; crumb rubber; waste tire; dry process; Marshall; TSR; elastic modulus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc tái sử dụng bê tông nhựa thu hồi (RAP) và cao su vụn từ lốp xe phế thải là một hướng nghiên cứu có ý nghĩa trong bối cảnh nhu cầu vật liệu cho kết cấu áo đường ngày càng lớn, trong khi nguồn cốt liệu tự nhiên và nhựa đường mới chịu áp lực về khai thác và chi phí. RAP là nguồn vật liệu tái chế có giá trị vì chứa đồng thời cốt liệu cũ và nhựa đường cũ. Khi được xử lý và thiết kế hợp lý, RAP có thể thay thế một phần vật liệu mới trong hỗn hợp bê tông nhựa, qua đó góp phần giảm nhu cầu khai thác tài nguyên và hạn chế khối lượng vật liệu cáo bóc phải xử lý [1, 2].

Tuy nhiên, khó khăn kỹ thuật khi sử dụng RAP nằm ở phần nhựa đường cũ đã bị lão hóa trong quá trình khai thác. Sự hiện diện của nhựa đường lão hóa thường làm hỗn hợp có RAP tăng độ cứng, điều này có thể có lợi cho khả năng chống biến dạng ở nhiệt độ cao nhưng cũng có thể làm giảm khả năng biến dạng của hỗn hợp nếu không được kiểm soát phù hợp [3, 4]. Trong khi đó, cao su vụn là vật liệu có tính đàn hồi, có thể được đưa vào hỗn hợp bê tông nhựa theo phương pháp trộn ướt hoặc trộn khô [5]. So với trộn ướt, phương pháp trộn khô có ưu điểm là quy trình gần với sản xuất bê tông nhựa thông thường, không đòi hỏi chế tạo nhựa đường cao su và phù hợp hơn với điều kiện áp dụng tại trạm trộn [6].

Vấn đề nghiên cứu đặt ra là: Khi sử dụng BTNCTCN có cỡ hạt lớn nhất danh định 12,5 mm (BTNCTCN 12,5) có 25% RAP, việc bổ sung một lượng nhỏ cao su vụn từ lốp xe phế thải có tạo ra hiệu quả kỹ thuật đủ rõ để xem xét áp dụng hay không, đồng thời mức tăng chi phí có chấp nhận được hay không. Từ đó, bài báo tập trung so sánh hai hỗn hợp BTNCTCN 12,5 cùng sử dụng 25% RAP, gồm hỗn hợp không cao su vụn (R0) và hỗn hợp có 1,0% cao su vụn (R1).

Phương pháp nghiên cứu gồm các bước chính: Lựa chọn vật liệu đầu vào, thiết kế cấp phối BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP, xác định hàm lượng nhựa tối ưu, chế tạo hai tổ mẫu R0 và R1, đánh giá các chỉ tiêu cơ học đặc trưng, sau đó xem xét hiệu quả áp dụng thông qua kiểm toán kết cấu áo đường và giá thành rải thảm. Cách tiếp cận này cho phép đánh giá đồng thời hiệu quả kỹ thuật và kinh tế của việc sử dụng cao su vụn trong BTNCTCN.

2. VẬT LIỆU, CẤP PHỐI VÀ THÍ NGHIỆM ĐÁNH GIÁ

2.1. Vật liệu sử dụng

Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ, bột khoáng, nhựa đường mới, RAP và cao su vụn. Cốt liệu và bột khoáng được lấy từ trạm trộn bê tông nhựa của Công ty Cổ phần Công trình giao thông Sài Gòn, trong đó cốt liệu có nguồn gốc từ mỏ đá Tân Cảng, Đồng Nai. Nhựa đường mới sử dụng là nhựa đường đặc 60/70 của Công ty TNHH Nhựa đường Petrolimex. RAP được lấy từ Công ty Cổ phần Công trình giao thông Sài Gòn, sau đó nghiền và phân loại tại trạm trộn thành các nhóm cỡ hạt phục vụ thiết kế cấp phối. Cao su vụn sử dụng trong nghiên cứu được cung cấp bởi Công ty Cổ phần Phát triển công nghệ Cao Su, có cỡ hạt 0,4 mm và được bổ sung vào hỗn hợp theo biến thể phương pháp trộn khô.

Trong phạm vi bài báo, RAP được sử dụng với hàm lượng 25% theo khối lượng hỗn hợp cốt liệu; cao su vụn được xem là phụ gia bổ sung để đánh giá ảnh hưởng đến tính chất của BTNCTCN, không xem là vật liệu thay thế cốt liệu và không xem là chất tái sinh cho nhựa đường cũ trong RAP.

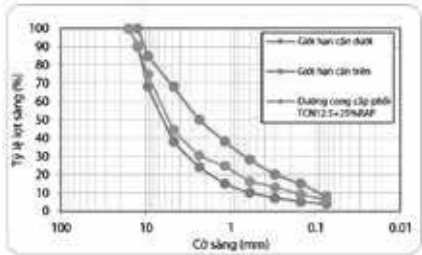
2.2. Cấp phối thiết kế và hàm lượng nhựa tối ưu

RAP được phối hợp theo ba nhóm cỡ hạt 10 - 15 mm, 5 - 10 mm và 0 - 5 mm với tỷ lệ lần lượt là 10%, 10% và 5%; phần cốt liệu mới chiếm 75%. Thành phần cấp phối thiết kế của BTNCTCN 12,5 được lựa chọn bảo đảm nằm trong dải quy định của TCVN 13567-4:2024 [7]. Bảng 1 thể hiện cấp phối thiết kế của hỗn hợp.

Bảng 1. Cấp phối thiết kế BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP

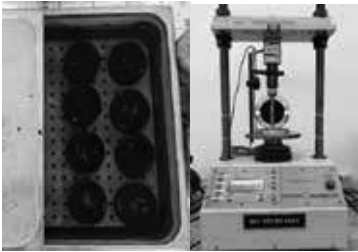
Cỡ sàng	Giới hạn cận dưới	Giới hạn cận trên	RAP 10-15 mm	RAP 5-10 mm	RAP 0-5 mm	Cốt liệu mới	Hỗn hợp phối trộn
	Tỷ lệ phối trộn		10,0%	10,0%	5,0%	75,0%	
	% Lọt sàng						
mm	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
16	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
12,5	90	100	68,6	100,0	100,0	91,7	90,6
9,5	68	85	47,8	92,6	100,0	74,2	74,7

4,75	38	68	34,4	38,8	96,2	42,9	44,3
2,36	24	50	24,1	21,9	71,4	29,5	30,3
1,18	15	38	20,4	19,2	59,3	23,6	24,6
0,6	10	28	15,3	15,4	41,9	14,7	16,2
0,3	7	20	11,9	12,5	30,7	12,2	13,1
0,15	5	15	9,1	10,0	23,3	7,9	9,0
0,075	4	8	6,5	7,3	16,6	4,9	5,9



Hình 1. Đường cong cấp phối BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP

Hàm lượng nhựa tối ưu được xác định theo TCVN 8820:2011 [8]. Kết quả ở hàm lượng nhựa 4,8% cho thấy các chỉ tiêu độ rỗng dư, độ rỗng cốt liệu, độ rỗng lấp đầy nhựa, độ ổn định và độ dẻo nằm trong dải yêu cầu. Do đó, hàm lượng nhựa tối ưu 4,8% được chọn cho các tổ mẫu BTNCTCN nghiên cứu tiếp theo. Trên cơ sở này, hai hỗn hợp R0 và R1 được chế tạo cùng cấp phối, cùng hàm lượng RAP và cùng hàm lượng nhựa; chỉ khác nhau ở việc bổ sung 1,0% cao su vụn trong hỗn hợp R1.



Hình 2. Thí nghiệm độ ổn định và độ dẻo Marshall

2.3. Chế tạo mẫu và thí nghiệm đánh giá

Các mẫu thí nghiệm được chế tạo trong phòng thí nghiệm theo cùng một cấp phối thiết kế, mỗi tổ mẫu gồm 2 mẫu. Đối với hỗn hợp R1, cao su vụn được bổ sung theo biến thể phương pháp trộn khô. Cốt liệu mới, RAP và nhựa đường mới được trộn trước, sau đó cao su vụn được đưa vào hỗn hợp và tiếp tục trộn đến khi phân tán đều [9]. Trình tự này được lựa chọn nhằm hạn chế hiện tượng cao su vụn tập trung cục bộ trong hỗn hợp cốt liệu khô.

Nghiên cứu tiến hành các thí nghiệm đánh giá gồm: Thí nghiệm Marshall để xác định độ ổn định, độ dẻo [10]; thí nghiệm ép chế mẫu khô và mẫu ngâm để xác định R_{kc} và tỷ số cường độ kéo gián tiếp TSR [11]; thí nghiệm mô-đun đàn hồi ở 15°C, 30°C và 60°C để đánh giá sự thay đổi độ cứng của hỗn hợp [12]. Kết quả thí nghiệm sau đó được sử dụng để nhận định hiệu quả kỹ thuật, đồng thời làm thông số tham khảo khi đánh giá sơ bộ kết cấu áo đường và giá thành rải thảm.



a) - Thí nghiệm nén Marshall



b) - Thí nghiệm mô-đun đàn hồi



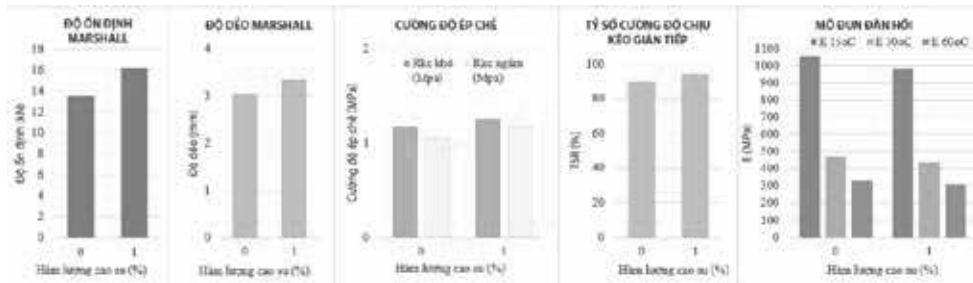
c) - Thí nghiệm ép chế

Hình 3. Thí nghiệm đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật

2.4. Kết quả thí nghiệm và nhận xét

Kết quả thí nghiệm trung bình của các tổ mẫu được tổng hợp trong Bảng 2. Bảng 2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm của hai hỗn hợp BTNCTCN nghiên cứu

Ký hiệu mẫu	Hàm lượng cao su (%)	Thí nghiệm Marshall		Cường độ ép chẻ		Tỷ số cường độ kéo gián tiếp	Mô-đun đàn hồi		
		Độ ổn định (kN)	Độ dẻo (mm)	R_{kc} khô (MPa)	R_{kc} ngâm (MPa)		E 15°C	E 30°C	E 60°C
R0	0	13,49	3,05	1,18	1,06	89,83	1052,8	470,2	329,4
R1	1	16,26	3,36	1,25	1,18	94,80	984,1	439,3	307,5



Hình 4. Quan hệ giữa các chỉ tiêu đánh giá và hàm lượng cao su vụn

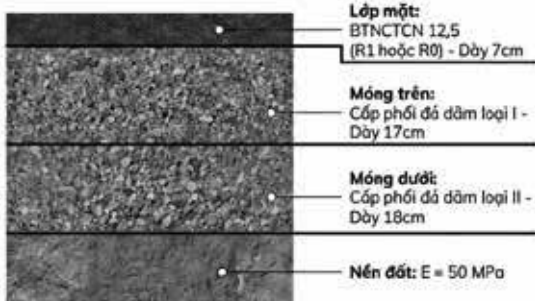
Kết quả thí nghiệm cho thấy khi bổ sung 1,0% cao su vụn, hỗn hợp R1 có độ ổn định Marshall và độ dẻo Marshall cao hơn hỗn hợp R0. Sự gia tăng độ ổn định cho thấy khả năng chịu tải trong điều kiện nén Marshall được cải thiện, trong khi độ dẻo tăng phản ánh mẫu có khả năng biến dạng lớn hơn trước khi phá hoại. Đối với nhóm chỉ tiêu ép chẻ, R1 cũng cho R_{kc} khô, R_{kc} ngâm và TSR cao hơn R0, cho thấy hỗn hợp có cao su vụn duy trì cường độ kéo gián tiếp tốt hơn sau tác động của nước.

Kết quả mô-đun đàn hồi cho thấy R1 có mô-đun thấp hơn R0 ở cả ba mức nhiệt độ thí nghiệm. Sự giảm mô-đun này xuất phát từ việc cao su vụn làm tăng biến dạng đàn hồi phục hồi của mẫu dưới cùng điều kiện tải trọng. Đối với BTNCTCN có RAP, đây là tín hiệu có lợi vì RAP và nhựa đường cũ thường làm hỗn hợp tăng độ cứng. Khi bổ sung cao su vụn, độ cứng đàn hồi được điều chỉnh giảm, giúp hỗn hợp bớt giòn và có khả năng biến dạng đàn hồi tốt hơn khi chịu tải trọng. Do đó, trong phạm vi các thí nghiệm của bài báo, cao su vụn không chỉ cải thiện các chỉ tiêu Marshall và TSR mà còn góp phần hạn chế bất lợi do độ cứng cao của hỗn hợp BTNCTCN có RAP, qua đó hỗ trợ cải thiện khả năng làm việc của hỗn hợp đối với nguy cơ nứt.

3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ

3.1. Đánh giá hiệu quả kỹ thuật thông qua kết cấu áo đường

Để xem xét khả năng áp dụng của hai hỗn hợp vào kết cấu áo đường, nghiên cứu sử dụng cùng một kết cấu có lớp BTNCTCN 12,5 dày 7 cm, trong đó các lớp phía dưới được giữ nguyên như thể hiện ở Hình 5 và chỉ thay đổi thông số cơ học của lớp BTNCTCN. Cường độ chịu kéo uốn giới hạn tại 25°C, $R_{ku} = 2R_{kc}$ được xác định theo TCCS 38:2022/TCĐBVN [12]. Cường độ chịu kéo uốn giới hạn R_{ku} tại 15°C được quy đổi từ kết quả R_{ku} tại 25°C tham khảo theo nghiên cứu của Vasconcelos và cộng sự [13] thể hiện ở Bảng 3.



Hình 5. Kết cấu áo đường sử dụng trong đánh giá

Bảng 3. Thông số lớp BTNCTCN 12,5 sử dụng trong tính toán kết cấu áo đường

Lớp kết cấu (từ dưới lên)	Bề dày lớp (cm)	E (MPa)			R_{ku} (MPa)	C (MPa)	j (độ)
		Tính độ võng	Tính trượt	Tính kéo uốn			
Nền đất		50				0,0035	35
CPĐD loại II	18	250	250	250	0	0	0
CPĐD loại I	17	250	250	250	0	0	0
Phương án R0	7	470,2	329,4	1.052,8	4,38	0	0
Phương án R1	7	439,3	307,5	984,1	4,65		

Bảng 4. Kết quả đánh giá sơ bộ kết cấu áo đường đối với hai phương án vật liệu

Phương án	Kiểm toán độ võng đàn hồi ở 30°C	Kiểm toán trượt ở 60°C	Kiểm toán kéo uốn ở 15°C	Kết luận
Phương án R0	Đạt	Đạt	Đạt	Kết cấu thỏa mãn yêu cầu tính toán
Phương án R1	Đạt	Đạt	Đạt	Kết cấu thỏa mãn yêu cầu tính toán

Sau khi kiểm toán kết cấu áo đường theo TCCS 38:2022/TCĐBVN, cả hai phương án vật liệu đều thỏa mãn các điều kiện về độ võng đàn hồi, trượt trong nền đất và kéo uốn ở đáy lớp bê tông nhựa. Trên cơ sở đó, nghiên cứu tiếp tục so sánh giá thành rải thảm cho 100 m² mặt đường, với cùng chiều dày lớp BTN 12,5 là 7 cm.

3.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế

Đơn giá vật liệu đầu vào được xác định trên cơ sở công bố giá vật liệu xây dựng của Sở Xây dựng TP.HCM tại thời điểm tính toán và báo giá cao su vụn của đơn vị cung cấp. Trên cơ sở thay thế một phần cốt liệu mới bằng RAP, giá 1 tấn BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP được xác định là 1.443.690 đồng/tấn, tương ứng với phương án R0.

Đối với hỗn hợp BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP có bổ sung cao su

vụn, giá cao su vụn được lấy theo báo giá của Công ty Cổ phần Phát triển công nghệ Cao Su, bằng 12.000 đồng/kg. Với hàm lượng cao su vụn 1% theo khối lượng hỗn hợp, lượng cao su vụn sử dụng cho 1 tấn hỗn hợp là 10 kg, tương ứng chi phí bổ sung 120.000 đồng/tấn. Do đó, giá 1 tấn BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP và 1% cao su vụn được xác định là 1.563.690 đồng/tấn.

Giá thành rải thảm mặt đường bê tông nhựa được tính cho công tác rải thảm lớp BTN 12,5 dày 7 cm, đơn vị tính 100 m². Đơn giá chi tiết được lập trên cơ sở định mức và phương pháp tính chi phí xây dựng theo quy định hiện hành, trong đó các khoản chi phí vật liệu, nhân công, máy thi công, chi phí gián tiếp, thu nhập chịu thuế tính trước và thuế giá trị gia tăng được tính cho từng phương án vật liệu.

Bảng 5. So sánh giá thành rải thảm lớp BTNCTCN 12,5 dày 7 cm cho 100 m²

Phương án	Đơn giá hỗn hợp (đồng/tấn)	Giá thành rải thảm cho 100 m ² (đồng)	Chênh lệch so với R0 (đồng)	Tỷ lệ chênh lệch
Phương án R0	1.443.690	32.990.423	-	-
Phương án R1	1.563.690	35.603.427	2.613.004	+7,9%

Kết quả so sánh cho thấy phương án R1 có giá thành rải thảm cao hơn phương án R0 do phát sinh chi phí cao su vụn. Đây là kết quả phù hợp vì hai phương án được tính trên cùng chiều dày lớp rải, cùng khối lượng hỗn hợp và cùng cơ sở định mức thi công; phần chênh lệch chủ yếu đến từ chi phí vật liệu bổ sung. Tuy nhiên, phần chi phí tăng thêm cần được xem xét cùng với hiệu quả kỹ thuật đạt được. Ở phương án R1, việc bổ sung 1,0% cao su vụn giúp cải thiện độ ổn định Marshall, độ dẻo Marshall, R_{kc} và TSR, đồng thời làm giảm mô-đun đàn hồi của BTNCTCN có RAP, qua đó tăng khả năng biến dạng đàn hồi và góp phần hạn chế bất lợi do hỗn hợp có RAP quá cứng. Như vậy, R1 không phải là phương án có lợi hơn về chi phí ban đầu so với R0, nhưng là phương án có triển vọng khi xét đồng thời yêu cầu kỹ thuật và mục tiêu tận dụng cao su vụn từ lốp xe phế thải. Hiệu quả kinh tế của phương án này cần được tiếp tục đánh giá theo điều kiện sản xuất thực tế và theo hướng chỉ phí vòng đời, thay vì chỉ dựa trên giá thành rải thảm ban đầu.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả thí nghiệm và đánh giá hiệu quả áp dụng của BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP khi bổ sung 1,0% cao su vụn, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Cấp phối BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP được thiết kế nằm trong dải yêu cầu của TCVN 13567-4:2024. Hàm lượng nhựa tối ưu 4,8% được lựa chọn trên cơ sở tính toán dự kiến và kiểm tra bằng thí nghiệm Marshall, sau đó được sử dụng thống nhất cho hai hỗn hợp R0 và R1. Vì vậy, sự khác biệt giữa hai hỗn hợp chủ yếu đến từ việc bổ sung 1,0% cao su vụn.
- Hỗn hợp R1 có độ ổn định Marshall và độ dẻo Marshall cao hơn hỗn hợp R0. Kết quả này cho thấy việc bổ sung 1,0% cao su vụn không làm giảm khả năng chịu tải trong điều kiện nén Marshall, đồng thời làm tăng chuyển vị của mẫu tại thời điểm phá hoại. Như vậy, cao su vụn có tác động tích cực đến trạng thái làm việc của BTNCTCN có RAP trong thí nghiệm Marshall.
- Các chỉ tiêu R_{kc} khô, R_{kc} ngâm và TSR của hỗn hợp R1 đều cao hơn hỗn hợp R0. Điều này cho thấy hỗn hợp có cao su vụn có khả năng duy trì cường độ kéo gián tiếp sau ngâm nước tốt hơn. Đây là kết quả có ý nghĩa đối với BTNCTCN sử dụng RAP, vì hỗn hợp tái chế nóng cần được kiểm soát đồng thời về cường độ và độ bền nước.
- Mô-đun đàn hồi của hỗn hợp R1 thấp hơn R0 ở cả ba mức nhiệt độ thí nghiệm 15°C, 30°C và 60°C. Sự giảm mô-đun này cho thấy cao su vụn góp phần làm tăng biến dạng đàn hồi phục hồi của hỗn hợp dưới tác dụng tải trọng. Đối với BTNCTCN có RAP, đây là dấu hiệu có lợi vì nhựa đường cũ trong RAP thường làm hỗn hợp tăng độ cứng. Khi mô-đun giảm nhưng các chỉ tiêu Marshall, R_{kc} và TSR vẫn được cải thiện, có thể nhận định rằng 1,0% cao su vụn giúp điều chỉnh độ cứng của hỗn hợp theo hướng hợp lý hơn, qua đó hỗ trợ hạn chế nguy cơ nứt do hỗn hợp có RAP quá cứng.
- Kết quả kiểm toán kết cấu áo đường cho thấy cả hai phương án R0 và R1 đều thỏa các điều kiện tính toán về độ võng đàn hồi, cắt trượt trong nền đất và kéo uốn ở đáy lớp bê tông nhựa. Tuy nhiên, phương án R1 có giá thành rải thảm cao hơn khoảng 7,9% so với R0 cho 100 m² lớp BTNCTCN

12,5 dày 7 cm. Phần chi phí tăng thêm chủ yếu do bổ sung cao su vụn. Vì vậy, R1 chưa tạo lợi thế về chi phí xây dựng ban đầu, nhưng có triển vọng khi xét đồng thời hiệu quả kỹ thuật và mục tiêu tận dụng cao su vụn từ lốp xe phế thải.

Từ các kết quả trên, có thể nhận định rằng việc bổ sung 1,0% cao su vụn vào BTNCTCN 12,5 sử dụng 25% RAP là phương án có tiềm năng về mặt kỹ thuật trong phạm vi nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S. Hashim, H. Al-Mosawe, H. Mohammed. The Influence of Using Recycled Asphalt Pavement and Crumbed Rubber on Asphalt Pavement: A Review. Al-Nahrain Journal of Engineering Sciences, vol. 26, no. 2, pp. 74-82, 2023.

[2] X. Chen, Q. Li, T. Sesay, Q. You, E. B. Chineche. Valorization of recycled wastes in pavement preventive maintenance: A review on reclaimed asphalt pavement and recycled waste tire. Heliyon, vol. 10, no. 6, Article e27776, 2024.

[3] F. Xiao, S. N. Amirkhanian, J. Shen, B. Putman. Influences of crumb rubber size and type on reclaimed asphalt pavement (RAP) mixtures. Construction and Building Materials, vol. 23, no. 2, pp. 1028-1034, 2009.

[4] Z. Zhao, F. Xiao, E. Toraldo, M. Crispino, M. Ketabdari. Effect of crumb rubber and reclaimed asphalt pavement on viscoelastic property of asphalt mixture. Journal of Cleaner Production, vol. 428, Article 139422, 2023.

[5] D. Lo Presti. Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review. Construction and Building Materials, vol. 49, pp. 863-881, 2013.

[6] E. H. Tân, E. M. M. Zahran, S. J. Tan. The optimal use of crumb rubber in hot-mix asphalt by dry process: A laboratory investigation using Marshall mix design. Transportation Engineering, vol. 10, Article 100145, 2022.

[7] Bộ Khoa học và Công nghệ. Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu - Phần 4: BTNCTCN tại trạm trộn sử dụng vật liệu cũ không quá 25%. TCVN 13567-4:2024, Hà Nội, 2024.

[8] Bộ Khoa học và Công nghệ. Hỗn hợp bê tông nhựa nóng - Thiết kế theo phương pháp Marshall. TCVN 8820:2011, Hà Nội, 2011.

[9] I. Bakheit, H. Xiaoming. Modification of the dry method for mixing crumb rubber modifier with aggregate and asphalt based on the binder mix design. Construction and Building Materials, vol. 220, pp. 278-284, 2019.

[10] Bộ Khoa học và Công nghệ. Bê tông nhựa - Phương pháp thử - Phần 1: Xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall. TCVN 8860-1:2011, Hà Nội, 2011.

[11] Bộ Khoa học và Công nghệ. Bê tông nhựa - Phương pháp xác định tỷ số cường độ kéo gián tiếp của bê tông nhựa sau khi ngâm nước. TCVN 12914:2020, Hà Nội, 2020.

[12] Cục Đường bộ Việt Nam. Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm. TCCS 38:2022/TCĐBVN, Hà Nội, 2022.

[13] K. L. Vasconcelos, L. B. Bernucci, J. M. Chaves. Effect of Temperature on the Indirect Tensile Strength Test of Asphalt Mixtures. Proceedings of the 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul, Paper P5EE-344, pp. 1-9, 2012.

Nghiên cứu tận dụng phế thải thạch cao phospho để sản xuất gạch bê tông

Utilization of phosphorus gypsum waste for the concrete bricks production

> TS TRẦN ĐỨC TRUNG

GV Khoa Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: trungtd@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Thạch cao phospho là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất axit photphoric công nghiệp với khối lượng lớn, gây ra những vấn đề nghiêm trọng đối với môi trường do khả năng tái sử dụng còn hạn chế và quá trình tồn đọng lâu dài. Tại Việt Nam, ước tính có khoảng 1,4 triệu tấn phế thải PG được tạo ra hàng năm, với gần 11 triệu tấn hiện đang được lưu trữ tại các bãi thải, trong khi đó, số lượng tiêu thụ chỉ khoảng hơn 700.000 tấn chủ yếu được sử dụng làm phụ gia xi măng, vật liệu san lấp, làm nền, móng đường giao thông, tấm thạch cao chịu nước. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu sử dụng thạch cao PG tại Công ty Cổ phần Thạch cao Đình Vũ để chế tạo gạch bê tông đạt mác M5 và M7,5. Trong nghiên cứu, thạch cao PG được sử dụng kết hợp với xi măng poóc lăng (XM) và phụ gia khoáng hoạt tính (PGK) làm chất kết dính cường độ cao, đồng thời có khả năng chịu nước. Mẫu gạch chế tạo có cường độ nén, độ hút nước và độ thấm nước đạt theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 6477:2016, trong khi khối lượng thể tích ở trạng thái khô có thể đạt dưới 2000 kg/m³. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, tăng hàm lượng chất kết dính sử dụng từ 160-240 kg/m³ sẽ cải thiện cường độ nén của gạch hiệu quả hơn so với việc hạ tỷ lệ N/CKD.

Từ khóa: Gạch bê tông; gạch không nung; thạch cao phospho phế thải; chất kết dính thạch cao hiệu suất cao; xi măng poóc lăng.

ABSTRACT

Phosphorus gypsum (PG) is a large-volume industrial by-product generated during phosphoric acid production, posing serious environmental concerns due to its limited reuse and long-term stockpiling. In Vietnam, approximately 1.4 million tons of PG waste are generated annually, with nearly 11 million tons currently stored in landfills while the consumption is only about 700,000 tons, mainly used as cement additives; Partly used as backfill materials, road foundations or base layers, water-resistant gypsum boards. This paper presents the results of research on the use of PG waste at Dinh Vu Gypsum Joint Stock Company to manufacture concrete bricks with M5.0 and M7.5 grades. In the study, PG waste was used in combination with Portland cement (OPC) and active mineral additives (MA) as a high-strength binder, and water-resistant. The brick sample has compressive strength, water absorption and water permeability that meet the requirements of TCVN 6477:2016 standard, while the volume in the dry state can reach less than 2000 kg/m³. In addition, the results also show that increasing the binder content used from 160-240 kg/m³ will significantly improve the compressive strength of the bricks more effectively than lowering the N/CKD ratio.

Keywords: Concrete bricks; non-fired bricks; phosphorus gypsum waste; high-performance gypsum-based binder; Ordinary Portland cement.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thạch cao phospho (Phosphorus Gypsum - PG) hiện nay được tập trung nghiên cứu và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Trên thế giới, tác giả Al-Oudat và cộng sự [8] đã nghiên cứu sử dụng PG từ nhà máy hóa chất để cải thiện đất mặn, giảm giá trị pH, tăng năng suất cây trồng. Tại nhiều nước trên thế giới như Nhật Bản, Pháp, Bỉ, Đức, Ấn Độ, Nam Phi, Jordan, Mỹ... đã và đang nghiên cứu sử dụng thạch cao PG trộn với clanhke để sản xuất các loại xi măng thông thường, xi măng không co, sản xuất chất kết dính anhydrite thân thiện với môi trường và các loại xi măng chất lượng cao [3]. Nghiên cứu của Nurhayat Degirmencia và cộng sự [12] đã chỉ ra rằng sử dụng phế thải thạch cao PG chưa xử lý và thạch cao PG sau khi nung kết hợp với tro bay và vôi trong có thể chế tạo thành công chất

kết dính hỗn hợp. Kết quả cho thấy thạch cao PG đã nung có cường độ cơ học tốt hơn, độ hút nước thấp hơn, đồng thời có khối lượng thể tích thấp hơn so với thạch cao PG chưa nung. Bên cạnh đó, tác giả này cũng đã nghiên cứu sử dụng hỗn hợp gồm xi măng - thạch cao PG để làm vật liệu ổn định nền đường, gạch xây, vật liệu xây trát và hoàn thiện. Tác giả Manjit, S và Mridul, G [13] đã nghiên cứu sử dụng thạch cao PG khan (thạch cao PG nung ở nhiệt độ cao) kết hợp với tro bay, xi lò cao hoạt hóa nghiền mịn và xi măng poóc lăng để chế tạo chất kết dính có độ bền cao. Theo nghiên cứu của Zielinski và Cyrkiewicz [10], có thể sử dụng thạch cao PG nung ở nhiệt độ cao kết hợp với phụ gia gồm Na₂SO₄ và FeSO₄ để chế tạo chất kết dính có cường độ nén đạt 38,9 MPa ở tuổi 28 ngày. Thạch cao PG có thể được sử dụng đến 70% khối lượng trộn với 30% clanhke xi măng

calcium sulfoaluminate để chế tạo chất kết dính bền với môi trường không khí và nước [7]. Tác giả M.sindhuja và cộng sự [9] đã nghiên cứu sử dụng thạch cao PG để chế tạo bê tông, trong đó có đánh giá ảnh hưởng của thạch cao PG đến mức độ thấm ion clo và cường độ nén của mẫu bê tông.

Tại Việt Nam đã có một số nghiên cứu nhằm xử lý và tái sử dụng thạch cao PG như tác giả Nguyễn Minh Ngọc đã nghiên cứu hoàn thiện công nghệ xử lý chất thải PG nhà máy DAP Đình Vũ để sản xuất thạch cao dùng trong xây dựng [11]. Tác giả Trần Ngọc Thúy sử dụng bã thải GYPS của nhà máy DAP để làm vật liệu xây dựng [14]. Trong khi hướng nghiên cứu được nhiều tác giả quan tâm hiện nay là tái chế sử dụng thạch cao PG có nguồn gốc từ nhà máy DAP tại Đình Vũ làm phụ gia cho xi măng [2], những nghiên cứu này đã được ứng dụng trong một số nhà máy sản xuất xi măng. Bên cạnh đó một số tác giả lại tập trung nghiên cứu sử dụng thạch cao PG để chế tạo chất kết dính có khả năng chịu nước, đồng thời có cường độ cao [6], [15]. Năm 2017, tác giả Trịnh Thị Châm và cộng sự đã nghiên cứu sử dụng PG của công ty DAP Đình Vũ làm vật liệu san nền [4]. Nguồn bã thải này cũng đã được nghiên cứu sử dụng làm nguyên liệu sản xuất tấm thạch cao thông thường [5]. Tác giả Trần Đức Trung và cộng sự đã nghiên cứu phát triển sản phẩm tấm thạch cao có khả năng chịu nước, cường độ cao trên cơ sở sử dụng thạch cao PG từ Công ty Cổ phần Thạch cao Đình Vũ [16].

Chất kết dính thạch cao là chất kết dính rắn chắc trong không khí nên có cường độ và độ bền nước thấp. Để tăng độ bền nước của chất kết dính thạch cao có thể sử dụng phụ gia dạng polymer có tác dụng bao bọc quanh các sản phẩm thủy hoá của thạch cao, ngăn cản sự tiếp xúc của chúng với nước hoặc sử dụng kết hợp với xi măng poóc lăng. Hỗn hợp chất kết dính thạch cao với xi măng poóc lăng sẽ tạo ra tác dụng tương hỗ làm chúng vừa có tính chất của chất kết dính thạch cao là rắn chắc nhanh vừa có tính chất của xi măng poóc lăng là bền nước [15]. Tuy nhiên sau hai đến ba tháng hoặc có thể muộn hơn, sẽ xuất hiện ứng suất trong hệ chất kết dính thạch cao với xi măng poóc lăng làm cho cường độ không những bị suy giảm mà hệ còn có thể bị phá hủy. Hiện tượng này là do sự hình thành ettringite từ sản phẩm thủy hoá của xi măng poóc lăng và canxi sulfat với nồng độ bazơ cao. Tác giả Volzhensky và cộng sự đã phát hiện ra rằng nếu cho thêm một lượng phụ gia puzolan thích hợp (silica fume, tro trấu, meta cao lanh, xỉ lò cao, tro bay...) vào hỗn hợp chất kết dính thạch cao với xi măng poóc lăng

thì có thể đạt được sự ổn định của hệ chất kết dính và sự gia tăng cường độ trong suốt quá trình rắn chắc trong môi trường không khí cũng như môi trường nước mà không xuất hiện ứng suất phá hủy [1]. Như vậy có thể thấy cơ sở quan trọng để chế tạo gạch bê tông sử dụng chất kết dính thạch cao PG là chế tạo được hệ chất kết dính có khả năng chịu nước, cường độ cao.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

Thạch cao PG có nguồn gốc từ Công ty Cổ phần Thạch cao Đình Vũ (Hình 1). Sau khi phơi khô, thạch cao được nung ở nhiệt độ 160°C với thời gian hằng nhiệt là 2 giờ. Mẫu được chụp ảnh cấu trúc bằng kính hiển vi điện tử quét (Hình 2). Hàm lượng $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, thành phần hoá và các tính chất cơ lý của thạch cao PG được thể hiện tại Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3. Hàm lượng axit dư, độ pH và hàm lượng vô cơ nguy hại của thạch cao PG đạt theo QCVN 07:2009.

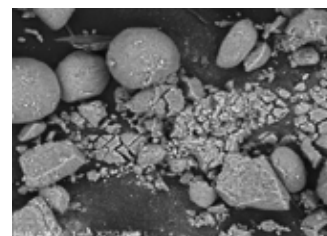
Xi măng PC40 Bút Sơn (XM) sử dụng có các tính chất cơ lý thể hiện tại Bảng 4 và thỏa mãn theo TCVN 2682:2020. Nước (N) dùng trong nghiên cứu là nước máy, thỏa mãn theo tiêu chuẩn TCVN 4506: 2012. Đề tài sử dụng phụ gia siêu dẻo (PGSD) kéo dài đồng kết gốc polymer thể hệ mới có tên thương phẩm là XO-01.

Cốt liệu (CL) sử dụng trong nghiên cứu là cát nghiền từ đá tự nhiên. Các tính chất cơ lý của CL và được thể hiện tại Bảng 5, thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 9205:2012 đối với cát thô.

Tro bay (TB) được sử dụng làm phụ gia khoáng (PGK). Thành phần hoá và lượng MKN được thể hiện tại Bảng 6, các tính chất cơ lý của TB thể hiện tại Bảng 7, trong đó chỉ số hoạt tính với xi măng được xác định ở tuổi 28 ngày.



Hình 1. Thạch cao PG tại Đình Vũ



Hình 2. Cấu trúc bề mặt hạt thạch cao PG

Bảng 1. Hàm lượng $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ và thành phần hoá của thạch cao PG

Chỉ tiêu	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SiO_2	P_2O_5	TiO_2	Fe_2O_3	MnO	SrO	Y_2O_3	ZrO_2
(%)	84,45	13,86	0,415	0,247	0,238	0,038	0,089	0,012	0,012

Bảng 2. Hàm lượng axit dư, độ pH và thành phần vô cơ nguy hại của thạch cao PG

Axit dư (mg/kg)	pH	Cd (ppm)	Be (ppm)	As (ppm)	Ag (ppm)	Ba (ppm)	Co (ppm)	Se (ppm)	Pb (ppm)	Hg (ppm)
2,45	6,4	0,018	0,02	0,21	0,045	0,511	0,125	0,041	0,019	<0,0001

Bảng 3. Tính chất cơ lý của chất kết dính thạch cao PG

Chỉ tiêu	Lượng nước yêu cầu (%)	Thời gian đông kết (phút - giây)	Cường độ nén (MPa)	Cường độ uốn (MPa)
Giá trị	74	6-40	4,84	0,53

Bảng 4. Tính chất cơ lý của xi măng PC40 Bút Sơn

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thí nghiệm
1	Kích thước hạt trung bình	μm	17,5	Phương pháp lazer
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	3,08	TCVN 13605:2023
3	Lượng sót sàng 90mm	%	1,5	TCVN 13605:2023
4	Độ mịn Blaine	cm^2/g	3550	TCVN 13605:2023
5	Độ dẻo tiêu chuẩn.	%	29,0	TCVN 6017:2015
6	- Thời gian bắt đầu đông kết - Thời gian kết thúc đông kết	Phút	140 245	TCVN 6017:2015
7	Độ ổn định thể tích	mm	2,0	TCVN 6017:2015
8	- Cường độ nén ở tuổi 3 ngày - Cường độ nén ở tuổi 28 ngày	MPa MPa	25,8 47,1	TCVN 6016:2011

Bảng 5. Tính chất cơ lý của cốt liệu

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	CL	Phương pháp thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,71	TCVN 7572-4:2006
2	Khối lượng thể tích khô	g/cm ³	2,69	TCVN 7572-4:2006
3	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1,51	TCVN 7572-4:2006
4	Độ hút nước	%	1,14	TCVN 7572-4:2006
5	Mô đun độ lớn	-	2,83	TCVN 7572-2:2006

Bảng 6. Thành phần hóa của tro bay

Hàm lượng các oxit (%)									MKN
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	ZnO	SO ₃	
57,13	26,76	6,42	1,67	1,11	4,80	0,072	0,023	0,89	5,17

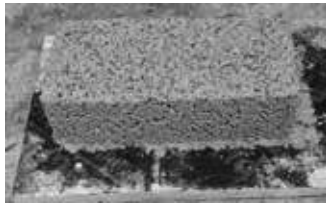
Bảng 7. Tính chất cơ lý của tro bay

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,29	TCVN 13605:2023
2	Tỷ diện tích bề mặt	cm ² /g	3820	TCVN 13605:2023
3	Chỉ số hoạt tính với xi măng	%	86	TCVN 10302:2014
4	Kích thước hạt trung bình	μm	7,8	Phương pháp Lazer

2.2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 3. Tạo hình viên gạch



Hình 4. Mẫu gạch sau khi chế tạo



Hình 5. Thí nghiệm cường độ nén



Hình 6. Thí nghiệm độ thấm nước

Trong nghiên cứu sử dụng các phương pháp thí nghiệm dựa trên hệ thống tiêu chuẩn của Việt Nam gồm các thí nghiệm xác định các tính chất cơ lý của XM (TCVN 13605:2023, TCVN 6017:2015, TCVN 6016:2011), cốt liệu cho vữa và bê tông (TCVN 7572:2006), phụ gia khoáng hoạt tính (TCVN 10302:2014), cường độ chịu nén và độ

Bảng 8. Tính chất của hồ chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp

Ký hiệu mẫu	PGSD (%)	Độ chảy (mm)	Thời gian đông kết (phút - giây)
100PGB	0,35	190	10-50
60-32-8TB	0,50	195	17-40

Bảng 9. Cường độ nén và hệ số hoá mềm của đá chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp

Ký hiệu mẫu	Cường độ nén ở trạng thái khô (Mpa)				Hệ số hoá mềm			
	7 ngày	28 ngày	90 ngày	180 ngày	7 ngày	28 ngày	90 ngày	180 ngày
100PGB	7,72	8,17	8,32	8,72	0,53	x	x	x
60-32-8TB	30,79	34,34	34,85	32,22	0,90	0,91	0,92	0,88

Ghi chú: Mẫu bị phá huỷ khi ngâm nước ký hiệu là: x (thể hiện tại Hình 7)



Hình 7. Mẫu thạch cao PG sau 28 ngày ngâm mẫu



Hình 8. Mẫu thạch cao hỗn hợp sau 180 ngày ngâm mẫu

thấm nước của gạch bê tông (TCVN 6477:2016). Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng một số phương pháp thí nghiệm phi tiêu chuẩn để xác định sự phân bố kích thước hạt của XM và TB (phương pháp tán xạ lazer), phương pháp chụp ảnh bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để xác định cấu trúc bề mặt hạt thạch cao PG.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu chế tạo chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp chịu nước, cường độ cao

- Thành phần hỗn hợp chất kết dính (CKD) gồm: Chất kết dính thạch cao PG (PGB), XM và TB
- Sử dụng tỷ lệ theo khối lượng giữa các thành phần: PGB-XM-TB là 60-32-8
- Tỷ lệ N/CKD sử dụng là 0,3

Kết quả thí nghiệm các tính chất cơ lý của chất kết dính được thể hiện tại Bảng 8 và Bảng 9. Trong đó chỉ tiêu về cường độ nén và hệ số hoá mềm được nghiên cứu ở các tuổi 7 ngày, 28 ngày, 90 ngày và 180 ngày nhằm đánh giá sự suy giảm cường độ và khả năng chịu nước của đá thạch cao theo thời gian. Hệ số hoá mềm là tỷ số giữa cường độ nén ở trạng thái bão hoà và cường độ nén ở trạng thái khô. Hệ số hoá mềm lớn hơn 0,75 được coi là có khả năng chịu nước.

Kết quả nghiên cứu cho thấy: Chất kết dính thạch cao PG có cường độ nén ở tất cả các ngày tuổi và hệ số hoá mềm ở tuổi 7 ngày thấp hơn rất nhiều so với cường độ nén và hệ số hoá mềm của chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp. Sau thời gian ngâm 28 ngày, mẫu chất kết dính thạch cao PG bị phá huỷ hoàn toàn, trong khi mẫu chất kết dính thạch cao hỗn hợp vẫn có hệ số mềm đạt đến 0,88 ở tuổi 180 ngày. Như vậy có thể nhận định chất kết dính thạch cao hỗn hợp gồm PGB-XM-TB theo tỷ lệ khối lượng 60-32-8, đồng thời sử

dụng tỷ lệ N/CKD = 0,3 hoàn toàn có thể chế tạo được chất kết dính có cường độ cao và khả năng chịu nước tốt. Đây là cơ sở quan trọng cho việc nghiên cứu chế tạo gạch bê tông.

3.2. Thiết kế thành phần gạch bê tông

- Mác gạch bê tông được lựa chọn thiết kế là M7.5 và M5.0
- Với mác M7.5: Lượng chất kết dính sử dụng từ $160 \div 240 \text{ kg/m}^3$.
- Với mác M5.0: Lượng chất kết dính sử dụng từ $120 \div 200 \text{ kg/m}^3$.

- Tỷ lệ N/CKD sử dụng là 0,5 đối với mác M7.5 và 0,6 đối với mác M5.0 để nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng CKD

- Để nghiên cứu ảnh hưởng của N/CKD, sử dụng tỷ lệ là 0,3; 0,4 và 0,5 với mác M7.5. Tỷ lệ 0,6; 0,5 và 0,3 với mác M5.0. Sử dụng PGSD để điều chỉnh độ dẻo của hỗn hợp sao cho đảm bảo được khả năng tạo hình tương tự nhau.

Bảng 10. Thành phần cấp phối gạch bê tông nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính

Ký hiệu	CKD	N/CKD	Thành phần vật liệu cho 1m^3 (kg)					Mác thiết kế
			PGB	XM	TB	CN	N	
CP1.1	160	0,5	96	51	13	1914	80	M7.5
CP1.2	200		120	64	16	1817	100	
CP1.3	240		144	77	19	1720	120	
CP2.1	120	0,6	72	38	10	1979	72	M5.0
CP2.2	160		96	51	13	1871	96	
CP2.3	200		120	64	16	1763	120	

Bảng 11. Thành phần cấp phối gạch bê tông nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD

Ký hiệu	CKD	N/CKD	Thành phần vật liệu cho 1m^3 (kg)					Mác thiết kế
			PGB	XM	TB	CN	N	
CP1.3	240	0,5	144	77	19	1720	120	M7.5
CP1.3.1	240	0,4	144	77	19	1785	96	
CP1.3.2	240	0,3	144	77	19	1850	72	
CP2.3	200	0,6	120	64	16	1763	120	M5.0
CP2.3.1	200	0,5	120	64	16	1817	100	
CP2.3.2	200	0,3	120	64	16	1925	60	

3.3. Quy trình chế tạo và thí nghiệm mẫu

Thành phần chất kết dính thạch cao hỗn hợp được đưa vào đồng thời sau đó trộn khô trong 60 giây. Cho CL vào trộn đều trong 30 giây tiếp theo. Nước được đổ vào cùng với PGSD (nếu có) và trộn hỗn hợp cấp phối trong thời gian 90 giây. Tổng thời gian trộn là 180 giây. Máy trộn cưỡng bức được sử dụng để thực hiện công tác nhào trộn

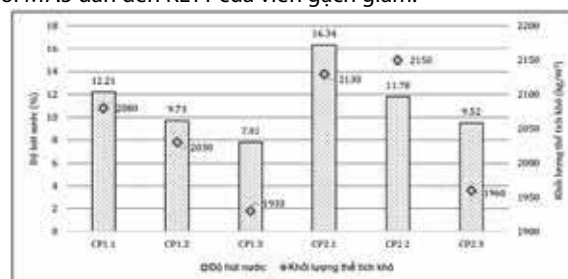
Hỗn hợp sau khi trộn được đưa vào máy rung ép 1 lần với thời gian là 30 giây. Sau đó mẫu được phủ giẻ ẩm để bảo dưỡng tự nhiên trong phòng thí nghiệm, sau 24 h mẫu được ngâm bảo dưỡng trong nước cho đến khi đủ tuổi thí nghiệm. Mẫu gạch bê tông sử dụng xác định các tính chất cơ lý đều đạt yêu cầu về ngoại hình theo TCVN 6477:2016. Mẫu gạch bê tông được thực hiện các thí nghiệm ở tuổi 28 ngày để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính và tỷ lệ N/CKD đến tính chất cơ lý. Các nghiên cứu đánh giá cường độ và khả năng chịu nước theo thời gian của gạch được tiến hành ở tuổi 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày và 90 ngày.

3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến tính chất cơ lý của gạch bê tông

3.4.1. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến khối lượng thể tích và độ hút nước

Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 9 cho thấy: Độ hút nước của cấp phối CP1.1 không đạt yêu cầu đối với mác M7.5 (<12%), cấp phối CP2.1 không đạt yêu cầu đối với mác M5.0 (<14%) theo tiêu chuẩn TCVN 6477:2016, đồng thời giá trị độ hút nước giảm dần khi tăng hàm lượng CKD sử dụng. Kết quả này phù hợp với lý thuyết do khi tăng hàm lượng CKD đồng nghĩa với việc tăng chiều dày lớp hồ bao bọc quanh hạt cốt liệu, giảm độ rỗng của viên gạch dẫn đến độ hút nước giảm. Cùng với đó, việc tăng lượng CKD làm giảm KLTT của gạch. Điều này cũng khá phù hợp do với tổng thể tích gần tương đương nhau, khi tăng lượng dùng CKD đồng nghĩa với việc giảm khối lượng CL, trong khi khối lượng riêng của CL lại cao hơn khối lượng riêng của CKD. Bên cạnh đó KLTT của viên gạch

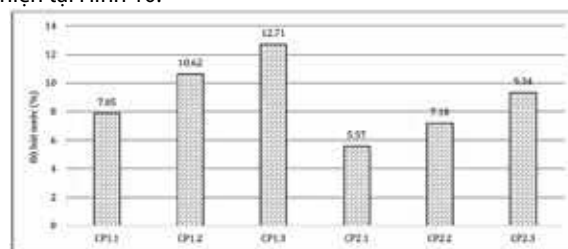
mác M5.0 có xu hướng giảm chút ít so với viên gạch mác M7.5 với cùng lượng CKD sử dụng. Nguyên nhân được giải thích là do lượng nước sử dụng khác nhau nên sẽ ảnh hưởng đến thể tích của lượng CL sử dụng, cụ thể lượng CL dùng cho mác M5.0 thường thấp hơn so với M7.5 dẫn đến KLTT của viên gạch giảm.



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến khối lượng thể tích và độ hút nước

3.4.2. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến cường độ nén

Đến tuổi thí nghiệm gạch được vớt ra, để ráo nước, sau đó tiến hành làm phẳng bề mặt mẫu bằng hồ xi măng, được bảo dưỡng trong điều kiện tự nhiên tối thiểu 72 giờ. Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 10.



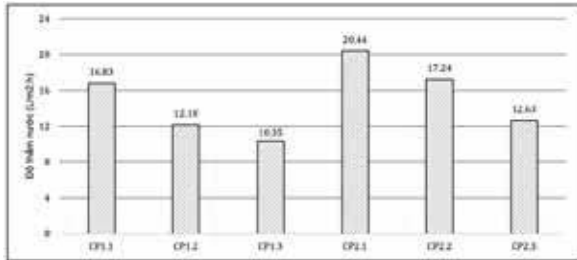
Hình 10. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến cường độ nén

Kết quả nghiên cứu cho thấy: Cường độ nén mẫu gạch bê tông của các cấp phối ở tuổi 28 ngày đều đạt yêu cầu thiết kế. Cường độ

nén của mẫu gạch tăng lên khi hàm lượng CKD tăng. Mức độ tăng đối với mác M7.5 lớn hơn so với mác M5.0. Nguyên nhân có thể được luận giải là do khi đó các hạt CL sẽ được bao bọc xung quanh bởi lớp hồ đủ dày, tạo sự liên kết tốt giữa các hạt CL, đồng thời làm giảm đáng kể độ rỗng của gạch, từ đó làm tăng cường độ nén. Điều này phù hợp với lý thuyết.

3.4.3. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến độ thấm nước

Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 11 cho thấy: Các cấp phối CP1.1, CP2.1 và CP2.2 có độ thấm nước không đạt theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 6477:2012 ($<16 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$). Độ thấm nước giảm dần khi tăng hàm lượng CKD sử dụng. Nguyên nhân là do hàm lượng bột tăng sẽ làm tăng độ đặc chắc của gạch, tuy nhiên sẽ làm tăng KLTT và giá thành của sản phẩm. Kết quả nghiên cứu này hoàn toàn phù hợp với các kết quả nghiên cứu về độ hút nước và cường độ nén của gạch.

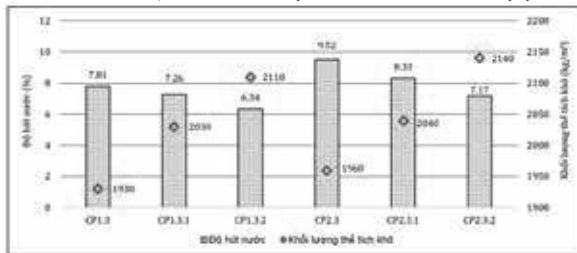


Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến độ thấm nước của gạch

3.5. Ảnh hưởng tỷ lệ N/CKD đến tính chất cơ lý của gạch bê tông

3.5.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến khối lượng thể tích và độ hút nước

Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 12 cho thấy: Khi giảm tỷ lệ N/CKD thì độ hút nước của gạch giảm, tuy nhiên sự khác biệt này là không lớn. Nguyên nhân là do khi giảm tỷ lệ N/CKD sẽ làm tăng độ đặc chắc của đá XM dẫn đến làm giảm độ hút nước, nhưng độ rỗng của đá xi măng nhỏ hơn nhiều do với độ rỗng tổng thể của viên gạch. Với cùng tỷ lệ N/CKD, cấp phối M7.5 sử dụng hàm lượng CKD lớn hơn sẽ có độ hút nước thấp hơn chút ít so với cấp phối M5.0.



Hình 12. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến khối lượng thể tích và độ hút nước

3.5.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến cường độ nén

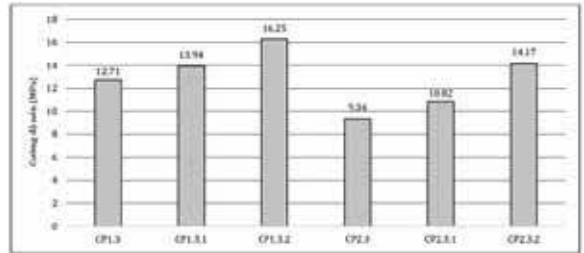
Bảng 12. Thành phần cấp phối gạch bê tông nghiên cứu cường độ và khả năng chịu nước theo thời gian

Ký hiệu	CKD	N/CKD	Thành phần vật liệu cho 1m³ (kg)					Mác thiết kế
			PGB	XM	TB	CN	N	
CP1.3	240	0,5	144	77	19	1720	120	M7.5
CP1.3.2	240	0,3	144	77	19	1850	72	
CP2.3	200	0,6	120	64	16	1763	120	
CP2.3.2	200	0,3	120	64	16	1925	60	M5.0

Bảng 13. Kết quả nghiên cứu cường độ nén và hệ số hoá mềm của gạch theo thời gian

Ký hiệu	Cường độ nén (Mpa)				Hệ số hoá mềm	
	3 ngày	7 ngày	28 ngày	90 ngày	28 ngày	90 ngày
CP1.3	9,81	11,87	12,71	14,15	0,92	0,90
CP1.3.2	13,29	15,74	16,25	18,09	0,93	0,92
CP2.3	7,76	9,11	9,34	11,88	0,90	0,88
CP2.3.2	11,55	13,95	14,17	16,53	0,91	0,91

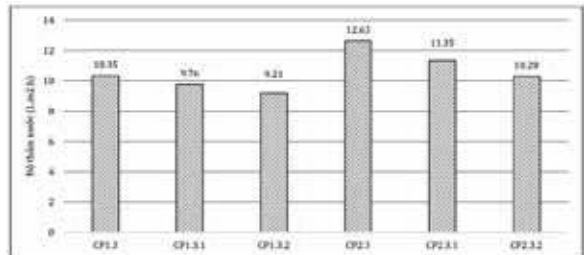
Kết quả nghiên cứu thể hiện tại Hình 13 cho thấy: Khi giảm tỷ lệ N/CKD thì cường độ nén của tất cả các cấp phối đều tăng. Cụ thể với lượng dùng chất kết dính là 240 kg/m^3 cường độ sẽ tăng từ $10 \div 28\%$ khi tỷ lệ N/CKD sử dụng giảm từ $0,5 \div 0,3\%$. Với lượng dùng chất kết dính là 200 kg/m^3 cường độ của gạch sẽ tăng từ $16 \div 52\%$ khi tỷ lệ N/CKD sử dụng giảm từ $0,6 \div 0,3\%$. Điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Bên cạnh đó, với việc sử dụng cùng tỷ lệ N/CKD là 0,3 thì cường độ nén của mẫu gạch thấp hơn khá nhiều so với cường độ của đá chất kết dính do cấu trúc của gạch có độ rỗng hơn rất nhiều so với cấu trúc của đá chất kết dính.



Hình 13. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến cường độ nén

3.5.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến độ thấm nước

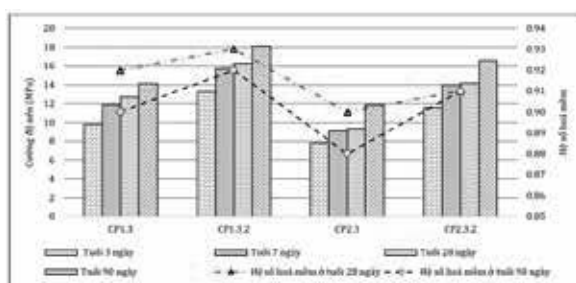
Căn cứ kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 14 có thể nhận định: Khi giảm tỷ lệ N/CKD thì đều làm tăng khả năng chống thấm nước của gạch. Tuy nhiên mức độ tăng là không lớn, giá trị gia tăng này thấp hơn nhiều so với ảnh hưởng của hàm lượng CKD sử dụng. Điều này có thể được lý giải là việc giảm tỷ lệ N/CKD sẽ làm tăng độ đặc chắc của đá CKD nhưng không làm thay đổi đáng kể độ rỗng toàn phần của viên gạch, trong khi tăng hàm lượng CKD sẽ giúp giảm độ rỗng giữa các hạt CL, dẫn đến giảm độ thấm nước.



Hình 14. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến độ thấm nước

3.6. Cường độ nén và khả năng chịu nước của gạch theo thời gian

Các cấp phối sử dụng cho nghiên cứu này được thể hiện tại Bảng 12. Thí nghiệm cường độ nén được thực hiện ở tuổi 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày và 90 ngày. Khả năng chịu nước được đánh giá ở tuổi 28 ngày và 90 ngày. Khả năng chịu nước của gạch được đánh giá thông qua hệ số hoá mềm. Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Bảng 13 và Hình 15.



Hình 15. Cường độ nén và hệ số hoá mềm theo thời gian

Kết quả nghiên cứu cho thấy: không có sự phát triển cường độ nhiều ở khoảng thời gian từ 7 ngày đến 28 ngày. Ở tuổi 90 ngày cường độ của mẫu gạch bê tông tăng từ 10 ÷ 15% so với cường độ ở tuổi 28 ngày. Như vậy có thể thấy với thạch cao gần như không còn phát triển cường độ ở tuổi này, nên với môi trường bảo dưỡng ngâm nước tiêu chuẩn, XM có trong thành phần CKD vẫn tiếp tục phát triển cường độ, đồng thời phản ứng pozolanic giữa CH và TB vẫn diễn ra. Đây là nguyên nhân chính làm cho cường độ của gạch bê tông vẫn phát triển theo thời gian. Mức độ phát triển cường độ của gạch bê tông sử dụng tỷ lệ N/CKD thấp có xu hướng thấp hơn so với khi sử dụng tỷ lệ N/CKD cao. Bên cạnh đó ở tuổi 90 ngày mẫu gạch bê tông vẫn duy trì được hệ số hoá mềm cao (>0,88). Điều này chứng tỏ trong môi trường bão hoà nước, chất kết dính thạch cao hỗn hợp có trong thành phần gạch vẫn làm việc rất ổn định, không có dấu hiệu suy giảm rõ rệt cường độ theo thời gian. Kết quả nghiên cứu này hoàn toàn tương đồng với kết quả nghiên cứu về cường độ và khả năng bền nước của chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp ở tuổi dài ngày. Tuy nhiên khi sử dụng tỷ lệ N/CKD thấp (0,3) thì ngoài việc cho cường độ nén, độ thấm nước cao hơn thì gạch bê tông cũng có hệ số hoá mềm cao hơn so với khi sử dụng tỷ lệ N/CKD là 0,5 (với mức M7.5) và 0,6 (với mức M5.0).

4. KẾT LUẬN

- Hoàn toàn có thể sử dụng phế thải thạch cao PG tại Đình Vũ kết hợp với XM và TB để chế tạo gạch bê tông có cường độ nén, độ hút nước và độ thấm nước đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6477:2016 đối với mức M7.5 và M5.0. Tỷ lệ thành phần CKD hợp lý gồm: PGB:XM:TB = 60:32:8 theo khối lượng, hàm lượng CKD lựa chọn để chế tạo gạch bê tông đạt mức M7.5 là 240 kg/m³, mức M5.0 là 200 kg/m³.

- Tăng hàm lượng CKD sử dụng hoặc giảm tỷ lệ N/CKD đều làm giảm độ hút nước của gạch bê tông, trong đó mức độ giảm độ hút nước do tăng lượng dùng CKD lớn hơn so với khi giảm tỷ lệ N/CKD. Cùng với đó, tăng lượng CKD sẽ làm giảm KLTT của gạch, đặc biệt với lượng dùng CKD là 240 kg/m³ với mức M7.5 và 200 kg/m³ với mức M5.0 đều có thể chế tạo được gạch bê tông có KLTT nhỏ hơn 2000 kg/m³.

- Hàm lượng CKD tăng từ 160-240 kg/m³ hoặc giảm tỷ lệ N/CKD đều giúp cải thiện cường độ nén của gạch. Tuy nhiên hiệu quả cải thiện cường độ nén khi tăng lượng dùng CKD sẽ cao hơn so với việc hạ tỷ lệ N/CKD.

- Cường độ của mẫu gạch bê tông ở tuổi 90 ngày vẫn tiếp tục tăng từ 10÷15% so với cường độ ở tuổi 28 ngày. Đồng thời sau 90 ngày ngâm nước, mẫu gạch bê tông vẫn duy trì được khả năng chịu nước tốt thông qua hệ số hoá mềm cao (>0,88), giá trị này không suy giảm nhiều so với ở tuổi 28 ngày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. V. Volzhensky, Y. M. B., Kolokolnikov, B. T. Mineral binders. Moscow, Stroyizdat, 1973.
- [2] Văn Viết Thiên Ân. Nghiên cứu ảnh hưởng của thạch cao Phospho từ nhà máy sản xuất phân bón DAP thay thế thạch cao tự nhiên đến các tính chất của xi măng và bê tông. Đề tài Bộ GD&ĐT, mã số B2017-XDA-14, 2019.

[3] B. Rajkovic Milos and V. Toskovic Dragan. Investigation of the possibilities of phosphogypsum application for building partitioning Walls-elements of a prefabricated house. Acta Periodica Technologica, Issue 33, pp. 71-92, 2022.

[4] Trịnh Thị Châm, Tạ Văn Luân, Khổng Thị Giang. Nghiên cứu sử dụng PG của công ty DAP Đình Vũ làm vật liệu san nền. Hội thảo Viện Vật liệu xây dựng, 2017.

[5] Trịnh Thị Châm và cộng sự. Nghiên cứu sử dụng thạch cao từ nhà máy phân bón DAP và thạch cao FGD làm nguyên liệu sản xuất tấm thạch cao thông thường. Báo cáo tổng kết đề tài Bộ xây dựng, mã số RD 117-16TX, 2019.

[6] Nguyễn Thế Hân. Nghiên cứu chế tạo chất kết dính thạch cao hỗn hợp cường độ cao và chịu nước trên cơ sở phế thải photphogypsum. Luận văn cao học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2019.

[7] K. Kover. Strength and water absorption for gypsum-cement-silicafume blends of improved performance. Advances in Cement Research, vol 10, pp. 81-92, 1998.

[8] M. Al-Oudat, A.S. Baydoun and A. Mohammad "Effect of enhanced UV-B on growth and yield of two Syrian crops wheat (Triticum durum var. Horani) and broad (Vicia faba) under field conditions. Environ. Exp. Bot, 40, pp. 11-16, 1998.

[9] M. Sindhuja, E. V. Chandrasekhar, K. rajasekhar. Investigation on Permeability Characteristics of Phosphogypsum Based Concrete. Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), vol 13, Issue 6, Ver. V, pp. 191-193, 2016.

[10] Marek Zielinski. Utilization of phosphogypsum in the aspect of environmental protection. Czasopismo Przemysl Chemiczny, 85 (7), pp. 478-482, 2006.

[11] Nguyễn Minh Ngọc. Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ xử lý chất thải GYP nhà máy DAP để sản xuất thạch cao dùng trong xây dựng. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2016.

[12] Nurhayat Degirmencia, Arzu Okucub and Ayse Turabib. Application of phosphogypsum in soil stabilization. Building and Environment, 42, pp. 3393-3398, 2007.

[13] S. Manjit and G. Mridul. Study on anhydrite plaster from waste phosphogypsum for use in polymerrised flooring composition. Construction and Building Materials, 19 (1), pp. 25-29, 2005.

[14] Trần Ngọc Thúy. Nghiên cứu xử lý bã thải GYP của nhà máy DAP làm vật liệu xây dựng. Luận văn cao học, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2018.

[15] Trần Đức Trung, Tống Tôn Kiên. Nghiên cứu chế tạo chất kết dính thạch cao chịu nước, cường độ cao từ thạch cao phospho. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, ISSN 2615-9058, số 17(2V), tr. 166-179, 20.23.

[16] Trần Đức Trung và cộng sự. Nghiên cứu chế tạo tấm thạch cao chịu nước, cường độ cao sử dụng phế thải thạch cao Phospho và thạch cao FGD ứng dụng trong thi công trang trí ngoại thất công trình. Báo cáo tổng kết đề tài Bộ Xây dựng, mã số RD43-22, 2024.

Nghiên cứu tác động của hệ thống đường thông thoát khí xả (EGB) trên động cơ ME nhằm tối ưu hóa tiêu thụ nhiên liệu trong điều kiện Slow Steaming

A study on the impact of the exhaust gas bypass (EGB) system on ME engines for fuel consumption optimization under Slow Steaming conditions

> THS PHẠM NGỌC ANH, THS ĐỖ HỒNG HẢI, THS PHẠM HỒNG DƯƠNG, KS BÙI DUY CHÍNH, THS LÊ NGỌC THÔNG, THS TỐNG THỊ XUYỀN, THS NGUYỄN THÀNH CÔNG, THS ĐỖ HỒNG THOAN*

Trường Cao đẳng Hàng hải và Đường thủy I

*Email: thoancdhh@gmail.com

TÓM TẮT

Ngành vận tải biển toàn cầu đang đứng trước áp lực lớn trong việc cắt giảm phát thải khí nhà kính (GHG) để tuân thủ các khung pháp lý khắt khe mới của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), đặc biệt là các chỉ số EEXI và CII có hiệu lực từ năm 2023. Việc áp dụng chiến lược giảm tốc độ hành trình (Slow Steaming) được coi là giải pháp mang lại hiệu quả kinh tế tức thời, song lại đặt ra những thách thức lớn về hiệu suất nhiệt động học và cơ học đối với hệ thống động cơ chính, đặc biệt là ở dải tải thấp. Bài báo tập trung nghiên cứu, phân tích và đánh giá toàn diện hệ thống đường thông thoát khí xả (Exhaust Gas Bypass - EGB) khi được tích hợp trên nền tảng động cơ điều khiển điện tử (ME) của hãng MAN B&W. Qua quá trình phân tích dữ liệu, hệ thống EGB kết hợp phương pháp hiệu chỉnh tải thấp cho thấy khả năng giảm suất tiêu hao nhiên liệu riêng (SFOC) từ 2 - 5 g/kWh, đồng thời tối ưu hóa năng lượng nhiệt thừa toàn tàu thông qua hệ thống điều khiển năng lượng nổi hơi (EEC). Bài báo cũng đi sâu so sánh EGB với các công nghệ như ngắt bộ tăng áp (TCCO), phân tích các rủi ro vận hành như ăn mòn điểm sương và chỉ ra tính khả thi về mặt kinh tế với thời gian hoàn vốn chỉ từ 12 - 24 tháng, mở ra hướng đi chiến lược cho quá trình nâng cấp đội tàu, đặc biệt là đối với thực trạng đội tàu viễn dương tại Việt Nam.

Từ khóa: EGB; động cơ ME; Slow Steaming; SFOC; EEXI và CII.

ABSTRACT

The global maritime industry is facing immense pressure to reduce greenhouse gas (GHG) emissions to comply with the stringent new regulatory frameworks of the International Maritime Organization (IMO), particularly the EEXI and CII metrics that came into effect in 2023. Implementing the slow steaming strategy is considered an immediate cost-effective solution, but it poses significant thermodynamic and mechanical performance challenges for the main engine system, especially at low load ranges. This paper focuses on comprehensively studying, analyzing and evaluating the Exhaust Gas Bypass (EGB) system when integrated into the electronically controlled (ME) engine platform by MAN B&W. Through data analysis, the EGB system combined with the low-load tuning method demonstrates the capability to reduce specific fuel oil consumption (SFOC) by 2 - 5 g/kWh, while simultaneously optimizing the vessel's total waste heat energy via the Economiser Energy Control (EEC) system. The paper also delves into comparing EGB with technologies such as Turbocharger Cut-out (TCCO), analyzes operational risks like cold corrosion and highlights its economic feasibility with a payback period of only 12 - 24 months, thereby opening a strategic direction for fleet upgrading, particularly considering the current status of the Vietnamese ocean-going fleet.

Keywords: EGB; ME engine; Slow Steaming; SFOC; EEXI and CII.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành vận tải biển đóng vai trò là mạch máu của thương mại toàn cầu, song cũng phải chịu trách nhiệm cho khoảng 2,89% tổng lượng phát thải khí nhà kính (GHG) của toàn thế giới tính đến năm 2018 [7]. Nhận thức được xu hướng lượng phát thải này sẽ tiếp tục gia tăng mạnh mẽ nếu không có các biện pháp can thiệp quyết liệt, Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã thông qua chiến lược ban đầu vào năm 2018, đặt ra mục tiêu đầy tham vọng là giảm ít nhất 40% cường độ carbon vào năm 2030 so với mức cơ sở của năm 2008 [1].

Để hiện thực hóa mục tiêu này, hai công cụ pháp lý quan trọng nhất đã chính thức có hiệu lực từ ngày 01/01/2023: EEXI (Chỉ số hiệu quả năng lượng tàu hiện có - thước đo kỹ thuật về hiệu quả thiết kế áp dụng cho các tàu trên 400 GT) và CII (Chỉ số cường độ carbon - thước đo vận hành đánh giá mức độ phát thải hàng năm của tàu trên 5.000 GT) [1]. Đối mặt với những quy định này, các chủ tàu buộc phải tìm kiếm những phương thức vận hành mới. Chiến lược Slow Steaming, tức là chủ động giảm tốc độ của tàu từ mức thiết kế ban đầu 22 - 25 hải lý/giờ xuống còn 18 - 20 hải lý/giờ hoặc thậm chí áp dụng Super Slow Steaming đang được xem là phương pháp hiệu quả và ít tốn kém nhất [9].

Về mặt nguyên lý vật lý cơ bản, công suất đẩy của tàu tỉ lệ thuận với lũy thừa ba của tốc độ, điều này có nghĩa là nếu tàu chỉ cần giảm 10% tốc độ thì có thể dẫn đến việc giảm tới 27% lượng tiêu thụ nhiên liệu [9]. Tuy nhiên, việc duy trì động cơ chạy ở tải thấp lại mang đến những hệ lụy tiêu cực về mặt kỹ thuật, cụ thể là khi tải giảm, hiệu suất của bộ tăng áp và áp suất khí quét thường sụt giảm nghiêm trọng. Sự suy giảm này trực tiếp làm kém đi chất lượng quá trình cháy trong buồng đốt và nghịch lý là làm tăng suất tiêu hao nhiên liệu riêng (SFOC) của động cơ [10]. Do đó, bài báo sẽ đi sâu làm rõ vai trò của hệ thống đường thông thoát khí xả (EGB) - một giải pháp kỹ thuật ưu việt giúp khắc phục hoàn toàn điểm yếu của vận hành tải thấp, từ đó bảo đảm khả năng tối ưu hóa nhiên liệu một cách trọn vẹn nhất.

2. CẤU TRÚC ĐỘNG CƠ ME VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG EGB

2.1. Sự chuyển dịch công nghệ từ động cơ điều khiển cơ khí sang động cơ điều khiển điện tử

Sự ra đời của dòng động cơ điều khiển điện tử ME (bao gồm các biến thể như ME-C, ME-B, ME-GI) đã đánh dấu một cuộc cách mạng thay đổi hoàn toàn cách thức kiểm soát và vận hành chu trình Diesel truyền thống [11]. Nếu như các dòng động cơ MC cơ khí cũ phụ thuộc vào hệ thống trục cam cơ khí nặng nề để điều khiển bơm cao áp và xu-páp xả, thì động cơ ME lại ứng dụng hệ thống thủy lực - điện tử toàn phần. Nền tảng của công nghệ này nằm ở hệ thống điều khiển động cơ (ECS), có khả năng giám sát cực kỳ chính xác vị trí góc quay của trục khuỷu thông qua mạng lưới các cảm biến tachô với độ chính xác đạt tới 0,1 độ [11]. Từ những dữ liệu liên tục này, hệ thống sẽ kích hoạt các van điều khiển tỉ lệ vô cùng nhạy bén như van FIVA hoặc ELVA.

Bảng 1. Các thành phần kiểm soát cốt lõi giữa hai thế hệ động cơ

Thành phần kiểm soát	Động cơ điều khiển cơ khí (MC)	Động cơ điều khiển điện tử (ME-C)
Phun nhiên liệu	Trục cam cơ khí	Van FIVA/ELFI (điều khiển điện tử)
Kích hoạt xu-páp xả	Trục cam cơ khí	Van ELVA/FIVA (điều khiển điện tử)
Bôi trơn xy-lanh	Cơ khí phụ thuộc tốc độ	Alpha Lubricator
Khởi động khí nén	Bộ phân phối cơ khí	Van điện tử On/Off

Chính cấu trúc điện tử linh hoạt này đã cung cấp một nền tảng hoàn hảo cho việc tích hợp các hệ thống tối ưu hóa năng cao, điển hình là EGB. Động cơ ME không bị gò bó trong một chế độ cố định mà cho phép người vận hành lựa chọn giữa nhiều chế độ chạy như "Fuel Economy Mode" để ưu tiên tiết kiệm hoặc các chế độ phát thải thấp để tuân thủ quy định môi trường tại các khu vực đặc biệt [11]. Trong điều kiện Slow Steaming, động cơ ME phát huy lợi thế cốt lõi là khả năng duy trì áp suất cháy ở mức cao ngay cả khi tải thấp thông qua việc tinh chỉnh thời điểm phun nhiên liệu và đóng van xả.

2.2. Nguyên lý Arctic Bypass, bảo vệ động cơ và logic điều khiển hệ thống

Về bản chất, EGB là một nhánh rẽ có kiểm soát nhằm thay đổi lượng khí xả đi vào bộ tăng áp [12]. Hệ thống này bắt nguồn từ nhu cầu thực tiễn trong các hải trình khắc nghiệt. Theo nguyên lý Arctic Bypass, khi tàu di chuyển qua vùng nước lạnh hoặc điều kiện khí hậu Bắc Cực, nhiệt độ không khí nạp xuống rất thấp làm mật độ không khí tăng lên đáng kể. Hệ quả là bộ tăng áp sẽ cung cấp một lượng khí quét lớn hơn nhiều so với thiết kế ban đầu, khiến áp suất cháy tối đa (P_{max}) bị đẩy lên vượt quá giới hạn bền cơ học cho phép của sơ-mi xy-lanh và nắp máy [12]. Để giải quyết, đơn vị điều khiển khí quét (SCU) của hệ thống EGB sẽ chủ động mở van để xả bớt một lượng khí xả, giảm bớt công suất của tuabin, từ đó giới hạn áp suất nạp và bảo vệ động cơ khỏi nguy cơ hư hỏng do quá tải.

Để hệ thống hoạt động an toàn, logic điều khiển của EGB được lập trình cứng với 4 giới hạn vận hành cốt lõi [12].

1. Bypass tổng tối đa cho phép: Ngăn không cho van EGB mở quá mức để đảm bảo lượng khí nạp không bao giờ tụt xuống dưới mức tối thiểu cần thiết cho quá trình cháy.

2. Bypass tổng tối thiểu: Hệ thống luôn duy trì một dòng khí xả nhất định đi qua tuabin nhằm giữ tốc độ quay cơ sở cho bộ tăng áp, giúp ngăn chặn hiện tượng hụt khí (lag).

3. Áp suất khí quét tối đa: Ngay lập tức ngắt hoặc đóng van EGB nếu áp suất khí nạp vượt qua ngưỡng an toàn cơ học.

4. Fail-safe running: Trong tình huống bộ tăng áp hoặc hệ thống nhiệt thừa gặp sự cố, logic điều khiển sẽ tự động ép van EGB mở hoàn toàn để xả áp suất khí xả một cách nhanh chóng [13].

Việc mở van EGB ở tải thấp tuy làm giảm hiệu suất tăng áp cục bộ, nhưng nó giúp động cơ hoạt động với một "tỉ lệ quét khí thể tích" ổn định hơn, từ đó ngăn chặn tình trạng quá nhiệt của xu-páp xả vốn rất phụ thuộc vào luồng khí nạp để làm mát [4].

3. HIỆU QUẢ HOẠT ĐỘNG, TƯƠNG TÁC CÔNG NGHỆ VÀ TÁC ĐỘNG PHÁP LÝ

3.1. Đánh giá hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu và quản lý năng lượng nhiệt thừa

3.1.1. Phân tích sự tối ưu hóa trên đường cong SFOC

Hiệu quả của EGB không dừng lại ở lý thuyết mà đã được minh chứng bằng dữ liệu vận hành thực tế đáng tin cậy. Dữ liệu từ nhà sản xuất MAN Energy Solutions đã khẳng định rằng việc tích hợp EGB cùng phương pháp hiệu chỉnh tải thấp (Low-load tuning) có khả năng giảm suất tiêu hao nhiên liệu riêng (SFOC) từ 2 đến 5 g/kWh khi máy chạy ở dải tải thấp [3].

Bảng 2. So sánh suất tiêu hao nhiên liệu riêng (SFOC) theo mức tải giữa chế độ tiêu chuẩn và EGB Tuning

Mức tải (% SMCR)	SFOC tiêu chuẩn (g/kWh)	SFOC với EGB Tuning (g/kWh)	Mức giảm tiềm năng
100%	175,0	176,5	+1,5 (Chấp nhận đánh đổi)
75%	171,0	169,5	-1,5
50%	173,0	168,0	-5,0
25%	185,0	178,5	-6,5

Dữ liệu trên làm nổi bật một quy luật đánh đổi trong thiết kế kỹ thuật động cơ: Để đạt được hiệu suất vượt trội ở tải thấp (giảm 5,0 đến 6,5 g/kWh), thiết kế phải chấp nhận một khoản “phạt” nhỏ làm tăng SFOC ở mức tải 100% [3]. Tuy nhiên, thực tiễn kỹ nguyên Slow Steaming hiện nay cho thấy các tàu viễn dương gần như hiếm khi vận hành vượt mức 85% tải máy. Chính vì thế, sự đánh đổi này đem lại lợi ích kinh tế ròng vô cùng to lớn. Đối với một khối động cơ hàng chục MW, việc giảm 5 g/kWh có thể tiết kiệm hàng trăm nghìn USD chi phí dầu đốt mỗi năm, phụ thuộc vào số lượng tàu trong đội và sự biến động của giá dầu toàn cầu [3].

Cơ sở khoa học của sự tiết kiệm này nằm ở khả năng tối ưu hóa áp suất cháy đỉnh (P_{max}). Nhờ EGB điều chỉnh áp suất khí nạp, hệ thống điện tử ME có thể duy trì tỉ lệ giữa áp suất cháy lớn nhất trên áp suất nén (P_{max}/P_{comp}) ở mức hoàn hảo trên toàn bộ dải tải. Khi tỉ lệ này được giữ gần với thông số thiết kế bất chấp tải thấp, hiệu suất nhiệt động học của toàn chu trình được nâng lên đáng kể. Sự kết hợp thêm các hệ thống như PMI Auto-tuning - liên tục đo đặc áp suất thực tế trong xylanh và điều chỉnh thời gian thực - sẽ giúp duy trì mức giảm 2 - 4 g/kWh một cách ổn định và lâu dài.

3.1.2. Tối ưu hóa năng lượng toàn tàu bằng Economiser Energy Control (EEC)

Một đột phá khác của EGB là tính năng điều khiển năng lượng nổi hơi (EEC), giúp giải quyết triệt để bài toán thiếu hụt hơi nước cục bộ. Khi tàu chạy chậm, lượng năng lượng nhiệt chứa trong khí xả bị sụt giảm nghiêm trọng, khiến nổi hơi nhiệt thừa (EGE) mất khả năng sản xuất đủ hơi nước phục vụ cho các hệ thống quan trọng trên tàu như hâm dầu FO, hâm máy hay sinh hoạt [4]. Theo cách vận hành truyền thống, thuyền viên buộc phải kích hoạt nổi hơi phụ chạy bằng dầu đốt, điều này phá vỡ hoàn toàn mục tiêu tiết kiệm nhiên liệu của Slow Steaming.

EEC can thiệp thông minh bằng cách điều khiển van EGB mở nhẹ khi nhận thấy áp suất hơi nước toàn hệ thống tụt xuống dưới ngưỡng an toàn. Bằng cách này, một luồng khí xả có nhiệt độ cực cao (do không bị bộ tăng áp hấp thụ năng lượng làm mát và giảm áp) sẽ được đẩy trực tiếp vào nổi hơi. Hiệu ứng kép mà nó mang lại bao gồm việc tăng đột biến nhiệt độ khí xả đầu vào, làm tăng mạnh hiệu suất trao đổi nhiệt tại EGE. Đồng thời, nó giúp cân bằng tiêu thụ nhiên liệu tổng: Dù việc mở EGB ở tải thấp có làm tăng nhẹ SFOC của máy chính, nhưng mức tăng này không đáng kể so với lượng dầu khổng lồ cần thiết để chạy nổi hơi phụ. Các nghiên cứu trên mẫu tàu chở hàng rời Kamsarmax 82.000 DWT đã minh chứng rõ ràng việc áp dụng EEC giúp tàu cắt hoàn toàn sự phụ thuộc vào nổi hơi phụ ở các mức tải rất thấp, gia tăng hiệu quả kinh tế một cách toàn diện [4].

3.2. Tương tác công nghệ và tác động đến việc tuân thủ pháp lý hàng hải

Trong không gian công nghệ dành cho Slow Steaming, hệ thống EGB thường được đưa lên bàn cân với các giải pháp khác như ngắt bộ tăng áp (TCCO) và tuabin biến thiên (VT).

3.2.1. So sánh hệ thống EGB với giải pháp ngắt bộ tăng áp (TCCO) và tuabin biến thiên (VT)

TCCO là công nghệ đóng ngắt hoàn toàn một trong số các bộ tăng áp trên những động cơ lớn được trang bị từ 2 đến 3 bộ tăng áp trở lên. Việc ngắt này ép dòng khí xả dồn toàn bộ vào các bộ tăng áp còn lại, giúp chúng vươn tới dải tốc độ quay cao hơn và đạt hiệu suất thiết kế dù động cơ đang ở mức tải rất thấp [13].

Mặc dù TCCO có khả năng tiết kiệm SFOC sâu hơn, nhưng tính ứng dụng linh hoạt của EGB lại cao hơn hẳn. Trên thực tế, hai hệ

thống này có thể được kết hợp: EGB sẽ đảm nhiệm việc điều chỉnh các sai số áp suất nhỏ ở tải trung bình, trong khi TCCO sẽ được kích hoạt cho các chặng hành trình Super Slow Steaming dài ngày trên đại dương (hoạt động dưới 50% tải).

Bảng 3. So sánh hiệu quả và đặc tính vận hành của hệ thống EGB và TCCO

Đặc điểm	Hệ thống EGB	Hệ thống TCCO
Tính linh hoạt	Rất cao, có thể điều chỉnh độ mở van vô cấp theo thời gian thực [13]	Thường đòi hỏi phải dùng máy để thao tác (trừ một số dòng tự động đất tiến) [16]
Phạm vi áp dụng	Thích hợp với mọi loại động cơ, kể cả động cơ nhỏ chỉ có 1 bộ tăng áp [4]	Chỉ dành cho động cơ lớn có từ 2 bộ tăng áp trở lên [16]
Tiết kiệm SFOC	Khoảng 2 - 5 g/kWh [3]	Hiệu quả cao hơn, có thể lên tới 6 - 10 g/kWh khi chạy ở tải cực thấp [16]
Chi phí đầu tư	Mức chi phí thấp, kết cấu phần cứng đơn giản, dễ bảo trì [4]	Chi phí rất cao do cần lắp đặt các van chặn kích thước lớn và logic hệ thống phức tạp [16]

Công nghệ VT có nguyên lý hoạt động dựa trên việc thay đổi diện tích vòng phun nằm bên trong tuabin. Việc thu hẹp tiết diện vòng phun khí máy chạy ở tải thấp sẽ làm gia tăng mạnh vận tốc dòng khí đập vào cánh tuabin, qua đó tăng tốc độ quay mà không cần phải bỏ qua một phần lưu lượng khí như cách tiếp cận của EGB. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của VT lại nằm ở vấn đề độ bền cơ học. Các chi tiết chuyển động tinh vi của cơ cấu VT cực kỳ dễ bị kẹt cứng do sự tích tụ của cặn carbon và muội than sinh ra từ việc đốt dầu FO chất lượng thấp. Trái ngược lại, cụm van EGB được lắp đặt trên một nhánh rẽ độc lập bên ngoài, ít chịu tác động ăn mòn trực tiếp hơn, mang lại độ tin cậy vượt trội, dễ dàng kiểm tra và bảo trì hơn [15].

3.2.2. Đánh giá sự cải thiện về chỉ số EEXI và CII

Tầm quan trọng của EGB không chỉ nằm ở khía cạnh cơ khí mà còn mang ý nghĩa sống còn trong chiến lược tuân thủ môi trường của các hãng tàu.

Phần lớn đội tàu hiện có đang áp dụng giải pháp giới hạn công suất máy chính (EPL) để tuân thủ EEXI. Khi công suất máy bị ép giảm xuống mức 60 - 70% công suất thiết kế, bộ tăng áp nguyên bản sẽ hoạt động ở dải hiệu suất kém. Việc nâng cấp hệ thống EGB kết hợp với hiệu chỉnh Low-load tuning giúp động cơ lấy lại được “hiệu suất lớn” ngay tại mức công suất giới hạn mới này, bù đắp đáng kể những tổn thất kinh tế do việc giới hạn công suất gây ra [8].

Chỉ số CII đo lường cường độ carbon dựa trên vận hành thực tế. EGB mang lại đóng góp kép. Thứ nhất, bằng việc giảm SFOC trực tiếp từ 2 - 5 g/kWh, lượng khí CO₂ xả ra môi trường giảm từ 3 - 4% trên mỗi hải lý di chuyển. Thứ hai, việc loại bỏ hàng trăm giờ đốt nổi hơi phụ mỗi năm thông qua tính năng EEC sẽ kéo giảm mạnh mẽ tổng lượng tiêu thụ nhiên liệu hàng năm, tạo động lực giúp con tàu thăng hạng từ mức D lên mức C hoặc thậm chí mức B, tránh được nguy cơ bị cấm cảng và duy trì giá trị thương mại trên thị trường vận tải quốc tế [1].

4. THÁCH THỨC VẬN HÀNH, BÀI TOÁN KINH TẾ VÀ TRIỂN VỌNG ỨNG DỤNG

4.1. Kiểm soát rủi ro kỹ thuật khi chạy máy ở tải thấp

Bên cạnh các lợi ích rõ ràng, việc mở van EGB và duy trì máy ở chế độ Slow Steaming thời gian dài luôn đi kèm với những rủi ro vận hành phức tạp.

Thứ nhất là hiện tượng ăn mòn điểm sương [11]. Vận hành ở tải thấp khiến nhiệt độ bề mặt sơ-mi xy-lanh tụt giảm. Nếu mức nhiệt này xuyên thủng ngưỡng điểm sương của axit sulfuric - một sản phẩm phụ độc hại hình thành từ hàm lượng lưu huỳnh trong dầu đốt - thì quá trình ăn mòn hóa học sẽ tàn phá bề mặt xy-lanh và xéc-măng với tốc độ báo động. Để ứng phó, hệ thống ME đã ứng dụng công nghệ bôi trơn Alpha Lubricator tích hợp thuật toán LDCL. Thuật toán này tự động đo lường và tinh chỉnh định lượng dầu nhờn cùng với độ kiểm soát cách linh hoạt theo tải máy và chất lượng lưu huỳnh của nhiên liệu. Đồng thời, các thuyền viên cần duy trì nhiệt độ nước làm mát nắp máy luôn ở mức xấp xỉ 85°C để chống lại hiện tượng này.

Thứ hai là tích tụ muội than và nguy cơ cháy nổ hơi. Vận tốc dòng khí xả yếu do máy chạy tải thấp sẽ tạo điều kiện cho các hạt muội than li ti và dầu chưa cháy hoàn toàn bám chặt lên các ống trao đổi nhiệt của bộ EGE. Điểm nguy hiểm nằm ở chỗ, khi tàu bắt ngờ cần tăng tốc độ, nhiệt lượng xả tăng cao đột biến sẽ có nguy cơ bắt lửa và kích cháy lớp muội than dày đặc này, tạo ra các vụ hỏa hoạn bùng nổ nghiêm trọng. Do đó, quy trình vận hành tiêu chuẩn luôn đòi hỏi thuyền trưởng và máy trưởng phải phối hợp thực hiện các ca “chạy thối” định kỳ nhằm mượn sức ép và nhiệt độ của luồng khí để tẩy sạch hệ thống [16].

4.2. Phân tích hiệu quả đầu tư và khả năng ứng dụng cho đội tàu Việt Nam

Dưới góc độ quản trị tài chính của các chủ tàu, việc nâng cấp EGB là một bài toán sinh lời hấp dẫn. Một dự án nâng cấp tiêu chuẩn sẽ bao gồm chi phí cho các cụm van cơ khí, hệ thống đường ống, cập nhật phần mềm ECS và chi phí kỹ thuật từ nhà cung cấp. Dù cần đầu tư ban đầu, nhưng nhờ mức tiết kiệm thực tế dao động từ 1,5% đến 4% tổng sản lượng nhiên liệu tiêu thụ, thời gian hoàn vốn thường chỉ kéo dài vốn vẹn từ 12 đến 24 tháng, tùy theo giá nhiên liệu và chu kỳ hoạt động của tàu [5]. Khi kỳ nguyên của các loại nhiên liệu carbon thấp (methanol, ammonia) với giá thành đắt đỏ đang đến gần, lợi thế tài chính của các hệ thống như EGB sẽ càng được nhân lên gấp bội.

Đối chiếu với thực trạng ngành Hàng hải Việt Nam, phần lớn khối lượng tấn đội tàu viễn dương hiện nay bao gồm các tàu hàng rời và tàu dầu thuộc thế hệ cũ, sử dụng các biến thể động cơ MAN B&W dòng MC cơ khí hoặc dòng ME đời đầu [6]. Việc nghiêm túc nghiên cứu và tiến hành lắp đặt các gói công nghệ EGB là con đường thiết thực và khả thi nhất để bảo toàn năng lực cạnh tranh. Nếu không có sự thay đổi, quy định khắt khe của CII sẽ sớm sàng lọc và loại bỏ các tàu cũ này ra khỏi các tuyến vận tải sinh lời trên quốc tế. Đáng mừng là hệ thống cơ sở hạ tầng sửa chữa tàu biển tại Việt Nam hiện nay hoàn toàn đủ năng lực phối hợp với các kỹ sư của MAN Energy Solutions để thực hiện thành công các gói nâng cấp này ngay trong các chu kỳ lên đà bảo dưỡng định kỳ của tàu [4].

5. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống đường thông thoát khí xả (EGB) không chỉ là một cải tiến cơ khí mà đã trở thành mô-đun trọng yếu trong kiến trúc động cơ tàu thủy ME hiện đại, đóng vai trò tối ưu hóa và điều phối năng lượng toàn hệ thống. Đối với chế độ vận hành Slow Steaming, hiệu quả của EGB được khẳng định trên 3 phương diện chính: (i) Nâng cao hiệu suất động cơ thông qua việc dịch chuyển vùng tiêu hao nhiên liệu riêng tối ưu (SFOC) về dải tải khai thác thực tế, giúp tiết kiệm tới 5 g/kWh nhiên liệu; (ii) tăng cường quản lý năng lượng tích hợp nhờ thuật toán EEC, cho phép

tận dụng hiệu quả nhiệt dư và giảm nhu cầu đốt dầu phụ cho nổ hơi; (iii) hỗ trợ tuân thủ các yêu cầu pháp lý quốc tế như EEXI và CII, qua đó kéo dài hiệu quả khai thác kinh tế của tàu.

Để tối ưu hiệu quả đầu tư và giảm thiểu rủi ro vận hành, cần áp dụng các công cụ mô phỏng chuyên dụng nhằm đánh giá cấu hình phù hợp cho từng tàu, đồng thời kết hợp đào tạo thuyền viên, quản lý bôi trơn và vệ sinh nổ hơi định kỳ. Trong bối cảnh ngành Hàng hải chuyển dịch sang nhiên liệu xanh có chi phí cao, công nghệ EGB được xem là giải pháp thiết yếu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và bảo đảm tính bền vững trong khai thác tàu biển hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vakili, S., Ballini, F., Schönborn, A., Christodoulou, A., Dalaklis, D., Ölçer, A. I. Assessing the macroeconomic and social impacts of slow steaming in shipping: a literature review on small island developing states and least developed countries. *Journal of Shipping and Trade*, vol. 8(1), pp. 1-25, 2023.
- [2] Maritime Expert. Operational information: The computer controlled electronic engine. *Maritime Expert*, 2016.
- [3] Scribd. Exhaust gas bypass system overview. *Scribd Document Repository*, 2024.
- [4] MAN Energy Solutions. Economiser energy control for increased service steam production. *MAN Energy Solutions*, 2022.
- [5] Alfa Laval. Is slow-steaming the solution for full engine optimization? *Alfa Laval Marine Transportation*, 2026.
- [6] Everllence. Engine Optimisation. *Everllence Project Guides*.
- [7] Riviera Maritime Media. Slow steaming? A turbocharger cut-out can improve efficiency. *Riviera Maritime Media*, 2022.
- [8] METO. ME engine electronics full guide. *Marine Engineering Training Online*, 2020.
- [9] Vakili, S., Ballini, F., Schönborn, A., Christodoulou, A., Dalaklis, D., Ölçer, A. I. Assessing the macroeconomic and social impacts of slow steaming in shipping: a literature review on small island developing states and least developed countries. *PubMed Central*, vol. 8(1), article 2, 2023.
- [10] Wehner, K., Schmidt, H., Pamungkas, M. R. Modelling the turbocharger cut off application due to slow steaming operation 12RTA96C-B engine. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, vol. 1(4), 2017.
- [11] International Maritime Organization. Improving the energy efficiency of ships. *International Maritime Organization*. Internet: <https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/improving%20the%20energy%20efficiency%20of%20ships.aspx> (accessed: 3/2026).
- [12] International Maritime Organization. EEXI and CII - Ship carbon intensity and rating system. *International Maritime Organization*. Internet: <https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/eexi-cii-faq.aspx> (accessed: tháng 3/2026).
- [13] Viện FMIT. Slow steaming shipping là gì (Definition & Meaning). *Viện FMIT*. Internet: <https://fmit.vn/tu-dien-quan-ly/slow-steaming-in-shipping-la-gi> (accessed: 3/2026).
- [14] MAN B&W. Marine engine IMO Tier II. *MAN Diesel & Turbo*, 2013.
- [15] Pelić, V., Bukovac, O., Radonja, R., Degiuli, N. The impact of slow steaming on fuel consumption and CO₂ emissions of a container ship. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 11(3), article 675, 2023.
- [16] Tô Trọng Hiến, Đặng Thanh Tùng, Mai Thế Trọng. Xác định và giải pháp nâng cao chỉ số hiệu quả năng lượng cho tàu hiện đang khai thác Việt Thuận 30-02. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải Việt Nam*, tr. 24-29, 2023.

Thiết kế robot tự hành tích hợp cảm biến thông minh nhằm cảnh báo giám sát môi trường lao động

The design incorporates smart sensors for mobile robots to monitor and warn about the working environment

> TS NGUYỄN SỸ TÀI^{1,*}, TS PHẠM MINH TÂM², TS LÊ QUÍ THẢO³, KS CỔ NHƯ QUÂN¹

¹Viện Khoa học An toàn và Vệ sinh lao động, Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam

²Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

³Trường Đại học Mở - Địa chất

*Email: tuantaibhld@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất một hệ thống robot tự hành tích hợp cảm biến thông minh nhằm phục vụ công tác giám sát và cảnh báo môi trường lao động trong nhà máy. Hệ thống được thiết kế với một robot di động có khả năng tự hành, được trang bị các cảm biến đo khí (O_2 , CO, CO_2 , CH_4 , H_2S), cảm biến nhiệt độ, độ ẩm; hệ thống camera giám sát và phát hiện thân nhiệt, đàm thoại hai chiều; cùng với cảm biến LiDAR phục vụ xây dựng bản đồ và định vị trong không gian hai chiều (2D). Nghiên cứu tiến hành mô phỏng trên phần mềm Gazebo với 4 kịch bản cho robot đề xuất ở môi trường trong và ngoài nhà máy. Kết quả cho thấy robot vận hành ổn định, định vị chính xác và tránh vật cản đến đích một cách an toàn. Các kết quả trên khẳng định tính khả thi của đề xuất nghiên cứu và tiềm năng ứng dụng robot vào kiểm tra, giám sát, cảnh báo và hỗ trợ người lao động khi làm việc trong môi trường tiềm ẩn nhiều nguy cơ rủi ro cao. Kết quả này cũng là cơ sở để tác giả tiến hành gia công, chế tạo, kiểm nghiệm vào môi trường thực tế.

Từ khóa: Robot di động; giám sát môi trường; mô phỏng Gazebo; ROS, Dijkstra; RRT.

ABSTRACT

The article proposes an autonomous robot system integrated with smart sensors to serve the purpose of monitoring and warning about the working environment in a factory. The system is designed with a mobile robot capable of autonomous movement, equipped with gas sensors (O_2 , CO, CO_2 , CH_4 , H_2S), temperature and humidity sensors; surveillance cameras with thermal detection and two-way communication; along with LiDAR sensors for mapping and localization in a two-dimensional space (2D). The study conducted simulations using Gazebo software with four scenarios for the proposed robot in both indoor and outdoor factory environments. The results show that the robot operates stably, accurately localizes and safely avoids obstacles to reach its destination. These findings confirm the feasibility of the proposed research and the potential application of robots in inspection, monitoring, warning and supporting workers in high-risk environments. This result also provides a basis for the authors to proceed with manufacturing, testing and deploying the robot in real environments.

Keywords: Mobile robot; environmental monitoring; gazebo simulation; ROS, Dijkstra; RRT.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư (4.0) và xu hướng chuyển đổi số đang diễn ra mạnh mẽ, ứng dụng công nghệ thông tin, robot và hệ thống cảm biến thông minh trong sản xuất công nghiệp được xem là nhiệm vụ hết sức quan trọng đối với sự phát triển bền vững của đất nước [1]. Hiệu quả mang lại không

chỉ nhằm nâng cao năng suất lao động mà còn yêu cầu đảm bảo an toàn, vệ sinh lao động (ATVSLĐ) một cách chủ động, có kiểm soát và bảo vệ người lao động trong quá trình làm việc. Các chiến lược quốc gia về đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số đã triển khai tại nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam đều nhấn mạnh việc thúc đẩy ứng dụng công nghệ tiên tiến như robot tự hành, trí tuệ nhân tạo (AI)

và Internet vạn vật (IoT) trong giám sát môi trường và quản lý rủi ro nghề nghiệp.

Thực tiễn cho thấy, môi trường làm việc tại các nhà máy công nghiệp luôn tiềm ẩn nhiều yếu tố nguy hiểm và có hại như khí độc (CO , H_2S , CH_4), nhiệt độ cao, thiếu oxy hoặc các nguy cơ cháy nổ. Các phương pháp giám sát truyền thống chủ yếu dựa vào con người không chỉ làm tăng nguy cơ tai nạn, bệnh nghề nghiệp mà còn hạn chế về khả năng giám sát liên tục và phát hiện sớm. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển các hệ thống robot tự hành tích hợp cảm biến thông minh, camera phục vụ giám sát môi trường lao động là một xu hướng tất yếu và cần thiết.

Trên thế giới, các nghiên cứu về ứng dụng sử dụng robot với các thiết bị cảnh báo hiện đại đang dần thay thế hoàn toàn con người ở các nhiệm vụ nguy hiểm. Đầu tiên có thể kể đến robot trang bị đa cảm biến nhằm tìm kiếm và hỗ trợ lực lượng chữa cháy, cứu hộ với khả năng tìm kiếm nạn nhân, lập bản đồ dẫn đường [2] hay nghiên cứu về robot 4 chân được tích hợp các cảm biến để xác định các nguồn mùi khí độc trong nhà máy và lập được bản đồ hiện trường [3]. Trong môi trường sản xuất, các nghiên cứu về tương tác người - robot (HRI) đã đề xuất các phương pháp giám sát an toàn theo thời gian thực, nghiên cứu đã chỉ ra rằng robot ngày càng được triển khai để hỗ trợ hoặc thay thế con người trong các nhiệm vụ nguy hiểm, đồng thời đặt ra yêu cầu cấp thiết về các hệ thống giám sát an toàn thông minh [4]. Các giải pháp robot an ninh và giám sát môi trường làm việc cũng được phát triển, như hệ thống robot đa tác tử sử dụng LIDAR để phát hiện xâm nhập trong nhà kho, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong giám sát không gian công nghiệp [5].

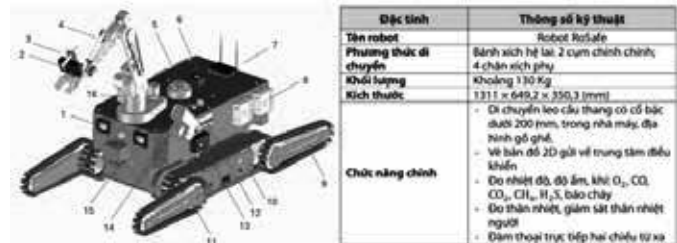
Tại Việt Nam, các hướng nghiên cứu và phát triển lĩnh vực robot cũng đã có những bước phát triển nhất định trong những năm gần đây. Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo robot giám sát đường ống nước thải đã giúp phát hiện các sự cố nghiêm trọng do rò rỉ hoặc vỡ đường ống thoát khí mà công nhân khó tiếp cận do đường kính ống thoát nước ngầm quá bé [6]. Hoạt động quan trắc môi trường, khảo sát lấy mẫu ở sông hồ, cứu hộ cứu nạn đã được nghiên cứu và phát triển khi sử dụng robot có gắn các thiết bị đo chuyên dụng, cho thấy tính khả thi và cần thiết [7-8]. Với hoạt động kiểm tra các bồn chứa nguyên liệu dầu, nơi tiềm ẩn các khí độc và hạn chế về không gian làm việc cho người lao động đã được giải quyết khi đề xuất ứng dụng robot thay thế [9]. Nghiên cứu và chế tạo robot tự hành có trang bị nhiều cảm biến và hệ thống camera giám sát, sử dụng Lidar quét tạo lập bản đồ, hệ thống đàm thoại không dây của tác giả trước đó đã làm rõ vai trò và tính độc lập, đa mục tiêu của robot được đề xuất [10].

Với những hướng nghiên cứu đã được trình bày ở trên, có thể thấy rằng robot học và cảm biến thông minh đang là sự quan tâm lớn của các nhà nghiên cứu, việc đưa các nghiên cứu vào ứng dụng, tiến tới thương mại là mục tiêu mang tính dài hạn và bền vững. Tuy nhiên, rào cản lớn nhất khi triển khai là nguồn lực con người, chi phí đầu tư và tính triển khai đồng bộ vẫn là hạn chế hiện nay, một số nghiên cứu đang mang tính lý thuyết hoặc rời rạc, chưa hình thành được giải pháp tổng thể. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này sẽ đề xuất thống robot tự hành tích hợp cảm biến thông minh, camera để triển khai các nhiệm vụ giám sát hoạt động con người và cảnh báo các chỉ số khí, khói độc, nhiệt độ, độ ẩm có trong môi trường lao động, làm cơ sở cho gia công chế tạo và thực nghiệm ở giai đoạn tiếp theo.

2. MẪU ROBOT ROFASE VÀ MÔ TẢ TÍNH NĂNG

Mẫu robot Rose được thiết kế gồm ba mô-đun chính gồm: Mô-đun di chuyển - M1; mô-đun điều khiển - M2; mô-đun quan sát và định vị - M3, các thông số và tính toán về phương trình động học,

phân tích lực tác động cho robot được trình bày cụ thể trong nghiên cứu [10]. Hình 1 là phiên bản hoàn thiện mẫu robot RoSafe và các thông số kỹ thuật được mô tả tương ứng được trình bày, trong đó các cảm biến, camera được gắn lên robot phù hợp với yêu cầu đặt ra, thông số và chức năng được nêu trong Bảng 1.



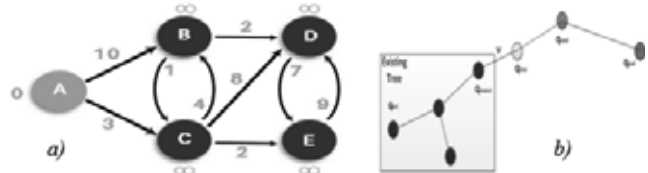
Hình 1. Mô phỏng 3D mẫu robot RoSafe và các thông số cơ bản

Bảng 1. Thiết bị, cảm biến gắn trên robot RoSafe

TT	Tên gọi	Thông số kỹ thuật	Chức năng
1	Đèn pha chiếu sáng	Led 24W	Chiếu sáng
2,13	Camera giám sát	2MP, 12VDC	Giám sát, đàm thoại
3	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm	+40°C ~ +85°C, 0%RH ~ 100%RH	Đo, giám sát nhiệt độ, độ ẩm
4	Cánh tay robot	6DOF + 1	Quét camera khu vực khó tiếp cận
5	Cảm biến báo cháy	10 ~ 30V DC	Báo khi có khói, cháy
6	Cảm biến O_2	0 ~ 5000ppm	Đo, giám sát
7	Bộ phát sóng wifi và truyền thông	5G/4G, Wifi	Đảm bảo truyền dữ liệu và điều khiển
8	Cảm biến CO , CO_2 , CH_4 , H_2S	10 ~ 30V DC	Đo và giám sát
9, 11	Bánh xích phụ	Động cơ 400W	Leo thang và địa hình gồ ghề
10	Bánh xích chính	Động cơ 400W	Di chuyển địa hình phẳng
12	Logo tên robot	150 x 60 mm	Tên robot
14	Camera đo thân nhiệt	5" ~ + 37° c	Giám sát thân nhiệt
15	Lidar lập bản đồ	Khoảng cách quét: 25m	Lập bản đồ 2D
16	Động cơ cánh tay robot	Điện áp 48V	Điều khiển cánh tay

3. THUẬT TOÁN DIJKSTRA VÀ RRT TRONG BÀI TOÁN DI CHUYỂN

Trong điều khiển robot, bài toán hoạch định đường đi đóng vai trò quan trọng nhằm đảm bảo robot di chuyển hiệu quả và bao phủ khu vực giám sát theo các kịch bản được đề xuất. Có rất nhiều phương pháp điều khiển có thể áp dụng như nghiên cứu về lý thuyết Mờ trong các bài toán bám quỹ đạo [11-12], hay dùng bộ điều khiển truyền thống PID [13-14] hoặc các bài toán điều khiển robot cho thấy hiệu quả và chính xác trong chuyển động bằng lý thuyết Đại số gia tử [15-16]. Trong bài báo này, thuật toán Dijkstra và thuật toán RRT được lựa chọn nhờ tính phổ biến và đơn giản, dễ ứng dụng [17-18], bài báo sẽ so sánh các hiệu quả của các thuật toán với bốn kịch bản tương đồng.



Hình 2. Quá trình tìm đường theo giải thuật Dijkstra (a) và Thuật toán RRT (b)

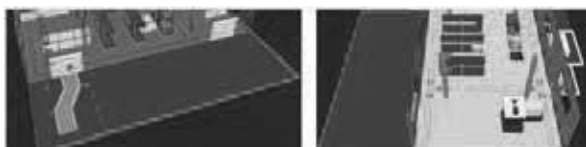
Thuật toán Dijkstra là phương pháp tìm đường ngắn nhất trên đồ thị có trọng số không âm, môi trường được mô hình hóa dưới dạng các nút và cạnh, trong đó trọng số biểu thị chi phí di chuyển, thuật toán đảm bảo tìm được đường đi tối ưu, phù hợp với các môi trường đã biết trước hoặc các nhiệm vụ tuần tra cố định [19]. Thuật toán RRT là phương pháp dựa trên lấy mẫu ngẫu nhiên, cho phép robot nhanh chóng khám phá không gian tìm kiếm, thuật toán đặc biệt hiệu quả trong môi trường phức tạp hoặc chưa xác định trước, với khả năng tránh vật cản tốt [20].

Để đánh giá và so sánh hiệu năng của hai thuật toán Dijkstra và RRT, 4 kịch bản thử nghiệm được đề xuất ở Bảng 2, các kịch bản được thiết kế nhằm kiểm chứng khả năng tránh vật cản, khả năng

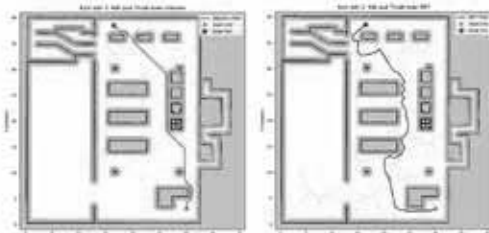
xử lý của robot khi qua lối khe hẹp, khu vực di chuyển có đường đi phức tạp. Các kịch bản được thiết lập hoàn chỉnh trong môi trường nền tảng ROS và được mô phỏng 3D trong Gazebo như Hình 3. Các kết quả mô phỏng quá trình di chuyển cho 4 kịch bản được trình bày ở Hình 4 - Hình 7.

Bảng 2. Bốn kịch bản di chuyển thử nghiệm cho robot RoSafe

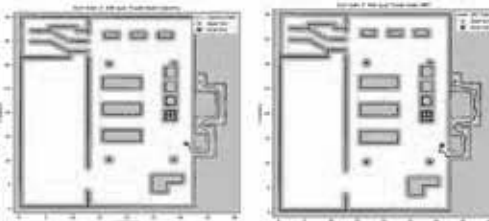
Kịch bản	Mục tiêu thử nghiệm	Vị trí bắt đầu (m)	Hướng ban đầu (rad)	Vị trí kết thúc (m)
Kịch bản 1	Tránh vật cản tĩnh trong khu vực nhà máy	(30,0; 3,0)	$\pi/2$	(16,5; 38,5)
Kịch bản 2	Đi chuyển qua hành lang và khe cửa	(33,5; 26,5)	$-\pi/2$	(31,0; 13,5)
Kịch bản 3	Di chuyển bám theo quỹ đạo phức tạp Zigzag và số 8	(7,0; 21,0)	0	(5,0; 4,0)
Kịch bản 4	Di chuyển địa hình dốc nghiêng	(11,25; 38,75)	$-\pi$	(14,0; 33,25)



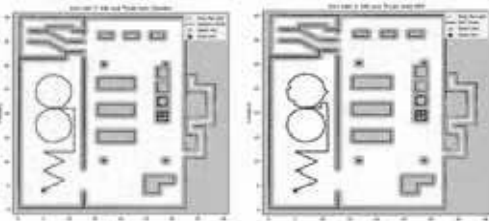
Hình 3. Mô phỏng môi trường 3D hoạt động của robot trong Gazebo



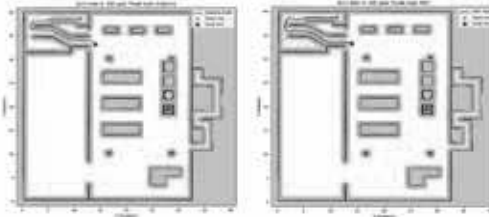
Hình 4. Mô phỏng kịch bản 1 với thuật toán Dijkstra và RRT



Hình 5. Mô phỏng kịch bản 2 với thuật toán Dijkstra và RRT



Hình 6. Mô phỏng kịch bản 3 với thuật toán Dijkstra và RRT



Hình 7. Mô phỏng kịch bản 4 với thuật toán Dijkstra và RRT

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Trong phần này sẽ trình bày các kết quả đo được của 4 kịch bản, đồng thời có sự phân tích về ưu và nhược điểm của từng thuật toán đề xuất.

Kết quả với trường hợp 1 tương ứng với Hình 4 được trình bày ở Bảng 3 cho thấy thuật toán Dijkstra đảm bảo tính tối ưu về quỹ đạo với chiều dài 42,55 m (ngắn hơn khoảng 35,9% so với RRT), tuy nhiên phải đánh đổi bằng thời gian tính toán lớn hơn (8,4402s, chậm hơn khoảng 6,3 lần) và số nút duyệt rất cao (33.5768 nút), trong khi thuật toán RRT đạt hiệu quả vượt trội về tốc độ (1,3429s) và chi phí tính toán (316 nút) nhưng tạo ra đường đi dài hơn (57,82 m) và kém tối ưu hơn.

Bảng 3. Kết quả so sánh thuật toán Dijkstra và RRT với trường hợp 1

Thuộc tính	Dijkstra	RRT
Thời gian tính (s)	8,4402	1,3429
Độ dài (m)	42,55	57,82
Tổng số nút duyệt	335.768	316

Kết quả với trường hợp 2 ở Hình 5 được tổng hợp ở Bảng 4 cho thấy trong môi trường có lối đi hẹp, thuật toán Dijkstra đạt hiệu quả vượt trội khi tìm được đường đi tối ưu trong thời gian rất ngắn (0,1792s; 26,81 m; 7.532 nút), trong khi RRT kém hiệu quả rõ rệt với thời gian tính toán lớn (10,3160s, chậm hơn 57,5 lần), số nút xây dựng hạn chế (122 nút) và quỹ đạo dài hơn (29,88 m), cho thấy hạn chế của phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên trong không gian bị ràng buộc.

Bảng 4. Kết quả so sánh thuật toán Dijkstra và RRT với trường hợp 2

Thuộc tính	Dijkstra	RRT
Thời gian tính (s)	0,1792	10,316
Độ dài (m)	26,81	29,88
Tổng số nút duyệt	7.532	122

Kết quả với trường hợp 3 ở Hình 6 được trình bày ở Bảng 5 cho thấy sự đánh đổi rõ rệt giữa hiệu quả tính toán và tính tối ưu, khi RRT tìm đường gần như tức thời (0,0065s; 192 nút) nhưng cho quỹ đạo dài hơn (84,79 m), trong khi Dijkstra đạt độ tối ưu cao với quỹ đạo gần trùng khớp đường tham chiếu (84,7 m) nhưng phải đánh đổi bằng thời gian tính toán lớn hơn đáng kể (3,65s) và số nút duyệt rất cao (153.606 nút), ngay cả trong môi trường không có vật cản.

Bảng 5. Kết quả so sánh thuật toán Dijkstra và RRT với trường hợp 3

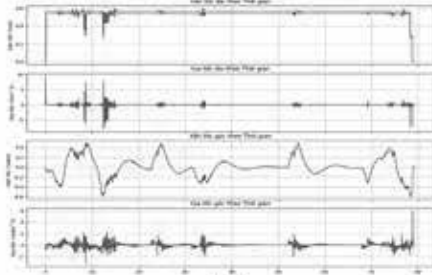
Thuộc tính	Dijkstra	RRT
Thời gian tính (s)	3,6496	0,0065
Độ dài (m)	84,47	84,79
Tổng số nút duyệt	153.606	192

Kết quả ở trường hợp 4 trong Hình 7 được trình bày ở Bảng 6 cho thấy Dijkstra đạt hiệu quả tính toán vượt trội khi nhanh hơn RRT khoảng 175 lần (0,3084s so với 53,9522s) nhờ cơ chế tìm kiếm có hệ thống, mặc dù phải duyệt nhiều nút hơn (13.922 so với 435 nút), trong khi RRT tiêu tốn thời gian lớn do quá trình lấy mẫu ngẫu nhiên. Tuy nhiên, về độ dài quỹ đạo, hai thuật toán cho kết quả gần tương đương (24,87 m và 25,33 m, chênh lệch 1,85%), cho thấy cả hai đều có khả năng tìm được lộ trình gần tối ưu trong môi trường chuyển động.

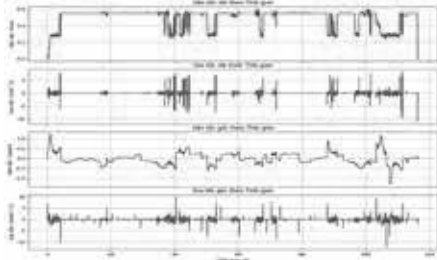
Bảng 6. Kết quả so sánh thuật toán Dijkstra và RRT với trường hợp 4

Thuộc tính	Dijkstra	RRT
Thời gian tính (s)	0,3084	53,9522
Độ dài (m)	24,87	25,33
Tổng số nút duyệt	13922	435

Ngoài các kết quả đã tính toán được, trong nghiên cứu này còn xác định được dữ liệu động học của các kịch bản giúp quá trình đánh giá được toàn diện hơn, trong giới hạn của bài báo này tác giả lựa chọn trình bày kết quả với trường hợp 1 làm đại diện điển hình.



Hình 8. Đồ thị phân tích dữ liệu động học của Dijkstra - Kịch bản 1



Hình 9. Đồ thị phân tích dữ liệu động học của RRT - Kịch bản 1

Kết quả phân tích động học cho thấy sự khác biệt rõ rệt về chất lượng quỹ đạo giữa hai thuật toán, khi Dijkstra duy trì vận tốc dài ổn định quanh mức xấp xỉ 0,55 m/s với các biến thiên vận tốc góc cục bộ tại khúc cua, trong khi RRT gây ra dao động vận tốc góc liên tục, buộc vận tốc dài giảm xuống dưới 0,4 m/s tại nhiều thời điểm. Điều này phản ánh rằng tính không mượt của quỹ đạo từ RRT làm gia tăng dao động điều khiển, dẫn đến hiệu suất chuyển động thấp hơn và thời gian di chuyển dài hơn so với Dijkstra.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất một hệ thống robot tự hành tích hợp cảm biến thông minh phục vụ giám sát và cảnh báo môi trường lao động, góp phần đáp ứng yêu cầu cấp thiết trong việc nâng cao an toàn tại các môi trường lao động tiềm ẩn nhiều rủi ro. Trên cơ sở nền tảng robot đã được phát triển, nghiên cứu đã xây dựng được mô hình giám sát đa thông số, cơ chế đánh giá mức độ nguy hiểm và hệ thống cảnh báo tương ứng. Kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống có tính khả thi, đồng thời đã đề xuất sử dụng thuật toán tìm đường đi cho robot bằng thuật toán Dijkstra và RRT và đã làm tính hiệu quả của hai thuật toán. Các kết quả đạt được là cơ sở ban đầu quan trọng cho việc phát triển các hệ thống giám sát thông minh trong thực tế. Trong các nghiên cứu tiếp theo, các phương pháp như logic mờ, đại số gia tử và mạng nơ-ron sẽ được kiểm nghiệm nhằm đánh giá toàn diện hơn về lý thuyết điều khiển, cho phép xử lý các yếu tố không chắc chắn trong môi trường, từ đó nâng cao hiệu quả điều khiển và tối ưu hóa quỹ đạo di chuyển của robot trong các điều kiện phức tạp.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này là kết quả của nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam trong Đề tài mã số ĐTAV. 04/25-NN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ban chấp hành Trung ương Đảng Cộng Sản Việt Nam. Nghị quyết số 57-NQ/TW của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia. Internet: <https://khcnthuocla.vn/entities/publication/0cc4cb5e-06a7-4b8d-b245-14fda1220080> (truy cập: tháng 4/2026).
- [2] Gelfert, Sebastian. A sensor review for human detection with robotic systems in regular and smoky environments. *International Journal of Advanced Robotic Systems* 20.3, 17298806231175238, 2023, doi: 10.1177/17298806231175238.
- [3] He, Y., Cheng, L., Pan, Y., Li, Y., Wang, D., & Zheng, H. Multi-sensory olfactory quadruped robot for odor source localization. *IEEE, In 2022 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (CBS)*, pp. 332-335, 2023, doi: 10.1109/CBS55922.2023.10115389.
- [4] Huang, Z., Mun, Y. J., Chen, H., Xie, Y., Niu, Y., Li, X. & Driggs-Campbell, K. Towards safe multi-level human-robot interaction in industrial tasks. *ArXiv preprint arXiv, 2308.03222*, 2023, doi: 10.48550/arXiv.2308.03222.
- [5] Islam, M., Ahmed, T., Nuruddin, A. T. B., Islam, M., & Siddique, S. Autonomous intruder detection using a ros-based multi-robot system equipped with 2d-lidar sensors. *IEEE, In 2020 IEEE International Symposium on Safety, Security and Rescue Robotics (SSRR)*, pp. 326-333, November 2020, doi: 10.1109/SSRR50563.2020.9292639.
- [6] Nguyễn Trường Thịnh, Trần Tuyết Quyên. Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo robot giám sát đường ống nước thải. *Journal of Technical Education Science*, 7(4), 44-50, 2012.
- [7] Trung tâm Thông tin và Thống kê Khoa học và Công nghệ. Xu hướng nghiên cứu và ứng dụng robot ngầm tự hành phục vụ quan trắc môi trường, khảo sát sông hồ và cứu hộ cứu nạn. Internet: <https://thongke.cesti.gov.vn> (truy cập: tháng 4/2026).
- [8] Nguyễn Thị Duyên. Nghiên cứu giải pháp điều hướng cho robot di động phục vụ giám sát môi trường và sự phát triển của cây trồng trong nông nghiệp. Internet: <https://gust.edu.vn/media/31/uftai-ve-tai-day31541.pdf> (truy cập: tháng 4/2026).
- [9] Nguyễn Thị Lan, Huỳnh Khắc Tâm, Thái Lâm Cường Quốc. Nghiên cứu ứng dụng robot và phương pháp kiểm tra không phá hủy trong đánh giá ăn mòn bốn chứa nhiên liệu. *Petrovietnam Journal*, 5, 69-78, 2024, doi: <https://doi.org/10.47800/PVSI.2024.05-08>.
- [10] Nguyen Sy Tai, Co Nhu Quan, Le Thi Thu Hien, Le Van Giang, Ngo Sy Thanh Tung. Design of a mobile robot to support workers in high-risk environments. *iPolytech journal*, 30(1), 34-46, 2026, doi: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2026-1-34-46>.
- [11] Mạc Thị Thoa, Vũ Văn Thích, Trần Đức Trung. Ứng dụng điều khiển mờ trong bài toán robot bám quỹ đạo. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 53(2), 244-244, 2025, doi: <https://doi.org/10.15625/0866-708X/53/2/4149>.
- [12] Nguyễn Thanh Tấn, Đặng Hữu Phúc, Phạm Minh Triết, Kim Anh Tuấn. Điều khiển mô hình Mobile robot bám quỹ đạo sử dụng phương pháp Logic mờ. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Trà Vinh*, 51-57, 2021, doi: 10.35382/18594816.1.43.2021.819.
- [13] Vu Ngọc Sơn, Phạm Văn Cuong, Nguyen Duy Minh, Phi Hoang Nha. Optimize the parameters of the PID Controller using Genetic Algorithm for Robot Manipulators. *ArXiv preprint arXiv:2501.04759*, 2025, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.04759>.
- [14] Phạm Đình Bá, Phan Văn Dương. Thiết kế bộ điều khiển PID thích nghi cho robot dây song song dựa trên mạng nơ-ron. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, tập 82, số p.h 82, tr. 119-124, tháng 7/2025.
- [15] Nguyễn Sỹ Tài. Khảo sát hệ luật của bộ điều khiển dựa trên Đại số gia tử trong điều khiển robot di động. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Công nghiệp Hà Nội*, tập 60, số 4, tr. 50-55, 2024, doi: <http://doi.org/10.57001/huinh5804.2024.126>.
- [16] Nguyen Tien Duy, Nguyen Sy Tai, Mac Thi Thoa, Bui Hai Le. Trajectory tracking of mobile robots using hedge-agebras-based controllers. *Intelligent Service Robotics*, 17(4), 793-814, 2024, doi: <https://doi.org/10.1007/s11370-024-00529-2>.
- [17] Nguyễn Chính Kiên, Nguyễn Thị Hồng Hạnh và Trương Xuân Hùng. Thử nghiệm thuật toán tìm đường đi tối ưu cho hệ thống robot di động vận chuyển hàng trong kho tự động. *VJST B*, vol. 67, số p.h 11, tháng 11/2025, doi: [https://doi.org/10.31276/VJST.67\(11\).39-46](https://doi.org/10.31276/VJST.67(11).39-46).
- [18] Bùi Đức Tiến, Vũ Văn Tấn, Trần Văn Đà. Kết hợp phương pháp RRT và Stanley cho ô tô tự hành vào bãi đậu xe. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Công nghiệp Hà Nội*, tập 57, số 2, tr. 83-87, 2021.
- [19] Nguyễn, Ngọc Kiên, Kim Thuận Nguyễn, Văn Tình Nguyễn. Ứng dụng thuật toán Dijkstra tối ưu quãng đường mobile robot phục vụ hoạt động chia chọn bưu phẩm. *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 302, tháng 4/2023.
- [20] Feng, B., & Liu, Y. An improved RRT based path planning with safe navigation. *Applied Mechanics and Materials*, 494, 1080-1083, 2014, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.494-495.1080>.

Xây dựng chương trình hỗ trợ phát hiện và thống kê cây xanh HCMUNRE_TreeVision1 từ ảnh UAV sử dụng Deep Learning

Developing a program to support the detection and statistical analysis of trees: HCMUNRE_TreeVision1 from UAV images using Deep Learning

> THS NGUYỄN HỮU ĐỨC, THS NGUYỄN VĂN TUẤN*

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

*Email: nvtuan@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Sự phát triển của công nghệ máy bay không người lái (UAV) và trí tuệ nhân tạo đã mở ra nhiều cơ hội trong giám sát tài nguyên rừng, quản lý cây xanh đô thị và nông nghiệp chính xác. Nghiên cứu này trình bày quá trình xây dựng phiên bản đầu tiên của chương trình HCMUNRE_TreeVision - một công cụ hỗ trợ tự động phát hiện và thống kê cây xanh từ ảnh UAV sử dụng mô hình DeepForest. Chương trình được phát triển bằng ngôn ngữ Python với giao diện đồ họa (GUI), cho phép người dùng xử lý hàng loạt ảnh UAV, tự động phát hiện vị trí cây, thống kê số lượng cây, tính toán diện tích tán cây dựa trên vùng bao (bounding box), xuất dữ liệu dưới dạng CSV, GeoJSON và xuất các biểu đồ thống kê và phân tích. Kết quả thực nghiệm cho thấy chương trình có khả năng xử lý nhanh tập dữ liệu UAV và cung cấp các thông tin hỗ trợ hiệu quả cho công tác nghiên cứu và quản lý cây xanh.

Từ khóa: Máy bay không người lái (UAV); học sâu; DeepForest; phát hiện cây; thị giác máy tính; phân tích lâm nghiệp.

ABSTRACT

The development of unmanned aerial vehicle (UAV) technology and artificial intelligence has opened up many opportunities in forest resource monitoring, urban green space management and precision agriculture. This study presents the process of building the first version (Version 1) of the HCMUNRE_TreeVision system - a tool that supports the automatic detection and statistical analysis of trees from UAV images using the DeepForest model. The system is developed in Python with a graphical user interface (GUI), allowing users to process batches of UAV images, automatically detect tree locations, statistically analyze the number of trees, calculate canopy area based on the bounding box, export data in CSV and GeoJSON formats and generate analytical graphs. Experimental results show that the system is capable of quickly processing UAV datasets and providing effective information to support research and management of green spaces.

Keywords: UAV; deep learning; DeepForest; tree detection; computer vision; forestry analytics.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ảnh chụp từ UAV đã trở thành nguồn dữ liệu quan trọng trong lĩnh vực quản lý tài nguyên thiên nhiên, lâm nghiệp và quy hoạch đô thị. So với các phương pháp khảo sát truyền thống, UAV cho phép thu thập dữ liệu nhanh chóng, chi phí thấp và đạt độ phân giải không gian cao [1, 10].

Song song với sự phát triển của UAV, các phương pháp học sâu (Deep Learning) đã chứng minh hiệu quả vượt trội trong các bài toán nhận dạng và phát hiện đối tượng từ ảnh viễn thám [3, 4]. Trong lĩnh vực lâm nghiệp, nhiều nghiên cứu đã tập trung vào việc phát hiện tán cây cá thể từ ảnh RGB có độ phân giải cao nhằm hỗ trợ công tác kiểm kê rừng và quản lý tài nguyên thiên nhiên [1, 2].

Tuy nhiên, việc phân tích thủ công số lượng lớn ảnh UAV đòi hỏi nhiều thời gian và nhân lực. Do đó, việc ứng dụng các mô hình học sâu nhằm tự động phát hiện và thống kê cây xanh đang trở thành hướng nghiên cứu được quan tâm rộng rãi.

Mục tiêu của nghiên cứu là xây dựng một công cụ hỗ trợ: Tự động phát hiện cây trên ảnh UAV, thống kê số lượng cây, tính toán diện tích tán cây, xuất dữ liệu phục vụ nghiên cứu GIS, trực quan hóa kết quả bằng các biểu đồ phân tích.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH

2.1. Phát hiện đối tượng bằng Deep Learning

Phát hiện đối tượng (Object Detection) là bài toán xác định vị trí và phân loại các đối tượng xuất hiện trong ảnh. Các mô hình hiện đại như YOLO, Faster R-CNN và Mask R-CNN đã đạt được hiệu năng cao trên nhiều bộ dữ liệu chuẩn [3, 4, 8].

Một mô hình phát hiện đối tượng thường trả về: Tọa độ vùng bao (Bounding Box), nhãn đối tượng, độ tin cậy dự đoán (Confidence Score).

Trong nghiên cứu này, đối tượng cần phát hiện là các cá thể cây xanh xuất hiện trong ảnh UAV.

2.2. Mô hình DeepForest

DeepForest là mô hình học sâu được phát triển chuyên biệt cho bài toán phát hiện tán cây từ ảnh viễn thám có độ phân giải cao [1, 2].

Mô hình được huấn luyện trên các tập dữ liệu lâm nghiệp quy mô lớn và có khả năng nhận diện: Cây rừng, cây đô thị, các khu vực có mật độ cây cao [2].

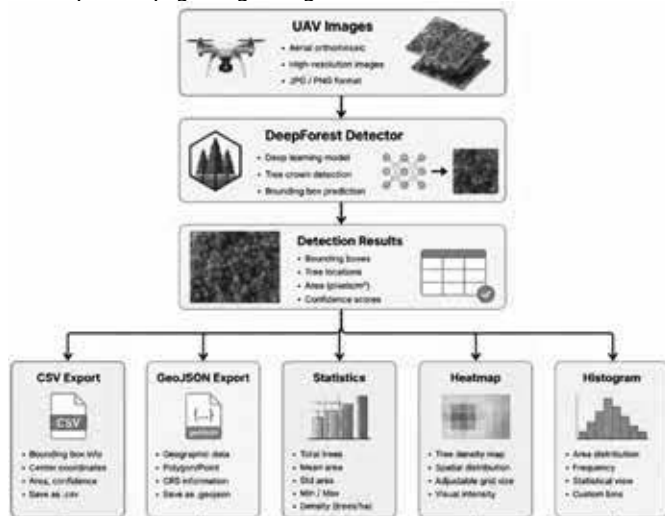
DeepForest thực tế là một framework + pretrained model dùng để: Detect từng cây trong ảnh UAV, trả về bounding box cho từng tán cây, ước lượng vị trí + kích thước cây.

Ưu điểm của DeepForest: Không yêu cầu huấn luyện lại đối với nhiều trường hợp phổ biến, phát hiện được cây riêng lẻ, dễ triển khai, hoạt động tốt trên ảnh UAV RGB, đặc biệt với UAV phân giải cao.

2.3. Thiết kế chương trình

2.3.1. Kiến trúc tổng thể chương trình

Chương trình được xây dựng theo kiến trúc mô-đun nhằm tạo điều kiện mở rộng trong tương lai.



Hình 1. Kiến trúc tổng thể của chương trình phát hiện, thống kê cây xanh từ ảnh UAV

Kiến trúc này cho phép thay thế mô hình phát hiện trong tương lai mà không cần thay đổi các thành phần phân tích dữ liệu.

Trong nghiên cứu này, mô hình DeepForest phiên bản tiền huấn luyện được sử dụng làm bộ phát hiện cây chính. Kết quả phát hiện bao gồm tọa độ xmin, ymin, xmax, ymax và confidence score cho từng đối tượng cây [2].

Ngoài ra, hệ thống được thiết kế mở để có thể tích hợp các mô hình phát hiện và phân đoạn hiện đại như YOLOv8 Segmentation [5] hoặc Segment Anything Model (SAM) [7] trong các phiên bản tiếp theo.

2.3.2. Các thành phần chính

2.3.2.1. Mô-đun đọc dữ liệu

Chức năng: Đọc toàn bộ ảnh từ thư mục đầu vào, hỗ trợ các định dạng JPG, JPEG và PNG, tự động xử lý theo lô (batch processing).

2.3.2.2. Mô-đun phát hiện cây

Mô-đun ở phiên bản này sử dụng DeepForest để dự đoán vị trí cây.

Dữ liệu đầu vào: Ảnh UAV RGB; Dữ liệu đầu ra: x_{min} , y_{min} , x_{max} , y_{max} ; score; mỗi cây được biểu diễn bởi một vùng bao hình chữ nhật.

Mỗi đối tượng cây được biểu diễn bằng một bounding box có tọa độ (x_{min} , y_{min} , x_{max} , y_{max}). Trong đó, xmin và ymin xác định góc trên bên trái của vùng phát hiện, x_{max} và y_{max} xác định góc dưới bên phải. Mô hình đồng thời trả về giá trị confidence score biểu thị mức độ tin cậy của dự đoán. Các đối tượng có score thấp hơn ngưỡng xác định trước có thể được loại bỏ nhằm giảm số lượng phát hiện sai.

2.3.2.3. Mô-đun phân tích thống kê

Từ kết quả phát hiện, hệ thống tính toán: Tổng số cây, diện tích tán cây, diện tích trung bình, diện tích lớn nhất.

2.3.2.4. Mô-đun xuất dữ liệu

Hệ thống hỗ trợ xuất: CSV: Lưu thông tin: Tên ảnh, tọa độ cây, diện tích tán. Dữ liệu không gian được xuất dưới định dạng GeoJSON nhằm hỗ trợ tích hợp với các hệ thống GIS theo tiêu chuẩn của Open Geospatial Consortium (OGC) [9] như: QGIS, ArcGIS Pro

2.3.2.5. Mô-đun trực quan hóa

Hệ thống xuất tự động: Histogram diện tích cây nhằm thể hiện phân bố kích thước tán cây; histogram số cây theo ảnh nhằm thể hiện mật độ cây trên từng khu vực khảo sát; Heatmap nhằm thể hiện vùng tập trung cây xanh với mật độ cao.

2.3.2.6. Giao diện người dùng

Giao diện GUI được xây dựng bằng PyQt6. Người dùng có thể: Chọn thư mục ảnh đầu vào, chọn thư mục kết quả, thực hiện phát hiện cây, theo dõi tiến trình xử lý, xem các chỉ số thống kê.



Hình 2. Giao diện người dùng của chương trình khi chạy thực tế

3. QUY TRÌNH VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

3.1. Dữ liệu thử nghiệm

Nghiên cứu sử dụng ảnh UAV RGB độ phân giải cao.

Dữ liệu thử nghiệm:

- 9 ảnh UAV định dạng JPG, ở các khu vực khác nhau, thu thập

ở cùng thời gian và độ cao như nhau.

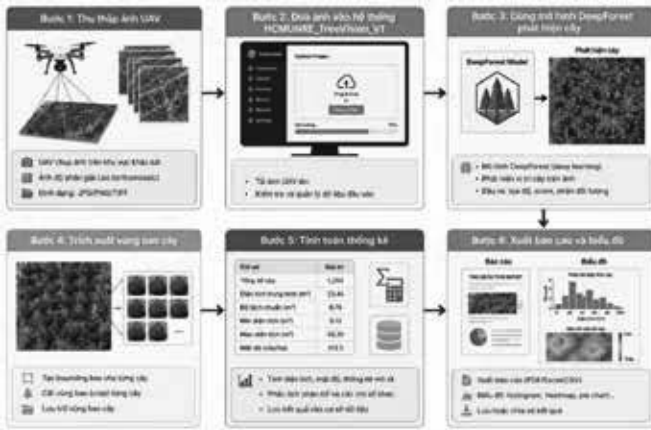
- Kích thước ảnh không cố định.
- Khu vực có mật độ cây khác nhau có các đối tượng khác như nhà, đường, kênh rạch.

3.2. Môi trường thực nghiệm

Hệ thống chạy trên môi trường cài đặt thử nghiệm như sau: Windows 11 Pro, CPU: Intel Core i7, GPU: NVIDIA GTX 1650 Ti, RAM: 64 GB, Python: 3.13, CUDA: 11.8, DeepForest: 2.1.0.

3.3. Các bước xử lý

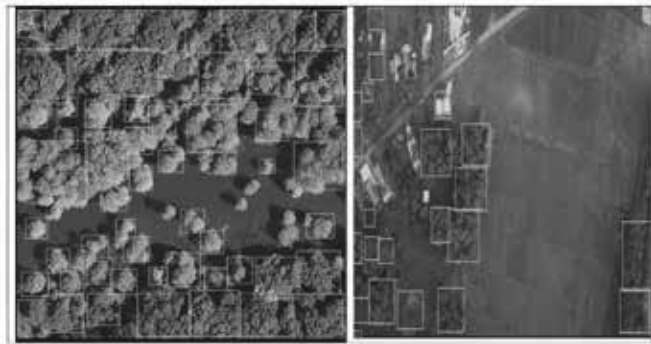
- Bước 1: Thu thập ảnh UAV.
- Bước 2: Đưa ảnh vào hệ thống HCMUNRE_TreeVision_V1.
- Bước 3: Dùng mô hình DeepForest phát hiện cây.
- Bước 4: Trích xuất vùng bao cây.
- Bước 5: Tính toán thống kê.
- Bước 6: Xuất báo cáo và biểu đồ.



Hình 3. Các bước xử lý của chương trình HCMUNRE_TreeVision_V1

3.4. Kết quả thực nghiệm

3.4.1. Kết quả phát hiện cây



Hình 4. Kết quả nhận diện cây từ ảnh UAV sau khi chạy chương trình

3.4.2. Kết quả thống kê

Image	A	B	C	D	E	F	G
	xmin	ymmin	xmax	ymax	area_pixels	score	
1	0	1054	120	1213	19080	0.70454	
2	386	2	559	146	24912	0.692889	
3	5	812	121	943	15196	0.59535	
4	552	652	745	745	15186	0.562889	
5	563	468	733	631	27710	0.555055	
6	220	32	376	176	22464	0.529377	
7	1114	1107	1249	1221	15390	0.521602	
8	455	784	564	883	10791	0.462288	
9	810	927	905	1022	9025	0.446366	
10	1153	977	1288	1101	16740	0.427347	
11	252	202	362	311	11990	0.371764	
12	7	4	96	92	7832	0.365826	
13	196	382	334	510	17664	0.350788	
14	132	355	268	268	13334	0.347345	
15	0	926	53	1032	5618	0.344399	
16	1254	1150	1318	1222	4608	0.292453	
17	102	418	175	494	5840	0.266359	
18	541	867	617	948	6156	0.251098	
19	123	0	270	25	2475	0.247036	
20	3	432	105	550	12036	0.245906	
21	0	594	82	754	13120	0.244233	
22	449	878	533	952	6552	0.24345	
23	414	953	520	1050	10282	0.243114	
24	0	165	89	339	15486	0.2351	

Hình 5. Kết quả thống kê vị trí, diện tích tán cây, điểm tin cậy

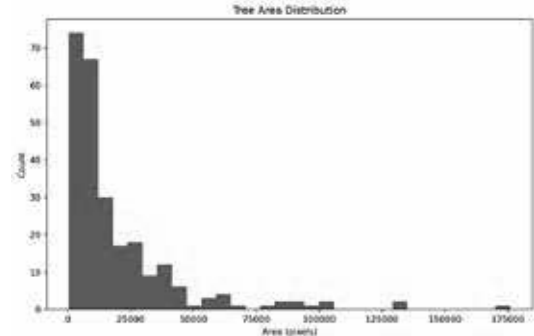
Bảng 1. Số liệu thống kê tổng hợp của chương trình sau khi chạy bộ dữ liệu thử nghiệm

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Total trees (Tổng số cây)	253	Cây
Mean area (diện tích tán cây trung bình)	19.366,51	Pixel
Max area (diện tích tán cây cao nhất)	175.960	Pixel
Min area (diện tích tán cây nhỏ nhất)	518	Pixel
Std area (độ lệch chuẩn diện tích)	23.838,303	Pixel ²

Diện tích tán cây trung bình là: Mức này cho thấy cây trong ảnh có kích thước trung bình khá lớn có thể là ảnh chụp độ cao thấp hoặc cây có tán lớn.

Chỉ số Std Area lớn thể hiện kích thước cây rất khác nhau, cây nhỏ, cây lớn chênh lệch nhau lớn.

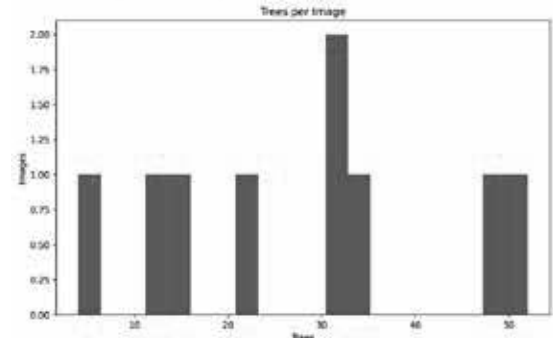
3.4.3. Histogram diện tích tán cây



Hình 6. Kết quả histogram diện tích tán cây sau khi chạy chương trình

Biểu đồ cho thấy phân bố kích thước tán cây trong khu vực khảo sát, cho thấy khu vực ảnh chụp chủ yếu là các cây tán nhỏ.

3.4.4. Histogram số cây theo mỗi ảnh



Hình 7. Kết quả thống kê số liệu cây theo mỗi ảnh

Biểu đồ phản ánh sự khác biệt về mật độ cây giữa các khu vực.

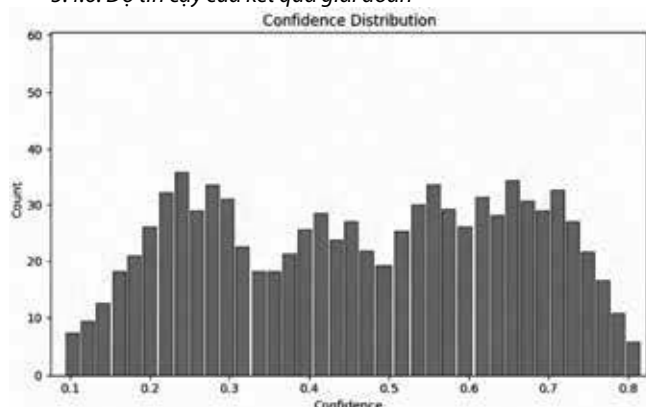
3.4.5. Heatmap mật độ cây



Hình 8. Heatmap thể hiện mật độ phân bố cây trong 1 ảnh

Heatmap cho thấy các cụm cây tập trung với mật độ cao ở góc trái và góc phải của ảnh.

3.4.6. Độ tin cậy của kết quả giải đoán



Hình 9. Thống kê độ tin cậy của quá trình giải đoán

Chỉ số thống kê độ tin cậy của các giải đoán ảnh cho thấy tỉ lệ tin cậy thấp còn cao, có thể nhiều nguyên nhân khác nhau như dữ liệu ảnh chưa đồng bộ, các cây bụi nhiều dẫn đến việc giải đoán độ tin cậy thấp, mô hình DeepForest chưa thật sự phù hợp hoàn toàn với khu vực Việt Nam. Xét về mặt kỹ thuật thì hoàn toàn có thể lọc bỏ để chỉ lấy các giá trị giải đoán có độ phân giải cao.

4. ĐÁNH GIÁ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Ưu điểm của chương trình

Tự động hóa với việc giảm đáng kể thời gian xử lý ảnh UAV; dễ sử dụng với giao diện GUI, thân thiện với người dùng; khả năng mở rộng nhờ thiết kế mô-đun cho phép tích hợp các mô hình tối ưu hơn trong tương lai ở các phiên bản sau mà không ảnh hưởng đến các mô-đun xuất hay phân tích kết quả: YOLO, YOLO Segmentation, SAM2, GIS.

Hỗ trợ nghiên cứu do có các mô-đun xuất dữ liệu thống kê và trực quan hóa. Ngoài ra, việc xây dựng chương trình có thể cá nhân hóa chạy trên các máy tính cá nhân cấu hình thấp cũng như giảm thiểu chi phí mua các phần mềm đắt tiền khác.

4.2. Hạn chế của chương trình

Diện tích tán cây chưa chính xác tuyệt đối do phiên bản 1 này sử dụng Bounding Box. Do đó, diện tích thống kê còn lớn hơn diện tích tán cây thực tế trong nhiều trường hợp. Hạn chế này cũng được ghi nhận trong các nghiên cứu sử dụng phương pháp phát hiện đối tượng thay vì phân đoạn ảnh [4, 7].

Nhạy cảm với dữ liệu do còn phụ thuộc vào độ phân giải ảnh, góc chụp UAV, điều kiện ánh sáng. Chưa phân biệt loài cây do mô hình chỉ xác định sự tồn tại của cây.

4.3. Hướng phát triển cho chương trình

Trong các phiên bản tiếp theo, chương trình có thể được nâng cấp theo các hướng:

- Sử dụng YOLO Segmentation [5].
- Tính diện tích tán cây thực bằng mask segmentation.
- Diện tích thực (m^2).
- Mật độ cây theo hecta.
- Bản đồ phân bố cây.
- Xây dựng hệ thống huấn luyện riêng trên dữ liệu địa phương nhằm nâng cao độ chính xác.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng thành công hệ thống HCMUNRE_TreeVision Version 1 phục vụ phát hiện và thống kê cây xanh từ ảnh UAV dựa trên mô hình DeepForest. Hệ thống cho phép xử lý tự động

tập ảnh UAV, phát hiện vị trí cây, tính toán các chỉ số thống kê và sinh các báo cáo trực quan. Kết quả thực nghiệm cho thấy giải pháp có tiềm năng ứng dụng trong quản lý tài nguyên rừng, cây xanh đô thị và các nghiên cứu viễn thám. Mặc dù còn tồn tại một số hạn chế liên quan đến độ chính xác diện tích tán cây, kiến trúc hệ thống đã được thiết kế mở để dễ dàng tích hợp các phương pháp segmentation và GIS trong các phiên bản tiếp theo. Ngoài ra, việc xây dựng các công cụ phân tích dựa trên các mã nguồn mở sẽ là cơ sở để phục vụ cho nghiên cứu, dạy học tại trường đại học, tránh các chi phí phần mềm bản quyền đắt tiền khác.

Lời cảm ơn: Chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của các đồng nghiệp trong Khoa Trắc địa Bản đồ và Công trình, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh trong quá trình phát triển chương trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ben G. Weinstein, S. Marconi, S. Bohlman, A. Zare and E. P. White. Individual tree-crown detection in RGB imagery using semi-supervised deep learning neural networks. Remote Sensing, vol. 11, no. 11, p. 1309, 2019.
- [2] Ben G. Weinstein. DeepForest: A Python package for RGB deep learning tree crown delineation. Methods in Ecology and Evolution, vol. 11, no. 12, pp. 1743-1747, 2020.
- [3] Joseph Redmon, S. Divvala, R. Girshick and A. Farhadi. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, pp. 779-788, 2016.
- [4] Kaiming He, G. Gkioxari, P. Dollár and R. Girshick. Mask R-CNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice, Italy, pp. 2961-2969, 2017.
- [5] Glenn Jocher, A. Chaurasia and J. Qiu. YOLO by Ultralytics. GitHub Repository, 2023.
- [6] National Ecological Observatory Network. NEON Tree Crown Detection Dataset. Boulder, CO, USA, 2024.
- [7] Alexander Kirillov et al. Segment Anything. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Paris, France, pp. 4015-4026, 2023.
- [8] Tsung-Yi Lin et al. Microsoft COCO: Common Objects in Context. European Conference on Computer Vision (ECCV), Zurich, Switzerland, pp. 740-755, 2014.
- [9] Open Geospatial Consortium. GeoJSON Format Specification. OGC Standard, 2016.
- [10] Remote Sensing and Computer Vision literature review: H. A. Hamraz, N. B. Contreras and J. Zhang. Forest Tree Crown Detection and Delineation from High-Resolution Remote Sensing Images Using Deep Learning: A Review. Remote Sensing, vol. 11, no. 15, pp. 1-29, 2019.

Cải thiện hiệu suất của hệ thống điện mặt trời áp mái tại các nhà ga tàu điện dựa trên điều chỉnh cấu trúc kết nối của dãy PV

Improving the performance of rooftop photovoltaic systems at railway stations based on reconfiguration of PV array interconnections

> THS LÂM QUANG THÁI, PGS.TS AN THỊ HOÀI THU ANH*, TS TRẦN XUÂN TRƯỜNG, THS LÊ MẠNH TUẤN

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: htanh.ktd@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa nhanh đang tạo ra áp lực lớn lên việc khai thác và sử dụng hiệu quả năng lượng điện, đặc biệt trong lĩnh vực giao thông đô thị. Trong bối cảnh đó, năng lượng tái tạo, nhất là điện mặt trời được xem như một giải pháp bền vững và tiềm năng. Tuy nhiên, hiệu suất của các hệ thống quang điện lắp đặt trên mái nhà ga metro thường bị suy giảm do hiện tượng bóng che, gây ra bởi cấu trúc mái phức tạp và các công trình xung quanh dẫn đến tổn thất công suất đáng kể cho toàn hệ thống. Để giải quyết vấn đề này, bài báo đề xuất một phương pháp cải thiện hiệu suất của hệ thống điện mặt trời áp mái thông qua việc điều chỉnh cấu trúc kết nối giữa các tấm quang điện kết hợp với thuật toán điều khiển tối ưu. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng cấu trúc đề xuất giúp giảm đáng kể tổn thất do hiện tượng bóng che. Giải pháp được đề xuất không chỉ mang tính khả thi cao mà còn có khả năng cải thiện đáng kể hiệu suất của hệ thống điện mặt trời trong các ứng dụng giao thông đường sắt đô thị.

Từ khóa: Hiệu ứng bóng che; hệ thống điện mặt trời; đặc tính P-V; tấm quang điện.

ABSTRACT

Rapid urbanization is placing significant pressure on the efficient utilization of electrical energy, particularly in the urban transportation sector. In this context, renewable energy sources-especially solar energy-are considered a sustainable and promising solution. However, the performance of photovoltaic (PV) systems installed on metro station rooftops is often degraded due to shading effects, caused by complex roof structures and surrounding buildings, leading to significant power losses for the entire system. To address this issue, this paper proposes a method to enhance the performance of rooftop PV systems by reconfiguring the interconnection structure of PV modules in combination with an optimal control algorithm. The research results show that the proposed configuration significantly reduces power losses caused by shading. The proposed solution is not only highly feasible but also has strong potential to significantly improve the performance of PV systems in urban railway transportation applications.

Keywords: Partial shading; solar system; P-V characteristic; photovoltaic module (PV module).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, hệ thống đường sắt đô thị được xem là một giải pháp then chốt nhằm giảm ùn tắc giao thông và hạn chế ô nhiễm môi trường tại các đô thị lớn ở Việt Nam, nhờ ưu điểm về độ an toàn, tính

đúng giờ và khả năng vận chuyển khối lượng hành khách lớn. Mặc dù vậy, loại hình vận tải này cũng đòi hỏi mức tiêu thụ năng lượng đáng kể. Trên thế giới, việc tích hợp các tấm pin năng lượng mặt trời

vào hệ thống đường sắt đô thị đã được triển khai trong nhiều dự án thực tế. Chẳng hạn, tại Singapore, hệ thống điện mặt trời công suất 1 MW được lắp đặt trên mái các ga tàu điện ngầm, góp phần giảm khoảng 500 tấn khí thải carbon mỗi năm. Tương tự, đường sắt Ấn Độ và Công ty Đường sắt JR của Nhật Bản đã xây dựng các công trình ứng dụng PV quy mô lớn, bao gồm đường hầm PV dài khoảng 3 km với tổng công suất 3 MW, cũng như lắp đặt các mô-đun PV trên nóc các toa tàu để cung cấp điện cho các hệ thống thông gió, chiếu sáng và điều hòa không khí [1-6].

Tuyến metro số 1 (Bến Thành - Suối Tiên) là tuyến đường sắt đô thị đầu tiên của TP.HCM, có tổng chiều dài 19,7 km, gồm 14 nhà ga và khu depot tại phường Long Bình với diện tích 20,9 ha (Hình 1). Tuyến kết nối trung tâm thành phố với khu vực cửa ngõ phía Đông, đi qua nhiều khu vực trọng điểm về giáo dục, công nghiệp và phát triển đô thị, góp phần thực hiện quy hoạch mạng lưới metro của Thành phố [7].



Hình 1. Bản đồ tuyến metro số 1 (Bến Thành - Suối Tiên)

Trong quá trình lắp đặt và vận hành thử nghiệm các hệ thống quang điện áp mái tại các nhà ga, sự không đồng đều của bức xạ mặt trời tác động lên các tấm quang điện là một trong những yếu tố quan trọng làm suy giảm hiệu suất của hệ thống. Hiện tượng này có thể xuất phát từ bóng che của mây, lá cây, bóng của các tòa nhà xây dựng lân cận hoặc sự che khuất lẫn nhau giữa các tấm pin kề cận, từ đó gây ra sự sụt giảm đáng kể công suất phát của các tấm năng lượng mặt trời [8]. Bên cạnh đó, bóng che cục bộ còn có thể gây ra hiện tượng "hotspot" tại các tấm pin bị che phủ [9], dẫn đến ứng suất nhiệt cục bộ, làm hư hỏng trực tiếp các tế bào quang điện và suy giảm nghiêm trọng công suất của hệ thống. Ngoài ra, sự không đồng đều của bức xạ còn làm xuất hiện nhiều điểm cực đại cực bộ trên đặc tuyến công suất-điện áp (P-V), gây ra hiện tượng nhầm lẫn trong quá trình dò điểm công suất cực đại và làm giảm hiệu quả khai thác của hệ thống quang điện [8].

Các giải pháp giảm tổn thất do che phủ một phần của hệ thống quang điện chủ yếu gồm phân bố MPPT, biến tần đa mức và tái cấu trúc mảng pin [10]. Trong đó, DMPPT cho phép dò điểm công suất cực đại ở cấp chuỗi hoặc mô-đun, giúp giảm tổn thất mismatch và nâng cao hiệu suất khai thác năng lượng trong điều kiện che bóng [11, 12]. Biến tần đa mức cải thiện chất lượng điện năng nhưng có cấu trúc điều khiển phức tạp và chưa khắc phục triệt để hiện tượng mismatch [13]. Phương pháp tái cấu trúc mảng pin giúp giảm ảnh hưởng của che bóng thông qua thay đổi cấu hình kết nối mà không cần bổ sung bộ biến đổi công suất, tuy nhiên hiệu quả vẫn phụ thuộc vào điều kiện che bóng và các giải pháp động đòi hỏi hệ thống điều khiển phức tạp [14, 15].

Để khắc phục các vấn đề nêu trên, bài báo này đề xuất phương pháp điều chỉnh cấu trúc kết nối các tấm quang điện kết hợp với phân bố MPPT theo từng chuỗi PV được đề xuất như Hình 7 nhằm

giải quyết trực tiếp và hiệu quả vấn đề bóng che. Nhờ khả năng khai thác công suất độc lập của từng chuỗi PV, các bộ MPPT không chỉ cải thiện hiệu suất năng lượng thu được mà còn có khả năng mở rộng. Vì vậy, phương pháp đề xuất rất phù hợp với hệ thống quang điện áp mái được lắp đặt trên nóc các nhà ga nổi của tuyến metro Bến Thành - Suối Tiên tại Việt Nam trong điều kiện che bóng một phần.

2. MÔ HÌNH HÓA VÀ ĐẶC TÍNH CỦA TẮM PIN QUANG ĐIỆN

2.1. Tế bào quang điện

Phương trình cơ bản theo lý thuyết về chất bán dẫn mô tả toán học đặc tính I-V của tế bào quang điện lý tưởng [16]:

$$I = I_{PV} - I_0 \left[\exp \left(\frac{qV}{akT} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

Trong đó:

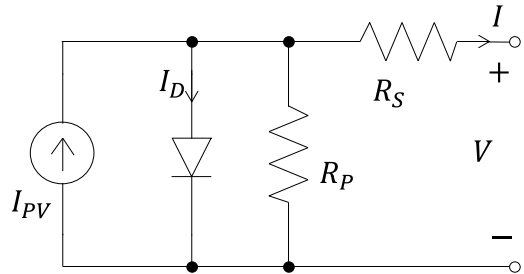
I_0 là dòng bão hòa qua diode (A);

q là điện tích $q = -1,6 \cdot 10^{-19}$ (C);

k là hằng số Boltzmann, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ (J/K);

a là hệ số diode lý tưởng, có giá trị 1 a 1,5.

2.2. Mô hình hóa pin quang điện và ước lượng bức xạ



Hình 2. Mô hình diode đơn

Mạch tương đương của pin quang điện trong mô hình một diode được trình bày như Hình 2 bao gồm một nguồn dòng, diode, hai điện trở gồm nối tiếp R_s và song song R_p . Dòng qua Diode được tính:

$$I_d = I_0 \left[\exp \left(\frac{qV}{akT} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

Phương trình đặc tính điện áp - dòng điện của một tế bào quang điện pin mặt trời được tính bằng công thức [16]:

$$V_t = \frac{N_s kT}{q} \quad (3)$$

$$\text{Với: } I = I_{PV} - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + R_s I}{V_t a} \right) - 1 \right] - \frac{V + R_s I}{R_p}$$

I_{PV} là dòng quang điện (A)

R_p, R_s là điện trở trong đặc trưng cho các tổn hao công suất trong quá trình làm việc của pin quang điện.

Để có thể mô hình hóa được tấm pin quang điện, cần xác định thêm các thông số I_{PV}, I_0, R_s, R_p . Điều này có thể được thực hiện dựa vào hệ thống các phương trình (4), (5) và (6).

$$I_0 = \frac{I_{PV-STC} + K_f \Delta T}{\exp \left[\left(\frac{V_{oc-STC} + K_v \Delta T}{a V_t} \right) - 1 \right]} \quad (4)$$

$$I_{PV-STC} = \frac{R_p + R_s}{R_p} I_{scn} \quad (5)$$

$$P_{maxe} = V_{mp} \cdot I_{mp} \quad (6)$$

Dòng quang điện là hàm của nhiệt độ và bức xạ:

$$I_{pv} = (I_{pvn} + K_i \cdot \Delta T) \frac{G}{G_n} \quad (7)$$

$$I_{sc} = (I_{scn} + K_i \cdot \Delta T) \frac{G}{G_n} \quad (8)$$

$$R_p = \frac{V_{mp} + I_{mp} \cdot R_s}{I_{pv} - I_o \cdot \left[\exp\left(\frac{(V_{mp} + I_{mp} \cdot R_s)}{V_T}\right) + \exp\left(\frac{(V_{mp} + I_{mp} \cdot R_s)}{(P-1) \cdot V_T}\right) - 2 \right] - \frac{P_{maxe}}{V_{mp}}} \quad (9)$$

$$R_{pmin} = \frac{V_{mp}}{I_{scn} - I_{mp}} - \frac{V_{oc-STC} - V_{mp}}{I_{mp}} \quad (10)$$

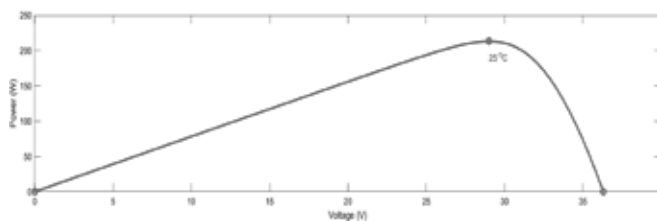
Bức xạ mặt trời được tính dựa trên kết quả đo dòng điện, điện áp và các thông số định mức của TPQĐ, khi ước tính bức xạ mặt trời đã xét đến sự ảnh hưởng của nhiệt độ TPQĐ T_c . Công thức tính bức xạ mặt trời [8] như sau:

$$G_S = \frac{G_{STC}}{I_{LSTC} + \mu_{LSC}(T_c - T_{CSTC})} \left[I + I_o \left(e^{\frac{V + IR_s}{n_s A_d k \frac{T_c}{q}} - 1} \right) + \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right] \quad (11)$$

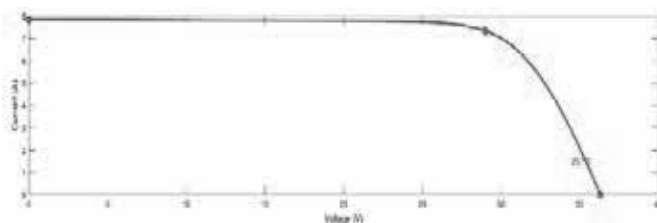
Trong đó: I_{pv-STC} , V_{oc-STC} lần lượt là dòng điện và điện áp hở mạch được tạo ra trong điều kiện kiểm tra tiêu chuẩn - STC ($T_{STC} = 25^\circ\text{C}$) $\Delta T = T - T_{STC}$; G là bức xạ trên pin mặt trời và $G_n = 1.000 \text{ W/m}^2$ là lượng bức xạ trong điều kiện STC; K_i là hệ số nhiệt độ của dòng ngắn mạch; K_v là hệ số nhiệt độ của điện áp hở mạch; I_{scn} là dòng ngắn mạch của tấm pin trong điều kiện STC; V_{mp} , I_{mp} lần lượt là điện áp và dòng điện cực đại; P_{maxe} là công suất đỉnh đầu ra của tấm pin; μ_{LSC} là hệ số nhiệt độ dòng ngắn mạch; T_c là nhiệt độ của tế bào quang điện (TBQĐ); T_{CSTC} là nhiệt độ tại điều kiện tiêu chuẩn; A_d là hệ số chất lượng của diode; n_s là số TBQĐ kết nối nối tiếp trong TPQĐ.

2.3. Đặc tính của TPQĐ trong điều kiện tiêu chuẩn (STC) và bóng che một phần (PSC)

Trong điều kiện thử nghiệm STC được xác định (bức xạ 1.000 W/m^2 ở nhiệt độ là 25°C) đặc tính P-V, I-V của các TPQĐ được thể hiện trong Hình 3 và Hình 4.

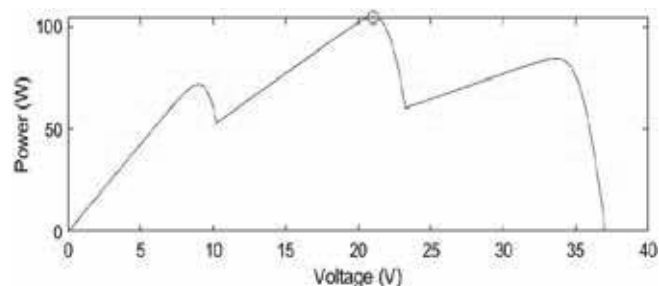


Hình 3. Đặc tính P-V của TPQĐ trong điều kiện STC

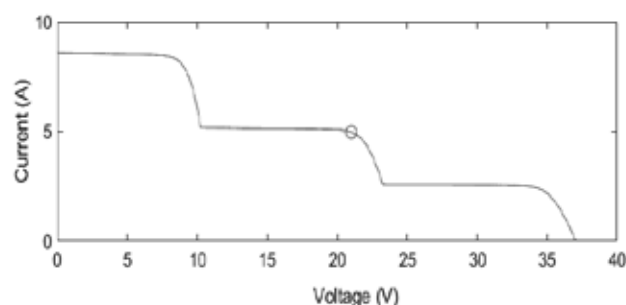


Hình 4. Đặc tính I-V của TPQĐ trong điều kiện STC

Bóng che là hiện tượng một cell pin trong TPQĐ bị che phủ (do đám mây, bóng cây, tòa nhà và các điều kiện vận hành phức tạp). Khi có hiện tượng PSC, đặc tính P-V, I-V của TPQĐ được thể hiện trong Hình 5, 6.



Hình 5. Đặc tính P-V của TPQĐ trong điều kiện PSC

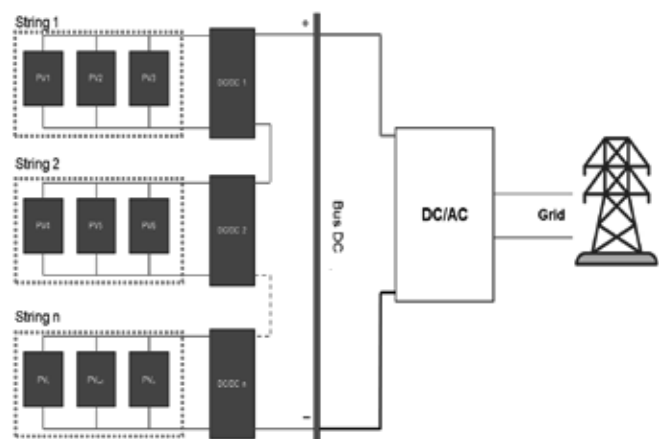


Hình 6. Đặc tính I-V của TPQĐ trong điều kiện PSC

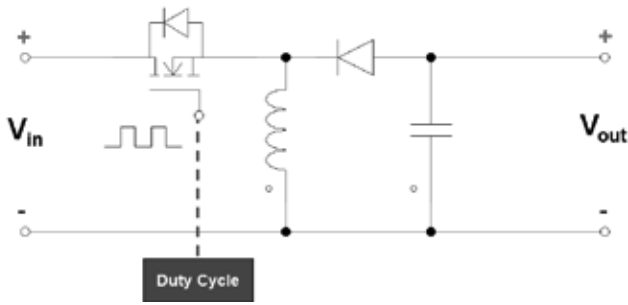
3. CẤU HÌNH HỆ THỐNG ĐỀ XUẤT

3.1. Sơ đồ tổng thể hệ thống

Cấu hình hệ thống quang điện được đề xuất trong nghiên cứu này bao gồm ba thành phần chính: Màng quang điện, các bộ biến đổi DC-DC dạng Buck - Boost tích hợp cho từng chuỗi và bus DC kết nối với tải hoặc hệ thống điện phía sau được mô tả như Hình 7. Trong cấu trúc này, mỗi chuỗi PV nối song song được ghép nối với một bộ biến đổi DC-DC riêng biệt, tạo thành kiến trúc Distributed Maximum Power Point Tracking (DMPPT). Các bộ biến đổi này thực hiện chức năng điều chỉnh điểm làm việc của từng phần tử PV độc lập, sau đó năng lượng được tổng hợp tại DC bus chung để cấp cho tải hoặc hệ thống nghịch lưu nối lưới.



Hình 7. Mô hình đề xuất



Hình 8. Mô hình của bộ biến đổi Buck - Boost

3.2. Cấu trúc bộ biến đổi DC-DC

Bộ biến đổi DC-DC được sử dụng để chuyển đổi và điều chỉnh mức điện áp một chiều. Trong nghiên cứu này, bộ biến đổi buck-boost được áp dụng để điều chỉnh điện áp đầu ra của từng chuỗi PV và thực hiện MPPT phân tán. Nhờ khả năng tăng hoặc giảm điện áp linh hoạt thông qua điều chỉnh chu kỳ công tác, bộ biến đổi giúp mở rộng dải làm việc và tối ưu công suất của hệ thống. Cụ thể, khi khóa chuyển mạch mở, trạng thái mở của bộ băm $w=0$ và khi khóa đóng, $w=1$, được biểu diễn như sau:

$$w = \begin{cases} 1, & \text{khóa ON} \\ 0, & \text{khóa OFF} \end{cases} \quad (12)$$

Phương trình của bộ biến đổi buck-boost có thể được thiết lập bằng cách áp dụng các định luật điện áp và dòng điện Kirchhoff cho hai trạng thái đóng cắt như sau [17]:

Trạng thái ON ($w = 1$):

$$V_L = V_{in}, \quad \frac{dI_L}{dt} = \frac{V_{in}}{L} \quad (13)$$

Trạng thái OFF ($w=0$):

$$V_L = -V_{out}, \quad \frac{dI_L}{dt} = -\frac{V_{out}}{L} \quad (14)$$

Từ điều kiện cân bằng điện áp trên cuộn cảm trong một chu kỳ chuyển mạch, ta thu được quan hệ giữa điện áp đầu vào và đầu ra:

$$V_{out} = -\frac{D}{1-D} V_{in} \quad (15)$$

Trong đó: V_{out} là điện áp đầu ra của bộ biến đổi buck-boost; V_{in} là điện áp đầu vào (từ PV); I_L là dòng điện cuộn cảm; D là hệ số điều chế.

Như vậy, bằng cách điều chỉnh hệ số D , bộ biến đổi buck-boost có thể điều khiển điện áp và trở kháng nhìn từ phía nguồn PV, từ đó đảm bảo hệ thống luôn hoạt động tại điểm công suất cực đại.

4. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

Nghiên cứu đề xuất cấu trúc MPPT phân tán nhằm nâng cao hiệu quả khai thác năng lượng của hệ thống quang điện trong điều kiện che bóng cục bộ. Mỗi chuỗi PV được điều khiển độc lập thông qua một bộ biến đổi DC-DC trước khi kết nối vào thanh cái DC chung và chuyển đổi sang điện áp AC bằng bộ nghịch lưu. Cấu trúc này khắc phục hạn chế của MPPT truyền thống khi đặc tuyến P-V xuất hiện nhiều điểm công suất cực đại cục bộ, cho phép từng chuỗi PV làm việc tại điểm công suất cực đại tương ứng với điều kiện bức xạ của mình, từ đó nâng cao hiệu suất khai thác năng lượng của toàn hệ thống.

4.1. Thuật toán điều khiển

Thuật toán điều khiển được xây dựng dựa trên việc ước lượng bức xạ của chuỗi PV, từ đó xác định điện áp MPP và tính toán hệ số điều chế cho từng bộ biến đổi DC-DC, thay vì sử dụng các thuật toán dò tìm truyền thống.

4.1.1. Ước lượng bức xạ dựa trên tín hiệu điện

Trong cấu trúc các chuỗi PV mắc song song, điện áp của chuỗi gần như không đổi, trong khi dòng điện đầu ra tỷ lệ thuận với bức xạ mặt trời. Do đó, bức xạ của từng chuỗi PV có thể được ước lượng từ dòng điện đo được [18]:

$$G_{ul} \approx G_{STC} \cdot \frac{I_{PV_i}}{I_{SCN}} \quad (16)$$

Trong đó: I_{PV_i} là dòng điện chuỗi PV; I_{SCN} là dòng ngắn mạch tại điều kiện tiêu chuẩn $G_{STC} = 1.000 \text{ W/m}^2$.

4.1.2. Xác định điện áp tại điểm công suất cực đại

Sau khi ước lượng bức xạ, điện áp tại điểm công suất cực đại của từng chuỗi PV được xác định dựa trên mối quan hệ với điện áp hở mạch [18]:

$$V_{mp_i} \approx k \cdot V_{OC_i} \quad (17)$$

Trong đó: k là hệ số phụ thuộc vào đặc tính tấm pin (thường từ 0,7 đến 0,8); V_{OC_i} là điện áp hở mạch.

4.1.3. Tính toán hệ số điều chế

Hệ số điều chế trong hệ thống quang điện được sử dụng để điều chỉnh chu kỳ công tác của bộ biến đổi DC-DC, qua đó kiểm soát công suất đầu ra của hệ PV. Giá trị này được xác định dựa trên sai lệch giữa công suất yêu cầu và công suất thực tế, giúp điều chỉnh điện áp và dòng điện đầu ra phù hợp với điểm làm việc mong muốn. Tỷ số truyền điện áp của bộ biến đổi tăng áp có thể được biểu diễn theo hệ số điều chế (D) như sau [17]:

$$\frac{V_{out_i}}{V_{mp_i}} = -\frac{D}{1-D} \quad (18)$$

Do đó, hệ số điều chế của mỗi bộ biến đổi tăng áp có thể được xác định trực tiếp như sau [17]:

$$D_i = \frac{|V_{out_i}|}{|V_{out_i}| + V_{mp_i}} \quad (19)$$

Trong đó: V_{out_i} là điện áp đầu ra.

Công thức này cho phép xác định trực tiếp tín hiệu điều khiển mà không cần thuật toán lặp, từ đó giảm dao động và tăng hiệu suất.

4.1.4. Lưu đồ thuật toán

Lưu đồ điều khiển đề xuất trong Hình 9 được xây dựng theo nguyên lý MPPT phân tán ở cấp chuỗi nhằm tối đa hóa công suất thu được của hệ thống quang điện khi xảy ra che bóng cục bộ. Thuật toán trước hết thu thập điện áp và dòng điện của từng chuỗi PV để ước lượng bức xạ mặt trời thông qua mô hình toán học. Từ giá trị bức xạ ước lượng, điện áp tại điểm công suất cực đại (V_{mp_i}) được xác định trực tiếp, không cần áp dụng các thuật toán tìm kiếm lặp. Dựa trên V_{mp_i} chu kỳ công tác của bộ biến đổi DC-DC được tính toán để đưa từng chuỗi PV vận hành tại điểm công suất cực đại tương ứng. Quy trình được lặp lại liên tục theo chu kỳ lấy mẫu, giúp hệ thống đáp ứng nhanh trước sự thay đổi của điều kiện môi trường, giảm dao động quanh MPP và nâng cao hiệu suất thu năng lượng.

5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

5.1. Mô hình mô phỏng

Hệ thống quang điện được mô phỏng trong môi trường PSIM như Hình 10. Mỗi chuỗi PV bao gồm nhiều tấm quang điện mắc song song và được kết nối với một bộ điều khiển riêng. Các bộ điều khiển này được mắc nối tiếp nhau và ghép vào một thanh cái DC. Thuật toán điều khiển được thực hiện riêng biệt cho từng chuỗi PV và phối hợp với các bộ điều khiển khác, bao gồm các bước: Đo điện áp - dòng điện, ước lượng bức xạ, xác định công suất cực đại.

5.2. Các kịch bản thử nghiệm

Để đánh giá hiệu quả của phương pháp đề xuất, hai kịch bản chính được xây dựng:

5.2.1. Không che bóng

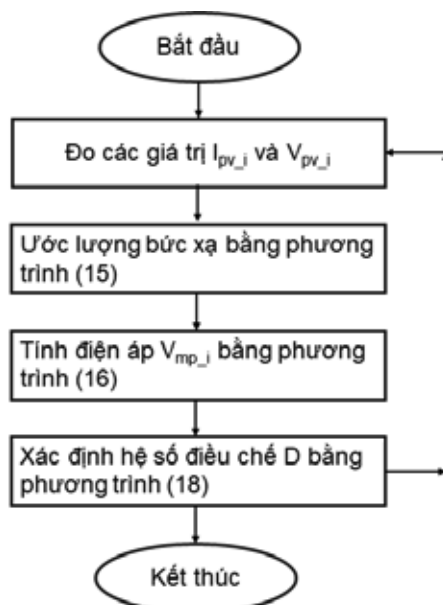
Trong điều kiện bức xạ đồng đều, tất cả các chuỗi PV nhận cùng mức bức xạ 1.000 W/m^2 . Đây là trường hợp lý tưởng nhằm đánh giá khả năng hội tụ và độ ổn định của thuật toán điều khiển. Kết quả cho thấy hệ thống nhanh chóng đạt điểm công suất cực đại, dao động công suất nhỏ, hiệu suất đạt gần giá trị tối đa được mô tả như Hình 11.

5.2.2. Che bóng một phần

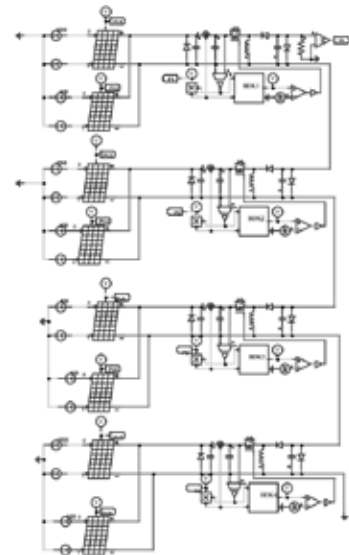
Trong kịch bản này, các chuỗi PV chịu các mức bức xạ khác nhau: Chuỗi 1: Bức xạ lần lượt của 2 tấm quang điện là 1.000 và 500 W/m^2 ; Chuỗi 2: Bức xạ lần lượt của 2 tấm quang điện là 1.000 và 200 W/m^2 ; Chuỗi 3: Bức xạ lần lượt của 2 tấm quang điện là 800 và 500 W/m^2 ; Chuỗi 4: Bức xạ lần lượt của 2 tấm quang điện là 1.000 và 500 W/m^2 . Kết quả mô phỏng cho thấy mỗi chuỗi PV được điều khiển độc lập tại MPP riêng, tổng công suất hệ thống được tối ưu hóa, tránh được hiện tượng mắc kẹt tại điểm cực đại cục bộ được mô tả như Hình 12.

5.3. So sánh với bộ MPPT tập trung

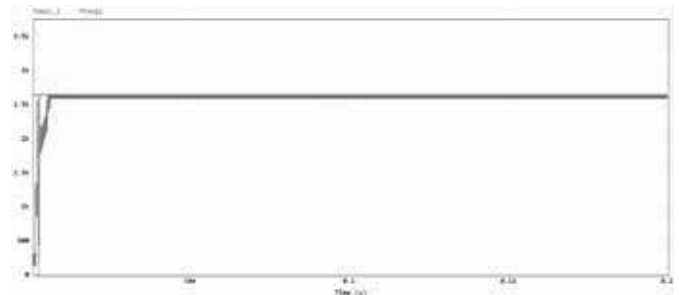
Kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp MPPT phân tán đạt hiệu quả cao hơn MPPT tập trung được thể hiện như Hình 13 trong điều kiện che bóng. Nhờ điều khiển độc lập từng chuỗi PV bằng các bộ biến đổi DC-DC riêng, hệ thống giảm ảnh hưởng của hiện tượng mismatch, bám gần điểm công suất cực đại toàn cục và nâng cao hiệu suất khai thác năng lượng. Phương pháp đặc biệt phù hợp với các hệ thống PV thường xuyên chịu ảnh hưởng của che bóng như điện mặt trời áp mái và nhà ga metro.



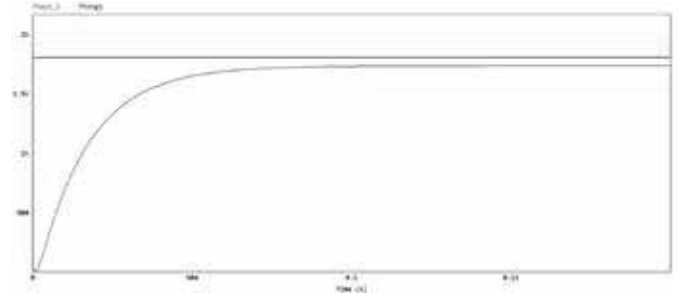
Hình 9. Lưu đồ thuật toán đề xuất



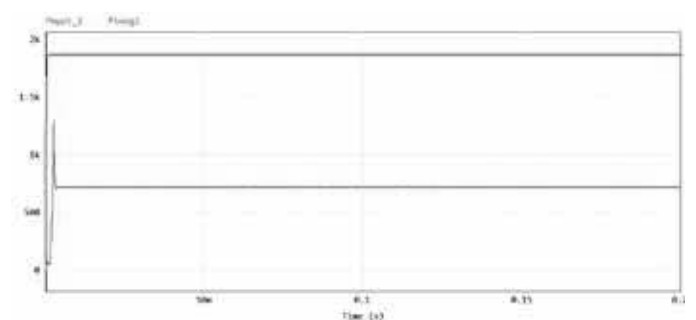
Hình 10. Sơ đồ mô hình mô phỏng hệ thống



Hình 11. Đồ thị so sánh công suất của mảng PV và công suất thu được từ bộ MPPT trong điều kiện không có bóng che



Hình 12. Đồ thị so sánh công suất của mảng PV và công suất thu được từ bộ MPPT phân tán trong điều kiện khi có bóng che



Hình 13. Đồ thị so sánh công suất của mảng PV và công suất thu được từ bộ MPPT tập trung trong điều kiện khi có bóng che

5.4. Các chỉ tiêu đánh giá

Các chỉ tiêu được sử dụng để đánh giá hiệu năng hệ thống bao gồm: Công suất đầu ra là công suất thu được tại DC bus, Hiệu suất là tỷ lệ giữa công suất đầu ra, công suất lý tưởng và thời gian bám MPP là thời gian hệ thống hội tụ về điểm công suất cực đại.

Bảng 1. So sánh phương pháp đề xuất với phương pháp truyền thống

Phương pháp	Công suất (W)	Hiệu suất (%)	Thời gian bám MPP (ms)
Mô hình MPPT truyền thống	941,97	52,23	20 - 30
Mô hình MPPT đề xuất	1.708,85	94,75	15 - 25

5.5. Thảo luận

Kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp MPPT phân tán cải thiện đáng kể khả năng khai thác năng lượng so với MPPT tập trung trong điều kiện che bóng một phần. Việc điều khiển độc lập từng chuỗi PV bằng các bộ biến đổi DC-DC giúp mỗi chuỗi làm việc tại điểm công suất cực đại tương ứng, nhờ đó công suất đầu ra đạt 1.708,85 W với hiệu suất 94,75%, vượt trội so với MPPT tập trung (941,97 W và 52,23%). Với khả năng duy trì hiệu suất cao dưới điều kiện bức xạ không đồng đều, phương pháp này phù hợp cho các hệ thống điện mặt trời trong môi trường đô thị, đặc biệt là điện mặt trời áp mái tại các nhà ga metro và các khu vực thường xuyên xảy ra che bóng.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất một phương pháp nâng cao hiệu suất hệ thống quang điện trong điều kiện che bóng một phần thông qua điều chỉnh cấu trúc kết nối và điều khiển MPPT. Kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp đạt công suất đầu ra 1.708,85 W với hiệu suất 94,75%, vượt trội so với phương pháp truyền thống (941,97 W và 52,23%), đồng thời rút ngắn thời gian bám điểm công suất cực đại xuống khoảng 15 - 25 ms. Những kết quả này khẳng định tính hiệu quả của phương pháp trong việc nâng cao khả năng khai thác năng lượng và hạn chế hiện tượng mắc kẹt tại các điểm công suất cực đại cục bộ. Trong thời gian tới, nghiên cứu sẽ tập trung vào xây dựng mô hình thực nghiệm, đánh giá trên hệ thống PV nổi lưới và tích hợp lưu trữ năng lượng để kiểm chứng và mở rộng khả năng ứng dụng trong thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải (ĐH GTVT) trong Đề tài mã số T2026-PHII_DDT-001.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Md Ashrafur Islam, Abdulla Al Mamun, M.M. Naushad Ali. Integrating PV-based energy production utilizing the existing infrastructure of MRT-6 at Dhaka, Bangladesh. *Heliyon*, vol. 10, Issue 2, 30 January 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e24078.
- [2] Valeriy Kuznetsov, Petro Hubskeyi, Artur Rojek, Magdalena Udzik and Krzysztof Lowczowski. Progress and Challenges Connected with the Integration of Renewable Energy Sources with Railway Distribution Networks. *Energies*, 19 January 2024, doi: 10.3390/en17020489.
- [3] Ahmad Fayad, Hussein Ibrahim, Adrian Ilinca, Sasan Sattarpanah Karganroudi and Mohamad Issa. Energy Efficiency Improvement of Diesel-Electric Trains Using Solar Energy: A Feasibility Study. *MDPI Journal - Appl. Sci.* 2022, 12, 5869, doi: 10.3390/app12125869.
- [4] Brijesh. Use of solar panels in civil engineering structures and railways: An Indian perspective. *International Journal of Research in Civil Engineering and Technology* vol. 5, Iss

2, pp. 72-74, 2024, doi: 10.22271/27078264.2024.v5.i2a.93.

[5] Flavio Ciccarelli, Luigi Pio Di Noia and Renato Rizzo. Integration of Photovoltaic Plants and Supercapacitors in Tramway Power Systems. *Energies*, 9 February 2018, 11(2), 410, doi: 10.3390/en11020410.

[6] Ding Feng, Hengkai Zhu, Feng Wang, Xiaojun Sun, Sheng Lin, Zhengyou He. Evaluation of voltage quality and energy saving benefits of urban rail transit power supply system considering the access of photovoltaics. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, vol. 9, Issue: 6, November 2023, doi: 10.17775/CSEEJPES.2020.02320.

[7] Giới thiệu tổng quan về tuyến metro số 1 Bến Thành - Suối Tiên. Internet: <http://www.maur.hochiminhcity.gov.vn/web/bqllds/tuyen-so-1>.

[8] Ngô Ngọc Thành, Nguyễn Ngọc Trung. Phương pháp tối ưu ma trận chuyển mạch trong chiến lược tái cấu trúc kết nối các TPQĐ. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Năng lượng*, Trường Đại học Điện lực, ISSN:1859- 4557, pp. 58- 66, 2019.

[9] D. Yousri, T. S. Babu, D. Allam, V. Ramachandaramurthy, E. Beshr, M. Eteiba et al. Fractional chaos maps with flower pollination algorithm for partial shading mitigation of photovoltaic systems. *Energies*, 16 September 2019, doi: 10.3390/en12183548.

[10] Moturi Gana Sai Krishna, Tukaram Moger. Reconfiguration strategies for reducing partial shading effects in photovoltaic arrays: State of the art. *Solar Energy*, vol. 182, April 2019, pp. 429-452, doi: 10.1016/j.solener.2019.02.057.

[11] Narjis Nahedh Nadhim, Muhammed Sabri Salim. Maximum Power Point Tracking Techniques: A Review. *International Journal of Recent Research in Electrical and Electronics Engineering (IJREEE)*, vol. 1, Issue 1, pp, 25-33, Month: April - June 2014, doi: 10.29194/NJES.28040653.

[12] Abdessamad Benlafkih, Yassine El Moujahid. Optimizing photovoltaic systems performance under partial shading using an advanced cuckoo search algorithm. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 15, no. 2, June 2024, pp. 845-857, ISSN: 2088-8694, doi: 10.11591/ijpeds.v15.i2.pp845-857.

[13] Shaik Nyamathulla and Dhanamjayulu Chittathuru. A Review of Multilevel Inverter Topologies for Grid-Connected Sustainable Solar Photovoltaic Systems. *Sustainability* 2023, 15, 13376, doi:10.3390/su151813376.

[14] Emily Grace Gummadi, Suresh Mikkili, Santhosh Yedla. SuDoKu based Reconfiguration Techniques to T-C-T PV Array for Enhancing the Maximum Power under Partial Shading Patterns. 2023 International Conference on Power Electronics and Energy (ICPEE), doi: 10.1109/ICPEE54198.2023.10060192.

[15] Koran A. Namuq, Abdulrahman I. Siddiq. Dynamic Reconfiguration of PV Array under Partial Shading Condition by Using Automatic Switching. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications*, 2023, doi:10.18178/ijeetc.12.4.

[16] S. Busquets-Monge, J. Rocabert, P. Rodriguez. Multilevel diode-clamped converter for photovoltaic generators with independent voltage control of each solar array. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2008, vol. 55, no. 7, pp. 2713-2723, doi: 10.1109/TIE.2008.924011.

[17] Maria I. S. Guerra, Fábio M. Ugulino de Araújo, Mahmoud Dhinish. Assessing Maximum Power Point Tracking Intelligent Techniques on a PV System with a Buck-Boost Converter. *Energies* 2021, 14, 7453, doi: 10.3390/en14227453.

[18] Marcelo Gradella Villalva, Jonas Rafael Gazoli. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays. *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 24, Issue: 5, June 2009, doi: 0.1109/TPEL.2009.2013862.

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm mã nguồn mở Node-RED trong điều khiển giám sát các hệ thống dùng PLC trên tàu thủy

Research on using open-source Node-RED software in controlling and monitoring PLC-based systems on ships

> THS TRẦN TIẾN LƯƠNG*, TS TRẦN SINH BIÊN, THS VŨ THỊ THU

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: luongtt.ddt@vamaru.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu ứng dụng phần mềm mã nguồn mở Node-RED trong thiết kế hệ thống giám sát và điều khiển các thiết bị PLC trên tàu thủy. Node-RED cho phép xây dựng giao diện giám sát, thu thập dữ liệu và điều khiển thiết bị thông qua môi trường lập trình dạng luồng trực quan. Nghiên cứu thử nghiệm với việc xây dựng song song hệ giám sát Node-RED cho máy chính và van ballast cùng với hệ thống đang hoạt động trên tàu.

Từ khóa: Node-RED; SCADA; điều khiển giám sát tàu thủy.

ABSTRACT

This paper presents a study on the application of the open-source software Node-RED in the design of a monitoring and control system for PLC devices on ships. Node-RED allows for the development of monitoring interfaces, data acquisition and control of communication devices through an online programming environment. The study experimentally developed a research project for a Node-RED monitoring system for the main engine and ballast valves, along with the existing system on board the ship.

Keywords: Node-RED; SCADA; control and monitoring on ship.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các hệ thống kỹ thuật trên tàu thủy hiện đại, thiết bị điều khiển tự động giữ vai trò quan trọng trong việc đảm bảo vận hành an toàn và hiệu quả. Các hệ thống như nồi hơi, máy chính, ballast, xử lý nước dằn, hệ thống lái... đều được điều khiển bởi PLC, máy tính hoặc thiết bị thông minh, có khả năng thu thập dữ liệu và truyền về SCADA hoặc HMI. Nhờ đó, người vận hành có thể giám sát các thông số như nhiệt độ, áp suất, lưu lượng, mức chất lỏng và thực hiện điều khiển từ xa qua giao diện.

Xu hướng số hóa và giám sát từ xa ngày càng trở nên cần thiết trong vận hành tàu biển. Các hệ thống hiện đại không chỉ hoạt động nội bộ mà còn truyền dữ liệu về bờ qua Internet hoặc vệ tinh, giúp nâng cao khả năng giám sát, hỗ trợ bảo trì và tối ưu hóa hoạt động.

Tuy nhiên, SCADA và HMI truyền thống thường có chi phí cao và khó mở rộng, nâng cấp. Vì vậy, việc ứng dụng các nền tảng mã nguồn mở như Node-RED đang trở thành hướng tiếp cận tiềm năng, giúp giảm chi phí và tăng tính linh hoạt trong xây dựng hệ thống giám sát và điều khiển PLC [3].

2. TỔNG QUAN VỀ PHẦN MỀM MÃ NGUỒN MỞ NODE-RED

Node-RED là một nền tảng phần mềm mã nguồn mở được phát triển nhằm hỗ trợ việc xây dựng các ứng dụng tích hợp dữ liệu và

điều khiển thiết bị trong các hệ thống Internet of Things (IoT). Nền tảng này ban đầu được phát triển bởi IBM và hiện nay được duy trì bởi OpenJS Foundation. Đặc điểm nổi bật của Node-RED là sử dụng phương pháp lập trình trực quan dựa trên mô hình luồng dữ liệu (flow-based programming). Mỗi node đảm nhiệm một chức năng cụ thể như thu thập dữ liệu, xử lý thông tin, truyền thông mạng hoặc hiển thị giao diện. Các node được liên kết với nhau tạo thành các luồng xử lý dữ liệu, giúp đơn giản hóa quá trình phát triển ứng dụng và giảm đáng kể độ phức tạp so với lập trình truyền thống [1].



Hình 1. Thư viện ứng dụng của Node-red

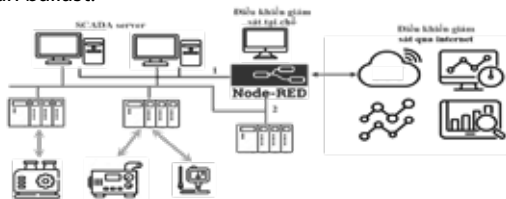
Node-RED có ưu điểm nổi bật là hỗ trợ nhiều giao thức truyền thông phổ biến trong tự động hóa thông qua các thư viện mở rộng, cho phép kết nối linh hoạt với PLC, vi điều khiển, cảm biến và hệ cơ sở dữ liệu. Việc lựa chọn thư viện phụ thuộc vào loại PLC và chuẩn giao tiếp sử dụng. Node-RED hỗ trợ các giao thức như Modbus, CAN, OPC UA... cũng như các thư viện riêng cho từng hãng như Siemens, Mitsubishi, Allen-Bradley hoặc các nền tảng như Kepware. Một số thư viện tiêu biểu gồm: Modbus (node-red-contrib-modbus), Siemens S7 (node-red-contrib-s7), OPC UA (node-red-contrib-opcua) hoặc các thư viện chuyên biệt như Wago, Beckhoff (ADS/TwinCAT).

Để xây dựng giao diện giám sát tương tự SCADA, Node-RED cung cấp nhiều công cụ như Dashboard (hiển thị, biểu đồ, điều khiển), SVG Graphics (mô phỏng có hoạt họa) và khả năng tích hợp với các hệ SCADA khác như Ignition, WinCC thông qua MQTT hoặc SQL, đóng vai trò như một cổng trung gian dữ liệu [2].

3. MÔ HÌNH HỆ THỐNG GIÁM SÁT SỬ DỤNG NODE-RED

Để đánh giá khả năng ứng dụng của Node-RED, tác giả xây dựng hệ thống giám sát và điều khiển PLC trên tàu DN2000. Trong mô hình này, hệ thống giám sát cũ vẫn đang hoạt động với 2 máy tính trung tâm của hệ SCADA cũ. Ta xây dựng một hệ thống giám sát bằng Node-RED hoạt động song song với hệ này với mô hình như Hình 2.

Một máy tính khác cài đặt phần mềm Node-RED sẽ kết nối với mạng ethernet cùng với 2 máy trạm SCADA để liên kết tới các PLC thực hiện công việc thu thập thông tin về hệ thống. Trong hệ thống, Node-RED liên kết tới PLC S7-1500 của Siemens qua mạng ethernet, đây cũng là PLC thực hiện chức năng thu thập dữ liệu từ các thiết bị hiện trường như cảm biến hoặc các tín hiệu trạng thái máy chính và các van ballast.



Hình 2. Mô hình xây dựng thử nghiệm hệ giám sát với Node-red

Để thực hiện kết nối với S7 với Node-RED, ta cài đặt và sử dụng thư viện node-red-contrib-s7. Khi đó, hệ thống cho ta các khối kết nối tới S7 gồm S7 in, S7 out và S7 control cho phép thực hiện đọc/ghi tín hiệu với PLC và thực hiện các thao tác điều khiển khác.



Hình 3. Giao tiếp S7-1500 qua thư viện node-red-contrib-s7

Trong hệ thống thử nghiệm này, các tham số của máy chính và hệ van ballast được thu thập tại PLC S7-1500, với khối dữ liệu DB19 là các tham số của máy chính, DB21 là các tham số liên quan tới hệ thống van ballast. Tham số của một khối dữ liệu được minh họa như Hình 4.

Để đọc tín hiệu từ PLC S7, các biến được khai báo thông qua node "S7 In" trong Node-RED. Trong mô hình này, toàn bộ tham số của máy chính được lưu trữ trong khối dữ liệu DB19 của PLC. Cấu trúc và các giá trị của khối DB19 được thiết kế để chứa các thông số vận hành của hệ thống. Lấy ví dụ tham số tốc độ máy chính: Đây là biến kiểu Real, được lưu tại offset 0.0 trong khối DB19. Dựa trên đó, việc liên kết với các tham số khác của PLC có thể làm hoàn toàn tương tự.

Hình 4. Tham số máy chính trong khối DB19



Hình 5. Khai báo về cách đọc tín hiệu với node "S7 in"

Để thực hiện giám sát từ xa, hệ thống cần một nền tảng cloud làm trung gian lưu trữ và truyền dữ liệu qua Internet. Trong mô hình thử nghiệm này, dịch vụ cloud của HiveMQ được sử dụng cho mục đích này. Dữ liệu từ Node-RED được gửi lên cloud thông qua node "MQTT Out" và được nhận lại qua node "MQTT In". Sau khi dữ liệu được đưa lên cloud, các máy trạm có thể truy cập vào máy chủ MQTT của HiveMQ để thực hiện giám sát từ xa. Việc cấu hình kết nối giữa Node-RED và server HiveMQ được thực hiện bằng cách khai báo thông tin broker trong các node "MQTT In" và "MQTT Out", như minh họa ở Hình 6.

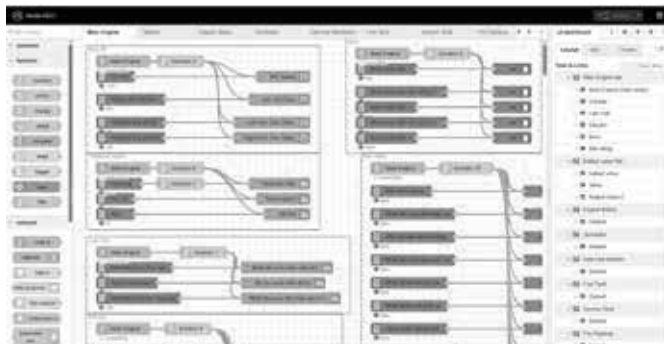


Hình 6. Liên kết "mqtt in" và "mqtt out" với server HiveMQ

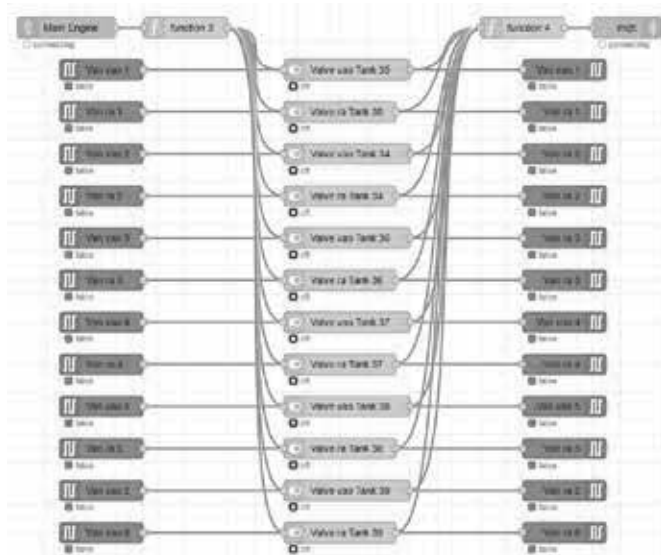
Sau khi đã hoàn thành các bước liên kết dữ liệu với PLC và với cloud HiveMQ, ta tiến hành xây dựng giao diện giám sát với thư viện dashboard như Hình 7 và Hình 8. Để hiển thị thông tin, thư

viện dashboard của node red được sử dụng, với các node “Led” cho hiển thị các tín hiệu logic, “text” để hiển thị giá trị hay các tin nhắn, “gauge” để hiển thị thông tin dưới dạng đồng hồ...

Thông tin có thể lấy trực tiếp từ việc liên kết với PLC thông qua giao tiếp bằng thư viện S7. Trong trường hợp đây là các máy từ xa, các kết nối tới thư viện S7 không thực hiện được thì thông tin sẽ được lấy từ cloude HiveMQ qua các node “mqtt in” và “mqtt out”.



Hình 7. Chương trình Node-red giám sát tham số máy chính



Hình 8. Chương trình Node-RED điều khiển giám sát van ballast

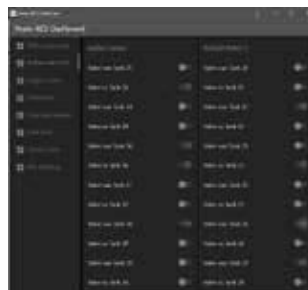
* Kết quả thực hiện:

Với hệ thống giám sát bằng Node-RED đã xây dựng song song với hệ thống SCADA cũ, ta thu được kết quả với 2 hệ thống làm việc đồng thời. Các tham số với giao diện vận hành của hệ thống cũ trên các màn hình thiết kế trước đó như Hình 9. Các màn hình giám sát máy chính và van ballast của hệ cũ trên tàu vẫn hoạt động ổn định, tin cậy.



Hình 9. Giao diện vận hành của hệ SCADA đang hoạt động trên tàu

Đối với hệ thống giám sát thông qua Node-RED đã xây dựng, ta cũng có được một hệ giám sát mới. Hệ mới này cho phép giám sát tại trên máy tính tại chỗ với “Dash board UI” như Hình 10 hoặc giám sát từ xa thông qua qua kết nối wifi, LAN hoặc kết nối internet với cloud HiveMQ thông qua trình duyệt web như Hình 11.



Hình 10. Giao diện giám sát tại chỗ với Dashboar UI - Màn hình giám sát van ballast



Hình 11. Giao diện giám sát từ xa qua trình duyệt web - Màn hình tham số máy chính

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu và xây dựng hệ thống giám sát, điều khiển PLC dựa trên nền tảng phần mềm mã nguồn mở Node-RED. Kết quả thực nghiệm cho thấy Node-RED có thể kết nối và trao đổi dữ liệu với PLC một cách ổn định và tin cậy. Có thể tích hợp và hoạt động cùng với các hệ thống giám sát đang hoạt động trên tàu trong một số trường hợp.

Việc sử dụng Node-RED mang lại nhiều ưu điểm như chi phí triển khai thấp, khả năng tích hợp linh hoạt với nhiều loại thiết bị khác nhau và dễ dàng mở rộng hệ thống khi cần bổ sung chức năng mới. Ngoài ra, nhờ nền tảng giao diện web, hệ thống có thể hỗ trợ giám sát từ xa thông qua mạng nội bộ hoặc Internet giúp nâng cao hiệu quả quản lý và vận hành các hệ thống tự động hóa trên tàu thủy.

Trong tương lai, nghiên cứu có thể được phát triển theo hướng tích hợp các phương pháp phân tích dữ liệu nhằm nâng cao, kết hợp với sự trợ giúp của AI hỗ trợ bảo trì hay dự đoán hỏng hóc cho các hệ thống điều khiển trên tàu. Điều này sẽ góp phần nâng cao độ tin cậy và hiệu quả vận hành của các hệ thống tự động hóa trong lĩnh vực hàng hải.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT25-26.67.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Taiji Hagino. Practical Node-RED Programming. Internet: [https://unidel.edu.ng/focelibrary/books/Practical%20Node-RED%20Programming%20Learn%20powerful%20visual%20programming%20techniques%20and%20best%20practices%20for%20the%20web%20and%20IoT%20by%20Taiji%20Hagino%20\(z-lib.org\).pdf](https://unidel.edu.ng/focelibrary/books/Practical%20Node-RED%20Programming%20Learn%20powerful%20visual%20programming%20techniques%20and%20best%20practices%20for%20the%20web%20and%20IoT%20by%20Taiji%20Hagino%20(z-lib.org).pdf) (accessed: 01/2026).
- [2] B. Kavya Deepthi, Venkata Ratnam Kolluru, George Tom Varghese, Rajendraparasad Narne, Dr.N. Srimannarayana. IoT based Smart Environment Using Node-Red and MQTT. Internet: https://www.researchgate.net/publication/342327250_IoT_based_Smart_Environment_Using_Node-Red_and_MQTT (accessed: 4/2026).
- [3] Ioana-Victoria Nit, ulescu and Adrian Korodi. Supervisory Control and Data Acquisition Approach in Node-RED: Application and Discussions. Internet: <https://www.proquest.com/openview/82594d6da8b950f19c680cf781b6dd09/1?pq-origsite=gscholar&cbl=5465913> (accessed: 02/2026).

Ứng dụng mảng một chiều và kỹ thuật ma trận thưa để lập trình xử lý số liệu lưới khống chế trắc địa số lượng điểm lớn

Applying one-dimensional arrays and sparse matrix techniques to program data processing for large-scale geodetic control networks

> THS NGUYỄN XUÂN HÒA, THS TRẦN VĂN HUÂN*

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

*Email: tvhuan@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Xử lý số liệu trắc địa, đặc biệt là bình sai lưới khống chế mặt bằng với số liệu điểm lớn là một công tác đòi hỏi phải tính toán một khối lượng số liệu rất lớn. Điều này gây ra nhiều khó khăn trong công tác xử lý nội nghiệp vì phải nâng cấp bộ xử lý của máy tính hoặc phải chia nhỏ mạng lưới lớn thống nhất thành các lưới khống chế nhỏ, rời rạc. Việc ứng dụng kỹ thuật ma trận thưa trong mảng một chiều có nhiều ưu điểm để có thể xử lý được các khó khăn trên, giúp xử lý bình sai được mảng lưới khống chế mặt bằng lớn với thời gian nhanh hơn rất nhiều thuật toán bình sai thông thường. Do vậy, bài báo sẽ tiến hành thực nghiệm so sánh về số lượng điểm và thời gian xử lý số liệu giữa thuật toán ứng dụng lý thuyết ma trận thưa mảng 1 chiều với thuật toán bình sai thông thường mảng 2 chiều.

Từ khóa: Ma trận thưa; bình sai lưới mặt bằng số lượng điểm lớn; mảng 1 chiều; lập trình trong trắc địa.

ABSTRACT

Processing geodetic data, especially adjusting horizontal control networks with a large number of points, is a task requiring the calculation of a very large volume of data. This creates many difficulties in internal processing because it requires upgrading the computer's processor or dividing the large unified network into smaller, discrete control networks. The application of sparse matrix techniques in one-dimensional arrays offers many advantages in addressing these difficulties, allowing for the adjustment of large horizontal control networks much faster than conventional adjustment algorithms. Therefore, this paper will conduct an experimental comparison of the number of points and data processing time between the algorithm applying sparse matrix theory to one-dimensional arrays and the conventional adjustment algorithm for two-dimensional arrays.

Keywords: Sparse matrix; adjustment of horizontal networks with a large number of points; one-dimensional array; programming in geodesy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xử lý số liệu trắc địa, công tác bình sai lưới khống chế mặt bằng luôn là một trong những công việc có khối lượng tính toán lớn và phức tạp. Thông thường, khi lập trình để bình sai mạng lưới này, chúng ta sẽ sử dụng ma trận mảng 2 chiều để xử lý bài toán bình sai và lưu trữ tất cả các phần tử của ma trận, trong đó rất nhiều các phần tử đó có giá trị bằng không. Điều này làm bộ nhớ xử lý của máy tính phải thực hiện một khối lượng tính toán khổng lồ, dẫn đến số lượng điểm bình sai trong lưới bị hạn chế và tốc độ tính toán bị chậm đi rất nhiều. Kỹ thuật ma trận thưa (Sparse matrix) trong mảng 1 chiều là một giải pháp rất hay để có thể xử lý được các khó khăn trên. Từ đó, việc bình sai lưới khống chế mặt bằng trong trắc địa có thể xử lý cho một mảng lưới có số lượng điểm lớn với thời gian tính toán được rút ngắn nhiều lần.

2. TỔNG QUAN VỀ MẢNG 1 CHIỀU VÀ KỸ THUẬT MA TRẬN THƯA

Mảng 1 chiều (One-dimensional Array) là một kiểu cấu trúc dữ liệu dùng để lưu trữ nhiều giá trị cùng kiểu dữ liệu trong một biến duy nhất, các phần tử được sắp xếp theo một hàng liên tiếp và được truy cập thông qua chỉ số (index) [1, 2].



Hình 1. Mảng 1 chiều

Mảng 2 chiều (*Two-dimensional Array*) là kiểu dữ liệu dùng để lưu trữ nhiều phần tử cùng kiểu dữ liệu dưới dạng bảng gồm hàng và cột. Đặc điểm của mảng 2 chiều là: Dữ liệu được tổ chức theo: Hàng (row) và Cột (column). Mỗi phần tử được xác định bởi 2 chỉ số: Chỉ số hàng và Chỉ số cột [1, 2].

MẢNG 2 CHIỀU

Chỉ số cột

→

0

1

2

3

Chỉ số hàng

↓

0

11	12	13	14
21	22	23	24
31	32	33	34

1

2

3

4

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

3

0

1

2

Hình 2. Mảng 2 chiều

Kỹ thuật ma trận thưa (*Sparse Matrix*) là phương pháp lưu trữ và xử lý các ma trận có số phần tử bằng 0 chiếm đa số, giúp tiết kiệm đáng kể bộ nhớ và tăng tốc độ tính toán. Thay vì lưu toàn bộ các phần tử 0, kỹ thuật này chỉ lưu trữ các phần tử khác 0 (khác không) cùng với chỉ số hàng và cột của chúng [3].

Khác biệt giữa mảng 1 chiều và mảng 2 chiều về lưu trữ và tốc độ xử lý được so sánh thể hiện dưới bảng dưới đây:

Bảng 1. Bảng so sánh về khả năng lưu trữ và tốc độ xử lý giữa mảng 1 chiều và mảng 2 chiều

Tiêu chí	Mảng 1 chiều	Mảng 2 chiều
Cách lưu trữ	Dữ liệu được lưu liên tiếp trên một hàng bộ nhớ	Dữ liệu lưu theo dạng hàng và cột
Cấu trúc	Một danh sách phần tử	Một bảng hoặc ma trận
Số chỉ số truy cập	1 chỉ số: $a(i)$	2 chỉ số: $a(i,j)$
Dung lượng bộ nhớ	Ít tốn bộ nhớ hơn	Tốn bộ nhớ hơn do lưu nhiều chiều
Tốc độ truy xuất	Nhanh hơn vì chỉ cần xác định 1 vị trí	Chậm hơn một chút vì phải xác định hàng và cột
Độ phức tạp xử lý	Đơn giản	Phức tạp hơn
Tốc độ duyệt dữ liệu	Nhanh	Chậm hơn khi dữ liệu lớn

3. TỔ CHỨC CƠ SỞ DỮ LIỆU ĐỂ TỐI ƯU BỘ NHỚ TRONG LẬP TRÌNH SỐ LIỆU TRẮC ĐỊA

Dữ liệu của phần mềm lập trình được phân ra làm các mô-đun nhỏ và các hàm (functions) dùng chung để phục vụ cho công tác xử lý số liệu. Để có thể xử lý được mạng lưới trắc địa có số điểm lớn, nhóm tác giả không khai báo các biến theo dạng biến cố định mà sử dụng các biến động. Như vậy, kích thước của các ma trận biến 1 chiều sẽ mở rộng tùy vào số lượng biến cần xác định của lưới khống chế.

Để tiết kiệm bộ nhớ xử lý cho máy tính và nâng cao tốc độ xử lý số liệu của phần mềm, nhóm tác giả lợi dụng tính chất đối xứng của ma trận hệ số phương trình chuẩn trong lưới trắc địa. Các hệ số của phương trình chuẩn sẽ được tối ưu hóa khi sắp xếp lưu trữ ở dạng một chiều, được sắp xếp theo mô hình tam giác trên và không cần phải lưu trữ tất cả các phần tử trong ma trận hệ số A của hệ phương trình số hiệu chỉnh.

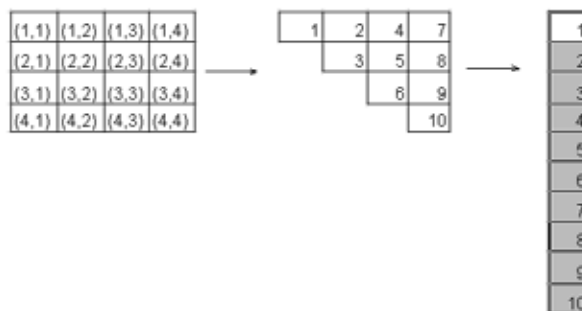
Số thứ tự của thành phần ma trận chuẩn R_n khi được chuyển về dạng một chiều R'_n sẽ được xác định tương ứng $R(i,j) \rightarrow R'(n)$ với chỉ số phần tử n theo công thức:

$$n = \frac{j \times (j-1)}{2} + i \quad (1)$$

Trong đó: i và j là số hàng và số cột của ma trận 2 chiều R .

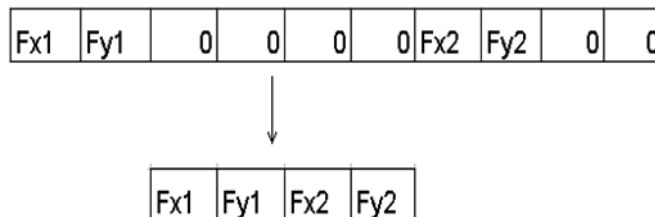
Như vậy, số phần tử trong ma trận 2 chiều R gồm: $(i \times j)$ phần tử sẽ chỉ cần lưu lại gồm n phần tử theo công thức 1 trong ma trận 1 chiều R' .

Ví dụ: Ma trận R ban đầu có kích thước $R(20,20)$ gồm 400 phần tử trong mảng 2 chiều, khi chuyển sang dạng 1 chiều bây giờ sẽ chỉ là: $R'(210)$ gồm 210 phần tử 1 chiều.



Hình 3. Tối ưu lưu trữ các phần tử trong hệ phương trình chuẩn R

Ngoài ra, để tăng tốc độ xử lý với các lưới có số lượng điểm lớn, kỹ thuật ma trận thưa sẽ được áp dụng để lưu trữ các phần tử của ma trận của hàm đánh giá độ chính xác các đại lượng trong trắc địa. Theo đó, thay vì lưu trữ n phần tử các trị đo và vector hệ số hàm trọng số thì sẽ chỉ lưu trữ 4 phần tử là các hệ số: $f_{x1}, f_{y1}, f_{x2}, f_{y2}$ của các ẩn số tọa độ X và tọa độ Y của hai điểm có quan hệ hàm trọng số cần đánh giá độ chính xác, còn các hệ số còn lại của hàm trọng số có giá trị bằng 0 thì sẽ không được lưu trữ trong vector này.



Hình 4. Sử dụng kỹ thuật ma trận thưa để lưu trữ các phần tử trong các hàm trọng số

Như vậy, với cách sắp và lưu trữ dữ liệu như trên, thay vì phải lưu trữ một lượng lớn các phần tử và thực hiện các phép tính vô nghĩa với các phần tử có giá trị bằng 0 thì chúng ta chỉ cần lưu trữ một lượng thông tin ít hơn trước nhiều lần. Qua đó, bộ nhớ của máy tính sẽ được tiết kiệm tối ưu và tốc độ xử lý của ngôn ngữ lập trình cho phần mềm bình sai cũng được nâng cao rõ rệt.

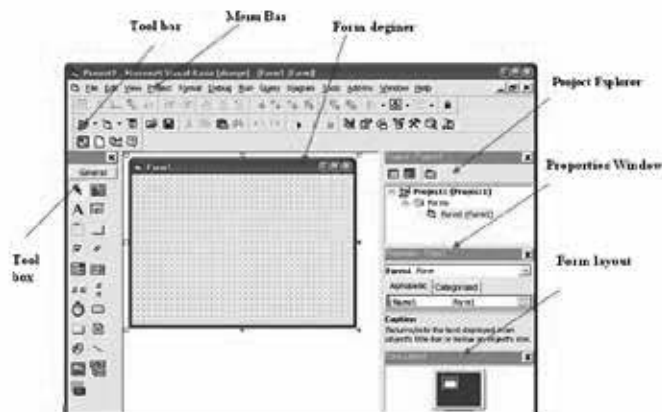
4. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG

Để đánh giá khả năng ứng dụng của phương pháp lưu trữ biến 1 chiều và kỹ thuật ma trận thưa, nhóm tác giả đã chọn sử dụng ngôn ngữ lập trình là Visual Basic 6.0 để thực hiện khảo sát và so sánh số lượng điểm cần xử lý của lưới trắc địa cũng như thời gian xử lý so với phương pháp lập trình thông thường.

4.1. Giới thiệu đôi nét về Visual Basic 6.0

Visual Basic 6.0 (VB6) là một phiên bản của bộ công cụ lập trình Visual Basic (VB), cho phép người dùng tiếp cận nhanh cách thức lập trình trên môi trường Windows. Đây là một ngôn ngữ lập trình hiện đại, dễ học, có nhiều tính năng hỗ trợ cho lập trình viên, nhất là những lập trình viên không chuyên. Vì vậy, nó rất thích hợp với những người làm công tác kỹ thuật không có nhiều thời gian đi sâu nghiên cứu về ngôn ngữ lập trình cũng như về mạng máy tính [6].

Khi lập trình trên VB6, người lập trình sẽ làm việc trên giao diện của môi trường phát triển tích hợp IDE (Integrated Development Environment). Trên IDE, người lập trình có thể tạo giao diện và viết mã code cho chương trình một cách thuận tiện với các công cụ trợ giúp đặc lực mà ngôn ngữ này đã cung cấp.



Hình 5. Giao diện IDE trong VB6

4.2. Phương pháp tiến hành đánh giá khảo sát

Để đánh giá về khả năng xử lý số lượng điểm trong mạng lưới cùng tốc độ xử lý của phương pháp đang nghiên cứu, nhóm tác giả tiến hành như sau:

- Số lượng điểm trong lưới mặt bằng tọa độ sẽ được áp dụng cho 3 loại lưới có quy mô số lượng điểm và số trị đo khác nhau như bảng dưới đây:

Bảng 2. Quy mô số lượng điểm và trị đo của các lưới thực nghiệm

Lưới trắc địa	Tổng số điểm	Tổng trị đo
Lưới 1	69	138
Lưới 2	460	960
Lưới 3	1.426	3.009

- Phương pháp cần tiến hành so sánh: Phương pháp 1 là phương pháp thông thường, sử dụng biến là ma trận 2 chiều, không áp dụng kỹ thuật ma trận thưa. Phương pháp 2 là phương pháp sử dụng biến là ma trận 1 chiều được lưu trữ tối ưu và có áp dụng kỹ thuật ma trận thưa.

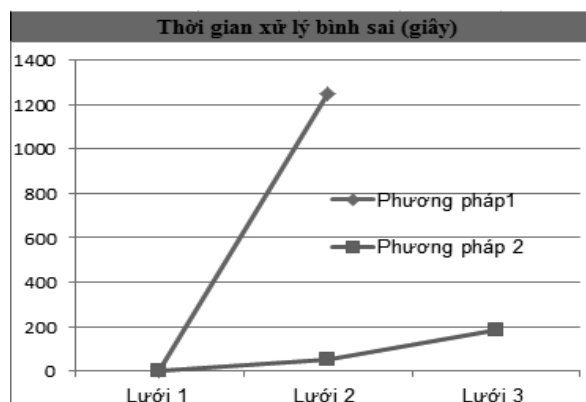
- Để loại trừ việc các ngôn ngữ lập trình và các máy tính có tốc độ xử lý khác nhau, nhóm tác giả đã cùng sử dụng một ngôn ngữ lập trình (Visual Basic 6.0) và cùng tiến hành xử lý số liệu để so sánh trên cùng một máy tính.

4.3. Kết quả đánh giá khảo sát

Sau khi tiến hành lập trình xử lý số liệu bằng ngôn ngữ Visual Basic 6.0, kết quả xử lý đối với 3 loại lưới với thời gian như sau:

Bảng 3. So sánh thời gian xử lý các loại lưới của 2 phương pháp

Lưới trắc địa	Thời gian xử lý bình sai (giây)	
	Phương pháp 1	Phương pháp 2
Lưới 1	3	1
Lưới 2	1.250	50
Lưới 3	(treo máy)	182



Hình 6. Biểu đồ thời gian xử lý của 2 phương pháp với quy mô các loại lưới

Từ Bảng 3 và biểu đồ trong Hình 6 cho thấy:

- Thời gian xử lý lưới 1 (có tổng số 69 điểm, tổng trị đo 138): Phương pháp 2 xử lý nhanh hơn phương pháp 1 nhưng thời gian bình sai không khác biệt lớn (1 giây so với 3 giây).

- Thời gian xử lý lưới 2 (có tổng số 460 điểm, tổng trị đo 960): Phương pháp 2 xử lý nhanh hơn nhiều phương pháp 1 (nhanh hơn 25 lần).

- Với lưới 3 là lưới có số lượng điểm và trị đo rất lớn (tổng 1.426 điểm, tổng 3.009 trị đo): Phương pháp 1 không xử lý được, máy bị treo, còn phương pháp 2 mất 182 giây (hơn 3 phút).

Như vậy, qua kết quả khảo sát bằng 2 phương pháp cho thấy: Áp dụng mảng 1 chiều và kỹ thuật ma trận thưa để lưu trữ và xử lý số liệu giúp phần mềm có thể dễ dàng xử lý bình sai mạng lưới lớn mà phương pháp bình thường không xử lý được. Ngoài ra, tốc độ xử lý của phần mềm được nâng cao rõ rệt.

5. KẾT LUẬN

- Phương pháp áp dụng mảng một chiều và kỹ thuật ma trận thưa hoàn toàn có thể xử lý dễ dàng mạng lưới khống chế mặt bằng trong trắc địa (là dạng lưới phức tạp và có khối lượng tính toán lớn) với số lượng điểm trên 1.400 điểm và trên 3.000 trị đo. Tốc độ xử lý số liệu được tăng tốc rõ rệt so với phương pháp thông thường trong lập trình.

- Từ nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất áp dụng mảng 1 chiều và kỹ thuật ma trận thưa trong bình sai các mạng lưới lớn trong trắc địa để giúp việc xử lý số liệu trong trắc địa được dễ dàng và nhanh hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Reema Thareja. Data Structures Using C. Oxford University Press, Oxford, 2009.
- [2] Hồ Sĩ Đàm, Nguyễn Việt Hà, Bùi Thế Duy. Cấu trúc dữ liệu và giải thuật. NXB. Giáo dục, Hà Nội, 2007.
- [3] Timothy A. Davis. Direct Methods for Sparse Matrices. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Pennsylvania, 2006.
- [4] Hoàng Ngọc Hà. Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [5] Hoàng Ngọc Hà, Trương Quang Hiếu. Cơ sở tính toán xử lý số liệu trắc địa, NXB. Giao thông vận tải, Hà Nội, 1999.
- [6] Nguyễn Thị Ngọc Mai, Nguyễn Hữu Anh. Microsoft Visual Basic 6.0 và lập trình cơ sở dữ liệu. NXB. Giáo dục, Hà Nội, 2000.

Phát triển kinh tế biển gắn với kinh tế tư nhân: Nghiên cứu từ các đô thị lấn biển tỉnh An Giang

Marine economic development associated with the private sector: A case study of marine reclamation urban areas in An Giang province

> TS.KTS HÀ VĂN THANH KHƯƠNG

Đảng ủy xã Giang Thành, tỉnh An Giang

Email: hvtkhuong1976@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu chiến lược tăng trưởng kinh tế tỉnh An Giang dựa trên cấu trúc quản trị tích hợp "Biên giới - Sông - Biển" sau sáp nhập hành chính. Nghiên cứu tập trung vào giải pháp kiến tạo hệ sinh thái đô thị lấn biển quy mô 4.500 ha tại cụm động lực Phú Quốc - Hà Tiên - Rạch Giá nhằm mở rộng quỹ đất thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH) theo kịch bản RCP 8.5. Bằng phương pháp lập ma trận TOWS và đối chiếu kinh nghiệm đê quai (Polder) của Đông Á, bài báo đề xuất hệ thống quản trị "G rõ" gắn liền với cơ chế "Hợp đồng kinh tế xanh" và cơ chế thử nghiệm chính sách (Sandbox) mở rộng. Kết quả phân tích chuỗi dữ liệu 2021-2025 khẳng định vai trò chủ đạo của kinh tế tư nhân (chiếm 73,63% tổng vốn) trong việc chuyển giao công nghệ thông minh và thực thi tiêu chuẩn ESG, tạo động lực hình thành cực tăng trưởng biển xanh bền vững vùng biển Tây Nam.

Từ khóa: Quản trị không gian biển (MSP); đô thị lấn biển; kinh tế tư nhân; mô hình Polder; cơ chế Sandbox; tiêu chuẩn ESG.

ABSTRACT

This study examines the economic growth strategy of An Giang Province utilizing the integrated "Border - River - Sea" governance framework post-administrative merger. The research focuses on pioneering a 4,500-hectare marine reclamation urban ecosystem within the Phu Quoc - Ha Tien - Rach Gia dynamic cluster to expand land funds resilient to climate change under the RCP 8.5 scenario. By applying TOWS matrix analysis and benchmarking East Asian polder technology, the paper proposes a "G-Clear" governance system integrated with "Green Economic Contracts" and an expanded policy sandbox mechanism. Analyzing 2021-2025 data, the findings confirm the leading role of the private sector (contributing 73.63% of total investment) in driving smart technology transfers and enforcing ESG standards, thereby establishing a sustainable blue economy growth pole in the Southwestern sea.

Keywords: Marine Spatial Planning (MSP); marine reclamation urban areas; private sector; polder model; policy sandbox mechanism; ESG standards.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thực thi Nghị quyết số 36-NQ/TW của Trung ương về phát triển bền vững kinh tế biển, việc chuyển đổi mô hình tăng trưởng dựa trên cấu trúc quản trị tích hợp "Biên giới - Sông - Biển" là đòi hỏi cấp bách đối với vùng biển Tây Nam trong bối cảnh sáp nhập hành chính lịch sử. Dưới tác động của BĐKH theo kịch bản RCP 8.5 và tình trạng sụt lún địa chất vùng ĐBSCL, các giải pháp lấn biển quy mô cực lớn (khoảng 4.500 ha) tại cụm động lực Phú Quốc - Hà Tiên - Rạch Giá đóng vai trò chủ động kiến tạo không gian phát triển mới và mở rộng quỹ đất đô thị thích ứng bền vững. Để giải quyết bài toán suất đầu tư lớn, việc định hình lại vai trò chủ đạo của kinh tế tư nhân thông qua các công cụ pháp lý xanh là giải pháp then chốt nhằm giảm tải áp lực nợ công cho ngân sách nhà nước.

Câu hỏi nghiên cứu: Phương thức quản trị nhà nước điều tiết kinh tế tư nhân tham gia lấn biển bền vững sinh thái - xã hội?

Mục tiêu 3 phạm vi:

Chính sách: Thử nghiệm cơ chế Sandbox, đối tác PPP và công cụ ESG.

Không gian: Quy hoạch liên kết vùng bờ và kết nối hạ tầng đô thị lõi.

Kỹ thuật: Xác lập cao trình nền an toàn dựa trên công nghệ Polder. Hình thành liên kết biển đảo Phú Quốc - Hà Tiên - Rạch Giá - Thổ Châu - Kiên Hải với Cà Mau, tăng cường kết nối vùng vịnh An Giang với khu vực đất liền An Giang



Hình 1. Bản đồ liên kết biển đảo Phú Quốc - Hà Tiên - Rạch Giá - Thổ Châu - Kiên Hải với tỉnh Cà Mau (Nguồn: UBND tỉnh An Giang, 2026)

2. CƠ SỞ PHÁP LÝ VÀ KHUNG LÝ THUYẾT QUẢN TRỊ

Định hướng phát triển kinh tế biển tỉnh An Giang gắn với mô hình đô thị lấn biển và phát huy vai trò của khu vực kinh tế tư nhân được xây dựng trên hệ thống khung pháp lý đồng bộ, qua đó tạo tiền đề cho chuyển đổi tư duy quản trị từ tiếp cận đơn ngành sang tích hợp không gian. Khung quản trị tích hợp của nghiên cứu dựa trên hệ thống văn bản pháp lý quốc gia, bao gồm Nghị quyết số 36-NQ/TW của Trung ương, Luật Đất đai năm 2024, Nghị quyết số 139/2024/QH15 của Quốc hội, cùng các văn bản địa phương như Quyết định số 676/QĐ-UBND của UBND tỉnh An Giang.

Nghiên cứu vận dụng các lý thuyết về quản trị không gian biển (Marine Spatial Planning - MSP), quản lý tổng hợp vùng bờ (Integrated Coastal Zone Management - ICZM) và tiêu chuẩn ESG nhằm phân tích khả năng hình thành vai trò trung tâm logistics đa phương thức trên trục liên kết “biên giới - sông - biển”.

Bảng 1. Chỉ tiêu kinh tế tổng hợp tỉnh Kiên Giang giai đoạn 2021 - 2025

Chỉ tiêu	Năm 2021	Năm 2025	Tốc độ tăng trưởng/ thay đổi
Tăng trưởng GRDP bình quân	-	-	5,59% (cao hơn cả nước)
GRDP bình quân đầu người	2.050 USD	3.085 USD	Tăng ~50,5%
Tổng vốn đầu tư toàn xã hội	54.630 tỷ đ	89.048 tỷ đ	Tăng ~63%
Kim ngạch xuất khẩu	-	-	Tăng bình quân 11,55%/năm

Nguồn: Cục Thống kê tỉnh Kiên Giang (2021 - 2025) và Báo cáo chính trị số 57-BC/TU của Ban Chấp hành Đảng bộ tỉnh (2025).

Bảng 2. Cơ cấu vốn đầu tư toàn xã hội và nội lực khối kinh tế tư nhân

Thành phần kinh tế	Tỷ trọng (2021)	Tỷ trọng (2025)	Vai trò chiến lược
Kinh tế tư nhân	64,16%	73,63%	Động lực tăng trưởng chính
Vốn nhà nước	35,08%	~26%	"Vốn mồi" dẫn dắt hạ tầng
Vốn FDI	0,75%	0,45%	Điểm nhấn cần khắc phục
Số lượng doanh nghiệp	-	18.475	Chiếm 88% tổng mức bán lẻ

Nguồn: Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Kiên Giang và niên giám thống kê tỉnh Kiên Giang.

Bảng 3. Hệ thống chỉ số về chất lượng phát triển và hạ tầng đô thị hiện hữu

Chỉ số	Hiện trạng	Mục tiêu / Đặc điểm
Tỷ lệ DN Đổi mới sáng tạo	1,2%	Cần nâng cao thông qua liên kết "3 nhà"
Cơ cấu mặt hàng xuất khẩu	62%	Chủ lực là Thủy sản và Nông sản
Mô hình phát triển	Kinh tế biển	Chuyển từ "thâm dụng" sang "Kinh tế xanh"
Trục Logistics	Biển-Sông-Bộ	Chưa đồng bộ (đang được đầu tư kết nối)

Nguồn: Ủy ban nhân dân tỉnh An Giang (2026), Báo cáo thuyết minh Quy hoạch tỉnh thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Bản điều chỉnh).

Bảng 4. Thống kê quy mô và phân kỳ các dự án lấn biển tại vùng biển Tây Nam

STT	Tên các khu đô thị lấn biển	Vị trí	Diện tích (Ha)	Dân số (người)	tổng mức đầu tư (tỷ đồng)	Giai đoạn thực hiện	Chủ đầu tư
1	Dự án phân lô lấn biển Rạch Giá.	Phường Rạch Giá	439 (10.161 lô nhà)	64.000	494	1998 -2005	Công ty Kinh doanh và Phát triển nhà tỉnh Kiên Giang
2	Khu đô thị lấn biển Hà Tiên.	Phường Hà Tiên	96 (1.684 lô nhà)	12.000	338 tỷ	2003 - 2010	Công ty CPXD và Kinh doanh vật tư C&T
3	Khu đô thị lấn biển Nam Hà Tiên.	Phường Hà Tiên	99 (462 lô nhà)	4.848	-	2008	Công ty TNHH MTV thương mại xây dựng A.C.M.
4	Khu đô thị lấn biển Phú Cường.	Phường Rạch Giá	132 ha (3.008 lô nhà)	10.000	1.880	2011 - 2025	Công ty Cổ phần Đầu tư Phú Cường Kiên Giang.
5	Khu đô thị lấn biển Tây Bắc.	Phường Rạch Giá	99,8 (lô nhà)	10.000	1.344	2015-2020	Công ty Cổ phần TVĐT & XD Kiên Giang.
6	Khu dân cư lấn biển Trần Quang Khải	Phường Rạch Giá	68,6 (485 lô nhà & 210 căn hộ)	8.000	1.516	2019-2029	Công ty Cổ phần Đầu tư Phú Cường Kiên Giang.
7	QHCT khu đô thị Phú Quý	Phường Rạch Giá	99 (410 căn)	8.000	5.100	2019-2029	Công ty Cổ phần Đầu tư Phú Cường Kiên Giang.
8	Khu đô thị lấn biển Tây Bắc (giai đoạn 2).	Phường Rạch Giá	83 (500 lô nhà & 315 căn hộ)	12.000	-	-	Công ty Cổ phần Tập đoàn C.E.O

Nguồn: Sở Xây dựng Kiên Giang (2025) và số liệu tổng hợp các đồ án Quy hoạch chung xây dựng vùng bờ.

Phương pháp nghiên cứu sử dụng tham vấn chuyên gia kết hợp với phân tích định lượng ma trận chiến lược, dựa trên chuỗi dữ liệu thứ cấp giai đoạn 2021 - 2025.

3. THỰC TRẠNG PHÁT TRIỂN VÀ HUY ĐỘNG NGUỒN LỰC (2020 - 2025)

Thực trạng phản ánh xu hướng dịch chuyển nguồn lực, khẳng định kinh tế tư nhân là xương sống tăng trưởng (chiếm 73,63% vốn) trong khi vốn nhà nước giữ vai trò vốn mồi (26%). Tuy nhiên, chất lượng phát triển bộc lộ ba điểm nghẽn hệ thống: (i) Năng lực đổi mới sáng tạo nội tại thấp (1,2%); (ii) Trục hạ tầng logistics đa phương thức chưa đồng bộ; (iii) Thách thức kỹ thuật lớn do thi công trên nền địa chất yếu, dẫn đến suất đầu tư cao và rủi ro thu hồi vốn chậm. Ngoài ra, thực tiễn giai đoạn đầu bộc lộ xu hướng phân lô thuần túy, thiếu không gian xanh và đe dọa hệ sinh thái vùng bờ.

Về mặt lộ trình phát triển, các dự án lấn biển đã trải qua ba giai đoạn chiến lược: từ đặt nền móng quy mô lớn tại Rạch Giá (439 ha), đến giai đoạn chuyên biệt hóa gắn liền với kinh tế du lịch và cửa khẩu tại Hà Tiên (2000 - 2010), và hiện nay là giai đoạn hiện đại hóa gắn với các tiêu chuẩn kỹ thuật cao như tại khu đô thị Phú Cường hay Tây Bắc Rạch Giá. Những nỗ lực này không chỉ thúc đẩy tăng trưởng kinh tế du lịch mà còn xác lập vị thế mới cho các đô thị ven biển, biến thách thức về địa hình thành lợi thế phát triển không gian kinh tế - xã hội năng động và hội nhập.

4. PHÂN TÍCH SWOT VÀ PHÂN TÍCH CHIẾN LƯỢC TOWS

Việc nhận diện các nhân tố chiến lược thông qua ma trận SWOT giúp làm rõ vị thế của tỉnh An Giang trong lộ trình chuyển đổi sang

mô hình kinh tế biển tích hợp, đặc biệt là chiến lược kiến tạo các đô thị lấn biển thông minh.

Kết quả tổng hợp ma trận SWOT (Bảng 5) xác lập cấu trúc không gian tích hợp và nguồn vốn tư nhân dồi dào là nội lực then chốt để khai thác cơ chế Sandbox và dòng tài chính xanh quốc tế. Ngược lại, hạ tầng phân mảnh và biến đổi khí hậu là rào cản lớn. Chiến lược TOWS định hình mô hình phát triển qua ba trục hành động: Tăng tốc cụm logistics và thương mại tự do thông qua Sandbox (S-O); Chuẩn hóa hạ tầng đề quai làm lá chắn tự nhiên trước nước biển dâng (S-T); Đa dạng hóa các mô hình PPP cải tiến để phân tán rủi ro tài chính của các siêu dự án lấn biển (W-T).

Bảng 5. Ma trận SWOT đánh giá các nhân tố nội - ngoại lực trong phát triển đô thị lấn biển

Yếu tố	ĐIỂM MẠNH (STRENGTHS - S)	ĐIỂM YẾU (WEAKNESSES - W)
	1. Vị trí "Biên giới - Sông - Biển" độc đáo. 2. Tài nguyên biển đảo dồi dào (Phú Quốc, Hà Tiên). 3. Kinh tế tư nhân năng động (73% tổng vốn). 4. Quy hoạch lấn biển chủ động (Cao độ ≥2,05 m). 5. Thương hiệu du lịch quốc tế mạnh.	1. Hạ tầng logistics thiếu đồng bộ. 2. Năng lực ĐMST doanh nghiệp thấp (1,2%). 3. Chảy máu chất xám nhân lực cao cấp. 4. Quản trị không gian còn phân mảnh. 5. Suất đầu tư lấn biển lớn, thu hồi vốn chậm.
CƠ HỘI (OPPORTUNITIES - O)	CHIẾN LƯỢC S-O (Tăng tốc)	CHIẾN LƯỢC W-O (Cải thiện)
1. Dịch chuyển FDI (Trung Quốc + 1). 2. Cơ chế Sandbox tại các đặc khu. 3. Phục hồi du lịch MICE & Y tế quốc tế. 4. Kết nối hành lang kinh tế Mê Kông. 5. Tiếp cận tài chính xanh (Net Zero).	(S1,2+O2,4): Hình thành trung tâm logistics xuyên biên giới và Khu thương mại tự do. (S3+O1,2): Thu hút nhà đầu tư chiến lược bằng cơ chế thí điểm Sandbox. (S4,5+O3,5): Xây dựng thương hiệu "Đô thị biển xanh" để hút vốn xanh quốc tế.	(W1+O4): Hoàn thiện trục Đông-Tây kết nối nội địa với các cửa ngõ biển. (W2,3+O2): Liên kết đặc khu để đào tạo và thu hút nhân lực chất lượng cao. (W4+O5): Số hóa quản trị không gian biển theo tiêu chuẩn quốc tế.
THÁCH THỨC (THREATS - T)	CHIẾN LƯỢC S-T (Giảm rủi ro)	CHIẾN LƯỢC W-T (Phòng thủ)
1. BĐKH & Nước biển dâng cực đoan. 2. Cạnh tranh từ các đối thủ ASEAN. 3. Rào cản kỹ thuật xanh (CBAM, ESG). 4. An ninh phi truyền thống xuyên biên giới. 5. Bất ổn vĩ mô & rủi ro dòng vốn tư nhân.	(S4+T1): Chuẩn hóa hạ tầng lấn biển làm "lá chắn" tự nhiên trước nước biển dâng. (S3+T2,3): Hỗ trợ DN tư nhân áp dụng tiêu chuẩn xanh để vượt rào cản xuất khẩu. (S1+T4): Thiết lập vành đai an ninh biển và kiểm soát môi trường xuyên biên giới.	(W5+T5): Đa dạng hóa mô hình đối tác PPP để phân tán rủi ro tài chính dự án lớn. (W2,4+T1): Ưu tiên bảo tồn hệ sinh thái tự nhiên (san hô, rừng) để giảm thiểu thiệt hại thiên tai.

Nguồn: Tác giả xây dựng dựa trên kết quả phỏng vấn chuyên gia chuyên sâu (Delphi) năm 2025

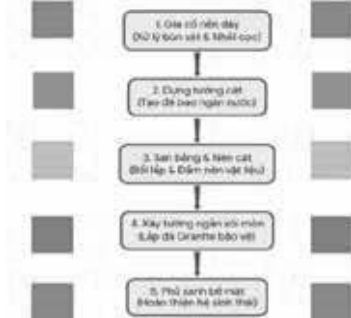
Việc triển khai ma trận TOWS cho thấy sự phát triển kinh tế biển của tỉnh An Giang không thể tách rời sự vận động của khu vực tư nhân và bối cảnh địa chính trị khu vực. Các nhóm chiến lược được luận giải như sau: (i) Chiến lược S-O (Tăng tốc): Hình thành trung tâm logistics xuyên biên giới và Khu thương mại tự do (FTZ); thu hút nhà đầu tư bằng Sandbox. (ii) Chiến lược S-T (Giảm rủi ro): Chuẩn hóa hạ tầng lấn biển làm "lá chắn" tự nhiên; hỗ trợ doanh nghiệp áp dụng tiêu chuẩn xanh vượt rào cản CBAM. (iii) Chiến lược W-T (Phòng thủ): Đa dạng hóa mô hình PPP để phân tán rủi ro tài chính; ưu tiên bảo tồn rạn san hô, RNM làm hạ tầng giảm thiểu thiên tai.

5. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VÀ VẬN DỤNG VÀO TỈNH AN GIANG

Bảng 6, chỉ ra ba trụ cột thành công: Quy hoạch tích hợp dài hạn, công nghệ xây dựng thích ứng và huy động quản trị tư nhân. Trọng tâm vận dụng cho quy mô lấn biển 4.500 ha tại An Giang là chuyển đổi từ bồi lấp cát truyền thống sang công nghệ đề quai (Polder) kế thừa từ Singapore, giúp tiết kiệm 50% khối lượng cát san lấp. Giải pháp kỹ thuật này thiết lập đề bao ngoài thích ứng kịch bản RCP 8.5 kết hợp hành lang rừng ngập mặn tiêu hao áp lực sóng. Bên trong

đề quai, cao trình được phân vùng linh hoạt với hệ thống hồ điều hòa nội khu trữ nước ngọt tự nhiên.

Về mặt tài chính, dự án phân kỳ đầu tư thành các chu kỳ độc lập 5-10 năm để tương thích sức hấp thụ thị trường, áp dụng mô hình đối tác PPP và phát hành trái phiếu xanh (Green Bonds) để tư nhân đầu tư hạ tầng nội khu nhằm giảm tải áp lực nợ công.



Hình 2. Sơ đồ quy trình công nghệ đề quai Polder thích ứng biến đổi khí hậu kịch bản RCP 8.5 (Nguồn: Tác giả biên dịch và hệ thống hóa dựa trên báo cáo kỹ thuật của Cơ quan Môi trường Quốc gia Singapore - NEA, 2021)

Bảng 6. Thống kê và phân tích mô hình quản trị kinh tế biển tại các quốc gia Đông Á

Quốc gia	Quy mô lấn biển & Dự án tiêu biểu	Chỉ tiêu kinh tế & Lao động	Ngành then chốt & Mô hình quản lý
Singapore	- Diện tích đất tăng gần 24-25% (từ 581,5 km ² năm 1960 lên 719,1 km ² năm 2015). - Mục tiêu 2030: Đạt diện tích 766 km ² .	- GRDP bình quân đầu người tăng từ 428 USD (1960) lên 56.284 USD (2014). - Có 9 Khu thương mại tự do (FTZ) gần với cảng biển.	- Mô hình Quản lý Đô thị ven biển Tích hợp (IUCM) từ 2009. - Cảng biển nhộn nhịp nhất thế giới; tập trung vận tải biển và dịch vụ logistics.
Hàn Quốc	- Saemangeum: 28.300 ha đất lấn biển và 11.800 ha nội thủy. - Chi phí xây đập và thay đổi dòng hải lưu: 3 tỷ USD.	- Kinh tế biển chiếm 3,255% tổng sản lượng kinh tế quốc gia (2006). - Thu hút 7,4 tỷ USD vốn tư nhân vào cụm năng lượng Saemangeum (2024).	- Có 8 Khu kinh tế tự do (FEZ); tiêu biểu là Incheon với mô hình "Pentaport" (Ngũ cảng). - Trọng tâm: Đóng tàu (thứ 1 thế giới), năng lượng tái tạo (RE100), sản xuất pin và hydro.
Nhật Bản	- Sở hữu khoảng 6.800 hòn đảo; chiến lược sân bay lấn biển và đảo nhân tạo quy mô lớn.	- Sản lượng nội địa ngành biển: 16,5 nghìn tỷ yên (năm 2000). - Giá trị gia tăng chiếm 1,48% GDP quốc gia; giải quyết việc làm cho 1,01 triệu người.	- Phụ thuộc 99,8% thương mại vào vận tải biển; thủy sản cung cấp 40% protein động vật. - Quản lý theo Đạo luật Cơ bản về Chính sách Đại dương (2007).
Trung Quốc	- Vịnh Ngọc Trai Nam Sa (Quảng Châu): 5.700 ha. - Áp dụng phí sử dụng vùng biển cho người dùng thương mại.	- Tổng sản phẩm biển chiếm 10,11% GDP quốc gia (2008). - Tổng số lao động trực tiếp ngành biển đạt khoảng 10,75 triệu người (2007).	- Đẩy mạnh y sinh học biển, năng lượng gió (dự trữ 750 triệu kW) và công nghiệp biển sâu. - Thống trị thị trường đóng tàu thế giới.

Nguồn: PEMSEA (2018), Cơ quan Phát triển và Đầu tư Saemangeum - SDIA (2023) và Cơ quan Môi trường Quốc gia Singapore - NEA (2021)

6. KINH NGHIỆM TRONG NƯỚC VÀ BÀI HỌC RÚT RA

Đối chiếu thực tiễn đô thị hóa dải ven biển và số liệu thực chứng của 08 dự án lấn biển vùng Tây Nam (Bảng 4), nghiên cứu xác lập ba bài học quản trị cốt lõi:

Kiến tạo không gian và kiểm soát cao trình kỹ thuật: Kinh nghiệm thực địa tại Khu đô thị lấn biển Rạch Giá (439 ha) và Phú Cường (132 ha) khẳng định tính sống còn của việc chuyển đổi từ ứng phó thụ động sang chủ động kiến tạo cốt nền. Thiết lập cao trình nền xây dựng ≥ 2,05 m kết hợp cao độ đề bao bảo vệ ≥ 3,05 m là giải pháp kỹ thuật tối ưu tạo "lá chắn sinh thái" thích ứng kịch bản RCP 8.5. Mô hình này giúp giảm tải rủi ro ngập lụt vùng lõi đất liền, đồng thời bảo toàn cấu trúc địa chất tự nhiên khu vực giao thoa.

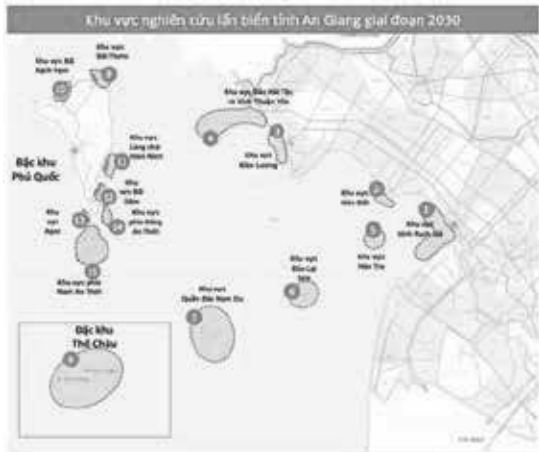
Vận hành quản trị tích hợp, xóa bỏ rào cản đơn ngành: Sự phân mảnh và xung đột lợi ích giữa khai thác thương mại, dịch vụ logistics với nghĩa vụ bảo tồn thiên nhiên là nguyên nhân gây suy thoái rạn san hô, mất cân bằng sinh thái vùng bờ tại các dự án giai đoạn đầu. Bài học thực tiễn đặt ra là phải kích hoạt cơ chế điều phối liên ngành theo mô hình Quản lý vùng bờ tích hợp (IUCM) trên nền tảng Quy hoạch không gian biển (MSP). Mô hình này thúc đẩy sự cộng tác đa tầng giữa chính quyền, giới khoa học và doanh nghiệp để tối ưu hóa việc phân vùng chức năng.

Đổi mới cơ chế PPP và ràng buộc trách nhiệm kinh tế tư nhân: Chuỗi dự án lấn biển tại Kiên Giang (Bảng 4) chứng minh khối tư nhân đóng vai trò chủ thể thực thi then chốt khi huy động bền vững trên 70% tổng vốn xã hội hóa qua cơ chế "đổi đất lấy hạ tầng". Tuy nhiên, nếu thiếu công cụ kiểm soát pháp lý, dự án dễ biến tướng thành hoạt động đầu cơ bất động sản thuần túy. Do đó, Nhà nước cần làm chủ thể dẫn dắt bằng "vốn môi" hạ tầng khung, đồng thời bắt buộc sử dụng chế tài kinh tế gắn với tiêu chuẩn ESG và cam kết pháp lý không tư nhân hóa bờ biển, đảm bảo quyền tiếp cận không gian mở công cộng công bằng cho cộng đồng bản địa.

7. ĐỊNH HƯỚNG PHÂN VÙNG VÀ CẤU TRÚC PHÁT TRIỂN KHÔNG GIAN



Hình 3. Bản đồ định hướng phát triển không gian dựa trên 4 hành lang kinh tế & 5 khu vực biển tỉnh An Giang (Nguồn: UBND tỉnh An Giang, 2026)



Hình 4. Bản đồ định hướng phát triển không gian biển tỉnh An Giang (Nguồn: UBND tỉnh An Giang, 2026)

Không gian lấn biển 4.500 ha tuân thủ mô hình đô thị nén (Compact City), kiểm soát cao trình nền xây dựng $\geq 2,05$ m và vành đai bảo vệ $\geq 3,05$ m theo tiêu chuẩn lượng hóa tại Bảng 7. Quy hoạch bắt buộc thiết lập hành lang xanh đệm bờ biển rộng 150 m - 250 m, tỷ lệ che phủ rừng ngập mặn đạt tối thiểu 40% để chống xói lở, và duy trì đất cây xanh nội khu đạt $\geq 22\%$ ($12 \text{ m}^2/\text{người}$). Cấu trúc thực địa được phân tổ thành 4 cụm chức năng tích hợp cơ hội đầu tư PPP cụ thể tại Bảng 8: Cụm Phú Quốc (2.300 ha) làm trung tâm tài chính và du lịch low-carbon; Cụm Rạch Giá (1.100 ha) là đô thị thông minh

và dịch vụ tri thức; Cụm Hà Tiên (900 ha) vận hành cảng logistics và năng lượng sạch; Cụm Kiên Hải (200 ha) bảo tồn sinh thái cộng đồng. Sự liên kết giữa các cụm đảo nhân tạo với đô thị lõi đất liền được đồng bộ hóa qua 4 trục hạ tầng kỹ thuật khung: hệ thống xe buýt nhanh BRT bán kính tiếp cận $<500\text{m}$; trục thoát nước tích hợp cống một chiều tự động; 100% nước thải được xử lý đạt Cột A QCVN 40:2011/BTNMT và mạng lưới cấp nước sạch vòng đời đảm bảo công suất 150 lít/người/ngày.

Bảng 7. Khung bộ chỉ số KPI kiểm soát phát triển đô thị biển bền vững

Đối tượng	Cốt nền xây dựng ($\geq 2,05$ m) (Căn cứ RCP 8.5 + Sụt lún địa chất)	Cốt vành đai bảo vệ ($\geq 3,05$ m) (Hệ thống đê bao + Rừng ngập mặn)	Công nghệ thực thi (Bồi lấp truyền thống với mô hình Polder)
Đất liền (Các khu đô thị mới ven bờ)	$\geq 1,85$ m: Bao gồm triều cường max (1,37 m) + nước biển dâng (0,18 m) + dự phòng đất liền (0,3 m).	$\geq 3,05$ m: Xây dựng đê dọc bờ biển kết hợp đường giao thông ngăn sóng biển xâm thực.	Ưu tiên bồi lấp cục bộ tại các khu vực địa hình thấp, giữ nguyên trạng cốt nền các khu dân cư hiện hữu để tránh phá vỡ cảnh quan.
Đảo nhân tạo (Các cụm đô thị lấn biển)	$\geq 2,05\text{m}$: Bao gồm triều max (1,37 m) + NBD (0,18 m) + dự phòng an toàn kỹ thuật (0,5 m). Căn cộng thêm 1-3 cm/năm tốc độ sụt lún địa chất.	$\geq 3,05$ m: Hệ thống cốt đỉnh kè ngăn sóng bao quanh đảo, kết hợp trồng rừng ngập mặn làm "đê mềm" giảm năng lượng sóng.	Mô hình Polder (đê quai): Chỉ xây đê bao và hệ thống bơm, giúp tiết kiệm 50% lượng cát san lấp vốn đang khan hiếm tại ĐBSCL.
Khu công nghiệp (Tổ hợp hậu cần, logistics)	$\geq 2,05\text{m}$: Đảm bảo cao trình an toàn tuyệt đối cho hạ tầng kỹ thuật và nhà máy theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5.	$\geq 3,05$ m: Kè bảo vệ kiên cố bằng bê tông cốt thép dự ứng lực hoặc rọ đá không gỉ để chống sạt lở lâu dài.	Chuyển dịch sang công nghệ Polder để kiểm soát mực nước chủ động bên trong đê, đảm bảo sản xuất không bị gián đoạn do triều cường.

Nguồn: Đề xuất của tác giả dựa trên các tiêu chí quản trị tích hợp không gian và tiêu chuẩn ESG.

Định hướng kiến trúc và hình thái đô thị lấn biển: Bản sắc kiến trúc được xác lập dựa trên ngôn ngữ nhiệt đới hiện đại, ưu tiên vật liệu bản địa bền vững và thiết kế chiều cao công trình giạt cấp thấp dần về phía mặt nước để đảm bảo 100% cư dân dễ dàng tiếp cận không gian công cộng ven biển. Các chỉ tiêu quy hoạch bắt buộc bao gồm tỷ lệ không gian mở và cây xanh chiếm ít nhất 15-20% diện tích, tích hợp các 'nêm xanh' xuyên suốt từ vành đai rừng ngập mặn

vào lõi đô thị, tạo nên một hình thái đô thị xanh - thông minh có tính thẩm mỹ và khả năng phục hồi cao. Tất cả các phân vùng kiến trúc trên đều phải tuân thủ nguyên tắc chiều cao công trình giạt cấp thấp dần về phía biển để đảm bảo 100% cư dân tiếp cận không gian công cộng, đồng thời thiết lập cao trình nền xây dựng $\geq 2,05$ m và vành đai xanh rừng ngập mặn bảo vệ $\geq 3,05$ m để ứng phó bền vững với nước biển dâng

Bảng 8. Khung cấu trúc phân khu chức năng và danh mục định hướng thu hút vốn PPP khối kinh tế tư nhân tại các cụm dự án lấn biển

Cụm dự án	Phân khu chức năng chi tiết	Mô hình thu hút đầu tư (PPP)
Cụm Phú Quốc (2.300 ha)	Trung tâm tài chính biển; Khu miễn thuế (Duty-free); Bến du thuyền quốc tế; Khu R&D công nghệ đại dương.	BT, BOT: Tư nhân đầu tư hạ tầng du lịch và trung tâm tài chính, Nhà nước hỗ trợ thủ tục Sandbox.
Cụm Rạch Giá (1.100 ha)	Đô thị nén thông minh; Trung tâm hội nghị quốc tế; Khu công viên phần mềm biển; Trung tâm y tế kỹ thuật cao.	BOO: Tư nhân sở hữu và vận hành các tổ hợp đô thị - dịch vụ chất lượng cao.
Cụm Hà Tiên (900 ha)	Cảng logistics xuyên biên giới; Khu chế xuất thủy sản công nghệ cao; Chợ đêm di sản biển; Farm điện gió ven biển.	BTL: Thuê hạ tầng sẵn có từ Nhà nước để triển khai các nhà máy chế biến và năng lượng tái tạo.
Cụm Kiên Hải (200 ha)	Khu nghỉ dưỡng sinh thái Low-carbon; Trung tâm bảo tồn san hô; Làng chài thông minh (Smart Fishing Village).	Nhượng quyền (Concession): Giao cho tư nhân quản lý bảo tồn gắn với khai thác du lịch bền vững.

Nguồn: Đề xuất của tác giả dựa trên báo cáo thuyết minh Đồ án Quy hoạch chung xây dựng các khu vực kinh tế biển vùng Tây Nam và danh mục dự án gọi vốn đầu tư PPP của địa phương.

8. ĐỀ XUẤT HỆ THỐNG GIẢI PHÁP "6 RÕ" VÀ LỘ TRÌNH THỰC THI

Để hiện thực hóa mô hình phát triển đô thị lấn biển tích hợp tại địa phương, nghiên cứu đề xuất hệ thống giải pháp quản trị chiến lược dựa trên nguyên tắc "6 RÕ" gồm: rõ mục tiêu, rõ quy hoạch, rõ cơ chế, rõ nguồn lực, rõ trách nhiệm và rõ chỉ số KPI. Trong đó, vai trò của khu vực kinh tế tư nhân được tái định vị thông qua các công cụ thể chế và kinh tế mới nhằm bảo đảm cân bằng giữa hiệu quả phát triển và bền vững sinh thái - xã hội.

Hệ thống giải pháp quản trị '6 RÕ' (Bảng 9) thiết lập hành lang điều tiết của Nhà nước đối với nguồn lực tư nhân thông qua hai công cụ pháp lý đột phá. Thứ nhất, áp dụng cơ chế 'Hợp đồng kinh

tế xanh' gắn liền tiêu chuẩn ESG buộc tư nhân chịu trách nhiệm sinh thái toàn vòng đời dự án. Thứ hai, thực thi cam kết bảo hiểm không gian công cộng, xác lập hành lang bảo vệ bờ biển tối thiểu 100 m, nghiêm cấm tư nhân hóa bãi biển loại trừ cộng đồng. Lộ trình thực hiện được phân kỳ theo hai giai đoạn chính (Bảng 9). Giai đoạn 2025-2027 ưu tiên hoàn thiện thể chế Sandbox, phê duyệt kỹ thuật đê quai Polder và khởi công hạ tầng kết nối; Giai đoạn 2028 - 2030 tập trung đấu thầu chọn nhà đầu tư tư nhân, khôi phục hệ sinh thái rừng ngập mặn đạt phủ xanh $\geq 40\%$ và vận hành trạm quan trắc tự động đo lường chỉ số KPI môi trường định kỳ.

Lộ trình thực thi 5 năm tới cần chia rõ thành 2 giai đoạn kỹ thuật - pháp lý nghiêm ngặt:

Giai đoạn 1: Chuẩn bị thể chế và hạ tầng khung (2025 - 2027): (i) Hoàn thiện quy hoạch không gian biển (MSP) và phê duyệt thiết kế kỹ thuật hệ thống đê quai (Polder) cho cụm dự án thí điểm đầu tiên. (ii) Ban hành khung pháp lý về "Hợp đồng kinh tế xanh" và cơ chế Sandbox thu hút dòng vốn PPP. (iii) Xây dựng hạ tầng kết nối trực chính (giao thông công cộng BRT, mạng lưới cấp nước vòng đôi D400-D600) từ đô thị lõi ra khu vực lấn biển.

Giai đoạn 2: Thu hút đầu tư và kiểm soát vận hành (2028 - 2030): (i) Tổ chức đấu thầu chọn nhà đầu tư tư nhân dựa trên cam kết tiêu chuẩn ESG và ký kết Hợp đồng kinh tế xanh. (ii) Thi công đồng bộ hạ tầng nội khu cụm lấn biển, bàn giao dải hành lang xanh đệm bờ biển (rộng 150 m - 250 m) cho cộng đồng quản lý. (iii) Kích hoạt hệ thống trạm quan trắc tự động và vận hành bộ chỉ số KPI để giám sát nghĩa vụ xả thải của doanh nghiệp tư nhân.

Bảng 9. Lộ trình và phân công trách nhiệm thực thi hệ thống giải pháp "6 RỖ" giai đoạn 2025 - 2030

Giai đoạn	Nội dung hành động kỹ thuật/pháp lý	Đơn vị chủ trì / Phối hợp	Đầu ra định lượng (KPI)
2025 - 2027	Phê duyệt thiết kế đê quai Polder & cống ngăn triều một chiều tự động.	Sở Xây dựng / Chuyên gia thủy văn	100% hồ sơ thiết kế kỹ thuật đạt chuẩn RCP 8.5
	Ban hành mẫu "Hợp đồng kinh tế xanh" gắn tiêu chí ESG.	UBND tỉnh	Khung hợp đồng pháp lý ban hành chính thức
	Khởi công trực hạ tầng khung (Giao thông BRT, ống cấp nước D600).	Ban Quản lý Dự án tỉnh	Kết nối thông suốt đô thị lõi đến cụm lấn biển
2028 - 2030	Đấu thầu lựa chọn nhà đầu tư tư nhân, ký cam kết không tư nhân hóa bờ biển.	Sở Tài chính	100% bờ biển công cộng được giải phóng (rộng >150m)
	Trồng phục hồi rừng ngập mặn và vành đai sinh thái che phủ bảo vệ bờ.	Sở Nông nghiệp & Môi trường	Đạt tỷ lệ che phủ $\geq 40\%$ vành đai bảo vệ
	Kiểm toán môi trường, xử lý nước thải tuần hoàn và đo lường chỉ số KPI.	Sở Nông nghiệp & Môi trường	100% nước thải đạt Cột A QCVN 40:2011/BTNMT

Nguồn: Khung tiến trình kỹ thuật - pháp lý do tác giả thiết lập trên cơ sở tiếp thu ý kiến phản biện.

9. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH

Nghiên cứu đã chứng minh rằng mô hình phát triển đô thị lấn biển quy mô 4.500 ha tại địa phương không chỉ là một giải pháp mở rộng quỹ đất thuần túy, mà là một chiến lược thích ứng chủ động trước kịch bản biến đổi khí hậu RCP 8.5. Thông qua việc phân tích thực trạng phát triển kinh tế giai đoạn 2021 - 2025 và hệ thống hóa kinh nghiệm quản trị từ các quốc gia Đông Á, bài báo khẳng định khối kinh tế tư nhân là động lực cốt lõi để giải quyết bài toán nguồn vốn suất đầu tư lớn, với điều kiện phải được đặt trong một khuôn khổ quản trị nhà nước tích hợp nghiêm ngặt. Việc chuyển đổi công nghệ từ bồi lấp cát truyền thống sang mô hình đê quai (Polder) kết hợp các giải pháp dựa vào tự nhiên (NbS) như vành đai rừng ngập mặn đệm (rộng 150 m - 250 m, độ che phủ $\geq 40\%$) là giải pháp kỹ thuật khả thi nhất để giảm thiểu các rủi ro về thủy động lực học, xói lở bờ bờ và sụt lún địa chất vùng ĐBSCL.

Ba nhóm kiến nghị chính sách mang tính cấp bách: Về thể chế pháp lý: Chính phủ và UBND tỉnh cần sớm ban hành cơ chế thử nghiệm (Sandbox) và mẫu "Hợp đồng kinh tế xanh" gắn liền với các tiêu chí ESG để làm công cụ pháp lý ràng buộc nghĩa vụ sinh thái của doanh nghiệp tư nhân, đồng thời ban hành văn bản pháp quy cấm hoàn toàn việc tư nhân hóa dải bờ biển công cộng.

Về quy hoạch và hạ tầng: Sở Xây dựng phối hợp với các đơn vị liên quan cần ưu tiên phân kỳ đầu tư, tập trung ngân sách công để hoàn thiện trực hạ tầng khung kết nối (giao thông công cộng BRT, mạng lưới cấp nước vòng đôi D400-D600) nhằm đảm bảo tính liên kết hữu cơ, phá bỏ sự biệt lập giữa các cụm đảo nhân tạo mới và lõi đô thị hiện hữu.

Về công cụ giám sát: Cần thiết lập ngay hệ thống trạm quan trắc tự động kết hợp ứng dụng bộ chỉ số KPI (đã được lượng hóa tại Mục II) làm cơ sở dữ liệu nền cho việc kiểm toán môi trường, kiểm soát chất lượng nước thải đạt Cột A QCVN 40:2011/BTNMT trước khi xả ra môi trường biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam. NXB. Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội, 2020.

[2] Cục Thống kê tỉnh An Giang. Niên giám thống kê tỉnh An Giang năm 2024. NXB. Thống kê, Hà Nội, 2025.

[3] Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 của Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XII về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

[4] Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (PEMSEA). State of Oceans and Coasts: Integrated Coastal Management Scaling Up in East Asia. PEMSEA Secretariat, Quezon City, 2018.

[5] Quốc hội Việt Nam. Nghị quyết số 139/2024/QH15 về Quy hoạch không gian biển quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Văn phòng Quốc hội, Hà Nội, 2024.

[6] Saemangeum Development and Investment Agency (SDIA). Saemangeum Master Plan Update: Private-Public Partnership Models in Large-Scale Land Reclamation. SDIA, Gunsan, 2023.

[7] Singapore National Environment Agency (NEA). Singapore's Long-Term Coastal Protection Strategy and Polder Technology Applications. NEA Singapore, Singapore, 2021.

[8] Songdo International Business District: Development Framework and Smart City Integration Report. Incheon Free Economic Zone (IFEZ) Authority, Incheon, 2022.

[9] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định phê duyệt Quy hoạch tỉnh An Giang thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Cổng Thông tin điện tử Chính phủ, Hà Nội, 2024.

[10] UBND tỉnh An Giang. Báo cáo tổng hợp quy hoạch chung xây dựng khu vực kinh tế biển thích ứng biến đổi khí hậu. Văn phòng UBND tỉnh An Giang, Long Xuyên, 2025.

Cải thiện công tác sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học theo Chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035

Improving the efficiency of capital utilization for school infrastructure development under the National target program on education and training for the 2026 - 2035 period

> TS NGUYỄN VĂN TRUNG

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: trungnv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Chương trình mục tiêu quốc gia hiện đại hóa, nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035 được Quốc hội thông qua ngày 10/12/2025 bằng Nghị quyết số 249/2025/QH15. Chương trình bao gồm 05 dự án, trong đó Dự án I: “Bảo đảm cơ sở vật chất, trang thiết bị đáp ứng yêu cầu thực hiện chương trình giáo dục mầm non, giáo dục phổ thông” có vốn đầu tư chiếm tỷ trọng lớn trong tổng vốn đầu tư của chương trình. Lượng vốn đầu tư cho hệ thống trường học lớn và nguồn vốn chủ yếu là vốn ngân sách nhà nước nên việc xem xét tính hiệu quả của việc sử dụng vốn đầu tư này là cần thiết và cấp thiết. Việc sử dụng hiệu quả nguồn vốn trên trực tiếp góp phần đem lại hiệu quả cho các dự án đầu tư xây dựng hệ thống trường học thuộc Chương trình mục tiêu quốc gia nói riêng và toàn bộ Chương trình nói chung. Mục tiêu bài báo là nghiên cứu, nhận diện hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học trong Chương trình mục tiêu quốc gia, từ đó đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn vốn này.

Bài báo làm rõ các nội dung về nâng cao hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học theo Chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục giai đoạn 2026 - 2035. Trên cơ sở các phương pháp nghiên cứu như thu thập dữ liệu thứ cấp, so sánh, đánh giá, tổng hợp và phân tích, bài viết đánh giá hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học, đồng thời đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn vốn.

Từ khóa: Chương trình mục tiêu quốc gia; hiện đại hóa giáo dục; vốn đầu tư công; xây dựng hệ thống trường học; cơ sở vật chất giáo dục; hiệu quả sử dụng vốn đầu tư; giáo dục giai đoạn 2026 - 2035.

ABSTRACT

The National Target Program on Modernizing and Improving the Quality of Education and Training for the 2026 - 2035 period was approved by the National Assembly on December 10, 2025, under Resolution No. 249/2025/QH15. The program consists of five projects, among which Project I, entitled “Ensuring facilities and equipment to meet the requirements for implementing preschool and general education curricula,” accounts for a large proportion of the program’s total investment capital. Given the substantial amount of investment capital allocated to the school system, and the fact that this capital mainly comes from the state budget, it is necessary and urgent to examine the efficiency of its use. The effective use of this investment capital directly contributes to the effectiveness of school system investment projects under the target program, in particular, and to the overall effectiveness of the target program in general. The objective of this paper is to study and identify the efficiency of using construction investment capital for the school system under the National Target Program, thereby proposing solutions to improve the efficiency of its use. The objective of this paper is to study and identify the efficiency of using construction investment capital for the school system under the National Target Program, thereby proposing solutions to improve the efficiency of its use.

The paper clarifies issues related to improving the efficiency of the use of construction investment capital for the school system under the National Target Program on Education for the 2026 - 2035 period. The study employs research methods such as collecting and compiling actual data; synthesizing and analyzing documents and secondary data; and analyzing and evaluating the practical and legal bases to clarify several issues concerning the efficient use of construction investment capital for the school system under the National Target Program on Education. At the same time, the paper proposes several oriented solutions to improve the efficiency of using construction investment capital for the school system under the National Target Program.

Keywords: National Target Program on Education and Training; construction investment capital; efficiency of investment capital use; improving the efficiency of investment capital use; school system; Resolution No. 249/2025/QH15.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chương trình mục tiêu quốc gia hiện đại hóa, nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035 được Quốc hội thông qua ngày 10/12/2025 bằng Nghị quyết số 249/2025/QH15 [5]. Chương trình bao gồm 05 dự án, trong đó Dự án 1: "Bảo đảm cơ sở vật chất, trang thiết bị đáp ứng yêu cầu thực hiện chương trình giáo dục mầm non, giáo dục phổ thông" có vốn đầu tư chiếm tỷ trọng lớn trong tổng vốn đầu tư của chương trình.

Khi xem xét một dự án đầu tư xây dựng thường xem xét các mặt: sự cần thiết phải đầu tư; tính khả thi của dự án; tính hiệu quả của dự án; nguồn vốn, mức vốn, hiệu quả sử dụng vốn... Việc xem xét tính hiệu quả của việc sử dụng nguồn vốn có ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp đến các mặt còn lại trong đó ảnh hưởng lớn nhất đến tính hiệu quả của dự án.

Hiệu quả của dự án đầu tư xây dựng hệ thống trường học trong Chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035 đã được nhóm tác giả phân tích trong một nghiên cứu trước. Trên cơ sở đó, bài báo này tập trung nghiên cứu hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học thuộc Chương trình. Đây là chương trình có quy mô vốn lớn, nguồn vốn chủ yếu từ ngân sách nhà nước và mang những đặc thù riêng của lĩnh vực giáo dục và đào tạo, nên việc nghiên cứu hiệu quả sử dụng vốn có ý nghĩa cả về lý luận và thực tiễn. Mục tiêu của bài báo là nhận diện các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học, từ đó đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn vốn trong quá trình triển khai Chương trình.

2. QUY MÔ VÀ NGUỒN VỐN ĐẦU TƯ HỆ THỐNG TRƯỜNG HỌC TRONG CHƯƠNG TRÌNH MỤC TIÊU QUỐC GIA VỀ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO GIAI ĐOẠN 2026 - 2035

Từ nhu cầu đầu tư của các địa phương và các nội dung đầu tư được thực hiện từ các Chương trình mục tiêu quốc gia khác, kết quả tính toán và đề xuất kinh phí cụ thể [6], [8], [10]:

- Kiên cố hóa trường, lớp học: xây dựng thay thế các phòng học tạm thời, xuống cấp của các cấp học mầm non, phổ thông (không bao gồm các trường phổ thông tại các xã đặc biệt khó khăn, được thực hiện tại Chương trình mục tiêu quốc gia phát triển kinh tế - xã hội vùng đồng bào dân tộc thiểu số và miền núi giai đoạn 2026 - 2030), xây dựng 64.531 phòng học với nhu cầu vốn khoảng 51.427 tỷ đồng;

- Phổ cập giáo dục mầm non cho trẻ em từ 3 đến 5 tuổi: Xây dựng bổ sung đủ số phòng học, bảo đảm huy động trẻ em đến trường, bổ sung thiết bị dạy học thực hiện chương trình giáo dục mầm non, xây dựng bổ sung 37.412 phòng học và 48.805 bộ thiết bị dạy học với nhu cầu vốn khoảng 47.961 tỷ đồng;

- Xây dựng bổ sung các hạng mục phục vụ cho sinh hoạt, nuôi dưỡng, chăm sóc học sinh nội trú; nhà công vụ cho giáo viên các trường phổ thông tại các vùng sâu, vùng xa, biên giới, hải đảo để nâng cấp, thành lập các trường phổ thông nội trú (không bao gồm các trường phổ thông dân tộc nội trú, phổ thông dân tộc bán trú được thực hiện tại Chương trình mục tiêu quốc gia phát triển kinh tế xã hội vùng đồng bào dân tộc thiểu số và miền núi giai đoạn 2026 - 2030), xây dựng 2.057 nhà bếp, 1.621 kho

bếp, 1.793 nhà ăn, 29.441 phòng ở nội trú học sinh, 2.440 phòng quản lý học sinh, 1.272 phòng sinh hoạt chung, 884 nhà văn hóa, 2.087 nhà vệ sinh - công trình nước sạch, 1.849 hạng mục hạ tầng kỹ thuật và 10.794 nhà công vụ cho giáo viên với nhu cầu vốn khoảng 22.841 tỷ đồng.

- Bảo đảm điều kiện tối thiểu về trang thiết bị dạy học đáp ứng nhu cầu tối thiểu của chương trình giáo dục các cấp, nâng cao kỹ năng thực hành cho học sinh, bổ sung 204.990 bộ thiết bị dạy học với nhu cầu vốn khoảng 36.585 tỷ đồng;

- Xây dựng bổ sung các phòng học bảo đảm đủ phòng học trên lớp, phòng học bộ môn bảo đảm thực hiện chương trình giáo dục phổ thông (không bao gồm các trường phổ thông dân tộc nội trú, trường phổ thông dân tộc bán trú, được thực hiện tại Chương trình mục tiêu quốc gia phát triển kinh tế xã hội vùng đồng bào dân tộc thiểu số và miền núi giai đoạn 2026 - 2030, các phòng học bộ môn các môn học nghệ thuật được thực hiện tại Chương trình mục tiêu quốc gia về phát triển văn hóa giai đoạn 2025 - 2035), xây dựng bổ sung 23.985 phòng học và 15.557 phòng học bộ môn với nhu cầu vốn khoảng 43.186 tỷ đồng;

Tổng vốn thực hiện dự án giai đoạn 2026 - 2035: 202.000 tỷ đồng. Được chia làm 2 giai đoạn:

- Giai đoạn 1, dự kiến tổng vốn thực hiện dự án giai đoạn 2026 - 2030 là khoảng 80.000 tỷ đồng, bao gồm:

- + Vốn đầu tư công: 32.000 tỷ đồng (chiếm 40%);
- + Vốn NSDP (vốn đầu tư công): 40.000 tỷ đồng (chiếm 50%);
- + Vốn huy động hợp pháp khác: 8.000 tỷ đồng (chiếm 10%).

- Giai đoạn 2, dự kiến tổng vốn thực hiện dự án giai đoạn 2031-2035 là khoảng 122.000 tỷ đồng, bao gồm:

- + Vốn đầu tư công: 48.800 tỷ đồng (chiếm 40%);
- + Vốn NSDP (vốn đầu tư công): 61.000 tỷ đồng (chiếm 50%);
- + Vốn huy động hợp pháp khác: 12.200 tỷ đồng (chiếm 10%).

Bảng 1. Nguồn vốn đầu tư vào các hạng mục hệ thống trường học

Hạng mục	Nhu cầu vốn (tỷ đồng)
Kiên cố hóa trường lớp	51.427
Phổ cập giáo dục mầm non	47.961
Phòng học, phòng bộ môn	43.186
Thiết bị dạy học	36.585
Nội trú, nhà công vụ giáo viên	22.841
Tổng cộng	202.000

Có thể đánh giá đây là đề xuất đầu tư có quy mô lớn, mục tiêu rõ ràng, cơ cấu đầu tư tương đối hợp lý và hướng trực tiếp vào những điểm nghẽn của hệ thống giáo dục hiện nay. Từ số liệu về vốn và nguồn vốn cũng như cách phân bổ nguồn vốn ở trên, ta thấy vốn đầu tư được sử dụng như sau [9]:

Thứ nhất, cơ cấu đầu tư tương đối hợp lý khi tập trung vào các nhóm nhu cầu cấp thiết.

Thứ hai, khoảng 70% nguồn lực được dành cho xây dựng cơ sở vật chất trường lớp, phản ánh đúng thực trạng thiếu phòng học và xuống cấp của nhiều cơ sở giáo dục hiện nay.

Thứ ba, phương án huy động vốn thể hiện nguyên tắc chia sẻ trách nhiệm giữa Trung ương và địa phương:

- Ngân sách Trung ương: 40%.

- Ngân sách địa phương: 50%.
- Nguồn huy động hợp pháp khác: 10%.

Với cơ cấu vốn này, mặc dù giúp giảm áp lực cho ngân sách Trung ương nhưng đồng thời đặt ra yêu cầu khá cao đối với địa phương. Việc phân bổ vốn theo tỷ lệ trên cho thấy sự đề cao trách nhiệm của chính quyền địa phương; tuy nhiên lại là thách thức cho địa phương nghèo về tính khả thi của tỷ lệ vốn đối ứng từ ngân sách địa phương, đặc biệt là với các tỉnh chưa tự cân đối được ngân sách. Việc yêu cầu địa phương gánh vác 50% vốn đầu tư công có thể gây khó khăn cho những vùng sâu, vùng xa. Tuy nhiên, thách thức lớn nhất nằm ở khả năng giải ngân và nguồn vốn đối ứng từ các địa phương khó khăn.

Từ góc độ nghiên cứu "hiệu quả sử dụng vốn đầu tư", đây là chương trình có ý nghĩa rất lớn vì không chỉ tạo ra các công trình xây dựng mà còn tạo ra nhiều lợi ích xã hội lâu dài:

- Tăng tỷ lệ huy động trẻ đến trường.
- Giảm học ca ba, học trong phòng học tạm.
- Cải thiện điều kiện dạy và học.
- Thu hút, giữ chân giáo viên vùng khó khăn.
- Nâng cao chất lượng nguồn nhân lực.
- Góp phần phát triển kinh tế - xã hội và bảo đảm quốc phòng, an ninh ở vùng sâu, vùng xa, biên giới, hải đảo.

3. HIỆU QUẢ SỬ DỤNG VỐN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG HỆ THỐNG TRƯỜNG HỌC THEO CHƯƠNG TRÌNH MỤC TIÊU QUỐC GIA VỀ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO GIAI ĐOẠN 2026 - 2035

3.1. Tính hiệu quả của dự án

Dự án đầu tư xây dựng được thực hiện và quản lý qua 3 giai đoạn: giai đoạn chuẩn bị dự án, giai đoạn thực hiện dự án, giai đoạn kết thúc dự án đưa vào khai thác sử dụng; Nhà nước, chủ đầu tư quản lý các công việc (lập, thẩm định phê duyệt quy hoạch, dự án đầu tư; thiết kế, thẩm định phê thiết kế, dự toán công trình; lựa chọn nhà thầu tư vấn, thi công; thi công xây dựng công trình) của 3 giai đoạn này [3]. Để nâng cao hiệu quả sử dụng vốn của dự án đầu tư xây dựng nói chung, điều kiện tiên quyết là dự án phải đạt mục tiêu đề ra; riêng dự án đầu tư xây dựng hệ thống trường học theo chương trình mục tiêu quốc gia phải đạt được mục tiêu tổng hợp về kinh tế - chính trị - an ninh quốc phòng và môi trường; đồng thời phải có qui trình, cách thức quản lý các công việc trong 3 giai đoạn là tối ưu nhất về chất lượng, thời gian, chi phí để đạt mục tiêu này. Hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học là việc sử dụng nguồn vốn đúng mục tiêu, tiết kiệm, hợp lý và tạo ra giá trị giáo dục, kinh tế, xã hội cao nhất cho Nhà nước và cộng đồng.

Vốn đầu tư xây dựng nói chung, vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục và đào tạo nói riêng phải được quản lý qua các giai đoạn và công cụ quản lý vốn đầu tư [1], [2]:

Các giai đoạn quản lý vốn đầu tư phải bắt đầu từ khi chuẩn bị dự án, đến các giai đoạn thực hiện dự án và giai đoạn kết thúc xây dựng đưa dự án vào khai thác để thu hồi vốn và lợi nhuận cần thiết.

Các công cụ quản lý vốn đầu tư bao gồm:

- + Dự án đầu tư được lập với một chất lượng bảo đảm
- + Các văn bản pháp luật có liên quan như Luật, Nghị định, Thông tư hướng dẫn thực hiện.
- + Các cơ quan nhà nước có liên quan như Bộ Tài chính, Bộ Xây dựng, Ngân hàng Nhà nước, các tổ chức tài trợ...
- + Các quy định về chống tiêu cực trong đầu tư

Hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học theo chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục và đào tạo là mức độ sử dụng nguồn vốn đầu tư để tạo ra hệ thống trường học đạt chất lượng, đáp ứng nhu cầu học tập của nhân dân, góp phần nâng cao chất lượng giáo dục và phát triển kinh tế - xã hội với chi phí hợp lý và bền vững.

Tuy nhiên, hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học này phụ thuộc vào:

Khả năng cân đối ngân sách Trung ương và địa phương; đặc biệt là những tỉnh còn khó khăn về nguồn thu ngân sách.

Tiến độ giải ngân vốn đầu tư công.

Công tác quy hoạch mạng lưới trường lớp.

Năng lực quản lý dự án ở địa phương.

Công tác bảo trì, vận hành sau đầu tư.

Do đặc thù của dự án đầu tư hệ thống trường học thuộc chương trình mục tiêu quốc gia nên hiệu quả thực sự của 202.000 tỷ đồng sẽ không được quyết định bởi quy mô vốn đầu tư mà bởi chất lượng quy hoạch, lựa chọn dự án, quản lý thực hiện, tiến độ giải ngân và mức độ khai thác công trình sau đầu tư. Nói cách khác, trọng tâm không chỉ là "đầu tư bao nhiêu" mà còn là "đầu tư đúng nơi, đúng nhu cầu và sử dụng hiệu quả đến đâu".

3.2. Những thách thức và rào cản đối với hiệu quả đầu tư

Do nguồn vốn rất lớn, việc đạt được hiệu quả sử dụng vốn tối ưu phải đối mặt với những thách thức và rào cản thực tế [7]:

Năng lực tự chủ và đối ứng của địa phương có các trường: Kết quả khảo sát cho thấy tỷ lệ các địa phương có trường đầu tư chưa tự chủ hoàn toàn về chi thường xuyên vẫn còn rất cao. Việc thiếu vốn đối ứng dẫn đến trách nhiệm của địa phương đối với tiến độ công trình chưa cao, gây ra tình trạng chậm tiến độ thường xuyên.

Công tác thẩm định và hậu kiểm: Hiện nay, hệ thống đánh giá hiệu quả sau đầu tư tại Việt Nam vẫn chưa được xây dựng hoàn thiện. Nhiều dự án được phê duyệt dựa trên tính "cấp bách" mang tính tình thế thay vì tính chiến lược lâu dài. Khoảng 45,6% số dự án thậm chí không tính đến chi phí duy tu, bảo dưỡng công trình sau khi đưa vào sử dụng, gây ảnh hưởng đến tính bền vững của khoản đầu tư.

Rủi ro trượt giá và chậm giải ngân: Với chu kỳ thực hiện dài 10 năm, biến động kinh tế có thể làm tăng chi phí đầu tư, buộc phải điều chỉnh tổng mức đầu tư hoặc cắt giảm hạng mục, từ đó làm giảm lợi ích kỳ vọng của dự án.

3.3. Cơ cấu phân bổ vốn và hiệu quả trong xây dựng hạ tầng trường học

Hiệu quả của vốn đầu tư công trong giáo dục không chỉ được đo lường bằng số lượng công trình hoàn thành mà còn ở tính hợp lý trong phân bổ nguồn lực. Hiện nay, có một số vấn đề đáng lưu ý về cơ cấu vốn ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả sử dụng:

Tỷ trọng vốn đầu tư xây dựng cơ bản chiếm ưu thế tuyệt đối [9]: Theo số liệu thảo luận tại Quốc hội, tỷ trọng vốn đầu tư công (chủ yếu là xây dựng cơ bản và mua sắm trang thiết bị) chiếm đến 83,91% trong giai đoạn 2026 - 2030 và tăng lên 90,27% trong giai đoạn 2031 - 2035. Trong khi đó, chi thường xuyên dành cho đào tạo, bồi dưỡng con người chỉ chiếm tỷ lệ tương ứng là 10,9% và 5,5%. Một số chuyên gia lo ngại rằng việc dồn quá nhiều vốn vào "phần cứng" (xây dựng) mà thiếu sự đầu tư tương xứng cho "phần mềm" (con người) có thể làm giảm hiệu quả thực chất của giáo dục.

Sự mất cân đối giữa hai giai đoạn: Việc bố trí vốn cho giai đoạn đầu (2026 - 2030) chỉ chiếm khoảng 30% tổng nguồn lực đang tạo ra áp lực rất lớn cho giai đoạn sau. Điều này có thể dẫn đến nguy cơ dồn việc, chậm giải ngân và làm giảm tiến độ hoàn thành các mục tiêu nền tảng như kiên cố hóa trường lớp tại các vùng khó khăn.

Ưu tiên cho các khu vực yếu thế: Để tối ưu hóa hiệu quả xã hội, Chính phủ ưu tiên hỗ trợ các địa phương nhận bổ sung cân đối ngân sách từ Trung ương từ 60% trở lên. Vốn sẽ tập trung trước cho các vùng dân tộc thiểu số, miền núi, biên giới và hải đảo để tạo chuyển biến thực chất ngay từ giai đoạn đầu.

3.4. Đánh giá hiệu quả sử dụng vốn theo các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật

Trên cơ sở các quy định về đầu tư xây dựng tại Việt Nam, hiệu quả sử dụng vốn được đánh giá qua các nhóm chỉ tiêu sau [4]:

Hiệu quả tài chính và kinh tế - xã hội: Các dự án đầu tư trường học sử dụng vốn nhà nước thường ưu tiên đánh giá hiệu quả kinh tế - xã hội thông qua các tiêu chí định tính kết hợp định lượng. Hiệu quả được tính toán qua các chỉ số như giá trị hiện tại ròng (NPV), suất thu lợi nội tại (IRR), và tỷ suất lợi ích trên chi phí (BCR).

Năng suất lao động: Đầu tư công cho giáo dục được coi là một khoản đầu tư chiến lược để nâng cao năng suất quốc gia. Kinh nghiệm cho thấy giáo dục đại học và đào tạo nghề chỉ thực sự hiệu quả khi kết nối chặt chẽ giữa nhà trường và doanh nghiệp, chuyển hóa tri thức thành giá trị ứng dụng thực tế.

Hệ số ICOR (Tỷ lệ vốn đầu tư/tăng trưởng): Theo các dữ liệu lịch sử, hệ số ICOR của Việt Nam có xu hướng tăng cao (đạt mức 6,70 giai đoạn 2011 - 2012), cho thấy hiệu quả sử dụng vốn trong khu vực kinh tế nhà nước còn thấp và dàn trải. Việc triển khai CTMTQG 2026-2035 đòi hỏi một cơ chế giám sát chặt chẽ từ khâu quy hoạch đến thi công để tránh thất thoát và lãng phí vốn.

4. MỘT SỐ ĐỀ XUẤT ĐỊNH HƯỚNG NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG VỐN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG HỆ THỐNG TRƯỜNG HỌC THEO CHƯƠNG TRÌNH MỤC TIÊU QUỐC GIA VỀ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO GIAI ĐOẠN 2026 - 2035

Để bảo đảm nguồn vốn 202.000 tỷ đồng được sử dụng hiệu quả, cần thực hiện đồng bộ các giải pháp sau:

Cần có sự linh hoạt trong việc giao mức vốn huy động của các địa phương (căn cứ vào đặc thù của từng địa phương, khả năng cân đối ngân sách Trung ương và địa phương)

Nâng cao trình độ quản lý của chính quyền địa phương (Năng lực quản lý dự án ở địa phương)

Công tác giải ngân vốn đầu tư công: Chính phủ cũng đã nhấn mạnh việc phải gắn trách nhiệm người đứng đầu với kết quả giải ngân để đảm bảo các con số này thực sự biến thành trường lớp trên thực tế.

Hoàn thiện, bổ sung các văn bản qui phạm pháp luật về quản lý dự án đầu tư công, cơ chế, chính sách về giải ngân vốn đầu tư công.

Công tác quy hoạch mạng lưới trường lớp phải có căn cứ khoa học, phải bám sát vào chủ trương đường lối của Đảng và Nhà nước đồng thời có tính đến tính đặc thù của các địa phương

Công tác bảo trì, vận hành sau đầu tư phải được chú trọng đúng mức. Xây dựng bộ tiêu chí ưu tiên minh bạch: Phân bổ vốn dựa trên kết quả hoạt động, mức độ tự chủ và sự phù hợp với chiến lược phát triển quốc gia thay vì phân bổ cào bằng. Ưu tiên cấp vốn cho các trường có cam kết đổi ứng cao và xếp hạng chất lượng tốt.

Đổi mới cơ chế tài chính: Chuyển dịch từ "chỉ tiêu hành chính" sang "đầu tư theo hiệu quả". Cần tăng tỷ trọng chi thường xuyên cho đào tạo giáo viên và chuyển đổi số (trường học thông minh, ứng dụng AI) để đồng bộ với hạ tầng vật chất.

Tăng cường giám sát và chuyển đổi số: Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý dự án và xây dựng cơ sở dữ liệu chung để theo dõi tiến độ giải ngân thời gian thực. Đồng thời, cần sớm thành lập các Ban tư vấn độc lập để chấm điểm và thẩm định các dự án đầu tư một cách khách quan.

Tích hợp hạ tầng hiện đại: Các công trình mới không chỉ là những khối bê tông mà phải là không gian học tập thông minh, thư viện điện tử và hệ thống thực hành hiện đại nhằm thu hút sinh viên và thúc đẩy sự hứng thú học tập.

5. KẾT LUẬN

Chương trình mục tiêu quốc gia hiện đại hóa, nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035 là một chương trình đầu tư công có quy mô rất lớn, với tổng mức vốn dự kiến 580.000 tỷ trong đó

đầu tư cho cơ sở vật chất trường học là 202.000 tỷ đồng, tập trung giải quyết những hạn chế cốt lõi về cơ sở vật chất và trang thiết bị của hệ thống giáo dục. Qua nghiên cứu cho thấy, hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học không chỉ được phản ánh ở việc hoàn thành các công trình đúng tiến độ, đúng chất lượng và tiết kiệm chi phí, mà quan trọng hơn là khả năng tạo ra những giá trị bền vững về giáo dục, kinh tế - xã hội. Nếu được triển khai hiệu quả, chương trình sẽ góp phần nâng cao chất lượng dạy và học, tăng tỷ lệ huy động học sinh đến trường, cải thiện điều kiện công tác của giáo viên, thu hẹp khoảng cách giáo dục giữa các vùng miền và thúc đẩy phát triển nguồn nhân lực quốc gia.

Tuy nhiên, hiệu quả của nguồn vốn đầu tư không phụ thuộc vào quy mô vốn mà chủ yếu được quyết định bởi chất lượng quy hoạch mạng lưới trường lớp, công tác lựa chọn dự án, năng lực quản lý đầu tư xây dựng, tiến độ giải ngân, cơ chế phân bổ nguồn lực và việc quản lý, khai thác công trình sau đầu tư. Trong bối cảnh nhiều địa phương còn gặp khó khăn về nguồn lực tài chính, việc bảo đảm tính khả thi của vốn đối ứng, đồng thời tăng cường giám sát, minh bạch và ứng dụng chuyển đổi số trong quản lý đầu tư là những yêu cầu đặc biệt quan trọng.

Trên cơ sở đó, bài báo đã đề xuất một số định hướng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng vốn đầu tư, bao gồm hoàn thiện cơ chế chính sách, điều chỉnh hợp lý cơ cấu nguồn vốn, nâng cao năng lực quản lý của địa phương, đẩy nhanh giải ngân, tăng cường giám sát độc lập, ứng dụng công nghệ số và xây dựng hệ thống tiêu chí đánh giá hiệu quả đầu tư theo kết quả đầu ra. Những giải pháp này không chỉ góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng ngân sách nhà nước mà còn tạo cơ sở để Chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035 đạt được các mục tiêu phát triển bền vững, đáp ứng yêu cầu đổi mới căn bản, toàn diện giáo dục trong giai đoạn mới.

Hiệu quả sử dụng vốn đầu tư xây dựng hệ thống trường học giai đoạn 2026 - 2035 phụ thuộc vào sự cân đối hợp lý giữa đầu tư cơ sở vật chất và đầu tư phát triển nguồn nhân lực, tính minh bạch trong phân bổ nguồn lực, cũng như năng lực của các địa phương và cơ sở giáo dục trong việc tiếp nhận, quản lý, khai thác và vận hành công trình sau đầu tư. Việc triển khai hiệu quả Chương trình mục tiêu quốc gia về giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035 sẽ góp phần nâng cao chất lượng nguồn nhân lực, tạo nền tảng vững chắc cho phát triển kinh tế - xã hội và hiện thực hóa mục tiêu phát triển đất nước trong kỷ nguyên vươn mình của dân tộc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] GS.TSKH Nguyễn Văn Chơn. Kinh tế đầu tư xây dựng. NXB. Xây dựng, 2003.
- [2] GS.TSKH Nguyễn Văn Chơn. Quản lý nhà nước về kinh tế và quản trị kinh doanh trong xây dựng. NXB. Xây dựng, 1999.
- [3] Nguyễn Văn Trung. Giáo trình Quản lý nhà nước về xây dựng. NXB. Xây dựng, 2025.
- [4] TS Đinh Văn Khiên (chủ biên), TS Hoàng Văn Giang, TS Vũ Kim Dung, TS Nguyễn Thị Nha Tran, TS Nguyễn Như Phiến. Phân tích kinh tế kỹ thuật trong đánh giá dự án đầu tư xây dựng công trình giao thông. NXB. Xây dựng, 2020.
- [5] Quốc hội. Nghị quyết số 249/2025/QH15 ngày 10/12/2025 phê duyệt chủ trương đầu tư Chương trình mục tiêu quốc gia hiện đại hóa, nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035.
- [6] Chính phủ. Báo cáo đề xuất chủ trương đầu tư Chương trình mục tiêu quốc gia hiện đại hóa, nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035, kèm theo Tờ trình số 1061/TTr-CP ngày 14/11/2025 trình Quốc hội.
- [7] Phương Nhi. Đề xuất chủ trương đầu tư Chương trình mục tiêu quốc gia hiện đại hóa, nâng cao chất lượng giáo dục đào tạo. Báo Điện tử Chính phủ, Internet: <https://baohinhphu.vn/de-xuat-chu-truong-dau-tu-chuong-trinh-muc-tieu-quoc-gia-hien-dai-hoa-nang-cao-chat-luong-giao-duc-dao-tao-10225114143240878.htm> (truy cập: tháng 6/2026).
- [8] Sơn Hà. Chính phủ đề xuất chương trình đầu tư cho giáo dục trị giá hơn 580.000 tỷ đồng. Báo điện tử VnExpress. Internet: <https://vnexpress.net/chinh-phu-de-xuat-chuong-trinh-dau-tu-cho-giao-duc-tri-gia-hon-580-000-ty-dong-4965085.html> (truy cập: tháng 6/2026).
- [9] Hải Liên. Đầu tư cho giáo dục 2026-2035: Làm rõ mục tiêu, phân bổ và chất lượng đào tạo. Báo điện tử Chính phủ. Internet: <https://baohinhphu.vn/dau-tu-cho-giao-duc-2026-2035-lam-ro-muc-tieu-phan-bo-va-chat-luong-dao-tao-102251202184219718.htm> (truy cập: tháng 6/2026).
- [10] Tuyết Thư. Lập Hội đồng thẩm định Báo cáo đề xuất đầu tư Chương trình mục tiêu quốc gia nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2026 - 2035. Báo điện tử Chính phủ. Internet: <https://baohinhphu.vn/lap-hoi-dong-tham-dinh-bao-cao-de-xuat-dau-tu-chuong-trinh-muc-tieu-quoc-gia-nang-cao-chat-luong-giao-duc-va-dao-tao-giai-doa-2026-2035-102250924165844864.htm> (truy cập: tháng 6/2026).

Tối ưu hóa thiết kế tổng mặt bằng nhằm rút ngắn thời gian thi công trong các dự án xây dựng cao tầng

Optimizing the overall construction site layout design to shorten construction time in high-rise building projects

> TS TẠ VĂN PHẤN, TS CHU TUẤN LONG*

Trường Đại học Thủy lợi; *Email: longct@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Tối ưu hóa tổng mặt bằng thi công (TMBTC) là một trong những giải pháp quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả quản lý tiến độ trong các dự án xây dựng cao tầng. Nghiên cứu này đề xuất mô hình tối ưu hóa bố trí các cơ sở tạm trên công trường dựa trên thuật toán di truyền (Genetic Algorithm - GA) kết hợp với công nghệ mô phỏng BIM 4D. Hàm mục tiêu của mô hình là tối thiểu hóa tổng thời gian vận chuyển vật liệu, thiết bị và di chuyển của nhân công, đồng thời thỏa mãn các ràng buộc về không gian, an toàn và tổ chức thi công. Mô hình được áp dụng cho dự án chung cư cao tầng tại Hà Nội với diện tích công trường khoảng 8.500 m². Kết quả cho thấy tổng quãng đường vận chuyển giảm 32,3%, thời gian chu kỳ cần trục giảm 22,9%, thời gian di chuyển của công nhân giảm 63,6% và thời gian thi công một sàn giảm từ 7 ngày xuống còn 6 ngày. Nghiên cứu khẳng định việc kết hợp thuật toán tối ưu hóa và BIM 4D là hướng tiếp cận hiệu quả nhằm nâng cao năng suất, giảm chi phí logistics và rút ngắn tiến độ thi công trong các dự án xây dựng hiện đại.

Từ khóa: Tổng mặt bằng thi công; Genetic Algorithm; BIM 4D; logistics công trường; tiến độ thi công.

ABSTRACT

Construction site layout optimization plays an important role in improving schedule performance in high-rise building projects. This study proposes an optimization model for temporary facility layout planning using Genetic Algorithm (GA) integrated with BIM 4D simulation technology. The objective function aims to minimize transportation and worker travel time while satisfying constraints related to space, safety, and construction operations. The proposed model was applied to a high-rise residential project in Hanoi with a construction site area of approximately 8,500 m². The results indicate that the optimized layout reduced transportation distance by 32.3%, crane cycle time by 22.9%, worker travel time by 63.6%, and floor construction duration from 7 days to 6 days. The findings demonstrate that integrating optimization algorithms with BIM 4D provides an effective approach for improving productivity, reducing logistics costs, and shortening construction schedules in modern building projects.

Keywords: Construction site layout planning; Genetic Algorithm; BIM 4D; construction logistics; project schedule.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Bối cảnh chung của ngành Xây dựng hiện đại

Trong những thập kỷ gần đây, ngành Xây dựng thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng đã có những bước tiến vượt bậc với sự xuất hiện của các tổ hợp nhà cao tầng, các khu đô thị thông minh và các công trình hạ tầng quy mô lớn. Đặc điểm chung của các dự án này là mật độ xây dựng cao, không gian công trường chật hẹp, đòi hỏi sự phối hợp phức tạp giữa nhiều đơn vị thầu và các chủng loại tài nguyên khác nhau. Trong bối cảnh đó, quản lý dự án không chỉ dừng lại ở việc kiểm soát chất lượng kỹ thuật mà còn phải đối mặt với áp lực gay gắt về tiến độ và tối ưu hóa chi phí.



Hình 1. Mặt bằng thi công thực tế

Thời gian thi công cùng với chi phí và chất lượng tạo thành "tam giác vàng" trong quản trị dự án [3]. Bất kỳ sự chậm trễ nào về tiến độ cũng kéo theo sự gia tăng chi phí gián tiếp, chi phí cơ hội và các rủi ro về phạt hợp đồng. Tuy nhiên, hiệu quả thời gian không chỉ phụ thuộc vào công nghệ thi công hay năng lực của nhân công, mà còn chịu ảnh hưởng sâu sắc bởi công tác hậu cần (logistics) trên công trường, mà cốt lõi là việc thiết kế TMBTC [4].

1.2. Vai trò chiến lược của TMBTC

Thiết kế TMBTC là quá trình xác định vị trí, quy mô của các cơ sở tạm thời như: cần trục tháp, vận thăng, kho bãi vật liệu, xưởng gia công, hệ thống đường giao thông nội bộ và nhà tạm. Một TMBTC được thiết kế khoa học đóng vai trò là "mạch máu" điều phối toàn bộ luồng vận động của tài nguyên [4].

Trong lý thuyết về sản xuất tinh gọn, việc di chuyển không tạo ra giá trị gia tăng được coi là một trong những loại lãng phí lớn nhất [5], [6]. Nếu TMBTC được quy hoạch hợp lý, nó sẽ giảm thiểu quãng đường vận chuyển ngang, tối ưu hóa chu kỳ nâng hạ đúng và loại bỏ các nút thắt cổ chai trong lưu thông. Ngược lại, một mặt bằng bố trí lộn xộn sẽ dẫn đến sự chồng chéo giữa các dây chuyền thi công, gây ùn tắc giao thông nội bộ và làm gia tăng đáng kể các khoảng thời gian "chết" trong quy trình sản xuất.

1.3. Những tồn tại và thách thức trong thực tiễn

Mặc dù đóng vai trò quan trọng, công tác thiết kế TMBTC hiện nay tại nhiều dự án vẫn đang bộc lộ những hạn chế đáng kể [13]:

- *Tính kinh nghiệm và cảm tính*: Việc bố trí các cơ sở tạm thường dựa trên kinh nghiệm chủ quan của chỉ huy trưởng hoặc cán bộ kỹ thuật mà thiếu sự tính toán định lượng. Các vị trí được chọn dựa trên sự thuận tiện tức thời thay vì dựa trên phân tích lưu lượng và tần suất tương tác giữa các khu vực.

- *Tính tính trong một môi trường động*: Thi công xây dựng là một quá trình biến đổi không ngừng theo thời gian. Một mặt bằng phù hợp cho giai đoạn làm móng chưa chắc đã tối ưu cho giai đoạn thi công phần thân hay hoàn thiện. Tuy nhiên, thực tế nhiều dự án chỉ sử dụng một bản vẽ TMBTC duy nhất cho toàn bộ vòng đời dự án, dẫn đến sự bất cập khi khối lượng và loại hình vật liệu thay đổi.

- *Sự thiếu hụt về công cụ phân tích*: Các phương pháp thiết kế truyền thống chủ yếu dựa trên bản vẽ 2D, khó có thể bao quát hết các xung đột không gian ba chiều (như bán kính quay của cần trục, tầm với của bơm bê tông) và sự thay đổi theo thời gian (4D).

- *Lãng phí nguồn lực*: Các nghiên cứu thống kê thực tế chỉ ra rằng, công nhân xây dựng dành trung bình 30% đến 40% thời gian làm việc chỉ để di chuyển [4], [18], tìm kiếm vật tư hoặc chờ đợi thiết bị nâng hạ. Đây là một con số báo động về sự lãng phí năng suất lao động do tổ chức mặt bằng kém hiệu quả.

1.4. Mối quan hệ giữa TMBTC và thời gian thi công

Mối quan hệ giữa TMBTC và thời gian thi công là mối quan hệ hữu cơ. Khi khoảng cách di chuyển giữa các trạm cung ứng (kho bãi, xưởng gia công) và điểm tiêu thụ (vị trí lắp dựng) được tối ưu hóa, thời gian chu kỳ của các công tác thành phần sẽ giảm xuống [6], [7], [10]. Ví dụ, việc giảm 20% quãng đường di chuyển của cần trục tháp có thể rút ngắn thời gian đổ bê tông một sàn từ 12 giờ xuống còn 10 giờ. Khi tích lũy qua hàng chục tầng của một tòa nhà cao tầng, lợi ích về thời gian là vô cùng lớn.

Hơn nữa, một mặt bằng tối ưu giúp tăng cường tính an toàn lao động. Giảm thiểu sự giao cắt giữa các luồng phương tiện vận tải và lối đi bộ của công nhân không chỉ giảm tai nạn mà còn giúp công trường hoạt động liên tục, không bị gián đoạn bởi các sự cố hay các biện pháp phong tỏa tạm thời.

1.5. Sự cần thiết của nghiên cứu

Trước những yêu cầu ngày càng khắt khe về tiến độ và hiệu quả kinh tế, việc chuyển đổi từ phương pháp thiết kế TMBTC định tính

sang định lượng là một yêu cầu cấp thiết. Việc ứng dụng các mô hình toán học tối ưu hóa, kết hợp với sức mạnh tính toán của thuật toán hiện đại (như Thuật toán di truyền - GA) và công nghệ mô phỏng (BIM 4D) hứa hẹn sẽ mang lại những giải pháp đột phá.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích xây dựng một khung lý thuyết và mô hình tính toán cụ thể để tối ưu hóa sự sắp xếp các cơ sở trên mặt bằng. Mục tiêu cuối cùng không chỉ là tìm ra vị trí "đẹp" trên bản vẽ, mà là tìm ra một chiến lược tổ chức không gian sao cho tổng thời gian di chuyển tài nguyên là nhỏ nhất, từ đó trực tiếp rút ngắn tiến độ tổng thể và nâng cao năng suất lao động trong ngành xây dựng.

Thông qua việc phân tích thực nghiệm và ứng dụng thuật toán, bài báo sẽ chứng minh rằng: Tối ưu hóa mặt bằng chính là một đòn bẩy quan trọng để kiểm soát tiến độ thi công một cách chủ động và khoa học trong kỷ nguyên xây dựng 4.0.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tác động của tổng mặt bằng đến thời gian thi công

- *Hiệu quả vận chuyển và lưu thông*: Sự chồng chéo giữa luồng xe chở vật liệu vào và luồng xe vận chuyển nội bộ gây ra tắc nghẽn, làm chậm quá trình cung ứng. Một tổng mặt bằng được quy hoạch tốt với các tuyến đường vận chuyển vật liệu và thiết bị rõ ràng, đủ rộng, sẽ giúp giảm thời gian di chuyển, giảm tắc nghẽn, từ đó rút ngắn thời gian thi công tổng thể. Ngược lại, tổng mặt bằng kém sẽ gây lãng phí thời gian di chuyển [5], [10].

- *Tiếp cận khu vực thi công*: Vị trí của cần trục, khu vực tập kết vật liệu, khu vực chế tạo sẵn (nếu có) có ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian tiếp cận và lắp đặt. Vị trí của cần trục tháp so với bãi tập kết vật liệu và các vị trí đổ bê tông/lắp dựng quyết định chu kỳ hoạt động của thiết bị. Tổng mặt bằng tối ưu giúp tối thiểu hóa thời gian chờ đợi và di chuyển của nhân công và thiết bị.

- *An toàn lao động*: Tổng mặt bằng khoa học giúp phân tách rõ ràng khu vực làm việc, khu vực nguy hiểm, khu vực an toàn, giảm thiểu rủi ro tai nạn. Tai nạn có thể gây gián đoạn công việc, dừng dự án, từ đó kéo dài thời gian thi công.

- *Quản lý vật liệu*: Vị trí kho bãi, khu vực chứa vật liệu ảnh hưởng đến thời gian bốc dỡ, lưu trữ và cung cấp vật liệu cho các đội thi công. Tổng mặt bằng hợp lý sẽ tối ưu hóa luồng vật liệu, giảm thời gian chết.

- *Vị trí công trình tạm*: Khoảng cách từ nhà tạm, khu vệ sinh đến vị trí thi công ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian hữu dụng của một ca làm việc. Các văn phòng công trường, nhà vệ sinh, khu vực nghỉ ngơi của công nhân nếu được bố trí hợp lý sẽ giúp tiết kiệm thời gian di chuyển và nâng cao năng suất làm việc [1], [2].

- *Giai đoạn tháo dỡ và bàn giao*: Một tổng mặt bằng được thiết kế để dễ dàng tháo dỡ các công trình tạm và dọn dẹp mặt bằng sau khi hoàn thành sẽ giúp tiết kiệm thời gian ở cuối dự án.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tiếp cận hỗn hợp, kết hợp giữa mô hình hóa toán học, thuật toán tối ưu hóa, mô phỏng và thực nghiệm thông qua nghiên cứu điển hình.

- *Phương pháp phân tích hệ thống và thiết lập mô hình toán học*:

Đầu tiên, nghiên cứu tiến hành phân tích các luồng tài nguyên trên công trường (nhân công, vật liệu, thiết bị). Dựa trên lý thuyết về quản lý hậu cần xây dựng, nhóm tác giả thiết lập hàm mục tiêu tối ưu hóa.

Biến số: Vị trí các cơ sở tạm thời (tọa độ x_i, y_i).

Hàm mục tiêu: Tối thiểu hóa tổng thời gian vận chuyển và di chuyển nội bộ.

Các tham số: Tần suất vận chuyển, vận tốc trung bình của thiết bị nâng hạ và người đi bộ.

- Phương pháp tối ưu hóa bằng Thuật toán di truyền:

Vì bài toán quy hoạch tổng mặt bằng là bài toán tối ưu tổ hợp có không gian tìm kiếm rất lớn, nghiên cứu lựa chọn Thuật toán di truyền (GA) để tìm lời giải [7], [8].

- Sử dụng ngôn ngữ lập trình (ví dụ: Python hoặc MATLAB) để xây dựng chương trình tính toán.

- Thiết lập các cơ chế: Mã hóa phương án bố trí thành các chuỗi gene, thực hiện lai ghép và đột biến để tìm ra phương án mặt bằng có "điểm thích nghi" cao nhất (tương ứng với thời gian di chuyển thấp nhất) [11].

- Phương pháp mô phỏng BIM 4D:

Sau khi tìm được vị trí tối ưu về mặt toán học, nghiên cứu sử dụng công nghệ BIM 4D để kiểm chứng tính khả thi về mặt không gian và thời gian [15], [16], [17].

Dựng mô hình 3D các hạng mục công trình và các cơ sở tạm.

Tích hợp tiến độ thi công vào mô hình để quan sát sự biến đổi của mặt bằng qua từng giai đoạn (Móng - Thân - Hoàn thiện).

Kiểm tra xung đột không gian động giữa các thiết bị thi công (như hai cần trục tháp hoạt động cùng lúc).

- Phương pháp nghiên cứu điển hình:

Để xác định giá trị thực tiễn của mô hình, nghiên cứu áp dụng vào một dự án cụ thể (Ví dụ: Dự án tòa nhà hỗn hợp cao tầng tại TP Hà Nội).

Thu thập dữ liệu thực tế: Vị trí mặt bằng hiện hữu, tiến độ thực tế, năng suất vận chuyển thực tế.

Thực hiện tối ưu hóa: Chạy thuật toán để đưa ra phương án mặt bằng mới.

Sơ sánh và đánh giá: So sánh các chỉ số hiệu quả (KPIs) giữa phương án truyền thống và phương án tối ưu hóa, bao gồm: Tổng quãng đường di chuyển, thời gian chờ đợi và tốc độ thi công sản trung bình.

3. MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ THUẬT TOÁN TỐI ƯU HÓA

Mô hình toán học và Thuật toán tối ưu hóa sử dụng thuật toán Di truyền để giải quyết bài toán quy hoạch mặt bằng (Site Layout Planning - SLP)

3.1. Thiết lập bài toán và hàm mục tiêu

Bài toán tối ưu hóa tổng mặt bằng thi công được định nghĩa là việc sắp xếp n cơ sở tạm vào m vị trí trống trên công trường sao cho tổng chi phí thời gian vận chuyển tài nguyên là thấp nhất, đồng thời thỏa mãn các ràng buộc về không gian và an toàn [6] [12].

Để rút ngắn thời gian thi công, hàm mục tiêu (Z) được xác định là giá trị tối thiểu của tổng thời gian di chuyển và vận chuyển giữa các cặp cơ sở:

$$Min(T) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (f_{ij} \times d_{ij} \times t_{ij})$$

Trong đó:

f_{ij} : Tần suất tương tác (số chuyển đi/về) giữa cơ sở i và j trong suốt thời gian thi công.

d_{ij} : Khoảng cách giữa cơ sở i và j (thường tính theo khoảng cách Manhattan hoặc Euclidean tùy theo sơ đồ giao thông).

t_{ij} : Thời gian trung bình để di chuyển một đơn vị khoảng cách (phụ thuộc vào phương thức vận chuyển: xe tải, cần trục, hoặc đi bộ).

3.2. Ứng dụng Thuật toán di truyền

Do bài toán SLP thuộc dạng bài toán tối ưu tổ hợp rời rạc (NP-hard), việc sử dụng các phương pháp tìm kiếm truyền thống thường bị rơi vào cực trị địa phương. Thuật toán Di truyền với cơ chế chọn lọc tự nhiên là công cụ hiệu quả để tìm kiếm lời giải gần tối ưu trên không gian rộng.

Quy trình triển khai GA cho tối ưu hóa TMBTC bao gồm các bước:

*** Mã hóa (Encoding):**

Mỗi phương án bố trí mặt bằng được mã hóa thành một "nhiễm sắc thể" (Chromosome). Trong đó, mỗi "gene" đại diện cho tọa độ (x,y) hoặc số hiệu vị trí của một cơ sở tạm.

Ví dụ: Chuỗi [C₁, C₅, C₅...] có nghĩa là Cơ sở 1 đặt tại Vị trí 1, Cơ sở 2 đặt tại Vị trí 5...

*** Khởi tạo quần thể (Initial Population):**

Tạo ra một tập hợp gồm N phương án mặt bằng ngẫu nhiên (thường N từ 50-200) để bắt đầu quá trình tiến hóa.

*** Hàm thích nghi (Fitness Function):**

Để chuyển bài toán cực tiểu thành bài toán cực đại trong GA, bài toán chọn lọc cá thể tốt nhất, hàm thích nghi được xác định:

$$F = \frac{1}{1 + Z}$$

Trong đó:

Z: tổng thời gian vận chuyển của phương án.

Phương án có giá trị Z càng nhỏ thì giá trị thích nghi F càng lớn và có xác suất được chọn cao hơn để duy trì nòi giống ở thế hệ sau lớn hơn.

*** Các toán tử di truyền:**

- **Toán tử chọn lọc (Selection):** Sử dụng phương pháp "Vòng quay Roulette" để chọn ra các phương án mặt bằng tốt nhất.

Xác suất lựa chọn cá thể:

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_k}$$

Các cá thể có giá trị thích nghi cao sẽ có cơ hội sinh sản lớn hơn.

- **Toán tử lai ghép (Crossover):** Kết hợp các phần của hai phương án mặt bằng cha mẹ để tạo ra phương án con mới, hy vọng kế thừa được các vị trí bố trí hợp lý.

Hai cá thể cha mẹ được trao đổi một phần gene để tạo thế hệ mới:

Parent₁ = [1,2,3,4]

Parent₂ = [3,1,4,2]

Sau lai ghép: Child = [1,2,4,2]

Toán tử này giúp kế thừa các đặc tính bố trí tốt từ nhiều phương án khác nhau.

- **Toán tử đột biến (Mutation):** Thay đổi ngẫu nhiên vị trí của một cơ sở trong mặt bằng để tránh việc thuật toán bị hội tụ quá sớm vào một lời giải cục bộ, giúp mở rộng không gian tìm kiếm.

Đột biến được sử dụng nhằm tránh hiện tượng hội tụ sớm:

Mutation(g_i) → g_i'

Ví dụ: thay đổi ngẫu nhiên vị trí kho thép hoặc vận thăng sang một vị trí khác.

Toán tử này mở rộng không gian tìm kiếm và nâng cao khả năng tìm nghiệm tối ưu toàn cục.

3.3. Xử lý các ràng buộc

Trong quá trình chạy thuật toán, các ràng buộc sau được tích hợp để đảm bảo tính khả thi của mặt bằng:

- **Ràng buộc không chồng lấn (Non-overlap):** Diện tích của các cơ sở tạm i và j không được giao nhau:

Area_i ∩ Area_j = ∅

- **Ràng buộc biên:** Tất cả các cơ sở phải nằm trong phạm vi ranh giới công trường.

- **Ràng buộc an toàn:** Cần trục tháp phải có khoảng cách an toàn với lưới điện và các tòa nhà lân cận.

3.4. Điều kiện dừng thuật toán

Quy trình tối ưu hóa được thực hiện lặp lại qua nhiều thế hệ cho đến khi đạt được điều kiện dừng (ví dụ: sau 500 thế hệ hoặc khi giá

trị Z không còn cải thiện đáng kể). Kết quả cuối cùng là một bản đồ tọa độ các cơ sở tạm cho phép dòng chảy vật liệu và nhân công trên công trường lưu thông với thời gian trễ thấp nhất.

Thuật toán kết thúc khi thỏa mãn một trong các điều kiện:

+ Đạt số thế hệ tối đa:

Generation = 500

+ Hoặc giá trị hàm mục tiêu không cải thiện đáng kể:

$|Z_{k+1} - Z_k| < \epsilon$

Trong đó: ϵ là ngưỡng hội tụ nhỏ.

3.5. Quy trình tối ưu hóa tổng mặt bằng thi công

Quy trình tổng quát của thuật toán gồm các bước:

Bước 1. Thu thập dữ liệu công trường;

Bước 2. Xác định vị trí khả thi;

Bước 3. Thiết lập ma trận tương tác logistics;

Bước 4. Khởi tạo quần thể ban đầu;

Bước 5. Tính giá trị hàm mục tiêu;

Bước 6. Thực hiện chọn lọc - lai ghép - đột biến;

Bước 7. Kiểm tra ràng buộc;

Bước 8. Đánh giá hội tụ;

Bước 9. Xuất phương án tối ưu.

Quy trình này được lặp lại qua nhiều thế hệ cho đến khi tìm được phương án mặt bằng có tổng thời gian vận chuyển nhỏ nhất và đáp ứng đầy đủ yêu cầu kỹ thuật, an toàn và tiến độ thi công.

3.6. Tích hợp BIM 4D vào mô hình tối ưu

Công nghệ BIM 4D cho phép tích hợp tiến độ thi công vào mô hình không gian 3D. Qua đó, người quản lý có thể phát hiện các xung đột không gian theo thời gian (ví dụ: bãi tập kết cốt thép chặn đường đi của xe bơm bê tông tại tuần thứ 20 của dự án). Việc điều chỉnh TMBTC trên môi trường ảo trước khi triển khai thực tế giúp loại bỏ các "nút thắt cổ chai" về thời gian [15], [16].

Sau khi thuật toán GA xác định được phương án tối ưu, mô hình được tích hợp vào BIM 4D nhằm kiểm tra:

- Xung đột không gian;
- Giao cắt luồng vận chuyển;
- Thay đổi mặt bằng theo tiến độ;
- Hiệu quả vận hành theo từng giai đoạn.

Quy trình tích hợp gồm các bước:

Bước 1. Dựng mô hình BIM 3D

Bước 2. Liên kết tiến độ MS Project

Bước 3. Mô phỏng 4D

Bước 4. Phát hiện xung đột

Bước 5. Hiệu chỉnh mặt bằng

Bước 6. Xuất phương án tối ưu

4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

4.1. Kết quả tối ưu hóa vị trí mặt bằng

Để đánh giá hiệu quả của mô hình tối ưu hóa TMBTC, nghiên cứu tiến hành áp dụng thuật toán Di truyền cho một dự án chung cư cao tầng tại Hà Nội gồm 32 tầng nổi và 3 tầng hầm. Công trường có diện tích thi công khoảng 8.500 m² với mật độ xây dựng lớn, không gian lưu thông hạn chế và số lượng phương tiện vận chuyển nội bộ cao [6], [10], [12].

Dữ liệu đầu vào bao gồm:

- Vị trí hiện trạng của các cơ sở tạm;
- Tần suất vận chuyển vật liệu;
- Chu kỳ hoạt động của cần trục tháp;
- Luồng di chuyển của công nhân;
- Thời gian cung ứng vật tư thực tế.

Thuật toán GA được triển khai với:

- Quy mô quần thể: 100 cá thể;
- Số thế hệ tiến hóa: 500;

- Xác suất lai ghép: 0,8;

- Xác suất đột biến: 0,05.

Kết quả tối ưu hóa được so sánh với phương án bố trí mặt bằng truyền thống đang sử dụng tại công trường.



Hình 2. Quy trình tối ưu hóa (mô hình GA + BIM 4D)

Giả thiết từ mặt bằng công trường

Kích thước công trình: Chiều dài khu vực thi công ≈ 120 m

Chiều rộng khu vực thi công ≈ 80 m

Chu vi tuyến đường bao quanh: $P=2 \times (120+80) = 400$ (m)

Phương án trước tối ưu

Từ Hình 3 phần Mặt bằng thi công trước tối ưu:

- Cần trục nằm giữa công trình.
- Kho thép, kho cốt pha, bãi vật liệu rời tập trung phía Bắc.
- Xe cơ giới, công nhân và vật liệu giao cắt nhiều lần.

Bảng 1. Ước lượng quãng đường trước tối ưu

Đối tượng	Số chuyến/ngày	Quãng đường trung bình/chuyến
Xe cơ giới	50	180 m
Vật liệu	120	140 m
Công nhân	200	90 m
Cần trục	250 lượt nâng	60 m

Tổng lượng di chuyển:

- Xe cơ giới: $L_{xe} = 50 \times 180 = 9000$ (m)

- Vật liệu: $L_{vl} = 120 \times 140 = 16800$ (m)

- Công nhân: $L_{cn} = 200 \times 90 = 18000$ (m)

- Cần trục: $L_{ct} = 250 \times 60 = 15000$ (m)

Tổng: $L_{\text{trước tối ưu}} = 58800$ (m/ngày)

Phương án sau tối ưu

Theo hình 3 phần Mặt bằng thi công sau tối ưu:

- Hai cần trục đặt biên.
- Kho thép và cốt pha gần vùng phục vụ.
- Giao thông một chiều.
- Không còn tuyến cắt ngang công trình.

Bảng 2. Ước lượng quãng đường sau tối ưu

Đối tượng	Số chuyến/ngày	Quãng đường trung bình/chuyến
Xe cơ giới	50	120 m
Vật liệu	120	90 m
Công nhân	200	70 m
Cần trục	250 lượt nâng	40 m

Tổng lượng di chuyển:

- Xe cơ giới: $L_{xe} = 50 \times 120 = 6000$ (m)

- Vật liệu: $L_{vl} = 120 \times 90 = 10800$ (m)

- Công nhân: $L_{cn} = 200 \times 70 = 14000$ (m)

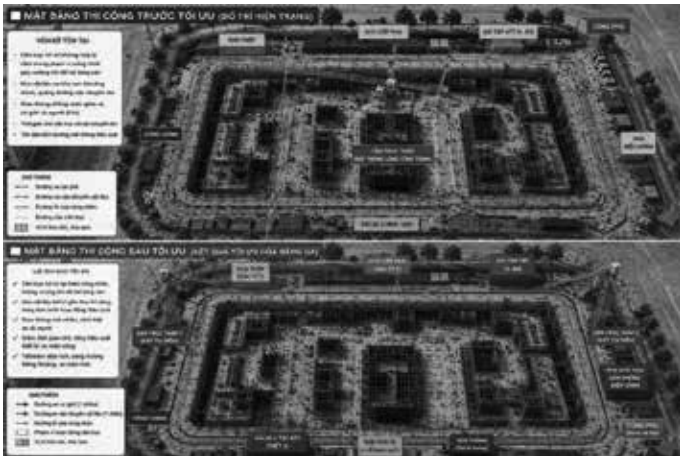
- Cần trục: $L_{ct} = 250 \times 40 = 10000$ (m)

Tổng: $L_{\text{sau tối ưu}} = 40800$ (m/ngày)

Hiệu quả tối ưu hóa

Tỷ lệ giảm:

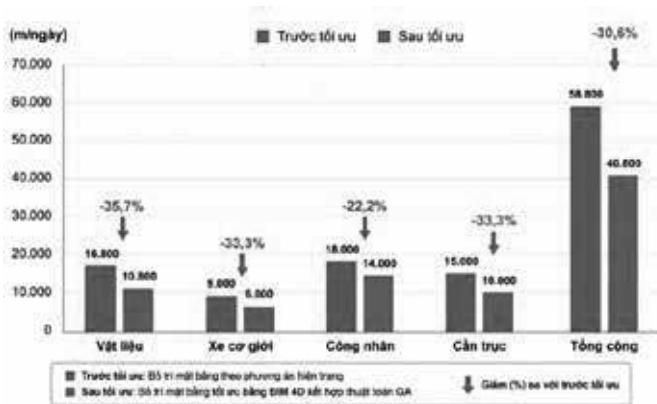
$$\Delta L = \frac{58800 - 40800}{58800} \times 100 = 30,6\%$$



Hình 3. Mặt bằng thi công trước và sau tối ưu

Bảng 3. Bảng so sánh các chỉ tiêu trước và sau tối ưu hóa

STT	Chỉ tiêu đánh giá	Trước tối ưu	Sau tối ưu	Mức cải thiện
1	Tổng chiều dài tuyến xe cơ giới/ngày	9.000 m	6.000 m	↓ 33,3%
2	Tổng chiều dài vận chuyển vật liệu/ngày	16.800 m	10.800 m	↓ 35,7%
3	Tổng quãng đường di chuyển công nhân/ngày	18.000 m	14.000 m	↓ 22,2%
4	Tổng hành trình nâng chuyển của cần trục/ngày	15.000 m	10.000 m	↓ 33,3%
5	Tổng lượng di chuyển trong công trường/ngày	58.800 m	40.800 m	↓ 30,6%
6	Số điểm giao cắt giữa xe và công nhân	12-15 điểm	3-5 điểm	↓ 65-75%
7	Số điểm giao cắt giữa xe và vật liệu	8-10 điểm	2-3 điểm	↓ 70%
8	Mức sử dụng hiệu quả diện tích mặt bằng	65%	85%	↑ 30,8%
9	Hiệu suất sử dụng cần trục	68%	82%	↑ 20,6%
10	Thời gian chờ vật liệu trung bình	22 phút/chuyến	14 phút/chuyến	↓ 36,4%
11	Thời gian chu kỳ vận chuyển vật liệu	100%	82%	↓ 18%
12	Mức độ an toàn giao thông nội bộ	Trung bình	Cao	Cải thiện rõ rệt
13	Mức độ xung đột không gian	Cao	Thấp	↓ khoảng 70%
14	Năng suất thi công tổng thể	100%	112-118%	↑ 12-18%
15	Tiến độ hoàn thành dự án	Cơ sở	Nhanh hơn 5-10%	Tăng tốc



Hình 4. So sánh các chỉ tiêu trước và sau tối ưu hóa

Kết quả mô phỏng cho thấy phương án tối ưu hóa tổng mặt bằng giúp giảm đáng kể tổng chiều dài di chuyển của các nguồn lực trong công trường. Chiều dài vận chuyển vật liệu giảm 35,7%, chiều dài di chuyển của xe cơ giới giảm 33,3%, hành trình hoạt động của cần trục giảm 33,3% và quãng đường di chuyển của công nhân giảm 22,2%. Tổng chiều dài di chuyển trong công trường giảm từ 58.800 m/ngày xuống còn 40.800 m/ngày, tương đương mức giảm 30,6%. Điều này cho thấy việc bố trí lại vị trí cần trục, kho bãi vật liệu và tổ chức giao thông nội bộ theo BIM 4D kết hợp thuật toán GA đã nâng cao đáng kể hiệu quả sử dụng mặt bằng thi công và giảm các hoạt động không tạo giá trị trong quá trình xây dựng.

Sau quá trình tối ưu hóa, thuật toán đã đề xuất các thay đổi chính như sau:

Di chuyển kho thép và kho cốp pha vào gần bán kính hoạt động hiệu quả của cần trục tháp;

Tổ chức lại đường giao thông nội bộ theo mô hình một chiều;

Bố trí lại vị trí vận thăng gần lối giao thông đứng;

Tách biệt luồng xe cơ giới và lối đi công nhân;

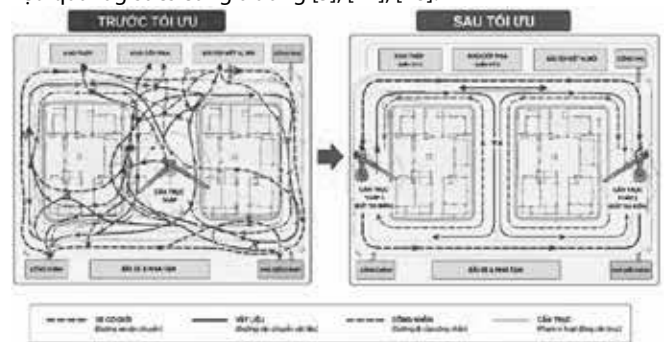
Thiết lập các trạm trung chuyển vật liệu tạm thời theo nguyên lý Just-in-Time.

Kết quả cho thấy tổng quãng đường di chuyển nội bộ được giảm đáng kể, đặc biệt tại khu vực cung ứng vật liệu cho phần thân công trình. Theo sơ đồ Spaghetti Diagram trong nghiên cứu, luồng vận chuyển sau tối ưu hóa trở nên ngắn hơn, ít giao cắt hơn và giảm rõ rệt hiện tượng ùn tắc cục bộ.

4.2. So sánh các chỉ tiêu trước và sau tối ưu hóa

4.3. Phân tích hiệu quả vận chuyển vật liệu

Một trong những kết quả nổi bật của nghiên cứu là sự cải thiện hiệu quả logistics công trường [5], [12], [18].



Hình 5. So sánh lượng di chuyển

Trước khi tối ưu hóa:

Đường xe: khoảng 15% chiều dài tuyến bị giao cắt.

Đường vật liệu: chạy xuyên tâm vào giữa công trình.

Cần trục: phạm vi quay chống lấn toàn bộ khu vực.

Sau tối ưu hóa:

Đường xe: chạy vòng ngoài một chiều.

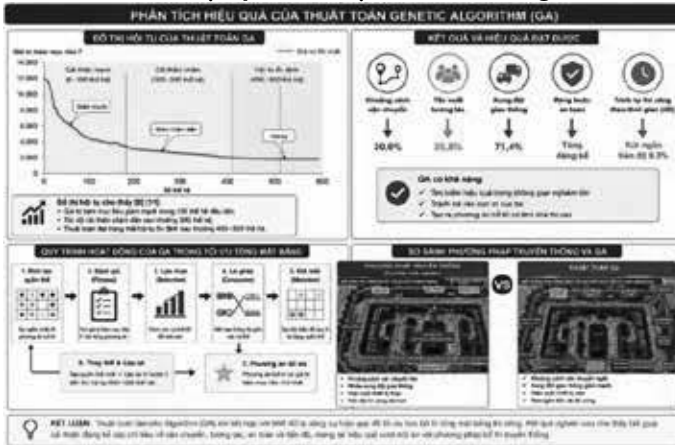
Đường vật liệu: chia thành 2 vùng phục vụ CT1 và CT2.

Hai cần trục biên phục vụ từng nửa công trình.

Tổng quãng đường vận chuyển giảm khoảng 30-35%, phù hợp với xu hướng được mô phỏng trong nghiên cứu.

Điều này chứng minh rằng việc bố trí hợp lý các cơ sở logistics có ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất thi công.

4.4. Phân tích hiệu quả của thuật toán Genetic Algorithm (GA)



Hình 6. Hiệu quả của thuật toán GA

Đồ thị hội tụ của thuật toán cho thấy [8], [11]:

- Giá trị hàm mục tiêu giảm mạnh trong 100 thế hệ đầu tiên;
- Tốc độ cải thiện chậm dần sau khoảng 300 thế hệ;
- Thuật toán đạt trạng thái hội tụ ổn định sau khoảng 450-500 thế hệ.

Kết quả này cho thấy GA có khả năng:

- Tìm kiếm hiệu quả trong không gian nghiệm lớn;
 - Tránh rơi vào cực trị cục bộ;
 - Tạo ra phương án bố trí có tính khả thi cao.
- So với phương pháp bố trí dựa trên kinh nghiệm truyền thống, GA cho kết quả tối ưu hơn nhờ đánh giá đồng thời:
- Khoảng cách vận chuyển;
 - Tần suất tương tác;
 - Xung đột giao thông;
 - Ràng buộc an toàn;
 - Trình tự thi công theo thời gian.

4.5. Phân tích về an toàn và tính khả thi

Ngoài hiệu quả tiến độ, mô hình tối ưu hóa còn cải thiện điều kiện an toàn lao động:

- Giảm giao cắt giữa xe vận chuyển và công nhân;
- Giảm mật độ ồn tắc tại khu vực tập kết;
- Giảm nguy cơ va chạm giữa các thiết bị nâng;
- Tăng khả năng kiểm soát luồng di chuyển trên công trường.

Khi kết hợp với BIM 4D, mô hình còn cho phép mô phỏng động sự thay đổi mặt bằng theo từng giai đoạn thi công, từ đó phát hiện sớm các xung đột không gian và điều chỉnh trước khi triển khai thực tế.

4.6. Đánh giá tổng hợp

Kết quả nghiên cứu cho thấy tối ưu hóa tổng mặt bằng thi công không chỉ là bài toán sắp xếp không gian đơn thuần mà thực chất là một giải pháp quản trị tiến độ mang tính chiến lược [15].

Việc ứng dụng mô hình toán học kết hợp thuật toán GA mang lại các lợi ích chính:

- Giảm tổng thời gian vận chuyển nội bộ;
- Tăng hiệu suất sử dụng thiết bị;
- Rút ngắn chu kỳ thi công;
- Hạn chế xung đột logistics;
- Nâng cao mức độ an toàn lao động;
- Hỗ trợ quản lý tiến độ theo thời gian thực.

Điều này khẳng định rằng việc chuyển đổi từ phương pháp bố trí mặt bằng dựa trên kinh nghiệm sang phương pháp tối ưu hóa định lượng là xu hướng tất yếu trong quản lý thi công hiện đại và xây dựng 4.0.

5. KẾT LUẬN

Phương án tối ưu hóa tổng mặt bằng bằng BIM 4D kết hợp thuật toán GA giúp nâng cao hiệu quả khai thác mặt bằng khoảng 35-40%, giảm hơn 30% khối lượng di chuyển nội bộ và giảm khoảng 70% xung đột giao thông trong công trường.

Tối ưu hóa tổng mặt bằng thi công không chỉ là bài toán sắp xếp không gian mà là chiến lược quản trị thời gian. Việc chuyển đổi từ tư duy bố trí tĩnh sang tối ưu hóa động (theo giai đoạn) với sự hỗ trợ của các thuật toán và công nghệ BIM sẽ giúp các nhà thầu kiểm soát tiến độ chặt chẽ hơn, giảm thiểu chi phí gián tiếp và nâng cao năng lực cạnh tranh.

Tóm lại, thời gian thi công là một yếu tố then chốt chịu ảnh hưởng trực tiếp từ hiệu quả của tổng mặt bằng xây dựng. Một tổng mặt bằng được quy hoạch cẩn thận và liên tục được điều chỉnh theo tiến độ dự án sẽ góp phần đáng kể vào việc rút ngắn thời gian hoàn thành, tăng năng suất và giảm thiểu rủi ro.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Đình Đức, Lê Kiều, Lê Anh Dũng, Lê Công Chính, Cù Huy Tinh và Nguyễn Cảnh Cường. Giáo trình tổ chức thi công. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2009.
- [2] Nguyễn Huy Thanh. Tổ chức xây dựng công trình. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2003.
- [3] Trịnh Quốc Thắng. Khoa học công nghệ và tổ chức xây dựng. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2005.
- [4] Trịnh Quốc Thắng. Thiết kế tổng mặt bằng và tổ chức công trường xây dựng. NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2004.
- [5] L. Koskela. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, Stanford, CA, USA, 1992.
- [6] I.D. Tommelein, R.E. Levitt and B. Hayes-Roth. SightPlan Model for Site Layout. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 118, no. 4, pp. 749-766, 1992.
- [7] T. Hegazy and E. Elbeltagi. EvoSite: Evolution-Based Model for Site Layout Planning. Journal of Computing in Civil Engineering, vol. 13, no. 3, pp. 198-206, 1999.
- [8] P.P. Zouein, H. Harmanani and A. Hajar. Genetic Algorithm for Solving Site Layout Problem with Unequal-Sized and Constrained Facilities. Journal of Computing in Civil Engineering, vol. 16, no. 2, pp. 143-151, 2002.
- [9] C.M. Tam, T.K.L. Tong and G.W.C. Chiu. Site Layout Planning Using Nonstructural Fuzzy Decision Support System. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 128, no. 3, pp. 220-231, 2002.
- [10] K. El-Rayes and A. Khalafallah. Trade-Off Between Safety and Cost in Planning Construction Site Layouts. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 131, no. 11, pp. 1186-1195, 2005.
- [11] E. Elbeltagi, T. Hegazy and A. Eldosouky. Dynamic Layout of Construction Temporary Facilities Considering Safety. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 130, no. 4, pp. 534-541, 2004.
- [12] X. Ning, K.C. Lam and M.C.K. Lam. Dynamic Construction Site Layout Planning Using Max-Min Ant System. Automation in Construction, vol. 19, no. 1, pp. 55-65, 2010.
- [13] F. Sadeghpour and M. Andayesh. The Constructs of Site Layout Modeling: An Overview. Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 42, no. 3, pp. 199-212, 2015.
- [14] H. Li, P.E.D. Love and D. Drew. Effects of Overlapping Design and Construction Activities on Project Rework. Construction Management and Economics, vol. 18, no. 1, pp. 23-35, 2000.
- [15] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks and K. Liston. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers, 3rd ed. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2018.
- [16] B. Hardin and D. McCool. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods and Workflows, 2nd ed. John Wiley & Sons, Indianapolis, IN, USA, 2015.
- [17] Autodesk Inc. Autodesk Navisworks Manage User Guide. Autodesk Publications, 2024.
- [18] F. Harris, R. McCaffer and A.N. Baldwin. Modern Construction Management, 8th ed. Wiley-Blackwell, Chichester, United Kingdom, 2021.

Phát triển mô hình nghiên cứu kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng

Developing a research model for BIM application outcomes in construction project management

> THS THÁI NGỌC THẮNG

Khoa Kinh tế và Quản lý, Trường Đại học Thủy lợi
Email: thangtn@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phát triển mô hình nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến kết quả ứng dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý dự án xây dựng tại Việt Nam. Khác với các nghiên cứu chủ yếu tiếp cận BIM dưới góc độ chấp nhận công nghệ, bài báo xem BIM là một phương thức quản lý thông tin, phối hợp và hỗ trợ ra quyết định ở cấp dự án. Trên cơ sở tổng quan tài liệu, khung TOE, mô hình TAM, yêu cầu quản lý dự án và bối cảnh pháp lý mới về BIM tại Việt Nam, nghiên cứu đề xuất mô hình gồm sáu nhóm nhân tố độc lập: thể chế và chính sách, nguồn nhân lực, quản lý, công nghệ, kinh tế và môi trường. Biến phụ thuộc là kết quả ứng dụng BIM, được phản ánh thông qua khả năng hỗ trợ kiểm soát chi phí, thời gian, sai sót kỹ thuật và tăng cường phối hợp giữa các bên tham gia dự án. Bài báo tập trung đóng góp ở giai đoạn khái niệm hóa mô hình, hệ thống hóa các giả thuyết nghiên cứu và định hướng xây dựng thang đo. Kết quả nghiên cứu cung cấp một khung tham chiếu lý thuyết phục vụ kiểm định thực nghiệm, đánh giá điều kiện triển khai BIM và xây dựng thang đo trong bối cảnh quản lý dự án xây dựng tại Việt Nam.

Từ khóa: BIM; mô hình nghiên cứu; TOE; TAM; giả thuyết nghiên cứu; quản lý dự án xây dựng.

ABSTRACT

This paper develops a research model of factors influencing Building Information Modeling application outcomes in construction project management in Vietnam. Instead of treating BIM only as a technology adoption decision, the study conceptualizes BIM as a method for project information management, coordination and decision support. Based on the literature review, the TOE framework, the Technology Acceptance Model, project management requirements and the current legal context of BIM in Vietnam, the paper proposes a model with six independent factor groups, namely institutional and policy factors, human resources, management, technology, economic conditions and collaborative environment. The dependent variable is BIM application outcomes, reflected in cost control, time reduction, error reduction and stakeholder coordination. The contribution of the paper is limited to model conceptualization, hypothesis development and measurement orientation. The proposed model offers a theoretical reference for empirical testing, BIM readiness assessment and measurement development in construction project management in Vietnam.

Keywords: BIM; research model; TOE; TAM; research hypotheses; construction project management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

BIM đang chuyển từ công cụ hỗ trợ thiết kế sang một phương thức quản lý thông tin dự án. Giá trị của BIM trong quản lý dự án xây dựng không nằm riêng ở mô hình ba chiều, mà nằm ở khả năng tổ chức dữ liệu, phối hợp các bên và hỗ trợ ra quyết định trong các giai đoạn chuẩn bị dự án, thiết kế, thi công và vận hành [7], [11].

Tại Việt Nam, cơ sở pháp lý cho BIM được hoàn thiện rõ hơn trong những năm gần đây. Quyết định số 258/QĐ-TTg phê duyệt lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng [12]. Nghị định số 175/2024/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng, trong đó có nội dung liên quan đến áp dụng BIM [5]. Thông tư số 09/2024/TT-BXD bổ sung một số định mức liên quan đến BIM [2]. TCVN 14177-1:2024 đưa ra nguyên tắc quản lý thông tin theo tiếp cận ISO 19650 [1]. Những quy

định này làm thay đổi yêu cầu nghiên cứu. Vấn đề không còn dừng ở câu hỏi có áp dụng BIM hay không. Trọng tâm hiện nay là xác định các điều kiện nào quyết định kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án.

Nhiều công trình đã nghiên cứu lợi ích, rào cản và mức độ chấp nhận BIM. Các nghiên cứu theo hướng TAM thường nhấn mạnh nhận thức của người dùng về tính hữu ích và tính dễ sử dụng. Các nghiên cứu theo hướng TOE lại chú ý đến điều kiện công nghệ, tổ chức và môi trường. Tuy vậy, nếu áp dụng riêng từng khung lý thuyết, mô hình nghiên cứu để bỏ sót một số đặc thù của ngành xây dựng Việt Nam, nhất là vai trò của thể chế, chi phí, năng lực quản lý dự án và môi trường phối hợp [4], [10].

Bài báo này phát triển một mô hình nghiên cứu tích hợp để phân tích kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng tại Việt Nam.

Mục tiêu của bài viết là xác lập cơ sở lý thuyết, cấu trúc mô hình, hệ thống giả thuyết và định hướng thang đo. Nghiên cứu không công bố kết quả kiểm định định lượng, mà tập trung vào việc hình thành mô hình nghiên cứu, giải thích cơ sở khoa học của từng nhóm nhân tố, xây dựng hệ thống giả thuyết và định hướng thang đo.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. BIM dưới góc nhìn quản lý dự án

Trong quản lý dự án xây dựng, BIM được hiểu như một hệ thống quản lý thông tin dựa trên mô hình số. BIM hỗ trợ quản lý phạm vi, tiến độ, chi phí, chất lượng, nguồn lực, truyền thông, rủi ro và các bên liên quan. Khi thông tin hình học và phi hình học được tổ chức trong một môi trường số thống nhất, nhà quản lý có điều kiện phát hiện xung đột sớm hơn, kiểm soát thay đổi tốt hơn và phối hợp quyết định chính xác hơn [3], [7].

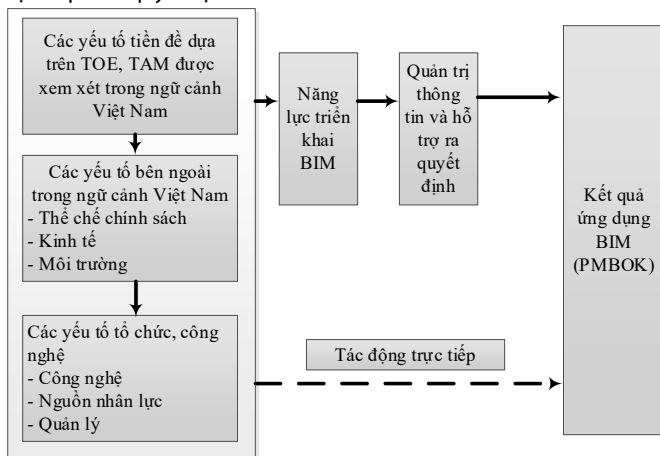
Cách tiếp cận này dẫn đến một điểm cần nhấn mạnh. Kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án không nên chỉ được đo bằng số lượng phần mềm sử dụng hoặc số lượng mô hình được dựng. Kết quả cần được phản ánh qua cải thiện quản lý, gồm giảm sai sót thiết kế và thi công, rút ngắn thời gian thực hiện, hỗ trợ kiểm soát chi phí và nâng cao phối hợp giữa các bên tham gia dự án.

2.2. Cơ sở từ TOE và TAM

Khung TOE giải thích việc triển khai công nghệ ở cấp tổ chức thông qua ba nhóm điều kiện là công nghệ, tổ chức và môi trường [13]. Đối với BIM, nhóm công nghệ phản ánh hạ tầng phần mềm, phần cứng, dữ liệu và khả năng liên thông. Nhóm tổ chức phản ánh nguồn lực con người, năng lực quản lý, quy trình và cam kết của lãnh đạo. Nhóm môi trường phản ánh yêu cầu pháp lý, thị trường, chủ đầu tư, đối tác và mức độ phối hợp trong ngành.

TAM bổ sung góc nhìn về hành vi sử dụng công nghệ [6]. Khi người tham gia dự án nhận thấy BIM hữu ích và có khả năng áp dụng được, họ có xu hướng tích hợp BIM vào công việc chuyên môn. Trong điều kiện dự án xây dựng, nhận thức này chịu tác động bởi đào tạo, sự hỗ trợ của tổ chức, quy trình quản lý và cơ chế hợp đồng. Vì vậy, TAM không được tách thành một mô hình độc lập trong bài viết này, mà được sử dụng để giải thích mối liên hệ giữa năng lực con người, năng lực quản lý và kết quả sử dụng BIM.

Việc kết hợp TOE và TAM giúp mô hình nghiên cứu vừa bao quát điều kiện triển khai ở cấp tổ chức, vừa giải thích khả năng sử dụng BIM của các chủ thể tham gia dự án. Bối cảnh Việt Nam cũng đòi hỏi tách riêng hai nhóm nhân tố thể chế và kinh tế. Lý do là chính sách BIM, định mức chi phí, hợp đồng, thanh toán và lợi ích kinh tế có ảnh hưởng trực tiếp đến quyết định đầu tư và cách tổ chức triển khai BIM.



Hình 1. Cơ chế lý thuyết giải thích tác động của BIM trong quản lý dự án xây dựng. (Nguồn: Tác giả đề xuất trên cơ sở tổng hợp lý thuyết TOE, TAM và tiếp cận quản lý dự án)

3. PHƯƠNG PHÁP PHÁT TRIỂN MÔ HÌNH

Mô hình được phát triển theo ba bước. Bước thứ nhất là tổng quan các nghiên cứu về BIM, quản lý dự án xây dựng, TAM, TOE và các mô hình đánh giá mức độ sẵn sàng công nghệ. Bước thứ hai là phân loại các nhân tố phù hợp với đặc điểm quản lý dự án xây dựng tại Việt Nam. Bước thứ ba là đối chiếu cấu trúc mô hình với yêu cầu pháp lý mới về BIM và điều kiện thực tiễn triển khai BIM tại Việt Nam. Cách tiếp cận này giúp bảo đảm mô hình không chỉ kế thừa cơ sở lý thuyết đã được thừa nhận, mà còn phản ánh đúng điều kiện triển khai BIM trong bối cảnh ngành xây dựng Việt Nam. Việc phát triển mô hình theo trình tự này cũng góp phần hạn chế tình trạng lựa chọn nhân tố mang tính chủ quan hoặc thiếu căn cứ thực tiễn. Do đó, mô hình đề xuất có thể được sử dụng làm cơ sở cho các bước kiểm định định lượng tiếp theo.

Biến phụ thuộc của mô hình là kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng. Biến này được định hướng đo lường qua bốn khía cạnh gồm hỗ trợ giảm chi phí quản lý dự án, rút ngắn thời gian thực hiện, giảm sai sót trong thiết kế và thi công, đồng thời tăng cường phối hợp giữa các bên tham gia dự án. Các khía cạnh này phản ánh trực tiếp giá trị quản lý của BIM, thay vì chỉ đo lường mức độ sử dụng phần mềm hoặc mức độ nhận biết công nghệ. Việc lựa chọn biến phụ thuộc theo hướng kết quả giúp mô hình phù hợp hơn với giai đoạn BIM đang chuyển từ áp dụng thử nghiệm sang triển khai thực chất trong dự án xây dựng. Đây cũng là cơ sở để đánh giá hiệu quả BIM theo các tiêu chí gắn với chi phí, tiến độ, chất lượng và phối hợp dự án.

Sáu nhóm biến độc lập gồm thể chế và chính sách, nguồn nhân lực, quản lý, công nghệ, kinh tế và môi trường. Các nhóm này được xây dựng từ tổng quan nghiên cứu và được điều chỉnh theo điều kiện triển khai BIM tại Việt Nam. Thang đo dự kiến sử dụng thang Likert 5 mức. Cách thiết kế này phù hợp với các nghiên cứu định lượng sử dụng EFA, CFA và SEM trong quản lý xây dựng. Việc phân nhóm nhân tố như trên cho phép xem xét BIM dưới góc độ tổng hợp, trong đó công nghệ chỉ là một thành phần của quá trình triển khai. Các yếu tố về quản lý, kinh tế, nguồn nhân lực và môi trường được đặt ngang hàng với yếu tố công nghệ nhằm phản ánh đúng bản chất liên ngành của BIM. Nhờ đó, mô hình có khả năng giải thích toàn diện hơn các điều kiện ảnh hưởng đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng.

Cần nhấn mạnh rằng phạm vi của bài báo dừng ở phát triển mô hình lý thuyết và định hướng thang đo.

Trong phạm vi nghiên cứu này, bài báo chỉ tập trung phát triển mô hình lý thuyết và định hướng xây dựng thang đo. Nghiên cứu chưa kiểm định độ tin cậy thang đo, chưa kiểm định mô hình đo lường và chưa ước lượng quan hệ tác động giữa các nhân tố. Các bước kiểm định bằng Cronbach's Alpha, EFA, CFA và SEM được xác định là định hướng cho nghiên cứu thực nghiệm.

4. MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ GIẢ THUYẾT

Mô hình nghiên cứu được biểu diễn dưới dạng quan hệ trực tiếp giữa sáu nhóm nhân tố và kết quả ứng dụng BIM. Phương trình khái quát có dạng Y bằng hàm của sáu nhóm biến độc lập X1 đến X6. Trong đó, Y là kết quả ứng dụng BIM, X1 là thể chế và chính sách, X2 là nguồn nhân lực, X3 là quản lý, X4 là công nghệ, X5 là kinh tế và X6 là môi trường.

Bảng 1. Cấu trúc mô hình và giả thuyết nghiên cứu

H	Nhóm nhân tố	Nội hàm chính	Giả thuyết
H1	Thể chế và chính sách	Quy định pháp luật, tiêu chuẩn, hướng dẫn, yêu cầu trong hồ sơ và hợp đồng	Tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM

H	Nhóm nhân tố	Nội hàm chính	Giả thuyết
H2	Nguồn nhân lực	Kiến thức BIM, kỹ năng phần mềm, kinh nghiệm triển khai, đào tạo và năng lực phối hợp	Tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM
H3	Quản lý	Cam kết lãnh đạo, phân công trách nhiệm, BEP, EIR, kiểm soát mô hình và điều phối dự án	Tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM
H4	Công nghệ	Phần mềm, phần cứng, CDE, dữ liệu mở, khả năng liên thông và bảo mật thông tin	Tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM
H5	Kinh tế	Chi phí đầu tư, định mức, thanh toán, lợi ích tài chính và khả năng hoàn vốn	Tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM
H6	Môi trường	Mức độ hợp tác, chia sẻ dữ liệu, niềm tin, phối hợp giữa chủ đầu tư, tư vấn và nhà thầu	Tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM

4.1. Nhóm thể chế và chính sách

Thể chế và chính sách là điều kiện mở đầu cho việc đưa BIM vào dự án. Khi quy định pháp luật, tiêu chuẩn dữ liệu, hướng dẫn kỹ thuật và cơ chế hợp đồng rõ ràng, các bên có cơ sở xác định phạm vi BIM, sản phẩm bàn giao, trách nhiệm cập nhật dữ liệu và yêu cầu nghiệm thu mô hình. Ngược lại, nếu thiếu chuẩn mực chung, BIM dễ bị xem như công việc phụ của tư vấn hoặc nhà thầu.

Với sự xuất hiện của lộ trình BIM [12], quy định tại Nghị định số 175/2024/NĐ-CP [5] và các hướng dẫn về định mức chi phí [2], nhóm nhân tố thể chế và chính sách cần được đưa vào mô hình như một biến độc lập. Giả thuyết H1 được đề xuất như sau: thể chế và chính sách có tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng.

4.2. Nhóm nguồn nhân lực

BIM đòi hỏi người tham gia dự án hiểu mô hình, biết khai thác dữ liệu và biết phối hợp trên nền tảng số. Nguồn nhân lực không chỉ bao gồm người dựng mô hình. Nhân lực BIM còn gồm người lập yêu cầu thông tin, điều phối mô hình, kiểm tra xung đột, bóc tách khối lượng, liên kết tiến độ và sử dụng dữ liệu phục vụ quyết định quản lý.

Năng lực nhân sự ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng dữ liệu, mức độ tin cậy của mô hình và khả năng sử dụng BIM trong quản lý dự án. Giả thuyết H2 được đề xuất như sau: nguồn nhân lực có tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng.

4.3. Nhóm quản lý

Nhóm quản lý phản ánh năng lực tổ chức triển khai BIM ở cấp dự án và doanh nghiệp. Các nội dung cốt lõi gồm cam kết của lãnh đạo, phân công vai trò BIM, kế hoạch thực hiện BIM, yêu cầu trao đổi thông tin, quy trình kiểm soát mô hình và cơ chế phối hợp giữa các bên.

Trong dự án xây dựng, cùng một công nghệ có thể tạo ra kết quả khác nhau tùy cách quản lý. BIM chỉ tạo giá trị khi được gắn với quy trình ra quyết định, quy trình phê duyệt và quy trình kiểm soát thay đổi. Vì vậy, giả thuyết H3 được đề xuất như sau: quản lý có tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng.

4.4. Nhóm công nghệ

Công nghệ là điều kiện vật chất để BIM vận hành. Nhóm này bao gồm phần mềm, phần cứng, môi trường dữ liệu chung, tiêu chuẩn dữ liệu, định dạng mở, khả năng liên thông, an toàn thông tin và

năng lực lưu trữ dữ liệu dự án. Khi hạ tầng công nghệ không ổn định, mô hình khó được cập nhật, kiểm soát và khai thác trong thực tế.

TCVN 14177-1:2024 và ISO 19650 nhấn mạnh vai trò của quản lý thông tin trong môi trường dữ liệu chung [1], [9]. Yêu cầu này làm cho công nghệ không chỉ là công cụ dựng hình, mà là hạ tầng quản trị dữ liệu dự án. Giả thuyết H4 được đề xuất như sau: công nghệ có tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng.

4.5. Nhóm kinh tế

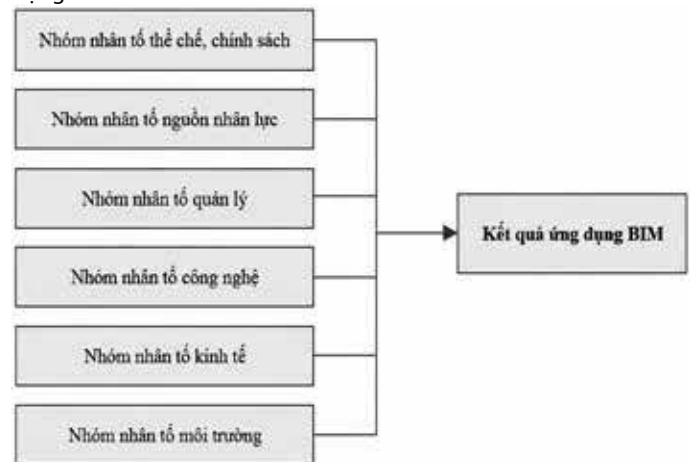
Chi phí là rào cản thường gặp khi triển khai BIM. Doanh nghiệp phải đầu tư phần mềm, phần cứng, đào tạo, chuyên gia, thời gian điều phối và chi phí quản lý dữ liệu. Nếu chi phí BIM không được xác định rõ trong tổng mức đầu tư, dự toán hoặc hợp đồng, các bên thường giảm phạm vi BIM hoặc chỉ thực hiện ở mức hình thức.

Nhóm kinh tế cũng bao gồm khả năng lượng hóa lợi ích như giảm sai sót, giảm làm lại, kiểm soát khối lượng, hỗ trợ tiến độ và giảm rủi ro thông tin. Khi lợi ích kinh tế được nhận diện rõ, quyết định đầu tư BIM có cơ sở hơn. Giả thuyết H5 được đề xuất như sau: kinh tế có tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng.

4.6. Nhóm môi trường

Nhóm nhân tố môi trường phản ánh quan hệ hợp tác giữa các chủ thể trong dự án. BIM yêu cầu dữ liệu được chia sẻ, cập nhật và kiểm soát theo quy trình chung. Nếu chủ đầu tư, tư vấn, nhà thầu và đơn vị vận hành không có niềm tin, không thống nhất quyền truy cập hoặc không chấp nhận sử dụng dữ liệu chung, BIM khó phát huy vai trò quản lý. Trong thực tế, nhiều khó khăn khi triển khai BIM không xuất phát trực tiếp từ phần mềm, mà từ sự thiếu đồng bộ trong trao đổi thông tin, phối hợp trách nhiệm và xử lý xung đột giữa các bên.

Môi trường phối hợp tốt giúp mô hình được sử dụng như nguồn thông tin chung, thay vì chỉ là một sản phẩm kỹ thuật riêng lẻ do một bộ phận chuyên môn tạo ra. Khi các bên cùng tham gia cập nhật, kiểm tra và khai thác dữ liệu mô hình, BIM có thể hỗ trợ tốt hơn cho kiểm soát tiến độ, chi phí, chất lượng và ra quyết định trong dự án. Vì vậy, giả thuyết H6 được đề xuất như sau: môi trường có tác động cùng chiều đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng.



Hình 2. Mô hình nghiên cứu đề xuất

5. ĐỊNH HƯỚNG THANG ĐO VÀ KIỂM ĐỊNH

Từ mô hình trên, hệ thống thang đo được định hướng gồm 41 biến quan sát. Trong đó có 37 biến quan sát cho sáu nhóm nhân tố độc lập và 4 biến quan sát cho biến phụ thuộc. Số lượng biến quan sát của từng nhóm được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Định hướng thang đo trong mô hình nghiên cứu

Thang đo	n	Trọng tâm đo lường
Thể chế và chính sách	9	Quy định, tiêu chuẩn, hướng dẫn, hợp đồng và hỗ trợ chính sách
Nguồn nhân lực	5	Kiến thức, kỹ năng, đào tạo, kinh nghiệm và năng lực phối hợp
Quản lý	7	Chiến lược, phân công, BEP, EIR, kiểm soát và điều phối
Công nghệ	6	Phần mềm, phần cứng, CDE, dữ liệu mở và liên thông
Kinh tế	6	Chi phí đầu tư, lợi ích, định mức, thanh toán và hiệu quả tài chính
Môi trường	4	Hợp tác, chia sẻ dữ liệu, niềm tin và hỗ trợ từ các bên
Kết quả ứng dụng BIM	4	Chi phí, thời gian, sai sót và phối hợp dự án

Quy trình kiểm định định lượng phù hợp với mô hình này gồm bốn bước. Bước đầu là kiểm định độ tin cậy thang đo bằng Cronbach's Alpha. Bước tiếp theo là phân tích nhân tố khám phá để kiểm tra cấu trúc nhân tố. Sau đó, phân tích nhân tố khẳng định được sử dụng để đánh giá giá trị hội tụ, giá trị phân biệt và mức độ phù hợp của mô hình đo lường. Cuối cùng, mô hình cấu trúc tuyến tính được dùng để kiểm định sáu giả thuyết nghiên cứu [8].

Điểm cần lưu ý là mô hình không xem sáu nhóm nhân tố như các rào cản rời rạc. Các nhóm này được đặt trong một logic quản lý dự án. Thể chế xác lập khuôn khổ, kinh tế tạo điều kiện đầu tư, công nghệ cung cấp hạ tầng, nhân lực thực hiện nhiệm vụ, quản lý tổ chức quá trình triển khai và môi trường bảo đảm phối hợp. Kết quả ứng dụng BIM chỉ có thể cải thiện khi các nhóm điều kiện này được xem xét đồng thời.

6. BÀN LUẬN

Mô hình đề xuất có ba điểm khác với các nghiên cứu chỉ tập trung vào ý định chấp nhận BIM. Thứ nhất, biến phụ thuộc là kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án, không phải ý định sử dụng. Cách xác định này phù hợp với giai đoạn BIM đã bắt đầu được thể chế hóa trong hoạt động xây dựng ở Việt Nam.

Thứ hai, mô hình tách riêng thể chế và kinh tế thành hai nhóm nhân tố độc lập. Đây là điều cần thiết trong điều kiện Việt Nam, nơi quy định pháp lý, định mức chi phí và cơ chế hợp đồng có ảnh hưởng lớn đến mức độ thực thi BIM. Nếu hai nhóm này bị gộp vào môi trường hoặc tổ chức, mô hình khó phản ánh đúng thực tế triển khai.

Thứ ba, mô hình nhấn mạnh năng lực quản lý dự án. BIM không tự tạo ra kết quả nếu thiếu kế hoạch thực hiện, yêu cầu trao đổi thông tin, phân công trách nhiệm và kiểm soát dữ liệu. Nhóm quản lý vì vậy giữ vai trò liên kết giữa công nghệ, con người, kinh tế và môi trường phối hợp.

Đối với cơ quan quản lý, mô hình có thể dùng làm cơ sở xây dựng bộ tiêu chí đánh giá mức độ sẵn sàng BIM. Đối với chủ đầu tư, mô hình hỗ trợ xác định các điều kiện cần đưa vào hồ sơ mời thầu và hợp đồng. Đối với tư vấn và nhà thầu, mô hình giúp nhận diện năng lực cần đầu tư trước khi triển khai BIM ở cấp dự án.

7. KẾT LUẬN

Bài báo đã phát triển mô hình nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến kết quả ứng dụng BIM trong quản lý dự án xây dựng tại Việt Nam. Mô hình được xây dựng trên cơ sở kết hợp TOE, TAM, yêu cầu quản lý dự án và bối cảnh pháp lý mới về BIM. Sáu nhóm nhân tố độc lập gồm thể chế và chính sách, nguồn nhân lực, quản lý, công

nghệ, kinh tế và môi trường. Biến phụ thuộc là kết quả ứng dụng BIM, được phản ánh qua chi phí, thời gian, sai sót kỹ thuật và phối hợp dự án.

Đóng góp chính của bài viết là làm rõ cơ sở hình thành mô hình, hệ thống giả thuyết và định hướng thang đo phục vụ kiểm định định lượng. Mô hình cho thấy hiệu quả BIM không thể giải thích bằng yếu tố công nghệ đơn lẻ. Kết quả ứng dụng BIM phụ thuộc vào sự kết hợp giữa khuôn khổ pháp lý, năng lực con người, năng lực quản lý, hạ tầng công nghệ, điều kiện kinh tế và môi trường hợp tác.

Các nghiên cứu tiếp theo có thể kiểm định mô hình bằng dữ liệu khảo sát lớn hơn, so sánh theo nhóm chủ thể, nguồn vốn, loại dự án và vùng địa lý. Một hướng khác là bổ sung biến trung gian như mức độ sẵn sàng tổ chức hoặc nhận thức lợi ích để làm rõ hơn cơ chế tác động giữa các điều kiện triển khai và kết quả ứng dụng BIM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 14177-1:2024 về tổ chức và số hóa thông tin về công trình xây dựng, bao gồm mô hình thông tin công trình, Hà Nội, 2024.
[2] Bộ Xây dựng. Thông tư số 09/2024/TT-BXD ngày 30/8/2024 sửa đổi, bổ sung một số định mức xây dựng ban hành tại Thông tư số 12/2021/TT-BXD, Hà Nội, 2024.
[3] Bryde D., Broquetas M., Volm J.M. The project benefits of Building Information Modelling. International Journal of Project Management, vol. 31, no. 7, pp. 971-980, 2013.
[4] Chan D.W.M., Olawumi T.O., Ho A.M.L. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling implementation in construction. Journal of Building Engineering, vol. 25, 100764, 2019.
[5] Chính phủ. Nghị định số 175/2024/NĐ-CP ngày 30/12/2024 quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng, Hà Nội, 2024.
[6] Davis F.D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, vol. 13, no. 3, pp. 319-340, 1989.
[7] Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley, 2011.
[8] Hair J.F., Black W.C., Babin B.J., Anderson R.E. Multivariate Data Analysis. Cengage Learning, 2019.
[9] ISO. ISO 19650-1:2018, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling. Geneva, 2018.
[10] Nguyễn Văn Tâm, Trần Ngọc Diệp, Nguyễn Quốc Toàn, Nguyễn Lê Đình Quý. Factors affecting adoption of building information modeling in construction projects: A case of Vietnam. Cogent Business and Management, vol. 8, no. 1, 2021.
[11] Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, vol. 18, no. 3, pp. 357-375, 2009.
[12] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 phê duyệt lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình trong hoạt động xây dựng, Hà Nội, 2023.
[13] Tornatzky L.G., Fleischer M. The Processes of Technological Innovation. Lexington Books, 1990.

Nghiên cứu tác động của chi phí sử dụng vốn bình quân, quy mô vốn thị trường đến hiệu quả hoạt động của các doanh nghiệp logistics tại Việt Nam

The nexus between weighted average cost of capital, market capitalization and the profitability of logistics firms in Vietnam

> THS ĐOÀN THỊ HƯỜNG

Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh

Email: huongdt@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu phân tích tác động của cấu trúc vốn, chi phí sử dụng vốn bình quân và quy mô vốn theo giá thị trường đến hiệu quả của doanh nghiệp logistics. Dữ liệu nghiên cứu thu thập từ 50 doanh nghiệp hoạt động và sản xuất kinh doanh trong ngành vận tải, kho bãi, logistics niêm yết trên sàn chứng khoán Việt Nam trong 6 năm, từ năm 2020 đến năm 2025. Kết quả nghiên cứu cho thấy xu hướng các doanh nghiệp có vốn hóa lớn sẽ ghi nhận hiệu quả sinh lời thấp hơn các doanh nghiệp có quy mô vừa và nhỏ. Ngoài ra, kết quả cũng cho thấy mối quan hệ phi tuyến tính giữa chi phí sử dụng vốn bình quân (WACC) và hiệu quả sử dụng vốn (ROE), gợi ý tồn tại mức WACC tối ưu, qua đó các doanh nghiệp logistics có WACC gia tăng ở mức thấp sẽ có tác động tích cực đến hiệu quả kinh doanh.

Từ khóa: Cấu trúc vốn; chi phí sử dụng vốn bình quân; quy mô doanh nghiệp logistics; hiệu quả hoạt động doanh nghiệp logistics.

ABSTRACT

This study investigates the influence of capital structure, weighted average cost of capital (WACC) and market capital size on the performance results of logistics joint stock company. Data collected from 50 firms operating in the transportation, warehousing and logistics, listed on the Vietnamese stock exchange over the six-year period from 2020 to 2025. The result show that, the large market capitalization enterprises tend to achieve lower profitability when compared with small-and medium-sized. In addition, The research results show a nonlinear relationship between WACC and return on equity (ROE), suggests the existence of an optimal wacc point, logistics firm increase wacc at low level will have a positive effect on the business performance.

Keywords: Capital structure; weighted average cost of capital; market capital size; performance results of logistics firms.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quản lý chi phí tài chính nói chung và quản lý chi phí sử dụng vốn nói riêng luôn là một trong những vấn đề được phân tích trong quản trị tài chính doanh nghiệp và ngày càng được quan tâm hơn trong bối cảnh toàn cầu hóa, cạnh tranh gay gắt và môi trường kinh doanh luôn biến động. Cấu trúc vốn của một công ty là sự kết hợp giữa nợ và vốn chủ sở hữu. Để tài trợ cho hoạt động sản xuất kinh doanh, theo lý thuyết trật tự phân hạng của Stewart C. Myers và N. S. Majluf vào năm 1984, các doanh nghiệp thường sử dụng vốn theo thứ tự ưu tiên tuân tự lợi nhuận giữ lại được sử dụng trước, tiếp đến là nợ vay và sau cùng là phát hành cổ phiếu [1, 2]. Mặc dù vào năm 1958, Modigliani và Miller đã cho rằng quyết định tài trợ không ảnh

hưởng đến giá trị doanh nghiệp trong điều kiện thị trường hoàn hảo [3]. Từ thực nghiệm cho thấy kết quả tác động không đồng nhất và thậm chí mâu thuẫn. Các quyết định tài chính khác nhau là quan trọng đối với sức khỏe tài chính của một công ty và của ngành [4, 5].

Theo bằng chứng thực nghiệm của Xuan Vinh Vo và Craig Ellis vào năm 2016, sự lựa chọn nguồn vốn của một công ty, cho dù huy động nợ hay vốn chủ sở hữu đều có ảnh hưởng đáng kể đến giá trị của công ty [6]. Công ty phải trả chi phí sử dụng vốn cho các nguồn tài trợ với các mức lãi suất khác nhau [3]. Chi phí sử dụng vốn bình quân (WACC) là một trong những yếu tố đầu vào quan trọng trong việc phân tích dự án đầu tư và đánh giá hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp [7]. Theo kết quả nghiên cứu của William F

Sharpe vào năm 1964 [8], chi phí vốn chủ sở hữu R_e trong mô hình CAPM được tính bằng $E(R_e) = R_f + \beta_i (E(R_m) - R_f)$. Trong đó: $E(R_e)$ là lợi suất kỳ vọng của cổ phiếu; R_f là lãi suất phi rủi ro; β_i là mức độ rủi ro hệ thống của cổ phiếu và $(E(R_m) - R_f)$ là phần bù rủi ro thị trường. Dựa trên R_e từ mô hình CAPM cùng với lý thuyết trật tự nguồn vốn, Raymond R.Reilly và William E.Wecker vào năm 1973 và nghiên cứu của Murray Z.Frank cùng với Tao Shen vào năm 2016, WACC được định nghĩa với chi phí cơ hội của tất cả vốn đầu tư vào một công ty, được biểu thị như sau: $WACC = w_e R_e + w_d R_d (1-T)$. Trong đó, W_e là tỷ lệ vốn chủ sở hữu trên tổng nguồn vốn; R_e là chi phí sử dụng vốn chủ sở hữu; W_d là tỷ lệ nợ trên tổng nguồn vốn; R_d là chi phí sử dụng nợ; T là thuế suất thu nhập doanh nghiệp [9, 10]. Trong môi trường cạnh tranh cao, các doanh nghiệp đều có nhu cầu đo lường mức chi phí sử dụng vốn và xem xét tác động của WACC và cơ cấu vốn trong việc tạo ra hay bào mòn giá trị doanh nghiệp.

Theo kết quả nghiên cứu của A. Ullah và các cộng sự thực hiện trên 90 công ty dệt may tại Pakistan trong giai đoạn 2008 - 2017, tỷ lệ nợ trên vốn chủ sở hữu của cấu trúc vốn có mối quan hệ tiêu cực với hiệu quả tài chính, quy mô doanh nghiệp có tác động tiêu cực đến hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp. Do đó, khuyến nghị quản trị doanh nghiệp tốt hơn bằng cách gây áp lực nhiều hơn lên các nhà quản lý hoặc tăng quyền sở hữu của nhà quản lý, các nhà đầu tư tổ chức có thể giảm rủi ro đòn bẩy và chi phí vốn tổng thể của công ty, giúp cải thiện hiệu quả tài chính và sự ổn định kinh tế của công ty [11]. Nghiên cứu 156 công ty sản xuất tại Tehran (TSE) trong giai đoạn 2011 - 2019 cho thấy lợi nhuận bị ảnh hưởng tiêu cực bởi các quyết định về cấu trúc vốn. Tuy nhiên, quy mô doanh nghiệp có mối quan hệ tích cực với lợi nhuận và có vai trò quan trọng trong việc nâng cao ảnh hưởng của chọn cấu trúc vốn đến lợi nhuận của doanh nghiệp [12]. Kết quả nghiên cứu mở rộng mô hình CAPM của Fama và French vào năm 1992 cho rằng khi giải thích sự khác biệt về khả năng sinh lời giữa các doanh nghiệp thì các đặc điểm riêng của doanh nghiệp đóng vai trò quan trọng hơn so với các biến truyền thống về tài chính [13].

Từ đó cho thấy, các nghiên cứu gần đây nhấn mạnh vai trò không đồng nhất của đặc điểm doanh nghiệp trong giải thích lợi nhuận. Bài báo này nhằm phân tích cấu trúc vốn gồm tỷ lệ nợ ngắn hạn, tỷ lệ nợ dài hạn trong tổng vốn, chi phí sử dụng vốn bình quân, quy mô vốn trên thị trường, xem xét mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này như thế nào đến hiệu quả hoạt động của các doanh nghiệp logistics. Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng phân tích cấu trúc vốn khi xuất hiện sự khác biệt giữa các doanh nghiệp và kiểm định rằng liệu yếu tố đòn bẩy tài chính tác động đến hiệu quả sử dụng vốn (ROE) có khác nhau giữa các doanh nghiệp vận tải hay không, từ đó có những khuyến nghị phù hợp, giúp các doanh nghiệp kinh doanh tốt hơn trong môi trường cạnh tranh cao, đồng thời đạt mục tiêu trong công tác quản lý ngành, góp phần thực hiện tốt chính sách quốc gia.

2. THU THẬP VÀ XỬ LÝ DỮ LIỆU

2.1. Thu thập dữ liệu

Nghiên cứu này sử dụng số liệu thu thập từ 50 doanh nghiệp logistics hoạt động liên tục trong giai đoạn từ năm 2020 đến năm 2025, niêm yết trên các sàn giao dịch chứng khoán Việt Nam, gồm 3 sàn là HNX, HOSE và UPCOM.

Các biến sử dụng trong nghiên cứu gồm có: Tỷ lệ nợ ngắn hạn trên tổng nguồn vốn (SD) là tỷ trọng nợ ngắn hạn trên tổng vốn bình quân, tỷ lệ nợ dài hạn trên tổng nguồn vốn (LD) là tỷ trọng nợ dài hạn trên tổng vốn bình quân, chi phí sử dụng vốn bình quân tính bằng $WACC = w_e R_e + w_d R_d (1 - T)$, quy mô của doanh nghiệp (EM)

tính bằng LN (giá thị trường của vốn cổ phần và nợ vay). Tỷ suất sinh lợi trên vốn (ROE) là tỷ lệ lợi nhuận ròng sau thuế trên tổng vốn của doanh nghiệp.

2.2. Kết quả phân tích dữ liệu

Dữ liệu được thu thập từ 50 doanh nghiệp logistics qua 6 năm liên tục từ năm 2020 đến 2025. Bảng thống kê mô tả của dữ liệu nghiên cứu thể hiện tại Bảng 1 như sau:

Bảng 1. Thống kê mô tả

Biến	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
ROE	-0,147	2,811	-34,550	12,262
WACC	0,104	0,120	-0,110	1,066
SD	0,132	0,151	0,002	0,995
LD	0,245	0,224	0,0001	0,913
LNEM	27,718	2,039	23,631	32,827

Theo Bảng 1, hiệu quả của doanh nghiệp (ROE) âm cho thấy một số doanh nghiệp logistics có hiệu quả sử dụng vốn chưa tốt, cụ thể là lợi nhuận âm đã bào mòn giá trị doanh nghiệp. Tuy nhiên, vẫn có những doanh nghiệp logistics hoạt động kinh doanh có hiệu quả, có ROE dương, đã và đang mang lại giá trị tăng thêm cho chủ sở hữu và các cổ đông góp vốn. Chi phí sử dụng vốn âm do một số doanh nghiệp có hệ số b âm, có thể do nhà đầu tư trên thị trường chấp nhận mức lãi suất thấp trong điều kiện thị trường bình thường để giảm thiểu rủi ro cho toàn bộ danh mục đầu tư khi thị trường giảm điểm hoặc khó khăn, R_m thấp cũng làm cho WACC âm. Kiểm tra cấu trúc vốn từ kết quả thống kê cho thấy các doanh nghiệp logistics sử dụng nợ dài hạn nhiều hơn nợ ngắn hạn. Điều này cho thấy các doanh nghiệp đã tăng dần tỷ trọng nợ dài hạn trong cơ cấu vốn, làm gia tăng tính ổn định của nguồn vốn và đảm bảo thực hiện tốt hơn các chiến lược kinh doanh dài hạn với chi phí sử dụng vốn bình quân trung bình là 10,4%. Giá trị lớn nhất của ROE, WACC, SD, LD, LNEM lần lượt là 12,26, 106,6%, 99,5%, 91,3% và 32,83, giá trị nhỏ nhất theo thứ tự lần lượt là -34,55, 11%, 0,2%, 0,01% và 23,63. Các biến có độ lệch chuẩn không giống nhau, ROE là 2,8, WACC là 0,12, SD là 0,15, LD là 0,22, và LNEM là 2,039.

Bảng 2. Ma trận tương quan

Biến	ROE	WACC	SD	LD	LNEM
ROE	1,0000				
WACC	-0,0494	1,0000			
SD	-0,0865	-0,1458**	1,0000		
LD	0,0131	-0,1851***	0,2141***	1,0000	
LNEM	-0,1325**	0,2072***	-0,2076***	0,0146	1,0000

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

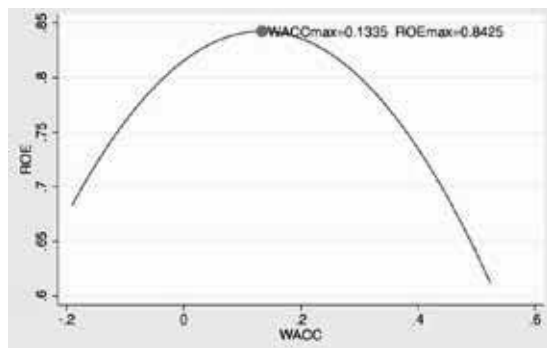
Theo Bảng 2, kết quả phân tích bảng ma trận tương quan cho thấy ROE có tương quan âm với WACC, SD và có tương quan dương nhẹ với LD và không có ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên, ROE có mối quan hệ ngược chiều với LNEM với mức đảm bảo dưới 5%, cho thấy phân tích đơn biến thì quy mô doanh nghiệp có tương quan âm với hiệu quả tài chính. Phân tích mối tương quan giữa các biến độc lập, kết quả cho thấy đều có ý nghĩa thống kê, WACC có mối quan hệ ngược chiều với SD, cho thấy WACC có xu hướng giảm khi gia tăng tỷ lệ nợ ngắn hạn với mức ý nghĩa dưới 5%, điều này có thể do chi phí sử dụng nợ ngắn hạn thấp hơn chi phí sử dụng vốn khác.

Ngoài ra, WACC nghịch biến với LD, cho thấy WACC cũng có xu hướng giảm khi tỷ lệ nợ dài hạn tăng với mức ý nghĩa 1%, có thể do gần đây các doanh nghiệp có khả năng tiếp cận nguồn vốn dài hạn với lãi suất thấp từ chính sách hỗ trợ của Nhà nước để

khuyến đại lợi ích từ tấm chắn thuế và đòn bẩy từ nợ vay đem lại và gia tăng tính vững cho doanh nghiệp trong hoạt động dài hạn. WACC có quan hệ đồng biến với LNEM với mức ý nghĩa 1%, hàm ý là doanh nghiệp logistics tăng quy mô thì chi phí sử dụng vốn bình quân cũng có xu hướng tăng. Kết quả này có thể do nhà đầu tư kỳ vọng cao hơn đối với những doanh nghiệp lớn và đây cũng là áp lực của khối doanh nghiệp này trong hoạt động. Tỷ lệ nợ ngắn hạn có mối quan hệ tích cực với tỷ lệ nợ dài hạn với mức ý nghĩa 1%, khi các doanh nghiệp tăng sử dụng nợ thì tăng cả nợ ngắn hạn lẫn dài hạn, điều này có thể do doanh nghiệp sử dụng đồng thời và linh hoạt giữa các hạn mức được cấp để tài trợ hoạt động, trên cơ sở điều hòa giữa dòng vốn ngắn hạn và dài hạn tùy theo dự án và mục đích sử dụng vốn để gia tăng giá trị cho doanh nghiệp. Tỷ lệ nợ ngắn hạn có quan hệ ngược chiều với quy mô doanh nghiệp với mức ý nghĩa 1%, phản ánh là doanh nghiệp lớn có xu hướng sử dụng nợ ngắn hạn ít hơn, có thể lợi thế từ quy mô đã làm cho các doanh nghiệp lớn dễ tiếp cận với nguồn tài trợ dài hạn và từ đó nâng cao được tính bền vững trong hoạt động kinh doanh.

Kết quả nghiên cứu từ mô hình RE GLS cho thấy mô hình có ý nghĩa thống kê ở mức 1%. WACC và SD có mối quan hệ nghịch biến với ROE. LD đồng biến với ROE và không có ý nghĩa thống kê. LNEM có ý nghĩa thống kê ở mức dưới 5%, khi vốn hóa thị trường tăng 1% thì ROE có xu hướng giảm 2,4%, phản ánh xu hướng các doanh nghiệp có vốn hóa gia tăng sẽ ghi nhận hiệu quả sinh lời giảm dần [14].

Theo kết quả nghiên cứu từ mô hình hồi quy OLS, có sai số chuẩn robust, nhằm kiểm định mối quan hệ phi tuyến bậc 2 giữa WACC và ROE, để giải thích rõ hơn về các mối quan hệ giữa các biến trong mô hình. Kết quả kiểm định cho thấy mô hình có ý nghĩa thống kê ở mức dưới 5%, WACC² với đảm bảo dưới 10%, cho thấy mối quan hệ phi tuyến tính giữa ROE và WACC, gợi ý tồn tại mức WACC tối ưu theo kết quả kiểm định utest. Điểm cực trị tối ưu của WACC tính bằng $WACC_{max} = WACC / (2WACC^2) = 13,35\%$, khi đó ROE đạt giá trị cực đại ước tính là 0,8425 hay 84,25%, hàm ý hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp tăng khi chi phí sử dụng vốn bình quân ở mức dưới mức WACC tối ưu, theo Hình 1.



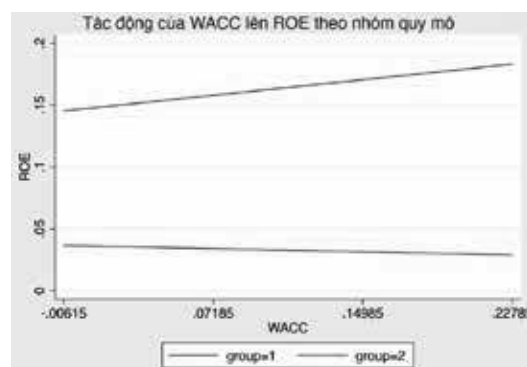
Hình 1. Mối quan hệ phi tuyến tính giữa WACC và ROE

Phát hiện này gợi ý rằng tồn tại ngưỡng chi phí sử dụng vốn tối ưu của các doanh nghiệp logistics, tại mức WACC này hiệu quả sinh lời của doanh nghiệp được tối đa hóa, phù hợp với lý thuyết đánh đổi của MM năm 1958 trong quản trị tài chính doanh nghiệp. Cũng tại mức này, các doanh nghiệp logistics có thể cân bằng được giữa lợi ích tấm chắn thuế từ nợ vay và chi phí sử dụng vốn tối đa hay mức chi phí kiệt quệ tài chính, gợi ý của kết quả nghiên cứu cũng tương đồng với các nghiên cứu thực nghiệm trong khu vực, các quốc gia đang phát triển, ghi nhận mối quan hệ phi tuyến giữa chi phí vốn và hiệu quả hoạt động doanh nghiệp [15]. Các biến kiểm soát như SD, LD không có ý nghĩa thống kê, LNEM tương quan ngược chiều với

ROE và có ý nghĩa thống kê 1%, hàm ý khi quy mô tăng thì ROE có xu hướng giảm, thể hiện qua phương trình (1) sau:

$$ROE = 0,815 + 0,405WACC - 1,517WACC^2 - 0,242SD + 0,055LD - 0,025LNEM \quad (1)$$

Để thấy rõ hơn tác động của WACC theo đặc điểm riêng của các doanh nghiệp logistics, LNEM có giá trị trung bình là 27,72, trung vị median (50%) là 27,26. Nhóm 1 là các doanh nghiệp logistics quy mô vừa và nhỏ sẽ có LNEM không vượt quá 27,26 và doanh nghiệp lớn hay nhóm 2 sẽ có giá trị LNEM lớn hơn 27,26. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình có ý nghĩa thống kê ở mức 1%. Hệ số $b_2 = -0,11$ có ý nghĩa ở mức 5%, hàm ý là khi các biến khác giữ nguyên thì nhóm doanh nghiệp lớn có ROE thấp hơn doanh nghiệp vừa và nhỏ khoảng 11% được thể hiện trong Hình 2. Hằng số $b_0 = 0,1383$ có mức ý nghĩa cao dưới 1% cho thấy rằng khi các biến khác bằng 0 thì ROE của doanh nghiệp vừa và nhỏ là 13,8%, các biến còn lại không có ý nghĩa thống kê.

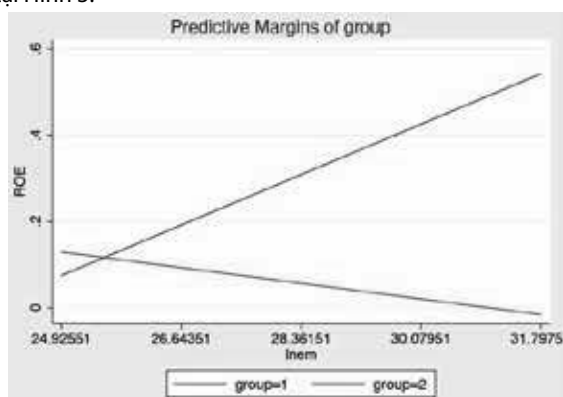


Hình 2. Mối quan hệ của WACC và ROE theo nhóm quy mô doanh nghiệp logistics

Để làm rõ hơn mối quan hệ giữa WACC và ROE khi có tính đến đặc điểm quy mô doanh nghiệp, nghiên cứu thực hiện phân tích ROE dự báo tại 4 mức WACC, lần lượt là -0,00615, 0,07185, 0,14985, 0,22785. Kết quả cho thấy doanh nghiệp vừa và nhỏ có ROE dự báo có ý nghĩa thống kê 1% và tăng theo thứ tự từ 0,1453, 0,1579, 0,1705, 0,1831 khi tăng WACC, điều này gợi ý rằng các doanh nghiệp vừa và nhỏ đã tận dụng tốt đòn bẩy tài chính, khả năng quản trị vốn tốt ở quy mô vừa phải và đạt hiệu quả tốt. Đối với các doanh nghiệp lớn, kết quả không có ý nghĩa, nhưng kết quả cũng cho thấy gợi ý là ROE của các doanh nghiệp lớn thấp hơn ROE của các doanh nghiệp vừa và nhỏ tại 4 mức WACC lần lượt là 0,1087, 0,1239, 0,1390, 0,1541. Khi WACC tăng thì ROE có xu hướng giảm nhẹ dần từ 0,037 xuống 0,029, không có ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên, kết quả này gợi ý rằng có sự khác biệt về hiệu quả sử dụng vốn theo đặc thù riêng của doanh nghiệp, doanh nghiệp quy mô càng lớn sẽ có khả năng gặp vấn đề hiệu quả giảm theo quy mô [16]. Qua đó, cho thấy các doanh nghiệp vừa và nhỏ vận hành hiệu quả hơn đáng kể so với doanh nghiệp lớn ở mọi mức chi phí sử dụng vốn và khoảng cách chênh lệch càng tăng khi WACC tăng. Kết quả gợi ý rằng các giải pháp nâng cao hiệu quả sinh lời cho doanh nghiệp lớn cần hướng đến cải thiện năng suất hoạt động nội tại, năng lực quản trị, giảm tác động do năng suất giảm theo quy mô.

Nghiên cứu tiếp tục làm rõ hơn tác động của quy mô của các doanh nghiệp đến hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp logistics dựa trên trung vị biến LNEM. Kết quả cho thấy tổng thể mô hình có ý nghĩa ở mức 1%, các doanh nghiệp logistics vừa và nhỏ có tương quan dương với ROE với mức ý nghĩa 10%, $b_1 = 0,068$, kết quả gợi ý là khi quy mô doanh nghiệp (LNEM) tăng 1 đơn vị thì hiệu quả (ROE) của doanh nghiệp có quy mô vừa và nhỏ tăng 0,068 đơn vị với mức ý nghĩa 10%. Kết quả nghiên cứu gợi ý rằng các doanh nghiệp vừa

và nhỏ đang có hiệu suất tăng theo quy mô, khi tăng quy mô thì ROE của khối doanh nghiệp này tăng, năng lực quản trị tốt như trình bày tại Hình 3.



Hình 3. mối quan hệ giữa quy mô doanh nghiệp logistics có phân nhóm và ROE

Mặc dù khi $LNEM = 0$ thì ROE doanh nghiệp quy mô lớn cao hơn quy mô vừa và nhỏ là 2,28 và có ý nghĩa biên 10%. Tuy nhiên, đối với doanh nghiệp lớn thì tốc độ giảm nhẹ thông qua hệ số $(b_1 + b_3) = (0,068 - 0,089) = -0,021$, mức ý nghĩa 10%. Hàm ý là việc gia tăng quá mức quy mô lại làm gánh nặng tăng thêm đối với các doanh nghiệp lớn, do quản trị bắt đầu kém hiệu quả, phát sinh từ bộ máy công kênh, chi phí quản lý doanh nghiệp tăng, tốc độ gia tăng doanh thu thấp hơn tốc độ tăng chi phí và từ đó chi phí vận hành tăng theo quy mô, vượt quá khả năng tạo ra lợi nhuận biên. Kết quả cũng gợi ý quan hệ không đồng nhất giữa ROE và quy mô doanh nghiệp, thậm chí là ngược chiều, thể hiện tại Hình 3.

3. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

3.1. Kết luận, kiến nghị

Theo báo cáo Logistics Việt Nam năm 2026, Việt Nam có lợi thế chiến lược trong logistics, sản xuất, nằm trên vị trí trên tuyến hàng hải trọng yếu của thế giới với hơn 3.260 km bờ biển, chưa kể kết nối từ hệ thống sông ngòi dày đặc khắp cả nước và khu vực, là nơi vận chuyển khoảng 30% lưu lượng hàng hải toàn cầu giá trị tương đương 5,3 nghìn tỷ USD/năm và có hệ thống khu chế xuất, công nghiệp, khu kinh tế, phát triển FEZ, EPZ, khu thương mại tự do, nâng tầm vị thế của logistics và công nghiệp Việt Nam tầm khu vực và thế giới [17]. Để đạt mục tiêu chiến lược đầu tư hạ tầng chiến lược đến năm 2030 - 2050, đặt mục tiêu hiện đại hóa toàn bộ mạng lưới giao thông vận tải, logistics, nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Dựa trên kết quả phân tích theo dữ liệu nghiên cứu, bài báo rút ra một số kết luận và hàm ý chính sách sau:

1) Kết quả nghiên cứu gợi ý sự tồn tại của ngưỡng WACC tối ưu ở mức ý nghĩa biên 10%, sự không nhất quán trong tác động giữa quy mô doanh nghiệp và ROE trong ngành logistics Việt Nam, qua đó bổ sung vào cơ sở lý luận tài chính của các doanh nghiệp logistics tại quốc gia đang phát triển như Việt Nam.

2) Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy WACC tác động tích cực và có ý nghĩa đến ROE của doanh nghiệp vừa và nhỏ và gợi ý tác động tiêu cực nhẹ đến các doanh nghiệp lớn. Qua đó, Nhà nước cần xây dựng chính sách tài chính có tính phân biệt theo quy mô doanh nghiệp, đặc biệt ưu tiên khối doanh nghiệp vừa và nhỏ, tạo điều kiện cho các doanh nghiệp này có thể tận dụng cơ hội mở rộng quy mô, nâng cao hiệu quả hoạt động thay vì áp dụng chung một chính sách cho toàn ngành và có một số ràng buộc mang tính kích thích tăng năng suất, nâng cao mức độ giám sát năng suất với doanh

nh nghiệp lớn nhằm hạn chế tác động tiêu cực từ việc gia tăng quy mô.

3.2. Hướng nghiên cứu tiếp theo

Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng còn chưa đề cập đến các yếu tố quản trị, điều kiện kinh tế vĩ mô hay đặc thù ngành vào trong mô hình. Do đó, để giải thích toàn diện hơn các nhân tố tác động đến hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp logistics tại Việt Nam, tác giả định hướng mở rộng các yếu tố tác động trong các bài nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Myers, S. C., & Majluf, N. S. Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have. *Journal of Financial Economics*, no. 13(2), pp. 187-221, 1984, doi: 10.1016/0304-405X(84)90023-0.
- [2] Wu, X., & Wang, Z. Equity financing in a Myers-Majluf framework with private benefits of control. *Journal of Corporate Finance*, no. 11(5), pp. 915-945, 2005, doi: 10.1016/j.jcorpfin.2004.04.001.
- [3] Modigliani, F., & Miller, M. H. The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*, no. 48(3), pp. 261-297, 1958, doi: 10.1257/aer.48.3.261.
- [4] Alipour, M., Mohammadi, M. F. S., & Derakhshan, H. Determinants of capital structure: an empirical study of firms in Iran. *International Journal of Law and Management*, no. 57(1), pp. 53-83, 2015, doi: 10.1108/IJLMA-01-2013-0004.
- [5] Huaman-Roque, A. J., Cuyate-Reque, P., Cueva-Ruesta, J., & Cordova-Buiza, F. Impact of Weighted Average Cost of Capital and Profitability on Economic Value Added of Firms in the Industrial Sector. *Journal of Risk and Financial Management*, no. 18(11), p. 650, 2025, doi: 10.3390/jrfm18110650.
- [6] Vinh, X., & Ellis, C. An empirical investigation of capital structure and firm value in Vietnam. *Finance Research Letters*, no. 22, pp. 90-94, 2017, doi: 10.1016/j.frl.2016.10.014.
- [7] Modigliani, F., & Miller, M. H. The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*, no. 48(3), pp. 261-297, 1958.
- [8] Sharpe, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, no. 19(3), pp. 425-442, 1964, doi: 10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x.
- [9] Reilly, R. R., & Wecker, W. E. On the weighted average cost of capital. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, no. 8(1), pp. 123-126, 1973, doi: 10.2307/2329754.
- [10] Frank, M. Z., & Shen, T. Investment and the weighted average cost of capital. *Journal of Financial Economics*, no. 119(2), pp. 300-315, 2016, doi: 10.1016/j.jfineco.2015.09.001.
- [11] Ullah, A., Pinglu, C., Ullah, S., Zaman, M., & Hashmi, S. H. The nexus between capital structure, firm-specific factors, macroeconomic factors and financial performance in the textile sector of Pakistan. *Heliyon*, no. 6(8), pp. 1-32, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04741.
- [12] Ahmed, A. M., Sharif, N. A., Ali, M. N., & Hagen, I. Effect of firm size on the association between capital structure and profitability. *Sustainability*, no. 15(14), p. 11196, 2023, doi: 10.3390/su151411196.
- [13] Fama, E. F., & French, K. R. The cross-section of expected stock returns. *The Journal of Finance*, no. 47(2), pp. 427-465, 1992, doi: 10.1111/j.1540-6261.1992.tb04398.x.
- [14] Yadav, I. S., Pahi, D., & Gangakhedkar, R. The nexus between firm size, growth and profitability: new panel data evidence from Asia-Pacific markets. *European Journal of Management and Business Economics*, no. 31(1), pp. 115-140, 2022, doi: 10.1108/EJMBE-03-2021-0077.
- [15] Karaca, C., Mensi, W., & Gemici, E. Inverted U-shaped dynamics of capital structure and firm value: evidence from an emerging market. *Borsa Istanbul Review*, no. 25(5), pp. 939-952, 2025, doi: 10.1016/j.bir.2025.05.010.
- [16] Ismail, T. H., & Obiedallah, Y. R. Firm performance and cost of equity capital: the moderating role of narrative risk disclosure quality in Egypt. *Future Business Journal*, no. 8(1), pp. 1-19, 2022, doi: 10.1186/s43093-022-00156-2.
- [17] SHS. Báo cáo ngành Logistics Việt Nam, no. 1, p. 7, 2025.

Rào cản trong phát triển dịch vụ logistics xanh tại các doanh nghiệp bưu chính

Barriers to the development of green logistics services in postal enterprises

> PGS.TS DƯƠNG HỮU TUYẾN*, PGS.TS NGUYỄN ĐĂNG QUANG

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: dhtuyen@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xác định và đánh giá các rào cản ảnh hưởng đến phát triển dịch vụ logistics xanh tại các doanh nghiệp bưu chính ở Việt Nam. Dữ liệu được thu thập từ 85 cán bộ quản lý và nhân viên đang làm việc tại các doanh nghiệp bưu chính thông qua khảo sát trong tháng 4/2026. Kết quả cho thấy 5 nhóm rào cản chính gồm: Tài chính, công nghệ và cơ sở hạ tầng, tổ chức và nguồn nhân lực, thị trường và khách hàng, chính sách và thể chế. Trong đó, rào cản tài chính và rào cản công nghệ được đánh giá có mức độ ảnh hưởng lớn nhất. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất một số hàm ý quản trị nhằm thúc đẩy phát triển dịch vụ logistics xanh tại các doanh nghiệp bưu chính Việt Nam.

Từ khóa: Logistics xanh; doanh nghiệp bưu chính; rào cản; phát triển bền vững; logistics bưu chính.

ABSTRACT

This study aims to identify and evaluate the barriers affecting the development of green logistics services in postal enterprises in Vietnam. Data were collected through a survey of 85 managers and employees working in postal enterprises in April 2026. The results reveal five major barriers, including financial barriers, technological and infrastructure barriers, organizational and human resource barriers, market and customer barriers and policy and institutional barriers. Among these, financial and technological barriers were found to have the greatest impact on the development of green logistics services. Based on the findings, several managerial implications are proposed to promote green logistics development and support the sustainable growth of postal enterprises in Vietnam.

Keywords: Green logistics; postal enterprises; barriers, sustainable development; postal logistics.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và yêu cầu phát triển bền vững ngày càng được quan tâm, logistics xanh đang trở thành xu hướng tất yếu đối với nhiều ngành kinh tế, trong đó có ngành Bưu chính. Việc áp dụng các giải pháp logistics xanh không chỉ góp phần giảm phát thải khí nhà kính, tiết kiệm năng lượng mà còn nâng cao hiệu quả hoạt động và năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp. Tại Việt Nam, sự phát triển mạnh mẽ của thương mại điện tử đã thúc đẩy nhu cầu dịch vụ bưu chính, chuyển phát tăng nhanh, kéo theo sự gia tăng về vận tải, kho bãi và tiêu thụ bao bì. Điều này làm gia tăng áp lực đối với môi trường thông qua phát thải khí nhà kính, tiêu hao năng lượng và phát sinh chất thải. Trong khi đó, cam kết đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 của Việt Nam đòi hỏi các doanh nghiệp bưu chính phải đẩy mạnh quá trình chuyển đổi xanh trong hoạt động logistics.

Mặc dù một số doanh nghiệp đã triển khai các giải pháp như sử dụng phương tiện giao hàng thân thiện với môi trường, ứng dụng công nghệ tối ưu hóa tuyến vận chuyển hoặc sử dụng bao bì tái chế, việc phát triển logistics xanh vẫn còn gặp nhiều khó khăn liên quan đến nguồn vốn đầu tư, công nghệ, cơ sở hạ tầng, chính sách hỗ trợ và nhận thức của khách hàng. Xuất phát từ thực tiễn đó, bài báo tập trung xác định và đánh giá các rào cản chủ yếu trong phát triển dịch vụ logistics xanh tại các doanh nghiệp bưu chính ở Việt Nam. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất một số hàm ý quản trị nhằm thúc đẩy quá trình chuyển đổi xanh và phát triển bền vững của ngành Bưu chính trong thời gian tới.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ PHÁT TRIỂN DỊCH VỤ LOGISTICS XANH TẠI DOANH NGHIỆP BƯU CHÍNH

2.1. Doanh nghiệp bưu chính

Doanh nghiệp bưu chính là tổ chức kinh tế được thành lập và hoạt động theo quy định của pháp luật trong cung cấp các dịch vụ bưu chính, bao gồm dịch vụ chấp nhận, vận chuyển, phát và chuyển phát thư, bưu phẩm, bưu kiện cũng như các dịch vụ gia tăng khác có liên quan đến quá trình luân chuyển hàng hóa và thông tin. Theo quy định của Liên minh Bưu chính Thế giới, doanh nghiệp bưu chính đóng vai trò là mắt xích quan trọng trong hệ thống kết nối thương mại, thúc đẩy giao lưu kinh tế, văn hóa và xã hội giữa các khu vực, quốc gia và vùng lãnh thổ. Trong bối cảnh toàn cầu hóa và sự phát triển mạnh mẽ của thương mại điện tử, phạm vi hoạt động của các doanh nghiệp bưu chính không chỉ giới hạn ở việc cung cấp dịch vụ thư tín truyền thống mà còn mở rộng sang các dịch vụ logistics, kho vận, hoàn tất đơn hàng, giao hàng chặng cuối và các giải pháp chuỗi cung ứng tích hợp.

Tại Việt Nam, hoạt động bưu chính được điều chỉnh bởi Luật Bưu chính năm 2010 và các văn bản hướng dẫn thi hành. Theo đó, doanh nghiệp bưu chính là doanh nghiệp được cấp phép hoặc xác nhận thông báo hoạt động bưu chính để cung cấp một hoặc nhiều dịch vụ bưu chính trên lãnh thổ Việt Nam hoặc quốc tế. Các doanh nghiệp bưu chính đang đảm nhận vai trò chủ lực trong việc cung cấp dịch vụ chuyển phát và logistics phục vụ nhu cầu ngày càng gia tăng của nền kinh tế số.

Về đặc điểm hoạt động, doanh nghiệp bưu chính sở hữu mạng lưới vận hành rộng khắp, bao gồm các điểm phục vụ, trung tâm khai thác, kho hàng, phương tiện vận tải và đội ngũ nhân viên giao nhận. Quá trình cung cấp dịch vụ thường trải qua nhiều công đoạn từ thu gom, phân loại, vận chuyển, lưu kho đến phát hàng cho khách hàng cuối cùng. Đặc điểm này khiến hoạt động của doanh nghiệp bưu chính tiêu thụ lượng lớn nhiên liệu, điện năng, vật liệu đóng gói và các nguồn lực khác. Đồng thời, hoạt động vận tải và giao nhận với tần suất cao cũng tạo ra lượng phát thải khí nhà kính đáng kể, đặc biệt là khí CO₂ từ các phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Do đó, ngành Bưu chính được xem là một trong những lĩnh vực có tiềm năng lớn trong việc thực hiện các giải pháp giảm phát thải và phát triển logistics xanh.

2.2. Rào cản trong phát triển dịch vụ logistics xanh tại doanh nghiệp bưu chính

2.2.1. Khái niệm rào cản trong phát triển dịch vụ logistics xanh

Logistics xanh được hiểu là việc lồng ghép các mục tiêu bảo vệ môi trường vào hoạt động logistics nhằm giảm tiêu thụ năng lượng, hạn chế phát thải khí nhà kính, sử dụng hiệu quả tài nguyên và giảm các tác động tiêu cực đến môi trường trong suốt quá trình vận chuyển, lưu kho và phân phối hàng hóa (Lin & Ho, 2011 [4]; Centobelli et al., 2017 [2]). Đây được xem là một trong những định hướng quan trọng giúp doanh nghiệp nâng cao hiệu quả hoạt động đồng thời đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững.

Mặc dù mang lại nhiều lợi ích về kinh tế, xã hội và môi trường, việc triển khai logistics xanh trên thực tế vẫn gặp không ít khó khăn. Theo Walker et al. (2008) [6], rào cản là những yếu tố cản trở hoặc làm giảm khả năng áp dụng các hoạt động quản lý môi trường trong chuỗi cung ứng. Nghiên cứu của Abbasi và Nilsson (2016) [1] cho thấy các doanh nghiệp logistics thường gặp phải nhiều trở ngại liên quan đến nguồn lực tài chính, công nghệ, cơ cấu tổ chức, nhu cầu thị trường và môi trường chính sách khi thực hiện các sáng kiến xanh.

Đối với các doanh nghiệp bưu chính, những rào cản này trở nên rõ nét hơn do đặc điểm hoạt động dựa trên mạng lưới vận chuyển rộng, khối lượng bưu gửi lớn và yêu cầu giao hàng nhanh. Theo Thiele et al. (2022) [5], việc chuyển đổi sang mô hình logistics

xanh trong lĩnh vực bưu chính đòi hỏi doanh nghiệp phải đầu tư đáng kể cho phương tiện vận tải phát thải thấp, hạ tầng hỗ trợ và các hệ thống quản lý vận hành hiện đại. Bên cạnh đó, Kremeňová và Koncová (2021) [3] cho rằng hoạt động giao hàng chặng cuối là một trong những khâu phát sinh nhiều chi phí và phát thải nhất, gây ra không ít thách thức trong quá trình triển khai các giải pháp logistics xanh.

Tổng hợp các nghiên cứu trước đây cho thấy các rào cản trong phát triển dịch vụ logistics xanh tại doanh nghiệp bưu chính có thể được phân thành 5 nhóm chính gồm: Rào cản tài chính; rào cản công nghệ và cơ sở hạ tầng; rào cản tổ chức và nguồn nhân lực; rào cản thị trường và khách hàng; rào cản chính sách, thể chế. Đây cũng là các nhóm rào cản được sử dụng làm cơ sở xây dựng mô hình nghiên cứu và thang đo trong bài báo này.

2.2.2. Các nhóm rào cản trong phát triển logistics xanh tại doanh nghiệp bưu chính

Các nghiên cứu về logistics xanh cho thấy việc áp dụng các giải pháp thân thiện với môi trường trong doanh nghiệp bưu chính chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau (Lin & Ho, 2011 [4]; Abbasi & Nilsson, 2016 [1]). Trước hết, hạn chế về nguồn lực tài chính khiến doanh nghiệp gặp khó khăn khi đầu tư phương tiện vận tải phát thải thấp, công nghệ tiết kiệm năng lượng hoặc cải tạo hệ thống kho bãi theo hướng xanh hơn.

Bên cạnh đó, khả năng tiếp cận công nghệ và hạ tầng hỗ trợ còn chưa đồng bộ cũng làm giảm hiệu quả của quá trình chuyển đổi xanh. Nhiều doanh nghiệp vẫn phụ thuộc vào các phương tiện vận tải truyền thống và chưa có điều kiện ứng dụng các giải pháp quản lý logistics hiện đại (Thiele et al., 2022 [5]).

Ngoài các yếu tố về nguồn lực, nhận thức và năng lực triển khai của doanh nghiệp cũng đóng vai trò quan trọng. Sự thiếu hụt nhân sự có kiến thức chuyên môn, cùng với mức độ cam kết chưa cao của một số nhà quản lý có thể làm chậm việc thực hiện các sáng kiến môi trường (Walker et al., 2008 [6]).

Ở góc độ thị trường, nhu cầu đối với các dịch vụ logistics xanh chưa thật sự rõ nét do khách hàng vẫn ưu tiên chi phí và thời gian giao hàng hơn các lợi ích môi trường. Đồng thời, hệ thống chính sách hỗ trợ và các cơ chế khuyến khích đầu tư xanh hiện vẫn đang trong quá trình hoàn thiện (Centobelli et al., 2017 [2]; Kremeňová & Koncová, 2021 [3]).

Từ các kết quả nghiên cứu trước đây, bài báo xem xét 5 nhóm rào cản chính ảnh hưởng đến phát triển dịch vụ logistics xanh tại doanh nghiệp bưu chính gồm: Tài chính; công nghệ, hạ tầng; tổ chức và nguồn nhân lực; thị trường và khách hàng; chính sách và thể chế.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện nhằm nhận diện và đánh giá mức độ ảnh hưởng của các rào cản đối với phát triển dịch vụ logistics xanh tại các doanh nghiệp bưu chính ở Việt Nam. Để đạt được mục tiêu nghiên cứu, tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu định lượng kết hợp với phương pháp thống kê mô tả. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập thông qua khảo sát bằng bảng hỏi cấu trúc. Bảng khảo sát được thiết kế theo thang đo Likert 5 mức độ, từ 1 - "Hoàn toàn không đồng ý" đến 5 - "Hoàn toàn đồng ý". Đối tượng khảo sát là cán bộ quản lý, nhân viên vận hành, khai thác, logistics và giao nhận đang làm việc tại các doanh nghiệp bưu chính. Quá trình khảo sát được thực hiện trong tháng 4/2026 bằng hình thức trực tuyến và trực tiếp. Sau khi loại bỏ các phiếu không hợp lệ,

ngiên cứu thu được 85 phiếu khảo sát hợp lệ để đưa vào phân tích. Mẫu khảo sát được đánh giá là phù hợp vì những người tham gia đều có hiểu biết và kinh nghiệm thực tế liên quan đến hoạt động logistics và bưu chính.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả khảo sát cho thấy tất cả các nhóm rào cản đều có giá trị trung bình lớn hơn 3,5 điểm, dao động từ 3,65 đến 4,18 điểm. Điều này phản ánh rằng các doanh nghiệp bưu chính tại Việt Nam đang gặp nhiều khó khăn trong quá trình triển khai và phát triển dịch vụ logistics xanh. Mặc dù xu hướng chuyển đổi xanh đang ngày càng được quan tâm, song việc hiện thực hóa các mục tiêu về giảm phát thải, sử dụng năng lượng hiệu quả và phát triển logistics bền vững vẫn đang chịu tác động bởi nhiều yếu tố khác nhau.

Trong 5 nhóm rào cản được khảo sát, rào cản tài chính được đánh giá có mức độ ảnh hưởng lớn nhất với điểm trung bình đạt 4,18 điểm. Kết quả này cho thấy vấn đề chi phí vẫn là trở ngại hàng đầu đối với các doanh nghiệp bưu chính khi triển khai logistics xanh. Các khoản đầu tư cho phương tiện vận tải thân thiện môi trường, hệ thống kho bãi xanh, công nghệ quản lý phát thải và các giải pháp tiết kiệm năng lượng thường đòi hỏi nguồn vốn lớn trong khi thời gian thu hồi vốn tương đối dài. Đặc biệt, phần lớn doanh nghiệp bưu chính tại Việt Nam là doanh nghiệp nhỏ và vừa nên khả năng tiếp cận các nguồn vốn phục vụ chuyển đổi xanh còn hạn chế. Trong nhóm này, biến quan sát “Chi phí đầu tư phương tiện vận tải xanh cao” (Mean = 4,32) được đánh giá cao nhất, cho thấy khó khăn lớn nhất hiện nay nằm ở việc thay thế hoặc đầu tư mới đội xe vận tải theo hướng thân thiện với môi trường.

Đứng thứ hai là rào cản công nghệ và cơ sở hạ tầng với điểm trung bình 4,05 điểm. Kết quả này phản ánh thực trạng nhiều doanh nghiệp bưu chính chưa có điều kiện tiếp cận các công nghệ logistics xanh hiện đại hoặc gặp khó khăn trong việc tích hợp các giải pháp công nghệ mới vào hệ thống vận hành hiện hữu. Bên cạnh đó, hạ tầng hỗ trợ logistics xanh tại Việt Nam như trạm sạc xe điện, hệ thống quản lý năng lượng hay các trung tâm logistics xanh vẫn

đang trong giai đoạn phát triển, chưa đáp ứng đầy đủ nhu cầu của doanh nghiệp. Biến “Thiếu hạ tầng hỗ trợ phương tiện vận tải xanh” (Mean = 4,17) là yếu tố được đánh giá cao nhất trong nhóm này, cho thấy sự thiếu đồng bộ của hệ thống hạ tầng đang làm giảm hiệu quả của quá trình chuyển đổi xanh.

Rào cản chính sách và thể chế xếp thứ ba với điểm trung bình 3,97 điểm. Kết quả khảo sát cho thấy các doanh nghiệp vẫn mong muốn có thêm các chính sách hỗ trợ cụ thể từ phía Nhà nước nhằm thúc đẩy đầu tư vào logistics xanh. Những nội dung như ưu đãi thuế, hỗ trợ tín dụng xanh, xây dựng bộ tiêu chuẩn logistics xanh hay hoàn thiện hệ thống quy định về giảm phát thải được đánh giá là những yếu tố quan trọng. Trong nhóm này, biến “Thiếu cơ chế ưu đãi tài chính cho doanh nghiệp đầu tư logistics xanh” (Mean = 4,08) có giá trị cao nhất, cho thấy nhu cầu hỗ trợ tài chính từ phía Nhà nước là rất cần thiết để giảm áp lực đầu tư cho doanh nghiệp.

Tiếp theo là rào cản thị trường và khách hàng với điểm trung bình 3,82 điểm. Mặc dù nhận thức của xã hội về phát triển bền vững đang dần được nâng cao, song nhiều khách hàng vẫn ưu tiên các yếu tố như giá cả và tốc độ giao hàng hơn là các tiêu chí về môi trường. Điều này khiến doanh nghiệp gặp khó khăn trong việc chuyển phần chi phí đầu tư logistics xanh sang giá dịch vụ. Kết quả khảo sát cho thấy biến “Khách hàng chưa sẵn sàng chi trả thêm cho dịch vụ logistics xanh” (Mean = 3,98) có mức đánh giá cao nhất trong nhóm, phản ánh đây là một trong những thách thức đáng kể đối với việc thương mại hóa các dịch vụ logistics xanh trên thị trường.

Cuối cùng, rào cản tổ chức và nguồn nhân lực có điểm trung bình thấp nhất (3,65 điểm), tuy nhiên vẫn được đánh giá ở mức tương đối cao. Điều này cho thấy nhiều doanh nghiệp đã bắt đầu quan tâm đến các vấn đề môi trường và logistics xanh, nhưng vẫn còn thiếu đội ngũ nhân sự có chuyên môn sâu cũng như các chiến lược phát triển xanh mang tính dài hạn. Việc đào tạo nguồn nhân lực, nâng cao nhận thức của cán bộ quản lý và xây dựng văn hóa doanh nghiệp hướng tới phát triển bền vững vẫn là những yêu cầu quan trọng trong thời gian tới.

Bảng 1. Kết quả nghiên cứu

Nội dung biến quan sát	Mean	SD	Nguồn thang đo
I. Rào cản tài chính	4,18	0,67	
Chi phí đầu tư phương tiện vận tải xanh cao	4,32	0,64	Walker et al. (2008); Abbasi & Nilsson (2016)
Chi phí đầu tư cơ sở hạ tầng logistics xanh lớn	4,25	0,68	
Khó tiếp cận nguồn vốn để đầu tư logistics xanh	4,12	0,71	
Thời gian thu hồi vốn của các dự án logistics xanh kéo dài	4,08	0,66	
Chi phí vận hành các giải pháp logistics xanh còn cao	4,15	0,65	
II. Rào cản công nghệ và cơ sở hạ tầng	4,05	0,71	
Thiếu công nghệ logistics xanh phù hợp với doanh nghiệp	4,08	0,70	Lin & Ho (2011) Thiele et al. (2022) Thiele et al. (2022)
Hệ thống kho bãi xanh chưa được đầu tư đồng bộ	4,11	0,68	
Thiếu hạ tầng hỗ trợ phương tiện vận tải xanh	4,17	0,71	
Khó tích hợp công nghệ xanh vào hệ thống hiện có	3,96	0,73	
Thiếu hệ thống giám sát và kiểm soát phát thải	3,93	0,72	

Nội dung biến quan sát	Mean	SD	Nguồn thang đo
III. Rào cản tổ chức và nguồn nhân lực	3,65	0,77	Lin & Ho (2011) Abbasi & Nilsson (2016) Walker et al. (2008) Centobelli et al. (2017)
Thiếu nhân lực có kiến thức về logistics xanh	3,61	0,78	
Thiếu chuyên gia về logistics xanh trong doanh nghiệp	3,72	0,75	
Nhận thức của người lao động về logistics xanh còn hạn chế	3,58	0,80	
Ban lãnh đạo chưa ưu tiên đầu tư logistics xanh	3,66	0,74	
Chưa xây dựng chiến lược logistics xanh rõ ràng	3,68	0,78	
IV. Rào cản thị trường và khách hàng	3,82	0,73	Abbasi & Nilsson (2016) Centobelli et al. (2017) Walker et al. (2008) Centobelli et al. (2017)
Khách hàng chưa quan tâm nhiều đến dịch vụ logistics xanh	3,85	0,72	
Khách hàng chưa sẵn sàng chi trả thêm cho dịch vụ logistics xanh	3,98	0,69	
Nhu cầu thị trường đối với logistics xanh còn thấp	3,79	0,75	
Áp lực cạnh tranh về giá làm hạn chế đầu tư logistics xanh	3,76	0,74	
Lợi ích kinh tế từ logistics xanh chưa được thể hiện rõ	3,71	0,73	
V. Rào cản chính sách và thể chế	3,97	0,75	Walker et al. (2008) Abbasi & Nilsson (2016) Centobelli et al. (2017) Thiele et al. (2022) Kremeňová & Koncová (2021); Koncová et al. (2023)
Chính sách hỗ trợ logistics xanh còn hạn chế	4,03	0,73	
Thiếu cơ chế ưu đãi tài chính cho doanh nghiệp đầu tư logistics xanh	4,08	0,74	
Thiếu tiêu chuẩn logistics xanh trong ngành Bưu chính	3,95	0,76	
Quy định môi trường và giảm phát thải chưa đồng bộ	3,90	0,77	
Sự phối hợp giữa các cơ quan quản lý còn hạn chế	3,89	0,75	

Nguồn: Tổng hợp từ kết quả khảo sát của tác giả.

5. KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý QUẢN TRỊ

Nghiên cứu đã nhận diện và đánh giá các rào cản đối với phát triển dịch vụ logistics xanh tại các doanh nghiệp bưu chính thông qua khảo sát 85 cán bộ quản lý và nhân viên đang làm việc trong ngành Bưu chính. Kết quả cho thấy 5 nhóm rào cản chính ảnh hưởng đến quá trình phát triển logistics xanh gồm: Rào cản tài chính, công nghệ và cơ sở hạ tầng, tổ chức và nguồn nhân lực, thị trường và khách hàng và chính sách, thể chế.

Trong đó, rào cản tài chính được đánh giá có mức độ ảnh hưởng lớn nhất (Mean = 4,18), tiếp theo là rào cản công nghệ và cơ sở hạ tầng (Mean = 4,05) và rào cản chính sách, thể chế (Mean = 3,97). Điều này cho thấy khó khăn về vốn đầu tư, công nghệ xanh và cơ chế hỗ trợ vẫn là những trở ngại lớn đối với quá trình chuyển đổi xanh của các doanh nghiệp bưu chính.

Từ kết quả nghiên cứu, các doanh nghiệp bưu chính cần tăng cường đầu tư công nghệ, từng bước hiện đại hóa phương tiện vận tải, nâng cao chất lượng nguồn nhân lực và xây dựng chiến lược phát triển logistics xanh phù hợp với điều kiện thực tế. Đồng thời, cơ quan quản lý nhà nước cần hoàn thiện chính sách hỗ trợ, thúc đẩy tín dụng xanh, ưu đãi đầu tư và phát triển hạ tầng logistics xanh nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho doanh nghiệp triển khai các giải pháp logistics thân thiện với môi trường. Qua đó, góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh và thúc đẩy phát triển bền vững ngành Bưu chính Việt Nam trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Abbasi, M., & Nilsson, F. Developing environmentally sustainable logistics: Exploring themes and challenges from a logistics service providers' perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 273-283, 2016.
- [2] Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E. Environmental sustainability in the service industry of transportation and logistics service providers: Systematic literature review and research directions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 454-470, 2017.
- [3] Koncová, D., Kremeňová, I., & Fabus, J. A case study of the creation of a common depot for several postal operators to ensure the last mile in Slovakia. *Transportation Research Procedia*, 74, 3-10, 2023.
- [4] Kremeňová, I., & Koncová, D. Green delivery v oblasti poslednej mile v poštových podnikoch na Slovensku. *Pošta, Telekomunikácie a Elektronický Obchod*, 16(2), 37-41, 2021.
- [5] Lin, C. Y., & Ho, Y. H. Determinants of green practice adoption for logistics companies in China. *Journal of Business Ethics*, 98(1), 67-83, 2011.
- [6] Thiele, S., Niederprüm, A., & Junk, P. Climate-neutral postal services: Status quo of letter and parcel operators in Germany (Diskussionsbeitrag Nr. 496). *WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH*, 2022.
- [7] Walker, H., Di Sisto, L., & McBain, D. Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 14(1), 69-85, 2008.

Nghiên cứu các yếu tố quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam

A study of the factors determining air cargo transportation service selection by import-export enterprises in Vietnam

> TS NGÔ ĐỨC PHƯỚC

Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh

Email: phuoc.ngo@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu khảo sát 500 nhà quản lý và nhân viên phụ trách xuất nhập khẩu, logistics, vận tải quốc tế và chuỗi cung ứng nhằm xác định các yếu tố quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không tại Việt Nam. Kết quả phân tích bằng SPSS 24.0 cho thấy 6 yếu tố đều tác động tích cực đến quyết định lựa chọn dịch vụ, gồm: Chất lượng dịch vụ logistics hàng không ($\beta = 0,296$), cơ sở hạ tầng và kết nối vận tải hàng không ($\beta = 0,271$), năng lực và uy tín nhà cung cấp ($\beta = 0,247$), độ tin cậy ($\beta = 0,214$), thời gian và tốc độ vận chuyển ($\beta = 0,181$) và chi phí dịch vụ ($\beta = 0,152$). Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc nâng cao chất lượng dịch vụ và năng lực cạnh tranh của logistics hàng không tại Việt Nam.

Từ khóa: Vận tải hàng hóa hàng không; xuất nhập khẩu hàng hóa hàng không; lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không.

ABSTRACT

This study surveyed 500 managers and employees responsible for import-export operations, logistics, international transportation and supply chain management to identify the factors determining the selection of air cargo transportation services in Vietnam. The results of the analysis conducted using SPSS 24.0 indicate that all 6 factors have a positive impact on service selection decisions, including: Air logistics service quality ($\beta = 0.296$), air transport infrastructure and connectivity ($\beta = 0.271$), service provider capability and reputation ($\beta = 0.247$), reliability ($\beta = 0.214$), transit time and delivery speed ($\beta = 0.181$) and service cost ($\beta = 0.152$). The research findings provide a valuable basis for improving service quality and enhancing the competitiveness of the air logistics sector in Vietnam.

Keywords: Air freight transportation; air cargo import and export; air freight service selection.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không không chỉ đơn thuần dựa trên yếu tố chi phí mà còn chịu tác động đồng thời bởi nhiều yếu tố khác như chất lượng dịch vụ, độ tin cậy giao hàng, thời gian vận chuyển, khả năng theo dõi hàng hóa, mạng lưới khai thác, năng lực xử lý hàng hóa, uy tín của nhà cung cấp dịch vụ và khả năng đáp ứng các yêu cầu đặc thù của khách hàng [1, 2, 3].

Tại Việt Nam, cùng với tốc độ tăng trưởng nhanh của hoạt động xuất nhập khẩu, thị trường vận tải hàng hóa hàng không cũng đang phát triển mạnh mẽ trong khu vực châu Á - Thái Bình Dương, đặc biệt đối với các ngành điện tử, công nghệ cao, dệt may và nông sản chất lượng cao [4]. Hiện nay, phần lớn doanh nghiệp

xuất nhập khẩu Việt Nam vẫn ưu tiên lựa chọn nhà cung cấp dịch vụ dựa trên kinh nghiệm thực tiễn, mối quan hệ kinh doanh hoặc yếu tố giá cước vận chuyển, trong khi việc đánh giá một cách toàn diện các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ vẫn còn hạn chế [5]. Nhiều doanh nghiệp chưa xây dựng được hệ thống tiêu chí khoa học để đánh giá và lựa chọn nhà cung cấp dịch vụ vận tải hàng không phù hợp với đặc điểm hàng hóa và chiến lược kinh doanh của mình. Ngoài ra, thị trường vận tải hàng hóa hàng không Việt Nam hiện vẫn đang đối mặt với nhiều hạn chế về hạ tầng logistics, năng lực khai thác hàng hóa tại các cảng hàng không, khả năng kết nối đa phương thức và mức độ ứng dụng công nghệ số trong quản lý chuỗi cung ứng [6]. Mặc dù các cảng hàng không lớn như Nội Bài,

Tân Sơn Nhất và Long Thành trong tương lai được kỳ vọng sẽ nâng cao năng lực phục vụ hàng hóa, song năng lực cạnh tranh của dịch vụ vận tải hàng không Việt Nam vẫn chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố như chi phí logistics cao, năng lực kho hàng chưa đồng bộ, tình trạng ùn tắc hạ tầng kết nối và sự phụ thuộc vào các hãng hàng không quốc tế trong vận chuyển hàng hóa quốc tế đường dài. Việc nghiên cứu các yếu tố quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam là cần thiết nhằm cung cấp căn cứ thực tiễn cho doanh nghiệp và cơ quan quản lý trong việc nâng cao chất lượng dịch vụ, tăng cường năng lực cạnh tranh và phát triển bền vững ngành logistics hàng không.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU

2.1. Yếu tố quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu

Lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu là kết quả của quá trình đánh giá nhiều yếu tố khác nhau. Những yếu tố này phản ánh yêu cầu của doanh nghiệp đối với dịch vụ vận tải và đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành quyết định lựa chọn nhà cung cấp dịch vụ.

- *Chi phí dịch vụ vận tải hàng không:* Alexander và Merkert [7] cho rằng chi phí vận chuyển tác động trực tiếp đến nhu cầu sử dụng dịch vụ, trong khi Choi [8] nhận định doanh nghiệp sẵn sàng chi trả cao hơn nếu dịch vụ mang lại lợi ích về thời gian và hiệu quả chuỗi cung ứng. Hong và cộng sự [9] cho thấy sự biến động giá cước ảnh hưởng đáng kể đến việc lựa chọn nhà cung cấp, còn Ishiguro [10] khẳng định doanh nghiệp thường xem xét tổng chi phí logistics để tối ưu hóa hiệu quả hoạt động, từ đó hình thành giả thuyết nghiên cứu:

H₁: Chi phí dịch vụ tác động cùng chiều đến quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam.

- *Thời gian và tốc độ vận chuyển:* Choi và Park [11] đã nhấn mạnh lợi thế của vận tải hàng không nằm ở khả năng giao hàng nhanh, trong khi Alexander và Merkert [12] xem đây là lợi thế cạnh tranh cốt lõi trong thương mại quốc tế. Bên cạnh đó, Bombelli và Fazi [13] cùng Delgado và cộng sự [14] cho thấy việc bảo đảm thời gian xử lý, giao nhận và độ tin cậy của lịch trình, nên giả thuyết nghiên cứu được đặt ra:

H₂: Thời gian và tốc độ vận chuyển tác động cùng chiều đến quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam.

- *Độ tin cậy của dịch vụ:* Độ tin cậy là yếu tố quan trọng, theo Liu, Yin và Hansen [15] cho thấy sự chậm trễ giao hàng làm gia tăng chi phí và giảm niềm tin của khách hàng. Delgado và cộng sự [16], Shaban, Chan và Chung [17] nhấn mạnh vai trò của khả năng duy trì dịch vụ ổn định trước các gián đoạn, trong khi Bombelli, Santos và Tavasszy [18] khẳng định tính ổn định của mạng lưới vận tải quyết định chất lượng dịch vụ, vì thế giả thuyết được xác định:

H₃: Độ tin cậy của dịch vụ tác động cùng chiều đến quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam.

- *Chất lượng dịch vụ logistics hàng không:* Chất lượng dịch vụ logistics ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu. Merkert và Alexander [19] nhấn mạnh vai trò của khả năng đáp ứng và độ tin cậy dịch vụ; Bombelli và Fazi [20] đề cao hiệu quả xử lý hàng hóa; Shaban, Chan và Chung [21] khẳng định tầm quan trọng của việc duy trì dịch vụ ổn định; còn Bombelli, Santos và Tavasszy [22] cho thấy khả năng kết nối của mạng lưới vận tải góp phần nâng cao chất lượng dịch vụ, vì vậy giả thuyết được đưa ra:

H₄: Chất lượng dịch vụ logistics hàng không quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam.

- *Năng lực và uy tín của nhà cung cấp dịch vụ:* Hong, Kim và Niranjana [23] đã chỉ ra hiệu quả kỹ thuật, năng suất khai thác và mô hình kinh doanh của hãng hàng không là những yếu tố phản ánh năng lực cung ứng dịch vụ hàng hóa hàng không; Bombelli, Santos và Tavasszy [24] đề cao khả năng kết nối mạng lưới vận tải hàng không, trong khi Bombelli và Fazi [25] khẳng định hiệu quả xử lý hàng hóa; Shaban, Chan và Chung [26] nhấn mạnh khả năng duy trì dịch vụ ổn định, chính vì thế giả thuyết được đưa ra:

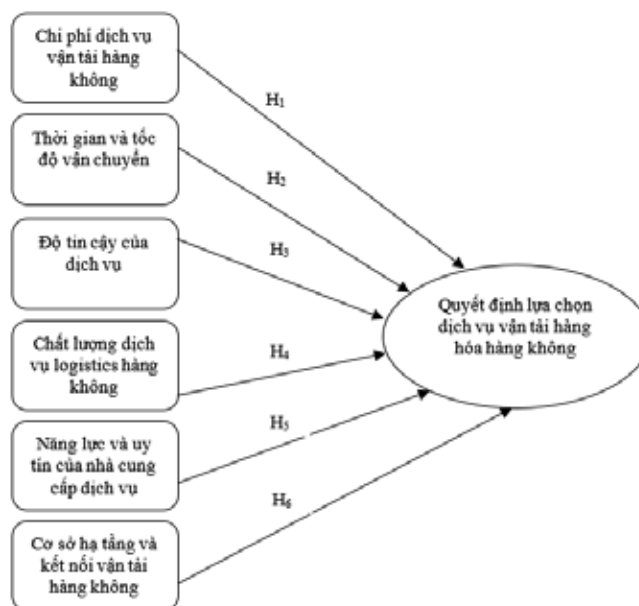
H₅: Năng lực và uy tín của nhà cung cấp tác động cùng chiều đến quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam.

- *Cơ sở hạ tầng và kết nối:* Theo Suwanwong và cộng sự [27] đã xác định vai trò của năng lực cảng hàng không và khả năng kết nối mạng lưới. Bombelli, Santos và Tavasszy [28] cùng Alexander và Merkert [29] cho rằng kết nối thị trường và độ bao phủ tuyến bay quyết định khả năng tiếp cận dịch vụ. Bên cạnh đó, Bombelli và Fazi [30] khẳng định năng lực hạ tầng khai thác góp phần nâng cao hiệu quả xử lý hàng hóa, nên giả thuyết được đề xuất:

H₆: Cơ sở hạ tầng và kết nối tác động cùng chiều đến quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam.

2.2. Mô hình nghiên cứu yếu tố quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu

Dựa trên nền tảng lý thuyết và các nghiên cứu thực nghiệm trước đây về dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không, đồng thời kết hợp kết quả phỏng vấn sâu 15 chuyên gia để hiệu chỉnh mô hình nghiên cứu, hoàn thiện thang đo và bổ sung các biến quan sát phù hợp với thực tiễn tại Việt Nam, mô hình nghiên cứu đề xuất được xây dựng và trình bày trong Hình 1.



Hình 1. Yếu tố quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không của doanh nghiệp xuất nhập khẩu tại Việt Nam

Nguồn: Tác giả tổng hợp.

Nghiên cứu khảo sát 500 nhà quản lý và nhân viên phụ trách xuất nhập khẩu, logistics, vận tải quốc tế và chuỗi cung ứng tại các doanh nghiệp xuất nhập khẩu ở Việt Nam đã từng sử dụng dịch vụ

vận tải hàng hóa hàng không và có tham gia hoặc hiểu biết về quá trình lựa chọn dịch vụ này. Dữ liệu được làm sạch, mã hóa và xử lý bằng phần mềm SPSS 24.0 thông qua các kỹ thuật thống kê mô tả, kiểm định Cronbach's Alpha, phân tích nhân tố khám phá (EFA) và phân tích hồi quy tuyến tính để kiểm định mô hình nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đánh giá thang đo bằng hệ số tin cậy Cronbach's Alpha

Thang đo trong nghiên cứu được kế thừa từ nhiều công trình nghiên cứu trước nên việc kiểm định độ tin cậy của thang đo là cần thiết. Theo Hair và các cộng sự [31], hệ số Cronbach's Alpha phải lớn hơn 0,6 và hệ số tương quan biến - tổng lớn hơn 0,3.

Bảng 1. Tóm tắt kết quả kiểm định Cronbach's Alpha

STT	Ký hiệu	Thành phần	Số biến	Cronbach's Alpha	Hệ số tương quan biến - tổng thấp nhất
1	CP	Chi phí dịch vụ vận tải hàng không	5	0,874	0,612
2	TG	Thời gian và tốc độ vận chuyển	4	0,856	0,587
3	TC	Độ tin cậy của dịch vụ	5	0,901	0,684
4	CL	Chất lượng dịch vụ logistics hàng không	6	0,918	0,721
5	NL	Năng lực và uy tín của nhà cung cấp dịch vụ	5	0,893	0,653
6	HT	Cơ sở hạ tầng và kết nối vận tải hàng không	6	0,911	0,706
7	QD	Quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không	3	0,842	0,628

Nguồn: Kết quả phân tích dữ liệu của tác giả.

Kết quả kiểm định Cronbach's Alpha cho thấy các thang đo đều đạt độ tin cậy cao, với hệ số Cronbach's Alpha từ 0,842 đến 0,918 và hệ số tương quan biến - tổng từ 0,587 đến 0,721. Trong đó, thang đo chất lượng dịch vụ logistics hàng không (CL) đạt 0,918, cơ sở hạ tầng và kết nối vận tải hàng không (HT) đạt 0,911 và độ tin cậy của dịch vụ (TC) đạt 0,901. Không có biến quan sát nào bị loại bỏ, do đó toàn bộ thang đo được giữ lại để thực hiện phân tích EFA.

3.2. Phân tích nhân tố khám phá EFA

Kết quả phân tích EFA đối với 31 biến quan sát thuộc 6 nhân tố độc lập cho thấy dữ liệu hoàn toàn phù hợp để phân tích nhân tố với hệ số KMO đạt 0,931 ($> 0,5$) và kiểm định Bartlett's Test có Sig. = 0,000 ($< 0,05$). Phương pháp trích Principal Component Analysis kết hợp phép quay Varimax đã rút trích được 6 nhân tố có Eigenvalue nhỏ nhất bằng 1,563 (> 1), với tổng phương sai trích đạt 73,824%, cho thấy các nhân tố giải thích được 73,824% sự biến thiên của dữ liệu Hair và các cộng sự [31]. Kết quả này khẳng định cấu trúc 6 nhân tố độc lập được giữ nguyên theo mô hình nghiên cứu đề xuất.

Đối với thang đo biến phụ thuộc quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không (QD), kết quả EFA bằng phương pháp Principal Axis Factoring và phép quay Promax cho thấy hệ số KMO đạt 0,761 ($> 0,5$), kiểm định Bartlett's Test có Sig. = 0,000. Đồng thời, phương sai trích đạt 76,418% và Eigenvalue bằng 2,293 (> 1), khẳng định 3 biến quan sát hội tụ tốt vào một nhân tố duy nhất và đáp ứng yêu cầu về giá trị hội tụ.

Bảng 2. Kết quả phân tích nhân tố khám phá EFA các biến độc lập

	Hệ số tải nhân tố					
	1	2	3	4	5	6
CL4	0,842					
CL2	0,825					
CL5	0,811					
CL1	0,793					
CL6	0,774					
CL3	0,756					
HT5		0,836				
HT3		0,821				
HT2		0,808				
HT6		0,792				
HT1		0,781				
HT4		0,753				
NL4			0,832			
NL2			0,815			
NL5			0,799			
NL1			0,778			
NL3			0,761			
TC3				0,846		
TC5				0,823		
TC1				0,801		
TC2				0,785		
TC4				0,759		
CP2					0,818	
CP5					0,801	
CP1					0,784	
CP3					0,762	
CP4					0,731	
TG2						0,827
TG1						0,803
TG4						0,786
TG3						0,758

Nguồn: Kết quả phân tích dữ liệu của tác giả.

3.3. Phân tích tương quan và phân tích hồi quy

Kết quả phân tích tương quan Pearson cho thấy các biến trong mô hình đều có mối tương quan có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa Sig. $< 0,05$, đáp ứng điều kiện để đưa vào phân tích hồi quy. Trên cơ sở đó, phân tích hồi quy tuyến tính bội được thực hiện theo phương pháp Enter, với kết quả được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả phân tích hồi quy

Mô hình	Hệ số chưa chuẩn hóa		Hệ số đã chuẩn hóa	Giá trị t	Mức ý nghĩa (Sig.)	Đa cộng tuyến	
	B	Sai số chuẩn	Beta			Độ chấp nhận	VIF
Hằng số C	0,587	0,163		3,601	0,000		
CP	0,143	0,048	0,152	2,979	0,003	0,738	1,355
TG	0,178	0,052	0,181	3,423	0,001	0,695	1,439
TC	0,206	0,056	0,214	3,679	0,000	0,667	1,499
CL	0,281	0,061	0,296	4,607	0,000	0,621	1,610
NL	0,239	0,058	0,247	4,121	0,000	0,654	1,529
HT	0,257	0,059	0,271	4,356	0,000	0,638	1,567
Biến phụ thuộc: QD							
R ² hiệu chỉnh: 0,712							
Thống kê F (ANOVA): 208,347							
Mức ý nghĩa Sig. (ANOVA): 0,000							
Durbin-Watson: 1,894							

Nguồn: Kết quả phân tích dữ liệu của tác giả.

Kết quả hồi quy cho thấy mô hình phù hợp với dữ liệu nghiên cứu ($F = 208,347$; $\text{Sig.} = 0,000$). Hệ số Durbin-Watson đạt 1,894, cho thấy không có hiện tượng tự tương quan; các biến độc lập không xảy ra đa cộng tuyến khi VIF dao động từ 1,355 đến 1,610 và Tolerance đều lớn hơn 0,1. Hệ số R^2 hiệu chỉnh đạt 0,712, chứng tỏ 71,2% sự biến thiên của quyết định lựa chọn dịch vụ vận tải hàng hóa hàng không được giải thích bởi sáu nhân tố nghiên cứu. Tất cả các nhân tố đều có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê ($\text{Sig.} < 0,05$), do đó các giả thuyết H1-H6 đều được chấp nhận. Phương trình hồi quy chuẩn hóa:

$$QD = 0,152CP + 0,181TG + 0,214TC + 0,296CL + 0,247NL + 0,271HT.$$

4. CÁC HÀM Ý QUẢN TRỊ ĐỀ XUẤT

Doanh nghiệp cung cấp dịch vụ cần xây dựng chính sách giá linh hoạt, minh bạch và tối ưu hóa chi phí khai thác nhằm nâng cao khả năng cạnh tranh, đồng thời cung cấp các gói dịch vụ phù hợp với từng nhóm khách hàng xuất nhập khẩu. Cần rút ngắn thời gian xử lý hàng hóa, tối ưu hóa quy trình giao nhận và tăng tần suất khai thác nhằm bảo đảm thời gian vận chuyển nhanh và ổn định.

Nâng cao khả năng giao hàng đúng thời gian cam kết, bảo đảm an toàn hàng hóa và duy trì tính ổn định của dịch vụ trong toàn bộ quá trình vận chuyển; tăng cường năng lực khai thác, mở rộng mạng lưới đối tác, xây dựng thương hiệu và nâng cao uy tín thông qua việc duy trì chất lượng dịch vụ ổn định. Nhà nước và doanh nghiệp cần đầu tư nâng cấp hạ tầng cảng hàng không, kho hàng hóa, trung tâm logistics và tăng cường kết nối đa phương thức để nâng cao hiệu quả vận tải hàng hóa hàng không.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. H. Choi, S. Kim and H. Lee. Investigating Paradigm Shift from Price to Value in the Air Cargo Industry. *Sustainability*, vol. 12, no. 23, pp. 1-17, 2020.
- [2] F. Merkert and M. Alexander. The Air Cargo Industry: A Review of Recent Research and Future Directions. *Journal of Air Transport Management*, vol. 75, pp. 60-69, 2019.
- [3] M. Florido-Benítez. The Role of Digital Transformation in Air Cargo Logistics Services. *Research in Transportation Business & Management*, vol. 43, 2022.
- [4] H. D. Chu. Challenges and Opportunities of Air Cargo Sector in Vietnam. Degree Thesis, Arcada University of Applied Sciences, Finland, 2022.
- [5] N. T. H. Nguyen and N. T. Tran. Factors Affecting Air Logistics Service Quality in Ho Chi Minh City. *Journal of Development and Integration*, vol. 61, pp. 74-82, 2022.
- [6] M. Florido-Benítez. Air Cargo Logistics and Digital Supply Chain Transformation. *Research in Transportation Business & Management*, vol. 51, 2024.
- [7] D. W. Alexander and R. Merkert. Applications of gravity models to evaluate and forecast US international air freight markets post-GFC. *Transport Policy*, vol. 104, pp. 52-62, 2021.
- [8] J. H. Choi. The value of time and the impact on the air freight product portfolio: A study of the South Korean market 2017 - 2021. *Journal of Air Transport Management*, vol. 109, 2023.
- [9] S. J. Hong, W. Kim and S. Niranjana. Challenges to the air cargo business of combination carriers: Analysis of two major Korean Airlines. *Journal of Air Transport Management*, vol. 108, 2023.
- [10] K. Ishiguro. Sea and air intermodal freight transport from East Asia to North America through Japan. *Journal of Air Transport Management*, vol. 124, 2025.
- [11] J. H. Choi and Y. H. Park. The value of time and the impact on the air freight product portfolio: A study of the South Korean market 2017 - 2021. *Journal of Air Transport Management*, vol. 109, Art. no. 102381, 2023.
- [12] D. W. Alexander and R. Merkert. Applications of gravity models to evaluate and forecast US international air freight markets post-GFC. *Transport Policy*, vol. 104, pp. 52-62, 2021.
- [13] A. Bombelli and S. Fazi. The ground handler dock capacitated pickup and delivery problem with time windows: A collaborative framework for air cargo operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 159, Art. no. 102603, 2022.
- [14] F. Delgado, C. Sirhan, M. Katscher and H. Larrain. Recovering from demand disruptions on an air cargo network. *Journal of Air Transport Management*, vol. 85, Art. no. 101799, 2020.
- [15] Y. Liu, M. Yin and M. Hansen. Economic costs of air cargo flight delays related to late package deliveries. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 125, pp. 388-401, 2019.
- [16] F. Delgado, C. Sirhan, M. Katscher and H. Larrain. Recovering from demand disruptions on an air cargo network. *Journal of Air Transport Management*, vol. 85, Art. no. 101799, 2020.
- [17] I. A. Shaban, F. T. S. Chan, and S. H. Chung. A novel model to manage air cargo disruptions caused by global catastrophes such as Covid-19. *Journal of Air Transport Management*, vol. 95, Art. no. 102086, 2021.
- [18] A. Bombelli, B. F. Santos and L. Tavasszy. Analysis of the air cargo transport network using a complex network theory perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 138, Art. no. 101959, 2020.
- [19] R. Merkert and D. W. Alexander. The air cargo industry, in *The Routledge Companion to Air Transport Management*, N. Halpern and A. Graham, Eds. London, U.K.: Routledge, 2018, pp. 29-47.
- [20] A. Bombelli and S. Fazi. The ground handler dock capacitated pickup and delivery problem with time windows: A collaborative framework for air cargo operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 159, Art. no. 102603, 2022.
- [21] I. A. Shaban, F. T. S. Chan and S. H. Chung. A novel model to manage air cargo disruptions caused by global catastrophes such as Covid-19. *Journal of Air Transport Management*, vol. 95, Art. no. 102086, 2021.
- [22] A. Bombelli, B. F. Santos and L. Tavasszy. Analysis of the air cargo transport network using a complex network theory perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 138, Art. no. 101959, 2020.
- [23] S. J. Hong, W. Kim and S. Niranjana. Challenges to the air cargo business of combination carriers: Analysis of two major Korean Airlines. *Journal of Air Transport Management*, vol. 108, Art. no. 102360, 2023.
- [24] A. Bombelli, B. F. Santos and L. Tavasszy. Analysis of the air cargo transport network using a complex network theory perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 138, Art. no. 101959, 2020.
- [25] A. Bombelli and S. Fazi. The ground handler dock capacitated pickup and delivery problem with time windows: A collaborative framework for air cargo operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 159, Art. no. 102603, 2022.
- [26] I. A. Shaban, F. T. S. Chan and S. H. Chung. A novel model to manage air cargo disruptions caused by global catastrophes such as Covid-19. *Journal of Air Transport Management*, vol. 95, Art. no. 102086, 2021.
- [27] T. Suwanwong, A. Sopadang, S. Hanaoka and T. Rodbundith. Evaluation of air cargo connectivity and policy in Thailand. *Transport Policy*, vol. 72, pp. 24-33, 2018.
- [28] A. Bombelli, B. F. Santos and L. Tavasszy. Analysis of the air cargo transport network using a complex network theory perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 138, Art. no. 101959, 2020.
- [29] D. W. Alexander and R. Merkert. Applications of gravity models to evaluate and forecast US international air freight markets post-GFC. *Transport Policy*, vol. 104, pp. 52-62, 2021.
- [30] A. Bombelli and S. Fazi. The ground handler dock capacitated pickup and delivery problem with time windows: A collaborative framework for air cargo operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 159, Art. no. 102603, 2022.
- [31] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin and R. E. Anderson, *Multivariate Data Analysis*, 7th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall, 2010.

Ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch và lãnh đạo đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ tại Việt Nam

The effects of planning and leadership on investor satisfaction with quality, schedule and cost performance in road transport infrastructure projects in Vietnam

> TS LÊ TRỌNG TÙNG

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: tunglt_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Trong các chức năng của quản lý thì lập kế hoạch và lãnh đạo là hai chức năng cơ bản quan trọng của quản lý nói chung và quản lý dự án xây dựng nói riêng. Bài báo nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch và lãnh đạo quá trình thực hiện dự án đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ (CSHT GTĐB) tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra các nhóm yếu tố về lập kế hoạch và lãnh đạo đều có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB. Nghiên cứu cung cấp cơ sở thực tiễn giúp chủ đầu tư và các nhà quản lý nhận diện rõ hơn tầm quan trọng của công tác lập kế hoạch và lãnh đạo trong việc nâng cao hiệu quả quản lý dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB.

Từ khóa: Lập kế hoạch; lãnh đạo; sự hài lòng của chủ đầu tư; quản lý dự án xây dựng; giao thông đường bộ.

ABSTRACT

Among the fundamental functions of management, planning and leadership play pivotal roles in both organizational management and construction project management. This study investigates the effects of planning and leadership practices during project implementation on investor satisfaction with quality, schedule and cost performance in road transport infrastructure projects in Vietnam. The findings indicate that planning and leadership factors have positive and statistically significant effects on investor satisfaction across project quality, schedule and cost dimensions. The study provides practical insights for investors and project managers by emphasizing the importance of effective planning and leadership in improving project management effectiveness in road transport infrastructure projects.

Keywords: Planning; leadership; investor satisfaction; construction project management; road transport infrastructure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

CSHT GTĐB có vai trò đặc biệt quan trọng đối với tăng trưởng kinh tế, nâng cao chất lượng đời sống xã hội và thúc đẩy năng lực cạnh tranh của các quốc gia. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai hoạt động đầu tư cho thấy nhiều dự án vẫn đối mặt với tình trạng chậm tiến độ, vượt chi phí, suy giảm chất lượng công trình hoặc không đạt được các mục tiêu kỳ vọng ban đầu. Những hạn chế này không

chỉ làm giảm hiệu quả sử dụng các nguồn lực của xã hội mà còn tạo ra các tác động tiêu cực đến chủ đầu tư và các bên liên quan. Điều này đặt ra yêu cầu cần xem xét lại vai trò của các hoạt động quản lý trong quá trình triển khai thực hiện dự án, đặc biệt là công tác lập kế hoạch và lãnh đạo. Việc nghiên cứu mối quan hệ giữa hai chức năng này với kết quả thực hiện dự án không chỉ có ý nghĩa về mặt học thuật trong việc bổ sung cơ sở lý thuyết quản lý dự án, mà còn

mang giá trị thực tiễn đối với chủ đầu tư và các bên liên quan trong việc nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng nguồn lực. Trong giới hạn của nghiên cứu, bài báo tập trung nghiên cứu mối quan hệ và mức độ ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch và lãnh đạo đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB. Từ số liệu khảo sát của các chuyên gia về các dự án đã thực hiện trong thời gian qua, kết hợp sử dụng các kỹ thuật phân tích định lượng theo phương pháp mô hình cấu trúc dựa trên bình phương tối thiểu riêng phần (PLS-SEM) với sự hỗ trợ của công cụ SmartPLS 3, bài báo nhằm nhận diện và đánh giá mức độ ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch và lãnh đạo đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

2.1. Xây dựng mô hình và giả thuyết nghiên cứu

Lập kế hoạch là một quá trình mà theo đó các nhà quản lý lựa chọn mục tiêu, lựa chọn các hoạt động (hay chiến lược) để đạt được những mục tiêu đó. Kế hoạch cung cấp hướng đi cho một tổ chức. Nó cho mọi người biết tổ chức đang cố gắng làm gì, ưu tiên của nó là gì, đi đâu và làm thế nào để đến đó [1]. Lập kế hoạch là chức năng cơ bản và quan trọng nhất của tất cả các nhà quản lý ở mọi cấp trong hệ thống, vì dựa vào nó mà các nhà quản lý xác định được các chức năng còn lại nhằm bảo đảm đạt được các kết quả và mục tiêu đã đặt ra.

Đã có nhiều nghiên cứu khẳng định ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch đến kết quả thực hiện dự án xây dựng và sự hài lòng của chủ đầu tư [1, 2, 3, 8, 13, 14]. Vì vậy, giả thuyết nghiên cứu được đề xuất là:

- *Giả thuyết H1*: Lập kế hoạch có mối quan hệ thuận chiều với sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB.

Để đánh giá được ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch thực hiện dự án đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB, thang đo của công tác lập kế hoạch được xem xét trên cơ sở phương pháp luận về khoa học quản lý. Theo đó, chức năng lập kế hoạch được vận dụng cụ thể vào hoạt động thực tiễn quản lý thực hiện dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB. Thang đo công tác lập kế hoạch thực hiện dự án (KH) bao gồm 6 biến quan sát trên cơ sở tổng quan các công trình nghiên cứu trong, ngoài nước và được chỉnh sửa lại thuật ngữ cho phù hợp với lĩnh vực đầu tư xây dựng CSHT GTĐB [2], bao gồm: Tính chi tiết và đầy đủ của kế hoạch (KH1); Mục tiêu của dự án được xác định và giải thích rõ ràng (KH2); Sự phù hợp giữa kế hoạch thực hiện và mục tiêu của dự án (KH3); Nội dung và phạm vi công việc của các bên tham gia thực hiện dự án (KH4); Trách nhiệm và cam kết của các bên tham gia thực hiện dự án (KH5); Sự phối hợp giữa các bên tham gia thực hiện dự án (KH6).

Lãnh đạo được hiểu là quá trình thúc đẩy, gây ảnh hưởng và chỉ đạo những người khác trong tổ chức làm việc có hiệu quả nhằm theo đuổi các mục tiêu của tổ chức. Lãnh đạo cũng đòi hỏi phải nói lên một tầm nhìn chiến lược lớn cho một tổ chức và trở thành một người ủng hộ không mệt mỏi cho tầm nhìn đó. Bên cạnh đó, lãnh đạo cũng liên quan đến việc lắng nghe người khác, học hỏi từ họ và trao quyền cho họ theo đuổi các hoạt động có lợi cho tổ chức [4]. Cleland [5] đã khẳng định rằng: Một dự án thành công hay thất bại là kết quả của sự lãnh đạo của các bên liên quan dự án.

Một số công trình nghiên cứu trước đây đã tìm thấy sự ảnh

hưởng của yếu tố lãnh đạo đến kết quả thực hiện dự án và sự hài lòng của chủ đầu tư [2, 3, 9, 10, 11, 12]. Do đó, nghiên cứu này đề xuất giả thuyết như sau:

- *Giả thuyết H2*: Lãnh đạo quá trình thực hiện có mối quan hệ thuận chiều với sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB.

Thang đo công tác lãnh đạo quá trình thực hiện (LD) bao gồm 6 biến quan sát trên cơ sở tổng quan các công trình nghiên cứu trong, ngoài nước và được chỉnh sửa lại thuật ngữ cho phù hợp với lĩnh vực đầu tư xây dựng CSHT GTĐB [2], bao gồm: Các vị trí lãnh đạo dự án luôn thể hiện được vai trò của mình trong quá trình thực hiện dự án (LD1); Các vị trí lãnh đạo dự án luôn truyền đạt các yêu cầu rõ ràng, cụ thể về công việc đối với cấp dưới (LD2); Các vị trí lãnh đạo dự án đảm bảo từng cấp dưới hiểu rõ và chịu trách nhiệm đối với từng công việc được giao (LD3); Các vị trí lãnh đạo dự án đóng vai trò phối hợp tốt giữa các nhóm, các bên tham gia thực hiện dự án (LD4); Các vị trí lãnh đạo dự án giải quyết tốt các xung đột có thể xảy ra trong quá trình thực hiện dự án (LD5); Các vị trí lãnh đạo dự án luôn truyền cảm hứng và tạo động lực để cấp dưới hoàn thành tốt nhiệm vụ của mình (LD6).

Mặt khác, biến phụ thuộc trong mô hình nghiên cứu là sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB (HL), nó bao gồm 3 biến quan sát: Sự hài lòng của chủ đầu tư đối với chất lượng dự án hoàn thành (HL1); Sự hài lòng của chủ đầu tư đối với tiến độ dự án hoàn thành (HL2); Sự hài lòng của chủ đầu tư đối với chi phí dự án hoàn thành (HL3). Như vậy, mô hình nghiên cứu được xác lập trên cơ sở 2 biến độc lập và 1 biến phụ thuộc.

2.2. Thu thập dữ liệu

Nội dung khảo sát và phương án đánh giá được thiết kế dựa trên thang đo "Likert" 5 mức độ. Với mỗi nội dung khảo sát, đối tượng khảo sát sẽ dựa vào kinh nghiệm thực tế để đánh giá và lựa chọn phương án trả lời theo 5 mức độ bao gồm: (1) Rất không đồng ý; (2) không đồng ý; (3) trung lập; (4) đồng ý; (5) rất đồng ý.

Đối tượng khảo sát là các chuyên gia trong lĩnh vực quản lý thực hiện dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB tại Việt Nam. Tổng cộng có 190 mẫu khảo sát thu được từ các chuyên gia thông qua phương tiện thư điện tử và các cuộc phỏng vấn trực tiếp, đáp ứng các thông tin theo yêu cầu và đủ điều kiện để đưa vào các bước phân tích tiếp theo. Về kinh nghiệm hoạt động của các chuyên gia được khảo sát bao gồm: 13 chuyên gia có kinh nghiệm ≤ 5 năm (chiếm 6,8%); từ 6 đến 10 năm có 47 chuyên gia (chiếm 24,7%); từ 11 đến 20 năm có 107 chuyên gia (chiếm 56,3%) và trên 20 năm có 23 chuyên gia (chiếm 12,1%).

Số lượng mẫu khảo sát tối thiểu được tính toán theo theo Barclay et al. [6] và Hair et al. [7] với quy tắc "*Mười lần số đường dẫn lớn nhất tác động đến một khái niệm trong mô hình*". Với số đường dẫn lớn nhất tác động đến 1 khái niệm trong mô hình nghiên cứu đề xuất là 2, nên cỡ mẫu tối thiểu là $10 \times 2 = 20$. Như vậy, với 190 mẫu khảo sát thu thập đáp ứng các thông tin yêu cầu là đủ điều kiện để tiến hành các bước phân tích tiếp theo.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÌNH LUẬN

3.1. Đánh giá chất lượng biến quan sát

Để đánh giá chất lượng biến quan sát, ta dựa vào kết quả của bảng *Outer Loadings* trong phân tích *PLS Algorithm* (Bảng 1). Giá trị *Outer Loadings* của tất cả các biến quan sát đều lớn hơn 0,7, vì vậy theo Hair và cộng sự [7] các biến quan sát đều có ý nghĩa trong mô hình.

Bảng 1. Kết quả phân tích hệ số tải ngoài Outer Loadings

	HL	KH	LĐ
HL1	0,830		
HL2	0,839		
HL3	0,777		
KH1		0,712	
KH2		0,794	
KH3		0,719	
KH4		0,782	
KH5		0,768	
KH6		0,755	
LD1			0,789
LD2			0,823
LD3			0,782
LD4			0,811
LD5			0,775
LD6			0,752

3.2. Đánh giá độ tin cậy của thang đo và tính hội tụ

Để đánh giá độ tin cậy của thang đo và đánh giá tính hội tụ, ta dựa vào kết quả của bảng *Construct Reliability and Validity* (Bảng 2).

Từ kết quả ở Bảng 2 ta có hệ số Cronbach's Alpha của tất cả các thang đo đều lớn hơn 0,7, đồng thời hệ số độ tin cậy tổng hợp Composite Reliability của các thang đo cũng lớn hơn 0,7, vì vậy tất cả các thang đo đều đảm bảo độ tin cậy [7]. Bên cạnh đó, giá trị phương sai trung bình (AVE) đều lớn hơn 0,5 nên các thang đo đều đảm bảo tính hội tụ [7].

Bảng 2. Bảng kết quả Construct Reliability and Validity

	Cronbach's Alpha	rho_A	Composite Reliability	Average Variance Extracted (AVE)
HL	0,751	0,764	0,857	0,666
KH	0,851	0,862	0,889	0,571
LĐ	0,878	0,880	0,908	0,622

3.3. Đánh giá tính phân biệt của thang đo

Để đánh giá tính phân biệt của thang đo ta dựa vào kết quả của bảng *Heterotrait-Monotrait Ratio* (HTMT) trong phân tích *Discriminant Validity* (Bảng 3).

Bảng 3. Bảng kết quả Criterion và Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)

	HL	KH	LĐ
HL			

KH	0,496		
LĐ	0,513	0,429	

Theo kết quả ở Bảng 3, tất các giá trị HTMT đều nhỏ hơn 0,85, nên theo Hair và cộng sự [7] thì tất cả các thang đo đều đảm bảo tính phân biệt.

Như vậy, tất cả các thang đo (các biến quan sát) của các biến độc lập và biến phụ thuộc trong mô hình nghiên cứu đều xuất đều đảm bảo các tiêu chuẩn đánh giá theo quy định.

3.4. Đánh giá đa cộng tuyến giữa các biến độc lập trong mô hình

Để đánh giá đa cộng tuyến giữa các biến độc lập trong mô hình, ta sử dụng kết quả *Inner VIF Values* (Bảng 4). Tất cả các giá trị *Inner VIF Values* đều nhỏ hơn 5 nên không xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến trong mô hình nghiên cứu [7].

Bảng 4. Bảng kết quả Inner VIF Values

	HL	KH	LĐ
HL			
KH	1,158		
LĐ	1,158		

3.5. Đánh giá tác động của các biến độc lập lên biến phụ thuộc

Để đánh giá mối quan hệ tác động của các biến độc lập lên biến phụ thuộc, ta sử dụng kết quả của bảng *Mean, STDEV, T-Values, P-Values* (Bảng 5) trong *Path Coefficients* khi phân tích *Bootstrap* (5.000 samples).

Theo kết quả trong Bảng 5, giá trị *p-value* của kiểm định *t* của biến KH (công tác lập kế hoạch) và LĐ (công tác lãnh đạo) đều nhỏ hơn 0,05 nên mối tác động giữa hai biến độc lập này lên biến phụ thuộc HL (sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án hoàn thành) đều có ý nghĩa thống kê [7].

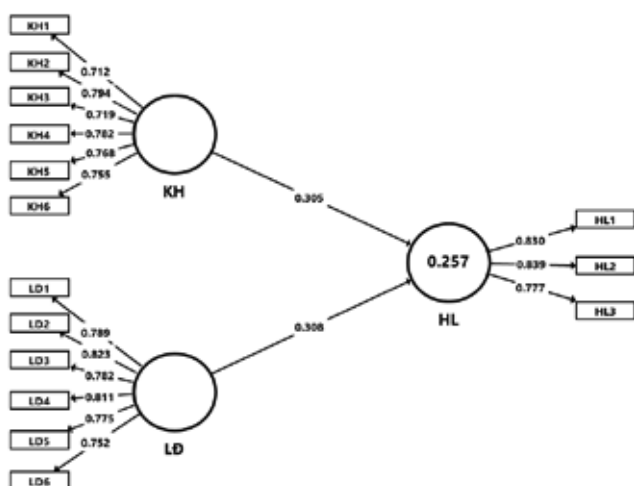
Bảng 5. Bảng kết quả Mean, STDEV, T-Values, P-Values

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Statistics (O/STDEV)	P Values
KH -> HL	0,305	0,311	0,073	4,164	0,000
LĐ -> HL	0,308	0,313	0,069	4,438	0,000

Hệ số hồi quy chuẩn hóa *Original Sample (O)* của cả 2 biến độc lập (KH, LĐ) đều có giá trị dương, chứng tỏ cả hai biến độc lập đều có mối quan hệ tác động thuận chiều lên biến phụ thuộc (HL).

Theo Hair và cộng sự [7], trị tuyệt đối của hệ số hồi quy chuẩn hóa *Original Sample (O)* càng lớn thì biến độc lập tác động càng mạnh lên biến phụ thuộc. Như vậy, từ kết quả phân tích ở Bảng 5 ta có: Biến LĐ (công tác lãnh đạo) có tác động lớn nhất đến biến phụ thuộc HL (sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án hoàn thành), tiếp đến là biến KH (công tác lập kế hoạch).

Mối quan hệ tác động của các biến độc lập lên biến phụ thuộc được thể hiện như Hình 1.



Hình 1. Kết quả phân tích mô hình cấu trúc SEM

Như vậy, kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng: Công tác lãnh đạo quá trình thực hiện (LD) có tác động lớn nhất đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB tại Việt Nam. Kết quả này phản ánh vai trò trung tâm của năng lực lãnh đạo trong việc điều phối nguồn lực, xử lý các vấn đề phát sinh và duy trì sự phối hợp giữa các bên tham gia dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB, trong bối cảnh ngành Xây dựng Việt Nam thường xuyên đối mặt với biến động về kỹ thuật, tài chính và điều kiện thi công. Khả năng ra quyết định kịp thời, định hướng thực hiện và thúc đẩy hiệu quả giao tiếp nội bộ được xem là những nhân tố then chốt góp phần nâng cao hiệu quả thực hiện dự án cũng như mức độ hài lòng của chủ đầu tư.

Bên cạnh đó, công tác lập kế hoạch được xác định là yếu tố có ảnh hưởng lớn thứ hai. Điều này cho thấy việc xây dựng kế hoạch phù hợp ngay từ giai đoạn chuẩn bị đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát tiến độ, phân bổ nguồn lực và hạn chế các rủi ro phát sinh trong quá trình triển khai thực hiện dự án. Trong bối cảnh các dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB tại Việt Nam thường chịu tác động bởi sự thay đổi thiết kế, biến động giá vật liệu và các thủ tục pháp lý phức tạp, một kế hoạch hiệu quả sẽ giúp nâng cao tính chủ động của các nhà quản lý và giảm thiểu các rủi ro về chất lượng, sai lệch về chi phí cũng như tiến độ thực hiện dự án.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã nhận diện và đánh giá được mức độ ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch và lãnh đạo quá trình thực hiện dự án đến sự hài lòng của chủ đầu tư về chất lượng, tiến độ và chi phí dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và bằng chứng thực tiễn cho các cơ quan quản lý và chủ đầu tư trong việc đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư xây dựng CSHT GTĐB tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Lương Hải. Nghiên cứu sự ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch đến hiệu quả hoạt động quản lý nhà nước trong đầu tư công xây dựng hạ tầng đường bộ tại Việt Nam. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng NUCE, 13 (3V), tr. 108-115, 2019.
- [2] L. T. Tùng. Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố chức năng quản lý đến kết quả thực hiện dự án đầu tư xây dựng CSHT GTĐB tại Việt Nam. Luận án Tiến sĩ kinh tế, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2022.

[3] Albert P.C. Chan, David Scott and Ada P.L. Chan. Factors Affecting the Success of a Construction Project. Journal of Construction Engineering and Management, 130 (1), pp. 153-155, 2004.

[4] Charles W.L.Hill, Steven L.McShane. Principles of Management. McGraw-Hill, Irwin, 2006.

[5] Cleland D.I. Leadership and the project-management body of knowledge. International Journal of Project Management 13 (2), pp. 83-88, 1995.

[6] D. W. Barclay, C. Higgins, and R. Thompson. The Partial Least Squares (PLS) Approach to Causal Modelling: Personal Computer Adoption and Use as an Illustration. Technology Studies, Special Issue on Research Methodology, 2 (2), pp. 285-309, 1995.

[7] Hair J. F., Hult G. T. M., Ringle C. M., Sarstedt M. A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2021.

[8] Loosemore M. Essentials of construction project management. UNSW Press, 2003.

[9] Mason Carpenter, Talya Bauer and Berrin Erdogan. Principles of Management. Boston, MA, FlatWorld, 2009.

[10] Mazlan Ismail, Mohamad Syazli Fathi. Leadership in Construction: Leadership Styles Practiced in Construction Project - A Review. Journal of Advanced Research in Business and Management Studies, 13 (1), pp. 24-30, 2018.

[11] Mohan Thite. Leadership: A critical success factor in IT project management, Paper presented at PICMET'99. International Conference of Portland International Center for Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, September 1999.

[12] Pinto J. K. et al. Project Leadership: From Theory to Practice. Published by: Project Management Institute Headquarters, 1998.

[13] Turner J.R. The Handbook of Project-based Management: Improving the Processes for Achieving Strategic Objectives, McGraw-Hill, London, 1999.

[14] Zarina Alias et al. Determining Critical Success Factors of Project Management Practice: A conceptual framework. Procedia - Social and Behavioral Science, 153, pp. 61-69, 2014.

Nghiên cứu biện pháp đảm bảo nguồn nhân lực đường sắt Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045 đáp ứng nhu cầu xã hội

Research on measures to ensure human resources for Vietnam's railway sector by 2030, with a vision to 2045, to meet social needs

> THS TRƯƠNG MINH HÒA

Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh

Email: hoatm@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo tập trung phân tích nhu cầu và đề xuất giải pháp phát triển nguồn nhân lực cho ngành Đường sắt Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045 trong bối cảnh hiện đại hóa và chuyển đổi số. Nguồn nhân lực được xem là yếu tố then chốt để xây dựng hệ thống đường sắt đồng bộ, hiện đại và đáp ứng yêu cầu hội nhập quốc tế. Tuy nhiên, ngành hiện vẫn còn nhiều hạn chế về số lượng, chất lượng và cơ cấu lao động, đặc biệt thiếu nhân lực trình độ cao và khả năng thích ứng với công nghệ mới. Xu hướng nổi bật là sự chuyển dịch từ lĩnh vực xây dựng hạ tầng sang vận hành, khai thác, quản lý và bảo trì hệ thống. Đồng thời, yêu cầu về trình độ lao động cũng ngày càng cao, giảm dần lao động phổ thông và tăng nhu cầu nhân lực chất lượng cao. Từ thực trạng và xu hướng đó, bài báo đề xuất 5 nhóm giải pháp nhằm đảm bảo nguồn nhân lực, từng bước làm chủ công nghệ và phát triển bền vững ngành Đường sắt trong tương lai.

Từ khóa: Nhân lực; đường sắt Việt Nam.

ABSTRACT

The article focuses on analyzing the demand for and proposing solutions to develop human resources for Vietnam's railway sector by 2030, with a vision toward 2045, in the context of modernization and digital transformation. Human resources are considered a key factor in building a synchronized and modern railway system that meets the requirements of international integration. However, the industry still faces many limitations in terms of workforce quantity, quality and structure, especially the shortage of highly qualified personnel and the limited ability to adapt to new technologies.

A notable trend is the shift from infrastructure construction to system operation, exploitation, management and maintenance. At the same time, labor qualification requirements are increasing, with a gradual reduction in unskilled labor and a growing demand for high-quality human resources. Based on the current situation and development trends, the article proposes five groups of solutions to ensure an adequate workforce, gradually master technology and promote the sustainable development of the railway industry in the future.

Keywords: Human resources; Vietnam's railway.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tiến trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa và hội nhập quốc tế, phát triển hệ thống giao thông vận tải đồng bộ, hiện đại được xác định là một trong những đột phá chiến lược của Việt Nam. Trong đó, vận tải đường sắt với ưu thế an toàn, chi phí hợp lý, khả năng vận chuyển khối lượng lớn và thân thiện môi trường đang

được xã hội đặc biệt quan tâm [1].

Tuy nhiên, để hiện thực hóa các mục tiêu chiến lược này, nguồn nhân lực đóng vai trò then chốt. Thực tế cho thấy nguồn nhân lực ngành Đường sắt Việt Nam hiện nay còn tồn tại nhiều hạn chế về số lượng, chất lượng và cơ cấu, chưa đáp ứng yêu cầu phát triển trong bối cảnh mới, nhất là trước tác động của chuyển đổi số. Sự thiếu hụt

nhân lực chất lượng cao, hạn chế trong đào tạo và chính sách thu hút nhân tài đang trở thành rào cản lớn [2].

Do đó, việc nghiên cứu các biện pháp đảm bảo nguồn nhân lực đường sắt Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045 là yêu cầu cấp thiết, đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia.

2. PHÂN TÍCH NHU CẦU NHÂN LỰC ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM ĐẾN NĂM 2045

2.1. Phân tích nhu cầu tổng thể nhân lực đường sắt Việt Nam đến năm 2045

Năm 2030, nhu cầu nhân lực ngành Đường sắt đạt mức cao nhất, phản ánh giai đoạn cao điểm đầu tư và xây dựng các dự án lớn. Sau đó, nhu cầu giảm dần do quá trình xây dựng hoàn thiện và chuyển sang vận hành, quản lý, bảo trì với lực lượng tinh gọn hơn. Đến năm 2045, nhu cầu tăng trở lại, cho thấy xu hướng mở rộng, nâng cấp và tái đầu tư hệ thống. Điều này đòi hỏi chuẩn bị nguồn nhân lực có chất lượng cao, đáp ứng yêu cầu phát triển mới của ngành [2, 3].

Bảng 1. Phân tích, dự báo nhu cầu tổng thể nguồn nhân lực đường sắt Việt Nam đến năm 2045 (đơn vị: người)

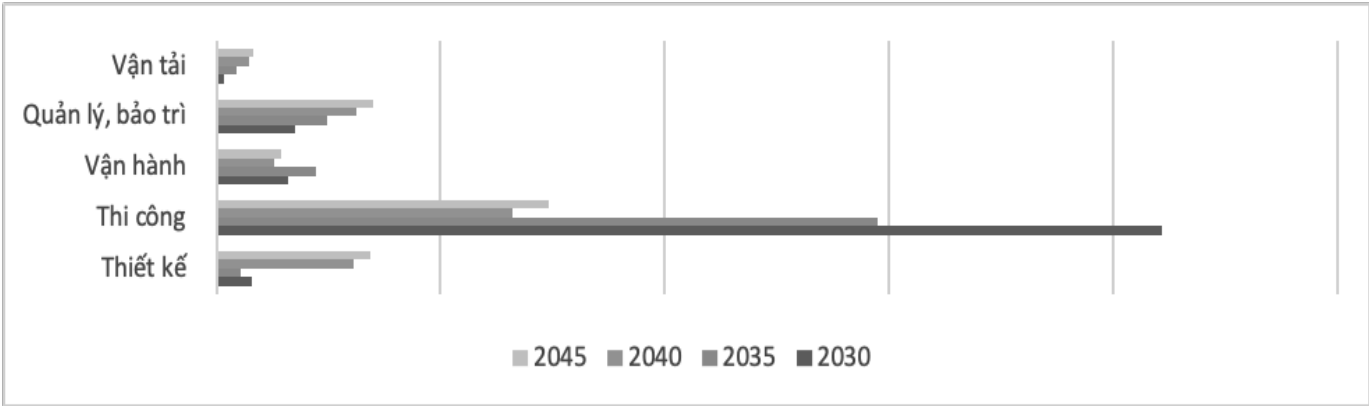
Lĩnh vực	2030	2035	2040	2045
Đường sắt	254.200	204.600	148.100	165.800

2.2. Phân tích, dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt theo ngành nghề đến năm 2045

Qua thu thập, phân tích dữ liệu dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo ngành nghề đến năm 2045 theo như Bảng 2 [2].

Bảng 2. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo ngành nghề đến năm 2045 (đơn vị: người)

Năm	2030	2035	2040	2045
Hạ tầng	252.400	200.200	140.700	157.500
Vận tải	1.800	4.400	7.400	8.300
Tổng	254.200	204.600	148.100	165.800

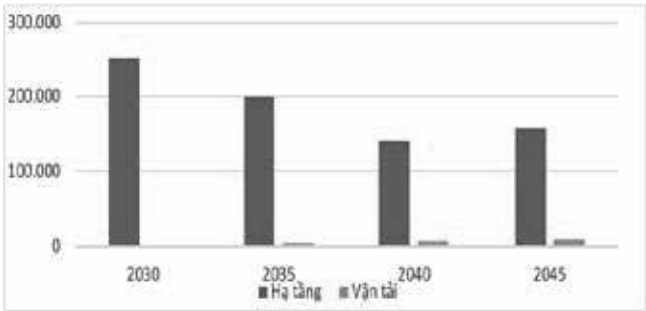


Hình 2. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo vị trí việc làm đến năm 2045

Như vậy, nhu cầu nhân lực ngành Đường sắt có tính chu kỳ rõ rệt, chuyển dịch từ cao điểm thiết kế, thi công sang vận hành, quản lý bảo trì và vận tải trong dài hạn.

2.4. Phân tích, dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt theo cơ cấu trình độ đến năm 2045

Qua tổng hợp số liệu, khảo sát thực tế, dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo cơ cấu trình độ đến năm 2045 theo như Bảng 4 và Hình 3 [2].



Hình 1. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo ngành nghề đến năm 2045

Như vậy, nhu cầu nhân lực ngành Đường sắt giai đoạn 2030 - 2045 thể hiện sự chuyển dịch rõ rệt từ lĩnh vực hạ tầng sang vận tải. Trong khi nhân lực hạ tầng giảm dần sau giai đoạn cao điểm đầu tư, nhân lực vận tải lại tăng ổn định theo quá trình khai thác và mở rộng dịch vụ.

2.3. Phân tích, dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt theo vị trí việc làm đến năm 2045

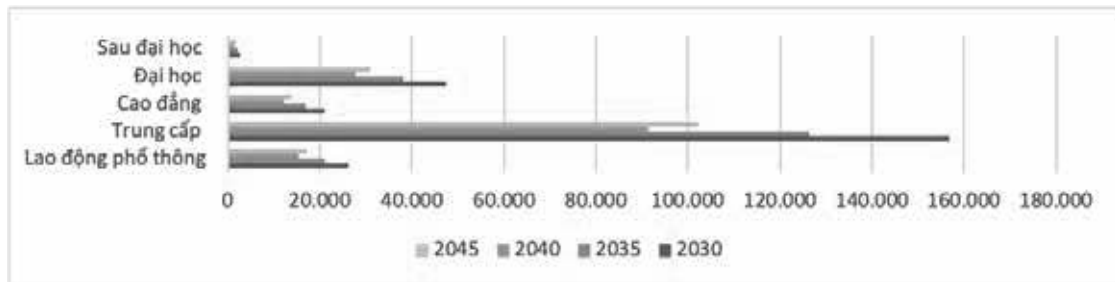
Qua tổng hợp số liệu, khảo sát thực tế, dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo vị trí việc làm đến năm 2045 theo như Bảng 3 và Hình 2 [2].

Bảng 3. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo vị trí việc làm đến năm 2045 (đơn vị: người)

Năm	2030	2035	2040	2045
Thiết kế	7.900	5.500	30.500	34.200
Thi công	210.900	147.600	66.200	74.100
Vận hành	15.900	22.300	12.800	14.300
Quản lý, bảo trì	17.700	24.800	31.200	34.900
Vận tải	1.800	4.400	7.400	8.300
Tổng	254.200	204.600	148.100	165.800

Bảng 4. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo cơ cấu trình độ đến năm 2045 (đơn vị: người)

Năm	2030	2035	2040	2045
Lao động phổ thông	26.200	21.100	15.300	17.100
Trung cấp	156.800	126.200	91.300	102.200
Cao đẳng	21.100	17.000	12.300	13.700
Đại học	47.500	38.200	27.700	31.000
Sau đại học	2.600	2.100	1.500	1.700
Tổng	254.200	204.600	148.100	165.800



Hình 3. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo cơ cấu trình độ đến năm 2045

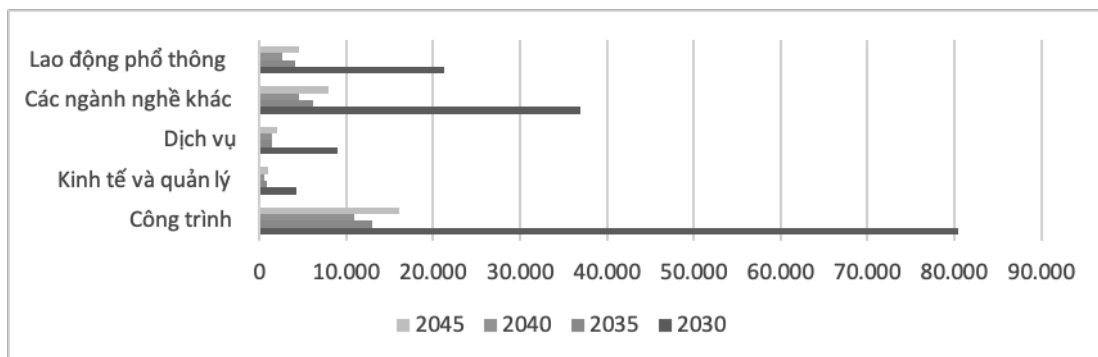
Như vậy, cơ cấu nhân lực ngành Đường sắt giai đoạn 2030 - 2045 có xu hướng giảm về số lượng nhưng tăng về chất lượng, với sự thu hẹp dần của lao động phổ thông và trung cấp, đồng thời duy trì và phát triển nhóm trình độ cao.

2.5. Phân tích, dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt theo lĩnh vực đến năm 2045

Qua tổng hợp số liệu, khảo sát thực tế, dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo lĩnh vực đến năm 2045 theo như Bảng 5 và Hình 4 [2]

Bảng 5. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo lĩnh vực đến năm 2045 (đơn vị: người)

Năm	2030	2035	2040	2045
Công trình	80.500	13.000	10.900	16.100
Kinh tế và quản lý	4.300	800	600	1.000
Dịch vụ	9.000	1.500	1.400	2.000
Các ngành nghề khác	37.000	6.200	4.600	8.000
Lao động phổ thông	21.200	4.100	2.600	4.600
Tổng	152.000	25.600	20.100	31.700



Hình 4. Dự báo nhu cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo lĩnh vực đến năm 2045

Qua biểu đồ trên cho thấy sự phụ thuộc lớn vào lĩnh vực công trình trong giai đoạn đầu, sau đó chuyển dần sang vận hành và các lĩnh vực hỗ trợ.

3. PHƯƠNG ÁN NGHIÊN CỨU ĐỂ GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Nghiên cứu được thực hiện theo hướng tiếp cận tổng hợp và hệ thống, gồm: Thu thập và phân tích tài liệu, khảo sát thực trạng qua số liệu và ý kiến chuyên gia, sau đó sử dụng phương pháp so sánh và dự báo để xác định nhu cầu nhân lực đến năm 2030, định hướng 2045. Trên cơ sở đó, đề xuất các giải pháp về đào tạo, sử dụng và phát triển nguồn nhân lực phù hợp với yêu cầu phát triển ngành Đường sắt.

4. NHỮNG VẤN ĐỀ CẦN GIẢI QUYẾT

Dựa trên những phân tích, dự báo như cầu nhân lực đường sắt Việt Nam theo lĩnh vực đến năm 2045, những vấn đề cốt lõi cần giải quyết đó là:

4.1. Mất cân đối giữa nhân lực phát triển hạ tầng và khai thác vận hành

Số liệu cho thấy lao động lĩnh vực hạ tầng luôn chiếm trên 90%, trong khi vận tải và vận hành chiếm tỷ trọng rất nhỏ. Điều này phản ánh ngành đường sắt đang tập trung mạnh vào xây dựng nhưng chưa tương xứng ở khâu khai thác.

4.2. Thiếu hụt nhân lực chất lượng cao trong dài hạn

Cơ cấu trình độ cho thấy lao động trung cấp vẫn chiếm chủ yếu, trong khi nhu cầu về kỹ sư, chuyên gia công nghệ lại tăng dần đến năm 2045. Điều này tạo ra khoảng trống lớn về nhân lực chất lượng cao, như: Điều hành hệ thống, tín hiệu, tự động hóa, quản lý vận hành hiện đại.

4.3. Biến động lớn về nhu cầu nhân lực theo giai đoạn

Nhu cầu nhân lực tăng đột biến giai đoạn 2025 - 2030, sau đó giảm mạnh rồi ổn định. Sự biến động này gây khó khăn cho công tác đào tạo và sử dụng lao động.

4.4. Cơ cấu nghề nghiệp chưa phù hợp với xu hướng phát triển

Tỷ trọng lao động thi công chiếm rất cao trong giai đoạn đầu nhưng giảm mạnh về sau. Tuy nhiên, hệ thống đào tạo hiện nay vẫn thiên về kỹ năng thi công truyền thống, chưa theo kịp sự chuyển dịch này.

4.5. Hệ thống đào tạo chưa gắn chặt với nhu cầu thực tiễn

Nhu cầu đào tạo cho thấy hoạt động đào tạo hiện nay mang tính thời điểm, chưa có tính liên tục và dài hạn. Ngoài ra, nội dung đào tạo chậm cập nhật công nghệ mới, thiếu các trang thiết bị, giáo cụ trực quan phù hợp với xu hướng đường sắt hiện nay.

4.6. Chưa thích ứng với xu hướng công nghệ và chuyển đổi số

Ngành Đường sắt đang có xu hướng chuyển sang tự động hóa, điều khiển thông minh và quản lý số. Tuy nhiên, cơ cấu nhân lực hiện tại vẫn thiên về lao động thủ công, kỹ năng truyền thống.

5. CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ CÁC BIỆN PHÁP ĐẢM BẢO NGUỒN NHÂN LỰC ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM ĐẾN NĂM 2030, ĐỊNH HƯỚNG ĐẾN NĂM 2045 ĐÁP ỨNG NHU CẦU XÃ HỘI

Kết quả nghiên cứu các biện pháp đảm bảo nguồn nhân lực đường sắt Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2045 đáp ứng nhu cầu xã hội như sau:

5.1. Tổ chức đào tạo tăng tốc giai đoạn đến năm 2030 theo nhu cầu cấp thiết của xã hội

Đến năm 2030, đào tạo tăng tốc là giải pháp then chốt nhằm đáp ứng nhu cầu nhân lực ngành Đường sắt trong bối cảnh hiện đại hóa và chuyển đổi số. Giải pháp tập trung vào các chương trình đào tạo ngắn hạn, linh hoạt, gắn với nhu cầu doanh nghiệp; tăng thực hành, huấn luyện thực tế cho các vị trí thiếu hụt như vận hành, bảo trì kỹ thuật và quản lý khai thác. Đồng thời, cần đẩy mạnh mô hình đào tạo kép giữa nhà trường và doanh nghiệp để nâng cao chất lượng và giảm thời gian đào tạo, kết hợp ứng dụng công nghệ mô phỏng, thực tế ảo và học trực tuyến.

Ngoài ra, cần có chính sách hỗ trợ tài chính, mở rộng tuyển sinh và cam kết việc làm để thu hút người học.

5.2. Điều chỉnh cơ cấu đào tạo từ thi công sang vận hành, bảo trì sau năm 2030

Sau năm 2030, khi hệ thống đường sắt dần hoàn thiện và đi vào khai thác ổn định, nhu cầu nhân lực sẽ chuyển từ thi công sang vận hành, khai thác và bảo trì. Vì vậy, cần giảm dần đào tạo các chuyên ngành xây dựng và tăng đào tạo về vận hành, điều độ, an toàn chạy tàu và bảo trì kỹ thuật, đặc biệt ở các lĩnh vực hiện đại như tín hiệu, điện khí hóa và điều khiển tự động.

Bên cạnh đó, nội dung đào tạo cần theo hướng chuyên sâu, thực tiễn hơn, chú trọng kỹ năng vận hành, xử lý sự cố, bảo trì thông minh và ứng dụng công nghệ mô phỏng, phân tích dữ liệu.

5.3. Nâng cấp trình độ nhân lực theo hướng tăng nhanh bậc đại học

Cần mở rộng đào tạo đại học cho các chuyên ngành đường sắt như vận hành, điều khiển, điện - tín hiệu, cơ điện tử và quản lý vận tải. Chương trình đào tạo cần cập nhật theo chuẩn quốc tế, tích hợp công nghệ thông tin, tự động hóa và phân tích dữ liệu nhằm hình thành đội ngũ kỹ sư đáp ứng yêu cầu vận hành hệ thống hiện đại. Đồng thời, cần tăng cường hợp tác quốc tế để người học tiếp cận công nghệ và tiêu chuẩn vận hành tiên tiến.

5.4. Tái cơ cấu lao động hiện hữu theo lộ trình chuyển đổi nghề

Cần rà soát và đánh giá năng lực của đội ngũ lao động hiện có để xây dựng lộ trình chuyển đổi nghề phù hợp, ưu tiên chuyển lao động từ lĩnh vực thi công sang vận hành, bảo trì, quản lý kỹ thuật và hỗ trợ khai thác. Quá trình này cần thực hiện theo từng giai đoạn nhằm hạn chế ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất. Đồng thời, cần tổ chức các chương trình đào tạo lại, tập trung vào kỹ năng thực hành, vận hành thiết bị, xử lý sự cố và ứng dụng công nghệ mới như tự động hóa, số hóa, với hình thức đào tạo linh hoạt kết hợp trực tiếp và trực tuyến.

5.5. Gắn phát triển nhân lực với từng dự án đường sắt cụ thể

Cần xây dựng kế hoạch phát triển nhân lực ngay từ giai đoạn chuẩn bị đầu tư, xác định rõ nhu cầu nhân lực theo từng giai đoạn của dự án như thiết kế, thi công, vận hành và bảo trì. Trên cơ sở đó, cơ sở đào tạo cần phối hợp với doanh nghiệp và chủ đầu tư để xây dựng chương trình đào tạo phù hợp, đảm bảo nhân lực sẵn sàng khi dự án đi vào hoạt động. Đồng thời, cần triển khai mô hình đào tạo theo dự án, cho phép người học thực tập và huấn luyện trực tiếp tại công trường nhằm nâng cao kỹ năng thực tiễn và khả năng làm chủ công nghệ.

Bên cạnh đó, cần gắn trách nhiệm của chủ đầu tư và nhà thầu trong đào tạo, chuyển giao công nghệ và xây dựng đội ngũ kế cận, đặc biệt với các dự án có yếu tố nước ngoài.

6. THẢO LUẬN

Các giải pháp đề xuất cơ bản phù hợp với xu hướng biến động nhân lực ngành Đường sắt, vừa đáp ứng nhu cầu tăng nhanh trước năm 2030, vừa hướng tới nâng cao chất lượng nguồn nhân lực đến năm 2045. Tuy nhiên, hiệu quả thực hiện phụ thuộc nhiều vào sự phối hợp giữa cơ quan quản lý, doanh nghiệp và cơ sở đào tạo. Vì vậy, cần có cơ chế điều phối thống nhất, gắn đào tạo với nhu cầu thực tế và duy trì tính linh hoạt để thích ứng với thay đổi công nghệ và thị trường lao động.

7. KẾT LUẬN

Các biện pháp đảm bảo nguồn nhân lực ngành Đường sắt đến năm 2030 và định hướng 2045 cho thấy cần một cách tiếp cận tổng thể, linh hoạt và gắn với thực tiễn phát triển ngành. Trong ngắn hạn, trọng tâm là đáp ứng nhanh nhu cầu nhân lực thông qua đào tạo tăng tốc, gắn với dự án thực tế và tận dụng lao động hiện có. Về dài hạn, cần nâng cao chất lượng nguồn nhân lực, tăng tỷ trọng lao động trình độ cao, đẩy mạnh chuyển đổi số, chuẩn hóa kỹ năng nghề và tăng cường hợp tác quốc tế nhằm nâng cao năng lực cạnh tranh và phát triển bền vững ngành Đường sắt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Quyết định số 2230/QĐ-TTg ngày 9/10/2025 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án đào tạo, phát triển nguồn nhân lực đường sắt Việt Nam đến năm 2035, định hướng đến năm 2045.
- [2] Viện Chiến lược và Phát triển giao thông vận tải. Chiến lược phát triển nguồn nhân lực ngành Giao thông vận tải đến năm 2030, định hướng đến năm 2045, 2024.
- [3] Báo cáo nghiên cứu tiến khả thi Dự án Đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam do liên danh tư vấn Tedi - Tricc - Tedis lập năm 2024.

Thanh tra từ xa đối với dự án đầu tư xây dựng: Mô hình cảnh báo rủi ro từ dữ liệu điện tử trong nghiệm thu và thanh toán

Remote inspection of construction investment projects: A risk warning model based on electronic data in acceptance and payment stages

> TS HOÀNG NGỌC SƠN

Thanh tra Chính phủ

Email: hnson.btc@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu thanh tra từ xa đối với dự án đầu tư xây dựng trong bối cảnh chuyển đổi số và yêu cầu nâng cao hiệu quả kiểm soát rủi ro đối với vốn nhà nước. Trọng tâm nghiên cứu là giai đoạn nghiệm thu và thanh toán, nơi dễ phát sinh rủi ro về khối lượng, đơn giá, hồ sơ, tiến độ và dòng tiền. Trên cơ sở phân tích tài liệu, tổng quan nghiên cứu và mô hình hóa chỉ báo cảnh báo rủi ro, bài báo đề xuất mô hình cảnh báo rủi ro từ dữ liệu điện tử gồm 5 lớp: Dữ liệu đầu vào, chuẩn hóa dữ liệu, đối chiếu và phân tích, chỉ báo KRI và hỗ trợ nghiệp vụ thanh tra. Mô hình dựa trên việc đối chiếu dữ liệu nghiệm thu, hóa đơn điện tử, kho bạc, đấu thầu, hợp đồng, nhật ký thi công, BIM/ERP và dữ liệu hiện trường. Kết quả nghiên cứu là ma trận KRI cho giai đoạn nghiệm thu, thanh toán và tình huống minh họa ẩn danh, góp phần chuyển phương thức thanh tra từ kiểm tra sau sang cảnh báo sớm, lựa chọn trọng tâm và sử dụng hiệu quả nguồn lực thanh tra.

Từ khóa: Thanh tra từ xa; dự án đầu tư xây dựng; dữ liệu điện tử; cảnh báo rủi ro; nghiệm thu; thanh toán.

ABSTRACT

This paper examines remote inspection of construction investment projects in the context of digital transformation and risk control over public investment capital. The study focuses on acceptance and payment stages, where risks may arise in quantities, unit prices, documentation, progress and cash flows. Based on document analysis, literature review and risk indicator modelling, the paper proposes a five-layer risk warning model using electronic data: Input data, data standardization, cross-checking and analysis, key risk indicators and inspection support. The model is designed to cross-match acceptance records, e-invoices, treasury payment data, bidding data, contracts, digital construction logs, BIM/ERP data and field evidence. The study develops a KRI matrix and an anonymized illustrative case for acceptance and payment stages. The proposed model does not replace verification and inspection conclusions, but supports early detection, risk-based targeting and more efficient use of inspection resources.

Keywords: Remote inspection; construction investment project; electronic data; risk warning; acceptance; payment.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuyển đổi số đang tạo điều kiện mới cho thanh tra, kiểm tra và giám sát dự án đầu tư xây dựng. Dữ liệu điện tử không chỉ phục vụ lưu trữ hồ sơ mà còn hỗ trợ nhận diện rủi ro, lựa chọn trọng tâm kiểm tra và giám sát việc sử dụng vốn nhà nước, phù hợp với định hướng phát triển khoa học, công nghệ và chuyển đổi số quốc gia [1].

Dự án đầu tư xây dựng sử dụng vốn nhà nước có cấu trúc quản lý phức tạp, liên quan nhiều chủ thể và nhiều lớp hồ sơ. Sai lệch thường không nằm trong một chứng từ riêng lẻ mà trong quan hệ giữa khối lượng, đơn giá, điều kiện hợp đồng, tiến độ, hóa đơn, dòng tiền và dữ liệu hiện trường.

Trong vòng đời dự án, nghiệm thu và thanh toán là giai đoạn

có ý nghĩa đặc biệt đối với kiểm soát chi phí, chất lượng và trách nhiệm pháp lý. Nghiệm thu xác nhận khối lượng và điều kiện thanh toán; thanh toán làm phát sinh dòng tiền từ ngân sách hoặc nguồn vốn nhà nước. Nếu phương thức thanh tra chỉ dựa vào hồ sơ giấy và kiểm tra sau, khả năng phát hiện sớm bất thường còn hạn chế. Trong khi đó, hóa đơn điện tử, dữ liệu kho bạc, hệ thống mạng đấu thầu quốc gia, hợp đồng điện tử, nhật ký thi công, BIM/ERP, camera, drone, GPS và metadata mở ra khả năng đối chiếu chéo dữ liệu để phát hiện rủi ro sớm hơn.

Từ thực tiễn đó, bài báo đặt ra câu hỏi: Có thể xây dựng mô hình cảnh báo rủi ro từ dữ liệu điện tử như thế nào để phục vụ thanh tra từ xa đối với dự án đầu tư xây dựng trong giai đoạn nghiệm thu và thanh toán? Mục tiêu của bài báo là làm rõ cơ sở lý luận, nhận diện rủi ro trọng yếu, đề xuất mô hình cảnh báo rủi ro và xây dựng ma trận chỉ báo KRI có khả năng ứng dụng trong nghiệp vụ thanh tra.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Thanh tra từ xa và cách tiếp cận dựa trên dữ liệu điện tử

Thanh tra từ xa không nên được hiểu đơn giản là họp trực tuyến, gửi hồ sơ qua thư điện tử hoặc trao đổi tài liệu trên nền tảng số. Những hoạt động này chỉ thay đổi phương thức giao tiếp và tiếp nhận hồ sơ. Về bản chất, thanh tra từ xa đối với dự án đầu tư xây dựng là quá trình cơ quan thanh tra khai thác dữ liệu điện tử từ nhiều hệ thống độc lập để đối chiếu khối lượng, đơn giá, tiến độ, điều kiện hợp đồng, thanh toán và dữ liệu hiện trường, qua đó xác định dấu hiệu bất thường và trọng tâm cần xác minh [2-9].

Cách tiếp cận này gắn với quản trị rủi ro, kiểm toán liên tục và quản trị công dựa trên dữ liệu. Các nghiên cứu về phân tích dữ liệu trong kiểm toán cho thấy dữ liệu lớn và phân tích tự động có thể hỗ trợ phát hiện bất thường, tăng phạm vi kiểm tra và nâng cao chất lượng đánh giá rủi ro [10, 11]. Trong lĩnh vực xây dựng, BIM và các công nghệ dữ liệu công trình cho phép liên kết thông tin thiết kế, khối lượng, tiến độ, chi phí và hồ sơ hoàn công, tạo nền tảng cho kiểm tra dựa trên dữ liệu [12].

2.2. Rủi ro trong nghiệm thu và thanh toán dự án đầu tư xây dựng

Nghiệm thu và thanh toán là điểm hội tụ của rủi ro kỹ thuật, tài chính, pháp lý và quản trị. Về kỹ thuật, khối lượng nghiệm thu phải phản ánh đúng phần việc đã thực hiện, chất lượng thi công và điều kiện nghiệm thu. Về tài chính, hồ sơ thanh toán phải phù hợp với hợp đồng, đơn giá, khối lượng, điều kiện thanh toán, dữ liệu kho bạc và hóa đơn. Về pháp lý, các chủ thể ký xác nhận phải chịu trách nhiệm về tính chính xác, đầy đủ và hợp lệ của hồ sơ [6-9].

Các rủi ro trọng yếu gồm: Nghiệm thu khống hoặc vượt khối lượng thực tế; áp sai đơn giá, sai chủng loại vật liệu hoặc vận dụng sai điều kiện hợp đồng; thanh toán trùng lặp; giải ngân vượt tỷ lệ hoàn thành; nghiệm thu sai thời điểm; hợp thức hóa hồ sơ và khối lượng hoàn thành không tương xứng với dữ liệu máy móc, nhân lực hoặc hiện trường. Những rủi ro này thường chỉ bộc lộ khi đối chiếu nhiều nguồn dữ liệu, chứ không chỉ xem xét một bộ hồ sơ do đơn vị được thanh tra cung cấp.

2.3. Dữ liệu điện tử phục vụ thanh tra từ xa

Dữ liệu điện tử phục vụ thanh tra từ xa cần được nhìn nhận như một hệ sinh thái dữ liệu. Các nguồn dữ liệu có giá trị bao gồm hồ sơ trúng thầu, hợp đồng, phụ lục hợp đồng, biên bản nghiệm thu ký số, hóa đơn điện tử, dữ liệu kho bạc, nhật ký thi công, BIM/ERP, dữ liệu giá xây dựng và dữ liệu hiện trường. Bảng 1 khái quát các nhóm dữ liệu chính và giá trị nghiệp vụ của chúng [4, 5], [7-9], [12].

Bảng 1. Nguồn dữ liệu điện tử phục vụ thanh tra từ xa dự án đầu tư xây dựng

Nhóm dữ liệu	Nguồn dữ liệu điện tử	Giá trị nghiệp vụ
Pháp lý - hợp đồng	Hồ sơ trúng thầu, hợp đồng, phụ lục hợp đồng	Đối chiếu phạm vi công việc, đơn giá, điều kiện nghiệm thu, điều kiện thanh toán
Nghiệm thu	Biên bản nghiệm thu ký số, hồ sơ hoàn công số, bản vẽ hoàn công	Kiểm tra khối lượng, thời điểm nghiệm thu, chủ thể ký xác nhận
Tài chính - thanh toán	Hóa đơn điện tử, chứng từ thanh toán, dữ liệu kho bạc	Đối chiếu vật tư đầu vào, dòng tiền, tiến độ thanh toán
Kỹ thuật - tiến độ	BIM/ERP, nhật ký thi công điện tử, báo cáo tiến độ	So sánh khối lượng, tiến độ, vật tư, thiết bị và nhân lực
Hiện trường	Camera, drone/UAV, GPS, ảnh hiện trường, metadata	Xác thực thời điểm hoàn thành, hiện trạng, dấu vết sửa hồ sơ
Giá xây dựng	Cơ sở dữ liệu giá, định mức, công bố giá vật liệu	Kiểm tra đơn giá, chủng loại, điều chỉnh giá

Nguồn: Tác giả đề xuất.

2.4. Khoảng trống nghiên cứu

Các nghiên cứu hiện có đã đề cập đến kiểm toán dữ liệu, quản lý chi phí xây dựng, BIM, kiểm soát nội bộ và chuyển đổi số trong khu vực công. Tuy nhiên, còn thiếu mô hình cụ thể từ góc nhìn cơ quan thanh tra nhà nước nhằm chuyển hóa dữ liệu điện tử thành chỉ báo cảnh báo rủi ro trong nghiệm thu và thanh toán dự án đầu tư xây dựng. Khoảng trống nổi bật là cơ chế đối chiếu chéo dữ liệu nghiệm thu, hóa đơn, kho bạc, đấu thầu, hợp đồng, nhật ký thi công, BIM/ERP và dữ liệu hiện trường để phục vụ thanh tra từ xa [10-12].

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính kết hợp mô hình hóa chỉ báo cảnh báo rủi ro. Cách tiếp cận này phù hợp với mục tiêu đề xuất khung mô hình và ma trận KRI, chưa nhằm khẳng định mô hình đã được kiểm định trên bộ dữ liệu thực nghiệm đầy đủ. Phương pháp phân tích tài liệu được sử dụng để hệ thống hóa căn cứ về thanh tra, giao dịch điện tử, đấu thầu, quản lý chất lượng, quản lý chi phí, thanh toán và quyết toán vốn đầu tư công [2-9].

Phương pháp tổng quan nghiên cứu được sử dụng để nhận diện các hướng tiếp cận về khu vực công dựa trên dữ liệu, kiểm toán dữ liệu, BIM và quản trị rủi ro [10-12]. Trên cơ sở đó, bài báo chuyển hóa các dấu hiệu sai lệch truyền thống thành điều kiện logic có thể kiểm tra bằng dữ liệu điện tử. Ví dụ, rủi ro nghiệm thu vượt khối lượng được mô hình hóa bằng quan hệ giữa khối lượng nghiệm thu và nguồn vật tư hợp lệ; rủi ro áp sai đơn giá được kiểm tra bằng quan hệ giữa đơn giá thanh toán, hợp đồng và dữ liệu giá; rủi ro nghiệm thu sai thời điểm được kiểm tra bằng dấu thời gian của biên bản, nhật ký thi công và dữ liệu hiện trường.

Để tăng tính thận trọng khoa học, bài báo xác định kết quả cảnh báo từ mô hình chỉ là thông tin hỗ trợ nghiệp vụ, không thay thế xác minh, đánh giá pháp lý và kết luận thanh tra. Trong các nghiên cứu tiếp theo, mô hình cần được kiểm định bằng nghiên cứu tình huống hồi cứu trên các dự án đã hoàn thành và có kết luận thanh tra, kiểm toán, từ đó so sánh cảnh báo tự động với sai phạm đã phát hiện để đánh giá độ chính xác, tỷ lệ cảnh báo giả và khả năng ứng dụng.

4. MÔ HÌNH CẢNH BÁO RỦI RO TỪ DỮ LIỆU ĐIỆN TỬ TRONG NGHIỆM THU VÀ THANH TOÁN

4.1. Nguyên lý vận hành

Mô hình cảnh báo rủi ro được xây dựng trên logic: Mỗi khoản thanh toán phải có thể truy ngược đến hạng mục nghiệm thu, điều khoản hợp đồng, đơn giá, nguồn vật tư, chứng từ hợp lệ, tiến độ

thi công và dữ liệu hiện trường. Bốn nguyên lý vận hành gồm liên thông dữ liệu, đối chiếu chéo, tự động hóa cảnh báo và lưu vết dữ liệu. Liên thông dữ liệu đòi hỏi mã dự án, mã gói thầu, mã hợp đồng, mã nhà thầu, mã vật tư và mã hạng mục được chuẩn hóa. Đối chiếu chéo là so sánh hồ sơ do chủ đầu tư hoặc nhà thầu cung cấp với dữ liệu độc lập từ thuế, kho bạc, đấu thầu, dữ liệu giá, nhật ký thi công và hiện trường [4-9], [12].

Tự động hóa cảnh báo giúp xử lý dữ liệu lớn nhưng không đồng nghĩa với tự động hóa kết luận. Mô hình chỉ phát hiện vượt ngưỡng hoặc mâu thuẫn dữ liệu; kết luận sai phạm vẫn phụ thuộc vào xác minh chứng cứ, điều kiện hợp đồng, quy định pháp luật và đánh giá chuyên môn. Chữ ký số, metadata, nhật ký hệ thống và phân quyền truy cập là điều kiện bảo đảm giá trị nghiệp vụ của dữ liệu [2-4].

4.2. Cấu trúc mô hình

Mô hình đề xuất gồm 5 lớp, cho phép triển khai từng bước tùy mức độ sẵn sàng dữ liệu của từng cơ quan và từng loại dự án.

Bảng 2. Cấu trúc mô hình cảnh báo rủi ro từ dữ liệu điện tử

Lớp mô hình	Nội dung	Chức năng chính
Lớp 1: Dữ liệu đầu vào	Hóa đơn điện tử, kho bạc, đấu thầu, hợp đồng, nghiệm thu, BIM/ERP, nhật ký thi công, dữ liệu hiện trường	Tạo nguồn dữ liệu để đối chiếu rủi ro
Lớp 2: Chuẩn hóa dữ liệu	Mã dự án, gói thầu, hợp đồng, nhà thầu, vật tư, hạng mục	Kết nối các dữ liệu rời rạc theo cùng đối tượng quản lý
Lớp 3: Đối chiếu và phân tích	So sánh khối lượng, đơn giá, tiến độ, dòng tiền, thời điểm hồ sơ	Phát hiện chênh lệch, mâu thuẫn, bất thường
Lớp 4: Chỉ báo KRI	Bộ điều kiện cảnh báo đỏ, vàng, xanh	Phân tầng rủi ro và ưu tiên xác minh
Lớp 5: Hỗ trợ thanh tra	Danh mục trọng tâm, hồ sơ cần kiểm tra, đối tượng cần giải trình	Hỗ trợ lập kế hoạch và xác minh

Nguồn: Tác giả đề xuất.

4.3. Quy trình vận hành

Quy trình vận hành có thể triển khai theo 7 bước: Xác định dự án, gói thầu hoặc hợp đồng cần giám sát; thu thập dữ liệu từ các hệ thống liên quan; chuẩn hóa mã định danh; đối chiếu dữ liệu nghiệm thu, thanh toán, hóa đơn, kho bạc, đấu thầu và hiện trường; chạy bộ KRI; phân loại cảnh báo và lựa chọn trọng tâm xác minh. Khi một chỉ báo vượt ngưỡng, đoàn thanh tra cần rà soát chứng cứ gốc, kiểm tra điều kiện hợp đồng, yêu cầu giải trình và xác minh thực địa khi cần thiết.

5. MA TRẬN CHỈ BÁO CẢNH BÁO RỦI RO TRONG NGHIỆM THU VÀ THANH TOÁN

Trên cơ sở nhận diện rủi ro trọng yếu, bài báo đề xuất ma trận KRI trong Bảng 3. Ma trận này có tính phương pháp, cần hiệu chỉnh theo loại công trình, loại hợp đồng, nguồn vốn, mức độ sẵn sàng dữ liệu và quy định pháp lý cụ thể của từng dự án.

Bảng 3. Ma trận chỉ báo cảnh báo rủi ro KRI trong nghiệm thu và thanh toán

STT	Rủi ro trọng yếu	Chỉ báo KRI	Nguồn dữ liệu đối chiếu	Ngưỡng/lưu ý cảnh báo
1	Nghiệm thu không hoặc vượt khối lượng	Chênh lệch giữa khối lượng nghiệm thu và nguồn vật tư hợp lệ	Hồ sơ nghiệm thu, BIM/ERP, hóa đơn điện tử, dữ liệu thuế	Cảnh báo khi khối lượng nghiệm thu vượt nguồn vật tư hợp lệ sau khi trừ các yếu tố được phép

STT	Rủi ro trọng yếu	Chỉ báo KRI	Nguồn dữ liệu đối chiếu	Ngưỡng/lưu ý cảnh báo
2	Áp sai đơn giá, sai chủng loại	Đơn giá thanh toán cao hơn đơn giá hợp đồng, trúng thầu hoặc giá được duyệt	Hợp đồng, phụ lục, E-GP, hồ sơ thanh toán, dữ liệu giá	Cần phân biệt loại hợp đồng và điều kiện điều chỉnh giá
3	Nghiệm thu sai thời điểm	Thời điểm ký nghiệm thu không phù hợp dữ liệu hoàn thành thực tế	Biên bản ký số, nhật ký thi công, camera, drone/GPS, metadata	Cảnh báo khi nghiệm thu trước dữ liệu hoàn thành hoặc hồ sơ bị sửa bất thường
4	Thanh toán trùng lặp	Một hạng mục được thanh toán nhiều lần hoặc vượt khối lượng thiết kế	Hồ sơ thanh toán từng đợt, BIM, dự toán, bản vẽ thi công	Cảnh báo khi tổng khối lượng thanh toán vượt khối lượng thiết kế và phát sinh hợp lệ
5	Giải ngân bất thường	Tỷ lệ giải ngân cao hơn tỷ lệ hoàn thành sau khi loại trừ tạm ứng hợp lệ	Kho bạc, hợp đồng, nghiệm thu, báo cáo tiến độ	Cảnh báo khi giải ngân vượt mức hoàn thành và thiếu căn cứ thanh toán
6	Năng lực thi công không phù hợp	Khối lượng hoàn thành không tương xứng với nhân lực, thiết bị, thời gian thi công	Nhật ký thi công, chấm công, camera, IoT thiết bị	Cảnh báo khi năng lực thực tế ghi nhận không đủ để tạo ra khối lượng nghiệm thu

Nguồn: Tác giả đề xuất.

5.1. Tình huống minh họa ẩn danh

Để tăng tính ứng dụng, Bảng 4 trình bày một số tình huống ẩn danh được tổng hợp theo dạng kịch bản nghiệp vụ thường gặp trong kiểm tra nghiệm thu, thanh toán. Các tình huống này không thay thế kết quả thanh tra của một dự án cụ thể, mà minh họa cách mô hình KRI hỗ trợ khoanh vùng rủi ro.

Bảng 4. Tình huống minh họa ẩn danh về vận hành KRI trong nghiệm thu và thanh toán

STT	Tình huống ẩn danh	Rủi ro cần nhận diện	Dữ liệu đối chiếu	KRI và cách cảnh báo
1	Nhà thầu đề nghị thanh toán khối lượng thép, bê tông lớn hơn lượng vật tư có chứng từ nguồn gốc hợp lệ	Nghiệm thu không hoặc vượt khối lượng	Biên bản nghiệm thu, BIM/ERP, hóa đơn điện tử, tồn kho, chứng từ cấp vật tư	KRI_KL,i cảnh báo đỏ khi khối lượng nghiệm thu vượt nguồn vật tư hợp lệ và hao hụt được phép
2	Hồ sơ thanh toán áp đơn giá vật liệu hoàn thiện cao hơn đơn giá hợp đồng hoặc đơn giá trúng thầu	Áp sai đơn giá hoặc sai chủng loại	Hợp đồng, phụ lục, E-GP, hồ sơ thanh toán, dữ liệu giá	KRI_G,i cảnh báo vàng/đỏ khi đơn giá thanh toán vượt căn cứ hợp pháp
3	Biên bản nghiệm thu ký trước thời điểm dữ liệu hiện trường ghi nhận hạng mục hoàn thành	Nghiệm thu sai thời điểm, hợp thức hóa hồ sơ	Biên bản ký số, nhật ký thi công, camera, drone/GPS, metadata	KRI_T cảnh báo khi Tnt < Tht hoặc Tmeta > Tnt mà không có giải trình hợp lệ

Nguồn: Tác giả đề xuất.

5.2. Một số công thức logic đại diện

Các công thức sau chỉ là khuôn khổ thiết kế điều kiện cảnh báo, không phải mô hình định lượng hoàn chỉnh. Đối với rủi ro nghiệm thu khối lượng vật tư, gọi Qnt_i là khối lượng vật tư loại i được nghiệm thu, thanh toán; Qhd_i là khối lượng vật tư thể hiện trên hóa đơn hợp lệ; Qtk_i là tồn kho hợp lệ; Qcc_i là vật tư do chủ đầu tư cấp hoặc có nguồn gốc hợp lệ; Qnp_i là vật tư do nhà thầu phụ cung ứng; Qxk_i là vật tư xuất sang công trình khác hoặc không sử dụng cho hạng mục; Ai là hao hụt hợp lệ. Chỉ báo có thể xác định như sau:

$$KRI_{KL,i} = Qnt_i - (Qhd_i + Qtk_i + Qcc_i + Qnp_i - Qxk_i) - Ai \quad (1)$$

Cảnh báo kích hoạt khi $KRI_{KL,i} > 0$. Đối với rủi ro áp sai đơn giá, gọi Gtt_i là đơn giá thanh toán; Ghd_i là đơn giá hợp đồng hoặc giá trúng thầu; ΔGi là mức điều chỉnh hợp pháp; Ci là chi phí bổ sung hợp lệ; ai là biên độ cho phép:

$$KRI_{G,i} = Gtt_i - (Ghd_i + \Delta Gi + Ci) - ai \quad (2)$$

Đối với nghiệm thu sai thời điểm, gọi Tnt là thời điểm ký nghiệm thu, Tht là thời điểm dữ liệu hiện trường ghi nhận hoàn thành, $Tmeta$ là thời điểm tạo hoặc sửa hồ sơ số. Cảnh báo kích hoạt khi $Tnt < Tht$ hoặc $Tmeta > Tnt$ mà không có giải trình hợp lệ. Đối với giải ngân vượt khối lượng hoàn thành, có thể sử dụng quan hệ:

$$KRI_P = Pgn - Ptu - Pht - \varepsilon \quad (3)$$

Trong đó: Pgn là tỷ lệ giải ngân lũy kế; Ptu là tỷ lệ tạm ứng hợp lệ; Pht là tỷ lệ hoàn thành thực tế; ε là biên độ sai số cho phép.

6. THẢO LUẬN

Mô hình đề xuất bổ sung cách tiếp cận thanh tra dự án đầu tư xây dựng trên nền tảng dữ liệu. Thay vì xem thanh tra chủ yếu là hoạt động kiểm tra hồ sơ sau khi dự án hoàn thành, bài báo tiếp cận thanh tra như quá trình nhận diện và quản trị rủi ro. Điểm mới là chuyển các dấu hiệu sai phạm vốn được phát hiện bằng kinh nghiệm thủ công thành các điều kiện dữ liệu có thể đối chiếu, phân tích và kiểm tra lại.

Về thực tiễn, mô hình giúp cơ quan thanh tra lựa chọn đúng dự án, gói thầu, hạng mục hoặc khoản thanh toán cần ưu tiên xác minh. Khi dữ liệu nghiệm thu, hóa đơn, kho bạc, đấu thầu, nhật ký thi công và dữ liệu hiện trường có thể được đối chiếu, nguy cơ hợp thức hóa hồ sơ sẽ bị thu hẹp. Tuy nhiên, bài báo không coi KRI là bằng chứng kết luận sai phạm. Mọi cảnh báo phải được kiểm tra trong bối cảnh pháp lý, kỹ thuật và thực tế thi công của từng dự án.

Điều kiện triển khai gồm hoàn thiện pháp lý về dữ liệu điện tử, chuẩn hóa dữ liệu dự án, liên thông hệ thống thuế, kho bạc, đấu thầu, xây dựng, tài chính và quản lý dự án; đồng thời bảo đảm an toàn thông tin, lưu vết và nâng cao năng lực số của thanh tra viên. Mô hình phụ thuộc vào chất lượng dữ liệu đầu vào, vì vậy nên ưu tiên trước các chỉ báo dựa trên dữ liệu sẵn có như hóa đơn điện tử, kho bạc, hợp đồng và đấu thầu [1], [4-6], [10-12].

7. KIẾN NGHỊ

Thứ nhất, đối với cơ quan thanh tra, cần xây dựng quy trình thanh tra từ xa đối với dự án đầu tư xây dựng, quy định rõ nguồn dữ liệu, phương thức tiếp nhận, tiêu chuẩn xác thực, quy trình phân tích, phân loại cảnh báo và cách sử dụng kết quả cảnh báo. Đồng thời, cần xây dựng bộ KRI dùng chung cho nghiệm thu, thanh toán, có khả năng hiệu chỉnh theo loại công trình, hợp đồng và nguồn vốn [2, 3].

Thứ hai, đối với cơ quan quản lý xây dựng, cần chuẩn hóa mã dự án, hạng mục, vật tư, đơn giá, nhà thầu và hợp đồng; phát triển

cơ sở dữ liệu giá, định mức, đơn giá và vật liệu có khả năng kết nối. Việc sử dụng BIM, nhật ký thi công điện tử, hồ sơ nghiệm thu số và dữ liệu hiện trường cần hướng tới phân tích, truy xuất và phục vụ thanh tra [7-9], [12].

Thứ ba, đối với Kho bạc Nhà nước, cơ quan thuế và hệ thống đấu thầu, cần có cơ chế chia sẻ dữ liệu có kiểm soát cho cơ quan thanh tra. Đối với chủ đầu tư, ban quản lý dự án, nhà thầu và tư vấn giám sát cần số hóa hồ sơ nghiệm thu, thanh toán theo chuẩn thống nhất; sử dụng chữ ký số, nhật ký điện tử, cơ chế lưu vết và chịu trách nhiệm về dữ liệu cung cấp [4-6].

8. KẾT LUẬN

Thanh tra từ xa đối với dự án đầu tư xây dựng là hướng tiếp cận phù hợp trong bối cảnh chuyển đổi số, nhất là ở giai đoạn nghiệm thu và thanh toán, nơi tập trung nhiều rủi ro về khối lượng, đơn giá, hồ sơ, tiến độ và dòng tiền. Bài báo đề xuất mô hình cảnh báo rủi ro từ dữ liệu điện tử gồm 5 lớp và ma trận KRI nhằm nhận diện các rủi ro chủ yếu như khối lượng, áp sai đơn giá, nghiệm thu sai thời điểm, thanh toán trùng lặp, giải ngân bất thường và hợp thức hóa hồ sơ.

Mô hình không thay thế xác minh và kết luận thanh tra, nhưng hỗ trợ phát hiện sớm bất thường, lựa chọn đúng trọng tâm và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn lực. Để triển khai hiệu quả, cần hoàn thiện pháp lý về dữ liệu điện tử, chuẩn hóa dữ liệu dự án, tăng cường liên thông hệ thống và kiểm định mô hình bằng dữ liệu thực tế [1], [4-12].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Chính trị. Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia, 2024.
- [2] Quốc hội. Luật Thanh tra số 84/2025/QH15, 2025.
- [3] Chính phủ. Nghị định số 216/2025/NĐ-CP ngày 05/8/2025 quy định chi tiết một số điều và hướng dẫn thi hành Luật Thanh tra, 2025.
- [4] Quốc hội. Luật Giao dịch điện tử số 20/2023/QH15, 2023.
- [5] Quốc hội. Luật Đấu thầu số 22/2023/QH15, 2023.
- [6] Chính phủ. Nghị định số 254/2025/NĐ-CP ngày 26/9/2025 quy định về quản lý, thanh toán, quyết toán dự án sử dụng vốn đầu tư công, 2025.
- [7] Chính phủ. Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng, 2021.
- [8] Chính phủ. Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 về quản lý chi phí đầu tư xây dựng, 2021.
- [9] Bộ Xây dựng. Thông tư số 10/2021/TT-BXD ngày 25/8/2021 hướng dẫn một số điều và biện pháp thi hành Nghị định số 06/2021/NĐ-CP về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng, 2021.
- [10] OECD. The Path to Becoming a Data-Driven Public Sector. Paris: OECD Publishing, 2019.
- [11] D. Appelbaum, A. Kogan and M. A. Vasarhelyi. Big data and analytics in the modern audit engagement: Research needs. Auditing: A Journal of Practice & Theory, vol. 36, no. 4, pp. 1-27, 2017.
- [12] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2018.

Phân tích mức độ phối hợp quản lý vốn đầu tư công trong các dự án xây dựng công trình giao thông: Thực trạng và hàm ý quản lý

Analyzing the coordination of public investment capital management in transport infrastructure projects: Current situation and managerial implications

> TS ĐỖ VĂN THUẬN¹, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI^{2,*}

¹Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng

²Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: hainl@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Quản lý và giải ngân vốn đầu tư công là một trong những khâu then chốt trong phát triển hạ tầng giao thông tại Việt Nam. Nghiên cứu này nhằm phân tích sự vận động của hoạt động phối hợp giữa các chủ thể quản lý vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông, từ đó đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý. Dựa trên phương pháp tiếp cận hệ thống, nghiên cứu xây dựng bộ 5 chỉ tiêu (COI-CO5) mô tả mức độ phối hợp trong các khâu lập kế hoạch, giải ngân và quyết toán. Dữ liệu khảo sát 136 mẫu được thu thập từ các cơ quan chủ trì, cơ quan kế hoạch đầu tư, tài chính, Kho bạc Nhà nước, ban quản lý dự án và Kiểm toán Nhà nước, phân tích bằng thống kê mô tả. Kết quả cho thấy mức độ phối hợp nhìn chung đạt mức khá (Mean 3,28 - 3,45), trong đó phối hợp giữa cơ quan kế hoạch và tài chính được đánh giá cao nhất, trong khi phối hợp ở giai đoạn thanh toán, quyết toán còn nhiều hạn chế. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin, hoàn thiện cơ chế phối hợp liên ngành và nâng cao năng lực cán bộ nhằm cải thiện hiệu quả giải ngân vốn đầu tư công.

Từ khóa: Phối hợp quản lý; vốn đầu tư công; giải ngân; hạ tầng giao thông; quản lý dự án; hệ thống đa tác nhân.

ABSTRACT

Public investment management and disbursement play a pivotal role in the development of transportation infrastructure in Vietnam. This study aims to analyze the dynamics of coordination among stakeholders involved in managing public investment capital for transport infrastructure projects, thereby proposing solutions to enhance management efficiency. Adopting a systems approach, the study develops a set of five indicators (COI-CO5) to measure the degree of coordination across planning, disbursement and settlement phases. Survey data were collected from 136 respondents, including representatives from line ministries, planning and finance agencies, state treasuries, project management units (PMUs) and the State Audit Office of Vietnam. Descriptive statistics were used for data analysis. Results indicate that overall coordination is at a moderately positive level (Mean 3.28-3.45), with planning and budgeting coordination rated highest, whereas coordination during disbursement and settlement stages remains less effective. Based on these findings, the paper proposes strengthening inter-agency mechanisms, enhancing information technology applications and improving staff capacity to accelerate disbursement and increase the efficiency of public investment management.

Keywords: Coordination; public investment capital; disbursement; transport infrastructure; project management; multi-actor system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đầu tư công vào lĩnh vực hạ tầng giao thông đóng vai trò quan trọng trong thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, tạo động lực lan tỏa phát triển vùng và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Tuy nhiên, một trong những thách thức lớn hiện nay là tình trạng chậm giải ngân vốn đầu tư công, dẫn đến dự án kéo dài, chi phí đội vốn và giảm hiệu quả đầu tư. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng sự phối hợp chưa hiệu quả giữa các chủ thể tham gia quản lý - từ lập kế hoạch, phân bổ vốn, giải ngân đến quyết toán - là nguyên nhân quan trọng gây ra tình trạng này.

Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu sự vận động của hoạt động phối hợp quản lý vốn đầu tư công có ý nghĩa quan trọng cả về lý luận và thực tiễn. Một mặt, nghiên cứu giúp làm rõ vai trò của phối hợp liên ngành trong bảo đảm tiến độ và hiệu quả sử dụng vốn; mặt khác, cung cấp bằng chứng thực nghiệm hỗ trợ hoạch định chính sách và hoàn thiện cơ chế quản lý đầu tư công.

Bài báo này được thực hiện nhằm: (i) Xây dựng khung chỉ tiêu đo lường mức độ phối hợp trong quản lý vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông; (ii) khảo sát và phân tích thực trạng phối hợp giữa các bên liên quan trên phạm vi cả nước; (iii) đề xuất hàm ý quản lý nhằm nâng cao hiệu quả phối hợp, góp phần thúc đẩy giải ngân vốn và hoàn thành mục tiêu đầu tư công.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở phương pháp luận

Nghiên cứu được thực hiện dựa trên phương pháp tiếp cận hệ thống (systems approach), coi hoạt động phối hợp quản lý vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông là một quá trình đa tác nhân, bao gồm nhiều chủ thể tham gia với chức năng, nhiệm vụ và lợi ích khác nhau. Cách tiếp cận này cho phép phân tích mối quan hệ tương tác giữa các bên, nhận diện những điểm nghẽn trong chia sẻ thông tin và phối hợp hành động, từ đó đề xuất giải pháp tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả quản lý vốn đầu tư công.

Sự phối hợp trong quản lý đầu tư công được hiểu là quá trình các bên cùng hành động hoặc hỗ trợ nhau để đạt mục tiêu chung, dựa trên chia sẻ thông tin, phân bổ rủi ro hợp lý và hợp tác không đối nghịch nhau [1]. Theo quan điểm của Henry Ford, “đến với nhau là một khởi đầu, giữ được nhau là tiến bộ và làm việc cùng nhau là thành công” [2], điều này đặc biệt vận dụng phù hợp trong bối cảnh các dự án xây dựng cần sự hợp tác đồng bộ giữa các bên liên quan.

2.2. Xây dựng khung chỉ tiêu nghiên cứu

Dựa trên cơ sở lý thuyết và tổng quan nghiên cứu trước đây về phối hợp liên cơ quan trong quản lý dự án [3], kết hợp với thực trạng phối hợp trong thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam, nghiên cứu xây dựng bộ 5 chỉ tiêu mô tả mức độ phối hợp trong quá trình thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông.

Bảng 1. Các chỉ tiêu mô tả nội dung phối hợp thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông

STT	Mã CT	Nội dung
1	CO1	Phối hợp giữa các chủ đầu tư và cơ quan chủ trì trong việc xây dựng và thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông
2	CO2	Phối hợp của cơ quan kế hoạch đầu tư trong việc xây dựng và thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông

3	CO3	Phối hợp của cơ quan tài chính trong việc xây dựng và thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông
4	CO4	Phối hợp của cơ quan Kho bạc Nhà nước trong công tác tạm ứng, thanh toán, quyết toán vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông
5	CO5	Phối hợp của các nhà thầu trong công tác thanh toán, quyết toán vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông

Bộ chỉ tiêu này phản ánh cả khía cạnh lập kế hoạch, triển khai và quyết toán, giúp đo lường mức độ gắn kết, chia sẻ thông tin và phối hợp hành động giữa các bên, qua đó kiểm định thực trạng về vai trò của sự phối hợp đối với hiệu quả quản lý vốn đầu tư công.

2.3. Thu thập dữ liệu

Dữ liệu được thu thập thông qua khảo sát bằng bảng hỏi sử dụng thang đo Likert 5 mức độ (1 - Rất không đồng ý đến 5 - Rất đồng ý), một công cụ phổ biến trong nghiên cứu quản lý và hành vi tổ chức [4].

Quá trình khảo sát thu được 136 mẫu hợp lệ, phân bố như sau: 74 mẫu từ các ban quản lý dự án công trình giao thông trực thuộc cơ quan chủ trì; 29 mẫu từ các cơ quan quản lý vốn đầu tư xây dựng công trình giao thông; 13 mẫu từ cơ quan kế hoạch đầu tư; 7 mẫu từ cơ quan tài chính; 13 mẫu từ cơ quan Kiểm toán Nhà nước. Các đối tượng được khảo sát là các cá nhân đang làm việc liên quan trực tiếp hoặc gián tiếp trong hoạt động quản lý vốn đầu tư công các công trình giao thông tại Việt Nam.

2.4. Phân tích dữ liệu

Dữ liệu được xử lý bằng các phương pháp thống kê mô tả để tính toán giá trị trung bình, độ lệch chuẩn cho từng chỉ tiêu (CO1-CO5). Các kết quả này được sử dụng để: (i) Đánh giá mức độ phối hợp hiện tại giữa các bên; (ii) so sánh sự khác biệt giữa các nhóm đối tượng; (iii) làm cơ sở thảo luận và đề xuất giải pháp tăng cường phối hợp trong quản lý vốn đầu tư công.

Kỹ thuật phân tích dữ liệu thống kê mô tả được thực hiện trong phần mềm SPSS thông qua các chỉ tiêu thống kê như: Giá trị nhỏ nhất (minimum), giá trị lớn nhất (maximum), giá trị trung bình (mean) và độ lệch chuẩn (standard deviation).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

Bảng 2 trình bày kết quả thống kê mô tả đối với 5 chỉ tiêu (CO1-CO5) phản ánh mức độ phối hợp quản lý vốn đầu tư công trong xây dựng công trình giao thông.

Bảng 2. Chỉ tiêu đánh giá về hoạt phối hợp quản lý vốn đầu tư công

Chỉ tiêu (Criteria)	Số lượng mẫu (N)	Giá trị nhỏ nhất (Minimum)	Giá trị lớn nhất (Maximum)	Giá trị trung bình (Mean)	Độ lệch chuẩn (Std. Deviation)
CO1	136	2,00	5,00	3,3529	.79377
CO2	136	2,00	5,00	3,4412	.67511
CO3	136	1,00	5,00	3,4485	.65342
CO4	136	1,00	5,00	3,2794	.83170
CO5	136	2,00	5,00	3,4118	.78382

Kết quả cho thấy mức độ phối hợp chung đạt mức khá (Mean từ 3,28 đến 3,45), nhưng chưa thật sự cao và còn có sự phân tán (Std. Dev. từ 0,65 đến 0,83). Đặc biệt, CO4 (Kho bạc Nhà nước) có giá trị trung bình thấp nhất và độ lệch chuẩn cao nhất, phản ánh sự không đồng đều trong nhận thức và đánh giá về hiệu quả phối hợp ở khâu ứng, thanh toán, quyết toán.

(1) So sánh mức độ phối hợp giữa các tác nhân:

Các chỉ tiêu CO2 (cơ quan kế hoạch đầu tư) và CO3 (cơ quan tài chính) đạt giá trị trung bình cao nhất, cho thấy khâu lập kế hoạch và phân bổ vốn được thực hiện khá đồng bộ. Điều này có thể lý giải bởi quy định pháp luật (Luật Đầu tư công 2024) đã quy chuẩn hóa quy trình lập kế hoạch, tạo sự phối hợp chặt chẽ giữa cơ quan kế hoạch và tài chính.

Ngược lại, CO4 (Kho bạc Nhà nước) có giá trị trung bình thấp nhất. Đây là chỉ số đại diện cho quy trình kiểm soát chi, vốn đòi hỏi nhiều bước kiểm tra, đối chiếu chứng từ, dẫn đến thời gian xử lý kéo dài. Sự khác biệt về đánh giá giữa các nhóm đối tượng cho thấy một số nơi việc phối hợp khá trôi chảy, trong khi ở một số địa phương còn vướng mắc về thủ tục.

CO5 (nhà thầu) cũng chỉ đạt mức trung bình (3,41), phản ánh việc phối hợp trong thanh toán, quyết toán giữa nhà thầu và chủ đầu tư vẫn gặp khó khăn, như chậm nộp hồ sơ hoặc hồ sơ chưa đầy đủ. Điều này phù hợp với thực trạng nhiều dự án bị chậm quyết toán, kéo dài thời gian giải ngân vốn.

(2) Xu hướng giảm phối hợp ở giai đoạn cuối dự án:

Kết quả cho thấy mức độ phối hợp có xu hướng giảm dần khi dự án chuyển từ giai đoạn lập kế hoạch (CO2-CO3) sang giai đoạn giải ngân và quyết toán (CO4-CO5). Điều này phù hợp với nhận định của các nghiên cứu trước rằng phối hợp thường đạt cao nhất ở giai đoạn khởi đầu dự án nhưng dễ bị suy giảm ở giai đoạn kết thúc do áp lực thời gian và xung đột lợi ích giữa các bên.

(3) Ý nghĩa thực tiễn và hàm ý quản lý:

Kết quả nghiên cứu khẳng định luận điểm tiếp cận hệ thống: Hiệu quả quản lý vốn đầu tư công phụ thuộc vào sự phối hợp đa tác nhân xuyên suốt chu trình dự án. Để cải thiện, cần:

- Đơn giản hóa và số hóa quy trình kiểm soát chi nhằm giảm thời gian chờ và tăng minh bạch;
- Tăng cường chia sẻ thông tin giữa cơ quan chủ trì, chủ đầu tư và Kho bạc Nhà nước thông qua hệ thống quản lý trực tuyến, giảm rủi ro sai lệch hồ sơ;
- Đào tạo, nâng cao năng lực các bên liên quan, đặc biệt cán bộ ban quản lý dự án và nhà thầu về quy trình quyết toán, tránh sai sót lặp lại;
- Thiết lập cơ chế giám sát phối hợp liên ngành để kịp thời phát hiện và tháo gỡ các điểm nghẽn.

(4) So sánh với các nghiên cứu trước:

Kết quả này phù hợp với nhận định của Atkinson [3] rằng thành công của quản lý dự án không chỉ phụ thuộc vào chi phí, thời gian mà còn vào sự phối hợp giữa các bên. Nghiên cứu cũng bổ sung bằng chứng thực nghiệm cho bối cảnh Việt Nam, nơi mà yếu tố phối hợp giữa các cơ quan nhà nước và nhà thầu giữ vai trò quyết định đến tiến độ giải ngân - một vấn đề được Chính phủ ưu tiên trong các Nghị quyết thúc đẩy đầu tư công giai đoạn 2021 - 2025.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích sự phối hợp giữa các chủ thể quản lý vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông thông qua bộ 5 chỉ tiêu (CO1-CO5) phản ánh từ khâu lập kế hoạch đến thanh toán,

quyết toán. Kết quả cho thấy mức độ phối hợp nhìn chung đạt mức khá (Mean từ 3,28 đến 3,45) nhưng còn chưa đồng đều giữa các tác nhân. Các cơ quan kế hoạch đầu tư và tài chính (CO2, CO3) được đánh giá có phối hợp tốt hơn, trong khi Kho bạc Nhà nước (CO4) và nhà thầu (CO5) có mức độ phối hợp thấp hơn, cho thấy các vướng mắc tập trung ở khâu giải ngân và quyết toán vốn.

Từ kết quả này, nghiên cứu gợi ý một số hàm ý quản lý:

- Hoàn thiện cơ chế phối hợp liên ngành, đặc biệt ở giai đoạn tạm ứng, thanh toán và quyết toán, nhằm giảm độ trễ giải ngân;
 - Tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý hồ sơ và luồng thông tin giữa các bên để nâng cao tính minh bạch và giảm sai sót;
 - Đào tạo, nâng cao năng lực cán bộ liên quan đến quy trình kiểm soát chi, đảm bảo tính nhất quán và rút ngắn thời gian xử lý;
- Những đề xuất này giúp nâng cao hiệu quả quản lý vốn đầu tư công, góp phần thúc đẩy tiến độ giải ngân và hoàn thành mục tiêu phát triển hạ tầng giao thông, phù hợp với định hướng chiến lược của Nhà nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] The UK Association. Body of Knowledge (BoK), (in eng). Revised January 1995 (version 2), 1995.
- [2] Nuria Forcada Matheu. Life Cycle Document Management System For Construction, (in eng). Doctoral Thesis 2005, Universitat Politècnica De Catalunya, 2005.
- [3] R. Atkinson. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria, (in eng). International Journal of Project Management, vol. 17, no. 6, pp. 337-342, 1999.
- [4] K. Harold. Project Management - A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling. Eighth Edition, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2002.

Nghiên cứu các rào cản thể chế - pháp lý trong việc thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không tại Việt Nam

Research to institutional - legal barriers to promoting investment in transport infrastructure development toward net-zero emissions in Vietnam

> THS NGUYỄN PHƯƠNG THANH, TS LÊ TRỌNG TÙNG*, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: tunglt_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích bối cảnh đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không tại Việt Nam, đồng thời tập trung nhận diện và phân tích các rào cản thể chế - pháp lý ảnh hưởng đến việc thúc đẩy đầu tư trong lĩnh vực này. Trên cơ sở tổng quan lý thuyết và bối cảnh thực tiễn, nghiên cứu xác định 4 rào cản thể chế - pháp lý trong thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không tại Việt Nam, bao gồm: Những hạn chế liên quan đến khung chính sách, tính đồng bộ của hệ thống pháp luật, quy trình và thủ tục đầu tư cũng như mức độ tích hợp mục tiêu phát thải ròng bằng không vào quy hoạch phát triển. Kết quả nghiên cứu này góp phần bổ sung cơ sở khoa học và thực tiễn cho các nhà hoạch định chính sách trong việc xây dựng và hoàn thiện khung thể chế - pháp lý nhằm thúc đẩy phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không tại Việt Nam.

Từ khóa: Rào cản thể chế - pháp lý; cơ sở hạ tầng giao thông; phát thải ròng bằng không; đầu tư phát triển.

ABSTRACT

This article analyzes the context of investment in transport infrastructure development toward net-zero emissions in Vietnam, while focusing on identifying and examining the institutional - legal barriers affecting the promotion of investment in this field. Based on a review of theoretical foundations and the practical context, the study identifies four institutional - legal barriers to promoting investment in transport infrastructure development toward net-zero emissions in Vietnam, including limitations associated with the policy framework, the consistency of the legal and regulatory system, investment approval procedures and the integration of net-zero emission objectives into development planning. The research results contribute to both the scientific and practical foundations for policymakers in formulating and improving the institutional and legal framework to promote the development of transport infrastructure toward net-zero emissions in Vietnam.

Keywords: Institutional - legal barriers; transport infrastructure; net-zero emission; development investment.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu đã trở thành thách thức lớn nhất đối với nhân loại, đã và đang tác động đến mọi mặt: Kinh tế, chính trị, ngoại giao và an ninh toàn cầu. Vì vậy, mỗi quốc gia phải chủ động thích ứng nhằm hạn chế các tác động tiêu cực, đồng thời có trách nhiệm giảm phát thải khí nhà kính. Mục tiêu đạt mức phát thải ròng bằng không

vào năm 2050 trở thành xu thế phát triển tất yếu của thế giới kèm theo tuyên bố mạnh mẽ về chuyển đổi năng lượng, phát triển phát thải thấp, phát triển kinh tế tuần hoàn hướng tới đạt mục tiêu giữ cho mức tăng nhiệt độ toàn cầu ở ngưỡng 1,5°C vào năm 2050 [1]. Trong các lĩnh vực phát thải lớn, giao thông vận tải được xác định là một trong những nguồn phát thải CO₂ chủ yếu [6]. Để hiện thực

hóa cam kết này, việc chuyển dịch sang mô hình cơ sở hạ tầng giao thông phát thải thấp (như sử dụng vật liệu xanh, hệ thống đường sắt đô thị, trạm sạc xe điện, hệ thống giao thông công cộng thông minh...) là một lộ trình tất yếu. Do đó, việc đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng giảm phát thải, tiến tới phát thải ròng bằng không có ý nghĩa then chốt trong việc thực hiện cam kết quốc tế của Việt Nam. Tuy nhiên, tiến độ triển khai thực hiện ở nước ta trong thời gian qua vẫn bị cản trở bởi sự thiếu vắng một khuôn khổ chính sách và quy định toàn diện và cụ thể dành riêng cho giao thông vận tải xanh. Vì vậy, nghiên cứu các rào cản thể chế - pháp lý trong việc thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không là hết sức cần thiết, từ đó đưa lĩnh vực giao thông vận tải trở thành một lĩnh vực khả thi và hấp dẫn cho các khoản đầu tư vào cơ sở hạ tầng xanh.

2. NỘI DUNG

2.1. Cơ sở lý thuyết

Phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải thấp không chỉ góp phần thực hiện cam kết của Việt Nam tại Hội nghị COP26 về đạt phát thải ròng bằng không vào năm 2050 mà còn tạo nền tảng cho nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia, tăng khả năng chống chịu trước biến đổi khí hậu và bảo đảm phát triển kinh tế - xã hội theo hướng bền vững. Việc thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không là một quá trình phức tạp, chịu tác động đồng thời của nhiều yếu tố thuộc môi trường thể chế, điều kiện thị trường, năng lực tổ chức và mức độ sẵn sàng tiếp nhận đổi mới. Khác với mô hình đầu tư cơ sở hạ tầng truyền thống tập trung chủ yếu vào mở rộng năng lực vận tải và tăng trưởng kinh tế, đầu tư cơ sở hạ tầng giao thông phát thải thấp hướng tới mục tiêu đồng thời bảo đảm hiệu quả kinh tế, giảm phát thải các-bon, nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và thúc đẩy phát triển bền vững. Do đó, việc phân tích các rào cản đối với quá trình đầu tư cần được tiếp cận trên nền tảng lý thuyết phù hợp nhằm giải thích bản chất và cơ chế tác động của các yếu tố ảnh hưởng.

Các rào cản tập trung vào khuôn khổ luật pháp, chính sách, tiêu chuẩn và các quy định có liên quan đến đầu tư cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không. Do đó, các rào cản được xây dựng dựa trên lý thuyết Thể chế (Scott, 2004) cùng các nghiên cứu của các tác giả và các bài báo đã công bố trước đây. Lý thuyết Thể chế nhấn mạnh cách môi trường pháp lý, áp lực chuẩn mực và kỳ vọng văn hóa ảnh hưởng đến hành vi tổ chức [12]. Lý thuyết Thể chế cung cấp cơ sở lý luận quan trọng làm nền tảng để xây dựng, giải thích và nhận diện các rào cản thể chế - pháp lý trong thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông không phát thải tại Việt Nam.

2.2. Các rào cản thể chế - pháp lý trong việc thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không

Trong các nghiên cứu trước đây của OECD cho thấy, các nhà đầu tư liên tục xác định các rào cản pháp lý và quy định là những trở ngại chính đối với đầu tư cơ sở hạ tầng [10]. Những rào cản về quy định và chuẩn mực này được củng cố bởi áp lực thể chế như các quy tắc cổ hữu và các chuẩn mực văn hóa, nhận thức góp phần tạo ra sự trì trệ trong cải cách chính sách và áp dụng đổi mới [2]. Không ít những khó khăn trong việc thúc đẩy thực hiện cơ sở hạ tầng xanh để cải thiện kết quả môi trường hoặc áp đặt trách nhiệm pháp lý không hợp lý lên các nhà phát triển hoặc nhà đầu tư [11, 13]. Ngoài ra, rất hiếm khi tìm thấy các tiêu chuẩn kỹ thuật cho cơ sở hạ tầng xanh dưới dạng khung pháp lý độc lập hoặc trong các chính sách hiện hành. Các điều khoản mâu thuẫn hoặc gây nhầm lẫn thậm chí có thể xảy ra trong khung pháp lý [7, 13]. Theo nghiên cứu ở các

nước đang phát triển, đặc biệt là các thành phố lớn của nước Úc, nơi có các biện pháp quản lý và nguồn lực mạnh mẽ để hỗ trợ cơ sở hạ tầng xanh cho thấy, hiệu quả của chính sách phụ thuộc rất lớn vào cơ chế thực thi, hệ thống quy định và bối cảnh thể chế chính trị. Ngay cả ở các quốc gia này, các biện pháp thúc đẩy hạ tầng xanh vẫn chưa phát huy được hết tiềm năng vốn có mặc dù các mục tiêu bền vững tổng thể đang được phát triển nhưng khung pháp lý thực thi vẫn còn tụt hậu [13]. Các nghiên cứu về rào cản pháp lý trong đầu tư cơ sở hạ tầng cũng chỉ ra rằng rào cản pháp lý và quy định là trở ngại chính đối với việc thu hút đầu tư vào hạ tầng chất lượng và bền vững ở nhiều nước trong khu vực châu Á như Ấn Độ, Philippines và Indonesia [10]. Với bối cảnh Việt Nam, thách thức này càng trở nên gay gắt hơn. Mặc dù Chính phủ đã thể hiện quyết tâm chính trị mạnh mẽ thông qua cam kết phát thải ròng bằng không vào năm 2050 và các chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh, nhưng hành lang pháp lý mang tính thực thi vẫn cần được hoàn thiện hơn. Do đó, hiện nay Việt Nam vẫn còn thiếu vắng khung pháp lý rõ ràng và nhất quán đặc thù cho cơ sở hạ tầng giao thông định hướng phát thải ròng bằng không (PL1). Sự thiếu hụt này không chỉ tạo ra rủi ro pháp lý lớn và còn đẩy các mục tiêu bền vững của ngành Giao thông vận tải đối mặt với nguy cơ chỉ dừng lại ở mức độ định hướng chiến lược, khó có thể chuyển hóa thành các dự án khả thi trên thực tế.

Các vấn đề cụ thể khác bao gồm sự không nhất quán trong quy trình phê duyệt quy định, quyền sở hữu không rõ ràng, nhiệm vụ mâu thuẫn giữa các tổ chức và thiếu quyền lực hoặc thẩm quyền trong các tổ chức hoạt động để thực hiện các phương pháp thay thế. Hơn nữa, một số khung pháp lý hiện hành đặt ra các yêu cầu không đầy đủ hoặc áp đặt các tiêu chuẩn nghiêm ngặt hơn mức cần thiết để thực hiện cơ sở hạ tầng xanh thành công [9]. Một rào cản pháp lý chính đối với đầu tư vào cơ sở hạ tầng giao thông không phát thải là sự thiếu vắng các khuôn khổ quốc gia hài hòa, tạo ra sự không nhất quán về tiêu chuẩn, quy trình cấp phép và chính sách khuyến khích giữa các khu vực pháp lý [3]. Sự thiếu đồng bộ này làm phức tạp việc lập kế hoạch dự án cho các nhà đầu tư vì họ phải điều hướng các quy định và yêu cầu khác nhau khi theo đuổi các dự án cơ sở hạ tầng xuyên biên giới hoặc đa khu vực. Liên quan chặt chẽ là sự phân mảnh của các cơ chế thị trường các-bon và các cách tiếp cận khác nhau đối với quy định và cấp phép cơ sở hạ tầng, điều này càng cản trở sự phát triển liên mạch của các hệ thống giao thông liên kết [3]. Sự tương tác giữa các vấn đề này không chỉ hạn chế khả năng mở rộng của các công nghệ không phát thải mà còn làm hạn chế sự tham gia của khu vực tư nhân do rủi ro và sự không chắc chắn gia tăng.

Đề thu hút đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng xanh, các công cụ tài chính như tín dụng các-bon, thuế các-bon, ưu đãi thuế cho hạ tầng xanh đóng vai trò quan trọng. Tuy nhiên, nhiều quốc gia chưa thiết lập được cơ chế pháp lý rõ ràng và hiệu quả cho các công cụ này, dẫn đến nhà đầu tư phải chịu trách nhiệm pháp lý và tài chính lớn hơn, giảm động lực đầu tư vào hạ tầng giảm phát thải. Tài liệu phân tích khung pháp lý cho mục tiêu phát thải ròng bằng không trên thế giới chỉ ra rằng việc xây dựng một khung pháp luật đồng bộ và phù hợp là yếu tố then chốt để tạo điều kiện pháp lý thu hút đầu tư và đổi mới công nghệ hướng tới phát thải ròng bằng không [5]. Các tiêu chuẩn quy định và các chương trình khuyến khích của Chính phủ Mỹ không chỉ trực tiếp giảm bớt các rào cản tài chính mà còn củng cố kỳ vọng rộng hơn của xã hội đối với các giải pháp vận tải không phát thải [8]. Trong bối cảnh Việt Nam, sự thiếu đồng bộ giữa các quy định và các chính sách giảm phát thải trong lĩnh vực giao thông vẫn là một thách thức đáng kể. Điều này cho thấy rào cản về tính đồng bộ của hệ thống pháp luật (PL2) là một trong những vấn đề ưu tiên giải quyết nhằm thúc đẩy phát triển cơ sở hạ tầng giao thông không phát thải tại Việt Nam.

Sự thiếu rõ ràng về quyền tiếp cận làm kéo dài thời gian đàm phán và có thể yêu cầu đánh giá tác động hơn nữa việc bồi thường và chuyển giao quyền sử dụng đất. Điều này không chỉ kéo dài thời gian triển khai dự án mà còn tăng chi phí tuân thủ pháp lý và rủi ro pháp lý cho nhà đầu tư, đặc biệt đối với các dự án quy mô lớn và công nghệ cao nhằm giảm phát thải. Mặc dù Chính phủ đã ban hành các kế hoạch, chính sách, lộ trình tổng thể thừa nhận vai trò của giao thông vận tải trong phát thải khí nhà kính nhưng các chính sách này thường thiếu các điều khoản cụ thể, tiêu chuẩn rõ ràng và các quy định có thể thực thi để khuyến khích đầu tư vào cơ sở hạ tầng bền vững và công nghệ không phát thải. Ngoài trừ các rào cản pháp lý và quy định trong đầu tư cơ sở hạ tầng thì quy trình cấp phép xây dựng, phê duyệt dự án và cơ chế thu hồi đất cho các dự án hạ tầng giao thông thường cũng gặp nhiều thủ tục phức tạp, thời gian kéo dài và phân tán giữa nhiều cơ quan quản lý khác nhau [10] (PL3). Việc đơn giản hóa và tiêu chuẩn hóa các quy trình phê duyệt, cấp phép và thủ tục sẽ giảm sự chậm trễ và thu hút đầu tư ở khu vực tư nhân [10]. Tính chất liên kết của rào cản này cho thấy những hạn chế trong một lĩnh vực như cơ sở hạ tầng hoặc quản trị có thể lan rộng sang các lĩnh vực khác, cuối cùng làm đình trệ quá trình chuyển đổi rộng rãi sang giao thông vận tải không phát thải. Giải quyết những thách thức đa diện này đòi hỏi các biện pháp can thiệp chính sách phối hợp, đầu tư có mục tiêu vào cơ sở hạ tầng và cải cách quản lý sử dụng đất để cho phép triển khai và mở rộng quy mô hiệu quả các dự án giao thông vận tải không phát thải.

Việc tích hợp hiệu quả các mục tiêu phát thải ròng bằng không bằng cách sử dụng chiến lược yêu cầu một cách tiếp cận đa diện, kết nối các khía cạnh công nghệ, cơ sở hạ tầng và xã hội. Đầu tư vào hệ thống giao thông công cộng và mở rộng mạng lưới cơ sở hạ tầng sạc xe điện không chỉ thúc đẩy quá trình khử các-bon mà còn hỗ trợ chuyển đổi sang lựa chọn các phương tiện di chuyển vững chắc và an toàn hơn, giảm sự phụ thuộc vào phương tiện cá nhân [4]. Việc đạt được mục tiêu không phát thải ròng trong lĩnh vực giao thông vận tải sẽ yêu cầu các liên kết bền vững, liên kết đối mới công nghệ, đầu tư cơ sở hạ tầng và thiết kế chính sách toàn diện, nhấn mạnh nhu cầu cấp thiết về hành động phối hợp ở tất cả các cấp quản trị. Nghiên cứu nhấn mạnh nhu cầu cung cấp một cách tiếp cận toàn diện và tích hợp hợp lý hơn để tổng hợp các mục tiêu phát thải ròng bằng không vào quy trình giao thông [4]. Mặc dù những tiến bộ công nghệ như việc phát triển xe điện và mở rộng cơ sở hạ tầng sạc điện là rất quan trọng, nhưng hiệu quả của chúng phụ thuộc vào các hỗ trợ chính sách và sự chấp nhận của xã hội. Tuy nhiên, việc thực hiện các chiến lược này phải đối mặt với một số thách thức khác, bao gồm hạn chế về cơ sở hạ tầng, hạn chế về nguồn vốn và nhu cầu phối hợp liên ngành giữa các cấp quản lý khác nhau. Do đó, quy trình chiến lược hiện nay thường không thể tích hợp đầy đủ các mục tiêu phát thải bằng không, phần lớn thiếu các hợp nhất phân tích chính kết nối các lĩnh vực công nghệ, cơ sở hạ tầng và xã hội.

Trong những năm gần đây, toàn cầu đã cấp bách trong việc thực hiện chống lại biến đổi khí hậu đã thúc đẩy việc áp dụng các mục tiêu môi trường đầy tham vọng, trong đó việc theo đuổi mục tiêu phát thải ròng bằng không nổi lên như một chuẩn mực quan trọng cho sự phát triển bền vững. Mặc dù nhiều lĩnh vực đã bắt đầu điều chỉnh chiến lược quy hoạch của mình phù hợp với các mục tiêu này, nhưng lĩnh vực giao thông vận tải, một trong những lĩnh vực tạo nên phát thải nhà kính lớn nhất vẫn chưa được tích hợp đầy đủ vào khuôn khổ rộng hơn so với việc xử lý phát thải ròng bằng không (PL4). Như vậy, từ các phân tích cụ thể ở trên, nhóm tác giả nhận thấy rằng: Có 4 rào cản thể chế - pháp lý chủ yếu trong việc thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không tại Việt Nam (Bảng 1).

Bảng 1. Các rào cản thể chế - pháp lý

STT	Ký hiệu	Nội dung	Tài liệu tham khảo
1	PL1	Chưa có khung chính sách pháp lý rõ ràng, đầy đủ nhằm định hướng đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo mục tiêu phát thải ròng bằng không	Krishna P. Dhakal & Lizette R. Chevalier, 2017; OECD, 2025; R. R. Brown & M. A. Farrelly, 2009; Hing-Wah Chau, 2025
2	PL2	Hệ thống quy định pháp luật liên quan đến đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không còn thiếu tính đồng bộ	Konstantin Philipp & Eadbbard Pernot Cristiana Foglia, 2025; Maimoona Ilyas và các cộng sự, 2026; Owen MacDonnell và Cristiano Façanha, 2021
3	PL3	Quy trình, thủ tục thẩm định và phê duyệt các dự án đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không còn phức tạp và kéo dài	OECD, 2025
4	PL4	Mục tiêu phát thải ròng bằng không chưa được tích hợp hiệu quả vào quy hoạch phát triển nhằm định hướng và thúc đẩy đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông	Helen Heinz và cộng sự, 2022

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ bối cảnh đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo định hướng phát thải ròng bằng không tại Việt Nam, đồng thời nhận diện các rào cản thể chế - pháp lý ảnh hưởng đến quá trình thúc đẩy đầu tư trong lĩnh vực này. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở khoa học và thực tiễn cho các nhà hoạch định chính sách, đồng thời là căn cứ để xây dựng các thang đo chi tiết cho các nghiên cứu tiếp theo, nhằm đánh giá mối quan hệ và mức độ tác động của các rào cản, đề xuất các giải pháp hoàn thiện thể chế - pháp lý và thu hút đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông theo mục tiêu phát thải ròng bằng không tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Thủ Tướng Chính Phủ. Quyết định số 896/QĐ-TTg ngày 26 tháng 7 năm 2022 về việc Phê duyệt Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050, 2022.

[2] Audley Genus & Fereshteh Mafakheri. A neo-institutional perspective of supply chains and energy security: Bioenergy in the UK, Applied Energy. 123, pp. 307-315, 2014.

[3] Konstantin Philipp & Eadbbard Pernot Cristiana Foglia. Designing Europe's CO₂ market and infrastructure: A framework for action, Zero Emissions Platform (ZEP). Brussels, 2025.

[4] Helen Heinz, Clemens Marggraf and Kostas Galanakis. Achieving net zero carbon transport in our cities: Key issues for policy makers. Independent Transport Commission, London, 2022.

[5] Maimoona Ilyas et al. Policy frameworks and regulations for net zero. Net Zero, Elsevier Inc, pp. 189-247, 2026.

[6] International Energy Agency. Viet Nam - Emissions. IEA, Paris, 2023.

[7] Krishna P. Dhakal & Lizette R. Chevalier. Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. Journal of Environmental Management. 203(Pt 1), pp. 171-181, 2017.

[8] Owen MacDonnell and Cristiano Façanha. Review of Commitments for Zero-Emission Medium and Heavy-Duty Vehicles. CALSTART, 2021.

[9] Karine Dupre & Ruby N. Michael Majed Abuseif. Trees on Buildings: A Tree Selection Framework Based on Industry Best Practice. Land. 12(1), 2023.

[10] OECD. Addressing Legal and Regulatory Barriers to Quality Infrastructure Investment in India. Indonesia and the Philippines, OECD Publishing, Paris, 2025.

[11] R. R. Brown & M. A. Farrelly. Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. Water Science & Technology, 2009.

[12] W. Richard Scott. Institutional Theory: Contributing to a Theoretical Research Program, Great Minds in Management: The Process of Theory Development, Ken G. Smith and Michael A. Hitt, eds. Oxford University Press, Oxford UK, 2004.

[13] Hing-Wah Chau, Majed Abuseif, Shiran Geng & Elmira Jamei. Key Barriers and Challenges to Green Infrastructure Implementation: Policy Insights from the Melbourne Case, Land. 14(5), 2025.

Đánh giá rủi ro chi phí thi công công trình nông thôn mới tại cù lao An Bình

Cost risk assessment in new rural civil works in An Binh islet

> TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG^{1,*}, THS TRƯƠNG THANH ĐIỂN²

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

² Trung tâm Phục vụ hành chính công xã An Bình, tỉnh Vĩnh Long

*Email: dothimydung@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá các yếu tố rủi ro chi phí trong thi công công trình xây dựng dân dụng thuộc Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới tại cù lao An Bình, tỉnh Vĩnh Long. Khu vực này có điều kiện địa lý đặc thù như bị chia cắt bởi sông Cổ Chiên, kênh rạch dày đặc, nền đất yếu, giao thông phụ thuộc vào phà và đường thủy, làm gia tăng chi phí vận chuyển vật liệu, nhân công, thiết bị và phát sinh nhiều rủi ro thi công. Trên cơ sở tổng quan tài liệu, phỏng vấn chuyên gia và khảo sát 150 đối tượng liên quan, nghiên cứu nhận diện 24 yếu tố rủi ro chi phí thuộc 5 nhóm: năng lực nhà thầu, nhân công, chủ đầu tư, khảo sát – thiết kế và yếu tố đặc thù khác. Kết quả kiểm định Cronbach's Alpha loại I biến không phù hợp, còn 23 biến đưa vào phân tích EFA. Năm nhóm nhân tố rút trích giải thích 66,108% biến thiên dữ liệu. Từ kết quả nghiên cứu, bài báo đề xuất các giải pháp như nâng cao năng lực nhà thầu, cải thiện khảo sát – thiết kế và lập dự toán, kiểm soát kế hoạch vốn, thanh toán, nhân công – vật tư và xây dựng phương án ứng phó với điều kiện đặc thù vùng cù lao.

Từ khóa: Rủi ro chi phí; thi công xây dựng; nông thôn mới; cù lao An Bình; phân tích nhân tố khám phá.

ABSTRACT

This study assesses cost risk factors during the construction of civil works under the National Target Program on New Rural Development in An Binh Islet, Vinh Long Province. The study area has specific geographical conditions, including separation by the Co Chien River, a dense canal network, weak soil, and transportation dependent on ferries and waterways, which increase the costs of transporting materials, labor, and equipment and generate various construction risks. Based on a literature review, expert interviews, and a survey of 150 relevant respondents, the study identified 24 cost risk factors classified into five groups: contractor capacity, labor, investor-related factors, survey and design factors, and other site-specific factors. Cronbach's Alpha testing eliminated one unsuitable variable, leaving 23 variables for Exploratory Factor Analysis (EFA). The five extracted factor groups explain 66.108% of the total variance. Based on the findings, the paper proposes several solutions, including improving contractor capacity, enhancing survey, design and cost estimation quality, controlling capital planning and payment procedures, proactively managing labor and material supply, and developing response plans for the specific conditions of island areas.

Keywords: Cost risk; civil works; new rural development; An Binh Islet; exploratory factor analysis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới góp phần phát triển hạ tầng, nâng cao đời sống người dân và thúc đẩy kinh tế - xã hội nông thôn. Tại cù lao An Bình, tỉnh Vĩnh Long, quá trình thi công các công trình dân dụng gặp nhiều khó khăn do kênh rạch dày đặc, giao thông phụ thuộc vào phà và đường thủy, nền đất yếu, nguy cơ ngập lụt, sạt lở và xâm nhập mặn. Những yếu tố này làm tăng chi phí vận chuyển, nhân công, thiết bị, xử lý nền móng và các chi phí phát sinh. Thực tế cho thấy một số công trình đã vượt dự toán do biến động giá vật liệu, chậm tiến độ, thiếu nhân công, điều chỉnh thiết kế và chậm thanh toán. Vì vậy, việc đánh giá rủi ro chi phí trong thi công công trình dân dụng nông

thôn mới tại cù lao An Bình là cần thiết, nhằm để xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý chi phí tại địa phương.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Rủi ro trong dự án xây dựng là các sự kiện hoặc điều kiện không chắc chắn có thể ảnh hưởng đến chi phí, tiến độ, chất lượng, an toàn và hiệu quả đầu tư. Trong phạm vi bài báo này, rủi ro được tiếp cận theo hướng bất lợi, tức là các yếu tố có khả năng làm chi phí thi công thực tế tăng so với dự toán ban đầu. Đối với công trình sử dụng vốn nhà nước, quản lý chi phí đầu tư xây dựng được điều chỉnh thông qua các quy định về tổng mức đầu tư, dự toán, giá gói thầu, định mức, thanh toán và quyết toán vốn [1-2]. Bên cạnh đó, Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn

mới giai đoạn 2021-2025 xác định phát triển hạ tầng nông thôn là nội dung quan trọng nhằm nâng cao đời sống và thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội [3].

Trong lĩnh vực xây dựng, nhiều nghiên cứu đã khẳng định quản lý rủi ro là công cụ cần thiết để hạn chế tổn thất và kiểm soát chi phí. Akintoye và MacLeod [4], Shen và cộng sự [5] cho rằng dự án xây dựng chịu tác động của nhiều nhóm rủi ro như kỹ thuật, tài chính, thị trường, pháp lý, quản lý và tổ chức thi công. Các nghiên cứu về vượt chi phí của Flyvbjerg và cộng sự [6], Tessema và cộng sự [7], Chadee và cộng sự [8] cũng cho thấy vượt chi phí là hiện tượng phổ biến, thường liên quan đến biến động giá, chậm mặt bằng, chậm thanh toán và năng lực quản lý của các bên tham gia.

Tại Việt Nam, Le-Hoai và cộng sự [9] xác định các nguyên nhân gây chậm tiến độ và vượt chi phí trong dự án xây dựng gồm năng lực yếu, thiết kế, thị trường, tài chính, yếu tố nhà nước và lao động. Một số nghiên cứu tại Đồng bằng sông Cửu Long cũng cho thấy phương pháp khảo sát, thang đo Likert, kiểm định Cronbach's Alpha và phân tích nhân tố là phù hợp trong nhận diện, đánh giá các yếu tố rủi ro và yếu tố ảnh hưởng đến thi công xây dựng [10-12].

Đối với các công trình dân dụng thuộc Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới, rủi ro chi phí không chỉ phát sinh từ kỹ thuật và tổ chức thi công mà còn chịu ảnh hưởng bởi nguồn vốn, thủ tục thanh toán, yêu cầu hoàn thiện tiêu chí nông thôn mới, năng lực nhà thầu, chất lượng khảo sát - thiết kế và điều kiện địa phương. Riêng tại cù lao An Bình, các yếu tố như kênh rạch dày đặc, giao thông phụ thuộc phà và đường thủy, nền đất yếu, nguy cơ sạt lở, xâm nhập mặn và nguồn nhân công không ổn định làm tăng chi phí vận chuyển, nhân công, thiết bị và xử lý nền móng. Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu về rủi ro chi phí trong thi công công trình dân dụng nông thôn mới tại khu vực cù lao, vùng sông nước còn hạn chế. Vì vậy, bài báo tập trung đánh giá 5 nhóm rủi ro chính: năng lực nhà thầu, nhân công, chủ đầu tư, khảo sát - thiết kế và các yếu tố đặc thù khu vực cù lao.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện theo hướng kết hợp định tính và định lượng nhằm nhận diện, kiểm định và đánh giá các yếu tố rủi ro chi phí trong thi công công trình dân dụng thuộc Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới tại cù lao An Bình.

Trên cơ sở tổng hợp tài liệu, các nghiên cứu liên quan và thực trạng thi công tại địa phương, nghiên cứu nhận diện các yếu tố rủi ro chi phí ban đầu và tiến hành phỏng vấn chuyên gia trong lĩnh vực quản lý dự án, thi công, khảo sát và thiết kế. Kết quả phỏng vấn giúp sàng lọc, bổ sung và hoàn thiện danh mục 24 yếu tố rủi ro chi phí, được phân thành 5 nhóm: năng lực nhà thầu thi công, nhân công, chủ đầu tư, khảo sát - thiết kế và các yếu tố đặc thù khác của khu vực cù lao.

Bảng hỏi khảo sát gồm ba phần: thông tin chung của người trả lời, nhận thức chung về rủi ro chi phí và đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố rủi ro. Các yếu tố được đo lường bằng thang đo Likert 5 mức, từ 1 đến 5. Cỡ mẫu được xác định với mức tin cậy 95%, $Z = 1,96$, $p = 0,5$ và sai số $d = 0,08$; kết quả xác định 150 phiếu khảo sát. Đối tượng khảo sát gồm chủ đầu tư, nhà thầu thi công, tư vấn khảo sát, tư vấn thiết kế và các đơn vị có kinh nghiệm thực hiện dự án xây dựng tại cù lao An Bình.

Dữ liệu khảo sát được xử lý bằng SPSS. Nghiên cứu sử dụng Cronbach's Alpha để kiểm định độ tin cậy thang đo, trong đó các biến có hệ số tương quan biến tổng nhỏ hơn 0,3 được xem xét loại bỏ và thang đo được chấp nhận khi Cronbach's Alpha đạt từ 0,6 trở lên. Sau đó, phân tích nhân tố khám phá EFA được sử dụng để rút gọn biến quan sát, xác định cấu trúc nhóm nhân tố và đánh giá mức độ hội tụ

thông qua KMO, kiểm định Bartlett, hệ số tải nhân tố và tổng phương sai trích. Kết quả phân tích là cơ sở để xuất các giải pháp hạn chế rủi ro chi phí phù hợp với điều kiện thực tiễn địa phương.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Đặc điểm mẫu khảo sát

Kết quả khảo sát được tổng hợp từ 150 phiếu hợp lệ theo Bảng 1.

Bảng 1. Vị trí công tác

TT	Vị trí công tác	Số phiếu (n)	Phần trăm (%)
1	Cán bộ quản lý	48	32,0%
2	Cán bộ kỹ thuật	102	68,0%
Tổng cộng:		150	100%

Về vị trí tham gia thực hiện dự án, mẫu khảo sát được phân bố tương đối đồng đều giữa ba nhóm như Bảng 2.

Bảng 2. Vị trí thực hiện dự án

TT	Vị trí thực hiện dự án	Số phiếu (n)	Phần trăm (%)
1	Chủ đầu tư	51	34,0
2	Đơn vị tư vấn	49	32,7
3	Nhà thầu	50	33,3
Tổng cộng:		150	100%

Về loại hình dự án (Bảng 3).

Bảng 3. Loại hình dự án tham gia thực hiện dự án

TT	Loại hình dự án	Số phiếu (n)	Phần trăm (%)
1	Công trình nhà ở, khu chung cư	0	0%
2	Công trình công cộng	0	0%
3	Công trình công nghiệp	1	0,7%
4	Công trình cơ quan hành chính sự nghiệp phục vụ nông thôn mới	149	99,3%
Tổng cộng:		150	100%

Về kinh nghiệm làm việc (Bảng 4).

Bảng 4. Số năm kinh nghiệm của đáp viên

TT	Năm kinh nghiệm	Số phiếu (n)	Phần trăm (%)
1	Từ 5 năm - dưới 10 năm	7	4,7%
2	Từ 10 năm - dưới 15 năm	40	26,7%
3	Trên 15 năm	103	68,6%
Tổng cộng:		150	100%

4.2. Nhận thức chung về rủi ro chi phí trong thi công

Kết quả khảo sát cho thấy 99,3% đáp viên đánh giá chi phí trong thi công các công trình dân dụng thuộc Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới tại cù lao An Bình là "cực kỳ quan trọng", trong khi 100% đáp viên cho biết có quan tâm đến vấn đề chi phí trong thi công. Đồng thời, 100% đáp viên cho rằng các dự án mà họ từng tham gia đã từng xảy ra các vấn đề liên quan đến chi phí (Bảng 5, 6, 7).

Bảng 5. Tầm quan trọng của chi phí

TT	Tầm quan trọng	Số phiếu (n)	Phần trăm (%)
1	Không quan trọng	0	0%
2	Ít quan trọng	0	0%
3	Quan trọng	0	0%
4	Rất quan trọng	1	0,7%
5	Cực kỳ quan trọng	149	99,3%
Tổng cộng:		150	100%

Bảng 6. Sự quan tâm đến vấn đề của chi phí trong thi công

TT	Sự quan tâm	Số phiếu (n)	Phần trăm (%)
1	Không	0	0%
2	Có	150	100%
Tổng cộng:		150	100%

Bảng 7. Dự án đáp viên từng tham gia thực hiện có từng xảy ra các vấn đề liên quan đến chi phí

TT	Vấn đề liên quan đến chi phí	Số phiếu (n)	Phần trăm (%)
1	Không	0	0%
2	Có	150	100%
Tổng cộng:		150	100%

Về các chủ thể liên quan đến rủi ro chi phí, kết quả khảo sát cho thấy chủ đầu tư được 145/150 đáp viên lựa chọn, nhà thầu thi công được 143/150 đáp viên lựa chọn, tư vấn khảo sát địa hình - địa chất được 106/150 đáp viên lựa chọn và tư vấn thiết kế được 104/150 đáp viên lựa chọn (Bảng 8).

Bảng 8. Các chủ thể liên quan đến rủi ro chi phí trong thi công (n=150)

TT	Vấn đề liên quan đến chi phí	Số phiếu (n)
1	Chủ đầu tư	145/150
2	Nhà thầu thi công	143/150
3	Tư vấn khảo sát địa hình, địa chất	106/150
4	Tư vấn thiết kế	104/150

4.3. Kết quả kiểm định độ tin cậy thang đo

Nghiên cứu sử dụng kiểm định Cronbach's Alpha để đánh giá độ tin cậy của thang đo đối với các nhóm yếu tố rủi ro chi phí. Kết quả cho thấy nhóm rủi ro từ năng lực nhà thầu thi công có hệ số Cronbach's Alpha đạt 0,861; nhóm rủi ro về nhân công đạt 0,787; nhóm rủi ro từ chủ đầu tư sau khi loại biến YT10 đạt 0,864; nhóm rủi ro khảo sát - thiết kế đạt 0,841; và nhóm rủi ro khác đạt 0,859. Các hệ số này đều lớn hơn 0,6, cho thấy thang đo có độ tin cậy phù hợp để tiếp tục phân tích nhân tố khám phá EFA (Bảng 9 đến Bảng 20).

Bảng 9. Bảng Cronbach's Alpha thuộc nhóm nhân tố quản lý của nhà thầu thi công

Cronbach's Alpha	Số lượng
0.861	4

Bảng 10. Bảng hệ số tương quan thuộc nhóm nhân tố rủi ro do quản lý của nhà thầu thi công

Yếu tố	Giá trị trung bình của thang đo nếu mục bị xóa	Phương sai của thang đo nếu mục bị xóa	Hệ số tương quan hiệu chỉnh giữa mục và tổng thang đo	Hệ số Cronbach's Alpha nếu mục bị xóa
YT1. Năng lực quản lý của đơn vị thi công, thiếu kinh nghiệm trong ứng dụng công nghệ mới trong thi công	11.9667	5.885	0.743	0.808
YT2. Năng lực tài chính của nhà thầu không đảm bảo tiến độ thi công do nhận thầu nhiều công trình cùng lúc	11.9067	6.031	0.738	0.811
YT3. Nhà thầu sử dụng thiết bị thi công không phù hợp với quy mô công trình, số lượng thiết bị thi công không đảm bảo	11.9733	6.415	0.669	0.839
YT4. Chủ quan trong quản lý rủi ro chi phí trong thi công, thiếu biện pháp quản lý rủi ro chi phí	11.8933	6.029	0.683	0.834

Bảng 11. Bảng Cronbach's Alpha thuộc nhóm nhân tố nhân công

Cronbach's Alpha	Số lượng
0.787	4

Bảng 12. Bảng hệ số tương quan thuộc nhóm nhân tố rủi ro do nhân công

Yếu tố	Giá trị trung bình của thang đo nếu mục bị xóa	Phương sai của thang đo nếu mục bị xóa	Hệ số tương quan hiệu chỉnh giữa mục và tổng thang đo	Hệ số Cronbach's Alpha nếu mục bị xóa
YT5. Thiếu hụt nhân công lành nghề tại địa phương, phải thuê lao động từ địa phương khác	12.3933	5.287	0.460	0.801
YT6. Tình trạng thiếu hụt nhân công theo thời điểm như dịp Lễ, tết, đám, tiệc, mùa vụ thu hoạch trái cây và lúa	12.4333	4.784	0.675	0.696
YT7. Cạnh tranh với các Thành phố lớn, khu công nghiệp lân cận khiến chi phí thuê nhân công tăng cao	12.5867	4.848	0.600	0.732
YT8. Nhân công ở địa phương khác thường xuyên đến làm trễ do bị trễ phà, kẹt phà, thời tiết xấu, ngập lụt	12.5867	4.539	0.657	0.702

Bảng 13. Bảng Cronbach's Alpha thuộc nhóm nhân tố chủ đầu tư

Cronbach's Alpha	Số lượng
0.793	6

Bảng 14. Bảng hệ số tương quan thuộc nhóm nhân tố rủi ro do chủ đầu tư

Yếu tố	Giá trị trung bình của thang đo nếu mục bị xóa	Phương sai của thang đo nếu mục bị xóa	Hệ số tương quan hiệu chỉnh giữa mục và tổng thang đo	Hệ số Cronbach's Alpha nếu mục bị xóa
YT9. Nhiều thủ tục giấy tờ khi thanh toán	20.2667	13.069	0.581	0.754
YT10. Chậm giải ngân chi phí theo giai đoạn giải ngân	20.9867	13.033	0.264	0.864
YT11. Kế hoạch bố trí vốn dự án không phù hợp, gây thiếu vốn thi công	20.4600	12.760	0.648	0.740
YT12. Bố trí quản lý dự án chưa phù hợp	20.4667	12.761	0.644	0.740
YT13. Điều chỉnh thiết kế, thêm công trình phụ do yêu cầu thực tế của đơn vị thụ hưởng đảm bảo đạt chuẩn xã NTM	20.3467	12.335	0.682	0.730
YT14. Nhà tài trợ không thực hiện tài trợ do tài chính gặp khó khăn	20.2733	12.898	0.683	0.735

Bảng 15. Bảng Cronbach's Alpha thuộc nhóm nhân tố chủ đầu tư

Cronbach's Alpha	Số lượng
0.864	5

Bảng 16. Bảng hệ số tương quan thuộc nhóm nhân tố rủi ro do chủ đầu tư

Yếu tố	Giá trị trung bình của thang đo nếu mục bị xóa	Phương sai của thang đo nếu mục bị xóa	Hệ số tương quan hiệu chỉnh giữa mục và tổng thang đo	Hệ số Cronbach's Alpha nếu mục bị xóa
YT9. Nhiều thủ tục giấy tờ khi thanh toán	16.6933	9.006	0.587	0.860
YT11. Kế hoạch bố trí vốn dự án không phù hợp, gây thiếu vốn thi công	16.8867	8.598	0.692	0.834
YT12. Bố trí quản lý dự án chưa phù hợp	16.8933	8.539	0.700	0.832
YT13. Điều chỉnh thiết kế, thêm công trình phụ do yêu cầu thực tế của đơn vị thụ hưởng đảm bảo đạt chuẩn xã NTM	16.7733	8.297	0.713	0.829
YT14. Nhà tài trợ không thực hiện tài trợ do tài chính gặp khó khăn	16.7000	8.681	0.739	0.824

Bảng 17. Bảng Cronbach's Alpha thuộc nhóm nhân tố khảo sát, thiết kế

Cronbach's Alpha	Số lượng
0.841	4

Bảng 18. Bảng hệ số tương quan thuộc nhóm nhân tố rủi ro do khảo sát, thiết kế

Yếu tố	Giá trị trung bình của thang đo nếu mục bị xóa	Phương sai của thang đo nếu mục bị xóa	Hệ số tương quan hiệu chỉnh giữa mục và tổng thang đo	Hệ số Cronbach's Alpha nếu mục bị xóa
YT15. Lập dự toán thiếu khối lượng dẫn đến tăng chi phí thi công	12.2667	6.680	0.609	0.829
YT16. Địa chất lấy từ công trình trước đó tại địa phương để tiết kiệm chi phí nhưng không đảm bảo thử tĩnh cọc	12.1800	6.390	0.711	0.782
YT17. Thiết kế thiếu diện tích, thiếu phòng chức năng theo quy định xã nông thôn mới	12.1467	6.542	0.747	0.767
YT18. Sai sót thiếu khảo sát mỏ, mà khu vực thi công dẫn đến công tác bồi hoàn thu hồi đất kéo dài do thân nhân không chịu di dời hoặc do tín ngưỡng chưa đến ngày tốt cái táng	12.2667	7.083	0.640	0.813

Bảng 19. Bảng Cronbach's Alpha thuộc nhóm nhân tố khác

Cronbach's Alpha	Số lượng
0.859	6

Bảng 20. Bảng hệ số tương quan thuộc nhóm nhân tố rủi ro khác

Yếu tố	Giá trị trung bình của thang đo nếu mục bị xóa	Phương sai của thang đo nếu mục bị xóa	Hệ số tương quan hiệu chỉnh giữa mục và tổng thang đo	Hệ số Cronbach's Alpha nếu mục bị xóa
YT19. Hệ thống sông ngòi và kênh rạch dày đặc	21.6600	9.850	0.723	0.822
YT20. Cù lao An Bình nằm tách biệt với huyện Long Hồ và TP Vĩnh Long, ngăn cách bởi sông Cổ Chiên	21.6200	11.002	0.505	0.861
YT21. Biến động giá do khan hiếm vật tư ảnh hưởng mùa mưa, bão thường xuyên xảy ra sạt lở, ngập lụt	21.8267	10.319	0.610	0.844
YT22. Thi công gặp phải mỏ, mà không biết thân nhân	21.7933	10.527	0.633	0.839
YT23. Xâm nhập mặn	21.7733	9.774	0.741	0.819
YT24. Máy móc, thiết bị hư hỏng thiếu thợ lành nghề tại địa phương kéo theo chậm tiến độ công trình, lãng phí nhân công làm tăng chi phí	21.7933	10.246	0.697	0.828

Trong quá trình kiểm định, biến YT10 “Chậm giải ngân chi phí theo giai đoạn giải ngân” có hệ số tương quan biến tổng nhỏ hơn 0,3 nên bị loại khỏi mô hình. Sau khi loại biến này, còn lại 23 yếu tố được đưa vào phân tích nhân tố khám phá.

4.4. Kết quả phân tích nhân tố khám phá EFA

Sau khi kiểm định Cronbach's Alpha, 23 biến quan sát được đưa vào phân tích nhân tố khám phá EFA. Kết quả kiểm định KMO đạt 0,775, nằm trong khoảng chấp nhận được, cho thấy dữ liệu phù hợp để phân tích nhân tố (Bảng 21).

Bảng 21. KMO and Bartlett's Test

Kiểm định Bartlett's	Đo lường mức độ phù hợp của việc lấy mẫu Kaiser-Meyer-Olkin	0.775
	Xấp xỉ. Chi-Square	1623.407
	df	253
	Sig.	0.000

Kết quả phân tích phương sai trích cho thấy 23 yếu tố được rút trích thành 5 nhóm nhân tố với tổng phương sai giải thích đạt 66,108% (Bảng 22).

Bảng 22. Bảng Total Variance Explained

Yếu tố	Giá trị riêng ban đầu			Tổng phương sai trích được		
	Tổng	% Phương sai	Tích lũy %	Tổng	% Phương sai	Tích lũy %
1	4.160	18.088	18.088	4.160	18.088	18.088
2	3.802	16.530	34.619	3.802	16.530	34.619
3	3.092	13.446	48.064	3.092	13.446	48.064
4	2.268	9.862	57.926	2.268	9.862	57.926
5	1.882	8.182	66.108	1.882	8.182	66.108
6	0.913	3.969	70.077			
7	0.708	3.080	73.157			
8	0.694	3.017	76.174			
9	0.610	2.653	78.826			
10	0.571	2.482	81.308			
11	0.500	2.176	83.484			
12	0.478	2.076	85.560			
13	0.440	1.915	87.475			
14	0.414	1.801	89.276			
15	0.383	1.666	90.942			
16	0.335	1.456	92.398			
17	0.335	1.455	93.854			
18	0.295	1.282	95.136			
19	0.276	1.199	96.334			
20	0.230	1.000	97.335			
21	0.223	0.968	98.303			
22	0.215	0.936	99.239			
23	0.175	0.761	100.000			

Kết quả ma trận xoay nhân tố cho thấy 23 biến quan sát được phân thành 5 nhóm tương đối rõ ràng, gồm: năng lực nhà thầu, nhân công, chủ đầu tư, khảo sát - thiết kế và các yếu tố đặc thù khu vực cù lao. Các nhóm này phản ánh những nguyên nhân chính làm gia tăng chi phí thi công, từ năng lực tài chính, quản lý, thiết bị, lao động, vốn, thanh toán, thiết kế đến điều kiện địa lý như kênh rạch dày đặc, giao thông chia cắt, xâm nhập mặn và thiếu dịch vụ sửa chữa thiết bị tại địa phương (Bảng 23).

Bảng 23. Bảng Kết quả phân tích nhân tố khám phá EFA

Yếu tố	Nhóm				
	1	2	3	4	5
YT2. Năng lực tài chính của nhà thầu không đảm bảo tiến độ thi công do nhận thầu nhiều công trình cùng lúc	0.848				
YT1. Năng lực quản lý của đơn vị thi công, thiếu kinh nghiệm trong ứng dụng công nghệ mới trong thi công	0.837				
YT4. Chủ quan trong quản lý rủi ro chi phí trong thi công, thiếu biện pháp quản lý rủi ro chi phí	0.822				
YT3. Nhà thầu sử dụng thiết bị thi công không phù hợp với quy mô công trình, số lượng thiết bị thi công không đảm bảo	0.798				
YT6. Tình trạng thiếu hụt nhân công theo thời điểm như dịp Lễ, tết, đám, tiệc, mùa vụ thu hoạch trái cây và lúa		0.834			
YT8. Nhân công ở địa phương khác thường xuyên đến làm trễ do bị trễ phà, kẹt phà, thời tiết xấu, ngập lụt		0.817			
YT7. Cạnh tranh với các thành phố lớn, khu công nghiệp lân cận khiến chi phí thuê nhân công tăng cao		0.785			
YT5. Thiếu hụt nhân công lành nghề tại địa phương, phải thuê lao động từ địa phương khác		0.650			
YT13. Điều chỉnh thiết kế, thêm công trình phụ do yêu cầu thực tế của đơn vị thụ hưởng đảm bảo đạt chuẩn xã NTM			0.829		
YT14. Nhà tài trợ không thực hiện tài trợ do tài chính gặp khó khăn			0.828		
YT12. Bố trí quản lý dự án chưa phù hợp			0.817		
YT11. Kế hoạch bố trí vốn dự án không phù hợp, gây thiếu vốn thi công			0.782		
YT9. Nhiều thủ tục giấy tờ khi thanh toán			0.720		
YT17. Thiết kế thiếu diện tích, thiếu phòng chức năng theo quy định xã nông thôn mới				0.842	
YT18. Sai sót thiếu khảo sát mố, mã khu vực thi công dẫn đến công tác bồi hoàn thu hồi đất kéo dài do thân nhân không chịu di dời hoặc do tín ngưỡng chưa đến ngày tốt cải táng				0.832	
YT16. Địa chất lấy từ công trình trước đó tại địa phương để tiết kiệm chi phí nhưng không đảm bảo thủ tục				0.816	
YT15. Lập dự toán thiếu khối lượng dẫn đến tăng chi phí thi công				0.732	
YT23. Xâm nhập mặn					0.842

YT19. Hệ thống sông ngòi và kênh rạch dày đặc					0.837
YT24. Máy móc, thiết bị hư hỏng thiếu thợ lành nghề tại địa phương kéo theo chậm tiến độ công trình, lãng phí nhân công làm tăng chi phí					0.798
YT22. Thi công gặp phải mỏ, mả không biết thân nhân					0.740
YT21. Biến động giá do khan hiếm vật tư ảnh hưởng mùa mưa, bão thường xuyên xảy ra sạt lở, ngập lụt					0.719
YT20. Cù lao An Bình nằm tách biệt với huyện Long Hồ và TP Vĩnh Long, ngăn cách bởi sông Cổ Chiên					0.643

Từ kết quả EFA, nghiên cứu đặt tên 5 nhóm nhân tố gồm: rủi ro từ năng lực nhà thầu thi công, rủi ro về nhân công, rủi ro từ chủ đầu tư, rủi ro khảo sát - thiết kế và rủi ro khác (Bảng 24).

Bảng 24. Bảng Ma trận điểm nhân tố

Yếu tố	Nhóm				
	1	2	3	4	5
YT1. Năng lực quản lý của đơn vị thi công, thiếu kinh nghiệm trong ứng dụng công nghệ mới trong thi công	0.290				
YT2. Năng lực tài chính của nhà thầu không đảm bảo tiến độ thi công do nhận thầu nhiều công trình cùng lúc	0.305				
YT3. Nhà thầu sử dụng thiết bị thi công không phù hợp với quy mô công trình, số lượng thiết bị thi công không đảm bảo	0.280				
YT4. Chủ quan trong quản lý rủi ro chi phí trong thi công, thiếu biện pháp quản lý rủi ro chi phí	0.297				
YT5. Thiếu hụt nhân công lành nghề tại địa phương, phải thuê lao động từ địa phương khác		0.262			
YT6. Tình trạng thiếu hụt nhân công theo thời điểm như dịp Lễ, tết, đám, tiệc, mùa vụ thu hoạch trái cây và lúa		0.337			
YT7. Cạnh tranh với các Thành phố lớn, khu công nghiệp lân cận khiến chi phí thuê nhân công tăng cao		0.319			
YT8. Nhân công ở địa phương khác thường xuyên đến làm trễ do bị trễ phà, kẹt phà, thời tiết xấu, ngập lụt		0.327			
YT9. Nhiều thủ tục giấy tờ khi thanh toán			0.229		
YT11. Kế hoạch bố trí vốn dự án không phù hợp, gây thiếu vốn thi công			0.229		
YT12. Bố trí quản lý dự án chưa phù hợp			0.252		
YT13. Điều chỉnh thiết kế, thêm công trình phụ do yêu cầu thực tế của đơn vị thụ hưởng đảm bảo đạt chuẩn xã NTM			0.258		
YT14. Nhà tài trợ không thực hiện tài trợ do tài chính gặp khó khăn			0.253		
YT15. Lập dự toán thiếu khối lượng dẫn đến tăng chi phí thi công				0.267	
YT16. Địa chất lấy từ công trình trước đó tại địa phương để tiết kiệm chi phí nhưng không đảm bảo thứ tính cọc				0.299	
YT17. Thiết kế thiếu diện tích, thiếu phòng chức năng theo quy định xã nông thôn mới				0.310	
YT18. Sai sót thiếu khảo sát mỏ, mả khu vực thi công dẫn đến công tác bồi hoàn thu hồi đất kéo dài do thân nhân không chịu di dời hoặc do tín ngưỡng chưa đến ngày tốt cải táng				0.339	
YT19. Hệ thống sông ngòi và kênh rạch dày đặc					0.249
YT20. Cù lao An Bình nằm tách biệt với huyện Long Hồ và TP Vĩnh Long, ngăn cách bởi sông Cổ Chiên					0.185
YT21. Biến động giá do khan hiếm vật tư ảnh hưởng mùa mưa, bão thường xuyên xảy ra sạt lở, ngập lụt					0.198
YT22. Thi công gặp phải mỏ, mả không biết thân nhân					0.205
YT23. Xâm nhập mặn					0.242
YT24. Máy móc, thiết bị hư hỏng thiếu thợ lành nghề tại địa phương kéo theo chậm tiến độ công trình, lãng phí nhân công làm tăng chi phí					0.219

4.5. Thảo luận kết quả

Kết quả nghiên cứu cho thấy 5 nhóm rủi ro đều có ảnh hưởng đến chi phí thi công công trình dân dụng tại cù lao An Bình. Trong đó, rủi ro từ năng lực nhà thầu thể hiện qua năng lực tài chính hạn chế, nhận thầu nhiều công trình cùng lúc, thiết bị thi công chưa phù hợp, thiếu kinh nghiệm ứng dụng công nghệ và chưa có kế hoạch quản lý rủi ro. Những yếu tố này có thể làm chậm tiến độ, tăng chi phí nhân công, thiết bị và phát sinh chi phí ngoài dự kiến.

Nhóm rủi ro về nhân công phản ánh đặc thù địa phương, do nguồn lao động lành nghề hạn chế, chịu ảnh hưởng bởi mùa vụ nông nghiệp, lễ tết, đám tiệc và hoạt động du lịch. Việc thuê lao động từ nơi khác làm tăng chi phí đi lại, ăn ở, vé phà và tiềm ẩn nguy cơ chậm tiến độ do phụ thuộc vào giao thông phà, thời tiết và ngập lụt.

Nhóm rủi ro từ chủ đầu tư liên quan đến bố trí vốn, thủ tục thanh toán, quản lý dự án và điều chỉnh thiết kế. Việc bổ sung hạng mục để đáp ứng tiêu chí nông thôn mới hoặc kế hoạch vốn chưa phù hợp có thể ảnh hưởng đến dòng tiền của nhà thầu, kéo theo chi phí tài chính và chậm tiến độ.

Nhóm rủi ro khảo sát - thiết kế cho thấy công tác chuẩn bị đầu tư có vai trò quan trọng. Các sai sót như lập dự toán thiếu khối lượng, sử dụng số liệu địa chất chưa phù hợp, thiết kế thiếu diện tích hoặc chưa khảo sát đầy đủ hiện trạng khu đất có thể dẫn đến điều chỉnh thiết kế, kéo dài thời gian thi công và làm tăng chi phí.

Cuối cùng, nhóm rủi ro đặc thù khác phản ánh điều kiện tự nhiên của cù lao An Bình như kênh rạch dày đặc, giao thông bị chia cắt, tải trọng cầu hạn chế, xâm nhập mặn, sạt lở, ngập lụt và thiếu dịch vụ sửa chữa thiết bị. Đây là các yếu tố khó loại bỏ hoàn toàn nhưng có thể hạn chế thông qua lập kế hoạch thi công phù hợp, dự phòng chi phí và chủ động phương án vận chuyển, nhân lực, vật tư.

5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP HẠN CHẾ RỦI RO CHI PHÍ TRONG THI CÔNG

Kết quả phân tích xác định 5 nhóm rủi ro chi phí chính gồm: năng lực nhà thầu, nhân công, chủ đầu tư, khảo sát - thiết kế và các yếu tố đặc thù khu vực cù lao. Đây là cơ sở để đề xuất các giải pháp hạn chế rủi ro chi phí trong thi công.

5.1. Giải pháp đối với nhóm rủi ro từ năng lực nhà thầu thi công

Đối với rủi ro từ năng lực nhà thầu, cần đánh giá kỹ năng lực tài chính, thiết bị, nhân sự, kinh nghiệm thi công và khả năng huy động nguồn lực ngay từ giai đoạn lựa chọn nhà thầu. Các dự án tại cù lao An Bình nên ưu tiên nhà thầu có kinh nghiệm trong điều kiện giao thông phụ thuộc phà, đường thủy, nền đất yếu và nhân công không ổn định. Đồng thời, nhà thầu cần lập kế hoạch quản lý rủi ro chi phí, dự báo biến động giá vật liệu, thiếu nhân công, chậm cung ứng vật tư, hư hỏng thiết bị và gián đoạn do thời tiết để có biện pháp điều chỉnh kịp thời.

5.2. Giải pháp đối với nhóm rủi ro về nhân công

Đối với rủi ro về nhân công, nhà thầu cần lập kế hoạch huy động lao động phù hợp với mùa vụ địa phương, tránh bố trí các hạng mục cần nhiều nhân công vào thời điểm thu hoạch, lễ tết, đám tiệc hoặc cao điểm du lịch. Đồng thời, cần chuẩn bị lực lượng nhân công dự phòng, có chính sách hỗ trợ đi lại, vé phà, ăn ở và thường xuyên để giữ chân lao động. Đối với lao động từ đất liền, cần tính đến thời gian qua phà, kẹt phà, ngập lụt và thời tiết bất lợi; đồng thời tăng cường sử dụng máy móc để giảm phụ thuộc vào lao động thủ công.

5.3. Giải pháp đối với nhóm rủi ro từ chủ đầu tư

Đối với rủi ro từ chủ đầu tư, cần kiểm soát tốt kế hoạch vốn, giải ngân, thanh toán và thay đổi thiết kế. Chủ đầu tư cần phối hợp với đơn vị thụ hưởng ngay từ giai đoạn thiết kế để xác định đầy đủ yêu cầu công năng, tiêu chí nông thôn mới và hạng mục phụ trợ, tránh phát sinh điều chỉnh khi thi công. Với các hạng mục có nhà tài trợ, cần chuẩn bị nguồn vốn dự phòng hoặc nhà tài trợ thay thế để hạn chế ảnh hưởng đến tiến độ và chi phí.

5.4. Giải pháp đối với nhóm rủi ro khảo sát - thiết kế

Đối với rủi ro khảo sát - thiết kế, cần nâng cao chất lượng khảo sát địa hình, địa chất và lập dự toán, đặc biệt tại khu vực nền đất yếu, gần sông rạch hoặc có nguy cơ sạt lở. Cần hạn chế sử dụng số liệu địa chất từ công trình khác, rà soát đầy đủ khối lượng, tiêu chí nông thôn mới, nhu cầu sử dụng thực tế và hiện trạng khu đất như mô tả, công trình ngầm, đường tiếp cận, khả năng vận chuyển vật tư, thiết bị để tránh phát sinh chi phí và điều chỉnh thiết kế trong quá trình thi công.

5.5. Giải pháp đối với nhóm rủi ro đặc thù khác

Đối với rủi ro đặc thù khu vực cù lao, cần lập kế hoạch thi công phù hợp với điều kiện kênh rạch dày đặc, giao thông bị chia cắt, tải trọng cầu hạn chế, sạt lở, ngập lụt và xâm nhập mặn. Nhà thầu cần chủ động kế hoạch vận chuyển theo lịch phà, thủy văn và mùa mưa lũ; dự trữ vật liệu chính tại công trường hoặc điểm trung chuyển; kiểm tra nguồn nước thi công bê tông và chuẩn bị nước ngọt dự phòng. Đồng thời, cần bố trí thợ sửa chữa cơ động hoặc hợp đồng bảo trì thiết bị gần công trình để giảm thời gian dừng máy và hạn chế phát sinh chi phí.

6. KẾT LUẬN

- Nghiên cứu đã đánh giá các yếu tố rủi ro chi phí trong thi công công trình dân dụng thuộc Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới tại cù lao An Bình, tỉnh Vĩnh Long. Kết quả cho thấy rủi ro chi phí chịu tác động bởi 5 nhóm yếu tố chính: năng lực nhà thầu, nhân công, chủ đầu tư, khảo sát - thiết kế và các điều kiện đặc thù khu vực cù lao.

- Thông qua phỏng vấn chuyên gia, nghiên cứu nhận diện 24 yếu tố rủi ro ban đầu. Sau kiểm định Cronbach's Alpha, 1 biến không phù hợp bị loại, còn 23 yếu tố được đưa vào phân tích EFA. Kết quả rút trích 5 nhóm nhân tố với tổng phương sai giải thích đạt 66,108%, phản ánh các nguyên nhân chủ yếu làm phát sinh chi phí trong giai đoạn thi công.

- Các rủi ro tại cù lao An Bình có tính đặc thù cao do ảnh hưởng của hệ thống kênh rạch dày đặc, giao thông phụ thuộc phà và đường thủy, nền đất yếu, nguy cơ sạt lở, xâm nhập mặn, tải trọng cầu hạn chế và nguồn nhân công không ổn định. Những yếu tố này làm tăng chi phí vận chuyển, nhân công, thiết bị, xử lý nền móng và chi phí do chậm tiến độ.

- Trên cơ sở kết quả phân tích, nghiên cứu đề xuất các giải pháp như nâng cao năng lực lựa chọn và quản lý nhà thầu, lập kế hoạch nhân công phù hợp mùa vụ, kiểm soát vốn và thanh toán, hạn chế thay đổi thiết kế, nâng cao chất lượng khảo sát - thiết kế - dự toán, đồng thời chủ động phương án vận chuyển, dự phòng vật liệu, nguồn nước và sửa chữa thiết bị. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho quản lý chi phí thi công các công trình nông thôn mới tại cù lao An Bình và các khu vực có điều kiện tương tự ở Đồng bằng sông Cửu Long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chính phủ. Nghị định số 10/2021/NĐ-CP về quản lý chi phí đầu tư xây dựng, 2021.
- [2] Bộ Xây dựng. Thông tư số 11/2021/TT-BXD hướng dẫn một số nội dung xác định và quản lý chi phí đầu tư xây dựng, 2021.
- [3] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 263/QĐ-TTg phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025, 2022.
- [4] Akintoye, A.S., & MacLeod, M.J. Risk analysis and management in construction. *International Journal of Project Management*, 15(1), 31-38, 1997, doi: 10.1016/S0263-7863(96)00035-X.
- [5] Shen, L.Y., Wu, G.W.C., Ng, C.S.K. Risk Assessment for Construction Joint Ventures in China. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(1), 76-81, 2001. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2001)127:1(76).
- [6] Flyvbjerg, B., Skamris holm, M.K., Buhl, S.L. How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?. *Transport Reviews*, 23(1), 71-88, 2003. doi: 10.1080/014416403009904.
- [7] Tessema, A.T., Alene, G.A., Wolelaw, N.M. Assessment of risk factors on construction projects in Gondar city, Ethiopia. *Heliyon*, 8(11), e11726, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11726.
- [8] Chadee, A.A., Martin, H.H., Gallage, S., Banerjee, K.S., Roopan, R., Rathnayake, U., Ray, I. Risk Evaluation of Cost Overruns (COs) in Public Sector Construction Projects: A Fuzzy Synthetic Evaluation. *Buildings*, 13(5), 2023, 1116. doi: 10.3390/buildings13051116.
- [9] Le-Hoai, L., Lee, Y.D. & Lee, J.Y. Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. *KSCE J Civ Eng* 12, 367-377, 2008. doi: 10.1007/s12205-008-0367-7.
- [10] Cao Quốc Khánh, Nguyễn Vĩ Độ. Nghiên cứu và đánh giá các yếu tố rủi ro trong quản lý các dự án sạt lở trên địa bàn huyện Cai Lậy, tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây*, 9, 94-100, 2024.
- [11] Trương Công Bằng, Trịnh Công Luận. Phân tích Cronbach's Alpha các yếu tố ảnh hưởng đến tiến độ trong thi công san nền. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây*, 12, 76-85, 2025, doi: 10.66195/mtu.2025.12.057.
- [12] Đỗ Thị Mỹ Dung, Đỗ Trọng Nghĩa, Đặng Văn Tiến. Đánh giá độ tin cậy của thang đo các yếu tố trong nhóm nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng ván khuôn trên các công trình xây dựng tại đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây*, 14, 80-85, 2025, doi: 10.66195/mtu.2025.14.116.

Kinh nghiệm quốc tế về điện hóa giao thông công cộng và bài học chính sách cho Việt Nam

International experiences in public transport electrification and policy implications for Viet Nam

> PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, THS CAO QUANG KHẢI*

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: khaiqc@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài viết phân tích có hệ thống các kinh nghiệm quốc tế tiêu biểu về chuyển đổi phương tiện giao thông công cộng (xe buýt, taxi) sang sử dụng điện thông qua so sánh chính sách và mô hình triển khai tại Trung Quốc, Anh, Ấn Độ, Mỹ Latinh và một số quốc gia châu Âu, tập trung vào vai trò điều phối của Nhà nước, cơ chế hỗ trợ tài chính, phát triển hạ tầng sạc và sự tham gia của khu vực tư nhân. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất một số hàm ý chính sách nhằm thúc đẩy điện hóa giao thông công cộng tại Việt Nam theo hướng khả thi, bền vững và phù hợp với điều kiện thực tiễn.

Từ khóa: Điện hóa giao thông công cộng; xe buýt điện; taxi điện; chuyển đổi xanh.

ABSTRACT

This paper provides a systematic analysis of selected international experiences in the electrification of public transport, particularly focusing on buses and taxis. It adopts a comparative policy and implementation framework to examine case studies from China, the United Kingdom, India, Latin America, and several European countries. The analysis highlights key determinants of successful transitions, including the coordinating role of the state, financial support mechanisms, the development of charging infrastructure, and private sector participation. Based on these findings, the paper proposes a set of policy implications aimed at accelerating the electrification of public transport in Viet Nam in a manner that is feasible, sustainable, and aligned with the country's socio-economic conditions.

Keywords: Public transport electrification; electric buses; electric taxis; green transition.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, giao thông vận tải được xác định là một trong những lĩnh vực phát thải khí nhà kính lớn nhất, đặc biệt tại các đô thị đang phát triển. Việc chuyển đổi sang phương tiện giao thông sử dụng điện, nhất là trong hệ thống giao thông công cộng, không chỉ

góp phần giảm phát thải mà còn cải thiện chất lượng không khí và nâng cao hiệu quả vận hành đô thị. Tại Việt Nam, quá trình đô thị hóa nhanh cùng với sự gia tăng phương tiện cá nhân đang tạo áp lực lớn lên hạ tầng giao thông và môi trường. Cam kết đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 đặt ra yêu cầu cấp bách trong việc chuyển đổi mô hình vận tải theo hướng xanh hóa. Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy quá trình điện hóa giao thông công cộng còn gặp nhiều rào cản về thể chế, tài chính và hạ tầng kỹ thuật. Do đó, việc nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế nhằm rút ra bài học chính sách phù hợp là cần thiết, có ý nghĩa cả về lý luận và thực tiễn.

2. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ ĐIỆN HÓA GIAO THÔNG CÔNG CỘNG

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy quá trình điện hóa giao thông công cộng được triển khai theo nhiều mô hình chính sách khác nhau, tùy thuộc vào điều kiện thể chế, năng lực tài chính và mức độ phát triển thị trường của từng quốc gia. Nhìn chung, có thể phân loại thành bốn nhóm mô hình chủ đạo, bao gồm: (i) mô hình Nhà nước dẫn dắt, (ii) mô hình thị trường có điều tiết, (iii) mô hình hợp tác công - tư và (iv) mô hình tài chính sáng tạo.

2.1. Mô hình Nhà nước dẫn dắt: Trường hợp Trung Quốc

Trung Quốc được xem là quốc gia đi đầu trong điện hóa giao thông công cộng với cách tiếp cận mang tính tập trung cao, trong đó Nhà nước đóng vai trò chủ đạo trong toàn bộ chuỗi giá trị.

Cụ thể, Chính phủ Trung Quốc đã triển khai đồng bộ các chính sách: (1) Trợ cấp trực tiếp quy mô lớn cho phương tiện điện; (2) Hỗ trợ phát triển công nghiệp sản xuất pin và xe điện trong nước; (3) Đầu tư công mạnh mẽ vào hạ tầng sạc. Trường hợp điển hình là TP Thẩm Quyển - nơi đã hoàn thành gần như toàn bộ quá trình điện hóa đội xe buýt. Kết quả này phản ánh hiệu quả của mô hình Nhà nước dẫn dắt, đặc biệt trong giai đoạn đầu khi thị trường chưa đủ phát triển để tự vận hành. Tuy nhiên, mô hình này cũng bộc lộ hạn chế rõ rệt, chủ yếu liên quan đến áp lực ngân sách lớn và tính bền vững tài chính trong dài hạn khi phụ thuộc nhiều vào trợ cấp công.

2.2. Mô hình thị trường có điều tiết: Trường hợp châu Âu

Khác với Trung Quốc, các quốc gia châu Âu áp dụng cách tiếp cận dựa trên cơ chế thị trường, kết hợp với khung pháp lý và công cụ điều tiết mạnh mẽ từ Nhà nước.

Các chính sách chủ yếu bao gồm: (1) Thiết lập tiêu chuẩn phát thải nghiêm ngặt; (2) Ban hành lộ trình bắt buộc chuyển đổi sang phương tiện không phát thải; (3) Triển khai các công cụ tài chính như quỹ xanh, tín dụng ưu đãi. Cách tiếp cận này tạo ra môi trường cạnh tranh minh bạch, thúc đẩy đổi mới công nghệ và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn lực. Tuy nhiên, so với mô hình Nhà nước dẫn dắt, tốc độ chuyển đổi trong giai đoạn đầu có xu hướng chậm hơn do phụ thuộc vào tín hiệu thị trường.

2.3. Mô hình hợp tác công - tư (PPP): Trường hợp Ấn Độ

Ấn Độ triển khai điện hóa giao thông công cộng thông qua mô hình hợp tác công - tư, với trọng tâm là hợp đồng tổng chi phí (Gross Cost Contract - GCC). Theo mô hình này: (1) Doanh nghiệp tư nhân chịu trách nhiệm đầu tư, sở hữu và vận hành phương tiện; (2) Nhà nước thanh toán chi phí dịch vụ dựa trên sản lượng vận chuyển (km vận hành). Cách tiếp cận này cho phép: (1) Giảm gánh nặng đầu tư ban đầu cho ngân sách nhà nước; (2) Chia sẻ rủi ro giữa khu vực công và tư; (3) Tăng tính linh hoạt trong vận hành. Tuy nhiên, hiệu quả của mô hình phụ thuộc lớn vào chất lượng thiết kế hợp đồng và năng lực giám sát của cơ quan quản lý nhà nước.

2.4. Mô hình tài chính sáng tạo: Trường hợp Mỹ Latinh

Bảng 1. So sánh các mô hình chính sách điện hóa giao thông công cộng

Tiêu chí	Trung Quốc (Thâm Quyển)	Anh (London)	Ấn Độ	Mỹ Latinh (Bogota, Santiago)	EU (Hà Lan, Na Uy)	Ưu điểm nổi bật	Nhược điểm chính	Điều kiện áp dụng
Mô hình chính sách	Nhà nước dẫn dắt mạnh	Kết hợp thị trường - hỗ trợ	PPP (GCC)	Tài chính sáng tạo	Quy định + thị trường	Triển khai nhanh, định hướng rõ	Phụ thuộc mô hình thể chế	Phù hợp với mức độ phát triển kinh tế
Cơ chế tài chính	Trợ cấp trực tiếp lớn	Trợ cấp + ưu đãi thuế	Trả phí theo km	Leasing, vốn quốc tế	Quỹ xanh, carbon	Giảm rào cản đầu tư ban đầu	Áp lực ngân sách hoặc nợ	Cần hệ thống tài chính phát triển
Đầu tư phương tiện	Nhà nước + DN nội địa	DN + hỗ trợ nhà nước	DN tư nhân	DN + tài chính quốc tế	DN tư nhân	Huy động đa dạng nguồn lực	Rủi ro tài chính DN	Thị trường vận tải phát triển
Hạ tầng sạc	Đầu tư đồng bộ, quy mô lớn	Ưu tiên tại đô thị	Depot + PPP	Depot tập trung	Chuẩn hóa, phân tán	Đảm bảo vận hành ổn định	Chi phí đầu tư cao	Quy hoạch đô thị đồng bộ
Lộ trình chuyển đổi	Nhanh, bắt buộc	Theo tiêu chuẩn khí thải	Theo chương trình quốc gia	Theo dự án	Ràng buộc pháp lý	Tạo áp lực chuyển đổi mạnh	Có thể gây sốc thị trường	Cần năng lực quản lý cao
Vai trò địa phương	Rất mạnh	Chủ động cao	Phối hợp trung ương	Rất linh hoạt	Tự chủ cao	Tăng tính linh hoạt	Thiếu đồng bộ nếu yếu	Cần phân cấp rõ ràng
Công cụ chính sách nổi bật	Trợ cấp + quy định bắt buộc	ZEC Taxi Scheme	GCC contract	Bus leasing model	Zero-emission mandate	Chính sách rõ, dễ thực thi	Phụ thuộc thiết kế chính sách	Năng lực thể chế tốt
Hiệu quả đạt được	~100% bus điện	Taxi điện tăng nhanh	Mở rộng nhanh	Hàng nghìn xe buýt điện	Thị trường ổn định	Hiệu quả rõ rệt	Không đồng đều giữa quốc gia	Phụ thuộc nguồn lực
Hạn chế	Chi phí ngân sách lớn	Phụ thuộc trợ cấp	Rủi ro hợp đồng	Phụ thuộc tài chính ngoài	Chi phí cao	Nhận diện rõ rủi ro	Có thể gây mất cân đối tài chính	Cần kiểm soát rủi ro

Nguồn: Tác giả tổng hợp

Trên cơ sở đó, có thể khái quát một số đặc điểm nổi bật như sau:

- Mô hình Nhà nước dẫn dắt có ưu thế về tốc độ triển khai nhanh và khả năng điều phối tập trung, nhưng chịu áp lực lớn về tài chính công.
- Mô hình thị trường có điều tiết đảm bảo tính bền vững dài hạn, song cần thời gian để thị trường thích ứng.
- Mô hình PPP và tài chính sáng tạo giúp huy động nguồn lực ngoài ngân sách, nhưng phụ thuộc nhiều vào thiết kế thể chế và thị trường tài chính.

3. HÀM Ý CHÍNH SÁCH CHO VIỆT NAM: THUẬN LỢI, KHÓ KHĂN VÀ BÀI HỌC KINH NGHIỆM

3.1. Thuận lợi đối với Việt Nam

Thứ nhất, cam kết chính trị và định hướng chiến lược rõ ràng. Việt Nam đã cam kết đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050, đồng thời ban hành nhiều chính sách liên quan đến tăng trưởng xanh và phát triển giao thông bền vững. Đây là nền tảng quan trọng để thúc đẩy chuyển đổi.

Thứ hai, nhu cầu phát triển giao thông công cộng lớn. Các đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM đang đối mặt với ùn tắc và ô nhiễm, tạo áp lực chuyển dịch từ phương tiện cá nhân sang giao thông công cộng, đặc biệt là phương tiện điện.

Thứ ba, sự tham gia của khu vực doanh nghiệp trong nước. Sự xuất hiện của các doanh nghiệp vận tải và sản xuất xe điện nội địa

Tại khu vực Mỹ Latinh, các quốc gia như Colombia và Chile đã áp dụng các mô hình tài chính sáng tạo nhằm vượt qua rào cản vốn đầu tư ban đầu. Các công cụ chính bao gồm: (1) Mô hình cho thuê phương tiện (leasing); (2) Huy động vốn từ các tổ chức tài chính quốc tế; (3) Tách biệt quyền sở hữu tài sản và vận hành dịch vụ. Mô hình này giúp giảm áp lực tài chính cho doanh nghiệp vận tải và cho phép mở rộng nhanh quy mô triển khai. Tuy nhiên, nó cũng tiềm ẩn rủi ro phụ thuộc vào nguồn vốn bên ngoài và biến động tài chính quốc tế.

Từ các trường hợp nghiên cứu điển hình, có thể nhận thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các mô hình về vai trò Nhà nước, cơ chế tài chính và phương thức triển khai. Bảng 1 đã tổng hợp một cách hệ thống các tiêu chí so sánh chính.

giúp giảm phụ thuộc nhập khẩu và tạo điều kiện hình thành hệ sinh thái công nghiệp.

Thứ tư, tiềm năng phát triển năng lượng tái tạo. Việt Nam có lợi thế về năng lượng mặt trời, gió - đây là cơ sở để phát triển hệ sinh thái giao thông điện bền vững.

3.2. Khó khăn và thách thức

Thứ nhất, chi phí đầu tư ban đầu cao. Chi phí đầu tư phương tiện điện và hạ tầng sạc vẫn cao hơn đáng kể so với phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch, gây khó khăn cho doanh nghiệp vận tải.

Thứ hai, hạ tầng sạc chưa đồng bộ. Việc thiếu quy hoạch tổng thể và tiêu chuẩn kỹ thuật thống nhất dẫn đến phát triển manh mún, chưa đáp ứng nhu cầu thực tế.

Thứ ba, khung chính sách còn phân tán và chưa chuyên biệt. Các chính sách hiện hành chủ yếu mang tính định hướng, thiếu cơ chế cụ thể cho giao thông công cộng điện, đặc biệt là taxi và xe buýt.

Thứ tư, hạn chế về nguồn lực tài chính. Ngân sách nhà nước còn hạn chế, trong khi cơ chế huy động vốn tư nhân và tài chính xanh chưa phát triển đầy đủ.

Thứ năm, năng lực tổ chức thực thi chưa đồng đều. Sự phối hợp giữa các bộ, ngành và địa phương còn hạn chế, dẫn đến chồng chéo hoặc thiếu hiệu quả trong triển khai.

Thứ sáu, nhận thức và hành vi người sử dụng. Người dân vẫn còn e ngại về hiệu suất, chi phí và độ tiện lợi của phương tiện điện.

3.3. Bài học kinh nghiệm cho Việt Nam

Thứ nhất, xây dựng chiến lược và lộ trình chuyển đổi mang tính bắt buộc, đồng thời đảm bảo tính khả thi trong thực thi. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, các quốc gia thành công đều thiết lập lộ trình chuyển đổi rõ ràng, có tính ràng buộc pháp lý và được lượng hóa bằng các chỉ tiêu cụ thể. Do đó, Việt Nam cần xây dựng một chiến lược tổng thể về điện hóa giao thông công cộng theo từng giai đoạn, trong đó xác định rõ: (1) Tỷ lệ phương tiện điện trong tổng đội xe công cộng theo mốc thời gian; (2) Quy định bắt buộc đối với phương tiện đầu tư mới (đặc biệt trong lĩnh vực xe buýt và taxi); (3) Hệ thống giám sát, đánh giá và điều chỉnh chính sách theo chu kỳ.

Thứ hai, thiết kế chính sách tài chính theo hướng kích hoạt và dẫn dắt thị trường. Một trong những bài học quan trọng là vai trò của chính sách tài chính không dừng lại ở hỗ trợ chi phí, mà cần đóng vai trò “kích hoạt thị trường”. Theo đó, Việt Nam cần chuyển từ mô hình trợ cấp dần trải sang cơ chế hỗ trợ có mục tiêu và có điều kiện, bao gồm: (1) Trợ cấp ban đầu cho phương tiện điện trong giai đoạn thị trường chưa hoàn thiện; (2) Phát triển các công cụ tài chính xanh như tín dụng ưu đãi, quỹ chuyển đổi năng lượng; (3) Áp dụng cơ chế chia sẻ rủi ro giữa Nhà nước và doanh nghiệp, đặc biệt trong các dự án quy mô lớn. Cách tiếp cận này giúp giảm phụ thuộc vào ngân sách nhà nước trong dài hạn, đồng thời tạo động lực cho khu vực tư nhân tham gia sâu hơn vào quá trình chuyển đổi.

Thứ ba, phát triển hạ tầng sạc theo hướng đi trước một bước và đồng bộ hóa với quy hoạch đô thị. Thực tiễn quốc tế cho thấy, hạ tầng sạc là yếu tố quyết định tính khả thi của điện hóa giao thông công cộng. Do đó, Việt Nam cần ưu tiên phát triển hạ tầng theo hướng: (1) Tích hợp quy hoạch trạm sạc vào quy hoạch đô thị và hệ thống giao thông; (2) Triển khai đồng bộ tại các depot, bến bãi, đầu mối vận tải và khu vực công cộng; (3) Chuẩn hóa công nghệ, tiêu chuẩn kỹ thuật và cơ chế vận hành. Việc phát triển hạ tầng đi trước không chỉ giảm rủi ro vận hành mà còn tạo niềm tin cho doanh nghiệp và người sử dụng, từ đó thúc đẩy quá trình chuyển đổi diễn ra nhanh hơn.

Thứ tư, áp dụng linh hoạt các mô hình hợp tác công - tư nhằm huy động nguồn lực xã hội. Kinh nghiệm từ Ấn Độ và Mỹ Latinh cho thấy mô hình hợp tác công - tư (PPP) có thể đóng vai trò quan trọng trong việc giảm áp lực đầu tư công. Đối với Việt Nam, cần ưu tiên triển khai các mô hình linh hoạt như: (1) Mô hình thuê - cho thuê phương tiện (leasing) để giảm chi phí đầu tư ban đầu; (2) Hợp đồng vận hành theo sản lượng (Gross Cost Contract - GCC) nhằm kiểm soát chi phí và chất lượng dịch vụ; (3) Hợp tác PPP trong đầu tư và vận hành hạ tầng sạc. Việc đa dạng hóa mô hình hợp tác không chỉ giúp huy động nguồn lực tài chính mà còn nâng cao hiệu quả quản trị và phân bổ rủi ro giữa các bên tham gia.

Thứ năm, tăng cường phân cấp và phát huy vai trò chủ động của chính quyền địa phương. Một đặc điểm nổi bật của các mô hình thành công là vai trò tích cực của chính quyền địa phương trong tổ chức triển khai. Theo đó, Việt Nam cần đẩy mạnh phân cấp gắn với trách nhiệm giải trình, trong đó: (1) Chính quyền địa phương chủ động xây dựng kế hoạch chuyển đổi phù hợp với đặc thù đô thị; (2) Bố trí quỹ đất và nguồn lực cho phát triển hạ tầng sạc; (3) Triển khai các chương trình thí điểm và nhân rộng mô hình hiệu quả. Việc tăng cường vai trò địa phương sẽ giúp nâng cao tính linh hoạt, đồng thời giảm tải áp lực điều hành tập trung từ cấp trung ương.

Thứ sáu, nâng cao nhận thức xã hội và phát triển nguồn nhân lực phục vụ chuyển đổi. Điện hóa giao thông công cộng không chỉ là vấn đề công nghệ mà còn liên quan đến hành vi xã hội. Do đó, cần triển khai đồng bộ các giải pháp: (1) Xây dựng chương trình truyền thông quốc gia về lợi ích của phương tiện điện; (2) Áp dụng các chính sách khuyến khích sử dụng giao thông công cộng điện;

(3) Đào tạo nguồn nhân lực kỹ thuật, vận hành và quản lý trong lĩnh vực giao thông điện. Những yếu tố này góp phần tạo nền tảng xã hội vững chắc cho quá trình chuyển đổi bền vững.

Thứ bảy, hoàn thiện thể chế và tăng cường phối hợp liên ngành. Cuối cùng, cần xây dựng một hệ thống thể chế đồng bộ và hiệu quả: (1) Hoàn thiện khung pháp lý chuyên biệt cho điện hóa giao thông công cộng; (2) Phân định rõ chức năng, nhiệm vụ của các bộ, ngành liên quan; (3) Thiết lập cơ chế điều phối hiệu quả giữa trung ương và địa phương. Đây là điều kiện tiên quyết nhằm đảm bảo tính nhất quán, minh bạch và hiệu quả trong quá trình triển khai chính sách.

4. KẾT LUẬN

Điện hóa giao thông công cộng là xu thế tất yếu trong tiến trình chuyển đổi xanh và giảm phát thải khí nhà kính của ngành giao thông vận tải toàn cầu. Nghiên cứu kinh nghiệm quốc tế cho thấy, mặc dù mỗi quốc gia lựa chọn mô hình chính sách khác nhau tùy thuộc vào điều kiện phát triển, song đều có điểm chung là sự kết hợp giữa vai trò dẫn dắt của Nhà nước, cơ chế thị trường và sự tham gia của khu vực tư nhân. Đối với Việt Nam, điện hóa giao thông công cộng đang đứng trước cả cơ hội và thách thức. Thuận lợi lớn nhất là cam kết chính trị mạnh mẽ, nhu cầu phát triển giao thông công cộng tại các đô thị lớn và sự tham gia ngày càng rõ nét của doanh nghiệp trong nước. Tuy nhiên, các rào cản về thể chế, nguồn lực tài chính, hạ tầng sạc và năng lực thực thi chính sách vẫn là những thách thức đáng kể.

Từ kinh nghiệm quốc tế, nghiên cứu đề xuất Việt Nam cần ưu tiên xây dựng lộ trình chuyển đổi rõ ràng, hoàn thiện khung chính sách chuyên biệt, phát triển hạ tầng sạc đồng bộ, áp dụng linh hoạt mô hình hợp tác công - tư và tăng cường năng lực phối hợp liên ngành. Việc nội địa hóa các bài học quốc tế phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội và năng lực thể chế trong nước sẽ là nhân tố quyết định thành công của quá trình điện hóa giao thông công cộng tại Việt Nam trong giai đoạn tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Giao thông vận tải. Báo cáo đề xuất chính sách hỗ trợ chuyển đổi sang xe ô tô điện. Trình Thủ tướng Chính phủ kèm theo Văn bản số 12093/BGTVT-KHCN&MT ngày 07/11/2024, 2024.
- [2] Bộ Giao thông vận tải. Báo cáo đánh giá tình hình thực hiện Quyết định số 876/QĐ-TTg trình Thủ tướng Chính phủ. Báo cáo, 2024.
- [3] Bộ Xây dựng. Báo cáo đề xuất chính sách khuyến khích việc chuyển đổi phương tiện sang sử dụng điện đối với các tuyến vận tải hành khách bằng xe buýt liên tỉnh và các tuyến vận tải hành khách cố định. Báo cáo, 2025.
- [4] Bộ Giao thông vận tải. Báo cáo xây dựng Kế hoạch hành động tăng trưởng xanh của Bộ Giao thông vận tải giai đoạn 2021 - 2030. Báo cáo, tháng 8/2020.
- [5] Bộ Giao thông vận tải. Báo cáo cập nhật Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu và Kế hoạch hành động thực hiện Thỏa thuận Paris. Báo cáo, 2020.
- [6] Lê Anh Tuấn, Nguyễn Thị Yến Liên. Báo cáo nghiên cứu phát triển phương tiện giao thông điện tại Việt Nam. Đại học Bách khoa Hà Nội, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2021.
- [7] Tổng công ty Vận tải Hà Nội (Transerco). Báo cáo Đề án chuyển đổi phương tiện sử dụng năng lượng điện, năng lượng xanh giai đoạn 2024 - 2035. Báo cáo, 2024.
- [8] International Energy Agency (IEA). Global EV Outlook 2024. International Energy Agency, 2024.
- [9] World Bank. Electrification of Public Transport: A Case Study of the Shenzhen Bus Group. World Bank, 2021.
- [10] International Council on Clean Transportation (ICCT). A Guide to Electrifying Ride-hailing Vehicles for Cities. International Council on Clean Transportation, 2021.
- [11] Government of India. Grand Challenge for Electric Bus Deployment. Government of India, 2022.
- [12] Transport for London (TfL). London Electric Taxi Scheme. Transport for London, 2022.
- [13] World Bank. The Economics of Electric Vehicles for Passenger Transportation. World Bank, 2022.
- [14] BloombergNEF. Electric Vehicle Outlook 2024. BloombergNEF, 2024.

Nghiên cứu các yếu tố rủi ro liên quan đến nhà thầu thi công và cung ứng trong các dự án xây dựng công trình giao thông sử dụng vốn đầu tư công tại Việt Nam

A study on risk factors associated with construction and supply contractors in public investment-funded transport construction projects in Vietnam

> **THS.NCS TRẦN MINH ĐỨC, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI***

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: hainl@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhận diện các yếu tố rủi ro liên quan đến nhà thầu thi công và nhà thầu cung ứng trong các dự án xây dựng công trình giao thông (CTGT) sử dụng vốn đầu tư công (ĐTC) tại Việt Nam. Nhóm chủ thể này trực tiếp tổ chức thi công, huy động nguồn lực và bảo đảm cung ứng vật tư, thiết bị theo yêu cầu của dự án. Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng hợp tài liệu, phân tích nội dung khung pháp lý về xây dựng, đấu thầu, quản lý chất lượng công trình và đối chiếu với thực tiễn triển khai dự án giao thông sử dụng vốn ĐTC tại Việt Nam. Trên cơ sở đó, bài báo xác định 5 nhóm trách nhiệm và danh mục 7 yếu tố rủi ro liên quan đến nhóm nhà thầu. Kết quả nghiên cứu bổ sung cơ sở lý luận cho cách tiếp cận quản lý rủi ro theo chủ thể, là tiền đề quan trọng trong việc xây dựng khung quản lý rủi ro dựa theo mối quan hệ đa tác nhân trong dự án giao thông sử dụng vốn ĐTC tại Việt Nam.

Từ khóa: Rủi ro dự án; nhà thầu thi công; nhà thầu cung ứng; dự án sử dụng vốn đầu tư công; công trình giao thông; quản lý rủi ro theo chủ thể.

ABSTRACT

This paper identifies risk factors associated with construction contractors and supply contractors in public investment-funded transport infrastructure construction projects in Vietnam. This stakeholder group directly organizes construction activities, mobilizes resources and ensures the supply of materials and equipment required by the project. The study employs literature synthesis, content analysis of the legal framework on construction, bidding and construction quality management and compares these findings with the practical implementation of public investment-funded transport projects in Vietnam. On this basis, the paper identifies five areas of responsibility and a list of seven risk factors associated with the contractor group. The findings contribute to the theoretical foundation of stakeholder-based risk management and provide an important basis for developing a risk management framework based on multi-actor relationships in public investment-funded transport infrastructure construction projects in Vietnam.

Keywords: Project risk; construction contractor; supply contractor; public investment-funded project; transport construction project; stakeholder-based risk management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các dự án xây dựng CTGT sử dụng vốn ĐTC đóng vai trò chủ đạo trong phát triển kết cấu hạ tầng giao thông tại Việt Nam, góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, kết nối vùng miền và nâng cao

chất lượng sống của người dân. Đặc trưng của nhóm dự án này là quy mô và tổng mức đầu tư lớn, thời gian thực hiện dài, yêu cầu kỹ thuật cao, phạm vi triển khai trải dài trên nhiều địa bàn và chịu sự điều chỉnh của nhiều hệ thống văn bản pháp luật về ĐTC, xây dựng,

đầu thầu, ngân sách nhà nước, đất đai và môi trường. Trong giai đoạn thực hiện, sản phẩm vật chất của công trình được tạo ra thông qua hoạt động thi công, huy động nguồn lực và cung ứng vật tư, thiết bị do nhà thầu thi công và nhà thầu cung ứng (gọi chung là nhóm nhà thầu) trực tiếp tổ chức [1, 2].

Thực tiễn triển khai dự án CTGT sử dụng vốn ĐTC tại Việt Nam cho thấy nhiều dự án còn gặp các vấn đề về chậm tiến độ thi công, sai sót chất lượng, mất an toàn lao động, tác động môi trường tại công trường và phát sinh chi phí khắc phục hoặc kéo dài thời gian thực hiện [3, 4]. Các nghiên cứu quốc tế về rủi ro xây dựng cũng ghi nhận nhóm rủi ro liên quan đến nhà thầu là một trong các nguồn rủi ro quan trọng trong giai đoạn thi công [5, 7]. Bên cạnh các yếu tố khách quan, một phần rủi ro bắt nguồn từ năng lực tổ chức thi công, khả năng huy động nguồn lực, kiểm soát chất lượng vật tư đầu vào, quản lý nhà thầu phụ và mức độ tuân thủ biện pháp thi công của nhà thầu. Do trực tiếp tạo ra sản phẩm vật chất của dự án, nhóm nhà thầu X1 là nguồn phát sinh rủi ro tác nghiệp quan trọng trong giai đoạn thực hiện đầu tư.

Các nghiên cứu hiện hành về rủi ro dự án xây dựng thường phân loại rủi ro theo bản chất như kỹ thuật, tài chính, pháp lý, tiến độ hoặc môi trường. Hướng tiếp cận này có giá trị trong phân tích các đặc tính rủi ro, nhưng chưa làm rõ mối liên hệ giữa từng rủi ro với chủ thể có thẩm quyền và trách nhiệm kiểm soát tương ứng trong dự án có nhiều bên tham gia. Cách tiếp cận nghiên cứu rủi ro theo chủ thể góp phần khắc phục hạn chế này bằng cách gắn mỗi yếu tố rủi ro với chủ thể có trách nhiệm theo hợp đồng và năng lực chuyên môn trực tiếp để nhận diện và kiểm soát rủi ro đó [6, 8]. Từ định hướng này, bài báo tập trung nhận diện các yếu tố rủi ro thuộc trách nhiệm của nhóm nhà thầu X1 trong các dự án CTGT sử dụng vốn ĐTC tại Việt Nam, thông qua đối chiếu các nhóm trách nhiệm pháp lý của nhóm chủ thể này với những tình huống có thể gây ảnh hưởng bất lợi đến tiến độ, chi phí, chất lượng và an toàn của dự án.

2. NHẬN DIỆN CÁC YẾU TỐ RỦI RO LIÊN QUAN ĐẾN NHÓM NHÀ THẦU THI CÔNG VÀ CUNG ỨNG

Theo ISO 31000:2018, rủi ro là tác động của sự không chắc chắn đến mục tiêu [9], trong công tác quản lý dự án xây dựng, các mục tiêu này gắn với phạm vi, tiến độ, chi phí, chất lượng và an toàn [10]. Đối với dự án CTGT sử dụng vốn ĐTC, các rủi ro phát sinh ở giai đoạn thi công có quan hệ trực tiếp với năng lực, hành vi và mức độ tuân thủ của nhà thầu. Theo lý thuyết các bên liên quan, kết quả dự án chịu ảnh hưởng bởi các chủ thể có khả năng tác động đến mục tiêu hoặc chịu tác động từ quá trình thực hiện [11]. Vận dụng mô hình mức độ nổi bật của Mitchell và cộng sự [12], nhóm nhà thầu X1 có tính chính danh từ hợp đồng và tính cấp thiết cao trong giai đoạn thực hiện; quyền lực thực tế của nhóm này xuất phát từ năng lực kỹ thuật, nguồn lực và tiến độ thi công, nhưng vẫn bị giới hạn bởi hợp đồng và sự giám sát của chủ đầu tư. Vì vậy, nhận diện rủi ro thuộc nhóm nhà thầu X1 có ý nghĩa quan trọng đối với quản lý rủi ro tổng thể của dự án.

Trên cơ sở các quy định của pháp luật về xây dựng, đầu thầu, quản lý hoạt động xây dựng và quản lý chất lượng thi công [13, 14, 15, 16], nhóm nhà thầu X1 là các tổ chức trúng thầu thực hiện gói thầu xây lắp hoặc cung cấp vật tư, thiết bị, hàng hóa phục vụ dự án. Nhóm chủ thể này có trách nhiệm thực hiện đúng hợp đồng đã ký kết, bảo đảm chất lượng, tiến độ, an toàn lao động và vệ sinh môi trường trong phạm vi công việc được giao. Đối với nhà thầu cung ứng, rủi ro thể hiện chủ yếu qua khả năng đáp ứng tiến độ cung cấp, chất lượng vật tư, thiết bị và tính ổn định của nguồn cung; các nội dung này được phản ánh trong các yếu tố X1.3 và X1.4 của danh mục rủi ro.

Các nhóm trách nhiệm chính của nhóm nhà thầu X1 theo khung pháp lý về xây dựng, đầu thầu và quản lý chất lượng công trình [13, 14, 15, 16] được tổng hợp tại Bảng 1, ký hiệu lần lượt là N1 đến N5. Đây là cơ sở để nhận diện các yếu tố rủi ro có thể phát sinh trong từng nhóm trách nhiệm và hình thành danh mục các yếu tố rủi ro tại Bảng 2.

Bảng 1. Khung trách nhiệm của nhóm nhà thầu làm cơ sở nhận diện rủi ro

Mã	Nhóm trách nhiệm	Nội dung trách nhiệm chính	Căn cứ pháp lý	Yếu tố rủi ro liên quan
N1	Năng lực và tổ chức thi công	Bảo đảm điều kiện năng lực hoạt động xây dựng theo quy định; lập biện pháp thi công, kế hoạch quản lý công trường; bảo đảm năng lực tài chính để duy trì hoạt động thi công trong suốt thời gian thực hiện hợp đồng.	Luật Xây dựng [13]; NĐ 175/2024 [15]; Luật Đầu thầu [14]	X1.1, X1.2
N2	Huy động nguồn lực phục vụ thi công	Huy động và duy trì nhân lực, máy móc thiết bị, vật tư cần thiết theo tiến độ thi công đã được phê duyệt; tổ chức tập kết nguồn lực kịp thời tại công trường.	Luật Xây dựng [13]; NĐ 06/2021 [16]	X1.3
N3	Quản lý chất lượng thi công và tuân thủ kỹ thuật	Kiểm soát chất lượng vật tư đầu vào; tổ chức hệ thống quản lý chất lượng nội bộ; thực hiện đúng biện pháp thi công đã được phê duyệt và tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật áp dụng.	NĐ 06/2021 [16]; Luật Xây dựng [13]	X1.4, X1.5

Mã	Nhóm trách nhiệm	Nội dung trách nhiệm chính	Căn cứ pháp lý	Yếu tố rủi ro liên quan
N4	Quản lý an toàn lao động và bảo vệ môi trường thi công	Bảo đảm an toàn tính mạng và sức khỏe người lao động; tổ chức vệ sinh môi trường, xử lý chất thải xây dựng và kiểm soát các tác động môi trường phát sinh từ hoạt động thi công.	NĐ 06/2021 [16]; Luật Xây dựng [13]	X1.6
N5	Quản lý nhà thầu phụ	Lựa chọn, quản lý nhà thầu phụ trong phạm vi cho phép; chịu trách nhiệm về phần công việc giao cho nhà thầu phụ; tổ chức chuỗi cung ứng vật tư, thiết bị ổn định về chất lượng và tiến độ cung cấp.	Luật Đấu thầu [14]; Luật Xây dựng [13]	X1.7

Nguồn: Tổng hợp của tác giả trên cơ sở phân tích khung pháp lý về xây dựng, đấu thầu và quản lý chất lượng công trình.

Dựa trên nội dung Bảng 1, đối chiếu với lý luận quản lý rủi ro dự án [9, 10], các nghiên cứu về rủi ro liên quan đến nhà thầu trong dự án xây dựng [6, 7, 18], đồng thời tham khảo thực tiễn dự án CTGT sử dụng vốn ĐTC tại Việt Nam [3, 4], nghiên cứu nhận diện 7 yếu tố rủi ro thuộc nhóm nhà thầu X1, ký hiệu X1.1 đến X1.7 theo trình tự các nhóm trách nhiệm N1 đến N5 tại Bảng 1.

Nhóm trách nhiệm N1 gắn với hai yếu tố rủi ro chủ đạo. Năng lực quản lý công trường, lập kế hoạch và tổ chức thi công là điều kiện cần bản quyết định khả năng kiểm soát tiến độ, nguồn lực và hoạt động thi công của nhà thầu [6, 10]. Khi năng lực này còn hạn chế, đặc biệt trong các dự án quy mô lớn với nhiều mũi thi công triển khai đồng thời trên địa bàn rộng, công tác tổ chức thi công không bảo đảm hiệu quả, hình thành yếu tố rủi ro X1.1 - hạn chế năng lực quản lý và tổ chức thi công. Cùng với năng lực kỹ thuật, năng lực tài chính của nhà thầu cũng quyết định khả năng duy trì thi công liên tục. Trong các dự án CTGT có thời gian thực hiện dài, biến động giá vật liệu và quy trình thanh toán nhiều bước [17], khó khăn về tài chính và thiếu hụt dòng tiền có thể làm gián đoạn huy động nguồn lực và làm chậm tiến độ thực hiện, hình thành yếu tố rủi ro X1.2 - khó khăn tài chính và thiếu hụt vốn của nhà thầu.

Nhóm trách nhiệm N2 tập trung vào một yếu tố trọng yếu. Theo Luật Xây dựng [13] và NĐ 06/2021 [16], nhà thầu có nghĩa vụ huy động đầy đủ nhân lực, máy móc thiết bị và vật tư phù hợp với tiến độ đã được phê duyệt; trách nhiệm này đặt ra với cả nhà thầu thi công và nhà thầu cung ứng, từ việc tập kết kịp thời đến duy trì nguồn cung ổn định trong suốt thời gian thực hiện. Khi nhà thầu không huy động đủ ngay từ giai đoạn khởi công hoặc để thiếu hụt kéo dài, hoạt động trên công trường bị gián đoạn và tiến độ hợp đồng bị ảnh hưởng, hình thành yếu tố rủi ro X1.3 - hạn chế trong lập kế hoạch, quản lý huy động và duy trì nguồn lực thi công.

Nhóm trách nhiệm N3 bao gồm hai yếu tố. Theo NĐ 06/2021 [16], nhà thầu có trách nhiệm kiểm soát chất lượng vật tư, vật liệu đầu vào và tổ chức hệ thống quản lý chất lượng nội bộ trong quá trình thi công. Nội dung này liên quan trực tiếp đến nhà thầu cung ứng, vì chất lượng và tính phù hợp kỹ thuật của vật tư, thiết bị được cung cấp ảnh hưởng đến toàn bộ quá trình kiểm soát chất lượng của nhà thầu thi công. Khi các yêu cầu này chưa được đáp ứng, nguy cơ sai sót thi công, nghiệm thu lại hoặc phát sinh chi phí khắc phục gia tăng, hình thành yếu tố rủi ro X1.4 - Chất lượng vật tư đầu vào và quản lý chất lượng nội bộ

của nhà thầu không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật. Bên cạnh đó, biện pháp thi công đã được phê duyệt cùng các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật áp dụng cho công trình phải được nhà thầu thực hiện đầy đủ trong suốt giai đoạn thi công [13, 16]. Việc không tuân thủ - nhất là khi nhà thầu chịu áp lực rút ngắn thời gian hoặc tiết giảm chi phí - làm gia tăng nguy cơ sai sót kỹ thuật và ảnh hưởng đến chất lượng công trình, hình thành yếu tố rủi ro X1.5 - không tuân thủ biện pháp và quy trình thi công.

Nhóm trách nhiệm N4 tập trung vào một yếu tố rủi ro đặc thù. Theo NĐ 06/2021 [16] và Luật Xây dựng [13], nhà thầu có trách nhiệm bảo đảm an toàn tính mạng và sức khỏe người lao động trên công trường, tổ chức công tác vệ sinh môi trường, xử lý chất thải xây dựng và kiểm soát các tác động môi trường phát sinh từ hoạt động thi công. Trong các dự án CTGT có khối lượng đào đắp lớn, sử dụng nhiều thiết bị nặng và thi công trong khu vực có dân cư sinh sống, hoạt động thi công nếu không bảo đảm các yêu cầu trên có thể dẫn đến tai nạn lao động, gây thương tổn về tính mạng và sức khỏe của người lao động, đồng thời gây ô nhiễm bụi, tiếng ồn và phát sinh khiếu kiện từ cộng đồng dân cư khu vực dự án, hình thành yếu tố rủi ro X1.6 - mất an toàn lao động và tác động tiêu cực đến môi trường thi công.

Nhóm trách nhiệm N5 gắn với đặc thù của dự án CTGT có quy mô lớn, nơi nhà thầu chính thường giao một phần công việc cho nhà thầu phụ. Luật Đấu thầu [14] và Luật Xây dựng [13] cho phép sử dụng nhà thầu phụ trong phạm vi quy định, đồng thời yêu cầu nhà thầu chính chịu trách nhiệm toàn diện về phần công việc đã giao. Trách nhiệm này được thực hiện qua hai khâu chính: Lựa chọn nhà thầu phụ có năng lực phù hợp với yêu cầu công việc và quản lý, giám sát nhà thầu phụ trong quá trình triển khai. Khi nhà thầu chính chưa thực hiện hiệu quả một trong hai khâu trên, do tiêu chí lựa chọn nhà thầu phụ chưa phù hợp hoặc do cơ chế kiểm soát hiện trường còn lỏng lẻo, các hạn chế về năng lực, tổ chức thi công và quản lý chất lượng của nhà thầu phụ dễ dàng lan truyền lên nhà thầu chính, ảnh hưởng đến tiến độ và chất lượng chung của dự án [7, 18], hình thành yếu tố rủi ro X1.7 - lựa chọn và quản lý nhà thầu phụ không hiệu quả. Tổng hợp các yếu tố rủi ro được thể hiện tại Bảng 2.

Bảng 2. Các yếu tố rủi ro liên quan đến nhóm nhà thầu X1 trong dự án xây dựng CTGT sử dụng vốn ĐTC

STT	Mã	Nhóm trách nhiệm	Tên yếu tố rủi ro	Nội dung
1	X1.1	N1 - Năng lực và tổ chức thi công	Hạn chế năng lực quản lý và tổ chức thi công	Năng lực quản lý công trường, lập kế hoạch và tổ chức thi công của nhà thầu còn hạn chế, dẫn đến khó kiểm soát tiến độ, nguồn lực và hoạt động thi công trên công trường, đặc biệt trong các dự án quy mô lớn với nhiều mũi thi công triển khai đồng thời.
2	X1.2	N1 - Năng lực và tổ chức thi công	Khó khăn tài chính và thiếu hụt vốn của nhà thầu	Nhà thầu gặp khó khăn về tài chính hoặc thiếu hụt dòng tiền trong quá trình thi công, ảnh hưởng đến khả năng duy trì nguồn lực thi công và tiến độ thực hiện dự án, đặc biệt trong các dự án có thời gian thực hiện dài và quy trình thanh toán nhiều bước.
3	X1.3	N2 - Huy động nguồn lực phục vụ thi công	Hạn chế trong lập kế hoạch, quản lý huy động và duy trì nguồn lực thi công	Nhà thầu hạn chế trong lập kế hoạch, huy động, bố trí và duy trì nhân lực, máy móc thiết bị, vật tư theo tiến độ thi công, dẫn đến chậm tập kết nguồn lực hoặc gián đoạn hoạt động thi công. Đối với nhà thầu cung ứng, rủi ro thể hiện qua tiến độ giao hàng và tính ổn định của nguồn cung vật tư, thiết bị.
4	X1.4	N3 - Quản lý chất lượng thi công và tuân thủ kỹ thuật	Chất lượng vật tư đầu vào và quản lý chất lượng nội bộ của nhà thầu không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật	Vật tư, vật liệu đầu vào hoặc quy trình kiểm soát chất lượng nội bộ của nhà thầu không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, làm tăng nguy cơ sai sót thi công hoặc phải khắc phục chất lượng. Đối với nhà thầu cung ứng, rủi ro thể hiện qua chất lượng và tính phù hợp kỹ thuật của vật tư, thiết bị được cung cấp
5	X1.5	N3 - Quản lý chất lượng thi công và tuân thủ kỹ thuật	Không tuân thủ biện pháp và quy trình thi công	Nhà thầu không thực hiện đúng biện pháp thi công đã được phê duyệt hoặc quy trình kỹ thuật, làm gia tăng nguy cơ sai sót kỹ thuật và ảnh hưởng đến chất lượng công trình, đặc biệt dưới áp lực rút ngắn thời gian thi công hoặc tiết giảm chi phí
6	X1.6	N4 - Quản lý an toàn lao động và bảo vệ môi trường thi công	Mất an toàn lao động và tác động tiêu cực đến môi trường thi công	Hoạt động thi công không bảo đảm yêu cầu về an toàn, sức khỏe người lao động hoặc gây tác động tiêu cực đến môi trường trong quá trình thi công (tai nạn lao động, bụi, tiếng ồn, chất thải thi công, vệ sinh môi trường công trường), có thể phát sinh khiếu kiện từ cộng đồng dân cư khu vực dự án.
7	X1.7	N5 - Quản lý nhà thầu phụ	Lựa chọn và quản lý nhà thầu phụ không hiệu quả	Nhà thầu chính không lựa chọn được nhà thầu phụ đáp ứng yêu cầu về năng lực kỹ thuật, tổ chức thi công và quản lý chất lượng hoặc không kiểm soát hiệu quả phần công việc đã giao cho nhà thầu phụ trong quá trình triển khai. Các hạn chế về năng lực và chất lượng thực hiện của nhà thầu phụ có khả năng lan truyền lên nhà thầu chính, ảnh hưởng đến tiến độ và chất lượng chung của dự án.

Nguồn: Tổng hợp của tác giả trên cơ sở phân tích khung pháp lý về xây dựng, đấu thầu và quản lý chất lượng công trình, lý luận quản lý rủi ro dự án và các nghiên cứu liên quan.

Bảy yếu tố rủi ro nhóm X1 được phát biểu dưới dạng các điều kiện, hành vi và năng lực cụ thể nằm trong phạm vi kiểm soát trực tiếp hoặc kiểm soát hợp đồng của nhà thầu, thay vì các hệ quả tổng hợp như chậm tiến độ, tăng chi phí hoặc giảm sút chất lượng công trình. Cách phát biểu này giúp xác định đúng điểm can thiệp quản lý cho từng yếu tố rủi ro.

Xét mối quan hệ giữa các yếu tố trong nhóm X1, hạn chế về năng lực tổ chức, tài chính và nguồn lực (X1.1, X1.2, X1.3) có thể làm suy giảm khả năng kiểm soát chất lượng và tuân thủ kỹ thuật (X1.4, X1.5). Khi áp lực tiến độ và chi phí gia tăng, rủi ro về an toàn lao động và môi trường (X1.6) cũng dễ phát sinh. Việc sử dụng nhà thầu phụ (X1.7) làm mở rộng phạm vi kiểm soát của nhà thầu chính và gia tăng yêu cầu phối hợp quản lý. Vì vậy, quản lý rủi ro nhóm X1 cần bắt đầu từ đánh giá năng lực, lựa chọn nhà thầu, kiểm soát hợp đồng, quản lý nhà thầu phụ, phối hợp cung ứng vật tư, thiết bị và giám sát hiện trường trong suốt giai đoạn thi công.

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tổng hợp 5 nhóm trách nhiệm chính của nhà thầu thi công và nhà thầu cung ứng theo khung pháp lý về xây dựng, đấu thầu và quản lý chất lượng công trình, làm cơ sở nhận diện 7 yếu tố rủi ro liên quan, ký hiệu từ X1.1 đến X1.7 theo trình tự các nhóm trách nhiệm N1 đến N5. Cách tiếp cận này làm rõ mối liên hệ giữa từng yếu tố rủi ro, nhóm trách nhiệm tương ứng và chủ thể có trách nhiệm kiểm soát trong quá trình thi công, cung ứng vật tư, thiết bị và quản lý hợp đồng. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung cơ sở lý luận cho quản lý rủi ro theo chủ thể trong dự án CTGT sử dụng vốn ĐTC tại Việt Nam, đồng thời cung cấp danh mục đầu vào cho các nghiên cứu định lượng tiếp theo nhằm sàng lọc, phân tích quan hệ ảnh hưởng và xác định mức độ ưu tiên của các yếu tố rủi ro trong thực tiễn quản lý dự án.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Lương Hải. Nghiên cứu sự ảnh hưởng của công tác lập kế hoạch đến hiệu quả hoạt động quản lý nhà nước trong ĐTC xây dựng hạ tầng đường bộ tại Việt Nam. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD), Trường Đại học Xây dựng, số 13(3V), tr. 108-115, 2019, doi: 10.31814/stce.nuce2019-13(3V)-12.
- [2] Nguyễn Lương Hải. Nghiên cứu mô hình ảnh hưởng của hành vi tổ chức dự án đến chất lượng đạt được của các công trình xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông tại Việt Nam. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, số 71(5), tr. 458-471, 2020, doi: 10.25073/tcsj.71.5.1.
- [3] T. P. Nguyen and N. Chileshe. Revisiting the critical factors causing failure of construction projects in Vietnam. In Proc. 29th Annual ARCOM Conference, Reading, UK, pp. 929-938, Sep, 2013.
- [4] N. Toan và N. Thúy. Đánh giá rủi ro cho các dự án giao thông đô thị tại Hà Nội. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD), Trường Đại học Xây dựng, số 15(3V), tr. 177-185, 2021, doi: 10.31814/stce.nuce2021-15(3V)-15.
- [5] P. X. W. Zou, G. Zhang and J. Wang. Understanding the key risks in construction projects in China. International Journal of Project Management, vol. 25, no. 6, pp. 601-614, 2007, doi: 10.1016/j.ijproman.2007.03.001.
- [6] N. Xia, J. Guo, and Y.-H. Lin. Managing stakeholder attributes for risk mitigation: Evidence from construction project contractors. International Journal of Managing Projects in Business, vol. 14, no. 7, pp. 1605-1625, 2021, doi: 10.1108/IJMPB-11-2020-0345.
- [7] N. Xia, R. Zhong, C. Wu, X. Wang and S. Wang. Assessment of Stakeholder-Related Risks in Construction Projects: Integrated Analyses of Risk Attributes and Stakeholder Influences. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 143, no. 8, p. 04017030, 2017, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001322.
- [8] H. Vo and J.-B. Yang. Incorporating stakeholder perception into risk assessment

model: An empirical study of highway construction projects. Engineering, Construction and Architectural Management, 2025, doi: 10.1108/ECAM-11-2024-1494.

- [9] International Organization for Standardization. ISO 31000:2018, Risk Management - Guidelines. ISO, Geneva, 2018.
- [10] Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), 6th ed. Project Management Institute, 2017.
- [11] R. E. Freeman. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Cambridge University Press, 2010 (tái bản từ bản gốc Pitman, 1984).
- [12] R. K. Mitchell, B. R. Agle and D. J. Wood. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. The Academy of Management Review, vol. 22, no. 4, pp. 853-886, 1997.
- [13] Quốc hội nước CHXHCN Việt Nam. Luật Xây dựng số 135/2025/QH15, ban hành ngày 10/12/2025, có hiệu lực từ ngày 01/7/2026, Hà Nội, 2025.
- [14] Quốc hội nước CHXHCN Việt Nam. Luật Đấu thầu số 22/2023/QH15, ban hành ngày 23/6/2023, có hiệu lực từ ngày 01/01/2024; được sửa đổi, bổ sung bởi Luật số 57/2024/QH15 và Luật số 90/2025/QH15 ngày 25/6/2025, có hiệu lực từ ngày 01/7/2025.
- [15] Chính phủ. Nghị định số 175/2024/NĐ-CP ngày 30/12/2024 quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng.
- [16] Chính phủ. Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng.
- [17] Chính phủ. Nghị định số 10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 về quản lý chi phí đầu tư xây dựng.
- [18] S. Kermanshachi, B. Dao, J. Shane and S. Anderson. An empirical study into identifying project complexity management strategies. Procedia Engineering, vol. 145, pp. 603-610, 2016.

Quan điểm của các bên liên quan về những yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu của dự án xây dựng

Different perspectives of stake holders on factors of bidding quotation in construction projects

NGUYỄN HOÀI NGHĨA^{1*}, TRẦN THANH HÀ¹, ĐỖ NGỌC LUÂN²

¹Khoa KT&QLXD, Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia TP.HCM

²Kỹ sư dự toán, Công ty TNHH AED Việt Nam

*Email: nhnghia@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Giá dự thầu là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng trúng thầu, hiệu quả tài chính và mức độ rủi ro của các bên tham gia dự án xây dựng. Nghiên cứu này nhằm phân tích quan điểm của các bên liên quan về các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu trong các dự án xây dựng. Dữ liệu được thu thập từ 206 bảng khảo sát hợp lệ của các đối tượng có kinh nghiệm trong hoạt động xây dựng, bao gồm chủ đầu tư, tư vấn quản lý dự án, tư vấn thiết kế và nhà thầu thi công. Kết quả nghiên cứu cho thấy các yếu tố liên quan đến chi phí vật liệu, chi phí nhân công, chi phí máy móc, nguồn vốn thực hiện gói thầu, điều kiện tạm ứng - thanh quyết toán và năng lực tài chính của nhà thầu có ảnh hưởng đáng kể đến giá dự thầu. Kết quả so sánh cũng cho thấy chủ đầu tư, tư vấn quản lý dự án và nhà thầu thi công có sự khác biệt nhất định trong cách xếp hạng mức độ quan trọng của các yếu tố này. Nghiên cứu góp phần hỗ trợ các bên liên quan nâng cao hiệu quả lập giá, đánh giá hồ sơ dự thầu và quản lý rủi ro trong quá trình đấu thầu xây dựng.

Từ khóa: Đấu thầu; giá dự thầu; quan điểm; so sánh xếp hạng; yếu tố ảnh hưởng.

ABSTRACT

Bid price is a critical factor that directly affects the probability of winning a contract, financial performance, and risk exposure of stakeholders involved in construction projects. This study aims to analyze the perspectives of project stakeholders on the factors influencing bid prices in construction projects. Data were collected from 206 valid survey responses from experienced practitioners, including project owners, project management consultants, design consultants, and construction contractors. Findings indicate that material costs, labor costs, equipment costs, project funding sources, advance payment and interim/final payment conditions, and contractors' financial capacity have significant impacts on bid prices. The comparative results also reveal certain differences among project owners, project management consultants, and construction contractors in ranking the relative importance of these factors. This study provides useful insights for project stakeholders to improve bid pricing practices, tender evaluation, and risk management during the construction bidding process.

Keywords: Tendering; bid price; perspectives; ranking; factors.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh ngành Xây dựng ngày càng cạnh tranh, công tác đấu thầu giữ vai trò quan trọng trong việc lựa chọn nhà thầu có đủ năng lực, phương án thi công phù hợp với mức giá hợp lý. Đối với các doanh nghiệp xây dựng, giá dự thầu không chỉ là cơ sở để tham gia cạnh tranh mà còn phản ánh chiến lược kinh doanh, năng lực kiểm soát chi phí, khả năng quản lý rủi ro và mức độ am hiểu điều kiện thực hiện dự án. Một mức giá dự thầu quá cao có thể làm giảm khả năng trúng thầu, trong khi mức giá quá thấp có thể dẫn đến rủi ro thua lỗ, phát sinh tranh chấp hoặc suy giảm chất lượng thực hiện hợp đồng. Vì vậy, việc xác định các yếu tố ảnh

hưởng đến giá dự thầu là một vấn đề quan trọng trong quản lý dự án xây dựng.

Tuy nhiên, trong thực tiễn quản lý dự án, các bên liên quan thường có cách nhìn khác nhau về mức độ quan trọng của từng yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu. Nhà thầu thi công thường quan tâm nhiều đến chi phí đầu vào, khả năng huy động nhân lực - máy móc, điều kiện thanh toán và rủi ro lợi nhuận [1]. Chủ đầu tư lại thường chú trọng đến tính hợp lý của giá dự thầu, năng lực thực hiện của nhà thầu, nguồn vốn dự án, mức độ minh bạch và khả năng kiểm soát phát sinh chi phí. Trong khi đó, tư vấn quản lý dự án và tư vấn thiết kế thường nhìn nhận giá dự thầu dưới góc độ

tính đầy đủ của hồ sơ mời thầu, độ rõ ràng của khối lượng, mức độ phức tạp kỹ thuật và khả năng triển khai biện pháp thi công [2]. Sự khác biệt trong nhận thức giữa chủ đầu tư, tư vấn và nhà thầu có thể dẫn đến sự khác biệt trong đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến giá dự thầu.

Tại Việt Nam, đặc biệt là ở các đô thị lớn, việc lập giá dự thầu càng trở nên phức tạp do biến động giá vật liệu, chi phí nhân công, điều kiện tài chính, đặc điểm gói thầu và yêu cầu pháp lý thay đổi theo từng dự án. Do đó, việc nhận diện, xếp hạng và phân nhóm các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu có ý nghĩa thực tiễn quan trọng đối với cả nhà thầu, chủ đầu tư và đơn vị tư vấn. Từ cơ sở đó, nghiên cứu này hướng đến việc xác định các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu trong xây dựng, đồng thời phân tích mức độ quan trọng của các yếu tố này từ góc nhìn của các bên tham gia dự án. Cách tiếp cận này giúp làm rõ hơn bản chất đa chiều của quyết định giá dự thầu, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc nâng cao hiệu quả quản lý đấu thầu trong các dự án xây dựng.

2. TỔNG QUAN

Theo hướng tiếp cận quản lý chi phí xây dựng, giá dự thầu thường được hình thành trên cơ sở dự toán chi phí trực tiếp, chi phí gián tiếp, chi phí rủi ro, lợi nhuận và các điều kiện hợp đồng. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho thấy quyết định giá dự thầu còn chịu ảnh hưởng bởi mức độ cạnh tranh, kinh nghiệm của nhà thầu, loại công trình, vị trí dự án, thời gian thực hiện, điều kiện thanh toán và khả năng dự báo biến động giá. Perera et al. (2019) chỉ ra rằng quyết định giá dự thầu trong các dự án hạ tầng chịu tác động bởi chi phí trực tiếp, mức độ cạnh tranh, loại công việc, thời gian thực hiện dự án, vị trí dự án, độ tin cậy của số liệu dự toán nội bộ và nhu cầu công việc của nhà thầu [1]. Điều này cho thấy giá dự thầu là một quyết định vừa mang tính kỹ thuật, vừa mang tính chiến lược.

Bên cạnh yếu tố trên, đặc điểm của dự án và gói thầu cũng là nhóm yếu tố được nhiều nghiên cứu quan tâm. Ji and Domingo (2014) cho rằng giá đấu thầu trong xây dựng chịu ảnh hưởng bởi độ phức tạp thiết kế, khả năng thi công, quy mô và phạm vi công việc, kỹ thuật thi công, vị trí xây dựng và thời gian thực hiện dự án [2]. Các yếu tố này có liên quan trực tiếp đến mức độ khó khăn trong lập dự toán và mức độ bất ổn định trong quá trình thực hiện hợp đồng. Ở góc độ tương tự, một nghiên cứu ở Ghana chỉ ra rằng việc định giá dự án trong ngành xây dựng chịu tác động bởi thuộc tính của nhà thầu, chủ đầu tư, dự án, thủ tục hợp đồng, phương thức mua sắm, điều kiện thị trường, yếu tố bên ngoài và các yêu cầu liên quan đến công nghệ - bền vững [3]. Các kết quả này cho thấy đặc điểm gói thầu không chỉ ảnh hưởng đến chi phí thi công mà còn tác động đến chiến lược định giá và mức độ dự phòng rủi ro của nhà thầu.

Các yếu tố tài chính và năng lực của các bên tham gia cũng đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành giá dự thầu. Liu et al. (2018) cho rằng mức độ chấp nhận rủi ro của nhà thầu có ảnh hưởng đến giá dự thầu trong các tình huống đấu thầu khác nhau [4]. Nhà thầu có xu hướng thận trọng hơn khi đối mặt với dự án có độ bất định cao, điều kiện thanh toán không thuận lợi hoặc chủ đầu tư có năng lực tài chính chưa rõ ràng. Một nghiên cứu khác cho thấy các yếu tố liên quan đến lợi nhuận kỳ vọng, điều khoản thanh toán, uy tín thanh toán của chủ đầu tư, giá ước tính ban đầu, loại hợp đồng và kinh nghiệm lợi nhuận từ các dự án tương tự là những yếu tố quan trọng trong quyết định có tham gia đấu thầu hay không [5]. Như vậy, dòng tiền, khả năng thanh toán và điều kiện hợp đồng không chỉ ảnh hưởng đến quyết định tham gia thầu mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến mức giá mà nhà thầu đề xuất.

Bên cạnh đó, Aldossari et al. (2024) nhấn mạnh rằng quyết định đấu thầu hoặc không đấu thầu của nhà thầu trong các dự án xây dựng và hạ tầng không chỉ phụ thuộc vào lợi nhuận kỳ vọng, mà còn chịu ảnh hưởng bởi nguồn lực hiện có, mức độ phù hợp của dự án, năng lực kỹ thuật, điều kiện thị trường và mức độ cạnh tranh [6]. Điều này cho thấy trước khi quyết định mức giá dự thầu, nhà thầu cần đánh giá khả năng thực hiện dự án, mức độ rủi ro và chiến lược cạnh tranh của doanh nghiệp. Vì vậy, giá dự thầu nên được xem là một quyết định chiến lược chứ không chỉ là một phép tính chi phí.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về giá dự thầu đã đề cập đến ảnh hưởng của chi phí vật liệu, nhân công, ca máy, nguồn vốn, số lượng nhà thầu tham dự, loại công trình, thời gian thực hiện và đặc điểm chủ đầu tư. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu trong nước vẫn chủ yếu dừng lại ở việc nhận diện hoặc mô tả các yếu tố ảnh hưởng, trong khi chưa phân tích sâu mối quan hệ giữa các nhóm yếu tố cũng như sự khác biệt trong nhận thức giữa các bên tham gia dự án [7], [8]. Trong thực tế, chủ đầu tư, tư vấn và nhà thầu thi công thường có cách nhìn khác nhau về giá dự thầu. Nhà thầu thường quan tâm nhiều đến chi phí đầu vào, khả năng huy động nguồn lực, điều kiện thanh toán và rủi ro lợi nhuận. Chủ đầu tư thường chú trọng đến tính hợp lý của giá, năng lực thực hiện, nguồn vốn và khả năng kiểm soát phát sinh. Trong khi đó, tư vấn thường tập trung vào tính đầy đủ của hồ sơ mời thầu, mức độ rõ ràng của thiết kế, khối lượng và biện pháp thi công. Sự khác biệt này có thể dẫn đến khác biệt trong xếp hạng mức độ quan trọng của các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu. Trong bối cảnh quản lý dự án, sự khác biệt này có thể dẫn đến các vấn đề như hiểu sai hồ sơ mời thầu, đánh giá không thống nhất về mức độ rủi ro, hoặc chênh lệch giữa kỳ vọng của chủ đầu tư và chiến lược giá của nhà thầu.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Dựa trên việc tổng hợp từ các nghiên cứu trước đây cùng với ý kiến tham vấn từ những chuyên gia có kinh nghiệm trong lĩnh vực tư vấn xây dựng, bảng câu hỏi trắc nghiệm được xây dựng gồm 29 yếu tố tác động đến giá dự thầu. Kết quả kiểm định hệ số Cronbach's Alpha cho thấy các yếu tố đạt yêu cầu lớn hơn 0.8. Trong đó, một biến được xác định có hệ số tương quan biến tổng < 0.3 nên được loại bỏ. Do đó, thang đo được xác nhận là phù hợp để sử dụng trong nghiên cứu [9].

Khảo sát được tiến hành theo hai hình thức: trực tiếp và gián tiếp. Các đáp viên đang làm việc tại các đơn vị chủ đầu tư, tư vấn thiết kế, tư vấn quản lý dự án và các công ty thi công với với số lượng thu về 206 bảng khảo sát hợp lệ. Đại đa số đối tượng khảo sát đã tham gia đấu thầu với tỷ lệ chiếm khoảng 86.4%.

Kiểm định sự khác biệt trung bình bằng phép phân tích Independent Sample T-test được thực hiện trước tiên nhằm so sánh sự khác biệt trong việc đánh giá xếp hạng các nhân tố ảnh hưởng giữa chủ đầu tư với nhà thầu thi công và tư vấn giám sát. Phần mềm SPSS 22.0 và Microsoft Excel là 2 công cụ được dùng để phân tích và xử lý dữ liệu.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Dựa vào dữ liệu thu thập từ khảo sát được xử lý bằng phân tích thống kê và áp dụng phép phân tích Independent Sample T-test, kết quả cho thấy 28 yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu đều có giá trị trung bình tổng thể lớn hơn 3, chứng tỏ các yếu tố này đều có mức độ ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu. Thống kê cụ thể về các yếu tố ảnh hưởng và bảng xếp hạng các yếu tố dựa trên sự so sánh, đánh giá khác nhau của nhà thầu với chủ đầu tư và tư vấn giám sát được thể hiện cụ thể trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Bảng xếp hạng và so sánh sự khác biệt giữa chủ đầu tư và nhà thầu thi công

Đơn vị công tác		Số lượng	Trị trung bình	Xếp hạng theo chủ đầu tư	Xếp hạng theo nhà thầu thi công
CP1	Chủ đầu tư	32	4.22	1	2
	Nhà thầu thi công	91	3.96		
CP2	Chủ đầu tư	32	4.09	2	6
	Nhà thầu thi công	91	3.75		
CP3	Chủ đầu tư	32	3.97	3	4
	Nhà thầu thi công	91	3.81		
TC1	Chủ đầu tư	32	3.97	3	3
	Nhà thầu thi công	91	3.93		
NL2	Chủ đầu tư	32	3.88	4	8
	Nhà thầu thi công	91	3.67		
NL5	Chủ đầu tư	32	3.88	4	13
	Nhà thầu thi công	91	3.59		
TC3	Chủ đầu tư	32	3.81	5	2
	Nhà thầu thi công	91	3.96		
NL6	Chủ đầu tư	32	3.75	6	19
	Nhà thầu thi công	91	3.44		
NL9	Chủ đầu tư	32	3.75	6	10
	Nhà thầu thi công	91	3.65		
NL4	Chủ đầu tư	32	3.72	7	15
	Nhà thầu thi công	91	3.55		
NL3	Chủ đầu tư	32	3.72	7	9
	Nhà thầu thi công	91	3.66		
TC2	Chủ đầu tư	32	3.66	8	1
	Nhà thầu thi công	91	4.13		
NL8	Chủ đầu tư	32	3.63	9	12
	Nhà thầu thi công	91	3.60		
NL7	Chủ đầu tư	32	3.50	10	17
	Nhà thầu thi công	91	3.51		
BN1	Chủ đầu tư	32	3.34	11	14
	Nhà thầu thi công	91	3.57		
BN4	Chủ đầu tư	32	3.34	11	16
	Nhà thầu thi công	91	3.52		
NL1	Chủ đầu tư	32	3.34	11	7
	Nhà thầu thi công	91	3.73		
BN2	Chủ đầu tư	32	3.31	12	15
	Nhà thầu thi công	91	3.55		
BN5	Chủ đầu tư	32	3.28	13	18
	Nhà thầu thi công	91	3.46		
DD8	Chủ đầu tư	32	3.28	13	5
	Nhà thầu thi công	91	3.76		
DD9	Chủ đầu tư	32	3.28	13	18
	Nhà thầu thi công	91	3.46		
DD1	Chủ đầu tư	32	3.25	14	20
	Nhà thầu thi công	91	3.43		
DD4	Chủ đầu tư	32	3.25	14	20
	Nhà thầu thi công	91	3.43		
DD2	Chủ đầu tư	32	3.19	15	11
	Nhà thầu thi công	91	3.62		
DD5	Chủ đầu tư	32	3.16	16	22
	Nhà thầu thi công	91	3.32		
BN3	Chủ đầu tư	32	3.09	17	21
	Nhà thầu thi công	91	3.35		
DD3	Chủ đầu tư	32	2.72	18	17
	Nhà thầu thi công	91	3.51		
DD6	Chủ đầu tư	32	2.69	19	16
	Nhà thầu thi công	91	3.52		

Dựa vào Bảng 2, ta thấy được sự đánh giá của chủ đầu tư và nhà thầu thi công về các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu nhìn chung có sự khác biệt. Các chủ đầu tư quan niệm chi phí là vấn đề giữ vai trò quan trọng nhất đối với giá dự thầu. Các yếu tố Chi phí vật liệu - CP1 (Mean = 4.22), Chi phí nhân công - CP2 (Mean = 3.97), Chi phí máy móc - CP3 (Mean = 3.97) lần lượt giữ vị trí 3 vị trí cao nhất. Tiếp đến, yếu tố Năng lực tài chính của nhà thầu - TC1 cũng được đánh giá cao, đồng hạng với yếu tố CP3. Hai yếu tố đồng hạng 4 là Thời gian chuẩn bị hồ sơ dự thầu - NL2 và Chiến lược marketing của nhà thầu - NL5 (Mean = 3.88).

Ngược lại, các nhà thầu thi công lại xem yếu tố Nguồn vốn thực hiện gói thầu - TC2 là yếu tố quan trọng nhất (Mean = 4.13). Hai yếu tố có ý nghĩa quan trọng tiếp theo là Chi phí vật liệu - CP1 và Điều kiện tạm ứng, thanh quyết toán của hợp đồng - TC3 (Mean = 3.96). Xếp hạng kế tiếp là yếu tố Năng lực tài chính của nhà thầu dành để thực hiện gói thầu - TC1 (Mean = 3.93). Yếu tố Chi phí máy móc - CP3 giữ hạng 4 (Mean = 3.81). Đứng ở góc độ nhà thầu thi công, yếu tố Nguồn vốn thực hiện gói thầu là yếu tố mà nhà thầu thi công đánh giá cao nhất. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu cũng cho thấy cả chủ đầu tư và nhà thầu thi công đều đánh giá cao các yếu tố yếu tố Chi phí vật liệu - CP1, Chi phí máy móc - CP3, và Năng lực tài chính của nhà thầu - TC1.

Bảng 3. Bảng xếp hạng và so sánh sự khác biệt giữa tư vấn quản lý dự án và nhà thầu thi công

Đơn vị công tác		Số lượng	Trị trung bình	Xếp hạng theo tư vấn quản lý dự án	Xếp hạng theo nhà thầu thi công
CP1	Tư vấn quản lý dự án	69	4.36	1	2
	Nhà thầu thi công	91	3.96		
CP3	Tư vấn quản lý dự án	69	4.20	2	4
	Nhà thầu thi công	91	3.81		
TC3	Tư vấn quản lý dự án	69	4.20	2	2
	Nhà thầu thi công	91	3.96		
CP2	Tư vấn quản lý dự án	69	4.12	3	6
	Nhà thầu thi công	91	3.75		
TC2	Tư vấn quản lý dự án	69	4.01	4	1
	Nhà thầu thi công	91	4.13		
DD8	Tư vấn quản lý dự án	69	3.91	5	5
	Nhà thầu thi công	91	3.76		
NL2	Tư vấn quản lý dự án	69	3.81	6	8
	Nhà thầu thi công	91	3.67		
NL5	Tư vấn quản lý dự án	69	3.77	7	13
	Nhà thầu thi công	91	3.59		
NL4	Tư vấn quản lý dự án	69	3.75	8	15
	Nhà thầu thi công	91	3.55		
NL3	Tư vấn quản lý dự án	69	3.72	9	9
	Nhà thầu thi công	91	3.66		
NL1	Tư vấn quản lý dự án	69	3.68	10	7
	Nhà thầu thi công	91	3.73		
NL8	Tư vấn quản lý dự án	69	3.68	10	12
	Nhà thầu thi công	91	3.60		
NL9	Tư vấn quản lý dự án	69	3.68	10	10
	Nhà thầu thi công	91	3.65		
TC1	Tư vấn quản lý dự án	69	3.64	11	3
	Nhà thầu thi công	91	3.93		
NL6	Tư vấn quản lý dự án	69	3.52	12	20
	Nhà thầu thi công	91	3.44		
BN1	Tư vấn quản lý dự án	69	3.49	13	14
	Nhà thầu thi công	91	3.57		
DD4	Tư vấn quản lý dự án	69	3.42	14	21
	Nhà thầu thi công	91	3.43		
DD3	Tư vấn quản lý dự án	69	3.39	15	18
	Nhà thầu thi công	91	3.51		
BN4	Tư vấn quản lý dự án	69	3.39	15	17
	Nhà thầu thi công	91	3.52		
DD6	Tư vấn quản lý dự án	69	3.38	16	16
	Nhà thầu thi công	91	3.52		
DD2	Tư vấn quản lý dự án	69	3.38	16	11
	Nhà thầu thi công	91	3.62		
DD9	Tư vấn quản lý dự án	69	3.33	17	19
	Nhà thầu thi công	91	3.46		
BN2	Tư vấn quản lý dự án	69	3.33	17	15

	Nhà thầu thi công	91	3.55		
DD5	Tư vấn quản lý dự án	69	3.32	18	23
	Nhà thầu thi công	91	3.32		
BN5	Tư vấn quản lý dự án	69	3.30	19	19
	Nhà thầu thi công	91	3.46		
DD1	Tư vấn quản lý dự án	69	3.22	21	21
	Nhà thầu thi công	91	3.43		
BN3	Tư vấn quản lý dự án	69	3.14	22	22
	Nhà thầu thi công	91	3.35		
NL7	Tư vấn quản lý dự án	69	3.13	23	18
	Nhà thầu thi công	91	3.51		

Từ Bảng 3, ta thấy được sự đánh giá của tư vấn quản lý dự án và nhà thầu thi công về các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu nhìn chung không có sự khác biệt lớn. Tư vấn quản lý dự án cũng cho rằng Chi phí vật liệu - CP1 (Mean = 4.36) và Chi phí máy móc - CP3 (Mean = 4.20) là hai yếu tố quan trọng. Yếu tố Điều kiện tạm ứng, thanh quyết toán của hợp đồng - TC3 cũng đóng vai trò quan trọng không kém (Mean = 4.20). Phản ánh đến điều khoản hợp đồng, ảnh hưởng đến dòng tiền của nhà thầu. Xếp hạng tiếp theo là yếu tố Chi phí nhân công - CP2 (Mean = 4.12) và Nguồn vốn thực hiện gói thầu - TC2 (Mean = 4.01).

Nhìn chung, các yếu tố quan trọng theo quan điểm của nhà thầu thi công cũng gần tương tự như tư vấn quản lý dự án: xếp thứ nhất là yếu tố Nguồn vốn thực hiện gói thầu - TC2 (Mean = 4.01). Tiếp theo là các yếu tố Chi phí vật liệu - CP1, Điều kiện tạm ứng, thanh quyết toán của hợp đồng - TC3 (cùng giá trị Mean = 3.96), Năng lực tài chính của nhà thầu dành để thực hiện gói thầu - TC1 (Mean = 3.93), và Chi phí máy móc - CP3 (Mean = 3.81). Kết quả cho thấy, nhà thầu thi công luôn lựa chọn, đánh giá cao nguồn vốn thực hiện gói thầu trong các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu. Bên cạnh đó, các dự án có sự uy tín cũng như thông tin của dự án minh bạch, rõ ràng và mang lại nhiều lợi nhuận cũng yếu tố mà họ quan tâm và ảnh hưởng đến giá dự thầu.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân tích quan điểm của các bên liên quan đối với các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu trong các dự án xây dựng. Kết quả phân tích so sánh giữa chủ đầu tư và nhà thầu thi công cho thấy hai nhóm này có sự khác biệt nhất định trong cách đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố ảnh hưởng đến giá dự thầu. Chủ đầu tư có xu hướng đánh giá cao các yếu tố chi phí trực tiếp, đặc biệt là chi phí vật liệu - CP1, chi phí nhân công - CP2 và chi phí máy móc - CP3. Điều này phản ánh quan điểm của chủ đầu tư trong việc xem giá dự thầu là cơ sở quan trọng để lựa chọn nhà thầu có khả năng cung cấp mức giá cạnh tranh và phù hợp với ngân sách dự án. Trong khi đó, nhà thầu thi công lại đặc biệt quan tâm đến nguồn vốn thực hiện gói thầu - TC2, điều kiện tạm ứng - thanh quyết toán - TC3 và năng lực tài chính để thực hiện hợp đồng - TC1. Kết quả này cho thấy nhà thầu nhìn nhận giá dự thầu không chỉ từ góc độ chi phí thi công, mà còn từ góc độ dòng tiền, khả năng thu hồi vốn, chi phí tài chính và rủi ro thanh toán trong quá trình thực hiện dự án.

Ngược lại, kết quả so sánh giữa tư vấn quản lý dự án và nhà thầu thi công cho thấy mức độ khác biệt giữa hai nhóm này nhìn chung không quá lớn. Cả hai nhóm đều đánh giá cao các yếu tố liên quan đến chi phí vật liệu - CP1, chi phí máy móc - CP3, điều kiện tạm ứng - thanh quyết toán - TC3, và nguồn vốn thực hiện gói thầu - TC2. Tuy nhiên, tư vấn quản lý dự án có xu hướng nhìn nhận các yếu tố này dưới góc độ quản lý hợp đồng, kiểm soát chi phí và tính khả thi của phương án thực hiện. Ngược lại, nhà thầu thi công đánh giá các yếu tố này dưới góc độ tác động trực tiếp đến chiến lược giá, khả năng huy động nguồn lực và rủi ro lợi nhuận.

Sự khác biệt trong quan điểm giữa chủ đầu tư, tư vấn và nhà thầu thi công là điều tất yếu do mỗi bên có vai trò, mục tiêu và lợi ích khác

nhau trong dự án. Nếu không được nhận diện và điều phối phù hợp, sự khác biệt này có thể dẫn đến tình trạng đánh giá chưa thống nhất về giá dự thầu, gia tăng rủi ro phát sinh chi phí, chậm thanh toán, tranh chấp hợp đồng hoặc lựa chọn nhà thầu chưa tối ưu. Từ các kết quả trên, nghiên cứu đề xuất một số kiến nghị như sau.

Thứ nhất, đối với chủ đầu tư, cần nâng cao chất lượng hồ sơ mời thầu bao gồm việc thể hiện rõ phạm vi công việc, khối lượng, yêu cầu kỹ thuật, điều kiện hợp đồng, tiến độ thực hiện và cơ chế thanh toán. Bên cạnh đó, chủ đầu tư cần đảm bảo tính minh bạch về nguồn vốn và khả năng thanh toán của dự án, vì đây là một trong những yếu tố được nhà thầu đặc biệt quan tâm khi quyết định mức giá dự thầu.

Thứ hai, đối với nhà thầu thi công, cần xây dựng hệ thống dữ liệu và cập nhập thường xuyên chi phí nội bộ để hỗ trợ quá trình lập giá dự thầu. Ngoài ra, nhà thầu cần đánh giá kỹ nguồn vốn thực hiện gói thầu, điều kiện tạm ứng, thanh quyết toán và uy tín thanh toán của chủ đầu tư trước khi quyết định mức giá dự thầu.

Thứ ba, đối với tư vấn quản lý dự án và tư vấn thiết kế, cần tăng cường vai trò kiểm tra, chuẩn hóa và làm rõ hồ sơ trước khi tổ chức đấu thầu. Tư vấn cần hỗ trợ chủ đầu tư rà soát khối lượng, điều kiện kỹ thuật, biện pháp thi công, tiến độ, điều khoản hợp đồng và các rủi ro có thể ảnh hưởng đến giá dự thầu.

Thứ tư, trong quá trình quản lý đấu thầu, cần tăng cường cơ chế trao đổi thông tin giữa chủ đầu tư, tư vấn và nhà thầu. Các buổi làm rõ hồ sơ mời thầu, hội nghị tiền đấu thầu và trả lời yêu cầu làm rõ cần được thực hiện nghiêm túc, minh bạch và có hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] BAKS Perera, MKCS Wijewickrama, WRSC Ranaweera and ISW Gamage. Significant factors influencing the bid mark-up decision of infrastructure projects in Sri Lanka. *International Journal of Construction Management*, vol. 21, no. 8, pp. 769-783, 2021, doi: 10.1080/15623599.2019.1583849.
- [2] C Ji and N Domingo. Critical determinants of construction tendering costs in New Zealand: Quantity surveyors' perceptions. *Proceedings of the 4th New Zealand Built Environment Research Symposium*, 2014.
- [3] E Kissi, DK Ahadzie, T Adjei-Kumi and E Badu. Rethinking the challenges to the pricing of projects in the Ghanaian construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 15, no. 5, pp. 700-719, 2017.
- [4] J Liu, Z Cui, X Yang and M Skitmore. Experimental investigation of the impact of risk preference on construction bid markups. *Journal of Management in Engineering*, vol. 34, no. 3, Article 04018003, 2018.
- [5] J Wang, J Liu and Q Zhang. Will bid/no-bid decision factors for construction projects be affected by the project delivery method? *Applied Sciences*, vol. 10, no. 5, Article 1899, 2020, doi: 10.3390/app10051899.
- [6] KM Aldossari. Exploring Bid/No-Bid Decision Factors of Construction Contractors for Building and Infrastructure Projects. *Buildings*, vol. 14, no. 10, Article 3114, 2024, doi: 10.3390/buildings14103114.
- [7] Bùi Văn Nam. Phân tích rủi ro trong tính toán giá thầu của một số công trình trên địa bàn huyện Ia H'Drai, tỉnh Kon Tum. Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, 2019.
- [8] Nguyễn Phú Hưng. Các nhân tố tác động đến tỷ lệ giảm giá trên địa bàn tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ (Science & Technology Development)*, vol. 20, no. Q3, 2017.
- [9] Hoàng Trọng và Chu Nguyễn Mộng Ngọc. Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS, tập 1, tập 2. NXB. Hồng Đức, 2008.

Evaluating traditional market systems in Thu Duc City¹ using a multidimensional framework

Đánh giá hệ thống chợ truyền thống tại TP Thủ Đức bằng khung phân tích đa chiều

> VO TRONG NGHIA^{1,2}, TRAN THI VIET HA^{3,*}

¹University of Social Sciences and Humanities, Ho Chi Minh City

²Vietnam National University, Ho Chi Minh City

³University of Architecture Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City

*Corresponding Author. Email: ha.tranthiviet@uah.edu.vn

ABSTRACT

This research evaluates traditional market systems in Thu Duc City through a multidimensional framework designed for urban assessment. Based on survey data from 330 respondents across 33 market sites, the study operationalises market performance across four dimensions: economic function, social role, cultural significance and spatial structure. A weighted scoring model grounded in the MoSCoW prioritisation logic is applied and validated using statistical techniques, including reliability testing and one way analysis of variance. The results demonstrate improved differentiation across market groups and support systematic classification for planning purposes. The study contributes a replicable methodological approach for integrating traditional market systems into formal urban evaluation processes.

Keywords: Traditional market; multidimensional evaluation; MoSCoW framework; urban assessment; planning methodology.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá hệ thống chợ truyền thống tại TP Thủ Đức thông qua một khung phân tích đa chiều được thiết kế phục vụ đánh giá đô thị. Dựa trên dữ liệu khảo sát 330 người trả lời tại 33 địa điểm chợ, nghiên cứu cụ thể hóa hoạt động của chợ theo bốn chiều cạnh: chức năng kinh tế, vai trò xã hội, ý nghĩa văn hóa và cấu trúc không gian. Mô hình chấm điểm có trọng số, được xây dựng dựa trên logic xác lập thứ tự ưu tiên MoSCoW, được áp dụng và kiểm định bằng các kỹ thuật thống kê, bao gồm kiểm định độ tin cậy và phân tích phương sai một nhân tố. Kết quả cho thấy mô hình cải thiện khả năng phân biệt giữa các nhóm chợ và hỗ trợ việc phân loại có hệ thống phục vụ công tác quy hoạch. Nghiên cứu đóng góp một cách tiếp cận phương pháp luận có khả năng tái áp dụng nhằm tích hợp hệ thống chợ truyền thống vào các quy trình đánh giá đô thị chính thức.

Từ khóa: Chợ truyền thống; đánh giá đa chiều; khung MoSCoW; đánh giá đô thị; phương pháp luận quy hoạch.

1. INTRODUCTION

Amid rapid urbanisation in Southeast Asia, traditional markets are increasingly marginalised by formal planning and standardised retail models, leading to the erosion of their physical presence and functional relevance. However, contemporary scholarship challenges their presumed obsolescence, showing that they remain integral components of soft urban infrastructure, supporting social cohesion and equitable food access (Bardosh et al., 2023; Dovey & Pafka, 2020; Hofman & Trevenen-Jones, 2024). Rather than cultural relics, these markets are now understood as adaptive infrastructures contributing to sustainable urban development, aligned with Goal 11 of the United Nations' 2030 Agenda (Gehl, 2010).

In Vietnam, this tension is evident in Ho Chi Minh City, where pressures for modernisation coexist with the need to preserve

everyday spatial typologies. Traditional markets remain largely excluded from planning frameworks. Thu Duc City exemplifies this contradiction, as new developments lack market infrastructure while existing markets face degradation or relocation (Huong, 2023). These dynamics disrupt food access, weaken neighbourhood cohesion and reduce resilience among vulnerable groups. Their decline also undermines spatial memory and urban identity, despite the recognised role of local infrastructures in climate resilience (Gehl, 2010; Lefebvre et al., 2013; Walks, 2013).

This study examines the multidimensional role of traditional markets across economic, spatial, social and cultural domains (United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2022; Watson, 2009), based on surveys and interviews from 33 markets in Thu Duc City. It applies the MoSCoW model to prioritise

¹The analysis is based on the administrative structure of Thu Duc City prior to 1 July 2025, ensuring consistency with the temporal scope of the empirical data.

interventions (Wei et al., 2021), proposing an integrated framework that bridges informal systems and formal planning. Compared with existing studies that isolate cultural or physical dimensions, this approach captures interdependencies across domains and offers a transferable model for equitable urban development in Southeast Asia.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

2.1. Sustainable Urban Development through Four Dimensions

The sustainability paradigm in urban planning has traditionally emphasised the balance between economic growth, social equity and environmental stewardship, as articulated in Campbell's "planner's triangle" (Campbell, 1996). Recent scholarship instead argues that this tripartite model underrepresents the influence of cultural identity in shaping community resilience and fostering a sense of spatial belonging. UNESCO (2013) and other scholars advocate for the explicit recognition of culture as a fourth planning dimension, highlighting its role in promoting social cohesion, preserving collective memory and enhancing adaptability in contexts of urban transformation (Throsby, 2008; UNESCO, 2013).

This expanded model is particularly relevant in Southeast Asian cities, where traditional institutions like public markets play a central role in everyday community life. These markets not only provide access to essential commodities but also sustain informal economic networks, daily social interactions and the development of local cultural identity (Borucka et al., 2022; Walks, 2013). Nevertheless, when urban planners fail to incorporate these spaces into development schemes, they are frequently demolished and replaced by disconnected commercial developments that disrupt neighbourhood continuity and weaken residents' sense of place (González & Waley, 2013). Integrating cultural dimensions into sustainability frameworks can therefore strengthen public legitimacy and improve the long-term effectiveness of development strategies.

2.2. The Role of Traditional Market Systems in Urban Structure

Traditional markets represent some of the oldest urban institutions, typically situated in historic city centres and shaped by local consumption patterns. In contrast to formal commercial centres, they operate through adaptive and informal systems that can quickly adapt to meet specific community requirements (Dovey & Pafka, 2020). According to urbanist, markets serve as important public spaces where people can socialise and interact, thereby creating vibrant and lively neighbourhoods (Dovey & Pafka, 2020; Gehl, 2010).

Empirical studies from cities in Latin America and Africa indicate that the forced displacement or rigid modernisation of informal markets frequently leads to unemployment, increased social inequality and the weakening of urban networks (Donovan, 2008; Watson, 2009). Conversely, when incorporated into formal urban planning processes, these markets have been shown to enhance local economies, promote cultural tourism and support post-crisis recovery initiatives (Zukin, 2009). Their significance transcends commercial activity, encompassing collective memory, tradition and symbolic value, making them essential components of integrated urban planning.

Conclusion of Theoretical Framework: By combining the four-dimensional sustainability model, the multiple functions of traditional markets and the principles of spatial justice, this study establishes a comprehensive theoretical framework, which is

subsequently operationalised through a detailed analysis of traditional markets in Thu Duc City using mixed-methods research design.

3. METHODOLOGY

This study applies an explanatory sequential mixed methods design to evaluate the multidimensional role of traditional markets in Thu Duc City. The analytical framework focuses on four dimensions: economic function, social role, cultural significance and spatial structure. Quantitative survey data are used to construct weighted scores, while qualitative interviews provide contextual interpretation of market functions and planning implications.

3.1. Research Design

The research adopts an explanatory sequential mixed methods design (Creswell & Plano Clark, 2018), integrating quantitative and qualitative approaches. The first phase involves a structured survey capturing user perceptions across four dimensions: economic function, spatial form, social role and cultural significance (Creswell & Plano Clark, 2018; Etikan et al., 2016; Van Niel, 1964). The second phase consists of semi-structured interviews with vendors, managers and planners to contextualise institutional and socio-spatial dynamics (Palinkas et al., 2015).

3.2. Sampling method

A total of 33 traditional markets were purposively selected to represent diverse spatial zones and typologies within Thu Duc City (Palinkas et al., 2015). Ten respondents were recruited per market, yielding 330 observations, consistent with requirements for exploratory factor analysis (Hair et al., 2010). The minimum sample size was determined using the Cochran formula (Cochran, 1977):

$$n = \frac{N}{1 + N \times e^2}$$

With a population of 1,285,863 (General Statistics Office of Ho Chi Minh City, 2024) and a margin of error of 0.07, the required sample size is approximately 204. The final sample was increased to 330 to enhance analytical robustness. Data collection followed a convenience sampling approach targeting vendors, users, residents and officials.

3.3. Data collection and Processing

A structured questionnaire employing a five-point Likert scale was used to assess 22 indicators across four dimensions: economic, spatial, social, and cultural (Creswell & Plano Clark, 2018). Quantitative data were analysed in SPSS using Cronbach's alpha, exploratory factor analysis, and one way ANOVA (Field, 2017). Qualitative data were collected through twelve semi structured interviews and subsequently coded thematically into four domains: institutional, social, spatial, and cultural (Palinkas et al., 2015).

3.4. Construction of the Role Evaluation Framework Using the MoSCoW Model

This study applies the MoSCoW model to assess the role of traditional markets in sustainable urban development by categorising planning priorities into four levels: Must have, Should have, Could have and Will not have, providing a structured and operational basis for decision-making.

Market performance is evaluated across four dimensions: economic, social, cultural and spatial. A weighted scoring model is constructed to reflect their relative importance and intervention potential:

Total Score = (Economic Function × 1.6) + (Social Role × 1.2) + (Cultural Significance × 0.8) + (Spatial Structure × 0.4)

The weighting prioritises economic functions due to their role in sustaining livelihoods and access to essential goods (United

Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2022; Van Niel, 1964), followed by social roles associated with informal exchange networks (Haines, 1991; Putnam, 1995). Cultural significance captures identity and collective memory (Lefebvre et al., 2013), while spatial structure is treated as an enabling condition (Jenks, 1967). This hierarchy aligns with MoSCoW logic and composite indicator approaches for prioritising actionable components within complex urban systems (Handbook on Constructing Composite Indicators, 2005; Hatton, 2008; Miranda, 2022; Singh et al., 2024) and is preferred over AHP for its flexibility in handling overlapping functions in informal contexts (Dovey & Pafka, 2020; United Nations Development Programme, 2010).

The framework is empirically validated using one-way ANOVA, confirming significant variation across dimensions (Hair Jr et al., 2010). Based on composite scores, markets are classified into four groups: Group A (≥ 60), Group B (50–59), Group C (40–49) and Group D (< 40), corresponding to distinct planning priorities from strategic integration to functional reassessment. Thresholds are derived from natural breaks and aligned with policy-oriented classification practices (Jenks, 1967), with comparable applications observed in regional contexts (OECD, 2015; United Nations Development Programme, 2010). The framework is constructed from 20 indicators measured using a five-point Likert scale; full specifications are provided in Table 1 and Appendix A.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. Quantitative survey findings

4.1.1. Weighted scoring and statistical validation

This study adopts a multidimensional evaluation framework that aligns with extended models of sustainable urban development, incorporating economic, social, cultural and spatial dimensions as interrelated planning components (Campbell, 1996;

Table 1. Traditional market performance assessment using MoSCoW weighted indicators

Market Name	Economic Function	Social Role	Cultural Significance	Spatial Structure	Total Scores
Thao Dien	29.76	18.48	13.28	6.52	68.04
Tan Lap	31.84	17.40	13.12	4.84	67.20
Agricultural Wholesale	28.64	17.88	13.52	6.84	66.88
Tang Nhon Phu B	25.60	18.36	14.56	8.24	66.76
Thu Duc	30.88	17.64	10.40	6.80	65.72
Linh Trung	26.88	16.20	12.96	4.88	60.92
Binh Trung	21.44	17.04	14.00	6.48	58.96
Tang Nhon Phu	24.48	15.48	9.84	6.20	56.00
Binh Khanh	24.32	13.80	10.00	6.96	55.08
Cay Xoai	22.56	13.80	12.56	4.80	53.72
Linh Xuan	21.28	13.20	13.04	5.04	52.56
Binh Phuoc	22.24	13.80	9.36	5.68	51.08
Xuan Hiep	20.96	13.68	12.40	3.84	50.88
Long Truong	24.16	10.68	8.72	6.60	50.16
Tam Binh	20.32	11.76	11.20	5.08	48.36
Long Phuoc	18.08	13.44	11.12	5.56	48.20
An Binh	13.92	16.56	10.64	6.48	47.60
Phuoc Long B	20.16	12.00	8.96	6.04	47.16
Hiep Phu	21.60	10.80	8.48	5.00	45.88
Binh Trieu	21.44	11.28	7.60	5.16	45.48
Hiep Binh Chanh	19.36	10.68	9.44	5.36	44.84
Phuoc Binh	17.60	11.52	10.32	5.16	44.60
Khiet Tam	16.32	10.92	10.88	5.24	43.36
Tam Ha	19.20	10.56	9.12	4.20	43.08
Tu Duc	18.24	10.44	8.88	5.28	42.84

Hawkes, 2001; Nurse, 2006). A structured survey was administered to 330 participants across 33 traditional markets in Thu Duc City, utilising 20 performance indicators systematically distributed across the four analytical dimensions. Each indicator was assessed using a five-point Likert scale, adhering to established best practices in urban survey methodology (Likert, 1932).

Internal consistency reliability was assessed through Cronbach's alpha coefficient analysis, which yielded a value of 0.769, confirming acceptable reliability standards for multidimensional analytical frameworks (Field, 2017; Hair Jr et al., 2010). Subsequently, a weighted scoring model was implemented based on the MoSCoW prioritisation framework, as outlined in Section 3.4. Each dimension was assigned a weighting coefficient reflecting both empirical significance and potential for planning intervention: 1.6 for economic functions, 1.2 for social roles, 0.8 for cultural significance and 0.4 for spatial characteristics. This approach corresponds with infrastructure prioritisation methods adapted for informal provisioning systems in Southeast Asian urban contexts (Creswell & Plano Clark, 2018; United Nations Development Programme, 2010).

To examine inter-dimensional variance, one-way ANOVA was initially conducted on unweighted scores. Whilst statistically significant variation was observed, the degree of differentiation remained constrained (Field, 2017). A subsequent ANOVA performed on weighted scores revealed enhanced separation between dimensions, yielding $F = 4.89$ and $p \approx 3.58 \times 10^{-36}$, thereby confirming the superior explanatory capacity of the weighted analytical model.

These findings affirm the methodological robustness of the scoring framework, which integrates context sensitivity, empirical rigour and planning relevance for functional classification and urban governance.

Cat Lai	18.72	9.72	8.16	5.60	42.20
Le Mai	13.92	12.72	9.60	5.48	41.72
Tam Hai	14.56	11.88	8.40	5.84	40.68
Truong Thanh	13.28	13.80	7.76	5.48	40.32
Long Thanh My	12.16	12.36	7.28	5.60	37.40
Kien Thiet	13.76	10.56	7.28	3.00	34.60
Thanh My Loi	11.84	11.64	6.48	4.60	34.56
Nam Hoa	12.64	8.40	6.88	3.28	31.20

Source: Authors (2025)

Table 2. Classification of Traditional Markets in Thu Duc City Based on Composite Functional Scores

Group	Score Range	Strategic Classification	Markets
A	≥ 60	Strategic Anchors for Integrated Planning	Thao Dien, Tan Lap, Agricultural Wholesale, Tang Nhon Phu B, Thu Duc
B	50–59	Multi-Role Nodes with Selective Strengths	Linh Trung, Binh Trung, Tang Nhon Phu, Binh Khanh, Cay Xoai, Linh Xuan, Binh Phuoc, Xuan Hiep, Long Truong
C	40–49	Transitional Assets for Adaptive Reconfiguration	Tam Binh, Long Phuoc, An Binh, Phuoc Long B, Hiep Phu, Binh Trieu, Hiep Binh Chanh, Phuoc Binh, Khiet Tam, Tam Ha, Tu Duc, Cat Lai
D	< 40	Low-Priority Sites for Functional Reassessment	Le Mai, Tam Hai, Truong Thanh, Long Thanh My, Kien Thiet, Thanh My Loi, Nam Hoa

Source: Authors (2025)

Scores represent the mean values for each functional dimension, calculated using MoSCoW-weighted indicators. The total score denotes the composite performance assessment of each market across economic, social, cultural and spatial dimensions.

4.1.2. Functional group ing of traditional markets (MoSCoW-based classification)

Traditional markets in Thu Duc City were classified into four functional groups using the MoSCoW-based weighted scoring framework. Classification thresholds were determined through natural breaks in the composite scores: Group A (60 points and above), Group B (50-59 points), Group C (40-49 points) and Group D (below 40 points). This classification enables differentiated planning responses tailored to each group's specific strengths and limitations. Complete results are presented in Table 2 below.

The classification system organises traditional markets into four strategic groups according to their composite weighted scores derived from multidimensional evaluation criteria. This classification reflects each market's current performance across economic, social, cultural and spatial dimensions, thereby providing an evidence base for formulating differentiated planning interventions tailored to each group's functional characteristics. (Table 2)

Group A encompasses markets with high and stable performance across all four dimensions. These markets make substantial contributions to economic circulation, community cohesion, cultural continuity and perceived accessibility. Exemplary cases include Thao Dien (68.04), Tan Lap (67.20) and Agricultural Wholesale (66.88). Notably, Tan Lap recorded the highest economic score (31.84), whilst Tang Nhon Phu B exhibited particularly strong cultural significance (14.56) and spatial integration (8.24). These multifunctional markets serve as critical urban anchors and warrant prioritisation for long-term preservation and formal integration into planning frameworks.

Group B comprises markets with moderate composite scores. Whilst these markets demonstrate reliable economic performance, they frequently exhibit deficiencies in cultural or spatial dimensions. Although viable within existing urban distribution networks, they lack the integrative capacity necessary for sustained relevance.

Recommended interventions include enhanced pedestrian accessibility, facility upgrades and culturally responsive design implementations.

Group C represents markets with fragmented functional profiles. Although some display moderate economic activity, consistently low performance in cultural significance or spatial structure constrains their systemic contribution. Markets such as Truong Thanh, Cat Lai and An Binh exemplify this functional imbalance. Adaptive planning strategies, including temporary utilisation or phased reconfiguration, may prove appropriate prior to implementing permanent interventions.

Group D includes markets that underperform across all dimensions. Economic performance remains below 14 points, with cultural and spatial functions often negligible. Examples such as Nam Hoa, Kien Thiet and Thanh My Loi show minimal urban integration and limited community function. In the absence of strong heritage justification or strategic location, these markets may be candidates for functional repurposing or consolidation within broader redevelopment initiatives.

A comparative analysis of group performance is presented in Table 3, which displays average weighted scores by market group across four functional dimensions. Group A substantially outperforms other classifications, achieving an average total score of 65.92, followed by Group B (53.56), Group C (44.42) and Group D (34.44). Furthermore, Group A leads across all four individual dimensions, confirming its position as the most structurally balanced and socially integrated cluster.

These patterns validate the applied weighting model and illustrate a clear functional gradient throughout the system. Group A markets exhibit multidimensional strength and systemic centrality. Group B maintains economic vitality but requires cultural and spatial enhancement. Group C displays structural fragmentation and functional inconsistency. Group D demonstrates systemic marginality. These distinctions provide empirical justification for planning interventions ranging from strategic integration to functional reassessment. The internal composition of each group is illustrated in Figures 1-4, which present stacked bar charts comparing average scores across the four dimensions.

Table 3. Average Weighted Scores by Market Group across Four Functional Dimensions

Market Group	Economic Function	Social Role	Cultural Significance	Spatial Structure	Total Scores
Group A	28.93	17.66	12.97	6.35	65.92
Group B	22.68	13.94	11.24	5.70	53.56
Group C	17.78	11.87	9.37	5.40	44.42
Group D	12.60	10.74	6.98	4.12	34.44

Source: Authors (2025)

This table presents the mean composite scores for traditional market classifications (A to D) in Thu Duc City, calculated using the MoSCoW-based weighting methodology. The evaluated dimensions encompass economic function, social role, cultural significance and spatial structure. These aggregated scores provide the empirical foundation for the strategic classification applied in integrated urban planning and policy prioritisation.

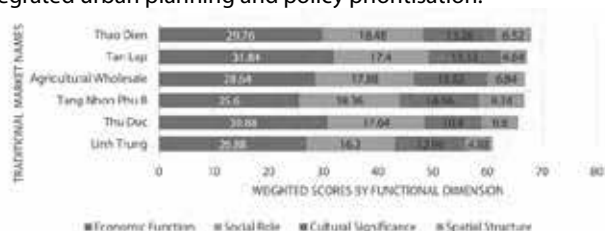


Figure 1. Dimensional Score Composition of Group A Markets (≥ 60 points). Source: Authors (2025)

Stacked bar chart illustrating the mean weighted scores of Group A markets across four analytical dimensions. These markets demonstrate consistently high and balanced performance, thereby warranting identification as priority sites for long-term preservation and spatial integration within urban planning frameworks.

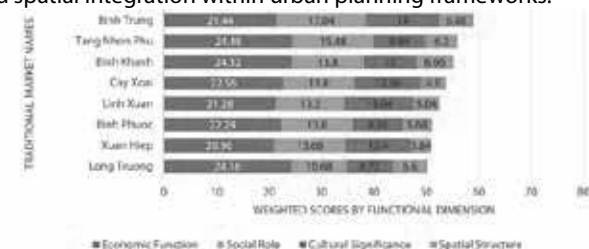


Figure 2. Dimensional Score Composition of Group B Markets (50-59 points). Source: Authors (2025)

Stacked bar chart illustrating the dimensional performance of Group B markets, which demonstrate solid economic and spatial contributions but exhibit deficiencies in social cohesion and cultural continuity, thereby requiring targeted interventions.

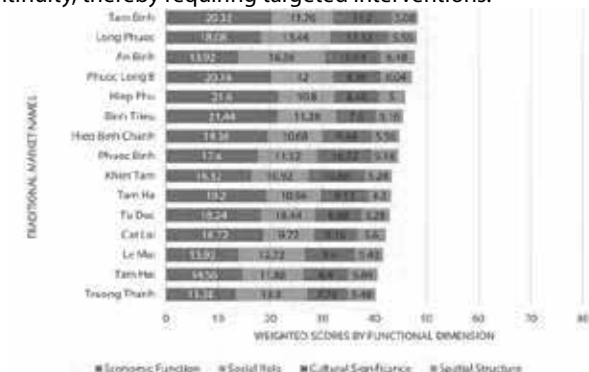


Figure 3. Dimensional Score Composition of Group C Markets (40-49 points). Source: Authors (2025)

Stacked bar chart representing the dimensional performance of Group C markets. These markets exhibit uneven functional performance and limited systemic integration, indicating potential for adaptive or transitional planning interventions.

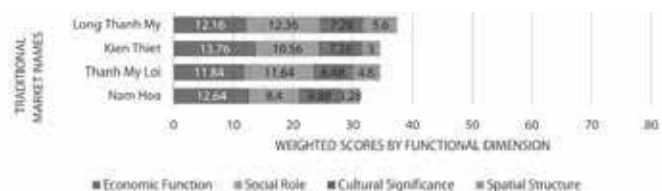


Figure 4. Dimensional Score Composition of Group D Markets (under 40). Source: Authors (2025)

Stacked bar chart illustrating the dimensional scores of Group D markets, which exhibit low performance across all functional dimensions. These markets exhibit functional marginalisation and warrant reassessment for potential transformation as part of broader urban development strategies.

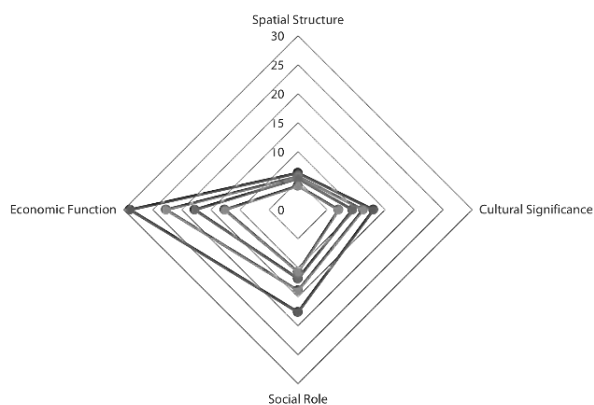


Figure 5. Radar chart illustrating the average weighted scores of traditional market groups (A-D) across four functional dimensions: economic function, social role, cultural significance and spatial structure. Source: Authors (2025).

Radar chart presenting comparative analysis of mean weighted scores for traditional markets in Thu Duc City across four analytical dimensions: economic function, social role, cultural significance and spatial structure. The visualisation reveals distinct stratification among the four market classifications. Group A exhibits the most robust and balanced functional profile, demonstrating superior performance in economic (28.93) and social (17.66) dimensions, thereby validating its designation as a multifunctional urban anchor. Group B maintains intermediate performance, characterised by substantial economic capacity (22.68) and cultural significance (11.24), whilst exhibiting constraints in spatial integration (5.70). Conversely, Groups C and D display progressively diminished

performance and pronounced asymmetry across dimensions. Notably, Group D demonstrates the weakest performance across all categories (economic: 12.60; spatial: 4.12), reflecting comprehensive systemic marginalisation. This observed functional gradient substantiates the rationale for differentiated classification and the formulation of targeted planning interventions (Soja, 2013; Wei et al., 2021) and is further illustrated in Fig. 5, which provides empirical validation of the MoSCoW-based framework.

4.2. Limitations and future research directions

This study has several limitations. The analysis is confined to Thu Duc City, which may restrict the transferability of the proposed evaluation framework to other urban contexts with different socio-economic conditions. The weighting scheme, although effective in improving analytical differentiation, remains context-specific and may require adjustment when applied in alternative planning environments.

The framework also encounters difficulty in capturing cultural dimensions. Cultural significance often lies in intangible practices, symbolic meanings and place-based experiences that cannot be fully represented through standardised indicators. As a result, the emphasis on measurable performance may lead to an underrepresentation of these values within the evaluation process.

Future research should test the framework across different urban settings to examine its robustness and adaptability. Further refinement of the weighting structure through comparative empirical studies would strengthen its applicability. Additional methodological development may also consider combining structured evaluation with complementary approaches to better reflect multidimensional urban conditions while maintaining analytical consistency.

5. CONCLUSIONS AND POLICY RECOMMENDATIONS

5.1. Conclusions

This study examines traditional market systems in Thu Duc City through a multidimensional evaluation framework. Market performance is structured across four dimensions and assessed using a MoSCoW-based weighting approach. The results show clearer differentiation between market groups and allow a more consistent classification of their functional roles. This structure makes the evaluation process more transparent and easier to apply in planning contexts. The framework can be adapted to other urban settings where informal systems remain significant but are not yet fully integrated into formal evaluation processes.

5.2. Policy recommendations

The classification into four market groups suggests different directions for intervention. High-performing markets require long-term integration and stability. Mid-level groups benefit from selective improvements, particularly where functions remain uneven. Lower-performing markets may require flexible adjustment or reconsideration, depending on local conditions. This approach helps align planning actions with actual performance rather than general assumptions and supports more consistent decision-making across different urban contexts.

REFERENCES

[1] Bardosh K, Guinto RR, Bukachi SA, Hang TM, Bongcac MK and de Los Santos MYM. Wet market biosecurity reform: Three social narratives influence stakeholder responses in Vietnam, Kenya and the Philippines. *PLOS Global Public Health*, vol. 3, no. 9, e0001704, 2023.

[2] Borucka J, Czyż P, Gasco G, Mazurkiewicz W, Nałęcz D and Szczepański M. Market regeneration in line with sustainable urban development. *Sustainability*, vol. 14, no. 18, 11690, 2022.

[3] Campbell S. Green Cities, Growing Cities, Just Cities?: Urban Planning and the Contradictions of Sustainable Development. *Journal of the American Planning Association*, vol. 62, no. 3, pp. 296-312, 1996, doi: 10.1080/01944369608975696.

[4] Cochran WG. Sampling techniques. John Wiley & Sons, 1977.

[5] Creswell JW and Plano Clark VL. Designing and conducting mixed methods research (Third edition). Sage, 2018.

[6] Donovan MG. Informal cities and the contestation of public space: The case of Bogotá's street vendors, 1988-2003. *Urban Studies*, vol. 45, no. 1, pp. 29-51, 2008.

[7] Dovey K and Pafka E. What is walkability? The urban DMA. *Urban Studies*, vol. 57, no. 1, pp. 93-108, 2020, doi: 10.1177/0042098018819727.

[8] Etikan I, Musa SA and Alkassim RS. Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, vol. 5, no. 1, pp. 1-4, 2016, doi: 10.11648/j.ajtas.20160501.11.

[9] Field A. Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th edition). SAGE Publications, 2017.

[10] Gehl J (with Rogers LR). Cities for people. Island Press, 2010.

[11] General Statistics Office of Ho Chi Minh City. Population and Labor Statistics Yearbook 2023. 2024.

[12] González S and Waley P. Traditional retail markets: The new gentrification frontier? *Antipode*, vol. 45, no. 4, pp. 965-983, 2013.

[13] Haines WS. Ray Oldenburg. The Great Good Place: Cafés, coffee shops, community centers, beauty parlors, general stores, bars, hangouts and how they get you through the day. *The Social History of Alcohol Review*, no. 23, pp. 19-22, 1991, doi: 10.1086/SHAREW23n1p19.

[14] Hair JF, Black WC, Babin BJ and Anderson RE. Multivariate data analysis, 2010.

[15] Hair Jr JF, Black WC, Babin BJ and Anderson RE. Multivariate data analysis, 2010.

[16] OECD. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. OECD Statistics Working Papers No. 2005/03, 2005, doi: 10.1787/533411815016.

[17] Hatton S. Choosing the right prioritisation method. 19th Australian Conference on Software Engineering (ASWEC 2008), pp. 517-526, 2008.

[18] Hawkes J. The fourth pillar of sustainability: Culture's essential role in public planning. *Common Ground*, 2001.

[19] Hofman M and Trevenen-Jones A. Wet markets in Southeast Asia and access to healthy diets. *Frontiers in Sustainability*, vol. 5, 1320959, 2024.

[20] Huong HTT. Policy on the application of information technology in management and operating smart urban areas in Thu Duc City, vol. 22, no. 12, 2023.

[21] Jenks GF. The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography*, vol. 7, pp. 186-190, 1967.

[22] Lefebvre H, Nicholson-Smith D and Lefebvre H. The production of space. Blackwell Publishing, 2013.

[23] Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 1932.

[24] Miranda E. Moscow Rules: A Quantitative Exposé. In: Stray V, Stol KJ, Paasivaara M and Kruchten P (Eds.). *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming*, vol. 445, pp. 19-34, Springer International Publishing, 2022, doi: 10.1007/978-3-031-08169-9_2.

[25] Nurse K. Culture as the fourth pillar of sustainable development. *Small States: Economic Review and Basic Statistics*, vol. 11, pp. 28-40, 2006.

[26] OECD. Green Growth in Bangkok, Thailand. OECD, 2015, doi: 10.1787/9789264237087-en.

[27] Palinkas LA, Horwitz SM, Green CA, Wisdom JP, Duan N and Hoagwood K. Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, vol. 42, pp. 533-544, 2015.

[28] Putnam RD. Bowling Alone: America's Declining Social Capital. *Journal of Democracy*, vol. 6, no. 1, pp. 65-78, 1995, doi: 10.1353/jod.1995.0002.

[29] Singh P, Kushwaha R, Kushwaha J and Singh AK. A Qualitative Study to Rank Non-Conventional Energy Sources for Industrial Sustainability and Energy Management Decisions Using MoSCoW Prioritization Method. *Industrial and Manufacturing Designs: Quantitative and Qualitative Analysis*, pp. 105-137, 2024.

[30] Soja EW. Seeking spatial justice, vol. 16. U of Minnesota Press, 2013.

[31] Throsby D. Culture in sustainable development: Insights for the future implementation of article 13. Parties to the UNESCO Cultural Diversity Convention, 2008.

[32] UNESCO. The Hangzhou Declaration: Placing Culture at the Heart of Sustainable Development Policies. UNESCO, 2013.

[33] United Nations Development Programme. Assessment of Development Results-Indonesia. United Nations, 2010, doi: 10.18356/dd0f689f-en.

[34] United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). ASEAN Sustainable Urbanisation Report. Sustainable Urban Development Series, p. 88, United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2022.

[35] Van Niel R. Peddlers and Princes; Social Change and Economic Modernization in Two Indonesian Towns. The Journal of Asian Studies, vol. 23, no. 4, pp. 635-636, 1964, doi: 10.2307/2050277.

[36] Walks A. Suburbanism as a Way of Life, Slight Return. Urban Studies, vol. 50, no. 8, pp. 1471-1488, 2013, doi: 10.1177/0042098012462610.

[37] Watson V. 'The planned city sweeps the poor away...': Urban planning and 21st century urbanisation. Progress in Planning, vol. 72, no. 3, pp. 151-193, 2009.

[38] Wei YD, Xiao W and Wu Y. Trip generation, trip chains and polycentric development in metropolitan USA: A Case Study of the Wasatch Front Region, Utah. Applied Geography, vol. 133, 102488, 2021.

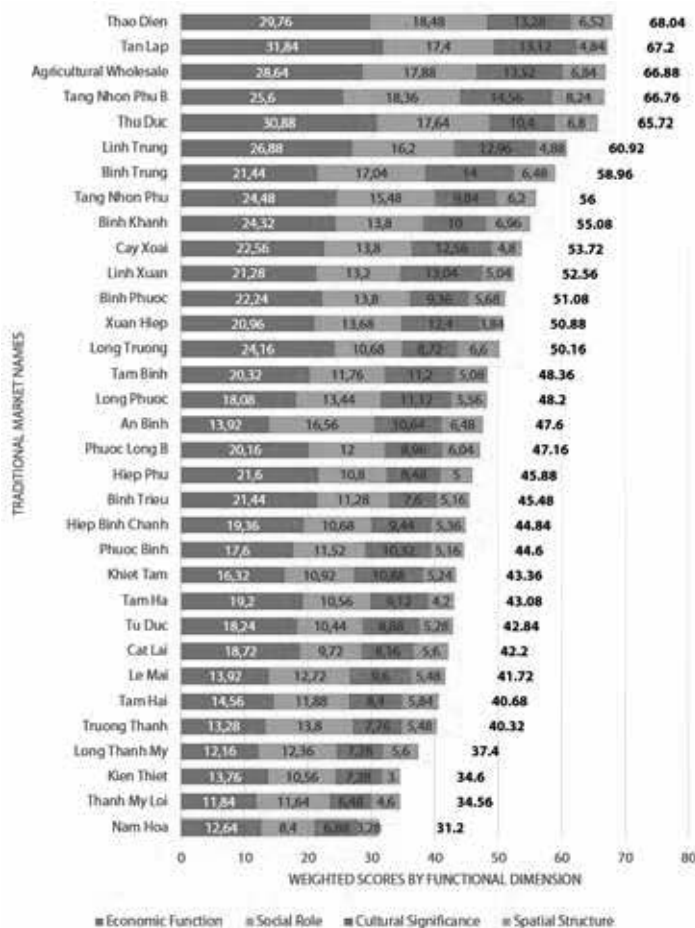
[39] Zukin S. Naked city: The death and life of authentic urban places. Oxford University Press, 2009.

Appendix A. Traditional Market Functional Assessment Framework (MoSCoW Model)

Table A1. Evaluation Criteria for Traditional Market Functional Assessment

Dimension	Economic Function	Social Role	Cultural Significance	Spatial Structure
Criteria	Daily volume of goods circulation	Market as a hub for community interaction hub	Presence of traditional merchandise	Pedestrian and motorcycle accessibility
	Regular stall operation	Participation of local residents in market activities	Hosting of cultural festivals or communal events	Environmental quality and ventilation standards
	Diversity and origin of merchandise	Accessibility for low-income populations	Association with neighbourhood collective memory	Clear circulation and navigability
	Price competitiveness relative to formal retail	Inclusion of elderly and homemakers in trading	Consumer behaviour based on traditional practices	Integration with surrounding urban morphology
	Availability of local agricultural and craft products	Food security provision during crisis periods	Distinctive sensory and spatial identity	Adaptive spatial utilisation during events

Appendix B. Stacked Bar Chart Showing the Multidimensional Role Composition of 33 Traditional Markets in Thu Duc City.





Chào mừng KỶ NIỆM 101 Năm

NGÀY BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM
(21/06/1925 - 21/06/2026)

Hành trình xanh

ĐẤT KHỎE - CÂY TRỒNG KHỎE



**Giải pháp
canh tác
thông minh
cho nền
nông nghiệp
bền vững**

PHÂN BÓN ĐẦU TRÂU
Bạn đồng hành của nhà nông



Việt Nam Value
mang đến cuộc sống
sống xanh tốt
tương lai bền vững



XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN



CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG CẨM PHẢ

☎ (+84-203) 3 721995
(+84-203) 3 721996

📍 Km6, Quốc lộ 18A, P. Quang Hanh,
Tỉnh Quảng Ninh

CHI NHÁNH PHÍA NAM

☎ (+84-254) 3899 630
📍 KCN Mỹ Xuân A, P. Phú Mỹ,
Tp. Hồ Chí Minh

VĂN PHÒNG TP. HỒ CHÍ MINH

☎ (+84-283) 9100 937
📍 Lầu 6 số 47 Điện Biên Phủ,
P. Tân Định, Tp. Hồ Chí Minh