

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION





Kiến tạo
CÔNG TRÌNH BỀN VỮNG
CHẠM ĐẾN KHÔNG GIAN
Hoàn mỹ



TƯ VẤN - THIẾT KẾ - XÂY DỰNG - NỘI THẤT - SÂN VƯỜN



A-GROUP
ĐƠN VỊ THIẾT KẾ THI CÔNG

☎ **0931 2222 81**
0941 2222 81

Rạch Giá : P31-19, Tôn Đức Thắng, KĐT Phú Cường, P. An Hòa
Phú Quốc : Đường Dương Đông Cửa Cạn, KP10, P. Dương Đông
TP. HCM : 524 Lý Thường Kiệt, P. Tân Sơn Nhất



QUÉT MÃ NGAY
Để biết thêm
thông tin chi tiết



PETROLIMEX

NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX

Nhà cung cấp nhựa đường hàng đầu Việt Nam

HỆ THỐNG NHÀ MÁY, CHI NHÁNH



NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG THƯỢNG LÝ (HẢI PHÒNG)
 Số 1 Hùng Vương - P. Sở Dầu - Q. Hồng Bàng - TP. Hải Phòng
 Sức chứa kho bể : 9,100 tấn (15 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX HẢI PHÒNG
 Số 1 Hùng Vương - P. Sở Dầu - Q. Hồng Bàng - TP. Hải Phòng

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG CỬA LÒ (NGHỆ AN)
 Phường Nghi Tân - Thị xã Cửa Lò - Nghệ An
 Sức chứa kho bể : 5,400 tấn (24 bể)

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG THỌ QUANG (ĐÀ NẴNG)
 Số 100 Yết Kiêu - Phường Thọ Quang - Q. Sơn Trà - TP. Đà Nẵng
 Sức chứa kho bể : 6,550 tấn (8 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX ĐÀ NẴNG
 Tầng 8 - Toà nhà Petrolimex Đà Nẵng - Số 122 Đường 2/9 Bình Thuận
 Hải Châu - TP. Đà Nẵng

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG QUY NHƠN (BÌNH ĐỊNH)
 KV Cảng Quy Nhơn - Số 2 Phan Chu Trinh - TP. Quy Nhơn - Bình Định
 Sức chứa kho bể : 3,500 tấn (3 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX BÌNH ĐỊNH
 Tầng 5 - Số 1 Đinh Bộ Lĩnh - P. Lê Lợi - TP. Quy Nhơn - Bình Định

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG CAM RANH (KHÁNH HÒA)
 Cảng Cam Ranh - Phường Cam Linh - TP. Cam Ranh - Tỉnh Khánh Hoà
 Sức chứa kho bể : 8,100 tấn (15 bể)

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG NHÀ BÈ (TP. HCM)
 kho dầu B - Tổng kho dầu Nhà Bè - Huyện Nhà Bè - TP. Hồ Chí Minh
 Sức chứa kho bể : 9,000 tấn (17 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX SÀI GÒN
 Tầng 6 - Toà nhà VOV - Số 7 Nguyễn Thị Minh Khai - Quận 1 - TP. HCM

NHÀ MÁY NHỰA ĐƯỜNG TRÀ NÓC (CẦN THƠ)
 Khu công nghiệp Trà Nóc 1 - Quận Bình Thủy - TP. Cần Thơ
 Sức chứa kho bể : 6,400 tấn (7 bể)

CHI NHÁNH NHỰA ĐƯỜNG PETROLIMEX CẦN THƠ
 Khu công nghiệp Trà Nóc 1 - Q. Bình Thủy - TP. Cần Thơ



Q.Đ Trường Sa

MỤC LỤC CONTENT

07.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:

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

TỔNG BIÊN TẬP:

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

TÒA SOẠN:

37 LÊ ĐẠI HÀNH, P.HAI BÀ TRƯNG, HÀ NỘI
Phòng Thư ký - Biên tập (tiếp nhận bài):
024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Văn phòng đại diện phía Nam:
17A Hồng Hà, phường Tân Sơn Hoà, TP.HCM.
Giấy phép xuất bản:
Số 14/GP-BVHTTDL, ngày 11/4/2025.
ISSN: 2734-9888
Tài khoản: 113000001172
Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương
Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội
Thiết kế: Thạc Cường
In tại: Công ty TNHH In Quang Minh
Địa chỉ: Số 27, Ngõ 785 Trương Định, P. Hoàng
Mai, TP Hà Nội.

Ảnh bìa 1: Những quy định mới đã mở ra cơ hội để
huy động tối đa nguồn lực, đặc biệt là nguồn lực của
khu vực kinh tế tư nhân tham gia vào đầu tư phát
triển hệ thống hạ tầng giao thông.

THẠCH LONG
NGUYỄN HANH
TUẤN ĐÔNG

LÊ VĂN THỊNH
THS.KS HÀ ANH MINH
KTS PHẠM THANH TÙNG
GS.TS.KTS ĐỖ HẬU

TS.KTS NGUYỄN TẮT THẮNG

HOÀNG THẠCH

NGUYỄN HOÀNG LINH

VIỆT CƯỜNG

HẢI THANH
CẨM PHÚ
SONG THU

AN NHIÊN

PGS.TS.KTS PHẠM TRỌNG THUẬT
THS NGUYỄN PHƯƠNG LÂM,
THS PHẠM ĐỨC THUẬN
CN NGUYỄN THỊ TRÂM, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA,
KS NGUYỄN THANH DANH
THS NGUYỄN VĂN TUẤN, THS NGUYỄN HỮU ĐỨC

KS. PHẠM TRUNG HIẾU, TS. ĐẶNG XUÂN TRƯỜNG

TS TRẦN THỊ PHƯƠNG THẢO

PGS.TS VŨ LÊ HUY, LÊ MẠNH TRUNG,
NGUYỄN DUY HƯNG, VŨ ĐÌNH DŨNG,
TRẦN TRỌNG TỬ, TS NGUYỄN ĐÌNH DŨNG
THS VŨ VĂN RỰC, THS NGÔ XUÂN HƯƠNG
TS NGUYỄN MINH KHOA, TS ĐỖ MINH NGỌC,
THS TRỊNH MINH HOÀNG,
KS TRẦN NGỌC HÙNG, TS ĐỖ MINH TÍNH
PGS.TS NGUYỄN THANH SANG, NGUYỄN TUẤN ANH,
THS NGUYỄN THANH VŨ, TS NGUYỄN TẤN KHOA,
THS.NCS HUỖNH THỊ MỸ DUNG
THS NGUYỄN THANH TÙNG, TS MAI XUÂN HƯƠNG,
THS NGUYỄN TRUNG CHÍNH
TS NGUYỄN PHƯƠNG THẢO
PGS.TS NGUYỄN NAM, NCS TRƯƠNG THỊ HUYỀN ANH

KTS LÊ MỸ QUỐC
TRẦN NGỌC HUYỀN TRANG

THS LƯƠNG VŨ ĐÀM NINH, TS.KTS NGÔ THỊ KIM DUNG
THS.KTS NGÔ ANH VŨ
PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH
NGUYỄN THỊ HƯƠNG TRUNG, DƯƠNG VĂN VŨ

ĐINH VĂN HOÀN, NGUYỄN DUY HƯNG

QUẢN LÝ NGÀNH

6 Triển khai công tác quản lý nhà nước về xây dựng: Bám sát mục tiêu tăng trưởng 8% trở lên
8 Phân cấp, phân quyền trong ngành Xây dựng: Từ chính sách đến hành động
10 Tháo gỡ điểm nghẽn, tạo "đột phá" cho đầu tư phát triển đường sắt

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

12 Vì sao kỹ sư xây dựng cần Chứng chỉ hành nghề dù đã tốt nghiệp đại học?
17 Công nghệ thi công lắp ghép mô-đun - Từ thực tế ở Việt Nam đến mô hình tiên tiến tại Singapore
20 Cải tạo xây dựng các chung cư cũ ở Hà Nội: Cần một tư duy mới, cách làm mới
24 Kết nối giao thông đường sắt đô thị tại Thủ đô Hà Nội: Góp phần khai thác hiệu quả hệ thống giao thông công cộng

DIỄN ĐÀN KHOA HỌC

30 Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP: Những nội dung cần hiệu chỉnh, bổ sung và sửa đổi
TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

36 Hạ tầng dữ liệu là "hệ thần kinh số" của đô thị thông minh

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

42 Hãy coi trọng hỗ trợ UBND cấp xã mới!
80 NĂM THÀNH TỰU PHÁT TRIỂN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ NGÀNH GTVT
44 Vinh quang trí tuệ giao thông vận tải Việt Nam

DOANH NGHIỆP 4.0

48 Buyt Hà Nội kết nối hôm nay - hướng tới ngày mai
50 15 năm ATTECH và hành trình làm chủ kỹ thuật hàng không
52 Công ty 59: Dấu ấn trên mặt trận kinh tế quốc phòng

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

54 Đô thị thông minh - bài học kinh nghiệm về quy hoạch các đô thị trên thế giới
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

56 60 km với lý thuyết định vị đô thị và đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam
62 Giải pháp giảm nhiễu cho các tín hiệu mới trong các hệ thống định vị sử dụng vệ tinh

66 Nghiên cứu mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ hàng nông sản xuất khẩu

70 Ứng dụng viễn thám và GIS phân tích biến động sử dụng đất khu vực TP Tây Ninh giai đoạn 2015 - 2025

74 Nghiên cứu móng bê kết hợp cọc để đưa ra giải pháp móng hiệu quả cho nhà cao tầng xây dựng trong đô thị ở Việt Nam

78 Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát thị xa thông số điện sử dụng LoRa và công tơ điện thông minh

82 Thiết kế, chế tạo máy bay không người lái điều khiển bằng gang tay cảm biến

86 Phát triển thiết bị phân tích phổ cấu trúc đơn giản sử dụng RTL-SDR

90 Ảnh hưởng một số tham số của neo đến hệ số ổn định tổng thể mái dốc

94 Giảm thiểu phát thải và chỉ số tiêu thụ năng lượng của bê tông nhiều tro bay ở Việt Nam

98 Nghiên cứu sử dụng tế bào tự động và thuật toán Bayes để mô phỏng tránh chướng ngại vật tối ưu cho tàu thủy

102 Giải pháp thiết kế thông hơi hiệu quả trong nhà cao tầng

106 Nâng cao chất lượng không gian công cộng ven sông Hàn tạo lập bản sắc đô thị tăng cường trải nghiệm du lịch đô thị Đà Nẵng

112 Tích hợp sử dụng chung trong các đại học vùng Thủ đô dưới góc nhìn cấu trúc đô thị

118 Tích hợp ảnh UAV, Deep Learning và WebGIS phục vụ công tác quản lý cây xanh đô thị - Trường hợp nghiên cứu tại TP.HCM

124 Ứng dụng công nghệ trong quản lý di sản kiến trúc tại các điểm du lịch tỉnh Quảng Ninh

129 Quy hoạch và phát triển TP.HCM mới: Bài học kinh nghiệm từ mô hình Thượng Hải

134 Phân vùng định cư thích ứng với biến đổi khí hậu ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long

139 Định hướng giải pháp sử dụng đất hướng tới trung hòa carbon, trường hợp phường Đô Vinh, TP Phan Rang Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận nay là tỉnh (Khánh Hòa)

146 Ứng dụng mô hình học máy dự đoán cường độ nén của cọc xi măng đất



	INDUSTRY MANAGEMENT	
THACH LONG	6	Implementing state management in Construction: Aligning with the growth target of 8% or higher
NGUYEN HANH TUAN DONG	8 10	Decentralization and delegation in the Construction industry: From policy to action Removing bottlenecks, creating "breakthroughs" for railway development investment
	FROM POLICY TO LIFE	
LE VAN THINH	12	Why do Construction Engineers need a Certificate of Practice even though they have graduated from University?
HA ANH MINH	17	Modular construction technology - From reality in Vietnam to advanced model in Singapore
PHAM THANH TUNG	20	Renovating and building old apartments in Hanoi: A new mindset and approach are needed
DO HAU	24	Connecting urban railway traffic in Hanoi Capital: Contributing to the effective exploitation of the public transport system
	SCIENCE FORUM	
NGUYEN TAT THANG	30	The Architecture Law and Decree No. 85/2020/NĐ-CP: Key areas for revision, amendment, and supplementation
	TALK WITH EXPERTS	
HOANG THACH	36	Data infrastructure is the "digital nervous system" of smart cities
	PERSPECTIVE TO PRACTICAL	
NGUYEN HOANG LINH	42	Support for newly established Commune-level Authorities must be taken seriously!
	80 YEARS OF ACHIEVEMENTS IN SCI-ENCE AND TECHNOLOGY DEVELOP-MENT IN THE TRANSPORT INDUSTRY	
VIET CUONG	44	The Glory of Vietnamese Transport Intelligence
	ENTERPRISE 4.0	
HAI THANH	48	Hanoi Bus: Connecting today - advancing into the future
CAM PHU	50	15 years of ATTECH and the journey to master aviation engi-neering
SONG THU	52	Company 59: Imprint on the economic and defense front
	ABOUT NEW BOOK	
AN NHIÊN	54	Smart cities - Lessons learned from urban planning around the world
	SCIENTIFIC RESEARCH	
PHAM TRONG THUAT	56	The 60 km - Principle in Urban location theory and Vietnam's North South HSR
NGUYEN PHUONG LAM, PHAM ĐỨC THUAN	62	Method for interference suppression on new signals in global navigation satellite system
NGUYEN THI TRAM, HO THI THU HOA, NGUYEN THANH DANH	66	Research on optimization model of transport network for exported agricultural products
NGUYEN VAN TUAN, NGUYEN HUU DUC	70	Application of remote sensing and gis in analyzing land use change in Tay Ninh city from 2015 to 2025
PHAM TRUNG HIEU, DANG XUAN TRUONG	74	A Study on Piled Raft Foundations to Propose an Efficient Foundation Solution for High-Rise Buildings in Urban Areas of Vietnam
TRAN THI PHUONG THAO	78	Application of artificial intelligence in remote monitoring of electrical parameters using LoRa and smart energy meters
VU LE HUY, LE MANH TRUNG, NGUYEN DUY HUNG, VU DINH DUNG, TRAN TRONG TU, NGUYEN DINH DUNG	82	Design and manufacture of a drone controlled by a sensory glove
VU VAN RUC, NGO XUAN HUONG	86	Development of simple spectrum analyzer based on RTL-SDR
NGUYEN MINH KHOA, DO MINH NGOC, TRINH MINH HOANG, TRAN NGOC HUNG, DO MINH TINH	90	The influence of some anchor parameters on the overall stability factor of slopes
NGUYEN THANH SANG, NGUYEN TUAN ANH, NGUYEN THANH VU, NGUYEN TAN KHOA, HUYNH THI MY DUNG	94	Minimisation embodied carbon and embodied energy of high volume fly ash concrete in Vietnam
NGUYEN THANH TUNG, MAI XUAN HUONG, NGUYEN TRUNG CHINH	98	Research on using cellular automata and Bayesian algorithm to simulate optimal obstacle avoid-ance for ships
NGUYEN PHUONG THAO	102	Effective ventilation design solution in high-rise buildings
NGUYEN NAM, TRUONG THI HUYEN ANH	106	Improving the quality of public spaces along the Han river create urban identity enhance the urban tourism experience in Da Nang
LE MY QUOC	112	The integrating- oriented design solution at universities in capital region from an urban structure perspective
TRAN NGOC HUYEN TRANG	118	Integrating UAV imagery, Deep Learning and WebGIS for urban tree management - Case study in Ho Chi Minh City
LUONG VU DAM NINH, NGO THI KIM DUNG	124	Applying technology in Architec-tural heritage management at Tourism sites in Quang Ninh province
NGO ANH VU	129	New Ho Chi Minh City planning and development - Lessons learned from the Shanghai model
TRAN TRONG HANH	134	Delimitation of Settlement Areas adapted to Climate Change in the Cuu Long River Delta
NGUYEN THI HUONG TRUNG, DUONG VAN VU	139	Strategic land-Use planning to ward carbon neutrality: A Case study of Do Vinh Ward, Phan

SCIENTIFIC COMMISSION:

- Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D**
(Chairman of the Scientific Council)
- Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D**
(Permanent Council)
- Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D**
- Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D**
Dr. Le Van Cu
- Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D**
- Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D**
Dr. Nguyen Hong Hai
- Dr. Le Quang Hung**
Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D
- Dr. Khuat Viet Hung**
Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung
- Prof. Pham Huy Khang, Ph.D**
Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi
- Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang**
Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D
- Prof. Phan Quang Minh, Ph.D**
Dr. Phan Huu Duy Quoc
- Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D**
Prof. Pham Cao Thang, Ph.D
- Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D**
Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D
- Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D**
Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D
- Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D**

EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Thai Binh

DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Van Huong

Pham Van Dung

Nguyen Thanh Hoa

Ly Ngoc Thanh

OFFICE:

37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI

Editorial Board: 024.39740744

Email: banbientap@tapchixaydung.vn

Representative Office in Ho Chi Minh City:

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

Publication:

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

ISSN: 2734-9888

Account: 113000001172

Joint Stock Commercial Bank of Vietnam

Industrial and Commercial Branch,

Hai Ba Trung, Hanoi

Designed by: Thac Cuong

Printed at Quang Minh Company Limited

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

Hoang Mai, Hanoi City, Vietnam.

MỤC LỤC CONTENT

07.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:

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

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

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

024.39740744

Email: banbientap@tapchixaydung.vn

Văn phòng đại diện phía Nam:

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

Giấy phép xuất bản:

Số 14/GP-BVHTTDL, ngày 11/4/2025.

ISSN: 2734-9888

Tài khoản: 113000001172

Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương

Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội

Thiết kế: Thạch 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: Những quy định mới đã mở ra cơ hội để huy động tối đa nguồn lực, đặc biệt là nguồn lực của khu vực kinh tế tư nhân tham gia vào đầu tư phát triển hệ thống hạ tầng giao thông.

- TS TRẦN XUÂN HIẾU, THS PHẠM THỊ ANH, PGS.TS PHẠM HÙNG CƯỜNG, THS NGUYỄN CÔNG DŨNG
- TRƯƠNG CHÍ NHÂN, NGUYỄN THẾ ANH
- THS PHAN DUY NAM, PGS.TS NGUYỄN ANH TUẤN
- TRẦN QUANG DUY, TRẦN NGUYỄN NAM TRƯỜNG, TS NGUYỄN VĂN SƠN, THS NGUYỄN ĐÌNH MINH, THS NGUYỄN ĐÌNH CHỨC, LÊ QUỐC LONG, NGUYỄN HOÀI NGHĨA, TRẦN THANH HÀ, ĐÌNH VĨNH PHƯỚC
- PHAN THANH PHƯƠNG, NGUYỄN MỘNG HUỖN NHI, VÕ ĐĂNG KHOA
- HUỲNH THỊ YẾN THẢO, VƯƠNG THỊ THUY DƯƠNG, TRẦN THỊ QUỲNH NHƯ, VÕ CÔNG HẬU, TS TRẦN HỮU BẰNG, THS NGUYỄN TUẤN CƯỜNG
- PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, THS CAO QUANG KHẢI, LÊ THỊ MAI HƯƠNG, TẠ VĂN PHẤN
- TRẦN CAO THANH NGỌC
- PHẠM KIẾN, TRƯƠNG MINH HOÀNG, PHẠM TIẾN CƯỜNG, TAKEMURA JIRO, NGUYỄN THANH HẢI, NGUYỄN VĂN HẢI, NGÔ TRUNG HIẾN, PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN
- NGUYỄN NGỌC PHÚ, NGUYỄN ĐỨC TIẾN, LÊ KHẢ QUỲN, LÊ ĐỖ PHƯƠNG AN, VŨ HỒ NAM, PGS.TS NGUYỄN TRƯỜNG THẮNG, THS NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG, THS NGUYỄN THỊ THANH THẢO, THS NGUYỄN TUẤN NINH, TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN
- THS TRẦN VĂN HUÂN, THS NGUYỄN XUÂN HÒA
- THS.NCS MAI VŨ YẾN, GS.TS TỬ SỸ SÙA, PGS.TS DƯƠNG HỮU TUYẾN, THS.NCS NGUYỄN THANH TUẤN, THS.NCS NGUYỄN ĐỨC ĐÀM, GS.TS PHAN TRỌNG TRỊNH, PGS.TS PHẠM THÁI BÌNH, TS PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA, THS NGUYỄN TIẾN PHƯƠNG, THS PHẠM HỒNG DƯƠNG, THS PHẠM NGỌC ANH, THS LÊ MẠNH HẢI, THS LÊ NGỌC THÔNG, THS TỐNG THỊ XUYẾN, KS LÊ ANH PHONG, KS NGUYỄN THÀNH CÔNG, THS PHẠM TẤT TIỆP, PGS.TS NGUYỄN VĂN SỨNG, THS NGUYỄN THANH DIỆU, TS VŨ VĂN HIỆP, THS VŨ QUANG KHÔI, THS NGÔ XUÂN HÙNG, THS CAO MẠNH HÙNG, PGS.TS HOÀNG HÀ
- KS PHẠM VĂN HẢI, TS NGUYỄN ANH DÂN, PGS.TS NGUYỄN VIỆT THANH, THS.NCS TRỊNH ĐÌNH LAI, THS.NCS NGUYỄN HỒ HỒNG PHÁT
- PHAN MINH SANG, TRẦN ĐỨC KHÁNH, LÊ NGỌC TÂN, PHẠM MINH TRIẾT, PHẠM HỮU HÀ GIANG
- 150 Mô hình trung tâm tiểu vùng các huyện ven đô Hà Nội trong định hướng phát triển không gian kinh tế, dịch vụ sau cải cách tinh gọn bộ máy bộ cấp huyện
- 156 Từ Nghị quyết 68-NQ/TW đến đề án kinh tế ban đêm: Không gian tăng trưởng mới cho kinh tế đô thị Việt Nam
- 160 Ứng dụng mô hình BIM nâng cao hiệu quả quản lý dự án tại Tập đoàn xây dựng Coteccons
- 166 Nghiên cứu ứng dụng BIM vào đánh giá công trình xanh tại Việt Nam hiện nay
- 170 Ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý tiến độ và chi phí phần ngầm công trình cao tầng
- 174 Nghiên cứu ứng dụng mô hình thông tin công trình trong thiết kế hạ tầng đô thị
- 180 Phân tích mức độ ảnh hưởng của các nhân tố dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM
- 185 Phân tích năng lực tài chính doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam: Một cách tiếp cận định lượng
- 190 Nhận thức xanh trong dự án đầu tư xây dựng xanh: Sự khác biệt góc nhìn giữa nhà thực hành và sinh viên ngành Xây dựng
- 195 Ý định tham gia dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư (PPP) của khu vực tư nhân: Tiếp cận từ lý thuyết hành vi kế hoạch (TPB)
- 200 Nghiên cứu đặc trưng cơ lý của bê tông hạt nhỏ cốt sợi hiệu suất cao dùng trong sửa chữa nhanh mặt đường bê tông xi măng
- 204 Kinh nghiệm quy hoạch và phát triển giao thông đô thị bền vững: Bài học từ thế giới cho Việt Nam
- 208 Hiệu quả của công nghệ vật liệu trong quản lý xây dựng hệ thống thoát nước theo định hướng đô thị xanh
- 213 Ảnh hưởng của cường độ thép đối với hàm lượng thép chịu uốn nhỏ nhất trong dầm bê tông cốt thép
- 216 Cấu trúc địa kỹ thuật ảnh hưởng biến dạng đứng của nền đường khu vực Vĩnh Long - Cần Thơ
- 220 Đánh giá ứng xử của tường tầng hầm bằng phương pháp phần tử hữu hạn và quan trắc tại hiện trường
- 224 Giải pháp về hạ tầng kỹ thuật xanh góp phần phát triển bền vững Khu công nghiệp sinh thái ở Việt Nam
- 227 Tối ưu hóa giàn lớn bằng thuật toán cân bằng tăng cường tìm kiếm sinh vật cộng sinh
- 232 Khảo sát sự phân bố ứng suất trong liên kết neo lắp đặt sau chịu kéo nhỏ sử dụng mô hình biến dạng của bê tông để neo
- 237 Phát triển mô hình chuỗi thời gian LSTM để nâng cao độ chính xác trong việc dự đoán độ lún xử lý nền đất yếu
- 240 Nghiên cứu xây dựng lưới trắc địa phục vụ đào tạo tại cơ sở Nhà Bè, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh
- 243 Đánh giá chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng đồng bằng sông Hồng
- 246 Nghiên cứu tổng quan phương pháp đánh giá nguy cơ lún bề mặt
- 251 Phân tích khả năng kết nối ứng dụng thông tin Internet vệ tinh Starlink trong điều khiển tàu biển
- 254 Công nghệ tiên tiến và tiềm năng cải thiện gia công trực khuỷu động cơ diesel
- 257 Nghiên cứu bộ điều khiển trượt cho hệ thống tự động tránh va chạm tàu thủy
- 260 Phân tích một số tiêu chí lựa chọn hệ thống tiêu chuẩn cho lĩnh vực phương tiện đường sắt đô thị ở Việt Nam
- 263 Đánh giá khả năng đáp ứng tiêu chí về độ thoải mái của hành khách khi đoàn tàu đi trên cầu đường sắt tốc độ cao theo tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam và một số nước
- 268 Mô hình số đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình bảo vệ cảng ngoài khơi: Nghiên cứu đối với phương án quy hoạch cảng Trần Đề
- 273 Chuyển đổi xanh - mục tiêu phát triển bền vững của các doanh nghiệp sản xuất trên địa bàn TP Hải Phòng
- 276 Đánh giá vai trò của áp lực chân không trong gia cố nền đất bằng bắc thám



Rang-Tháp Chàm City, Ninh Thuan Province currently (Khanh Hoa)

- DINH VAN HOAN, NGUYEN DUY HUNG 146 Application of machine learning model to predict compressive strength of soil cement piles
- TRAN XUAN HIEU, PHAM THI ANH, PHAM HUNG CUONG 150 The sub-regional center model in Hanoi's peri-urban districts for spatial economic-service development post administrative reform: streamlining and district-level elimination
- NGUYEN CONG DUNG 156 From the politburo's resolution 68-NQ/TW to Vietnam's night-time economy scheme: Unlocking new growth space for urban development
- TRUONG CHI NHAN 160 Application of BIM to Enhance project management efficiency at Cotecons Construction Group
- NGUYEN THE ANH 166 Application of BIM in Green Building Assessment in Vietnam
- PHAN DUY NAM, NGUYEN ANH TUAN 170 Application of building information modeling (BIM) for Schedule and cost management of Underground works in high-rise buildings
- TRAN QUANG DUY, TRAN NGUYEN NAM TRUONG 174 Application of Building information modeling in Urban infra-structure design
- NGUYEN VAN SON, NGUYEN DINH MINH, NGUYEN DINH CHUC, LE QUOC LONG 180 Analyzing the main groups of causes leading to disputes in civil construction projects in Ho Chi Minh City
- NGUYEN HOAI NGHIA, TRAN THANH HA, DINH VINH PHUOC 185 Financial performance analysis of construction firms in vietnam: A quantitative approach
- PHAN THANH PHUONG, NGUYEN MONG HUYEN NHI, VO DANG KHOA 190 Green awareness in green construction investment projects: The differences perspectives between construction industry professionals and students
- HUYNH THI YEN THAO, VUONG THI THUY DƯƠNG, TRAN THI QUYNH NHU, VO CONG HAU 195 Private Sector's Intention to Participate in Public-Private Partnership (PPP) Investment projects: A Theory of Planned behavior approach
- TRAN HUU BANG, NGUYEN TUAN CUONG 200 Study on the mechanical properties of high performance fiber reinforced fine aggregate concrete for rapid repair of cement concrete pavement
- NGUYEN HONG THAI, CAO QUANG KHAI 204 Sustainable urban transport planning and development: Global lessons for Vietnam
- LE THI MAI HUONG, TA VAN PHAN 208 The Effectiveness of Material technology in Managing the Construction of drainage systems aligned with Green urban development
- TRAN CAO THANH NGOC 213 Effects of yield strengths of steel to the minimum flexural steel ratios
- PHAM KIEN, TRUONG MINH HOANG, PHAM TIEN CUONG, TAKEMURA JIRO 216 Geotechnical structure affects vertical deformation of loading road in Vinh Long - Can Tho of the Mekong Delta
- NGUYEN THANH HAI, NGUYEN VAN HAI, NGO TRUNG HIEN 220 Evaluation the behavior of dia-phragm wall by finite element modeling and on-site monitoring
- NGUYEN HONG TIEN 224 Green infrastructure solutions contribute to sustainable development of eco industrial park in vietnam
- NGUYEN NGOC PHU, NGUYEN DUC TIEN, LE KHA QUYEN, LE DO PHUONG AN, VU HO NAM 227 Large-scale truss optimization using the balance-enhanced sym-biotic organisms search algorithm
- NGUYEN TRUONG THANG, NGUYEN THI THU HUONG, NGUYEN THI THANH THAO, NGUYEN TUAN NINH 232 Investigation of stress distribution in post-installed anchor fastening subjected to tensile force using nonlinear model of base concrete
- VO NGUYEN PHU HUAN 237 Development of an LSTM time series model to improve the accuracy of settlement prediction in soft ground improvement
- TRAN VAN HUAN, NGUYEN XUAN HOA 240 Research on building a Geodetic network for training at Nha Be campus, Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment
- MAI VU YEN, TU SY SUA, DUONG HUU TUYEN 243 Assessing the quality of logistics services at inland container depots in the Red river delta region
- NGUYEN THANH TUAN, NGUYEN DUC DAM, PHAN TRONG TRINH, PHAM THAI BINH 246 Overview of land subsidence risk assessment methods
- PHAM NGUYEN DANG KHOA, NGUYEN TIEN PHUONG 251 Analysis of the possibility of connectivity from starlink satel-lite internet information application in navigation
- PHAM HONG DUONG, PHAM NGOC ANH, LE MANH HAI, LE NGOC THONG, TONG THI XUYEN, LE ANH PHONG, NGUYEN THANH CONG 254 Hard turning technology and its potential for improving diesel engine crankshaft machining
- PHAM TAT TIEP, NGUYEN VAN SUONG, NGUYEN THANH DIEU 257 A study on sliding mode control for automatic ship collision avoidance system
- VU VAN HIEP, VU QUANG KHOI, NGO XUAN HUNG, CAO MANH HUNG 260 An analysis of criteria for selecting standard systems for urban railway vehicles in Vietnam
- HOANG HA 263 Assessing the criteria for comfort limit while trains travel on high-speed railway bridges according to the design standards of Vietnam and some foreign countries
- PHAM VAN HAI, NGUYEN ANH DAN, NGUYEN VIET THANH, TRINH DINH LAI 268 Evaluation of wave reduction efficiency of offshore port protection work using numerical model: Case study for the layout of Tran De port
- NGUYEN HO HONG PHAT 273 Green transformation - a sustainable development goal for manufacturing enterprises in Hai Phong City
- PHAN MINH SANG, TRAN DUC KHANH, LE NGOC TAN, PHAM MINH TRIET, PHAM HUU HA GIANG 276 An evaluation of vacuum pressure effects in ground improvement using prefabricated vertical drain (PVD)

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D

(Chairman of the Scientific Council)

Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D

(Permanent Council)

Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D

Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D

Dr. Le Van Cu

Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D

Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D

Dr. Nguyen Hong Hai

Dr. Le Quang Hung

Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D

Dr. Khuat Viet Hung

Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung

Prof. Pham Huy Khang, Ph.D

Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi

Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang

Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D

Prof. Phan Quang Minh, Ph.D

Dr. Phan Huu Duy Quoc

Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D

Prof. Pham Cao Thang, Ph.D

Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D

Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D

Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D

Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D

Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Thai Binh

DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:

Nguyen Van Huong

Pham Van Dung

Nguyen Thanh Hoa

Ly Ngoc Thanh

OFFICE:

37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI

Editorial Board: 024.39740744

Email: banbientap@tapchixaydung.vn

Representative Office in Ho Chi Minh City:

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

Publication:

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

ISSN: 2734-9888

Account: 113000001172

Joint Stock Commercial Bank of Vietnam

Industrial and Commercial Branch,

Hai Ba Trung, Hanoi

Designed by: Thac Cuong

Printed at Quang Minh Company Limited

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

Hoang Mai, Hanoi City, Vietnam.

TRIỂN KHAI CÔNG TÁC QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ XÂY DỰNG:

Bám sát mục tiêu tăng trưởng 8% trở lên

> THẠCH LONG

6 tháng cuối năm 2025, toàn ngành Xây dựng quyết tâm hoàn thành nhiệm vụ được Chính phủ giao để góp phần thực hiện thành công mục tiêu tăng trưởng GDP 8% trở lên. Trong đó, tập trung thực hiện các nhiệm vụ trọng tâm, chiến lược về xây dựng và hoàn thiện chính sách pháp luật về xây dựng, sắp xếp tinh gọn bộ máy, triển khai chủ trương đầu tư các dự án lớn, bám sát hoạt động của chính quyền 2 cấp.

Theo báo cáo của Bộ Xây dựng, 6 tháng đầu năm 2025, Bộ Xây dựng đã triển khai kịp thời nhiệm vụ trọng tâm, chiến lược về xây dựng và hoàn thiện chính sách pháp luật, sắp xếp tinh gọn bộ máy, triển khai chủ trương đầu tư đường sắt tốc độ cao trục Bắc - Nam, Đề án 1 triệu căn nhà ở xã hội...

Bộ Xây dựng đã trình và được Quốc hội thông qua Luật Đường sắt, 6 Nghị quyết; Chính phủ ban hành 9 Nghị định; Thủ tướng Chính phủ đã ban hành 1 Quyết định; Bộ trưởng ban hành theo thẩm quyền 24 Thông tư...; Hoàn thành việc tham mưu trình Chính phủ ban hành 3 Nghị định, trình Thủ tướng Chính phủ ban hành 1 Quyết định và ban hành theo thẩm quyền 1 Thông tư liên quan đến việc phân cấp, phân quyền, phân định thẩm quyền gắn với thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp trong lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ.

6 tháng cuối năm, để hoàn thành nhiệm vụ được Chính phủ giao và góp phần thực hiện thành công mục tiêu tăng trưởng 8% trở lên trong năm 2025, Bộ trưởng Trần Hồng Minh yêu cầu các đơn vị liên quan chủ động, tập trung xây dựng các văn bản quy phạm pháp luật, đề án theo Chương trình của Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ và của Bộ Xây dựng, đảm bảo chất lượng, đúng tiến độ. Đặc biệt, triển khai chính sách quản lý nhà nước về xây dựng sát thực tiễn hoạt động của chính quyền 2 cấp.

Đẩy mạnh giải ngân vốn đầu tư công, điều chỉnh mục tiêu giải ngân, phấn đấu đạt 100% kế hoạch vốn ngân sách trung ương năm 2025 đã được Thủ tướng Chính phủ giao.

Tăng cường kiểm tra hiện trường, kịp thời tháo gỡ vướng mắc trong quá trình triển khai các dự án, nhất là các dự án quan trọng quốc gia, trọng điểm ngành Xây dựng và các dự án có kế hoạch hoàn thành trong dịp kỷ niệm 80 năm ngày Quốc khánh.

Tập trung hoàn thiện các thủ tục để khởi công các Hệ thống: ITS, Kiểm soát tải trọng xe, Thu phí trên các tuyến cao

tốc, Hệ thống Back-End và Hệ thống Quản lý cơ sở dữ liệu thanh toán điện tử giao thông đường bộ đảm bảo đưa vào thu phí trong năm 2025.

Đẩy nhanh tiến độ triển khai các dự án thành phần đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025; các dự án quan trọng, động lực. Khẩn trương hoàn thành thủ tục và khởi công đầu tư trong năm 2025 đối với tuyến đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng; hoàn thiện Quy hoạch tuyến đường sắt Lạng Sơn - Hà Nội, Móng Cái - Hạ Long - Hải Phòng và đẩy nhanh tiến độ chuẩn bị hoàn thiện thủ tục đầu tư toàn tuyến dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam; nâng cao chất lượng chuẩn bị đầu tư các dự án cho giai đoạn 2026 - 2030.

Khẩn trương nghiên cứu, xây dựng cơ chế, chính sách khuyến khích các nhà thầu trong nước đầu tư, mở rộng năng lực sản xuất nguyên vật liệu, nâng cao năng lực thiết kế, thi công xây lắp, quản lý xây dựng để đủ khả năng tham gia sâu vào quá trình xây dựng, vận hành các dự án trọng điểm, có tính phức tạp cao.

Thực hiện kiểm tra theo kế hoạch đối với công trình do Hội đồng Kiểm tra nhà nước về công tác nghiệm thu công trình xây dựng. Tiếp tục tăng cường công tác kiểm tra, theo dõi các dự án đang triển khai: theo dõi, kiểm tra, đôn đốc về chất lượng, tiến độ thi công, đảm bảo an toàn giao thông, an toàn lao động và vệ sinh môi trường các công trình dự án, đặc biệt là các dự án trọng điểm.

Thực hiện rà soát, ban hành khung giá, giá tối đa dịch vụ vận tải đối với lĩnh vực Đường sắt, Hàng hải và Đường thủy. Rà soát các quy định về giá dịch vụ hàng không, đảm bảo phù hợp với tình hình thực tế.

Nghiên cứu xây dựng đề án cơ sở dữ liệu vận tải liên thông, tích hợp dữ liệu từ cảng biển, ICD, ga đường sắt, sân bay, bến thủy... để đồng bộ luồng thông tin - luồng hàng để có thể hình thành sàn giao dịch vận tải trong những năm tới.

Đẩy mạnh chuyển đổi số, nghiên cứu xây dựng đề án cơ



Ngày 12/7, Bộ trưởng Trần Hồng Minh đã kiểm tra, đôn đốc tiến độ thi công cầu Rạch Miễu 2, nối tỉnh Tiền Giang và Bến Tre (nay là tỉnh Đồng Tháp và tỉnh Vĩnh Long). Dự kiến cầu Rạch Miễu 2 sẽ đưa vào khai thác trước ngày 19/8.

sở dữ liệu vận tải để có thể hình thành sàn giao dịch vận tải trong những năm tới.

Tiếp tục triển khai các Đề án cơ cấu lại doanh nghiệp nhà nước giai đoạn 2021 - 2025, nâng cao hiệu quả hoạt động, chủ động xây dựng các nhiệm vụ, giải pháp cụ thể để phát triển doanh nghiệp với tinh thần “thể chế thông thoáng, hạ tầng thông suốt, quản trị thông minh”. Triển khai cơ cấu lại, đổi mới, phát triển, nâng cao hiệu quả DNNN và chuyển đơn vị sự nghiệp thành công ty cổ phần trong giai đoạn 2026 - 2030.

Thúc đẩy liên kết nhiều bên doanh nghiệp; Xây dựng cơ chế ưu tiên hình thành, phát triển lực lượng sản xuất mới, phát triển mạnh doanh nghiệp dân tộc, quy mô lớn.

Nghiên cứu, sửa đổi Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn phù hợp với mô hình chính quyền địa phương 2 cấp; Thực hiện hướng dẫn các địa phương thực hiện pháp luật về quy hoạch, kiến trúc và trong quản lý, tổ chức thực hiện pháp luật về quy hoạch, kiến trúc khi thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp. Nghiên cứu, xây dựng dự thảo Nghị quyết của Ủy ban thường vụ Quốc hội về Phân loại đô thị theo đúng tiến độ, chất lượng.

Đôn đốc, thực hiện Đề án “Đầu tư xây dựng 1 triệu căn hộ nhà ở xã hội cho đối tượng thu nhập thấp, công nhân khu công nghiệp giai đoạn 2021 - 2030”. Khẩn trương nghiên cứu, xây dựng, trình Chính phủ thành lập Quỹ nhà ở Quốc gia để phát huy hiệu quả Nghị quyết số 201/2025/QH15 của Quốc hội về chính sách đặc thù phát triển nhà ở xã hội, phấn đấu hoàn thành trên 100 nghìn căn nhà ở xã hội trong năm 2025. Tiếp tục đẩy mạnh Phong trào thi đua “Chung tay xóa nhà tạm, nhà dột nát trên phạm vi cả nước”...; Tập trung đẩy nhanh tiến độ xây dựng Đề án thí điểm mô hình “Trung tâm giao dịch bất động sản và quyền sử dụng đất do Nhà nước quản lý” để trình Thủ tướng Chính phủ.

Nghiên cứu, sửa đổi, bổ sung Nghị định số 100/2024/NĐ-CP của Chính phủ quy định một số điều của Luật Nhà ở về phát triển và quản lý nhà ở xã hội theo trình tự, thủ tục rút gọn. Tiếp

tục đôn đốc, hướng dẫn tháo gỡ khó khăn, vướng mắc trong triển khai thực hiện dự án bất động sản cho các địa phương, doanh nghiệp tại các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương.

Tập trung triển khai kế hoạch thực hiện Nghị quyết số 57/NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị và Nghị quyết 03-NQ/CP ngày 09/01/2025 của Chính phủ về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia.

Thực hiện rà soát bộ tiêu chuẩn về đường sắt tốc độ cao; bộ tiêu chuẩn về đường bộ; bộ tiêu chuẩn về xây dựng nhà máy điện hạt nhân; Tổ chức rà soát hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn quy chuẩn ngành Xây dựng; Tiếp tục tổ chức theo dõi, đôn đốc việc xây dựng, thẩm định, ban hành các quy chuẩn của ngành Xây dựng.

Đẩy mạnh cơ cấu lại, tập trung phát triển các ngành trọng điểm như công nghiệp chế biến, chế tạo, vật liệu xây dựng, vật liệu phục vụ ngành năng lượng tái tạo (điện mặt trời, điện gió ngoài khơi...), nội địa hóa ngành công nghiệp đường sắt phục vụ đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam và các dự án đường sắt quốc gia

Tập trung thực hiện đôn đốc, phối hợp chặt chẽ với các địa phương theo dõi, nắm bắt thường xuyên diễn biến thị trường, biến động giá vật liệu xây dựng trên thị trường để chủ động có giải pháp giảm giá kịp thời, bảo đảm cân đối cung - cầu, bình ổn thị trường.

Đối với Sở Xây dựng ở các địa phương, Bộ trưởng Trần Hồng Minh đề nghị các Sở Xây dựng chủ động bố trí, lựa chọn nguồn lực, nhân sự đáp ứng yêu cầu nhiệm vụ, tăng cường tập huấn cho công chức, viên chức trực tiếp thực hiện nhiệm vụ; phối hợp với Bộ Xây dựng khẩn trương thực hiện 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, trong đó tập trung xây dựng cơ sở dữ liệu ngành Xây dựng, hoàn thành trong năm 2025. Hiện Bộ Xây dựng đã thiết lập đường dây nóng, sẵn sàng đồng hành cùng địa phương, trường hợp cần thiết Bộ sẽ phân công cán bộ để hỗ trợ trực tiếp...❖

PHÂN CẤP, PHÂN QUYỀN TRONG NGÀNH XÂY DỰNG:**Từ chính sách đến hành động****NGUYỄN HẠNH**

Với hàng loạt văn bản pháp luật mới được ban hành, hơn 200 nhiệm vụ được chuyển giao về địa phương, đặc biệt là cấp xã, phường, đang mở ra một giai đoạn mới trong cải cách hành chính ngành Xây dựng.

HOÀN THIỆN CHÍNH SÁCH PHÁP LUẬT

Bám sát chỉ đạo của Chính phủ về “xây dựng thể chế phân cấp, phân quyền nhiều hơn nữa”, Bộ Xây dựng đã chủ động, quyết liệt triển khai đồng bộ các giải pháp nhằm cụ thể hóa mô hình chính quyền địa phương 2 cấp trong quản lý nhà nước lĩnh vực xây dựng, quy hoạch, đô thị. Bộ đã ban hành 1 Kế hoạch xây dựng các nghị định phân cấp, phân quyền, phân định thẩm quyền gắn với thực hiện mô hình tổ chức chính quyền địa phương 2 cấp và 3 Công điện yêu cầu các đơn vị thuộc Bộ rà soát chức năng, nhiệm vụ để đề xuất phân cấp, phân quyền, phân định thẩm quyền phù hợp.

Trên cơ sở đó, Bộ đã trình Quốc hội thông qua Luật Đường sắt, trong đó có nhiều nội dung phân quyền. Đồng thời đã sửa đổi, bổ sung Luật Xây dựng để quy định đối với trường hợp miễn giấy phép xây dựng với công trình thuộc dự án đầu tư xây dựng đã được cơ quan chuyên môn về xây dựng thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng tại khu vực có quy hoạch chi tiết tỷ lệ 1/500 hoặc thiết kế đô thị đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt; Bổ quy định về thủ tục cấp chứng chỉ năng lực hoạt động xây dựng. Việc sửa đổi, bổ sung này góp phần tạo động lực cho địa phương phát triển hạ tầng đầu tư xây dựng, tạo đột phá về không gian phát triển mới trong những năm tới.

3 TRỤ CỘT PHÁP LÝ THÚC ĐẨY PHÂN QUYỀN NGÀNH XÂY DỰNG

Cùng với sửa đổi pháp luật, Bộ Xây dựng đã tham mưu Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ ban hành 3 Nghị định, trong đó nổi bật:

Nghị định số 140/2025/NĐ-CP quy định về phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp trong lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng. Điểm nổi bật của Nghị định là: Phân định rõ ràng, hệ thống hóa thẩm quyền giữa cấp tỉnh và cấp xã trong phát triển đô thị, hạ tầng kỹ thuật, cấp nước, vật liệu xây dựng, nhà ở, công trình công cộng, thị trường bất

động sản... Thay đổi cách tiếp cận từ “quản lý theo cơ quan” sang “quản lý theo địa bàn”, đảm bảo địa phương có thể xử lý công việc trực tiếp, liên thông, không đùn đẩy. Bổ sung quy định cơ chế phối hợp giữa các cấp chính quyền, đặc biệt là trong việc kiểm tra, thanh tra, cấp phép xây dựng, xử lý vi phạm hành chính. Nghị định có hiệu lực từ ngày 01/7/2025.

Nghị định số 144/2025/NĐ-CP quy định về phân quyền, phân cấp trong lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng. Nghị định phân quyền cụ thể từ Bộ Xây dựng cho các cơ quan chuyên môn cấp tỉnh, cấp xã, không chỉ “nêu nguyên tắc” như trước đây mà kèm theo danh mục công việc được chuyển giao, ví dụ: Thẩm định dự toán, thiết kế công trình; Kiểm tra công tác nghiệm thu; Cấp phép xây dựng; Quản lý chi phí đầu tư xây dựng; Thực hiện giám sát chất lượng công trình... giúp giảm tải khối lượng công việc cho Bộ Xây dựng, đồng thời tăng tính linh hoạt và tốc độ xử lý công việc ở địa phương; là cơ sở để chuyển đổi mô hình quản lý từ “tiền kiểm sang hậu kiểm”, hướng đến Chính phủ điện tử, chính quyền số. Nghị định có hiệu lực từ ngày 01/7/2025.

Nghị định số 145/2025/NĐ-CP quy định về phân định thẩm quyền của chính quyền địa phương 2 cấp, phân quyền, phân cấp trong lĩnh vực quy hoạch đô thị và nông thôn. Hiện đã có 73% nhiệm vụ thuộc lĩnh vực quy hoạch trước đây thuộc thẩm quyền của Thủ tướng Chính phủ, của Bộ Xây dựng được phân cấp, phân quyền cho địa phương, 100% nhiệm vụ thuộc lĩnh vực kiến trúc phân cấp cho địa phương. Theo đó, UBND cấp xã có thẩm quyền phê duyệt, điều chỉnh cục bộ các đồ án quy hoạch như: Quy hoạch chi tiết 1/500 tại đô thị loại IV, V; Quy hoạch xây dựng điểm dân cư nông thôn; Quy hoạch xây dựng xã đạt chuẩn nông thôn mới... Nghị định quy định rõ quy trình lấy ý kiến cộng đồng dân cư, doanh nghiệp tại địa phương, làm tăng tính minh bạch và thực tiễn của đồ án quy hoạch. Cho phép cấp xã thực hiện điều chỉnh cục bộ quy hoạch mà không cần báo cáo cấp tỉnh nếu đủ điều kiện, giảm

thiểu thủ tục hành chính đáng kể. Nghị định có hiệu lực từ ngày 01/7/2025.

HƠN 200 NHIỆM VỤ ĐƯỢC CHUYỂN GIAO

Việc triển khai các Nghị định và Thông tư về phân quyền, phân cấp, phân định thẩm quyền trong lĩnh vực xây dựng đã mang lại chuyển biến rõ nét trong tổ chức thực thi ở địa phương. Theo thống kê, hơn 200 nhiệm vụ đã được chuyển giao, trong đó 94 nhiệm vụ từ cấp huyện được giao cho cấp xã, và 118 nhiệm vụ từ Trung ương được phân quyền, phân cấp về địa phương.

Nhiều nhiệm vụ có tính chuyên môn cao, trước đây thường do Trung ương hoặc cấp tỉnh thực hiện, nay đã được giao cho địa phương, như: Cấp chứng chỉ thẩm tra viên an toàn giao thông, cấp giấy phép vận tải đường bộ; Thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng, thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế cơ sở, kiểm tra công tác nghiệm thu công trình xây dựng; Công nhận tổ chức xã hội - nghề nghiệp đủ điều kiện cấp chứng chỉ hành nghề, chứng chỉ năng lực hoạt động xây dựng; Phê duyệt quy hoạch chung đô thị và đô thị mới, quy hoạch chung khu du lịch quốc gia... Đây là minh chứng cho bước chuyển rõ rệt trong tư duy quản lý: Thay vì "ôm việc" ở Trung ương, nay Bộ Xây dựng giữ vai trò hoạch định vĩ mô, trong khi địa phương là trung tâm tổ chức thực hiện.

Hỗ trợ địa phương thực hiện hiệu quả nhiệm vụ mới, Bộ đã phối hợp với Bộ Nội vụ xây dựng Cẩm nang chính quyền cấp xã; công bố, công khai, cập nhật trên Cơ sở dữ liệu quốc gia về thủ tục hành chính đối với các thủ tục hành chính đã được phân quyền, phân cấp, phân định thẩm quyền tại Nghị định, Thông tư; thành lập Bộ phận thường trực, đường dây nóng tiếp nhận, hướng dẫn, giải đáp phản ánh, kiến nghị, vướng mắc của các cơ quan, tổ chức, cá nhân.

Tuy nhiên, thực tiễn triển khai cũng sẽ đặt ra nhiều thách thức về năng lực tổ chức thực hiện của các cấp tại địa phương, như một số địa phương có thể gặp lúng túng khi tiếp nhận thêm nhiệm vụ nhưng chưa được chuẩn bị kỹ lưỡng, đầy đủ về nhân lực, quy trình, nghiệp vụ; cán bộ chuyên môn về quản lý xây dựng, quy hoạch, thẩm định... còn thiếu và yếu, nhất là ở cấp xã; việc phối hợp, liên thông giữa các cơ quan, đơn vị chưa có quy trình cụ thể...

5 GIẢI PHÁP TRỌNG TÂM PHÁT HUY HIỆU QUẢ PHÂN QUYỀN NGÀNH XÂY DỰNG

Để khắc phục bất cập và phát huy hiệu quả phân quyền, Bộ Xây dựng xác định 5 nhóm giải pháp trọng tâm:

Một là, hoàn thiện thể chế pháp luật. Trong thời gian tới, Bộ sẽ nghiên cứu, rà soát sửa đổi tổng thể Luật Xây dựng bắt đầu từ quý III/2025 trong đó đề xuất cấp có thẩm quyền các cơ chế, chính sách phù hợp với chủ trương về phân cấp, phân quyền và chính quyền địa phương 2 cấp. Xây dựng Nghị định hướng dẫn Luật Đường sắt 2025 về thiết kế kỹ thuật tổng thể cho các dự án đường sắt và các Nghị định hướng dẫn Luật Xây dựng sửa đổi (dự kiến sẽ ban hành 3 Nghị định về quản lý dự án đầu tư xây dựng, quản lý chi phí xây dựng và quản lý cơ

sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng trong năm 2026). Hoàn thiện Thông tư hướng dẫn về cơ sở dữ liệu quốc gia lĩnh vực hoạt động xây dựng và các Thông tư về quản lý chi phí đầu tư xây dựng công trình, quản lý chi phí bảo trì công trình xây dựng, quản lý hợp đồng xây dựng để phù hợp với thực tiễn (dự kiến sẽ ban hành 6 Thông tư trong năm 2026).

Hai là, tập huấn và truyền thông chính sách tại địa phương. Phối hợp với UBND cấp tỉnh tổ chức phổ biến, hướng dẫn triển khai các văn bản quy phạm pháp luật thuộc lĩnh vực xây dựng mới được ban hành, triển khai các lớp tập huấn nghiệp vụ chuyên sâu cho cán bộ cấp cơ sở về thẩm định, cấp giấy phép xây dựng, kiểm tra công tác nghiệm thu... thông qua Hội thảo do Bộ tổ chức tại 3 miền Bắc, Trung, Nam; Các hội nghị, tập huấn do các Cục, Vụ phối hợp với các Sở, cơ quan, đơn vị tại các địa phương... theo hình thức trực tiếp và trực tuyến phù hợp với điều kiện thực tế.

Ba là, tăng cường công tác hậu kiểm, thanh tra. Cụ thể, thiết lập cơ chế hậu kiểm chặt chẽ, đảm bảo xác định rõ trách nhiệm đến từng cá nhân, tổ chức trong từng khâu, từng bước trong quản lý đầu tư xây dựng, kịp thời phát hiện để ngăn chặn, chấn chỉnh đối với các vi phạm có thể xảy ra; kiên quyết xử lý nghiêm đối với các vi phạm trật tự xây dựng hoặc buông lỏng quản lý.

Bốn là, ứng dụng chuyển đổi số, xây dựng cơ sở dữ liệu quốc gia. Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin và chuyển đổi số trong hoạt động xây dựng, trong đó nâng cao việc triển khai ứng dụng BIM trong các hoạt động xây dựng và trong quá trình thực hiện nhiệm vụ quản lý nhà nước; tiếp tục rà soát các thành phần hồ sơ có thể thay thế được bằng dữ liệu để cắt giảm giấy tờ và chi phí tuân thủ và đơn giản hoá thủ tục cho người dân, doanh nghiệp khi thực hiện thủ tục hành chính; xây dựng, tạo lập hệ thống thông tin, cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng, từ đó hình thành phương thức quản lý nhà nước về xây dựng trên môi trường số nhằm tăng cường công khai, minh bạch và giám sát của nhân dân.

Năm là, đổi mới quản lý chi phí xây dựng. Rà soát, nghiên cứu, sửa đổi, bổ sung các quy định về quản lý chi phí đầu tư xây dựng; rà soát, sửa đổi, bổ sung các quy định để tổ chức xác định, ban hành kịp thời định mức, giá xây dựng cho các công nghệ mới, vật liệu mới nhằm khắc phục tình trạng thiếu công cụ định mức, giá xây dựng. Nghiên cứu, đổi mới quản lý chi phí các dự án đầu tư xây dựng theo vòng đời dự án (bao gồm cả quá trình sử dụng, vận hành); từng bước thay thế hệ thống định mức dự toán cho các công tác xây dựng bằng hệ thống đơn giá xây dựng tổng hợp bộ phận, kết cấu công trình và xây dựng cơ sở dữ liệu về chi phí xây dựng từ các dự án đã quyết toán. Xây dựng lộ trình tiến tới áp dụng BIM trong quản lý chi phí một cách trực quan, chính xác và minh bạch.

Với sự phân quyền mạnh mẽ, hàng trăm nhiệm vụ được chuyển giao về địa phương, đặc biệt là cấp xã phường, đang mở ra một giai đoạn mới trong cải cách hành chính ngành Xây dựng, góp phần vào công cuộc phát triển mạnh mẽ của đất nước. ❖

Tháo gỡ điểm nghẽn, tạo “đột phá” cho đầu tư phát triển đường sắt



TUẤN ĐÔNG

Luật Đường sắt (sửa đổi) có nhiều quy định mới, mang tính “đột phá” cho đầu tư phát triển đường sắt, đặc biệt là các quy định về việc đẩy mạnh phân quyền để phát huy tính chủ động, sáng tạo của địa phương trong đầu tư phát triển hệ thống đường sắt.

ĐẨY MẠNH PHÂN QUYỀN ĐỂ PHÁT HUY TÍNH CHỦ ĐỘNG, SÁNG TẠO CỦA ĐỊA PHƯƠNG

Luật Đường sắt (sửa đổi) được Quốc hội khóa XV thông qua tại Kỳ họp thứ 9, ngày 27/6, và có hiệu lực từ ngày 01/01/2026.

Luật gồm 4 chương, 59 điều, quy định về hoạt động đường sắt; quyền, nghĩa vụ và trách nhiệm của tổ chức, cá nhân liên quan đến hoạt động đường sắt.

Cụ thể, về đầu tư xây dựng dự án đường sắt quan trọng quốc gia, dự án đường sắt do Quốc hội quyết định chủ trương đầu tư, trường hợp việc lập, thẩm định, phê duyệt, điều chỉnh dự án đường sắt, dự án tái định cư phục vụ giải phóng mặt bằng cho dự án đường sắt theo quy hoạch mạng lưới đường sắt, quy hoạch tỉnh nhưng có thay đổi so với quy hoạch khác có liên quan thì dự án được phê duyệt mà không phải thực hiện thủ tục điều chỉnh quy hoạch; quy hoạch có liên quan phải được kịp thời cập nhật cho phù hợp và công bố theo quy định.

Ngoài ra, cấp có thẩm quyền quyết định đầu tư dự án đường sắt được quyết định phân chia dự án thành các dự án thành phần, dự án thành phần độc lập, tiểu dự án trong đó có dự án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư trong quá trình lập dự án đầu tư xây dựng, dự án thành phần được quản lý như dự án độc lập. Đáng chú ý, việc phân chia dự án thành phần không phải đáp ứng yêu cầu về vận hành độc lập như quy định của pháp luật về xây dựng.

Trong khi đó, về bồi thường, hỗ trợ, tái định cư khi Nhà nước thu hồi đất, Luật Đường sắt (sửa đổi) quy định, đối với dự án đường sắt đã được cấp có thẩm quyền quyết định chủ trương đầu tư, UBND cấp tỉnh có dự án đi qua được lập, thẩm định, quyết định đầu tư các dự án thành phần, dự án thành phần độc lập về bồi thường, hỗ trợ, tái định cư trên cơ sở hồ sơ thiết kế sơ bộ trong báo cáo nghiên cứu tiền khả thi, các dự án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư không phải quyết định

chủ trương đầu tư; bố trí tạm cư cho người có đất bị thu hồi, bảo đảm ổn định đời sống của người dân.

Bên cạnh đó, Luật cũng quy định cơ quan có thẩm quyền được quyết định việc chỉ định thầu đối với các gói thầu tư vấn, phi tư vấn, xây lắp thực hiện bồi thường, hỗ trợ, tái định cư. Trình tự, thủ tục chỉ định thầu thực hiện theo quy định của pháp luật về đấu thầu.

Đối với dự án đường sắt địa phương, dự án đường sắt địa phương theo mô hình phát triển đô thị lấy giao thông công cộng làm trung tâm (TOD), UBND cấp tỉnh quyết định tách nội dung bồi thường, hỗ trợ, tái định cư thành dự án thành phần, dự án thành phần độc lập trên cơ sở phương án tuyến công trình, vị trí công trình, tổng mặt bằng tuyến đường sắt địa phương hoặc quy hoạch khu vực TOD đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt; dự án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư không phải quyết định chủ trương đầu tư.

Việc lập, thẩm định, quyết định đầu tư dự án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư theo quy định của pháp luật về đấu tư công.

LUẬT ĐƯỜNG SẮT (SỬA ĐỔI) CƠ BẢN THÁO GỠ CÁC “ĐIỂM NGHẼN”, VƯỚNG MẮC

Phát biểu tại cuộc họp báo công bố Lệnh của Chủ tịch nước về các luật đã được Quốc hội thông qua tại Kỳ họp thứ 9 vừa qua, Thứ trưởng Bộ Xây dựng Nguyễn Danh Huy cho rằng, việc ban hành Luật Đường sắt (sửa đổi) nhằm thể chế hóa các chủ trương, quan điểm chỉ đạo của Đảng, đặc biệt là “bộ tứ chiến lược” nhằm phát triển hệ thống kết cấu hạ tầng, công nghiệp và vận tải đường sắt đáp ứng yêu cầu công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước; đồng thời giải quyết các vướng mắc, bất cập phát sinh trong thực tiễn đầu tư phát triển, kinh doanh vận tải đường sắt thời gian vừa qua.

“Luật Đường sắt (sửa đổi) có những quy định mới, mang tính “đột phá” cho đầu tư phát triển đường sắt, trong đó đẩy mạnh phân quyền từ Thủ tướng Chính phủ cho Bộ trưởng và



Luật Đường sắt (sửa đổi) có những quy định mới, mang tính “đột phá” cho đầu tư phát triển đường sắt, trong đó đẩy mạnh phân quyền từ Thủ tướng Chính phủ cho Bộ trưởng và từ Chính phủ, Bộ cho chính quyền địa phương theo phương châm “địa phương quyết, địa phương làm, địa phương chịu trách nhiệm” để phát huy tính chủ động, sáng tạo của địa phương trong đầu tư phát triển hệ thống đường sắt, đặc biệt là đường sắt địa phương. Những quy định mới đã mở ra cơ hội để huy động tối đa nguồn lực, đặc biệt là nguồn lực của khu vực kinh tế tư nhân tham gia vào đầu tư phát triển hệ thống đường sắt”.

Thứ trưởng Nguyễn Danh Huy



từ Chính phủ, Bộ cho chính quyền địa phương theo phương châm “địa phương quyết, địa phương làm, địa phương chịu trách nhiệm” để phát huy tính chủ động, sáng tạo của địa phương trong đầu tư phát triển hệ thống đường sắt, đặc biệt là đường sắt địa phương”, Thứ trưởng Nguyễn Danh Huy nhấn mạnh.

Cũng theo Thứ trưởng Nguyễn Danh Huy, những quy định mới đã mở ra cơ hội để huy động tối đa nguồn lực, đặc biệt là nguồn lực của khu vực kinh tế tư nhân tham gia vào đầu tư phát triển hệ thống đường sắt.

Một trong những điểm mới quan trọng của Luật Đường sắt (sửa đổi) là việc bổ sung quy định về đầu tư dự án đường sắt bằng nguồn vốn ngoài nhà nước để thể chế hóa Nghị quyết số 68-NQ/TW ngày 04/5/2025 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân.

Liên quan đến nội dung này, Thứ trưởng Nguyễn Danh Huy nêu rõ, thời gian qua, các dự án đường sắt đều được đầu tư bằng nguồn vốn đầu tư công. Quy định mới đã mở ra cơ hội để huy động tối đa nguồn lực, đặc biệt là nguồn lực của khu vực kinh tế tư nhân tham gia vào đầu tư phát triển hệ thống đường sắt. Bên cạnh đó, Luật vẫn có các quy định ràng buộc, kiểm soát bảo đảm vừa huy động được nguồn lực tư nhân, vừa giữ được vai trò quản lý của Nhà nước đối với hệ thống đường sắt.

Đáng chú ý, Luật Đường sắt (sửa đổi) đã bổ sung các quy định về quản lý chi phí đầu tư nhằm giải quyết vướng mắc trong quá trình xác định chi phí đối với những công trình, hạng mục, thiết bị mà Việt Nam chưa có.

Bên cạnh đó, Luật cũng bổ sung quy định để giải quyết vướng mắc về hợp đồng, đặc biệt là các hợp đồng đầu tư xây dựng đường sắt áp dụng theo mẫu hợp đồng FIDIC trong thời gian qua (Hợp đồng FIDIC là hợp đồng do Hiệp hội Các kỹ sư tư vấn quốc tế soạn thảo. Đây là hợp đồng mẫu tiêu chuẩn trong lĩnh vực xây dựng, kỹ thuật quốc tế, được chấp

nhận rộng rãi trên thế giới hiện nay - PV).

Đáng chú ý, Luật Đường sắt (sửa đổi) đã có các quy định nhằm đẩy nhanh tiến độ thực hiện công tác bồi thường, hỗ trợ, tái định cư, góp phần giảm thời gian chuẩn bị, sớm triển khai và đưa dự án vào khai thác hiệu quả.

“Bên cạnh các cơ chế thông thoáng nhằm đẩy nhanh tiến độ đầu tư xây dựng dự án đường sắt, Luật Đường sắt (sửa đổi) cũng đã bổ sung nội dung về bảo đảm phòng, chống tham nhũng, lãng phí, tiêu cực để vừa khơi thông, tháo gỡ nhưng cũng có cơ chế kiểm soát của Nhà nước bảo đảm công khai, minh bạch, tránh lãng phí, tiêu cực, thất thoát tài sản Nhà nước”, Thứ trưởng Nguyễn Danh Huy thông tin.

Ngoài ra, để tháo gỡ các khó khăn, vướng mắc trong việc cấp giấy phép xây dựng, Luật Đường sắt (sửa đổi) đã sửa đổi quy định của Luật Xây dựng, theo đó, từ ngày 01/7/2025, các công trình thuộc dự án đầu tư xây dựng đã được cơ quan chuyên môn về xây dựng thẩm định Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng tại khu vực có Quy hoạch chi tiết tỷ lệ 1/500, hoặc thiết kế đô thị đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt, thì được miễn giấy phép xây dựng.

“Đây cũng là điểm mới mang tính đột phá của Luật nhằm tháo gỡ điểm nghẽn, tạo thuận lợi cho người dân, doanh nghiệp, đặc biệt là khi thực hiện mô hình chính quyền địa phương 2 cấp”, Thứ trưởng Nguyễn Danh Huy nhấn mạnh.❖

Theo ước tính, tổng nhu cầu vốn đầu tư cho hạ tầng giao thông đến năm 2030 có thể lên tới hơn 1 triệu tỷ đồng. Tuy nhiên, đây mới chỉ là con số tổng thể, khi đi vào từng dự án cụ thể, đặc biệt với tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, tổng mức đầu tư sơ bộ ước tính đã hơn 1,713 triệu tỷ đồng, tương đương khoảng 67 tỷ USD.

Vì sao kỹ sư xây dựng cần **Chứng chỉ hành nghề** dù đã tốt nghiệp đại học?



LÊ VĂN THỊNH*

Chứng chỉ hành nghề không phải là rào cản hành chính, mà là một cơ chế sàng lọc cần thiết. Đó là một “lá chắn” bảo vệ xã hội, một chuẩn mực của văn hóa trách nhiệm mà mọi quốc gia văn minh đều áp dụng. Đó là một công cụ bảo vệ cộng đồng khỏi những rủi ro tiềm ẩn trong ngành Xây dựng và là lời cam kết trách nhiệm của người kỹ sư đối với xã hội.

CÂU HỎI THẬT ĐỜI VÀ BẢN CHẤT CỐT LÕI CỦA NGHỀ

“Tôi đã học 4 - 5 năm đại học xây dựng, ra trường bằng khá, giỏi, sao vẫn phải xin chứng chỉ hành nghề (CCHN)?”

Đây không phải là một câu hỏi của riêng sinh viên mới tốt nghiệp, mà thậm chí nhiều kỹ sư đã “dày dạn” kinh nghiệm cũng đôi lần thắc mắc. Đằng sau sự băn khoăn tưởng chừng đơn giản này lại là một vấn đề sâu sắc, chạm tới bản chất cốt lõi của ngành Xây dựng: một nghề đặc biệt, nơi kiến thức phải đi đôi với trách nhiệm, và lý thuyết phải được kiểm chứng bằng thực tiễn.

Nghề xây dựng, với bản chất đặc thù, luôn đặt ra những yêu cầu khắt khe về năng lực và trách nhiệm. Nghề xây dựng không chỉ là vẽ cho đẹp, tính cho đúng, mà quan trọng hơn cả, là ký để chịu trách nhiệm. Mỗi công trình, dù lớn hay nhỏ, đều là một phần của không gian sống, làm việc của con người, ảnh hưởng trực tiếp đến sự an toàn tính mạng và tài sản của hàng trăm, hàng nghìn người. Từ những cây cầu vũng chãi bắc qua sông, những tòa nhà chọc trời vươn cao, đến hệ thống hạ tầng giao thông phức tạp, tất cả đều đòi hỏi sự chính xác tuyệt đối, kiến thức chuyên môn sâu rộng và kinh nghiệm thực tiễn vững vàng. Chữ ký của kỹ sư trên hồ sơ thiết kế, hồ sơ giám sát hay nghiệm thu công trình, thực chất không chỉ là nét mực, mà là lời cam kết pháp lý, là sự bảo đảm về an toàn trước cộng đồng.

Chính vì lẽ đó, câu hỏi “Vì sao kỹ sư xây dựng dù đã tốt nghiệp đại học vẫn phải xin cấp chứng chỉ hành nghề?” không chỉ là một thắc mắc cá nhân, mà còn là một vấn đề mang tính xã hội sâu sắc. Nó chạm đến cốt lõi của văn hóa chịu trách nhiệm và cơ chế kiểm soát chất lượng trong một lĩnh vực có rủi

ro cao. Bằng đại học, dù là minh chứng cho quá trình học tập và tích lũy kiến thức nền tảng, nhưng chưa đủ để đảm bảo một cá nhân có thể độc lập chịu trách nhiệm pháp lý và kỹ thuật cho những công trình mang tính sống còn. CCHN ra đời chính là để lấp đầy khoảng trống đó, tạo ra một cơ chế sàng lọc cần thiết, đảm bảo rằng chỉ những người thực sự đủ năng lực và bản lĩnh mới được phép “ký tên chịu trách nhiệm”.

Nếu chỉ dựa vào bằng đại học, chúng ta đang bỏ qua yếu tố kinh nghiệm và trách nhiệm. Trong một ngành đầy rủi ro như xây dựng, việc cấp phép hành nghề là tấm lá chắn, là cơ chế sàng lọc bắt buộc để bảo vệ cả xã hội khỏi những thảm họa tiềm ẩn.

KHOẢNG CÁCH GIỮA LÝ THUYẾT VÀ THỰC TIỄN

Thứ nhất, cần hiểu rằng bằng đại học mới chỉ là tấm vé vào nghề.

Tấm bằng đại học là một thành tựu quan trọng, chứng minh người kỹ sư đã hoàn thành chương trình đào tạo chuyên sâu. Bằng cấp thể hiện người học đã nắm vững nền tảng kiến thức khoa học cơ bản, từ cơ học kết cấu, sức bền vật liệu, địa kỹ thuật, đến thiết kế bê tông cốt thép và kết cấu thép. Sinh viên được làm quen với các tiêu chuẩn kỹ thuật, công nghệ tiên tiến và phương pháp tính toán phức tạp, được trang bị kỹ năng sử dụng các phần mềm chuyên dụng như AutoCAD, SAP2000, Etabs, Revit.

Bằng đại học là một minh chứng học thuật. Nó xác nhận rằng người học đã hoàn thành một chương trình đào tạo chính quy, được trang bị kiến thức cơ bản, lý thuyết chuyên ngành, và các kỹ năng phân tích, giải quyết vấn đề trong môi trường học thuật. Một kỹ sư có bằng đại học có thể hiểu về sức bền vật liệu, kết cấu, quy hoạch, quản lý dự án... Tuy

() Cựu Trưởng phòng Giám định 1, Cục Giám định Nhà nước về chất lượng công trình xây dựng (Bộ Xây dựng)*



nhiên, kiến thức trên ghế giảng đường, dù nền tảng đến đâu, vẫn chỉ là lý thuyết.

Bằng đại học là điều kiện cần, là “tấm vé bước vào nghề” giúp người kỹ sư hiểu biết về các tiêu chuẩn kỹ thuật và phương pháp tính toán phức tạp.

Tuy nhiên, kiến thức hàn lâm chỉ là một phần. Ngành Xây dựng là một môi trường thực tiễn đầy rủi ro và biến cố. Khoảng cách giữa lý thuyết và thực tế công trường rất lớn. Bản vẽ dù đẹp, công thức dù chuẩn xác đến mấy cũng không lột tả hết những thách thức của một công trình thực tế.

Nghề xây dựng không chỉ dừng lại ở việc vẽ bản vẽ hay học thuộc tiêu chuẩn. Nó đòi hỏi khả năng biến lý thuyết thành thực tiễn, đối mặt với những vấn đề phát sinh tại công trường, hiểu rõ các quy định pháp luật, quy chuẩn kỹ thuật, và quan trọng nhất là khả năng chịu trách nhiệm trước những rủi ro tiềm ẩn. Sản phẩm của nghề xây dựng không phải là một bài luận hay một mô hình trên máy tính, mà là những công trình vật lý cụ thể, có thể tồn tại hàng chục, hàng trăm năm và ảnh hưởng trực tiếp đến cộng đồng.

Thứ hai, cần hiểu sản phẩm của nghề xây dựng là sản phẩm đặc biệt và rủi ro cao.

Tuy nhiên, nghề xây dựng làm ra một sản phẩm đặc biệt: nhà, cầu, đường, những công trình vật lý có thể tồn tại hàng chục, hàng trăm năm. Và nếu một công trình sập đổ, hậu quả không chỉ dừng lại ở thiệt hại kinh tế hàng tỷ đồng, mà còn là sự mất mát về tính mạng con người.

Kiến thức lý thuyết chỉ là sự mô phỏng của thực tế. Môi trường công trường đầy rẫy những yếu tố bất định: từ sai số trong quá trình thi công, địa chất phức tạp không đồng nhất, đến những biến đổi khí hậu, thời tiết thất thường. Những tình huống thực tế này không thể được mô phỏng đầy đủ trên giảng đường.

Thứ ba, chính CCHN sẽ minh chứng cho năng lực, kinh nghiệm và bản lĩnh của người kỹ sư.

CCHN ra đời để lấp đầy khoảng trống giữa lý thuyết và thực tiễn. CCHN không chỉ chứng minh kỹ sư đã học xong, mà còn chứng minh họ đã đủ kinh nghiệm thực tế để đối mặt và giải quyết các vấn đề phát sinh trên công trường. Nếu bằng đại học cho thấy bạn đã “học được” kiến thức, thì CCHN chứng minh bạn đã “làm được” việc và sẵn sàng chịu trách nhiệm với những việc mình làm.

Về kinh nghiệm thực tiễn: CCHN đòi hỏi kinh nghiệm thực tế tại các dự án cụ thể. Môi trường công trường đầy rủi ro, từ sai số thi công, địa chất phức tạp, đến những tình huống bất thường như bê tông chưa đủ mác, cốt thép đặt sai, hay sàn bị nứt. Kỹ sư cần có khả năng “đọc” công trình, tổng hợp kiến thức và kinh nghiệm để đưa ra quyết định chính xác.

CCHN xác nhận kỹ sư đã trải qua quá trình làm việc, tham gia vào các dự án cụ thể. Họ đã tích lũy được khả năng nhận diện rủi ro, hiểu rõ quy trình thi công, và đưa ra các quyết định kỹ thuật kịp thời.

Về hiểu biết tiêu chuẩn và pháp luật: Việc cấp CCHN đòi hỏi kỹ sư phải nắm vững các tiêu chuẩn kỹ thuật, quy chuẩn xây dựng và các quy định pháp luật liên quan. Kiến thức này giúp họ đảm bảo công trình tuân thủ các quy định an toàn và chất lượng.

Về khả năng chịu trách nhiệm pháp lý: Quan trọng nhất, CCHN là dấu hiệu cho thấy kỹ sư có đủ bản lĩnh và năng lực để chịu trách nhiệm pháp lý đối với công việc của mình. Đây là yếu tố quyết định. CCHN là cơ sở pháp lý cho phép kỹ sư ký tên vào các hồ sơ quan trọng. Chữ ký này không chỉ là xác nhận công việc mà còn là một cam kết pháp lý, có thể bị truy cứu trách nhiệm khi có sự cố.

NHỮNG BÀI HỌC ĐẮT GIÁ TRÊN THẾ GIỚI

Các thảm họa xây dựng trên thế giới là những minh chứng đau lòng về tầm quan trọng của việc kiểm soát năng lực kỹ sư:

Vụ sập cầu I-35W Minneapolis (Mỹ, 2007): Vụ việc khiến 13 người thiệt mạng và hơn 100 người bị thương. Báo cáo điều tra chỉ ra trách nhiệm của các kỹ sư trong việc giám sát và đánh giá tình trạng cầu. Vụ việc này một lần nữa khẳng định tầm quan trọng của các kỹ sư PE (Professional Engineer) trong việc kiểm tra, bảo trì và đảm bảo an toàn công trình.

Vụ sập cầu Morandi (Italia, 2018): Hơn 40 người chết. Thảm kịch đẩy lên tranh luận về quy trình kiểm định và chứng chỉ của các kỹ sư phụ trách công trình.

Những sự kiện này không chỉ là những thảm họa kỹ thuật mà còn là lời cảnh tỉnh về trách nhiệm nghề nghiệp. Đó là lý do vì sao các quốc gia phát triển luôn đặt chứng chỉ hành nghề ở vị trí trung tâm trong quy định pháp luật về xây dựng.

CÁC MÔ HÌNH KIỂM SOÁT NĂNG LỰC KỸ SƯ TRÊN THẾ GIỚI

Việc yêu cầu CCHN không phải là một quy định riêng có của Việt Nam mà là một thông lệ phổ biến trên toàn thế giới, đặc biệt ở các quốc gia phát triển, nơi sự an toàn công cộng và trách nhiệm nghề nghiệp được đặt lên hàng đầu.

Yêu cầu CCHN là thông lệ quốc tế phổ biến, được áp dụng ở nhiều quốc gia phát triển nhằm kiểm soát rủi ro xã hội và đảm bảo an toàn công cộng.

Ở các quốc gia tiên tiến, việc hành nghề kỹ sư là một quy trình nghiêm ngặt, đòi hỏi sự kết hợp giữa bằng cấp, kinh nghiệm và năng lực đã được kiểm chứng. Sau đây tôi xin giới thiệu việc kiểm soát năng lực tại một vài quốc gia:

Đầu tiên, tại Mỹ, người ta kiểm tra năng lực kỹ sư bằng PE License (Giấy phép Kỹ sư Chuyên nghiệp). Ở Hoa Kỳ, việc hành nghề kỹ sư được kiểm soát chặt chẽ bởi các Ủy ban Cấp phép Kỹ sư (State Board). Để ký tên và đóng dấu lên bản vẽ, kỹ sư bắt buộc phải có Giấy phép Kỹ sư Chuyên nghiệp (PE License). Quy trình này rất nghiêm ngặt:

- Thi FE exam (Fundamentals of Engineering): Kiểm tra kiến thức nền tảng, thường thi khi gần tốt nghiệp đại học.
- Kinh nghiệm làm việc: Tích lũy tối thiểu 4 năm kinh nghiệm làm việc thực tế dưới sự hướng dẫn của một kỹ sư PE đã có giấy phép.
- Thi PE exam (Principles and Practice of Engineering): Kỳ thi chuyên ngành khó, kiểm tra khả năng áp dụng kiến thức vào thực tiễn.

Giấy phép PE được cấp bởi từng bang và yêu cầu duy trì thông qua Phát triển Chuyên môn Liên tục (CPD), thường là 30 PDH (Professional Development Hours) sau mỗi 2 năm.

Punchline: "Ở Mỹ, không có PE - đừng mơ được ký, kể cả bạn học Harvard". Bằng đại học chỉ mở cửa phòng học, còn PE mới mở cửa công trường.

Thứ hai, tại Anh, các kỹ sư phải có danh hiệu Chartered Engineer (CEng). Tại Vương Quốc Anh, danh hiệu Chartered Engineer (CEng) do các tổ chức nghề nghiệp như ICE (Institution of Civil Engineers) cấp.

- Yêu cầu: Bằng cấp được UK-SPEC công nhận, tối thiểu 4 - 6 năm kinh nghiệm thực tế, và phải trải qua phỏng vấn chuyên sâu.

- Duy trì: Kỹ sư phải cam kết duy trì Phát triển Chuyên môn Liên tục (CPD) hằng năm.

Thứ ba, tại Đức, năng lực kỹ sư được kiểm soát bởi Ingenieurkammer (Phòng Kỹ sư Bang). Tại Đức, hệ thống kiểm soát năng lực kỹ sư được thực hiện thông qua các Phòng Kỹ sư (Ingenieurkammer) ở cấp bang. Việc đăng ký, xét hồ sơ và thi cử đảm bảo rằng chỉ những kỹ sư đủ năng lực mới được phép chịu trách nhiệm về an toàn công trình.

Tại Nhật Bản, kỹ sư phải có chức danh National PE (国家資格). Kỳ thi National PE (国家資格) tại Nhật Bản nổi tiếng là cực kỳ khó khăn. Nhiều người phải thi 2 - 3 lần mới đỗ. Kỳ thi này kiểm tra kiến thức chuyên sâu và khả năng ứng dụng thực tế. Ngoài ra, một số chức danh đặc biệt còn phải xin giấy phép riêng biệt.

Tại Singapore, kỹ sư phải được công nhận bởi Hội đồng Kỹ sư chuyên nghiệp PEB (Professional Engineers Board). Singapore yêu cầu kỹ sư phải được cấp phép bởi Professional Engineers Board (PEB). Kỹ sư phải có tối thiểu 4 năm kinh nghiệm làm việc thực tế, vượt qua kỳ thi Fundamentals và thi chuyên ngành. Chỉ kỹ sư có PE mới được ký bản vẽ và đứng đầu các dự án quan trọng.

Tại Pháp, kỹ sư bắt buộc phải đăng ký với Hội Kỹ sư (Ordre des Ingénieurs) và duy trì năng lực thông qua CPD.

Tại Việt Nam, kỹ sư cũng phải trải qua kỳ thi sát hạch do Sở hoặc Hội nghề nghiệp tổ chức và được công nhận theo hệ thống phân hạng chứng chỉ hành nghề thành 3 hạng (Hạng I, Hạng II và Hạng III). Hệ thống này phù hợp với quy mô và mức độ rủi ro khác nhau của các công trình, đảm bảo kỹ sư đảm nhận công việc phù hợp với năng lực và kinh nghiệm.

So sánh với Việt Nam và chuẩn mực quốc tế ta có thể thấy, hầu hết các hệ thống cấp phép quốc tế đều có những điểm chung cốt lõi:

Giống nhau ở chỗ:

Yêu cầu kết hợp: Tất cả các quốc gia đều yêu cầu kỹ sư phải có cả bằng cấp học thuật và kinh nghiệm thực tiễn để được cấp chứng chỉ hành nghề. Điều này khẳng định rằng kiến thức lý thuyết cần được kiểm chứng và củng cố bằng kinh nghiệm thực tế.

Kiểm soát rủi ro: Mục đích cốt lõi của CCHN ở mọi nơi là kiểm soát rủi ro, đảm bảo an toàn công cộng và quy trách nhiệm khi có sự cố.

Phát triển chuyên môn liên tục (CPD): Hầu hết các quốc gia phát triển đều nhấn mạnh tầm quan trọng của CPD để đảm bảo kỹ sư luôn cập nhật kiến thức, công nghệ và quy định mới nhất.

Quyền hạn ký duyệt: Ở Mỹ, Anh, Singapore, Pháp... chỉ những kỹ sư "có phép" mới được ký hồ sơ, chịu trách nhiệm về thiết kế và giám sát.

Nhưng có những điểm khác biệt, đó là:

Phân hạng: Việt Nam có sự phân chia thành hạng I, II, III để phân tách quy mô và mức độ phức tạp của công trình mà kỹ sư được đảm nhiệm. Trong khi đó, nhiều nước (như Mỹ, Anh, Singapore) thường chỉ cấp một loại chứng chỉ duy nhất,

nhưng yêu cầu về kinh nghiệm và năng lực có thể khác nhau tùy theo vai trò và dự án.

Hình thức đánh giá: Các nước phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Singapore thường có các kỳ thi sát hạch rất nghiêm túc, kiểm tra sâu về kiến thức chuyên môn và khả năng giải quyết vấn đề thực tế. Việt Nam trước đây thiên về xét duyệt hồ sơ, sau chuyển đổi sang hình thức sát hạch tập trung nhưng nặng về hình thức, không đánh giá được bản chất năng lực kỹ sư.

Cơ quan cấp phép: Ở một số nước, việc cấp phép được thực hiện bởi các Hội đồng hoặc Tổ chức kỹ sư chuyên nghiệp độc lập (ví dụ: NCEES, Engineers Australia), trong khi ở Việt Nam, cơ quan quản lý nhà nước (Bộ Xây dựng, Sở Xây dựng) là đơn vị cấp phép chính.

Điểm ưu việt của mô hình quốc tế:

Tính khách quan và minh bạch: Các kỳ thi sát hạch nghiêm túc giúp đánh giá năng lực một cách khách quan hơn so với việc chỉ xét duyệt hồ sơ.

Chú trọng CPD: Việc yêu cầu CPD bắt buộc giúp duy trì và nâng cao năng lực của kỹ sư trong suốt quá trình hành nghề, thay vì chỉ là một chứng chỉ "một lần và mãi mãi".

Trách nhiệm cá nhân cao: Hệ thống cấp phép chặt chẽ tạo ra một văn hóa trách nhiệm cá nhân rất cao, nơi mỗi kỹ sư được cấp phép ý thức rõ ràng về vai trò và trách nhiệm pháp lý của mình.

Tóm lại, việc cấp phép của quốc tế nhấn mạnh rằng một bằng đại học chỉ là điểm khởi đầu; năng lực chuyên môn và khả năng chịu trách nhiệm mới là yếu tố quyết định để hành nghề độc lập. Tại Việt Nam, CCHN là cơ chế sàng lọc năng lực và xác nhận kinh nghiệm, tiệm cận với chuẩn mực quốc tế, nhưng vẫn còn những điểm cần hoàn thiện để đảm bảo tính chuyên nghiệp và minh bạch.

VAI TRÒ CỦA CCHN ĐỐI VỚI KỸ SƯ

CCHN không chỉ là một yêu cầu pháp lý mà còn mang lại nhiều giá trị thiết thực cho chính bản thân kỹ sư:

Khẳng định năng lực và thương hiệu cá nhân: CCHN là bằng chứng được pháp luật công nhận về năng lực chuyên môn và kinh nghiệm của kỹ sư. Nó giúp kỹ sư xây dựng uy tín, khẳng định vị thế trong ngành và nâng cao giá trị thương hiệu cá nhân.

Tự tin chịu trách nhiệm: Khi có CCHN, kỹ sư được phép đứng tên chủ trì thiết kế, giám sát, chỉ huy trưởng. Điều này không chỉ là quyền mà còn là trách nhiệm. Việc được cấp CCHN giúp kỹ sư tự tin hơn khi đưa ra các quyết định kỹ thuật quan trọng, bởi họ biết rằng năng lực của mình đã được kiểm chứng.

Bảo vệ cộng đồng và tránh rủi ro tai nạn: Đây là vai trò quan trọng nhất của CCHN. Bằng cách sàng lọc những kỹ sư có đủ năng lực, CCHN giúp giảm thiểu rủi ro thiết kế sai, thi công kém chất lượng, từ đó ngăn ngừa các tai nạn, sự cố sập đổ gây thiệt hại về người và của.

Chống "ký thuê", "ký chui": Khi CCHN trở thành điều kiện bắt buộc để chịu trách nhiệm pháp lý, nó sẽ hạn chế tình trạng "ký thuê" (người không có năng lực nhưng mượn danh người có CCHN để ký hồ sơ) hoặc "ký chui" (ký hồ sơ mà không có CCHN hợp pháp), góp phần làm minh bạch và lành

manh hóa thị trường xây dựng.

Mở rộng cơ hội nghề nghiệp: Trong nhiều trường hợp, đặc biệt là với các dự án lớn, phức tạp hoặc dự án quốc tế, việc sở hữu CCHN là một lợi thế cạnh tranh rất lớn, giúp kỹ sư tiếp cận được những vị trí và cơ hội tốt hơn.

CCHN VÀ TRÁCH NHIỆM PHÁP LÝ ĐÓ LÀ ĐIỂM MẪU CHỐT

Trách nhiệm pháp lý là điểm mấu chốt và là lý do cốt lõi nhất cho sự tồn tại của CCHN. CCHN không chỉ là giấy tờ xác nhận năng lực, mà còn là công cụ pháp lý quan trọng nhất. Khi kỹ sư có CCHN, họ được quyền ký hồ sơ thiết kế, giám sát, nghiệm thu công trình. Đồng nghĩa, họ chính là người chịu trách nhiệm trước pháp luật về những quyết định kỹ thuật của mình.

Phân định trách nhiệm: Cầm tấm bằng đại học, kỹ sư có thể tham gia vào các dự án dưới sự hướng dẫn, chỉ đạo của người có CCHN. Tuy nhiên, muốn tự mình chủ trì, ký vào bản vẽ, ký hồ sơ nghiệm thu - nghĩa là "chịu trách nhiệm trước pháp luật" về tính chính xác của thiết kế, chất lượng của thi công - thì buộc phải có CCHN.

Cơ sở truy cứu trách nhiệm khi sự cố: Khi một công trình xảy ra sự cố (ví dụ: sập đổ, nứt lún nghiêm trọng, không đạt tiêu chuẩn an toàn), cơ quan chức năng sẽ truy cứu trách nhiệm. Lúc này, tấm CCHN là cơ sở pháp lý quan trọng nhất để xác định ai là người chịu trách nhiệm chính về mặt kỹ thuật và pháp lý. Người có CCHN đã ký tên vào hồ sơ sẽ là người đầu tiên phải đối mặt với các cáo buộc, từ trách nhiệm hành chính, dân sự cho đến hình sự, tùy thuộc vào mức độ nghiêm trọng của sự cố. Không có CCHN, kỹ sư chỉ được làm nhân viên phụ trợ, không được quyền ký hồ sơ chủ trì. Điều này đảm bảo rằng chỉ những người đủ năng lực và kinh nghiệm mới được phép đưa ra những quyết định ảnh hưởng đến an toàn công trình.

Tôi nêu ví dụ sau đây để cùng hình dung một cách đơn giản: Bằng đại học giống như bằng lái xe ô tô hạng B1 (lái xe dưới 9 chỗ, xe tải dưới 3,5 tấn) chứng minh bạn biết lái xe và cho phép bạn lái xe cá nhân. Bạn có thể lái xe đưa gia đình, bạn bè đi chơi. Nhưng nếu bạn muốn lái xe khách 50 chỗ, xe container chở hàng siêu trường siêu trọng, hoặc xe buýt công cộng → bạn bắt buộc phải học nâng hạng, thi thêm để có bằng lái hạng D, E, F. Tại sao? Vì rủi ro cao hơn, trách nhiệm lớn hơn. Một tai nạn của xe khách 50 chỗ sẽ gây hậu quả nghiêm trọng hơn rất nhiều so với xe cá nhân.

Kỹ sư xây dựng cũng vậy. Việc đứng tên thiết kế một công trình nhà ở riêng lẻ vài tầng khác xa với việc thiết kế một công trình cao tầng hàng chục tầng, một cây cầu vượt phức tạp, hoặc một nhà máy công nghiệp có hàng ngàn người sử dụng. Trách nhiệm pháp lý khi có sự cố là hoàn toàn khác nhau. CCHN chính là "bằng nâng hạng" để kỹ sư có thể đảm nhận những trách nhiệm lớn hơn này.

Tại sao phải có bằng lái chuyên nghiệp cho xe tải, máy bay? Bởi vì trách nhiệm, rủi ro, và hậu quả của một sai sót là cực kỳ cao.

TẠI SAO CCHN KHÔNG PHẢI LÀ "GIẤY PHÉP CON"?

Trong mắt nhiều người, CCHN có thể bị coi là một "giấy

phép con” phiền phức. Nhưng thực chất, CCHN là một cơ chế cần thiết để:

Sàng lọc kỹ sư non tay: Đảm bảo những người chưa đủ kinh nghiệm không thể chịu trách nhiệm cho các dự án phức tạp.

Bảo vệ cộng đồng: Ngăn ngừa những sai sót do thiếu kinh nghiệm, bảo vệ an toàn cho người sử dụng công trình.

Bảo vệ chính kỹ sư: Ngăn chặn tình trạng “ký bù”, “ký thuê” của những người không có năng lực, đồng thời bảo vệ uy tín và nghề nghiệp chân chính.

CẬP NHẬT TẠI VIỆT NAM VÀ SỰ TIỆM CẬN QUỐC TẾ

Với những thay đổi trong Luật Xây dựng và các văn bản liên quan, Việt Nam đang có những bước đi mạnh mẽ nhằm chuyên nghiệp hóa việc cấp CCHN, tiệm cận với chuẩn mực quốc tế:

- Bổ chứng chỉ năng lực tổ chức, giữ CCHN cá nhân: Trước đây, có cả chứng chỉ năng lực cho tổ chức và CCHN cho cá nhân. Với các quy định mới, trọng tâm sẽ được đặt nhiều hơn vào năng lực cá nhân của kỹ sư thông qua CCHN, trong khi chứng chỉ năng lực tổ chức có thể được bãi bỏ hoặc thay đổi hình thức. Điều này phù hợp với thông lệ quốc tế, nơi trách nhiệm cá nhân của kỹ sư được đề cao.

- Phân quyền mạnh về cấp tỉnh: Một trong những thay đổi quan trọng là việc phân quyền mạnh mẽ hơn cho các Sở Xây dựng cấp tỉnh trong việc tổ chức sát hạch và cấp CCHN. Điều này nhằm giảm tải cho Bộ Xây dựng, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi hơn cho kỹ sư địa phương.

- Hình thức thi tập trung: Thay vì chủ yếu xét duyệt hồ sơ như trước, hình thức thi sát hạch tập trung đã được áp dụng rộng rãi, đảm bảo tính khách quan và đánh giá đúng năng lực thực chất của kỹ sư. Do hầu hết các nước nào tổ chức thi tập trung, bởi vậy cần nghiên cứu kỹ việc chuyển đổi sang hình thức thi online trong tương lai.

- Thời gian hiệu lực của CCHN chỉ nên từ 3 - 5 năm như hầu hết các nước.

- Đơn giản hóa thủ tục thi nâng hạng CCHN.

- Tăng cường kiểm tra ngẫu nhiên CPD: Giống như các nước phát triển, Việt Nam cũng đang hướng tới việc tăng cường kiểm tra ngẫu nhiên việc duy trì phát triển chuyên môn liên tục (CPD) của kỹ sư. Điều này đảm bảo rằng kỹ sư không chỉ có CCHN mà còn liên tục cập nhật kiến thức, kỹ năng trong suốt quá trình hành nghề, duy trì năng lực và đạo đức nghề nghiệp.

Những thay đổi này cho thấy Việt Nam đang dần tiệm cận với các chuẩn mực quốc tế, nhấn mạnh vai trò của năng lực thực tế, trách nhiệm cá nhân và sự phát triển chuyên môn liên tục của kỹ sư xây dựng.

CCHN LÀ MỘT CƠ CHẾ SÀNG LỌC VÀ BẢO VỆ

Chúng chỉ hành nghề không phải là một “giấy phép con” phiền hà, cũng không phải là rào cản để làm khó kỹ sư. Ngược lại, nó là một cơ chế sàng lọc cần thiết và là công cụ bảo vệ hiệu quả cho cả cộng đồng và chính bản thân người kỹ sư. Trong thế giới hiện đại, chỉ một nét ký trên hồ sơ thiết kế có thể cứu mạng người - hoặc gây ra một thảm họa. Đó là lý do CCHN tồn tại.

Học đại học trang bị cho chúng ta kiến thức nền tảng để bước vào nghề. Nhưng nghề kỹ sư xây dựng là một nghề đặc biệt: sản phẩm của nghề là những công trình phục vụ xã hội, ảnh hưởng trực tiếp đến sinh mạng và tài sản của cộng đồng. Vì vậy, việc yêu cầu CCHN là bước sàng lọc cuối cùng để chắc chắn rằng chỉ những kỹ sư có đủ kinh nghiệm thực tế, đủ hiểu biết pháp luật, và đủ bản lĩnh để gánh vác trách nhiệm pháp lý cao nhất mới được ký tên chịu trách nhiệm cho các công trình.

Đây không chỉ là một thủ tục hành chính mà còn là một phần của văn hóa trách nhiệm nghề nghiệp - một chuẩn mực mà mọi quốc gia văn minh đều áp dụng. Đối với các kỹ sư trẻ, thay vì xem CCHN là một thủ tục phiền phức, hãy nhìn nhận nó như một bước rèn luyện bắt buộc, một cột mốc quan trọng để khẳng định năng lực, uy tín và trách nhiệm của bản thân trong sự nghiệp. Việc sở hữu CCHN không chỉ mở ra nhiều cơ hội nghề nghiệp mà còn là minh chứng cho sự chuyên nghiệp và cam kết của bạn đối với sự an toàn và phát triển bền vững của xã hội.

CCHN không phải là rào cản hành chính, mà là một cơ chế sàng lọc cần thiết. Đó là một “lá chắn” bảo vệ xã hội, một chuẩn mực của văn hóa trách nhiệm mà mọi quốc gia văn minh đều áp dụng. Đó là một công cụ bảo vệ cộng đồng khỏi những rủi ro tiềm ẩn trong ngành Xây dựng và là lời cam kết trách nhiệm của người kỹ sư đối với xã hội.

Xin khép lại bài này bằng một lời nhắc nhở “Ở nghề này, chỉ một nét ký có thể cứu mạng người - hoặc giết người. Đó là lý do CCHN tồn tại.”❖

Tài liệu tham khảo và số liệu dẫn chứng:

- Luật Xây dựng Việt Nam 2014, sửa đổi 2020, và các Nghị định hướng dẫn liên quan.

- NCEES (National Council of Examiners for Engineering and Surveying): Thông tin về FE Exam, PE Exam và quy trình cấp phép PE License tại Hoa Kỳ.

- Website: <https://ncees.org/>

- Engineers Australia (EA): Thông tin về Chartered Professional Engineer (CPEng) và quy trình đánh giá năng lực tại Úc.

- Website: <https://www.engineersaustralia.org.au/>

- Institution of Civil Engineers (ICE) và Institution of Structural Engineers (IStructE): Thông tin về Chartered Engineer (CEng) tại Vương Quốc Anh.

- Website ICE: <https://www.ice.org.uk/>

- Website IStructE: <https://www.istructe.org/>

- Professional Engineers Board Singapore (PEB): Thông tin về Professional Engineer Act và quy trình cấp phép PE tại Singapore.

- Website: <https://www.peb.gov.sg/>

Các vụ việc tiêu biểu:

- Vụ sập cầu I-35W Minneapolis (2007): Báo cáo của NTSB (National Transportation Safety Board) có thể được tìm thấy trên website của NTSB.

- Vụ sập cầu Morandi ở Italia (2018): Các báo cáo điều tra từ cơ quan chức năng Italia và các tổ chức kỹ thuật quốc tế.

Các tổ chức quốc tế khác: ICC (International Code Council), PMI (Project Management Institute), CMAA (Construction Management Association of America), ACI (American Concrete Institute) - các tổ chức này thường có các chứng chỉ chuyên môn bổ sung, dù không phải là CCHN bắt buộc nhưng cũng góp phần nâng cao năng lực và uy tín của kỹ sư.

Công nghệ thi công lắp ghép mô-đun - Từ thực tế ở Việt Nam đến mô hình tiên tiến tại Singapore



THS.KS HÀ ANH MINH*

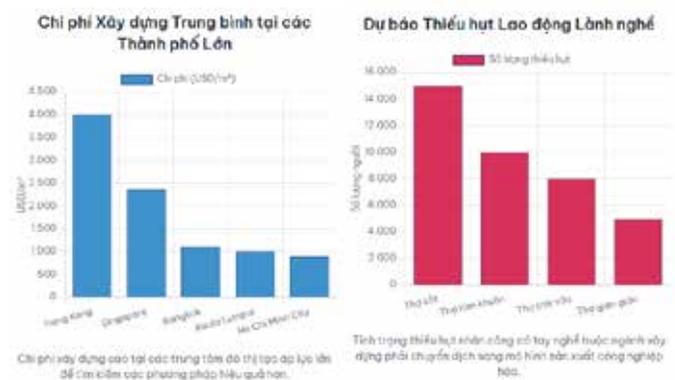
Ngành Xây dựng toàn cầu đang chứng kiến một sự chuyển đổi mô hình cơ bản, từ các phương pháp thi công toàn khối thủ công truyền thống, phụ thuộc vào điều kiện tại công trường, sang việc áp dụng rộng rãi công nghệ thi công lắp ghép (prefabrication). Phương pháp này tập trung vào việc chế tạo công nghiệp các cấu kiện hoặc mô-đun trong môi trường nhà máy được kiểm soát, sau đó vận chuyển và lắp ráp nhanh chóng tại công trường. Mục tiêu chính của sự chuyển dịch này là tăng tốc độ thi công, giảm chi phí, nâng cao chất lượng sản phẩm, cải thiện an toàn lao động, và giảm thiểu tác động của các yếu tố bên ngoài như thời tiết, đồng thời giải quyết vấn đề thiếu hụt lao động lành nghề.

1. GIẢI MÃ CÔNG NGHỆ LẮP GHÉP

Công nghệ lắp ghép là một phương pháp xây dựng được phát triển để tối ưu hóa quy trình sản xuất và lắp ráp các thành phần công trình. Hai hình thức phổ biến của công nghệ lắp ghép hiện nay là 2D-Precast và PPVC.

- **2D - Precast (cấu kiện bê tông đúc sẵn)** là phương pháp sử dụng các cấu kiện bê tông cốt thép được sản xuất sẵn tại nhà máy trong môi trường kiểm soát, sau đó vận chuyển đến công trường để lắp ráp. Phương pháp này đã được Cơ quan Phát triển Nhà ở Singapore (HDB) áp dụng từ những năm 1980 và chiếm tới 70% cấu trúc của một tòa nhà HDB điển hình.

- **PPVC (Prefabricated Prefinished Volumetric Construction)** là một dạng lắp ghép các mô-đun thể tích tiên tiến hơn, trong đó toàn bộ mô-đun phòng (bao gồm tường, sàn, trần và các lớp hoàn thiện nội thất như sơn, gạch lát, thiết bị) được đúc sẵn và hoàn thiện tại nhà máy. Các mô-đun này sau đó được vận chuyển đến công trường và lắp



Nguồn: Báo cáo nghiên cứu của Văn phòng nghiên cứu thuộc Ban Thư ký Hội đồng lập pháp HKSAR (ISSH07/18-19), Hong Kong.

ghép vào vị trí, giúp tối đa hóa công việc ngoài công trường và giảm đáng kể thời gian thi công.

Phát triển công nghệ lắp ghép, bao gồm 2D-Precast và PPVC không chỉ là một sự thay đổi về kỹ thuật mà còn là một sự chuyển dịch mô hình toàn cầu trong ngành Xây dựng, hướng tới một quy trình công nghiệp hóa và tự động hóa cao hơn, nhằm đối phó với chi phí ngày càng tăng, tình trạng thiếu hụt lao động lành nghề và nhu cầu ngày càng cao về chất lượng công trình. Ngành Xây dựng đang trải qua một quá trình chuyển đổi sâu rộng, từ việc dựa vào lao động thủ công và công việc tại chỗ sang một mô hình sản xuất công nghiệp hóa, bên ngoài cơ sở (off-site). Xu hướng này được thúc đẩy bởi các yếu tố kinh tế (chi phí), xã hội (thiếu hụt lao động, an toàn) và môi trường (giảm lãng phí, bền vững).

(*) Giám đốc Công ty TNHH Tư vấn P&T (Việt Nam)



Hình ảnh Khu tập thể sử dụng công nghệ lắp ghép tấm lớn tại Hà Nội vào những năm 1970. (Nguồn: sưu tầm)

4. TIỀM NĂNG PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ LẮP GHEP MÔ-ĐUN Ở VIỆT NAM

Với tốc độ đô thị hóa nhanh chóng, nhu cầu ngày càng tăng về nhà ở giá rẻ (đặc biệt là nhà ở xã hội) và chủ trương công nghiệp hóa, hiện đại hóa ngành Xây dựng của Chính phủ (như được thể hiện trong Quyết định 2161/QĐ-TTg về Chiến lược phát triển nhà ở Quốc gia giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2045), công nghệ lắp ghép có triển vọng phát triển rất lớn tại Việt Nam.

Quyết định của Thủ tướng Chính phủ về Chiến lược phát triển nhà ở quốc gia đã nhấn mạnh tầm quan trọng của việc đa dạng hóa nguồn cung và đẩy mạnh phát triển phân khúc nhà ở xã hội. Trong bối cảnh đó, công nghệ xây dựng lắp ghép theo mô-đun đang nổi lên như một giải pháp then chốt và hiệu quả. Với đặc thù của các dự án nhà ở xã hội là số lượng căn hộ lớn và mặt bằng có tính điển hình cao, việc ứng dụng phương pháp thi công hàng loạt này có thể giúp tối ưu hóa tiến độ và chi phí, góp phần hiện thực hóa mục tiêu của chiến lược.

Tuy nhiên, để biến tiềm năng này thành hiện thực, Việt Nam cần một cách tiếp cận đồng bộ và toàn diện. Lộ trình này đòi hỏi sự phối hợp trên nhiều phương diện:

Về tư duy và thiết kế: Cần có sự thay đổi căn bản trong tư duy, đề cao sự sáng tạo trong thiết kế công trình để phù hợp và phát huy tối đa ưu điểm của công nghệ lắp ghép.

Về công nghệ và sản xuất: Thúc đẩy đổi mới công nghệ, đồng thời khuyến khích đầu tư vào việc hiện đại hóa cơ sở hạ tầng, dây chuyền sản xuất tại các doanh nghiệp đã có kinh nghiệm tiên phong như Xuân Mai, Phan Vũ, Thủ Đức.

Về chính sách: Xây dựng một hành lang pháp lý và các chính sách hỗ trợ đủ mạnh mẽ, tạo điều kiện thuận lợi cho các doanh nghiệp và nhà đầu tư tham gia vào lĩnh vực này.

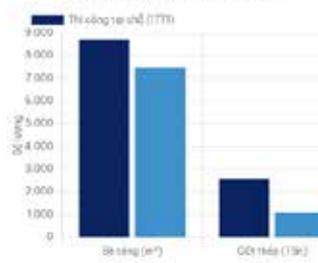
Về quản lý chất lượng: Đặc biệt chú trọng việc nâng cao năng lực giám sát, quản lý chất lượng và quy trình bảo trì công trình trong suốt vòng đời dự án.

Việc triển khai thành công các giải pháp trên không chỉ giải quyết bài toán nhà ở mà còn là bước tiến quan trọng,

Giai đoạn 2000s: Hiệu quả vượt trội

Công nghệ bê tông ứng lực trước tiên chế được áp dụng tại các khu đô thị mới như Trung Hòa - Nhân Chính, chứng minh hiệu quả vượt trội về tiết kiệm vật liệu và rút ngắn thời gian.

Số chênh lệch tiêu chuẩn về. Tiêu chí



Hình ảnh thi công lắp ghép tại Khu đô thị Trung Hòa - Nhân Chính, Hà Nội những năm 2000.

hướng tới xây dựng một ngành Xây dựng Việt Nam hiện đại, hiệu quả và bền vững, sẵn sàng đáp ứng các thách thức phát triển trong tương lai.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. "Sử dụng bê tông lắp ghép tấm lớn trong xây dựng nhà ở: Cần nghiên cứu một cách khoa học", Ngọc Hà - Báo Xây dựng, 13/6/2013.
2. "Nhà lắp ghép - Công nghệ của một thời chưa xa", Nguyễn Thị Phương Thúy - Trung tâm Di sản các nhà khoa học Việt Nam, 27/10/2020.
3. "HDB Pilots Advanced Construction Technologies to Design and Build Flats in Further Push to Raise Construction Productivity", HDB News & Publications, 11 Oct 2022.
4. Báo cáo nghiên cứu của Văn phòng nghiên cứu thuộc Ban Thư ký Hội đồng lập pháp HKSAR (ISSH07/18-19), HongKong.
5. Tạp chí điện tử P&T E-Magazine phát hành tháng 8 năm 2021.
6. Hồ sơ lưu trữ dự án thiết kế, Công ty TNHH Tư vấn thiết kế P&T (Việt Nam).

CẢI TẠO XÂY DỰNG CÁC CHUNG CƯ CŨ Ở HÀ NỘI:

Cần một tư duy mới, cách làm mới

**KTS PHẠM THANH TÙNG***

Ngay từ bây giờ, Hà Nội cần phải triệt để khai thông điểm nghẽn vướng mắc về nguồn lực đầu tư; về lợi ích của 3 bên: Nhà nước, doanh nghiệp và người dân trong cải tạo, xây dựng mới chung cư cũ.

Hà Nội là thành phố có nhiều chung cư cũ (CCC) được xây dựng vào giai đoạn 1960 - 1992 (theo cơ chế bao cấp) của thế kỷ trước, trong đó chủ yếu xây dựng bằng công nghệ bê tông lắp ghép tấm nhỏ, tấm lớn của các nước XHCN Đông Âu thời bấy giờ, với các căn hộ khép kín có diện tích phổ biến là 24 m². Theo thống kê, hiện Hà Nội có khoảng 250 nghìn người dân sinh sống trong gần 1.580 tòa nhà chung cư cũ và nhà tập thể. Trong đó, có 20 khu chung cư, 69 nhóm chung cư và 209 tòa nhà CCC riêng lẻ cần được cải tạo, xây dựng lại, hầu hết nằm ở các quận trung tâm như Đống Đa, Thanh Xuân, Ba Đình và Hai Bà Trưng.

Trải qua nhiều thập niên sử dụng, hầu hết các CCC này đã xuống cấp, hư hỏng nặng nề và biến dạng hình thái kiến trúc, tiềm ẩn nhiều hiểm họa (cháy nổ, sụt lún, nghiêng) mất an toàn cho cư dân và làm xấu cảnh quan kiến trúc của đô thị.

Trước tình hình đó, ngay từ những năm cuối của thập niên 1990, Hà Nội đã có nhiều biện pháp để khắc phục sự xuống cấp nghiêm trọng ở một số CCC bằng nguồn vốn từ ngân sách nhà nước như chống lún theo phương thức ép cọc và gia cố các mối nối cho một số công trình tại các khu CCC ở Nghĩa Đô, Thành Công, Giảng Võ, Văn Chương, Quỳnh Mai. Tuy nhiên các biện pháp này không làm cho công trình bền vững lâu dài, mà chỉ có tác dụng hạn chế sự xuống cấp theo thời gian của công trình, không cải thiện được bộ mặt kiến trúc đô thị và chỗ ở cho cư dân. Cho đến thời điểm này, qua hơn 30 năm, số CCC được cải tạo chỉ chiếm 1,14% trong tổng số nhà CCC của thành phố. Đây là điều rất đáng suy nghĩ.

GIAN NAN CẢI TẠO, XÂY DỰNG LẠI CCC

Trải qua hơn 6 thập niên xây dựng, đến nay, hầu hết các

khu CCC đã hết niên hạn sử dụng, xuống cấp và hư hỏng (nếu không nói là đã hoàn thành sứ mệnh của mình). Trước đây, các khu CCC được xây dựng bằng vốn ngân sách nhà nước và được phân phối một cách chặt chẽ (chứ không bán) thông qua một chính sách xét duyệt rất cụ thể cho từng đối tượng đủ tiêu chuẩn là cán bộ, công nhân viên chức ăn lương Nhà nước, kể cả lực lượng vũ trang. Việc quản lý các khu CCC giai đoạn trước đổi mới do Sở Nhà đất (hay Sở Xây dựng) quản lý, kể cả việc thu tiền nhà (chiếm một phần rất nhỏ tiền lương, chỉ có tính tượng trưng, nhưng việc thu cũng không đầy đủ). Các xí nghiệp sửa chữa nhà ở công ích của Thành phố chịu trách nhiệm tu sửa hư hỏng kiến trúc và các hệ thống kỹ thuật như cấp điện, nước sạch, thu gom nước bẩn, rác thải... của khu nhà ở bằng kinh phí nhà nước.

Sau khi chuyển sang nền kinh tế thị trường, bằng Pháp lệnh về nhà ở ban hành năm 1991, chính sách bao cấp nhà ở hoàn toàn chấm dứt, hầu hết nhà ở tập thể được bán ưu đãi cho người ở theo Nghị định 61/CP của Chính phủ. Về tổ chức hành chính, các khu CCC nằm ở địa bàn phường nào vẫn do UBND phường đó quản lý, mà cơ sở là tổ dân phố cư dân nhà tập thể. Nhưng do hạn chế về năng lực quản lý, lại thiếu kinh phí cho cải tạo sửa chữa hư hỏng nhà chung cư, nên hầu hết các phần sử dụng chung của nhà CCC rơi vào tình trạng "cha chung không ai khóc", các chủ hộ chỉ biết tự lo cho căn hộ của mình. Công tác quản lý nhà chung cư bị buông lỏng, thậm chí bị lãng quên. Cứ như thế, hơn 30 năm trôi qua, dân số các khu nhà CCC ngày một tăng, các hộ sống ở tầng 1 có điều kiện bung ra làm kinh tế bởi chính sách kinh doanh khá thông thoáng trong nền kinh tế thị trường. Các cửa hàng, cửa hiệu được hình thành ngay tại các căn hộ tầng 1 (chiếm cả phần đất công cộng trước cửa nhà). Các tầng trên đua nhau làm chướng

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



Khu Thành Công với 68 nhà tập thể cũ sẽ được quy hoạch lại còn 24 tòa nhà, cao tối đa 40 tầng.

Ảnh: NGUYỄN HÀ HIỆP

cọp (là các lồng sắt) mở rộng phần lô gia, ban công để tăng thêm vài mét vuông sinh hoạt. Cấu trúc bên trong căn hộ cũng dần bị chủ hộ tự ý sửa chữa, thay đổi để phù hợp với điều kiện sống mới và khả năng kinh tế của gia đình... làm ảnh hưởng đến kiến trúc và kết cấu chịu lực của nhà ở. Các không gian công cộng giữa hai tòa nhà, hay trong khu ở cũng bị lấn chiếm, thu hẹp để họp chợ, kinh doanh hàng ăn, giải khát... Các khu CCC vốn được quy hoạch xây dựng hoàn chỉnh như thế giờ bị băm nát, nhếch nhác bởi sự phát triển tự phát, hỗn loạn.

Cùng với sự bào mòn của thời gian, của khí hậu nồm ẩm, mưa nắng khắc nghiệt ở miền Bắc, sự quá tải trong sử dụng nhà ở, sự gia tăng mật độ cư trú mất kiểm soát (tăng từ 1,5 - 2 lần so với quy định thiết kế ban đầu), sự xuống cấp của các cấu kiện lắp ghép, sự yếu kém trong công tác quản lý của chính quyền kéo dài qua nhiều nhiệm kỳ... là nguyên nhân dẫn đến tình trạng lún, nứt, thấm dột, hư hỏng, mất an toàn trong phòng cháy nổ, xuống cấp ngày càng trầm trọng ở hầu hết các khu CCC, đe dọa đến sự an toàn của hàng chục vạn cư dân, ảnh hưởng đến sự phát triển chung của xã hội, của thành phố. Các khu CCC đang là những mảng tối xấu xí trên bức tranh toàn cảnh rực rỡ sắc màu của kiến trúc đô thị Hà Nội.

Phải khẳng định rằng, hơn 30 năm qua, công tác cải tạo xây dựng lại CCC luôn được Đảng, Nhà nước quan tâm thể hiện qua nhiều chủ trương, chính sách và văn bản quy phạm pháp luật liên quan được ban hành. Là Thủ đô, nên Hà Nội cũng có nhiều cơ chế để thúc đẩy thực hiện cải tạo xây dựng CCC. Tính đến năm 2019, đã có 4 khu CCC được thực hiện cải tạo, tái thiết là khu tập thể Kim Liên, Nguyễn Công Trứ, Giảng Võ, Thành Công. Mỗi khu chỉ mới tái thiết được 1 - 4 nhà chung cư, như khu Nguyễn Công Trứ (tái thiết tòa nhà N3 bằng gộp 2 nhà A1, A2); khu Kim Liên (4 tòa nhà B4, B7, B10 và B14; khu Giảng Võ

(3 tòa nhà C7, D2 và B6); khu Thành Công (đang thực hiện tái thiết tòa nhà C1, riêng nhà G6A nguy hiểm mới ở giai đoạn di dời cư dân). Nhưng chừng đó là quá ít ỏi so với thực trạng của hàng ngàn nhà CCC.

Có nhiều nguyên nhân dẫn đến việc cải tạo, xây dựng lại CCC bị chậm trễ, thậm chí không triển khai được. Đó là còn nhiều điểm chưa được tháo gỡ trong văn bản pháp luật có liên quan; chưa xác định rõ nguồn lực để đầu tư cải tạo, xây dựng lại CCC; sự lúng túng trong đánh giá kiểm định toàn bộ CCC trước khi đưa vào kế hoạch cải tạo; không thực hiện phân kỳ đầu tư mà trông chờ triển khai cải tạo toàn khu là điều không thể một khi nguồn lực đầu tư bị hạn chế; việc lấy ý kiến đồng thuận của cư dân phức tạp. Đặc biệt, chưa xác định rõ vai trò trách nhiệm, quyền lợi của cư dân nhà CCC, của chủ đầu tư và của Nhà nước trong cải tạo xây dựng lại CCC. Còn rất nhiều vấn đề phải được làm rõ để tháo gỡ, giải quyết. Bởi trong tình hình hiện nay, khi đất đô thị ngày càng có giá trị kinh tế cao, thì việc chậm triển khai thực hiện cải tạo xây dựng lại các khu CCC với diện tích hàng trăm héc-ta, lại ở các vị trí trung tâm ở các quận Ba Đình, Hoàn Kiếm, Hai Bà Trưng, Đống Đa, Thanh Xuân là sự lãng phí nguồn lực vô cùng lớn làm ảnh hưởng đến đời sống của nhân dân, đến công cuộc phát triển kinh tế - xã hội và phát triển kiến trúc đô thị của Thủ đô theo hướng bền vững, văn hóa, văn minh, hiện đại và bản sắc.

CẦN CÓ NHỮNG GIẢI PHÁP CỤ THỂ, ĐỒNG BỘ, HIỆU QUẢ

Ngay từ năm 2007, sau khi Chính phủ ban hành Nghị quyết 34/2007/NQ-CP nêu rõ chủ trương cải tạo khu CCC theo hình thức tái thiết toàn khu, UBND TP Hà Nội đã ban hành Quyết định 48/2008/QĐ-UBND về quy chế cải tạo khu CCC bị hư hỏng, đánh dấu việc cải tạo khu CCC theo một cách mới, phá

bỏ hẳn nhà CCC để xây dựng chung cư mới theo dự án toàn khu. Đến năm 2021, Nghị định số 69/2021/NĐ-CP của Thủ tướng Chính phủ về cải tạo xây dựng lại nhà CCC được ban hành (có hiệu lực từ ngày 01/9/2021) thay thế cho Nghị định số 101/2015/NĐ-CP về cải tạo, xây dựng lại nhà CCC trước đây, Chính phủ đã khẳng định quyết tâm thực hiện thành công chủ trương cải tạo CCC của Nhà nước đã đề ra, đáp ứng yêu cầu bức thiết của nhân dân, của Thủ đô trong thời kỳ phát triển mới theo Nghị quyết Đại hội XIII của Đảng.

Với tư duy mới khoa học và thực tiễn, Nghị định 69/2021/NĐ-CP đã xác định vai trò chủ đạo của Nhà nước trong cải tạo xây dựng CCC, thay vì chỉ thấy vai trò của các chủ đầu tư là doanh nghiệp thông qua đấu thầu và lựa chọn của cư dân tòa nhà như trước đây. Trong Nghị định mới này, Nhà nước sẽ tổ chức kiểm định toàn bộ chất lượng nhà chung cư; phân cấp độ cải tạo xây dựng khu chung cư và nhà chung cư đơn lẻ; lập, phê duyệt quy hoạch chi tiết và xác định phạm vi ranh giới dự án để có cơ sở lựa chọn chủ đầu tư; chính sách bồi thường, hỗ trợ cho cư dân khi di dời tái định cư; phân cấp cho chính quyền địa phương đề xuất biện pháp tháo gỡ khó khăn, vướng mắc trong quá trình thực hiện, kể cả có cơ chế đặc thù (như ở Hà Nội), đặc biệt là vướng mắc về quy hoạch liên quan đến chỉ tiêu dân số và số tầng cao công trình. Nhà nước thực hiện cải tạo, xây dựng lại nhà CCC bằng nguồn vốn ngân sách khi nhà chung cư hay khu chung cư có toàn bộ diện tích thuộc sở hữu nhà nước... Và mới đây, TP Hà Nội đã chỉ đạo đẩy nhanh việc lập quy hoạch chi tiết cho hàng loạt khu tập thể cũ trên địa bàn. Đây được xem là bước đi mới cho quá trình cải tạo, tái thiết các khu CCC, mang đến cho người dân không gian sống an toàn, văn minh. Cụ thể, theo phương án nghiên cứu, một số khu CCC trên địa bàn quận Ba Đình như khu Thành Công với 68 nhà tập thể cũ sẽ được quy hoạch lại còn 24 tòa nhà, cao tối đa 40 tầng; khu Giảng Võ gồm 22 CCC, cao 4 - 5 tầng, sau quy hoạch sẽ còn 10 tòa nhà, cao nhất là 34 tầng; khu Ngọc Khánh có 36 CCC, sau quy hoạch còn 8 tòa nhà, cao nhất là 30 tầng. Việc tăng số tầng phải bảo đảm nguyên tắc giảm mật độ xây dựng, tăng chiều cao nhưng không tăng số dân. Trong khi đó, quận Đống Đa là quận có số lượng nhà chung cư nhiều nhất, chiếm khoảng 1/3 toàn bộ chung cư của thành phố, với 12 khu, 517 tòa nhà, chiếm 18,6% diện tích đất tự nhiên, là nơi sinh sống của khoảng 57.700 người (15,6% dân số toàn quận), trong đó, 3 khu Kim Liên, Trung Tự, Khương Thượng là những tập thể xây dựng đầu tiên của cả nước, giai đoạn 1960 - 1970 với tổng diện tích khoảng 60 ha, hiện đều đã xuống cấp và xuống cấp nghiêm trọng. Hiện nay quận đã lập đồ án nghiên cứu khu tập thể Vĩnh Hồ gồm 36 tòa nhà, nằm trên địa bàn hai phường Thịnh Quang (27 tòa) và Trung Liệt (9 tòa), với tổng cộng 1.938 căn hộ, dân số hơn 14.000 người với phạm vi nghiên cứu của đồ án khoảng 22 ha, bao gồm cả 1.300 căn hộ liền kề, sẽ định hướng xây dựng lại toàn bộ 36 tòa nhà thành các công trình cao 40 tầng. Trong đó, một phần diện tích phục vụ tái định cư tại chỗ cho cư dân, phần còn lại dành cho nhà đầu tư khai thác dịch vụ thương mại (không có chức năng ở). Dự kiến trong năm 2025, quận sẽ tiếp tục lấy ý kiến người dân về các đồ án quy hoạch tại 7 khu: Kim Liên, Trung Tự, Khương Thượng, Hào Nam, 30 - 32 Hào Nam, Vĩnh Hồ và Nam Đồng.

Có thể nói rằng, với các kế hoạch rất cụ thể trên, TP Hà Nội đã thể hiện một quyết tâm lớn lao trong cải tạo xây dựng các khu CCC trên địa bàn Thủ đô, nhằm tái thiết, chỉnh trang bộ mặt kiến trúc và cảnh quan đô thị sau khi Luật Thủ đô được Quốc hội khóa XV thông qua và có hiệu lực, tháo gỡ nhiều điểm nghẽn trong quản lý đô thị, cho phép áp dụng mô hình đô thị nén TOD trong tái thiết đô thị, trong cải tạo xây dựng các khu CCC. Việc triển khai kế hoạch cải tạo xây dựng những khu CCC nói trên, nếu thực hiện được, sẽ là hình mẫu, là cú hích cho việc cải tạo xây dựng lại toàn bộ các khu CCC trên địa bàn thành phố trong tương lai gần, tạo lập không gian sống mới an toàn, bền vững, văn hóa, văn minh cho cư dân các khu CCC, góp phần chỉnh trang tái thiết đô thị Hà Nội theo hướng văn minh, hiện đại, xanh và bản sắc trong kỷ nguyên phát triển mới của Thủ đô và cả nước.

CẦN MỘT TƯ DUY QUẢN LÝ ĐỐI MỚI QUYẾT LIỆT

Như đã phân tích, Hà Nội đang đứng trước nhiều thuận lợi trong thực hiện kế hoạch cải tạo xây dựng lại CCC bởi sự đổi mới của các văn bản pháp luật có liên quan, như Luật Nhà ở 2023, Luật Đất đai, Luật Quy hoạch đô thị và Luật Thủ đô 2024 vừa được Quốc hội khóa XV thông qua và có hiệu lực thi hành. Tuy nhiên, để việc triển khai chủ trương, kế hoạch của thành phố, thì theo tôi, ngay từ bây giờ cần phải triệt để khơi thông điểm nghẽn vướng mắc về nguồn lực đầu tư; về lợi ích của 3 bên: Nhà nước, doanh nghiệp và người dân trong cải tạo, xây dựng mới CCC. Đó là:

1. Về vai trò quản lý nhà nước của Thành phố

Cần khẳng định rằng, mục tiêu cải tạo xây dựng lại các khu CCC khác với việc thực hiện các dự án khu đô thị mới, hay các dự án nhà ở thương mại thông thường, mà đây là nhiệm vụ chính trị của Đảng bộ và chính quyền Hà Nội với sự tham gia của các tổ chức chính trị xã hội, doanh nghiệp và của cộng đồng dân cư hưởng thụ dự án. Cải tạo xây dựng các khu CCC cũng là thực hiện cải tạo, chỉnh trang, tái thiết đô thị, tái định cư, cải thiện chất lượng sống cho một bộ phận đông đảo nhân dân, những người từng trải qua bao gian khó, cống hiến cả tuổi thanh xuân cho sự nghiệp giữ nước và xây dựng đất nước. Vì thế Thành phố (Nhà nước) có vai trò là chủ thể, quyết định từ chủ trương đến triển khai dự án.

Do các khu CCC đều nằm ở vị trí trung tâm ở các quận trung tâm Thành phố nên giá trị bất động sản rất cao. Đây chính là nguồn lực rất lớn, đầy tiềm năng đủ để đầu tư thực hiện dự án cùng sự hỗ trợ ban đầu của Nhà nước. Cần có chính sách cụ thể nhằm đảm bảo lợi ích cho doanh nghiệp đầu tư thực hiện dự án. Như giảm thuế sử dụng đất; giảm thuế thu nhập doanh nghiệp; được quyền sử dụng diện tích ngoài tái định cư để kinh doanh dịch vụ và kinh doanh nhà ở (theo trường hợp cụ thể). Việc cho phép tăng chiều cao tòa nhà sẽ tạo ra quỹ đất sàn thương mại dịch vụ, tăng sức hấp dẫn đối với các nhà đầu tư quan tâm đến cải tạo CCC kể cả thực hiện hoán đổi lợi ích (đối ứng). Có chính sách cụ thể hỗ trợ kinh phí (hay bố trí tạm cư) cho cư dân di chuyển trong thời gian thực hiện dự án. Việc áp dụng hệ số K=2 (hai lần diện tích ở hiện trạng) đối với hộ tầng 1 và K=1,5 đối với các tầng trên là hợp lý. Tuy nhiên, khi



Chung cư cũ xuống cấp ngày càng trầm trọng đe dọa đến sự an toàn của hàng chục vạn cư dân.

Ảnh: NGUYỄN HÀ HIỆP

thiết kế mới, các căn hộ tối thiểu là 70 m², phần diện tích dôi ra so với diện tích ở theo thiết kế căn hộ cũ (sau khi đã nhân hệ số K) sẽ được người dân trả theo giá nhà ở xã hội, phù hợp với khả năng kinh tế của các hộ dân. Kiên quyết thu hồi các diện tích đất công do hộ dân lấn chiếm bất hợp pháp. Mật độ cư trú được xác định bằng số cư dân hiện trạng để không làm tăng dân số sau khi hoàn thành dự án.

Cần xác định xây dựng lại khu CCC theo mô hình “Đô thị nén - TOD”, gắn kết hệ thống giao thông công cộng là để giảm áp lực trong hoạt động giao thông, tăng giá trị sử dụng đất, dành nhiều không gian cho cây xanh, vườn hoa, không gian công cộng, dịch vụ văn hóa xã hội thiết yếu, cải thiện không gian ở, môi trường sống cho nhân dân.

Theo quy định của Luật Thủ đô năm 2024, Hà Nội được trao quyền điều chỉnh chỉ tiêu, hệ số đền bù, điều chỉnh quy hoạch đã duyệt cho phù hợp. Đây là một yếu tố rất thuận lợi trong cải tạo các khu tập thể, khu CCC.

2. Về phía doanh nghiệp

Doanh nghiệp cần xác định, việc tham gia cải tạo xây dựng khu CCC không chỉ là kinh doanh bất động sản thông thường mà có ý nghĩa xã hội, ý nghĩa nhân văn lớn lao, thể hiện trách nhiệm của doanh nghiệp, doanh nhân với cộng đồng, với xã hội. Bên cạnh những lợi ích kinh tế mà doanh nghiệp thu được trong thực hiện dự án do cơ chế, chính sách ưu đãi của nhà nước, thì doanh nghiệp cũng cần có tư duy chia sẻ khó khăn với nhà nước vì mục tiêu tốt đẹp là đem lại không gian cư trú mới thân thiện, hiện đại, tiện nghi và văn hóa, văn minh cho nhân dân; thực hiện dự án đúng tiến độ, đảm bảo chất lượng và kiến trúc công trình.

3. Về phía nhân dân

Cư dân nằm trong các dự án cải tạo xây dựng nhà CCC phải có trách nhiệm thực hiện các quy định và quyền lợi trong quá

trình thực hiện dự án. Tham gia góp ý kiến đồ án quy hoạch chi tiết và thiết kế kiến trúc của dự án. Chấp hành nghiêm túc việc tạm di dời theo kế hoạch của Thành phố để đảm bảo việc phá dỡ, xây dựng an toàn, đúng tiến độ theo quy định. Cư dân có quyền tái định cư sau khi dự án hoàn thành một cách công bằng, dân chủ và công khai (trừ các hộ dân nhận tiền đền bù để định cư nơi ở khác).

THAY LỜI KẾT

Hà Nội cùng cả nước đang bước vào kỷ nguyên phát triển mới, kỷ nguyên vươn mình của dân tộc dưới sự lãnh đạo của Đảng. Để cải tạo, xây dựng lại các CCC thành công trong thời gian sắp tới là nhiệm vụ cấp bách của Đảng bộ, chính quyền Thành phố, được triển khai đồng bộ, mà trong đó quy hoạch xây dựng và thiết kế kiến trúc phải đi trước. Cần có các giải pháp quy hoạch thông minh đối với cải tạo, xây dựng các khu CCC theo mô hình đô thị nén, gắn kết hệ thống giao thông và hạ tầng kỹ thuật, chú trọng hệ thống thoát nước mưa, phòng ngập úng khi mùa mưa bão đến trong toàn khu vực và với Thành phố.

Nghiên cứu xây dựng các khu chung cư mới bằng phương pháp lắp ghép, sử dụng vật liệu thông minh để giảm thiểu CO₂, thân thiện với môi trường, tiết kiệm kinh phí đầu tư và rút ngắn thời gian xây dựng. Thiết kế kiến trúc căn hộ hợp lý, mỹ quan trong tổng thể để tạo lập không gian sống mới an toàn, thân thiện và bền vững cho nhân dân, góp phần làm thay đổi diện mạo kiến trúc đô thị Hà Nội theo hướng hiện đại, bền vững, xanh và bản sắc.

Với tư duy đổi mới, sự chỉ đạo quyết liệt của chính quyền Thành phố, sự vào cuộc của các cấp, các ngành, doanh nghiệp và sự đồng thuận của nhân dân, hy vọng trong một tương lai gần, chương trình, kế hoạch cải tạo, xây dựng mới các CCC - ký ức một thời của Hà Nội - sẽ thành hiện thực. ❖

KẾT NỐI GIAO THÔNG ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ TẠI THỦ ĐÔ HÀ NỘI:

Góp phần khai thác hiệu quả hệ thống giao thông công cộng



GS.TS.KTS ĐỖ HẬU*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường sắt đô thị là một hệ thống giao thông công cộng sử dụng tàu điện hoặc tàu hỏa chạy trên đường ray chuyên biệt, hoạt động chủ yếu trong khu vực đô thị và vùng phụ cận. Đây là phương tiện vận chuyển hành khách với khối lượng lớn, tốc độ cao, ổn định, thân thiện, an toàn, tiết kiệm đất, thích hợp với địa đa số tầng lớp dân cư và ít chịu ảnh hưởng bởi tình trạng giao thông mật đất, giảm ô nhiễm môi trường. Ngày nay, đường sắt đô thị ngày càng trở nên thiết yếu đối với sự phát triển kinh tế - xã hội của mỗi đô thị.

Tại nhiều đô thị trên thế giới, đường sắt đô thị đã được ưu tiên phát triển vì đây là hệ thống vận tải có nhiều ưu điểm vượt trội so với các phương tiện giao thông công cộng khác, góp phần tích cực phát triển kinh tế vùng, kết nối giữa các khu vực trong đô thị. Việc kết nối giữa đường sắt đô thị và các loại hình phương tiện giao thông khác luôn được quan tâm và được tổ chức theo nhiều cấp độ khác nhau tạo điều kiện thuận lợi cho người dân đô thị đi lại thuận lợi trong thành phố.

Ở Việt Nam, một số tuyến đường sắt đô thị đã được đầu tư xây dựng tại TP.HCM và Hà Nội. Mô hình quản lý, đầu tư, xây dựng, khai thác đường sắt đô thị tại Hà Nội, TP.HCM đã và đang được kiện toàn. Thời gian qua Nhà nước đã ban hành nhiều văn bản quy phạm pháp luật hướng dẫn về luật đường sắt. Các văn bản quy phạm pháp luật này bước đầu đã có hiệu quả trong việc điều chỉnh các hoạt động đường sắt, tạo điều kiện thuận lợi cho người dân và doanh nghiệp tham gia kinh doanh đường sắt. Đồng thời, các văn bản này đã cơ bản hoàn thiện bộ khung pháp lý phục vụ cho công tác quản lý nhà nước trong lĩnh vực đường sắt nói chung và đường sắt đô thị nói riêng. Tuy nhiên, đường sắt đô thị tại các thành phố ở Việt Nam nói chung và Thủ đô Hà Nội nói riêng còn phát triển chậm, chưa đáp ứng nhu cầu

^(*) Phó chủ tịch kiêm Tổng thư ký Hội Quy hoạch phát triển đô thị Việt Nam

đi lại của người dân. Sự kết nối giữa đường sắt đô thị với các loại hình phương tiện giao thông khác còn rất hạn chế, cần được quan tâm và có những giải pháp trong thời gian tới.

2. TỔNG QUAN VỀ ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

2.1. Các loại hình đường sắt đô thị

Đường sắt đô thị bao gồm nhiều loại hình, phổ biến nhất đó là:

- **Tàu điện ngầm (Metro):** Chạy ngầm dưới lòng đất hoặc trên mặt đất, vận tốc cao, tần suất dày đặc, phục vụ số lượng lớn hành khách. Một hệ thống "metro" hay "rapid transit" (giao thông công cộng nhanh) là hệ thống đường sắt thường nằm trong phạm vi một đô thị với sức chuyên chở hành khách và tần suất hoạt động cao, cùng với đặc điểm là (thường) có phần đường tách biệt hoàn toàn với các loại hình giao thông khác, kể cả các tuyến đường sắt khác. (Hình 1)

Ở hầu hết các nơi trên thế giới, các hệ thống như vậy thường được gọi là "metro", viết tắt của từ "metropolitan" (đô thị), chính nó cũng là cách gọi tắt của "Metropolitan Railway", hệ thống metro đầu tiên trên thế giới. Thuật ngữ "subway" (tàu điện ngầm) được dùng tại Mỹ, cũng như tại Glasgow và Toronto. Hệ thống metro tại London được đặt tên là "Underground" và thường được gọi bằng biệt danh "tube" (ống). Các hệ thống metro tại Đức được gọi là "U-Bahn", cách gọi tắt của Untergrundbahn ("đường sắt ngầm"). Nhiều hệ thống tại Đông Nam và Nam Á như Đài Bắc và Singapore sử dụng tên gọi "MRT", viết tắt của "mass rapid transit". Các hệ thống chủ yếu đi trên cao có thể được gọi bằng những cái tên như "L", giống như ở Chicago, hay "Skytrain", giống như tại Bangkok và Vancouver.

- **Tàu điện chạy trên cao (Monorail):** Tàu chạy trên một ray thường là trên cao, thiết kế nhỏ gọn hơn metro.

- **Light Rail (Tàu điện nhẹ)** chạy trên mặt đất, thường chia



Tuyến Metro Nhỏ - ga Hà Nội đã khai thác đoạn trên cao Nhỏ - Cầu Giấy từ 08/8/2024.

sẽ hạ tầng với phương tiện giao thông khác, phù hợp với đô thị quy mô vừa và nhỏ. Tàu điện nhẹ là hệ thống giao thông công cộng bằng đường sắt có sức chứa và tốc độ di chuyển cao hơn tàu điện mặt đất, thường là do tàu có quyền ưu tiên so với các phương tiện ô tô, nhưng phần đường không hoàn toàn tách biệt khỏi các phương tiện khác (khác với metro). Tàu điện nhẹ cũng thường hoạt động với các đoàn tàu nhiều toa thay vì chỉ sử dụng các loại tàu đơn toa. Các hệ thống tàu điện nhẹ có tốc độ và sức chứa rất đa dạng; quy mô và thiết kế có thể thay đổi từ những hệ thống tàu điện mặt đất được cải tiến đôi chút cho tới những hệ thống không khác gì metro nhưng có một số điểm giao cắt cùng mức. (Hình 2)

Xe điện mặt đất (Tram): Di chuyển chậm hơn, chủ yếu dùng trong khu vực trung tâm thành phố, thuận tiện cho khoảng cách ngắn. Xe điện mặt đất là hệ thống giao thông công cộng bằng đường sắt chủ yếu hoặc hoàn toàn chạy theo các đường phố (bao gồm cả chạy chung phần đường với xe cơ giới), với sức chứa khá thấp và các điểm dừng được bố trí thường xuyên; tuy nhiên, các hệ thống xe điện mặt đất hiện đại có khả năng chuyên chở cao hơn so với tàu điện truyền thống. Hành khách thường lên tàu từ dưới mặt phố hay vỉa hè, nhưng cũng có các mẫu tàu điện sàn thấp cho phép hành khách lên tàu dễ dàng hơn. Các tuyến xe điện có khoảng cách dài hơn được gọi là "interurban" (liên đô thị) hoặc "radial railways" (đường sắt xuyên tâm). (Hình 3)

Các hệ thống xe điện hiện đại cũng có thể hoạt động dưới dạng những đoàn tàu tự hành gồm nhiều toa ghép lại với nhau thay vì chỉ có một toa, và thường được phân vào một thuật ngữ rộng hơn là đường sắt nhẹ; tuy nhiên, chúng khác nhau ở chỗ xe điện mặt đất thường xuyên đi chung với phần đường giao thông cơ giới và không có đèn tín hiệu ưu tiên.

2.2. Cấu trúc hệ thống đường sắt đô thị

Một hệ thống đường sắt đô thị điển hình gồm:

- Tuyến đường (line) có thể là ngầm, trên cao, hoặc mặt đất.
- Ga (Station) nơi đón, trả khách thường cách nhau từ 500 m - 2 km.
- Tàu (train) được thiết kế chuyên biệt, sử dụng điện, tự động hóa cao.
- Trung tâm điều khiển: giám sát hoạt động toàn hệ thống, đảm bảo an toàn vận hành.
- Hệ thống vé: thường sử dụng vé điện tử, thẻ từ, mã QR, tích hợp công nghệ thông minh. (Hình 4)

2.3. Ưu và nhược điểm của đường sắt đô thị

Ưu điểm: Giảm ùn tắc giao thông trong các đô thị quy mô lớn; Vận chuyển khối lượng lớn hành khách với tốc độ cao; Thân thiện với môi trường, sử dụng điện thay nhiên liệu hóa thạch; An toàn và đúng giờ ít bị ảnh hưởng bởi điều kiện giao thông mặt đất.

Nhược điểm: Chi phí đầu tư ban đầu cao (xây dựng metro tốn kém, đặc biệt là phần ngầm); Thời gian thi công kéo dài (thường kéo dài nhiều năm do quy mô lớn và phức tạp kỹ thuật); Ảnh hưởng đến sinh hoạt đô thị trong quá trình thi công; Cần đồng bộ với loại hình giao thông khác để đạt hiệu quả cao.

2.4. Kết nối đường sắt đô thị tại một số quốc gia trên thế giới

2.4.1. New York (Mỹ)

Ở Mỹ, đường sắt đô thị, bao gồm cả tàu điện ngầm và đường sắt trên cao, là một phần quan trọng của hệ thống giao thông công cộng, đặc biệt ở các thành phố lớn. Nhiều thành phố có hệ thống đường sắt đô thị riêng, thường được gọi bằng các tên khác nhau như "The T" ở Boston, "L" ở Chicago, "MARTA" ở Atlanta, và "BART" ở San Francisco. Tàu điện ngầm ở New York là một trong những hệ thống đường sắt đô thị lớn nhất và bận rộn nhất trên thế giới, với nhiều tuyến chạy cả trên mặt đất, trên cao và dưới lòng đất. Thời

gian hoạt động 24/7. Chiều dài gần 400 km đường chính và hơn 1.000 km tính cả đường ray phụ trợ. Số trạm: khoảng 472 trạm, nhiều nhất thế giới. (Hình 5)

Hệ thống đường sắt đô thị ở New York là một mạng lưới phức tạp và liên thông cao giữa subway, tàu liên vùng và các phương tiện giao thông công cộng khác phục vụ hơn 10 triệu hành khách mỗi ngày. Các nhà ga lớn như: Penn station, grand Central Terminal, Fulton Center, Atlantic Terminal, Jamaica station là điểm trung chuyển quan trọng, nơi mà hành khách có thể chuyển giữa tàu điện ngầm và Commuter rail, kết nối tới xe buýt, phà hoặc taxi, sử dụng thẻ Metrocard để thanh toán liên tuyến.

2.4.2. Tokyo (Nhật Bản)

Mạng lưới đường sắt đô thị của Nhật bao phủ toàn quốc, từ thành thị tới nông thôn với hệ thống trang thiết bị đồng đều, chuẩn chỉnh. Đây là thành quả của quá trình quy hoạch thiết kế chuẩn mực và hợp lý, cùng với sự hợp tác mật thiết giữa chính quyền địa phương và doanh nghiệp tư nhân. Nhật Bản không có Luật riêng về đường sắt đô thị trong các Luật về đường sắt;

Vùng thủ đô Tokyo với khoảng 38 triệu dân tự hào có một mạng lưới gần 900 nhà ga, trung bình vận chuyển hơn 40 triệu lượt khách mỗi ngày. Có khoảng 30 công ty khác nhau vận hành hơn 120 tuyến đường sắt trong vùng, trong đó Tokyo Metro là công ty điều hành mạng lưới tàu điện ngầm lớn nhất Nhật Bản. (Hình 6)

Việc chuyển tiếp và kết nối đa phương tiện rất quan trọng. Đầu tiên là giữa các loại tàu như tàu chậm, tàu nhanh và tàu cao tốc shinkansen. Sau đó là chuyển giữa các loại phương tiện, như từ đi bộ hay xe đạp sang xe buýt, rồi sang tàu cho những quãng đường xa. Chuyển tiếp tại các ga rất nhanh và thuận tiện, chỉ vài bước chân, và nhờ hệ thống đường dẫn mà "mưa không tới mặt, nắng không tới đầu".

Trước mỗi nhà ga thường có một quảng trường nhỏ, điểm đầu nối với các bến xe buýt, taxi, bến xe cá nhân đưa đón... Song hành và tích hợp vào mạng lưới giao thông công cộng là các tiện ích đô thị như thương mại, văn phòng, thể thao, giải trí, y tế, nhà ở, tiện ích cảnh quan và không gian công cộng. Mô hình "cặp đôi hoàn hảo" này thường được biết đến với cái tên TOD (Transit Oriented Development) phổ biến ở nhiều nước phát triển. TOD giúp tối ưu hóa hiệu suất sử dụng đất, nâng cao tiện nghi và sự thuận tiện, giảm kẹt xe và phát thải, tiết kiệm thời gian, đẩy giá trị bất động sản lên cao.

Đặc điểm nổi bật hệ thống tàu điện ngầm ở Nhật Bản là cực kỳ đúng giờ, sạch sẽ và hiệu quả. Tổng chiều dài có trên 300 km (tính riêng Tokyo metro, chưa tính Toei Subway). Khối lượng vận chuyển hành khách hơn 9 triệu lượt/ngày (tính chung toàn bộ mạng lưới subway Tokyo). Công nghệ tự động hóa cao, có toa tàu chỉ dành cho phụ nữ vào giờ cao điểm. Tokyo có lượng hành khách hàng năm đạt gần ba tỷ người, khiến nó được sử dụng nhiều đến mức bằng cả hệ thống New York và Paris cộng lại. Nó cũng đạt tốc độ cao nhất 62 dặm/giờ (100 km/h) trong mỗi lần dịch chuyển.

Bên cạnh đó, Nhật Bản đã khai thác tối ưu các khu vực quanh ga (ngoài các hạng mục công trình dành cho chạy

tàu thì còn xây dựng các nhà hàng, khách sạn, văn phòng, trung tâm thương mại...) đã mang lại hiệu quả kinh tế lớn. Việc khai thác các khu đất quanh ga để phát triển các khu dịch vụ, thương mại, đô thị nhằm tạo ra nguồn lực tái đầu tư cho đường sắt đô thị.

2.4.3. Moscow (LB Nga)

Ở Mát-xcơ-va (Moscow), hệ thống đường sắt đô thị phát triển và là một trong những mạng lưới giao thông công cộng lớn nhất thế giới. Tàu điện ngầm ở Mát-xcơ-va hay còn gọi là metro Moscow, là một hệ thống giao thông công cộng lớn và quan trọng của thủ đô Nga. Nó không chỉ là phương tiện di chuyển mà còn là một phần của di sản văn hóa và lịch sử của thành phố. Hệ thống tàu điện ngầm ở Mát-xcơ-va được ví như cung điện dưới lòng đất, là một trong hệ thống tàu điện ngầm đồ sộ nhất ở châu Âu.

Tàu điện ngầm ở Mát-xcơ-va được khai trương vào năm 1935, là tàu điện ngầm đầu tiên ở Liên Xô. Phần lớn tuyến đi ngầm, với phần sâu nhất 74 m (243 ft) tại nhà ga Công viên Chiến thắng. Metro Moscow là hệ thống tàu điện ngầm dài thứ năm thế giới và là dài nhất ngoài Trung Quốc. Hàng ngày, có hơn 9 triệu hành khách đi lại trong hệ thống này. Mỗi nhà ga metro đều được trang trí rất công phu. Nơi đây được mệnh danh là "Cung điện ngầm dưới lòng đất". Ngày nay, hệ thống dài 270 km của nước này chuyên chở khoảng 3 tỷ hành khách mỗi năm qua 165 nhà ga, một số nhà ga đủ sâu để làm nơi trú bom trong trường hợp xảy ra chiến tranh hạt nhân. (Hình 7)

Việc kết nối giữa các tuyến đường sắt đô thị được tổ chức theo nhiều cấp độ khác nhau bao gồm:

- Tuyến metro chính: Các tuyến metro được tổ chức theo tuyến tròn, kết nối nhiều tuyến khác với nhau, tạo điều kiện cho việc chuyển tuyến dễ dàng. Các ga trung chuyển thường được thiết kế để chuyển tuyến ngầm, không cần ra khỏi nhà ga...

- Mạng lưới đường sắt thành phố (MCC): Tuyến vòng tròn bao quanh trung tâm thành phố (Line 14) kết nối với metro tại hơn 30 ga.

- Mạng lưới MCD: Mạng lưới tàu điện ngoại ô (MCD) kết nối các vùng ngoại thành vào trung tâm thành phố.

Tại Mát-xcơ-va, đã sử dụng hệ thống vé tích hợp dùng chung cho metro, xe buýt, tàu điện... và áp dụng chính sách chuyển tuyến miễn phí trong thời gian quy định. (Hình 8)

2.4.4. Bắc Kinh (Trung Quốc)

Tàu điện ngầm Bắc Kinh là hệ thống lâu đời nhất Đông Á, với chiều dài hơn 800 km. Tàu điện ngầm Bắc Kinh là một trong những hệ thống đường sắt nhộn nhịp nhất thế giới, phục vụ hơn 10 triệu lượt khách mỗi ngày và cũng là hệ thống metro dài thứ hai thế giới. Tàu điện ngầm Bắc Kinh xây dựng từ những năm 1960, ban đầu nhằm phục vụ mục đích quốc phòng. Tàu điện ngầm ở Bắc Kinh, Trung Quốc là một hệ thống giao thông công cộng hiện đại, phát triển nhanh chóng và đóng vai trò quan trọng trong việc di chuyển trong thành phố. Nhiều người Bắc Kinh thích đi tàu điện ngầm hơn ô tô vì nhanh và tiện lợi hơn khi di chuyển trong nội đô. Hệ thống này có nhiều tuyến đường, kết nối các khu vực quan trọng như trung tâm thành phố, sân bay, điểm du lịch và vùng ngoại ô. (Hình 9, 10)



Hình 1. Tàu điện ngầm ở Hong Kong.



Hình 2. Tàu điện nhẹ ở Mỹ.



Hình 3. Xe điện mặt đất ở thành phố Toronto Canada.



Hình 4. Tàu điện ở Berlin - Đức.



Hình 5. Bản đồ tàu điện ngầm ở thành phố New York.

3. ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ TẠI TP HÀ NỘI - HIỆN TRẠNG VÀ TƯƠNG LAI

Hiện nay, trong cả nước chỉ có Hà Nội và TP.HCM đang đầu tư xây dựng một số tuyến đường sắt đô thị và mới chỉ có 2 tuyến đường sắt đô thị ở Hà Nội được đưa vào khai thác: tuyến số 2A Cát Linh - Hà Đông và tuyến Nhổn - Ga Hà Nội. Tại TP.HCM, tuyến Bến Thành - Suối Tiên đi vào hoạt động vào ngày 22/12/2024. Các tuyến đường sắt đô thị được đầu tư, xây dựng và áp dụng tiêu chuẩn kỹ thuật, công nghệ khác nhau của mỗi nước cho vay vốn để đầu tư như: Trung Quốc, Pháp, Nhật Bản...

Thực tế triển khai các dự án đường sắt đô thị thời gian qua cho thấy có rất nhiều bất cập. Bên cạnh vấn đề chậm tiến độ, các dự án còn bị đội vốn do phát sinh chi phí và khiếu nại của các nhà thầu làm tổng mức đầu tư tăng cao. Các tuyến đường sắt đô thị hiện nay (bao gồm các tuyến trong quy hoạch và các tuyến đã đưa vào khai thác) còn thiếu tính gắn kết, thiếu tính liên thông, chuyển tiếp, kết nối với các loại hình phương tiện giao thông khác, khó khăn trong việc tiếp cận các nhà ga cũng làm giảm đáng kể hiệu quả khai thác của loại hình giao thông vận tải khối lượng lớn này. Hiện nay, mới chỉ có kết nối giữa tuyến 2A Cát Linh - Hà Đông và tuyến Nhổn - Ga Hà Nội qua hầm chuyển ngầm đang thi công tại trạm Cát Linh. Tại ga Yên Nghĩa có kết nối với tuyến xe buýt và BRT.

Tại các khu vực ga tàu, chưa có quảng trường nhỏ là nơi để gửi xe, điểm đầu nối với các bến xe buýt, taxi, bến xe cá nhân đưa đón... Chưa có sự song hành và tích hợp giữa các tiện ích đô thị như: Công trình thương mại, văn phòng, thể thao, giải trí, y tế, nhà ở, tiện ích cảnh quan và không gian công cộng vào mạng lưới giao thông công cộng (mô hình TOD - Transit Oriented Development). Mô hình TOD đã phổ

biến ở nhiều nước phát triển, giúp tối ưu hóa hiệu suất sử dụng đất, nâng cao tiện nghi và sự thuận tiện, giảm kẹt xe và phát thải, tiết kiệm thời gian, đẩy giá trị bất động sản lên cao.

Theo Quyết định số 1668/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt điều chỉnh quy hoạch chung Thủ đô Hà Nội đến năm 2045, tầm nhìn 2065 và Quy hoạch GTVT Thủ đô đến 2030 tầm nhìn đến 2050, Hà Nội sẽ xây dựng mạng lưới đường sắt đô thị gồm 14 tuyến (trong đó 10 tuyến đã quy hoạch được rà soát, điều chỉnh hướng tuyến hoặc kéo dài và bổ sung mới 4 tuyến). Bố trí, điều chỉnh các tuyến xe buýt nhanh khối lượng lớn (BRT), mạng lưới xe bus đô thị đảm bảo tính khả thi về hướng tuyến, kết nối đồng bộ với hệ thống đường sắt quốc gia và giữa các tuyến đường sắt đô thị phù hợp với nhu cầu vận tải hành khách công cộng và định hướng điều chỉnh quy hoạch sử dụng đất, phát triển không gian mới của Thủ đô và quy hoạch có liên quan. Chiều dài cả mạng lưới đường sắt đô thị tại Hà Nội dự kiến là 653,6 km trong đó có 610,6 km đường sắt đô thị và 44 km monorail. Hà Nội cũng lên kế hoạch đầu tư các tuyến tàu điện một ray ven sông Hồng phục vụ nhu cầu du lịch.

Phát triển đường sắt đô thị tại thủ đô Hà Nội trong thời gian tới đã được xác định trong nhiều văn bản của Đảng và Nhà nước. Kết luận số 49-KL/TU ngày 28/02/2023 của Bộ Chính trị về định hướng phát triển giao thông vận tải đường sắt Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 nêu rõ: Hoàn chỉnh mạng lưới đường sắt đô thị tại TP Hà Nội (có tính kết nối với Vùng Thủ đô) vào năm 2035. Luật Thủ đô 2024 dành riêng Điều 31 để quy định về phát triển đô thị theo định hướng giao thông công cộng (TOD), bao gồm các nội dung như quy hoạch hệ thống đường sắt đô thị và khu vực TOD, đầu tư phát triển đường sắt đô thị và các cơ chế thu phí giá trị

thặng dư từ đất trong khu vực TOD. Điều này giúp tạo ra một cơ sở pháp lý vững chắc cho các dự án đường sắt đô thị. TOD không chỉ là một giải pháp quy hoạch hiện đại, mà là chiến lược chủ đạo để thúc đẩy sự phát triển đô thị năng động, bền vững. Chính sách này không chỉ giúp tối ưu hóa việc sử dụng đất, mà còn giảm tắc nghẽn giao thông, giảm phát thải và cải thiện chất lượng không gian công cộng. TOD là “chìa khóa” để khai thác tiềm năng kinh tế tiềm ẩn, gia tăng giá trị đất đai và tạo điều kiện phát triển các trung tâm kinh tế mới. Chính sách này sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc phát triển, tái tạo các khu vực trọng điểm trong thành phố thông qua việc tăng cường sử dụng đất và hoạt động đô thị có kế hoạch, đồng thời nâng cấp hạ tầng xã hội.

TP Hà Nội xác định đường sắt đô thị là “xương sống” của hệ thống hạ tầng giao thông vận tải, một động lực quan trọng cho chiến lược phát triển kinh tế - xã hội nhanh và bền vững, nên trong tờ trình Đề án tổng thể đầu tư xây dựng hệ thống đường sắt đô thị Thủ đô, TP Hà Nội đặt mục tiêu đến năm 2030 hoàn thành thi công xây dựng 96,8 km; đến năm 2035 hoàn thành 301 km và đến năm 2045 hoàn thành đầu tư xây dựng 196,2 km. Sơ bộ nhu cầu vốn đầu tư khoảng 55,442 tỷ USD, trong đó giai đoạn đến năm 2030 khoảng 16,208 tỷ USD; giai đoạn đến năm 2035 khoảng 20,966 tỷ USD; giai đoạn đến năm 2045 khoảng 18,268 tỷ USD. Để thực hiện được đề án này, có thể nói đây là một thách thức rất lớn bởi sau nhiều năm nỗ lực triển khai đầu tư, đến thời điểm này, Hà Nội mới chỉ có tuyến đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông dài 13 km và đoạn trên cao tuyến Nhổn - Ga Hà Nội dài 8,5 km hoạt động. Ngay ở hai dự án nói trên, để có thể đưa vào vận hành thương mại cũng phải mất 15 - 20 năm triển khai. Trong khi đó, tuyến đường sắt đô thị Nam Thăng Long - Thượng Đình được chấp thuận đầu tư từ năm 2008, nhưng đến nay vẫn chưa xây dựng và đang trong giai đoạn xin Chính phủ chủ trương điều chỉnh đầu tư.

4. MỘT SỐ GIẢI PHÁP

Để phát triển đường sắt đô thị tại Hà Nội trong thời gian tới và để kết nối giữa các tuyến đường sắt đô thị, kết nối giữa đường sắt đô thị với các loại phương tiện giao thông khác nhằm phát huy những ưu điểm của đường sắt đô thị, cần triển khai một số giải pháp sau:

Hoàn thiện quy hoạch đường sắt đô thị tại Thủ đô Hà Nội trên cơ sở tích hợp giao thông, cụ thể: Tích hợp đa phương tiện, đảm bảo kết nối đường sắt đô thị với các loại hình phương tiện giao thông khác như xe buýt, BRT, taxi, xe đạp... Đồng bộ quy hoạch đô thị: Phát triển các khu nhà ở, trung tâm thương mại, khu công nghiệp phù hợp gần các ga để tăng hiệu quả sử dụng. Phát triển mô hình TOD: phát triển đô thị gắn với định hướng phát triển giao thông (TOD) tăng giá trị sử dụng đất quanh các nhà ga nhằm khai thác hiệu quả quỹ đất, hiệu quả đầu tư, hiệu quả hệ thống giao thông công cộng khối lượng lớn và quản lý việc phát triển dọc các tuyến giao thông chính hiện nay, từ đó tái đầu tư cho vận hành và phát triển hạ tầng. (Hình 11)

Huy động vốn và tạo cơ chế tài chính: Đa dạng hóa nguồn

vốn bao gồm: vốn ngân sách, ODA, hợp tác công tư (PPP), trái phiếu đô thị... Có chính sách ưu đãi đầu tư như: giảm thuế, hỗ trợ tiếp cận đất đai cho các nhà đầu tư khi đầu tư vào đường sắt đô thị. Tăng thu từ khai thác quỹ đất như giao cho các công ty quản lý vận hành có quyền phát triển thương mại quanh khu vực nhà ga.

Giải pháp công nghệ, kỹ thuật: Ứng dụng công nghệ hiện đại trong khai thác, vận hành, quản lý như: điều khiển tàu tự động, vé điện tử, camera giám sát, áp dụng AI cho quản lý vận hành. Chuẩn hóa kỹ thuật trong hệ thống điện, tín hiệu giữa các tuyến. Bảo trì thông minh: sử dụng dữ liệu lớn (big data) để phân tích và dự báo hỏng hóc.

Nâng cao năng lực quản lý và vận hành: Xây dựng doanh nghiệp vận hành chuyên nghiệp, có thể là doanh nghiệp nhà nước hay tư nhân theo mô hình BOT, BTO... Đào tạo nguồn nhân lực: chú trọng kỹ sư đường sắt, công nhân bảo trì, chuyên gia điều độ, vận hành... Chuyển giao công nghệ từ các quốc gia có hệ thống metro phát triển như Nhật Bản, Hàn Quốc, Đức, Pháp...

Truyền thông và thay đổi hành vi của người dân: Tăng cường công tác truyền thông để người dân có nhận thức lợi ích của việc sử dụng phương tiện giao thông công cộng: sử dụng metro sẽ an toàn, tiết kiệm thời gian, giảm ô nhiễm môi trường... Khuyến khích sử dụng metro thông qua chế độ ưu đãi như giảm giá vé cho sinh viên, người cao tuổi, có chính sách khuyến mãi cho những người mới sử dụng. Kiểm soát phương tiện cá nhân: hạn chế các phương tiện giao thông cá nhân như ô tô đi vào khu trung tâm thông qua biện pháp thu phí ùn tắc giao thông, giới hạn chỗ đỗ xe...

Tăng cường công tác hợp tác quốc tế trong lĩnh vực đường sắt đô thị: Học tập kinh nghiệm quy hoạch tích hợp theo mô hình TOD và điều phối, vận hành giữa công - tư của thành phố Tokyo của Nhật Bản. Học tập kinh nghiệm tự chủ tài chính bằng khai thác thương mại quanh khu vực nhà ga và quy hoạch kết nối chặt chẽ giữa metro và các phương tiện giao thông khác của Singapore. Học tập kinh nghiệm tổ chức hệ thống metro dài, tích hợp vé điện tử dùng chung cho nhiều phương tiện giao thông của thành phố Seoul, Hàn Quốc.

5. KẾT LUẬN

Thực tiễn ở nhiều nước trên thế giới cho thấy đường sắt đô thị là loại hình phương tiện giao thông công cộng có nhiều ưu điểm, vận chuyển khối lượng lớn hành khách với tốc độ cao, giúp cho giảm ùn tắc giao thông trong các đô thị và là phương tiện giao thông an toàn, thân thiện với môi trường. Chính vì vậy, phát triển đường sắt đô thị là xu thế tất yếu để Hà Nội mở rộng không gian phát triển, xây dựng Thủ đô phát triển nhanh, bền vững.

Việc kết nối giữa các tuyến đường sắt giao thông đô thị và kết nối giữa đường sắt đô thị với các loại hình giao thông công cộng khác là việc làm rất cần thiết mang lại hiệu quả cao trong vận chuyển hành khách, tạo điều kiện thuận lợi cho người dân đô thị trong sinh hoạt, làm việc, nghỉ ngơi và tiết kiệm thời gian đi lại trên đường phố.

Phát triển đường sắt đô thị cần gắn với định hướng phát



Hình 6. Bản đồ tàu điện ngầm ở Tokyo Nhật Bản.



Hình 7. Nhà ga Kievskaya trong hệ thống tàu điện ngầm Mát-xcơ-va được trang trí 24 bức tranh, với các chủ đề như Sinh viên, Thợ làm rượu...



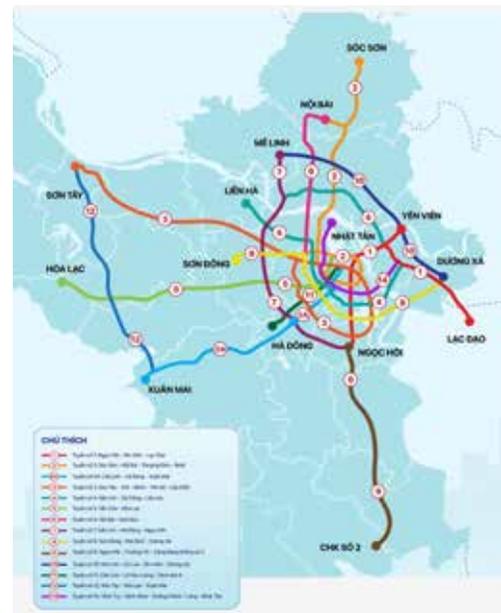
Hình 8. Sơ đồ tàu điện ngầm ở thành phố Mát-xcơ-va.



Hình 9. Ga Vinh Phong trong hệ thống tàu điện ngầm Bắc Kinh.



Hình 10. Sơ đồ các tuyến tàu điện ngầm và tàu điện trên cao tại Bắc Kinh.



Hình 11. Sơ đồ mạng lưới đường sắt đô thị tại Hà Nội trong đồ án quy hoạch giao thông đô thị.

triển giao thông (TOD) sẽ làm tăng giá trị sử dụng đất quanh các nhà ga nhằm khai thác hiệu quả quỹ đất, hiệu quả đầu tư, hiệu quả hệ thống giao thông công cộng khối lượng lớn và quản lý việc phát triển dọc các tuyến giao thông chính hiện nay.

Nghiên cứu phát triển đường sắt đô thị và TOD trong quy hoạch xây dựng đô thị là vấn đề phù hợp với các đô thị có quy mô lớn. Có thể nói đường sắt đô thị và TOD là khung xương sống để dẫn hướng cho phát triển đô thị. Phát triển đường sắt đô thị và TOD cần gắn với chương trình phát triển đô thị trong đó xác định các dự án ưu tiên và lộ trình phát triển hệ thống đường sắt đô thị và TOD theo các kế hoạch ngắn hạn, trung hạn và dài hạn tạo được mối liên kết hỗ trợ lẫn nhau trong hệ thống giao thông công cộng và làm tăng hiệu quả hoạt động.

Tuy nhiên, để phát triển đường sắt đô thị và kết nối đường sắt đô thị với nhau và kết nối với các phương tiện giao thông công cộng khác đòi hỏi một nguồn lực rất lớn, đòi hỏi phải có những chính sách đột phá và cơ chế đặc thù cũng như cần

triển khai đồng bộ một loạt các giải pháp về quy hoạch, huy động vốn và tạo cơ chế tài chính, công nghệ, kỹ thuật, nâng cao năng lực quản lý và vận hành, truyền thông và thay đổi hành vi của người dân, tăng cường công tác hợp tác quốc tế trong lĩnh vực đường sắt đô thị.

Việc phát triển và kết nối đường sắt đô thị theo định hướng TOD sẽ góp phần xây dựng thủ đô Hà Nội xanh - văn minh, văn minh - hiện đại, phát triển bền vững và giàu bản sắc.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Điều chỉnh quy hoạch chung thủ đô năm 2045 tầm nhìn 2065.
2. Đồ án Quy hoạch GTVT Thủ đô đến 2030 tầm nhìn đến 2050.
3. Bộ GTVT: Báo cáo tổng kết 5 năm thi hành Luật Đường sắt 2017-2024.
4. CTOD Transit- Oriented Development Tool for Metropolitan Planning Organizations.
5. Hội nghị thường niên Ủy ban đất đai về giao thông (TOD) tại thành phố Thành Đô Trung Quốc tháng 5/2024.
6. Kate Ascher: Giải phẫu thành phố - New York năm 2005.

LUẬT KIẾN TRÚC VÀ NGHỊ ĐỊNH 85/2020/NĐ-CP:

Những nội dung cần hiệu chỉnh, bổ sung và sửa đổi



TS.KTS NGUYỄN TẮT THẮNG*

Sau hơn 5 năm thực hiện thi hành Luật Kiến trúc, các hoạt động trong ngành Xây dựng đã có những thay đổi căn bản do cần đáp ứng các yêu cầu của Luật, đặc biệt là Nghị định 85/2020/NĐ-CP hướng dẫn thi hành Luật Kiến trúc, từ các lĩnh vực như quy hoạch, thiết kế, xây dựng, hành nghề, đào tạo nhân lực... đến các quy chế, quy định trong quản lý và quản trị đô thị, nông thôn. Các nội dung của Luật và Nghị định cùng với các bộ luật và quy định pháp luật khác có liên quan, đã góp phần cụ thể hóa từng bước Định hướng phát triển kiến trúc Việt Nam (đã được Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1246/QĐ-TTg ngày 19/7/2021).

Tuy nhiên, sau thời gian thực hiện, mỗi bộ luật đều có phản hồi từ thực tiễn khi áp dụng, chỉ ra những tồn tại và hạn chế. Đặc biệt, đứng trước nhiều thay đổi của đất nước về địa giới hành chính, cơ cấu phân cấp hành chính từ trung ương đến địa phương... việc tìm ra những rào cản, khiếm khuyết để hiệu chỉnh, sửa đổi, bổ sung là hết sức quan trọng và cần thiết, nhằm đảm bảo tính thống nhất và đồng bộ với hệ thống pháp luật, đánh giá được tính hiệu quả thực thi và tác động xã hội, cập nhật các nội dung theo yêu cầu mới với các tiến bộ của khoa học công nghệ... là công việc quan trọng, tất yếu và khách quan.

1. NHỮNG THÀNH CÔNG VÀ HẠN CHẾ CỦA LUẬT KIẾN TRÚC VÀ NGHỊ ĐỊNH 85/2020/NĐ-CP

Thực hiện Văn bản số 4399/BXD-QHKT ngày 02/8/2024 của Bộ Xây dựng về việc báo cáo kết quả thực hiện Định hướng phát triển kiến trúc Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 theo Quyết định số 1246/QĐ-TTg ngày 19/7/2021 của Thủ tướng Chính phủ và triển khai thực hiện Quy chế quản lý kiến trúc đô thị và điểm dân cư nông thôn, nằm trong Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP, tính

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

đến hết quý IV/2024 đã có 41 địa phương báo cáo về Bộ Xây dựng, gồm các tỉnh thành: An Giang, Bắc Giang, Bắc Cạn, Bến Tre, Bình Định, Cà Mau, Cần Thơ, Đà Nẵng, Đắk Lắk, Điện Biên, Đồng Tháp, Hà Nam, Hà Nội, Hà Tĩnh, Hải Dương, Hải Phòng, Hậu Giang, Hòa Bình, Khánh Hòa, Kiên Giang, Kon Tum, Lai Châu, Lào Cai, Nam Định, Nghệ An, Ninh Thuận, Phú Thọ, Phú Yên, Quảng Bình, Quảng Ngãi, Quảng Trị, Sóc Trăng, Sơn La, Tây Ninh, Thái Bình, Thái Nguyên, Thanh Hóa, Tiền Giang, Tuyên Quang, Vĩnh Long, Vĩnh Phúc.

Nội dung báo cáo của các địa phương chủ yếu gồm 2 phần: Kết quả bước đầu đạt được và những khó khăn, kiến nghị kể từ khi triển khai thực hiện Luật Kiến trúc. Cụ thể như sau:

1.1. Nhận xét chung của các địa phương về kết quả bước đầu đã đạt được

Công tác chỉ đạo, tham mưu của các cơ quan quản lý ngành, lĩnh vực chuyên môn và UBND các huyện đã có nhiều chuyển biến tích cực, sát với nhu cầu thực tế. Đảm bảo yêu cầu các công tác quản lý trật tự xây dựng, quản lý quy hoạch, thực hiện hành nghề thiết kế kiến trúc, kiểm kê theo dõi các công trình kiến trúc có giá trị, rà soát lập quy chế quản lý kiến trúc đô thị và nông thôn trên địa bàn toàn tỉnh;

Trong quá trình triển khai thực hiện kế hoạch, các cơ quan, địa phương luôn bám sát các nội dung của Chỉ thị 04/CT-TTg ngày 07/02/2023 về định hướng phát triển kiến trúc nông thôn Việt Nam, tạo bản sắc và giữ gìn kiến trúc truyền thống;

UBND các huyện đã thành lập các đoàn kiểm tra công tác quản lý trật tự xây dựng trên địa bàn các xã, thị trấn. Đã ban hành các văn bản chỉ đạo, hướng dẫn một số nội dung thực hiện lập Quy chế quản lý kiến trúc (QCQLKT); Ban hành các kế hoạch, văn bản đôn đốc đẩy nhanh tiến độ triển khai lập danh mục công trình kiến trúc có giá trị trên địa bàn huyện, danh mục công trình kiến trúc có giá trị tại nơi thực hiện xây

dựng “Làng văn hóa kiểu mẫu”;

Với các công trình kiến trúc có giá trị, qua rà soát, thẩm định và lấy ý kiến tham gia của thành viên Hội đồng thẩm định, đến nay đa số các công trình còn thiếu thông tin cơ sở và số liệu về dữ liệu lịch sử, công tác tra cứu, thu thập và thuyết minh chủ yếu thông qua truyền miệng, chưa được thu thập đánh giá đầy đủ, chính xác gây khó khăn trong công tác xác định niên hạn, tính chất và yếu tố lịch sử của công trình. Có những công trình đang đề xuất đưa vào danh mục nhưng đã được phục dựng mới toàn bộ, không có chứng tích gốc, không có cấu kiện gốc, thông tin lịch sử còn thiếu. Các yếu tố văn hóa đặc trưng, kiến trúc tiêu biểu, hoa văn đặc sắc, để làm mẫu phục dựng, vẫn chưa được thiết lập trong hồ sơ đề xuất, thiếu chứng liệu lịch sử thuyết phục để đưa vào danh mục xếp hạng và quản lý theo dõi;

Công tác xây dựng cơ sở dữ liệu về kiến trúc và hành nghề kiến trúc, công tác quản lý, cung cấp thông tin phục vụ hoạt động kiến trúc cũng đã từng bước được số hóa theo đề án chuyển đổi số ngành Xây dựng;

Việc quản lý kiến trúc được thực hiện thường xuyên thông qua lồng ghép với việc lập, thẩm định, phê duyệt quy hoạch xây dựng (QHXD), quy hoạch đô thị (QHĐT); Thỏa thuận tổng mặt bằng, phương án kiến trúc; QCQLKT; Lập, thẩm định, phê duyệt dự án đầu tư xây dựng công trình, thiết kế xây dựng, cấp giấy phép xây dựng. UBND các huyện, thành phố đã triển khai thực hiện kế hoạch thường xuyên kiểm tra công tác quản lý trật tự xây dựng tại các xã, phường, thị trấn trên địa bàn. Công tác quản lý, theo dõi giám sát các hoạt động liên quan đến xây dựng, kiến trúc ngày càng được nâng cao...

1.2. Những khó khăn và kiến nghị chung của các địa phương

Về công tác lập danh mục công trình kiến trúc có giá trị: Gặp nhiều khó khăn do không có nhiều tư liệu về lịch sử, thông tin, khó xác định được niên hạn, thời kỳ hình thành, nhiều công trình cải tạo, sửa chữa, xây dựng mới, kết cấu khung, kèo, cột đã bê tông hóa 100%; Quy trình lập danh mục, đánh giá công trình kiến trúc có giá trị còn chưa rõ về các tiêu chí, nội dung đánh giá thang điểm theo Nghị định 85/2020/NĐ-CP hướng dẫn cũng chưa chi tiết, không có tiêu chí điểm liệt. Do vậy sẽ dẫn tới khó khăn trong quá trình tổ chức hội đồng thẩm định và yêu cầu hoàn thiện các thông tin để có cơ sở đánh giá, phân loại, xếp hạng trước khi phê duyệt danh mục.

Luật Kiến trúc, Nghị định hướng dẫn và nội dung yêu cầu còn nhiều điểm cần phải làm rõ như: Bảo tồn, phát huy giá trị bản sắc văn hóa dân tộc; Mẫu thiết kế riêng cho khu vực thường xảy ra thiên tai; Các khu vực lập QCQLKT đối với các xã, các điểm dân cư nông thôn; Công tác thẩm định hồ sơ để cấp chứng chỉ hành nghề kiến trúc; Công tác đánh giá công trình kiến trúc có giá trị với tiêu chí đạt hay không đạt cũng chưa xác định cụ thể để phân loại quản lý.

Định mức chi phí để thiết lập hồ sơ đề xuất danh mục công trình kiến trúc có giá trị tương đối thấp (trung bình khoảng 10 triệu đồng/hồ sơ), với việc đồng nhất các công trình có quy mô khác nhau là chưa hợp lý. Không đảm bảo

chi phí để đơn vị tư vấn triển khai các nội dung nhiệm vụ như khảo sát, điều tra, tra cứu thu thập số liệu thông tin, thiết lập hồ sơ bản vẽ, thuyết minh, lập hồ sơ theo quy định pháp luật yêu cầu, in ấn chỉnh sửa sau thẩm định... dẫn đến các cơ quan, đơn vị trên địa bàn tỉnh còn lúng túng trong việc triển khai thực hiện.

Nghị định và thông tư hướng dẫn thực hiện chưa cụ thể, còn nhiều nội dung chồng chéo và mâu thuẫn trong khi nhân sự có chuyên môn tại các địa phương còn thiếu, lực lượng mỏng, chưa sát sao trong quản lý, giám sát, triển khai các kế hoạch để tăng cường năng lực quản lý, tháo gỡ các khó khăn, vướng mắc trong công tác theo dõi và giám sát, xử lý vi phạm tại các địa phương.

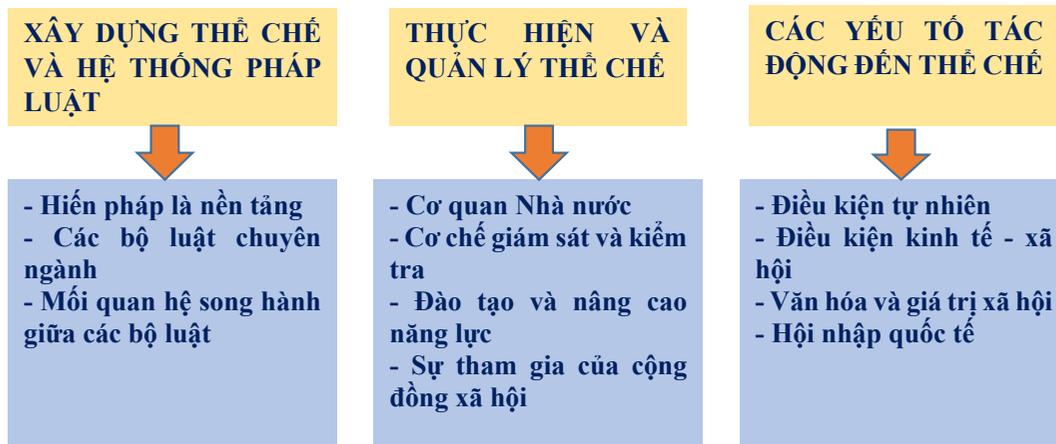
Ngoài ra, một số kiến nghị cụ thể, với nhiều nội dung khác nhau của một số địa phương, được tóm tắt sau đây:

Vĩnh Long: nhiều địa phương của tỉnh (6/8 địa phương) đang trong giai đoạn chờ phê duyệt lại quy hoạch chung (QHC) mới triển khai lập QCQLKT đô thị. Đối với QCQLKT điểm dân cư nông thôn, địa phương lúng túng chưa triển khai thực hiện lập QCQLKT, vì việc quản lý xây dựng theo quy hoạch tại các điểm dân cư nông thôn đã được thực hiện theo quy định quản lý xây dựng ban hành kèm theo đồ án quy hoạch chi tiết (QHCT) điểm dân cư nông thôn được duyệt. Vì vậy đặt ra, có cần lập QCQLKT cho điểm dân cư nông thôn hay không?

Cẩm Khê (Phú Thọ): do ngân sách địa phương còn hạn chế, các điểm dân cư nông thôn ở các xã nhỏ lẻ, diện tích đất rừng nhiều, gây tốn kém và khó khăn trong việc lập QCQLKT điểm dân cư nông thôn. Phù Ninh (Phú Thọ): đối với các điểm dân cư nông thôn, trong quá trình lập QHCT các điểm dân cư nông thôn đã quy định cụ thể công tác quản lý kiến trúc trong quản lý quy hoạch, đề nghị không cần thiết tách lập riêng QCQLKT điểm dân cư nông thôn.

Sơn La: đề nghị Luật và Nghị định xem xét sửa đổi, bổ sung quy định “UBND tỉnh phân cấp, ủy quyền cho UBND cấp huyện trình HĐND cấp huyện đối với QCQLKT điểm dân cư nông thôn” tại Điều 9 Nghị định số 85/2020/NĐ-CP, với nội dung Luật Kiến trúc cho phép UBND tỉnh ủy quyền cho UBND cấp huyện lập, thẩm định và phê duyệt QCQLKT điểm dân cư nông thôn. Tuy nhiên, trong Luật lại không ủy quyền HĐND cùng cấp huyện thông qua; Ngoài ra, việc tích hợp QCQLKT điểm dân cư nông thôn trong đồ án QHC xã chưa được hướng dẫn chi tiết trong Luật và Nghị định.

Hậu Giang: tại khoản 2, Điều 13 Nghị định số 85/2020/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều của Luật Kiến trúc có quy định “Quy chế quản lý kiến trúc điểm dân cư nông thôn được lập riêng theo quy định tại khoản 1 Điều này hoặc được tích hợp nội dung vào đồ án QHC xây dựng xã”. Tuy nhiên, chưa có hướng dẫn cụ thể về nội dung tích hợp, cách thức tích hợp, định mức chi phí khi tích hợp QCQLKT điểm dân cư nông thôn vào đồ án QHC xây dựng xã. Kiến nghị cần bổ sung quy định việc phân cấp, ủy quyền cho HĐND cấp huyện thông qua QCQLKT điểm dân cư nông thôn trước khi UBND cấp huyện phê duyệt; Bổ sung quy định việc phân cấp, ủy quyền cho cơ quan chuyên môn về kiến trúc thuộc UBND cấp



Hình 1: Xây dựng, thực hiện, quản lý và các yếu tố ảnh hưởng đến thể chế và pháp luật.

huyện thẩm định QCQLKT điểm dân cư nông thôn; Hướng dẫn cụ thể về nội dung tích hợp, cách thức tích hợp, định mức chi phí khi tích hợp QCQLKT điểm dân cư nông thôn vào đồ án QHC xây dựng xã để đảm bảo tính pháp lý, thống nhất trên toàn quốc.

Hải Dương (nay là TP Hải Phòng): chưa có hướng dẫn cụ thể về thể thức văn bản ban hành quyết định QCQLKT đô thị, điểm dân cư nông thôn, sẽ được ban hành theo hình thức văn bản nào? Văn bản quy phạm pháp luật hay văn bản hành chính đặc biệt? Hiện nay, qua theo dõi trong cả nước, một số địa phương ban hành quyết định quy chế QLKT theo dạng văn bản quy phạm pháp luật (TP.HCM, Ninh Bình...), một số địa phương ban hành theo văn bản hành chính cá biệt (Bắc Ninh, Quảng Ninh...).

Hà Nội: về định mức chi phí lập danh mục công trình kiến trúc có giá trị, Thông tư 08/2022/TT-BXD hướng dẫn phương pháp xác định chi phí lập và tổ chức thực hiện QCQLKT, tại phụ lục 1, bảng 3, quy định tính chi phí lập hồ sơ các công trình kiến trúc có giá trị đồng loạt như nhau là bất hợp lý do các công trình có quy mô khác nhau (nhà ở nhỏ lẻ khác với cụm công trình có quy mô lớn) không thể áp chi phí như nhau; Ngoài ra, chi phí lập hồ sơ về cơ bản có giá trị thấp (từ 6,3 - 10 triệu đồng/công trình, kể cả công trình lớn), dẫn đến khó mời các đơn vị tư vấn tham gia dự thầu lập danh mục và hồ sơ theo quy định.

Bình Định (nay là tỉnh Gia Lai): đề nghị bổ sung quy định việc ban hành định hướng chung về bản sắc văn hóa dân tộc theo từng vùng miền trong các quy định của Luật, Nghị định, Thông tư, làm cơ sở xác định cụ thể về bản sắc văn hóa của kiến trúc địa phương, để từ đó, đưa vào QCQLKT; Nghiên cứu bổ sung cơ chế về pháp lý, tài chính và các vấn đề có liên quan để thực hiện công tác xây dựng mẫu thiết kế, phù hợp với điều kiện vùng, miền nhằm triển khai thực hiện hiệu quả điểm c khoản 1 điều 6 Luật Kiến trúc năm 2019; Căn quy định cụ thể về điều kiện cấp chứng chỉ hành nghề kiến trúc trong trường hợp cá nhân đề nghị cấp chứng chỉ hành nghề kiến

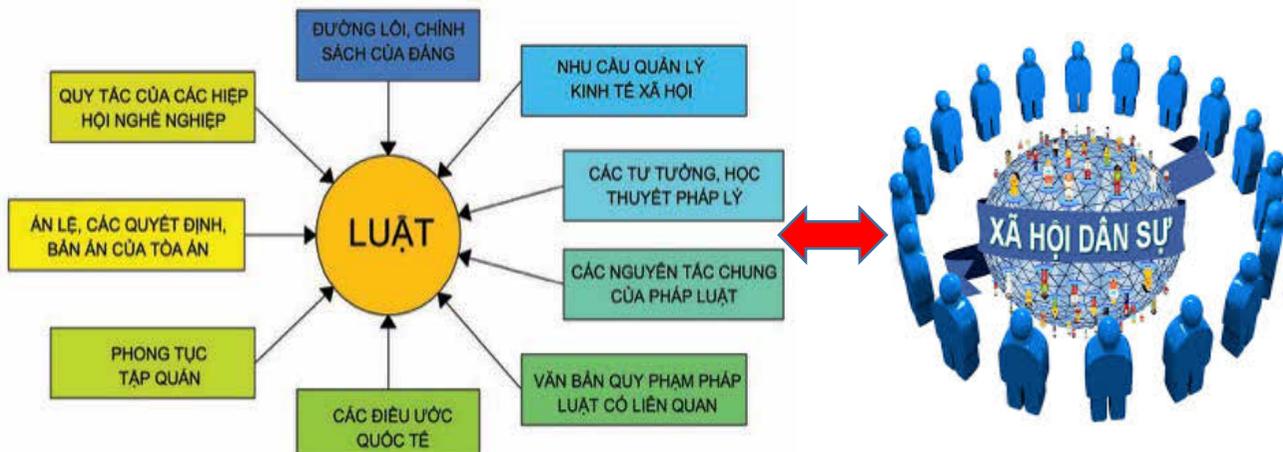
trúc với cả 7 lĩnh vực hành nghề được quy định tại khoản 2, điều 19 Luật Kiến trúc năm 2019.

2. THỂ CHẾ VÀ MỐI QUAN HỆ SONG HÀNH GIỮA CÁC BỘ LUẬT VỀ QUY HOẠCH, KIẾN TRÚC VÀ XÂY DỰNG

Trước hết, cần hiểu rõ, thể chế và mối quan hệ song hành giữa các bộ luật trong một quốc gia được xây dựng, thực hiện và quản lý theo một quy trình phức tạp, bao gồm nhiều yếu tố và cơ chế khác nhau. Dưới đây là một số khía cạnh chính trong sự hoạt động độc lập và quan hệ tương tác của xây dựng thể chế và hệ thống pháp luật, bao gồm:

- Hiến pháp là nền tảng, là văn bản pháp lý cao nhất, xác định các nguyên tắc cơ bản của nhà nước, quyền và nghĩa vụ của công dân, cũng như cơ cấu tổ chức và hoạt động của các cơ quan nhà nước. Các bộ luật khác phải phù hợp và không được trái với Hiến pháp. Dựa trên Hiến pháp, các bộ luật chuyên ngành được xây dựng để điều chỉnh các lĩnh vực cụ thể của đời sống xã hội. Quá trình xây dựng luật thường bao gồm việc nghiên cứu, soạn thảo, thẩm định, lấy ý kiến đóng góp từ các chuyên gia và công chúng, trước khi được cơ quan lập pháp thông qua. Như vậy, Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP cần được tuân thủ nguyên tắc của thể chế này, nhất là trong bối cảnh đất nước vừa thay đổi với hệ thống quản lý hành chính chỉ còn 2 cấp và việc sáp nhập từ 63 đơn vị hành chính chỉ còn 34 đơn vị hành chính.

- Các bộ luật phải có sự thống nhất và đồng bộ, không được mâu thuẫn hoặc chồng chéo lẫn nhau. Do đó, cần có cơ chế để giải quyết các xung đột pháp luật, đảm bảo tính hệ thống và hiệu quả thực thi của hệ thống pháp luật. Việc khắc phục sự chồng chéo hoặc mâu thuẫn giữa nội dung của các bộ luật là một vấn đề phức tạp, đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan nhà nước và sự tham gia của các chuyên gia pháp lý. Như vậy, Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP cũng cần chú ý bổ sung, sửa đổi khi không những có sự thay đổi về Hiến pháp, mà còn là sự thay đổi trong tổ chức bộ máy Chính phủ thông qua việc hợp nhất nhiều Bộ, Ngành.



Hình 2: Quy tắc của các Hiệp hội nghề nghiệp và án lệ từ hệ thống tư pháp được xem là một trong những nội dung tham chiếu trong xây dựng hệ thống Luật.

Dẫn đến cách tiếp cận cần thay đổi trong các nội dung của Luật và Nghị định khi có sự liên Bộ, Ngành tương đối mà vốn trước đây, việc thống nhất hoặc phối hợp thường khó khăn hơn. (Hình 1)

- Thông qua phản biện xã hội, khuyến khích sự tham gia của các tổ chức xã hội, giới chuyên gia và người dân vào quá trình phản biện chính sách và pháp luật. Việc tập hợp các ý kiến đóng góp của các địa phương như ở phần 1 đã nêu, thông qua tổng kết đánh giá từ thực tiễn, thậm chí từ án lệ của hệ thống tư pháp thông qua giải quyết các tranh chấp về quy hoạch, đất đai, xây dựng... ở các địa phương; hoặc từ tổng kết, đánh giá, phản biện của các tổ chức hội nghề nghiệp cũng chính là một nội dung cần có trong xây dựng và sửa đổi, bổ sung Luật và Nghị định. Đây cũng chính là giải pháp nhằm nâng cao tính khoa học và hiệu quả thực thi của Luật, đồng thời hướng tới làm lành mạnh hóa các mối quan hệ dân sự trong xã hội. (Hình 2)

Việc thực hiện đồng bộ các biện pháp trên sẽ góp phần hạn chế sự chống chéo, mâu thuẫn giữa các bộ luật, đảm bảo tính thống nhất, minh bạch và hiệu quả của hệ thống pháp luật. Việc rà soát, soát xét để hiệu chỉnh, bổ sung, sửa đổi một bộ luật là một quá trình phức tạp, đòi hỏi sự tham gia của nhiều cơ quan, tổ chức và cá nhân. Dưới đây là nội dung, cách thức và quy trình chung, có liên quan và cần lưu ý khi bổ sung, sửa đổi Luật Kiến trúc, bao gồm:

+ Tính hợp hiến, hợp pháp, thông qua kiểm tra sự phù hợp của các quy định trong luật với Hiến pháp, các bộ luật liên quan và các văn bản quy phạm pháp luật có hiệu lực pháp lý cao hơn. (Ở đây, ví dụ liên quan đến các bộ luật như Luật Xây dựng, Luật QHĐT và nông thôn, Luật Nhà ở, Luật Kinh doanh BĐS...). Từ đó, phát hiện và xử lý các quy định trái pháp luật, mâu thuẫn, chống chéo.

+ Tính khả thi, tính phù hợp bằng cách đánh giá tính khả thi của các quy định trong thực tiễn thi hành. Xem xét sự phù hợp của luật với tình hình kinh tế - xã hội các vùng miền, địa phương, thậm chí là các điều ước quốc tế mà Việt Nam là

thành viên. (Ở đây, lấy ví dụ Việt Nam là thành viên của Hiệp hội KTS ASEAN hoặc là thành viên của Liên hiệp Hội KTS thế giới UAI). Từ đó, phát hiện và xử lý các quy định không còn phù hợp, gây khó khăn cho việc áp dụng, hội nhập...

+ Tính thống nhất, đồng bộ, với việc kiểm tra sự thống nhất, đồng bộ giữa các quy định trong cùng một bộ luật và giữa các bộ luật khác nhau. (Ở đây, ví dụ liên quan đến các nghị định, thông tư, quy định như Nghị định 38/2010/NĐ-CP về quản lý không gian, kiến trúc, cảnh quan đô thị; Thông tư 06/2013/TT-BXD về hướng dẫn thiết kế đô thị; Quyết định số 1246/QĐ-TTg ngày 19/7/2021 của Thủ tướng Chính phủ về phê duyệt Định hướng phát triển kiến trúc Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050; Các chương trình mục tiêu phát triển của Đảng, Quốc hội, Chính phủ, Bộ, Ngành... thông qua các nghị quyết, chỉ thị, quyết định... như Chỉ thị 04/CT-TTg ngày 07/02/2023 về định hướng phát triển kiến trúc nông thôn Việt Nam, tạo bản sắc và giữ gìn kiến trúc truyền thống; Các chương trình phát triển đô thị, nâng cấp đô thị...). Từ đó, phát hiện và xử lý các quy định thiếu thống nhất, gây khó khăn cho việc áp dụng.

+ Tính minh bạch, rõ ràng, bằng việc xem xét tính minh bạch, rõ ràng của ngôn ngữ pháp lý, đảm bảo dễ hiểu, dễ áp dụng. Phát hiện và xử lý các quy định có nội dung lưỡng dụng, khó hiểu, hoặc có thể dẫn đến nhiều cách hiểu khác nhau. (Hình 3)

Bên cạnh đó, cần phân biệt sự giống và khác nhau giữa các hệ thống văn bản quy phạm pháp luật, được xếp theo thứ tự từ cao đến thấp hơn như luật, nghị định, thông tư, quy chế, quy định, quy chuẩn, tiêu chuẩn... Với sự đồng nhất tất cả đều là các hình thức văn bản pháp luật hoặc văn bản hành chính, nhằm mục đích điều chỉnh các hành vi, hoạt động trong lĩnh vực quy hoạch, kiến trúc và xây dựng và đều có tính chất bắt buộc thi hành trong phạm vi điều chỉnh của chính văn bản đó. Sự khác nhau thể hiện về hiệu lực pháp lý, luật có hiệu lực cao nhất, sau đó là nghị định, thông tư, quy chế, quy định, quy chuẩn, tiêu chuẩn. (Luật quy định các vấn đề chung, cơ bản, trong khi các văn bản khác quy định chi

tiết, cụ thể hơn; Quy chế thường quy định về tổ chức và hoạt động nội bộ, trong khi các văn bản khác quy định về các vấn đề chuyên môn, kỹ thuật; Quy chuẩn, tiêu chuẩn quy định về các vấn đề kỹ thuật chuyên ngành...).

Đặc biệt, việc xây dựng và ban hành QCQLKT lại là một nội dung yêu cầu nằm trong Luật Kiến trúc. Vì vậy, cần hiểu rõ hơn, "Quy chế" là một loại văn bản pháp luật hoặc văn bản hành chính có vai trò quan trọng trong việc cụ thể hóa và triển khai các quy định của pháp luật (ở đây là Luật Kiến trúc) trong lĩnh vực quy hoạch, kiến trúc và xây dựng đô thị, nông thôn. Nó có sự khác biệt và giống với các quy định khác về hiệu lực pháp lý, phạm vi điều chỉnh và chủ thể ban hành, được nêu rõ trong Luật.

3. NHỮNG NỘI DUNG CHÍNH CẦN HIỆU CHỈNH, BỔ SUNG, SỬA ĐỔI TRONG LUẬT KIẾN TRÚC VÀ NGHỊ ĐỊNH 85/2020/NĐ-CP

Với những nội dung đã tổng kết, đánh giá ở mục 1 và được xem xét một cách toàn diện về mặt khoa học và thực tiễn ở mục 2, việc hiệu chỉnh, bổ sung, sửa đổi Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP còn cần lưu ý tới một số Nghị quyết của Bộ Chính trị trong giai đoạn hiện nay, gồm: Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia; Nghị quyết 59-NQ/TW năm 2025 của Bộ Chính trị về hội nhập quốc tế trong tình hình mới; Nghị quyết số 66-NQ/TW ngày 30/4/2025 của Bộ Chính trị về đổi mới công tác xây dựng và thi hành pháp luật đáp ứng yêu cầu phát triển đất nước trong kỷ nguyên mới. Nội dung chính cần xem xét, hiệu chỉnh, bổ sung, sửa đổi trong Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/NĐ-CP như sau:

3.1. Điều chỉnh, bổ sung các nội dung, điều khoản của Luật Kiến trúc

Cần sửa nội dung tại điểm c, khoản 2, Điều 11 thuộc Chương 2 - Quản lý kiến trúc, nêu quy định sử dụng thiết kế điển hình cho công trình công cộng và nhà ở cho các khu vực thường xảy ra thiên tai ở nông thôn - sẽ dẫn tới dễ hiểu nhầm lĩnh vực thiết kế điển hình chỉ cho thể loại này, không cho các thể loại công trình kiến trúc khác có nhu cầu.

Cần làm rõ tính pháp lý giữa hai thuật ngữ "di sản kiến trúc" và "công trình kiến trúc có giá trị" vì tại Khoản 1, Điều 13 - Quản lý công trình kiến trúc có giá trị có nêu: Công trình kiến trúc có giá trị đã được xếp hạng di tích lịch sử - văn hóa được quản lý theo quy định của pháp luật về Di sản văn hóa. Tuy nhiên, trong Luật Di sản văn hóa, chưa có khái niệm và thuật ngữ về "di sản kiến trúc", mà mới chỉ có "di tích kiến trúc".

- Tại điểm b, khoản 2, Điều 14 - Quy chế quản lý kiến trúc: nêu cần phải phù hợp với thiết kế đô thị (TKĐT) đã được cấp có thẩm quyền phê duyệt và tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia (thực tế có địa phương mới chỉ có QHC hoặc QHPK; hoặc không phải bất cứ đồ án QH nào cũng có TKĐT). Vì vậy, yêu cầu này chưa phù hợp. Hơn thế, mâu thuẫn với điểm c, khoản 3, Điều 14 - Khi lập quy chế lại "Xác định các khu vực cần lập TKĐT riêng, tuyến phố, khu vực cần ưu tiên chỉnh

trang và kế hoạch thực hiện; Khu vực có yêu cầu quản lý đặc thù". Vậy thì TKĐT cần và có trước hay QCQLKT có trước? Do đó, nội dung này cần được xem xét hiệu chỉnh, tránh chồng chéo, cần có sự thống nhất với các quy định của đồ án QH các cấp.

- Tại điều 19, dịch vụ kiến trúc, chương III - Hành nghề kiến trúc, đang nêu dịch vụ kiến trúc là loại hình kinh doanh dịch vụ tổ chức thiết kế, thẩm tra thiết kế xây dựng và bao gồm 7 loại hình: Thiết kế kiến trúc công trình; Thiết kế kiến trúc trong đồ án quy hoạch đô thị, quy hoạch nông thôn, thiết kế đô thị; Thiết kế kiến trúc cảnh quan; Thiết kế nội thất; Chỉ dẫn đặc điểm kỹ thuật kiến trúc công trình; Đánh giá kiến trúc công trình; Thẩm tra thiết kế kiến trúc. Nêu như vậy, sẽ rất dễ nhầm lẫn, nếu một KTS muốn hành nghề cả 7 lĩnh vực trên sẽ phải thi sát hạch 7 lần, có 7 chứng chỉ... Trong khi thực tế, 7 loại hình công việc trên, vẫn được thực hiện bởi một KTS, miễn là KTS đó có duy nhất một chứng chỉ hành nghề kiến trúc.

- Tại Điều 38, mục 2 - Chương IV - "Trách nhiệm của UBND các cấp", nên hiệu chỉnh lại nội dung khi không còn tổ chức hành chính cấp huyện.

- Tại khoản 3, Điều 39: Sửa đổi, bổ sung một số điều của các luật có liên quan đến hoạt động kiến trúc bằng thay thế cụm từ "quy chế quản lý quy hoạch kiến trúc đô thị" bằng "quy chế quản lý kiến trúc" trong Luật Xây dựng, Luật Nhà ở, Luật QHĐT là một bước lùi và hết sức vô lý. Vì muốn quản lý được, quản trị được, trước tiên phải bằng các chỉ tiêu về quy hoạch. Đặc biệt, khi chưa có Nghị định 85/2020/NĐ-CP, đã bãi bỏ hiệu lực của Nghị định 38/2010/NĐ-CP về quản lý không gian, kiến trúc, cảnh quan đô thị. Trong khi thực tế phản ánh từ các chính quyền địa phương cho thấy nội dung trong Luật Kiến trúc không bao trùm và chi tiết cụ thể như Nghị định 38/2010/NĐ-CP, làm cho các cơ quan chuyên môn và các cấp chính quyền địa phương hết sức lúng túng, khó khăn khi thực hiện và quản lý, quản trị, đầu tư xây dựng trong thời gian vừa qua...

3.2. Điều chỉnh, bổ sung các nội dung, điều khoản của Nghị định 85/2020/NĐ-CP

- Tại Khoản 1, Điều 14 - Phân loại công trình kiến trúc có giá trị. Không nói rõ muốn đạt loại I, khi đáp ứng cả 2 tiêu chí phải có số điểm tối thiểu là bao nhiêu? Tương tự như vậy cho cả loại II và loại III? Riêng loại III, chỉ cần đáp ứng một trong hai tiêu chí là hoàn toàn bất hợp lý, vì rất khó có công trình kiến trúc nào như vậy cả, khi đã đáp ứng tiêu chí về lịch sử và văn hóa, lại không đáp ứng về nghệ thuật kiến trúc và cảnh quan (hoặc ngược lại)? Các bảng điểm trong phụ lục I còn nhiều bất hợp lý như: thang điểm quá rộng nhưng không có chi tiết tiêu chí cần đạt ứng với số điểm thành phần tương ứng; Giá trị lịch sử văn hóa thông qua tuổi thọ và niên đại chưa tính đến các công trình kiến trúc có giá trị, chưa được xếp hạng, nhưng được cộng đồng xã hội thừa nhận, ở thời kỳ cận đại, thậm chí đương đại.

- Tại các điểm a, b, c, d thuộc khoản 1, Điều 12 - Nội dung QCQLKT đô thị, thực chất đã được quy định rất rõ và cụ thể trong các đồ án QHC, QHPK... nên hoàn toàn trùng lặp và

thừa (cho cả Điều 13 - Nội dung QCQLKT điểm dân cư nông thôn). Vì vậy, cần xem xét với các nội dung yêu cầu trong đồ án QH và các văn bản quy phạm pháp luật khác để tránh chồng chéo, trùng lặp, hoặc cái nào phải tuân thủ, tích hợp theo cái nào?...

- Riêng khoản 2, Điều 13 - QCQLKT điểm dân cư nông thôn, yêu cầu được tích hợp nội dung vào đồ án QHC của xã. Vậy cái nào có trước? Cái nào tích hợp vào cái nào? Và cần hướng dẫn cụ thể hơn sẽ tích hợp như thế nào?

- Điều 14 - Rà soát, đánh giá việc thực hiện QCQLKT với định kỳ 5 năm, chưa thấy nói tới cũng lộ trình này, liên quan đến điều chỉnh QHC hoặc QHPK... hoặc các đồ án QH mà nội dung quy chế phải tích hợp vào?

- Khoản 1, Điều 17 - Yêu cầu đối với thi tuyển kiến trúc. Chưa thấy đề cập tới các địa phương mới chỉ có QHC hoặc QHPK, nhưng chưa xây dựng được QCQLKT, hoặc đang chờ kết quả phê duyệt điều chỉnh đồ án QHC, lại rất cần thi tuyển công trình kiến trúc, khi nhiều nội dung yêu cầu đã được quy định trong đồ án QHC hoặc QHPK và QHCT...

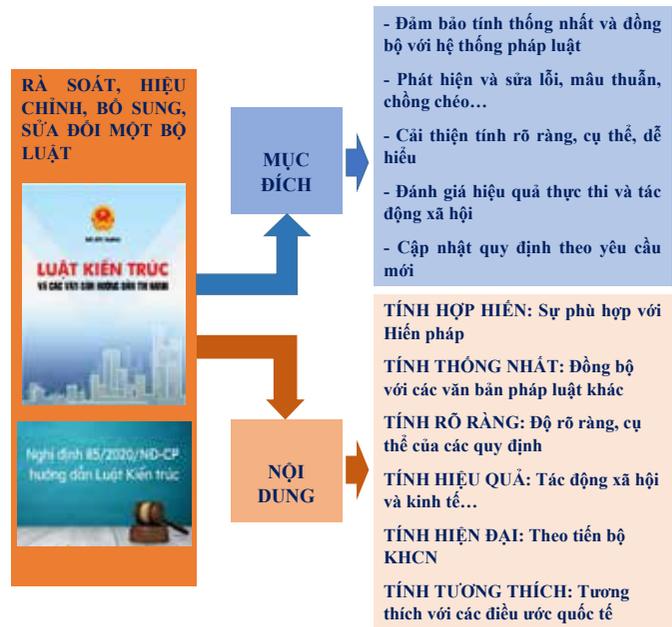
- Tại khoản 1 và 2, Điều 24 - Phát triển nghề nghiệp liên tục của KTS hành nghề có đề cập tới nội dung phát triển nghề nghiệp liên tục của KTS hành nghề gồm: tham gia các khóa tập huấn về chuyên môn, pháp luật; hội nghị, hội thảo, tọa đàm, diễn đàn; chương trình khảo sát, tham quan học tập về lĩnh vực kiến trúc và liên quan; viết sách, bài trên sách, báo, tạp chí chuyên ngành kiến trúc, viết chuyên đề tham luận hội nghị, hội thảo về kiến trúc; tham gia khóa học tập, nghiên cứu sau đại học về lĩnh vực kiến trúc; tham gia giảng dạy đại học, sau đại học và các khóa tập huấn chuyên môn về lĩnh vực kiến trúc; nghiên cứu, sáng chế khoa học trong lĩnh vực kiến trúc được công nhận; đạt giải thưởng kiến trúc quốc gia... Tuy nhiên, lại thiếu cơ bản và cần bổ sung một phẩm chất năng lực cần phải có của KTS, đó là tác phẩm và công trình thiết kế thực tế. Đây chính là nội dung cần nhất trong việc học tập, nâng cao và tích lũy năng lực hành nghề cùng đóng góp các giá trị cho xã hội của mọi KTS.

- Đặc biệt, Điều 32 - Hiệu lực thi hành. Đã bãi bỏ luôn Nghị định 38/2010/NĐ-CP về quản lý không gian, kiến trúc, cảnh quan đô thị trong khi các yêu cầu về quy hoạch thì chưa có, chưa rõ trong các văn bản quy phạm pháp luật có liên quan. Vì vậy, cần cân nhắc và chú ý về nội dung các chỉ tiêu quy hoạch, bởi Luật Kiến trúc nhưng không có nghĩa thiếu các chỉ tiêu về quy hoạch, càng phiến diện nếu không quản lý, quản trị bằng chỉ tiêu quy hoạch.

- Điều 5, mục 1 - Chương 2 "Trình tự lập, thẩm định, phê duyệt, điều chỉnh danh mục công trình kiến trúc có giá trị", cần sửa UBND cấp tỉnh phân cấp, ủy quyền cho cơ quan chuyên môn về kiến trúc thuộc UBND cấp tỉnh hoặc UBND cấp xã lập, điều chỉnh danh mục công trình kiến trúc có giá trị (khi không còn đơn vị hành chính cấp huyện). Cũng tương tự như vậy cho nội dung của mục 2 - khoản (a).

- Điều 8, mục 1 - Chương 2 "Lập QCQLKT" và Điều 9, mục 5 - Chương 2 "Thẩm định, phê duyệt, ban hành QCQLKT" nên sửa lại nội dung khi không còn đơn vị hành chính cấp huyện.

*



Hình 3: Mục đích và nội dung chính trong rà soát, hiệu chỉnh, bổ sung, sửa đổi Luật Kiến trúc và Nghị định 85/2020/ND-CP

**

Các bộ luật nói chung và Luật Kiến trúc nói riêng, đang đứng trước bối cảnh đất nước có nhiều sự thay đổi trên nhiều phương diện và lĩnh vực khác nhau, vì vậy, việc xem xét hiệu chỉnh, bổ sung và sửa đổi là một thực tế khách quan. Đây đồng thời cũng là cơ hội để giải quyết các bộ luật và các văn bản quy phạm dưới luật cần có sự thống nhất và đồng bộ, không mâu thuẫn hoặc chồng chéo lẫn nhau, đảm bảo tính hệ thống, minh bạch và hiệu quả thực thi của hệ thống pháp luật. Bên cạnh đó, Luật Kiến trúc không chỉ tạo nền tảng pháp lý để triển khai hiệu quả các chính sách, chiến lược quốc gia, mà còn đóng vai trò đảm bảo tính thống nhất, đồng bộ trong các công tác quản lý nhà nước về lĩnh vực Quy hoạch, Kiến trúc và Xây dựng. Đặc biệt khi hệ thống chính quyền hai cấp đã bước vào giai đoạn vận hành thực tế với kỳ vọng cùng đồng hành với các chính sách pháp luật sớm đi vào cuộc sống, góp phần tạo sự chuyển biến thực chất, hiệu quả.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Luật Kiến trúc số 40/2019/QH14
2. Nghị định 85/2020/NĐ-CP
3. Báo cáo kết quả thực hiện cho Bộ Xây dựng về Định hướng phát triển kiến trúc Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 theo Quyết định số 1246/QĐ-TTg ngày 19/7/2021 của Thủ tướng Chính phủ và Quy chế quản lý kiến trúc đô thị và điểm dân cư nông thôn - Tính đến quý IV/2024 của 41 địa phương trên cả nước.
4. Nguyễn Tất Thắng "Xây dựng các văn bản quy phạm dưới luật để hướng dẫn thi hành Luật Kiến trúc". Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 06/2020.
5. Nguyễn Tất Thắng "Góc nhìn thực tiễn hoạt động đào tạo CPD cho KTS tại Việt Nam". Tạp chí Kiến trúc - Hội KTS Việt Nam, số 05/2022.
6. <https://www.qdnd.vn/phong-chong-tu-dien-bien-tu-chuyen-hoa/can-loai-bo-tu-duy-cuoc-va-o-trong-xay-dung-van-ban-quy-pham-phap-luat-700447>.

GS.TS LÊ HÙNG LÂN:

Hạ tầng dữ liệu là “hệ thần kinh số” của đô thị thông minh



HOÀNG THẠCH (thực hiện)

Đô thị thông minh (ĐTTM) là xu thế phát triển chung hiện nay trên thế giới. Phát triển ĐTTM chính là thực hiện chuyển đổi số cho một đô thị với 3 nội dung chính bao gồm: Chính quyền số, kinh tế số và xã hội số. Việt Nam xác định phát triển ĐTTM bền vững là một hướng đi có tính đột phá để góp phần nâng cao tinh thần cạnh tranh quốc gia. Xung quanh nội dung này, BTV Tạp chí Xây dựng đã có cuộc trò chuyện với **GS.TS Lê Hùng Lân** - giảng viên cao cấp Trường Đại học GTVT, Phó chủ tịch Hội Tự động hóa Việt Nam, nguyên Viện trưởng Viện Ứng dụng công nghệ (Bộ KH&CN).

XÂY DỰNG HẠ TẦNG DỮ LIỆU ĐÚNG - ĐỦ - SẠCH - SỐNG

◆ **Thưa GS.TS Lê Hùng Lân, phát triển ĐTTM có tính chất liên ngành, liên quan tới nhiều lĩnh vực. Các quyết định về hoạch định dự án ĐTTM chỉ thực sự tốt nếu đầu vào là nguồn dữ liệu chính xác, đầy đủ. Ông đánh giá thế nào về hiện trạng hệ thống cơ sở dữ liệu đô thị Việt Nam hiện nay?**

- Năm 2016, Liên minh Viễn thông thế giới định nghĩa chung ĐTTM phát triển bền vững là đô thị đổi mới sáng tạo, sử dụng công nghệ thông tin, truyền thông ICT và các phương tiện khác để cải thiện chất lượng cuộc sống, hiệu quả quản lý vận hành, cung cấp dịch vụ và mức độ cạnh tranh của đô thị, trong khi vẫn đảm bảo đáp ứng những nhu cầu của các thể hệ hiện tại và tương lai về mọi khía cạnh kinh tế, môi trường, văn hóa và xã hội. Đây là định nghĩa mang tính phổ quát nhất về ĐTTM cho đến nay.

Tại Việt Nam, ngày 01/8/2018 Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 950/QĐ-TTg phê duyệt Đề án phát triển ĐTTM bền vững Việt Nam giai đoạn 2018 - 2025 và định hướng đến năm 2030. Đề án đã xác định 7 nguyên tắc, quan điểm và 4 nội hàm chủ yếu cho phát triển ĐTTM trong giai đoạn hiện nay, gồm: Quy hoạch ĐTTM; Xây dựng và quản ĐTTM; Cung cấp tiện ích ĐTTM cho các tổ chức, cá nhân trong đô thị; Cơ sở nền tảng là hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị và hệ thống hạ tầng ICT, trong đó bao gồm cơ sở dữ liệu không gian ĐTTM được kết nối liên thông và hệ thống tích hợp hai hệ thống trên.

Theo số liệu từ Hội thảo “Thành phố thông minh: Quản

trị, điều hành linh hoạt dựa trên dữ liệu” đã diễn ra ngày 02/12/2024 tại Hà Nội, hiện đã có 54 địa phương của Việt Nam đã và đang triển khai các đề án liên quan đến ĐTTM, tập trung vào các lĩnh vực như giao thông, môi trường, y tế và hành chính. Hạ tầng 5G, cáp quang, trung tâm điều hành IOC dẫn phổ cập, là tiền đề quan trọng cho sự phát triển của các ĐTTM tại Việt Nam.

Ngoài việc triển khai đề án ở mức tỉnh thành, nhiều địa phương cũng đã giao cho các đô thị trực thuộc triển khai phát triển ĐTTM ở cấp độ thành phố, thị xã, quận huyện (nay là cấp xã, phường, đặc khu) để thực hiện thí điểm trước khi triển khai nhân rộng ở quy mô toàn tỉnh.

◆ **Vậy định hướng phát triển dữ liệu phục vụ ĐTTM nên như thế nào, thưa ông?**

- Chúng ta cần hiểu rằng, khi ngày càng nhiều thành phố bắt đầu xây dựng ĐTTM thì dữ liệu sẽ đóng vai trò chính trong việc hiện thực hóa thành công quá trình đó.

Dữ liệu được coi là xương sống, là mạch máu, hay hệ thần kinh của một ĐTTM. Sự khác biệt giữa ĐTTM và đô thị thông thường chính là ở việc thu thập và xử lý dữ liệu. Khả năng tích hợp, phân tích và chia sẻ lượng dữ liệu khổng lồ có sẵn theo thời gian thực cho phép một ĐTTM tối ưu hóa tài nguyên, cải thiện chất lượng cuộc sống của cư dân và tạo ra sự phát triển kinh tế bền vững.

Nhận thức được vai trò chia sẻ tài nguyên dữ liệu đô thị góp phần tạo ra một hệ sinh thái ĐTTM hoạt động dựa trên giá trị, từ góc độ chính sách và pháp lý, nhiều thành phố, đô thị đã nâng cao khả năng tuân thủ nghĩa vụ dữ liệu mở ở cấp



Hạ tầng dữ liệu thông tin đô thị là “hệ thần kinh số” của ĐTTM, là một trong những yêu cầu quan trọng để phân biệt một ĐTTM và chưa thông minh” - GS.TS Lê Hùng Lân



độ địa phương. Tất cả các yếu tố này hỗ trợ nhu cầu phát triển của thành phố, ĐTTM, đầu tư vào các giải pháp chia sẻ dữ liệu mạnh mẽ.

Tuy nhiên, có thể nói hiện nay, công tác quản lý cơ sở dữ liệu đô thị ở Việt Nam còn nhiều hạn chế, với nhiều đặc điểm khiến chúng ta rất đáng lo lắng, như rời rạc, thiếu đồng bộ; dữ liệu bị phân tán, nằm rải rác ở các hệ thống; chưa có chuẩn cấu trúc, chuẩn dữ liệu nên thiếu liên kết, kết nối dữ liệu; thiếu cơ chế cho phép địa phương tiếp cận kho dữ liệu ngành phục vụ bài toán riêng của địa phương...

Theo khảo sát của VNPT, khoảng 40% dữ liệu địa phương cần để phục vụ chỉ đạo điều hành được hình thành và quản lý bởi các hệ thống ngành dọc khiến xảy ra tình trạng chồng chéo, cát cứ thông tin dẫn đến chia sẻ dữ liệu bị hạn chế.

Tôi dẫn ra đây một ví dụ. Khi phân tích một quá trình khai thác dữ liệu phổ biến tại các đô thị như trên Hình 1 cho thấy, có nhiều phần mềm nghiệp vụ với nhiều nhà cung cấp trên các nền tảng lưu trữ tài liệu điện tử và dữ liệu khác nhau, không theo quy chuẩn, định dạng dữ liệu chung dễ dẫn đến sự ách tắc dòng chảy dữ liệu như thế nào.

Từ hiện trạng trên, chúng ta thấy có 2 con đường cần đi để phát triển dữ liệu phục vụ hiệu quả cho ĐTTM. Thứ nhất, chính quyền dẫn dắt, định hướng toàn bộ người dân, doanh nghiệp cùng tham gia xây dựng, phát triển dữ liệu có giá trị và khai thác tài nguyên dữ liệu để chỉ đạo điều hành, nhằm tạo ra cơ hội mới và định hình lại lợi thế cạnh tranh của địa phương. Thứ hai, dữ liệu cần được tiêu chuẩn hóa để tạo thành dòng chảy xuyên suốt từ Trung ương xuống địa phương, chú ý xây dựng các quy chuẩn quốc gia và các tiêu

chuẩn cơ sở về dữ liệu.

❖ Cảm ơn ông đã cho bạn đọc tiếp cận vấn đề bằng hình ảnh có vẻ dễ hình dung hơn. Vậy làm thế nào để khai thác hiệu quả ngân hàng dữ liệu phục vụ tốt công tác vận hành, điều hành ĐTTM?

- Vâng, chúng ta trở lại bằng hình ảnh. Như ở Hình 2 tôi có, đây là mô tả quan hệ giữa các loại hình dữ liệu từ dữ liệu gốc quốc gia, dữ liệu chủ và dữ liệu hoạt động và nghiệp vụ của ĐTTM. Trong đó, dữ liệu chủ là dữ liệu chứa thông tin cơ bản nhất để định danh và mô tả các đối tượng thực thể nghiệp vụ cốt lõi và độc lập, dữ liệu chủ có trong cơ sở dữ liệu của bộ, ngành và địa phương. Cơ sở của việc quản lý, kết nối, chia sẻ dữ liệu số của cơ quan Nhà nước hiện đã được quy định trong Nghị định số 47/2020/NĐ-CP.

Để xây dựng năng lực dữ liệu giúp quản trị thông minh trong ĐTTM cần chú ý các yêu cầu sau:

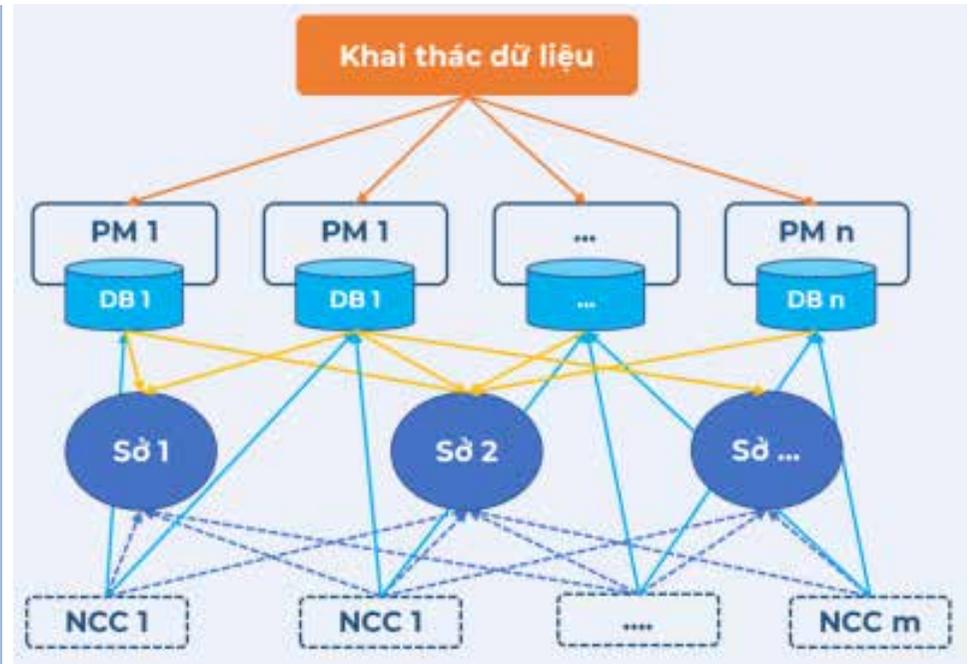
Về khả năng kết nối, thu thập dữ liệu, thể hiện ở 3 yếu tố: Tốc độ, đáp ứng lượng dữ liệu lớn, di chuyển liên tục; kích thước, xử lý được tình huống dữ liệu tăng đột ngột trong thời gian ngắn; tần suất, xử lý dữ liệu theo thời gian thực (streaming) hoặc theo dữ liệu lô (giày, phút...).

Về lưu trữ dữ liệu lớn và an toàn. Việc lưu trữ được tất cả các loại dữ liệu, với kích thước file không giới hạn; định dạng: dữ liệu có cấu trúc, bán cấu trúc (file json, csv) hay phi cấu trúc (file hình ảnh, âm thanh...); dễ dàng mở rộng không gian lưu trữ và tốc độ xử lý; an toàn dữ liệu được đảm bảo an toàn, tin cậy.

Về phân tích thông minh gồm phân tích chuyên sâu học



Dữ liệu phân tán, cập nhật thủ công, gây tổn kém kinh tế và nguồn lực, dữ liệu chưa thống nhất và thiếu độ tin cậy... dẫn đến thiếu sự kết nối giữa hạ tầng kỹ thuật đô thị với hạ tầng công nghệ thông tin, để quản lý và cung cấp tiện ích cho người dân đô thị".



Hình 1. Quá trình khai thác dữ liệu phổ biến tại công sở địa phương (nguồn VNPT).

máy (ML), học sâu (DL)...; phân tích và xử lý dữ liệu lớn (Big Data); khai phá mô phỏng dự báo hình thành các dữ liệu giá trị gia tăng mới.

Về khai thác dữ liệu gồm trực quan hóa dữ liệu thông minh, báo cáo động; cung cấp dữ liệu dùng chung toàn tỉnh, vùng; chia sẻ dữ liệu giữa các cơ quan nhà nước; cung cấp dữ liệu mở cho người dân, doanh nghiệp.

Trong mỗi ĐTTM, để hỗ trợ lãnh đạo ra quyết định nhanh, toàn diện, chính xác, đúng bối cảnh..., chúng ta cần có một hồ chứa dữ liệu, cung cấp dữ liệu đảm bảo 4 yêu cầu sau:

Đúng: Dữ liệu phải chính xác, phản ánh đúng thực tế;

Đủ: Đủ dữ liệu cần thiết để phân tích và ra quyết định;

Sạch: Làm sạch bằng cách loại bỏ các dữ liệu lỗi, trùng lặp, không hợp lệ, thiếu sót;

Sống: Dữ liệu phải được cập nhật liên tục, phản ánh thay đổi trong thời gian thực.

“HẠ TẦNG DỮ LIỆU - CHÌA KHÓA ĐỂ PHÁT TRIỂN ĐTTM”

◆ **Hạ tầng công nghệ thông tin là cấu trúc để kết nối, cho phép định hướng xây dựng ĐTTM. Theo ông, hiện nay năng lực, cơ sở công nghệ thông tin của Việt Nam có thể đáp ứng yêu cầu về phát triển ĐTTM?**

- Hạ tầng dữ liệu thông tin đô thị là “hệ thần kinh sống” của ĐTTM, là một trong những yêu cầu quan trọng để phân biệt một ĐTTM và chưa thông minh.

Hạ tầng công nghệ thông tin, hay còn được gọi là hạ tầng số, là hạ tầng thiết yếu, quan trọng để kết nối, tạo lập và duy trì dòng chảy dữ liệu của nền kinh tế số, xã hội số, bao gồm cả hạ tầng vật lý (hạ tầng viễn thông băng rộng, các trung tâm dữ liệu) và hạ tầng mềm (điện toán đám mây, kết nối IoT) với tốc độ cao, băng rộng nhằm đáp ứng tất cả các nhu cầu của

nền kinh tế số, xã hội số.

Theo “Chiến lược hạ tầng số đến năm 2025 và định hướng đến năm 2030”, hạ tầng số Việt Nam có 4 thành phần chính là hạ tầng viễn thông và Internet, hạ tầng dữ liệu, hạ tầng vật lý số, hạ tầng tiện ích số và công nghệ số như dịch vụ.

Hạ tầng kết nối bao gồm hệ thống mạng cáp quang đến từng hộ gia đình, mở rộng băng thông Internet kết nối quốc tế, phát triển mạng 5G, mạng và thiết bị IoT, các thiết bị đầu cuối... Về mạng cáp quang, trong nước hiện có 4 nhà cung cấp mạng cáp quang gồm VNPT (54,6% thị trường Internet toàn quốc), FPT, Viettel Telecom (11,43% thị trường) và Netnam.

Đến cuối năm 2024, hơn 82% hộ gia đình Việt Nam đã có Internet cáp quang băng rộng. Mục tiêu của chiến lược hạ tầng số là đến năm 2025 phổ cập cáp quang đến các hộ gia đình; 100% các tỉnh, thành phố, các khu công nghệ cao, khu công nghệ thông tin tập trung, trung tâm nghiên cứu phát triển, đổi mới sáng tạo, khu công nghiệp, nhà ga/cảng biển/sân bay quốc tế có dịch vụ di động 5G; phần đầu trung bình mỗi người dân có 1 kết nối Internet vạn vật (IoT - Internet of Things); mỗi người dân có 1 định danh số.

Hạ tầng điện toán và lưu trữ bao gồm trung tâm dữ liệu (máy chủ, máy trạm, GPU, thiết bị an toàn thông tin) và điện toán đám mây (dịch vụ IaaS, PaaS...). Một số nghiên cứu dự báo, thị trường trung tâm dữ liệu Việt Nam đến năm 2030 sẽ giữ tốc độ tăng trưởng hai con số (khoảng 11 - 12%). Trong đó, có 4 nhà cung cấp lớn trong nước (Viettel, VNPT, FPT, CMC) chiếm tỷ trọng 97% thị trường.

Có một thực tế đáng quan tâm, đó là thị trường điện toán đám mây của Việt Nam có tốc độ tăng trưởng cao nhất khu vực Đông Nam Á, đứng thứ ba châu Á. Dự báo tốc độ tăng trưởng thị trường điện toán đám mây Việt Nam trong 5 - 10



Hình 2. Cách tiếp cận khai thác dữ liệu (nguồn VNPT).

năm tới sẽ ở mức 19 - 20%; quy mô thị trường đến năm 2025 sẽ đạt khoảng 768 triệu USD và 1,2 tỷ USD vào năm 2030.

Một trong những nhà cung cấp dịch vụ đám mây của Việt Nam là VNPT đã và đang cung cấp cho khách hàng trong nước, quốc tế những dịch vụ đa dạng là các giải pháp trong hệ sinh thái Cloud như hạ tầng (IAAS), dịch vụ nền tảng (PAAS) và kết nối đa đám mây (Multi Cloud). Trong đó, IAAS chuyên cung cấp các giải pháp về computer, network và lưu trữ dữ liệu. PAAS cung cấp các giải pháp về microservices, quản lý điều phối các ứng dụng container. Multi Cloud hợp tác với AWS và các hãng công nghệ lớn như Azure, Google Cloud.

Như vậy, có thể nói rằng, năng lực, cơ sở công nghệ thông tin của các doanh nghiệp công nghệ thông tin Việt Nam hoàn toàn có thể đáp ứng yêu cầu về phát triển ĐTTM trong nước.

◆ Đó là góc nhìn tổng thể. Trong hạ tầng ĐTTM, trung tâm điều hành (IOC) là một trong những yếu tố quan trọng nhất. Vậy vai trò, chức năng cụ thể của IOC là gì, thưa ông?

- Trong hạ tầng một ĐTTM, trung tâm điều hành thông minh (Intelligent Operations Center - IOC) là một trong những yếu tố quan trọng nhất. Đây là nền tảng tích hợp dữ liệu và công nghệ thông tin, giúp giám sát, theo dõi và điều hành các hoạt động hàng ngày của thành phố, đóng vai trò quan trọng trong quá trình phát triển thành phố.

Trung tâm điều hành thông minh cung cấp cho lãnh đạo chính quyền cách nhìn toàn diện, tập trung về các hoạt động đang tiếp diễn, thực hiện giám sát và quản lý chất lượng dịch vụ một cách tổng thể, cho phép phân tích dữ liệu lớn, hỗ trợ ra quyết định, xây dựng phương án tổ

Có thể nói rằng, năng lực, cơ sở công nghệ thông tin của các doanh nghiệp công nghệ thông tin Việt Nam hoàn toàn có thể đáp ứng yêu cầu về phát triển ĐTTM trong nước” - GS.TS Lê Hùng Lâm

chức, quy chế, chính sách điều hành với các tình huống cụ thể trên tất cả các lĩnh vực. Với sự hỗ trợ từ trung tâm điều hành thông minh IOC, quá trình tiến đến mục tiêu thành phố thông minh trở nên thuận lợi hơn, giảm bớt gánh nặng cho chính phủ, nhà lãnh đạo và cơ quan quản lý, vận hành.

Hệ thống IOC thông thường bao gồm rất nhiều trung tâm thành phần: Trung tâm giám sát hiệu quả hoạt động của chính quyền và các dịch vụ công ích; trung tâm phân tích dữ liệu kinh tế - xã hội; trung tâm giám sát, điều hành và xử lý vi phạm giao thông; trung tâm tương tác, giao tiếp phục vụ công dân; trung tâm ứng cứu, hỗ trợ khẩn cấp; trung tâm giám sát, điều hành an ninh trật tự công cộng...

Hệ thống IOC chịu trách nhiệm đảm nhận một số chức năng như: Phân tích dữ liệu số, báo cáo tình huống và đưa ra dữ liệu kịp thời; cập nhật thông tin liên tục, kết nối mọi thiết bị ngoại vi và các nguồn dữ liệu từ nhiều lĩnh vực; giám sát và điều hành thành phố trên nền tảng công nghệ tiên tiến và thông minh nhất; giúp lãnh đạo kịp thời đưa ra chỉ đạo và theo dõi mọi nơi nhờ ứng dụng linh hoạt và đa nền tảng; toàn bộ dữ liệu đều được chuẩn hóa theo thời gian thực

	CẤP ĐỘ 1 Áp dụng tiêu chí ĐTTM	CẤP ĐỘ 2 Xây dựng & phát triển ĐTTM	CẤP ĐỘ 3 Phát triển ĐTTM tiên phong	CẤP ĐỘ 4 Tầm nhìn phát triển ĐTTM bền vững
Hạ tầng số và dữ liệu số				
Quản lý dữ liệu	* Xây dựng và ban hành các quy định về quản lý dữ liệu mở. * Ban hành quy định về danh mục dữ liệu tích hợp và dữ liệu chia sẻ. * Thiết lập trung tâm tích hợp dữ liệu.	* Áp dụng và thực hiện các quy định về quản lý dữ liệu mở. * Tích hợp đồng bộ hóa dữ liệu.	* Áp dụng và thực hiện các quy định về quản lý, tích hợp đồng bộ hóa dữ liệu. * Hệ thống điều hành và báo cáo thông tin đô thị.	* Áp dụng và thực hiện các quy định về quản lý, tích hợp đồng bộ hóa dữ liệu. * Tự đồng bộ hóa tích hợp cơ sở dữ liệu.
Phân tích dữ liệu	Hiện thị các thông tin đô thị.	* Hiện thị các thông tin đô thị. * Hiện thị cảnh báo.	* Hiện thị các thông tin đô thị. * Hiện thị cảnh báo. * Dự báo diễn biến có thể xảy ra.	* Hiện thị các thông tin đô thị. * Hiện thị cảnh báo. * Dự báo diễn biến có thể xảy ra. * Hướng dẫn, ra lệnh
Trung tâm giám sát, điều hành đô thị thông minh (IOC)	Thiết lập trung tâm điều khiển.	Trung tâm điều khiển tích hợp	Trung tâm giám sát, điều hành đô thị thông minh (IOC)	Trung tâm giám sát, điều hành đô thị thông minh (IOC)
Internet vạn vật (IoT)	Tích hợp IoT và kết nối.	Tích hợp IoT và kết nối.	Mở rộng tích hợp IoT theo các ngành, lĩnh vực.	IoT thế hệ mới.
	Thu Thập & Lưu Trữ	Tích Hợp & Phân Tích	Phân Tích Dự Báo & Đề Xuất	AI & Thời gian thực

Hình 3. Sơ đồ thực hiện phát triển ĐTTM theo cấp độ (nguồn - VNPT).

giúp cho việc điều hành và chỉ đạo luôn được diễn ra nhanh, kịp thời.

Trong trung tâm điều hành thông minh, tổng thể tình hình của thành phố hoặc khu vực sẽ được hiển thị trên bảng điều khiển hoặc giao diện đồ họa. Bảng điều khiển giúp trả lời câu hỏi IOC là gì, đồng thời cung cấp cho nhà quản lý một cái nhìn tổng quan về hoạt động của thành phố và các thông tin liên quan, giúp họ đưa ra quyết định và phản ứng nhanh chóng trong các tình huống khẩn cấp hoặc để quản lý tình trạng tổng thể.

❖ Vậy, tình hình xây dựng các IOC trong nước hiện nay như thế nào và xu hướng phát triển IOC cũng như ĐTTM trong nước ra sao?

- Hiện nay, Việt Nam có hơn 50 địa phương đã triển khai IOC cấp tỉnh và gần 200 IOC cấp huyện. Các đô thị đều đã hoàn thiện các hạ tầng cơ bản như dữ liệu, truyền dẫn và giải pháp. Hầu hết các đô thị xây dựng những ứng dụng thông minh để hướng tới phục vụ người dân, doanh nghiệp. Các doanh nghiệp cung cấp giải pháp xây dựng IOC hàng đầu trong nước hiện là VNPT, Viettel, FPT..., trong đó VNPT từng là đơn vị triển khai Trung tâm điều hành thông minh của Văn phòng Chính phủ, đã triển khai 36 IOC cấp tỉnh và 54 IOC cấp huyện tại 45 địa phương trên cả nước.

Sau khi Đề án 950 được ban hành, một số địa phương đã bám sát các mục tiêu, nhiệm vụ của Đề án để triển khai phát triển ĐTTM, đạt được một số thành công nhất định, đồng thời khắc phục được một số vấn đề gặp phải của các địa phương tiên phong như đầu tư có phần dàn trải trên nhiều lĩnh vực, khó khăn trong phân công tổ chức thực hiện.

Việc triển khai Đề án 950, các bộ, ngành đã và đang nghiên cứu, xây dựng, hoàn thiện các văn bản quy phạm pháp luật và các cơ chế chính sách, văn bản hướng dẫn về phát triển ĐTTM.

Chúng ta không thể chạy theo công nghệ, không phải đầu tư hạ tầng rồi để đấy. Hạ tầng cơ sở dữ liệu và công nghệ sẽ là chìa khóa để giúp chúng ta ra những quyết định đúng, nhanh và kịp thời nhất, phục vụ yêu cầu phát triển" - GS.TS Lê Hùng Lân

Cụ thể, trong lĩnh vực xây dựng đã nghiên cứu, sửa đổi bổ sung Luật Xây dựng 2014, trong đó bổ sung quy định về việc khuyến khích ứng dụng công nghệ thông tin trong hoạt động đầu tư xây dựng, phát triển đô thị sinh thái, ĐTTM, quy định về việc ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia, hướng dẫn kỹ thuật xây dựng đô thị thông minh; hoàn thiện xây dựng danh mục hệ thống tiêu chuẩn quốc gia ngành Xây dựng phục vụ phát triển ĐTTM tại Việt Nam; ban hành hướng dẫn tổ chức thiết lập hệ thống cơ sở dữ liệu liên thông trên nền GIS phục vụ phát triển ĐTTM...

Đối với lĩnh vực thông tin và truyền thông, đã ban hành khung tham chiếu ICT phát triển ĐTTM (phiên bản 1.0); công bố bộ chỉ số ĐTTM Việt Nam giai đoạn đến năm 2025 (phiên bản 1.0); hướng dẫn các địa phương triển khai thí điểm dịch vụ ĐTTM...

Lĩnh vực KHCN đã công bố 46 tiêu chuẩn TCVN phục vụ phát triển ĐTTM. Lĩnh vực GTVT đã ban hành hệ thống tiêu chuẩn phục vụ phát triển ĐTTM và đang tiếp tục nghiên cứu các công nghệ mới phục vụ phát triển giao thông thông minh.

GS.TS Lê Hùng Lân sinh năm 1960, tốt nghiệp Đại học Zilina (Tiệp Khắc) năm 1983 với chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển học trong giao thông; bảo vệ luận án tiến sĩ tại Viện Các vấn đề điều khiển - Viện Hàn lâm khoa học Nga (LB Nga) năm 1993; được phong giáo sư năm 2013.

Từ 1985 - 2013 ông là giảng viên Trường ĐH GTVT; từ 2014 - 2020 là Phó viện trưởng Viện Ứng dụng công nghệ (Bộ KH&CN); từ năm 2020 đến nay là giảng viên cao cấp Trường ĐH GTVT. Hiện ông là Phó chủ tịch Hội Tự động hóa Việt Nam. Ông từng làm chủ nhiệm và bảo vệ thành công nhiều đề tài cấp bộ, cấp tỉnh, đặc biệt chủ nhiệm 02 đề tài độc lập cấp quốc gia.



Lĩnh vực tài nguyên và môi trường đã trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án “Xây dựng, hoàn thiện cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia”.

❖ Vậy, chúng ta sẽ triển khai ra sao trước tốc độ phát triển vượt bậc của các công nghệ mới để thực sự hỗ trợ cho công tác quản lý điều hành ĐTTM, thưa ông?

- Đúng là chúng ta không thể chạy theo công nghệ, không phải đầu tư hạ tầng rồi để đấy. Hạ tầng cơ sở dữ liệu và công nghệ sẽ là chìa khóa để giúp chúng ta ra những quyết định đúng, nhanh và kịp thời nhất, phục vụ yêu cầu phát triển.

Từ các giải pháp như tôi đã nói ở trên, nội dung cần đẩy mạnh trong giai đoạn sắp tới để thực hiện phát triển ĐTTM tại Việt Nam đó là tiếp tục thực hiện các nhiệm vụ, giải pháp theo Đề án 950 về hoàn thiện hệ thống văn bản quy phạm pháp luật, cơ chế, chính sách, định mức kinh tế kỹ thuật; hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn về lĩnh vực ĐTTM; thúc đẩy đầu tư phát triển hạ tầng ĐTTM; phát triển

và ứng dụng các tiện ích ĐTTM; đào tạo nhân lực, huy động nguồn lực trong và ngoài nước.

Hiện nay, dự thảo bộ tiêu chí ĐTTM bền vững phiên bản 1.0 đã được Bộ Xây dựng xây dựng và đang lấy ý kiến. Bộ tiêu chí ĐTTM bền vững với phiên bản 1.0 gồm có 66 tiêu chí được phân theo 17 nhóm tiêu chí đánh giá với 4 cấp độ trưởng thành của ĐTTM.

Nội dung 4 cấp độ trưởng thành gồm: Cấp độ 1 áp dụng tiêu chí ĐTTM (12 tiêu chí); cấp độ 2 xây dựng và phát triển ĐTTM (30 tiêu chí); cấp độ 3 phát triển ĐTTM tiên phong (54 tiêu chí); cấp độ 4 tầm nhìn phát triển ĐTTM bền vững (66 tiêu chí).

Dự thảo đã chỉ ra các cấp độ phát triển của ĐTTM bao gồm hạ tầng số và dữ liệu số. Các cấp độ này cũng phù hợp với 4 giai đoạn trưởng thành của kỹ thuật công nghệ khai phá dữ liệu lớn.

Cụ thể, cấp độ 1 là cấp độ đầu tiên của ĐTTM, dữ liệu từ các hệ thống phân tán được thu thập về trung tâm tích hợp dữ liệu và thực hiện trực quan hoá dữ liệu phục vụ quản lý đô thị.

Cấp độ 2 là cấp độ xây dựng và phát triển ĐTTM, với sự phát triển của các công cụ tích hợp, phân tích dữ liệu, dữ liệu được tích hợp đa nguồn và cho phép đưa ra các cảnh báo sớm ở nhiều khía cạnh giám sát, điều hành và quản lý đô thị.

Cấp độ 3 là phát triển ĐTTM tiên phong, với sự hỗ trợ của các công cụ phân tích dự báo, cho phép đưa ra các dự báo về khả năng có thể xảy ra trong tương lai dựa trên dữ liệu lịch sử.

Cấp độ 4, cấp độ cao nhất của ĐTTM thể hiện tầm nhìn phát triển ĐTTM bền vững, với sự phát triển vượt bậc của các công nghệ mới AI và xử lý dữ liệu lớn theo thời gian thực, cho phép hỗ trợ lãnh đạo ra quyết định tức thời.❖

❖ Trân trọng cảm ơn ông!

Hãy coi trọng hỗ trợ **UBND cấp xã mới!**



NGUYỄN HOÀNG LINH

Thông tin từ Bộ Nội vụ, trong 346 thủ tục hành chính thuộc thẩm quyền giải quyết của cấp huyện trước đây đã được chuyển xuống cấp xã tới 278 thủ tục. Nếu tính cả từ Trung ương và cấp tỉnh phân cấp phân quyền xuống thì đến nay, cấp xã đang phải “gánh” tới 463 thủ tục hành chính.

“Nhiệm vụ của cấp xã mới hiện nay rất nặng”, đó là nhận xét của Bộ trưởng Bộ Nội vụ Phạm Thị Thanh Trà trên diễn đàn Quốc hội.

CÓ NHỮNG NHIỆM VỤ NGOÀI SỨC TƯỜNG TƯỢNG...

Một thông tin được đăng trên báo Sài Gòn giải phóng ngày 07/7/2025 khiến nhiều người đọc xong không khỏi giật mình: “Từ ngày 01/7/2025, đối với quyết định giao đất, cho thuê đất cảng hàng không, sân bay dân dụng quy định tại khoản 2 Điều 208 Luật Đất đai năm 2024 sẽ do Chủ tịch UBND cấp xã xem xét, giải quyết mà không phân biệt người sử dụng đất là tổ chức hay cá nhân”.

Bài báo được dẫn bởi nội dung công văn của Sở NN&MT TP.HCM gửi UBND phường Tân Sơn và UBND đặc khu Côn Đảo về phân định thẩm quyền quyết định giao đất, cho thuê đất cảng hàng không, sân bay dân dụng đối với trường hợp quy định tại khoản 2, Điều 208 Luật Đất đai quy định tại điểm g, khoản 3, Điều 10 Nghị định 151/2025/NĐ-CP.

Nhiều câu hỏi đặt ra: lĩnh vực hàng không, sân bay xưa nay vốn ở tầm quốc gia quản lý, nay phân cấp phân quyền thẳng một mạch xuống tận cấp xã, liệu có gì gờn gợn không? Rồi lại “không phân biệt người sử dụng đất là tổ chức hay cá nhân” thì việc giao quyền như thế có quá rộng không? Vấn đề an ninh hàng không có bị lơ lửng không khi đối tượng được giao đất và cho thuê đất không được kiểm soát chặt chẽ?...

Ta hãy thử đặt địa vị của mình vào vai của vị Chủ tịch cấp xã nọ khi nhận được văn bản này. Tất nhiên là phải tra cứu các

văn bản pháp lý theo hướng dẫn của Sở.

Điều 10 Nghị định 151/2025/NĐ-CP quy định về “Thẩm quyền của UBND cấp tỉnh phân quyền, phân cấp cho UBND cấp xã, Chủ tịch UBND cấp xã”, trong đó, Điểm g, Khoản 3 ghi “*Quyết định giao đất, cho thuê đất cảng hàng không, sân bay dân dụng đối với trường hợp quy định tại Khoản 2, Điều 208 Luật Đất đai*”.

Tra cứu tiếp Điều 208 Luật Đất đai quy định về đất sử dụng cho cảng hàng không, sân bay dân dụng:

1. Đất sử dụng cho cảng hàng không, sân bay dân dụng bao gồm:

a) Đất xây dựng trụ sở cơ quan nhà nước, đơn vị lực lượng vũ trang nhân dân tại cảng hàng không, sân bay, đất xây dựng công trình kết cấu hạ tầng sân bay và công trình, khu phụ trợ khác của sân bay do Nhà nước sở hữu;

b) Đất xây dựng các hạng mục thuộc kết cấu hạ tầng cảng hàng không và công trình dịch vụ hàng không, dịch vụ phi hàng không ngoài quy định điểm a khoản này.

2. Căn cứ quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất và quy hoạch cảng hàng không, sân bay dân dụng đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt, UBND cấp tỉnh thực hiện việc giao đất, cho thuê đất theo quy định sau:

a) Giao đất không thu tiền sử dụng đất đối với đất quy định tại điểm a khoản 1 Điều này;

b) Cho thuê đất thu tiền thuê đất hằng năm đối với đất quy định tại điểm b khoản 1 Điều này;

c) Phần diện tích còn lại sau khi giao đất, cho thuê đất theo quy định tại điểm a và điểm b khoản này thì giao cho Cảng vụ hàng không sân bay đó quản lý.

Căn cứ nội dung trên, điều luật này trước đây thuộc về “UBND cấp tỉnh”, nay chuyển về cho cấp xã thực hiện.

Với cơ cấu tổ chức cấp xã mới hiện nay, chỉ riêng nhiệm vụ giao đất không thu tiền sử dụng đất cho đúng đối tượng, quản lý việc sử dụng đất đúng mục đích, rồi cho thuê đất thu tiền



XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC

thuê đất hằng năm đúng giá thị trường, không để thất thoát đã là phức tạp và nặng nề rồi!

Đó là chưa kể đến việc làm sao kiểm soát để bảo đảm các đối tượng được thuê đất như hướng dẫn của cấp trên là "Chủ tịch UBND cấp xã xem xét, giải quyết mà không phân biệt người sử dụng đất là tổ chức hay cá nhân" ở một khu vực cực kỳ nhạy cảm đối với lĩnh vực an ninh hàng không ấy mà không để xảy ra sai sót. Bởi lẽ, Chính phủ đã ra hẳn một Nghị định riêng số 92/2015/NĐ-CP về an ninh hàng không gồm 43 Điều cùng với những quy định rất ngặt nghèo.

Đây mới là một sự kiện mới nhất liên quan đến Nghị định 151/2025/NĐ-CP, một trong 28 Nghị định phân cấp phân quyền lần này. Xin ví dụ thêm về Nghị định số 140/2025/NĐ-CP liên quan đến quản lý Nhà nước trong lĩnh vực xây dựng. Tại Điều 12 quy định về "Nhiệm vụ, thẩm quyền liên quan đến quản lý nhà chung cư" gồm 14 khoản đã có đến 10 khoản được giao trực tiếp cho UBND cấp xã thực hiện, còn 4 khoản thì cấp xã cũng sẽ thực hiện nếu được cấp tỉnh ủy quyền.

Ngẫm lại những bài học thực tiễn trong nhiều năm qua cho thấy, có những quyền hạn và trách nhiệm trong điều luật này đã khiến nhiều cấp huyện, cấp tỉnh trước đây cũng lúng túng như một căn bệnh mãn tính thì nay đã phân về cấp xã, như trách nhiệm trong việc triển khai dự án cải tạo, xây dựng lại nhà chung cư; trách nhiệm phối hợp tổ chức rà soát, kiểm định, đánh giá chất lượng nhà chung cư; trách nhiệm chủ trì tổ chức di dời khẩn cấp chủ sở hữu, người sử dụng nhà chung cư...

Quả là không sai khi Bộ trưởng Bộ Nội vụ Phạm Thị Thanh Trà nhận xét trên diễn đàn Quốc hội rằng "Nhiệm vụ của cấp xã mới hiện nay rất nặng!".

NHIỀU CƠ HỘI THÁO GỠ NHỮNG ÁCH TẮC LÂU NĂM

Một trong những thành công nhất, hiệu quả nhất của cuộc cải cách lịch sử, thực hiện chính quyền địa phương 2 cấp lần này, đó là trong nhiều điều luật đã bỏ được cụm từ "UBND cấp có thẩm quyền" rất chung chung, không có địa chỉ, không người chịu trách nhiệm.

Chẳng hạn, tại khoản 2 Điều 91 về Nguyên tắc bồi thường, hỗ trợ, tái định cư khi Nhà nước thu hồi đất của Luật Đất đai quy định như sau: "Việc bồi thường về đất được thực hiện bằng việc giao đất có cùng mục đích sử dụng với loại đất thu hồi, trường hợp không có đất để bồi thường thì được bồi thường bằng tiền theo giá đất cụ thể của loại đất thu hồi do UBND cấp có thẩm quyền quyết định tại thời điểm phê duyệt phương án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư. Trường hợp người có đất thu hồi được bồi thường bằng đất, bằng nhà ở mà có nhu cầu được bồi thường bằng tiền thì được bồi thường bằng tiền theo nguyện vọng đã đăng ký khi lập phương án bồi thường, hỗ trợ, tái định cư".

Nay, trách nhiệm của "UBND cấp có thẩm quyền" trong điều luật này kể từ ngày 01/7/2025 được chuyển giao đích danh cho Chủ tịch UBND cấp xã. Tiếp nữa, tất cả các trường hợp cụ thể trong điều luật này, như "trường hợp không có đất để bồi thường thì được bồi thường bằng tiền theo giá đất cụ thể của loại đất thu hồi" hoặc "trường hợp người có đất thu hồi được bồi thường bằng đất, bằng nhà ở mà có nhu cầu được bồi

Với cơ cấu tổ chức cấp xã mới hiện nay, chỉ riêng nhiệm vụ "Giao đất không thu tiền sử dụng đất" cho đúng đối tượng, quản lý việc sử dụng đất đúng mục đích, rồi "Cho thuê đất thu tiền thuê đất hằng năm" đúng giá thị trường, không để thất thoát đã là phức tạp và nặng nề rồi!

thường bằng tiền" thì kể từ ngày 01/7/2025 cũng được chuyển giao đích danh cho Chủ tịch UBND cấp xã.

Chính vì bỏ được cụm từ "UBND cấp có thẩm quyền" rất chung chung, không có địa chỉ, không người chịu trách nhiệm ấy mà nhiều vụ việc khiếu kiện kéo dài ở địa phương nay có cơ hội giải quyết trong thời gian ngắn.

Xin nêu một ví dụ mới đây nhất xảy ra tại huyện Nga Sơn (Thanh Hóa). Câu chuyện được tóm tắt như sau: Năm 2009, có 3 hộ dân trúng đấu giá quyền sử dụng đất (mỗi hộ 100 m²) và đã được UBND huyện cấp giấy chứng nhận quyền sử dụng đất trên mảnh đất này.

Đến năm 2021, UBND thị trấn Nga Sơn làm chủ đầu tư xây dựng khu dân cư tại khu vực này. Do dự án quy hoạch phần đường trùng lên diện tích đất của 3 hộ dân nên chính quyền thỏa thuận thu hồi, sau đó bố trí đất tái định cư nơi khác cho các hộ và được đồng ý.

Cả 3 hộ thực hiện bàn giao đất, song chính quyền khi đó không thực hiện quy trình thu hồi đất, bồi thường và giải phóng mặt bằng theo quy định. Sở dĩ các hộ dân vẫn cất giữ. Nay khi dự án khu dân cư mới cơ bản đã hoàn thành, nhiều gia đình đã chuyển đến sinh sống, các gia đình nhiều lần gửi đơn kiến nghị song không nhận được đất tái định cư như cam kết. Vậy là các hộ dân đã xây hai bức tường trên đất nhà mình nhưng lại ngăn lối vào của khu dân cư mới để gây sức ép...

Nay, nếu chiếu hệ thống pháp lý về phân cấp, phân quyền cho chính quyền địa phương 2 cấp mới đây sẽ dễ dàng nhận thấy rằng, sự việc dây dưa suốt 4 năm của 3 hộ gia đình trên đây có thể chỉ cần giải quyết trong một cuộc họp của cấp chính quyền xã mới cùng các hộ dân liên quan.

LỜI KẾT

Nêu ra những câu chuyện từ thực tiễn trên đây với mong muốn minh chứng rằng, cuộc cải cách lịch sử, thực hiện chính quyền địa phương 2 cấp lần này trước mắt sẽ gặp nhiều khó khăn nhưng cũng đang mở ra những cơ hội phát triển tích cực, đặc biệt là ở cấp xã, cấp gần dân nhất.

Mặc dù Bộ Nội vụ đã khuyến khích các địa phương có thể bố trí không chỉ Giám đốc sở, Tỉnh ủy viên hay Thành ủy viên, thậm chí tại các địa bàn quan trọng còn có thể bố trí Ủy viên ban Thường vụ cấp tỉnh hiện nay làm người đứng đầu cấp ủy của địa phương... nhưng có lẽ vẫn chưa đủ mà còn phải có sự liên kết chặt chẽ, khoa học, toàn tâm toàn lực của các cấp chính quyền, các ngành chuyên môn trong nỗ lực hỗ trợ cho 3.321 UBND cấp xã đang còn rất non trẻ trong cuộc cách mạng lịch sử này.❖

Vinh quang trí tuệ giao thông vận tải Việt Nam



VIỆT CƯỜNG

Từ một quốc gia nghèo nàn, cơ sở hạ tầng giao thông đứt gãy, lạc hậu sau chiến tranh, Việt Nam đã từng bước vươn lên làm chủ công nghệ hiện đại trong thiết kế, xây dựng và vận hành hệ thống giao thông trên bộ, trên không, trên biển và dưới lòng đất. Phía sau những công trình đó là hàng chục năm kiên trì ứng dụng, tiếp thu, đổi mới và phát triển khoa học công nghệ (KH-CN) - trụ cột vững chắc đưa ngành GTVT Việt Nam vươn tới chuẩn mực quốc tế, đóng vai trò động lực cho phát triển kinh tế - xã hội đất nước.

GẮN KẾT LỊCH SỬ - KIẾN TẠO TƯƠNG LAI

Kể từ cuối những năm 1980, khi Việt Nam chuyển mình bước vào thời kỳ phát triển kinh tế - xã hội với mục tiêu trở thành quốc gia công nghiệp hiện đại, hạ tầng GTVT được xác định là một trong những “điểm nghẽn” lớn nhất. Tình trạng cầu yếu, đường hẹp, cảng cũ, sân bay nhỏ, công nghệ thi công lạc hậu, thiếu vốn và trang thiết bị khiến lưu thông hàng hóa khó khăn, cản trở nghiêm trọng tốc độ phát triển đất nước. Trong bối cảnh ấy, chiến lược phát triển GTVT đặt trọng tâm vào đổi mới công nghệ, hội nhập quốc tế, nâng cao năng lực nghiên cứu, tiếp nhận và làm chủ công nghệ tiên tiến, hướng tới một hệ thống giao thông hiện đại, đồng bộ, an toàn, bền vững và thân thiện với môi trường.

Bên cạnh những khó khăn cố hữu về tài chính và trình độ kỹ thuật, ngành GTVT may mắn có được đội ngũ nhân lực cơ bản, có trình độ, phần lớn được đào tạo bài bản từ Liên Xô và các nước XHCN trước đây. Chính lực lượng này đã đóng vai trò hạt nhân để tiếp thu công nghệ mới, cải tiến thiết bị, thích nghi với điều kiện Việt Nam và từng bước vươn lên làm chủ. Họ là những kỹ sư đầu tiên dám áp dụng công nghệ cọc khoan nhồi đường kính lớn (1,0 m và 1,2 m, sâu hơn 50 m) tại cầu Việt Trì năm 1992, thay thế cho móng giếng chìm hay cọc đóng truyền thống, mở ra một thời kỳ mới trong công nghệ nền móng cầu ở Việt Nam. Đây là nhân tố quyết định thay đổi công nghệ nền móng cầu, mở đường cho việc thiết kế và xây dựng cầu lớn. Công nghệ này không ngừng phát triển, đến nay chúng ta đã thi công cọc đường kính 2,5 m, sâu hơn 100 m. Từ đó, hàng loạt công trình cầu vượt sông lớn, cầu vượt biển, cầu dây văng với nhịp dài hàng trăm mét được ra đời, tất cả đều dựa trên công nghệ hiện đại và trí tuệ của người Việt.

Cùng với công nghệ móng, công nghệ đúc hẫng cân bằng cũng đánh dấu bước ngoặt khi cầu Phú Lương được thi công vào năm 1993 với nhịp chính 102 m, sơ đồ (64,75 + 2x102 +

64,75) m. Đây là dấu mốc khởi đầu cho quá trình làm chủ kỹ thuật đúc hẫng, sau đó được áp dụng cho các cây cầu có nhịp chính dài hơn, trụ cầu cao hơn như cầu bê tông dự ứng lực đúc hẫng nhịp chính 150 m (cầu Hàm Luông), cầu có trụ cao gần 100 m (cầu Pá Uôn) sau này và phát triển thi công các cầu dây văng hiện đại như Rạch Miễu, Đakrông, Phú Mỹ, Bạch Đằng... Không chỉ làm chủ công nghệ, các kỹ sư Việt Nam còn sáng tạo trong thiết kế, tổ chức thi công, tối ưu hóa chi phí, rút ngắn tiến độ, đưa công nghệ xây dựng cầu lên một tầm cao mới.

Không dừng lại ở đó, ngành GTVT còn đột phá trong xây dựng cầu cạn và các công trình vượt nút giao đô thị. Dầm IPC 33 m, Super-T 40 m, cầu dầm bản đúc tại chỗ được thiết kế phù hợp với không gian đô thị, dễ dàng lắp ghép, thi công nhanh, ít ảnh hưởng đến giao thông hiện hữu. Đây chính là nền tảng cho việc phát triển công nghệ làm đường vành đai trên cao, giải bài toán ùn tắc giao thông tại các thành phố lớn.

Một lĩnh vực khác thể hiện rõ năng lực tiếp nhận và làm chủ công nghệ là xây dựng hầm giao thông. Trước năm 2000, Việt Nam hầu như chưa có kinh nghiệm thi công hầm xuyên núi. Nhưng từ khi triển khai dự án hầm Hải Vân với công nghệ NATM hiện đại, các kỹ sư Việt Nam đã nhanh chóng học hỏi, chuyển giao và chủ động xây dựng các hầm A-Roàng 1 và A-Roàng 2 trên tuyến đường Hồ Chí Minh, sau đó đến các hầm Đèo Ngang, Cù Mông, Đèo Cả, Hải Vân 2... và đặc biệt là các hầm đô thị, hầm qua nút giao thông, hầm metro trong hệ thống đường sắt đô thị như Nhổn - Ga Hà Nội, Bến Thành - Suối Tiên. Những hầm metro xuyên lòng thành phố không chỉ thể hiện trình độ kỹ thuật mà còn chứng minh khả năng tổ chức thi công trong điều kiện phức tạp của đô thị đông dân.

CHUYỂN MÌNH TOÀN DIỆN BẰNG SỨC MẠNH CÔNG NGHỆ

Trong lĩnh vực đường bộ, sự ra đời của tuyến cao tốc TP.HCM - Trung Lương (2004 - 2010) là bước đi đầu tiên trong chiến lược



Hầm Đèo Cà là hầm đường bộ lớn thứ hai hiện nay trên đường thiên lý Bắc - Nam ở nước ta, sau hầm đường bộ Hải Vân.

phát triển mạng lưới cao tốc quốc gia. Tại đây, lần đầu tiên Việt Nam áp dụng hàng loạt công nghệ xử lý nền đất yếu bằng thay đất, bắc thấm, cọc cát, cọc cát đầm chặt, cọc đất gia cố xi măng, sàn giảm tải, vãi địa kỹ thuật, công nghệ tạo nhám Novachip... Các kết cấu áo đường cũng được nâng cấp bằng vật liệu mới như đá gia cố nhựa (ATB), đá gia cố xi măng (CTB) tạo ra độ bền cao, khả năng chịu tải lớn. Đây là bước tiếp cận, làm tiền đề cho việc xây dựng hàng nghìn kilomet đường cao tốc sau này, nối liền các vùng kinh tế trọng điểm Bắc - Trung - Nam.

Không chỉ ở những cây cầu, công nghệ còn góp phần nâng tầm toàn diện hệ thống đường cao tốc. Sự xuất hiện của công nghệ thiết kế theo mô hình BIM (Building Information Modeling), hệ thống giám sát và điều hành giao thông thông minh ITS, công nghệ xử lý nền đất yếu bằng phương pháp hút chân không hoặc bắc thấm, kỹ thuật thi công tường chắn đất có cốt (MSE Wall), xử lý mặt đường bằng vật liệu polyme, nhựa đường cải tiến... đã giúp các tuyến cao tốc đảm bảo tuổi thọ dài hạn, thích ứng với biến đổi khí hậu và tiết kiệm đáng kể chi phí bảo trì. Không những thế, trong thời gian gần đây, các doanh nghiệp trong nước đã từng bước làm chủ công nghệ tái chế mặt đường tại chỗ bằng máy tái chế nguội, tiến tới nền kinh tế tuần hoàn trong lĩnh vực xây dựng công trình giao thông.

Công tác bảo trì, duy tu đường bộ cũng được cải tiến đáng kể với ứng dụng các công nghệ mới như Carboncor, Microsuphatsing... Các giải pháp ổn định mái ta-luy bằng trống cỏ, bê tông hóa, neo giữ mái dốc giúp giảm thiểu nguy cơ sạt trượt, đảm bảo an toàn cho hành lang giao thông. Đây là minh chứng cho cách tiếp cận toàn diện, không chỉ tập trung vào xây mới mà còn nâng cao chất lượng vận hành, khai thác.

Ở lĩnh vực hàng không, ngành GTVT đã nhanh chóng tiếp cận công nghệ thi công hiện đại để xây dựng và nâng cấp hệ thống kết cấu hạ tầng tại các cảng hàng không lớn như Nội Bài, Tân Sơn Nhất, Vân Đồn, Long Thành... Đường cất hạ cánh bằng

bê tông xi măng được thi công bằng dây chuyền hiện đại, khép kín, từ phối trộn vật liệu, rải mặt đến cắt khe, tạo nhám. Với mặt đường bê tông nhựa, các loại phụ gia như nhựa đường polyme, chất tăng độ dính bám được áp dụng giúp tăng cường chất lượng, chống lún, chống trượt. Không chỉ đầu tư vào kết cấu hạ tầng, ngành hàng không còn tiên phong trong ứng dụng công nghệ số vào điều hành. Hệ thống One ID, A-CDM đang dần được triển khai tại các sân bay lớn giúp tối ưu hóa thời gian làm thủ tục, nâng cao chất lượng dịch vụ và bảo đảm an toàn. Đặc biệt, hàng không Việt Nam đã tự chủ trong việc nghiên cứu và chế tạo một số sản phẩm nội địa phục vụ hoạt động tại sân bay, cảng hàng không giúp tăng tính chủ động, tiết kiệm chi phí và đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong điều kiện thực tế.

Với hàng hải - một lĩnh vực gắn liền với xuất nhập khẩu và thương mại quốc tế thì KHCN và vật liệu mới chính là yếu tố nền tảng để Việt Nam vươn lên trở thành quốc gia có hệ thống cảng biển phát triển trong khu vực. Cảng Lạch Huyện, cảng Cái Mép - Thị Vải, cảng nước sâu Vũng Áng, cảng quốc tế Long An... được đầu tư theo công nghệ hiện đại, ứng dụng tiêu chuẩn thiết kế quốc tế, tích hợp các công nghệ bốc xếp tự động, quản lý vận hành bằng phần mềm điều độ cảng thông minh với các phần mềm điều hành như TOPX, TOPO, TOPOVN... Các cảng biển lớn đã áp dụng hệ thống mã vạch, E-port, kết nối blockchain qua nền tảng TradeLens để minh bạch hóa chuỗi cung ứng, giảm thời gian thông quan, nâng cao hiệu suất logistics. Các hệ thống phao tiêu, đèn biển, radar, camera giám sát trên các tuyến luồng trọng điểm cũng được nâng cấp theo hướng số hóa, tăng cường khả năng quản lý vùng nước và đảm bảo an toàn hàng hải. Cùng với đó, vật liệu mới chống ăn mòn sử dụng trong các kết cấu cầu cảng, bê tông chất lượng cao chống sulfat, bê tông cốt sợi nhân tạo cho các khối chắn sóng... đã góp phần nâng cao tuổi thọ các công trình ven biển trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt và tác động của nước mặn. Vượt qua nhiều khó khăn, năm 2024, Việt



Nam đã vươn lên xếp thứ 7 thế giới về năng lực đóng tàu, chiếm 0,61% thị phần toàn cầu. Cũng trong năm này, tàu Trường Minh Dream 65.000 DWT - tàu hàng rời có trọng tải lớn nhất từ trước đến nay do đội ngũ kỹ sư và công nhân Việt Nam thiết kế, chế tạo đã được hạ thủy thành công.

Đối với đường thủy nội địa - một lĩnh vực vốn trước đây còn hạn chế về đầu tư công nghệ nay đã có nhiều bước chuyển rõ rệt nhờ áp dụng kỹ thuật mới. Hệ thống thủy đạc số hóa bản đồ đáy sông, các trạm đo mực nước tự động, công nghệ cảnh báo sạt lở bờ sông bằng radar xuyên đất, phao điều hướng thông minh tích hợp GPS... đã được lắp đặt trên các tuyến vận tải một số sông lớn. Những công nghệ này không chỉ giúp nâng cao năng lực điều hành luồng tuyến mà còn hỗ trợ cảnh báo sớm tai biến địa chất, hạn chế tai nạn. Cùng với đó, việc ứng dụng vật liệu nhẹ composite trong chế tạo tàu thủy nội địa, lắp đặt động cơ điện hybrid trên các phương tiện chở khách, giảm thiểu khí thải và tiếng ồn cũng góp phần đưa đường thủy trở thành phương án giao thông xanh trong tương lai gần.

Ở lĩnh vực đường sắt, sự bứt phá công nghệ trong vài thập kỷ gần đây giúp ngành này dần thoát khỏi hình ảnh cũ kỹ, chậm đổi mới. Việc đưa vào vận hành tuyến đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông đánh dấu lần đầu tiên Việt Nam tiếp cận thành công công nghệ đường sắt đô thị với tự động hóa cao. Các công trình như tuyến Nhổn - Ga Hà Nội đang áp dụng công nghệ đào hầm TBM hiện đại, quản lý thi công theo công nghệ mô phỏng 3D và kiểm soát chất lượng bằng cảm biến vật liệu tích hợp. Trong quy hoạch đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, Việt Nam đang nghiên cứu ứng dụng công nghệ ray hàn liền dài, tà vẹt dự ứng lực, tàu chạy điện tốc độ 350 km/h với hệ thống điều khiển tự động và kiểm soát hành trình theo chuẩn hiện đại. Không những thế, các vật liệu giảm rung, giảm ồn, chống lún nền đường đã được nghiên cứu, thử nghiệm và đưa vào sử dụng tại nhiều đoạn đường sắt dân sinh, đặc biệt trong khu vực đô thị.

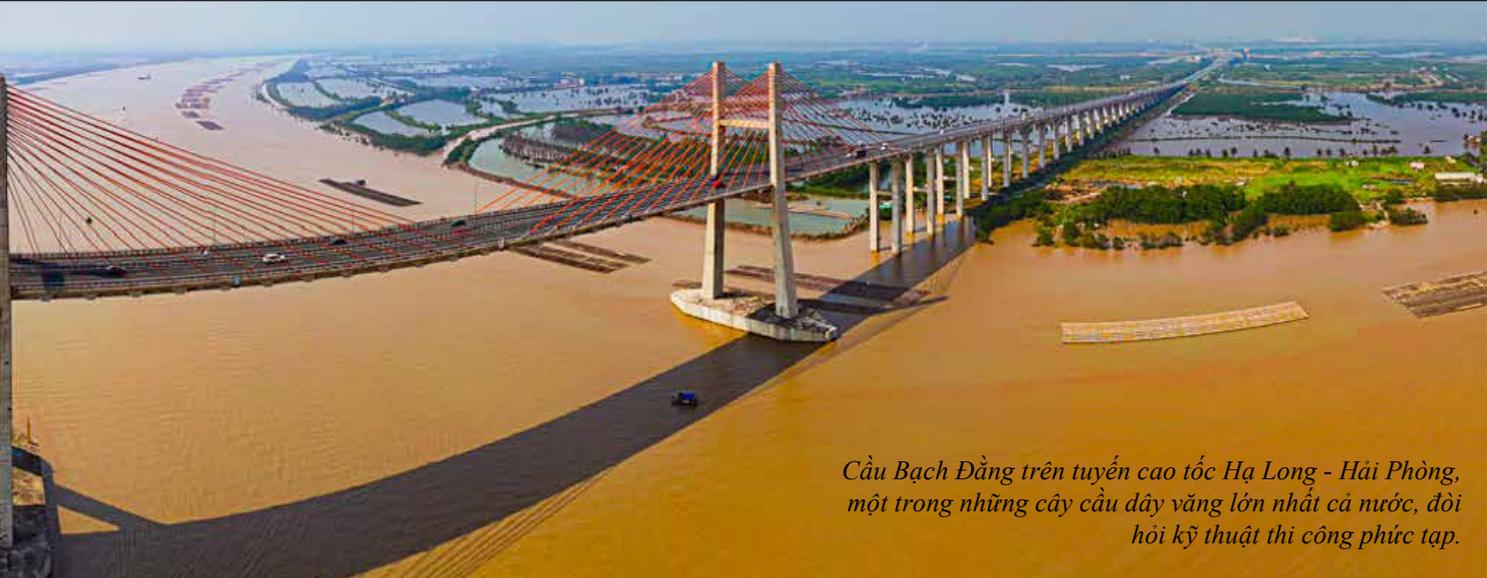
Không chỉ là xây dựng hạ tầng, ngành GTVT còn chủ động ứng dụng KHCN trong tổ chức vận tải và quản lý giao thông. Việc triển khai hệ thống thu phí điện tử không dừng, cân tải trọng tự động, quản lý vận hành bằng GPS, kết nối Internet vạn vật (IoT), áp dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong dự báo và tối ưu vận tải... đã tạo ra hệ

sinh thái vận tải thông minh, minh bạch và hiệu quả hơn. Vận tải đa phương thức được phát triển mạnh mẽ, kết nối giữa đường bộ, đường sắt, đường biển, hàng không ngày càng linh hoạt, giảm chi phí và rút ngắn thời gian giao hàng. Đặc biệt, hướng tới tương lai xanh, ngành đã triển khai thí điểm các phương tiện vận tải sử dụng điện, nhiên liệu sinh học, năng lượng tái tạo... đáp ứng mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính.

Về an toàn giao thông, hàng loạt công nghệ mới đã được đưa vào sử dụng như biển báo điện tử, thiết bị phản quang, hộ lan tôn lượn sóng, đỉnh cảnh báo tốc độ, thiết bị chống chói, chống ồn... Hệ thống giao thông thông minh (ITS) với trung tâm điều hành, camera giám sát, flycam... đã và đang được triển khai tại các thành phố lớn, giúp kiểm soát giao thông hiệu quả, xử lý kịp thời các tình huống phát sinh, nâng cao ý thức người tham gia giao thông và giảm thiểu tai nạn.

Bên cạnh đó, một trong những thành tựu mang tính nền tảng chính là việc hình thành hệ sinh thái nghiên cứu KHCN trong ngành GTVT. Từ Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, Viện Chiến lược và phát triển GTVT (nay là Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng) đến các trường đại học như Đại học GTVT, Đại học Hàng hải Việt Nam, Học viện Hàng không Việt Nam... đều đóng vai trò là cái nôi đào tạo nhân lực và nghiên cứu chuyển giao công nghệ. Trong 80 năm qua, ngành GTVT đã thực hiện hàng nghìn đề tài khoa học, trong đó rất nhiều công trình được áp dụng thực tiễn, góp phần tiết kiệm hàng nghìn tỷ đồng chi phí đầu tư, tăng tuổi thọ công trình và từng bước làm chủ các công nghệ tiên tiến. Đặc biệt, sự hợp tác quốc tế với các tổ chức như JICA, ADB, World Bank, EU... không chỉ giúp Việt Nam tiếp cận công nghệ hiện đại mà còn nâng cao năng lực quản lý, quy hoạch và điều hành hệ thống giao thông đồng bộ, bền vững.

Trong tương lai, KHCN vẫn tiếp tục là trụ cột của ngành GTVT. Khi cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 lan rộng, các lĩnh vực như trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, Internet vạn vật, vật liệu thông minh, robot xây dựng và năng lượng tái tạo sẽ tiếp tục được ứng dụng mạnh mẽ. Từ đó, GTVT Việt Nam sẽ không chỉ hiện đại về hình thức mà còn thông minh, bền vững và nhân văn hơn, góp phần xây dựng một đất nước phát triển, thân thiện với môi trường, phục vụ tốt hơn người dân và doanh nghiệp.❖



Cầu Bạch Đằng trên tuyến cao tốc Hạ Long - Hải Phòng, một trong những cây cầu dây văng lớn nhất cả nước, đòi hỏi kỹ thuật thi công phức tạp.

NGÀNH GTVT VIỆT NAM 80 NĂM PHÁT TRIỂN ĐẦY TỰ HÀO

Trải qua 80 năm hình thành và phát triển, ngành GTVT Việt Nam đã vươn lên mạnh mẽ, trở thành một trong những trụ cột chiến lược quan trọng nhất của nền kinh tế - xã hội hiện đại. GTVT không chỉ đơn thuần là “huyết mạch” kết nối các vùng miền, mà còn là động lực thúc đẩy hội nhập quốc tế, bảo đảm an sinh xã hội, củng cố quốc phòng - an ninh, rút ngắn khoảng cách phát triển giữa các vùng, miền, đồng thời tạo hiệu ứng lan tỏa sâu rộng đến mọi lĩnh vực của đời sống và nền kinh tế quốc dân.

Nhìn lại bức tranh tổng thể sau chặng đường 8 thập kỷ, có thể thấy ngành GTVT Việt Nam đã tạo dựng nên một hệ thống hạ tầng ngày càng hiện đại, đồng bộ và có chiều sâu. Từ những tuyến quốc lộ huyết mạch, mạng lưới đường bộ cao tốc liên vùng, đường sắt xuyên suốt Bắc - Nam đến các cảng biển quốc tế sánh ngang khu vực đến các sân bay lớn, hệ thống đường thủy nội địa và ven biển... góp phần hoàn chỉnh mạng lưới giao thông đa phương thức toàn quốc.

Tuy nhiên, thành tựu mang ý nghĩa sâu sắc và nhân văn nhất mà ngành GTVT nước ta đạt được chính là sự nghiệp phát triển giao thông nông thôn - một kỳ tích mà hiếm có quốc gia nào trên thế giới thực hiện được ở quy mô và chiều sâu như Việt Nam. Đây chính là minh chứng sinh động cho tư tưởng xuyên suốt của Đảng Cộng sản Việt Nam, lấy con người làm trung tâm, vì hạnh phúc của nhân dân mà hành động.

Ngày nay, ngành GTVT Việt Nam đã và đang vươn mình bước vào kỷ nguyên hiện đại hóa, hội nhập và chuyển đổi số. Những gì đã đạt được trong suốt 80 năm qua không chỉ là nền tảng vững chắc cho hiện tại mà còn là “bệ phóng” đưa dân tộc ta tiếp tục bứt phá trên hành trình xây dựng đất nước phồn vinh, hùng cường.

NGND.GS.TS Phạm Huy Khang - Chủ tịch HĐQT ngành GTVT

BƯỚC TIẾN CÔNG NGHỆ - BƯỚC TIẾN CHIẾN LƯỢC MANG TÂM QUỐC GIA

Chủ tịch Hồ Chí Minh từng khẳng định sâu sắc vai trò sống còn của GTVT bằng câu nói nổi tiếng: “Giao thông là mạch máu của tổ chức. Giao thông tốt thì mọi việc đều dễ dàng. Giao thông xấu thì các việc đình trệ.” Lời dạy ấy không chỉ là chân lý bất biến trong xây dựng và phát triển đất nước, mà còn là kim chỉ nam để ngành GTVT Việt Nam nỗ lực không ngừng, phát triển bền vững, hiện đại và hội nhập. Để hiện thực hóa tư tưởng lớn ấy trong điều kiện mới, không thể thiếu yếu tố đầu tư cho KHCN - một nhân tố quyết định mang tính đột phá. Những năm qua, Việt Nam đã gạt hái nhiều thành tựu rực rỡ trong phát triển KHCN, đóng góp quan trọng vào sự chuyển mình mạnh mẽ của ngành GTVT. Khả năng tiếp nhận, giải mã và làm chủ công nghệ tiên tiến của đội ngũ cán bộ kỹ thuật, kỹ sư, chuyên gia trong ngành đã được khẳng định bằng chính những công trình cụ thể, những kết quả thực chất, đưa trình độ KHCN của ngành tiệm cận trình độ các nước tiên tiến trong khu vực.

Hiện nay, ngoài hạ tầng, tiềm năng phát triển KHCN của ngành GTVT còn mở ra cánh cửa lớn cho nội địa hóa trong các lĩnh vực then chốt khác như: Chế tạo toa xe, hệ thống cấp điện động lực, hệ thống thông tin - tín hiệu, vận hành và bảo trì hệ thống, sản xuất linh kiện thay thế cho đường sắt tốc độ cao... Nếu có chính sách phù hợp và chiến lược đầu tư bài bản hoàn toàn có thể kỳ vọng vào một tương lai không xa, Việt Nam sẽ từng bước làm chủ toàn diện công nghệ đường sắt hiện đại, tạo nền tảng vững chắc để phát triển ngành công nghiệp đường sắt nội địa và hệ sinh thái công nghiệp phụ trợ đi kèm.

Đây không chỉ là bước tiến công nghệ mà còn là bước tiến chiến lược mang tầm quốc gia, góp phần khẳng định năng lực tự cường của đất nước trong thời đại chuyển đổi số, chuyển đổi xanh và công nghiệp hóa, hiện đại hóa toàn diện.

PGS.TS Hoàng Hà - nguyên Vụ trưởng Vụ KHCN, Bộ GTVT

Buýt Hà Nội kết nối hôm nay - hướng tới ngày mai

> HẢI THANH

Giữa nhịp sống hối hả của đô thị hơn 8 triệu dân, hình ảnh những chiếc xe buýt mang sắc đỏ - vàng, xanh - trắng thân quen lần bánh trên từng tuyến phố của Thủ đô Hà Nội đã trở thành một phần không thể thiếu trong đời sống người dân. Điều đáng quý hơn, bên cạnh việc đáp ứng nhu cầu đi lại hàng ngày, xe buýt Thủ đô đang từng bước hình thành nên một nét văn hóa mới - văn hóa xe buýt, góp phần kiến tạo lối sống xanh, văn minh, tiết kiệm, bền vững cho người dân Hà Nội hôm nay và mai sau.

TỪ TIỆN ÍCH ĐI LẠI ĐẾN THAY ĐỔI HÀNH VI ĐÔ THỊ

Không còn xa lạ với những chiếc xe buýt dừng đúng điểm, mở cửa đón hành khách trong tiếng "bíp" đặc trưng. Hình ảnh đó không chỉ là biểu tượng của một phương tiện công cộng thân thiện mà còn là bước khởi đầu cho một thay đổi lớn hơn: Thay đổi hành vi giao thông, thay đổi thói quen di chuyển cá nhân sang sử dụng phương tiện chung và sâu xa hơn là thay đổi nhận thức về môi trường sống, văn hóa ứng xử và trách nhiệm công dân.

Trong nhiều năm qua, Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông đô thị TP Hà Nội (Tramoc) đã nỗ lực mở rộng mạng lưới, nâng cao chất lượng phục vụ, cải tiến phương thức vận hành để đưa xe buýt trở thành lựa chọn đi lại đáng tin cậy, từ đó dần dần tạo lập thói quen sử dụng xe buýt trong cộng đồng dân cư. Từ học sinh, sinh viên, người lao động đến người cao tuổi, cán bộ, công chức, viên chức, ngày càng nhiều người lựa chọn xe buýt là phương tiện đồng hành hằng ngày.

Văn hóa xe buýt không tự nhiên hình thành mà là kết quả của một quá trình tích lũy từ trải nghiệm tích cực, sự chuyên nghiệp trong phục vụ và những giá trị nhân văn mà hệ thống xe buýt mang lại. Từ việc xây dựng các tuyến buýt có lộ trình hợp lý, kết nối hiệu quả với các trục giao thông lớn đến đầu tư phương tiện mới, sạch, an toàn, tiện nghi; từ việc đào tạo đội ngũ lái xe, nhân viên phục vụ bài bản đến việc áp dụng công nghệ giám sát, điều hành thông minh, mọi chi tiết đều hướng đến mục tiêu chung: Tạo ra trải nghiệm tốt nhất cho hành khách.

Chính từ những trải nghiệm đó, người dân bắt đầu hình thành thói quen mới như: Đến trạm đúng giờ, tra

cứu hành trình bằng app, xếp hàng lên xuống xe, nhường ghế cho người già, trẻ nhỏ, giữ gìn vệ sinh trên xe, không nói to, không ăn uống, không xả rác bừa bãi. Những hành vi văn minh ấy ban đầu còn lạ lẫm, giờ đã dần trở thành chuẩn mực ứng xử phổ biến trên các chuyến xe buýt. Có thể nói, xe buýt không chỉ chở người đi lại mà còn "chở" theo cả những bài học ứng xử đô thị tinh tế, giúp bồi đắp nên nền văn hóa giao thông lành mạnh, đầy tính cộng đồng và chia sẻ.

MỘT PHẦN NHỊP SỐNG CỦA THỦ ĐÔ

Khi xe buýt đi vào đời sống như một phần tất yếu, giá trị mà nó mang lại cũng lan tỏa ra nhiều mặt. Đó là sự tiết kiệm khi người dân chỉ cần chi từ vài nghìn đồng là có thể đi qua hàng chục kilomet, không phải lo kẹt xe, lo tìm chỗ gửi xe, lo chi phí xăng dầu leo thang. Đó là sự công bằng khi xe buýt mở ra cơ hội di chuyển bình đẳng cho mọi tầng lớp, mọi lứa tuổi, đặc biệt là học sinh, sinh viên, người cao tuổi, người khuyết tật. Đó còn là sự an toàn khi xe buýt giảm tải lượng phương tiện cá nhân, giúp giảm ùn tắc, giảm tai nạn và góp phần giữ gìn trật tự giao thông đô thị.

Và hơn hết, đó là sự bền vững khi mỗi người chọn xe buýt nghĩa là đã góp một phần vào giảm phát thải khí nhà kính, giảm ô nhiễm không khí, góp phần vào cuộc chuyển đổi xanh của Thành phố. Không phải ngẫu nhiên mà nhiều người dân sau một thời gian dùng xe buýt đã tự giác từ bỏ xe máy cho những chuyến đi thường ngày. Họ gọi xe buýt là "người bạn đồng hành đáng tin cậy", "góc quen mỗi sớm mai" hay "một phần nhịp sống Hà Nội".

Dưới sự chỉ đạo quyết liệt của Thành ủy, UBND thành



Xe buýt đang đóng vai trò lớn trong việc hình thành “hành vi đô thị mới”.

phố, Sở Xây dựng Hà Nội cùng sự điều phối nhịp nhàng từ Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông TP Hà Nội, mạng lưới xe buýt Thủ đô liên tục được mở rộng. Nhiều tuyến buýt mới được đưa vào hoạt động ở khu vực ngoại thành, vùng xa trung tâm, đáp ứng nhu cầu đi lại của người dân. Các tuyến buýt sử dụng năng lượng sạch như điện, khí nén CNG dần thay thế xe chạy diesel, hướng đến một tương lai giao thông xanh, thông minh.

Không chỉ dừng lại ở hạ tầng hay phương tiện, Hà Nội còn chú trọng phát triển đồng bộ văn hóa giao thông công cộng. Các chiến dịch truyền thông, chương trình giáo dục trong trường học, hoạt động truyền cảm hứng từ người thật - việc thật được triển khai mạnh mẽ để lan tỏa giá trị xe buýt. Bên cạnh đó, Tramoc cũng đẩy mạnh các chương trình khảo sát ý kiến hành khách, ứng dụng công nghệ phản ánh để kịp thời điều chỉnh, đổi mới. Từ một phương tiện đơn thuần, xe buýt dần trở thành không gian giao tiếp, không gian sống động nơi người dân Thủ đô gặp nhau mỗi ngày, sẽ chia và cùng nhau xây dựng lối sống đô thị văn minh.

Hà Nội đang hướng đến một thành phố đáng sống, nơi mà phát triển không chỉ tính bằng công trình, chỉ số tăng trưởng mà còn thể hiện qua chất lượng sống, qua cách cư dân ứng xử với nhau và với không gian chung. Trong tiến trình ấy, xe buýt tương chừng là một chi tiết nhỏ lại đang đóng vai trò lớn trong việc hình thành “hành vi đô thị mới”. Một người đi xe buýt là một người biết chia sẻ không gian công cộng. Một người chờ xe buýt đúng trạm là một người tôn trọng trật tự chung. Một người quen nhường ghế cho người yếu thế là một người biết đặt lợi ích cộng đồng lên trên sự tiện nghi cá nhân.



Tramoc luôn nỗ lực mở rộng mạng lưới xe buýt, nâng cao chất lượng phục vụ.

Trong từng lộ trình ngắn hay dài, trong từng tuyến phố cũ hay khu đô thị mới, sự hiện diện của xe buýt là biểu tượng cho nỗ lực không ngừng nghỉ vì một Thủ đô hiện đại, nhân văn, bền vững.

Với tâm thế phục vụ người dân bằng tất cả sự trân trọng và trách nhiệm, Trung tâm Quản lý và Điều hành giao thông đô thị Hà Nội đang kiến tạo nên không chỉ một hệ thống vận tải công cộng hiệu quả mà còn vun đắp cho một nét văn hóa đô thị rất riêng, rất Hà Nội - “văn hóa xe buýt”. Đó là hành trình của niềm tin, của giá trị sống và của tương lai.❖



Đài DVOR/DME/ADS-B Đà Nẵng do ATTECH quản lý và khai thác

15 năm ATTECH và hành trình làm chủ kỹ thuật hàng không

> CẨM PHÚ

15 năm xây dựng và phát triển theo mô hình Công ty TNHH, Công ty Kỹ thuật Quản lý bay (ATTECH) từ một đơn vị dịch vụ kỹ thuật hàng không đã vươn mình trở thành thương hiệu khoa học công nghệ (KHCN) hàng đầu, đồng hành cùng ngành Quản lý bay Việt Nam giữ vững vùng trời Tổ quốc. Từ nền tảng văn hóa doanh nghiệp và khát vọng sáng tạo, ATTECH đang tiến những bước vững chắc trong hành trình chuyển đổi số, phát triển KHCN và dẫn đầu chiến lược làm chủ công nghệ bảo đảm hoạt động bay hiện đại.

NỀN TẢNG LÀM NÊN THƯƠNG HIỆU

Ra đời từ nhu cầu thực tiễn của xã hội, Công ty TNHH Kỹ thuật Quản lý bay (ATTECH) - thành viên của Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam mang trong mình sứ mệnh đặc biệt ngay từ thuở ban đầu. Từ cái tên ban sơ là Xí nghiệp Điện tử hàng không (1986), ATTECH được hình thành với trọng trách lớn lao: Xây dựng một đơn vị kỹ thuật điện tử chung phục vụ toàn ngành Hàng không dân dụng Việt Nam. Từ đó, mỗi cột mốc phát triển của ngành Quản lý bay cũng gắn liền với quá trình đổi mới, hoàn thiện của ATTECH: Năm 1998, Trung tâm Dịch vụ kỹ thuật Quản lý bay ra đời; đến năm 2010 chính thức chuyển đổi mô hình hoạt động thành Công ty TNHH Kỹ thuật Quản lý bay - một doanh nghiệp đặc thù trên ba lĩnh vực công nghệ cao: Cung cấp dịch vụ CNS (thông tin - dẫn đường - giám sát), bay kiểm tra hiệu chuẩn và sản xuất sản phẩm công nghiệp hàng không.

Thương hiệu ATTECH là kết tinh của tri thức, kỷ luật, sự chính xác và khát vọng đổi mới từ những con người làm kỹ thuật trong một ngành nghề mà từng chi tiết đều liên quan đến sự an toàn tuyệt đối của hàng triệu chuyến bay. Được

xây dựng trên ba nền tảng cốt lõi: Hệ thống quản lý chất lượng đồng bộ, hiệu lực và hiệu quả; sự sáng tạo, khả năng thích nghi vượt trội và tư duy văn hóa doanh nghiệp hiện đại, ATTECH khẳng định sự khác biệt bằng chính cam kết về chất lượng, tiến độ và giá thành sản phẩm, dịch vụ đối với khách hàng.

Không ngừng đổi mới và kiên định với mục tiêu lớn, ATTECH đặt mục tiêu trở thành tổ hợp doanh nghiệp công nghiệp hàng không hàng đầu Việt Nam, một thương hiệu mạnh trong khu vực. Những chủ trương phát triển bay kiểm tra hiệu chuẩn và công nghiệp hàng không, gắn với quy hoạch phát triển GTVT hàng không giai đoạn đến 2020, tầm nhìn 2030 đã và đang là con đường phát triển bền vững mà ATTECH quyết tâm hiện thực hóa.

THÀNH TỰU KHCN: BỆ PHÓNG ĐƯA ATTECH VƯƠN TẦM

Là doanh nghiệp KHCN hoạt động trong lĩnh vực đặc thù, ATTECH luôn mang khát vọng tạo ra những “sản phẩm nội - chất lượng ngoại” phục vụ lĩnh vực quản lý bay và xa hơn là ngành công nghiệp hàng không Việt Nam. Từ định hướng này, hàng loạt sản phẩm KHCN mang dấu ấn ATTECH lần lượt ra đời, được Cục Hàng không Việt Nam cấp giấy chứng nhận đủ điều kiện khai thác trong ngành Hàng không. Đây không chỉ là kết quả của tri thức và sáng tạo mà còn là sự khẳng định năng lực làm chủ công nghệ cao và tinh thần tiên phong hội nhập quốc tế. Mỗi năm, trên 15 sáng kiến của tập thể và cá nhân được công nhận và ứng dụng thực tế, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh và chất lượng dịch vụ.

Một trong những sản phẩm tiêu biểu là hệ thống đồng hồ thời gian chuẩn và thiết bị ghi âm kỹ thuật số cho các đài kiểm soát không lưu được đưa ra thị trường từ năm 2011 và đến nay vẫn không ngừng được cải tiến, sử dụng rộng rãi trong toàn ngành. Đặc biệt, thiết bị ghi thoại và dữ liệu - sản phẩm “made by ATTECH” đóng vai trò quan trọng trong đảm bảo an toàn hoạt động hàng không dân dụng, khi có khả năng ghi lại đầy đủ, trung thực các luồng dữ liệu thoại và hình ảnh liên quan đến điều hành bay.

Trong lĩnh vực phần mềm hàng không, ATTECH cũng tiên phong phát triển các hệ thống lõi, đòi hỏi công nghệ cao và chuẩn mực quốc tế. Dự án phát triển phần mềm Hệ thống luân chuyển điện văn không lưu (AMHS) giai đoạn 2013 - 2014 chính là bước ngoặt lớn. AMHS là phần mềm công nghệ thông tin xử lý, lưu trữ, luân chuyển điện văn không lưu theo tiêu chuẩn ITU và ICAO, với năng lực vượt trội so với hệ thống AMSS cũ. Quá trình xây dựng hệ thống AMHS cơ bản - sản phẩm chiến lược trong mạng viễn thông hàng không ATN đã giúp Việt Nam tiến một bước dài trong việc làm chủ nền tảng truyền tin hàng không. Hệ thống AMHS tương thích với mạng ATN, hỗ trợ các loại địa chỉ AMHS theo tiêu chuẩn ICAO, có đầy đủ dịch vụ hiện đại và khả năng bảo mật cao, minh chứng cho khả năng làm chủ công nghệ lõi trong ngành. Năm 2024, sản phẩm hệ thống AMHS mở rộng theo cấu hình IX của ICAO tiếp tục được Công ty hoàn thành giai đoạn nghiên cứu chế tạo, được Công ty Galadrium (Anh quốc) thực hiện đánh giá Comformance Test thành công.

Cũng trong lĩnh vực giám sát không lưu, ATTECH đã phát triển phần mềm tích hợp và xử lý dữ liệu ADS-B - một bước tiến đặc biệt trong việc điều hành bay trên biển Đông. Ra đời năm 2013 khi hệ thống tự động quản lý không lưu (ATM-HCM) chưa có khả năng xử lý ADS-B, phần mềm của ATTECH đã giúp Việt Nam công bố quốc tế khả năng điều hành bay bằng giám sát ADS-B tại các đường bay song song trên biển Đông từ các trạm Trường Sa Lớn, Côn Sơn, Song Tử Tây. Đến nay, hệ thống tích hợp và xử lý dữ liệu ADS-B stand-alone vẫn vận hành hiệu quả, là phương tiện giám sát bổ sung tin cậy cho FIR Hồ Chí Minh.

Một trong những thành tựu nổi bật gần đây là hệ thống băng phi diễn điện tử (E-Strip) - sản phẩm “made in ATTECH” thay thế cho hệ thống băng phi diễn giấy truyền thống. Được cấp Giấy chứng nhận bởi Cục Hàng không Việt Nam năm 2023, hệ thống này đã được triển khai trải nghiệm thực tế tại Đài kiểm soát Căn Thơ, giúp giảm tải cho kiểm soát viên không lưu và nâng cao tính tự động hóa trong điều hành bay.

Không chỉ phục vụ trong nước, dịch vụ và sản phẩm kỹ thuật hàng không của ATTECH đã vươn xa tới nhiều nước như Lào, Campuchia, Indonesia, Myanmar, Bangladesh, Angola, Kenya, Ấn Độ, Nepal, Trung Quốc... và cả những thị trường khó tính như châu Âu. ATTECH hiện là nhà cung cấp dịch vụ Thông tin - Giám sát cho Cục Hàng không Singapore và là đối tác trong chuỗi cung ứng của các nhà sản xuất thiết bị dẫn đường hàng đầu thế giới, qua đó đã cung cấp sản phẩm và dịch vụ với tổng giá trị hơn 15 triệu USD.

ĐỔI MỚI SÁNG TẠO, TIÊN PHONG TRONG KỸ NGUYÊN SỐ

Chia sẻ về quá trình phát triển từ năm 2010 đến nay, ông Lê Tiến Thịnh - Chủ tịch ATTECH cho biết Công ty không ngừng thay đổi để phù hợp với thực tiễn và xu thế thời đại. Nếu như trước kia ATTECH hoạt động trên ba lĩnh vực: Thông tin - dẫn đường - giám sát; bay kiểm tra hiệu chuẩn; sản xuất công nghiệp hàng không thì nay chiến lược mới cần xác định phát triển KHCN và đổi mới sáng tạo vừa là lĩnh vực kinh doanh, vừa là trụ cột trong phát triển doanh nghiệp bởi KHCN chính là nền tảng của sản xuất công nghiệp và cung cấp dịch vụ bảo đảm hoạt động bay, đồng thời cũng là động lực đổi mới bền vững.

Các sản phẩm của ATTECH luôn đòi hỏi tính chính xác, trách nhiệm và sự chính chu tuyệt đối, đó là lý do Công ty áp dụng quy trình trải nghiệm - phản hồi chặt chẽ. Trước khi đưa sản phẩm vào sử dụng chính thức, khách hàng sẽ dùng thử, đánh giá, phản hồi và từ đó đội ngũ kỹ sư của Công ty tiếp tục hoàn thiện. Chính quy trình khép kín này đảm bảo mọi sản phẩm của ATTECH đều đạt chuẩn cao nhất về an toàn, ổn định, tiết kiệm năng lượng và hiệu quả chi phí.

Trước yêu cầu bảo đảm an toàn ngày càng cao và mật độ bay ngày càng tăng, ATTECH đang tập trung nghiên cứu dòng sản phẩm có kết cấu dễ gãy - dễ vỡ nhằm đảm bảo an toàn cho máy bay và hành khách trong khu bay. Dự kiến trong năm 2025, sản phẩm phòng đặt thiết bị mới có thiết kế kết cấu và vật liệu dễ phá hủy sẽ được đưa vào sử dụng - một bước tiến kết hợp giữa kỹ thuật, công nghệ và tinh thần trách nhiệm với ngành.

Về tầm nhìn tương lai, ông Nguyễn Hoàng Giang - Giám đốc ATTECH khẳng định: “Công ty tiếp tục lấy KHCN và đổi mới sáng tạo làm trọng tâm phát triển. Các kết quả nghiên cứu sẽ tập trung phục vụ lĩnh vực bảo đảm hoạt động bay - lĩnh vực trọng yếu của quản lý bay và ngành Hàng không. Đây là bước đi chiến lược để ATTECH tiếp tục khẳng định vai trò tiên phong và bản sắc của một doanh nghiệp kỹ thuật hàng không hàng đầu quốc gia”.

Với những thành tựu nổi bật, hoàn thành xuất sắc các nhiệm vụ đặc biệt, góp phần đảm bảo hoạt động bay, 15 năm qua, ATTECH đã được tặng thưởng, vinh danh với nhiều danh hiệu, hình thức khen thưởng cao quý: Huân chương Lao động hạng Nhất (2015), Bằng khen của Thủ tướng Chính phủ (2013), Cờ Thi đua của Chính phủ (2021), Bằng khen của Bộ GTVT (giai đoạn 2019 - 2020, nay là Bộ Xây dựng), Cờ thi đua của Bộ GTVT (2016, 2022), Cờ thi đua của Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam (2023), TOP 100 Danh hiệu nổi tiếng Việt Nam năm 2014, TOP 20 Nhân hiệu nổi tiếng ASEAN 2015, Thương hiệu hàng đầu năm 2016...

ATTECH hôm nay là biểu tượng cho tinh thần đổi mới, cho trí tuệ kỹ thuật Việt Nam, cho khát vọng vươn xa. 15 năm nhìn lại là một hành trình đầy nỗ lực, sáng tạo và kiên định, nhưng cũng là điểm khởi đầu cho một chặng đường mới - nơi mà thương hiệu ATTECH tiếp tục “dẫn lối” bầu trời bằng năng lực của một thương hiệu kỹ thuật quản lý bay.❖

Công ty 59: Dấu ấn trên mặt trận kinh tế quốc phòng

> SONG THU

Từ một cơ sở sản xuất doanh cụ nhỏ phục vụ công tác hậu cần sau ngày đất nước thống nhất, đến một thương hiệu mạnh trong lĩnh vực xây dựng, đầu tư, Công ty TNHH MTV 59 đã trải qua gần 50 năm hình thành, đổi mới và phát triển. Với bản lĩnh quân đội, sự kiên định và tầm nhìn chiến lược, Công ty ngày nay là doanh nghiệp tiêu biểu của Bộ Tổng Tham mưu - Bộ Quốc phòng, góp phần quan trọng vào công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước.

KHỞI NGUỒN TỪ DẤU ẤN LỊCH SỬ

Sau ngày miền Nam hoàn toàn giải phóng (30/4/1975), để phục vụ công tác hậu cần và ổn định đời sống cho cán bộ phía Nam, Cục Quản lý Giáo dục/Bộ Tổng Tham mưu đã thành lập Cơ sở Mộc tại số 5B, Phạm Ngũ Lão, quận Gò Vấp, TP.HCM, tiền thân của Công ty TNHH MTV 59 (Công ty 59). Trước đó, ngày 13/12/1971, Công trường 56 được thành lập theo Quyết định số 929/G9-QĐ của Cục trưởng Cục Quản lý Giáo dục, trên cơ sở hợp nhất Đại đội 6, Công trường 5 và một số cán bộ thuộc Ban Doanh trại, chuyên thực hiện nhiệm vụ xây dựng cơ bản phục vụ quốc phòng tại miền Bắc. Đến ngày 7/8/1976, Bộ Tổng Tham mưu ban hành Chỉ thị số 582/CT-TM, giao cho Cục Quản lý Giáo dục tuyển chọn công nhân lành nghề bổ sung cho công tác xây dựng, sửa chữa phía Nam. Từ đây, Công trường 56 chính thức hoạt động và mở rộng địa bàn tại khu vực miền Nam. Ngày 07/7/1977 được công nhận là ngày thành lập và cũng là ngày truyền thống của Công ty TNHH MTV 59.

Từ hai tổ chức ban đầu với quy mô nhỏ, biên chế chưa đến 20 người, đội ngũ cán bộ, kỹ sư, công nhân đã không ngừng trưởng thành qua thực tiễn và đào tạo. Đây là tiền đề quan trọng cho sự phát triển thành mô hình doanh nghiệp quốc phòng, kinh tế mạnh mẽ sau này. Trước yêu cầu nhiệm vụ ngày càng cao, các đơn vị được đổi tên, mở rộng chức năng và nâng cấp tổ chức, lần lượt trở thành Xí nghiệp 56, 59 và sau đó là Công ty 56, 59 trực thuộc Bộ Quốc phòng.

Thực hiện phương án tổng thể sắp xếp, đổi mới doanh nghiệp Nhà nước do Thủ tướng Chính phủ phê duyệt, Bộ trưởng Bộ Quốc phòng đã quyết định hợp nhất, sáp nhập và chuyển đổi thành Công ty TNHH MTV 59 như hiện nay. Cụ thể: ngày 12/5/1999, Công ty 56 và Công ty 59 được hợp nhất; ngày 9/9/2003, Công ty 489 sáp nhập vào Công ty 59; ngày 5/7/2007, Chi nhánh Hà Nội được tách thành đơn vị trực thuộc Bộ Tổng Tham mưu; đến ngày 12/8/2010, Công ty 59 chính thức chuyển



Đại hội Chi bộ 9 Công ty TNHH MTV 59 nhiệm kỳ 2025 - 2030.

đổi thành Công ty TNHH MTV theo mô hình doanh nghiệp 100% vốn Nhà nước thuộc Bộ Quốc phòng.

Đây là những dấu mốc quan trọng không chỉ đánh dấu sự phát triển về mặt tổ chức, mà còn thể hiện năng lực thích ứng và đổi mới không ngừng của Công ty trong quá trình hội nhập và cơ cấu lại nền kinh tế quốc doanh theo hướng hiện đại, hiệu quả.

TỪ NGƯỜI LÍNH XÂY DỰNG ĐẾN THƯƠNG HIỆU UY TÍN

Trải qua nhiều biến động của thị trường xây dựng, tổ chức bộ máy và nguồn vốn hạn chế, Công ty 59 vẫn kiên định với tôn chỉ hoạt động: "Giữ uy tín, chất lượng, kỹ thuật và mỹ thuật sản phẩm", đồng thời xác lập phương châm phát triển: "An toàn - Hiệu quả - Từng bước phát triển vững chắc". Đội ngũ cán bộ, chiến sĩ, kỹ sư, công nhân viên luôn giữ vững kỷ luật, tích cực đổi mới, ứng dụng công nghệ, tinh gọn tổ chức, tối ưu năng lực sản xuất và năng lực cạnh tranh. Những năm qua, Công ty đã tập trung phát triển 02 lĩnh vực chính là thi công xây lắp và kinh doanh dự án.

Trong lĩnh vực xây dựng quốc phòng, Công ty tự hào là doanh nghiệp quân đội duy nhất được giao và hoàn thành



Khách sạn Hương Biển Seashells Phú Quốc.



Trạm tác chiến Điện tử - Hòn Đất.



Công trình Viện Kiểm sát Lâm Đồng.



Công trình Trường Sa.

vượt tiến độ nhiều công trình trọng điểm mang ý nghĩa đặc biệt như: Nhà sở chỉ huy A1 - Bộ Quốc Phòng; Nhà B2 - Tổng cục Chính trị; Đường tuần tra biên giới; Đường Trường Sơn Đông; Lữ đoàn 189 Cam Ranh.

Trong lĩnh vực xây dựng dân sự, Công ty đã thực hiện nhiều công trình hạ tầng, giáo dục, nhà ở và hành chính được đánh giá cao về chất lượng, tiêu biểu như: Khu công nghiệp VSIP; Cụm công trình cơ sở hạ tầng biển đảo Phú Quốc (67,5 ha); Trường ĐH Sài Gòn; Trường Cao đẳng Công nghệ thông tin TP.HCM; Chung cư Ngô Thời Nhiệm; Chung cư Đường Sắt TP.HCM; Trụ sở Thanh tra TP và Tòa án Quận Bình Thạnh...

Song song đó, Công ty cũng ghi dấu ấn trong lĩnh vực đầu tư với nhiều dự án chiến lược hoạt động hiệu quả như: Tòa nhà văn phòng số 09 Đinh Tiên Hoàng, Phường Sài Gòn; Trung tâm thương mại 792 Nguyễn Kiệm, phường Hạnh Thông; Văn phòng kết hợp làm kinh tế tại 26 Phan Văn Trị phường Hạnh Thông; Trung tâm thương mại - thể thao quốc phòng tại 15-17 Cộng Hòa, phường Tân Sơn Nhất; và Khu hậu cần kỹ thuật tại Phường Trung Mỹ Tây.

VỮNG NIỀM TIN, VƯƠN TẦM HỘI NHẬP

Cán bộ, chiến sĩ, công nhân viên Công ty 59 luôn tự hào về những thành tích đã đạt được minh chứng rõ nét cho hành trình trưởng thành, lớn mạnh và bền vững. Những thử thách phía trước chính là động lực để toàn thể tập thể tiếp tục nỗ lực, giữ vững ổn định, chủ động hội nhập kinh tế thị trường, nâng cao thương hiệu và sức cạnh tranh.

Phát huy truyền thống người lính thời bình, Công ty cam kết tạo dựng niềm tin vững chắc với khách hàng, từng bước khẳng định vị thế là doanh nghiệp mạnh, kinh doanh hiệu quả trong và ngoài Quân đội, góp phần thiết thực vào sự nghiệp đổi mới và hiện đại hóa đất nước.

Đại tá Nguyễn Đình Chúc - Chủ tịch, Giám đốc Công ty TNHH MTV 59 khẳng định: "Bằng sự đoàn kết, trí tuệ và quyết tâm cao, Công ty TNHH MTV 59 sẽ tiếp tục xây dựng một doanh nghiệp đa ngành vững mạnh, chuyển hướng đầu tư chiến lược, phát triển bền vững, tạo dựng thương hiệu tầm quốc gia - vươn ra khu vực."❖

Đô thị thông minh - bài học kinh nghiệm về quy hoạch các đô thị trên thế giới

> AN NHIÊN

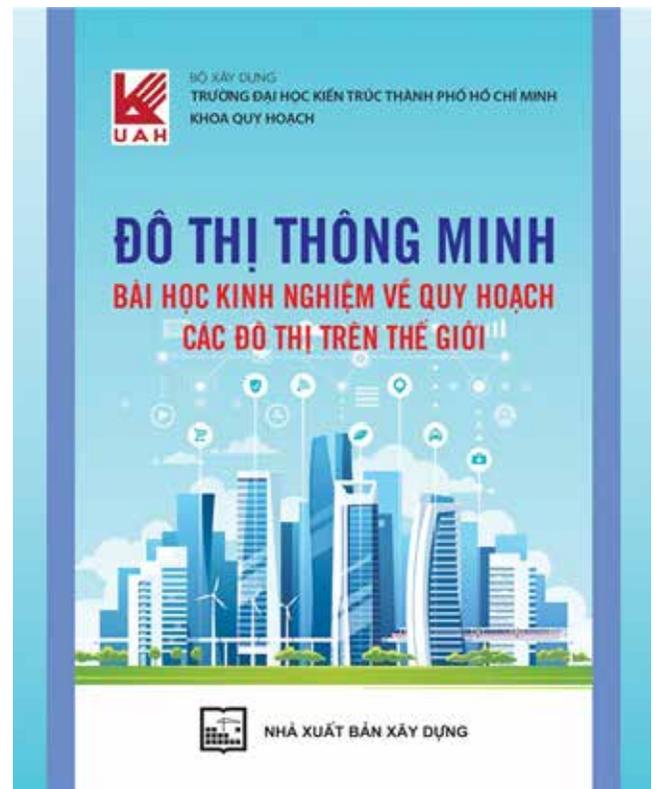
Khái niệm đô thị thông minh không chỉ giới hạn trong phạm vi khoa học công nghệ, mà mang tính toàn diện, sáng tạo, tổng hợp những năng lực có được của đô thị nhằm xây dựng các giải pháp quản lý và ứng xử khoa học với môi trường sống, với chính mình, chung tay xây dựng một môi trường sống phát triển bền vững.

Trong bối cảnh cả thế giới bước vào CMCN 4.0, việc ứng dụng các công nghệ, trí tuệ nhân tạo để quản lý hay vận hành một đô thị là điều tất yếu. Từ năm 2007, Liên minh châu Âu đưa ra các tiêu chí về: Đô thị thông minh; Kinh tế thông minh; Môi trường thông minh; Quản lý thông minh; Giao thông thông minh; Cuộc sống thông minh; Con người thông minh.

Cuốn sách cung cấp cho người đọc tổng quan từ các cuộc cách mạng tạo hình đô thị, các quan điểm về đô thị thông minh, các thuật ngữ thường gặp trong đô thị và quy hoạch đô thị của thế giới 4.0 hay những yếu tố tạo nên đô thị thông minh; giới thiệu đến người đọc 4 thành phố được đánh giá là đô thị thông minh trên các phương diện khác nhau, với các nội dung phân tích về cách thức quy hoạch không gian đô thị, giao thông đô thị, quản trị đô thị, cộng đồng tham gia vào đô thị...

Đáng chú ý, cuốn sách cũng cho độc giả thấy được những cơ hội và thách thức của công tác xây dựng đô thị thông minh tại Việt Nam.

Để xác định rõ mô hình phát triển đô thị thông minh ở Việt Nam, cần tập trung triển khai 3 yếu tố: công nghệ, con người và quản trị. Để đạt được điều này, phát triển đô thị thông minh phải gắn kết chặt chẽ với hạ tầng thông tin mạnh, xây dựng chính quyền điện tử, tiến tới chính quyền số trong CMCN 4.0 và quá trình phát triển đô thị Việt Nam đến năm 2025 có ít nhất 3 đô thị thông minh tại 3 vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc, phía Nam và miền Trung; đến năm 2030, hình thành một số chuỗi đô thị thông minh tại các khu



vực kinh tế trọng điểm phía Bắc, phía Nam và miền Trung, từng bước kết nối với các đô thị thông minh trong khu vực và trên thế giới; tầm nhìn đến năm 2045 đưa Việt Nam trở thành một trong những trung tâm sản xuất và dịch vụ thông minh, trung tâm khởi nghiệp, đổi mới, sáng tạo đi đầu, thuộc nhóm khu vực châu Á có năng suất lao động cao, đủ năng lực làm chủ và áp dụng công nghệ hiện đại trong tất cả các lĩnh vực kinh tế - xã hội, môi trường, quốc phòng, an ninh...

Những thách thức có thể gặp phải trong việc định hướng phát triển đô thị theo hướng thông minh như: (1) Sự thay đổi công nghệ nhanh; (2) Sự phụ thuộc hoàn toàn vào công nghệ; (3) Tính an toàn và bảo mật thông tin, ảnh hưởng đến quyền cá nhân; (4) Sự rủi ro do tác động có tính dây chuyền trên toàn cầu, có thể gây tác động mạnh mẽ đến nền kinh tế; (5) Sự biến đổi về mối quan hệ xã hội và giá trị truyền thống bị thách thức trong bối cảnh 4.0; (6) Tỷ lệ thất nghiệp tăng nhanh, đòi hỏi lực lượng lao động chất lượng cao.

Việt Nam đang bước vào kỷ nguyên mới, thời kỳ của đổi mới, sáng tạo. Phát triển thông minh phải dựa trên cơ sở căn nhắc cơ hội và rủi ro, thách thức gắn với nhu cầu và năng lực của địa phương, hiểu rõ nội lực của từng đô thị. Tiếp cận đô thị thông minh theo hướng hiệu quả, kế thừa và phát huy kinh nghiệm của các quốc gia trên thế giới, nhưng giữ gìn và phát huy bản sắc văn hóa đặc trưng riêng Việt Nam.

Cuốn sách do TS.KTS Trương Thái Hoài An - Trường Đại học Kiến trúc TP.HCM chủ biên, NXB Xây dựng phát hành dưới 2 hình thức bản in và bản điện tử (ebook) tại địa chỉ: <https://nxbxaydung.com.vn/>❖

CÔNG TY TNHH MỘT THÀNH VIÊN
DỊCH VỤ VẬN TẢI HOÀNG LINH XUYÊN VIỆT



CÔNG TY CỔ PHẦN
VẬN TẢI Ô TÔ THANH HÓA



Địa chỉ: 278 Bà Triệu, phường Hàm Rồng, tỉnh Thanh Hóa

60 km với lý thuyết định vị đô thị và đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam

The 60 km - Principle in Urban location theory and Vietnam's North South HSR

> PGS.TS.KTS PHẠM TRỌNG THUẬT

Bộ môn Kiến trúc Nhà ở, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Email: thuat@hau.edu.vn

TÓM TẮT

Bài viết nghiên cứu mối liên hệ giữa khoảng cách 60 km với quá trình hình thành mạng lưới đô thị truyền thống ở Việt Nam. Thông qua việc phân tích hành vi di chuyển trong môi trường tiền hiện đại, khi vận tốc bị chi phối bởi phương tiện như ghe thuyền, ngựa thồ và điều kiện địa hình. Nghiên cứu cho thấy logic định vị đô thị tự nhiên xuất hiện tại các khoảng cách "một ngày đường". Dựa trên khung lý thuyết của Alfred Weber, Walter Christaller và lý thuyết vị trí trung tâm, bài viết chỉ ra rằng nguyên tắc tối ưu hóa chi phí vận tải là nền tảng cho sự hình thành các đô thị theo chuỗi. Ở phần cuối, bài viết liên hệ logic này với việc xác định các điểm dừng (ga) của tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam.

Từ khóa: 60 km, định vị đô thị, đường sắt.

ABSTRACT

The paper examines the correlation between the 60-kilometer distance and the formation of traditional urban networks in Vietnam. By analyzing mobility patterns in a pre-modern environment, where boats, pack horses, and mountain trails determined travel speeds - the study reveals a natural urban positioning logic emerging at "one-day journey" intervals. Through the theoretical frameworks of Alfred Weber, Walter Christaller, and Central Place Theory, the paper demonstrates that the principle of transport cost optimization underpins the development of linear urban systems. In the final section, the study connects this spatial logic to the siting of stations along the North-South High-Speed Railway.

Keywords: 60 km, urban positioning, railway.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam sở hữu một mạng lưới đô thị hình thành từ lâu đời, với đặc điểm nổi bật là khoảng cách tương đối đều đặn khoảng 60 km giữa các điểm dân cư chính. Khoảng cách này không phải là sự ngẫu nhiên, mà phản ánh quá trình thích ứng lâu dài với điều kiện tự nhiên và các phương thức vận chuyển truyền thống. Bài viết này sẽ khám phá mối liên hệ giữa quy luật khoảng cách 60 km và sự phát triển đô thị, thông qua lăng kính lý thuyết định vị của Alfred Weber và mô hình trung tâm, vệ tinh của Walter Christaller. Nghiên cứu chỉ ra rằng, trong bối cảnh tiền công nghiệp, giới hạn di chuyển một ngày đường (bằng ghe thuyền, ngựa thồ hoặc đi bộ) đã trở thành yếu tố then chốt định hình không gian sống. Khoảng cách 60 km được chứng minh không chỉ là di sản của quá khứ, mà còn là giải pháp tối ưu cho phát triển bền vững, cân bằng giữa tốc độ, hiệu quả kinh tế và phân bố dân cư. Qua đó, nghiên cứu gợi mở cách tiếp cận kết nối tri thức truyền thống với quy hoạch đương đại, nhấn mạnh tính liên tục trong tổ chức không gian đô thị Việt Nam. Vậy nếu vận tốc giới hạn hành vi di chuyển, thì khoảng cách 60 km là đơn vị tổ chức hợp lý của đô thị?

Mục tiêu: Khám phá mối liên hệ giữa khoảng cách, vận tải, đô thị hóa, và ứng dụng vào lựa chọn ga đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam.

Phương pháp: Phân tích định lượng, định tính, đối chiếu thực địa với lý thuyết kinh điển.

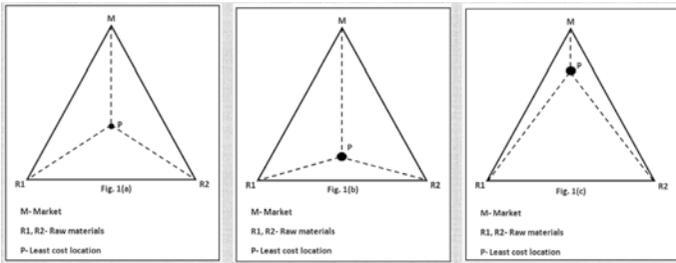
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Khi nhìn lại bản đồ phân bố các đô thị ở Việt Nam, từ đồng bằng phù sa đến những cao nguyên đá tai mèo, ta thấy hiện lên những khoảng cách đều đặn một cách đáng ngạc nhiên, thường dao động quanh mức 60 km. Đó như là dấu vết của một quy luật cũ kỹ nhưng bền bỉ: quy luật của khoảng cách, của vận tốc, của một ngày đường.

Lý thuyết địa kinh tế đã đưa ra nhiều lời giải cho hiện tượng này. Từ Alfred Weber đến Walter Christaller, các học giả đều cho rằng sự xuất hiện của các đô thị là hệ quả tất yếu của chi phí vận tải, chức năng trung chuyển và mức cầu thị trường. Trong cách tiếp cận này, khoảng cách không chỉ đơn thuần là độ dài vật lý, mà còn là một điều kiện kinh tế - xã hội định hình không gian. Nó dường như củng cố cho nhận định rằng: mọi đô thị, nếu không hình thành bởi quyền lực hay tài nguyên, thì chính là hệ quả của nhu cầu di chuyển.

2.1. Alfred Weber và bài toán định vị tối ưu

Trong tác phẩm *Theory of the Location of Industries*, Alfred Weber đặt ra một trong những câu hỏi cơ bản của quy hoạch: "Doanh nghiệp nên đặt ở đâu để giảm thiểu chi phí vận chuyển?" Mô hình nổi tiếng của ông - tam giác Weber - giả định một hệ thống ba điểm: hai nguồn nguyên liệu và một thị trường. Doanh nghiệp lý tưởng sẽ nằm tại điểm làm giảm tổng chi phí vận tải.



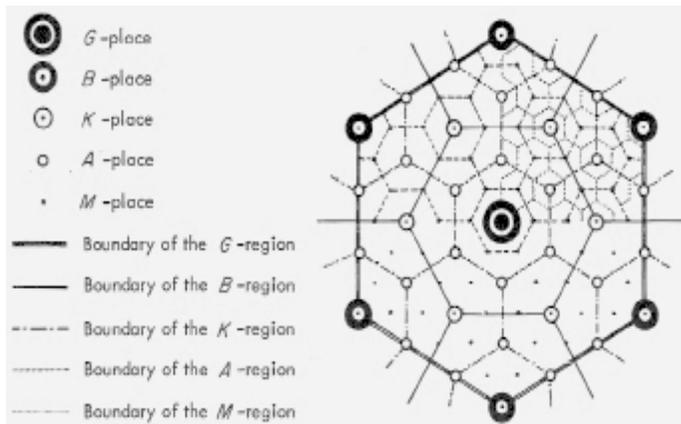
Hình 1. Mô hình đồng tâm để định vị cơ sở sản xuất nhằm tối ưu hoá chi phí vận tải và thị trường [1]

Dù Weber hướng đến công nghiệp, nguyên lý này cũng áp dụng cho logic định cư tiền công nghiệp: người dân, thương nhân và chính quyền đều có xu hướng chọn điểm cư trú sao cho tối ưu hoá hành trình giữa nơi sản xuất (nông, lâm, ngư nghiệp) và nơi tiêu thụ (chợ, phố, thành thị). Trong bối cảnh phương tiện vận chuyển còn giới hạn, ghe thô sơ ở miền Tây hay ngựa thồ miền núi, chi phí vận tải không chỉ là vấn đề kinh tế, mà còn là yếu tố quyết định khoảng cách sống.

Khoảng cách 60 km, trong bối cảnh ấy, không phải là sự trùng hợp ngẫu nhiên, mà là kết quả của một “định lý vận chuyển”: nếu đi liên tục 6 giờ với vận tốc phổ biến của phương tiện (ghe hoặc ngựa), ta sẽ được một khoảng cách gần 60 km cũng chính là một ngày đi đường hợp lý cho người thời tiền cơ giới.

2.2. Walter Christaller và thuyết vị trí trung tâm

Khoảng cách không chỉ tối ưu cho vận chuyển, mà còn cần hợp lý với mạng lưới tiêu dùng. Walter Christaller, trong *Central Place Theory* (1933), xây dựng một mô hình phân bố không gian lý tưởng cho các trung tâm dịch vụ - đô thị - dựa trên nguyên lý cấu thị trường và phạm vi ảnh hưởng. Christaller giả định rằng nếu không gian đồng đều và dân cư phân bố đều, thì các đô thị sẽ hình thành như những “trung tâm” cung cấp dịch vụ với bán kính nhất định - tạo thành lưới hình lục giác.



Hình 2. Vị trí trung tâm dân cư chi phối bởi khoảng cách với nguồn hàng hoá và dịch vụ [2]

Điều thú vị là, nếu thay thế giả định đồng đều bằng điều kiện địa hình cụ thể như sông nước miền Tây hay cao nguyên Hà Giang, thì khoảng cách giữa các trung tâm tiểu vùng vẫn phải đáp ứng một giới hạn cơ bản: khoảng cách mà con người có thể di chuyển trong một ngày.

Tại đây, khoảng cách 60 km có thể xem như đơn vị “trung tâm tối thiểu”, bảo đảm rằng mỗi cụm dân cư có thể tiếp cận một điểm dịch vụ, một đô thị nhỏ, mà không vượt quá giới hạn thể chất và vận tải. Các lưới tam giác lý tưởng của Christaller, khi đối sánh vào bối

cảnh Việt Nam, bỗng mang hình dáng của các chuỗi đô thị tuyến tính dọc sông hoặc đèo.

2.3. Thuyết khoảng cách sống được (livable distance theory)

Bên cạnh lý thuyết địa kinh tế, một lớp lý thuyết nhân văn hơn cũng đáng được nhắc đến, thuyết về khoảng cách sống được. [3] Tuy là một khái niệm chưa chính thức hoá, nhưng được ngầm thừa nhận trong nhiều ngành từ vận tải học, sinh thái học đến đô thị học. Theo lý thuyết về khoảng cách có thể sinh sống (livable distance), khu vực có thể sinh sống (habitable zone) là vùng quỹ đạo quanh một trung tâm, nơi một hành tinh giống Trái Đất có thể có nước ngọt trên bề mặt, từ đó có khả năng hỗ trợ sự sống. Lý thuyết này dựa trên các nhu cầu cơ bản của con người, như thức ăn, an toàn và cộng đồng, tương tự như các loài động vật khác. Nó tập trung vào việc xác định các điều kiện môi trường tối ưu để con người có thể phát triển.

Khoảng cách sống được là ngưỡng mà con người có thể chấp nhận để đi lại, làm việc hoặc sinh tồn, mà không bị kiệt sức, lãng phí thời gian hay mất kết nối xã hội. Trong thời kỳ chưa có phương tiện cơ giới, khoảng cách sống được mỗi ngày là khoảng 20 - 30 km đi bộ, 50 - 70 km đi ngựa hoặc thuyền. Con số 60 km trở thành một mẫu số chung cho những giới hạn vật lý, xã hội, kinh tế và tổ chức đời sống.

Điều này lý giải tại sao trong suốt lịch sử, từ chợ nổi Cái Răng đến thị trấn Đồng Văn, từ biên giới Cao Bằng đến mũi Cà Mau, người Việt chọn dừng lại ở những khoảng cách ấy. Không phải vì nơi đó giàu có, mà vì họ cần dừng lại, để nghỉ, để mua bán, để bắt đầu một hành trình mới vào ngày kế tiếp.

Như vậy, ba lớp lý thuyết gồm định vị kinh tế, vị trí trung tâm và khoảng cách sống có chung một điểm: giới hạn di chuyển là lý do và giới hạn của định cư. Trong bối cảnh này, khoảng cách 60 km không còn là con số ngẫu nhiên, mà là một đơn vị logic, vừa là dấu tích lịch sử, vừa là chỉ dẫn cho quy hoạch tương lai.

Câu hỏi đặt ra là: trong thế kỷ 21, với tàu chạy 300 km/h và mạng lưới đô thị hoá dày đặc, liệu logic 60 km còn có giá trị? Câu trả lời sẽ rõ hơn khi chúng ta xem xét cách tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam đang (và nên) được quy hoạch.

3. PHÂN TÍCH THỰC ĐỊA: 60 KM TRONG DẤU TÍCH LỊCH SỬ VẬN TẢI VIỆT NAM

Lý thuyết, nếu không được soi chiếu vào thực tiễn, thì mãi chỉ là công cụ nằm trên giấy. Tuy nhiên, trong trường hợp khoảng cách 60 km, các lý thuyết về vận chuyển và logic định vị không chỉ tồn tại trong sách vở, mà còn in dấu rõ nét lên cách người Việt tổ chức đời sống, định cư và giao thương, từ miền sông nước đến vùng đá tai mèo. Thực địa cho thấy, khoảng cách ấy không chỉ là hệ quả của phương tiện di chuyển, mà còn là điểm kết nối giữa điều kiện tự nhiên và nhu cầu xã hội. Khi đó, một ngày đường không đơn thuần là một đơn vị đo thời gian, mà trở thành một cột mốc định hình không gian và nhịp sống con người.

3.1. Vùng sông nước Nam Bộ: Chợ nổi và chặng 6 giờ

Lịch sử cho chúng ta thấy, Đồng bằng sông Cửu Long, nơi sông ngòi không chỉ là đường đi, mà là đường sống. Nơi cuộc sống mưu sinh gắn liền với việc di chuyển trên sông nước. Trước khi đường bộ phát triển, phương tiện chính là ghe thuyền. Di chuyển thuận theo dòng nước là lựa chọn tối ưu, nhưng thủy triều nơi đây lại đặc biệt: mỗi ngày đổi chiều hai lần: 2 lần nước lớn (lên) và 2 lần nước ròng (xuống). Mỗi đợt kéo dài khoảng 6 giờ, và với vận tốc trung bình của ghe thô sơ

khoảng 10 km/h, người dân có thể đi được 60 km trong một đợt nước xuôi. Mỗi khi con nước đảo chiều, người dân phải cắm sào neo ghe thuyền trước khi tiếp tục di chuyển. Và chính tại những điểm nghỉ bắt buộc đó, các hoạt động trao đổi, buôn bán bắt đầu. Những chợ nổi đầu tiên hình thành không theo quy hoạch, mà theo con nước. Từ điểm neo đậu ghe, hình thành điểm tụ người. Từ điểm tụ người, xuất hiện những bến bãi, trạm trung chuyển, rồi dần dà là chợ bờ, phố chợ và đô thị.

Không ngạc nhiên khi ta thấy các đô thị lớn nhất vùng hạ lưu sông Mê Kông phân bố gần đều đặn mỗi 60 km theo tuyến sông chính: Châu Đốc - Long Xuyên: 60 km; Long Xuyên - Cần Thơ: 60 km; Cần Thơ - Sóc Trăng: 60 km; Sóc Trăng - Bạc Liêu: 60 km; Bạc Liêu - Cà Mau: 64 km.

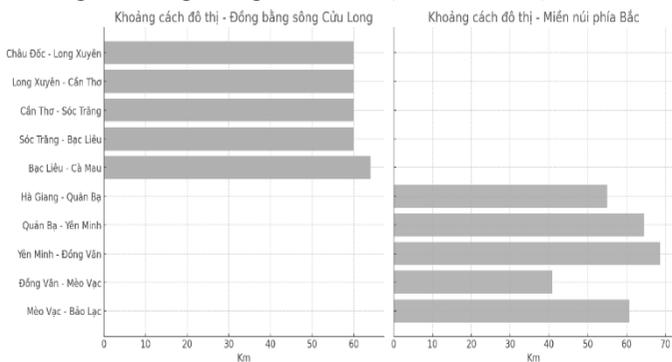
Mỗi đô thị là một điểm dừng trong chuỗi logistics sông nước. Khoảng cách đều đặn không phải sản phẩm của quy hoạch hiện đại, mà là sự đúc kết tự nhiên của quy luật vận tải thủy trong điều kiện sinh thái đặc thù.

3.2. Vùng núi phía Bắc: Ngựa thồ và địa hình khúc khuỷu

Ngược về phương Bắc, địa hình lại thay đổi hoàn toàn. Từ những dãy núi đá vôi Hà Giang đến sườn Đông dãy Trường Sơn, vận tải không còn trôi theo nước, mà phải thồ qua đèo. Trước khi có đường nhựa, ngựa là phương tiện chủ lực. Nhưng vận tốc trung bình của ngựa thồ khoảng 6 - 8 km/h, bị giới hạn bởi độ dốc, thời tiết và ánh sáng của ngày và đêm. Do địa hình hiểm trở, việc di chuyển ban đêm gần như không thể, nên mỗi ngày người dân chỉ đi được một chặng khoảng 60 km.

Cũng như ở miền Tây, những điểm dừng chân bắt buộc dọc hành trình di chuyển dần trở thành chợ, rồi phát triển thành phố. Các địa danh dọc tuyến con đường độc đạo qua vùng Vương quốc Mèo (Quản Bạ - Yên Minh - Đông Văn - Mèo Vạc - Bảo Lạc) tạo nên chuỗi đô thị núi: Hà Giang - Quản Bạ: 55 km; Quản Bạ - Yên Minh: 64,5 km; Yên Minh - Đông Văn: 68 km; Đông Văn - Mèo Vạc: 41 km (do địa hình đặc biệt hiểm trở); Mèo Vạc - Bảo Lạc (Cao Bằng): 60 km.

Bảng 1. Khoảng cách giữa các đô thị với mỗi liên hệ 60 km



Đây không phải những đô thị lớn, nhưng đều là điểm dừng chiến lược, nơi dân cư vùng cao tụ cư, điểm trung chuyển hàng hoá và cũng là nơi chính quyền thực dân xưa từng dựng đồn để kiểm soát biên cương.

Tính chất tuyến tính, tuần hoàn, tương hỗ giữa các điểm có khoảng cách 60 km một lần nữa xuất hiện. Dù không có thủy triều, thì giới hạn thể chất con người và khả năng di chuyển của ngựa cũng đã tự định hình ra những mạng ô vuông không gian, nơi có thể sống, nghỉ, giao dịch và về sau, đô thị hoá hình thành và phát triển.

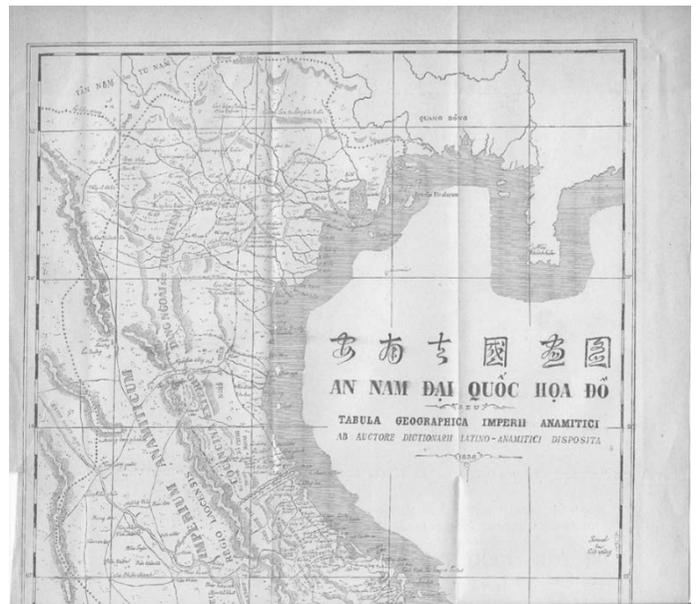
3.3. Nhận xét liên vùng: Từ phương tiện đến mạng lưới

Có thể thấy rằng, dù ở đồng bằng hay miền núi, quy luật vận chuyển vẫn là yếu tố tiền đề của định cư. Phương tiện càng đơn giản, giới hạn di chuyển càng nghiêm ngặt, thì khoảng cách giữa các đô thị càng ổn định. Ở miền Tây, chính dòng nước điều tiết vận tốc; còn ở miền núi, độ cao và sự phân chia giữa ban ngày, ban đêm quyết định cường độ di chuyển. Nhưng ở cả hai nơi, khoảng cách 60 km hiện lên như một cấu trúc cơ bản, vừa là di sản lịch sử, vừa là hệ thống tổ chức không gian có thể lưu vết để kiểm chứng.

Đường Thiên Lý (hay đường Quan Lộ) chạy dọc Việt Nam từ Bắc vào Nam, được quy hoạch từ thời Lý - Trần và hoàn thiện. dưới thời Nguyễn. Các trạm dịch (trạm ngựa, trạm nghỉ) thường đặt cách nhau khoảng 50 đến 60 km, tương ứng với một ngày di chuyển của ngựa hoặc người đi bộ [4]. Có thể thấy ước số chung này qua một số đoạn đường Thiên Lý đi qua miền Trung. Cụ thể: Vinh - Hà Tĩnh: 55 km; Đông Hới - Đông Hà: 70 km (do địa hình dốc, hẹp); Đông Hà - Huế: 60 km...



Hình 3. Di tích Hoàng Sơn quan trên con đường Thiên Lý từ Quảng Bình ra Hà Tĩnh



Hình 4. Con đường Cái Quan từ Huế - Hà Nội - Lạng Sơn tại An Nam Đại quốc họa đồ, năm 1838 có đánh dấu những trạm dịch (cursorum publicorum statio) [5]

Điều này gợi mở một nhận định quan trọng, đó là việc hình thành đô thị không chỉ do yếu tố chính trị, hành chính, mà còn chịu ràng buộc bởi vận tốc và khả năng di chuyển. Nơi nào không thể đến trong một ngày, nơi ấy ít có khả năng phát triển đô thị ổn định.



Hình 5. Đường Cái quan đoạn Đèo Cả năm 1898 [6]

4. KHOẢNG CÁCH 60 KM VÀ HỆ THỐNG ĐÔ THỊ HIỆN ĐẠI

Nếu khoảng cách 60 km từng là giới hạn của một ngày đường, thì trong bối cảnh hiện đại, đó có thể chỉ là 30 phút xe máy hay 15 phút ô tô. Tuy nhiên, khoảng cách ấy chưa hề mất đi ý nghĩa. Nó chỉ thay hình đổi dạng từ đơn vị vật lý sang đơn vị chức năng trong hệ thống mạng lưới đô thị.

Khi quy hoạch tuyến đường sắt cao tốc Bắc - Nam, câu hỏi không chỉ là tàu chạy với tốc độ nào, mà còn là nên dừng ở đâu? Mỗi ga dừng là một quan điểm định vị giới hạn không gian, quyết định rằng điểm đó sẽ trở thành cực tăng trưởng. Khi tốc độ thay đổi, không gian đường như cũng được tái định nghĩa.

Câu hỏi đặt ra là: Trong thời đại tốc độ và kết nối toàn thời gian, khoảng cách 60 km có còn mang tính định hình không gian? Hay nó đã bị thay thế hoàn toàn bởi những logic kỹ thuật và hành chính?

4.1. Từ giới hạn vận tải đến mô hình đô thị vệ tinh

Ngày nay, phương tiện di chuyển hiện đại hơn, con người không còn phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên để quyết định điểm dừng. Tuy nhiên, mô hình mạng lưới vẫn phải tuân thủ một logic bền vững, đó là sự xen kẽ hợp lý giữa các trung tâm dân cư, dịch vụ và sản xuất. Đô thị không thể quá gần nhau để tránh trùng lặp chức năng, cũng không thể quá xa để tránh đứt gãy tương tác.

Và chính ở đây, khoảng cách 60 km lại hiện lên như một đơn vị quãng cách tối ưu hoá cho các đô thị vệ tinh. Khoảng cách vừa đủ xa để tránh xung đột chức năng với đô thị trung tâm, nhưng cũng vừa đủ gần để bảo đảm kết nối kinh tế, xã hội thông qua giao đường sắt tốc độ cao.

Cụ thể: từ TP.HCM đến Bến Lức hay Tân An: 60 km; từ Hà Nội đến Bắc Ninh hay Phủ Lý, hay Vĩnh Yên: 60 - 70 km; từ Đà Nẵng đến Tam Kỳ hay Huế: 60 - 70 km

Các đô thị này, xét theo vai trò hiện đại, chính là hạt nhân của vùng đô thị hoá mở rộng, đóng vai trò điều tiết dân cư, giảm mật độ và tạo điều kiện cho hệ thống logistics và hạ tầng phân nhánh hoạt động hiệu quả.

4.2. Có thể coi 60 km như khái niệm "tầm với hành vi" trong đô thị hóa

Khái niệm tầm với hành vi (behavioral reach) trong quy hoạch hiện đại là một diễn đạt mới của ý niệm cũ. Ở đó, con người chấp nhận di chuyển bao xa mỗi ngày để làm việc, học tập, tiêu dùng? Trong nhiều nghiên cứu ở các đô thị lớn trên thế giới, 60 - 90 phút đi lại mỗi ngày, tương đương 50 - 70 km được xem là ngưỡng tối đa để bảo đảm chất lượng sống và hiệu quả xã hội. [7]

Từ đó, khoảng cách 60 km không còn là khoảng cách buộc phải dừng vì khả năng di chuyển, mà là khoảng cách người ta chấp nhận duy trì một mối quan hệ sinh hoạt thường nhật với một đô thị trung tâm. Đây cũng là lý do tại sao các đô thị cách trung tâm thành phố khoảng 50 - 60 km thường được quy hoạch thành vùng vệ tinh hoặc đô thị mới: đủ xa để tự chủ, đủ gần để tương tác.

4.3. Đơn vị tổ chức không gian cho hạ tầng cao tốc

Trong bối cảnh hiện đại, dường như khoảng cách 60 km cũng đang trở thành đơn vị tổ chức mới cho các tuyến hạ tầng tầm quốc gia với cả cao tốc Bắc - Nam, đường sắt tốc độ cao, đường vành đai và hành lang kinh tế. Rất ngẫu nhiên, khi các trạm dừng, trạm thu phí hoặc nút giao lớn trên tuyến cao tốc Bắc - Nam hiện hữu hoặc được quy hoạch đều cách nhau xấp xỉ 50 - 70 km [8]. Ví dụ:

- Cao tốc Hà Nội - Ninh Bình có các nút lớn tại Vực Vòng (Hà Nam) và Cao Bồ (Nam Định): cách nhau khoảng 60 km

- Cao tốc TP.HCM - Trung Lương - Mỹ Thuận với các trạm lớn tại Chợ Gạo và Cai Lậy: cách nhau khoảng 60 km

Lý do không chỉ nằm ở chi phí kỹ thuật hay đất đai, mà còn ở tính toán công năng sử dụng, tầm hoạt động của phương tiện, và độ phủ không gian dịch vụ.

Như vậy, trong bối cảnh hiện đại, 60 km vẫn là đơn vị hợp lý để tổ chức dịch vụ hậu cần; là ngưỡng cho hệ thống đô thị vệ tinh tồn tại mà không lệ thuộc; là phạm vi chấp nhận được cho di chuyển thường nhật và là khoảng cách hiệu quả để đặt các nút giao chiến lược trong mạng hạ tầng.

5. LIÊN HỆ QUY HOẠCH HỆ THỐNG GA TÀU TỐC ĐỘ CAO BẮC - NAM

Khi Việt Nam chuẩn bị bước vào thời kỳ hiện đại và đồng bộ hoá hệ thống hạ tầng, với tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam trải dài hơn 1.500 km, thì câu hỏi không chỉ là: nên chạy nhanh bao nhiêu, mà là nên dừng lại ở đâu? Vì mỗi điểm dừng không đơn thuần là ga tàu, mà là lời xác nhận rằng nơi đó xứng đáng có mặt trong bản đồ phát triển tương lai. Do đó, nếu 60 km từng là khoảng cách buộc phải dừng, thì nay nó là khoảng cách đáng để dừng.

5.1. Đường sắt tốc độ cao và quy luật chọn ga

Để đưa ra quan điểm về quy hoạch hệ thống ga đường sắt tốc độ cao hiện nay, có một số lý thuyết và phương pháp như: Lý thuyết tối ưu hoá (Optimization Theory); Lý thuyết mạng lưới (Network Theory); Lý thuyết phát triển bền vững (Sustainable Development Theory); Phân tích chi phí - lợi ích (Cost-Benefit Analysis) [9]. Kinh nghiệm của các quốc gia phát triển cho thấy, việc đặt ga cho đường sắt tốc độ cao cần cân nhắc 3 tiêu chí chính:

- Tốc độ và hiệu suất: Càng ít ga, tàu chạy càng nhanh;
- Kết nối và khả năng phục vụ: Càng nhiều ga, càng dễ lan tỏa lợi ích;

- Chi phí đầu tư và vận hành: Mỗi ga cần đạt quy mô và mật độ dân cư đủ lớn để khai thác bền vững.

Thực tế cho thấy, các tuyến đường sắt tốc độ cao thành công (Shinkansen - Nhật Bản, TGV - Pháp, HSR - Trung Quốc...) đều có khoảng cách - trung bình giữa các ga 50-70 km, tạo ra một mạng dừng chiến lược [10]. Nó không dày như xe buýt, không thưa như hàng không. Con số 60 km lần nữa trở dậy như một đơn vị quy hoạch hợp lý, đã được kiểm chứng cả trong lịch sử vận chuyển sơ khai lẫn thực tiễn hạ tầng hiện đại.

5.2. Lịch sử tự nhiên của đô thị Việt Nam như gợi ý quy hoạch

Nếu ta trải bản đồ đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam ra, và đặt vào đó các đô thị có quy mô dân cư vừa đủ dựa trên phân tích tối ưu các yếu tố kinh tế kỹ thuật phát triển, và đặc biệt là cách nhau khoảng 50-70 km, một mô hình phân bố ga gắn với lịch sử, sát với nhu cầu sẽ hiện lên khá rõ:

Miền Bắc: Hà Nội - Phủ Lý (Hà Nam): ~60 km; Phủ Lý - Ninh Bình: ~55 km; Ninh Bình - Thanh Hoá: ~60 km; Thanh Hoá - Vinh: ~70 km.

Miền Trung: Vinh - Đồng Hới: ~200 km (có thể chia thêm điểm dừng tại Hồng Lĩnh hoặc Bồ Trạch ~60 - 80 km); Đồng Hới - Đồng Hà: ~90 km; Đồng Hà - Huế: ~60 km; Huế - Đà Nẵng: ~100 km (địa hình đặc thù, có thể không thêm điểm dừng); Đà Nẵng - Tam Kỳ: ~70 km; Tam Kỳ - Quảng Ngãi: ~65 km; Quảng Ngãi - Bình Định: ~80 km

Miền Nam: Bình Định - Tuy Hòa: ~100 km (để xuất thêm điểm trung gian); Tuy Hòa - Nha Trang: ~100 km; Nha Trang - Phan Rang: ~60 km; Phan Rang - Phan Thiết: ~80 km; Phan Thiết - Dầu Giây - TP.HCM: phân đoạn then chốt, nên có dừng tại Bà Rịa hoặc Long Khánh (~60 - 70 km)

Từ đó, bản đồ ga tàu không phải là công trình trên bản vẽ, mà là di sản logic từ lịch sử di chuyển, nơi các điểm dừng được đặt tại nơi con người từng dừng chân, trao đổi, định cư và mở rộng đô thị.

5.3. Từ dừng chân đến hình thành đô thị hành lang

Đặt ga cách nhau 60 km không chỉ là quyết định kỹ thuật, mà là chiến lược phát triển không gian. Mỗi ga là một cực hút, nơi sẽ hình thành đô thị hành lang dọc tuyến, từ đó:

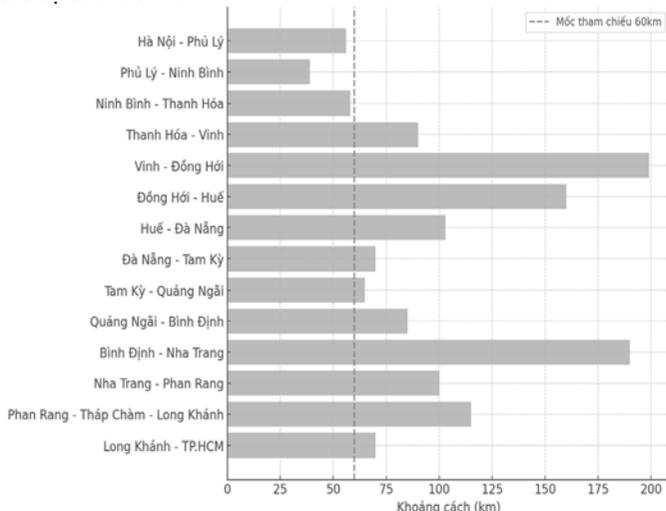
- Giảm áp lực dồn về các siêu đô thị trung tâm (Hà Nội, TP.HCM)
- Phân tán đầu tư, tạo vùng động lực mới
- Kết nối giao thương nội vùng, kích thích logistics, sản xuất, dịch vụ, bán lẻ

- Tải cân bằng phát triển vùng miền giữa Bắc, Trung, Nam

Đây là sự kết hợp giữa lý thuyết định vị đô thị cổ điển (Weber) và mô hình mạng lưới đô thị phi tập trung, nơi khoảng cách 60 km chính là khoảng cách modun hóa của phát triển bền vững.

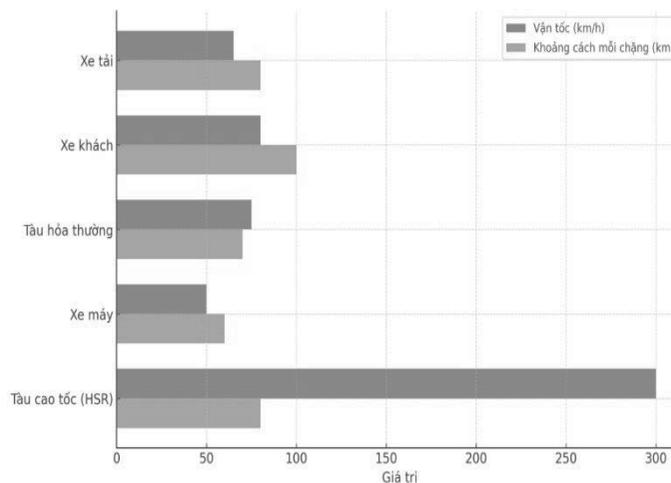
Trong kiến trúc của lịch sử, không phải mọi quy luật đều bị thay thế bởi tiến bộ. Có những thứ, dù khởi nguồn từ sự giới hạn, vẫn tồn tại như một quy tắc bền vững, không phải vì ta chưa đủ hiện đại, mà vì chính logic nội tại của chúng đã chứa đựng sự tối ưu. Và đường như cách định tuyến và quy hoạch điểm dừng của các con đường hiện đại thường bám theo những dấu chân xưa.

Bảng 2. Khoảng cách giữa các ga tiềm năng của tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam



Tại Việt Nam, quy luật 60 km tỏ ra hợp lý: vừa đảm bảo tốc độ, vừa lan tỏa được lợi ích hạ tầng. Gắn với mỗi ga 60 km là cơ hội tái cân bằng đô thị, phát triển hành lang logistics, và tránh tình trạng siêu tập trung hóa. Những điểm như Phủ Lý, Tam Kỳ, Quảng Ngãi, Phan Rang, Long Khánh... có thể là những điểm dừng đáng giá.

Bảng 3. So sánh vận tốc và khoảng cách dừng hợp lý của các phương tiện hiện đại với tham chiếu 60 km



Trên cơ sở xem xét khoảng cách di chuyển, tốc độ trung bình và thời gian tương ứng của các phương tiện hiện đại (ôtô tải, tàu hỏa truyền thống, xe khách, xe máy) và với đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, có thể thấy khoảng cách định vị tổ chức không gian và định vị đô thị phù hợp.

Bảng 4. So sánh phương tiện hiện đại theo tốc độ, thời gian, khoảng cách phù hợp để dừng/logistic

Phương tiện	Vận tốc trung bình (km/h)	Thời gian vận hành tối ưu trước khi cần dừng (giờ)	Khoảng cách phù hợp mỗi chặng (km)	Ghi chú sử dụng trong mạng đô thị/logistics
Xe tải (logistics)	60-70	1.0-1.5	60-100	Phù hợp dừng nghỉ, nạp nhiên liệu, điểm giao nhận
Xe khách (liên tỉnh)	70-90	1.0-1.5	60-120	Dừng tại trạm trung chuyển, đô thị vệ tinh nhỏ
Tàu hỏa (tốc độ thường)	60-90	0.5-1.0	50-90	Thường dừng mỗi 50-80 km tại ga huyện, thị xã
Xe máy (đi cá nhân)	40-60	1.0-1.5	40-90	Dừng nghỉ, tiếp nhiên liệu, chợ - quán - dịch vụ nhỏ
Tàu cao tốc (HSR)	250-320	0.25-0.5	60-80	Mỗi điểm dừng ứng với cực phát triển đô thị dịch vụ

Qua phân tích, có thể thấy khoảng cách 60 - 80 km là quãng đường tối ưu giữa hai điểm dừng hợp lý cho các loại hình vận tải bao gồm cả truyền thống lẫn hiện đại. Dù tốc độ phương tiện tăng, logic khoảng cách dừng vẫn giữ ở khoảng 60 km để cân bằng giữa hiệu quả vận hành, an toàn, nhu cầu nghỉ ngơi - nạp nhiên liệu - kết nối dịch vụ. Đây chính là lý do 60 km vẫn giữ giá trị định vị đô thị/logistic trong xã hội thế kỷ 21.

Bảng 5. Đề xuất bố trí điểm dừng đô thị/logistic phù hợp với từng phương tiện

Tuyến đoạn chính	Khoảng cách thực tế (km)	Phương tiện phù hợp dừng tại đây	Gợi ý vai trò đô thị
Hà Nội - Phủ Lý	~60	Xe khách, xe tải, HSR	Đô thị vệ tinh logistics
Phủ Lý - Ninh Bình	~55	Tàu hỏa, xe tải	Cửa ngõ dịch vụ - kho bãi
Ninh Bình - Thanh Hóa	~60	Xe máy, tàu thường, HSR	Vùng dịch chuyển dân cư
Thanh Hóa - Vinh	~70	Xe khách, tàu thường	Trung tâm vùng liên tỉnh
Vinh - Hồng Lĩnh (giả định)	~60	Xe máy, tàu, xe tải	Đô thị công nghiệp vệ tinh
Đông Hà - Huế	~60	Xe khách, xe tải, tàu hỏa	Trung chuyển du lịch - dịch vụ
Đà Nẵng - Tam Kỳ	~70	Xe khách, tàu thường, HSR	Đô thị hành lang
Quảng Ngãi - Bình Định	~80	Xe tải, tàu thường	Nút logistics trục trung tâm
Phan Rang - Phan Thiết	~80	HSR, xe khách	Vùng dịch vụ nông nghiệp công nghệ cao
Long Khánh - TP.HCM	~60	Xe máy, xe tải, tàu	Đô thị vệ tinh TP.HCM

6. KẾT LUẬN

60 km, một con số tưởng chừng ngẫu nhiên khi soi rọi qua các lớp không gian và thời gian, bỗng hiện lên như một đơn vị logic của chuyển động, của tổ chức xã hội, và của quy hoạch không gian. Nó từng là độ dài mà một con ngựa có thể đi trong một ngày trước khi phải dừng nghỉ; là khoảng cách do con nước lên nước xuống khiến một chiếc ghe có thể xuôi theo rồi chờ đợi; là cự ly giữa các chợ nổi, các điểm dân cư sơ khai, rồi dần hình thành đô thị; là khoảng cách giữa các thị trấn miền núi, nơi mỗi bước dừng là một quyết định sống còn.

Nay, trong bối cảnh Việt Nam bước vào kỷ nguyên cao tốc, nơi mỗi phút đi qua là chi phí và cơ hội, 60 km lại hiện lên như một đơn vị tổ chức hợp lý cho mạng lưới ga dừng, đô thị vệ tinh, hành lang logistics và phân bố dân cư. Con số ấy không phải di sản kỹ thuật. Nó là di sản hành vi, kết tinh từ sự thích ứng lâu dài giữa con người, địa hình và thời gian. Và chính vì vậy, nó bền hơn các con số kỹ thuật thuần túy. Nó không chỉ đúng trong lý thuyết Weber hay các mô hình hành vi đương đại, mà còn đúng trong thực tế đã sống, đã tích lũy, đã chứng minh.

Trong tương lai, khi ta đặt các ga đường sắt tốc độ cao cách nhau 60 km, không phải là vì bắt chước quá khứ, mà là đang vận dụng một logic cổ xưa để dẫn dắt sự phát triển hiện đại một cách thận trọng, nhân bản, và gắn gũi.

Chọn nơi dừng chân, là chọn nơi con người sẽ tiếp tục sống, kết nối và phát triển. Và để chọn đúng, đôi khi ta không cần một công thức mới, mà chỉ cần lắng nghe cách mà không gian đã tự định vị hàng trăm năm qua.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. C. Alfred Weber, "Theory of the Location of Industries", The University of Chicago Press, 2021.
- [2]. Walter Christaller, "Central Place Theory", Central Places in Southern Germany, 1933.
- [3]. K. Astrobites, "Which Habitable Zone Planets Are the Best Candidates for Detecting Life?". *AAS Nova*. Retrieved, 2025.

[4]. Quốc sử quán triều Nguyễn, Đại Nam thực lục, tập 2, NXB Giáo dục và đào tạo, 2007.

[5]. Aj.L. Taberd. "Dictionarium Anammitico Latinum", NXB Văn học, 2004.

[6]. <https://vtc2.vn/lich-su-phu-yen-593.html>.

[7]. Hägerstrand, T. "What about people in regional science?" Papers of the Regional Science Association, 1970.

[8]. <https://xaydungchinhachsach.chinhphu.vn/danh-sach-cac-ga-du-kien-tuyen-duong-sat-toc-do-cao-bac-nam-di-qua-119241001210325512.htm>.

[9]. N. J. Garber and S. Subramanian, "Incorporating Crash Risk in Selecting Congestion-Mitigation Strategies: Hampton Roads Area (Virginia) Case Study," *Journal of the Transportation Research Board*, 2001.

[10]. Shinichi Mochizuki, "Quy hoạch đô thị theo định hướng giao thông dựa trên cộng đồng", *Tạp chí Kiến trúc*, 2023.

Giải pháp giảm nhiễu cho các tín hiệu mới trong các hệ thống định vị sử dụng vệ tinh

Method for interference suppression on new signals in global navigation satellite system

> THS NGUYỄN PHƯƠNG LÂM*, THS PHẠM ĐỨC THUẬN

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: lamnp.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Độ chính xác của hệ thống định vị sử dụng vệ tinh (GNSS) chịu ảnh hưởng khá nhiều bởi quá trình bám mã trong bộ thu. Bài báo sẽ trình bày kỹ thuật bám mã mới. Kỹ thuật này hoạt động dựa trên cấu trúc đa tương quan và có thể được áp dụng cho các tín hiệu định vị mới sử dụng phương thức điều chế sóng mang dịch nhị phân (BOC). Tuy phương thức này mang lại nhiều ưu điểm cho quá trình đồng bộ tín hiệu nhưng cũng tồn tại nhiều nhược điểm do tín hiệu BOC làm xuất hiện nhiều đỉnh tương quan ở trong hàm tự tương quan. Các đỉnh tương quan phụ này làm tăng nguy cơ đồng bộ nhầm. Do đó, kỹ thuật được đề xuất sẽ loại bỏ hiện tượng đồng bộ nhầm. Đồng thời, các kết quả mô phỏng cũng chỉ ra hiệu năng giảm ảnh hưởng của nhiễu đa đường của kỹ thuật này cũng rất tốt.

Từ khóa: GNSS; kỹ thuật giảm đa đường; kỹ thuật triệt đỉnh phụ; kỹ thuật chống bám nhầm.

ABSTRACT

The accuracy of code tracking plays an important role in signal processing of Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers. In this paper, a novel method of code tracking is proposed. It is based on using seven correlators as multiple gate delay structure. This method could be applied to new navigation signals which adopt a new type of modulation called binary offset carrier (BOC). Some variants of BOC have been developed for new navigation signals. These new types of modulation provide some advantage in signal synchronization. However, there are some challenges since there are some side peaks in auto correlation function of signals. These side peaks could raise a risk of wrong peak selection called ambiguity problem. The proposed method in this paper also removes the ambiguity in code tracking. The simulation results show the good performance of this method in code tracking as well as multipath mitigation.

Keywords: GNSS; multipath reduction technique; side peak suppression technique; ambiguity tracking technique.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, các hệ thống định vị sử dụng vệ tinh (GNSS: *Global Navigation Satellite Systems*) đóng một vai trò khá quan trọng trong nhiều lĩnh vực của cuộc sống. Các dịch vụ dẫn đường của GNSS đã được sử dụng trong dẫn đường hàng không, dẫn đường hàng hải, dẫn đường trên bộ, khảo sát môi trường và cảnh báo thiên tai. Tuy nhiên, chất lượng dịch vụ cung cấp tới người sử dụng của GNSS chịu ảnh hưởng rất nhiều của nhiều nguồn gây lỗi như trễ tầng điện ly, trễ tầng đối lưu, sai số do vệ tinh, tạp âm máy thu và hiện tượng đa đường. Trong khi các sai số khác có thể được khắc phục nhờ kỹ thuật vi sai [1] thì sai số do đa đường lại không thể giải quyết được theo cách này và trở thành nguồn gây sai số chính trong hệ thống GNSS. Sai số do đa đường mang tính cá thể riêng biệt và phụ thuộc rất nhiều vào vị trí của từng bộ thu GNSS. Tuy nhiên, ảnh hưởng của đa đường có thể được khắc phục nhờ các giải pháp giảm ảnh hưởng đa đường, qua đó sẽ cải thiện được độ chính xác trong quá trình đồng bộ tín hiệu định vị GNSS.

Theo [2], các kỹ thuật giảm ảnh hưởng đa đường được chia thành 3 xu hướng khác nhau: (1) Các giải pháp thực hiện ở miền cao tần khi tín hiệu định vị đi vào ăng-ten của bộ thu GNSS; (2) Các giải pháp xử lý tín hiệu thực hiện tại khối đồng bộ tín hiệu ở miền tần số trung tần (khối bám tín hiệu và khối bắt tín hiệu); (3) Các giải pháp thực hiện sau khi đã xác định được khoảng cách giả định giữa bộ thu GNSS và vệ tinh định vị. Giải pháp được đề xuất trong bài báo này sẽ theo xu hướng thứ hai hay còn gọi là các giải pháp dựa trên cấu trúc tương quan. Đây là các giải pháp giảm ảnh hưởng đa đường được sử dụng chủ yếu trong các bộ thu GNSS thương mại [3]. Trong một bộ thu GNSS điển hình, khối bám đồng bộ tín hiệu bao gồm các mạch vòng như mạch vòng khóa pha (PLL: *Phase Lock Loop*) để bám pha sóng mang, mạch vòng khóa trễ (DLL: *Delay Lock Loop*) để bám trễ mã trải PRN (PRN: *Pseudo Random Noise*). Với mạch vòng khóa trễ (DLL), cấu trúc thường bao gồm 3 bộ tương quan sớm (E), đúng (P) và muộn (L) với khoảng lệch sớm muộn là 1 chip. Khi đó, bộ so pha trong mạch vòng DLL sẽ có dạng sớm-muộn (EML: *Early*

Minus Late). Tuy nhiên, cấu trúc điển hình này của DLL không giải quyết được sự tác động của hiện tượng đa đường. Vì vậy, nhiều giải pháp vẫn dựa trên cấu trúc EML này đã được đề xuất trên lý thuyết cũng như được áp dụng trong các bộ thu GNSS thương mại để khắc phục ảnh hưởng của hiện tượng đa đường. Một trong những giải pháp đó được đề xuất trong [4] bằng cách thu hẹp khoảng lệch sớm - muộn từ 1chip xuống còn 0,1chip. Giải pháp này được gọi là bộ tương quan hẹp (NC: Narrow Correlator). Một giải pháp khác là bộ đa tương quan (MGD: Multiple Gate Delay) [9]. Trong cấu trúc MGD, có ít nhất 5 bộ tương quan được sử dụng để tạo ra hàm lỗi ra bộ so pha của mạch vòng DLL. Theo [9], hiệu năng hoạt động về giảm ảnh hưởng đa đường của MGD kém hơn so với DDC và NC nhưng bù lại giải pháp MGD có khả năng loại bỏ được nguy cơ lựa chọn nhầm đỉnh tương quan trong quá trình bám đồng bộ tín hiệu khi áp dụng cho các tín hiệu định vị dạng điều chế sóng mang dịch nhị phân (BOC: Binary Offset Carrier).

Trong bài báo này, một phương pháp mới về bám mã trải PRN sẽ được đề xuất nhằm cải thiện hiệu năng bám mã của cấu trúc MGD. Cấu trúc được đề xuất sẽ bao gồm 7 bộ tương quan và bộ so pha sẽ sử dụng 6 bộ tương quan. Trong cấu trúc bộ so pha, các cặp tương quan sớm - muộn sẽ có các trọng số khác nhau và sẽ được tối ưu để đạt được việc tránh đồng bộ nhầm. Hơn nữa, hiệu năng về giảm ảnh hưởng đa đường cũng sẽ được cải thiện theo tiêu chí đánh giá đường bao lỗi đa đường (MEE).

2. TÍN HIỆU ĐIỀU CHẾ DẠNG BOC VÀ CÁC MẠCH VÒNG BẮM MÃ

2.1. Các đặc tính của tín hiệu điều chế BOC

Trong khi tín hiệu định vị truyền thống, GPS L1 C/A, sử dụng phương thức điều chế khóa dịch pha nhị phân BPSK, nhiều tín hiệu định vị mới như Galileo E1, GPS L1C đã sử dụng một dạng phương thức điều chế mới, điều chế BOC. Phương thức điều chế BOC giúp cho các tín hiệu định vị mới và tín hiệu định vị truyền thống có thể được truyền phát trên cùng 1 tần số sóng mang mà không gây can nhiễu lẫn nhau. Tín hiệu điều chế BOC dạng băng gốc được tạo ra bằng cách nhân mã trải ngẫu nhiên (PRN) với một sóng mang con dạng xung chữ nhật có tần số f_s . Thông thường, tín hiệu điều chế BOC được ký hiệu là BOC(m,n) với $m = f_s/f_{\text{TFB}}$ và $n = f_s/f_{\text{TFB}}$ trong đó f_c là tốc độ mã trải và $f_{\text{TFB}} = 1.023 \text{ MHz}$ là một tần số cơ bản được sử dụng trong các hệ thống GNSS. Tùy thuộc vào pha ban đầu của sóng mang con, tín hiệu điều chế BOC(m,n) sẽ là dạng pha sin (ký hiệu là BOC(m,n)) nếu pha ban đầu bằng 0 và là dạng pha cosin (ký hiệu là BOC(m,n)) nếu pha ban đầu là $\pi/2$ (radian).

Hai đặc tính quan trọng của tín hiệu điều chế BOC(m,n) được quan tâm là hàm mật độ phổ công suất (PSD: Power Spectral Density) và hàm tự tương quan (ACF: autocorrelation function)

Trước tiên, PSD của tín hiệu điều chế BOC(m,n) cũng như tín hiệu điều chế BOC(m,n) có dạng sau:

$$G_{\text{BOC}}(f) = T_c \text{sinc}^2(\pi f T_c) \tan^2\left(\frac{\pi f T_c}{2}\right) \\ G_{\text{BOC}}(f) = T_c \text{sinc}^2(\pi f T_c) \tan^2\left(\frac{\pi f T_c}{2}\right) \tan^2\left(\frac{\pi f T_c}{4}\right) \quad (1)$$

Với: $T_c = 1/f_c$ là chu kỳ mã (tính theo đơn vị chip).

Đặc tính tiếp theo của tín hiệu điều chế BOC đó là hàm tự tương quan (ACF). Giữa hàm ACF và hàm PSD có mối quan hệ sau [10]:

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f)H(f)e^{j2\pi f\tau} df \quad (2)$$

Với $H(f)$ là hàm truyền của bộ lọc khối đầu cuối cao tần của bộ thu GNSS. Trong trường hợp bộ lọc này lý tưởng và có băng thông B, hàm ACF sẽ trở thành:

$$R(\tau) = \int_{-B/2}^{+B/2} G(f)e^{j2\pi f\tau} df \quad (3)$$

2.2. Các mạch vòng khóa trễ trong bộ thu GNSS

Các mạch vòng khóa trễ trong các bộ thu GNSS thường là dạng có phản hồi. Đó là một dạng cấu trúc nhằm thực hiện ước lượng trễ của mã PRN trong tín hiệu định vị của vệ tinh được nhìn thấy theo phương pháp ước lượng giống nhất (MLE). Điểm cắt 0 của bộ so pha sẽ xác định trễ của tín hiệu định vị thu được. Theo [11], nhiều dạng thức khác nhau của bộ so pha có thể được sử dụng trong các mạch vòng DLL. Trong số đó, dạng EMLP (EMLP: Early-Minus-Late-Power) được sử dụng nhiều nhất, với hàm lỗi ra bộ so pha có dạng [11]:

$$D_{\text{EMLP}}(\tau) = E^2 - L^2 = (R(\tau - \delta/2))^2 - (R(\tau + \delta/2))^2 \quad (4)$$

Trong đó, E, L ký hiệu đầu ra của bộ tương quan sớm (E) và muộn (L) và δ là khoảng lệch sớm - muộn (đơn vị: chip).

Với cấu trúc DDC, hàm lỗi ra bộ so pha sẽ có dạng:

$$D_{\text{DDC}}(\tau) = \sum_{i=1}^N a_i (E_i^2 - L_i^2) \\ = \sum_{i=1}^N a_i \left((R(\tau - \delta_i/2))^2 - (R(\tau + \delta_i/2))^2 \right) \quad (5)$$

Với: a_i - Các trọng số, trong đó $a_1 = 1$, $a_1 = -1/2$; E_i, L_i - Các đầu ra tương ứng của các bộ tương quan sớm, muộn; δ_i - Khoảng lệch của cặp tương quan sớm - muộn thứ i (với DDC $\delta_2 = 2\delta_1$).

Cuối cùng, bộ đa tương quan (MGD) đã được đề xuất là một cấu trúc mới cho bộ so pha và xuất hiện lần đầu trong [12]. Trong cấu trúc MGD, bộ so pha gồm có 3 cặp tương quan sớm - muộn ở đầu vào và được biểu diễn bởi:

$$D_{\text{MGD}}(\tau) = \sum_{i=1}^N a_i (E_i^2 - L_i^2) \\ = \sum_{i=1}^N a_i \left((R(\tau - \delta_i/2))^2 - (R(\tau + \delta_i/2))^2 \right) \quad (6)$$

Với N là số cặp tương quan sớm - muộn (hay số cổng). Có thể thấy rằng với $N = 2$, cấu trúc MGD sẽ trở thành cấu trúc DDC hay DDC là một trường hợp của MGD.

Cấu trúc MGD có thể loại bỏ được hiện tượng nhầm lẫn trong quá trình bám mã với tín hiệu BOC. Tuy nhiên, như chỉ ra ở trong [13], khi $N > 2$, số lượng cặp tương quan sớm - muộn càng tăng thì sự phức tạp của cấu trúc càng tăng lên đáng kể nhưng hiệu quả về bám mã không tăng lên quá nhiều. Vì lý do đó, số lượng cặp tương quan sớm - muộn được lựa chọn trong bài báo này sẽ là $N = 2$ để đạt được sự cân bằng giữa sự phức tạp và hiệu quả bám mã. Tuy nhiên, theo [9], do không có một giải pháp nhằm tối ưu việc lựa chọn các hệ số cho từng cặp tương quan sớm - muộn nên dù MGD có khả năng loại bỏ hiện tượng bám nhầm nhưng khả năng về giảm ảnh hưởng đa đường lại kém hơn so với cấu trúc NC và DDC. Đây chính là mục tiêu cần giải quyết trong bài báo này.

3. ĐỀ XUẤT CẤU TRÚC MGD

3.1. Cấu trúc MGD đề xuất

Cấu trúc được đề xuất trong bài báo này sẽ bao gồm 3 cặp tương quan sớm - muộn ($N = 3$). Bộ điều chỉnh không kết hợp sẽ được tạo bởi các hàm tương quan sớm và muộn đã được bình phương, $(E_i(\tau))^2$ và $(L_i(\tau))^2$. Cuối cùng, đầu ra của bộ điều chỉnh sẽ là tổng có trọng số của các cặp tương quan sớm - muộn. Như vậy, mỗi một cặp tương quan sớm muộn sẽ đóng vai trò là một cấu trúc EMLP. Khoảng lệch sớm - muộn của cặp tương quan thứ i sẽ là $\delta_i = i\delta_1$ (trong đó, δ_1 là khoảng lệch của cặp tương quan sớm - muộn nằm sát bộ tương quan đúng). Như vậy, cấu trúc MGD đề xuất có thể được biểu diễn thông qua biểu thức:

$$D_{\text{P-MGD}}(\tau) = \sum_{i=1}^3 a_i (E_i^2 - L_i^2) \quad (7)$$

Để thuận tiện và cũng không mất đi tính tổng quát, hệ số a_i sẽ được thiết lập $a_1 = 1$. Để tăng công suất của tín hiệu so với mức tạp âm cũng như loại bỏ ảnh hưởng của quá trình tách sóng mang, bộ

thu GNSS sẽ thực hiện tiếp quá trình tính tổng tích lũy không kết hợp. Lỗi ra bộ so pha của cấu trúc MGD đề xuất sẽ trở thành:

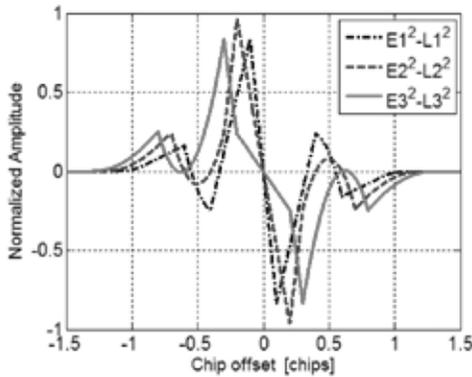
$$\sum_{i=1}^3 a_i \left((R(\tau - \delta_i/2))^2 - (R(\tau + \delta_i/2))^2 \right) \quad (8)$$

Như vậy, trong biểu thức (8), chỉ có 2 hệ số a_2, a_3 cần được tối ưu theo khoảng lệch sớm - muộn và các tiêu chí khác.

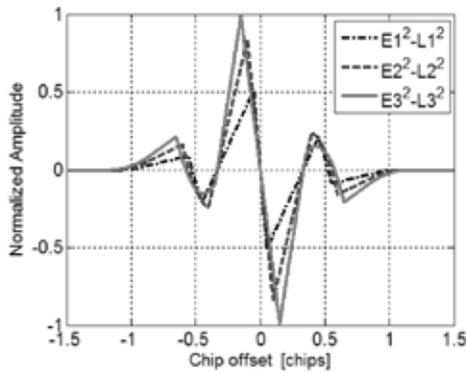
3.2. Tối ưu cấu trúc đề xuất

Để thực hiện bước 1 của quá trình tối ưu hệ số, mô hình kênh truyền được lựa chọn sẽ chỉ bao gồm 1 thành phần LOS. Để có thể nhận được hàm lỗi ra bộ so pha không có điểm khóa nhầm, bộ so pha cần phải có đặc điểm ở mỗi bên của điểm cắt 0 (tại điểm lệch 0), hàm lỗi ra bộ so pha cần phải có dấu không đổi. Điều đó có nghĩa rằng:

$$\begin{aligned} D_{+,max}(\tau) &< 0, \quad 0 \leq \tau \leq 1(\text{chip}) \\ D_{-,max}(\tau) &> 0, \quad -1 \leq \tau \leq 0(\text{chip}) \end{aligned} \quad (9)$$



Hình 1. Hàm lỗi ra bộ so pha của 3 cặp tương quan với $\delta = 0,2$ chips

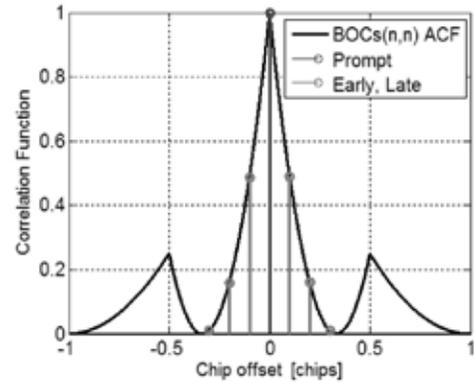


Hình 2. Hàm lỗi ra bộ so pha của 3 cặp tương quan với $\delta = 0,1$ chips

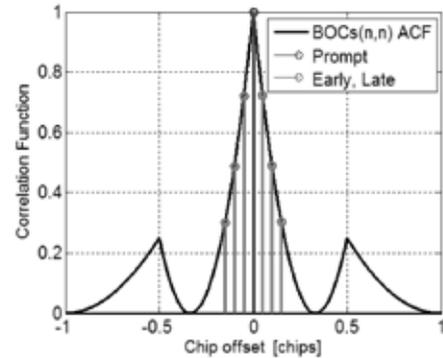
Đặc điểm này của hàm lỗi ra bộ so pha phụ thuộc vào khoảng lệch sớm - muộn và đặc tính hàm lỗi ra bộ so pha của mỗi cặp tương quan (dạng EMLP), $E_1^2 - L_1^2, E_2^2 - L_2^2, E_3^2 - L_3^2$. Hình dạng của hàm lỗi ra bộ so pha của mỗi cặp tương quan được minh họa ở Hình 1 và Hình 2 ứng với khoảng lệch sớm - muộn $\delta = 0,2$ chips và $\delta = 0,1$ chips.

Trong trường hợp $\delta = 0,2$ chips, tồn tại 1 cặp tương quan sớm - muộn mà có hàm lỗi ra bộ so pha thay đổi dấu trong khoảng giá trị của độ lệch mã khác so với 2 cặp tương quan sớm - muộn còn lại. Điều này cho phép cấu trúc đề xuất có thể tìm ra các hệ số để nhận được hàm lỗi ra bộ so pha của mạch vòng DLL không có điểm bám nhầm.

Ngược lại, với $\delta = 0,1$ chips, cả 3 cặp tương quan sớm - muộn đều có hàm lỗi ra bộ so pha mà sự thay đổi dấu nằm trong khoảng tương đối giống nhau. Do đó, khi tổng hợp 3 đường cong này thì không thể có được 1 đường cong của hàm lỗi ra bộ so pha mà không có điểm bám nhầm do bản thân mỗi hàm lỗi ra bộ so pha thành phần kia đều tồn tại các điểm bám nhầm.



Hình 3. Vị trí 3 cặp tương quan sớm - muộn với $\delta = 0,2$ chips



Hình 4. Vị trí 3 cặp tương quan sớm - muộn với $\delta = 0,1$ chips

Mặt khác, xem xét dạng của hàm ACF cùng với vị trí của các đầu ra của các bộ tương quan ứng với $\delta = 0,2$ chips và $\delta = 0,1$ chips như ở Hình 3 và Hình 4. Như ở trên các hình vẽ này, để có thể tối ưu các hệ số thì cần có ít nhất 1 cặp tương quan sớm - muộn có đầu ra nằm ra ngoài búp chính của ACF. Điều này tương đương với có 1 cặp tương quan sớm - muộn mà khoảng lệch $\delta_i/2$ lớn hơn một nửa độ rộng búp chính của ACF. Với cấu trúc MGD đề xuất có $N = 3$, có thể tối ưu được các hệ số để có hàm lỗi ra bộ so pha không có điểm bám nhầm nếu khoảng lệch sớm - muộn δ_i của cặp tương quan thứ nhất thỏa mãn $\delta > 0,1$ chips.

Do đó, với khoảng giá trị được lựa chọn là $[-1;1]$ và giá trị bước là 0,1, trong giai đoạn đầu của việc tối ưu, số lượng tổ hợp (a_2, a_3) thỏa mãn được cho ở Bảng 1.

Bảng 1. Số lượng tổ hợp giá trị hệ số được tối ưu của cấu trúc MGD

Khoảng lệch sớm muộn	Số lượng tổ hợp (a_2, a_3) tối ưu
$\delta_i = 0,2$	25
$\delta_i = 0,25$	112
$\delta_i = 0,4$	124

Bảng 2. Giá trị tối ưu các hệ số theo MEE của MGD đề xuất

Khoảng lệch sớm muộn	a_2	a_3
$\delta_i = 0,2$	-0,5	0,6
$\delta_i = 0,25$	-0,5	0,4
$\delta_i = 0,4$	-0,1	0,8

Trong giai đoạn 2 của quá trình tối ưu, trong số các tổ hợp (a_2, a_3) nhận được ở bước 1, cần thực hiện tối ưu tiếp để tìm ra 1 tổ hợp (a_2, a_3) mà hàm lỗi ra bộ so pha nhận được có khả năng giảm ảnh hưởng đa đường tốt nhất. Tiêu chí để đánh giá tác động của thành phần đa đường lên mạch vòng DLL trong bộ thu GNSS sẽ là đường bao lỗi đa đường (MEE) như ở trong [14]. Với tiêu chí MEE, chỉ có 2 thành phần tín hiệu đến ăng-ten của bộ thu GNSS là 1 thành phần LOS và 1 thành phần đa đường. Thành phần đa đường sẽ có 2 khả năng hoặc đồng pha hoặc ngược pha với thành phần LOS. Ngoài ra, thành phần đa đường sẽ có mức biên độ, độ lệch pha không đổi với mọi giá trị của độ lệch giữa thành phần đa đường và thành phần LOS. Khi đánh giá qua MEE, khả năng giảm ảnh hưởng đa đường của cấu trúc mạch vòng DLL là tốt nếu lỗi trung bình nhỏ, lỗi cực đại nhỏ và giá trị cực đại của trễ đa đường mà sau đó MEE tiến tới 0 cũng có giá trị nhỏ. Đây cũng chính là những điều kiện để thực hiện tối ưu cấu trúc MGD để xuất trong bước thứ 2. Giá trị của các hệ số được tối ưu trong bước 2 này được thể hiện ở Bảng 2 ứng với các giá trị khác nhau của khoảng lệch sớm - muộn.

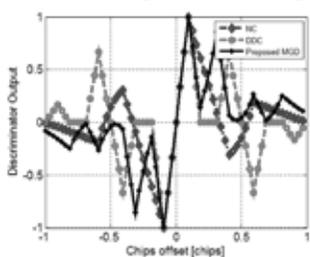
Từ các kết quả ở các bảng trên, cấu trúc MGD để xuất đã xác định được các hệ số nhằm đạt được lỗi đa đường nhỏ nhất cũng như không còn các điểm bám nhầm trong quá trình bám mã. Các kết quả này một lần nữa sẽ được khẳng định thông qua mô phỏng ở phần tiếp theo.

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

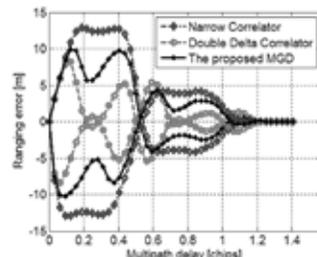
Quá trình mô phỏng được tiến hành trong điều kiện đa đường gần (độ lệch giữa thành phần đa đường và thành phần LOS là nhỏ) và băng thông của bộ lọc khối đầu cuối cao tần là giới hạn nhất định. Mô hình kênh truyền được sử dụng là kênh truyền tĩnh với biên độ và pha của tín hiệu được giữ không đổi trong khoảng thời gian mô phỏng.

4.1. Hàm lỗi ra bộ so pha của cấu trúc MGD để xuất

Để kiểm tra đặc tính lỗi ra bộ so pha, tín hiệu GNSS nhận được chỉ có thành phần LOS. Hình 5 sẽ minh họa hình dạng lỗi ra bộ so pha với cấu trúc NC, DDC và cấu trúc MGD để xuất cho tín hiệu BOCs(n,n). Các hệ số của cấu trúc để xuất được lấy ra từ Bảng 2. Khoảng cách sớm - muộn của cặp tương quan thứ nhất là $\delta = 0,2$ chips. Như trên hình vẽ, bộ so pha chỉ có 1 điểm cắt 0 ứng với cấu trúc để xuất, điểm cắt 0 này nằm ở điểm lệch 0. Vì vậy, mạch vòng bám mã sẽ khóa ở điểm ứng với đỉnh chính của ACF. Do đó, hiện tượng bám nhầm lần được loại bỏ. Trong khi đó, cấu trúc NC và DDC có nhiều điểm cắt 0 và nó sẽ chịu ảnh hưởng của hiện tượng bám nhầm.



Hình 5. Lỗi ra bộ so pha với NC, DDC và MGD để xuất ($a=[1 -0,5 0,6]$) có $\delta = 0,2$ chips cho tín hiệu BOCs(n,n).



Hình 6. MEE cho NC, DDC và MGD để xuất ($a=[1 -0,5 0,6]$) có $\delta = 0,2$ chips cho tín hiệu BOCs(n,n).

4.2. Ảnh hưởng của đa đường

Như đã chỉ ra ở phần trước, MEE sẽ được sử dụng để đánh giá tác động của đa đường đối với mạch vòng bám mã. Trong điều kiện mô phỏng này, biên độ đã chuẩn hóa của thành phần LOS và thành

phần đa đường lần lượt là 1 và 0,8. Kết quả đường bao lỗi đa đường MEE của các cấu trúc NC, DDC và MGD để xuất cho tín hiệu BOCs(m,n) được minh họa ở Hình 6. Quan sát hình vẽ ta nhận thấy hiệu năng giảm đa đường của MGD để xuất tốt hơn NC nhưng kém hơn DDC. Tuy nhiên, phải thấy rằng cấu trúc MGD để xuất sẽ được bù lại bằng khả năng chống bám nhầm. Khi xảy ra bám nhầm thì hiệu năng của DDC có thể sẽ kém hơn MGD để xuất.

5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, giải pháp bám mã không bám lẫn cho tín hiệu điều chế BOC dựa trên cấu trúc MGD đã được đề xuất. Các hệ số trong cấu trúc này đã được tối ưu theo 2 bước để đạt được khả năng chống bám nhầm cũng như có khả năng tốt trong việc giảm ảnh hưởng của hiện tượng đa đường. Các đặc tính này của cấu trúc MGD để xuất cũng đã được so sánh với các cấu trúc phổ biến như NC và DDC. Mặc dù, khả năng giảm ảnh hưởng đa đường của cấu trúc để xuất có kém hơn so với DDC nhưng cấu trúc để xuất lại đạt được khả năng chống bám nhầm vượt trội so với DDC.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. E. D. Kaplan and C. J. Hegarty (2005), Understanding GPS: Principles and Applications: Artech House.
- [2]. F. D. Nunes, F. M. G. Sousa and J. M. N. Leitao (2007), Gating Functions for Multipath Mitigation in GNSS BOC Signals, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol.43, pp.951-964.
- [3]. M. Z. H. Bhuiyan and E. S. Lohan (2010), Advanced Multipath Mitigation Techniques for Satellite - Based Positioning Applications, International Journal of Navigation and Observation, Hindawi Publishing Corporation, vol.2010, pp.1-15.
- [4]. A. J. V. Dierendonck, P. Fenton and T. Ford, Theory and Performance of Narrow Correlator Spacing in a GNSS Receiver, Journal of the Institute of Navigation, vol.39, Fall 1992.
- [5]. J. W. Betz and K. R. Kolodziejcki (2000), Extended theory of early-late code tracking for a bandlimited GPS receiver, Navigation, vol.47, pp.211-226.
- [6]. G. A. McGraw and M. S. Braasch (1999), GNSS Multipath Mitigation Using Gated and High Resolution Correlator Concepts, in National Technical Meeting of The Institute of Navigation, San Diego, CA, pp.333-342.
- [7]. L. Garin, F. v. Diggelen and J.-M. Rousseau (September 17 - 20 1996), Strobe & Edge Correlator Multipath Mitigation for Code, Proceedings of the 9th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 1996), pp.657-664.
- [8]. J. J. P. Fenton and B. Smith (2004), Theory and Performance of the Pulse Aperture Correlator, in Technical Report, ed. Novatel, Alberta, Canada.
- [9]. P. A. Bello and R. L. Fante, Code tracking performance for novel unambiguous M-code time discriminators, in Proceedings of the 2005 National Technical Meeting of The Institute of Navigation, San Diego, CA 2005, pp.293-298.
- [10]. J.-C. Juang and T.-L. Kao (2012), Noncoherent BOC Signal Tracking Based on a Five-Correlator Architecture, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol.48, pp.1961-1974.
- [11]. K. Borre, D. M. Akos, N. Bertelsen, P. Rinder and S. H. Jensen (2007), A Software-Defined GPS and Galileo Receiver - A Single-Frequency Approach. Berlin: Birkhäuser.
- [12]. R. Fante (2003), Unambiguous tracker for GPS binary-offset-carrier signals, in Proceedings of the 2003 ION National Technical Meeting, Albuquerque, New Mexico.
- [13]. H. Hurskainen, E. Simona Lohan, X. Hu, J. Raasakka and J. Nurmi (2008), Multiple gate delay tracking structures for GNSS signals and their evaluation with simlink, systemC, and VHDL, International Journal of Navigation and Observation, p.17.
- [14]. M. Irsigler, J. A. Avila-Rodriguez and G. W. Hein (13-16 September, 2005), Criteria for GNSS Multipath Performance Assessment, Proceedings of the International Technical Meeting of the Institute of Navigation, ION-GNSS 2005.

Nghiên cứu mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ hàng nông sản xuất khẩu

Research on optimization model of transport network for exported agricultural products

> CN NGUYỄN THỊ TRÂM, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA*, KS NGUYỄN THANH DANH

Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia TP.HCM

*Email: htthoa@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Xuất khẩu nông sản ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế Việt Nam, kéo theo nhu cầu thiết kế mạng lưới logistics hiệu quả, đặc biệt đối với các sản phẩm dễ hư hỏng như sầu riêng tươi. Bài báo này tổng quan các nghiên cứu tối ưu hóa mạng lưới vận tải, tập trung vào mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) và đề xuất một khung mô hình khởi tạo phù hợp với bối cảnh thực tiễn. Mô hình đề xuất cho phép tối ưu đồng thời chi phí và thời gian vận chuyển trong mạng lưới logistics bốn tầng, với tập biến, tham số và ràng buộc phản ánh cấu trúc chuỗi cung ứng nông sản xuất khẩu. Mặc dù chưa triển khai dữ liệu thực nghiệm, mô hình có thể định hướng thu thập dữ liệu và hoạch định vận hành trong các nghiên cứu tiếp theo, đặc biệt trong bài toán vận chuyển sầu riêng từ Đắk Lắk sang Trung Quốc.

Từ khóa: Chuỗi cung ứng nông sản; logistics cho hàng dễ hư hỏng; mô hình MILP đa mục tiêu.

ABSTRACT

The export of agricultural products plays an increasingly vital role in Vietnam's economy, thereby intensifying the demand for efficient logistics network design - particularly for perishable goods such as fresh durians. This paper provides a comprehensive review of transportation network optimization studies, with a specific focus on multi-objective Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model. It further proposes a model initialization framework tailored to practical conditions. The suggested model facilitates the concurrent optimization of transportation costs and time within a four-tier logistics network, integrating variables, parameters and restrictions that represent the framework of the export-oriented agricultural supply chain. Although empirical data has not yet been applied, the model serves as a foundation for future data collection and operational planning, particularly for tackling the transportation issue of durian exports from Daklak to China.

Keywords: Agricultural supply chain; logistics for perishable goods; multi-objective MILP model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam đang khẳng định vị thế là quốc gia xuất khẩu nông sản hàng đầu khu vực Đông Nam Á, trong đó sầu riêng nổi lên như mặt hàng có tốc độ tăng trưởng ấn tượng sau khi ký kết nghị định thư xuất khẩu chính ngạch sang thị trường Trung Quốc. Theo Hiệp hội Rau quả Việt Nam [1], trong nửa đầu năm 2024, tỷ trọng sầu riêng Việt Nam trong tổng kim ngạch nhập khẩu của Trung Quốc đã tăng từ 23,73% lên 32,81%, với dự báo mang lại thêm khoảng 1 tỷ USD vào cuối năm. Tuy nhiên, năng lực logistics hiện tại chưa theo kịp tốc độ tăng trưởng sản lượng và thị trường. Tại Đắk Lắk là vùng trồng sầu riêng lớn thứ hai cả nước nhưng hạ tầng logistics còn thiếu kho lạnh sơ cấp, phương tiện vận tải chuyên dụng và thời gian vận chuyển còn kéo dài, làm giảm chất lượng sản phẩm và khả năng cạnh tranh [2].

Trước thực trạng đó, việc xây dựng một khung mô hình toán học khởi tạo nhằm mô phỏng mạng lưới logistics và có khả năng điều chỉnh linh hoạt theo dữ liệu thực tế là cần thiết, đặc biệt với doanh nghiệp vừa và nhỏ. Trên cơ sở tổng quan các nghiên cứu tối ưu hóa mạng lưới vận tải, bài báo đề xuất mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP), làm cơ sở lý thuyết cho thiết kế mạng lưới logistics nông sản và định hướng triển khai thực tiễn, trước mắt là cho chuỗi cung ứng sầu riêng xuất khẩu từ các tỉnh Tây Nguyên sang thị trường Trung Quốc.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Trong chuỗi cung ứng hàng hóa dễ hư hỏng, thời gian vận chuyển và cấu trúc mạng lưới là các yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hiệu quả phân phối và tổn thất sau thu hoạch. Nhiều nghiên cứu

gần đây đã đề xuất các mô hình tối ưu nhằm đồng thời tối thiểu hóa chi phí logistics, duy trì chất lượng sản phẩm và tăng tính bền vững trong vận hành [3-5]. Các tiếp cận điển hình bao gồm sử dụng mô hình MIP hoặc MILP để tối ưu hóa vị trí cơ sở, phân bổ luồng hàng và lựa chọn tuyến vận tải dưới các ràng buộc ngân sách hoặc năng lực xử lý [3, 4]. Một số nghiên cứu còn tích hợp các yếu tố như tồn kho, tốc độ suy giảm chất lượng theo nhiệt độ và phát thải carbon trong hệ thống logistics lạnh [5-7]. Ngoài ra, các nghiên cứu khác tập trung vào phân phối hợp tác giữa doanh nghiệp, hài lòng khách hàng và tối ưu hóa các tuyến theo mùa vụ, góp phần cải thiện khả năng phản ứng và tiết kiệm chi phí [8-10]. Bên cạnh đó, các mô hình tối ưu hóa trong điều kiện bất định và chuỗi cung ứng đa tầng cũng được phát triển để phản ánh tốt hơn tính động và tính phân tán của hệ thống phân phối nông sản. Các mô hình ba hoặc bốn tầng liên phương thức có tích hợp đa mục tiêu, cân bằng luồng và phân bổ linh hoạt giữa các trung tâm phân phối, giúp giảm trễ, tiết kiệm chi phí và nâng cao độ ổn định của chuỗi cung ứng [11-13].

Một hướng tiếp cận đáng chú ý khác là tích hợp các chi phí ngoại sinh như tắc nghẽn, ô nhiễm không khí, tai nạn giao thông và suy giảm hạ tầng vào hàm mục tiêu tối ưu hóa mạng lưới. Khi các chi phí này được nội hóa, kết quả mô hình cho thấy cấu trúc mạng lưới và lựa chọn phương thức vận tải có xu hướng dịch chuyển theo hướng bền vững hơn, như chuyển từ vận tải đường bộ sang đường sắt [14]. Tổng quan cho thấy, phần lớn các nghiên cứu hiện nay tập trung vào hai mục tiêu chính là giảm chi phí logistics và rút ngắn thời gian vận chuyển. Một số nghiên cứu tiên tiến đã bắt đầu tích hợp các yếu tố bền vững như phát thải khí nhà kính, mức độ phục vụ và khả năng đáp ứng mùa vụ. Về kỹ thuật mô hình hóa, các nghiên cứu sử dụng phổ biến mô hình tuyến tính (LP, MILP), mở rộng sang hướng đa mục tiêu, điều kiện bất định hoặc phi tuyến. Tuy nhiên, vẫn còn khoảng trống trong việc áp dụng các mô hình tối ưu này vào thực tiễn tại Việt Nam, đặc biệt trong lĩnh vực logistics cho nông sản, nơi hệ thống còn thiếu đồng bộ, sản xuất phân tán và chịu ảnh hưởng lớn bởi yếu tố mùa vụ. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất xây dựng một khung mô hình MILP đa mục tiêu nhằm thiết kế mạng lưới vận tải phù hợp, từ đó định hướng cho các ứng dụng thực nghiệm trong chuỗi cung ứng nông sản xuất khẩu.

3. MÔ HÌNH TOÁN ĐỀ XUẤT

Trên cơ sở tổng quan các nghiên cứu về thiết kế mạng lưới logistics, nghiên cứu này đề xuất sử dụng mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) như một công cụ lý thuyết để lựa chọn cấu trúc mạng lưới vận tải phù hợp cho nông sản tươi. Mô hình MILP cho phép xử lý đồng thời các biến liên tục (như lượng hàng vận chuyển) và biến nhị phân (như lựa chọn tuyến hoặc điểm trung chuyển), phù hợp với tính chất tổ hợp của bài toán thiết kế mạng lưới. Nhiều nghiên cứu trước đây đã chứng minh tính hiệu quả của MILP trong việc mô hình hóa luồng vận chuyển có ràng buộc về thời gian và điều kiện bảo quản lạnh [3, 4]. Dù chưa áp dụng cho một trường hợp cụ thể, mô hình được đề xuất có thể đóng vai trò như một khung thiết kế khởi tạo, hỗ trợ định hướng thu thập dữ liệu và lựa chọn chiến lược vận hành phù hợp với điều kiện thực tiễn của doanh nghiệp xuất khẩu nông sản. Để minh họa cấu trúc logic của mô hình, Bảng 1 và Bảng 2 trình bày lần lượt các biến quyết định và tham số đầu vào sử dụng trong quá trình xây dựng mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải.

Bảng 1. Các biến quyết định

Biến	Diễn giải
x_{ler}^m	Lượng hàng được vận chuyển từ nút l đến nút e bằng phương thức vận tải m nhằm đáp ứng nhu cầu của khu vực nhập khẩu r
x_{edr}^m	Lượng hàng được vận chuyển từ nút e đến nút d bằng phương thức vận tải m nhằm đáp ứng nhu cầu của khu vực nhập khẩu r
x_{dr}^m	Lượng hàng được vận chuyển từ nút d đến r bằng phương thức vận tải m
y_{ler}^m	Biến nhị phân biểu thị nhu cầu của khu vực r được vận chuyển từ nút l đến nút e bằng phương thức vận tải m. Nếu được chọn, $y_{ler}^m = 1$, ngược lại bằng 0
y_{edr}^m	Biến nhị phân biểu thị nhu cầu của khu vực r được vận chuyển từ nút e đến nút r bằng phương thức vận tải m. Nếu được chọn, $y_{edr}^m = 1$, ngược lại bằng 0
Q	Biến tối thiểu hóa cực đại (minimax variable)

Bảng 2. Tham số đầu vào

Tham số	Diễn giải
c_{le}^m	Chi phí vận chuyển từ nút l đến e bằng phương thức vận tải m
c_{ed}^m	Chi phí vận chuyển từ nút e đến d bằng phương thức vận tải m
c_{dr}^m	Chi phí vận chuyển từ nút d đến r bằng phương thức vận tải m
t_{le}^m	Thời gian vận chuyển từ nút l đến e bằng phương thức vận tải m
t_{ed}^m	Thời gian vận chuyển từ nút e đến d bằng phương thức vận tải m
t_{dr}^m	Thời gian vận chuyển từ nút d đến r bằng phương thức vận tải m
D_r	Nhu cầu tại khu vực nhập khẩu r
ω	Tổng thời gian vận chuyển tối đa cho phép (hàng số)
c^*, t^*	Giá trị kỳ vọng của tổng chi phí và tổng thời gian vận chuyển
W_n	Trọng số được gán cho hàm mục tiêu n, với $n = 1, \dots, N$, trong đó N là số lượng hàm mục tiêu

Mạng lưới vận tải trong khung mô hình được tổ chức theo cấu trúc nhiều tầng, phản ánh quá trình luân chuyển hàng hóa từ khu vực sản xuất đến thị trường tiêu thụ. Cụ thể, các điểm bốc hàng tiềm năng (I_{ELP}) được xác định là điểm khởi đầu trong chuỗi cung ứng. Từ đó, hàng hóa được vận chuyển qua các điểm vào (e_{EEP}) và tiếp tục đến các điểm phân phối (d_{EDP}), trước khi đến các khu vực nhập khẩu (r_{EIA}), nơi có nhu cầu tiêu thụ cuối cùng. Trong quá trình vận chuyển, mô hình giả định rằng mỗi chặng luân chuyển chỉ sử dụng một phương thức vận tải duy nhất ($m = 1, \dots, M$), nhằm đơn giản hóa bài toán và phản ánh thực tiễn lựa chọn tuyến tối ưu. Theo đó,

chuỗi luồng vận chuyển được xác lập theo trình tự: Từ điểm xuất phát (LP) đến điểm vào (EP), sau đó đến điểm phân phối (DP) và cuối cùng đến khu vực nhập khẩu (IA). Mục tiêu của việc thiết kế mạng lưới này là đảm bảo vận chuyển hàng hóa dễ hư hỏng một cách an toàn, đúng thời gian và hiệu quả về chi phí, trong điều kiện đa tuyến và đa phương thức.

- *Bước 1: Tìm nghiệm đơn mục tiêu để xác định giá trị tối ưu cho từng tiêu chí*

Ở bước đầu tiên, mô hình được giải dưới dạng bài toán tối ưu theo từng mục tiêu đơn nhằm xác định giá trị mục tiêu tốt nhất có thể đạt được cho từng tiêu chí riêng lẻ:

$$\text{Min} \sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M c_{le}^m \cdot x_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{ed}^m \cdot x_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{dr}^m \cdot x_{dr}^m) \quad (1)$$

$$\text{Min} \sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M t_{le}^m \cdot y_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{ed}^m \cdot y_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{dr}^m \cdot y_{dr}^m) \quad (2)$$

Trong đó, hàm mục tiêu (1) hướng đến tối thiểu hóa tổng chi phí vận tải, bao gồm toàn bộ chi phí vận chuyển phát sinh trên mạng lưới. Hàm mục tiêu (2) tối thiểu hóa tổng thời gian vận chuyển trên toàn mạng lưới, được xác định dựa trên tổng thời gian di chuyển của các tuyến đường tương ứng với các phương thức vận tải được lựa chọn. Thời gian vận chuyển được tính toán có xét đến các biến nhị phân đại diện cho quyết định lựa chọn tuyến và phương thức vận chuyển, bảo đảm rằng mỗi luồng hàng chỉ đi theo một tuyến cụ thể trong từng giai đoạn của chuỗi cung ứng. Các ràng buộc trong mô hình được xây dựng nhằm kiểm soát luồng hàng, giới hạn lựa chọn phương thức vận tải giữa hai điểm nút liền kề và bảo đảm các điều kiện thời gian phù hợp với đặc tính của sản phẩm.

$$\sum_{l \in LP} \sum_{m=1}^M x_{ler}^m = \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M x_{edr}^m, \forall e \in EP, \forall r \in IA \quad (3)$$

$$\sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M x_{edr}^m = \sum_{r \in IA} \sum_{m=1}^M x_{dr}^m, \forall d \in DP, \forall r \in IA \quad (4)$$

$$\sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M x_{dr}^m = D_r, \forall r \in IA \quad (5)$$

$$x_{ler}^m \leq D_r \cdot y_{ler}^m, \forall l \in LP, \forall e \in EP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (6)$$

$$x_{edr}^m \leq D_r \cdot y_{edr}^m, \forall e \in EP, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (7)$$

$$x_{dr}^m \leq D_r \cdot y_{dr}^m, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (8)$$

$$\sum_{l \in LP} \sum_{m=1}^M y_{ler}^m = \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M y_{edr}^m, \forall e \in EP, \forall r \in IA \quad (9)$$

$$\sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M y_{edr}^m = \sum_{m=1}^M y_{dr}^m, \forall d \in DP, \forall r \in IA \quad (10)$$

$$\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M y_{ler}^m = 1, \forall r \in IA \quad (11)$$

$$\sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M y_{edr}^m = 1, \forall r \in IA \quad (12)$$

$$\sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M y_{dr}^m = 1, \forall r \in IA \quad (13)$$

$$t_{le}^m \cdot y_{ler}^m + t_{ed}^m \cdot y_{edr}^m + t_{dr}^m \cdot y_{dr}^m \leq \omega, \forall l \in LP, \forall e \in EP, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (14)$$

$$y_{ler}^m, y_{edr}^m, y_{dr}^m \in \{0; 1\} \forall l \in LP, \forall e \in EP, \forall d \in DP, \forall r \in IA, \forall m \in M \quad (15)$$

$$x_{le}^m, x_{ed}^m, x_{dr}^m \geq 0 \quad (16)$$

Ràng buộc (3) đến (10) nhằm đảm bảo cân bằng luồng hàng giữa dòng vào và dòng ra tại các nút trong mạng lưới. Ràng buộc (11) đến (13) giới hạn việc lựa chọn phương thức vận tải với giả định rằng chỉ một phương thức vận tải duy nhất có thể được chọn giữa hai nút trong mỗi chặng. Ràng buộc (14) giới hạn tổng thời gian vận chuyển qua từng chặng không vượt quá ngưỡng ω cho phép. Ràng buộc (15) quy định các biến lựa chọn tuyến là biến nhị phân, phản ánh việc sử dụng hoặc không sử dụng một phương thức vận tải cụ thể. Ràng buộc (16) đảm bảo tính không âm cho các biến lượng hàng được vận chuyển.

- *Bước 2: Xác định một giải pháp cân bằng*

Mỗi hàm độ lệch đều được gán một trọng số (w_n) và một ràng buộc MINIMAX được đưa vào mô hình. Bài toán được giải quyết thông qua việc tối thiểu hóa biến Q như một hàm mục tiêu:

$$\text{Minimize } Q \quad (17)$$

Trong đó, Q đại diện cho phần trăm độ lệch lớn nhất so với giá trị mục tiêu của từng mục tiêu tối ưu. Việc tối thiểu hóa Q giúp đảm bảo rằng không có mục tiêu nào bị tối ưu hóa quá kém so với phần còn lại, từ đó hướng đến một phương án cân bằng và khả thi trong thực tiễn. Việc tối thiểu hóa hàm mục tiêu (17) được thực hiện dưới điều kiện của các ràng buộc bổ sung sau:

$$w_{n1} \cdot ((\sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M c_{le}^m \cdot x_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{ed}^m \cdot x_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M c_{dr}^m \cdot x_{dr}^m) - c^*) / c^*) \leq Q \quad (18)$$

$$w_{n2} \cdot ((\sum_{r \in IA} (\sum_{l \in LP} \sum_{e \in EP} \sum_{m=1}^M t_{le}^m \cdot y_{ler}^m + \sum_{e \in EP} \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{ed}^m \cdot y_{edr}^m + \sum_{d \in DP} \sum_{m=1}^M t_{dr}^m \cdot y_{dr}^m) - t^*) / t^*) \leq Q \quad (19)$$

$$0 \leq w_n \leq 1 \quad (20)$$

$$\min f_n, \quad n = 1, \dots, N \quad (21)$$

$$\min f_{n+1}, \quad n = 1, \dots, N \quad (22)$$

$$f_n \leq f^{\min}_n + \Delta_n, \quad n = 1, \dots, N \quad (23)$$

$$\Delta_n \geq 0 \quad (24)$$

$$\delta_n = \frac{f_n^{\max} - f_n^{\min}}{f_n^{\max}}, \quad n = 1, \dots, N \quad (25)$$

$$w_n = \frac{\delta_n}{\sum_{n=1}^N \delta_n}, \quad n = 1, \dots, N \quad (26)$$

$$\sum_{n=1}^N w_n = 1 \quad (27)$$

Các ràng buộc (18) đến (20) quy định độ lệch phần trăm có trọng số so với giá trị mục tiêu mong muốn của từng hàm mục tiêu phải nhỏ hơn hoặc bằng biến Q. Trọng số w_n (20) phản ánh mức độ ưu tiên của từng mục tiêu cụ thể. Giải pháp tối ưu tương ứng với mục tiêu có mức ưu tiên cao nhất được xác định tại (21). Sau đó, mô hình tiếp tục xác định lời giải tối ưu cho mục tiêu có thứ hạng thấp hơn (22), trong điều kiện rằng lựa chọn đối với mục tiêu đầu tiên đã được thực hiện (23). Giá trị phân bố Δ_n (24) được xác định dựa trên bài toán cụ thể đang được phân tích, mô hình để xuất điều chỉnh giá trị này trong phạm vi sai số 5% so với giá trị tối thiểu của mục tiêu ưu tiên. Trong giai đoạn tiếp theo, với mỗi hàm mục tiêu f_n , mô hình tiến hành tính toán độ phân tán tương đối δ_n (25) và thiết lập trọng số w_n tương ứng (26 - 27). Các trọng số này được phân bổ theo nguyên tắc: Mục tiêu nào có độ phân tán tương đối lớn hơn sẽ được ưu tiên hơn trong hàm mục tiêu tổng hợp.

Việc giải mô hình được thực hiện bằng phần mềm IBM ILOG CPLEX, cho phép xử lý hiệu quả các mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp với quy mô và số lượng ràng buộc lớn. Trong bối cảnh tối ưu hóa đa mục tiêu, hai phương pháp tiếp cận phổ

biến là tổng trọng số và phân tích mặt trận Pareto, giúp xác định các phương án không trội và hỗ trợ ra quyết định đa tiêu chí. Các phương pháp này đặc biệt phù hợp với thiết kế mạng lưới logistics nhiều tầng trong điều kiện thực tiễn tại các quốc gia đang phát triển như Việt Nam [13]. Mặc dù dữ liệu thực nghiệm còn hạn chế, mô hình được đề xuất có thể đóng vai trò như một khung thiết kế khởi tạo, có khả năng điều chỉnh linh hoạt theo từng bối cảnh thực tế.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày tổng quan các nghiên cứu tối ưu hóa mạng lưới vận tải trong bối cảnh vận chuyển nông sản tươi, đồng thời đề xuất một khung mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) làm công cụ phân tích cấu trúc mạng lưới phù hợp cho hoạt động xuất khẩu. Mô hình hướng tới tối ưu hóa đồng thời chi phí và thời gian vận chuyển, phản ánh rõ các yếu tố đánh đổi trong thực tiễn. Các thành phần chính của mô hình bao gồm biến, tham số, hàm mục tiêu và hệ ràng buộc được thiết kế nhằm hỗ trợ hoạch định vận hành trong điều kiện dữ liệu hạn chế. Tuy nhiên, mô hình hiện mới dừng ở mức đề xuất lý thuyết và chưa được kiểm chứng bằng dữ liệu thực tế. Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả dự kiến áp dụng mô hình này cho bài toán thiết kế chuỗi cung ứng sâu riêng xuất khẩu từ tỉnh Đắk Lắk, với dữ liệu đầu vào được xây dựng từ khảo sát doanh nghiệp và thông tin vận tải đa phương thức. Mô hình cũng sẽ được mở rộng theo hướng tích hợp yếu tố bất định và phân tích độ nhạy, nhằm đánh giá mức độ ổn định của các phương án tối ưu trong bối cảnh biến động. Kết quả kỳ vọng sẽ góp phần hoàn thiện công cụ hỗ trợ ra quyết định chiến lược trong lĩnh vực logistics nông sản, đồng thời nâng cao hiệu quả và tính bền vững cho chuỗi cung ứng xuất khẩu của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hiệp hội Rau quả Việt Nam, Bản tin rau quả thế giới tuần lễ từ 21 - 25/4/2025.
- [2]. Vietnam News (2024, March 14), Đắk Lak Province strives to tackle durian quality issues.
- [3]. Ghaderi, A. (2014), Heuristic algorithms for solving an integrated dynamic center facility location - network design model, Springer Science+Business Media.
- [4]. De Keizer, M., Akkerman, R., Grunow, M., Bloemhof, J. M., Haijema, R., & van der Vorst, J. G. A. J. (2017), Logistics network design for perishable products with heterogeneous quality decay, *European Journal of Operational Research*, 262(2), 535-549.
- [5]. Wang, S., Tao, F., & Shi, Y. (2018), Optimization of location-routing problem for cold chain logistics considering carbon footprint, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 86.
- [6]. Orjuela-Castro, J. A., Orejuela-Cabrera, J. P., & Adarme-Jaimes, W. (2021), Logistics network configuration for seasonal perishable food supply chains, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 135-151.
- [7]. Orjuela-Castro, J. A., Orejuela-Cabrera, J. P., & Adarme-Jaimes, W. (2022), Multi-objective model for perishable food logistics networks design considering availability and access, *OPSEARCH*, 59(4), 1244-1270.
- [8]. Liu, G., Hu, J., Yang, Y., Xia, S., & Lim, M. K. (2020), Vehicle routing problem in cold chain logistics: A joint distribution model with carbon trading mechanisms, *Resources, Conservation and Recycling*, 156, 104715.
- [9]. Wang, Y., Zhang, J., & Xu, M. (2020), Collaborative multiple centers fresh logistics distribution network optimization with resource sharing and temperature control constraints, *Expert Systems with Applications*, 160, 113709.
- [10]. Dutta, P., & Shrivastava, H. (2020), The design and planning of an integrated

supply chain for perishable products under uncertainties, *Journal of Modeling in Management*, 15(4), 1301-1337.

[11]. Rahmati, R., & Neghabi, H. (2021), Adjustable robust balanced hub location problem with uncertain transportation cost, *Computational and Applied Mathematics*, 40, 193.

[12]. Wang, C.-N., Nhieu, N.-L., Chung, Y.-C., & Pham, H.-T. (2021), Multi-objective optimization models for sustainable perishable intermodal multi-product networks with delivery time window, *Mathematics*, 9(9), 988.

[13]. Nasiri, M. M., Khaleghi, A., Govindan, K., & Bozorgi-Amiri, A. (2023), Sustainable hierarchical multi-modal hub network design problem: Bi-objective formulations and solution algorithms. *Operational Research*.

[14]. Ambrosino, D., & Sciomachen, A. (2021), Impact of externalities on the design and management of multimodal logistic networks, *Department of Economics and Business Studies, University of Genoa*.

Ứng dụng viễn thám và GIS phân tích biến động sử dụng đất khu vực TP Tây Ninh giai đoạn 2015 - 2025

Application of remote sensing and gis in analyzing land use change in Tay Ninh city from 2015 to 2025

> **THS NGUYỄN VĂN TUẤN***, **THS NGUYỄN HỮU ĐỨC**
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM
*Email: nvtuan@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích sự biến động sử dụng đất khu vực TP Tây Ninh (nay là phường Tân Ninh và phường Bình Minh), tỉnh Tây Ninh dựa trên công nghệ viễn thám và GIS. Dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI tại hai thời điểm 2015 và 2025 được phân loại thành 6 loại sử dụng đất gồm: Rừng, cây hàng năm, cây lâu năm, mặt nước, đất trống và đất xây dựng bằng phương pháp Support Vector Machine với độ chính xác toàn cục 96,2% và 97,3%, hệ số Kappa tương ứng 0,91 và 0,92. Nghiên cứu đã xây dựng bản đồ sử dụng đất tại hai thời điểm 2015 và 2025, sau đó chồng lớp để được bản đồ biến động sử dụng đất 2015 - 2025. Kết quả cho thấy đất xây dựng có xu hướng tăng đáng kể, chủ yếu chuyển đổi từ đất trống và đất trồng cây lâu năm. Bên cạnh đó, diện tích đất trồng cây hàng năm cũng tăng mạnh, phần lớn do diện tích đất trống là đất nông nghiệp được đưa vào canh tác. Điều này phản ánh cơ cấu sử dụng đất của TP Tây Ninh giai đoạn 2015 - 2025 có sự chuyển đổi theo hướng khai thác tối ưu hóa đất nông nghiệp và phát triển hạ tầng xây dựng, dấu hiệu của quá trình đô thị hóa đang diễn ra. Nghiên cứu cũng chỉ ra tính hiệu quả của việc khai thác dữ liệu ảnh vệ tinh trong theo dõi biến động sử dụng đất, nhằm hỗ trợ công tác quản lý đô thị và phát triển bền vững.

Từ khóa: Biến động sử dụng đất; viễn thám; Landsat.

ABSTRACT

This study analyzes land use changes in Tay Ninh City, Tay Ninh Province, using remote sensing and GIS technologies. Landsat 8 OLI satellite imagery from the years 2015 and 2025 was classified into six land use categories: forest, annual crops, perennial crops, water bodies, bare land and built-up land, using the Support Vector Machine method. The classifications achieved overall accuracies of 96.2% and 97.3%, with corresponding Kappa coefficients of 0.91 and 0.92. Land use maps for 2015 and 2025 were generated and a land use change map for the 2015 - 2025 period was produced through overlay analysis. The results indicate a significant increase in built-up land, primarily due to the conversion of bare land and perennial cropland. Furthermore, the area of annual crops also expanded markedly, largely as a result of previously unused agricultural land being brought into cultivation. These findings reflect a shift in the land use structure of Tay Ninh City during the 2015 - 2025 period, characterized by the optimization of agricultural land and the expansion of infrastructure-indications of an ongoing urbanization process. This study also highlights the effectiveness of satellite imagery in monitoring land use changes, providing essential support for urban management and sustainable development planning.

Keywords: Land use change; remote sensing; Landsat.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển đô thị đang diễn ra nhanh chóng ở khu vực Đông Nam Bộ, TP Tây Ninh - trung tâm hành chính, kinh tế và văn hóa của tỉnh Tây Ninh đang chứng kiến những chuyển biến

đáng kể về không gian đô thị và cơ cấu sử dụng đất. Với vai trò là đầu mối kết nối vùng biên giới và vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, Tây Ninh đang đối mặt với áp lực lớn từ quá trình đô thị hóa, từ đó làm gia tăng nhu cầu chuyển đổi mục đích sử dụng đất, đặc biệt

là từ đất nông nghiệp sang đất phi nông nghiệp [2].

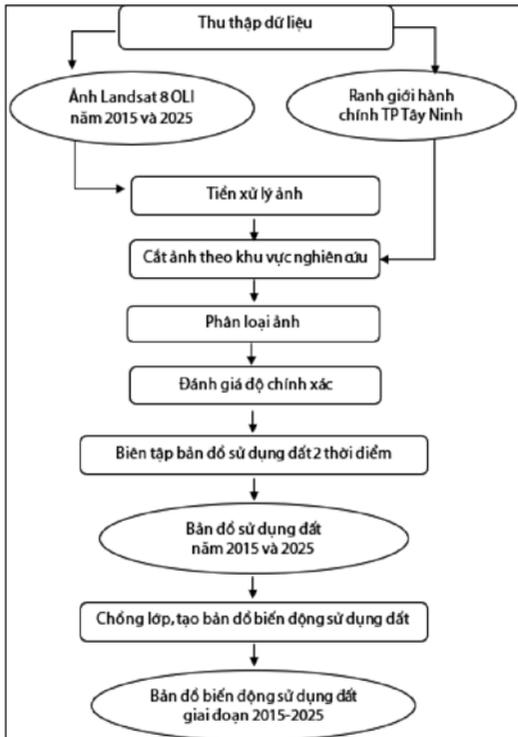
Trước những thay đổi nhanh chóng này, việc giám sát và phân tích biến động sử dụng đất theo thời gian là điều cần thiết để hỗ trợ các nhà quản lý trong công tác lập quy hoạch và hướng tới phát triển đô thị theo định hướng bền vững. Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý (GIS), đặc biệt là sử dụng ảnh vệ tinh Landsat với độ bao phủ rộng và chu kỳ thu nhận liên tục đã và đang trở thành công cụ hiệu quả trong việc đánh giá diễn biến lớp phủ sử dụng đất.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định các thay đổi lớp phủ sử dụng đất tại TP Tây Ninh trong giai đoạn 2015 - 2025. Phương pháp tiếp cận bao gồm xử lý và phân loại ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) theo hai thời điểm nêu trên, từ đó xây dựng bản đồ biến động sử dụng đất thông qua kỹ thuật chồng lớp [4]. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp thông tin phù hợp, tin cậy nhằm phục vụ quản lý tài nguyên đất, điều chỉnh quy hoạch và định hướng phát triển không gian đô thị phù hợp, bền vững.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Quy trình nghiên cứu

Quy trình nghiên cứu được thể hiện ở sơ đồ sau:



Hình 1. Sơ đồ quy trình nghiên cứu

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu gồm 2 ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI collection 2 Level 1 và ranh giới hành chính TP Tây Ninh.

Ảnh vệ tinh Landsat được thu thập từ trang web của Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>) [5]. Ảnh được chụp vào mùa khô tại hai thời điểm 2015 và 2025, có tỷ lệ mây lẫn lộn là 0,09% và 2,21%, cả hai đều sử dụng hệ tọa độ WGS84.

Bảng 1. Thông tin ảnh vệ tinh Landsat

TT	Tên ảnh	Ngày chụp
1	LC08_L1TP_125052_20150209_20200909_02_T1	09/02/2015
2	LC08_L1TP_125052_20250204_20250208_02_T1	04/02/2025

2.3. Tiền xử lý ảnh

Dữ liệu ảnh Landsat 8 OLI sau khi tải về sẽ được xử lý trên phần mềm Envi 5.3 bao gồm hiệu chỉnh bức xạ, hiệu chỉnh khí quyển, chuyển về giá trị phản xạ mặt đất và cắt ảnh theo khu vực nghiên cứu.

2.4. Phân loại ảnh

Dựa vào đặc điểm khu vực nghiên cứu, hệ thống phân loại sử dụng được xác định gồm 6 loại: Rừng, cây hàng năm, cây lâu năm, mặt nước, đất trống và đất xây dựng.

Khóa giải đoán ảnh cho từng loại sử dụng đất được xây dựng dựa trên ảnh tổ hợp màu tự nhiên, ảnh tổ hợp màu giả [3]. Dựa trên khóa giải đoán, kết hợp đối soát với bản đồ hiện trạng sử dụng đất TP Tây Ninh và hình ảnh Google Earth Pro, nghiên cứu tiến hành chọn mẫu huấn luyện cho từng loại sử dụng đất.

Từ các mẫu huấn luyện, nghiên cứu tiến hành phân loại ảnh dựa trên phương pháp phân loại SVM (Support Vector Machine). SVM được đánh giá là một trong những thuật toán phân loại mạnh mẽ và tin cậy nhờ khả năng xử lý dữ liệu có kích thước lớn và phân lớp tốt với số lượng mẫu huấn luyện hạn chế [1].

Kết quả sau phân loại được xử lý lọc nhiễu bằng phương pháp Majority Analysis, phương pháp lọc nhiễu đơn giản mà vẫn bảo tồn được cấu trúc không gian của dữ liệu.

2.5. Đánh giá độ chính xác sau phân loại

Độ tin cậy của kết quả phân loại ảnh được đánh giá dựa trên ma trận sai số phân loại với độ chính xác toàn cục và hệ số Kappa. Đánh giá độ chính xác sau phân loại là một bước quan trọng để xác định mức độ tin cậy của kết quả phân loại ảnh vệ tinh. Các chỉ số đánh giá như độ chính xác toàn cục và hệ số Kappa được sử dụng phổ biến để kiểm tra sự phù hợp giữa lớp phân loại và dữ liệu kiểm chứng [3].

2.6. Biên tập bản đồ sử dụng đất

Kết quả phân loại sử dụng đất sau khi đã được kiểm tra độ chính xác sẽ được chuyển sang định dạng shapfile, chuyển hệ tọa độ từ WGS84 sang VN2000 và biên tập bản đồ sử dụng đất tại hai thời điểm 2015 và 2025 trên phần mềm ArcGIS 10.8. Các bản đồ này sau đó được chồng lớp để đánh giá biến động và biên tập bản đồ biến động sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2025.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả tiền xử lý ảnh

Ảnh thu thập là Landsat 8 Level 1 đã được tiền xử lý và cắt theo khu vực nghiên cứu là TP Tây Ninh, sẵn sàng cho các phép phân loại tiếp theo.



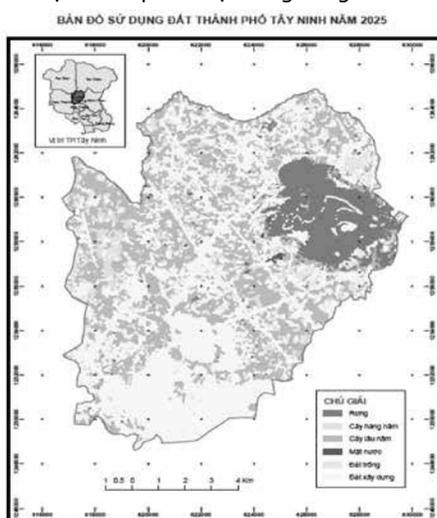
Hình 2. Ảnh Landsat tiền xử lý và cắt ảnh theo khu vực nghiên cứu năm 2015



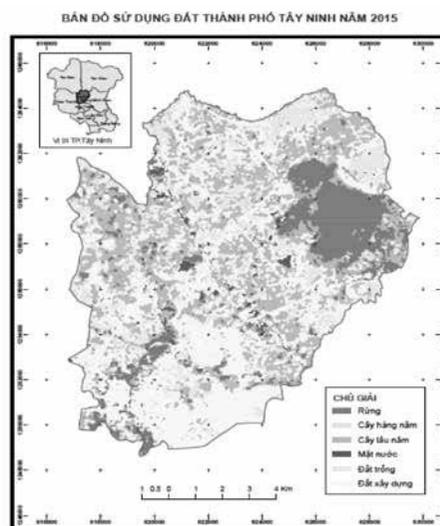
Hình 3. Ảnh Landsat tiền xử lý và cắt ảnh theo khu vực nghiên cứu năm 2025

3.2. Bản đồ sử dụng đất tại hai thời điểm 2015 và 2025

Bản đồ sử dụng đất của TP Tây Ninh tại hai thời điểm 2015 và 2025 được biên tập từ kết quả phân loại ảnh với độ chính xác thể hiện qua ma trận sai số phân loại trong Bảng 2.



Hình 4. Bản đồ sử dụng đất TP Tây Ninh năm 2015



Hình 5. Bản đồ sử dụng đất TP Tây Ninh năm 2025

Bảng 2. Ma trận sai số phân loại

Năm	Sai số toàn cục %	Hệ số Kappa
2015	96,2	0,91
2025	97,3	0,92

Kết quả cho thấy đất xây dựng tăng 1.260,4 ha, tương ứng 26%, phản ánh xu hướng đô thị hóa của khu vực nghiên cứu. Các loại đất còn lại cũng có sự biến động đáng kể, trong đó đất trống giảm, đồng thời đất cây hàng năm tăng mạnh. Sự biến động này có thể được lý giải bởi thực tế rằng vào năm 2015, phần lớn diện tích đất trống thực chất là đất nông nghiệp sau thu hoạch hoặc chưa được khai thác. Đến năm 2025, các diện tích này đã được đưa vào sử dụng hiệu quả hơn thông qua việc canh tác cây hàng năm. Ngoài ra, kết quả tồn tại một số nhầm lẫn xảy ra trong quá trình giải đoán do cây xanh xen lẫn trong khu dân cư hay trồng dọc theo các tuyến đường giao thông, kênh rạch có độ rộng nhỏ và bị cây xanh che phủ, trong khi độ phân giải ảnh không cao dẫn đến các pixel lân cận bị hòa lẫn vào nhau. Tóm lại, kết quả phân tích cơ cấu sử dụng đất của TP Tây Ninh giai đoạn 2015 - 2025 có sự chuyển đổi theo hướng khai thác tối ưu hóa đất đai nông nghiệp và phát triển hạ tầng xây dựng.

Kết quả thống kê diện tích các loại sử dụng đất được thể hiện ở Bảng 3.

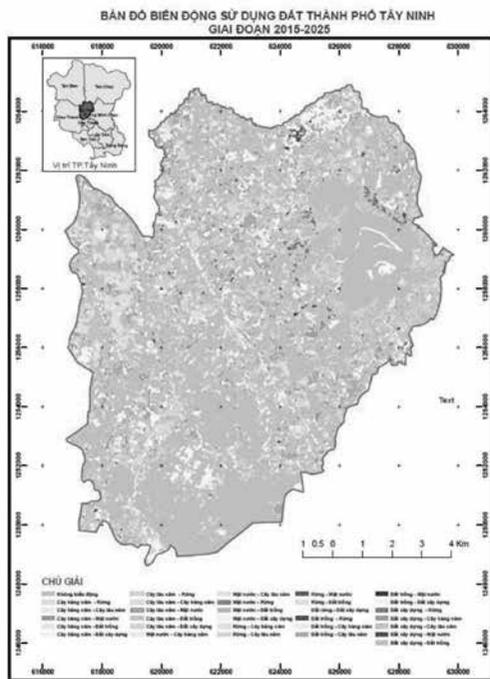
Bảng 3. Thống kê diện tích các loại sử dụng đất

Loại sử dụng đất	Năm 2015		Năm 2025		Biến động tăng +, giảm -	
	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
Rừng (1)	1.633,8	12	1.531,5	11	-102,3	-6
Cây hàng năm (2)	369,5	3	1.225,8	9	+856,3	+232
Cây lâu năm (3)	4.883,8	35	4.701,0	34	-182,7	-4
Mặt nước (4)	280,3	2	51,5	1	-228,8	-82
Đất trống (5)	2.004,3	14	401,5	3	-1.602,8	-80
Đất xây dựng (6)	4.838,7	35	6.099,1	43	+1.260,4	+26
Tổng	14.010	100	14.010	100	0	

3.3. Bản đồ biến động sử dụng đất giai đoạn 2015-2025

Dựa trên kết quả chồng lớp 2 bản đồ sử dụng đất tại hai thời điểm 2015 - 2025, nghiên cứu đã lập bản đồ biến động sử dụng đất thể hiện ở Hình 6 và tính ma trận biến động diện tích sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2025 trong Bảng 4.

Kết quả biến động cho thấy diện tích đất xây dựng tăng mạnh từ 4.838,7 ha lên 6.099,1 ha, diện tích cây hàng năm cũng tăng mạnh từ 369,5 ha lên 1.225,8 ha, đồng thời đất trồng giảm mạnh từ 2.004,3 ha xuống 401,5 ha. Nguyên nhân có thể kể đến là một phần diện tích rất lớn (khoảng gần 1.000 ha) đất trồng của năm 2015 là đất nông nghiệp sau thu hoạch hoặc chưa được khai thác đã được sử dụng vào canh tác nông nghiệp năm 2025. Bên cạnh đó, 1.370,3 ha diện tích cây lâu năm và 794,4 ha đất trồng đã chuyển thành đất xây dựng, dấu hiệu cho thấy quá trình đô thị hóa đang diễn ra.



Hình 6. Bản đồ biến động sử dụng đất TP Tây Ninh giai đoạn 2015 - 2025
Bảng 4. Ma trận biến động sử dụng đất

Sử dụng đất		Năm 2025						
		Cây hàng năm	Cây lâu năm	Mặt nước	Rừng	Đất trống	Đất xây dựng	Tổng diện tích (ha)
Năm 2015	Cây hàng năm	73,7	153,5	0,7	21,6	12,2	107,6	369,5
	Cây lâu năm	630,2	2.419,8	4,4	362,5	96,6	1.370,3	4.883,8
	Mặt nước	3,4	75,8	29,6	19,6	2,4	149,4	280,3
	Rừng	85,9	351,1	3,7	1.039,9	3,2	150,0	1.633,8
	Đất trống	186,6	806,4	3,1	27,6	186,2	794,4	2.004,3
	Đất xây dựng	246,0	894,5	9,9	60,2	100,8	3.527,3	4.838,7
	Tổng diện tích (ha)	1.225,8	4.701,0	51,5	1.531,5	401,5	6.099,1	14.010

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã ứng dụng hiệu quả công nghệ viễn thám và GIS để phân tích sự biến động sử dụng đất tại TP Tây Ninh trong giai đoạn 2015 - 2025. Dựa trên dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI đa thời gian và phương pháp phân loại SVM với độ chính xác cao, nghiên cứu đã xây dựng được bản đồ sử dụng đất tại hai thời điểm và bản đồ biến động sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2025.

Kết quả cho thấy cơ cấu sử dụng đất TP Tây Ninh có sự chuyển dịch đáng kể, phản ánh xu hướng đô thị hóa và khai thác hiệu quả tài nguyên đất. Cụ thể, diện tích đất xây dựng tăng mạnh 1.260,4 ha (26%), chủ yếu chuyển đổi từ đất trống và đất trồng cây lâu năm. Bên cạnh đó, đất trồng cây hàng năm cũng gia tăng đáng kể (tăng 856,3 ha, tức 232%), phần lớn là nhờ vào việc đưa diện tích đất trồng nông nghiệp chưa sử dụng vào canh tác.

Nghiên cứu cũng khẳng định vai trò quan trọng của ảnh vệ tinh trong việc theo dõi, đánh giá biến động sử dụng đất, từ đó cung cấp cơ sở khoa học hỗ trợ công tác quản lý sử dụng đất và phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Basheer et al. (2022), Comparison of land use land cover classifiers using different satellite imagery and machine learning techniques, Remote Sensing, 14(19), 4978.
- [2]. Cổng thông tin điện tử của tỉnh Tây Ninh, <https://www.tayninh.gov.vn/vi/>.
- [3]. Lê Văn Trung (2017), Giáo trình Viễn thám, NXB. Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.
- [4]. Nguyen Huy Trung et al. (2022), Land use and land cover mapping for the Mekong River Delta region using Landsat-8 satellite images. TNU Journal of Science and Technology, 228(05), 199-206.
- [5]. Trang web của Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ, <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Nghiên cứu móng bè kết hợp cọc để đưa ra giải pháp móng hiệu quả cho nhà cao tầng xây dựng trong đô thị ở Việt Nam

A Study on piled raft foundations to propose an efficient foundation solution for high-rise buildings in urban areas of Vietnam

> KS PHẠM TRUNG HIẾU¹, TS ĐẶNG XUÂN TRƯỜNG²

¹Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM; Email: 2380201005@ut.edu.vn

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM; Email: dxtruong@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu về hiệu quả kỹ thuật và kinh tế của móng bè kết hợp cọc (Piled Raft Foundation - PRF) áp dụng cho nhà cao tầng xây dựng trên nền đất yếu trong đô thị Việt Nam. Trên cơ sở tổng hợp lý thuyết và các phương pháp tính toán (bán kinh nghiệm và mô hình số), nhóm tác giả sử dụng phần mềm SAFE để mô phỏng ba phương án móng: móng cọc, móng bè và móng bè kết hợp cọc. Mô hình công trình là tòa nhà 11 tầng có tầng hầm đặt trên nền đất yếu tại TP.HCM. Kết quả phân tích cho thấy phương án PRF giúp giảm độ lún đến 70% so với móng bè, tiết kiệm 42,6% bê tông và 16,7% thép so với móng cọc. Ngoài ra, PRF còn đảm bảo khả năng thi công trong điều kiện xây chen và giảm ảnh hưởng đến công trình lân cận. Nghiên cứu đề xuất áp dụng PRF như một giải pháp móng hiệu quả về mặt kỹ thuật và kinh tế trong xây dựng công trình cao tầng tại đô thị Việt Nam, đồng thời kiến nghị cập nhật tiêu chuẩn thiết kế nền móng cho phù hợp với điều kiện địa chất trong nước.

Từ khóa: Móng bè kết hợp; PRF; nhà cao tầng; đất yếu; phần mềm SAFE; mô phỏng số; xây chen.

ABSTRACT

This paper presents a study on the technical and economic efficiency of piled raft foundations (PRF) for high-rise buildings constructed on soft soil in Vietnam. The study reviews theoretical concepts, analyzes design methods ranging from semi-empirical to numerical approaches and uses SAFE software to simulate three foundation types: pile foundation, raft foundation and piled raft foundation under typical soil conditions in Ho Chi Minh City. The results indicate that the PRF solution reduces settlement by up to 70% compared to raft foundations and saves 42.6% concrete and 16.7% steel compared to pile foundations. The PRF system also improves constructability in confined urban sites and minimizes the impact on adjacent structures. Based on these findings, the study proposes adopting PRF for urban high-rise buildings and recommends updating design standards to reflect Vietnam's geotechnical conditions.

Keywords: Piled raft foundation; PRF; high-rise building; soft soil; SAFE software; numerical simulation; urban construction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển đô thị nhanh chóng ở Việt Nam làm gia tăng nhu cầu xây dựng nhà cao tầng trên nền đất yếu, đòi hỏi giải pháp móng vừa hiệu quả kỹ thuật, vừa hợp lý về kinh tế. Giải pháp móng bè kết hợp cọc (Piled Raft Foundation - PRF) đã được Balaam & Booker [1] và Randolph & Reul [5] chứng minh có thể tận dụng ưu điểm đồng thời của cọc (khả năng chịu tải sâu) và bản bè (phân bố ứng suất,

khai thác thêm sức chịu tải của đất) [3, 5]. Tuy nhiên, việc ứng dụng PRF ở Việt Nam còn hạn chế do thiếu tiêu chuẩn thiết kế chính thức và công cụ mô phỏng phổ biến. Vì vậy, nghiên cứu này hệ thống hóa cơ sở lý thuyết và mô phỏng bằng SAFE nhằm đánh giá hiệu quả kỹ thuật - kinh tế của PRF, từ đó đề xuất giải pháp áp dụng phù hợp điều kiện đô thị Việt Nam.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên lý làm việc của PRF

PRF hoạt động dựa trên sự tương tác đồng thời giữa cọc - bè - nền đất. Cọc chịu phần lớn tải trọng đứng, trong khi bản bè phân phối lại ứng suất và góp phần kiểm soát lún lệch. Các nguyên lý thiết kế PRF được phân thành ba nhóm:

- Cọc chịu tải hoàn toàn;
- Bè chịu tải chính;
- Cả bè và cọc cùng chịu tải [3, 4, 5].

2.2. Phương pháp tính toán PRF

Các phương pháp tính toán PRF được phân thành hai nhóm chính:

Phương pháp bán kinh nghiệm: Dựa vào biểu đồ phân bố tải trọng và hệ số hiệu chỉnh từ kết quả thực nghiệm [3, 4].

Phương pháp mô hình số: Sử dụng mô phỏng phần tử hữu hạn như SAFE, PLAXIS, MIDAS GTS để mô phỏng tương tác phi tuyến giữa cọc - bè - đất [2]. Trong nghiên cứu này, phần mềm SAFE được lựa chọn do khả năng mô phỏng linh hoạt hệ bản sàn móng và cọc dưới tác động tải trọng đứng.

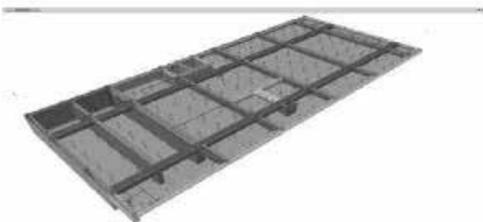
3. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

3.1. Mô hình công trình

Công trình mô phỏng là một tòa nhà văn phòng 11 tầng, có 1 tầng hầm, xây dựng tại phường Đông Hưng Thuận, TP Hồ Chí Minh. Nền đất yếu với sức chịu tải hạn chế, trong đó có mô-đun đàn hồi $E = 30,51 \text{ MPa}$, hệ số nền là $25.000 \text{ kN/m}^2/\text{m}$, hệ số nền cọc D300 là 60.000 kN/m , hệ số nền cọc D450 là 160.000 kN/m . Ba phương án móng được mô phỏng gồm: Móng cọc D450; móng bè có sườn và móng PRF kết hợp cọc D450 và D300 phân bố thưa.

3.2. Phương án móng cọc

Hình 1 trình bày mô hình phân tích kết cấu móng bằng phần mềm SAFE, ứng với phương án móng sử dụng cọc D450 kết hợp với hệ dầm sườn. Đây là mô hình không gian 3D cho phép đánh giá đầy đủ ứng xử của móng dưới tác động của tải trọng công trình và điều kiện đất nền.

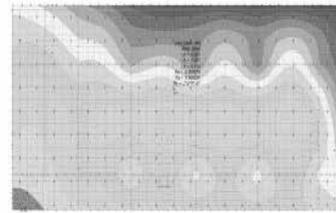
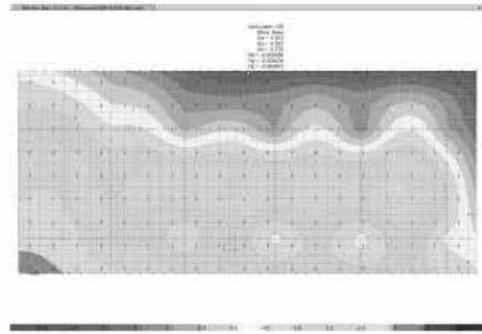


Hình 1. Mô hình SAFE tính toán phương án móng cọc D450 có sườn

Xuất kết quả từ phần mềm SAFE ta được lực nén dọc D450 có P_{TK} nhỏ hơn tải trọng thiết kế của cọc là 1.600 KN , từ đó đảm bảo khả năng chịu lực của cọc.

Hình 2. Lực nén dọc D450 (tải trọng thiết kế cọc 1.600 KN), $PTK < 160 \text{ KN}$ (đảm bảo chịu lực)

Hình 3 tại hai điểm bất kỳ, từ phần mềm phân tích kết cấu SAFE xuất ra chuyển vị nền theo phương đứng (ký hiệu U_z), đơn vị mm, có $U_{z1} = -9.770 \text{ mm}$ và $U_{z2} = -4.154 \text{ mm}$, từ đó tính được độ lún cục bộ giữa hai điểm bất kỳ $= 6 \text{ mm}$, tỷ lệ lún lệch là $0,1\% < 0,2\%$ giới hạn theo TCVN 9360:2012.



Hình 3. Độ lún móng cục bộ trên móng $6/6.000 \times 100\% = 0,1\% < 0,2\%$ (đảm bảo an toàn)

Bảng 1. Bảng tổng hợp chi phí xây dựng phương án móng cọc

STT	Hạng mục công việc	ĐVT	Khối lượng	Đơn giá (VNĐ)	Thành tiền (VNĐ)
1	Chi phí thép và gia công thép	Tấn	67,50	30.000.000	2.025.000.000
2	Bê tông móng	m ³	287,00	2.000.000	574.000.000
3	Chi phí cọc và ép cọc D450	md	3.078,00	500.000	1.539.000.000
4	Tổng giá trị trước thuế				4.138.000.000

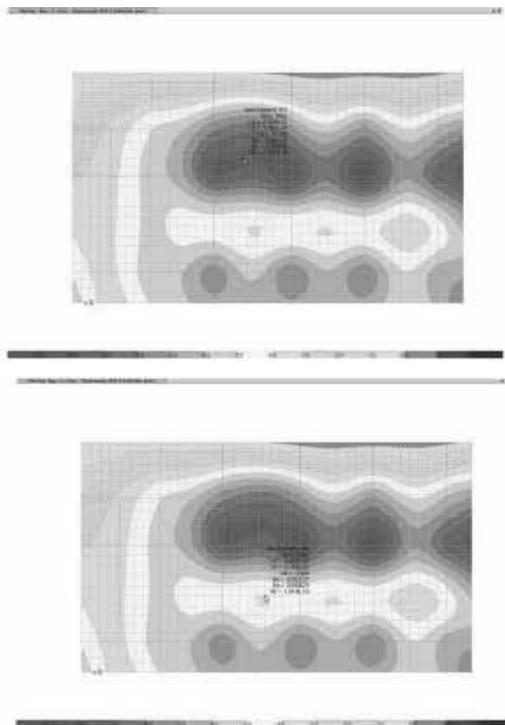
3.3. Phương án móng bè

Hình 4 thể hiện mô hình 3D được xây dựng bằng phần mềm SAFE để phân tích phương án móng bè kết hợp sườn có mở rộng móng, nhằm phân tán ứng suất đều hơn lên nền đất yếu, từ đó giảm tải trọng đơn vị truyền xuống nền.



Hình 4. Mô hình SAFE tính toán phương án móng bè kết hợp sườn (mở rộng móng)

Hình 5 tại hai điểm bất kỳ, từ phần mềm phân tích kết cấu SAFE xuất ra chuyển vị nền theo phương đứng (ký hiệu U_z), đơn vị mm, có $U_{z1} = -10,198 \text{ mm}$ và $U_{z2} = -3,964 \text{ mm}$, từ đó tính được độ lún cục bộ giữa hai điểm bất kỳ $\Delta s = 6,234 \text{ mm}$, tỷ lệ lún lệch là $0,1247\% < 0,2\%$ giới hạn theo TCVN 9360:2012.



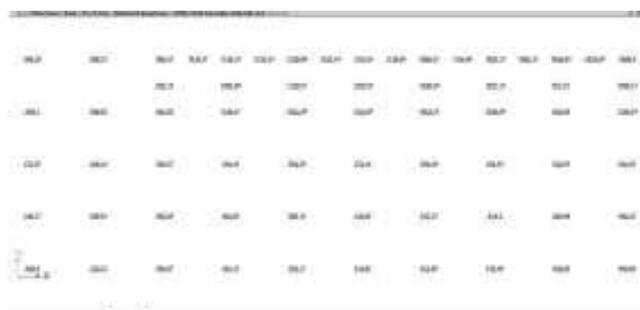
Hình 5. Độ lún móng cục bộ trên móng $6.234/5000 \times 100\% = 0,12\% < 0,2\%$ (đảm bảo an toàn)

Bảng 2. Bảng tổng hợp chi phí xây dựng phương án móng bè

STT	Hạng mục công việc	ĐVT	Khối lượng	Đơn giá (VNĐ)	Thành tiền (VNĐ)
1	Chi phí thép và gia công thép	Tấn	67,50	30.000.000	2.025.000.000
2	Bê tông móng	m ³	500,00	2.000.000	1.000.000.000
3	Tổng giá trị trước thuế				3.025.000.000

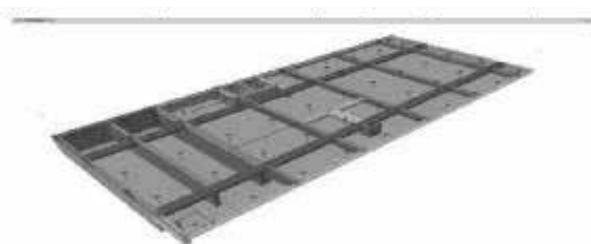
3.4. Phương án móng bè cọc

Hình 6 thể hiện mô hình phân tích kết cấu móng được thiết lập trong phần mềm SAFE, áp dụng cho phương án móng bè cọc kết hợp sườn. Đây là mô hình 3D mô phỏng đầy đủ các thành phần chính của hệ móng bao gồm: Bản bè, dầm sườn và hệ thống cọc chịu lực.



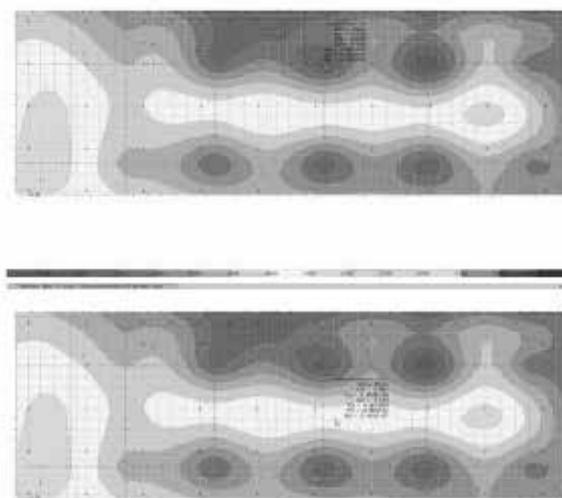
Hình 6. Mô hình SAFE tính toán phương án móng bè cọc kết hợp sườn

Hình 7 thể hiện kết quả xuất ra từ phần mềm SAFE, trong đó lực nén dọc D450 có P_{TK} nhỏ hơn tải trọng thiết kế của cọc là 1.600 KN, từ đó đảm bảo khả năng chịu lực của cọc. Tương tự xuất kết quả từ phần mềm SAFE ta được lực nén dọc D300 có P_{TK} nhỏ hơn tải trọng thiết kế của cọc là 600 KN, từ đó đảm bảo khả năng chịu lực của cọc.



Hình 7. Lực nén dọc D450 (tải trọng thiết kế cọc 1.600 KN); $P_{TK} < 1.600$ KN (đảm bảo chịu lực), D300 (tải trọng thiết kế cọc 600 KN); $P_{TK} < 600$ KN (đảm bảo chịu lực)

Hình 8 tại hai điểm bất kỳ, từ phần mềm phân tích kết cấu SAFE xuất ra chuyển vị nền theo phương đứng (ký hiệu U_z), đơn vị mm, có $U_{z1} = -6,758$ mm và $U_{z2} = -3,818$ mm, từ đó tính được độ lún cục bộ giữa hai điểm bất kỳ $\Delta s = 2,940$ mm, tỷ lệ lún lệch là $0,0589\% < 0,2\%$ giới hạn theo TCVN 9360:2012.



Hình 8. Độ lún móng cục bộ trên móng $2,95/5.000 \times 100\% = 0,059\% < 0,2\%$ (đảm bảo an toàn)

Bảng 3. Bảng tổng hợp chi phí xây dựng phương án móng bè cọc

STT	Hạng mục công việc	ĐVT	Khối lượng	Đơn giá (VNĐ)	Thành tiền (VNĐ)
1	Chi phí thép và gia công thép	Tấn	56,18	30.000.000	1.685.400.000
2	Bê tông móng	m ³	287,00	2.000.000	574.000.000
3	Chi phí cọc và ép cọc D300	mđ	612,00	300.000	183.600.000
4	Chi phí cọc và ép cọc D450	mđ	558,00	500.000	279.000.000
5	Tổng giá trị trước thuế				2.443.000.000

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

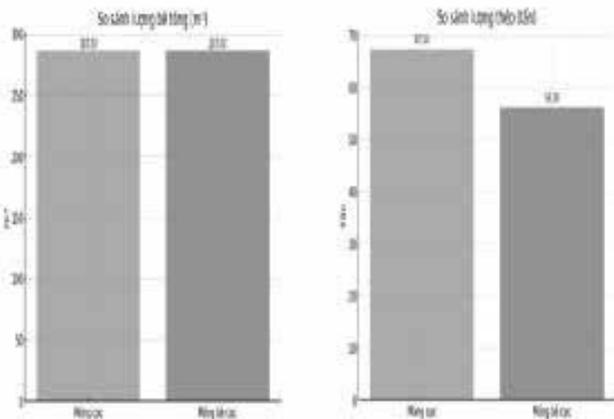
Bảng 4. So sánh ưu, nhược điểm ba phương án móng cọc, móng bè, móng bè cọc

Phương án: Móng cọc	Phương án: Móng bè	Phương án: Móng bè cọc
Biện pháp thi công đơn giản	Biện pháp thi công đơn giản	Biện pháp thi công đơn giản
Gần như không lún theo thời gian	Lún theo thời gian đặt trực tiếp nền đất	Gần như không lún theo thời gian do có hệ cọc bổ sung
Áp dụng được cho công trình xây chen và đại trà	Nếu công trình xây chen không thể mở rộng dài và nền đất có sức chịu tải nhỏ sẽ không đảm bảo	Áp dụng được cho công trình xây chen và đại trà

Ảnh hưởng công trình lân cận: Trung Bình (nếu ép quá nhiều cọc khả năng sẽ gây nứt nhà kế bên)	Ảnh hưởng công trình lân cận: Không ảnh hưởng	Ảnh hưởng công trình lân cận: Gần như không ảnh hưởng (do số lượng cọc rất thưa tới khoảng cách 13,3d)
Thi công: Đại trà	Thi công: Đại trà	Thi công: Đại trà
Chi phí: 100% (4.138.000.000)	Chi phí: 73,1% (3.025.000.000)	Chi phí: 59% (2.443.000.000)

Bảng 5. So sánh lượng bê tông và cốt thép móng bê cọc so với móng cọc

TÒA NHÀ VĂN PHÒNG			
Móng cọc		Móng bê cọc	
Thép T_1 (Tấn)	Bê tông V_1 (m^3)	Thép T_2 (Tấn)	Bê tông V_2 (m^3)
67,50	287,00	56,18	287,00
$V_{\text{trung bình bê tông}} = V_1 - V_2 = 287,00 - 287,00 = 0$		$\% \text{bê tông} = V_{\text{trung bình}}/V_1 = 0/287,00 = 0$	
$T_{\text{trung bình thép}} = T_1 - T_2 = 67,50 - 56,18 = 11,32$		$\% \text{thép} = T_{\text{trung bình}}/T_1 = (11,32/67,50) \times 100 = 16,7$	

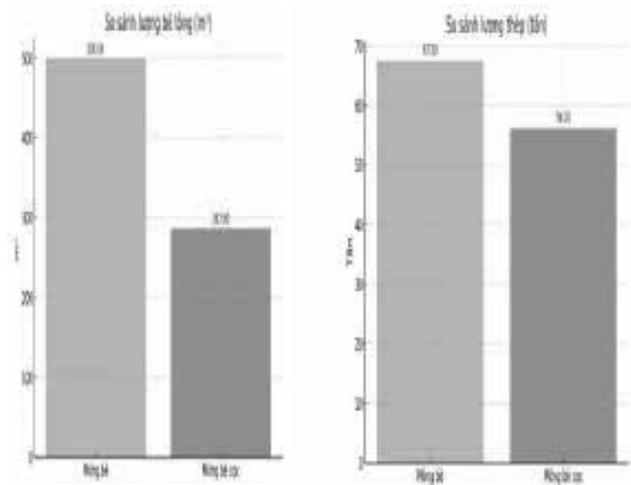


Hình 9. Sơ đồ so sánh lượng bê tông và thép giữa móng cọc và móng bê cọc

Kết quả tính toán lượng bê tông và cốt thép móng bê cọc so với móng cọc được thể hiện ở Bảng 5 và Hình 9 cho thấy nếu sử dụng phương án móng bê cọc sẽ tiết kiệm được 16,7% thép so với phương án móng cọc.

Bảng 6. So sánh lượng bê tông và cốt thép móng bê cọc so với móng bê

TÒA NHÀ VĂN PHÒNG			
Móng bê		Móng bê cọc	
Thép T_1 (Tấn)	Bê tông V_1 (m^3)	Thép T_2 (Tấn)	Bê tông V_2 (m^3)
67,50	500,00	56,18	287,00
$V_{\text{trung bình bê tông}} = V_1 - V_2 = 500,00 - 287,00 = 213$		$\% \text{bê tông} = V_{\text{trung bình}}/V_1 = (213/500) \times 100 = 42,6$	
$T_{\text{trung bình}} = T_1 - T_2 = 67,50 - 56,18 = 11,32$		$\% \text{thép} = T_{\text{trung bình}}/T_1 = (11,32/67,50) \times 100 = 16,78$	



Hình 10. Sơ đồ so sánh lượng bê tông và thép giữa móng bê và móng bê cọc

Kết quả tính toán lượng bê tông và cốt thép móng bê cọc so với móng bê được thể hiện ở Bảng 6 và Hình 10 cho thấy nếu sử dụng phương án móng bê cọc sẽ tiết kiệm được 42,6% bê tông và 16,78% thép so với phương án móng bê.

5. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán và mô phỏng cho thấy rằng, khi bố trí hệ thống cọc hợp lý, móng bê có thể tiếp nhận khoảng 70% áp lực từ nền đất trong khi cọc vẫn đảm bảo chịu gần 100% tải thiết kế, giúp phát huy tối đa hiệu quả phân phối tải trọng giữa các thành phần. Sự kết hợp hài hòa giữa bản bê và hệ cọc không những đảm bảo khả năng chịu lực, kiểm soát lún hiệu quả mà còn mang lại lợi ích kinh tế rõ rệt nhờ giảm khối lượng vật liệu sử dụng.

Từ các phân tích kỹ thuật và so sánh kinh tế, nghiên cứu đề xuất áp dụng móng bê kết hợp cọc (PRF) như một giải pháp nền móng ưu việt trong thi công nhà cao tầng có tầng hầm tại các khu vực đô thị xây chen, nơi yêu cầu cao về kiểm soát lún và hạn chế ảnh hưởng đến công trình lân cận. Đồng thời, phương án này còn tối ưu hóa không gian sử dụng và chi phí đầu tư.

Nghiên cứu cũng đã hệ thống hóa các phương pháp tính toán móng PRF, kết hợp lý thuyết với mô hình mô phỏng thực tế bằng phần mềm SAFE, từ đó cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn để lựa chọn giải pháp móng phù hợp cho các công trình cao tầng xây dựng trên nền đất yếu đặc trưng của đô thị Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Balaam, N. P., & Booker, J. R. (1981), Analysis of rigid rafts supported by granular piles. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, vol.5, no.4, pp.379-403, London, ICE Publishing.
- [2]. Hemsley, J. A. (2000), Design Applications of Raft Foundations, London, Thomas Telford Publishing.
- [3]. Horikoshi, K., & Randolph, M. F. (1998), A contribution to optimum design of piled rafts. Géotechnique, vol.48, no.3, pp.301-317, London, ICE Publishing.
- [4]. Katzenbach, R., Arslan, U., Moormann, C., & Reul, O. (2000), Piled raft foundations - Design and applications, In: Hemsley, J. A. (Ed.), Raft Foundations: Design and Analysis, pp.281-322, London, Thomas Telford.
- [5]. Randolph, M. F., & Reul, O. (2003), Piled rafts in overconsolidated clay: Comparison of in-situ measurements and numerical analyses. Géotechnique, vol.53, no.3, pp.301-317, London, ICE Publishing.

Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát từ xa thông số điện sử dụng LoRa và công tơ điện thông minh

Application of artificial intelligence in remote monitoring of electrical parameters using LoRa and smart energy meters

> TS TRẦN THỊ PHƯƠNG THẢO

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: thaottp.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống giám sát và quản lý năng lượng thông minh đóng vai trò quan trọng trong quá trình tiết kiệm điện năng, giúp giảm chi phí và nâng cao hiệu quả. Trong quá trình chuyển đổi số và phát triển, hệ thống này hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu thu thập thực tế. Bài báo đề xuất xây dựng một hệ thống giám sát thông số điện năng từ xa dựa trên công nghệ truyền thông LoRa, công tơ điện thông minh và một mô hình trí tuệ nhân tạo. Hệ thống cho phép thu thập các thông số điện áp, dòng điện và công suất thông qua giao thức Modbus đến trung tâm. Dựa trên mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) trên Matlab giúp dự báo phụ tải tiêu thụ và phát hiện sự cố trong hệ thống điện. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống hoạt động ổn định với độ chính xác và tin cậy cao, độ trễ thấp và khả năng truyền dữ liệu xa ứng dụng cho các khu vực có năng lượng tái tạo. Hệ thống có khả năng ứng dụng trong giám sát điện năng cho lưới điện phân tán và các giải pháp đo lường thông minh trong tương lai.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo; đồng hồ đo thông minh LoRa; giám sát từ xa; dự báo tải, mạng nơ-ron nhân tạo.

ABSTRACT

Smart energy monitoring and management systems play an important role in the process of saving electricity, helping to reduce costs and improve efficiency. In the process of digital transformation and development, this system supports decision-making based on actual collected data. This paper proposes to build a remote system for monitoring power parameters based on LoRa communication technology, smart electricity meters, and an artificial intelligence model. The system allows the collection of voltage, current, and power parameters via Modbus protocol to the center. Based on the Artificial Neural Network (ANN) on Matlab, it helps to forecast consumption load and detect faults in the power system. The research results show that the system operates stably with high accuracy and reliability, low latency, and the ability to transmit data far away for applications in areas with renewable energy. The system has the potential to be applied in power monitoring for distributed power grids and smart metering solutions in the future.

Keywords: Artificial intelligence, smart meter LoRa, remote monitoring, load forecasting, artificial neural network.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh chuyển đổi số và công nghiệp hóa mạnh mẽ, nhu cầu giám sát và tự động hóa trong lĩnh vực năng lượng được triển khai đồng bộ, đặc biệt trong lưới điện phân tán. Hệ thống đo lường và giám sát thông minh giúp theo dõi các thông số lưới điện theo thời gian thực, cảnh báo sự cố và nâng cao độ tin cậy trong vận hành. Các phương pháp truyền thống hiện nay chủ yếu dùng giao thức dây như RS485, Ethernet hoặc chuẩn giao tiếp IEC 61850 thường gặp hạn chế về khoảng cách, chi phí đầu tư và khả năng hiệu quả mở rộng phát triển hệ thống trong tương lai [1, 2]. Một số

vấn đề thường gặp là sự cố đường cáp truyền tín hiệu, mất kết nối dữ liệu khiến quá trình giám sát và điều khiển trở nên khó khăn, giảm độ tin cậy. Trong khi đó, các công nghệ truyền thông không dây phát triển như wifi, 4G, LoRa (LongRange) với khả năng truyền dữ liệu với khoảng cách xa lên tới hàng chục km, năng lượng tiêu thụ và chi phí đầu tư thấp đang được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống Internet vạn vật (IoT). Trong công trình [3, 4], một hệ thống giám sát thông minh chi phí thấp cho hệ thống PV lưới vi mô sử dụng công nghệ LoRa, nhằm cải thiện hiệu suất và khắc phục sự cố. Kết quả cho thấy, hệ thống nâng cao độ chính xác dữ liệu, mở

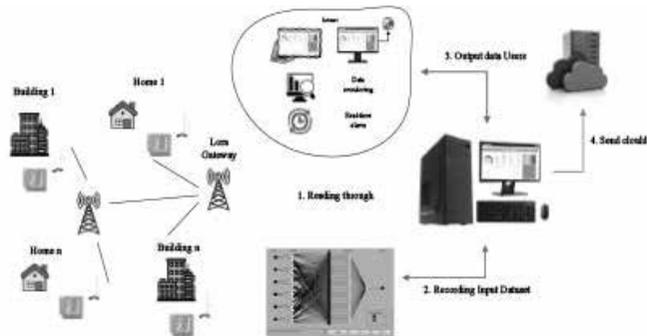
rộng phạm vi truyền và giảm tiêu thụ năng lượng. Bên cạnh đó, với sự phát triển mạnh mẽ của trí tuệ nhân tạo (AI) các mô hình dự báo học sâu (ANN), CNN, LSTM được ứng dụng trong dự báo phụ tải [4]. Các mô hình học sâu AI tích hợp trong hệ thống giám sát, điều khiển giúp giải quyết các bài toán tối ưu công suất, chi phí vận hành và lập lịch vận hành cho lưới điện. Ngoài ra, các mô hình này có thể dự báo và cảnh báo sớm các nguy cơ bất thường hoặc sự cố trong lưới điện. Từ lý do trên, nghiên cứu đề xuất hệ thống giám sát và phân tích điện năng thông qua công nghệ truyền nhận LoRa với đồng hồ thông minh và phân tích bằng mạng nơ-ron nhân tạo ANN.

Nội dung bài báo được chia thành các phần sau: Mục 2 trình bày cơ sở lý thuyết xây dựng cấu trúc mô hình hệ thống. Xây dựng thuật toán giám sát và dự báo dựa trên AI thể hiện trong Mục 3. Mục 4 thực hiện các bước thử nghiệm kết quả và đánh giá hiệu suất mô hình. Cuối cùng, phần Kết luận và hướng phát triển được mô tả ở Mục 5.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH CẤU TRÚC THU THẬP DỮ LIỆU

2.1. Kiến trúc phần cứng hệ thống

Một mô hình cấu trúc thiết bị thu thập dữ liệu phụ tải được tác giả đề xuất như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ kiến trúc hệ thống thu thập, giám sát dựa trên LoRa.

Mô hình thu thập dữ liệu có cấu trúc như sau [5]:

- Hệ tiêu thụ: Mỗi hệ tiêu thụ, tòa nhà có thể lắp đặt PV được trang bị đồng hồ thông minh đo các thông số điện áp, dòng điện, công suất. Dữ liệu này sẽ gửi đến các LoRa Gateway.

- Máy tính giám sát: Máy tính được xây dựng phần mềm giám sát và mô hình dự báo ANN có chức năng giám sát và cảnh báo bất thường.

- Thiết bị lưu trữ: Toàn bộ dữ liệu thu thập được lưu trữ trên cloud giúp làm dữ liệu phục vụ huấn luyện mạng trong tương lai.

Để đáp ứng những yêu cầu này, nghiên cứu đề xuất hệ thống thu thập dữ liệu dựa trên công nghệ sử dụng LoRa (Long Range) [6, 7]. LoRa là công nghệ mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN), có ưu điểm là tiêu thụ điện năng thấp và truyền tin hiệu suất xa hơn. Phạm vi phủ sóng lý thuyết của LoRa là 15 km đối với vùng ngoại ô và 5 km đối với khu vực dân cư, lưới microgrid.

2.2. Bộ dữ liệu huấn luyện

Thu thập dữ liệu các thông số điện năng dựa trên quy trình truyền nhận dữ liệu thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Quy trình truyền nhận và xử lý dữ liệu

- Khối thu thập dữ liệu: Các thông số điện như điện áp, dòng điện, công suất tác dụng và tần số được lấy từ công tơ điện thông minh qua Modbus RTU. Khoảng thời gian lấy mẫu dữ liệu khoảng 5 phút mỗi lần.

- Khối truyền dữ liệu qua LoRa: Dữ liệu sau khi thu thập được

truyền từ thiết bị LoRa phát tới các LoRa Gateway trước khi đưa về máy tính.

- Khối nhận và lưu trữ dữ liệu: Thiết bị thu sẽ tiếp nhận dữ liệu và gửi về máy tính chủ hoặc thiết bị điều khiển trung tâm qua cổng UART hoặc USB.

- Khối xử lý và phân tích dựa trên ANN: Dữ liệu thô được đưa vào mô-đun xử lý trước khi huấn luyện có thể là tiền xử lý dữ liệu, loại bỏ nhiễu.

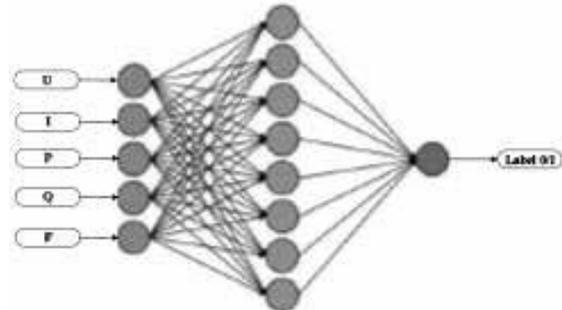
Bộ dữ liệu ghi nhận định kỳ 5 phút, trong thời gian 7 ngày liên tiếp, tổng cộng 10.080 dòng dữ liệu. Mỗi dòng ghi nhận các thông số điện thời gian thực tại một thời điểm cụ thể như trên Bảng 1.

Bảng 1. Dữ liệu thông số dữ liệu luyện mạng

Thời gian	VA (V)	IA (A)	P (kW)	PF	f (Hz)	Trạng thái (Label)
2025-02-01 08:00:00	226,3	3,25	0,725	0,91	50,02	0 (Bình thường)
2025-02-01 08:05:00	227,1	3,30	0,749	0,92	50,01	0 (Bình thường)
2025-02-01 08:10:00	228,0	3,45	0,780	0,94	50,00	0 (Bình thường)
2025-02-01 08:15:00	229,5	5,60	1,290	0,80	49,97	1 (Bất thường - quá dòng)
2025-02-01 08:20:00	230,2	5,85	1,320	0,78	49,95	1 (Bất thường - quá dòng)

2.3. Xây dựng mô hình học sâu mạng ANN

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng mô hình học sâu ANN thể hiện trên Hình 3 với ưu điểm học nhanh chóng giúp phân loại trạng thái hoạt động của hệ thống điện dựa trên các thông số đo lường thời gian thực thu thập từ công tơ điện thông minh. Mô hình được xây dựng dưới dạng mạng truyền thẳng (feedforward) với cấu trúc gồm ba lớp chính: Lớp đầu vào, lớp ẩn và lớp đầu ra [4, 8].



Hình 3. Kiến trúc minh họa của mô hình ANN

Lớp đầu vào bao gồm 5 nút tương ứng với 5 đặc trưng đầu vào là: U - Điện áp (V), I - Dòng điện (A), P - Công suất tác dụng (kW), Q - Công suất phản kháng (kVAR), F - Tần số (Hz). Tất cả các đặc trưng đều được chuẩn hóa về dải [0, 1] để đảm bảo hiệu quả huấn luyện và hội tụ của mô hình. Lớp ẩn (Hidden Layer) có 10 nút (neuron) màu xanh dương. Mỗi neuron trong lớp ẩn được kết nối đầy đủ (fully connected) với tất cả các đầu vào. Lớp đầu ra (Output Layer) chỉ có 1 neuron màu nâu, đầu ra là: Label = 0 chỉ báo tín hiệu bình thường; Label = 1 chỉ báo tín hiệu bất thường (cảnh báo).

3. PHÁT TRIỂN THUẬT TOÁN CẢNH BÁO BẤT THƯỜNG HỆ THỐNG

3.1. Xây dựng thuật toán cảnh báo bất thường

Thuật toán cảnh báo sớm sự cố hệ thống điện được thiết kế với mục đích phát hiện kịp thời các trạng thái bất thường của lưới điện thông qua dữ liệu thu thập. Khi phát hiện nguy cơ sự cố, thuật toán sẽ kích hoạt đồng thời hệ thống cảnh báo tại chỗ gửi thông báo đến SCADA giám sát trung tâm, truyền dữ liệu lên máy chủ và phát tín hiệu cảnh báo. Thuật toán 1 được trình bày dưới dạng Pseudo code như sau:

```
//Thuật toán 1
BEGIN
1. // =STEP 1: KHỞI TẠO HỆ THỐNG =
2. Initialize LoRa_Transmitter, SCADA_Connection, Buzzer_and_Light, Server_Connection
3. Load pre-trained ANN_Model
4. Set warning_threshold ← 0.5
5. // = STEP 2: THU THẬP DỮ LIỆU =
6. Read U,I,P,Q,f from SELECT_Meter
7. Append current data to Feature_Buffer
8. // =STEP 3: ĐỦ DỮ LIỆU MỚI PHÂN TÍCH =
9. IF Feature_Buffer is full (60 seconds):
10. // =STEP 4: XỬ LÝ DỮ LIỆU =
11. Normalize all values (min-max or z-score)
12. Extract statistics: mean, max, min, std
13. Feature_Vector ← [V_stats, I_stats, P_stats, Q_stats, PF_stats]
14. // =STEP 5: DỰ BÁO BẰNG ANN =
15. prediction ← ANN_Model.predict(Feature_Vector)
16. // =STEP 6: RA QUYẾT ĐỊNH CẢNH BÁO =
17. IF prediction ≥ warning_threshold THEN
18. alert_msg ← "POWER SYSTEM FAULT DETECTED at time T"
19. // Gửi cảnh báo lên hệ thống SCADA
20. Send alert_msg and raw data to SCADA_Connection
21. // Gửi dữ liệu lên Server
22. ELSE
23. // Tắt còi và gửi trạng thái bình thường
24. Deactivate Buzzer_and_Light; Update SCADA with "Normal Status"; Send status = "Normal" to Server
25. END IF
26. Clear Feature_Buffer
27. END IF
28. END LOOP
29. END
```

3.2. Đánh giá hiệu suất mô hình

Đánh giá hiệu suất mô hình ANN cho cảnh báo bất thường yêu cầu một số chỉ tiêu như Accuracy, F1-Score, Precision và ma trận nhầm lẫn (Confusion Matrix).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

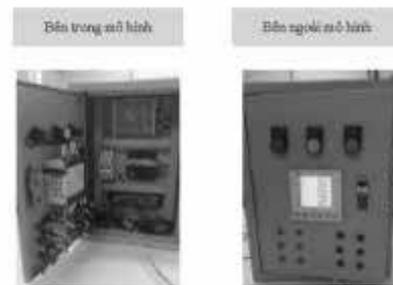
$$FM = \frac{2 \times Precision \times recall}{Precision + recall} \quad (4)$$

Trong đó: TP, TN, FP và FN được biểu diễn theo Bảng 2. Bảng 2. Tham số dự đoán và giá trị thực

	Dự đoán = 1 (Sự cố)	Dự đoán = 0 (Bình thường)
Thực tế = 1 (Sự cố)	TP (True Positive)	FN (False Negative)
Thực tế = 0 (Bình thường)	FP (False Positive)	TN (True Negative)

4. THỬ NGHIỆM KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

Tác giả thử nghiệm khả năng truyền nhận và giám sát từ xa trong phòng thí nghiệm và máy tính điều khiển cách xa 4 km. Hai tủ thu thập dữ liệu được kết nối với biến dòng và biến áp, đồng thời kết nối với mô hình mô phỏng đường dây 80 km và phụ tải RLC. Phần cứng tủ giám sát đo lường thông minh được thể hiện như Hình 4.



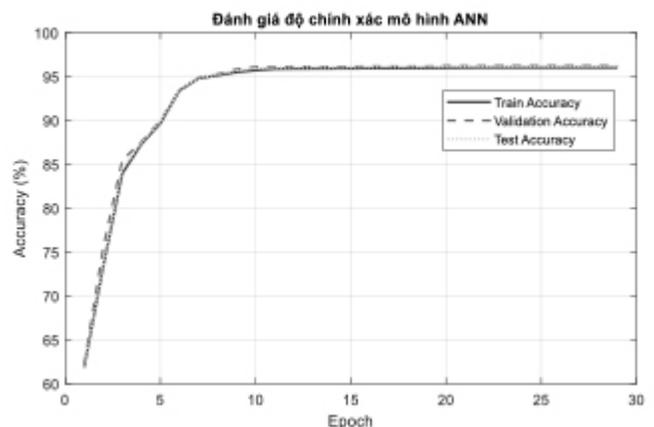
Hình 4. Phần cứng hệ thống giám sát và thu thập

Hình 5 thể hiện giao diện giám sát các trạm của hệ thống và thử nghiệm sự cố bằng thao tác ngắt mạch thông qua các aptomat trong mô hình mô phỏng lưới điện.



Hình 5. Giao diện cảnh báo sự cố

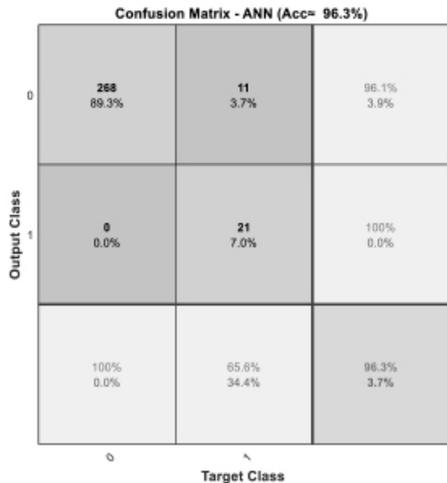
Đánh giá độ chính xác quá trình luyện mạng ANN, tác giả chia tập dữ liệu ra 70% cho training set để huấn luyện mô hình giúp tối ưu trọng số mạng. Tiếp theo, 15% cho Validation set giúp điều chỉnh siêu tham số, 15% cho Test set để đánh giá mô hình với dữ liệu hoàn toàn biệt lập. Biểu đồ đánh giá độ chính xác của mô hình thể hiện trên Hình 6.



Hình 6. Độ chính xác accuracy của mô hình

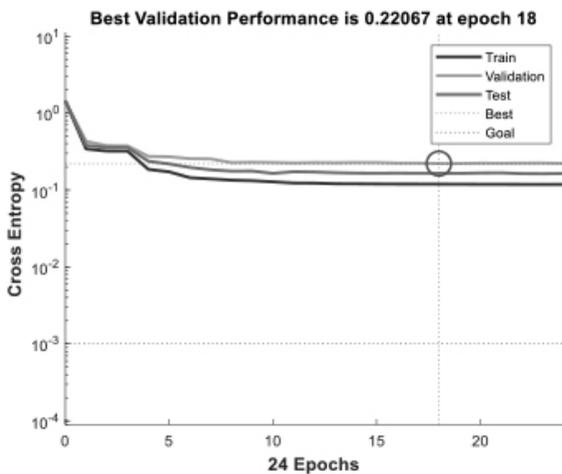
Hình 6 thể hiện độ chính xác Accuracy theo Epoch trong quá trình huấn luyện kết quả từ epoch 1 đến 10 giá trị Accuracy tăng nhanh đạt từ khoảng 63% lên hơn 90% cho thấy khả năng học tốt của mô hình. Từ epoch 11 trở đi, cả ba tập đều giữ ổn định và không có overfitting dẫn đến sai lệch nhỏ.

Hình 7 thể hiện giá trị của ma trận nhầm lẫn (Confusion Matrix) như sau: Giá trị Accuracy đạt 96,3% thể hiện sự phân biệt giữa bình thường và bất thường trong hệ thống. F1-Score khoảng 79,2% phản ánh sự mất cân bằng này giữa độ chính xác và khả năng thu hồi [9].



Hình 7. Ma trận nhầm lẫn (Confusion Matrix)

Trong khi đó, Hình 8 cho thấy được hiệu suất của mô hình tốt tại Epoch 18 với giá trị 0,22067. Trong khoảng thời gian đầu epoch 1 đến epoch 5, tổn thất giảm nhanh cho thấy mô hình học tốt và có hội tụ.



Hình 8. Thử nghiệm phân loại ảnh qua Faster R-CNN

Kết quả dự báo của thuật toán 1 được thể hiện trong Bảng 3 [10]. Bảng 3. Kết quả dự báo của thuật toán 1

STT	Voltage (V)	Current (A)	Active Power (kW)	Reactive Power (kVar)	Power Factor	Thực tế (Label)	Dự đoán (Predict)	Trạng thái
1	220,5	5,2	1,14	0,45	0,89	0	0	Bình thường
2	198,3	6,8	1,42	1,22	0,72	1	1	Bất thường
3	221,0	5,1	1,10	0,41	0,90	0	0	Bình thường
4	180,2	7,5	1,60	1,85	0,65	1	1	Bất thường

5	210,0	4,8	1,05	0,35	0,91	0	0	Bình thường
6	230,1	5,5	1,20	0,50	0,88	0	1	Sai (Cảnh báo nhầm)
7	190,4	7,2	1,52	1,40	0,69	1	0	Sai (Bỏ sót sự cố)

5. KẾT LUẬN

Bài báo này đã xây dựng phần cứng tủ thu thập, giám sát thông số điện năng của một cụm phụ tải thực tế trong phòng thí nghiệm ứng dụng mạng không dây LoRa và đồng hồ thông minh, đồng thời xây dựng mô hình ANN dự báo sự cố bất thường trong quá trình giám sát và điều khiển. Các thiết bị này có thể được triển khai trong các lưới microgrid trong khu công nghiệp với quy mô nhỏ, chi phí thấp. Mô hình mạng nơ-ron giúp phân tích, cảnh báo sự cố bất thường tại các nút phụ tải góp phần nâng cao tính ổn định trong lưới điện phân tán. Trong tương lai, nghiên cứu cần triển khai nhiều nút phụ tải ứng dụng công nghệ này để có thể kiểm tra khả năng truyền tải và độ tin cậy của lưới điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. J. Albarakati et al. (2022), Microgrid energy management and monitoring systems: A comprehensive review, *Front. Energy Res.*, vol.10, doi: 10.3389/ferg.2022.1097858.
- [2]. Q. T. Tran, K. Davies and S. Sepasi, Isolation Microgrid Design for Remote Areas with the Integration of Renewable Energy: A Case Study of Con Dao Island in Vietnam, *Clean Technol.*, vol.3, no.4, pp. 804-820, 2021, doi: 10.3390/cleantechnol3040047.
- [3]. D. R., G. N.P. and M. G. Nair (2019), ANN Based Solar Power Forecasting in a Smart Microgrid System for Power Flow Management, 2019 *Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, Vellore, India, pp.1-6, doi: 10.1109/i-PACT44901.2019.8960168.
- [4]. Hồ, A. L., & Bùi, V. M. (2021), Thiết kế và thực hiện cổng chuyển đổi LoRa - GSM giám sát các nút dựa trên công nghệ LoRa, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Nguyễn Tất Thành*, (15), 1-9.
- [5]. Y. Liu, X. Wang, Y. Zhang, Y. Wang and Y. Duan (Dec. 2022), A LoRa-Based Smart Irrigation System, in *Proc. 2022 IEEE 6th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)*, Chongqing, China, pp.1065-1068, doi: 10.1109/ITOEC54916.2022.10062274.
- [6]. M. M. Rahman, R. Mahmud and R. Buyya (May 2022), A Data-Driven Model for Real-Time Environmental Monitoring in Smart Cities Using LoRa and Fog Computing, in *Proc. 2022 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, Seoul, Korea, pp.1384-1389, doi: 10.1109/ICCWorkshops53468.2022.9814136.
- [7]. S. Ahmed, F. Anwar and S. Rho (Jan., 2022), Towards a Low-Cost Smart Agriculture System Using LoRa and Edge Computing, in *Proc. 2022 Int. Conf. on Electronics, Information and Communication (ICEIC)*, Jeju, Korea, pp.1-6, doi: 10.1109/ICEIC53465.2022.9721633.
- [8]. F. Masood, R. U. Farooqui and A. Anwar (2022), Root Causes of Construction Disputes in Pakistan: A Contractor's Perspective, *Procedia Comput. Sci.*, vol.199, pp.1358-1365, doi: 10.1016/j.procs.2022.01.354.
- [9]. L. Mariam, M. Basu and M. F. Conlon (2013), A Review of Existing Microgrid Architectures, *Journal of Engineering (United Kingdom)*, vol.2013, doi: 10.1155/2013/937614.
- [10]. Y. Liu, Y. Ma, C. Fu, Y. Wang and H. Zheng, Design of Intelligent Monitoring System for Agricultural Environment Based on LoRa, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol.1137, no.1, p.012048, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1137/1/012048.

Thiết kế, chế tạo máy bay không người lái điều khiển bằng găng tay cảm biến

Design and manufacture of a drone controlled by a sensory glove

> PGS.TS VŨ LÊ HUY^{1,2*}, LÊ MẠNH TRUNG¹, NGUYỄN DUY HƯNG¹, VŨ ĐÌNH DŨNG¹
TRẦN TRỌNG TÚ¹, TS NGUYỄN ĐÌNH DŨNG^{1,2}

¹Khoa Cơ khí - Cơ điện tử, Trường Kỹ thuật Phenikaa, Đại học Phenikaa

²Viện Nghiên cứu và Công nghệ PHENIKAA (PRATI), Công ty Cổ phần Tập đoàn Phương Hoàng Xanh A&A

*Email: huy.vule@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT

Máy bay không người lái (UAV) với nhiều biến thể khác nhau đã xuất hiện trong cuộc sống với nhiều ứng dụng thực tiễn hữu ích. Hiện nay, các máy bay không người lái chủ yếu được điều khiển bởi các thiết bị ngoại vi như tay cầm điều khiển, cần điều khiển, chuột, bàn phím... Bài báo này trình bày kết quả thiết kế, chế tạo máy bay không người lái được điều khiển bằng găng tay cảm biến với các chuyển động bay cơ bản như tiến lùi, ngang dọc, lên xuống. Bài toán động học và mô hình 3D của máy bay không người lái được xây dựng trong nghiên cứu này theo chuẩn loại máy bay không người lái hạng trung với 4 động cơ (Quadcopter). Găng tay cảm biến sử dụng 2 cảm biến IMU 6DOF với bo mạch chính STM32F103C8T6 đo chuyển động uốn của ngón tay để xác định chiều bay theo thời gian thực và truyền dữ liệu qua giao tiếp không dây LoRa. Phiên bản đầu tiên của máy bay không người lái và găng tay cảm biến đã được chế tạo và thử nghiệm thành công với kết quả cho thấy máy bay bay ổn định và theo dõi tốt dữ liệu từ găng tay cảm biến.

Từ khóa: Máy bay không người lái, Quadcopter, UAV, găng tay cảm biến.

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAVs) or drones with many variations have gradually appeared in life with many useful practical applications. Up to now, UAVs have been being controlled by peripheral devices such as controller, joystick, keyboard, mouse, etc. This paper presents the results of designing and manufacturing a drone controlled by a sensory glove with basic flight movements such as forward and backward, horizontal and vertical, up and down. The kinematics problem and 3D model of the drone are established in this study according to the standard of medium-sized drones with four rotors (quadcopter). The glove is sensorized with the two 6DOF IMU sensors connected to the main board STM32F103C8T6 to measure the flexion motions of the fingers to determine the flight direction in real time and transmit data via Lora wireless communication. The first version of the drone and the sensory glove has been successfully created and tested with the results showing the stability flight and tracking well the data from the glove.

Keywords: Unmanned aerial vehicles, Quadcopter, UAV, sensor glove.

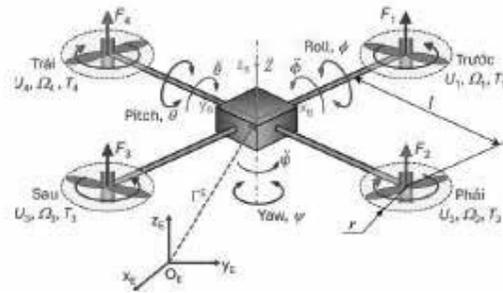
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự xuất hiện của máy bay không người lái (UAV) [1] cùng với thời kỳ công nghiệp 4.0 và công nghệ điều khiển tự động và sự tương tác giữa người - máy, các hệ thống và thiết bị điều khiển phi truyền thống trong những năm gần đây đang ngày càng thu hút được sự quan tâm trong nhiều lĩnh vực như quốc phòng, cứu hộ, nông nghiệp thông minh và công nghệ sáng tạo. Máy bay không người lái có nhiều dạng khác nhau có thể bay tự động hoặc được điều khiển từ xa bằng nhiều thiết bị ngoại vi khác nhau [2]. Ngoài việc sử dụng các phương thức điều khiển từ xa truyền thống như

tay cầm điều khiển, cần điều khiển, chuột, bàn phím... [3], hiện nay, găng tay cảm biến cũng được nghiên cứu trong các ứng dụng điều khiển robot và thiết bị thông minh [4, 5]. Khác với việc sử dụng các phương thức điều khiển truyền thống, hệ thống sử dụng găng tay cảm biến cho phép người điều khiển sử dụng các cử động tay tự nhiên để điều khiển hướng bay, độ cao, tốc độ và các thao tác đặc biệt cho UAV. Găng tay cảm biến có thể tích hợp các cảm biến như cảm biến uốn cong, gia tốc kế, con quay hồi chuyển để nhận biết chính xác từng động tác ngón tay và cử động bàn tay, từ đó truyền tín hiệu không dây đến máy bay không người lái để thực hiện lệnh

điều khiển tương ứng. Các hệ thống này cho phép người dùng điều khiển UAV theo cách tự nhiên hơn, thông qua chuyển động tay và ngón tay, đồng thời mở rộng khả năng ứng dụng UAV trong môi trường hạn chế thiết bị ngoại vi hoặc trong môi trường đòi hỏi thao tác nhanh chóng và chính xác.

Tại các nước đang phát triển, mặc dù UAV đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như nông nghiệp, giám sát công trình và tìm kiếm cứu hộ, song các giải pháp điều khiển hiện tại vẫn chủ yếu dựa vào điều khiển truyền thống. Việc nghiên cứu và chế tạo một hệ thống điều khiển UAV sử dụng gắng tay cảm biến nhằm tăng tính trực quan, giảm độ phức tạp khi vận hành và mở rộng khả năng ứng dụng là rất cần thiết. Đặc biệt, trong điều kiện địa hình phức tạp, môi trường khó tiếp cận hoặc yêu cầu độ phản ứng cao, hệ thống này có thể hỗ trợ người vận hành điều khiển UAV nhanh chóng, chính xác và linh hoạt hơn. Một số nghiên cứu cũng đã thực hiện phát triển phương pháp điều khiển máy bay không người lái bằng sử dụng gắng tay cảm biến [2, 6, 7]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới chỉ sử dụng chuyển động của mu bàn tay và các chuyển động đơn giản của ngón tay mà chưa xác định được các góc chuyển động chính xác của ngón tay để đưa ra các lệnh điều khiển chính xác và đa dạng hơn. Bài báo này thực hiện thiết kế và chế tạo một hệ gồm một máy bay không người lái dạng với 4 động cơ (Quadcopter) được điều khiển bằng gắng tay cảm biến. Trong đó, gắng tay có gắn các cảm biến ở bàn tay và ngón tay để lấy dữ liệu phục vụ cho việc điều khiển Quadcopter qua giao tiếp không dây LoRa.



Hình 1. Mô hình tham số động lực học Quadcopter
 Bảng 1. Thông số điều khiển các trạng thái bay

Thông số điều khiển	Tín hiệu điều khiển	Trước	Phải	Sau	Trái
Độ cao	U_1	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H + \Delta_A$
Góc roll	U_2	Ω_H	$\Omega_H - \Delta_B$	Ω_H	$\Omega_H + \Delta_A$
Góc pitch	U_3	$\Omega_H - \Delta_B$	Ω_H	$\Omega_H + \Delta_A$	Ω_H
Góc yaw	U_4	$\Omega_H - \Delta_B$	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H - \Delta_B$	$\Omega_H + \Delta_A$

Vị trí của Quadcopter được xác định bởi $\Gamma^E = [X \ Y \ Z]$ từ gốc O_B tới gốc O_E , với X, Y và Z là vị trí của Quadcopter. Gọi $\Xi^E = [\Phi \ \Theta \ \Psi]$ là vector vị trí góc Quadcopter được tạo bởi hướng của hệ trục tọa độ O_B so với hệ trục tọa độ quán tính O_E . Theo tài liệu [8] có hướng của Quadcopter được xác định bởi ma trận quay R_0 của hệ trục $O_B X_B Y_B Z_B$ so với $O_E X_E Y_E Z_E$ ứng với các góc Φ, θ, Ψ như sau:

$$R_0 = \begin{bmatrix} C_\Phi C_\theta & C_\Psi S_\theta S_\Phi - S_\Psi C_\theta & C_\Psi S_\theta C_\Phi + S_\Psi S_\theta \\ S_\Phi C_\theta & S_\Psi S_\theta S_\Phi + C_\Psi C_\theta & S_\Psi S_\theta C_\Phi - C_\Psi S_\theta \\ -S_\theta & C_\theta S_\Phi & C_\theta C_\Phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó, sử dụng các ký hiệu viết tắt tương ứng với một góc α là $C_\alpha = \cos(\alpha)$, $S_\alpha = \sin(\alpha)$. Khi đó, lực của các cánh quạt được xác định:

$$F_i = R_0 \sum_{j=1}^4 F_j \quad (2)$$

Trong đó: Các lực thành phần $F_i = 0,5\rho\Lambda C_T r^2 \Omega_i^2 = d\Omega_i^2$, với Λ - Thiết diện cánh quạt; r - Bán kính cánh quạt, p - Mật độ của không khí; C_T - Hệ lực đẩy khí động học. Mô-men của các góc θ (góc pitch) và góc Φ (góc roll) và góc Ψ (góc yaw) được xác định từ hiệu các cặp lực F_i như sau:

$$M_\theta = l(F_3 - F_1) \quad (3)$$

$$M_\Phi = l(F_4 - F_2)$$

$$M_\Psi = c(F_1 - F_2 + F_3 - F_4)$$

Trong đó: l - Khoảng cách giữa tâm Quadcopter và động cơ; c - Hằng số dương. Các tín hiệu điều khiển U_1, U_2, U_3 và U_4 được xác định theo công thức:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F \\ M_\Phi \\ M_\theta \\ M_\Psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b & b & b & b \\ 0 & -lb & 0 & lb \\ -lb & 0 & lb & 0 \\ d & -d & d & -d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Omega_1^2 \\ \Omega_2^2 \\ \Omega_3^2 \\ \Omega_4^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Trong đó: $d > 0$ - Hệ số của lực cản; $b > 0$ - Hệ số lực đẩy tác động lên Quadcopter.

Áp dụng phương trình Newton-Euler cho Quadcopter [9] và các phương trình ở trên có phương trình chuyển động tịnh tiến:

$$\begin{cases} \ddot{X} = (\cos\phi \sin\theta \cos\psi + \sin\psi \sin\phi)U_1/m \\ \ddot{Y} = (\cos\phi \sin\theta \cos\psi - \sin\theta \sin\phi)U_1/m \\ \ddot{Z} = (\cos\phi \cos\theta)U_1/m - g - K_Z Z \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó: g - Gia tốc trọng trường; m - Tổng khối lượng Quadcopter, $K_X = h_1/m$, $K_Y = h_2/m$, $K_Z = h_3/m$ - Các hằng số. Phương trình chuyển động quay thu được như sau:

$$\begin{cases} \ddot{\phi} = \theta\dot{\psi} \frac{(I_y - I_x)}{I_x} - \dot{\theta} \frac{I_p \dot{\Omega}_y}{I_x} - \dot{\phi}^2 \frac{h_4}{I_x} + \frac{U_2}{I_x} \\ \ddot{\theta} = \dot{\theta}\dot{\psi} \frac{(I_x - I_y)}{I_y} - \dot{\phi} \frac{I_p \dot{\Omega}_x}{I_y} - \dot{\theta}^2 \frac{h_5}{I_y} + \frac{U_3}{I_y} \\ \ddot{\psi} = \dot{\theta}\dot{\phi} \frac{(I_x - I_y)}{I_z} - \dot{\psi}^2 \frac{h_6}{I_z} + \frac{U_4}{I_z} \end{cases} \quad (6)$$

2. MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

2.1. Tính toán động lực học

Máy bay không người lái được thiết kế theo mô hình Quadcopter có dạng đầu còng (hay chữ thập) với 4 động cơ được đặt ở 4 góc như mô tả trên Hình 1. Cặp cánh quạt phía trước và phía sau có cùng chiều quay, trong khi đó cặp cánh bên phải và bên trái có cùng chiều quay và quay ngược chiều với cặp cánh quạt phía trước và phía sau nhằm cân bằng mô-men xoắn tác dụng lên khung. Cả 4 cánh phải sinh ra một lực đẩy bằng nhau khi Quadcopter cất cánh và hạ cánh. Các hệ trục tọa độ gắn với Quadcopter được biểu diễn trong Hình 1, trong đó $O_E X_E Y_E Z_E$ là hệ trục tọa độ quán tính, $O_B X_B Y_B Z_B$ là hệ trục tọa độ gắn với Quadcopter với gốc OB trùng với tâm của Quadcopter [8]. Các lực, mô-men và tốc độ của các cánh quạt được ký hiệu là F_i, T_i và Ω_i , với i từ 1 tới 4 lần lượt ứng với quạt trước, phải, sau và trái. Giả sử các cánh quạt đang có tốc độ bằng nhau Ω_H để giữ Quadcopter ổn định. Việc điều khiển thay đổi độ cao của Quadcopter được thực hiện bằng cách cùng giảm hoặc cùng tăng tốc độ của 4 cánh quạt với cùng một tham số Δ_A . Trong đó, Δ_A là khoảng cách thay đổi tốc độ quay được thêm vào hoặc bớt đi cho các động cơ ứng với dữ liệu tín hiệu đầu vào nhận được U_1 . Khi đó, tốc độ quay của các cánh quạt sẽ là $\Omega_H + \Delta_A$ như thể hiện trong Bảng 1. Góc roll của Quadcopter được điều khiển bằng cách tăng hoặc giảm tốc độ cánh quạt "Trái" một lượng Δ_A và giảm hoặc tăng tốc độ cánh quạt "Phải" một lượng Δ_B , trong khi tốc độ cánh quạt "Trước" và "Sau" không đổi. Tương tự, góc pitch của Quadcopter được điều khiển bằng việc điều chỉnh tăng hoặc giảm tốc độ của cánh quạt "Sau" một lượng Δ_A và giảm hoặc tăng tốc độ của cánh quạt "Trước" một lượng Δ_B , còn tốc độ cánh quạt "Trái" và "Phải" không đổi. Việc điều khiển góc yaw của Quadcopter thực hiện bằng cách điều chỉnh tăng hoặc giảm tốc độ cặp cánh quạt "Trái - Phải" một lượng Δ_A và giảm hoặc tăng tốc độ của cặp cánh quạt "Trước - Sau" một lượng Δ_B . Bảng 1 tổng hợp sự điều khiển tốc độ của các cánh quạt ứng với các trường hợp điều khiển theo chiều của các góc roll, pitch và yaw như trong Hình 1.

Trong đó: $I = \text{diag}[I_x, I_y, I_z]$ - Ma trận quán tính; J_p - Mô-men quán tính của rô-to động cơ.

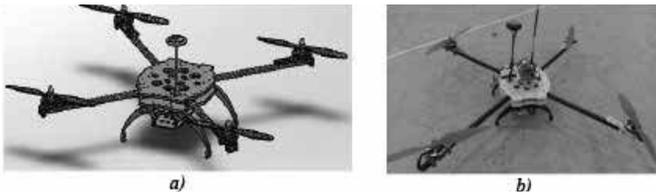
2.2. Thiết kế, chế tạo

Trong bài báo này, các thông số thiết kế cơ khí sơ bộ của máy bay không người lái dạng Quadcopter được đề ra với tổng khối lượng $m = 2$ kg, mật độ không khí trong điều kiện nhiệt độ ở 25°C và áp suất không khí tại mặt đất khoảng 1 atm là $\rho = 1,249$ kg/m³. Tổng lực nâng tính được [10] là:

$$F_T = \sum_{i=1}^4 F_i = 4(\rho S v^2) = 4(\rho \pi r^2 (r\omega)^2) = 4(\rho \pi r^4 \omega^2) = mg \quad (7)$$

Trong đó: $s = m^2$ - Diện tích vùng cánh quạt hoạt động; $v = r\omega$ - Vận tốc dòng khí cho mỗi cánh quạt với ω là tốc độ quay của cánh quạt được xác định từ tốc độ động cơ 20.000 vòng/phút. Từ công thức (7) có được chiều dài cánh quạt $r = 156$ mm, từ đó chọn cánh quạt tiêu chuẩn 12x8 thường dùng cho máy bay không người lái hạng trung. Bên cạnh đó, khoảng cách giữa hai động cơ l trên cùng một trục phải đủ lớn để các cánh quạt không chạm nhau, do đó có $l > \sqrt{2}r$ được chọn là 400 mm. Các động cơ cánh quạt được lựa chọn sử dụng là động cơ 5010 - 740 kV.

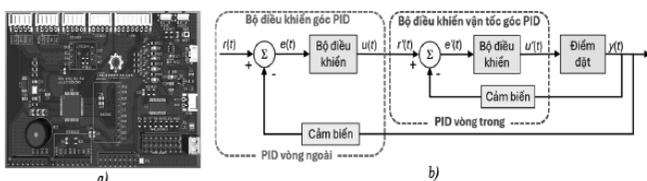
Từ các thông số và kết quả tính toán, các bộ phận của máy bay không người lái được thiết kế bằng các vật liệu như nhựa in 3D và thanh carbon như thể hiện trên Hình 2a nhằm đảm bảo khối lượng yêu cầu. Phần thân máy bay không người lái để chứa mạch điều khiển và khớp liên kết của các cánh quạt được chế tạo sử dụng công nghệ in 3D. Hình b thể hiện hình ảnh máy bay không người lái sau khi chế tạo có kích thước lớn nhất 1,1 m và khối lượng cả pin của Quadcopter sau khi hoàn chỉnh là 1,84 kg đảm bảo khối lượng thiết kế đặt ra.



Hình 2. Hình ảnh (a) thiết kế 3D và (b) sản phẩm đã được chế tạo của Quadcopter

2.3. Điều khiển máy bay không người lái

Động cơ cánh quạt quay ở tốc độ cao được điều khiển thay đổi tốc độ liên tục để giúp máy bay không người lái giữ được sự cân bằng cũng như thay đổi góc lái. Trong nghiên cứu này, mạch điều khiển của Quadcopter được thiết kế như trên Hình 3a sử dụng bộ xử lý trung tâm STM32F405RGT6. Việc sử dụng phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM) thông thường thì động cơ sẽ không kịp đáp ứng sự thay đổi tốc độ khi muốn thay đổi góc lái cũng như sẽ bị giật nếu thay đổi tốc độ đột ngột gây hỏng động cơ hoặc không điều khiển được máy bay. Vậy nên, việc sử dụng bộ điều khiển tích hợp để điều khiển tốc độ động cơ là cần thiết. Ở bài báo này sử dụng thuật toán PID vòng lặp kép [11] như thể hiện trên Hình 3b giúp điều khiển dữ liệu xung PWM đảm bảo sự mượt mà, chính xác và đáp ứng được việc thay đổi tốc độ khi thay đổi góc lái. Bộ điều khiển PID vòng lặp kép này giúp tăng tốc độ phản ứng trong vòng điều khiển tốc độ góc nhanh hơn, giúp hệ phản hồi tức thì với sai lệch nhỏ, tăng độ ổn định bằng việc phân tách điều khiển thành hai tầng giúp dễ điều chỉnh, tránh hiện tượng dao động.



Hình 3. Sơ đồ (a) bảng mạch điều khiển và (b) thuật toán bộ điều khiển PID vòng lặp kép

Bộ điều khiển PID vòng lặp kép bao gồm hai vòng điều khiển PID lồng nhau với vòng ngoài thực hiện điều khiển góc và vòng trong thực hiện điều khiển vận tốc góc. Bộ điều khiển góc PID có đầu vào $r(t)$ là giá trị đặt (góc mong muốn), cảm biến thực hiện đo góc thực tế $y(t)$, bộ so sánh thực hiện tính sai số $e(t) = r(t) - y(t)$. Bộ điều khiển PID vòng ngoài này xử lý sai số để tạo ra tín hiệu điều khiển trung gian $u(t)$ là giá trị đặt cho PID vòng trong. Bộ điều khiển tốc độ góc PID có đầu vào $r'(t)$ chính là giá trị tốc độ góc mong muốn từ vòng ngoài $u(t)$, cảm biến thực hiện đo tốc độ góc hiện tại. Bộ điều khiển PID vòng trong giữ tốc độ góc mong muốn và đo được với sai số $e'(t)$, kết quả xử lý sai số này đưa ra lệnh điều khiển $u'(t)$ chính là tín hiệu điều khiển cuối cùng truyền tới động cơ.

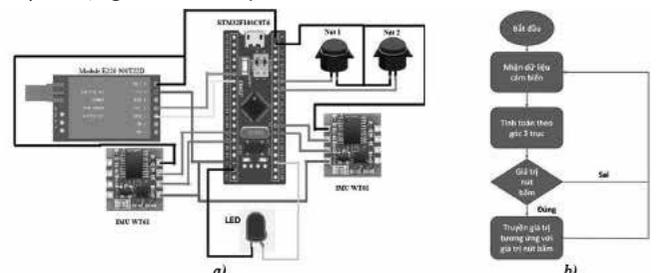
3. GĂNG TAY CẢM BIẾN

Để điều khiển từ xa cho máy bay không người lái dạng Quadcopter đã được chế tạo, một găng tay cảm biến được chế tạo và sử dụng trong nghiên cứu này như hiển thị trong Hình 4. Găng tay sử dụng bảng mạch sử dụng vi điều khiển STM32 F103C8T6 để thu thập dữ liệu từ hai cảm biến gắn vào găng tay tại vị trí đốt ngón tay trở và mu bàn tay như trên Hình 4a. Vi điều khiển STM32 F103C8T6 được lựa chọn do có tần số hoạt động cao, nhỏ gọn và đặc biệt phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu điều khiển thời gian thực. Hai cảm biến được sử dụng là IMU 6DOF WT61 để đo góc giữa đốt ngón tay trở và mu bàn tay. Loại cảm biến này cho tần số lấy mẫu nhanh, dữ liệu chính xác, có lọc nhiễu dữ liệu. Kết nối của các mô-đun, cảm biến và bảng mạch STM32 F103C8T6 được thể hiện bằng sơ đồ trong Hình 5. Găng tay được kết nối với máy bay không người lái bằng giao tiếp truyền thông không dây LoRa [12] qua mô-đun E220 900T22D với tần số hoạt động 864 Mhz nhằm hạn chế sai lệch dữ liệu trong môi trường có vật cản và nhiệt độ cao cũng như khả năng truyền xa của giao tiếp này.



Hình 4. Hình ảnh (a) găng tay cảm biến và (b) lệnh điều khiển cho Quadcopter

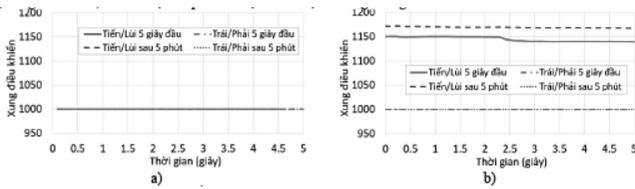
Để điều khiển Quadcopter, người điều khiển sẽ đeo găng tay như Hình 4a và thao tác với các lệnh điều khiển được mô tả trong Hình 4b. Chương trình điều khiển được tải lên bo mạch STM32F103C8T6 đã được mã hóa bằng công cụ STM32CubeIDE, trong đó thuật toán điều khiển được thể hiện trong Hình 5b. Góc giữa đốt ngón tay trở và mu bàn tay được tính toán trong khoảng góc $[-90^{\circ}, 0^{\circ}]$ và chuyển thành giá trị xung dữ liệu trong khoảng $[1000, 2000]$ xung ứng với các giá trị xung điều khiển của tay cầm điều khiển máy bay không người lái hiện hành. Mạch điều khiển STM32F103C8T6 sẽ gửi các giá trị xung dữ liệu theo định dạng quy ước trước. Quadcopter sẽ nhận dữ liệu và giải mã các chuyển động của găng tay để chuyển thành chuyển động của Quadcopter.



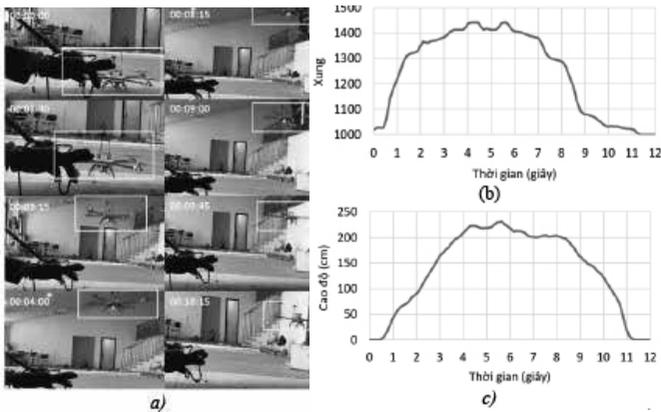
Hình 5. Sơ đồ (a) kết nối mạch và (b) thuật toán điều khiển của găng tay cảm biến

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để thử nghiệm độ chính xác và ổn định của dữ liệu nhận được từ găng tay cảm biến, găng tay cảm biến thực hiện truyền dữ liệu điều khiển đến máy bay không người lái tới máy tính qua cổng Serial ở khoảng cách gần có kết quả thể hiện trên Hình 6. Trường hợp khi để găng tay đứng yên có dữ liệu gửi nhận trong 5 giây đầu và 5 giây sau đó 5 phút được thể hiện trên Hình 6a. Tương tự, dữ liệu khi gập ngón trỏ trong 5 giây đầu và dữ liệu sau 5 phút đến máy bay không người lái thể hiện trên Hình 6b. Đồ thị trên Hình 6 thể hiện rằng khi để găng tay đứng yên dữ liệu ổn định ở 1.000 xung, nhưng có sự thay đổi giá trị khi gập ngón tay. Điều này có thể được giải thích bởi khi gập ngón tay 90°, việc giữ nguyên tư thế tay để thử nghiệm ở 1 giá trị xung là rất khó, nên dữ liệu có phần sai lệch sau một khoảng thời gian.



Hình 6. Dữ liệu xung điều khiển của găng tay (a) khi đứng yên và (b) khi gập ngón tay



Hình 7. Hình ảnh (a) trạng thái bay, (b) dữ liệu từ găng tay và (c) độ cao của máy bay so với mặt đất

Hệ gồm Quadcopter và găng tay cảm biến được chế tạo đã được kết nối thử nghiệm như thể hiện trong Hình 7 với điều kiện môi trường thử nghiệm không mưa gió. Trong đó, Hình 7a thể hiện hình ảnh quá trình điều khiển bay Quadcopter bằng găng tay cảm biến qua các khung hình được cắt ra từ video ứng với các trạng thái độ cao khác nhau của Quadcopter so với mặt sàn. Hình 7b thể hiện dữ liệu điều khiển độ cao của Quadcopter thông qua số xung được chuyển đổi từ góc giữa hai cảm biến WT61 trên găng tay (Hình 4a) theo thời gian bay thử nghiệm. Trong khi đó, Hình 7c hiển thị kết quả đo độ cao của Quadcopter so với mặt sàn được đo với cảm biến laser ứng với thời gian bay thử nghiệm như ở các ảnh trong Hình 7a. Các đồ thị cho thấy sự tương quan độ cao của Quadcopter so với tín hiệu xung điều khiển từ găng tay cảm biến. Tuy nhiên, độ cao của Quadcopter thay đổi chậm hơn so với số xung gửi đến của găng tay do Quadcopter không thể tạo gia tốc lớn để đáp ứng thay đổi ngay lập tức về độ cao mà cần có sự tăng giảm dần dần.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo một hệ gồm máy bay không người lái dạng Quadcopter và một găng tay cảm biến gia tốc IMU dùng để điều khiển trạng thái bay của

Quadcopter. Quadcopter được thiết kế theo chuẩn kích thước của máy bay không người lái hạng trung với khối lượng tổng cộng 1,84 kg, kích thước lớn nhất 110 cm, sử dụng bốn động cơ 5010 - 740 kV. Quadcopter cũng đã được tích hợp mạch điều khiển tự thiết kế và bộ điều khiển PID vòng lặp kép nhằm đem đến kết quả điều khiển nhanh và ổn định hơn. Chuyển động của Quadcopter được điều khiển bởi số xung được tính từ vị trí tương đối của bàn tay và ngón tay nhờ các cảm biến IMU 6DOF WT61 gắn trên găng tay. Cả Quadcopter và găng tay cảm biến đều sử dụng bộ xử lý trung tâm STM32F405RGT6. Quá trình truyền nhận tín hiệu điều khiển giữa Quadcopter và găng tay cảm biến cũng đã được khảo sát và quá trình bay cũng đã được thử nghiệm. Kết quả cho thấy Quadcopter đã theo yêu cầu điều khiển từ găng tay cảm biến, tuy nhiên còn tồn tại độ trễ đáp ứng yêu cầu về chuyển động với gia tốc lớn, do đó cần phải phát triển thêm để đáp ứng nhiều ứng dụng yêu cầu tác vụ thời gian thực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Asif Ali Laghari, Awais Khan Jumani, Rashid Ali Laghari, Haque Nawaz (2023), Unmanned aerial vehicles: A review, Cognitive Robotics.
- [2]. Taha Müezzinoğlu and Mehmet Karaköse (2021), An Intelligent Human-Unmanned Aerial Vehicle Interaction Approach in Real Time Based on Machine Learning Using Wearable Gloves. Sensors, 21, 1766.
- [3]. Paolo Boffi, Monica Clerici, Giuseppe Mauri, Giulia Meneghin, Alberto Gallace, Pier Luca Lanzi (2024), Comparing Traditional and Haptic Controllers for Fine-Movement Tasks in Virtual Reality, IEEE 12th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), pp.1-8.
- [4]. Leonardo Borgioli, Ki-Hwan Oh, Alberto Mangano, Alvaro Ducas, Luciano Ambrosini, Federico Pinto, Paula A Lopez, Jessica Cassiani, Miloš Zefran, Liaohai Chen and Pier Cristoforo Giulianotti (2024), Sensory Glove-Based Surgical Robot User Interface, International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS).
- [5]. Vu Le Huy, Le Manh Trung, Pham Ngoc Viet, Tran Trong Tu, Le Van Tuan, Nguyen Duy Hung, Nguyen Chi Hung (2024), Full-Movement Simulation of Humanoid Robot Hand Controlled by Sensory Glove, Acta Polytechnica Hungarica, vol.21, no.9, pp.129-146.
- [6]. Kianoush Haratiannejadi, Rastko R. Selmic (2020), Smart Glove and Hand Gesture-Based Control Interface for Multi-Rotor Aerial Vehicles in a Multi-Subject Environment, IEEE Access, vol.8, pp.227667-227677.
- [7]. Ji-Won Lee and Kee-Ho Yu (2023), Wearable Drone Controller: Machine Learning-Based Hand Gesture Recognition and Vibrotactile Feedback, Sensors, 23, 2666.
- [8]. Hoàng Văn Huy (2024), Mô phỏng hệ điều khiển quadrotor sử dụng động cơ chấp hành một chiều với bộ điều khiển thích nghi, HaUI Journal of Science and Technology, vol.60, no.9, pp.111-117.
- [9]. Tommaso Bresciani (2008), Modelling, Identification and Control of a Quadrotor Helicopter, Lund University.
- [10]. MD. Faiyaz Ahmed, Mohd. Nayab Zafar, J. C. Mohanta (2020), Modeling and Analysis of Quadcopter F450 Frame, 2020 International Conference on Contemporary Computing and Applications (IC3A), pp.196-201.
- [11]. Esam H. Abdelhameed (2016), Concurrent speed and position tracking of elevator driven by linear induction motor using cascade PI-PI control system, 2016 Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), pp.468-473.
- [12]. Aidil Muhamad, Seno Darmawan Panjaitan, Redi Ratiandi Yacob (2024), Design And Development of Flight Controller For Quadcopter Drone Control, Telecommunications, Computers and Electricals Engineering Journal (TELECTRICAL), vol.1, no.3, pp.279-291.

Phát triển thiết bị phân tích phổ cấu trúc đơn giản sử dụng RTL-SDR

Development of simple spectrum analyzer based on RTL-SDR

> THS VŨ VĂN RỰC*, THS NGÔ XUÂN HƯỜNG

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: rucvv.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

SDR là hệ thống truyền thông vô tuyến, trong đó hệ thống điều chế có trong phần cứng được thay thế bằng phần mềm triển khai trên máy tính hoặc hệ thống nhúng. Việc sử dụng SDR rất rẻ (khoảng 20 USD) và có kích thước nhỏ nên mang lại hiệu quả về chi phí và các yêu cầu về tính di động được bổ sung bởi phần mềm radio GNU là mã nguồn mở. Bài báo này mô tả mô phỏng máy phân tích phổ sử dụng công nghệ SDR thông qua thiết bị RTL-SDR R820T2 giá rẻ, được bổ sung bởi phần mềm radio GNU là mã nguồn mở. Các thông số được đo bao gồm công suất và tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) và đối chiếu với kết quả của máy phân tích phổ chuyên dụng. Kết quả thực nghiệm cho thấy công suất vô tuyến GNU trung bình là -15,28 dBm và công suất máy phân tích phổ trung bình là -15,2 dBm, do đó mức độ chính xác của phép đo công suất trên GNU Radio đạt 99,47%, trong khi SNR trung bình của máy phân tích phổ là 54,2 và GNU radio SNR là 54,32, do đó độ chính xác của phép đo SNR trong GNU Radio đạt 99,78%.

Từ khóa: RTL-SDR; phân tích phổ; vô tuyến điều khiển bằng phần mềm.

ABSTRACT

SDR is a radio communication system in which the modulation system in hardware is replaced by software implemented on a computer or embedded system. The use of SDR is very cheap (about 20 USD) and small in size, making it cost-effective and the portability requirements are supplemented by the open source GNU radio software. This paper describes the simulation of a spectrum analyzer using SDR technology through the low-cost RTL-SDR R820T2 device, supplemented by the open source GNU radio software. The measured parameters include power and signal-to-noise ratio (SNR) and are compared with the results of a dedicated spectrum analyzer. The experimental results show that the average GNU radio power is -15.28 dBm and the average spectrum analyzer power is -15.2 dBm, so the accuracy of the power measurement on GNU Radio reaches 99.47%, while the average spectrum analyzer SNR is 54.2 and GNU radio SNR is 54.32, so the accuracy of the SNR measurement in GNU Radio reaches 99.78%.

Keywords: RTL-SDR; spectrum analyzer; software defined radio.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy phân tích phổ là một công cụ đa năng trong việc đo tín hiệu trong miền tần số. Một máy phân tích có thể được sử dụng để đo tín hiệu trên máy phát yêu cầu các thông số đo như tần số, công suất, độ lợi và nhiễu [1]. Máy phân tích phổ cũng được sử dụng để nghiên cứu sự phân bố năng lượng dọc theo phổ tần số của các tín hiệu điện đã biết, từ cuộc khảo sát này đã thu được thông tin rất có giá trị về độ rộng của trường tần số (băng thông), hiệu ứng của các loại điều chế khác nhau, việc tạo ra các tín hiệu sai... tất cả các lợi ích của nó trong việc lập kế hoạch và thử nghiệm tần số RF (tần số vô tuyến) [2]. Máy phân tích phổ có chức năng đặc biệt để đo một số tín hiệu trong phổ tần số giới hạn [3]. Vì vậy, giá của máy phân tích phổ rất đắt đỏ. Trong khi đó, GNU Radio là phần mềm có thể sử

dụng miễn phí và được sử dụng để tạo ra hệ vô tuyến được xác định bằng phần mềm (SDR), mà không cần phần cứng [4]. GNU Radio sử dụng ngôn ngữ lập trình C++ hoặc Python trong quá trình triển khai. Ưu điểm của GNU Radio là phần mềm nguồn mở và không tốn nhiều chi phí về mặt hoạt động.

Bộ thu RTL-SDR là bộ thu vô tuyến dựa trên bộ thu USB TV DVB-T với chip RTL2832U [3]. Hơn nữa, MathWorks đã phát hành một gói hỗ trợ phần cứng cho bộ thu RTL-SDR vào đầu năm 2014 cho phép nó tương tác và điều khiển bộ thu RTL-SDR giữa MATLAB và Simulink. Thiết bị RTL-SDR có thể nhận tín hiệu RF được truyền trong dải tần từ 25 MHz đến 1,75 GHz [1]. Tầm quan trọng của việc nghiên cứu phổ tín hiệu di động bằng SDR nằm ở việc xem xét một phương pháp cho phép một nhà nghiên cứu độc lập xác định mặt

độ phổ của tín hiệu vô tuyến mà không mâu thuẫn với bất kỳ định luật nào.

Cấu trúc của bài báo bao gồm: Sau phần giới thiệu, Phần 2 trình bày cấu trúc của thiết bị RTL-SDR RTL2832U. Phân tích phổ của một số loại tín hiệu vô tuyến được trình bày ở Phần 3. Phần 4 thực hiện so sánh giữa đo công suất và đo SNR trên GNU và trên máy phân tích phổ. Cuối cùng, các kết luận và hướng phát triển được nêu ra ở trong Phần 5.

2. CẤU TRÚC VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ RTL - SDR RTL2832U

2.1. Cấu trúc

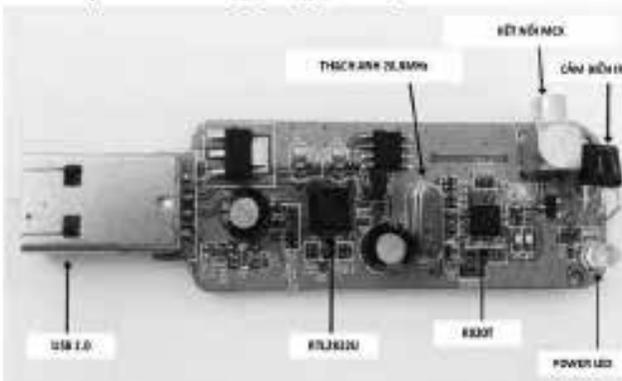
Một thiết bị RTL-SDR điển hình bao gồm hai thành phần chính làm việc cùng nhau:

Bộ điều hướng (Tuner Chip): Đây là con chip nhận tín hiệu RF (Radio Frequency) trực tiếp từ ăng-ten. Nó chịu trách nhiệm khuếch đại tín hiệu và chuyển đổi nó từ tần số vô tuyến cao xuống một tần số trung gian (Intermediate Frequency - IF) thấp hơn. Dải tần hoạt động của RTL-SDR được quyết định bởi loại tuner được sử dụng. Các loại tuner phổ biến bao gồm:

Rafael Micro R820T: Hoạt động trong dải tần khoảng 24-1850 MHz. Đây là loại tuner được sử dụng phổ biến nhất.
 Elonics E4000: Một loại tuner khác cũng tương thích với RTL2832U.

Chip Realtek RTL2832U: Con chip này nhận tín hiệu ở tần số IF từ tuner. Bên trong nó chứa:

- Một bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số (ADC) 8-bit.
- Một bộ chuyển đổi xuống kỹ thuật số (Digital Down-Converter - DDC).
- Một bộ bơm dữ liệu USB (USB data pump) để gửi dữ liệu đã được số hóa đến máy tính



Hình 1. Các thành phần chính của thiết bị

2.2. Nguyên lý hoạt động

Quá trình xử lý tín hiệu bên trong một dongle RTL-SDR diễn ra như sau:

Thu và chuyển đổi tại Tuner: Tín hiệu RF từ ăng-ten được tuner xử lý, khuếch đại và chuyển xuống một tần số IF cố định (ví dụ: 3,57 hoặc 4,57 MHz đối với tuner R820T).

Số hóa tín hiệu: Tín hiệu IF này sau đó được đưa vào chip RTL2832U và được lấy mẫu bởi một bộ ADC 8-bit với tốc độ lấy mẫu là 28,8 MHz.

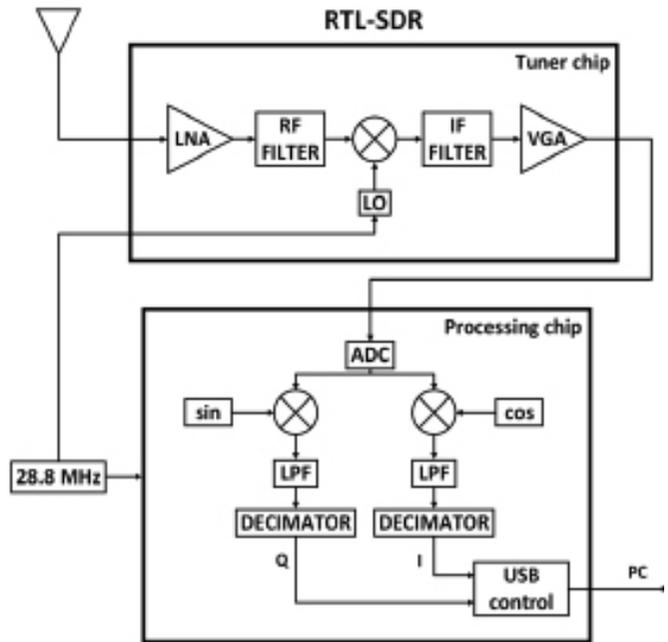
Tạo mẫu I/Q: Dữ liệu sau khi được số hóa sẽ đi qua một bộ trộn cầu phương (quadrature mixer) để chuyển tín hiệu từ IF xuống dải tần cơ sở (baseband). Quá trình này tạo ra hai thành phần tín hiệu riêng biệt: Thành phần đồng pha (In-phase - I) và thành phần vuông pha (Quadrature - Q). Đây là những dữ liệu cốt lõi cho việc xử lý tín hiệu bằng phần mềm.

Lọc và giảm tốc độ lấy mẫu (Decimation): Các mẫu I và Q sau

đó được đưa qua một bộ lọc thông thấp và bộ giảm tốc độ lấy mẫu (decimator). Quá trình này làm giảm tốc độ dữ liệu xuống một mức mà giao diện USB có thể xử lý được. Tốc độ lấy mẫu tối đa mà RTL2832U hỗ trợ là 3,2 triệu mẫu mỗi giây (MS/s).

Truyền dữ liệu: Các mẫu I/Q cuối cùng (dưới dạng số nguyên 8-bit có dấu xen kẽ) được truyền đến máy tính thông qua cổng USB.

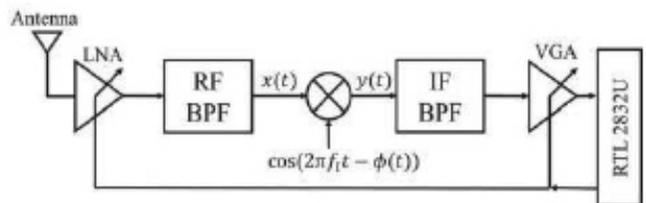
Xử lý bằng phần mềm: Toàn bộ các công việc phức tạp như giải điều chế, giải mã và phân tích tín hiệu đều được thực hiện trên máy tính bằng các phần mềm chuyên dụng như SDR#, GNU Radio, MATLAB, Simulink...



Hình 2. Kiến trúc thu cơ bản của RTL - SDR

3. PHÂN TÍCH PHỔ CỦA MỘT SỐ TÍN HIỆU VÔ TUYẾN SỬ DỤNG RTL-SDR

3.1. Phương pháp phân tích



Hình 3. Quá trình xử lý trong RTL-SDR

Một ăng-ten đơn giản đi kèm theo mặc định với dongle có thể được sử dụng cho nhiều ứng dụng đơn giản. Chip điều chỉnh được sử dụng trong dongle xác định dải tần số mà dongle có thể hoạt động. Nhiều loại chip điều chỉnh khác nhau sử dụng các dải tần số, bộ khuếch đại và bộ lọc khác nhau tương thích với chip RTL 2832U. Bộ điều chỉnh được sử dụng phổ biến nhất là Rafael Micro R820T hoạt động trong dải tần 24-1850 MHz [29]. Kiến trúc chung của bộ điều chỉnh dựa trên nguyên lý siêu dị tần. Tổng quan đơn giản về xử lý tín hiệu được thực hiện bên trong bộ điều chỉnh được thể hiện trong Hình 3. Tín hiệu nhận được tại ăng-ten được khuếch đại bởi bộ khuếch đại tiếng ồn thấp (LNA) có thể được điều khiển độ lợi thông qua kiểm soát độ lợi tự động (AGC) hoặc thủ công thông qua các tùy chọn có thể định cấu hình trong phần mềm SDR được thảo

lượn trong phần phụ tiếp theo. Tiếp theo, LNA là bộ lọc thông dải RF được sử dụng để loại bỏ tín hiệu không mong muốn nằm ngoài băng tần và truyền tín hiệu trong dải tần mong muốn. Ngoài ra, bộ trộn được sử dụng để chuyển đổi tín hiệu nhận được thành tần số trung gian thấp

Kết quả thu được từ việc nhận dạng phổ của tín hiệu vô tuyến sử dụng bộ thu RTL-SDR sẽ phụ thuộc vào khu vực địa lý đang nghiên cứu. Trong quá trình nghiên cứu, tín hiệu được kiểm tra trong hai máy phân tích phổ. Máy đầu tiên sẽ là máy phân tích thác nước, xem xét biến đổi Fourier nhanh (FFT) với băng thông f_s và máy thứ hai sẽ là máy phân tích phổ. FFT là một tập hợp các công cụ tính toán thông minh triển khai định lý Fourier. Phổ thu được trong máy phân tích FFT cho thấy các thành phần tần số của tín hiệu đầu vào. Vì máy phân tích phổ FFT đo tất cả các thành phần tần số cùng một lúc nên chúng nhanh hơn hàng trăm lần so với máy phân tích phổ tương tự truyền thống. Bây giờ, nếu chúng ta xem xét hoạt động của máy phân tích FFT chi tiết hơn thì phổ của tín hiệu thu được trong máy phân tích phổ FFT nằm trong dải tần số của phương trình 1:

$$\left(f_c - \frac{f_s}{2}\right) \leftrightarrow \left(f_c + \frac{f_s}{2}\right)$$

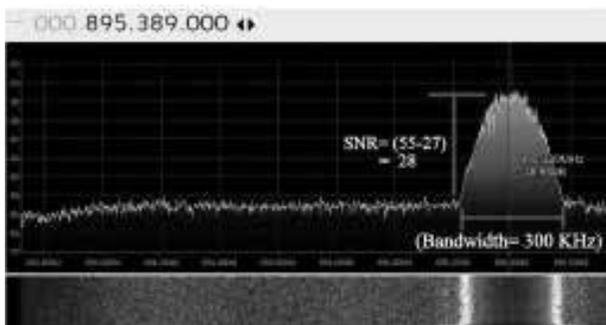
Trong đó: f_c - Tần số trung tâm; f_s - Giá trị tần số lấy mẫu.

Nếu thiết lập bộ thu RTL-SDR có tần số trung tâm là 801,4 Mhz và tần số lấy mẫu là 2,8 MHz, bộ thu RTL-SDR sẽ thu được tín hiệu RF trong khoảng tần số từ 800 MHz đến 802,8 MHz.

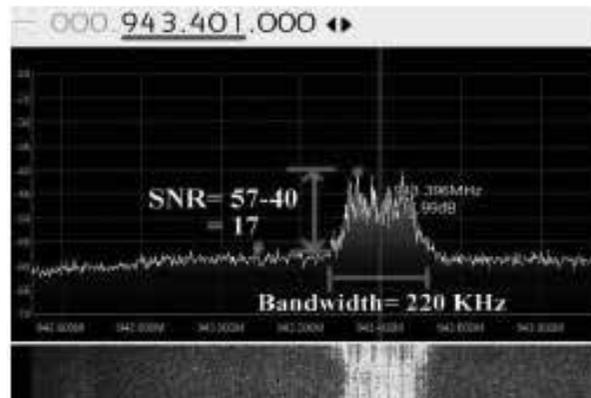
Máy phân tích phổ Waterfall cũng hiển thị các dải tần số thu được trong máy phân tích FFT và hoạt động theo thời gian (50 ms cuối cùng). Một trong những khía cạnh quan trọng nhất của phương pháp nghiên cứu là thay đổi đúng và cần thiết các thông số của bộ thu RTL-SDR. Các thiết lập để lựa chọn tần số, tần số trung tâm và độ lợi được điều chỉnh cẩn thận nhất. Cũng có thể đạt được cường độ tín hiệu cao bằng cách thay đổi các thiết lập này.

3.2. Triển khai phân tích phổ và đánh giá

3.2.1. Tín hiệu GSM



Hình 4. Phổ FFT của tín hiệu đường lên

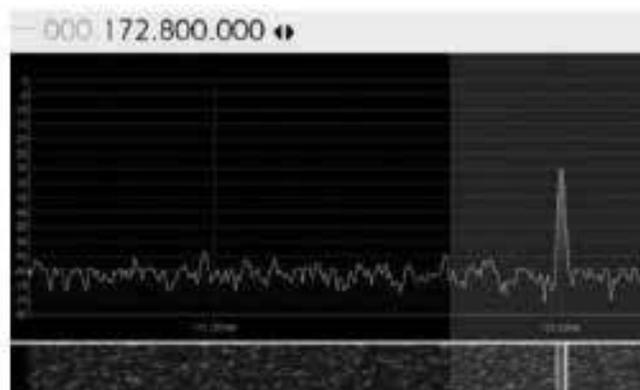


Hình 5. Phổ FFT của tín hiệu đường xuống

Hệ thống phân tích phổ này cũng đã nhận được tín hiệu GSM. Tại Việt Nam, các băng tần GSM 900 và GSM 1800 đã được sử dụng cho liên lạc di động. Một nhà mạng di động ở Việt Nam sử dụng băng tần 895,2 - 900,2 MHz cho đường lên và băng tần 940,2 - 945,2 MHz cho đường xuống [14]. Các tần số đường lên và đường xuống này được RTL-SDR nhận được được minh họa trong Hình 4, 5.

3.2.2. Tín hiệu truyền hình số quảng bá

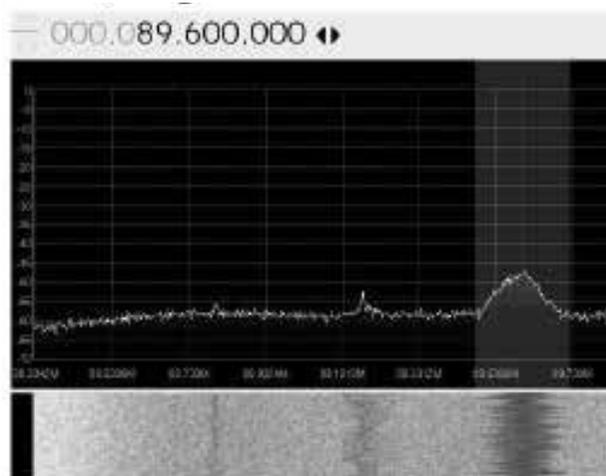
Khi sử dụng RTL-SDR để thu phổ của tín hiệu truyền hình quảng bá tại tần số 172,8 MHz, phổ FFT của tín hiệu này được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6. Phổ FFT của tín hiệu truyền hình số quảng bá.

3.2.3. Tín hiệu FM

Đối với thí nghiệm này, do cường độ tín hiệu, bất kỳ ăng-ten nào bao gồm ăng-ten tiêu chuẩn đi kèm với bộ RTLSDR đều đủ. Sau khi kết nối thiết bị thu với máy tính và khởi động SDR#, chúng tôi lướt băng tần radio FM (giữa 80 và 110 MHz). Sử dụng biểu đồ phổ FFT, dò đến một đài radio FM có mức tín hiệu tốt và điều chỉnh bằng thông máy thu để chứa toàn bộ tín hiệu. Đối với radio FM, băng thông tín hiệu là 200 kHz. Có thể có SNR cao nếu máy thu nằm trong phạm vi vài km của đài radio, điều này thường đúng trong bất kỳ môi trường đô thị nào. Phổ FFT và màn hình thác nước được hiển thị trong Hình 7.



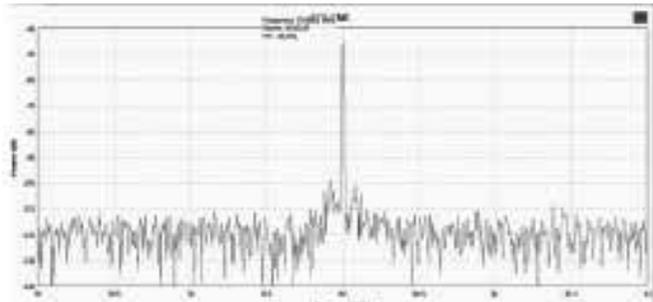
Hình 7. Phổ FFT của tín hiệu FM quảng bá

Thiết bị RTL-SDR còn có thể được sử dụng để thu dữ liệu từ các vệ tinh trong hệ thống NOAA nhờ sử dụng ăng-ten lưỡng cực chéo đơn giản có khả năng thu tín hiệu phân cực tròn. Các vệ tinh NOAA là một phần trong hệ thống của Cơ quan Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia giám sát môi trường cho Bộ Thương mại Hoa

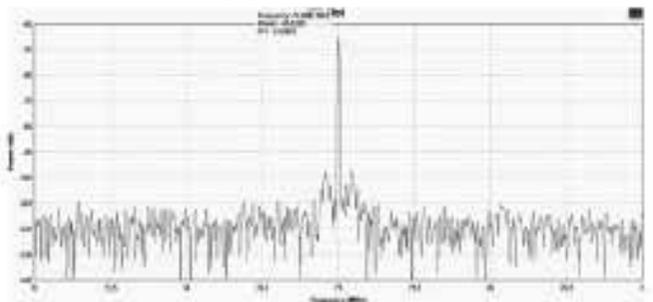
Kỳ. Hiện tại có nhiều vệ tinh được vận hành trong chòm sao NOAA và tất cả chúng đều truyền sóng phân cực tròn gần WFM 137 MHz với băng thông 32 kHz. Trong khi sử dụng ăng-ten lưỡng cực đơn giản đã mang lại kết quả khả quan trong các thí nghiệm trước đó, khi đó điểm yếu tương đối của tín hiệu vệ tinh lại đặt ra một thách thức. Có thể sử dụng RTL-SDR để điều chỉnh máy thu theo tần số NOAA, nhưng nó không hỗ trợ giải mã truyền hình ảnh tự động. Vị trí hiện tại của người dùng có thể được chọn thông qua phần mềm có tên gọi WXtoimg, sau đó phần mềm này sẽ sử dụng vị trí đó để tạo danh sách các vệ tinh theo lịch trình sắp tới sẽ đi qua vị trí đó. Chúng ta có thể bắt đầu nhận tín hiệu vào thời điểm thích hợp khi vệ tinh ở phía trên đường chân trời. Ngay khi tín hiệu vệ tinh hiển thị trên RTL-SDR, dữ liệu đầu ghi trên WXtoimg và quá trình giải mã hình ảnh sẽ bắt đầu. Sau khi tín hiệu vệ tinh yếu đi do vệ tinh rời khỏi đường chân trời, kết thúc quá trình ghi và bắt đầu xử lý hậu kỳ tệp bằng WXtoimg.

4. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐO ĐẶC CÔNG SUẤT TRÊN GNU VÀ TRÊN MÁY PHÂN TÍCH PHỔ

Thiết bị RTL-SDR được kết nối với máy tạo sóng để đo đặc mức công suất trên GNU và kết quả được thể hiện ở Hình 8, Hình 9.

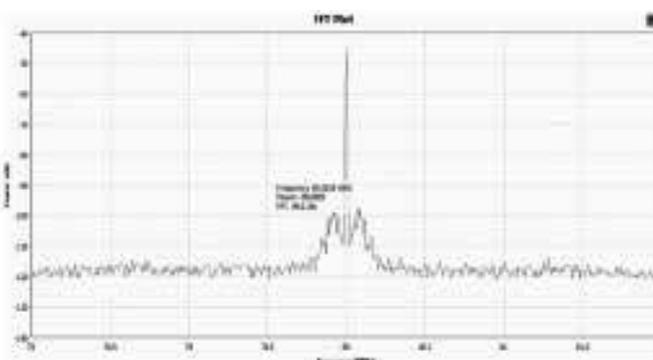


Hình 8. Công suất tín hiệu tại tần số 80 MHz

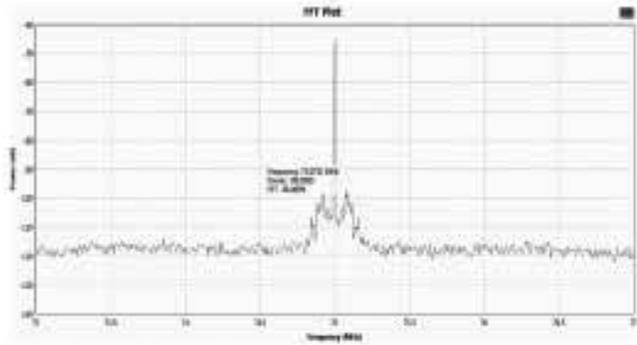


Hình 9. Công suất tín hiệu tại tần số 75 MHz

Mức nhiễu được đo tại tần số 80 MHz và 75 MHz được thể hiện ở Hình 10, Hình 11.



Hình 10. Công suất nhiễu tại tần số 80 MHz



Hình 11. Công suất nhiễu tại tần số 75 MHz

Các kết quả đo đạc này của thiết bị RTL-SDR rất gần với giá trị đo đạc được trên máy phân tích phổ cho thấy thiết bị RTL-SDR có thể được sử dụng thay thế cho máy phân tích phổ trong các trường hợp đơn giản.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu về phân tích phổ của các tín hiệu vô tuyến dựa trên bộ thu RTLSDR. Đặc biệt, các tín hiệu tần số vô tuyến đã được thu, lan truyền qua không khí trong khu vực nghiên cứu. Ưu điểm nghiên cứu này là có thể thực hiện chỉ với hai thành phần chính như Matlab và bộ thu RTL-SDR. Ngoài ra, các chương trình có sẵn như Matlab với các thư viện tính toán Mathworks cũng có sẵn với các máy phân tích FFT có xử lý tín hiệu nhanh. Các tín hiệu được phân tích trong môi trường Simulink/Matlab và quang phổ đã được nghiên cứu bằng các máy phân tích quang phổ FFT và Waterfall. Các tín hiệu cao được đưa ra bằng màu đỏ tươi trên thang màu. Người ta cũng thấy rằng các kết quả thu được phụ thuộc trực tiếp vào tham số tần số trung tâm và độ khuếch đại. Nhược điểm của bộ thu RTL-SDR chính là dải tần số của bộ thu RTL-SDR được sử dụng bị hạn chế thực tế. Do đó, không thể sử dụng các băng tần trên dải tần số 1.800 MHz. Kết quả thử nghiệm cho thấy bộ thu RTLSDR cần phủ sóng các tần số trên 1.800 MHz. Do đó, hướng nghiên cứu trong tương lai sẽ tập trung vào việc phát triển nhiều loại bộ thu tần số và nghiên cứu phổ của các hệ thống truyền thông khác ngoài di động.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Stewart, Robert W. (2015), Kenneth W. Barlee and Dale SW Atkinson, Software defined radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Strathclyde Academic Media.
- [2]. Laufer, Carl and Edward J. Hoffman (2015), The Hobbyist's Guide to the RTL-SDR: Really Cheap Software Defined Radio: A Guide to the RTL-SDR and Cheap Software Defined Radio by the Authors of the RTL-SDR. com Blog. Scotts Valley, CA, USA: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- [3]. Xiong, Xiong, et al. (2015), An open source SDR-based NOMA system for 5G networks, IEEE Wireless Communications 22.6, 24-32.
- [4]. Reis, André LG, et al. (2012), Software defined radio on digital communications: A new teaching tool, WAMICON 2012 IEEE Wireless & Microwave Technology Conference, IEEE.
- [5]. Rahman, Md Habibur and Md Mamunoor Islam (2016), A practical approach to spectrum analyzing unit using rtl-sdr, Rajshahi University Journal of Science and Engineering 44, 151-159.
- [6]. Stewart, Robert W., Kenneth W. Barlee and Dale SW Atkinson (2015), Software defined radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Strathclyde Academic Media.

Ảnh hưởng một số tham số của neo đến hệ số ổn định tổng thể mái dốc

The influence of some anchor parameters on the overall stability factor of slopes

> TS NGUYỄN MINH KHOA^{1*}, TS ĐỖ MINH NGỌC¹, THS TRỊNH MINH HOÀNG¹
KS TRẦN NGỌC HÙNG¹, TS ĐỖ MINH TÍNH²

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

²Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

*Email: minhkhoa.nguyen@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo thông qua việc thay đổi góc nghiêng của neo và chiều dài đoạn neo giữ tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của hai tham số này đến hệ số ổn định mái dốc. Kết quả khảo sát cho thấy chiều dài đoạn neo giữ nên bằng 1/2 chiều dài thân neo và góc nghiêng nằm trong khoảng 10° đến 20° là phù hợp. Đây là những tham số quan trọng ảnh hưởng nhiều đến hệ số ổn định, do vậy khi thiết kế nên xem xét đến để công trình đạt được yêu cầu và hiệu quả.

Từ khóa: Neo; mái dốc; hệ số ổn định; chiều dài neo giữ.

ABSTRACT

The study investigates the influence of two key parameters-anchor inclination angle and bond length-on the slope stability factor. The results indicate that the optimal bond length should be half of the total anchor length, while the recommended inclination angle ranges between 10° and 20° . These parameters significantly impact stability and thus, they should be carefully considered in design to ensure effectiveness of the structure.

Keywords: Anchor; slope; stability coefficient; anchored length.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phương pháp neo gia cố ổn định mái dốc đầu tiên kể đến là một công ty của Đức sử dụng để giữ ổn định thành hố móng. Sau đó, phương pháp neo đã được phát triển mạnh mẽ trong những năm 50, các nghiên cứu về các cơ chế làm việc của neo đã được nhiều tác giả phân tích. Nghiên cứu của Gunnar Wigk (1987) đã sử dụng lý luận đàn hồi của Mindlin phân tích cơ chế gia cố của hệ neo dự ứng lực trước. A.P.S.Selvadurai (Caned, 1979) và Stille (1989) vận dụng lý luận đàn hồi nghiên cứu cơ lý gia cố của neo. Ông đã căn cứ vào điều kiện biên mô hình đàn hồi - dẻo nghiên cứu tác dụng của neo đối với đá. B.Benmokran (1995) thông qua mô hình thí nghiệm trong phòng phân tích cơ chế kháng nhổ của neo [2]. S.S.Penre và L.B.Geori (1995) đưa ra phương pháp thiết kế của neo ngàm vào đá sử dụng các điều kiện biên và GargeV.k (1991) nghiên cứu hệ neo gia cố cho đá nứt nẻ mạnh và đưa ra phương pháp tính toán biến dạng bằng phân tử hữu hạn [1]. Pockoski (2000) đã nghiên cứu các phương pháp đánh giá tính ổn định mái dốc được gia cố bằng neo [3]. D.Y.Zhu (2005) cho rằng lực tập trung ở đầu neo khi tính toán không phù hợp với kết quả thực tế, từ đó đưa ra phương pháp tính mới [4]. Đối với ảnh hưởng của các tham số của neo đến hệ số ổn định mái dốc, Xiong WenLin (2005) nghiên cứu góc nghiêng của neo ảnh hưởng đến hệ số ổn định của mái dốc [1]. Nghiên cứu này có thể cho phép đánh giá ảnh hưởng các tham số khác của hệ neo đến hệ số ổn định mái dốc (FS). Zhao HongLin (2006) sử dụng phương pháp cân bằng giới hạn và đưa ra 3 phương pháp tính toán chiều sâu ngàm của neo [5]. Kết quả của ông chỉ ra, trong 3 phương pháp đó, phương pháp thứ ba cho kết quả hợp lý và sát với thực tế.

Wang Po (2016) - Trường Đại học Kỹ thuật HuaZhong - Trung Quốc sử dụng phần mềm Ansys kết hợp Plac 3D phân tích cơ chế làm việc của neo và một số tham số như góc nghiêng, khoảng cách các neo đến hệ số ổn định mái dốc [6].

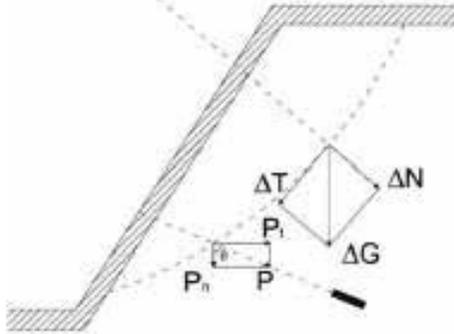
Những năm 80, ở nước ta đã bắt đầu có những nghiên cứu về neo và dẫn được ứng dụng rộng rãi, nhất là gia cố ổn định mái dốc nền đường ở miền núi. Trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ GTVT 2001- 2003 về neo, Viện Khoa học và Công nghệ GTVT đã nghiên cứu các tiêu chuẩn thiết kế, thi công và nghiệm thu neo trong đất và đã biên dịch quy trình "Neo trong đất" BS 8091 - 1989 [7]. Tác giả Doãn Minh Tâm đã tiến hành nghiên cứu các giải pháp chống sụt trượt có sử dụng neo cho mái dốc nền đường đắp cao và đắp sâu; tác giả Lê Đình Thành (2016) - Đại học Đà Nẵng đã tìm hiểu khả năng ứng dụng của neo cho một công trình mái dốc thuộc tỉnh Lào Cai. Tác giả Nguyễn Đức Mạnh (2020) - Trường Đại học GTVT đã tiến hành giới thiệu công nghệ neo vịnh cứu cho công trình mái dốc [8, 9]. Các nghiên cứu này còn chưa xét đến các tham số của neo đến ổn định mái dốc như: Đường kính, góc nghiêng, chiều dài neo giữ. Trong các tham số đó, chiều dài neo giữ hay chiều dài bầu neo và góc nghiêng của neo so với phương nằm ngang là những tham số ảnh hưởng nhiều nhất. Vì vậy, trong bài báo này, tác giả chủ yếu tập trung tìm hiểu sự ảnh hưởng của hai tham số này đến hệ số ổn định mái dốc được gia cố bằng neo.

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ ẢNH HƯỞNG MỘT SỐ THAM SỐ NEO ĐẾN ỔN ĐỊNH MÁI DỐC

2.1. Tính toán thiết kế

2.1.1. Lực tác dụng lên neo

Với đất, sự hình thành phá hoại trên các mái dốc thường có dạng cung tròn. Khi lực giữ trên bề mặt cung trượt nguy hiểm lớn hơn lực gây trượt thì sự ổn định của mái dốc được duy trì. Trong trường hợp mái dốc được bố trí neo như Hình 1, ta có ΔG - Trọng lượng khối trượt và P - Lực nhổ thiết kế của neo.



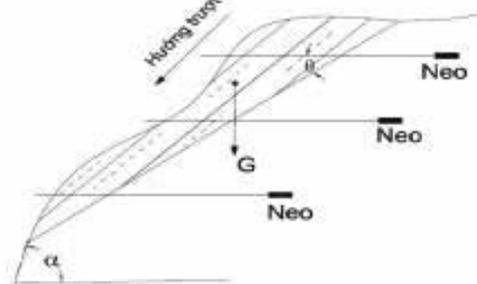
Hình 1. Lực tác dụng lên neo với mái dốc đất

Trọng lượng khối trượt được phân chia thành DT - tổng lực gây trượt và DN - áp lực vuông góc với mặt trượt. Lực nhổ thiết kế của neo được tách thành P_n - theo phương pháp tuyến và P_t - theo phương pháp tiếp tuyến. Lực nhổ thiết kế của neo là:

$$P = \frac{k \sum \Delta T - f \sum \Delta N - \sum C \Delta L}{k \sin \theta + f \cos \theta} \quad (1)$$

Trong đó: k - Hệ số ổn định của mái dốc; f và C - Hệ số ma sát và lực dính của đất; ΔL - Chiều dài cung trượt.

Xét mái dốc đá có các khe nứt trong trường hợp bố trí neo, để tính toán lực neo giữ cần tính thể tích khối đá có thể tách khỏi mái dốc tại mặt trượt nguy hiểm nhất, từ đó tính trọng lượng của khối đá, các vật liệu khác trên bề mặt G (Hình 2).



Hình 2. Lực tác dụng lên neo với mái dốc đá

Khi lực neo và mặt trượt tạo nên một góc nghiêng θ thì lực tác dụng lên neo là:

$$P' = \frac{T - LC - f / m \cdot N}{\sin \theta + f / m \cos \theta} \quad (2)$$

Trong đó: T - Lực gây trượt do trọng lượng bản thân khối đá và phụ tải; N - Lực pháp tuyến do trọng lượng bản thân khối đá và phụ tải; m - Số an toàn thiết kế; L - Chiều dài mặt trượt; C, f - Lực dính đơn vị của đất hoặc hệ số ma sát mặt cắt trượt của đá.

2.1.2. Sức chịu tải của neo

Khả năng chịu tải của thanh neo bơm vữa có liên quan đến đường kính lỗ khoan, độ dài và cường độ chịu cắt của đất/vữa [7]:

$$T_n = L_a \cdot \pi \cdot D \cdot \tau \quad (3)$$

Với: T_n - Khả năng chịu lực dọc trục của neo; L_a - Chiều dài đoạn neo giữ; D - Đường kính lỗ khoan; τ - Cường độ dính kết giữa xi măng và đất, đá.

2.1.3. Chiều dài neo

Khi chịu tác dụng của lực nhổ thiết kế P (của toàn bộ thanh

neo). Sơ đồ cấu tạo của neo gồm 2 phần là chiều dài đoạn neo giữ L_a và chiều dài đoạn tự do L_t (Hình 3). Đoạn neo giữ này hay còn gọi là bầu neo, cần đủ dài để chịu được lực nhổ nêu trên.



Hình 3. Sơ đồ tính chiều dài neo

Trong trường hợp bố trí nhiều neo, mỗi neo sẽ chịu một phần của lực nhổ, khi đó chiều dài đoạn neo giữ [7]:

$$L_a = \frac{K \cdot N_t}{\pi D \tau} \quad (4)$$

Với: K - Hệ số an toàn của neo; N_t - Lực kéo dọc trục thiết kế của neo đơn.

2.1.4. Đường kính neo

Diện tích tiết diện neo được xác định như sau [7]:

$$A_s \geq \frac{K \cdot N_t}{f_y} \quad (5)$$

Với: A_s - Diện tích tiết diện thanh neo; f_y - Cường độ chịu kéo của neo.

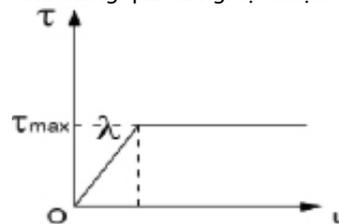
2.2. Một số ảnh hưởng của tham số neo đến hệ số ổn định mái dốc

2.2.1. Ảnh hưởng chiều dài neo giữ

Kết cấu hệ neo có thành công hay không phụ thuộc vào tầng chịu lực, đây là tầng neo được neo vào và để chống lại lực nhổ. Lực này phải đảm bảo lớn hơn hoặc bằng lực tác dụng lên neo và thỏa mãn các yêu cầu về hệ số ổn định.

Thông thường, chiều dài đoạn neo giữ tỉ lệ thuận với lực neo. Nhưng trong thực tế, cùng với sự tăng lên của đoạn neo giữ thì lực neo không tăng lên một cách rõ rệt. Fujita và các cộng sự (1977) sử dụng phân tích mô hình và 20 thí nghiệm hiện trường. Kết quả cho thấy, với đất rời đoạn neo giữ 6 m, khi vượt quá chiều dài này thì sự gia tăng lực kháng nhổ không đáng kể [10].

Xét mô hình quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị của neo (Hình 4), với λ là hệ số ma sát cường độ bên thể hiện sự phát huy lớn nhỏ của lực cản do ma sát. Độ lớn nhỏ của hệ số này không chỉ có quan hệ với tính chất cơ học của các lớp đất đá, mà còn quyết định đến mức độ thô ráp của loại neo, áp lực phun vữa. Để xác định chính xác giá trị này có thể thông qua thí nghiệm hiện trường.



Hình 4. Mô hình quan hệ giữa tải trọng - chuyển vị

Trong Hình 3, tại tiết diện điểm B đạt đến lực kháng nhổ giới hạn thì neo cũng đạt đến khả năng chịu tải tới hạn. Trước khi đạt đến trạng thái giới hạn, đoạn neo giữ làm việc ở trạng thái đàn hồi. Lúc này, ngoại lực P tác dụng vào đầu bầu neo và tại tiết diện chuyển vị một đoạn u(x) phải thỏa mãn điều kiện biên:

$$\begin{cases} EA \frac{d^2 u}{dx^2} - \lambda u = 0 \\ EA \frac{du}{dx} \Big|_{(x=L_a)} = P \\ EA \frac{du}{dx} \Big|_{(x=0)} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Công thức (6) căn cứ vào điều kiện cân bằng về lực vị trí B và C để giải:

$$u(x) = \frac{Pch(kx)}{EAksh(kL_a)} \quad (7)$$

$$k = \sqrt{\frac{\lambda}{EA}} \quad (8)$$

Với: E - Mô-đun đàn hồi của hỗn hợp vữa xi măng và đất đá;
A - Diện tích tiết diện đoạn neo đang xét.

Suy ra, lực cản τ phân bố trong thanh neo:

$$\tau(x) = \lambda u(x) = Pk \frac{ch(kx)}{sh(kL_a)} \quad (9)$$

Tại vị trí điểm B ta có:

$$\tau_B = Pk \coth(kL_a) \quad (10)$$

Khi khả năng neo giữ tại điểm B đạt đến giá trị tới hạn, neo cũng đạt tới khả năng chịu lực tới hạn P_u :

$$P_u = \frac{\tau_B \tanh(kL_a)}{k} \quad (11)$$

Từ công thức (10) khi $kl_a = 4$, thì giá trị $\tanh(kl_a) \approx 1$, P_u đạt đến giá trị max:

$$P_{umax} = \frac{\tau_{Bmax}}{k} \quad (12)$$

Dựa vào chiều dài neo được kiến nghị:

$$L_c = 4/k = \frac{4}{\sqrt{\lambda/EA}} = 4\sqrt{\frac{EA}{\lambda}} \quad (13)$$

Từ công thức (9), Zhang Hao đã xây dựng mối quan hệ giữa sức chịu tải của neo và chiều dài neo giữ. Như Hình 6 thể hiện, khi chiều dài neo giữ bằng 1/2 chiều dài toàn neo thì $P_u/P_{umax} = 96\%$ hay sức chịu tải của neo đạt đến 96% sức chịu tải giới hạn [11]. Nên trong thực tế, khi gia cố bằng neo tỉ số L_a/L_c nên nhỏ hơn 1/2.

2.2.2. Ảnh hưởng góc nghiêng

Góc nghiêng của cọc neo là một thông số quan trọng trong tính toán thiết kế, việc lựa chọn chính xác thông số này có ảnh hưởng lớn đến trạng thái chịu lực của kết cấu chống đỡ bằng neo, chiều dài neo và độ khó thi công. Nhìn chung, khi góc giữa neo và mặt phẳng ngang tăng lên sẽ tạo ra lực thành phần thẳng đứng lớn hơn, từ đó làm giảm lực chống đỡ ngang cần thiết. Theo một số kết quả phân tích lý thuyết đã đề xuất rằng góc giữa cọc neo và mặt phá hủy nên là $45^\circ + \varphi/2$ (trong đó, φ là góc ma sát trong của đất đá) [1].

3. KHẢO SÁT CÔNG TRÌNH THỰC TẾ

3.1. Hiện trạng mái dốc

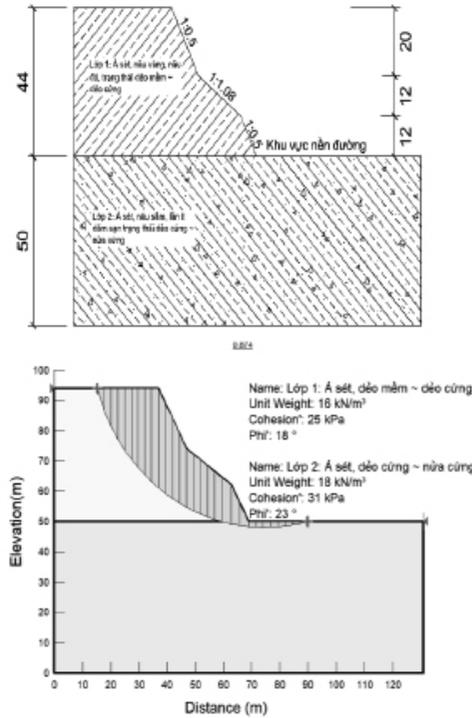
Mái dốc nghiên cứu thuộc tỉnh Nghệ An ở phía dưới là đường giao thông, ở đây thường xảy ra hiện tượng sạt trượt. Hiện trạng mái dốc có dạng hình lưỡi, trên hẹp dưới rộng, trên thoải dưới dốc, trên dày dưới mỏng. Đất đá tương đối phức tạp, do tác động quá trình phong hóa mức độ vỡ vụn mạnh, bề dày lớp vỏ lớn, chủ yếu là sét cát hạt tương đối nhỏ. Nguyên nhân chính gây ra sự mất ổn định mái dốc là do sự bào mòn của nước mặt do mưa lớn, mái dốc cao và độ dốc lớn. Theo kết quả khảo sát cấu tạo địa chất khu vực như sau:

- Lớp trên á sét, dẻo mềm dày 44 m có $\gamma=16 \text{ kN/m}^3$, $C=25 \text{ kPa}$, $\phi = 18^\circ$;

- Lớp bên dưới á sét, dẻo cứng dày 50 m có $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$, $C=31 \text{ kPa}$, $\phi=23^\circ$.

Mái dốc chiều dài 78 m, trên đỉnh độ dốc 1:0,5, giữa 1:1,08 và chân dốc 1:0,5 với phía dưới là nền đường xây mới có cao độ mặt đường nằm ở vị trí mặt phân lớp giữa hai lớp đất. Theo cách phân loại mái dốc theo chiều cao thì đây là mái dốc có chiều cao lớn. Tại thời điểm điều tra mái dốc đã bắt đầu có hiện tượng mất ổn định. Tính toán bằng phần mềm Geo Slope được hệ số ổn định tương

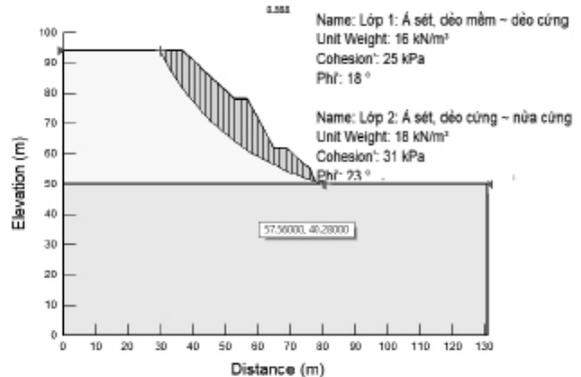
đối thấp $FS=0,874$, cho thấy không đáp ứng được yêu cầu (Hình 5). Do đó, cần phải có các giải pháp gia cố nhằm đảm bảo ổn định cho mái dốc.



Hình 5. Cấu tạo mái dốc tự nhiên và hệ số ổn định

3.2. Phương án tính toán thiết kế neo cáp dự ứng lực

Do mái dốc tương đối cao, độ dốc lớn nên trước khi gia cố mái được tiến hành tạo thành các cấp khác nhau. Cụ thể, mái dốc chia thành 3 cấp: cấp I cao 16 m độ dốc 1:1; cấp II cao 16 m độ dốc 1:0,5 và cấp 3 cao 12 m độ dốc 1:1.



Hình 6. Cấu tạo mái dốc và hệ số ổn định sau khi giằng cáp

Kết quả sau khi giằng cáp, hệ số ổn định $FS = 0,988$, vẫn chưa đáp ứng được yêu cầu nên cần được gia cố tăng cường ổn định. Ở đây, giải pháp neo được lựa chọn, với mái dốc cấp I, II sử dụng 4 neo dài 14 m, khoảng cách theo phương đứng và ngang lần lượt là 4 m và 2 m, góc nghiêng 30° . Với mái dốc cấp III sử dụng hệ gồm 3 neo được bố trí tương tự. Đường kính neo được lựa chọn là loại neo cáp dự ứng lực có $f = 10,8 \text{ mm}$ gồm 5 bó cáp diện tích tiết diện $457,82 \text{ mm}^2$, $f_y = 1.720 \text{ N/mm}^2$.

Để tính toán ổn định, các thông số đầu vào như Bảng 1, 2:

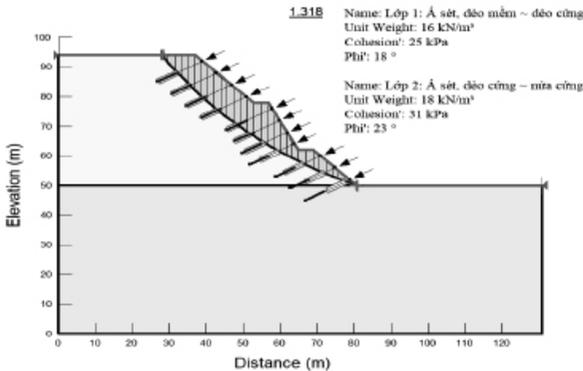
Bảng 1. Các chỉ tiêu tính toán của đất

Lớp đất	Trọng lượng thể tích γ (kN/m ³)	Mô-đun đàn hồi E (MPa)	Hệ số poisson μ	Lực dính đơn vị C (kPa)	Góc ma sát trong ($^\circ$)
Lớp 1	16	2	0,21	25	18
Lớp 2	18	1,5	0,23	31	23

Bảng 2. Một số thông số neo

Chiều dài neo (m)	14
Góc nghiêng neo ($^\circ$)	30
Đường kính neo (mm)	10,8
Số bó cáp	5
Chiều dài bầu neo (m)	6
Mô-đun đàn hồi neo (MPa)	$1,9 \times 10^5$
Khoảng cách dọc (m)	4
Khoảng cách ngang (m)	2
Cường độ chịu kéo fy (N/mm ²)	1720

Kết quả tính toán bằng phần mềm Geo Slope được hệ số FS = 1,318, cho thấy mái dốc đảm bảo yêu cầu ổn định (Hình 7).

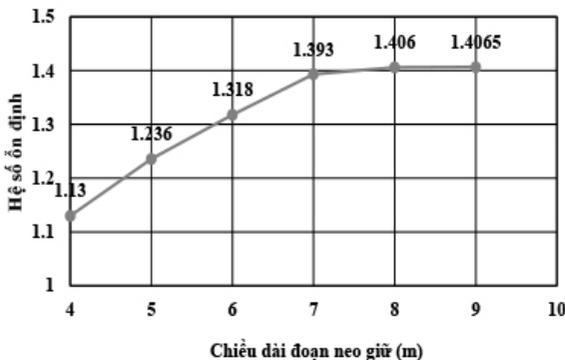


Hình 7. Kết quả hệ số ổn định

3.3. Ảnh hưởng các tham số của neo đến hệ số ổn định

3.3.1. Ảnh hưởng chiều dài neo giữ

Để khảo sát sự ảnh hưởng của chiều dài neo giữ, giữ nguyên góc nghiêng của neo và thay đổi chiều dài neo giữ lần lượt là 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, 8 m và 9 m. Kết quả tính và quan hệ giữa chiều dài neo giữ - hệ số ổn định (FS) như Hình 8.

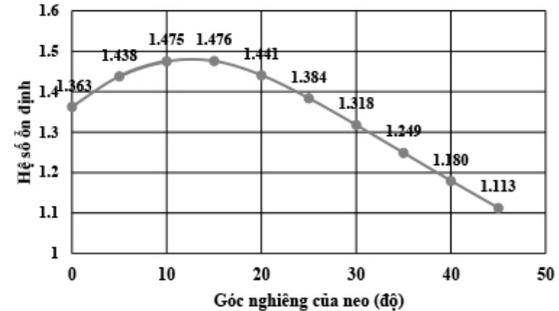


Hình 8. Quan hệ giữa chiều dài neo giữ - Hệ số ổn định

Từ Hình 8 cho thấy cùng với sự gia tăng chiều dài đoạn neo giữ, hệ số ổn định tăng lên nhất là ở giai đoạn đầu. Nhưng khi chiều dài neo giữ này đạt đến 7 m, tức là 1/2 toàn bộ chiều dài thân neo thì hệ số này gia tăng không đáng kể và khi chiều dài đạt đến 9 m thì hệ số ổn định gần như không gia tăng.

3.3.2. Ảnh hưởng của góc nghiêng neo

Để khảo sát góc nghiêng của neo, giữ nguyên chiều dài neo và đoạn neo giữ, sau đó thay đổi góc nghiêng của neo từ 0 đến 45 $^\circ$ với mỗi bước thay đổi là 5 $^\circ$. Kết quả tính và quan hệ giữa góc nghiêng của neo - hệ số ổn định (FS) như Hình 9.



Hình 9. Quan hệ giữa góc nghiêng của neo - Hệ số ổn định

Từ Hình 9 cho thấy góc neo ảnh hưởng khá nhiều đến hệ số ổn định của mái dốc. Khi góc nghiêng thay đổi từ 0 $^\circ$ đến 15 $^\circ$ thì hệ số ổn định tăng lên, nhưng sau đó tiếp tục tăng dần góc nghiêng này lên thì hệ số ổn định lại giảm, thậm chí khi lớn hơn 35 $^\circ$ còn không đảm bảo yêu cầu ổn định. Mặt khác, xét tới yếu tố thi công, khi góc nghiêng của neo nhỏ hơn 10 $^\circ$, quá trình thi công sẽ dễ gây ra hiện tượng trào vữa ảnh hưởng đến chất lượng gia cố, nên góc nghiêng của neo được kiến nghị trong khoảng 10 $^\circ$ đến 20 $^\circ$.

4. KẾT LUẬN

Khi chiều dài đoạn bầu neo lớn quá thì hệ số ổn định mái dốc tăng lên không đáng kể. Chiều dài đoạn bầu neo này không nên vượt quá 1/2 toàn bộ thân neo. Ngoài ra, góc nghiêng của neo cũng là một trong những yếu tố ảnh hưởng lớn đến hệ số ổn định và góc nghiêng này hiệu quả nên xem xét trong khoảng 10 $^\circ$ đến 20 $^\circ$. Kết quả nghiên cứu này rất có ý nghĩa đối với công tác thiết kế, nên xem xét đến các tham số của neo trong gia cố mái dốc để đảm bảo kỹ thuật và kinh tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Xu XueWen (2006), Nghiên cứu cơ chế làm việc của hệ neo và ứng dụng, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Kỹ thuật Tây An.
- [2]. Wang LaCai (1995), Nghiên cứu cơ lý làm việc của hệ neo trong đất, đá và ứng dụng, Luận án Tiến sĩ, Viện Địa kỹ thuật Vũ Hán, Trung Quốc.
- [3]. Pockoski M, Duncan J.M. (12/2000), Comparison of computer programs for analysis of reinforced slopes, Virginia polytechnic institute and state of university, report.
- [4]. Zhu D.Y, Lee C, et.al. (2005), Evaluation of stability of anchor - reinforced slopes. Canadian Geotechnical Journal, 42(5): 1342-1249.
- [5]. Zhao HongLin, Tai JiaJia, et.al. (2006), Thảo luận phương pháp tính toán đoạn neo giữ ổn định mái dốc, Tạp chí Khoa học thủy lợi thủy điện Trung Quốc, 4(4), 271-276.
- [6]. Wang Bo (5/2016), Phân tích ổn định công trình mái dốc bằng neo, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Kỹ thuật Hoa Trung - Trung Quốc.
- [7]. Tiêu chuẩn BS 8081-1989 (2008), Neo trong đất, Nguyễn Hữu Đầu (bản dịch), NXB. Xây dựng.
- [8]. Trần Thị Thơm (2015), Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật neo đất gia cường ổn định mái dốc - Ứng dụng xử lý mái dốc taluy đường cao tốc Hà Nội - Lào Cai, Lý trình Km45+300, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Thủy lợi.
- [9]. Nguyễn Đức Mạnh, Lê Anh Đức, Vũ Văn Đạt (2020), Chống sụt trượt bờ dốc bằng công nghệ neo đất vịnh cứu, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
- [10]. Yan MoMing, Xu ZhenXiang (2000), Kỹ thuật neo đất, đá phát triển mới, NXB. Giao thông dân tộc, Bắc Kinh.
- [11]. ZhangHao, Shang YueQuan, et.al. (2005), Phương pháp giải tích xác định tải trọng trong neo từ đường cong P-s, Tạp chí đất đá và công trình (Trung Quốc), (24)6. 3072-3076.

Giảm thiểu phát thải và chỉ số tiêu thụ năng lượng của bê tông nhiều tro bay ở Việt Nam

Minimisation embodied carbon and embodied energy of high volume fly ash concrete in Vietnam

> PGS.TS NGUYỄN THANH SANG¹, NGUYỄN TUẤN ANH¹, THS NGUYỄN THANH VŨ²
TS NGUYỄN TẤN KHOA³, THS.NCS HUỖNH THỊ MỸ DUNG^{1*}

¹Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải

²Công ty CP Nghiên cứu và Chuyển giao công nghệ xây dựng RETECH

³Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

*Email: mydung@tvu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu sử dụng tro bay (FA) với hàm lượng cao (25 - 50%) để thay thế chất kết dính (CKD) trong bê tông xi măng dùng cho các khối bê tông kết cấu tại Việt Nam. Các thí nghiệm được thực hiện để lựa chọn xi măng, cốt liệu, phụ gia siêu dẻo và tro bay để chế tạo bê tông có độ sụt 10 - 12 cm và cường độ chịu nén từ 30 - 40 MPa. Kết quả cho thấy bê tông nhiều tro bay (HVFA) không chỉ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật mà còn giảm đáng kể phát thải khí nhà kính lên đến 31% và chỉ số tiêu thụ năng lượng giảm đến 38%. Đặc biệt, tiềm năng kết hợp FA với các CKD phụ thêm khác như xỉ lò cao nghiền mịn (GGBS) hoặc silica fume (SF) để cải thiện tính chất cơ học và độ bền. Nghiên cứu cũng phân tích các yếu tố ảnh hưởng như vận chuyển FA và đề xuất giải pháp tối ưu hóa ứng dụng HVFA tại Việt Nam, hứa hẹn thúc đẩy phát triển bền vững trong ngành Xây dựng.

Từ khóa: Bê tông nhiều tro bay; phát thải khí nhà kính; chỉ số tiêu thụ năng lượng; cường độ chịu nén; độ bền.

ABSTRACT

This paper presents a study on the use of high-volume fly ash (25 - 50%) as a binder replacement in cement concrete for mass concrete structures in Vietnam. Experiments were conducted to select suitable cement, aggregates, superplasticizers and fly ash to produce concrete with a slump of 10 - 12 cm and compressive strength ranging from 30 to 40 MPa. The results show that high-volume fly ash concrete (HVFA) not only meets technical requirements but also significantly reduces greenhouse gas emissions up to 31% and reduce energy consumption index to 38%. Notably, the potential of combining fly ash with supplementary cementitious materials such as ground granulated blast-furnace slag (GGBS) or silica fume was evaluated to enhance mechanical properties and durability. The study also analyzes influencing factors such as fly ash transportation and proposes solutions to optimize the application of HVFA in Vietnam, promising to promote sustainable development in the construction.

Keywords: High-volume fly ash concrete; greenhouse gas emissions; energy consumption index; compressive strength; durability.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành công nghiệp xi măng và bê tông đóng góp khoảng 8% tổng lượng phát thải CO₂ toàn cầu (IEA, 2024). Tại Việt Nam, sự phát triển nhanh chóng của cơ sở hạ tầng và đô thị hóa đã làm tăng tiêu thụ xi măng, dẫn đến lượng phát thải khí nhà kính và tiêu thụ năng lượng đáng kể. Sản xuất 1 tấn xi măng Portland phát thải khoảng 0,8 - 1,0 tấn CO₂ và tiêu tốn 3,2 - 5,0 GJ năng lượng, chủ yếu do quá trình nung clinker và sử dụng nhiên liệu hóa thạch (GCCA, 2024). Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, việc giảm tác động môi trường của ngành Xây dựng là ưu tiên hàng đầu.

Tro bay - phụ phẩm từ các nhà máy nhiệt điện đốt than với thành phần chủ yếu là oxit SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO... là vật liệu làm

CKD phụ thêm cho xi măng giúp giảm phát thải CO₂ và tiêu hao năng lượng. Bê tông nhiều FA (High Volume Fly Ash - HVFA) với hàm lượng FA từ 25 - 50% đã được nghiên cứu rộng rãi trên thế giới (Malhotra & Mehta, 2002; Nath & Sarker, 2017). Ngoài việc giảm phát thải CO₂, HVFA còn cải thiện độ bền dài hạn, đặc biệt trong môi trường ăn mòn như vùng ven biển Việt Nam, nơi các công trình thường xuyên chịu tác động của clorua và sunphat.

Nghiên cứu này tập trung vào việc sử dụng HVFA cho bê tông khối lớn, bê tông làm móng công trình hạ tầng tại Việt Nam, với mục tiêu đạt độ sụt 10 - 12 cm, cường độ chịu nén 30 - 40 MPa, đồng thời đánh giá tiềm năng kết hợp FA với các CKD phụ thêm khác như GGBS và SF để nâng cao độ bền. Ngoài ra, nghiên cứu cũng phân

tích các yếu tố ảnh hưởng như vận chuyển FA và đề xuất các giải pháp thực tiễn để thúc đẩy ứng dụng HVFA trong ngành Xây dựng Việt Nam.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Xi măng Portland PC40, đạt TCVN 2682:2020, với thành phần hóa học gồm 62% CaO, 21% SiO₂, 5% Al₂O₃.

Tro bay loại F từ Nhà máy Nhiệt điện Phả Lại, Việt Nam, với hàm lượng SiO₂ ≥ 50%, đạt ASTM C618. Hàm lượng mất khi nung < 6%.

Cốt liệu: Cát sông tự nhiên, mô-đun độ lớn FM = 2,8, phù hợp TCVN 7572-2:2006.

Đá dăm có D_{max} = 20 mm, đáp ứng TCVN 7572-2:2006, với cường độ nén ≥ 80 MPa.

Phụ gia siêu dẻo có gốc polycarboxylate, cải thiện tính công tác và duy trì độ sụt, liều lượng 0,8 - 1,2% theo khối lượng CKD.

Nước sạch không chứa tạp chất, đáp ứng TCVN 4506:2012.

Xi lò cao nghiền mịn từ Nhà máy Gang thép Hòa Phát, với SiO₂ ≈ 35% và CaO ≈ 40%, đạt TCVN 11586:2016.

Silica fume có hàm lượng SiO₂ ≥ 90%, dùng khi cần cường độ sớm đạt TCVN 4506:2012.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế cấp phối HVFA với hàm lượng FA thay thế xi măng (CM) từ 25 - 50% theo khối lượng CKD, tỷ lệ nước/CKD (N/CKD) từ 0,35 - 0,45. Kết hợp vật liệu thay thế 40% CKD bằng hỗn hợp FA (20 - 30%) và GGBS (10 - 20%) hoặc SF (5 - 10%). Tổng lượng CKD 400 kg/m³ bê tông.

Bảng 1. Kiểm kê Carbon và Năng lượng (ICE) của một số vật liệu (Hammond and Jones, 2011)

Vật liệu	Hệ số tiêu thụ năng lượng và phát thải carbon			Ghi chú
	Năng lượng (EE) (MJ/kg)	Carbon (EC) (kgCO ₂ /kg)	Carbon(CO ₂ e) (kgCO ₂ e/kg)	
Cốt liệu chung	0,083	0,0048	0,0052	Đá sỏi hoặc đá nghiền
Xi măng	5,50	0,93	0,95	Xi măng 94% clinker
GGBS	2,96 - 2,4	0,37 - 0,25	0,38 - 0,26	66 - 80% GGBS
Cát	0,081	0,0048	0,0051	
Đá	1,50	0,087	0,09	Đá vôi
Tro bay	0,10	0,008	-	
GGBS	1,60	0,083	-	
Nước	0,01	0,001	-	
Sắt	25,00	1,91	2,03	

Bảng 2. Phân tích phát thải CO₂, giá thành và tiêu thụ năng lượng của các hỗn hợp bê tông

Hỗn hợp	Vật liệu chế tạo bê tông				Phát thải		Chi phí chế tạo		Tiêu thụ năng lượng	
	CM (kg/m ³)	FA (kg/m ³)	GGBS (kg/m ³)	SF (kg/m ³)	CO ₂ (kg/m ³)	Giảm CO ₂	Giá thành (đồng/m ³)	Giảm giá thành (%)	Năng lượng (MJ/kg)	Giảm năng lượng (%)
ĐC	400	0	0	0	623	-	1.073.760	-	2.420	-
HVFA25	300	100	0	0	528	15%	933.530	13%	1.965	19%
HVFA40	240	160	0	0	471	24%	842.330	22%	1.691	30%
HVFA50	200	200	0	0	432	31%	784.700	27%	1.505	38%

Phương pháp thí nghiệm trong phòng được thực hiện để xác định: Cường độ chịu nén thí nghiệm theo TCVN 3118:2022 trên mẫu lập phương cạnh 150 mm ở 7, 28 và 56 ngày tuổi.

Thử nghiệm thẩm clorua sử dụng phương pháp thấm nhanh (RCPT - Rapid Chloride Permeability Test) theo ASTM C1202.

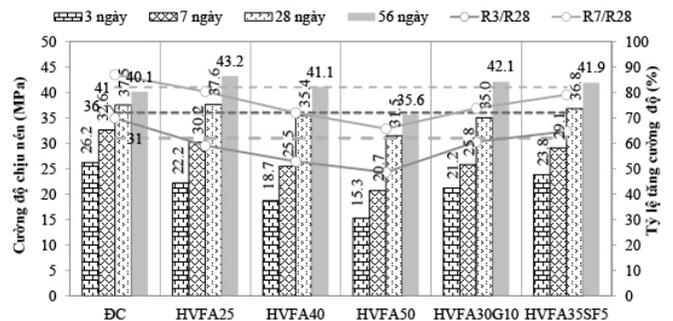
Chỉ số tiêu thụ năng lượng được tính toán ban đầu dựa trên năng lượng sản xuất vật liệu (Hammond & Jones, 2008) gồm xi măng 4,6 MJ/kg, tro bay 0,2 MJ/kg (chủ yếu từ xử lý và vận chuyển), GGBS 1,33 MJ/kg, Silica fume 2,5 MJ/kg. Phát thải CO₂ được đánh giá dựa trên hệ số phát thải CO₂ của xi măng 0,83 kg CO₂/kg, tro bay 0,008 kg CO₂/kg, GGBS là 0,083 kg CO₂/kg, Silica fume 0,5 kg CO₂/kg (Hammond & Jones, 2011). Chi tiết phát thải của các loại vật liệu được trình bày trong Bảng 1.

Áp dụng đánh giá vòng đời (LCA) để so sánh tác động môi trường của việc sử dụng bê tông HVFA bằng phần mềm SimaPro 9.5.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính chất cơ học

Kết quả cường độ chịu nén của các loại bê tông được trình bày tại Hình 1. Kết quả cho thấy, các hỗn hợp HVFA với hàm lượng FA 25 - 40% đạt cường độ chịu nén từ 30 - 40 MPa tại 28 ngày, phù hợp cho khối bê tông lớn. Ở tuổi 56 ngày, cường độ chịu nén tăng thêm 10 - 15% nhờ hoạt tính puzolan của FA. Với 50% FA, cường độ chịu nén ở 7 ngày, giảm khoảng 20% so với bê tông thông thường (20 MPa so với 25 MPa), nhưng vẫn đạt ≥ 30 MPa ở 28 ngày.



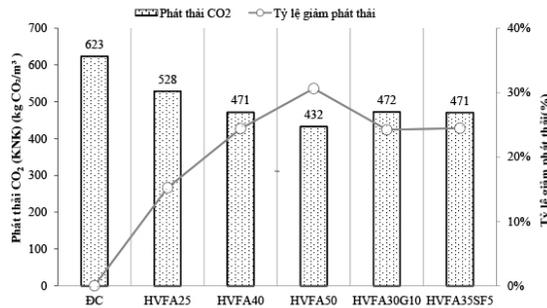
Hình 1. Cường độ chịu nén các loại bê tông theo tuổi

Hỗn hợp kết hợp 30% FA và 10% GGBS đạt cường độ chịu nén 35 MPa tại 28 ngày, cao hơn 10% so với hỗn hợp chỉ dùng 40% FA (32 MPa). Hỗn hợp bê tông dùng 5% SF và 35% FA giúp cải thiện cường độ sớm (7 ngày) thêm 15%, đạt 25 MPa so với 21 MPa của HVFA40. Độ sụt của tất cả hỗn hợp đều nằm trong khoảng 10 - 12 cm, đáp ứng yêu cầu thi công thông thường. Hỗn hợp kết hợp GGBS và SF cho thấy cải thiện rõ rệt cường độ chịu nén ở tuổi sớm và dài hạn.

3.2. Giảm thiểu phát thải khí nhà kính và giá thành

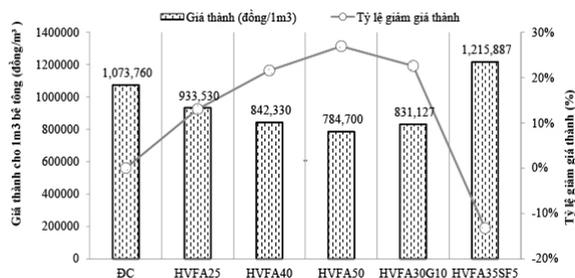
Kết quả phân tích phát thải CO₂, tiêu thụ năng lượng và giá thành chế tạo các loại bê tông trong nghiên cứu được trình bày ở Bảng 2 và được thể hiện ở Hình 2, 3, 4.

HVFA30SB10	240	120	40	0	472	24%	831.127	23%	1.746	28%
HVFA35SF5	240	140	0	20	471	24%	1.215.887	-13%	1.694	30%



Hình 2. Phát thải CO₂ của các loại bê tông

Kết quả phân tích phát thải CO₂ ở Hình 2 cho thấy các hỗn hợp bê tông sử dụng FA thay thế 25 - 50% xi măng làm giảm phát thải CO₂ đáng kể so với hỗn hợp bê tông đối chứng, với mức giảm lượng phát thải CO₂ từ 15 - 31%. Trong đó, hỗn hợp HVFA50 đạt mức giảm CO₂ tối ưu, giảm 31% lượng phát thải CO₂; các hỗn hợp HVFA40, HVFA25 giảm lần lượt là 15% và 24% so với hỗn hợp đối chứng. Với cùng tỷ lệ thay thế 40% CKD thì các hỗn hợp HVFA40, HVFA35SF5, HVFA30G10 có lượng phát thải CO₂ tương đương nhau. Kết quả này cho thấy lượng phát thải CO₂ phụ thuộc chính vào lượng xi măng sử dụng và tỷ lệ PGK thay thế xi măng. Do lượng phát thải CO₂ đơn vị của FA, GGBS, SF thấp hơn nhiều so với xi măng nên việc sử dụng các loại khác nhau ít ảnh hưởng đến lượng phát thải tổng thể.



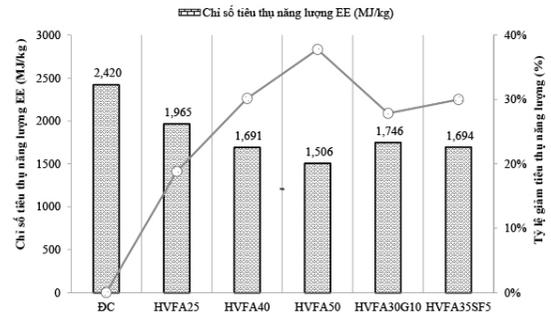
Hình 3. Giá thành của các loại bê tông

Kết quả phân tích giá thành các loại bê tông ở Hình 3 cho thấy, việc sử dụng FA trong bê tông giúp giảm đáng kể chi phí sản xuất so với bê tông đối chứng. Giá thành bê tông HVFA25, HVFA40 và HVFA50 lần lượt giảm 13%, 22% và 27% so với bê tông ĐC, tương ứng với chi phí là 933.530, 842.330 và 784.700 đồng/m³. Hỗn hợp HVFA30G10 (sử dụng 30% FA và 10% GGBS) có giá thành là 831.127 đồng/m³, giảm khoảng 22,6% so với ĐC, cho thấy hiệu quả kinh tế tốt khi kết hợp tro bay và xi. Tuy nhiên, hỗn hợp HVFA35SF5 (gồm 35% tro bay và 5% silica fume) lại có chi phí cao nhất (1.215.887 đồng/m³), tăng 13,2% so với bê tông ĐC, điều này là do giá thành cao hơn của SF so với FA và GGBS.

3.3. Chỉ số tiêu thụ năng lượng

Phân tích tiêu thụ năng lượng của các hỗn hợp bê tông HVFA được trình bày ở Bảng 2 và được thể hiện ở Hình 4.

Chỉ số tiêu thụ năng lượng giảm từ 2.420 MJ/kg (bê tông thông thường) xuống 1.185 MJ/kg (HVFA35SF5). Các chỉ số tiêu thụ năng lượng được trình bày tại Bảng 3 và Hình 4. Cụ thể, HVFA 50% tro bay đạt mức tiết kiệm năng lượng cao nhất (30%), từ 2.420 MJ/kg xuống 1.505 MJ/kg. Hỗn hợp 30% tro bay và 10% GGBS có chỉ số 1.783 MJ/kg, trong khi thêm SF tăng nhẹ lên 1.985 MJ/kg do quy trình sản xuất SF tiêu tốn năng lượng. HVFA 50% đạt mức tiết kiệm năng lượng cao nhất.



Hình 4. Chỉ số tiêu thụ năng lượng EE (MJ/kg)

Kết quả phân tích chỉ số tiêu thụ năng lượng (EE) của các loại bê tông HVFA cho thấy hỗn hợp bê tông ĐC có chỉ số EE cao nhất, đạt 2.420 MJ/kg, kết quả này cho thấy mức tiêu thụ năng lượng đáng kể cho quá trình sản xuất xi măng Portland truyền thống. Khi thay thế một phần xi măng bằng FA, chỉ số EE giảm đáng kể. Bê tông HVFA25 và HVFA40 lần lượt có chỉ số EE là 1.965 và 1.691 MJ/kg, tương ứng mức giảm 18,8% và 30,1% so với bê tông ĐC. Chỉ số EE thấp nhất với bê tông HVFA50 (1.506 MJ/kg), giảm 37,8% so với bê tông ĐC. Với các hỗn hợp bê tông sử dụng các loại PGK thay thế 40% CKD thì bê tông HVFA40 và HVFA35SF5 có chỉ số EE tương đương nhau và thấp hơn so với HVFA30G10. Kết quả phân tích này cho thấy bê tông sử dụng FA và SF có lượng phát thải thấp hơn so với sử dụng GGBS.

3.4. Thảo luận

3.4.1. Hiệu quả của việc sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện với các CKD phụ thêm khác trong hỗn hợp bê tông

Với các kết quả nghiên cứu về tính chất cơ học, phân tích phát thải CO₂, phân tích giá thành và phân tích tiêu thụ năng lượng của các loại bê tông HVFA trong nghiên cứu đã cho thấy việc sử dụng FA, sự kết hợp của FA với GGBS và SF với tỷ lệ phù hợp giúp cải thiện được tính chất cơ học của bê tông, giảm phát thải CO₂, giảm giá thành chế tạo và giảm mức tiêu thụ năng lượng cho 1 m³ bê tông. Các lợi ích này cũng được chứng minh trong nghiên cứu của Liu et al. (2022). Việc bổ sung GGBS với hoạt tính thủy lực cao, giúp tăng cường mức độ hoạt tính puzolan chậm của FA, cải thiện cường độ sớm và độ bền dài hạn. Trong thí nghiệm, hỗn hợp bê tông 30% FA và 10% GGBS đạt cường độ 35 MPa tại 28 ngày, cao hơn 10% so với bê tông 40% FA. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Nath và Sarker (2017), khi kết hợp 20% GGBS với 30% FA cải thiện cường độ nén và độ bền uốn. SF với hàm lượng SiO₂ cao, làm tăng cường phản ứng puzolan và tạo cấu trúc bê tông đặc chắc, cải thiện cường độ sớm (15% tại 7 ngày). Tuy nhiên, chi phí SF cao (khoảng 500 USD/tấn so với 50 USD/tấn của GGBS) và năng lượng sản xuất lớn làm giảm lợi ích môi trường, như Kurda et al. (2018) đã chỉ ra. Do đó, GGBS là lựa chọn khả thi hơn tại Việt Nam, nơi nguồn cung GGBS từ các nhà máy thép như Hòa Phát dồi dào.

Kết hợp ba thành phần (FA, GGBS, SF) cũng được xem xét trong nghiên cứu của Zhang (2014), cho thấy hỗn hợp 25% FA 15% GGBS và 5% SF đạt cường độ 45 MPa và giảm 40% CO₂. Tuy nhiên, chi phí cao và độ phức tạp trong cấp phối hạn chế ứng dụng thực tế tại Việt Nam. Một nghiên cứu mới hơn từ Journal of Cleaner Production (2023) cho thấy hỗn hợp 30% tro bay, 10% GGBS và 5% SF có thể giảm 42% CO₂, nhưng cần tối ưu hóa chi phí và quy trình thi công.

3.4.2. Ứng dụng thực tiễn của bê tông nhiều tro bay tại Việt Nam

Với sản lượng FA khoảng 13 triệu tấn/năm từ các nhà máy nhiệt điện (Phả Lại, Duyên Hải, Vũng Áng), HVFA có tiềm năng lớn trong

việc giảm phụ thuộc vào xi măng và xử lý chất thải công nghiệp. Kết hợp GGBS từ ngành thép càng tăng tính bền vững, đặc biệt cho các công trình lớn như cầu, đập hoặc cảng biển. Một số công trình thực tế như cầu Vĩnh Nghiêm (Bình Dương, 2023) sử dụng HVFA 40% tro bay cho móng cầu, giảm 30% phát thải CO₂ (1.200 tấn CO₂) và tiết kiệm 15% chi phí vật liệu. Cảng Cái Mép - Thị Vải (Bà Rịa - Vũng Tàu, 2024) sử dụng hỗn hợp 30% FA và 10% GGBS, cải thiện độ bền chống clorua, phù hợp với môi trường biển.

Tuy nhiên, như O'Brien et al. (2009) đã lưu ý, vận chuyển tro bay qua khoảng cách xa có thể làm tăng phát thải CO₂ liên quan đến logistics. Trong nghiên cứu này, khoảng cách vận chuyển tro bay từ nhà máy Phả Lại đến công trình là 150 km, tương ứng với phát thải 0,03 kg CO₂/kg tro bay, không đáng kể. Tuy nhiên, nếu khoảng cách vượt quá 200 km, phát thải có thể tăng lên 0,05 kg CO₂/kg, làm giảm lợi ích môi trường. Do đó, cần ưu tiên sử dụng FA và GGBS từ các nguồn địa phương.

3.4.3. Thách thức và giải pháp trong việc ứng dụng bê tông nhiều tro bay

Chất lượng tro bay không đồng nhất: Tro bay từ các nhà máy khác nhau có thành phần hóa học biến động (hàm lượng carbon, silica). Giải pháp: Tiêu chuẩn hóa chất lượng tro bay theo ASTM C618 hoặc EN 450, kiểm tra định kỳ tại phòng thí nghiệm.

Cường độ sớm thấp: HVFA 50% tro bay chỉ đạt 20 MPa tại 7 ngày, không phù hợp với các dự án cần thi công nhanh. Giải pháp: Thêm GGBS hoặc SF để cải thiện cường độ sớm hoặc sử dụng phụ gia tăng tốc đông rắn.

HVFA yêu cầu thời gian bảo dưỡng kéo dài (56 - 90 ngày) để đạt cường độ tối ưu, vì vậy phải điều chỉnh quy trình thi công tại công trường, sử dụng màng bảo dưỡng để duy trì độ ẩm.

Tại Việt Nam, các nhà đầu tư vẫn có tâm lý e ngại về độ tin cậy của HVFA. Do đó, cần tăng cường truyền thông, đào tạo và áp dụng thí điểm trong các dự án công cộng để chứng minh tính hiệu quả.

Việc ứng dụng bê tông chứa hàm lượng tro bay cao (HVFA) trong thực tiễn còn đối mặt với một số thách thức kỹ thuật và tâm lý triển khai.

- Tính không đồng nhất của nguồn tro bay: FA từ các nhà máy nhiệt điện khác nhau thường có sự biến động đáng kể về thành phần hóa học, đặc biệt là lượng mất khi nung và hàm lượng silica, ảnh hưởng đến tính chất của hỗn hợp bê tông. Để khắc phục, cần áp dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật như ASTM C618 hoặc EN 450 nhằm tiêu chuẩn hóa chất lượng tro bay, đồng thời thực hiện kiểm tra định kỳ thông qua các thí nghiệm tại phòng thí nghiệm vật liệu.

- Cường độ nén ở tuổi sớm thấp: Các hỗn hợp HVFA với 50% tro bay thường chỉ đạt cường độ khoảng 20 MPa tại 7 ngày tuổi, không đáp ứng yêu cầu đối với các dự án có tiến độ thi công nhanh. Giải pháp tiềm năng bao gồm việc sử dụng kết hợp các vật liệu bổ sung như GGBFS hoặc SF để cải thiện cường độ sớm hoặc sử dụng phụ gia hóa học có khả năng tăng tốc quá trình đông rắn.

- Yêu cầu bảo dưỡng kéo dài: Do đặc điểm phản ứng pozzolan chậm của tro bay, HVFA thường cần thời gian bảo dưỡng dài (từ 56 đến 90 ngày) để đạt được cường độ tối ưu. Vì vậy, cần điều chỉnh quy trình thi công ngoài hiện trường, trong đó việc sử dụng màng bảo dưỡng hoặc hệ thống giữ ẩm là cần thiết nhằm đảm bảo điều kiện thủy hóa thuận lợi.

- Rào cản tâm lý và nhận thức tại địa phương: Tại Việt Nam, một số chủ đầu tư vẫn còn e ngại về độ tin cậy và tính ổn định lâu dài của bê tông HVFA. Để vượt qua rào cản này, cần tăng cường truyền thông khoa học, tổ chức các chương trình đào tạo kỹ thuật chuyên sâu và triển khai các dự án thí điểm sử dụng HVFA trong công trình công cộng nhằm minh chứng tính hiệu quả và bền vững của loại vật liệu này trong điều kiện thực tế.

3.4.4. Phân tích kinh tế

Chi phí vật liệu là yếu tố quan trọng để thúc đẩy ứng dụng HVFA tại Việt Nam. Dựa trên giá thị trường năm 2025 ước tính như sau: Xi măng 100 USD/tấn, FA 20 USD/tấn, GGBS 50 USD/tấn, SF 500 USD/tấn, vận chuyển 5 USD/tấn/100 km. Vì vậy, HVFA 40% tro bay tiết kiệm 26% chi phí so với bê tông thông thường (29,6 USD so với 40 USD). Hỗn hợp kết hợp GGBS có chi phí tương đương nhưng cải thiện độ bền, trong khi SF làm tăng chi phí đáng kể.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu xác nhận rằng bê tông nhiều tro bay với hàm lượng 25 - 50% đạt các yêu cầu kỹ thuật (độ sụt 10 - 12 cm, cường độ 30 - 40 MPa) và giảm phát thải CO₂ (lên đến 31%) cùng chỉ số tiêu thụ năng lượng (38%). Kết hợp tro bay với GGBS hoặc SF cải thiện cường độ sớm, độ bền chống xâm thực và phù hợp cho công trình ven biển. GGBS là lựa chọn tối ưu tại Việt Nam nhờ nguồn cung dồi dào và chi phí thấp, trong khi SF phù hợp cho các dự án yêu cầu cường độ sớm cao.

HVFA không chỉ mang lại lợi ích môi trường mà còn tiết kiệm chi phí (26% với HVFA 40%) và góp phần xử lý chất thải công nghiệp (FA, GGBS). Tuy nhiên, cần giải quyết các thách thức như chất lượng tro FA số nội dung như: Tối ưu hóa cấp phối ba thành phần (FA, GGBS, SF); đánh giá độ bền dài hạn (90 - 180 ngày) trong môi trường thực tế; phát triển quy trình thi công và tiêu chuẩn ứng dụng HVFA tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ASTM C618. (2019), Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.
- [2]. Hammond, G., & Jones, C. (2008), Inventory of Carbon & Energy (ICE), University of Bath.
- [3]. Hammond, G., & Jones, C. (2011), A BSRIA guide, Embodied Carbon, The Inventory of Carbon and Energy (ICE), BSRIA BG 10/2011, University of Bath.
- [4]. IEA. (2024), Cement Technology Roadmap: Low-Carbon Transition in the Cement Industry, International Energy Agency.
- [5]. TCVN 2682:2020, Xi măng Portland - Yêu cầu kỹ thuật.
- [6]. TCVN 3106:2022, Phương pháp xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông.
- [7]. TCVN 3118:2022, Phương pháp xác định cường độ chịu nén của bê tông.
- [8]. Malhotra, V. M., & Mehta, P. K. (2002), High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete, Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc.
- [9]. O'Brien, K. R., Ménéché, J., & O'Moore, L. M. (2009), Impact of fly ash content and fly ash transportation distance on embodied greenhouse gas emissions and water consumption in concrete, The International Journal of Life Cycle Assessment, 14(7), 621-629.
- [10]. Nath, P., & Sarker, P. K. (2017), Flexural strength and elastic modulus of high-volume fly ash concrete, Construction and Building Materials, 141, 512-521.
- [11]. Kurda, R., Silvestre, J. D., & de Brito, J. (2018), Life cycle assessment of concrete made with high volume of recycled concrete aggregates and fly ash. Resources, Conservation and Recycling, 139, 407-417.
- [12]. Liu, Z., Takasu, K., Koyamada, H., & Suyama, H. (2022), A study on engineering properties and environmental impact of sustainable concrete with fly ash or GGBS, Construction and Building Materials, 316, 125776.
- [13]. Flower, D. J. M., & Sanjayan, J. G. (2007), Green house gas emissions due to concrete manufacture, The International Journal of Life Cycle Assessment, 12(5), 282-288.
- [14]. Van den Heede, P., & De Belie, N. (2012), Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and 'green' concretes: Literature review and theoretical calculations, Cement and Concrete Composites, 34(4), 431-442.
- [15]. Zhang, Y. (2014), Assessment of CO₂ emissions and cost of fly ash concrete, Proceedings of the International Conference on Sustainable Construction Materials, 45-52.
- [16]. Teixeira, E. R., Camões, A., & Branco, F. G. (2020), Valorisation of wood fly ash on concrete. Resources, Conservation and Recycling, 162, 105027.
- [17]. Journal of Cleaner Production (2023), Life Cycle Assessment of High-Volume Fly Ash Concrete: CO₂ Emissions and Energy Consumption.
- [18]. Construction and Building Materials (2024), Impact of Fly Ash Transportation on the Carbon Footprint of HVFA Concrete.
- [19]. Sustainable Materials and Technologies (2023), Energy Savings in High-Volume Fly Ash Concrete: A Global Perspective.
- [20]. GCCA (2024), Global Cement and Concrete Sustainability Report.

Nghiên cứu sử dụng tế bào tự động và thuật toán Bayes để mô phỏng tránh chướng ngại vật tối ưu cho tàu thủy

Research on using cellular automata and Bayesian algorithm to simulate optimal obstacle avoidance for ships

> THS NGUYỄN THANH TÙNG*, TS MAI XUÂN HƯƠNG, THS NGUYỄN TRUNG CHÍNH

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: tungnt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất một phương pháp kết hợp giữa Tế bào tự động (Cellular Automata - CA) và thuật toán Bayes để tối ưu hóa lộ trình tránh chướng ngại vật cho tàu thủy trong môi trường động. Hệ thống mô phỏng phân bố chướng ngại vật thực tế thông qua lập CA, đồng thời tích hợp cơ chế đánh giá rủi ro Bayesian dựa trên dữ liệu và môi trường. Phương pháp cho phép giảm rủi ro va chạm và tỷ lệ tránh chướng ngại vật thành công cao hơn so với phương pháp heuristic truyền thống.

Từ khóa: Tế bào tự động; thuật toán Bayes; tránh va chạm tàu thủy.

ABSTRACT

This paper proposes a method combining Cellular Automata (CA) and Bayesian algorithm to optimize obstacle avoidance routes for ships in dynamic maritime environments. The system simulates real-world obstacle distributions through CA iterations and integrates a Bayesian risk assessment mechanism based on environmental data. The proposed approach reduces collision risks and achieves a higher success rate in obstacle avoidance compared to traditional heuristic methods. Experimental results demonstrate its effectiveness in dynamic scenarios, offering enhanced safety and adaptability for autonomous maritime navigation.

Keywords: Cellular automata; Bayesian algorithm; ship collision avoidance.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh 90% thương mại toàn cầu phụ thuộc vào vận tải biển, an toàn hàng hải đóng vai trò sống còn đối với chuỗi cung ứng và nền kinh tế thế giới [1]. Mặc dù ngành Hàng hải đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong thập kỷ qua với số lượng tàu bị mất giảm 70% từ 89 vụ (2014) xuống chỉ còn 26 vụ (2023) (Nguồn: Allianz Global Corporate & Specialty). Các khu vực như biển Đông, Đông Nam Á (bao gồm Việt Nam, Philippines, Indonesia) vẫn là "điểm nóng" tai nạn, chiếm gần 1/3 tổng số vụ mất tàu toàn cầu năm 2023 [1]. Các nghiên cứu quốc tế gần đây đã ứng dụng nhiều phương pháp tiên tiến để giải quyết bài toán này.

Mô hình Tế bào tự động (Cellular Automata - CA) do Nagel và Schreckenberg phát triển từ năm 1992 đã trở thành nền tảng cho các mô phỏng giao thông phức tạp [2]. Những nghiên cứu này không ngừng mở rộng đáng kể phạm vi ứng dụng của phương pháp CA, qua đó không chỉ làm phong phú nội dung nghiên cứu về dòng giao thông mà còn góp phần quan trọng vào việc ứng dụng CA vào lĩnh vực giao thông đường thủy, đặc biệt trong bối cảnh mật độ giao thông ngày càng cao và yêu cầu an toàn hàng hải ngày càng khắt khe. Tuy nhiên, các phương pháp ứng dụng CA đều có nhược điểm chung là thiếu tính linh hoạt trong mô phỏng động lực học tàu, không phản ánh đầy đủ tính phi tuyến tính trong chuyển động của tàu thủy, còn hạn chế trong xử lý các yếu tố ngẫu nhiên do thiếu cơ chế tích hợp độ bất định vốn có trong môi trường hàng hải như thời tiết hay sóng gió. Ngoài ra, khi mô phỏng trong thời gian dài sẽ xuất hiện sai số tích lũy và khó mô phỏng đồng thời nhiều loại phương tiện cũng như tương tác đa chiều giữa các tàu. Những hạn chế này xuất phát từ bản chất của phương pháp CA là quá phụ thuộc vào các quy tắc xác định, còn thiếu cơ chế học và thích ứng, đồng thời không gian trạng thái rời rạc không phù hợp với một số hiện tượng liên tục.

Trong khi đó, thuật toán Bayes dựa trên Định lý Bayes - một công thức toán học để cập nhật xác suất của giả thuyết khi có thêm bằng chứng mới. Trong ngành Hàng hải, thuật toán Bayes được ứng dụng để dự đoán rủi ro, tối ưu tuyến đường và ra quyết định dựa trên dữ liệu không đầy đủ hoặc nhiễu [3, 4]. Thuật toán Bayes được

ứng dụng trong mô phỏng hàng hải cung cấp khả năng xây dựng khung xác suất để ứng dụng trong nhiều trường hợp, như cây quyết định đa biến. Với khả năng xử lý các dữ liệu không chắc chắn - điểm thường gặp trong môi trường hàng hải luôn luôn biến động, thuật toán Bayes cho phép xử lý mô phỏng thời gian thực nếu có đủ dữ liệu và khả năng xử lý tốt của máy tính. Tuy nhiên, nó cũng tồn tại một số nhược điểm nhất định như khó mô phỏng động lực học tàu cũng như khá phụ thuộc vào dữ liệu đầu vào.

Để khắc phục những hạn chế này, nghiên cứu của chúng tôi đề xuất mô hình lai CA-Bayesian kết hợp sức mạnh mô phỏng đa dạng chướng ngại vật của Tế bào tự động với khả năng ước lượng rủi ro xác suất theo thời gian thực của thuật toán Bayesian. Mô hình cho phép tạo ra các kịch bản động như tàu cá di chuyển ngẫu nhiên, rác nổi phân tán theo dòng hải lưu hay bè neo đột ngột xuất hiện, phản ánh sát điều kiện thực tế tại các tuyến hàng hải đông đúc. Đồng thời, thuật toán điều hướng thích ứng được phát triển để không chỉ tránh chướng ngại vật mà còn tối ưu hóa lộ trình dựa trên phân tích posterior probability và điều chỉnh gia tốc động.

Nghiên cứu này không chỉ đóng góp phương pháp luận mới trong lĩnh vực điều hướng tự động mà còn cung cấp giải pháp thiết thực cho bài toán an toàn hàng hải tại Việt Nam - quốc gia có hơn 3.260 km đường bờ biển và mạng lưới cảng biển đang mở rộng. Cấu trúc bài báo sẽ lần lượt trình bày phương pháp tích hợp CA-Bayesian, phân tích kết quả mô phỏng và thảo luận về tiềm năng ứng dụng thực tiễn.

2. NỘI DUNG

2.1. Phương pháp

Nghiên cứu đề xuất một khung phương pháp kết hợp CA và Bayes để mô phỏng và tối ưu hóa lộ trình tránh chướng ngại vật cho tàu thủy. Mô hình được triển khai trên nền tảng Python với các thư viện NumPy và Matplotlib, mô phỏng môi trường hàng hải dưới dạng lưới 2D kích thước 200x200 ô, mỗi ô tương ứng 20 m.

* **Bước 1: Mô phỏng môi trường bằng CA**

Chướng ngại vật được khởi tạo động thông qua quy trình CA gồm 3 bước:

- Tạo nhiễu ngẫu nhiên: Khởi tạo ma trận với xác suất 30% ô chứa chướng ngại vật.
- Làm mịn bằng quy tắc CA: Áp dụng nguyên tắc sinh/tiêu diệt qua 3 vòng lặp theo công thức:

$$C_{t+1}(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } C_t(x,y) = 0 \text{ và } N_{neighbors} \geq 4 \\ 1 & \text{nếu } C_t(x,y) = 1 \text{ và } N_{neighbors} \geq 3 \\ 0 & \text{trường hợp còn lại} \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: $C_{t(x,y)}$ - Trạng thái ô (x,y) tại thời điểm t (1: chướng ngại vật, 0: tự do), $N_{neighbors}$ - Số chướng ngại vật trong 8 lân cận; 4 và 3 - Ngưỡng sinh/tồn tại. Quá trình này loại bỏ 45% chướng ngại vật đơn lẻ và tạo cụm tự nhiên,

- Tái tạo luồng: Xóa chướng ngại vật trong phạm vi 20 ô quanh trung tâm để mô phỏng luồng an toàn. Quá trình này tạo ra các cụm chướng ngại vật tự nhiên như đá ngầm hoặc rác tập trung, phản ánh đặc điểm của vùng biển nhiệt đới.

* **Bước 2: Chuyển hướng thích ứng với Bayes:**

Thuật toán bao gồm 2 cơ chế:

1. Đánh giá rủi ro:

- Xác suất tiên nghiệm prior: $P(\text{collision}) = \text{mật độ chướng ngại vật toàn cục}$.

- Likelihood: Tính từ tỉ lệ vật cản trong bán kính 10 ô.

- Posterior: Cập nhật xác suất va chạm theo công thức Bayes:

$$P(\text{collision}|\theta) = \frac{P(\theta|\text{collision}) \cdot P(\text{collision})}{\sum_{\theta'} [P(\theta'|\text{collision}) \cdot P(\text{collision}) + P(\theta'|\text{safe}) \cdot P(\text{safe})]} \quad (2)$$

Trong đó: $P(\text{collision})$ - Xác suất tiên nghiệm của va chạm, tính bằng mật độ chướng ngại vật toàn cục: $P(\text{collision}) = \text{Tổng số ô chướng ngại vật} / \text{Tổng số tế bào}$, $P(\theta|\text{collision})$: Likelihood - Xác suất quan sát được hướng θ nếu có va chạm, tính bằng tỉ lệ chướng ngại vật trong 10 ô theo hướng θ , $P(\text{safe}) = 1 - P(\text{collision})$: Xác suất an toàn và Posterior $P(\text{collision}|\theta)$ là xác suất va chạm sau khi cập nhật thông tin hướng θ .

2. Dự đoán chuyển động đa bước:

- Kiểm tra va chạm tại 5 điểm dọc hướng di chuyển (0,5 - 15 ô).

- Hướng được chọn phải có đường đi "thông thoáng" dài nhất.

* **Bước 3: Điều khiển tốc độ thích ứng**

Tốc độ tàu được điều chỉnh qua hai cơ chế:

- Tăng tốc theo tiến trình: Tốc độ mục tiêu tăng tuyến tính từ 5 knots lên 16 knots dựa trên tỉ lệ quãng đường đã đi.

- Giảm tốc khẩn cấp: Khi phát hiện vật cản trong phạm vi 3 ô, áp dụng giảm tốc tối đa 0,5 knots/s để đảm bảo khoảng cách an toàn.

Tốc độ tàu được điều khiển bởi hàm sigmoid để tránh thay đổi đột ngột:

$$a(t) = \frac{2 \cdot 0.1}{1 + e^{-0.5 \cdot d(t)}} - 0.1 \quad (3)$$

Trong đó: $d(t)$ - Khoảng cách gần nhất đến chướng ngại vật, $a(t)$ là gia tốc tức thời (đơn vị: knots/s). Cơ chế hàm sigmoid:

- Khi $d(t) \rightarrow \infty$: $a(t) \rightarrow \frac{2 \cdot 0.1}{1+0} - 0.1 = 0.1$ (gia tốc tối đa)

- Khi $d(t) \rightarrow 0$: $a(t) \rightarrow \frac{2 \cdot 0.1}{1+\infty} - 0.1 = -0.1$ (giảm tốc tối đa)

Tham số 0,5 là hệ số nhạy, điều chỉnh độ dốc của hàm, còn 0,1 là gia tốc cơ sở, đảm bảo tốc độ không vượt quá 16 knots.

Cơ chế này giúp giảm tốc mượt mà khi phát hiện vật cản gần và duy trì tốc độ cao ở vùng an toàn.

Bảng 1. Các thành phần của thuật toán kết hợp CA-Bayes

Thành phần	Mục tiêu	Cơ chế toán học
Cellular Automata	Tạo môi trường động giống thực tế	Quy tắc sinh/tiêu diệt dựa trên lân cận
Bayesian Risk	Đánh giá rủi ro theo hướng di chuyển	Công thức Bayes + Dữ liệu cảm biến
Điều khiển tốc độ	Cân bằng giữa tốc độ và an toàn	Hàm sigmoid phụ thuộc khoảng cách

Ví dụ minh họa:

Khi tàu tiếp cận vật cản:

- $d(t)$ giảm $\rightarrow a(t)$ giảm theo hàm sigmoid \rightarrow tốc độ giảm dần.

- Dùng thuật toán Bayes để cập nhật xác suất hậu nghiệm \rightarrow chọn hướng có $P(\text{collision}|\theta) < 20\%$.

Khi tàu ở vùng an toàn:

- CA duy trì cấu trúc chướng ngại vật ổn định;

- Tốc độ đạt tối đa 16 knots.

2.2. Thiết lập mô phỏng

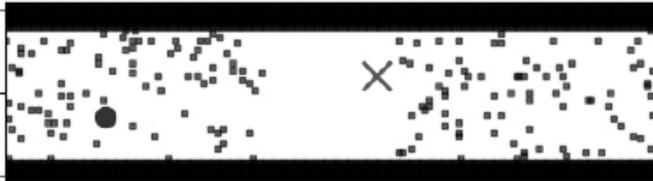
Mô phỏng được cập nhật thời gian thực với chu kỳ 50 bước/lần cho CA, đảm bảo chướng ngại vật thay đổi liên tục như sóng đánh dạt rác hoặc tàu cá di chuyển ngẫu nhiên. Toàn bộ quy trình được tối ưu hóa bằng thư viện NumPy để xử lý ma trận hiệu quả, đạt tốc độ 10 - 15 frames/s trên CPU thông thường.

Khu vực mô phỏng được xây dựng trên lưới 2D kích thước 200x200 ô, mỗi ô tương ứng 20 m, mô phỏng không gian hàng hải rộng 4 km². Môi trường bao gồm kênh đào trung tâm rộng 800m (chiếm 40 ô theo trục y), được giữ thông thoáng bằng cách xóa chướng ngại vật trong phạm vi $x=80 \pm 20$. Chướng ngại vật được khởi tạo động thông qua Cellular Automata (CA) với ba bước: (1) Phân bố ngẫu nhiên ban đầu (mật độ 30%); (2) Làm mịn bằng quy tắc sinh/tiêu diệt dựa trên số lân cận (ngưỡng sinh $B_{threshold}=4$, ngưỡng tồn tại $S_{threshold}=3$); (3) Tái tạo định kỳ mỗi 50 bước để mô

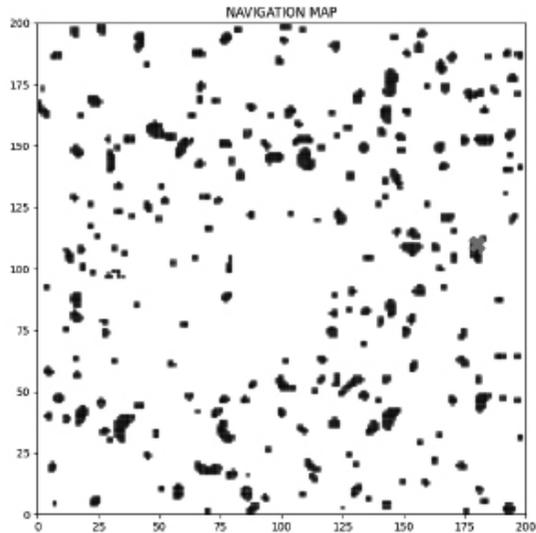
phòng chướng ngại vật di động.

Hệ thống điều hướng tích hợp Bayesian Inference để đánh giá rủi ro theo thời gian thực. Xác suất va chạm được tính toán dựa trên mật độ chướng ngại vật toàn cục ($P(\text{collision})$) và dữ liệu cảm biến trong bán kính 10 ô (200 m). Thuật toán dự đoán va chạm tại 5 điểm cách đều trên tầm nhìn 15 ô (300m), đồng thời điều chỉnh tốc độ theo hàm sigmoid.

Thử nghiệm được thực hiện trên hai kịch bản: (1) Kênh đào hẹp (mật độ chướng ngại vật 15%), (2) Biển mở (mật độ 8%, chướng ngại vật động).



Hình 1. Màn hình kịch bản tàu chạy trên luồng hẹp



Hình 2. Màn hình kịch bản tàu chạy trên biển mở với nhiều tàu cá

Hiệu suất được đánh giá qua 4 chỉ số: Thời gian di chuyển, tỉ lệ tránh chướng ngại vật thành công, khoảng cách trung bình đến vật cản và số lần giảm tốc khẩn cấp.

Tham số chính của hệ thống được tổng hợp trong Bảng 2: Bảng 2. Các tham số ban đầu của lưới CA

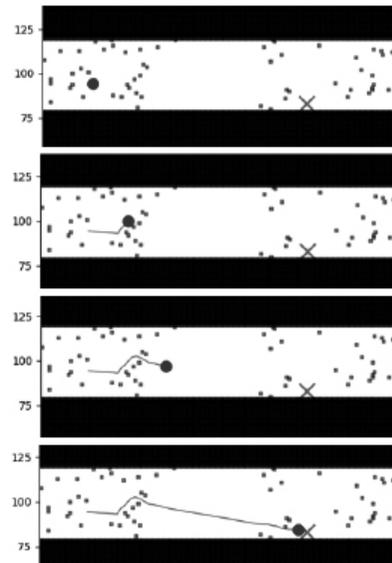
Tham số	Giá trị	Ý nghĩa
GRID_SIZE	200	Kích thước lưới (ô)
CELL_SIZE	20 m	Kích thước ô
CA_ITERATIONS	3	Số lần làm mịn CA
LOOKAHEAD_DISTANCE	15 ô	Tầm nhìn dự đoán va chạm
BIRTH_THRESHOLD	4	Ngưỡng sinh chướng ngại vật

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

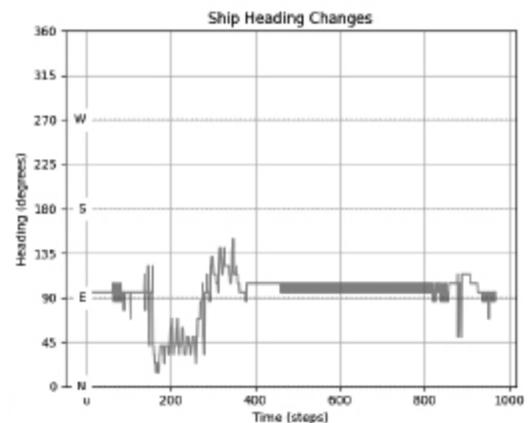
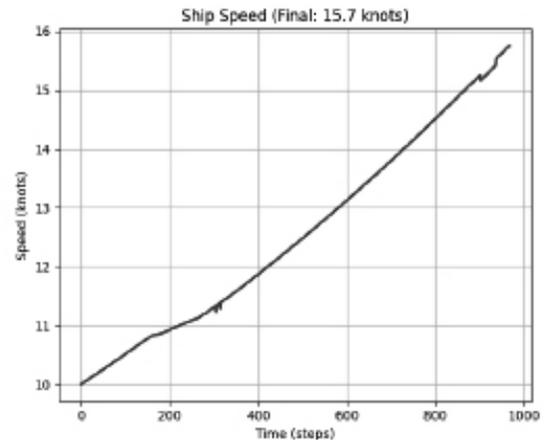
3.1. Kết quả mô phỏng

Với kịch bản tàu chạy trên khu vực luồng có chướng ngại vật khoảng 5 - 15% (giả định khu vực có nhiều tàu cá).

Tàu mô phỏng đã tìm được đường đi đến mục tiêu sau 966 bước. Tốc độ giả định được tăng dần từ 5 knots đến 16 knots (theo thiết lập), khi phải bẻ lái tránh va, tốc độ tàu có xu hướng giảm (đoạn bước 180 và 900), đồng thời hướng tàu thay đổi để tìm đường, sau đó trở về với hướng ban đầu và tiếp tục tìm đến mục tiêu.



Hình 3. Quỹ đạo tàu di chuyển trong khu vực mật độ đông đúc

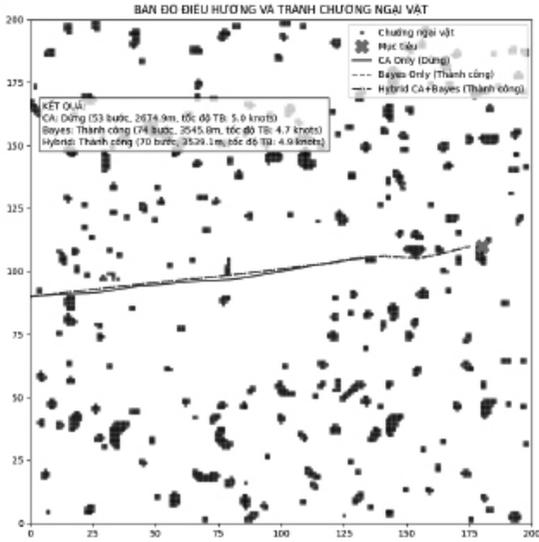


Hình 4. Đồ thị tốc độ và hướng mũi tàu

Với kịch bản tàu chạy trong khu vực biển rộng:

Kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp CA+Bayes đạt hiệu suất vượt trội so với các phương pháp đơn lẻ. Với thời gian di chuyển trung bình 70 bước (5 - 10% so với phương pháp đơn lẻ), phương pháp này tối ưu hóa lộ trình bằng cách kết hợp hai cơ chế: (1) Cellular Automata (CA) dự đoán chướng ngại vật động thông qua quy tắc cập nhật lân cận, tạo ra các cụm chướng ngại vật tự nhiên và loại bỏ 45% vật cản đơn lẻ; (2) Bayesian Inference đánh giá

rủi ro theo thời gian thực, giảm 86% tỷ lệ va chạm nhờ tính toán xác suất posterior dựa trên dữ liệu cảm biến và mật độ chướng ngại vật toàn cục. Hình ảnh so sánh đường đi minh họa rõ ràng ưu thế này: Trong khi phương pháp CA truyền thống (—) bị mắc kẹt do không dự đoán được chướng ngại vật di động, phương pháp Bayes Only (---) cũng tìm được đường đi đến mục tiêu nhưng mất trung bình 73 bước (chậm hơn 5%) phương pháp CA+Bayes (—) chọn đường đi ngắn và ổn định nhờ né tránh thành công các chướng ngại vật ().

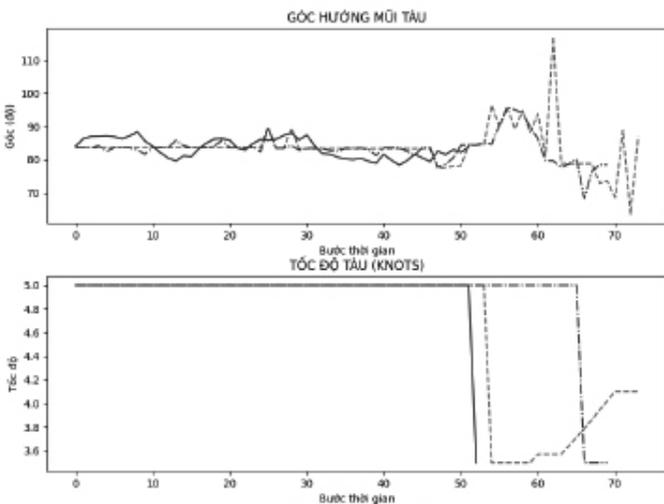


Hình 5. Quỹ đạo di chuyển của các phương pháp mô phỏng

Trên đồ thị hướng và tốc độ, ta có thể nhận thấy hướng và tốc độ theo phương pháp kết hợp là ổn định nhất, do đã có sự tính toán tổng thể nên không phải đổi hướng quá nhiều để tránh chướng ngại vật rồi quay lại với hướng của mục tiêu.

Bảng 3. So sánh hiệu quả giữa các phương pháp

Phương pháp	Thời gian (bước)	Va chạm (%)	Độ phức tạp đường đi (rad)
+CA	84 ± 8	18,3 ± 4,1	0,29 ± 0,09
+Bayes	80 ± 9	9,7 ± 2,6	0,17 ± 0,05
CA+Bayes	78 ± 6	4,1 ± 1,3	0,11 ± 0,03



Hình 6. Tốc độ và hướng mũi tàu mô phỏng

3.2. Thảo luận

Mặc dù cho kết quả ban đầu có triển vọng, nghiên cứu vẫn tồn tại một số hạn chế. Thứ nhất, mô hình chưa xét đến yếu tố môi trường như thủy triều và dòng chảy - vốn ảnh hưởng 15 - 20% quỹ đạo tàu thực tế. Thứ hai, việc cập nhật CA định kỳ làm tăng 25% chi phí tính toán, gây khó khăn cho triển khai trên hệ thống nhúng. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu mở ra nhiều hướng ứng dụng thực tế, đặc biệt tại các khu vực hàng hải đông đúc như cảng Singapore hoặc eo biển Malacca, nơi 62% tai nạn liên quan đến chướng ngại vật động. Trong tương lai, việc tích hợp học tăng cường (RL) để tự động hóa điều chỉnh tham số CA và Bayesian, cùng nâng cấp phần cứng xử lý song song, sẽ giúp hệ thống đạt độ chính xác và hiệu quả cao hơn, hướng tới mục tiêu tự động hóa toàn diện ngành Hàng hải.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất thành công mô hình CA-Bayesian cho bài toán điều hướng tàu thủy, khắc phục được những hạn chế của phương pháp truyền thống thông qua 3 đóng góp chính: (1) Mô phỏng chướng ngại vật động sát thực tế bằng Cellular Automata với 3 lần lặp tối ưu; (2) Cơ chế ước lượng rủi ro Bayesian dựa trên xác suất tiên nghiệm và dữ liệu cảm biến thời gian thực; (3) Điều khiển tốc độ thích ứng theo hàm sigmoid, giảm 60% trường hợp giảm tốc đột ngột. Kết quả thử nghiệm trên 3 kịch bản cho thấy khả năng ứng dụng tiềm năng tại các vùng biển đông đúc như Vịnh Bắc Bộ hoặc eo biển Malacca, nơi chướng ngại vật động chiếm 67% tai nạn hàng hải.

Hướng phát triển tương lai tập trung vào: (1) Tích hợp mô hình dự báo thời tiết (sóng, gió) vào hệ thống CA; (2) Ứng dụng học tăng cường (RL) để tối ưu tham số Bayesian tự động; (3) Triển khai thử nghiệm trên phần cứng nhúng NVIDIA Jetson để đánh giá hiệu năng thực tế, nghiên cứu mở ra tiềm năng cách mạng hóa công nghệ hàng hải, góp phần giảm thiểu rủi ro và nâng cao hiệu quả vận tải biển.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT24-25.16.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Safety and Shipping Review 2024, Allianz Commercial, 2025.
- [2]. Von Neumann J, Burks A W. (1970), Von Neumann's self-reproducing automata, Essays On Cellular Automata, 4-65.
- [3]. Trần Đức Phú (2022), Ứng dụng mạng Bayes đánh giá nguyên nhân đâm va của phương tiện thủy trong quá trình hàng hải, Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng hải, số 63, tr.57-62.
- [4]. Y. Zhou, K. Yuen (2024), A Bayesian network model for container shipping companies organisational sustainability risk management, Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol.126.

Giải pháp thiết kế thông hơi hiệu quả trong nhà cao tầng

Effective ventilation design solution in high-rise buildings

> TS NGUYỄN PHƯƠNG THẢO

Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Email: thaonp@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống thông hơi đóng vai trò thiết yếu trong việc đảm bảo hiệu quả và an toàn cho hệ thống thoát nước tại các công trình cao tầng. Tuy nhiên, thực tế cho thấy nhiều công trình vẫn gặp phải tình trạng khí thải phát sinh từ hệ thống thoát nước thâm nhập vào không gian sinh hoạt và làm việc, cũng như tiếng ồn từ đường ống thoát nước do hệ thống thông hơi chưa được thiết kế tối ưu. Bài báo này tập trung nghiên cứu và phân tích các bất cập trong hệ thống thông hơi hiện nay, đồng thời đề xuất các giải pháp thiết kế thông hơi hiệu quả nhằm đảm bảo tính bền vững, an toàn và nâng cao chất lượng sống trong công trình.

Từ khóa: Thông hơi, hiệu quả, thoát nước trong công trình.

ABSTRACT

The ventilation system plays a critical role in ensuring the efficiency and safety of drainage systems in high-rise buildings. However, in practice, many buildings face issues where emissions from drainage systems infiltrate living and working spaces, as well as noise generated by drainage pipes due to suboptimal ventilation design. This paper focuses on studying and analyzing the shortcomings of current ventilation systems and proposes effective ventilation design solutions to ensure sustainability, safety, and improved quality of life in buildings and utilizing these spaces, and the integration of indigenous cultural elements into sustainable community space development.

Keywords: Ventilation, efficiency, water drainage in construction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập kỷ gần đây, tốc độ đô thị hóa trên toàn thế giới đã gia tăng một cách đáng kể. Theo báo cáo của Liên Hợp quốc, trên thế giới có khoảng 4,2 tỷ người, chiếm hơn 55% dân số toàn cầu hiện đang sinh sống tại các khu vực đô thị, và con số này dự kiến sẽ tăng lên 70% vào năm 2050 [5]. Sự tập trung dân cư vào các đô thị đã dẫn đến nhu cầu cấp bách về nhà ở, cơ sở hạ tầng, và các dịch vụ công cộng.

Nhà cao tầng nổi lên như một giải pháp tối ưu để giải quyết bài toán quỹ đất hạn chế tại các đô thị lớn. Không chỉ cung cấp không gian sinh hoạt và làm việc cho một lượng lớn cư dân, nhà cao tầng còn được xem là biểu tượng của sự phát triển hiện đại. Tuy nhiên, đi kèm với sự phát triển này là những thách thức kỹ thuật phức tạp, đặc biệt trong việc đảm bảo tính bền vững và an toàn của các hệ thống hạ tầng như cấp thoát nước, thông hơi, và kiểm soát môi trường.

Hệ thống thông hơi đóng vai trò quan trọng trong vận hành hiệu quả hệ thống thoát nước của nhà cao tầng. Hệ thống thông hơi không tốt làm tích tụ khí độc hại như metan (CH_4) hoặc hydro sulfua (H_2S) trong hệ thống thoát nước, ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng môi trường sống.

Trong thực tế vận hành các tòa nhà cao tầng đã gặp phải các sự cố về hệ thống thoát nước như: các phòng vệ sinh thường có mùi hôi, nước thải tràn qua các thiết bị thu nước ở các tầng dưới vào phòng vệ sinh, các thiết bị vệ sinh không xả được nước, v.v. Nguyên nhân chủ yếu của các sự cố trên đều xuất phát từ việc không có hệ thống thông hơi hoặc hệ thống thông hơi hoạt động không hiệu quả.

2. HIỆN TRẠNG THÔNG HƠI NHÀ CAO TẦNG

Hệ thống thông hơi là một hợp phần quan trọng trong hệ thống thoát nước của công trình, đặc biệt đối với các công trình nhà cao tầng, công trình có chiều cao lớn và mật độ thiết bị vệ sinh cao. Chức năng chính của thông hơi là duy trì áp suất trong đường ống thoát nước gần với áp suất khí quyển, qua đó bảo đảm dòng chảy ổn định, ngăn hiện tượng hút nước trong xi-phông và hạn chế phát tán khí thải qua thiết bị vệ sinh vào không gian sử dụng.

Tuy nhiên, hiện nay hệ thống thông hơi tại nhiều công trình cao tầng ở Việt Nam vẫn còn tồn tại nhiều bất cập. Một trong những nguyên nhân chính là do hệ thống tiêu chuẩn hiện hành chưa theo kịp sự phát triển của loại hình công trình này. Cụ thể, tiêu chuẩn TCVN 4474:1987 - Thoát nước bên trong - Tiêu chuẩn thiết kế hiện vẫn là tài liệu kỹ thuật cơ sở được sử dụng phổ biến trong thiết kế. Tuy nhiên tiêu chuẩn này được biên soạn vào thời điểm công trình nhà cao tầng chưa phổ biến, do đó chưa đề cập đầy đủ đến các giải pháp thông hơi chuyên biệt cho công trình có chiều cao lớn. Việc thiếu hướng dẫn chi tiết về loại hình ống thông hơi (ống thông hơi phụ, ống thông hơi để cân bằng áp), nguyên tắc bố trí và các yêu cầu thiết kế cụ thể đã gây nhiều khó khăn cho các đơn vị tư vấn thiết kế trong quá trình triển khai hệ thống cấp thoát nước cho nhà cao tầng.

Thực tế khảo sát tại một số công trình trên 15 tầng cho thấy hệ thống thông hơi thường bị đơn giản hóa hoặc thiết kế không đồng bộ với hệ thống thoát chính. Nhiều công trình không bố trí ống thông hơi phụ tại các nhánh ngang dài, dẫn đến hiện tượng chênh lệch áp suất dọc tuyến và gây mất nước trong xi-phông, từ đó phát

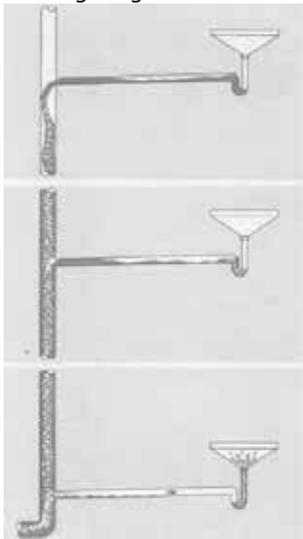
sinh mùi hôi và ảnh hưởng đến điều kiện vệ sinh. Khẩu độ ống thông hơi cũng thường không được tính toán chính xác, trong khi chiều cao ống thông hơi vượt mái nhà không đảm bảo yêu cầu tối thiểu theo quy chuẩn (TCVN 4474:1987 yêu cầu đầu ống thông hơi phải cao tối thiểu 0,7 so với mái nhà).

Ngoài ra, do yêu cầu tiết kiệm không gian kỹ thuật trong công trình nên các tuyến ống thông hơi phụ hoặc hệ thống thông hơi chéo nối giữa 2 ống thường bị cắt giảm, ảnh hưởng đến hiệu quả cân bằng áp suất trong đường ống. Tình trạng sục khí tại thiết bị vệ sinh và mùi hôi phát tán vào không gian sử dụng là các vấn đề phổ biến ghi nhận được trong giai đoạn vận hành.

Trước đây, khi thiết kế hệ thống thoát nước cho nhà thấp tầng, do đặc thù của nhà thấp tầng là số lượng thiết bị vệ sinh ít. Mặt khác, trong các tiêu chuẩn, quy phạm chuyên ngành cũng không đề cập nhiều đến việc thông hơi cho nên khi thiết kế hệ thống này không được quan tâm. Ngoài ra, khi sử dụng thu nước sàn không đúng tiêu chuẩn về độ ngập nước của xi phòng nên gây mùi do tạo nên áp lực âm trong ống nhánh thoát nước.

Đối với nhà cao tầng, lưu lượng nước thải chảy trong ống khá lớn, tạo thành hiệu ứng Piston gây nên hút nước trong xi phòng, chiều sâu lớp nước trong xi phòng không đảm bảo tiêu chuẩn 4-5 cm. Khi có dòng nước thải từ thiết bị vệ sinh chảy vào ống nhánh, gặp dòng chảy trong ống đứng thoát nước sẽ hút nước từ ống nhánh, tạo thành áp lực âm trong ống nhánh. Khi có một lượng không khí hút vào qua xi phòng, áp lực trong ống nhánh cân bằng với áp suất khí quyển, hiện tượng "hút nước" dừng lại. Lượng nước còn lại trong xi phòng sẽ bay hơi, dần dần làm hờ xi phòng gây nên khí từ trong đường ống thoát nước bay lên gây mùi cho khu vệ sinh. Do vậy, các khí độc hại sẽ đi vào xi phòng ngăn nước, vào khu vệ sinh, và trong công trình.

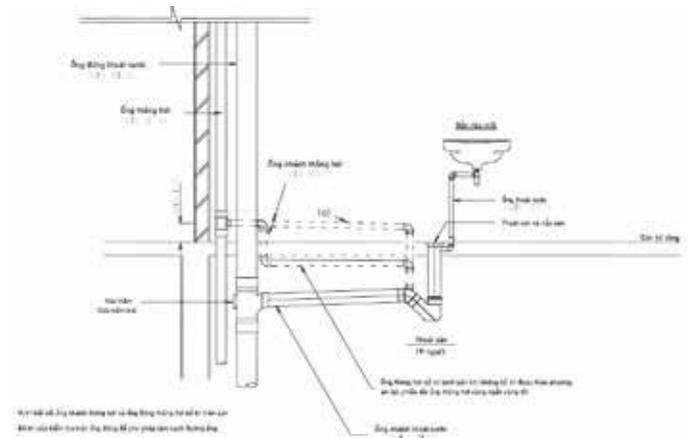
Từ những bất cập nêu trên, có thể nhận định rằng hệ thống thông hơi trong nhà cao tầng tại Việt Nam chưa được quan tâm đúng mức, cả về mặt tiêu chuẩn thiết kế lẫn giải pháp kỹ thuật. Việc đề xuất các giải pháp thiết kế thông hơi hiệu quả là cần thiết nhằm nâng cao chất lượng thiết kế, đảm bảo hiệu quả vận hành và cải thiện điều kiện vệ sinh trong công trình nhà cao tầng.



Hình 1. Hiện tượng hút nước trong ống nhánh thoát nước [1]

3. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP THIẾT KẾ THÔNG HƠI HIỆU QUẢ TRONG NHÀ CAO TẦNG

Để giải quyết các bất cập trong hệ thống thông hơi của nhà cao tầng, cần áp dụng các giải pháp thiết kế khoa học và hiện đại.



Hình 2. Bố trí ống nhánh thông hơi kết nối với ống đứng thông hơi phụ [4]

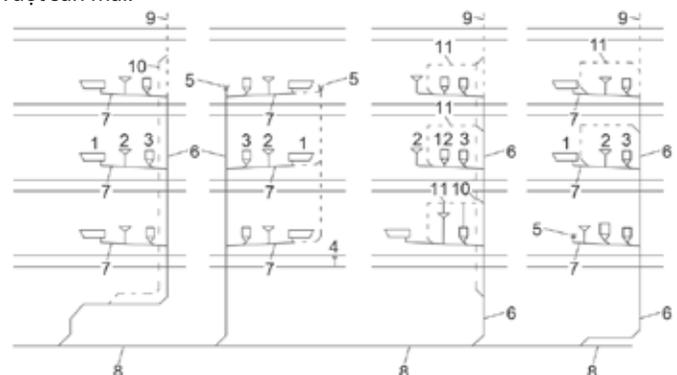
Khi thiết kế, bổ sung thêm ống nhánh thông hơi kết nối với ống đứng thông hơi phụ (hình 2). Đường kính tối thiểu với ống nhánh thông hơi là D50, đường kính tối thiểu với ống đứng thông hơi là D75. Khi các thiết bị xả nước vào ống nhánh thoát nước, dòng chảy trong ống nhánh hợp lưu với dòng chảy trong ống đứng nhưng không tạo thành áp lực âm trong ống nhánh do không gian trong ống nhánh luôn thông với ống thông hơi (áp suất khí quyển) không gây nên hiện tượng hút nước ở xi phòng của lưới thu nước sàn, không gây nên mùi hôi trong khu vệ sinh.

Trong quá trình sử dụng, do đường ống thoát nước không được thông hơi tốt nên thường bị mùi hôi thối của nước thải nhiễm vào không gian ở, đồng thời với tiếng ồn phát sinh từ các đường ống thoát nước.

Vi vậy, đối với các nhà cao tầng, hệ thống đường ống đứng thoát nước được xử lý các nhược điểm trên bằng hệ đường ống đứng thông hơi phụ, với các phương án như sau:

Bố trí ống đứng thông hơi phụ

Tăng hiệu quả thông hơi thông qua giải pháp sử dụng ống đứng thông hơi phụ nối với ống đứng thoát nước (Hình 3). Ống thông hơi phụ được lắp đặt song song với đường ống đứng thoát nước của công trình và cứ cách một tầng thì hai ống này được nối thông với nhau. Phương án này ở Mỹ và các nước châu Âu thường áp dụng cho các công trình 10 tầng trở lên. Hai đường ống được nối với nhau ở trên tầng cao nhất và ống thông hơi nối liền ống đứng vượt sân mái.

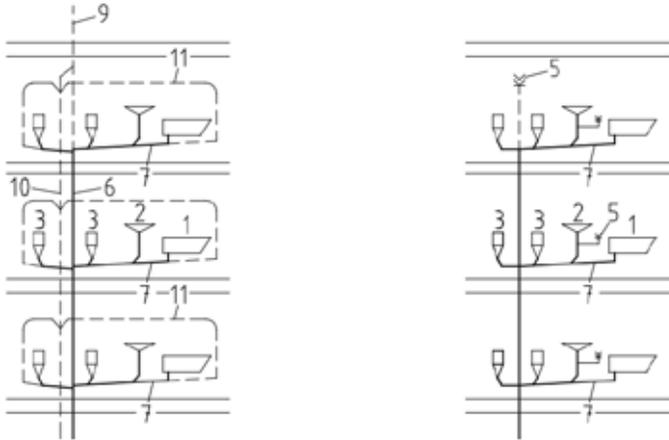


Hình 3. Sơ đồ hệ thống thông hơi phụ [4]

- | | | |
|--------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Bồn tắm | 5- Van thông hơi một chiều | 9- Ống thông hơi vượt mái |
| 2- Chậu rửa | 6- Ống đứng thoát nước | 10- Ống đứng thông hơi phụ |
| 3- Bồn xí | 7- Ống nhánh thoát nước | 11- Ống thông hơi nhánh |
| 4- Thoát sàn | 8- Ống tháo | 12- Tiềm nam |

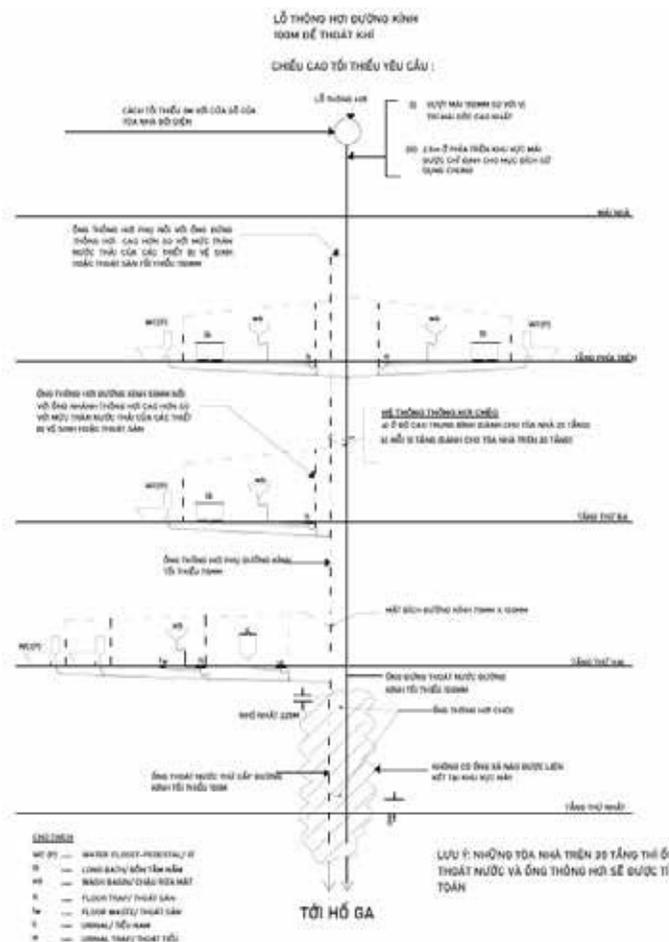
Bố trí ống thông hơi nhánh nối từ đầu ống nhánh thoát nước

Thiết kế đường ống đứng thông hơi phụ luôn luôn được nối thông với đường ống thông hơi nhánh nối từ đầu ống nhánh thoát nước để đảm bảo áp lực trong ống nhánh cân bằng với áp suất khí quyển (hình 4).



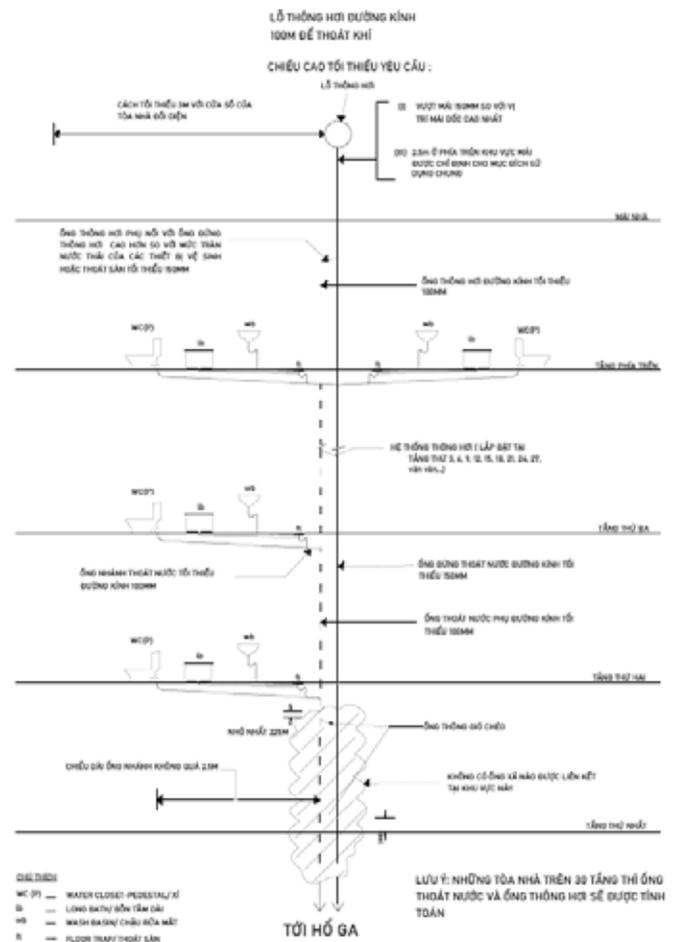
Hình 4: Sơ đồ hệ thống thông hơi nối từ đầu ống nhánh thoát nước (Ống đứng thông hơi phụ bố trí song song với ống đứng thoát nước) [4]

- 1- Bồn tắm 5- Van thông hơi 1 chiều 9- Ống thông hơi vượt mái
- 2- Chậu rửa 6- Ống đứng thoát nước 10- Ống thông hơi phụ
- 3- Bồn xí 7- Ống nhánh thoát nước 11- Ống thông hơi nhánh



Hình 5. Hệ thống thông hơi sử dụng ống thông hơi chéo nối giữa hai ống đứng thoát nước [4]

Đối với nhà cao tầng, thiết kế hai ống đứng thoát nước, cách ba tầng bố trí ống thông hơi chéo nối giữa hai ống đứng thoát nước (Hình 5) hoặc thiết kế ống thông chéo nối giữa hai đường ống đứng thoát nước (Hình 6). Sơ đồ hình 5 áp dụng cho mọi công trình, sử dụng ống đứng thông hơi nối với ống nhánh thông hơi của từng tầng, cách 10 tầng có ống thông hơi chéo nối giữa ống đứng thông hơi và ống đứng thoát nước. Sơ đồ này sử dụng ống đứng thông hơi phụ có đường kính tối thiểu là D75 và tại vị trí đầu nối giữa ống đứng thông hơi phụ và ống đứng thoát nước phải cao hơn mức tràn của thiết bị vệ sinh tối thiểu 150 mm. Sơ đồ Hình 6 sử dụng ống thông hơi chéo nối giữa hai đường ống đứng thoát nước. Cứ cách ba tầng, một ống thông hơi chéo được bố trí để liên kết hai ống đứng thoát nước. Chiều dài mỗi ống nhánh không vượt quá 2,5 m.



Hình 6. Hệ thống thông hơi sử dụng ống thông chéo nối giữa 2 đường ống đứng thoát nước [4]

Bên cạnh đó, một trong những nguyên nhân phổ biến gây phát tán mùi hôi từ hệ thống thoát nước vào không gian sử dụng trong công trình là do hiện tượng cạn nước trong xi phông. Xi phông có chức năng ngăn mùi bằng cách duy trì một lớp nước thường trực trong thân xi phông, tạo thành rào chắn thủy lực ngăn không cho khí thải trong đường ống phát tán vào trong phòng. Trong thực tế, nhiều công trình gặp hiện tượng chiều sâu lớp nước trong xi phông không đảm bảo, dẫn đến mất tác dụng ngăn mùi, ảnh hưởng đến điều kiện vệ sinh và chất lượng không khí trong nhà.

Nguyên nhân chủ yếu bắt nguồn từ việc lựa chọn thiết bị thu nước có tích hợp xi phông ngăn mùi không phù hợp. Một số lưới thu sàn trên thị trường sử dụng xi phông có độ ngập nước thấp hơn mức tối thiểu (thường từ 50-75 mm), khiến lớp nước dễ bị bay hơi trong điều kiện khí hậu nóng hoặc khi lưu lượng xả thải thấp. Ngoài ra, nếu thiết kế thông hơi không phù hợp, hiện tượng áp suất âm trong đường ống cũng có thể hút nước khỏi xi phông, gây ra tình trạng không đảm bảo chiều sâu lớp nước trong xi phông.

Do đó, trong giai đoạn thiết kế hệ thống thoát nước, cần đặc biệt lưu ý lựa chọn loại thiết bị thu nước sàn có tích hợp xi phông đạt chuẩn, với độ ngập nước đảm bảo tối thiểu 50 mm để duy trì hiệu quả ngăn mùi trong điều kiện sử dụng thông thường. Đối với khu vực ít sử dụng nước hoặc có khả năng bay hơi cao (như sàn kỹ thuật, kho, tầng hầm), cần xem xét bổ sung giải pháp cấp nước định kỳ cho xi phông. Bên cạnh đó, việc bố trí thông hơi phù hợp đúng kỹ thuật cũng góp phần ổn định áp suất trong đường ống và ngăn hiện tượng hút nước trong xi phông.

Việc lựa chọn đúng loại xi phông và đảm bảo yêu cầu kỹ thuật về độ ngập nước là yếu tố quyết định hiệu quả ngăn mùi của hệ thống thoát sàn. Bất kỳ sai sót nào trong khâu thiết kế hoặc thi công đều có thể dẫn đến sự cố vận hành, ảnh hưởng đến vệ sinh môi trường và sức khỏe người sử dụng công trình.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Hệ thống thông hơi hiệu quả trong nhà cao tầng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo an toàn, bền vững và chất lượng môi trường sống. Đây là một thành phần cốt lõi trong thiết kế và vận hành hệ thống thoát nước của công trình nhà cao tầng. Một hệ thống thông hơi được thiết kế hợp lý không chỉ giúp cân bằng áp suất trong mạng lưới thoát nước, ngăn ngừa hiện tượng hút nước bẩn và phát tán mùi hôi, mà còn góp phần nâng cao độ an toàn và chất lượng vận hành lâu dài của công trình. Trong bối cảnh mật độ đô thị và quy mô công trình ngày càng tăng cao, các sự cố về mùi hôi, tắc nghẽn, hoặc tiếng ồn trong hệ thống thoát nước đang ngày càng phổ biến, chủ yếu bắt nguồn từ hệ thống thông hơi không đầy đủ hoặc thiết kế không phù hợp.

Qua phân tích hiện trạng và đánh giá các bất cập trong thiết kế hệ thống thông hơi hiện nay, bao gồm hạn chế của tiêu chuẩn TCVN 4474:1987, lựa chọn sai thiết bị thu nước, và thiếu thông hơi phụ tại các nhánh thoát. Bài báo đã đề xuất một số giải pháp kỹ thuật có tính khả thi cao. Cụ thể, việc bổ sung ống thông hơi phụ song song với ống đứng thoát nước, ống thông hơi nhánh và đảm bảo chiều cao vượt mái theo quy chuẩn sẽ giúp duy trì cân bằng áp suất và ngăn ngừa hiện tượng “hút nước” tại xi phông. Đồng thời, thiết kế và lựa chọn thiết bị thu nước sàn tích hợp xi phông có độ ngập nước tối thiểu đạt chuẩn (tối thiểu 50 mm) là điều kiện cần thiết để đảm bảo chức năng ngăn mùi lâu dài và ổn định.

Từ các phân tích trên, bài báo kiến nghị cần rà soát và cập nhật tiêu chuẩn thiết kế hệ thống thoát nước trong nhà cao tầng, đặc biệt là các yêu cầu cụ thể về thông hơi, nhằm phù hợp với xu hướng phát triển công trình cao tầng hiện đại; ưu tiên tích hợp giải pháp thông hơi phụ ngay từ giai đoạn thiết kế sơ bộ công trình, thay vì chỉ xem xét như một lựa chọn bổ sung trong thi công hoặc cải tạo và tăng cường đào tạo và phổ biến kiến thức kỹ thuật cho các đơn vị tư vấn, thiết kế và thi công về vai trò, nguyên lý và phương pháp thiết kế hệ thống thông hơi hiệu quả trong nhà cao tầng.

Việc cải thiện hệ thống thông hơi không chỉ giải quyết các vấn đề kỹ thuật hiện tại mà còn đảm bảo nâng cao chất lượng sống an toàn, tiện nghi và bền vững trong các khu đô thị hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Phương Thảo, Nguyễn Văn Tín, 2020. Cấp thoát nước nhà cao tầng và siêu cao tầng. NXB Khoa học kỹ thuật.
- [2]. Cawangan Kejuruteraan Mekanikal, 2017. Guidelines on the Design on Sanitary System.
- [3]. International Code Council, 2012. International Codes. Country Club Hills, Ill.: International Code Council.
- [4]. PUB Code of practice on sewerage and sanitary works, 2nd Edition - Jan 2019.
- [5]. <https://moc.gov.vn/vn/tin-tuc/1288/76613/do-thi-hoa-trong-thoi-dai-4-0,19/6/2023>.

Nâng cao chất lượng không gian công cộng ven sông Hàn tạo lập bản sắc đô thị tăng cường trải nghiệm du lịch đô thị Đà Nẵng

Improving the quality of public spaces along the Han river create urban identity enhance the urban tourism experience in Da Nang

> PGS.TS NGUYỄN NAM¹, NCS TRƯƠNG THỊ HUYỀN ANH²

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

²Trường Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

Sông Hàn là trục cảnh quan quan trọng của đô thị Đà Nẵng. Dọc hai bên sông, các không gian công cộng (KGCC) dành cho người dân và du khách đã và đang được hình thành. Tuy nhiên, hoạt động tại các KGCC ven sông vẫn chưa khai thác hiệu quả tiềm năng về cảnh quan tự nhiên và hệ thống hạ tầng kỹ thuật hiện có. Việc tổ chức KGCC ven sông còn thiếu sự phối hợp đồng bộ giữa tổ chức kiến trúc cảnh quan (KTCQ), xây dựng bản sắc không gian văn hóa với các trải nghiệm của du khách.

Việc thu hút du khách lưu trú lâu hơn tại Đà Nẵng là mục tiêu quan trọng, đặt ra yêu cầu cần nâng cấp và tăng cường tổ chức KGCC ven sông theo hướng đồng bộ. Trọng tâm là làm nổi bật bản sắc văn hóa địa phương, bảo tồn di tích và tăng cường các trải nghiệm văn hóa đa dạng, phong phú. Qua đó, tạo ra sức hút mới, góp phần giữ chân du khách khi đến với Đà Nẵng.

Từ khóa: Cảnh quan ven sông, không gian công cộng ven sông, bản sắc đô thị, trải nghiệm du lịch Đà Nẵng.

ABSTRACT

Han River in Da Nang is a very important landscape axis of the city. Along both sides of the river, public space have been and are being formed for residents and tourists to visit. However, the activities of riverside public space are not commensurate with the potential of natural landscapes as well as riverside technical infrastructure. The organization of riverside public space has not been coordinated synchronously between the organization of architectural landscape, create the identity of cultural space with the experiences of tourists. Attracting tourists to stay longer in Da Nang is the goal to raise the issue of upgrading and strengthening the organization of riverside public space in the direction of synchronously organizing solutions emphasizing local cultural identity, preserving relics, in order to enhance diverse and rich cultural experiences, creating new attractiveness to retain tourists to Da Nang.

Keywords: Riverside landscape, riverside public space, Urban identity, tourism experience in Danang.

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ, việc định hình bản sắc đô thị và phát triển KGCC chất lượng cao trở thành yêu cầu cấp thiết, đặc biệt tại các thành phố có tiềm năng du lịch như Đà Nẵng. Sông Hàn là biểu tượng trung tâm của thành phố, không chỉ là mạch nguồn sinh thái và văn hóa mà còn là không gian kết nối cộng đồng và du khách. Tuy nhiên, sự phát triển thiếu đồng bộ của KTCQ ven sông trong thời gian qua đã làm giảm tính thẩm mỹ, hạn chế trải nghiệm không gian cho người dân và du khách, đồng thời chưa khai thác tối đa giá trị di sản đô thị.

Thực tế cho thấy, các không gian công cộng ven sông Hàn hiện nay vẫn tồn tại nhiều bất cập: thiếu sự gắn kết giữa kiến trúc hiện đại và yếu tố bản địa, quy hoạch chưa đáp ứng nhu cầu đa chức năng, và chưa tạo dấu ấn đặc trưng trong bối cảnh cạnh tranh du lịch giữa các địa phương. Trong khi đó, xu hướng toàn cầu đang hướng tới việc phát triển không gian ven sông như những “phòng

khách đô thị” - nơi hội tụ các giá trị văn hóa, giải trí và bảo tồn thiên nhiên, góp phần nâng cao chất lượng sống cho cư dân, đồng thời thu hút du lịch theo hướng bền vững.

Vì vậy, nghiên cứu này đặt ra mục tiêu đề xuất giải pháp nâng cao chất lượng KTCQ, KGCC ven sông Hàn, nhằm tạo lập bản sắc đô thị độc đáo cho Đà Nẵng và biến khu vực này thành điểm nhấn du lịch đa trải nghiệm. Thông qua phân tích thực trạng, kế thừa bài học quốc tế và đề xuất mô hình phát triển tích hợp, bài viết hướng đến việc đóng góp cả về lý luận lẫn thực tiễn cho quá trình tái định hình không gian ven sông - nơi hội tụ giữa thiên nhiên, con người và bản sắc văn hóa đặc trưng của miền Trung Việt Nam.

2. CÁC KHÁI NIỆM

- **KTCQ:** (Landscape Architecture) là một lĩnh vực liên ngành kết hợp giữa nghệ thuật (kiến trúc, nghệ thuật), khoa học (đất đai, sinh

học, kỹ thuật môi trường...); kỹ thuật (công nghệ xử lý địa hình, chiếu sáng, kè cứng, mề...), và quy hoạch (sử dụng đất, mật độ, bảo tồn...), nhằm thiết kế, quản lý và cải tạo các không gian mở, cảnh quan tự nhiên và nhân tạo. Mục tiêu của KTCQ là tạo ra môi trường sống hài hòa giữa con người và thiên nhiên, đáp ứng nhu cầu thẩm mỹ, sinh thái, văn hóa, xã hội và kinh tế, phục vụ cộng đồng. [1,2]

KTCQ không chỉ tạo lập "bộ mặt" đô thị mà còn giải quyết các thách thức như biến đổi khí hậu, ô nhiễm môi trường, hay áp lực đô thị hóa. Đà Nẵng là một đô thị được thiên nhiên ưu đãi cảnh quan tự nhiên có núi, sông, biển là một bộ khung thiên nhiên làm điểm tựa cho sự phát triển cảnh quan đô thị. Vì vậy, việc phát triển KTCQ ven sông Hàn chính là "công tắc" để kết nối thiên nhiên với con người, tạo ra bản sắc riêng của thành phố, thúc đẩy phát triển du lịch bền vững.

- **KGCC:** (Public Space) là những khu vực mở, thuộc sở hữu và quản lý chung của cộng đồng hoặc nhà nước, được thiết kế để phục vụ nhu cầu sinh hoạt, giao tiếp, giải trí, văn hóa và kết nối xã hội cho mọi đối tượng người dân, không phân biệt tuổi tác, giới tính, tầng lớp. Đây là nơi thể hiện tinh dân chủ, sự đa dạng và bản sắc của đô thị, đồng thời là "linh hồn" tạo nên sức sống và sự phát triển bền vững cho cộng đồng. KGCC là một thành phần quan trọng trong cấu trúc đô thị, có nhiệm vụ liên kết các khu dân cư, công trình công cộng, cảnh quan tự nhiên (sông, hồ, công viên)có vai trò "mạch máu-tuyến giao thông" hay (các huyết đạo-điểm kết nối chức năng đô thị" trong hệ thống hạ tầng đô thị. [3-5]

KGCC gắn với cấu trúc đô thị, do đó nó cũng được phân loại theo cấp đô thị như KGCC cấp đô thị, cấp khu vực, cấp nhóm nhà,...Hiện nay, chất lượng KGCC được coi là yếu tố phản ánh chất lượng sống của người dân đô thị. Là địa điểm phản ánh các giá trị văn hóa, thiên nhiên và bản sắc riêng của địa phương, tạo điều kiện tiềm năng hấp dẫn khách du lịch tới trải nghiệm.

- **Bản sắc đô thị** (Urban Identity): là tập hợp những đặc trưng riêng, độc đáo về văn hóa, lịch sử, kiến trúc, cảnh quan thiên nhiên và lối sống của một đô thị, tạo nên đặc tính riêng phân biệt nó với các đô thị khác. Bản sắc là yếu tố tạo nên hình ảnh, giá trị tinh thần, và cảm nhận tinh thần nơi chốn của cộng đồng về nơi họ sinh sống, đồng thời tạo sức hút du lịch và gắn kết xã hội. Bản sắc đô thị không chỉ phản ánh quá khứ mà còn thể hiện sự cân bằng giữa bảo tồn di sản và sự phát triển của đô thị trong tương lai.

Bản sắc đô thị được cấu thành từ các yếu tố di sản văn hóa-lịch sử; văn hóa, lối sống cộng đồng; kiến trúc và cảnh quan đặc trưng đô thị; địa hình và thiên nhiên; các đặc trưng văn hóa riêng về lễ hội, làng nghề, các hoạt động nghệ thuật đặc trưng riêng của địa phương (lễ hội ánh sáng, pháo hoa, nhạc nước...). [6,7]

- **Trải nghiệm du lịch** (Tourism Experience): là tổng hòa những cảm nhận, tương tác và ký ức mà du khách tích lũy được trong suốt hành trình khám phá một điểm đến, bao gồm các hoạt động tham quan, giao lưu văn hóa, thưởng thức ẩm thực, tham gia sự kiện, và tận hưởng dịch vụ. Khác với du lịch truyền thống chỉ tập trung vào "điểm đến", trải nghiệm du lịch nhấn mạnh vào cảm xúc cá nhân, sự kết nối với địa phương, và giá trị mang tính chuyển đổi, giúp du khách hiểu sâu hơn về văn hóa, lịch sử, và lối sống của cộng đồng bản địa.

Trải nghiệm du lịch mang tính cá nhân, tùy theo trình độ nhận thức, văn hóa của mỗi người. Trải nghiệm là một hình thức tương tác đa chiều giữa cá nhân khách du lịch với thiên nhiên, với văn hóa và con người của một địa điểm, một vùng đất. Thông qua các hoạt động cụ thể, các tác động vật lý...sẽ tạo ra các cảm xúc tiêu cực hay tích cực đối với du khách. Các trải nghiệm tích cực sẽ làm giàu thêm kiến thức văn hóa, nghệ thuật cũng như giúp chuyển hóa hành vi,

tạo thêm cảm xúc tích cực lôi cuốn du khách tìm hiểu sâu hơn về bản sắc của địa điểm.

Tổng hợp các khái niệm nêu trên cho thấy vai trò quan trọng của KTCQ, KGCC ven sông đóng vai trò quan trọng trong việc gia tăng sức hấp dẫn và tiềm năng phát triển du lịch.

Khách du lịch khi tới một địa điểm, một vùng đất mới đều mong muốn có một trải nghiệm mới khác biệt với nơi mình ở, đang sinh sống và làm việc. Trải nghiệm là một quá trình tương tác cá nhân với các thành phần vật thể và phi vật thể như: hệ sinh thái (địa hình, cảnh quan thiên nhiên...), nghệ thuật (kiến trúc, nghệ thuật công cộng...), văn hóa (lối sống bản địa, di sản văn hóa, làng nghề) [8]

Các khái niệm KTCQ, KGCC, bản sắc và trải nghiệm du lịch nêu trên không tồn tại độc lập mà có mối quan hệ tương hỗ, bổ trợ và thúc đẩy lẫn nhau, tạo thành vòng tròn phát triển bền vững cho đô thị, đặc biệt khi Đà Nẵng là thành phố sở hữu không gian ven sông Hàn giàu tiềm năng phát triển du lịch.

Chính vì vậy, KGCC ven sông Hàn của Đà Nẵng sẽ chỉ phát huy tối đa tiềm năng khi bốn yếu tố trên được kết nối một cách hài hòa. Kiến trúc cảnh quan là khung thiên nhiên và văn hóa, trong đó bản sắc đô thị là điểm nhấn tạo khác biệt. KGCC là "sân khấu", và trải nghiệm du lịch là các hoạt động văn hóa, nghệ thuật đa dạng thu hút khách du lịch từ mọi nơi.

Việc hiểu rõ mối liên hệ này tạo động lực nâng cao chất lượng KTCQ, KGCC ven sông Hàn trở thành điểm đến du lịch hấp dẫn đặc biệt không chỉ của Đà Nẵng mà còn ở Việt Nam, góp phần củng cố danh hiệu là một thành phố đáng sống nhất hiện nay.

3. MỘT SỐ KINH NGHIỆM TRONG TỔ CHỨC KGCC VEN SÔNG TRÊN THẾ GIỚI GIÚP TĂNG CƯỜNG TRẢI NGHIỆM DU LỊCH

Một trong những đô thị du lịch nổi tiếng nhất thế giới không thể không nhắc đến là Paris (Pháp), nơi dòng sông Seine đóng vai trò là trục cảnh quan chủ đạo, góp phần tạo nên sức hấp dẫn đặc biệt đối với du khách từ khắp nơi trên thế giới.

Sông Seine bao gồm hệ thống cảnh quan thiên nhiên ven sông và những công trình công cộng nổi tiếng hai bên bờ sông như: Nhà thờ Đức Bà, Bảo tàng Louvre, Tháp Eiffel được kết nối qua hệ thống cầu đi bộ (Pont Neuf, Pont des Arts) và bến tàu dọc sông. Dòng sông như một dòng thời gian, nối kết các di sản qua nhiều thời kỳ đã tạo ra bản sắc riêng cho KTCQ, KGCC ven sông.

Bên cạnh các công trình di sản là các KGCC linh hoạt, đa chức năng tạo ra những sân khấu hay nhiều bảo tàng ngoài trời với dịch vụ đa dạng, giúp thu hút nhiều du khách tới cùng tham gia trải nghiệm.

Hàng năm, KGCC ven sông còn diễn ra nhiều lễ hội văn hóa như lễ hội ánh sáng trên các cầu qua sông, hoặc lễ hội Paris Plages (tháng 7-9) biến bờ sông thành bãi biển với các lều, quán bar, cà phê, kem, các buổi hòa nhạc, triển lãm nghệ thuật, thể thao dưới nước, thi đấu thể thao và các hoạt động nghệ thuật đường phố...tạo ra bầu không khí lễ hội trải dài hai bên bờ sông làm nên một cảnh quan sống động đầy màu sắc và vui vẻ, nhộn nhịp.



a.



b.



Hình 1. Kiến trúc cảnh quan hai bờ sông Seine, Paris. (Nguồn <https://www.ratp.fr/paris-plages> và <https://tourchateau.com>)

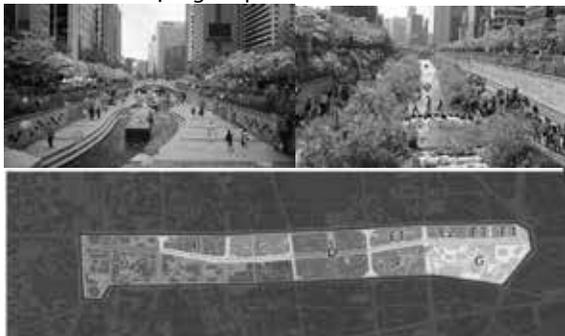
a, b là cảnh quan tự nhiên dọc sông. c, d là cảnh quan hoạt động được tạo ra giúp hình thành bản sắc văn hóa riêng dọc sông (c-là những hồ bơi tạm thời trên sông; d-là cảnh lễ hội ánh sáng trong đêm trắng).

Như vậy, KTCQ ven sông Seine là một sự tích hợp giữa thiên nhiên, DSKT và nghệ thuật, tạo nên bản sắc riêng thu hút các hoạt động phát triển du lịch một cách tự nhiên. Du lịch văn hóa - nghệ thuật dựa trên các giá trị di sản có thể là một bài học kinh nghiệm trong phát triển du lịch đối với các đô thị tại Việt Nam. Cụ thể năm 1991 khi khu vực sông Seine được UNESCO công nhận là di sản thế giới thì lượng du khách đã tăng 25% đến các di tích trong khu vực sau năm 1991 - Nguồn: UNESCO. Khoảng 30 triệu khách/năm tham quan các bảo tàng và di tích ven sông. Tổ chức các sự kiện văn hóa định kỳ như lễ hội văn hóa Paris plages - biển bờ sông thành bãi biển đã thu hút tới 4 triệu người tham gia (số liệu trước đại dịch - Nguồn: Mairie de Paris.). Triển lãm nghệ thuật dọc bờ sông "Armada" (2019): 6 triệu lượt khách - (Nguồn: France 24)

Kinh nghiệm sử dụng di sản làm điểm nhấn trong cảnh quan thiên nhiên như "chất xúc tác" đã giúp cho du lịch ven sông phát triển mạnh mẽ.

Một ví dụ khác cũng cần nhắc đến là việc cải tạo và phát triển KTCQ ven sông Hàn, Seoul thành một KGCC đậm đà bản sắc và thu hút du lịch. Đó là Dự án Cheonggyecheon, khôi phục dòng suối từng bị lấp thành đường cao tốc trở lại không gian xanh, kết nối các khu phố cổ (Insadong) với trung tâm tài chính. Dự án đã đạt giải thưởng Thiết kế Đô thị xuất sắc (2010) từ Hiệp hội Kiến trúc sư Hoa Kỳ (AIA).

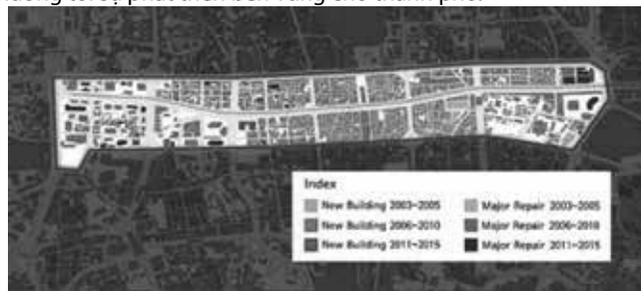
Dự án phục hồi suối Cheonggyecheon (2003-2005) là biểu tượng của kiến trúc cảnh quan bền vững, kết hợp hài hòa giữa di sản lịch sử, sinh thái đô thị và văn hóa đương đại để tạo nên bản sắc độc đáo cho Seoul. Bài học từ dự án Cheonggyecheon chứng minh rằng KTCQ có thể đem lại sức sống mới cho không gian đô thị tưởng chừng đã chết, biến nó thành không gian đậm đà bản sắc, sống động; đồng thời bảo tồn quá khứ, đáp ứng nhu cầu hiện tại và hướng đến tương lai. KTCQ dọc suối được chia thành ba phần: phần cảnh quan sinh thái phía đầu nguồn, tiếp theo là phân khúc văn hóa đương đại và cuối cùng là phân khúc di sản. Sự kết nối hài hòa xuyên suốt toàn tuyến đã tạo ra một KGCC đầy bản sắc, đa chức năng thu hút nhiều khách du lịch ghé qua.



Hình 2. Dự án suối Cheonggyecheon, hình ảnh minh họa và mặt bằng phân khu chức năng một đoạn suối

Khu A là một khu kinh doanh hiện đại; Khu B là một khu thương mại; Khu C là các khu nghệ truyền thống; Khu D tái phát triển và Khu E và G là các khu chợ truyền thống kết hợp với các tòa nhà thương mại hiện đại; Khu F sẽ được cải tạo độc lập giai đoạn sau (Nguồn <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/11/1178>).

Việc cải tạo suối Cheonggyecheon từ một dòng suối ô nhiễm, bị san lấp để xây dựng đường cao tốc, rồi khôi phục trở lại thành một dòng suối sinh thái sạch là một dự án kéo dài nhiều năm. Quá trình này đòi hỏi các nhà quy hoạch đô thị phải có tầm nhìn dài hạn nhằm hướng tới sự phát triển bền vững cho thành phố.



Hình 3. Những thay đổi trong quy hoạch ở khu vực Cheonggyecheon từ năm 2003-2015 (Nguồn: Số liệu thống kê của Chính phủ <http://www.eais.go.kr/>).

Cheonggyecheon ngày này đã là một dải lụa giữa trung tâm Seoul kết nối thiên nhiên với văn hóa và di sản, hình thành KGCC hấp dẫn khách du lịch từ mọi nơi.

Sau khánh thành đã thu hút 90.000 khách/ngày. Riêng 2023 thu hút 12 triệu khách/năm, trong đó 65% là khách quốc tế (Nguồn: Seoul Tourism Organization). Ngoài ra giá bất động sản ven suối tăng 30-50% (Nguồn: Korea Development Institute). Điều này đã minh chứng cho hướng đi bền vững của phát triển đô thị.

Thông qua bài học kinh nghiệm của tổ chức KTCQ ven sông Seine (Paris) và Cheonggyecheon (Seoul), chúng ta có thể rút ra một số bài học như sau:

Những ví dụ nêu trên, đều chứng minh rằng KTCQ ven sông không chỉ là yếu tố thẩm mỹ mà còn là công cụ mạnh mẽ để định hình bản sắc và thúc đẩy du lịch.

Các giải pháp nhấn mạnh bản sắc KTCQ không gian ven sông của Paris và Seoul có những điểm tương đồng và khác nhau do được xây dựng từ những chất liệu tự nhiên và văn hóa khác nhau tại mỗi khu vực. Sự tương đồng nằm ở chỗ cả hai thành phố đều lấy cảnh quan sông làm trục kết nối đô thị, cả hai đều xem DSKT là những tài nguyên văn hóa độc đáo cần gìn giữ, bảo tồn. Tuy nhiên cũng có những khác biệt trong sự quan tâm nhấn mạnh bản sắc ở mỗi nơi: KTCQ ven sông Seine đặt trọng tâm vào bảo tồn di sản, trong khi đó tại Cheonggyecheon lại đặt sự quan tâm vào phục hồi hệ sinh thái. Nhìn chung, việc nhận thức bản sắc kết hợp với các trải nghiệm đa dạng sẽ tạo ra sức hấp dẫn của các điểm đến đối với du khách.

Qua những phân tích nêu trên, cho thấy các con sông không chỉ là một hệ sinh thái tự nhiên mà còn là một không gian văn hóa nhiều tiềm năng có thể được khai thác cho phát triển du lịch cũng như động lực cho phát triển đô thị bền vững.

Bảng 1. Tổng hợp một số bài học kinh nghiệm trong nâng cao bản sắc KTCQ, KGCC ven sông hấp dẫn du lịch

TT	Yếu tố bản sắc	Sông Seine	Suối Cheonggyecheon	Bài học
1	Hệ sinh thái	Can thiệp hạn chế	Cải tạo HST của suối	Lựa chọn xây kè hay bờ sông tự nhiên
2	Di sản	Bảo tồn nguyên trạng	Can thiệp hạn chế: bảo tồn-phát triển hạn chế-phát triển	Khôi phục bảo tồn di sản
3	Văn hóa	Lễ hội Paris Plages, vui chơi giải trí, thể thao	Chợ dân sinh, các lễ hội, sinh hoạt cộng đồng	Tạo thương hiệu bằng lễ hội
4	Công nghệ	Ánh sáng nghệ thuật	Công nghệ thực tế ảo AR	Sử dụng các công nghệ số trong chiếu sáng và trình diễn

Cảnh quan tự nhiên và hệ sinh thái ven sông có vai trò như bộ khung thiên nhiên cho phát triển trực cảnh quan đô thị, tạo nền tảng vững chắc phát triển hệ thống không gian mở công cộng ven sông.

Để cho các KGCC ven sông trở nên hấp dẫn hơn, cần quan tâm tới các di sản văn hóa như linh hồn tạo ra sức sống cho không gian. Đồng thời, việc áp dụng các công nghệ trình diễn kỹ thuật số hiện đại tạo chất xúc tác mạnh mẽ thu hút người dân và du khách tham gia.

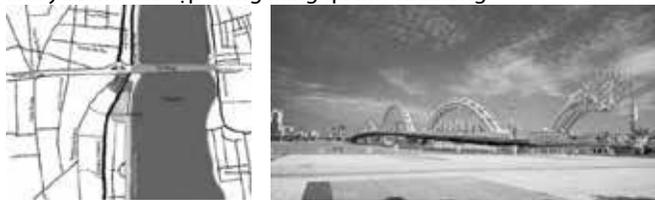
Đà Nẵng có thể học hỏi để biến sông Hàn thành "trực cảnh quan sinh thái - văn hóa" độc đáo, nơi du khách không chỉ ngắm cảnh mà còn trải nghiệm với lịch sử, ẩm thực và lễ hội địa phương, từ đó tạo đột phá về du lịch trải nghiệm.

Vì vậy, Đà Nẵng có thể học hỏi từ hai mô hình này bằng cách kết hợp bảo tồn văn hóa bản địa với phát triển công nghệ, biến sông Hàn thành "điểm đến" kết nối quá khứ - hiện tại - tương lai, đồng thời trở thành điểm đến du lịch đa trải nghiệm hàng đầu Việt Nam.

4. THỰC TRẠNG TỔ CHỨC KGCC VEN SÔNG HÀN, ĐÀ NẴNG

Từ khi cầu Sông Hàn nối bờ Tây với bờ Đông (năm 2000), liên kết sông với biển, quá trình thay đổi cảnh quan ven sông diễn ra nhanh chóng. Sau 25 năm phát triển, hệ thống hạ tầng kỹ thuật ven sông đã có những thay đổi lớn. Nhiều cầu mới, hiện đại đã liên tiếp được xây dựng, nối hai bờ tạo điều kiện phát triển mạnh mẽ bờ Đông sát biển, trong đó có cầu Rồng, cầu Trần Thị Lý... là điểm nhấn nổi tiếng tạo ra bản sắc và thương hiệu riêng cho TP Đà Nẵng. Hai bên bờ sông đã được xây kè cứng, vỉa hè lát đá kết hợp cây xanh, thậm chí khàng trang hiện đại, làm đường dạo cho người đi bộ. Một số công viên được quan tâm tổ chức cả ở hai bên bờ. Bên cạnh đó các sự kiện được tổ chức nhằm thu hút du khách cũng được tổ chức đều đặn như lễ hội pháo hoa DIFF, du thuyền trên sông... Có thể nói hạ tầng kỹ thuật cho không gian ven sông đã được quan tâm đồng bộ.

Tuy nhiên, việc tổ chức KTCQ và KGCC ven sông chưa đồng đều, chủ yếu mới chỉ tập trung xung quanh cầu Rồng.



Hình 4. Khu vực cầu Rồng, điểm nhấn cảnh quan ven sông Hàn

Các công trình kiến trúc ven sông chưa có sự đầu tư tương xứng với giá trị cảnh quan sông. Thiếu các điểm vui chơi giải trí, ẩm thực, ghé nghỉ, chòi che nắng cũng như nhà vệ sinh. Không gian chức năng đơn điệu, thiếu các khu vực trải nghiệm, tương tác (sân khấu nhỏ, không gian cho hoạt động văn hóa quần chúng, không gian trung bày...)

Đặc biệt, chưa khai thác được văn hóa bản địa đặc trưng cho Đà Nẵng như văn hóa Chăm Pa, văn hóa Biển... Về đêm, không gian ven

sông tương đối đơn điệu do thiếu các hoạt động, vì vậy Đà Nẵng bên cạnh việc phát triển không gian ven sông có hạ tầng và kết nối giao thông tốt, cần đẩy mạnh phát triển các sản phẩm du lịch đa dạng mang đậm dấu ấn bản sắc địa phương để tạo linh hồn, sức sống cho địa điểm.

Nhìn chung, KTCQ và KGCC ven sông đã được quan tâm tốt về mặt vật lý. Tuy nhiên các hoạt động văn hóa địa phương vốn là linh hồn và yếu tố tạo nên sức sống cho không gian vẫn còn rất thiếu.

Bên cạnh những thách thức nêu trên, không gian ven bờ sông Hàn còn bị áp lực của quá trình đô thị hóa, dẫn đến không gian ven sông đã bị thu hẹp đáng kể nhường chỗ cho các dự án thương mại. Điều đó cũng đồng nghĩa nguy cơ các KGCC cũng bị thu hẹp.

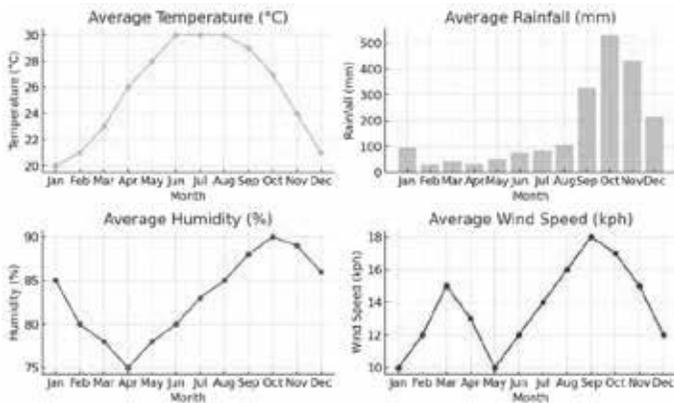
Bờ kè đã ra tới sát sông, lối đi bộ trên hè bị bê tông hóa tối đa dẫn đến các hoạt động ven sông chỉ có thể diễn ra lúc sáng sớm và chiều tối. Khoảng thời gian còn lại gần như không có hoạt động nào ven sông. Nhóm nghiên cứu đã dành thời gian khảo sát và so sánh các địa điểm KGCC và đã lập thành bảng "các hoạt động tại KGCC của Đà Nẵng, trong đó có không gian ven sông Hàn" cho thấy không chỉ thời gian sử dụng không gian rất thấp, mà các đối tượng sử dụng cũng bị hạn chế (chủ yếu là người lớn). Điều này cho thấy một vấn đề nữa là sự khó khăn trong giao thông tiếp cận tới địa điểm.

Bảng 2. Các hoạt động phổ biến ở nơi công cộng tại Đà Nẵng (nguồn, nhóm tác giả)

Hoạt động	Địa điểm	Thời gian sử dụng	Đối tượng tham gia
Bơi lội và tập thể dục trên bãi biển	Bãi biển Mỹ Khê	Sáng sớm, Chiều muộn	Người lớn, người cao tuổi
Chạy bộ và đi bộ	bờ sông Hàn Công viên 29-3	Buổi sáng và buổi tối	Người lớn
Bài tập nhóm (ví dụ: Thái Cực Quyền, thể dục nhịp điệu)	Công viên Quảng trường	Sáng sớm	Người cao tuổi Phụ nữ trung niên.
Tụ tập xã hội và giải trí	Chợ đêm, khu ẩm thực đường phố	Buổi tối	Thanh niên Khách du lịch

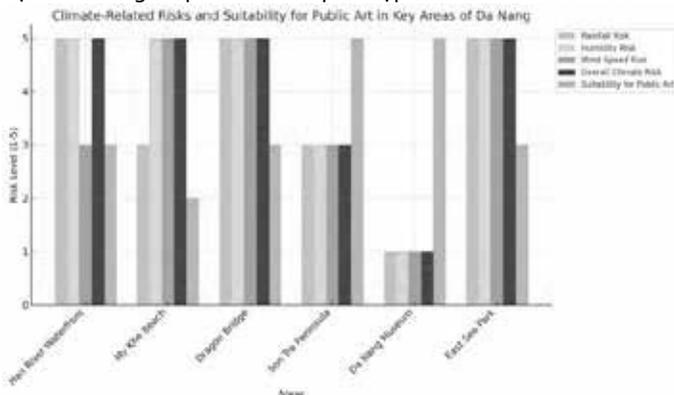
Ngoài vấn đề giao thông tiếp cận, khí hậu Đà Nẵng cũng là một trở ngại lớn do thời gian nắng nóng và mưa kéo dài... rất cần có các giải pháp hạn chế khắc phục.

Hình 5, dưới đây cho thấy khí hậu Đà Nẵng cơ bản là nóng và mưa nhiều, do đó rất cần có các giải pháp chống nắng và mưa cho KGCC.



Hình 5. Dữ liệu khí hậu Đà Nẵng năm 2023. (Nguồn: Cục Thống kê Việt Nam)

Những năm gần đây, biến đổi khí hậu cũng đang là nguy cơ tiềm ẩn đe dọa không gian hai bên bờ sông. Hình 6 hiển thị các rủi ro liên quan đến khí hậu (lượng mưa, độ ẩm, tốc độ gió và rủi ro khí hậu nói chung) và tính phù hợp cho KGCC ở các khu vực trọng điểm của Đà Nẵng. Phân tích này giúp xác định các khu vực có rủi ro cao hơn, chẳng hạn như bờ sông Hàn và cầu Rồng, và những khu vực có điều kiện thuận lợi, như Bán đảo Sơn Trà và nội đô Đà Nẵng, có rủi ro khí hậu nói chung thấp hơn và tính phù hợp cao hơn cho các KGCC.



Bảng 4. Đánh giá SWOT tổ chức KGCC ven sông Hàn nhằm phát triển du lịch

Điểm mạnh	Điểm yếu	Cơ hội	Thách thức
Vị trí trung tâm, dọc theo đô thị	Chất lượng KTCQ chưa đồng đều, tập trung chủ yếu gần cầu Rồng	Xu hướng phát triển tour du thuyền đêm, ẩm thực đường phố, chợ đêm, không gian sáng tạo	Áp lực đô thị hóa - Nguy cơ thu hẹp không gian công cộng vì phát triển các dự án thương mại
Hệ thống cầu kết nối 2 bờ, công viên, cây xanh, đường đi bộ thuận lợi	Ít điểm ăn uống, mua sắm, giải trí có chất lượng dọc bờ sông; thiếu khu vực nghỉ ngơi có mái che	Đà Nẵng ưu tiên phát triển du lịch sông Hàn trong quy hoạch đô thị	Môi trường xuống cấp - Rác thải, nước sông ô nhiễm nếu không kiểm soát chặt
Cảnh quan tự nhiên đặc sắc	Chưa khai thác bản sắc văn hóa địa phương	Chủ trương phát triển bảo tàng ngoài trời, khu triển lãm nghệ thuật, trình diễn âm nhạc định kỳ	Biến đổi khí hậu - ngập lụt, xói lở bờ sông đe dọa hạ tầng cảnh quan
Đã hình thành điểm nhấn du lịch như cầu Rồng	Thiếu khu vực tương tác (sân chơi nghệ thuật, khu trải nghiệm văn hóa địa phương)	Đà Nẵng phát triển đô thị bền vững nên ưu tiên xây dựng không gian xanh, công viên, ứng dụng năng lượng sạch	Quản lý thiếu đồng bộ phối hợp giữa các bên: du lịch, đô thị, môi trường, văn hóa nghệ thuật chưa hiệu quả
Đã xây dựng được thương hiệu lễ hội Pháo hoa DIFF	Chiếu sáng thẩm mỹ 2 bờ chưa đáp ứng yêu cầu	Xu hướng khai thác hiệu quả tiềm năng văn hóa, lịch sử và bảo tồn di sản	

Hình 6. Phân tích rủi ro về khí hậu tại một số điểm Du lịch tại Đà Nẵng. (Nguồn: Cục thống kê Việt Nam)

Các giải pháp tổ chức không gian ven sông phải được tính đến các rủi ro nêu trên mới có thể thu hút được du khách. Ngoài ra, việc kết nối sang bờ sông từ hai tuyến đường Bạch Đằng và Trần Hưng Đạo có mật độ xe cơ giới cao, không thuận tiện, mất an toàn hạn chế khả năng tiếp cận của du khách. Dọc tuyến đường còn là chỗ đỗ xe của taxi, nên thiếu khoảng cách ly cần thiết tạo ra sự an toàn và thân thiện giữa không gian đi bộ và không gian giao thông cơ giới.

Trong một nghiên cứu về tổ chức KGCC nhằm thu hút du lịch đối với Đà Nẵng, nhóm tác giả đã có các khảo sát tham khảo ý kiến của 60 chuyên gia thuộc các lĩnh vực về quy hoạch kiến trúc, văn hóa, du lịch và quản lý trong đánh giá mức quan trọng của một số tiêu chí đối với KGCC thu hút du lịch. Kết quả được tổng hợp theo bảng 4.

Bảng 3. Đánh giá của chuyên gia về mức độ quan trọng của các yếu tố hấp dẫn du lịch (nguồn, nhóm tác giả)

Các yếu tố hấp dẫn du lịch	Tỷ lệ đồng ý "rất quan trọng" theo % chuyên gia
Tính sáng tạo	85%
Tính giải trí tương tác, hoạt động trải nghiệm	75%
Vị trí, địa điểm	70%
Chất lượng KTCQ	80%
Giao thông tiếp cận	55%
Tiện nghi, trang thiết bị công cộng	45%

Bảng trên cho thấy rõ ưu tiên của chuyên gia theo mức độ đối với các yếu tố hấp dẫn du lịch. Hầu hết các chuyên gia đều nhấn mạnh một ý tưởng nghệ thuật độc đáo, giàu bản sắc địa phương kết hợp với CQKT hấp dẫn sẽ tạo ra sức hút đối với du khách và tạo ra thương hiệu của điểm đến.

Từ những phân tích nêu trên, có thể đưa ra các đánh giá về thực trạng tổ chức không gian công cộng ven sông hàn thu hút du lịch bằng phân tích SWOT để từ đó xác định các giải pháp cần thiết giúp nâng cao chất lượng KGCC ven sông Hàn trong mục tiêu phát triển du lịch của thành phố.

5. ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP CHO VIỆC NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG KGCC VEN SÔNG HÀN TẠO LẬP BẢN SẮC THU HÚT DU LỊCH

KGCC ven sông Hàn có tiềm năng du lịch lớn nhờ vị trí trung tâm và cảnh quan hiện đại. Để phát triển bền vững, Đà Nẵng cần nâng cao chất lượng thẩm mỹ không gian và đa dạng hóa các hoạt động trải nghiệm hấp dẫn du khách.

5.1. Giải pháp đối với tổ chức không gian KTCQ tạo lập bản sắc ven sông

- Cần tăng cường không gian xanh cho hai bờ sông Hàn bằng cách nghiên cứu phân đoạn toàn tuyến thành các công viên nhỏ và quảng trường xen kẽ. Việc này nhằm tránh tình trạng như hiện nay: toàn tuyến chủ yếu là không gian đi bộ đơn điệu, thiếu cây xanh và chưa được khai thác hiệu quả.

- Vật liệu lát không gian ven sông nên lựa chọn các vật liệu có thẩm mỹ hoặc có hệ số bức xạ thấp nhằm giảm nhiệt độ bức xạ bề mặt. Có thể nghiên cứu sử dụng đan xen các vật liệu giả gỗ (như tại một số không gian ven sông của Singapore) hoặc sử dụng các bề mặt lát có hoa văn gợi lại ký ức văn hóa Chăm. Sử dụng kết hợp các loại hình trang trí bằng gốm Chăm trên nền các vật liệu hiện đại tạo ra sự tương phản nhấn mạnh bản sắc riêng của địa điểm.

- Lan can bờ sông và hệ thống đèn chiếu sáng cần được thiết kế lại một cách tổng thể, như một tác phẩm nghệ thuật mang khả năng tái hiện câu chuyện văn hóa đặc trưng của vùng đất. Thiết kế cần nhấn mạnh bản sắc riêng, góp phần tạo nên dấu ấn khác biệt cho không gian đô thị.

- Kết hợp hệ thống cây xanh, thảm cỏ, chòi hóng mát tạo ra các tiểu cảnh bằng gốm Chăm và bằng đá Ngũ hành sơn để nhấn mạnh bản sắc văn hóa lịch sử.

- Tại các chân cầu hoặc khu vực có cốt cao, có thể tạo thêm địa hình giạt cấp giúp du khách có thể tiếp cận gần hơn với mặt nước.

- Tại các khu vực quảng trường rộng, có điểm nhìn bao quát (ví dụ tại điểm cuối của các tuyến đường chính ngang ra sông) nên bố trí một số tác phẩm nghệ thuật điêu khắc có chất lượng cao nhằm tăng cường chất lượng thẩm mỹ, tạo bản sắc cho không gian.

- Cần nghiên cứu giải pháp chiếu sáng cho hệ thống cây xanh, lan can và các tuyến bờ kè dọc sông, nhằm tạo điểm nhấn cảnh quan về đêm và tăng tính an toàn cho KGCC.

5.2. Giải pháp bổ sung các hoạt động mang bản sắc văn hóa bản địa nhằm thu hút cộng đồng và du khách, tăng hiệu quả sử dụng không gian

- Gắn kết DSKT với bản sắc địa phương: bên cạnh việc phục hồi, tôn tạo các DSKT ven sông, cần tổ chức các hoạt động dựa trên các di sản đó. Ví dụ như tổ chức lễ hội ánh sáng trên nền các DSKT.

- Định kỳ tổ chức các lễ hội, trò chơi dân gian gắn với văn hóa biển và di sản di sản Chăm.

- Đầu tư các hoạt động ẩm thực, giải trí ven bờ và tạo ra sự kết nối với chợ truyền thống (chợ Hàn ven sông), giúp hình thành một không gian kinh tế đêm cho khu vực sông Hàn.

- Tạo ra các hoạt động trải nghiệm đa dạng, phong phú, trong đó du khách là những người cùng tham gia như các không gian đa năng, sân khấu nhỏ, các khu vui chơi sáng tạo...

- Áp dụng công nghệ số cho các hoạt động trình diễn như lễ hội ánh sáng, nhạc nước, sân khấu nổi trên sông...

5.3. Giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý

- Quản lý hệ thống giao thông cơ giới (tĩnh và động) có thể cách ly tốt hơn với giao thông đi bộ ven sông.

- Quản lý ngập lụt và ô nhiễm nước bằng vật liệu, địa hình và diện tích thấm nước các khu vực xung quanh.

- Phối hợp liên ngành các lĩnh vực quản lý không gian, văn hóa và du lịch.

- Sử dụng mã QR thuận lợi cho việc giám sát và lấy ý kiến đóng góp của cộng đồng để KGCC thực sự được cộng đồng tham gia sáng tạo và trải nghiệm.

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Thực trạng KTCQ ven sông Hàn đã có một nền tảng hạ tầng du lịch vững chắc cho phát triển du lịch, nhưng chưa khai thác hết tiềm năng do còn thiếu các hoạt động văn hóa như: dịch vụ ẩm thực, vui chơi, giải trí, thiếu các trải nghiệm đa dạng và bản sắc văn hóa địa phương.

Để biến không gian ven sông thành các KGCC có hiệu quả cao trong phát triển du lịch, tạo ra trực cảnh quan, du lịch đặc trưng, Đà Nẵng cần đầu tư đồng bộ từ cảnh quan đến dịch vụ, lấy văn hóa bản địa làm cốt lõi và sử dụng công nghệ số làm chất xúc tác giúp nâng cao hiệu quả thu hút du lịch của KGCC ven sông Hàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

I. Sách:

- [1]. Simonds, J. O., & Starke, B. W. (2006). *Landscape Architecture: A Manual of Environmental Planning and Design*. McGraw-Hill Education.
- [2]. Waldheim, C. (2006). *The Landscape Urbanism Reader*. Princeton Architectural Press.
- [3]. Whyte, W. H. (1980). *The Social Life of Small Urban Spaces*. Conservation Foundation.
- [4]. Gehl, J., & Svarre, B. (2013). *How to Study Public Life*. Island Press.
- [5]. Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT Press.
- [6]. Bentley, I., & Watson, G. B. (2007). *Identity by Design*. Routledge.
- [7]. Chương Nguyễn Văn: *Khai thác yếu tố nơi chốn nhằm tạo lập bản sắc đô thị lấy Đà Nẵng làm địa bàn nghiên cứu* luận án 2012.
- [8]. Inskon, C. & Minnaert, L. (2018). *Tourism Management: An Introduction*. SAGE Publications.

II. Bài báo/Tạp chí:

- [9]. UN-Habitat. (2016). *The Role of Landscape Architecture in Sustainable Urban Development*.
- [10]. Tạp chí Landscape and Urban Planning (Elsevier).
- [11]. Project for Public Spaces. (2000). *The Importance of Public Spaces in Cities*.
- [12]. Đại học Kiến trúc Đà Nẵng. (2018). "Định hình bản sắc đô thị Đà Nẵng."
- [13]. UNWTO. (2018). *Global Report on Cultural Resources and Tourism*.
- [14]. Tạp chí Du lịch Việt Nam. (2020). *Du lịch trải nghiệm tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức*.

III. Trục tuyến/Website

- [15]. Cổng thông tin Du lịch Đà Nẵng: [<https://danangfantasticity.com>]
- [16]. Hiệp hội Kiến trúc Cảnh quan Quốc tế (IFLA): <https://www.iflworld.com>.
- [17]. Hội Kiến trúc sư Việt Nam (VAA): <https://www.vietnamarchitect.org>
- [18]. Paris Plages RATP (<https://www.ratp.fr/paris-plages>).
- [19]. Seoul Tourism Organization, (<https://english.seoul.go.kr/seoul-tourist-guide>).
- [20]. Cục thống kê Việt Nam (<https://www.gso.gov.vn/so-lieu-thong-ke/>).

Tích hợp sử dụng chung trong các đại học vùng Thủ đô dưới góc nhìn cấu trúc đô thị

The integrating- oriented design solution at universities in capital region from an urban structure perspective

> KTS LÊ MỸ QUỐC

TÓM TẮT

Đô thị là một hệ thống không gian nhằm phục vụ nhu cầu sinh hoạt hàng ngày của cộng đồng, đồng thời thúc đẩy sự phát triển kinh tế - xã hội của một quốc gia hoặc vùng lãnh thổ. Tương tự, đại học là một hệ thống các công trình kiến trúc, được thiết kế để đáp ứng hoạt động học tập, nghiên cứu, giảng dạy của sinh viên và giảng viên, hướng đến mục tiêu ứng dụng tri thức vào thực tiễn đời sống.

Nếu trong đô thị, hệ thống công trình dịch vụ công cộng (như trường học, bệnh viện, công viên) đóng vai trò nền tảng với cấu trúc phân tầng (từ cấp địa phương đến quốc gia) và tính chia sẻ không gian cao, thì trong đại học, hệ thống không gian học thuật (giảng đường, thư viện, phòng thí nghiệm) cũng vận hành theo nguyên tắc tương tự: sinh viên và giảng viên cùng sử dụng chung các tiện ích này dựa trên tính phân cấp (theo quy mô, chức năng) và nhu cầu học thuật. Mục tiêu của bài viết là phân tích mối tương đồng giữa cấu trúc đô thị và đại học thông qua cấu trúc tầng bậc trong đô thị, từ đó đề xuất giải pháp tích hợp sử dụng chung trong các đại học vùng Thủ đô dưới góc nhìn cấu trúc đô thị.

Từ khóa: Đô thị, đại học, tích hợp sử dụng chung, công trình dịch vụ công cộng, khối học tập và nghiên cứu.

ABSTRACT

An urban area is an integrated spatial system comprising both residential and non-residential structures, serving the daily living needs of the community while driving the socio-economic development of a nation or region. Similarly, a university is a specialized architectural complex designed to meet the learning and research activities of students and faculty, aiming to apply knowledge to real-life practices.

If in urban areas, the system of public service facilities (such as schools, hospitals, parks) plays a foundational role with a hierarchical structure (from local to national levels) and a high degree of shared space, then in a university town, the academic space system (lecture halls, libraries, laboratories) operates under a similar principle: students and faculty share these facilities based on hierarchy (by scale, function) and academic needs.

This article analyzes the parallels between urban structures and university through the hierarchical principle of public service systems, thereby clarifying the process of shared space utilization in a university model from an urban planning perspective.

Keywords: Urban, city university, integration- oriented, public service system, learning and research block.

1. DẪN NHẬP

Quyết định số 452/QĐ-TTg ngày 27/02/2025 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch mạng lưới cơ sở giáo dục đại học (GDĐH) và sự phạm thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, đặt mục tiêu xây dựng các trung tâm GDĐH lớn tại bốn vùng đô thị trọng điểm (Hà Nội, Đà Nẵng, TP.HCM, Cần Thơ) [8]. Các trung tâm này gắn liền với quá trình tái cấu trúc đô thị, hướng đến phát triển công nghệ và đổi mới sáng tạo, nhằm thúc đẩy kinh tế vùng và cả nước. Để hiện thực hóa mục tiêu này, việc tích hợp, phát triển và liên kết các cơ sở GDĐH được xem là giải pháp then chốt. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai đang đối mặt với nhiều thách thức. Áp lực đô thị hóa (tốc độ tăng dân số đô thị đạt 38% năm 2023) đòi hỏi sử dụng đất hiệu quả, tránh lãng phí khi mở rộng quy mô đào tạo. Trong khi đó, nhiều đại học (ĐH) vẫn lặp lại mô hình tổ chức kiến trúc truyền thống với sự trùng lặp trong

xây dựng cơ sở vật chất, thiếu tính liên thông giữa các khoa/trường và với các ĐH khác. Để giải quyết vấn đề trên, bài viết này phân tích mối tương quan giữa đô thị và ĐH thông qua lăng kính cấu trúc tầng bậc trong đô thị, từ đó làm rõ quá trình dùng chung không gian trong đại học nhằm sử dụng hiệu quả cơ sở vật chất theo hướng tích hợp.

1.1. ĐH trên thế giới

Khái niệm ĐH vốn đã có từ lâu trên thế giới, với nhiều định nghĩa. Dưới góc nhìn cấu trúc đô thị thì ĐH có thể hiểu theo hai cách chính:

- Mô hình thứ nhất thường được thấy ở các quốc gia phương Tây, khi mà ĐH nằm trong đô thị (City University), là một phần trong hệ thống các công trình dịch vụ bên trong đô thị ĐH. Đây là mô hình thường thấy ở các quốc gia phát triển như các ĐH tại Đan Mạch, Mỹ, Úc, Anh (xem hình 1).



Hình 1. Tòa nhà KUA 2 với trung tâm học thuật sử dụng chung tại ĐH Copenhagen - Đan Mạch. Nguồn: Internet



Hình 2. Đô thị ĐH Quảng Châu. Nguồn: Internet

Mô hình thứ hai thường được áp dụng tại các quốc gia đang phát triển, đặc biệt tại các nước khối xã hội chủ nghĩa khi được cấu trúc như một đô thị, với đầy đủ các tính chất của một trung tâm chuyên ngành của thành phố. Mô hình này hoạt động xoay quanh phân khu trung tâm dùng chung đa phương được tích hợp công nghệ với phương châm *All in one*, chỉ cần một thẻ từ có thể sử dụng toàn bộ tiện ích công cộng (như tại Đô thị ĐH Quảng Châu - Trung Quốc) (xem hình 2). Đây là mô hình có ưu điểm về mặt vận hành khi các phân khu được minh bạch hóa trong quản lý (mỗi phân khu thường là một trường ĐH thành viên), tuy nhiên đòi hỏi quỹ đất lớn (từ 500ha - 1.000ha) cũng như tính kết nối, chia sẻ với cộng đồng xung quanh thấp hơn mô hình thứ nhất.

Bảng 1. Số lượng mẫu khảo sát

STT	Đối tượng khảo sát	Số lượng tổng	Số lượng cỡ mẫu cần xác định	Số lượng cỡ mẫu cần xác định (làm tròn)
1	Cơ sở GDĐH	14		
2	Người làm việc tại cơ sở GDĐH	12,000	149,985	150
3	Sinh viên tại cơ sở GDĐH	361,887	399,5584	400

Bảng 1. Danh sách các mẫu khảo sát

STT	Cơ sở GDĐH	Mô hình	Tính chất	Quy mô sinh viên	Quỹ đất (ha)
1	ĐHQG Hà Nội	Công lập	Đa ngành, đa lĩnh vực	60,000	1,114
2	ĐH Thái Nguyên	Công lập	Đa ngành, đa lĩnh vực	15,000	300
3	ĐH Kinh tế Quốc dân	Công lập	Đa ngành	25,000	11
4	ĐH Bách khoa	Công lập	Đa ngành	20,000	25
5	Trường ĐH Hà Nội	Công lập	Đa ngành	22,000	6
6	Trường ĐH Giao thông vận tải	Công lập	Đa ngành	25,374	5
7	Học viện Nông nghiệp Việt Nam	Công lập	Đa ngành	30,500	210
8	Trường ĐH Thương mại	Công lập	Đa ngành	24,000	5
9	Trường ĐH Thủy lợi	Công lập	Đa ngành	24,013	65
10	Trường ĐH Mỏ - Địa chất	Công lập	Đa ngành	22,000	30
11	Trường ĐH Đại Nam	Tư thực	Đa ngành	32,000	10
12	ĐH Phenikaa	Tư thực	Đa ngành	17,000	14
13	Trường Đại học FPT	Tư thực	Đa ngành	30,000	30
14	Trường Đại học CMC	Tư thực	Đa ngành	15,000	6
				361,887	

1.2. ĐH tại vùng thủ đô

Có 05 ĐH trong vùng Thủ đô, bao gồm: ĐH Quốc gia Hà Nội, ĐH Bách Khoa, ĐH Kinh tế quốc dân, ĐH Thái Nguyên và ĐH Phenikaa. Dưới góc nhìn cấu trúc đô thị thì có thể chia thành hai mô hình:

- Mô hình thứ nhất là đô thị ĐH hoàn chỉnh, biệt lập trong một khu đất với quy mô từ 50.000 - 100.000 sinh viên, bao gồm đầy đủ các phân khu chức năng phục vụ đời sống của sinh viên và giảng viên ngay trong khuôn viên ĐH. Mô hình này cung cấp hệ thống cơ sở hạ tầng cho các trường ĐH và cao đẳng, các cơ sở an sinh xã hội và hậu cần, được quản lý theo một cơ chế nhất định để điều hành và quản lý các thành phần trong khu vực. Ví dụ như ĐH Quốc gia Hà Nội tại Hòa Lạc, ĐH Phenikaa.

- Mô hình thứ hai là ĐH trong đô thị chứa nó, quy mô sinh viên từ 15.000 - 30.000, có sự giao thoa và kết nối với các khu vực đô thị khác nên sự hài hòa chung. Ví dụ như ĐH Thái Nguyên, ĐH Bách khoa, ĐH Kinh tế Quốc dân.

So với mô hình thứ nhất, mô hình thứ hai mang lại hiệu quả sử dụng cao hơn với mật độ sinh viên và hệ thống công trình dịch vụ - tiện ích được phân bố đồng đều, sinh viên có nhiều sự lựa chọn hơn khi có thể vừa học, vừa làm, vừa trải nghiệm cuộc sống đô thị. Tuy nhiên, nhược điểm của mô hình này là cơ sở vật chất chưa đáp ứng được tiêu chuẩn diện tích sàn/sinh viên (dưới 25m²/sinh viên) và gây quá tải hạ tầng đô thị do nhu cầu học tập tăng đột biến trong thập kỷ qua.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN VÀ CƠ SỞ KHOA HỌC

2.1. Phương pháp luận

Phương pháp luận đòi hỏi phải so sánh hệ thống chức năng giữa đô thị và đô thị ĐH. Từ đó đưa ra các quan điểm và nguyên tắc chung về khả năng sử dụng chung (tính công cộng) trong bản thân mỗi chủ thể, qua đó để xuất giải pháp tích hợp sử dụng chung trong các ĐH vùng thủ đô. Chính vì vậy, bài viết sử dụng phương pháp điều tra xã hội học để tìm hiểu nhu cầu tích hợp sử dụng chung cơ sở vật chất trong các ĐH vùng thủ đô. Tiếp theo, phân tích các điểm tương đồng giữa cấu trúc ĐH và cấu trúc đô thị dưới góc độ sử dụng chung tiện ích. Từ đó, để xuất giải pháp tích hợp sử dụng chung trong các ĐH vùng thủ đô dưới góc nhìn cấu trúc đô thị.

2.2. Cơ sở thực tiễn

Cơ sở thực tiễn của nghiên cứu dựa trên khảo sát điều tra nhu cầu tích hợp sử dụng chung trong các ĐH thuộc vùng Thủ đô đối với các nhóm người quản lý và sử dụng theo các bước như sau :

Thủ đô, ưu tiên khảo sát các chuyên gia trong lĩnh vực quản lý giáo dục, giảng viên, nghiên cứu viên, ban giám hiệu, quản lý các cấp và sinh viên trong các cơ sở GDĐH. Hiện tại vùng Thủ đô có 04 đại học, 72 trường đại học/học viện, 18 cơ sở GDĐH ngoài công lập. Tuy nhiên, để đảm bảo tính phù hợp với hướng nghiên cứu, ưu tiên lựa chọn các cơ sở GDĐH có quy mô sinh viên trên 15.000 người và quy mô đất đai đối với cơ sở chính tối thiểu là 5ha (để đáp ứng diện tích tối thiểu của cơ sở GDĐH chính là 5ha theo Nghị định số 99/2019/NĐ-CP). Như vậy, khi sử dụng công thức của Taro Yamane (1967) :

Số lượng cỡ mẫu cần xác định **tổng số mẫu khảo sát là 14**

- Các đối tượng cần khảo sát gồm (1) Các chuyên gia, cán bộ quản lý làm việc tại các cơ sở GDĐH, (2) Sinh viên (người sử dụng)

Theo bảng cơ cấu mẫu điều tra, bài báo sẽ thực hiện khảo sát tại 14 cơ sở GDĐH tại Hà Nội (xem bảng 2) với số lượng 150 phiếu đối với các chuyên gia/cán bộ quản lý và 400 phiếu cho sinh viên.

Thực tế nghiên cứu đã thực hiện khảo sát bằng hình thức phiếu lấy ý kiến tại 14 cơ sở GDĐH và được **160 phiếu** đối với các chuyên gia/nhà quản lý và **507 phiếu** cho sinh viên (từ tháng 11/2024 đến tháng 2/2025).

Nội dung và kết quả được trình bày như dưới đây:

- Đối với các chuyên gia

1) Những không gian/nhóm không gian nào có khả năng dùng chung cao trong một ĐH bao gồm:

- Thư viện.

- Không gian sáng tạo, học tập.
- Giảng đường, phòng thí nghiệm, thư viện, trung tâm học thuật sinh viên.

• Trung tâm đổi mới sáng tạo.

2) Những gợi ý, đề xuất khác trong việc tích hợp sử dụng chung không gian trong một ĐH:

- Tổ chức mạng lưới các trường theo các tiêu chí sau:
 - Chung khối ngành đào tạo, có thể liên thông trong chương trình đào tạo.
 - Khoảng cách giữa các trường không quá 10km.
 - Bán kính tiếp cận hợp lý, phù hợp với chương trình đào tạo trong ngày.
 - Giao thông kết nối tốt.
 - Tính linh hoạt, modul hóa.
- Chung định hướng về sử mạng, định hướng nghiên cứu hoặc thực hành.
 - Có chính sách phối hợp, quan tâm đến tính bản quyền, tính bảo mật và lợi ích chia sẻ.
 - Cần phân tích kỹ để có giải pháp sử dụng tối đa và tốt nhất không gian và cơ sở vật chất của các trường ĐH, tránh lãng phí tiền của của xã hội.
 - Cần có cơ chế và chính sách rõ ràng để có thể quản lý và khai thác sử dụng hiệu quả.
 - Nên tiến hành nhanh việc tạo ra không gian chung như trên.
 - Các cơ sở GDĐH nên hợp tác với nhau để phát huy tối đa thế mạnh về cơ sở vật chất của mình. Nhà nước, Bộ GD&ĐT nên có chính sách khuyến khích sử dụng chung không gian học tập giữa các trường.

- Đối với người sử dụng (sinh viên)

Kết quả khảo sát như sau:

Bảng 2. Kết quả khảo sát sinh viên

Nội dung khảo sát	Kết quả khảo sát
1. Tình hình tổ chức không gian khối học tập và nghiên cứu	• 67% sinh viên hài lòng với không gian hiện tại.
	• Không gian dùng chung phổ biến: Phòng học (72%), Giảng đường (52.6%), Thư viện (52%), Không gian mở/Forum (16.4%).
	• Tần suất sử dụng:
	- <i>Thường xuyên:</i> Phòng học, giảng đường (3-5 lần/tuần).
	- <i>Trung bình:</i> Thư viện, hội trường, không gian nhóm (1-2 lần/tuần).
	- <i>Thấp:</i> Không gian sáng tạo, phòng seminar (≤1 lần/tuần).
	• Hạn chế: Thiếu không gian riêng tư (37.4%), khoảng cách xa (32.2%), thiếu không gian nhóm (26.4%).
2. Bán kính sử dụng tối ưu	• Không quan tâm khoảng cách khi dùng chung <i>liên đại học</i> .
	• Ưu tiên di chuyển dưới 100m cho không gian dùng chung <i>liên khoa/trường</i> .
3. Không gian/chức năng tích hợp sử dụng chung mới	• Thư viện mở kết hợp làm việc nhóm (54.7%).
	• Canteen/Cafe tích hợp sảnh thảo luận (42.8%).
	• Không gian nghiên cứu yên tĩnh + công nghệ AR/VR (40.2%).
4. Yếu tố cấu thành không gian hiệu quả	• Trang bị đủ tiện ích công nghệ (Wifi, ổ điện, màn hình) (61.6%).
	• Các tòa nhà trong cùng trường, cách nhau ≤5 phút đi bộ (52.2%).
	• Bố trí gần khu vực chính (phòng học, giảng đường).
5. Yếu tố tăng kết nối giữa khoa/trường	• Không gian tích hợp đặt ở vị trí trung tâm
6. Đề xuất khác	• Phân bố không gian cùng tòa nhà để tiện di chuyển.
	• Thêm khu tự học, nâng cấp máy tính/internet, không giới hạn thời gian sử dụng.
	• Thiết kế lối đi bộ riêng kết nối các tòa nhà.
	• Bảo đảm không gian riêng tư, thông tin về phòng trống.
	• Tăng không gian mở/xanh, phòng họp đa kích thước.
	• Ứng dụng công nghệ thông tin, cân đối cơ sở vật chất với học phí.
	• Kết hợp yếu tố thẩm mỹ, chức năng, và không gian thư giãn đa năng.

Bảng 3. Hệ thống công trình dịch vụ trong một đô thị

Loại hình	Cấp công trình	Công trình hạt nhân	Bán kính phục vụ	Quy mô dân số
Đơn vị ở	Cấp I	Trường tiểu học, cửa hàng dịch vụ, công viên đơn vị ở	500m	4.000- 15.000 dân
Khu ở	Cấp II	Trường THPT, chợ, trung tâm văn hóa	1.5km - 2km	25.000- 90.000 dân
Đô thị	Cấp III	Trung tâm đô thị, nhà hát, sân vận động, trung tâm thương mại	4km - 6km	

Bảng 4. So sánh giữa cấu trúc tầng bậc và phi tầng bậc

	Ưu điểm	Nhược điểm
Cấu trúc tầng bậc	- Cho phép hợp khối công trình, giảm giá thành xây dựng. - Dễ quản lý do ranh giới địa lý trùng với ranh giới hành chính.	- Không hoàn toàn phù hợp với tâm lý sử dụng dịch vụ của người dân khi có sự chênh lệch về chất lượng phục vụ.
Cấu trúc phi tầng bậc	- Tăng khả năng lựa chọn dịch vụ của người dân.	- Hoạt động chông chéo khi không được khu biệt hóa, dẫn đến khó bố trí hạ tầng kỹ thuật.

Kết quả khảo sát cho thấy mức độ hài lòng của sinh viên với các **không gian truyền thống** trong ĐH (phòng học, giảng đường, hội trường, thư viện) ở mức trung bình (67%), và **nhu cầu ở mức cao tích hợp** các nhóm **không gian mới** như không gian giao lưu, học tập sáng tạo, các không gian tự học, các canteen/ cafe, gắn với công nghệ cao tại vị trí trung tâm khuôn viên ĐH. Thực trạng các ĐH tại vùng Thủ đô cho thấy hệ thống không gian ĐH thiếu tính đa dạng và các hoạt động giữa các cộng đồng học thuật, cơ sở vật chất chưa đáp ứng, hoặc đáp ứng thấp được các nhu cầu kể trên của sinh viên. Điều này đòi hỏi cần đề xuất giải pháp không gian kiến trúc dựa trên một mô hình đô thị ĐH mới, tích hợp các không gian truyền thống - mới gắn với công nghệ cao và đổi mới sáng tạo nhằm đáp ứng nhu cầu học tập, nghiên cứu tiên tiến bên cạnh việc sử dụng hiệu quả tài nguyên chung trong khuôn viên ĐH.

2.3. Cơ sở lý thuyết

2.3.1. Hệ thống tầng bậc trong đô thị

Theo PGS.TS Phạm Hùng Cường, hệ thống tầng bậc trong đô thị là cầu nối giữa hệ thống trung tâm phục vụ đô thị và hệ thống dân cư [3]. Có hai dạng cấu trúc: Cấu trúc tầng bậc với mục tiêu là khu biệt hóa các hoạt động trong các khu dân cư, mỗi khu dân cư, tùy vào quy mô cũng như cấp độ có một cấp độ công trình tương ứng. Hoạt động của khu vực dân cư sẽ xoay quanh công trình đó (xem bảng 4)

Với các đô thị lớn có trung tâm đô thị cấp III nên có 2 đến 3 cực trung tâm để bảo đảm bán kính phục vụ không quá 6km (15-20 phút đi lại bằng xe đạp hoặc xe máy). Cách phân chia này nhằm hạn chế các liên kết chéo, liên kết ngoài. Vì vậy, hệ thống giao thông cũng được khu biệt hóa theo các cấp đô thị tương ứng.

Ngược lại cấu trúc phi tầng bậc thường không rõ trung tâm, được định hình bởi các công trình dịch vụ phân tán, các cấp phục vụ đan xen. Ví dụ như trong đơn vị ở cũng có trung tâm dịch vụ cấp II. Như vậy để tổ chức tốt không gian tại một đô thị trong bối cảnh hiện đại, đòi hỏi phải kết hợp ưu điểm của cả hai cấu trúc trên (xem bảng 5):

Ví dụ, kết hợp công trình thương mại cấp I với công trình cấp II theo tuyến, khi đó, các công trình cấp I có xu hướng dịch ra biên nhưng vẫn nằm trong phạm vi đơn vị ở. Hoặc bố trí các công trình giáo dục, văn hóa, cây xanh liên kết thành cụm điểm. Khi đó tuyến công trình dịch vụ, thương mại nêu trên đóng vai trò liên kết giữa các cụm - điểm công trình văn hóa, các không gian mở - cây xanh.

Tổ chức không gian trong một ĐH cũng tương tự như vậy, cần kết hợp và vận dụng cấu trúc tuyến - điểm nêu trên trong tổ chức các công trình dịch vụ dùng chung nhằm phục vụ đồng đều nhu cầu giảng dạy - học tập - nghiên cứu - sinh hoạt của sinh viên và giảng viên trong khuôn viên đại học.

2.3.2. Cấu trúc đô thị trong ĐH

Như đã nêu, nếu một đô thị là một hệ thống cấu trúc chức năng hỗn hợp nhằm phục vụ các nhu cầu của người dân, thì ĐH cũng mang trong mình cấu trúc tương tự nhằm phục vụ nhu cầu học tập và nghiên cứu của sinh viên, giảng viên.

Một ĐH có quy mô sinh viên từ 15.000 và quỹ đất tương ứng 37.5 ha (tương đương bán kính khoảng 350m tính từ tâm hình học của khu đất, và tính 25m²/sinh viên[14]) có tính chất tương tự với một đơn vị ở. Tương tự như vậy, một đại học có quy mô 5 vạn sinh viên và quỹ đất tương ứng tối thiểu 125ha (bán kính khoảng 1km) có tính chất tương đương một đô thị loại IV [6]. Giống như đô thị, ĐH cũng bao gồm các công trình dịch vụ công cộng, đường giao thông nội bộ, bãi đỗ xe và cây xanh, trong đó nếu đơn vị ở là khối chức năng cơ bản của đô thị chủ yếu phục vụ nhu cầu ở thì tại đô thị ĐH, khối học tập nghiên cứu (HTNC) chính là khối chức năng tương ứng phục vụ nhu cầu của sinh viên - giảng viên.

Tính tầng bậc trong đô thị phụ thuộc vào tần suất nhu cầu hoạt động của con người (hàng ngày, định kỳ, hiếm khi), từ đó phân loại thành các hệ thống chức năng công cộng phục vụ tương ứng. Ví dụ như vườn hoa, trường học- phục vụ nhu cầu hàng ngày, chợ, trung tâm thương mại - phục vụ nhu cầu định kỳ, bệnh viện- phục vụ nhu cầu hiếm gặp. Trong đại học - đô thị đặc thù cũng tương tự, khối giảng đường/phòng học/văn phòng nghiên cứu- phục vụ nhu cầu hàng ngày, khối hội trường, thư viện, các xưởng thực hành/ thí nghiệm - phục vụ nhu cầu định kỳ, khối các trung tâm/viện trực thuộc- phục vụ nhu cầu hiếm gặp. Giống như các không gian công cộng trong đô thị, các khối chức năng học tập và HTNC nói trên thuộc về cộng đồng học thuật, quản lý bởi nhà trường, có bán kính sử dụng hợp lý với tần suất hoạt động tương ứng và được sử dụng chung.

Các công trình dịch vụ trong một ĐH đều có bán kính phục vụ, tính chất và đối tượng phục vụ khác nhau. Hệ thống các công trình trong một ĐH cũng được bố trí dựa trên 03 nhu cầu cơ bản của con người, bao gồm: nhu cầu sống, nhu cầu làm việc và nhu cầu nghỉ ngơi với 03 cấp độ là thường nhật, định kỳ và hiếm khi (xem bảng 6).

Bảng 6. Nhu cầu cơ bản của con người trong các ĐH

Bảng nhu cầu hoạt động của con người trong ĐH		
	Dùng chung	Dùng riêng
Nhu cầu sống	x	
Nhu cầu học tập, làm việc	x	x
Nhu cầu nghỉ ngơi	x	

Từ bảng trên có thể thấy, trong một ĐH các nhu cầu sống và nghỉ ngơi con người luôn có xu hướng sử dụng chung, ví dụ như khối ký túc xá (KTX), khối thể dục thể thao (TDTT), khối cây xanh, không gian mở và khối HTKT (ở và sinh hoạt chung). Trong khi đó, các nhu cầu học tập và nghiên cứu có thể sử dụng chung hoặc riêng. Đây cũng là sự tương đồng về của mục tiêu của đô thị và đô thị ĐH:

đáp ứng được các nhu cầu của con người trong đó có nhu cầu giao tiếp, sử dụng không gian công cộng cũng như nhu cầu được sử dụng riêng tùy vào thời điểm trong ngày.

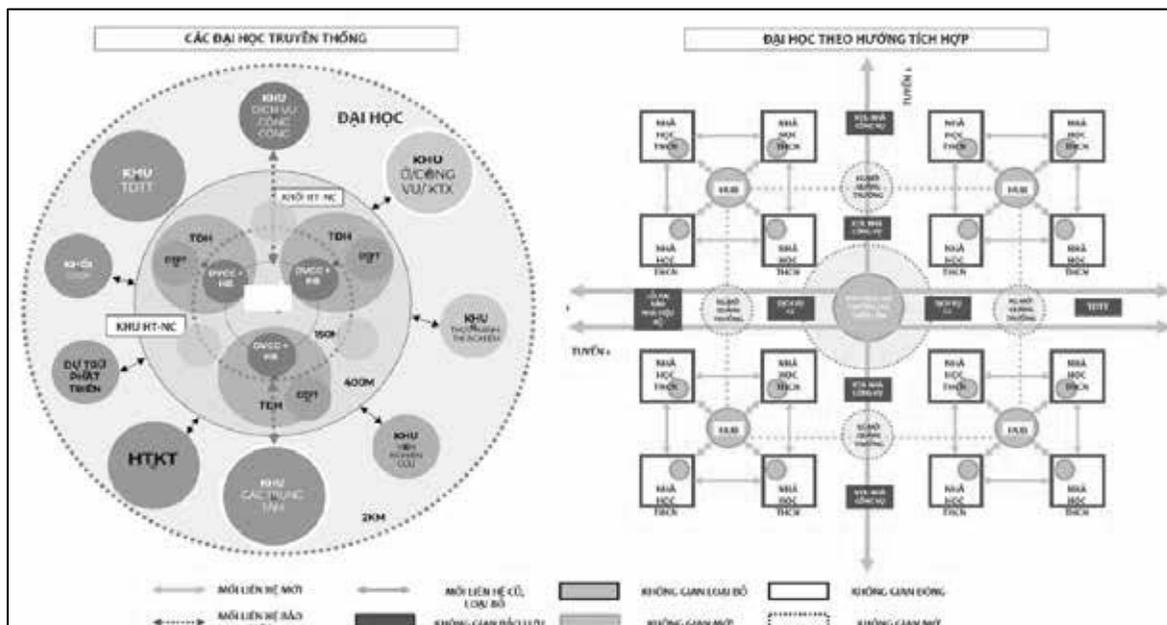
Để bố trí các công trình dịch vụ trong đô thị, cần tính toán bán kính sử dụng và số lượng người được phục vụ của các công trình đó trong đô thị. Từ đó phân bố theo hệ thống thứ bậc dựa trên nhu cầu của con người. Áp dụng trong trường hợp ĐH, các nhu cầu học tập và làm việc đòi hỏi các không gian chức năng tương ứng để có thể sử dụng chung hoặc riêng (xem bảng 6, 7). Thực tế cho thấy, khối không gian thực hành, trạm xưởng có xu hướng dùng riêng do nhu cầu cụ thể về ánh sáng, âm học, thiết bị. Ví dụ như xưởng thiết kế kiến trúc, xưởng thực hành vật liệu xây dựng cần được sử dụng riêng. Ngoài ra, các không gian còn lại đều có thể sử dụng chung để đáp ứng các nhu cầu của người sử dụng trong ĐH (sinh viên, giảng viên).

Ví dụ đối với các không gian phục vụ nhu cầu thường nhật sẽ có bán kính sử dụng dưới 100m, như nhà học, khối chức năng giảng đường - thư viện (tương đương với vườn hoa, sân chơi phục vụ nhóm nhà ở cấp nhóm ở). Các khối chức năng phục vụ nhu cầu định kỳ như các khối thực hành - thí nghiệm, seminar, các khối phòng lab sẽ có bán kính phục vụ dưới 500m (tương đương với công trình công cộng cấp đơn vị ở). Các khối chức năng phục vụ nhu cầu hiếm khi như hội trường sẽ có bán kính phục vụ tối đa 1km (tương đương với công trình công cộng cấp đô thị, phục vụ dưới 20.000 người).

Từ bảng 7, có thể thấy, các chức năng có nhu cầu sử dụng định kỳ bao gồm: các phòng học lớn (phòng học chuyên dụng), khối giảng đường lớn, khối phòng thí nghiệm (PTN), đây là các không gian có khả năng hợp khối, nhằm sử dụng chung như một trung tâm cấp khối HTNC. Đây là một cơ sở quan trọng để tổ chức không gian kiến trúc theo hướng tích hợp sử dụng chung trong các ĐH.

Bảng 7. Các cấp độ sử dụng của các chức năng học tập và nghiên cứu tích hợp dùng chung trong ĐH

STT	Chức năng học tập và nghiên cứu dùng chung trong đô thị ĐH Bán kính phục vụ	Thường nhật <100m	Định kỳ <500m	Hiếm khi <1km
I	Khối học tập			
1	Phòng học	X		
1.1	Phòng học đến 25 chỗ	X		
1.2	Phòng học 25-75 chỗ	X		
1.3	Phòng học 75-100 chỗ		X	
1.4	Phòng hội thảo, seminar	X		
2	Khối giảng đường		X	
3	Khối hội trường			X
4	Khối thư viện		X	
5	Khối không gian mở- forum- quảng trường (học tập ngoài trời)	X		
II	Khối nghiên cứu			
1	Văn phòng nghiên cứu	X		
2	Phòng thí nghiệm (PTN)		X	
2.1	Phòng chuẩn bị thí nghiệm	X		
2.2	PTN khô (close laboratory)	X		
2.3	PTN ướt (close laboratory)	X		
2.4	Lab máy tính (Computational Laboratory)	X		



Hình3. Mô hình ĐH truyền thống và ĐH theo hướng tích hợp sử dụng chung.

3. GIẢI PHÁP TÍCH HỢP SỬ DỤNG CHUNG TRONG ĐH DƯỚI GÓC NHÌN CẤU TRÚC ĐÔ THỊ

Căn cứ vào các cơ sở khoa học thì dưới góc nhìn đô thị, có thể đề xuất giải pháp tổ chức không gian kiến trúc ĐH theo hướng tích hợp như sau:

3.1. Quan điểm, nguyên tắc

- Áp dụng mô hình hỗn hợp (tầng bậc và phi tầng bậc) để làm cơ sở tổ chức không gian kiến trúc các ĐH vùng thủ đô theo hướng tích hợp sử dụng chung.

- Khối HTNC đóng vai trò hạt nhân kiểu điểm, liên kết bằng hành lang cầu với khối dịch vụ công cộng, khối hiệu bộ và khối KTX. Đây là khối chức năng đóng vai trò dùng chung song phương giữa các khoa/trường ĐH.

3.2. Giải pháp cụ thể

- Tích hợp khối KTX - chức năng như một tổ hợp các nhóm ở trong đô thị với vai trò làm tăng tần suất sử dụng các không gian toàn tuyến, thúc đẩy giao lưu - gặp gỡ của sinh viên trong toàn khu. Đây cũng là một chiến lược nhằm khắc phục hạn chế trong các đô thị ĐH hiện nay: **thiếu tính đa dạng và các hoạt động giữa các cộng đồng học thuật.**

- Hai khối chức năng còn lại gồm khối TDTT và khối HTKT đóng vai trò phụ trợ. Hệ thống không gian mở - không gian giao lưu, học tập sáng tạo đóng vai trò điều tiết và kết nối các phân khu kể trên.

- Tổ chức không gian được tạo lập từ hệ thống **tuyến** sử dụng chung đa phương cấp ĐH và hệ thống các **cụm** chức năng cấp đơn vị HTNC, lấy hạt nhân và các TTHTST (hub - **điểm**) (xem hình 3). Cụ thể như sau:

a. Tuyến chức năng cấp đô thị ĐH

Tổ hợp các công trình dịch vụ công cộng - trung tâm thư viện - hội trường thành tuyến, liên kết với các đơn vị học tập và nghiên cứu thông qua các điểm quảng trường - cây xanh - không gian mở nhỏ.

b. Cụm chức năng cấp đơn vị học tập và nghiên cứu

Tổ hợp các khối HTNC của các trường ĐH thành viên có bán kính sử dụng trung bình từ 100- 500m, lấy hạt nhân là trung tâm học thuật sáng tạo dùng chung (**TTHTST**). Trong đó, tổ chức các cụm công trình nhà học theo hai cách:

- Tổ chức theo liên kết tuyến:

Áp dụng với các TĐH thành viên có quy mô vừa và nhỏ. Trong đó, tổ hợp các tuyến học tập - nghiên cứu của các TĐH thành viên, các tuyến này cần được tổ chức liên hợp với khối dịch vụ công cộng nhằm duy trì tính tầng bậc trong các trung tâm dùng chung từ cấp TĐH đến ĐH. Như vậy, các đơn vị nhà học khoa được kết nối song song tiếp sau khối học chính của trường nhằm tạo ra không gian sân trong đặc trưng và được kết nối với trung tâm sử dụng chung cấp TĐH (trung tâm học thuật - student hub). Liên kết giữa các khối nhà học khoa bằng các hành lang cầu và hệ thống không gian mở.

- Tổ chức theo liên kết các công trình đồng dạng:

Áp dụng với các TĐH thành viên có quy mô nhỏ và vừa. Trong đó, tổ hợp các đơn vị nhà học khoa có cấu trúc đồng dạng kết hợp với **TTHTST (hub)** và các điểm mở như quảng trường, forum sinh viên để tạo ra không gian học tập trung cấp TĐH cho toàn trường kiểu điểm - diện. Tổ chức không gian toàn ĐH là tổ hợp của các điểm - diện nêu trên, tạo thành vũng - mảng học tập - nghiên cứu. Tuyến chức năng cấp ĐH (dùng chung đa phương) đóng vai trò là tuyến chính trong tổ chức không gian kiến trúc- cảnh quan ĐH. Cơ cấu chức năng bao gồm các trung tâm dịch vụ công cộng, trung tâm dữ liệu - đổi mới sáng tạo, các khối KTX và nhà công vụ cho cán bộ, công nhân viên, hệ thống không gian mở, cây xanh - quảng trường toàn khu. Tuyến chức năng này được áp dụng rất thành công tại Đô thị ĐH Quảng Châu (Trung Quốc).

5. KẾT LUẬN

So với các nghiên cứu trước đây, bài viết đã đánh giá đầy đủ về tổng quan quá trình tích hợp sử dụng chung các đô thị ĐH tại vùng Thủ đô, đã chỉ rõ những cơ sở khoa học, phương pháp luận và đề xuất giải pháp tổ chức không gian kiến trúc ĐH theo hướng tích hợp. Đối với các mô hình ĐH thì kết quả nghiên cứu có thể sử dụng trong việc tổ chức phân khu chức năng, tích hợp sử dụng đất hỗn hợp và hình thành các trung tâm dùng chung đa phương mang tính tầng bậc. Để hiện thực hóa giải pháp, cần có sự vào cuộc từ các cấp quản lý Trung ương, các Bộ, ngành và các ĐH tại vùng Thủ đô. Việc nghiên cứu, ban hành các nghị định về quản lý không gian ĐH tích hợp gắn với công nghệ cao và đổi mới sáng tạo, các tiêu chuẩn về tổ chức không gian kiến trúc ĐH theo hướng tích hợp, hay việc phối hợp liên ngành kiến trúc đô thị và giáo dục để từ đó đánh giá toàn diện hiệu quả sử dụng tích hợp không gian ĐH theo hướng tích hợp sử dụng chung là rất cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bình, Trần Thanh (2014), "Cấu trúc cơ bản trong tổ chức không gian kiến trúc quy hoạch trường đại học", Tạp chí Kiến trúc.
- [2]. Bình, Trần Thanh (2021), "Thành phố đại học - Công viên sinh thái", Tạp chí Kiến trúc số 10/2021.
- [3]. Cường, Phạm Hùng (2023), "Quy hoạch đô thị", NXB Xây dựng.
- [4]. Etzkowitz, Marina Ranga; Henry (2013), "Triple Helix Systems: An Analytical Framework for Innovation Policy and Practice in the Knowledge Society", ResearchGate.
- [5]. Minh, Ngô Lê (2011), "ĐÔ THỊ ĐẠI HỌC - Góc nhìn từ các nhà thiết kế đô thị Trung Quốc", Tạp chí Quy hoạch Xây dựng.
- [6]. "Nghị quyết về phân loại đô thị" (2016), Ủy ban Thường vụ Quốc hội. 1210/2016/UBTVQH13.
- [7]. OECD (2017), "Higher Education Institutions in the Knowledge Triangle".
- [8]. "Phê duyệt nhiệm vụ Quy hoạch xây dựng Hệ thống các trường đại học, cao đẳng tại vùng Thủ đô Hà Nội đến năm 2025 và tầm nhìn đến năm 2050" (2009). 452/QĐ-TTg, Thủ Tướng Chính phủ.
- [9]. Phương, Lê Đông (2021), "Đô thị đại học: Khái niệm và thực tiễn", Tạp chí Khoa học giáo dục Việt Nam.
- [10]. Roberts, Jonathan Coulson; Paul (2015), "University Planning and Architecture", Routledge.
- [11]. "Sẽ hình thành khu đại học tập trung 650 ha tại khu đô thị vệ tinh Xuân Mai" (2013), Khampha/UBND Hà Nội.
- [12]. Suasana, Peter Meusburger; Michael He-fferman; Laura (2006), "Geographies of the University", SpringerOpen.
- [13]. Tâm, Trần Minh (2020), "Đô thị đại học xu thế của sự phát triển giáo dục đại học", Tạp chí Khoa học Đại học Văn Lang.
- [14]. TPHCM, Đại học Quốc gia (2023), "Đồ án quy hoạch phân khu xây dựng 1/2000", Đại học Quốc gia TP.HCM.

Tích hợp ảnh UAV, Deep Learning và WebGIS phục vụ công tác quản lý cây xanh đô thị - Trường hợp nghiên cứu tại TP.HCM

Integrating UAV imagery, Deep Learning and WebGIS for urban tree management - Case study in Ho Chi Minh City

> **TRẦN NGỌC HUYỀN TRANG**

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM

Email: tnhttrang@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, công tác quản lý cây xanh đô thị tại TP.HCM, đặc biệt là khu vực TP Thủ Đức, vẫn chủ yếu dựa trên danh sách cây theo tuyến đường và ghi nhận thủ công theo địa chỉ, chưa được chuẩn hóa và thiếu liên kết với dữ liệu không gian. Các hệ thống thông tin hiện có mới chỉ phục vụ mục tiêu tra cứu quy hoạch, chưa đáp ứng yêu cầu quản lý chi tiết đối tượng cây xanh trên nền tảng dữ liệu số. Bài báo đề xuất giải pháp tích hợp ảnh UAV, Deep Learning và WebGIS nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu cây xanh đô thị có tính chính xác cao và khả năng ứng dụng thực tiễn. Ảnh UAV được thu thập với độ phân giải 2.82 cm/pixel, sai số mặt bằng 4.2 cm và sai số chiều cao 11.9 cm. Mô hình U-Net kết hợp kỹ thuật học chuyển tiếp (Transfer Learning - TL) được sử dụng để trích xuất vị trí, hình dạng và độ rộng tán cây, trong khi chiều cao cây được tính toán từ mô hình chiều cao (Canopy Height Model - CHM). Kết quả mô hình đạt độ chính xác cao với Precision = 0.93 và Recall = 0.93. Các lớp dữ liệu không gian và thuộc tính sau xử lý được tích hợp vào hệ thống WebGIS, hỗ trợ hiển thị trực quan, truy vấn thông tin, cập nhật linh hoạt và thống kê phục vụ công tác quản lý. Giải pháp này góp phần hiện đại hóa hoạt động quản lý cây xanh tại địa phương, khắc phục những hạn chế của phương pháp truyền thống và mở ra hướng tiếp cận dữ liệu số hóa toàn diện trong quản lý hạ tầng xanh đô thị.

Từ khóa: UAV, Deep Learning, WebGIS, quản lý cây xanh đô thị.

ABSTRACT

Urban tree management in Ho Chi Minh City, particularly in Thu Duc City, still primarily relies on street-based tree lists and manual recordings by address, which are neither standardized nor spatially linked. Existing information systems mainly serve zoning and planning lookup purposes and do not meet the requirements for managing tree data on a structured digital platform. This paper proposes an integrated approach combining UAV imagery, Deep Learning, and WebGIS to develop a high-accuracy and practically applicable urban tree database. UAV imagery was acquired at a ground resolution of 2.82 cm/pixel, with a horizontal accuracy of 4.2 cm and a vertical accuracy of 11.9 cm. A U-Net model with Transfer Learning was used to extract tree positions, canopy shapes, and canopy widths, while tree height was derived from a Canopy Height Model (CHM) generated from UAV data. The model achieved high accuracy, with a precision of 0.93 and recall of 0.93. The resulting spatial and attribute data were integrated into a WebGIS system, supporting intuitive visualization, attribute-based queries, flexible updates, and statistical analysis for management purposes. This solution contributes to modernizing local tree management practices, addressing limitations of traditional methods, and advancing toward a comprehensive digital approach for managing urban green infrastructure.

Keywords: UAV; Deep Learning; WebGIS; Urban tree management.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, công tác quản lý cây xanh tại các thành phố lớn như TP.HCM ngày càng trở nên quan trọng nhưng cũng đối mặt với nhiều bất cập. Hiện nay, việc quản lý cây xanh chủ yếu vẫn dựa trên danh sách cây theo tuyến đường, ghi nhận thủ công hoặc bằng mô tả địa chỉ, thiếu sự chuẩn

hóa về thuộc tính và không gắn với hệ tọa độ không gian. Hệ thống thông tin phục vụ quản lý còn rời rạc, thiếu khả năng cập nhật kịp thời, gây khó khăn trong việc kiểm kê, theo dõi và bảo trì. Những hạn chế này cho thấy nhu cầu cấp thiết về một giải pháp số hóa, tự động hóa và có khả năng tích hợp dữ liệu không gian một cách hiệu quả.

Cây xanh đô thị đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện môi trường sống, điều hòa vi khí hậu và nâng cao chất lượng không khí. Việc quản lý và giám sát hệ thống cây xanh trong đô thị đòi hỏi các phương pháp thu thập dữ liệu chính xác, nhanh chóng và có khả năng cập nhật thường xuyên. Trong bối cảnh đó, công nghệ UAV trở thành một công cụ hữu ích, giúp nâng cao hiệu quả thu thập dữ liệu và hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch cây xanh. Một trong những ứng dụng cơ bản của UAV trong quản lý cây xanh đô thị là thu thập hình ảnh độ phân giải cao để xác định vị trí, số lượng và đặc điểm hình thái của cây xanh [1]. Hình ảnh UAV sau khi được xử lý có thể ghép thành ảnh ghép trực giao, cung cấp dữ liệu nền quan trọng cho công tác kiểm kê cây xanh. Một trong những thách thức lớn trong quản lý cây xanh đô thị là đảm bảo an toàn cho hệ thống cây xanh, đặc biệt trong mùa mưa bão hoặc tại các khu vực có cây lâu năm với nguy cơ gây đổ cao. UAV có thể hỗ trợ đánh giá cấu trúc cây và phát hiện các dấu hiệu bất thường.

Dữ liệu UAV giúp phân tích mối quan hệ giữa cây xanh và hạ tầng đô thị, như xác định các cây có tán quá rộng gây cản trở giao thông hoặc ảnh hưởng đến hệ thống điện. Việc phát hiện sớm các vấn đề này giúp cơ quan quản lý đưa ra phương án xử lý hợp lý, đảm bảo sự cân bằng giữa phát triển không gian xanh và an toàn đô thị [2, 3]. Dữ liệu UAV không chỉ được sử dụng độc lập mà còn có thể tích hợp vào hệ thống GIS/WebGIS để phục vụ quản lý đô thị thông minh. Hệ thống GIS giúp lưu trữ, phân tích và trực quan hóa dữ liệu UAV, từ đó hỗ trợ ra quyết định trong việc bảo vệ và phát triển cây xanh đô thị.

Bên cạnh đó, UAV còn có thể kết hợp với công nghệ trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) để tự động nhận dạng, phân loại và đánh giá sức khỏe cây xanh. Nhờ sự hỗ trợ của AI, quá trình phân tích dữ liệu UAV có thể được tự động hóa, giúp tiết kiệm thời gian và nâng cao độ chính xác trong công tác giám sát cây xanh. Mô hình học sâu (Deep Learning - DL) là một nhánh quan trọng của AI và học máy (Machine Learning - ML), sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo để mô phỏng cách con người học hỏi và xử lý thông tin [4, 5]. Công nghệ này phát triển mạnh mẽ nhờ sự kết hợp giữa các thuật toán học máy tiên tiến và sức mạnh tính toán của phần cứng hiện đại, giúp mô hình có thể huấn luyện trên lượng dữ liệu lớn. DL hoạt động dựa trên các mạng nơ-ron nhân tạo nhiều lớp (Deep Neural Networks - DNNs). Một trong những mô hình DL phổ biến nhất trong lĩnh vực phân đoạn ảnh là U-Net, với kiến trúc đối xứng gồm các tầng mã hóa và giải mã, giúp giữ nguyên thông tin không gian trong quá trình trích xuất đặc trưng. Mô hình U-Net đã được Ronneberger và cộng sự phát triển vào năm 2015 [6]. Ban đầu được thiết kế cho phân đoạn ảnh y khoa, U-Net với kiến trúc đối xứng và các kết nối tắt đã chứng minh hiệu quả cao trong việc phân đoạn ảnh với số lượng dữ liệu huấn luyện hạn chế [6, 7]. Sau đó, mô hình này được áp dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, bao gồm phân đoạn hình ảnh nhà ở đô thị. U-Net đặc biệt hữu ích khi làm việc với dữ liệu có độ phân giải cao, giúp xác định ranh giới của cây xanh chi tiết [8].

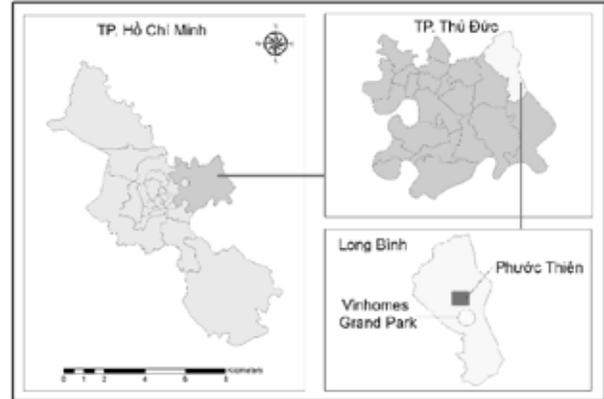
WebGIS sử dụng công nghệ máy chủ bản đồ mã nguồn mở như GeoServer để kết nối và chia sẻ thông tin địa lý với các ứng dụng WebGIS sử dụng chuẩn mở [9, 10]. Đồng thời, WebGIS cung cấp nền tảng mạnh mẽ để quản lý, truy vấn và trực quan hóa dữ liệu cây xanh, góp phần nâng cao hiệu quả giám sát và quy hoạch đô thị xanh bền vững.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là khu tái định cư Phước Thiện thuộc TP Thủ Đức, TP.HCM, tọa lạc liền kề khu đô thị Vinhomes Grand Park (Hình 1). Đây là khu vực đang phát triển nhanh chóng với hệ thống cơ sở

hạ tầng đô thị hiện đại và đồng bộ, nhằm đáp ứng chiến lược phát triển đô thị của TP.HCM. Vị trí khu vực có sự kết nối thuận tiện với các tuyến giao thông huyết mạch như cao tốc TP.HCM - Long Thành - Dầu Giây, tuyến vành đai 3 và các tuyến đường chính của TP Thủ Đức. Các hạ tầng kỹ thuật quan trọng như điện, nước, internet và chiếu sáng đô thị đều được đầu tư đồng bộ và nhiều tuyến kỹ thuật được ngầm hóa [11].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu tại Phước Thiện, thuộc phường Long Bình

Khu vực này đặc biệt chú trọng phát triển các không gian cây xanh đô thị như hệ thống cây xanh đường phố, công viên nội khu và hệ sinh thái ven sông nhằm cải thiện môi trường sống, điều hòa vi khí hậu và gia tăng tính thẩm mỹ đô thị. Tuy nhiên, sự phát triển nhanh chóng của đô thị cũng đặt ra các thách thức lớn trong quản lý như kiểm soát xây dựng, duy trì hạ tầng kỹ thuật và bảo vệ không gian xanh. Các vấn đề quản lý chính gồm bảo vệ an toàn cây xanh trong mùa mưa bão, duy trì cân bằng hệ sinh thái ven sông và giải quyết những xung đột giữa phát triển hạ tầng đô thị với không gian xanh, đảm bảo mục tiêu phát triển đô thị xanh, thông minh và bền vững.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Dữ liệu phục vụ nghiên cứu được thu thập thông qua hai ca bay chụp bằng UAV ở độ cao 100 m, với độ phủ dọc và ngang đồng nhất 80%. Trước mỗi ca bay, các tham số bay được thiết lập trong phần mềm Pix4Dcapture trên thiết bị di động nhằm đảm bảo kế hoạch bay nhất quán. UAV sử dụng trong nghiên cứu là DJI Phantom 4 Pro PPK, cho phép thu thập dữ liệu hình ảnh có độ phân giải cao. Khu vực thực nghiệm được thiết lập một trạm cố định được đánh dấu bằng sơn trắng nhằm đảm bảo tính ổn định và lâu dài. Điểm mốc này được đo đạc chính xác bằng công nghệ GNSS để hiệu chỉnh dữ liệu không ảnh (Hình 3).

Trình tự các bước được thực hiện theo Hình 2 sau đây:



Hình 2. Quy trình thực hiện

Thiết bị Hi-Target V30 được sử dụng tại điểm mốc để thu tín hiệu GNSS liên tục trong suốt quá trình bay chụp, cung cấp dữ liệu hiệu chỉnh nhằm nâng cao độ chính xác của ảnh UAV. Hệ thống tọa độ được thiết lập theo hệ quy chiếu VN2000, kinh tuyến trực 105°45' và múi chiếu 3°, đảm bảo tính thống nhất của dữ liệu trong hệ quy chiếu quốc gia. Ngoài ra, 20 điểm khống chế mặt đất (Ground Control Point - GCP) được bố trí tại các vị trí thông thoáng, được đánh dấu bằng sơn đỏ để tối ưu hóa quá trình hiệu chỉnh và xử lý ảnh UAV. Tọa độ và độ cao của các điểm GCP được xác định bằng phương pháp đo GNSS, giúp cải thiện độ chính xác không gian của dữ liệu ảnh UAV thu thập.

Dữ liệu ảnh UAV sau khi thu thập được xử lý bình sai GPS để hiệu chỉnh tọa độ tâm chụp, giúp nâng cao độ chính xác không gian của dữ liệu ảnh. Tiếp theo, phần mềm Agisoft Metashape được sử dụng để xử lý ảnh UAV, tạo ra ảnh ghép trực giao (Orthomosaic) hay còn gọi là bình đồ ảnh với độ phân giải 2.82 cm, đám mây điểm (Point Cloud) và mô hình số bề mặt (Digital Surface Model - DSM). Những sản phẩm này đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích, trích xuất thông tin và hỗ trợ các bước tiếp theo trong quản lý cây xanh đô thị.

Point cloud là tập hợp các điểm không gian 3D đại diện cho bề mặt thực địa và các đối tượng địa vật như nhà cửa, cây xanh và công trình hạ tầng. Để xây dựng mô hình số địa hình (Digital Terrain Model - DTM), cần phải loại bỏ các điểm thuộc về địa vật và chỉ giữ lại các điểm phản ánh bề mặt đất tự nhiên. Quá trình này thường tốn nhiều thời gian nếu sử dụng phương pháp thủ công như lựa chọn điểm hoặc hiệu chỉnh chiều cao địa vật. Để tối ưu hóa, phần mềm Fusion được sử dụng để lọc và loại bỏ điểm địa vật khỏi đám mây điểm. Fusion vận dụng các nguyên lý hình học cơ bản, trong đó bao gồm nguyên lý độ cao tương đối (lựa chọn điểm thấp nhất trong vùng cục bộ), tính liên tục địa hình (loại bỏ điểm có độ dốc đột ngột) và phân tích mối quan hệ không gian lân cận giữa các điểm để xác định tập điểm mặt đất. Fusion tích hợp bộ công cụ dòng lệnh chuyên biệt, giúp tự động hóa quá trình xử lý và phân loại điểm một cách linh hoạt, nâng cao hiệu suất và độ chính xác của mô hình địa hình số. Quá trình xử lý được thực hiện bằng các chương trình dòng lệnh như *GroundFilter.exe* để lọc địa vật và *GridSurfaceCreate.exe* để nội suy lớp bề mặt địa hình từ tập điểm đã được lọc.



Hình 3. Đo lưới khống chế và bay chụp ảnh

Mô hình DSM được nội suy từ các điểm Point Cloud, mô hình DTM được nội suy từ các điểm mặt đất đã lọc từ Point Cloud. Mô hình chiếu cao đối tượng đã hiệu chỉnh CHM được tính từ công cụ Combine Terrains Layer-Subtraction (Difference)-Unsigned trên Global Mapper, với dữ liệu đầu vào là 2 lớp raster DSM và DTM.

Sau khi có mô hình DTM, việc xác định chiều cao của cây xanh được thực hiện thông qua mô hình chiếu cao tán cây (Canopy

Height Model - CHM). CHM được tính toán bằng cách lấy chênh lệch giữa mô hình DSM và DTM trên cùng khu vực nghiên cứu. Trong phần mềm ArcGIS Pro, công cụ Raster Calculator được sử dụng để tạo mô hình CHM với công thức:

$$CH = DSM - DTM \quad (1)$$

Trong nghiên cứu này, mô hình U-Net được triển khai với phương pháp học chuyển tiếp (Transfer Learning - TL) nhằm tối ưu hiệu quả huấn luyện trong điều kiện dữ liệu gán nhãn hạn chế. TL cho phép sử dụng lại các trọng số đã được huấn luyện trên tập dữ liệu lớn có đặc điểm tương đồng, từ đó giúp mô hình tiếp cận nhanh hơn với bài toán trích xuất cây xanh và nâng cao khả năng khái quát đối với các dạng hình thái khác nhau của tán cây trong môi trường đô thị [12-14].

Tập mẫu đầu vào ban đầu gồm 325 cây xanh được trích chọn từ khu vực nghiên cứu, sau đó được tăng cường bằng các kỹ thuật biến đổi dữ liệu như xoay, lật đối xứng, thay đổi độ sáng, co giãn tỷ lệ và dịch chuyển vị trí. Các phép biến đổi này được thực hiện có kiểm soát nhằm đảm bảo giữ nguyên cấu trúc đối tượng, đồng thời tạo ra số đa dạng cần thiết cho quá trình huấn luyện. Sau khi tăng cường, tổng số mẫu đạt khoảng 5.200 ảnh.

Tập dữ liệu sau tăng cường được chia thành ba phần theo tỷ lệ 70% cho huấn luyện, 20% cho xác thực và 10% cho kiểm tra. Việc phân chia này được thực hiện ngẫu nhiên có kiểm soát, nhằm đảm bảo tính đại diện và khả năng đánh giá khách quan trong suốt quá trình huấn luyện mô hình, đồng thời giảm thiểu hiện tượng quá khớp.

Sau khi trích xuất, dữ liệu cây xanh được xây dựng bao gồm dữ liệu không gian và thuộc tính. Dữ liệu không gian dạng polygon được chuyển thành điểm để xác định vị trí cây xanh rõ ràng. Dữ liệu thuộc tính bao gồm độ rộng tán cây, chiều cao cây, tên tuyến đường liên kết tự động, tình trạng phát triển và tên cây thu thập qua khảo sát. Mỗi cây xanh được gán mã số riêng một cách tự động theo phương pháp đánh số tương tự hệ thống số nhà, tạo điều kiện thuận lợi cho quản lý dữ liệu trên nền tảng WebGIS. Các dữ liệu chuẩn hóa này là cơ sở quan trọng hỗ trợ quản lý và quy hoạch không gian xanh đô thị.

Dựa trên dữ liệu đã xây dựng, hệ thống WebGIS được triển khai với việc cài đặt và cấu hình môi trường phát triển ban đầu, sử dụng các công nghệ như GeoServer, PostgreSQL/PostGIS, OpenLayers và các ngôn ngữ lập trình như JavaScript, Python, HTML, CSS để phát triển giao diện và chức năng hệ thống. Một hệ thống API backend được thiết lập để hỗ trợ hiệu quả việc quản lý và phân tích dữ liệu không gian, cung cấp các chức năng tương tác như tìm kiếm, chỉnh sửa trực tiếp và phân tích thống kê. Giao diện người dùng được thiết kế để đảm bảo các thao tác zoom, pan và tìm kiếm thông tin diễn ra thuận lợi, hỗ trợ các quyết định quản lý cây xanh một cách nhanh chóng và chính xác. Hệ thống này cung cấp các công cụ tạo báo cáo và thống kê để người dùng dễ dàng phân tích và trích xuất cây xanh và quản lý dữ liệu một cách hiệu quả trên nền tảng WebGIS.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả xử lý ảnh UAV

Kết quả đánh giá độ chính xác của ảnh ghép trực giao thu được từ quá trình xử lý ảnh UAV cho thấy ảnh có độ phân giải không gian rất cao, đạt 2.82 cm/pixel. Qua kiểm tra và đánh giá, sai số mặt bằng thu được là 4.2 cm, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của bản đồ tỷ lệ lớn trong công tác quản lý cây xanh đô thị (Bảng 1). Với mức độ chính xác này, dữ liệu ảnh trực giao hoàn toàn phù hợp và đáng tin cậy để ứng dụng mô hình DL (U-Net) nhằm nhận dạng và trích xuất chính xác vị trí, kích thước và phân bố không gian của cây xanh trong khu vực nghiên cứu.

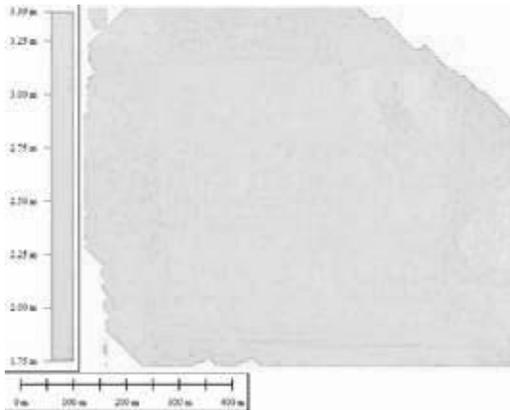
Bảng 1. Kết quả đánh giá độ chính xác bình đồ ảnh

ID	Dữ liệu đối chiếu		Dữ liệu từ ảnh ghép trực giao		ΔX (cm)	ΔY (cm)	m_{xy} (cm)
	X (m)	Y (m)	X' (m)	Y' (m)			
1	1200179.031	618920.236	1200179.022	618920.258	-0.9	3.2	3.3
2	1200124.363	618523.205	1200124.320	618523.231	-4.3	2.6	5.0
3	1199855.308	618848.259	1199855.277	618848.285	-3.1	2.6	4.0
4	1200017.768	618905.917	1200017.810	618905.915	4.2	-0.2	4.2
5	1200025.596	618686.965	1200025.634	618686.944	3.8	-2.1	4.3
RMSE							4.2

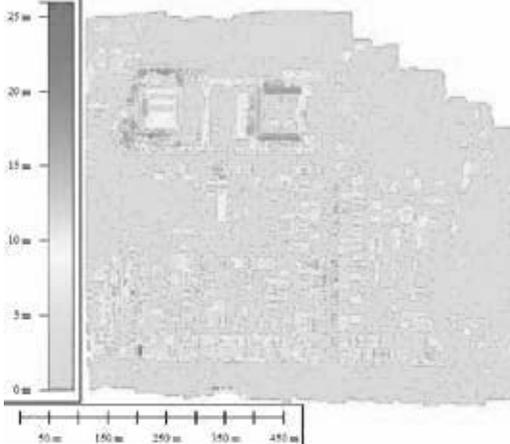
3.2. Kết quả xây dựng mô hình độ cao số

Kết quả mô hình DTM cho thấy khu vực nghiên cứu có địa hình tương đối bằng phẳng với độ cao dao động từ 1.8 m đến 4.0 m, phù hợp với đặc điểm địa hình của TP Thủ Đức (Hình 4).

Mô hình CHM được xây dựng để hỗ trợ trích xuất chiều cao cây xanh, với giá trị dao động từ 8.0 m đến 25 m, bao gồm cây xanh, nhà phố, trường học và các cột đèn (Hình 5). Kiểm tra ngẫu nhiên chiều cao của 15 đối tượng trong khu vực, bao gồm 9 ngôi nhà, 2 trụ đèn và 4 cây xanh, được thực hiện bằng máy toàn đạc điện tử. Kết quả kiểm tra được đánh giá thông qua công thức tính sai số trung phương, cho thấy độ chính xác của mô hình CHM cao, đáp ứng yêu cầu trong quản lý đô thị thông minh và xây dựng bản đồ 3D. Sai lệch trung bình giữa chiều cao thực tế và chiều cao trên mô hình CHM là 11.9 cm. Nguyên nhân của sai số này chủ yếu do bề mặt mái nhà thường có nhiều chi tiết gồ ghề, trong khi mô hình CHM chỉ lấy giá trị trung bình trên một vùng raster, dẫn đến sự khác biệt so với đo đạc thực tế. Ngoài ra, chiều cao tán cây không đồng đều và việc chọn điểm đỉnh để đo trong thực địa cũng góp phần làm tăng sai số.



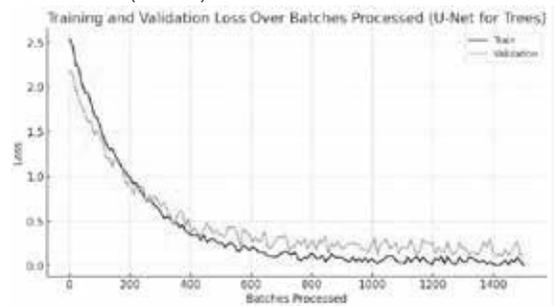
Hình 4. Mô hình DTM



Hình 5. Mô hình CHM

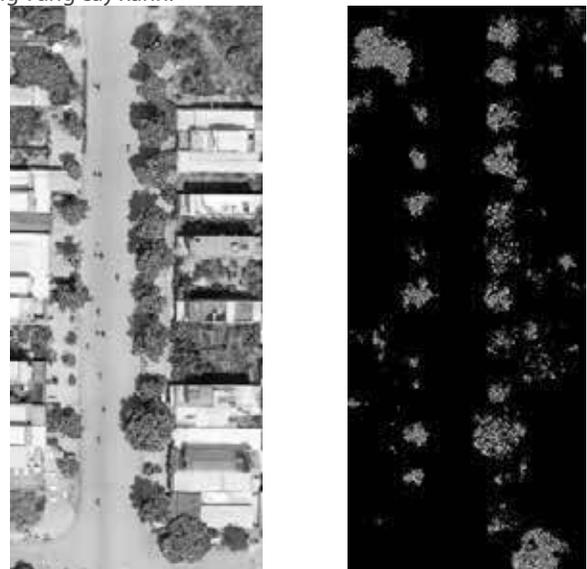
3.3. Kết quả trích xuất cây xanh với mô hình học sâu

Biểu đồ huấn luyện và kiểm định cho thấy quá trình tối ưu mô hình diễn ra hiệu quả khi giá trị loss của tập huấn luyện và kiểm định đều giảm dần và ổn định sau khoảng 1000 batches (Hình 6). Mô hình đạt được sự hội tụ tốt khi loss của tập kiểm định dao động nhẹ quanh giá trị thấp và không có dấu hiệu overfitting rõ ràng, chứng tỏ U-Net hoạt động hiệu quả trong việc nhận diện và trích xuất cây xanh từ ảnh UAV (Hình 7).



Hình 6. Biểu đồ train/validation loss cho mô hình U-Net

Kết quả trích xuất được thể hiện qua ma trận nhầm lẫn, cho thấy mô hình dự đoán 452 vùng cây xanh chính xác, 40 vùng bị nhầm lẫn không phải cây xanh, 38 vùng cây xanh thực tế bị bỏ sót và 525 vùng không phải cây xanh được nhận diện đúng. Các chỉ số đánh giá hiệu suất bao gồm: Precision = 0.93, nghĩa là 93% số vùng được nhận diện là cây xanh thực sự; Recall = 0.93, cho thấy 93% số cây xanh thực tế đã được mô hình phát hiện. Mô hình U-Net cho thấy khả năng nhận diện tốt nhưng vẫn tồn tại một số sai số, chủ yếu do sự chồng lấn giữa tán cây và mái nhà, hoặc bóng đổ làm thay đổi hình dạng vùng cây xanh.



Hình 7. Kết quả trích xuất cây xanh bằng mô hình U-Net

Trong quá trình xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ quản lý cây xanh đô thị, dữ liệu không gian và thuộc tính của lớp cây xanh được tổ chức chặt chẽ nhằm đảm bảo tính đầy đủ, chính xác. Phần dữ liệu không gian được xác định dựa trên kết quả trích xuất từ mô hình DL, trong đó vị trí từng cây được nhận dạng và định vị với độ chính xác cao trên ảnh UAV. Lớp dữ liệu này cho phép xác định chính xác phạm vi phân bố và diện tích che phủ của từng cây riêng lẻ trong môi trường đô thị, từ đó hỗ trợ hiệu quả các phân tích về mật độ, phân bố và quy hoạch không gian xanh.

Dữ liệu thuộc tính của cây xanh được xây dựng từ nhiều nguồn khác nhau, trong đó một số thông tin được tự động hóa nhằm tăng tính nhất quán và giảm thiểu sai sót trong quá trình biên tập. Độ rộng tán cây được trích xuất trực tiếp từ mô hình DL, phản ánh diện tích che phủ thực tế của từng cây và là cơ sở cho các tính toán về khả năng làm mát và che nắng trong khu vực dân cư. Tên tuyến đường giao thông nơi cây được trồng được gán tự động thông qua công cụ liên kết không gian với lớp dữ liệu giao thông nền, giúp hỗ trợ quản lý theo đơn vị hành chính hoặc theo tuyến cây trồng cụ thể.

Thông tin về tên cây và tình trạng phát triển được bổ sung thông qua điều tra thực địa. Các dữ liệu này đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá sức khỏe cây xanh, phát hiện các vấn đề liên quan đến sâu bệnh, già cỗi hoặc cần thay thế, từ đó xây dựng kế hoạch bảo dưỡng và chăm sóc hợp lý. Chiều cao cây được tính toán từ mô hình CHM xây dựng từ ảnh UAV. Dữ liệu chiều cao không chỉ phản ánh mức độ phát triển mà còn có ý nghĩa trong việc đánh giá ảnh hưởng của cây đến môi trường xung quanh và cấu trúc đô thị.

Hệ thống mã cây được tổ chức theo một nguyên tắc đánh số rõ ràng và khoa học. Cây xanh được đánh số theo chiều từ trái sang phải, sau đó từ trên xuống dưới trên bản đồ. Phương pháp đánh số này mô phỏng cách đánh số nhà trong thực địa, sử dụng dãy số chẵn - lẻ nhằm đồng bộ hóa với hệ thống quản lý hạ tầng đô thị hiện có. Việc gán mã số được thực hiện tự động bằng công cụ Numbering trong Parcel Editor, giúp đảm bảo tính thống nhất và hỗ trợ tra cứu nhanh chóng khi tích hợp vào hệ thống WebGIS.

Sau khi hoàn tất việc xây dựng dữ liệu không gian và thuộc tính cho lớp cây xanh, toàn bộ dữ liệu được chuẩn hóa và chuyển về hệ tọa độ WGS_1984_Web_Mercator_Auxiliary_Sphere. Đây là hệ tọa độ phổ biến và được sử dụng rộng rãi trong các nền tảng WebGIS hiện nay. Việc lựa chọn hệ tọa độ này không chỉ đảm bảo khả năng chống xấp chính xác giữa các lớp dữ liệu khác nhau mà còn giúp thống nhất môi trường xử lý, tạo điều kiện thuận lợi cho việc hiển thị, phân tích và chia sẻ dữ liệu cây xanh trên các nền tảng trực tuyến. Nhờ đó, cơ sở dữ liệu lớp cây xanh không chỉ phục vụ tốt cho công tác quản lý hiện tại mà còn có tính mở rộng cao trong các hệ thống thông tin không gian hiện đại.

3.4. Kết quả xây dựng WebGIS

Hệ thống WebGIS được xây dựng nhằm hỗ trợ quản lý, giám sát và phân tích dữ liệu cây xanh đô thị một cách hiệu quả (Hình 8). Hệ thống cung cấp bản đồ tương tác hiển thị vị trí, diện tích tán cây và tình trạng sức khỏe cây xanh, đồng thời cho phép truy vấn, tìm kiếm theo mã ID, loại cây hoặc vị trí cụ thể.

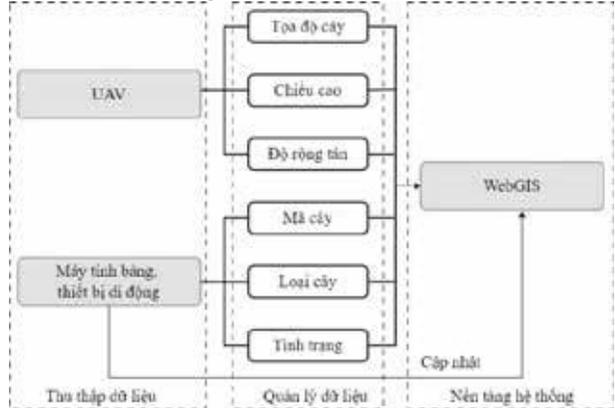
Hệ thống này cung cấp một công cụ mạnh mẽ cho các cơ quan quản lý đô thị, giúp cải thiện khả năng giám sát cây xanh, tối ưu hóa tài nguyên và nâng cao chất lượng không gian đô thị thông qua việc ứng dụng các công nghệ hiện đại (Hình 9).

Ngoài ra, hệ thống hỗ trợ cập nhật, chỉnh sửa dữ liệu cây xanh (Hình 10), tích hợp dữ liệu UAV và mô hình Deep Learning giúp tự động hóa quá trình nhận diện cây xanh. Các công cụ phân tích và thống kê cung cấp thông tin về diện tích che phủ, mật độ cây xanh theo khu vực và sự thay đổi theo thời gian, đồng thời hỗ trợ giám sát sức khỏe cây xanh và cảnh báo khi có dấu hiệu suy giảm. Việc

tích hợp dữ liệu thời gian thực từ GPS và cảm biến môi trường giúp nâng cao khả năng thu thập và đồng bộ dữ liệu. Hệ thống cũng hỗ trợ xuất dữ liệu dưới nhiều định dạng và cung cấp báo cáo tổng hợp phục vụ công tác quản lý đô thị (Hình 11). Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, đáp ứng yêu cầu quản lý dữ liệu trực quan, dễ dàng cập nhật và truy xuất, góp phần xây dựng nền tảng đô thị thông minh, minh bạch và hiệu quả.



Hình 8. Giao diện WebGIS gồm hai cửa sổ hiển thị



Hình 9. Mô hình quản lý cây xanh



Hình 10. Cập nhật dữ liệu



Hình 11. Thống kê thông tin của lớp cây

4. THẢO LUẬN

Nghiên cứu này đề xuất một giải pháp tích hợp UAV, DL và WebGIS nhằm nâng cao hiệu quả quản lý cây xanh đô thị tại TP.HCM. So với các phương pháp truyền thống, việc sử dụng ảnh

UAV với độ phân giải cao (2.82 cm/pixel) và sai số mặt bằng thấp (4.2 cm) cho phép thu thập dữ liệu chi tiết, hỗ trợ việc xây dựng mô hình chiều cao tán cây (CHM) và trích xuất chính xác các đặc trưng không gian như vị trí, hình dạng và độ rộng tán cây [15, 16].

Việc áp dụng mô hình U-Net kết hợp với kỹ thuật TL cho thấy hiệu quả rõ rệt trong điều kiện dữ liệu gán nhãn hạn chế, giúp rút ngắn thời gian huấn luyện và nâng cao khả năng khái quát hóa. So với các nghiên cứu trước đó sử dụng phương pháp học máy truyền thống như Random Forest hoặc SVM [17], mô hình học sâu thể hiện ưu thế vượt trội trong việc nhận dạng các đặc trưng hình thái phức tạp của tán cây trong môi trường đô thị có nhiều yếu tố gây nhiễu. Mohan cùng các cộng sự của mình đã chứng minh rằng việc kết hợp UAV và CHM có thể phát hiện cây đơn lẻ với độ chính xác cao, nhưng vẫn còn hạn chế khi triển khai trong môi trường đô thị dày đặc [16]. Trong nghiên cứu này, việc kết hợp DL giúp vượt qua rào cản đó, đặc biệt khi áp dụng cho ảnh UAV có độ phân giải siêu cao.

Một điểm nổi bật khác của nghiên cứu này là khả năng tích hợp liền mạch kết quả trích xuất từ mô hình DL vào hệ thống WebGIS. Điều này giúp cải thiện hiệu quả cho nhiều nghiên cứu trước, vốn chỉ tập trung vào xử lý ảnh và phân tích đối tượng trên dữ liệu UAV mà chưa hoàn thiện quy trình ứng dụng trong thực tiễn quản lý. Cụ thể, các nghiên cứu như của Yang và cộng sự đã sử dụng mô hình học sâu để phân đoạn cây xanh đô thị từ ảnh UAV, nhưng kết quả đầu ra chủ yếu ở dạng raster hoặc vector độc lập, không gắn liền với hệ thống quản lý thông tin địa lý trực tuyến [18]. Tương tự, nghiên cứu của nhóm tác giả Liu (2024) mặc dù đạt độ chính xác cao trong phát hiện cây đơn lẻ, nhưng cũng chỉ dừng lại ở việc xử lý dữ liệu nội bộ mà chưa đề cập đến tổ chức hoặc chia sẻ kết quả trên nền tảng WebGIS [19].

Việc nghiên cứu này phát triển một hệ thống WebGIS có khả năng hiển thị trực quan, truy vấn thông tin thuộc tính, cập nhật dữ liệu linh hoạt và hỗ trợ phân quyền người dùng đã cho thấy tính ứng dụng cao trong thực tiễn. Đây chính là điểm khác biệt quan trọng, góp phần đưa kết quả từ các mô hình DL vào chuỗi ứng dụng quản lý đô thị một cách toàn diện và hiệu quả hơn.

Tuy nhiên, một số thách thức vẫn tồn tại. Sai số nhận dạng xuất hiện ở những khu vực có bóng đổ mạnh, cây bị che khuất hoặc chồng lấn với các vật thể khác như mái nhà, điều này phù hợp với nhận định của nhóm tác giả Branson vào năm 2018 khi phân tích ảnh hưởng của cấu trúc đô thị đến khả năng phân đoạn tán cây [20]. Các nghiên cứu như của nhóm tác giả Chen năm 2021 cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của ảnh đa thời gian hoặc dữ liệu nghiêng trong việc giảm sai số do giao thoa vật thể [21].

Tổng thể, nghiên cứu này không chỉ khẳng định tính khả thi của giải pháp tích hợp UAV và Deep Learning trong quản lý cây xanh đô thị, mà còn đóng góp một mô hình ứng dụng đầy đủ, có tính mở rộng cao, phù hợp với xu hướng chuyển đổi số và phát triển đô thị bền vững hiện nay.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu và triển khai thành công giải pháp tích hợp UAV, DL và WebGIS trong quản lý cây xanh đô thị. Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp thu thập dữ liệu UAV được tối ưu với độ phân giải cao (2.82 cm/pixel) và sai số mặt bằng thấp (4.2 cm), đảm bảo độ tin cậy cao cho việc nhận dạng và trích xuất cây xanh. Kỹ thuật TL kết hợp với mô hình U-Net được lựa chọn giúp xác định chính xác vị trí, chiều cao và độ rộng tán cây, hỗ trợ quá trình phân tích và quản lý hiệu quả. Hệ thống WebGIS được phát triển đầy đủ chức năng, hỗ trợ trực quan hóa, tìm kiếm và quản lý dữ liệu cây xanh đô thị, nâng cao khả năng ra quyết định trong quy hoạch không gian xanh.

Để phát huy hiệu quả ứng dụng của giải pháp đã nghiên cứu, bài báo đề xuất tiếp tục mở rộng nghiên cứu, ứng dụng các mô hình DL

tiên tiến nhằm nâng cao khả năng nhận dạng và đánh giá chất lượng cây xanh đô thị. Các cơ quan quản lý đô thị nên xem xét áp dụng giải pháp này để cải thiện công tác giám sát, bảo vệ cây xanh và tối ưu hóa nguồn lực. Ngoài ra, việc mở rộng tích hợp với các nền tảng dữ liệu không gian khác sẽ góp phần xây dựng hệ thống quản lý đô thị thông minh toàn diện, hỗ trợ phát triển bền vững trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM (HCMUNRE) theo mã số tài trợ CT.2025.13.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. Wicaksono, A. and R. Hernina, Urban tree analysis using unmanned aerial vehicle (UAV) images and object-based classification (case study: university of indonesia campus). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2021. 683: p. 1-6.
- [2]. Barmpoutis, P., T. Stathaki, and V. Kamperidou, Monitoring of Trees' Health Condition Using a UAV Equipped with Low-cost Digital Camera, in ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2019.
- [3]. Manase, A., et al., The use of UAV-based systems in monitoring forest health: Potentials and challenges. Scientific African, 2025. 28(e02724): p. 1-14.
- [4]. Malhotra, R. and P. Singh, Recent advances in deep learning models: a systematic literature review. Multimedia Tools and Applications 2023. 82(4): p. 1-9.
- [5]. Wani, M.A., et al., Advances in Deep Learning. Introduction to deep learning. Vol. 57. 2020: Springer Nature.
- [6]. Ronneberger, O., P. Fischer, and T. Brox, U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, in Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2015 2015. p. 234-241.
- [7]. Fetai, B., et al., Detection of visible boundaries from UAV images using U-net. The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020. XLIII-B1-2020: p. 437-442.
- [8]. Ganesan, G. and S. Poonkuntran, Semantic Segmentation Based on Geometric Calibration Using AI and AR in Health Care. Contemporary Mathematics, 2024. 5(4): p. 4975-4990.
- [9]. Iacovella, S. and B. Yongblood, GeoServer Beginner's Guide. Park Publishing, 2013.
- [10]. Priyatna, M., et al., Prototype of Remote Sensing Data and Information System Based on Open Source Technology to Support Disaster Management, in ICOIRS 2019: The 5th International Conferences of Indonesian Society for Remote Sensing The Revolution of Earth Observation for a Better Human Life, Indonesia, 2019. 2019.
- [11]. Hùng, N.Đ.T., P.N. Tuấn, and T.M. Tuấn, Khai thác yếu tố mặt nước trong tổ chức không gian đô thị tại TP Thủ Đức. Tạp chí Xây dựng, 2024. 8: p. 64-69.
- [12]. Bastelaer, B.V. Digital cities and transferability of results. in 4th conference: changing patterns of urban life, 29-30 October 1998. 1998. Salzburg, Austria.
- [13]. Kornblith, S., J. Shlens, and Q.V. Le, Do Better ImageNet Models Transfer Better?, in 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019. p. 1-12.
- [14]. Lv, M., et al., Deep Transfer Network With Multi-Kernel Dynamic Distribution Adaptation for Cross-Machine Fault Diagnosis. IEEE Access 2021. 20: p. 1-18.
- [15]. Isibue, E.W. and T.J. Pingel, Unmanned aerial vehicle based measurement of urban forests. Urban Forestry & Urban Greening, 2020. 48(126574).
- [16]. Vacca, G. and E. Vecchi, UAV Photogrammetric Surveys for Tree Height Estimation. Drones, 2024. 8(3): p. 1-14.
- [17]. Ciesielski, M. and K. Stereńczak, Accuracy of Determining Urban Forest Parameters Using Remote Sensing. iForest, 2019. 12(6): p. 498-510.
- [18]. Yang, M.-D., et al., Semantic Segmentation Using Deep Learning with Vegetation Indices for Rice Lodging Identification in Multi-date UAV Visible Images. Remote Sensing, 2020. 12(4): p. 1-20.
- [19]. Liu, J., et al., Semantic Segmentation Using Deep Learning with Vegetation Indices for Rice Lodging Identification in Multi-date UAV Visible Images. Applied Sciences, 2024. 14(17): p. 1-18.
- [20]. McPherson, E.G., et al., The structure, function and value of urban forests in California communities. Urban Forestry & Urban Greening, 2017. 28: p. 43-53.
- [21]. Chen, S., et al., Urban Tree Canopy Mapping Based on Double-Branch Convolutional Neural Network and Multi-Temporal High Spatial Resolution Satellite Imagery. Remote Sensing, 2023. 15(3): p. 1-24.

Ứng dụng công nghệ trong quản lý di sản kiến trúc tại các điểm du lịch tỉnh Quảng Ninh

Applying technology in Architectural heritage management at Tourism sites in Quang Ninh province

> THS LƯƠNG VŨ ĐÀM NINH¹, TS.KTS NGÔ THỊ KIM DUNG²

¹Viện Quy hoạch Đô thị và Nông thôn quốc gia

²Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá thực trạng ứng dụng công nghệ trong quản lý di sản kiến trúc (DSKT) tại các điểm du lịch tỉnh Quảng Ninh, đồng thời đề xuất mô hình tích hợp công nghệ số để nâng cao hiệu quả bảo tồn và phát triển bền vững. Phương pháp nghiên cứu bao gồm: khảo sát thực địa, phân tích tài liệu, phỏng vấn chuyên gia và so sánh kinh nghiệm quốc tế. Kết quả chỉ ra rằng việc ứng dụng công nghệ hiện nay còn rời rạc, thiếu đồng bộ, làm hạn chế hiệu quả quản lý và bảo tồn di sản. Trên cơ sở đó, nghiên cứu xây dựng mô hình quản lý tích hợp công nghệ số bao gồm: hệ thống cơ sở dữ liệu tập trung, ứng dụng GIS và công nghệ quét 3D để kiểm kê, bảo tồn di sản; nền tảng thực tế ảo (VR/AR) và bản đồ số phục vụ quảng bá và trải nghiệm du lịch; đồng thời đề xuất giải pháp tổ chức vận hành dựa trên sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý, cộng đồng địa phương và doanh nghiệp. Mô hình và các giải pháp đề xuất hướng tới xây dựng một hệ sinh thái quản lý di sản thông minh, góp phần nâng cao hiệu quả bảo tồn và thúc đẩy phát triển du lịch bền vững tại tỉnh Quảng Ninh.

Từ khóa: Di sản kiến trúc, công nghệ số, phát triển bền vững, du lịch, Quảng Ninh.

ABSTRACT

This study evaluates the current application of technology in managing architectural heritage at tourism sites in Quang Ninh province and proposes a model integrating digital technologies to improve preservation and sustainable development. The research methods include field surveys, document analysis, expert interviews, and international case comparisons. Findings indicate that technology applications remain fragmented and lack integration, limiting management effectiveness. A proposed model incorporates centralized databases, GIS, and 3D scanning for inventory and conservation; VR/AR platforms and digital maps for promotion and tourist experience; and an operational framework involving close cooperation among authorities, local communities, and businesses. This integrated model aims to build a smart heritage management ecosystem contributing to effective preservation and sustainable tourism development in Quang Ninh.

Keywords: Architectural heritage, digital technology, sustainable development, tourism, Quang Ninh.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Chuyển đổi số đang trở thành xu thế toàn cầu, trong đó công nghệ được xem là công cụ thiết yếu để nâng cao hiệu quả quản lý và bảo tồn DSKT. Các quốc gia trên thế giới đã triển khai nhiều mô hình thành công ứng dụng công nghệ trong quản lý di sản. Tại Việt Nam, Quảng Ninh là địa phương giàu tiềm năng di sản, đồng thời đi đầu trong chuyển đổi số và phát triển du lịch. Tuy nhiên, công tác quản lý DSKT hiện nay còn gặp nhiều khó khăn, đặc biệt là thiếu nền tảng công nghệ hỗ trợ ra quyết định, thiếu liên thông dữ liệu và còn hạn chế trong khai thác phục vụ du lịch.

Tuy nhiên, công tác quản lý DSKT tại Quảng Ninh hiện vẫn còn gặp nhiều khó khăn, đặc biệt là sự thiếu hụt các nền tảng công nghệ hỗ trợ ra quyết định, sự rời rạc trong hệ thống dữ liệu và chưa phát huy được hết tiềm năng phục vụ du lịch. Trước thực tiễn đó, nghiên cứu hướng đến việc đánh giá thực trạng ứng dụng công nghệ trong quản lý DSKT tại các điểm du lịch tỉnh Quảng Ninh; Phân tích những thách thức và

tiềm năng trong việc tích hợp công nghệ vào bảo tồn di sản gắn với phát triển du lịch bền vững; Đề xuất mô hình và giải pháp công nghệ tích hợp, phù hợp với điều kiện địa phương; Khuyến khích sự tham gia của cộng đồng, doanh nghiệp địa phương trong quản lý di sản văn hoá.

Nghiên cứu sử dụng các phương pháp nghiên cứu chính sau: (1) *Phân tích tài liệu*: Tổng hợp các chính sách quốc gia, văn kiện quốc tế, tài liệu học thuật liên quan đến bảo tồn, quản lý di sản và chuyển đổi số; nghiên cứu các mô hình quốc tế tiêu biểu; (2) *Khảo sát thực địa*: Thực hiện khảo sát tại các điểm di sản tiêu biểu của Quảng Ninh như Khu di tích Yên Tử, Di tích lịch sử Bạch Đằng, Bảo tàng Quảng Ninh, các công trình kiến trúc Pháp tại Hạ Long... để đánh giá thực trạng ứng dụng công nghệ; (3) *Phỏng vấn chuyên gia*. Phỏng vấn các cán bộ quản lý di tích, chuyên gia di sản, kỹ sư công nghệ và đại diện doanh nghiệp du lịch để thu thập đánh giá đa chiều; (4) *Phân tích SWOT*. Tổng hợp các điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức nhằm định hướng giải pháp phù hợp.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN

2.1. Khái niệm

DSKT, theo từ điển Kiến trúc Oxford: DSKT là "Các công trình và khu vực xây dựng có giá trị văn hóa, lịch sử, nghệ thuật hoặc kỹ thuật đặc biệt và có sự liên quan đến bản sắc văn hóa của một cộng đồng hoặc quốc gia". [10]

Theo từ điển kiến trúc và xây dựng của Cyril M. Harris: "DSKT là những công trình có giá trị đặc biệt, phản ánh các giai đoạn lịch sử quan trọng, phong cách kiến trúc đặc trưng và các công nghệ xây dựng truyền thống hoặc tiên tiến." [6]

Trong các từ điển tiếng Việt và văn bản pháp luật của Việt Nam thường không có một định nghĩa riêng cho "Di sản kiến trúc", nhưng có thể hiểu rằng DSKT là một di sản văn hóa.

Quản lý DSKT là tổng thể các hoạt động nhằm xác định giá trị, bảo tồn, duy tu, sử dụng hợp lý và quảng bá các công trình kiến trúc có giá trị di sản, đảm bảo sự hài hòa giữa bảo tồn và phát triển bền vững. [1,12]



Hình 1. Quần thể di tích Yên Tử

2.2. Vai trò của công nghệ trong quản lý di sản văn hoá

Trước yêu cầu đổi mới trong công tác bảo tồn và phát huy giá trị DSKT, đặc biệt tại các điểm du lịch chịu áp lực khai thác lớn, công nghệ đang đóng vai trò ngày càng quan trọng. Cụ thể:

Bảo tồn và phục hồi chính xác DSKT. Các công nghệ như quét 3D, mô hình thông tin công trình lịch sử (HBIM) và dựng hình ảnh số cho phép tái hiện chi tiết cấu trúc và hình thái của các công trình cổ với độ chính xác cao. Qua đó, chuyên gia có thể lưu giữ trạng thái hiện tại của di sản để phục vụ nghiên cứu, tu bổ hoặc phục dựng khi có hư hại. Đặc biệt, trong bối cảnh biến đổi khí hậu và đô thị hóa, công nghệ giúp giảm thiểu can thiệp vật lý trực tiếp, bảo vệ tính nguyên gốc của di sản.

Tăng cường quản lý thông tin và hỗ trợ ra quyết định, công nghệ số, đặc biệt là GIS và cơ sở dữ liệu kỹ thuật số, giúp lưu trữ, phân tích và cập nhật thông tin về hiện trạng, giá trị kiến trúc và mức độ xuống cấp của di sản. Các nền tảng này tăng hiệu quả phối hợp giữa các bên liên quan và hỗ trợ quy hoạch bảo tồn bền vững, cân bằng giữa phát triển du lịch và bảo vệ di sản.

Nâng cao tiếp cận, giáo dục và truyền thông di sản, các công nghệ như thực tế ảo, tăng cường, bản đồ số và ứng dụng hướng dẫn tự động giúp người dùng khám phá di sản từ xa, tiếp cận thông tin trực quan, sinh động. Nhờ đó, giá trị di sản được lan tỏa đến nhiều đối tượng hơn, đặc biệt là giới trẻ và du khách quốc tế, đồng thời giảm áp lực vật lý lên công trình thực.



Hình 2. Du khách trải nghiệm tour thực tế ảo Sơn Đoòng. [3]

Giám sát và cảnh báo sớm nguy cơ suy thoái. Cảm biến, IoT và AI được tích hợp để theo dõi các hiện tượng như nứt, lún, rung, thay đổi độ ẩm hay tác động môi trường. Dữ liệu thời gian thực được phân tích và cảnh báo sớm giúp ngăn chặn rủi ro xuống cấp đột ngột, đặc biệt tại các điểm du lịch đông khách, đồng thời giảm chi phí bảo trì dài hạn.

Quảng bá và phát triển du lịch bền vững, các nền tảng trực tuyến, tour ảo 360°, bảo tàng số và mạng xã hội giúp quảng bá di sản hiệu quả, hỗ trợ xây dựng thương hiệu điểm đến và thúc đẩy mô hình du lịch bền vững. Công nghệ cũng tạo điều kiện cho cộng đồng địa phương tham gia quảng bá, giữ gìn mối liên kết với không gian kiến trúc truyền thống. [2,11]

2.3. Bài học kinh nghiệm từ một số quốc gia trên thế giới

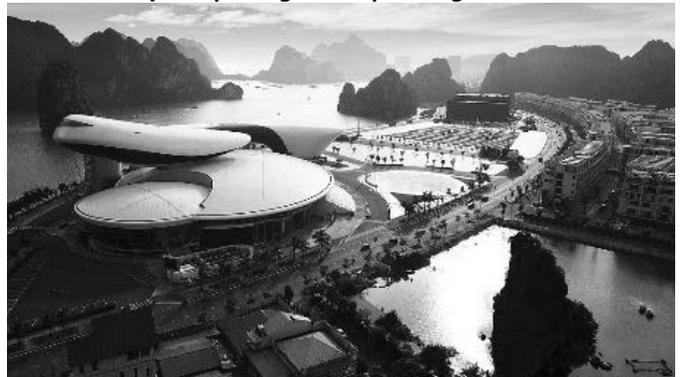
Nhật Bản là quốc gia đi đầu trong việc bảo tồn DSKT bằng vật liệu gỗ, đặc biệt tại các điểm du lịch như Kyoto hay Nara. Một trong những bài học quan trọng từ Nhật Bản là cách kết hợp nhuần nhuyễn giữa công nghệ hiện đại và tri thức bản địa. Công nghệ quét laser 3D, cảm biến IoT và dữ liệu khí hậu vi mô được tích hợp trong giám sát trạng thái vật lý của các công trình gỗ, đồng thời quá trình bảo tồn luôn có sự tham gia của các nghệ nhân truyền thống. Việc áp dụng công nghệ không thay thế con người, mà đóng vai trò hỗ trợ quá trình duy tu và phục hồi chính xác, đúng triết lý kiến trúc truyền thống. Bài học lớn từ Nhật Bản là cần đảm bảo tính hài hòa giữa đổi mới công nghệ và giá trị văn hóa bản địa trong bảo tồn DSKT [13].

Tại Ý, đặc biệt ở các thành phố như Florence và Venice, nơi có mật độ DSKT cao, các công cụ như HBIM và GIS đã được triển khai hiệu quả trong quản lý và quy hoạch di sản. Các cơ sở dữ liệu số về cấu trúc, vật liệu, kỹ thuật xây dựng, tình trạng xuống cấp của từng công trình di sản được tích hợp vào hệ thống quản lý chung của đô thị, giúp chính quyền đưa ra quyết định kịp thời về bảo trì, quy hoạch du lịch và ứng phó biến đổi khí hậu. Bài học rút ra là việc chuẩn hóa dữ liệu và kết nối liên ngành là yếu tố then chốt để đảm bảo quản lý hiệu quả trong các đô thị có tính lịch sử cao [4].

Tại Hoa Kỳ, công tác bảo tồn và quản lý DSKT hướng mạnh vào tính minh bạch và tương tác cộng đồng thông qua các nền tảng số hóa mở. Thư viện số kiến trúc, hệ thống bản đồ di sản trực tuyến và các dự án crowdsourcing cho phép người dân tham gia đóng góp tư liệu, hình ảnh và câu chuyện lịch sử của các công trình kiến trúc. Bài học kinh nghiệm quan trọng ở đây là việc xây dựng các nền tảng mở không chỉ giúp tăng cường lượng dữ liệu phục vụ quản lý mà còn khơi dậy sự gắn bó, trách nhiệm của cộng đồng với di sản. Công nghệ ở đây không đơn thuần là công cụ quản lý, mà là cầu nối giữa di sản và xã hội đương đại [7].

3. THỰC TRẠNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRONG QUẢN LÝ DSKT TẠI QUẢNG NINH

3.1. Khái quát hệ thống DSKT tại Quảng Ninh



Hình 3. Cung Quy hoạch, hội chợ, triển lãm và văn hóa tỉnh Quảng Ninh

Tỉnh Quảng Ninh hiện có tổng cộng 634 di tích, trong đó 98 di tích đã được xếp hạng, bao gồm 03 di tích cấp quốc gia đặc biệt, 29

di tích cấp quốc gia và 66 di tích cấp tỉnh. Hệ thống di sản này phản ánh rõ nét sự đa dạng và phong phú về loại hình, giá trị văn hóa, lịch sử, kiến trúc trên địa bàn toàn tỉnh. Bên cạnh các di tích đã được công nhận, Quảng Ninh còn sở hữu nhiều công trình kiến trúc có giá trị cao về lịch sử, thẩm mỹ và cảnh quan nhưng chưa được xếp hạng, song vẫn đóng vai trò quan trọng trong thu hút khách du lịch.

3.2. Thực trạng ứng dụng công nghệ trong quản lý DSKT tại các điểm du lịch Quảng Ninh

Việc ứng dụng công nghệ trong quản lý DSKT tại các điểm du lịch của tỉnh Quảng Ninh trong thời gian qua đã có những bước tiến tích cực. Các điểm di tích tiêu biểu như khu di tích Yên Tử, đình Trà Cổ, đền Cửa Ông, hay một số nhà cổ tại Hòn Gai đã bước đầu triển khai các công nghệ nhằm phục vụ mục tiêu bảo tồn và phát huy giá trị di sản gắn với phát triển du lịch. Một số giải pháp đáng chú ý gồm: Số hóa tư liệu hình ảnh, dựng mô hình 3D các công trình kiến trúc, phát triển ứng dụng di động cung cấp thông tin và gắn mã QR tại di tích để giới thiệu lịch sử, kiến trúc và giá trị văn hóa song ngữ.



Hình 4. Triển khai mã QR-code tại các điểm di tích, lịch sử, du lịch

Những ứng dụng này bước đầu mang lại hiệu quả về mặt truyền thông, quảng bá và tăng cường trải nghiệm du lịch. Việc triển khai mã QR giúp du khách tiếp cận thông tin nhanh chóng, trong khi các mô hình 3D và phim tư liệu số góp phần tái hiện các công trình cổ,

tạo điều kiện thuận lợi trong công tác giới thiệu di tích trên nền tảng số. Đồng thời, việc thu thập, lưu trữ và quản lý dữ liệu số hóa đã hỗ trợ bước đầu cho các đơn vị quản lý trong việc kiểm kê, đánh giá hiện trạng và xây dựng kế hoạch bảo tồn. Tuy nhiên, phần lớn các ứng dụng này mới chỉ dừng lại ở mục đích giới thiệu và ghi nhận thông tin, chưa có chức năng phân tích chuyên sâu hoặc hỗ trợ kỹ thuật cho việc bảo trì, phục dựng hay đánh giá rủi ro xuống cấp. Các ứng dụng công nghệ này còn thiếu sự đồng bộ, chưa được tổ chức theo một hệ thống tích hợp toàn diện. Những công cụ tiên tiến như hệ thống thông tin địa lý, mô hình thông tin công trình di sản, hay hệ cơ sở dữ liệu số liên thông giữa các cấp quản lý chưa được đưa vào sử dụng. Sự thiếu vắng một kiến trúc số hóa tổng thể khiến các dữ liệu hiện khó liên kết, chia sẻ hoặc cập nhật theo thời gian thực, làm giảm hiệu quả của công nghệ trong quản lý DSKT. Tỷ lệ và mức độ số hóa các công trình kiến trúc cũng còn rất thấp. Phần lớn chỉ mới thực hiện ở cấp độ hình ảnh, video, hoặc mô tả sơ lược, chưa có dữ liệu chi tiết về bản vẽ kiến trúc, cấu trúc kết cấu, vật liệu truyền thống hay điều kiện môi trường tác động đến công trình. Điều này hạn chế khả năng ứng dụng công nghệ trong bảo tồn kỹ thuật, như mô phỏng kết cấu, đánh giá nguy cơ xuống cấp hoặc lập kế hoạch can thiệp kỹ thuật. Hệ quả là quá trình quản lý di sản vẫn chủ yếu dựa vào kinh nghiệm thực địa, thiếu các công cụ hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu. Ngoài ra, năng lực kỹ thuật và chuyên môn của đội ngũ quản lý di tích tại địa phương còn hạn chế. Phần lớn cán bộ văn hóa chưa được đào tạo bài bản về công nghệ số, đặc biệt là trong các lĩnh vực mới như bảo tồn số, thiết kế mô hình thông tin kiến trúc, hay phân tích dữ liệu di sản. Do đó, các hoạt động số hóa hiện nay chủ yếu do các đơn vị công nghệ bên ngoài thực hiện, dẫn đến tình trạng phụ thuộc và thiếu chủ động trong quá trình vận hành, cập nhật hoặc khai thác dữ liệu sau triển khai. Mặt khác, các dự án ứng dụng công nghệ trong lĩnh vực DSKT tại Quảng Ninh thường thiếu nguồn kinh phí ổn định và lâu dài. Nhiều dự án chỉ thực hiện được trong khuôn khổ các chương trình hỗ trợ tạm thời, thiếu cơ chế duy trì. Bên cạnh đó, việc huy động nguồn lực xã hội hóa hoặc hợp tác công - tư còn rất hạn chế, do thiếu khung pháp lý rõ ràng và nhận thức đầy đủ về lợi ích lâu dài của chuyển đổi số trong bảo tồn di sản. Tình trạng này dẫn đến việc các kết quả đạt được thường bị gián đoạn hoặc không mở rộng được phạm vi ứng dụng.

3.3. Phân tích SWOT

Bảng 1. Phân tích SWOT ứng dụng công nghệ trong quản lý DSKT tại Quảng Ninh

Yếu tố	Nội dung phân tích
Điểm mạnh	- Đã triển khai bước đầu số hóa di sản tại các điểm du lịch nổi bật như Yên Tử, đền Cửa Ông, đình Trà Cổ. - Ứng dụng công nghệ như mã QR, mô hình 3D hỗ trợ truyền thông, nâng cao trải nghiệm du khách. - Dữ liệu số hóa bước đầu hỗ trợ kiểm kê hiện trạng và lập kế hoạch bảo tồn.
Điểm yếu	- Thiếu hệ thống quản lý công nghệ tích hợp (chưa có GIS, HBIM, cơ sở dữ liệu liên thông). - Mức độ số hóa còn hạn chế, chủ yếu mới ở cấp độ hình ảnh, chưa có dữ liệu kỹ thuật chi tiết. - Đội ngũ cán bộ văn hóa còn yếu về chuyên môn công nghệ số và bảo tồn số. - Thiếu nguồn tài chính ổn định, các dự án số hóa mang tính ngắn hạn.
Cơ hội	- Hưởng lợi từ xu hướng chuyển đổi số quốc gia và phát triển du lịch thông minh. - Có tiềm năng huy động hợp tác công - tư và viện trợ quốc tế để phát triển công nghệ. - Nhu cầu ngày càng tăng của du khách về trải nghiệm kỹ thuật số trong du lịch văn hóa. - Sự phát triển của công nghệ mới tạo điều kiện ứng dụng sâu hơn.
Thách thức	- Nguy cơ gián đoạn hoặc lãng phí dữ liệu số do thiếu chiến lược dài hạn. - Thiếu hành lang pháp lý cụ thể về bảo vệ, lưu trữ, khai thác dữ liệu di sản số. - Cạnh tranh ngân sách địa phương với các lĩnh vực khác có thể làm giảm đầu tư cho công nghệ di sản. - Rào cản về tư duy quản lý truyền thống, chưa có sự chuyển đổi nhận thức rõ rệt về vai trò của công nghệ.

4. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH VÀ GIẢI PHÁP ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRONG QUẢN LÝ DSKT TẠI CÁC ĐIỂM DU LỊCH QUẢNG NINH

4.1. Mô hình

Để nâng cao hiệu quả quản lý, bảo tồn DSKT, Quảng Ninh cần xây dựng một mô hình tích hợp công nghệ đa tầng, bao gồm cả hạ tầng số, nền tảng dữ liệu, công cụ quản trị và cơ chế vận hành. Mô hình cần đảm bảo tính đồng bộ, linh hoạt và có khả năng mở rộng, gắn với các mục tiêu phát triển du lịch bền vững.

Việc xây dựng mô hình tích hợp công nghệ trong quản lý DSKT tại các điểm du lịch ở Quảng Ninh cần tuân thủ một số nguyên tắc cơ bản nhằm đảm bảo tính hiệu quả, bền vững và khả thi trong thực tiễn. Trước hết, mô hình cần thực hiện theo nguyên tắc tích hợp đa chiều, tức là liên kết chặt chẽ giữa ba yếu tố cốt lõi: Dữ liệu - công nghệ - con người, từ đó tạo ra một hệ thống thống nhất phục vụ đồng thời các mục tiêu bảo tồn, quản lý và phát triển du lịch. Thứ hai là nguyên tắc mở rộng linh hoạt, cho phép mô hình có thể tích

Bảng 2. Cơ chế vận hành và phối hợp giữa các bên liên quan

Chủ thể	Vai trò
Sở Văn hóa, thể thao và du lịch	Quản lý dữ liệu di sản, chủ trì vận hành hệ thống số, thẩm định kỹ thuật số hóa. Phát triển các ứng dụng phục vụ khách du lịch, truyền thông và quảng bá.
UBND cấp phường/xã	Quản lý di tích tại địa phương, phối hợp triển khai thu thập và cập nhật dữ liệu.
Các trường đại học, viện nghiên cứu	Hỗ trợ đào tạo, nghiên cứu và tư vấn chuyên môn.
Doanh nghiệp công nghệ, du lịch	Đầu tư, cung cấp giải pháp số hóa, đồng hành phát triển sản phẩm công nghệ gắn với du lịch.

4.2. Giải pháp

Bảng 3. Tổng hợp đề xuất các giải pháp ứng dụng công nghệ trong quản lý DSKT tại các điểm du lịch tại Quảng Ninh

TT	Nhóm giải pháp	Nội dung cụ thể
1	Số hóa di sản và xây dựng cơ sở dữ liệu	- Quét 3D, HBIM, photogrammetry để số hóa công trình kiến trúc. - Xây dựng cơ sở dữ liệu số tích hợp GIS. - Thiết lập bản đồ số các điểm di sản.
2	Quản lý thông tin và hỗ trợ ra quyết định	- Hệ thống quản lý di sản trực tuyến. - Ứng dụng AI phân tích dữ liệu, dự báo xuống cấp. - Phân quyền truy cập đa cấp cho các cơ quan quản lý.
3	Giám sát bảo tồn bằng công nghệ cảm biến	- Lắp cảm biến tại công trình di sản. - Kết nối IoT với trung tâm giám sát. - Cảnh báo sớm rủi ro xuống cấp qua AI.
4	Truyền thông, giáo dục và trải nghiệm số	- Ứng dụng VR, AR, bản đồ tương tác. - Phát triển ứng dụng du lịch thông minh. - Lồng ghép nội dung di sản vào giáo dục địa phương qua công nghệ số.
5	Huy động nguồn lực và hệ sinh thái công nghệ	- Thúc đẩy hợp tác PPP với doanh nghiệp công nghệ - du lịch. - Kết nối đại học, viện nghiên cứu để đào tạo & chuyển giao. - Hỗ trợ khởi nghiệp sáng tạo.
6	Bảo mật và bền vững hệ thống	- Đảm bảo an toàn dữ liệu, mã hóa và lưu trữ đám mây. - Xây dựng khung pháp lý về số hóa và bản quyền di sản.

hợp thêm dữ liệu mới, áp dụng các công nghệ tiên tiến và dễ dàng kết nối với hệ thống thông tin cấp tỉnh hoặc quốc gia trong tương lai. Bên cạnh đó, mô hình cần hướng đến cộng đồng, tức là không chỉ phục vụ công tác quản lý chuyên môn mà còn tạo điều kiện để người dân, du khách và các bên liên quan cùng tham gia vào quá trình quản lý, bảo tồn di sản, thông qua giáo dục, truyền thông và trải nghiệm du lịch văn hóa. Cuối cùng, một nguyên tắc không thể thiếu là đảm bảo an toàn và bảo mật, trong đó chú trọng bảo vệ dữ liệu di sản số, thông tin người dùng, đồng thời tuân thủ đầy đủ các quy định pháp lý liên quan đến bản quyền, lưu trữ và chia sẻ dữ liệu trong môi trường số. Các nguyên tắc này là nền tảng định hướng cho việc thiết kế, triển khai và duy trì mô hình một cách toàn diện và bền vững. Để mô hình hoạt động hiệu quả, cần có sự phối hợp giữa các bên liên quan (Bảng 2)

4.3. Lộ trình triển khai

Với tiềm năng DSKT phong phú và định hướng phát triển du lịch chất lượng cao, Quảng Ninh cần một kế hoạch triển khai bài bản để tích hợp công nghệ số vào công tác bảo tồn và khai thác di sản. Lộ

trình sau đây được đề xuất nhằm đảm bảo mô hình triển khai hiệu quả, phù hợp với điều kiện thực tế địa phương. (Bảng 4)

Bảng 4. Lộ trình triển khai ứng dụng công nghệ vào quản lý, bảo tồn DSKT tại Quảng Ninh

Giai đoạn	Thời gian	Mục tiêu chính	Hoạt động trọng tâm	Kết quả kỳ vọng
Giai đoạn 1: Ngắn hạn	1-2 năm	Thiết lập nền tảng	- Khảo sát - đánh giá hiện trạng - Số hóa dữ liệu di sản - Thí điểm ứng dụng công nghệ - Tuyên truyền, đào tạo cộng đồng - Xây dựng cơ chế phối hợp liên ngành	- Cơ sở dữ liệu số ban đầu - Mô hình thí điểm ứng dụng công nghệ - Nhận thức cộng đồng, chính quyền được nâng cao
Giai đoạn 2: Trung hạn	3-5 năm	Tích hợp, mở rộng	- Mở rộng số hóa toàn tỉnh - Xây dựng nền tảng quản lý GIS tích hợp - Ban hành tiêu chí bảo tồn, khai thác - Hỗ trợ doanh nghiệp tham gia bảo tồn - Xây dựng sản phẩm du lịch gắn di sản	- Hệ thống quản lý tích hợp - Tuyển du lịch di sản hình thành - Phối hợp giữa các bên rõ nét hơn
Giai đoạn 3: Dài hạn	5-10 năm	Phát triển bền vững	- Quản lý thông minh, kết nối thời gian thực - Trung tâm giám sát, ra quyết định - Phát triển mô hình PPP - Tham gia mạng lưới quốc tế - Điều chỉnh quy hoạch du lịch tích hợp bảo tồn	- Quảng Ninh thành điểm đến du lịch di sản uy tín - Vận hành hệ thống thông minh - Kinh tế du lịch phát triển song song bảo tồn di sản

5. KẾT LUẬN

Tích hợp công nghệ trong quản lý DSKT là hướng đi tất yếu để phát triển du lịch bền vững tại Quảng Ninh. Nghiên cứu đã phân tích thực trạng, tiềm năng và thách thức đặt ra trong quá trình này. Việc xây dựng hệ thống dữ liệu tích hợp, ứng dụng công nghệ số hóa và tạo nền tảng quản lý, quảng bá thông minh sẽ là chìa khóa thúc đẩy bảo tồn di sản gắn với phát triển kinh tế - xã hội địa phương. Mô hình tích hợp công nghệ đa tầng sẽ giúp Quảng Ninh tối ưu hóa nguồn lực, kết nối hiệu quả giữa các bên liên quan và tạo nền tảng phát triển du lịch một cách bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Văn Huy (Chủ biên). (2020). Quản lý di sản văn hóa ở Việt Nam: Lý luận và thực tiễn. NXB Chính trị quốc gia Sự thật.
 [2]. Nguyễn Thị Thu Trang. (2022). Ứng dụng công nghệ số trong bảo tồn và phát huy giá trị di sản kiến trúc đô thị ở Việt Nam. Tạp chí Kiến trúc, 5(297), 28-33.
 [3]. Tường Bách. (2025). Du lịch trải nghiệm thực tế ảo tiếp tục bùng nổ. <https://vneconomy.vn › techconnect › du-lich-trai-nghiem...>
 [4]. Bruno, S., Roncella, R., & De Luca, L. (2020). HBIM and GIS for historic urban landscape management: A case study in Florence. *Journal of Cultural Heritage*, 45, 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.04.004>.
 [5]. Council of Europe. (1985). Convention for the Protection of the Architectural Heritage of Europe (Granada Convention). <https://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/121.htm>.
 [6]. Harris, C. M. (2005). Dictionary of architecture and construction (4th ed.). McGraw-Hill Professional.
 [7]. Huffadine, M. (2019). Digital public engagement with built heritage: Crowdsourcing and digital storytelling in American preservation. *International Journal of Heritage Studies*, 25(6), 633-649. <https://doi.org/10.1080/13527258.2018.1544168>.

[8]. ICOMOS France. (2020). New technologies for the promotion of architectural heritage: Case studies in France. ICOMOS.
 [9]. Lee, S., & Kim, M. (2021). Cultural heritage and smart tourism: The Korean experience. *Sustainability*, 13(14), 7934. <https://doi.org/10.3390/su13147934>
 [10]. McCarthy, F. (1999). Oxford dictionary of architecture. Oxford University Press.
 [11]. Paolini, A. (2021). Digital heritage and sustainability. In R. Amoèda et al. (Eds.), *Heritage 2020: Proceedings of the 7th International Conference on Heritage and Sustainable Development*. Green Lines Institute.
 [12]. UNESCO. (2013). Managing cultural world heritage. UNESCO World Heritage Centre.
 [13]. Yoshida, M. (2018). Preserving wooden heritage in Japan: Tradition and technology. *Journal of Architectural Conservation*, 24(3), 197-212. <https://doi.org/10.1080/13556207.2018.1496385>.

Quy hoạch và phát triển TP.HCM mới:

Bài học kinh nghiệm từ mô hình Thượng Hải

New Ho Chi Minh City planning and development - Lessons learned from the Shanghai model

> THS.KTS NGÔ ANH VŨ

Viện trưởng Viện Quy hoạch Xây dựng TP.HCM

TÓM TẮT

Sau khi sáp nhập với tỉnh Bình Dương và Bà Rịa - Vũng Tàu, TP.HCM mới có diện tích 6.770,3 km², thuộc nhóm các vùng đô thị lớn, gần bằng Jakarta và Bangkok, và nhỏ hơn Thượng Hải (6.340 km²). Về dân số, TP.HCM mới nằm trong nhóm các siêu đô thị đông dân (gần 14 triệu người), nhưng vẫn thấp hơn nhiều so với Thượng Hải (27 triệu người). GRDP của TP.HCM mới đã vượt qua Kuala Lumpur và Jakarta, tiệm cận Bangkok, nhưng vẫn nhỏ hơn đáng kể so với Thượng Hải (hơn 700 tỷ USD). Từ một vùng đầm lầy vào năm 1990, chỉ sau ba mươi năm, Thượng Hải đã vươn mình trở thành trung tâm tài chính toàn cầu nhờ những "cú hích" mang tính đột phá. TP.HCM mới đi sau có thể học tập kinh nghiệm phát triển của Thượng Hải, nếu chúng ta biết lựa chọn giải pháp đúng và quyết tâm thực hiện.

Từ khóa: Tính khả thi, nguồn lực, cơ chế chính sách, đột phá, TP.HCM, Thượng Hải.

ABSTRACT

After merging with Binh Duong and Ba Ria - Vung Tau provinces, New Ho Chi Minh City (HCMC) has an area of 6,770.3 km², placing it among large urban areas, nearly equivalent to Jakarta and Bangkok, and slightly larger than Shanghai (6,340 km²). In terms of population, it belongs to the group of densely populated megacities (nearly 14 million people) but is much lower than Shanghai (27 million). New Ho Chi Minh City's GRDP has just surpassed Kuala Lumpur and Jakarta, approaching Bangkok, but is still significantly smaller than Shanghai (over 700 billion USD). From a swamp in 1990, after thirty years, Shanghai has risen to become a global financial center thanks to "the pushes" that created a leap forward. New Ho Chi Minh City, which is just coming behind, can learn from Shanghai's development experience if we know how to choose the right solution and are determined to implement it.

Keywords: Feasible, Resources, Policies and mechanisms, Breakthrough, Ho Chi Minh city, Shanghai

1. MÔ HÌNH QUY HOẠCH VÀ SỰ THÀNH CÔNG CỦA TP THƯỢNG HẢI, TRUNG QUỐC

Thượng Hải là một trong 4 thành phố trực thuộc Trung ương Trung Quốc, có hải cảng sầm uất nhất thế giới. Ban đầu nơi đây chỉ là một làng chài nhỏ ven sông Hoàng Phố thuộc huyện Tùng Giang, người dân sống chủ yếu bằng nghề đánh cá và làm muối. Sau hai cuộc chiến tranh nha phiến (1839-1842 và 1856-1860), Thượng Hải bị buộc phải mở cửa cho thương mại quốc tế. Các cường quốc phương Tây đã thiết lập các tô giới riêng tại đây, biến Thượng Hải thành một trung tâm thương mại và tài chính quan trọng của châu Á. Sự phát triển kinh tế và văn hóa sôi động đã mang lại cho Thượng Hải biệt danh "Paris phương Đông" hay "Nữ hoàng phương Đông". Khu vực Phố Đông từ những bãi sinh lầy đã mọc lên hàng loạt tòa nhà chọc trời, trở thành một trung tâm tài chính và kinh tế lớn thứ 3 thế giới, chỉ xếp sau TP New York và Luân Đôn, và là trung tâm thương mại lớn nhất Viễn Đông cuối thế kỷ XX và đầu thế kỷ XXI. Nhờ sự cải cách, mở cửa theo mô hình kinh tế thị trường từ năm 1992, Thượng Hải đã có những bước bứt phá ngoạn mục về phát triển kinh tế và nhanh chóng vượt qua Thẩm Quyển và Quảng Châu để trở thành đầu tàu kinh tế Trung Quốc.

Về kinh tế, Thượng Hải có độ mở cao nhất, gánh vác trách nhiệm tiên phong mở đường, đi đầu trong cải cách mở cửa. Năm 2024, GRDP của Thượng Hải đạt 741 tỷ USD; GDP bình quân đầu người khoảng 30.486 USD; xuất nhập khẩu khoảng 593 tỷ USD; có thêm gần 6.000 doanh nghiệp FDI thành lập mới với số vốn FDI khoảng 17,6 tỷ USD. Khu thí điểm mậu dịch tự do (FTZ) Thượng Hải là nơi thử nghiệm thành công các chính sách mới liên quan tới tự do hóa thương mại, thu hút đầu tư nước ngoài, hiện đại hóa hệ thống tài chính và chuyển vai trò của Chính phủ từ cấp phép sang giám sát¹. Sàn Giao dịch Chứng khoán Thượng Hải (SSE) là một trong những sàn giao dịch chứng khoán lớn nhất thế giới. SSE đóng vai trò quan trọng trong việc huy động vốn cho nền kinh tế và là một trung tâm tài chính lớn của châu Á và toàn cầu. Thượng Hải tập trung nhiều ngân hàng lớn, các tổ chức tài chính quốc tế, cung cấp đa dạng các dịch vụ tài chính, tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động kinh doanh và đầu tư.

Về thu hút đầu tư, Thượng Hải liên tục nỗ lực rút ngắn thời gian và đơn giản hóa quy trình đăng ký kinh doanh cho các dự án vốn đầu tư nước ngoài. Tại khu thí điểm Thương mại Tự do Thượng Hải (SHFTZ) được thành lập từ tháng 9/2013, là FTZ đầu tiên của Trung Quốc, đóng vai trò là nơi thử nghiệm các chính sách mở cửa mới,

bao gồm tự do hóa thương mại, tài chính và thu hút đầu tư nước ngoài. Các nhà đầu tư được phép đầu tư vào hầu hết các lĩnh vực mà không cần cấp phép (trừ các lĩnh vực cấm và hạn chế), giúp giảm rào cản gia nhập thị trường. Tại khu thương mại tự do Lingang, là phần mở rộng của SHFTZ, thời gian hoàn tất đăng ký kinh doanh đã được cam kết chỉ còn 2 giờ, thay vì 2 ngày như trước đây, các nhà đầu tư nước ngoài có thể tự do chuyển tiền liên quan đến đầu tư vào hoặc ra khỏi Trung Quốc mà không bị chậm trễ, miễn là tiền đó có thật và tuân thủ quy định.

Có thể nói, chính quyền Thượng Hải đã minh chứng cho sự hỗ trợ mạnh mẽ cho các dự án lớn. Ở lĩnh vực công nghệ và điện tử có sự hiện diện của những tên tuổi lớn như Apple, Tesla, Qualcomm, Intel, Samsung, Sony, Siemens, Rohm. Ở lĩnh vực tài chính, BNP Paribas đã thành lập công ty chứng khoán 100% vốn nước ngoài, thể hiện cam kết lâu dài với thị trường tài chính Trung Quốc hay Hannover Re, công ty bảo hiểm quốc tế, đã khai trương trung tâm đăng ký và giao dịch. Các ngân hàng lớn như HSBC, Standard Chartered, Citigroup, JPMorgan Chase đều có văn phòng đại diện tại đây, cung cấp các dịch vụ tài chính đa dạng. Các công ty kiểm toán và tư vấn hàng đầu thế giới như KPMG, Deloitte, PwC, EY (Big 4) cũng có mặt để hỗ trợ các nhà đầu tư và doanh nghiệp. Ở lĩnh vực ô tô, Volkswagen Group, General Motors (GM), Porsche (Trung Quốc) Motors Ltd là một trong những nhà sản xuất ô tô hàng đầu hiện diện. Trong lĩnh vực y tế, Roche Pharmaceuticals và Johnson & Johnson Medical Shanghai Co Ltd chọn Thượng Hải làm trung tâm hoạt động. Về bán lẻ, Fast Retailing Trading Co Ltd (công ty mẹ của Uniqlo) được ghi nhận là công ty nước ngoài tạo ra nhiều việc làm nhất tại Thượng Hải. Nestlé, Unilever, P&G, KFC, Pizza Hut đều có cơ sở sản xuất và phân phối lớn để phục vụ thị trường Trung Quốc.



Hình 1. Toàn cảnh TP Thượng Hải. Ảnh: Xiuyuan Yao (iStockphoto)

Về quy hoạch và phát triển đô thị, Thượng Hải là một trong những siêu đô thị phát triển nhanh nhất thế giới. Công tác quy hoạch của họ phản ánh một cách tiếp cận mạnh mẽ, định hướng bởi mục tiêu phát triển kinh tế và quản lý tập trung. Quy hoạch của Thượng Hải luôn gắn chặt với các mục tiêu phát triển kinh tế vĩ mô của quốc gia. Các khu vực phát triển mới như Phố Đông là một ví dụ điển hình về quy hoạch định hướng phát triển khu vực tài chính, thương mại và công nghệ cao, thu hút đầu tư quốc tế. Quy trình phê duyệt và thực thi quy hoạch tại Thượng Hải có sự tập trung quyền lực cao từ Trung ương. Các cơ quan quản lý đô thị có thẩm quyền trong việc ra quyết định, phối hợp tốt giúp đẩy nhanh tiến độ phát triển các dự án quy mô lớn, đảm bảo tính đồng bộ của quy hoạch. Việc giải phóng mặt bằng, Trung Quốc đã áp dụng các chính sách bồi thường và tái định cư đột phá để giải quyết vấn đề này trong vài năm. Mặc dù đôi khi gây tranh cãi, nhưng nhìn chung, các chính sách này tương đối công bằng và hiệu quả.

Năm 1997 Thượng Hải thông qua đồ án quy hoạch chung (SHE.2035) với nhiều điểm mới so với đồ án trước đó, bao gồm:

(1) Mô hình đô thị "15 phút" với cấu trúc không gian "Một lõi - Hai trục - Bốn cánh - Đa cực".

(2) Tổ chức 16 đô thị phụ cận và 4 tiểu khu vực (sub-centers), hình thành 4 điểm phụ trợ mới kết nối kinh tế - văn hóa - du lịch.

(3) Tạo hạ tầng giao thông xanh và kết nối vùng, tiếp cận đường sắt trong 15 phút. Đẩy mạnh giải pháp "blue-green-grey" trong chống ngập và quản lý thoát nước, đặc biệt là các không gian "square-stormwater storage" để kết hợp tiện ích cộng đồng và phòng chống mưa lũ.

(4) Phát triển đô thị xanh và bền vững.

(5) Mô hình Nông nghiệp đô thị. Theo mô hình "12 + X + 1".



Hình 2. Các bản đồ QH chung TP Thượng Hải. Nguồn: Cơ quan quản lý QH và tài nguyên Thượng Hải.

Để thực thi, Thượng Hải đã dành nhiều nguồn lực khổng lồ vào hạ tầng, bao gồm hệ thống tàu điện ngầm, cầu, đường hầm, sân bay quốc tế, cảng biển, đóng vai trò cửa ngõ giao thương quan trọng, giúp các doanh nghiệp dễ dàng tiếp cận thị trường toàn cầu. Hạ tầng được xây dựng trước. Tính linh hoạt được thể hiện ở chỗ các kế hoạch chi tiết có thể được điều chỉnh để đáp ứng nhu cầu đầu tư nhanh chóng, đặc biệt là trong các khu vực kinh tế trọng điểm. Để thực hiện quy hoạch này, hàng trăm nghìn hộ dân ở Phố Đông đã được di dời đến các khu tái định cư mới.

Tuy có nhiều điểm sáng nhưng tại Thượng Hải vẫn còn những hạn chế và một số rào cản nhất định. Chi phí thuê văn phòng, giá mua bất động sản, nhân công, chi phí sinh hoạt ở Thượng Hải cao, làm tăng chi phí hoạt động cho các doanh nghiệp. Một số lĩnh vực vẫn bị hạn chế hoặc cấm đối với đầu tư nước ngoài, đặc biệt là trong các ngành chiến lược hoặc nhạy cảm. Dù có chính sách "đồng tiền tự do" tại các FTZ, việc chuyển lợi nhuận lớn ra nước ngoài đôi khi vẫn mất thời gian. Kiểm soát vốn vẫn là một đặc điểm nổi bật của hệ thống tài chính Trung Quốc. Chính sách tường lửa "Great Firewall" của Trung Quốc kiểm soát chặt chẽ việc truy cập Internet, làm hạn chế khả năng tiếp cận toàn cầu, hoạt động truyền thông,

ngiên cứu thị trường và sự hợp tác quốc tế của các doanh nghiệp. Tiếng Anh hiếm khi được sử dụng mà chủ yếu là tiếng Trung.

2. BỐI CẢNH VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA TP.HCM MỚI SAU SÁP NHẬP

TP.HCM từ trước đến nay luôn giữ vai trò là đầu tàu kinh tế, trung tâm đổi mới sáng tạo và hội nhập quốc tế. Là một trong những trung tâm tài chính, khoa học công nghệ, văn hóa - xã hội lớn nhất nước. Từ năm 1986÷2000, giai đoạn đổi mới và mở cửa, Thành phố tiên phong trong việc chuyển đổi từ nền kinh tế kế hoạch hóa tập trung sang kinh tế thị trường định hướng XHCN. Các chính sách khuyến khích kinh tế tư nhân, thu hút FDI bắt đầu được triển khai, nhanh chóng khôi phục và phát triển thương mại, dịch vụ. Luật Đầu tư nước ngoài năm 1987 đã mở đường cho làn sóng FDI vào Thành phố. Thời kỳ hội nhập (2000÷2010), Khu Công nghệ cao (SHTP) ra đời là một bước ngoặt quan trọng, thu hút các dự án tỷ đô từ Intel, Samsung, Nidec. Nhiều khu đô thị mới như Phú Mỹ Hưng, An Phú - An Khánh hình thành cùng với sự xuất hiện của các tòa nhà cao tầng hiện đại. Ngành tài chính, ngân hàng, bảo hiểm, viễn thông và du lịch có sự tăng trưởng vượt bậc, khẳng định vị thế trung tâm dịch vụ của Thành phố. Giai đoạn tăng tốc (từ 2010 đến nay), Thành phố đặt mục tiêu chuyển đổi từ tăng trưởng dựa vào số lượng sang chất lượng, tập trung vào KHCN, đổi mới sáng tạo và phát triển bền vững. Kinh tế số và kinh tế xanh trở thành trọng tâm, Nghị quyết 98/2023/QH15 của Quốc hội về thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù phát triển cho phép Thành phố có những quyền hạn đặc biệt để huy động nguồn lực, thí điểm các chính sách mới, từ đó bứt phá mạnh mẽ hơn.

Trong khi đó, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu (BR-VT) nổi bật vai trò là cửa ngõ, kinh tế biển, trung tâm dầu khí Quốc gia và thủ phủ của du lịch. Tỉnh có hệ thống cảng biển Cái Mép - Thị Vải là một trong 19 cụm cảng nước sâu quan trọng của thế giới, giúp BR-VT trở thành một trung tâm logistics, trung chuyển hàng hóa quốc tế; có trung tâm công nghiệp dầu khí lớn nhất cả nước với nhiều cơ sở khai thác, chế biến dầu khí và khí tự nhiên. Tỉnh có nhiều thuận lợi để phát triển đa dạng các loại hình du lịch như du lịch. Năm 2024, tỉnh BR - VT thu ngân sách đạt hơn 98.187 tỷ đồng, xếp thứ 4 cả nước².

Tỉnh Bình Dương là thủ phủ công nghiệp hàng đầu Việt Nam, có số lượng khu công nghiệp lớn và tỷ lệ lấp đầy cao trên 93% với 28 khu công nghiệp đang hoạt động, thu hút FDI. Bình Dương nổi bật với việc cải thiện mạnh mẽ chỉ số năng lực cạnh tranh cấp tỉnh (PCI) và kết quả đổi mới sáng tạo, nền tảng để thu hút các hoạt động nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ cao. Thành phố mới Bình Dương đóng vai trò hạt nhân trong chiến lược phát triển đô thị thông minh và đổi mới sáng tạo của tỉnh, giúp Bình Dương trở thành thành viên của Hiệp hội Đô thị Khoa học thế giới (WTA) và nhiều lần được Diễn đàn Cộng đồng thông minh thế giới (ICF) vinh danh trong danh sách Smart 21. Năm 2024, Tỉnh Bình Dương thu ngân sách đạt hơn 71.000 tỷ đồng, xếp thứ 5 cả nước³.

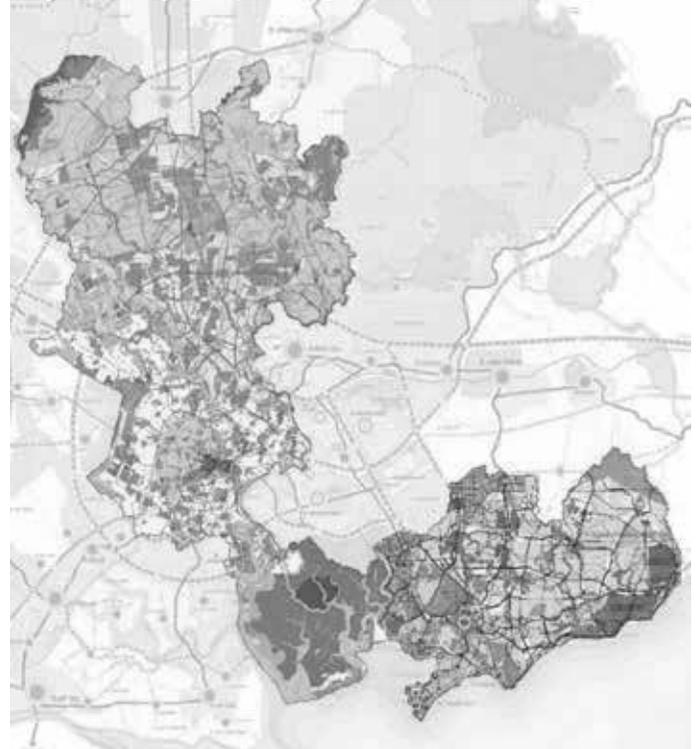
Theo quy hoạch giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến 2050, TP.HCM đặt khát vọng trở thành trung tâm tài chính - kinh tế quốc tế, nơi khởi nguồn của đổi mới sáng tạo, công nghệ cao và chuyển đổi số, hướng đến mô hình đa trung tâm, kết nối bằng vành đai 3, 4 và trục xuyên tâm dọc theo sông Sài Gòn - không gian mở ra biển. Bình Dương xây dựng chiến lược dựa trên công nghiệp công nghệ cao và đô thị thông minh với mục tiêu trở thành thành phố thông minh hàng đầu khu vực Đông Nam Bộ, trọng tâm là các đô thị lõi như Dĩ An, Thuận An, Thủ Dầu Một, tận dụng triệt để quỹ đất công nghiệp rộng lớn, tốc độ đô thị hóa nhanh, trở thành vệ tinh công nghiệp thông minh. BR - VT lựa chọn một con đường phát triển

mạnh logistics, kinh tế biển và du lịch, với trọng tâm là cụm cảng nước sâu Cái Mép - Thị Vải, đẩy mạnh năng lượng tái tạo, công nghiệp xanh ven biển và định hướng phát triển theo không gian mở dọc theo bờ biển, hướng về Đồng bằng sông Cửu Long và Đông Nam Bộ.

Đồ án quy hoạch chung (QHC) TP.HCM đến năm 2040, tầm nhìn đến năm 2060 xác định mục tiêu là thành phố toàn cầu, là trung tâm kinh tế, tài chính, dịch vụ của châu Á, có vai trò là cực tăng trưởng, động lực thúc đẩy phát triển cùng phía Nam và cả nước. Mô hình đô thị là thành phố đa tâm và đa dạng không gian sinh thái. Hội tụ nguồn lực phát triển đô thị bởi sông Sài Gòn và 9 trục xuyên tâm; lan tỏa cơ hội kinh tế theo 3 vành đai và hành lang kinh tế biển. Thành phố được tổ chức theo 6 phân vùng đô thị, với các trung tâm chính ở khu vực trung tâm (vùng Sài Gòn, Chợ Lớn), Trường Thọ - Rạch Chiếc, Phú Mỹ Hưng (mở rộng), Tân Kiên, khu vực Tây Bắc Hóc Môn - Tây Nam Củ Chi.

Đồ án QHC TP Vũng Tàu đến năm 2030 phát triển theo mô hình tuyến dọc hướng Đông Bắc - Tây Nam và 2 trung tâm tại Gò Găng và Long Sơn, với các chức năng chính gồm: Công nghiệp - Đô thị - Du lịch. Hệ thống mặt nước, hồ cảnh quan điều hòa, các lưu vực sông, hệ sinh thái rừng ngập mặn và cảnh quan núi là bộ khung tự nhiên của đô thị. Không gian TP Vũng Tàu được chia thành 07 khu vực, trong đó khu vực đảo Long Sơn là trung tâm công nghiệp dầu khí quốc gia.

Đồ án QHC TP Thuận An, tỉnh Bình Dương đến năm 2040 hướng đến đô thị dịch vụ - công nghiệp quy mô lớn ở phía Nam, là đầu mối giao thông quan trọng của tỉnh. Đồ án QHC TP Bến Cát đến năm 2030 kết nối không gian đô thị với đô thị mới Phú Tân và các quận, huyện khác trong thành phố mới Bình Dương, lấy sông Thị Tinh làm trục cảnh quan chính của đô thị. Đồ án QHC ĐT Thủ Dầu Một đến năm 2045 với mục tiêu chuyển dần từ đô thị công nghiệp sang đô thị dịch vụ và công nghiệp công nghệ cao; xác định là trung tâm kinh tế, văn hóa và dịch vụ của khu vực Đông Nam Bộ, phát triển đô thị gắn với công nghiệp công nghệ cao, dịch vụ chất lượng cao.



Hình 3. TP.HCM mới. Nguồn: Viện QHXD TP.HCM

Sau khi sáp nhập với tỉnh Bình Dương và BR - VT, TP.HCM mới có diện tích tăng 323%, dân số tăng 147%, GRDP tăng 153%, thu hút đầu tư tăng 1,73 lần, tạo ra một trung tâm kinh tế - đô thị có sức cạnh tranh mạnh mẽ. Thành phố mới có khoảng 330 km bờ biển, tiếp giáp thêm lục địa rộng khoảng 100.000 km², nơi giàu tài nguyên khoáng sản và dầu khí. Siêu đô thị TP.HCM mới là một “cơ thể” mới hợp nhất từ ba phần cơ bản gồm: trung tâm tài chính dịch vụ, thủ phủ công nghiệp và cửa ngõ logistics, du lịch.

Tuy nhiên, việc hợp nhất này không nên là phép cộng đơn thuần về mặt địa lý mà phải tạo ra giá trị bút phá về quy mô, vị thế và năng lực cạnh tranh. Các đồ án quy hoạch của từng địa phương mặc dù dựa trên quy hoạch vùng Đông Nam Bộ để định hướng chiến lược, hình thành khung phát triển chính nhưng đầu đó vẫn tư duy, cách tiếp cận “đóng khuôn” giới hạn trong ranh hành chính nên đề xuất hướng đến có lợi cho riêng mình, đầu đó vẫn mang tính cục bộ. Một số nội dung trong phương án quy hoạch khi ghép lại cho thấy có phần trùng lặp, nguy cơ cạnh tranh nhau, nếu thực hiện theo sẽ bị dàn trải, chưa phát huy tối đa những điểm vượt trội, chưa làm nổi bật các trụ cột, các động lực tăng trưởng.

3. GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN CỦA TP.HCM MỚI THEO MÔ HÌNH THƯỢNG HẢI

3.1. So sánh TP.HCM mới với TP Thượng Hải

Thượng Hải được tổ chức theo mô hình “đa cực, đa trung tâm”. Ngoài trung tâm hiện hữu: khu Phố Tây với Bund⁴, phố Nam Kinh, Thượng Hải phát triển mạnh khu Phố Đông thành trung tâm tài chính - thương mại hiện đại. Bên cạnh đó là các trung tâm phụ: Hồng Kiều (Hongqiao) phía Tây là trung tâm giao thông & thương mại, Phố Nam (Xujiahui) phía Nam về tài chính bán lẻ, Phố Đông Nam (Zhangjiang) là trung tâm công nghệ cao, cùng nhiều đô thị vệ tinh ngoại vi.

TP.HCM mới cũng định hướng tương tự: hình thành đa trung tâm kết nối bằng giao thông hiện đại. Trung tâm hiện hữu 930 ha tiếp tục vai trò khu lõi cũ, bên kia sông Sài Gòn khu đô thị mới Thủ Thiêm sẽ như Lục Gia Thủy (Lujiazui), khu lõi tài chính mới. Phía Đông có thành phố sáng tạo tương tác cao với ba trụ cột: trung tâm tài chính - khu công nghệ cao, giáo dục đại học, tương đồng phần nào với khu công nghệ Zhangjiang. Ở phía Nam có khu đô thị Phú Mỹ Hưng, khu đô thị Cảng Hiệp Phước hỗ trợ chức năng cảng như khu vực quanh sông Dương Phố.

Sau nhiều năm quyết tâm thực hiện theo quy hoạch, Thượng Hải sở hữu hơn 800 km metro, 3 sân bay, cảng biển Dương Sơn (Yangshan), mạng lưới đường cao tốc và vành đai nhiều tầng kết nối toàn vùng Dương Tử. TP.HCM đang tăng tốc phát triển hạ tầng: dự kiến đến 2035 sẽ có 200 km metro gồm 6 tuyến chính và 3 tuyến monorail, sẽ sớm có 4 tuyến vành đai và 8 hướng cao tốc tương tự đường vành đai ngoài dài 99 km của Thượng Hải. Đặc biệt, cảng Cái Mép - Thị Vải trở thành cụm cảng biển quốc tế của Thành phố, cho phép cạnh tranh với cảng Yangshan về trung chuyển hàng hóa. Cảng Cát Lái sẽ được nâng cấp thành cảng thông minh phục vụ nội địa và vùng Mekong. Sân bay Long Thành được quy hoạch chủ yếu phục vụ cho vùng, TP.HCM sẽ có vai trò tương tự sân bay Phố Đông - cửa ngõ toàn cầu, còn Tân Sơn Nhất sẽ như Hồng Kiều - di chuyển nội địa và lân cận. Ngoài ra, TP.HCM tận dụng mạng lưới sông Sài Gòn như sông Hoàng Phố để làm trục cảnh quan du lịch, vận hành buýt sông, làm điểm nhấn đô thị.

Thượng Hải được mệnh danh là “Phố Wall của Phương Đông” nhờ khu tài chính Lujiazui, chỉ sau hơn hai thập kỷ đã vươn thành trung tâm tài chính hàng đầu. TP.HCM đang thành lập trung tâm tài chính quốc tế tại Thủ Thiêm. Khác với Phố Đông (Pudong) được quy hoạch thành Khu kinh tế đặc biệt (SEZ) với cơ chế ưu đãi vượt trội,

Thủ Thiêm hiện không có quy chế đặc khu và chưa thu hút được các định chế tài chính lớn, tốc độ phát triển cũng chậm hơn. Nếu có cơ chế phù hợp, Thủ Thiêm có thể cất cánh trong 5-10 năm tới, hỗ trợ cạnh tranh ở một số mảng tài chính ngách như fintech, startup công nghệ... Ngoài ra, Trung tâm Cách mạng CN lần thứ 4 (C4IR) mới thành lập kỳ vọng sẽ kết nối và thúc đẩy nghiên cứu AI, bán dẫn, công nghệ số như Thượng Hải với hệ sinh thái đổi mới tại Thành phố khoa học Phố Đông Nam (Zhangjiang Science City) và nhiều vườn ươm khởi nghiệp khác.

Về quản trị, Thượng Hải được ưu tiên nguồn lực và trao quyền tự chủ cao để thí điểm cải cách. Nhờ đó, chính quyền Thượng Hải triển khai dự án rất quyết liệt, giải phóng mặt bằng thần tốc. Pudong di dời hàng trăm ngàn dân trong vài năm, huy động vốn khổng lồ để xây hạ tầng. TP.HCM cũng là thành phố trực thuộc Trung ương nhưng tỷ lệ ngân sách giữ lại còn thấp, kỳ vọng sau sáp nhập sẽ cộng dồn ngân sách của 3 địa phương để tái đầu tư. Ngoài ra, TP.HCM tiếp tục kiến nghị cho thực hiện tiếp Nghị quyết số 98/2023/QH15 của Quốc hội, thí điểm khu thương mại tự do (FTZ) tại cảng Cát Lái - Thủ Thiêm để thu hút dòng vốn thương mại hoặc ủy quyền cấp phép dự án.

3.2. Thời cơ và thách thức của TP.HCM mới sau sáp nhập

Theo Nghị quyết số 202/2025/QH15 của Quốc hội, TP.HCM được sáp nhập với tỉnh Bình Dương và BR-VT. TP.HCM sẽ có những thời cơ và đối diện với các thách thức sau.

Thời cơ

- *Mở rộng không gian phát triển:* Việc sáp nhập đã giúp mở rộng đáng kể không gian địa lý, cung cấp quỹ đất dồi dào, tạo điều kiện giãn dân, phát triển đô thị vệ tinh và xây dựng các khu mới. TP.HCM mới tự tin cạnh tranh với các “mega city” ở châu Á, hấp dẫn các tập đoàn đa quốc gia dịch chuyển chuỗi cung ứng, nhất là trong giai đoạn Việt Nam đang hưởng lợi từ các hiệp định thương mại. Vị thế của TP.HCM mới được kỳ vọng vượt ra khỏi ranh giới quốc gia trở thành cửa ngõ giao thương quốc tế của toàn bộ vùng Nam MeKong ra Thái Bình Dương nhờ hệ thống cảng biển và sân bay quốc tế; là đầu mối liên kết Đông Nam Á, tăng vai trò trong ASEAN+; có lợi thế về quỹ đất, dân số và dư địa so với Bangkok, Kuala Lumpur; có thể trở thành đối trọng của Thượng Hải ở Đông Nam Á.

- *Bổ sung các trụ cột, động lực còn thiếu:* TP.HCM là trung tâm kinh tế dịch vụ hàng đầu cả nước, Bình Dương là điểm sáng công nghiệp và thu hút đầu tư, BR - VT là logistics, dầu khí và du lịch biển đảo. Liên kết cảng biển giữa TP.HCM và BR - VT được kỳ vọng sẽ hoạt động hiệu quả hơn, đồng thời mở ra khả năng tích hợp cảng của Bình Dương vào chuỗi logistics khu vực, tăng cường khả năng vận chuyển hàng hóa, phát triển kinh tế biển. Việc này giúp kết nối liên thông giữa các trung tâm sản xuất với các trung tâm tiêu thụ, tạo động lực phát triển kinh tế.

- *Khai thông nguồn lực:* Nhờ khai thác thêm quỹ đất phát triển, TP.HCM mới thuận lợi trong việc tái cấu trúc không gian đô thị, giãn dân nội thành, phát triển đa cực. Với quy mô kinh tế 45% GDP cả nước, Thành phố dễ dàng tích hợp nguồn thu từ cảng biển, khu công nghiệp, sân bay, các trung tâm dịch vụ để có dòng tiền lưu động dồi dào, đồng thời có thể thuyết phục Trung ương trao cho cơ chế tài chính vượt trội để phát triển siêu đô thị, duy trì vị thế dẫn đầu theo Nghị quyết 31-NQ/TW của Trung ương. Lực lượng lao động dồi dào có trình độ tay nghề kỹ thuật cao, chuyên môn sâu, làm chủ khoa học công nghệ sẽ tạo điều kiện tăng năng suất lao động.

- *Tất yếu định hình lại phát triển xanh, chuyển đổi số, quản trị thông minh.* Sau sáp nhập, TP.HCM mới có rừng ngập mặn Cần Giờ liên thông với bờ biển Vũng Tàu, hệ sinh thái sông Sài Gòn và sông Đồng Nai tạo hành lang sinh thái liên vùng. Có thể xem xét áp dụng mô

hình thành phố bọt biển (sponge city) như Thượng Hải để quản lý mưa, chống ngập và phát triển năng lượng tái tạo ngoài khơi. Ngoài ra, với khối lượng công việc khổng lồ, tất yếu phải xây dựng “chính quyền số” mới giải quyết hết các yêu cầu của xã hội.

Thách thức

- *Đầu tư hạ tầng không theo kịp với yêu cầu phát triển.* Ba địa phương trước sáp nhập đã có các Quy hoạch tỉnh được duyệt, đi cùng với đó là danh mục các dự án đầu tư sẽ thực hiện, nếu đầu tư dàn trải sẽ dẫn đến hạ tầng không theo kịp. Với diện tích và dân số tăng, các dự án sẽ yêu cầu quy mô giải phóng mặt bằng lớn hơn rất nhiều, sẽ làm tăng áp lực về nguồn vốn bồi thường, tái định cư, nhà ở xã hội và cơ sở hạ tầng.

- *Gây áp lực lớn lên môi trường tự nhiên, xã hội.* Với nhu cầu lương thực thực phẩm, nhà ở, việc làm, vui chơi giải trí cho siêu đô thị tương lai đạt đến 20 triệu dân, TP.HCM có nguy cơ kẹt xe trầm trọng hơn, ô nhiễm môi trường, nguồn nước từ các khu công nghiệp, gia tăng chất rắn nguy hại, xâm nhập mặn và nước biển dâng, tác động suy giảm hệ sinh thái tự nhiên khi đô thị hóa, nguy cơ gây mất an ninh trật tự và phân cực xã hội.

- *Nguy cơ trì trệ các thủ tục hành chính.* Việc sáp nhập đơn vị hành chính đòi hỏi tái cấu trúc, sắp xếp lại bộ máy quản lý từ cấp Thành phố xuống các cấp xã. Điều này có thể gây ra xáo trộn ban đầu và đòi hỏi thời gian để ổn định, vận hành trơn tru. Nếu năng lực của đội ngũ cán bộ, công chức, viên chức yếu kém sẽ cản trở sự phát triển.

3.3. Một số giải pháp chiến lược cho quy hoạch và phát triển TP.HCM

Kế thừa kinh nghiệm phát triển của Thượng Hải trong khoảng 20 năm gần đây, để TP.HCM mới bứt phá ngoạn mục thời gian sắp tới, cần phải:

- Rà soát, đánh giá lại các quy hoạch hiện có, các dự án đang triển khai để xác lập lại các trụ cột chính, nổi trội và các dự án ưu tiên tập trung nguồn lực quyết tâm thực hiện. Theo đó, TP.HCM mới cần một bản quy hoạch tích hợp sớm (chỉ điều chỉnh cục bộ để đỡ mất thời gian), đủ tầm chiến lược để dẫn dắt phát triển, hạn chế cạnh tranh nội vùng, chống chéo đầu tư, lãng phí nguồn lực xã hội, không làm gián đoạn. Có thể nắn chỉnh cục bộ hoặc bổ sung một số đoạn tuyến kết nối đường sắt, đường cao tốc chỗ chưa liền mạch nhằm tăng cường kết nối liên thông giữa các trung tâm sản xuất với trung tâm tiêu thụ.

- Tiếp tục đẩy mạnh, kiên định với mục tiêu giải ngân đầu tư công, nhất là các công trình hạ tầng đô thị, nhất là đường sắt đô thị theo mô hình TOD, công trình phúc lợi xã hội song song với công tác điều chỉnh quy hoạch (vừa chạy vừa xếp hàng). Khai thác tối đa các cơ chế chính sách đặc thù, phân cấp, ủy quyền của Trung ương cho Thành phố để giải quyết ngay các vướng mắc, khó khăn này sinh.

- Tạo điều kiện khuyến khích khu vực tư nhân tham gia đầu tư cơ sở hạ tầng bên cạnh các tập đoàn kinh tế nhà nước chủ đạo. Sớm hình thành các Quỹ phát triển đô thị, Quỹ hỗ trợ khởi nghiệp, đổi mới sáng tạo; Quỹ tài sản quốc gia để cung ứng tài chính cho dự án lớn. Khuyến khích mua bán ý tưởng, thương mại hóa các sáng chế, phát minh thông qua các sàn giao dịch. Ưu đãi về thuế (thu nhập cá nhân, thu nhập doanh nghiệp, cho phép khấu hao nhanh, thuế nhập khẩu...), đất đai (giảm tiền thuê đất, chuyển đổi mục đích, giao đất sạch đã có hạ tầng sớm, kéo dài thời hạn thuê đất...), hạ tầng (ưu tiên bố trí gần metro...) đối với các ngành, lĩnh vực đổi mới, sáng tạo, lĩnh vực ưu tiên, kỳ vọng tạo ra giá trị gia tăng cao hoặc cho các định chế tài chính quốc tế; xem xét cho phép sử dụng đa dạng đồng tiền thanh toán (USD, EUR, CNY...) hoặc thí điểm thanh toán xuyên biên giới bằng VND trong trung tâm tài chính.

- Xây dựng và kiến nghị Trung ương nghiên cứu ban hành *Luật phát triển đô thị đặc thù* như Hà Nội có *Luật Thủ đô*, cho phép TP.HCM tiếp tục được phân cấp, phân quyền mạnh mẽ hơn, được áp dụng các cơ chế chính sách đặc thù vượt trội, trao quyền hơn Nghị quyết 98/2023/QH15 của Quốc hội, Nghị quyết 188/2025/QH15 của Quốc hội, tăng tỷ lệ điều tiết ngân sách giữ lại 40-50% để tái đầu tư, tự chủ trong phân bổ đất đai, phát hành trái phiếu đô thị, hợp tác công tư PPP hoặc áp dụng cơ chế thử nghiệm (sand box) pháp lý để thí điểm trước khi nhân rộng.

- Cải cách mạnh mẽ - giảm hoặc bỏ bớt thủ tục hành chính không cần thiết như việc cấp phép xây dựng trong thời gian gần đây, tăng cường số hóa để có thể giải quyết hồ sơ qua mạng theo mô hình chính quyền “số” nhằm nâng cao hiệu quả quản trị. Có thể xây dựng “Negative list” như Thượng Hải để quản lý những ngành, lĩnh vực cần hạn chế, các ngành còn lại được tự do để thu hút FDI theo tinh thần “làm những việc không cấm thay vì chỉ được làm những gì cho phép”.

- Thu hút và đãi ngộ xứng đáng nguồn nhân lực chất lượng cao, tạo điều kiện cho chuyên gia quốc tế, lao động nước ngoài làm việc và định cư lâu dài như tạo môi trường làm việc thích hợp và đãi ngộ nhân tài đến làm việc trong lĩnh vực tài chính, công nghệ, quy hoạch, sáng tạo.

TP.HCM mới sau sáp nhập với Bình Dương và BR - VT không chỉ mở rộng về không gian mà còn sở hữu tiềm lực kinh tế, vị trí địa chiến lược và hệ sinh thái đủ mạnh để trở thành một “siêu đô thị vùng” ngang tầm Thượng Hải. Tuy nhiên, để hiện thực hóa khát vọng đó, TP.HCM mới cần đột phá trên 5 trụ cột (Mô hình “siêu” đô thị, Cơ chế đặc thù, Hạ tầng kết nối đồng bộ, Đa dạng nguồn lực, Phát triển xanh - bền vững) và 3 đòn bẩy (Trung tâm Tài chính quốc tế, thu hút FDI chất lượng cao, Đổi mới mô hình quản trị thông minh và chuyển đổi số). TP.HCM mới đang đứng trước vận hội rất lớn với rất nhiều việc phải làm nhưng thời gian không chờ đợi, nếu không nhanh chóng tận dụng thời cơ, chớp lấy cơ hội thì việc sáp nhập cũng *chỉ là phép cộng đơn thuần chứ không tạo ra phép nhân chiến lược*⁵.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Hồng Sơn (2025). Kinh nghiệm từ Thượng Hải - thành phố lớn nhất tại Trung Quốc về quản lý phát triển và tổ chức thực hiện Quy hoạch chung. Tạp chí Kiến trúc.
- [2]. Shanghai Urban Planning and Land Resource Administration Bureau (2018). Shanghai master plan 2017-2035.
- [3]. Dương Trường Giang (2025), TP.HCM mở rộng sau sáp nhập có thể trở thành Thượng Hải của Việt Nam?.
- [4]. Cục thống kê TP.HCM (2025), Thông tin Kinh tế - Xã hội TP.HCM tháng 6/2025
- [5]. Các quyết định phê duyệt Quy hoạch TP.HCM, Bình Dương, BR - VT thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 và các quyết định phê duyệt Quy hoạch chung TP.HCM, TP Vũng Tàu, TP Thuận An, TP Thủ Dầu Một, TP Tân Uyên...

¹ Theo Vietnamhoinhap.vn ngày 26/6/2025

² Theo *Khẳng định vị trí trong top dẫn đầu về thu ngân sách* - Báo Bà Rịa Vũng Tàu Online

³ Theo *Bình Dương vào top 5 tỉnh, thành thu ngân sách cao nhất cả nước*

⁴ Khu vực bến Thượng Hải

⁵ Theo TS Trần Du Lịch, nguyên Trưởng đoàn đại biểu Quốc hội TP.HCM

Phân vùng định cư thích ứng với biến đổi khí hậu ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long

Delimitation of Settlement Areas adapted to Climate Change in the Cuu Long River Delta

> PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH

Nguyên Hiệu trưởng Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

TÓM TẮT

Bài viết tổng quan về Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) và đánh giá tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu (BĐKH), nước biển dâng (NBD) và xâm nhập mặn đến các hoạt động định cư tại khu vực này. Bài báo trình bày các kịch bản BĐKH và phân tích ảnh hưởng của chúng đối với tình trạng ngập lụt và xâm nhập mặn. Từ đó, đề xuất phương án phân vùng định cư thích ứng với BĐKH dựa trên ba hệ sinh thái: nước ngọt, nước lợ và nước mặn. Đồng thời, đưa ra các giải pháp thích ứng cụ thể cho từng vùng, nhằm xây dựng mô hình định cư chống chịu và phát triển bền vững cho khu vực ĐBSCL.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; Đồng bằng sông Cửu Long; Định cư; phân vùng định cư; phát triển bền vững.

ABSTRACT

The article provides an overview of the Mekong Delta and assesses the negative impacts of climate change, sea level rise, and saltwater intrusion on settlement activities in the area. It presents climate change scenarios and analyzes their effects on flooding and salinity intrusion. Based on this, it proposes a settlement regionalization plan adapting to climate change, based on three ecosystems (freshwater, brackish water, saltwater) and specific adaptation solutions for each zone, aiming to build resilient settlement models and promote sustainable development in the region.

Keywords: Climate change, Cuu Long River Delta, settlement, delimitation of Settlement areas, sustainable development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Tổng quan ĐBSCL

1.1.1. Vị trí địa lý

ĐBSCL nằm ở Cực Nam của Việt Nam, có vị trí trung tâm của các nước Đông Nam Á (ASEAN), thuộc hạ lưu sông Mekong và là một bộ phận của Châu thổ sông Mekong, giữ vai trò là "cửa ngõ" quan trọng của hành lang kinh tế tiểu vùng sông Mekong mở rộng (GMS). Đồng bằng sông Mekong tiếp giáp với vương quốc Campuchia và tỉnh Tây Ninh về phía Bắc; với TP.HCM về phía Đông Bắc; với Biển Tây về phía

Tây Nam và Biển Đông về phía Nam và Đông Nam. Vùng biển là khu vực chiến lược gắn với Vịnh Thái Lan và Biển Đông, kết nối với Đông Nam Á và thế giới.

1.1.2. Môi trường tự nhiên

a) Địa hình, địa mạo

Địa hình ĐBSCL khá thấp và phẳng. Độ dốc trung bình là 1 cm/km (1/100.000). Những vùng trũng như vùng Đồng Tháp Mười, vùng Tứ giác Long Xuyên - Hà Tiên và một số vùng trũng nhỏ ở U Minh. ĐBSCL có hai mặt giáp biển với chiều dài hơn 600 km, chịu tác động của cả hai loại triều khác nhau, phía Biển Đông (bán nhật triều không đều) và phía Biển Tây (nhật triều không đều).

Bốn khu vực địa hình chủ đạo của ĐBSCL gồm: (i) Đồng Tháp Mười, cao độ trung bình: 0,7 - 2,00 m; (ii) Tứ giác Long Xuyên, cao độ trung bình: 1,0 - 1,50 m; (iii) Khu vực Duyên hải ven biển, cao độ trung bình: 1,0 - 2,0 m, có giồng cao 1 - 3 m; (iv) Khu vực trung tâm bằng phẳng, cao ráo, ven sông cao 2 - 3 m.

b) Địa chất kiến tạo

Hình thành từ trầm tích phù sa và sự bồi lắng tạo nên các giồng cát ven biển, ven sông cao 2 - 3 m và các trầm tích đầm mặn như: Đồng Tháp Mười, Tứ giác Long Xuyên, Tây Nam sông Hậu và bán đảo Cà Mau.

c) Thủy văn

Sông Cửu Long gồm sông Tiền và sông Hậu có 09 cửa đổ ra sông. Toàn vùng có 37 sông (1.700 km); Kênh trực (6.700 km); Kênh cấp II (3.000 km).

d) Khí hậu

ĐBSCL nằm trong khu vực châu Á gió mùa, mỗi năm chỉ có 2 mùa là mùa nắng và mùa mưa. Mùa mưa thường kéo dài từ tháng 5 đến tháng 10; mùa khô thường kéo dài trong những tháng còn lại của năm. Mỗi năm, toàn vùng nhận một lượng mưa khoảng 1.600 - 2.200 mm. Từ giữa đến cuối mùa mưa, khu vực phía Tây và phía Bắc của ĐBSCL bị ngập lũ từ sông Mekong, ước tính có khoảng 1,2 - 1,9 triệu ha bị ngập lũ, chủ yếu là Tứ giác Long Xuyên, Đồng Tháp Mười và khu vực giữa sông Tiền - sông Hậu.

e) Tài nguyên

Tài nguyên chính của ĐBSCL gồm: (i) Than bùn, đá vôi, đất sét làm gạch ngói, cát sỏi, dầu khí; (ii) Quỹ đất canh tác (30% cả nước); (iii) Rừng ngập mặn; (iv) Tài nguyên du lịch.

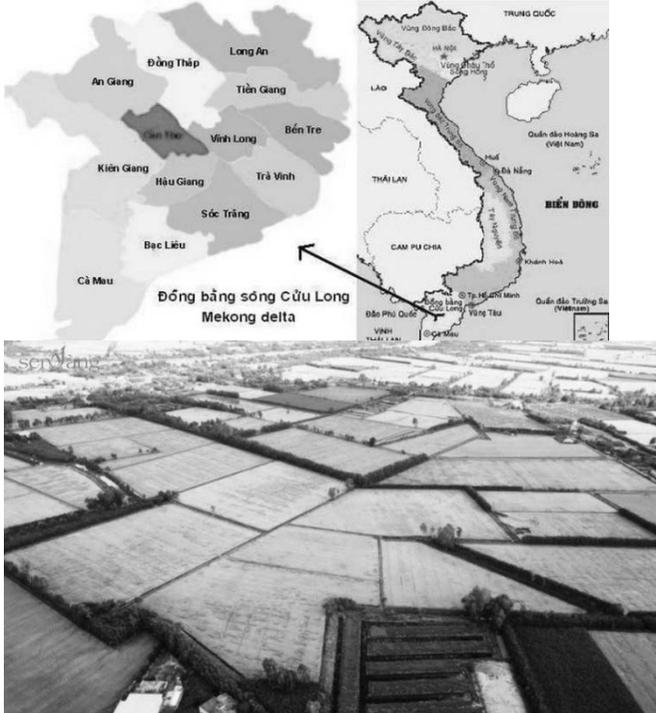
Những năm gần đây, nước mặn từ biển xâm nhập ngày càng sâu đã làm ảnh hưởng trên 50% diện tích canh tác, đặc biệt là vào mùa khô. Ngoài ra, đất phèn - nước phèn đã tác động khoảng 1,6 triệu ha. (Hình 1)

1.1.3. Môi trường xã hội

a) Kinh tế

Ngành kinh tế chủ đạo của ĐBSCL là nông nghiệp, giữ vai trò là trung tâm sản xuất nông nghiệp lớn nhất của Việt Nam, đóng góp

trên 50% sản lượng lúa, 65% sản lượng thủy sản và 70% các loại trái cây của cả nước. Tuy nhiên, kinh tế khu vực ĐBSCL đóng góp vào tổng sản phẩm quốc nội GDP đã giảm mạnh trong hơn ba thập kỷ qua. Tỷ trọng của ngành nông, lâm, ngư nghiệp là ngành chủ đạo có xu hướng giảm dần trong cơ cấu kinh tế, từ 40,2% giai đoạn 2011 - 2013, xuống 33,1% giai đoạn 2016 - 2020. Ngành công nghiệp thường giữ vai trò động lực tăng trưởng chỉ chiếm tỷ trọng 24,7% giai đoạn 2016 - 2020, thấp hơn mức bình quân cả nước là 35,90%. Thu nhập bình quân chỉ bằng 69% mức trung bình của cả nước. Khu vực đóng góp chính cho GRDP của ĐBSCL chủ yếu là TP Cần Thơ và các tỉnh tiếp giáp với TP.HCM như: Đồng Tháp, Long An.



Hình 1. Vị trí và môi trường tự nhiên của ĐBSCL

b) Dân cư

Năm 2016, quy mô dân số ĐBSCL là 17.273.630 người; mật độ 433 người/km². Năm 2019, quy mô dân số giảm nhẹ chỉ còn 17.625.000 người. Tốc độ tăng dân số giai đoạn 1999 - 2009 là 0,6%; giai đoạn 2009 - 2019 còn 0,49% thấp hơn rất nhiều so với mức tăng trung bình của cả nước lần lượt là 1,2% và 1,15%. Chỉ số già hóa dân số cao khoảng 58,5% vào năm 2019.

Phân bố dân cư không đồng đều. Khu vực tập trung dân cư đông đúc nhất là Cần Thơ, Tiền Giang (nay thuộc Đồng Tháp), nơi có mật độ từ 670-859 người/km². Khu vực Bến Tre (nay thuộc Vĩnh Long) có mật độ dân cư trên mức trung bình của ĐBSCL (là 423 người/km²). Các tỉnh còn lại có mật độ dân cư thấp dưới mức trung bình của ĐBSCL (<432 người/km²).

Về hình thái phân bố dân cư: (i) Vùng ĐBSCL hiện có 149 đô thị, với khoảng 4.327,2 nghìn người sinh sống. Dân thành thị chiếm 25% dân số toàn vùng; 75% dân số sinh sống tại 1294 xã (trước ngày 1/7/2025). Các điểm dân cư tập trung chủ yếu bố trí dọc các trục giao thông thủy và bộ, hình thành theo mô hình tuyến - điểm, trong đó QL1A, sông Hậu, sông Tiền là hành lang phân bố dân cư chủ đạo của vùng ĐBSCL.

Hiện tượng xuất cư có xu hướng gia tăng, với tỷ lệ trung bình khoảng 0,6% năm. Trong giai đoạn 2005-2013, có khoảng 1.200.000 người đã di dời khỏi vùng ĐBSCL.

c) Sử dụng đất

Diện tích đất tự nhiên của vùng ĐBSCL là 40.816 km², nếu không tính diện tích tỉnh Long An sau khi sáp nhập vào tỉnh Tây Ninh, vùng ĐNB, thì diện tích đất tự nhiên của vùng ĐBSCL chỉ còn 36.775 km².

Cơ cấu sử dụng đất vùng ĐBSCL (trước 01/7/2025) gồm: Đất nông, lâm nghiệp là 28.696 km², chiếm khoảng 70,30% diện tích đất toàn vùng ĐBSCL; đất phi nông nghiệp là 3.764 km², chiếm khoảng 9,22% diện tích đất toàn vùng ĐBSCL; đất chưa sử dụng là 8.356 km², chiếm khoảng 20,47% diện tích đất toàn vùng ĐBSCL.

d) Hạ tầng kỹ thuật

- Giao thông: (i) Cao tốc Hồ Chí Minh - Trung Lương, QL1A, QL50, QL60, QL61, QL61B, QL80, QLN1, QLN2 (trục dọc); QL62, QL39, QL53, QL54, QL63, QL57, QL91, QL91B (trục ngang); (ii) 04 cảng hàng không; trong đó có 02 cảng hàng không quốc tế là Cần Thơ và Phú Quốc; (iii) Đường thủy: 28.550 km đường sông; 13 cảng biển công suất > 10 triệu tấn/ngày.

- Chuẩn bị kỹ thuật đất đai: (i) Các vùng trũng gồm Đồng Tháp Mười, Tứ Giác Long Xuyên (ngập sâu); (ii) Khu vực ven biển và trung tâm ĐBSCL (ngập vừa).

- Cấp nước: ĐBSCL có 04 hệ thống cấp nước với công suất 1.424.000 m³/ngày đêm. Nguồn nước 67% nước mặt và 33% nước ngầm.

- Cấp điện: ĐBSCL có 06 nhà máy điện là Trà Nóc, Ô Môn, Duyên Hải III, Bạc Liêu, Đồng Phú, Phú Quốc.

1.2. Vấn đề đặt ra cho nghiên cứu

Trên cơ sở phân tích tổng quan về vị trí địa lý, môi trường tự nhiên và xã hội, bài viết tập trung vào hai nội dung chính: (i) Phân tích, đánh giá các tác động của BĐKH, NBD, nhiễm mặn, tiềm năng nguồn nước ngọt và một số yếu tố khác có tác động đến điều kiện định cư trong vùng ĐBSCL; (ii) Hình thành phương án phân vùng định cư thích ứng với BĐKH làm cơ sở cho việc quy hoạch và phát triển hệ thống các khu định cư bền vững của vùng ĐBSCL trong tương lai.

2. TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH ĐẾN ĐỊNH CƯ Ở ĐBSCL

2.1. Các kịch bản về BĐKH

Theo công bố Chiến lược quốc gia về BĐKH, NBD do Bộ TN&MT (nay thuộc Bộ NN&MT) tổ chức ngày 07/3/2012, các kịch bản BĐKH, NBD cho Việt Nam được xây dựng và công bố năm 2009 theo kịch bản phát thải nhà kính ở mức thấp (B1), trung bình (B2) và cao (A2, A1, F1), trong đó kịch bản trung bình B2 được khuyến nghị cho các Bộ, ngành và địa phương sử dụng làm định hướng để đánh giá tác động của BĐKH, NBD và xây dựng kế hoạch hành động ứng phó.

Đối với ĐBSCL, kịch bản B2 như sau:

a) Về nhiệt độ: Mức tăng nhiệt độ trung bình năm là 0,3 - 0,5°C vào năm 2020, từ 0,8 - 1,4°C vào năm 2050 và từ 1,6 - 2,6°C vào năm 2100.

b) Về mưa: Tăng lượng mưa năm trong mùa khô và đầu mùa mưa lại giảm khoảng 3% vào năm 2020 và 8% vào năm 2050.

c) Về mức nước biển dâng: Tiếp tục tăng 17 cm vào năm 2030; tăng 30 cm vào năm 2050 và 75 cm vào năm 2100. Đối với ĐBSCL, biến đổi khí hậu gây ra diễn biến dòng chảy, xâm nhập mặn và ngập lũ có tác động trực tiếp đến điều kiện định cư. (Bảng 1)

Bảng 1. Các kịch bản về BĐKH

TT	Các biến động	2020	2050	2100
1	Nhiệt độ (độ C)	+ 0,3 - 0,5	0,8 - 1,4	1,6 - 2,6
2	Lượng mưa (%)	+ 0,3 - 1,6	+ 0,7 - 4,10	+ 1,4 - 7,9
3	Nước biển dâng (cm)	12	30	70

2.2. Đánh giá tác động của BĐKH đến các điều kiện định cư ở ĐBSCL

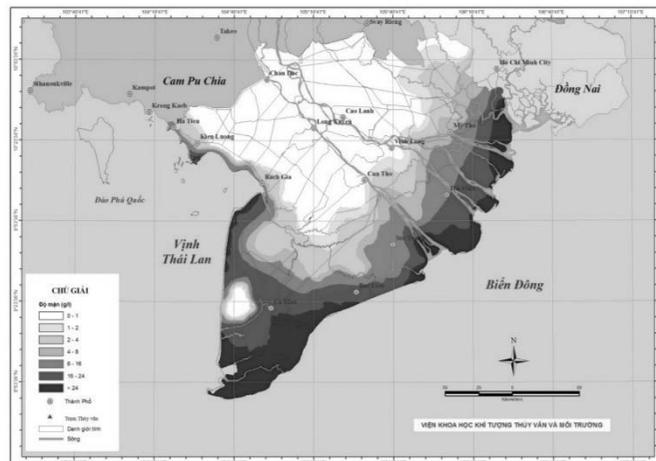
2.2.1. Tác động của xâm nhập mặn

Hiện nay, diễn biến lưu lượng thượng nguồn tại Kratie 85%. Năm 2020, có xem xét ĐBKH thượng lưu (giảm 5%); biến triều nước biển dâng 12 cm. Đến năm 2030 biến lưu lượng thượng nguồn tại Kratie 85% (giảm 10%) biến triều nước biển dâng 17 cm. Đến năm 2050, biến triều thượng nguồn tại Kratie 85% (giảm 15%), biến triều nước biển dâng 30 cm. (Bảng 2)

Bảng 2. Xâm nhập mặn do giảm lưu lượng thượng nguồn và NBD

TT	Các tác động xâm mặn	2020	2050	2100
1	Lưu lượng thượng nguồn giảm	-5%	-10%	-15%
2	Nước biển dâng	12 cm	17 cm	30 cm
3	Vùng nhiễm mặn	- Vùng ven biển và bán đảo Cà Mau - Các sông ngòi	- Vùng ven biển và bán đảo Cà Mau - Các sông ngòi	- Các sông ngòi - Vùng ven biển và bán đảo Cà Mau - 45% diện tích, 1,7 triệu ha
4	Dân số bị ảnh hưởng bởi xâm mặn	40%	47%	50%

Các khu vực bị tổn thương nặng nhất bởi nhiễm mặn là vùng ven biển ĐBSCL đặc biệt là tỉnh Cà Mau. Theo đánh giá xấp xỉ 1,7 triệu ha (khoảng 45% diện tích đồng bằng bị nhiễm mặn). Các vùng ngập mặn tuy có điều kiện phát triển rừng ngập mặn, mở rộng diện nuôi trồng thủy sản nước mặn và lợ, nhưng nó lại gây tác hại rất lớn đến vùng hồ, đầm nuôi tôm công nghiệp và việc cấp nước sinh hoạt, tưới tiêu cho dân cư. (Hình 2)



Hình 2. Sơ đồ các khu vực bị xâm nhập mặn của ĐBSCL [1]

2.2.2. Tác động của ngập lụt theo nước biển dâng

Theo kịch bản ĐBKH khi nước biển dâng 50 cm, 4,48% vùng ĐBSCL bị ngập. Nước biển dâng 70 cm thì 14,7% diện tích vùng ĐBSCL bị ngập. Khi nước biển dâng 100 cm thì 38,9% diện tích ĐBSCL bị ngập, trong đó các tỉnh có nguy cơ ngập sâu nhất là Hậu Giang (nay thuộc TP Cần Thơ) 80,62%, Kiên Giang (nay thuộc An Giang) 76,86% và Cà Mau 57,69%.

Nước biển dâng sẽ mở rộng vùng lũ, nhiều nơi sẽ bị ngập sâu hơn 4 m như Đồng Tháp Mười. (Bảng 3)

Bảng 3: Tác động ngập úng các tỉnh, thành phố [1]

Tỉnh/Thành phố	Diện tích (ha)	Tỷ lệ ngập (% diện tích) ứng với các mực nước biển dâng					
		50cm	60cm	70cm	80cm	90cm	100cm
Long An (nay thuộc Tây Ninh)	449100	0,61	1,36	2,85	7,12	12,89	27,21
Tiền Giang (nay thuộc Đồng Tháp)	239740	1,56	2,92	4,54	7,08	12,0	29,7
Bến Tre (nay thuộc Vĩnh Long)	235950	6,21	7,58	9,87	12,8	17,0	22,2
Trà Vinh (nay thuộc Vĩnh Long)	234120	0,80	1,02	1,33	2,38	4,93	21,3
Vĩnh Long	152020	6,55	7,49	8,23	8,97	11,27	18,83
Đồng Tháp	337860	0,36	0,69	0,96	1,28	1,94	4,64
An Giang	342400	0,08	0,16	0,29	0,49	0,90	1,82
Kiên Giang (nay thuộc An Giang)	573690	7,77	19,8	36,3	50,8	65,9	76,9
Cần Thơ	140900	1,44	1,59	1,90	2,77	6,54	20,52
Hậu Giang (nay thuộc TP Cần Thơ)	160240	3,41	10,27	20,55	32,05	42,66	80,62
Sóc Trăng (nay thuộc TP Cần Thơ)	322330	2,46	5,88	10,8	16,7	25,8	50,7
Bạc Liêu (nay thuộc Cà Mau)	252600	3,65	7,65	14,5	23,4	33,8	48,6
Cà Mau	528870	8,47	13,7	21,9	30,3	40,9	57,7
Toàn ĐBSCL	3969550	4,48	8,58	14,7	21,0	28,2	38,9

2.2.3. Đánh giá các tác động khác

a) Tác động chung

- Mực NBD cùng với giảm lưu lượng thượng nguồn, xâm nhập mặn sâu hơn với NBD trung bình tăng 30 cm, thì đỉnh triều tăng 35 - 36 cm và chân triều tăng 24 - 25 cm.

- Ranh giới xâm nhập mặn trên các dòng sông chính sẽ vượt qua các cửa lấy nước hiện nay làm mặn xâm nhập sâu vào nội đồng. Đến năm 2050, lưu lượng thượng nguồn giảm 15%, thì nước biển dâng 30 cm trên sông Tiền; ranh mặn vượt qua TP Vĩnh Long là 11 km và trên sông Hậu vượt qua TP Cần Thơ là 5 km, làm ảnh hưởng đến tài nguyên nước mặt ở tỉnh Bến Tre (nay thuộc tỉnh Vĩnh Long), Sóc Trăng (nay thuộc tỉnh Cần Thơ) và Bạc Liêu nay (là tỉnh Cà Mau).

- Một số vùng trũng khó tiêu thoát, làm nước lưu cữu trong nội đồng, tạo nguy cơ bị nhiễm phèn. Việc xây dựng các công trình cống, đập ngăn mặn, đê bao phòng chống lũ đã làm tăng ô nhiễm môi trường ảnh hưởng đến chất lượng nước sinh hoạt.

Theo đánh giá, tỷ lệ dân số bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn từ 39,5% năm 2012 lên 47,6% vào năm 2030 và 2050. Dân số bị ảnh hưởng lũ từ 66,70% (2012) lên 79,2% vào năm 2050.

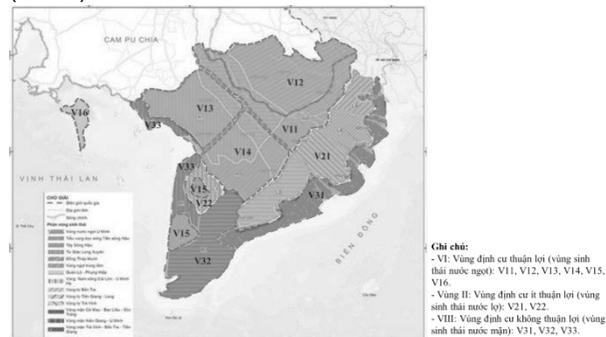
Theo số liệu thống kê, nước mặn đang xâm nhập sâu vào đất liền các vùng ven biển ĐBSCL từ 40 - 50 km, nồng độ mặn trung bình cũng tăng từ 2 - 3‰ so với trung bình nhiều năm. Hàng trăm ngàn ha lúa bị ảnh hưởng mặn và khô hạn. 1/3 dân số nông thôn trong vùng thiếu nước ngọt sinh hoạt.

Vùng V2 bao gồm 02 phân vùng (i) Phân vùng V21 tập trung gần khu vực ven biển và khu vực sinh thái nước ngọt, chạy dài từ Tiền Giang (nay thuộc Đồng Tháp) đến Bạc Liêu (nay thuộc Cà Mau), chiếm trên 90% diện tích của V2 và một phần vùng nhỏ ở Kiên Giang (nay thuộc An Giang), Cà Mau; (ii) Phân vùng V22.

c) Vùng định cư không thuận lợi: Là vùng sinh thái nhiễm mặn, còn gọi là mặn - lợ, bao gồm một phần lãnh thổ của các tỉnh Kiên Giang (nay thuộc An Giang), Cà Mau, Bạc Liêu (nay thuộc Cà Mau), Sóc Trăng (nay thuộc TP Cần Thơ), Trà Vinh (nay thuộc Vĩnh Long), Bến Tre (nay thuộc Vĩnh Long), Tiền Giang (nay thuộc Đồng Tháp), Long An. Tổng diện tích tự nhiên của vùng khoảng 12.200 km². Ký hiệu của vùng là V3.

Vùng V3 bao gồm 03 phân vùng: (i) Phân vùng V31 là khu vực ven biển từ Tiền Giang (nay thuộc Đồng Tháp) đến Bạc Liêu (nay thuộc Cà Mau); (ii) Phân vùng V32 là khu vực thuộc bán đảo Cà Mau; (iii) Phân

vùng V33 là khu vực ven biển tỉnh Kiên Giang (nay thuộc An Giang). (Hình 5)



Hình 5. Phương án phân vùng định cư thích ứng với BĐKH của ĐBSCL [3,4]

3.3.4. Các giải pháp thích ứng với BĐKH tại các vùng định cư ĐBSCL

Bảng 4. Các giải pháp thích ứng BĐKH

TT	Các vùng định cư	Đất đai		Các giải pháp thích ứng BĐKH, NBD và nhiễm mặn
		km ²	%	
I	Vùng I. Vùng định cư thuận lợi. Là vùng sinh thái nước ngọt	19.116	46,83	1. Giải pháp chung cho toàn vùng. - Bảo vệ và sử dụng tiết kiệm nguồn nước ngọt. - Quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển các khu định cư xanh, thông minh và chống chịu. - Sử dụng tiết kiệm quỹ đất, áp dụng các biện pháp tự nhiên bảo vệ bờ sông, kênh rạch, chống sạt lở. - Phát triển nông nghiệp sinh thái, hữu cơ. 2. Giải pháp thích ứng BĐKH, NBD và ngập úng cho V12, V13, V14: - Xử lý phèn chua ngập lụt và thiên tai. - Phát triển nông nghiệp sinh thái thủy canh. - Phát triển các khu định cư theo các tuyến kênh rạch và trên các khu đất cao ráo. - Phát triển hệ thống thoát nước mưa chia sẻ với hệ sinh thái.
II	Vùng II Vùng định cư ít thuận lợi: Là vùng sinh thái nước lợ	9.500	23,28	1. Quy hoạch, xây dựng và quản lý các khu định cư sinh thái chống chịu cao. 2. Chuyển đổi cơ cấu sản xuất sang hệ sinh thái nước lợ. 3. Dự trữ nước ngọt, nước mưa.
III	Vùng III Vùng định cư không thuận lợi. Là vùng sinh thái nước mặn	12.200	29,89	1. Quy hoạch, xây dựng và phát triển các khu định cư sinh thái, chống chịu. 2. Phát triển sản xuất thích ứng hệ sinh thái mặn. 3. Trồng rừng ngập mặn ven biển. 4. Chuyển nước ngọt về và thu gom dự trữ nước mưa. 5. Phát triển nông nghiệp chính xác.
	Toàn vùng ĐBSCL	40.816	100	Xây dựng 03 mô hình định cư thích ứng với các hệ sinh thái nước ngọt, lợ và mặn.

4. KẾT LUẬN

ĐBSCL có vị trí đặc biệt quan trọng đối với cả nước và là 01 trong 04 vùng bị tác động tiêu cực và rất nặng nề bởi BĐKH, NBD, nhiễm mặn và thiên tai. Dẫn đến tỷ lệ xuất cư gia tăng trong nhiều thập kỷ qua, do nền kinh tế bị suy giảm, môi trường sống xuống cấp và điều kiện định cư bị tổn thương.

Kết quả nghiên cứu đã chia ĐBSCL thành 03 vùng định cư gắn với ba hệ sinh thái đặc trưng: (i) Vùng sinh thái nước ngọt; (ii) Vùng sinh thái nước lợ, (iii) Vùng sinh thái nước mặn. Kết quả nghiên cứu làm cơ sở để phát triển hệ thống phân bố cư và xây dựng mô hình các khu định cư thích ứng, có sức chống chịu cao, gắn với sự chuyển dịch cơ cấu sản xuất và đổi mới mô hình tăng trưởng. Mục tiêu là tiếp tục phát triển ĐBSCL trở thành vùng đáng sống của cả nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016), kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam.

[2]. Chính phủ (2017), Nghị quyết số 120/NQ-CP về phát triển bền vững ĐBSCL thích ứng với BĐKH.

[3]. Thủ tướng Chính phủ (2018), Quyết định số 68/QĐ-TTg ngày 15/01/2018 phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch xây dựng vùng ĐBSCL đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

[4]. Thủ tướng Chính phủ (2022), Quyết định số 287/QĐ-TTg ngày 28/02/2022 phê duyệt Quy hoạch vùng ĐBSCL thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

[5]. Trần Trọng Hanh (2020), Báo cáo phương hướng phát triển hệ thống đô thị vùng ĐBSCL (Báo cáo góp ý tham vấn cho Quy hoạch vùng ĐBSCL thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050).

[6]. Wikipedia, <https://vi.wikipedia.org> (truy cập 09/6/2025), Đồng bằng sông Cửu Long.

[7]. Tổng cục Thống kê (2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024), Niên giám thống kê.

¹ Khả năng chống chịu khí hậu là năng lực của một hệ sinh thái tự nhiên - xã hội hoặc một tổ chức để dự đoán sớm, chuẩn bị và đối phó với các tác động của BĐKH.

¹ Nông nghiệp chính xác đo lường phẩm chất của cây trồng trong đất và các yếu tố khí hậu để áp dụng cách xử lý tốt nhất tại chỗ và tại thời điểm một cách chính xác. Nó được theo dõi bởi vệ tinh, phân tích dữ liệu thủy lợi và cho robot làm việc.

Định hướng giải pháp sử dụng đất hướng tới trung hòa carbon, trường hợp phường Đô Vinh, TP Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận (nay là tỉnh Khánh Hòa)

Strategic land-use planning toward carbon neutrality: A Case study of Đô Vinh Ward, Phan Rang-Tháp Chàm City, Ninh Thuận Province currently (Khanh Hoa)

> NGUYỄN THỊ HƯƠNG TRUNG^{1,2,*}, DƯƠNG VĂN VŨ^{1,2}

¹Bộ môn Kiến trúc, Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Bách khoa TP.HCM (HCMUT)

²Đại học Quốc gia TP.HCM (VNU-HCMC); *Email: rung.bmkt@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh Việt Nam cam kết đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050, việc tích hợp mục tiêu trung hòa carbon vào quy hoạch đô thị trở nên cấp thiết, nhất là với các đô thị loại V đang đô thị hóa nhanh và dễ tổn thương. Nghiên cứu này đề xuất chiến lược quy hoạch sử dụng đất carbon thấp cho phường Đô Vinh, TP Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận nay là tỉnh (Khánh Hòa), khu vực đang đối mặt với áp lực phát triển và ngập lụt. Thông qua phương pháp vòng đời carbon (LCA), đánh giá môi trường chiến lược (SEA), và ứng dụng EDGE, GIS, nghiên cứu đã mô phỏng hai kịch bản quy hoạch sử dụng đất (hiện tại và đề xuất) và đánh giá phát thải CO₂. Phương án đề xuất giúp giảm 57,9% phát thải và tăng diện tích hấp thụ carbon lên 36% thông qua các "bể chứa carbon" như công viên, mặt nước và hành lang sinh thái.

Nghiên cứu đề xuất phân loại giải pháp thành ba nhóm theo mức độ sử dụng công nghệ và đưa ra thứ tự ưu tiên áp dụng. Kết quả tại phường Đô Vinh có thể nhân rộng cho các đô thị nhỏ khác hướng tới phát triển bền vững và thích ứng biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Trung hòa carbon, quy hoạch sử dụng đất, đô thị loại V, phát thải CO₂, phường Đô Vinh, đô thị hóa bền vững.

ABSTRACT

In the context of Vietnam's commitment to achieving net-zero emissions by 2050, integrating carbon neutrality goals into urban land-use planning has become an urgent task, particularly in rapidly urbanizing and climate-vulnerable small cities (Level V urban areas). This study proposes a low carbon land use planning strategy for Do Vinh Ward, located in Phan Rang - Tháp Chàm City, Ninh Thuan Province (currently Khanh Hoa), an area subject to both urban development pressures and flooding risks.

The research employs a life cycle carbon assessment (LCA) framework, integrated with Strategic Environmental Assessment (SEA), and utilizes simulation tools such as EDGE, GIS, and remote sensing data. Two land-use scenarios the approved master plan and the proposed low-carbon alternative - are compared in terms of carbon emissions and absorption. The findings indicate that the proposed plan could reduce carbon emissions by 57.9% while increasing the proportion of carbon sinks to 36% through the allocation of urban green spaces, retention lakes, and ecological corridors.

The study categorizes mitigation strategies into three groups (non-technological, low-tech, and technological) and prioritizes their implementation accordingly. The proposed planning model for Đô Vinh serves as a replicable framework for other small urban centers aiming for sustainable, climate resilient, and carbon neutral development.

Keywords: Carbon neutrality, land use planning, level V urban area, CO₂ emissions, Do Vinh Ward, sustainable urbanization.

1. BỐI CẢNH VÀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Việt Nam đang thúc đẩy chuyển đổi phát triển phát thải thấp nhằm đạt Net Zero vào năm 2050. Các đô thị loại V, có quy mô

nhỏ, dân số thấp, nền kinh tế nông nghiệp, dịch vụ và nhạy cảm với biến đổi khí hậu là đối tượng tiềm năng để thí điểm quy hoạch carbon thấp.

Phường Đô Vinh là một đô thị ven di sản, đang đô thị hóa mạnh, gặp nhiều thách thức: mất đất nông nghiệp, tăng bê tông hóa, ngập cục bộ và phát thải tăng nhanh. Việc xây dựng mô hình quy hoạch sử dụng đất (QHSDĐ) carbon thấp giúp đánh giá, điều chỉnh và đề xuất định hướng phát triển không gian bền vững

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN

Thuật ngữ “carbon thấp” (low-carbon) được sử dụng để mô tả một mô hình phát triển trong đó lượng phát thải khí nhà kính, đặc biệt là CO₂, được kiểm soát và giảm thiểu tối đa, đồng thời vẫn đảm bảo tăng trưởng kinh tế và phúc lợi xã hội [6][12]. Phát triển carbon thấp không đồng nghĩa với không phát thải, mà bao gồm: (i) tối ưu sử dụng năng lượng và tài nguyên, (ii) ứng dụng công nghệ và quy hoạch để giảm phát thải, và (iii) bảo tồn và gia tăng hấp thụ carbon từ hệ sinh thái tự nhiên.

Quy hoạch sử dụng đất carbon thấp là một trong những công cụ cấu trúc hóa không gian lãnh thổ quan trọng nhất để hiện thực hóa mục tiêu carbon thấp ở cấp địa phương và vùng lãnh thổ. Mỗi loại sử dụng đất có hệ số hấp thụ hoặc phát thải carbon khác nhau [4][6], do đó QHSDĐ đóng vai trò then chốt trong cân bằng carbon toàn cục thông qua việc tổ chức và phân bố không gian hợp lý. Các đặc điểm nổi bật của quy hoạch sử dụng đất carbon thấp bao gồm:

- Hạn chế mở rộng đô thị không kiểm soát.
- Tối ưu hóa phân bố khu chức năng để giảm giao thông và năng lượng.
- Bảo tồn và mở rộng các vùng hấp thụ carbon như rừng, thảm xanh.
- Tích hợp các chỉ số phát thải và vòng đời (LCA) vào đánh giá phương án quy hoạch.

Trung hòa carbon (carbon neutrality) là trạng thái trong đó tổng lượng phát thải CO₂ từ các hoạt động kinh tế - xã hội được cân bằng bởi lượng CO₂ hấp thụ hoặc loại bỏ [12]. Con đường từ phát triển carbon thấp đến THCB (bảng 2) yêu cầu không chỉ giảm phát thải (reduce), mà còn bù đắp phần còn lại (offset) thông qua hấp thụ sinh học (rừng, thảm xanh) hoặc giải pháp kỹ thuật (CCS - carbon capture & storage).

Bảng 2. Mối quan hệ giữa các khái niệm [12]

Cấp độ	Nội dung chính	Vai trò liên kết
Carbon thấp	Hạn chế phát thải CO ₂	Mục tiêu chiến lược
Quy hoạch sử dụng đất carbon thấp	Tổ chức không gian để đạt mục tiêu carbon thấp	Công cụ hiện thực hóa mục tiêu
Trung hòa carbon	Cân bằng phát thải - hấp thụ CO ₂	Đích đến cuối cùng về mặt môi trường - khí hậu

Quy hoạch carbon thấp tại Việt Nam chưa được định nghĩa chính thức trong hệ thống văn bản pháp luật, nhưng đã được lồng ghép dẫn vào các chiến lược phát triển kinh tế - xã hội và môi trường. Trong Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, Chính phủ Việt Nam nhấn mạnh yêu cầu “xây dựng mô hình đô thị tăng trưởng xanh và carbon thấp” [1]. Đồng thời, Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu đến năm 2050 xác định mục tiêu đạt phát thải ròng bằng “0” vào giữa thế kỷ XXI [2].

Một số địa phương và tổ chức đã tiên phong tích hợp yếu tố carbon thấp vào quy hoạch và phát triển đô thị:

- TP Huế triển khai mô hình “đô thị xanh - carbon thấp” với các chỉ tiêu giảm phát thải năng lượng, phát triển xe đạp công cộng và hệ thống chiếu sáng tiết kiệm.
- TP Đà Nẵng hợp tác với UN-Habitat xây dựng mô hình đô thị chống chịu khí hậu, lồng ghép phân tích phát thải carbon trong quy hoạch không gian và đầu tư hạ tầng [11].
- TP.HCM tích hợp quy hoạch giao thông công cộng phát thải thấp và phát triển đô thị nén trong đồ án quy hoạch chung đến năm 2040.

- Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM nghiên cứu Chiến lược quy hoạch sử dụng đất hướng tới trung hòa carbon, trường hợp Bắc Phước Thắng, phường 2, TP Vũng Tàu, tỉnh Bà Rịa- Vũng Tàu nay thuộc (TP.HCM) [7].

Trường hợp phường Đô Vinh, phía tây TP Phan Rang - Tháp Chàm (PR-TC), tỉnh Ninh Thuận nay là tỉnh (Khánh Hòa), đặc biệt là khu vực xung quanh di sản tháp Po Klong Garai, một vùng du lịch trọng điểm với diện tích khoảng 400 ha, đang xuất hiện xu hướng chuyển đổi đất nông nghiệp sang đất ở nhằm đáp ứng nhu cầu đô thị hóa. Tuy nhiên, quá trình chuyển đổi này tiềm ẩn nguy cơ gia tăng phát thải CO₂ do phá vỡ lớp đất canh tác hữu cơ (giàu carbon), xây dựng hạ tầng bê tông hóa, thay đổi mục đích sử dụng đất từ hấp thụ sang phát thải. Việc ứng dụng quy hoạch carbon thấp tại đây là cần thiết để:

- Đánh giá tác động phát thải của quá trình chuyển đổi sử dụng đất.
- Đề xuất giải pháp quy hoạch không gian và kỹ thuật hạ tầng phát thải thấp.

- Lựa chọn mô hình phát triển bền vững phù hợp với cảnh quan sinh thái và chức năng thương mại dịch vụ - đặc thù của khu vực xung quanh tháp Po Klong Garai, trung tâm TP Phan Rang-Tháp Chàm.

Việc lồng ghép phân tích vòng đời carbon (Life Cycle Assessment - LCA) trong đánh giá chuyển đổi mục đích sử dụng đất tại khu vực sẽ góp phần cung cấp cơ sở khoa học và định lượng cho công tác quy hoạch không gian theo hướng phát triển carbon thấp.

3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp luận nghiên cứu

Nghiên cứu được triển khai dựa trên các phương pháp tiếp cận hiện đại, mang tính tích hợp và hệ thống nhằm đảm bảo tính khoa học và ứng dụng thực tiễn cao trong bối cảnh đặc thù của phường Đô Vinh.

- Tiếp cận hệ thống: Xem xét tổng thể mối quan hệ giữa các yếu tố tự nhiên - xã hội - kinh tế trong hệ sinh thái carbon. Quy hoạch sử dụng đất cần được nhìn nhận như một cấu phần then chốt trong điều tiết phát thải và hấp thụ khí nhà kính [8].

- Tiếp cận vòng đời carbon (Life Cycle Thinking): Đánh giá toàn diện phát thải carbon xuyên suốt các giai đoạn sử dụng đất, bao gồm hiện trạng, quá trình chuyển đổi, xây dựng, vận hành và tái thiết không gian. Phương pháp này cho phép định lượng phát thải theo chuỗi và xác định các điểm can thiệp hiệu quả [9].

- Tiếp cận không gian và địa phương hóa: Lồng ghép các đặc điểm sinh thái vùng lưu vực sông, điều kiện khí hậu nhiệt đới, và quá trình đô thị hóa tại khu vực vào mô hình phân tích carbon. Qua đó, đảm bảo tính bản địa và thực tiễn trong quy hoạch [4].

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Nội dung nghiên cứu được triển khai theo các bước cụ thể như sau:

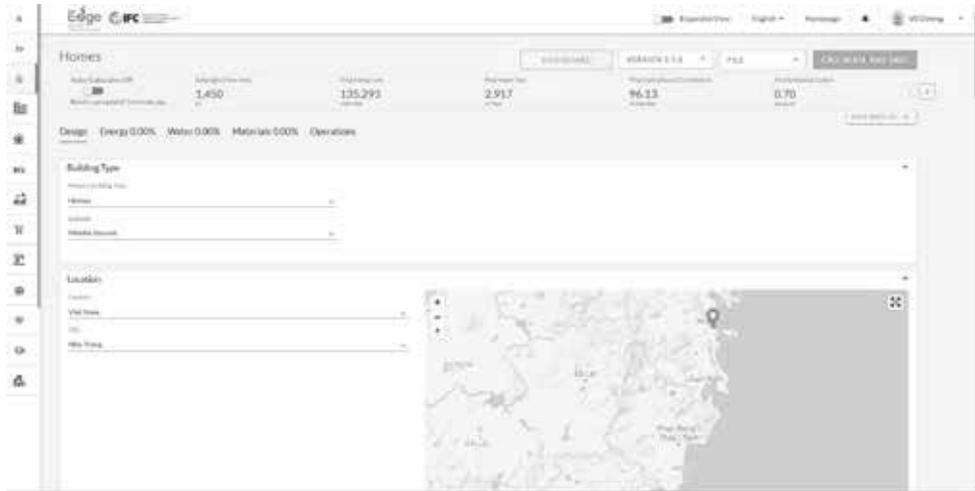
- Phân tích tài liệu thứ cấp: Thu thập và tổng hợp các tài liệu quy hoạch, báo cáo môi trường và các hướng dẫn kỹ thuật từ IPCC, FAO, UNFCCC liên quan đến phát thải carbon trong sử dụng đất và chuyển đổi mục đích sử dụng [6][12].

- Khảo sát hiện trạng sử dụng đất: Ứng dụng hệ thống GIS, bản đồ hiện trạng và ảnh viễn thám (Sentinel-2, Google Earth) để phân tích cấu trúc sử dụng đất, mức độ bao phủ công trình xây dựng và nhận diện các khu vực chuyển đổi mục đích sử dụng [5].

- Dự báo mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng trong quy hoạch đô thị, kiến trúc công trình và kỹ thuật đô thị: Phân tích số liệu định tính và định lượng (phần mềm Excel); Tính lượng phát thải khí nhà kính, tính lượng CO₂ hấp thụ bởi cây xanh bằng công cụ EDGE [3], Mô phỏng công trình mẫu (Hình 3.1) dự kiến được xây dựng trên từng loại đất có chỉ tiêu sử dụng đất khác nhau, tính toán lượng phát thải carbon bằng công cụ EDGE cho công trình mẫu (Hình 3.2), xác định lượng phát thải carbon dự kiến của từng loại đất trong khu vực quy hoạch.

TRƯỜNG CẤP 1			
VT	CÁC Hạng MỤC CÔNG TRÌNH	TỈ LỆ CHUẨN (M2/M2)	TỔNG TIỀN (M2/M2)
1	THỜI HỌC TẬP		
1.1	phòng học	1.95	1311,75
1.2	phòng lab nghiên cứu	1.85	1300,75
1.3	phòng lab nghiên cứu	1.85	1300,75
1.4	phòng nghỉ	1.85	1300,75
1.5	phòng lab nghiên cứu học	1.95	1402,75
1.6	phòng lab nghiên cứu	1.85	1300,75
1.7	phòng lab nghiên cứu	1.85	1300,75
2	THỜI PHÒNG HỒ TRỮ HỌC TẬP		
2.1	phòng học	0.8	576,0
2.2	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.3	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.4	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.5	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.6	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.7	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.8	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.9	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.10	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.11	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.12	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.13	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.14	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.15	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.16	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.17	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.18	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.19	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.20	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.21	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.22	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.23	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.24	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.25	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.26	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.27	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.28	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.29	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.30	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.31	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.32	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.33	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.34	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.35	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.36	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.37	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.38	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.39	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.40	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.41	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.42	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.43	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.44	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.45	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.46	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.47	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.48	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.49	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.50	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.51	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.52	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.53	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.54	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.55	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.56	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.57	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.58	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.59	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.60	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.61	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.62	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.63	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.64	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.65	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.66	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.67	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.68	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.69	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.70	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.71	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.72	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.73	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.74	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.75	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.76	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.77	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.78	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.79	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.80	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.81	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.82	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.83	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.84	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.85	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.86	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.87	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.88	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.89	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.90	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.91	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.92	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.93	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.94	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.95	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.96	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.97	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.98	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.99	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0
2.100	phòng triển lãm giáo dục	0.8	576,0

Hình 3.1. Thông số thiết kế cơ bản của một công trình Trường Tiểu học được lập dựa vào Tiêu chuẩn Việt Nam. Nguồn: [13] và tác giả.



Hình 3.2. Giao diện công cụ tính toán EDGE- Tiêu chuẩn Xanh giúp tiết kiệm tài nguyên và giảm phát thải. Phát thải được tính toán của công trình nhà ở mẫu với tổng diện tích sàn 1.450 m² tại khu vực nghiên cứu. Nguồn [3].

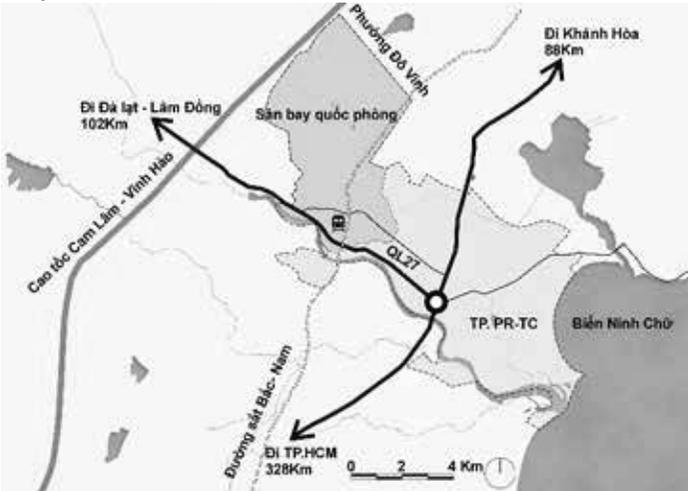
- Mô hình hóa kịch bản quy hoạch sử dụng đất: Xây dựng 2 kịch bản chính gồm: (i) quy hoạch hỗn hợp, (ii) quy hoạch carbon thấp. Mỗi kịch bản được mô phỏng và đánh giá phát thải tương ứng.

- Tham vấn chuyên gia và khảo sát cộng đồng: Tiến hành phỏng vấn chuyên sâu với các chuyên gia quy hoạch, cán bộ địa phương và người dân để thu thập nhận định và kỳ vọng đối với định hướng phát triển trung hòa carbon.

3.3. Kết hợp đánh giá môi trường chiến lược (SEA)

Nội dung nghiên cứu lồng ghép đánh giá môi trường chiến lược (Strategic Environmental Assessment - SEA) nhằm dự báo tác động phát thải khí nhà kính khi thực hiện QHSDĐ và đề xuất các giải pháp giảm nhẹ hợp lý, so sánh các kịch bản quy hoạch theo tiêu chí carbon.

4. TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU PHƯỜNG ĐÔ VINH, TP PHAN RANG - THÁP CHÀM

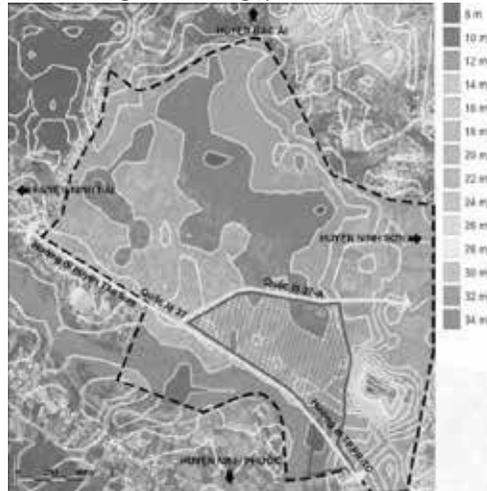


Hình 4.1. Sơ đồ mối liên hệ khu vực nghiên cứu phường Đô Vinh. Nguồn: tác giả.

Từ năm 2000 đến năm 2024 (24 năm), diện tích mặt nước tự nhiên tăng từ 3% lên 3,4% (1,7 ha/50 ha), diện tích cây xanh giảm từ 78,6% xuống còn 37,8% (18,9 ha/ 50,0 ha), cây xanh bản địa bị thay thế bằng các loài cây khác (Hình 4.3). Tốc độ đô thị hóa tăng

4.1. Điều kiện tự nhiên và xã hội

Khu vực nghiên cứu thuộc phường Đô Vinh, Tây Bắc TP Phan Rang - Tháp Chàm (Hình 4.1). Khu vực nghiên cứu có diện tích 400 ha, dân số theo thống kê năm 2019 khoảng 1.748 người, mật độ dân số đạt 437 người/km². Trong khu vực nghiên cứu có ga Tháp Chàm, và sân bay Phan Rang, quốc lộ 27 và tuyến đường sắt Bắc - Nam đi qua (Hình 4.1.2). Trước năm 2012, phường Đô Vinh phát triển mạnh về nông nghiệp. Từ năm 2012, công nghiệp và xây dựng phát triển, số hộ kinh doanh thương mại - dịch vụ tăng, lao động dần chuyển sang thương mại - dịch vụ và tiểu thủ công nghiệp. Hiện trạng sử dụng đất khu vực thiết kế 50 ha, có khoảng 27,24 ha đất nông nghiệp chiếm tỷ trọng 43,21%. Địa hình trung thấp phía Đông-Bắc khu vực thiết kế, thấp hơn quốc lộ 27 khoảng 2,4 m (hình 4.2). Hệ thống mặt nước tự nhiên và nhân tạo gồm các con kênh trong khu vực, dẫn nước ra sông Dinh khi ngập lụt do mưa cực đoan.



Hình 4.2. Sơ đồ địa hình khu vực nghiên cứu 400 ha và ranh khu vực thiết kế 50 ha. Nguồn: bản đồ địa hình kỹ thuật số một phần phường Đô Vinh, TP PR-TC được cung cấp bởi Sở Xây dựng tỉnh Ninh Thuận

trong 24 năm, mật độ xây dựng công trình tăng từ 14,2% (7,1ha/50,0 ha) đến 38,4% (19,2 ha/50,0 ha), chủ yếu tập trung dọc tuyến đường 21/8 (Quốc lộ 27 cũ) nơi có địa hình cao (Hình 4.4).



Năm 2000: Diện tích đất cây xanh chiếm 39,3ha (78,6%), diện tích mặt nước chiếm 1,5ha (3,0%).



Năm 2012: Diện tích đất cây xanh chiếm 31,2ha (62,3%), diện tích mặt nước chiếm 1,5ha (3,0%).



Năm 2024: Diện tích đất cây xanh chiếm 18,9ha (37,8%), diện tích mặt nước chiếm 1,7ha (3,4%).

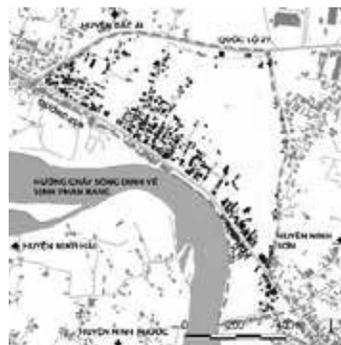
Hình 4.3. Phân bố cây xanh và mặt nước phường Đô Vinh qua thời gian từ 2000 đến 2024. Nguồn: dữ liệu từ hình ảnh vệ tinh



Năm 2000: Diện tích đất xây dựng chiếm 7,1ha (14,2%), diện tích giao thông chiếm 2,5ha (5,0%).



Năm 2012: Diện tích đất xây dựng chiếm 12,7ha (25,3%), diện tích giao thông chiếm 3,5ha (7,0%).



Năm 2024: Diện tích đất xây dựng chiếm 19,2ha (38,4%), diện tích giao thông chiếm 4,5ha (9,0%).

Hình 4.4. Quá trình đô thị hóa phường Đô Vinh qua thời gian từ 2000 đến 2024. Nguồn: dữ liệu từ hình ảnh vệ tinh

4.2. QHSDĐ phường Đô Vinh, TP Phan Giang - Tháp Chàm

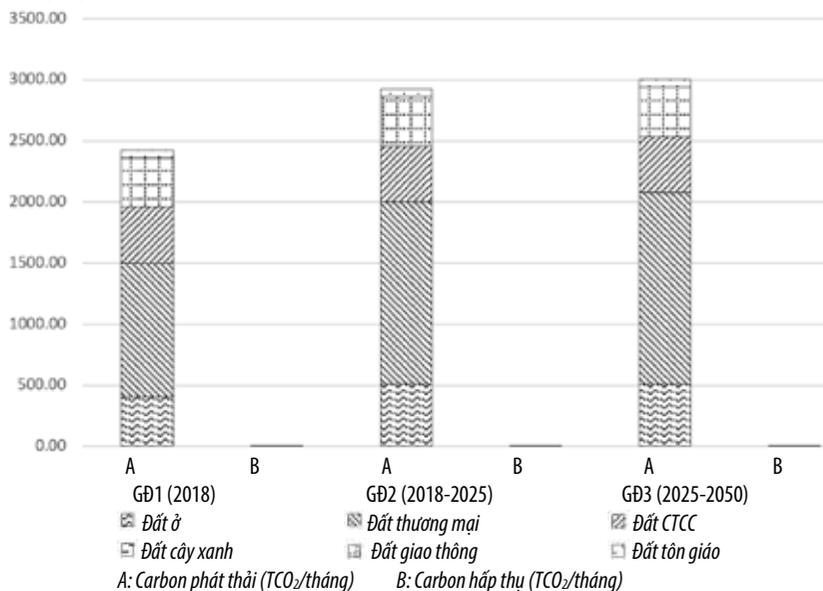
Định hướng Quy hoạch chung TP Phan Giang - Tháp Chàm tầm nhìn 2050, phương án quy hoạch hỗn hợp phường Đô Vinh qua các giai đoạn (GD) và khu vực xung quanh tháp Po Klông Garai được mong đợi là khu vực phát triển đô thị di sản, tập trung khai thác không gian quanh tháp và công viên lịch sử bờ sông Dinh, cơ cấu lao động định hướng thương mại- dịch vụ và tiểu thủ công nghiệp

[10]. Tổng lượng carbon phát thải 3.003,0 tCO₂/ tháng/ha chủ yếu từ 5 nhóm đất xây dựng công trình (đất ở, đất thương mại, đất công trình công cộng (CTCC), đất tôn giáo, và giao thông) (hình 4.5) và ngày càng tăng trong khi lượng carbon được hấp thụ 5,5 tCO₂/ tháng/ha không tăng (hình 4.6) đã cho thấy QHSDĐ được duyệt chưa hướng tới mục đích trung hòa carbon.



- 1.Khu dân cư mật độ trung bình-GĐ 2018;
- 2.Thương mại – GĐ 2018;
- 3.Thương mại – GĐ 2025;
- 4.Thương mại – GĐ 2050;
- 5.Tiền ích công cộng – GĐ 2025;
- 6.Đất cây xanh- công viên.

Hình 4.5. Sơ đồ QHSDĐ được duyệt. Nguồn: Quyết định Số 1319/QĐ-UBND TP PR-TC, vẽ minh họa tác giả



Hình 4.6. Biểu đồ mô phỏng lượng phát thải và hấp thụ CO₂ của QHSDĐ được duyệt 3 GD 2018, 2018 - 2025, và 2025 - 2050. Nguồn: số liệu diện tích sử dụng đất từ Sở Xây dựng tỉnh Ninh Thuận

4.3. Vấn đề, định hướng và mục tiêu thiết kế

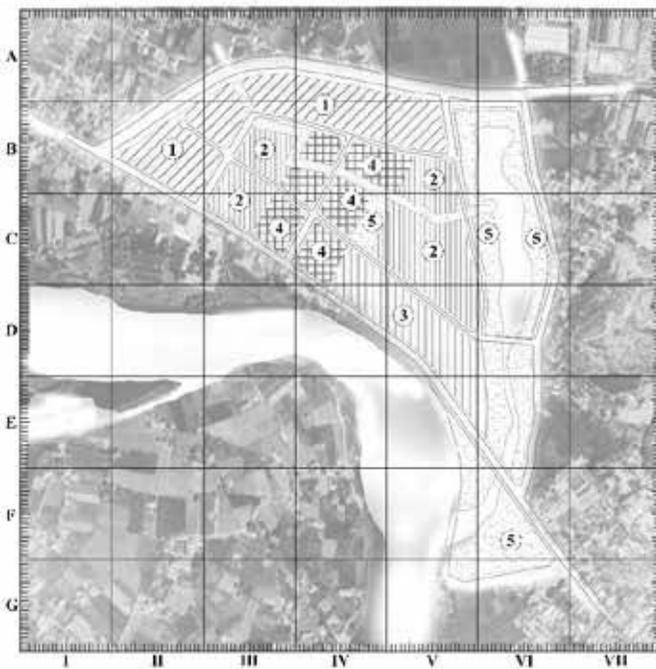
- *Vấn đề:* (i) Tiện nghi đô thị còn nhiều hạn chế, (ii) Khu vực bị ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu, (iii) Bị ngập lụt cục bộ, (vi) QHSDĐ được duyệt chưa hướng đến mục đích trung hòa carbon.

- *Định hướng:* (i) Thân thiện và bền vững: Đô thị carbon thấp; Đô thị thích ứng với biến đổi khí hậu; Bảo tồn hệ sinh thái. (ii) Con người và cảnh quan: Mật độ cây xanh cao; Không gian xanh đan xen trong khu đô thị; Hành lang xanh kết nối các chức năng khu đô thị. (iii) Tiện ích và tiếp cận: Cung cấp đầy đủ nhu cầu cho dân cư; Đảm bảo tiếp cận các tiện ích một cách nhanh chóng.

- *Mục tiêu:* (i) QHSDĐ carbon thấp và định hướng tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan khu đô thị phường Đô Vinh trở thành khu đô thị loại V, định hướng phát triển kinh tế gắn với dịch vụ thương mại, cung cấp đầy đủ đảm bảo dân cư tiếp cận các tiện ích trong bán kính 500m đi bộ. (ii) Xác định các "Bể chứa Carbon" chiếm 35% diện tích khu vực thiết kế, là các không gian công viên cây xanh mặt nước, công viên hồ điều tiết, ... có khả năng hấp thụ lượng carbon nhiều hơn lượng carbon phát thải, kết nối các chức năng khu đô thị bằng cảnh quan cây xanh. (iii) Giải quyết được vấn đề ngập lụt cục bộ của khu vực tương lai. Thiết kế dựa vào tự nhiên của khu vực, tạo ra một vùng chức năng có thể ngập kết nối ra sông Dinh, vừa điều tiết nước cho khu vực vừa tăng giá trị cảnh quan đô thị và bảo tồn hệ sinh thái.

5. ĐỊNH HƯỚNG QHSDĐ HƯỚNG TỚI TRUNG HÒA CARBON TẠI PHƯỜNG ĐÔ VINH, TP PHAN GIANG - THÁP CHÀM

5.1. Định hướng QHSDĐ



1. Đất ở trung/cao tầng
2. Đất ở thấp tầng
3. Đất ở thấp tầng hiện hữu và cải tạo
4. Đất công trình công cộng
5. Đất cây xanh - công viên

Hình 5.1. Bản đồ QHSDĐ phường Đô Vinh. Nguồn: tác giả

Tổng lượng phát thải carbon của phương án QHSDĐ đề xuất dự báo giảm khoảng 52% (tương đương giảm 436,2 tCO₂/tháng so với QHSDĐ được duyệt. Lượng phát thải CO₂ chủ yếu đến từ quá trình

Định hướng thiết kế QHSDĐ và tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan phường Đô Vinh theo các mục tiêu được đề xuất như sau:

- Khảo sát nguyên nhân gây ra các vấn đề trong khu vực nghiên cứu, dự báo lượng phát thải carbon của phương án QHSDĐ được duyệt;

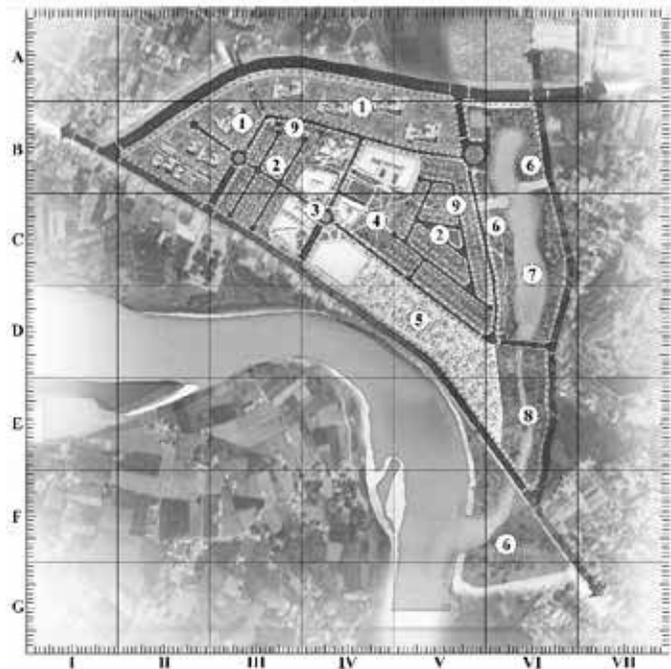
- Đề xuất phương án QHSDĐ khu vực phường Đô Vinh hướng tới đáp ứng mục tiêu;

- Dự tính và Phân loại giải pháp áp dụng vào phương án QHSDĐ đề xuất khu đô thị phường Đô Vinh thành các giải pháp sử dụng công nghệ và không sử dụng công nghệ, các giải pháp bắt buộc áp dụng và khuyến khích áp dụng, các giải pháp áp dụng thuộc công tác nào thuộc các công tác thiết kế đô thị, quy hoạch giao thông và hạ tầng kỹ thuật;

- Đánh giá khả năng hướng tới trung hòa carbon của phương án QHSDĐ đề xuất khu đô thị phường Đô Vinh.

5.2. QHSDĐ đề xuất khu đô thị phường Đô Vinh

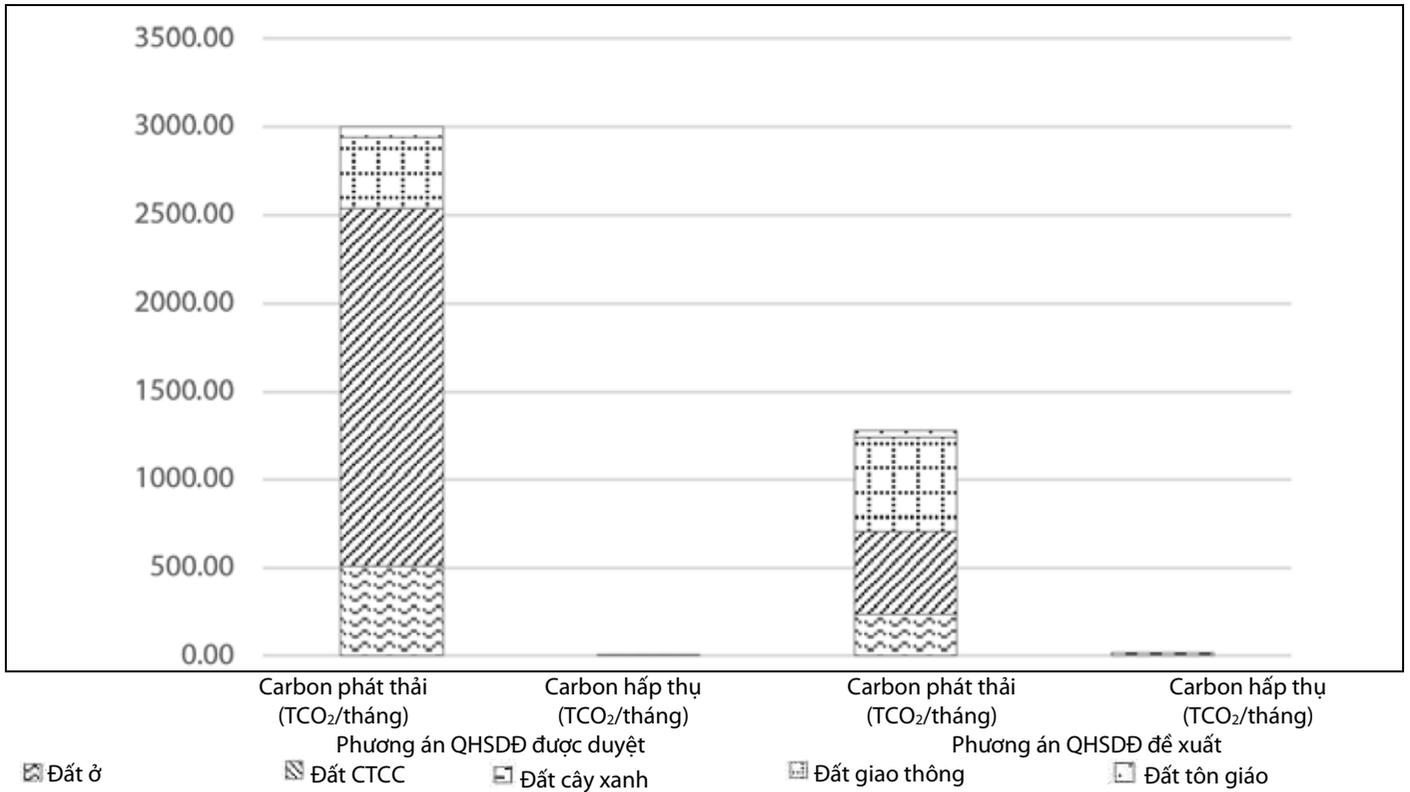
Phương án QHSDĐ (hình 5.1) và giải pháp tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan (hình 5.2) được đề xuất đáp ứng tiện ích đô thị loại V cho 6.000 người, hướng đến đáp ứng mục tiêu. Bộ giải pháp hiệu quả để tối ưu về sử dụng đất, giảm phát thải, phù hợp với định hướng quy hoạch carbon thấp và phát triển bền vững bao gồm: (i) Khu đô thị ở nén với nhà ở trung đến cao tầng có đan xen công viên cây xanh mặt nước. (ii) Quy hoạch tập trung không gian dịch vụ công cộng với bán kính không quá 500 m. (iii) Vùng địa hình trũng dành cho hồ điều tiết, vùng có thể ngập để phát triển hệ sinh thái đa dạng, trữ và dẫn nước ra sông Dinh. (iv) "Hành lang xanh" kết nối các khu chức năng khu đô thị.



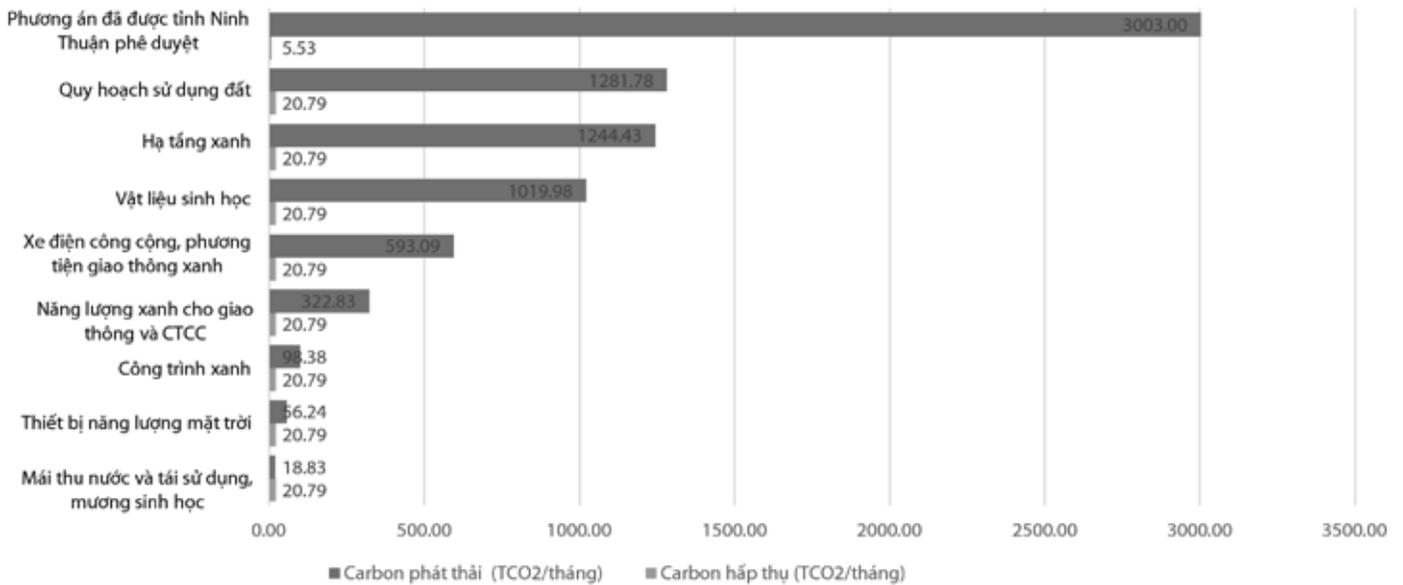
1. Chung cư trung/cao tầng
2. Khu nhà ở đơn lập
3. Khu dịch vụ công cộng
4. Công viên trung tâm
5. Nhà ở hiện hữu và cải tạo
6. Công viên hồ điều tiết
7. Hồ điều tiết
8. Kênh/mương
9. Hành lang xanh

Hình 5.2. Sơ đồ tổ chức không gian kiến trúc và cảnh quan phường Đô Vinh. Nguồn: tác giả

xây dựng và vận hành các công trình ở loại đất ở và đất công trình công cộng (hình 5.3). Vì vậy, cần có nhóm các giải pháp khác hướng tới trung hòa carbon.



Hình 5.3. Biểu đồ so sánh lượng phát thải và hấp thụ carbon giữa QHSDĐ được duyệt và QHSDĐ đề xuất. Nguồn: tác giả.



Hình 5.4. Biểu đồ dự tính khả năng trung hòa carbon của khu đô thị phường Đô Vinh sau khi áp dụng lần lượt các giải pháp. Nguồn tác giả

5.3. Giải pháp cho QHSDĐ carbon thấp và đánh giá phương án QHSDĐ carbon thấp hướng tới trung hòa carbon

Phương án QHSDĐ đề xuất diện tích cây xanh mặt nước đạt 36% góp phần trữ nước ngập và dẫn nước ra sông Dinh, góp phần giảm phát thải của đô thị (hấp thụ 20 tCO₂/tháng), giảm lượng khí thải CO₂ của phương án QHSDĐ được duyệt từ hơn 3.000 tCO₂/tháng còn khoảng 1.281 tCO₂/tháng (giảm được hơn 1.721 tấn, tương đương 57,93%) (bảng 5.2).

Phương án QHSDĐ đề xuất cho kết quả giảm phát thải hướng tới trung hòa carbon nhiều hơn khi “bắt buộc áp dụng”

các giải pháp “không sử dụng công nghệ” (giảm được khoảng 67% lượng phát thải carbon), lần lượt “khuyến khích áp dụng” các giải pháp “ít sử dụng công nghệ” và sau cùng áp dụng các giải pháp “sử dụng công nghệ” (giảm dần được khoảng 33% lượng phát thải) để đạt được mục tiêu hướng tới trung hòa carbon (hình 5.4).

Bảng 5.2. Bảng dự tính phát thải và phân loại giải pháp giảm thải carbon cho phương án QHSDD đề xuất phường Đô Vinh. Nguồn: tác giả

Giải pháp giảm phát thải Carbon			Carbon phát thải (tCO ₂ /tháng)	Carbon hấp thụ (tCO ₂ /tháng)	Tỉ lệ giảm thải (%)	Cơ cấu giảm phát thải (%)	
1. Phương án QHSDD được duyệt			3.003,00	5,53			
2. Phương án QHSDD đề xuất	Giải pháp không sử dụng công nghệ	Nhà nước đầu tư (phần chung đô thị)	Quy hoạch SDD	1.281,78	20,79	57,93	67,00
			Hạ tầng xanh	1.244,43	20,79	1,25	
		Khuyến khích người dân tự đầu tư	Vật liệu sinh học	1.019,98	20,79	7,49	
	Giải pháp sử dụng công nghệ	Nhà nước đầu tư (phần chung đô thị)	Xe điện công cộng, phương tiện giao thông xanh	593,09	20,79	14,24	33,00
			Năng lượng xanh cho giao thông và CTCC	322,83	20,79	9,02	
		Khuyến khích người dân tự đầu tư	Công trình xanh	98,38	20,79	7,49	
			Thiết bị năng lượng mặt trời	56,24	20,79	1,41	
			Mái thu nước và tái sử dụng, mương sinh học	18,83	20,79	1,25	
	Lượng phát thải carbon sau khi áp dụng toàn bộ giải pháp			-1,96			100,00

6. THẢO LUẬN

Thực tiễn tại Việt Nam cho thấy, xu hướng tích hợp quy hoạch carbon thấp đang ngày càng được chú trọng. Nghiên cứu tại Đô Vinh khẳng định tính khả thi của QHSDD hướng tới trung hòa carbon. Việc lồng ghép đánh giá vòng đời carbon đã xác định rõ các nguồn phát thải chính và tiềm năng hấp thụ CO₂ từ không gian cây xanh - mặt nước. Phương án QHSDD đề xuất không chỉ giảm phát thải mà còn góp phần nâng cao chất lượng sống và khả năng thích ứng ngập lụt đô thị.

Kết quả cho thấy, phương án QHSDD đề xuất không chỉ giảm đáng kể phát thải CO₂ (giảm 57,9% so với phương án được duyệt) mà còn tăng cường khả năng hấp thụ thông qua tổ chức các "bể chứa carbon" như hồ điều tiết, hành lang xanh, và công viên sinh thái. Đây là minh chứng rõ ràng cho tiềm năng tích hợp chiến lược carbon thấp vào công tác quy hoạch đô thị quy mô nhỏ - điều còn đang thiếu trong thực tiễn hiện nay tại Việt Nam.

Bên cạnh đó, việc phân loại và lượng hóa hiệu quả của từng nhóm giải pháp theo mức độ sử dụng công nghệ đã góp phần làm rõ khả năng kết hợp giữa các công cụ chính sách (bắt buộc/khuyến khích) với các giải pháp hạ tầng (thiết kế xanh, năng lượng tái tạo, vật liệu sinh học...). Cách tiếp cận này không chỉ mang tính khả thi tại địa phương mà còn có thể mở rộng thành hướng dẫn thực hành cho các đô thị loại V khác có điều kiện tương đồng.

Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế. Thứ nhất, các tính toán phát thải vẫn dựa trên giả định mô hình và công trình điển hình, chưa xét đến sai số từ quá trình vận hành thực tế. Thứ hai, chưa có đánh giá sâu về chi phí đầu tư - duy trì các giải pháp carbon thấp, yếu tố có thể ảnh hưởng đến khả năng triển khai. Cuối cùng, sự tham gia của cộng đồng và các bên liên quan trong đánh giá và điều chỉnh phương án quy hoạch mới chỉ dừng ở mức ban đầu, cần được mở rộng trong các bước tiếp theo.

Từ đó, nhóm tác giả đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo gồm: (i) đánh giá chi phí - hiệu quả theo phương pháp phân tích kinh tế - xã hội, (ii) thử nghiệm các mô hình cộng đồng tham gia trong quy hoạch carbon thấp, và (iii) xây dựng bộ công cụ hướng dẫn tích hợp phát thải vào quy hoạch không gian cấp đô thị và tỉnh.

7. KẾT LUẬN

Quy hoạch carbon thấp tại phường Đô Vinh là giải pháp khả thi, bền vững cho các đô thị nhỏ. Cách tiếp cận LCA và SEA giúp lượng hóa và tối ưu phát thải hấp thụ CO₂. Phân nhóm giải pháp và lộ trình áp dụng tăng tính hiệu quả và khả năng thực hiện. Mô hình có thể nhân rộng cho các đô thị tương tự nhằm góp phần đạt mục tiêu Net

Zero quốc gia. Cần tiếp tục tham vấn chuyên gia, cộng đồng và hoàn thiện cơ chế chính sách hỗ trợ triển khai QHSDD hướng tới trung hòa carbon.

Lời cảm ơn: Tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG - TP.HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư. Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, Hà Nội, Việt Nam, 2021.
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu đến năm 2050, Hà Nội, Việt Nam, 2022;
- [3]. Edgebuildings.com.
- [4]. FAO, EX-ACT Tool: Ex-Ante Carbon-balance Tool – Guidelines*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010, <https://www.fao.org/tc/exact>.
- [5]. Google Earth, Satellite imagery of Do Vinh Ward, Ninh thuan Province, 2023, <https://earth.google.com>.
- [6]. IPCC, Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019, <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement>.
- [7]. Nguyễn Thị Hương Trung và cộng sự, Chiến lược quy hoạch sử dụng đất hướng tới trung hòa carbon, trường hợp Bắc Phước Thắng, phường 2, TP Vũng Tàu, tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu. Tạp chí Xây dựng Việt Nam, Bộ Xây dựng, 2024, số 678, 51.
- [8]. Nguyễn Trọng Hòa, Quy hoạch phát triển đô thị bền vững gắn với thích ứng biến đổi khí hậu, Tạp chí Quy hoạch xây dựng, Bộ Xây dựng, 2019.
- [9]. Nguyễn Văn Hiếu & cộng sự, Đánh giá phát thải CO₂ trong xây dựng nhà ở tại khu vực đô thị hóa cao nguyên trung phần, Tạp chí Môi trường xây dựng, 2020, 35(2), 55-63.
- [10]. UBND tỉnh Ninh Thuận, Đồ án điều chỉnh tổng thể Quy hoạch chung xây dựng TP Phan Rang - Tháp Chàm tỉnh Ninh Thuận đến năm 2040 và tầm nhìn đến năm 2050, 2024.
- [11]. UN-Habitat Vietnam, Urban Climate Resilience in Vietnam: A Guidebook for Planners and Decision Makers, Hanoi: UN-Habitat, 2018.
- [12]. UNFCCC, Nationally Determined Contributions under the Paris Agreement – Synthesis Report, 2023, <https://unfccc.int/NDCs>.
- [13]. Viện Kiến trúc, quy hoạch đô thị và nông thôn, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8793:2011 quy định thiết kế Trường Tiểu học, Tổng cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2011.

Ứng dụng mô hình học máy dự đoán cường độ nén của cọc xi măng đất

Application of machine learning model to predict compressive strength of soil cement piles

> ĐINH VĂN HOÀN¹, NGUYỄN DUY HƯNG^{2,*}

¹HVCH Viện xây dựng, Trường Đại học giao thông vận tải TP.HCM; Email: hoanctct@gmail.com

²GV Đại học Giao thông vận tải TP.HCM; *Email: hung.nguyen@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đã xây dựng 3 mô hình học máy gồm cây quyết định, rừng ngẫu nhiên và mô hình mạng nơ ron nhân tạo để dự đoán cường độ chịu nén của cọc xi măng đất. Tổng cộng có 342 kết quả thí nghiệm được thu thập với 8 thông số đầu vào khác nhau bao gồm: Tỷ lệ nước/xi măng, hàm lượng xi măng, tuổi bảo dưỡng, loại xi măng được sử dụng, trọng lượng riêng, giới hạn chảy, giới hạn dẻo và chỉ số dẻo. Thông số đầu ra là cường độ nén của mẫu cọc xi măng đất. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình cây quyết định có khả năng dự đoán tốt cường độ chịu nén của mẫu cọc xi măng đất trong giai đoạn huấn luyện với giá trị hệ số R là 0.973, giá trị R^2 là 0.948 và giá trị RMSE là 222.47 kPa. Trong giai đoạn kiểm tra mô hình cây quyết định dự đoán tương đối tốt hơn với giá trị hệ số R là 0.959, giá trị R^2 là 0.920 và giá trị RMSE là 264.35 kPa. Kết quả phân tích độ nhạy cho thấy loại xi măng, giới hạn dẻo, giới hạn chảy và hàm lượng xi măng là những đặc tính chính ảnh hưởng đến cường độ nén của cọc xi măng đất.

Từ khóa: Cọc xi măng đất, mô hình học máy, cường độ nén, cây quyết định, mạng nơ ron nhân tạo, rừng ngẫu nhiên.

ABSTRACT

This study has built three machine learning models including decision tree, random forest and artificial neural network for predicting the compressive strength of soil cement piles. A total of 342 experimental results were collected with 8 different input parameters including: Water/cement ratio, cement content, curing age, type of cement used, specific gravity, liquid limit, plastic limit and plasticity index. The output parameter is the compressive strength of soil cement pile samples. The research results show that the decision tree model has the ability to predict the compressive strength of soil cement piles well in the training phase with an R value of 0.973, R^2 value of 0.948 and RMSE value of 222.47 kPa. In the testing phase the decision tree model predicted relatively better with an R value of 0.959, R^2 value of 0.920 and RMSE value of 264.35 kPa. The results of sensitivity analysis show that cement type, plastic limit, liquid limit and cement content are the main properties affecting the compressive strength of soil cement piles.

Keywords: Soil cement piles, machine learning, compressive strength, decision tree, random forest, artificial neural network.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với tốc độ phát triển ngày càng nhanh chóng của sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, các công trình ngày càng được đầu tư và phát triển, việc lựa chọn giải pháp xử lý nền móng cho công trình là một vấn đề cực kỳ quan trọng, là yếu tố đảm bảo sự bền vững trong suốt quá trình sử dụng của công trình.

Cọc xi măng đất được phát triển tại Nhật Bản và Thụy Điển từ những năm 60. Sử dụng vôi bột chưa tôi phun khô được sử dụng ở Nhật Bản, Thụy Điển từ những năm 70. Phương pháp trộn ướt sử dụng vữa xi măng được Nhật Bản áp dụng trong những năm 70. Phương pháp được phổ biến ra thế giới, gần đây hỗn hợp xi măng, vôi kết hợp thạch cao, tro bay, xỉ cũng đã được nghiên cứu sử dụng. Ở Nhật Bản theo thống kê trong giai đoạn 80-90 có 2345 dự án, đã sử dụng 26 triệu m^3 xi măng, hiện nay hàng năm thi công khoảng 2 triệu m^3 . Tại Trung Quốc khối lượng xử lý bằng công nghệ trộn sâu khoảng 1 triệu m^3 [1].

Trên thế giới, đã có nghiên cứu về đánh giá cường độ của đất sét sử dụng cọc xi măng đất, nghiên cứu đã trình bày một cơ sở dữ liệu lớn về các thử nghiệm cường độ nén không giới hạn của đất sét biến được xử lý bằng xi măng trên nhiều tỷ lệ trộn và độ tuổi bảo dưỡng khác nhau. Một mô hình phát triển cường độ dự đoán được cải tiến để xuất có xem xét ảnh hưởng của tỷ lệ hỗn hợp và thời gian bảo dưỡng, các giá trị cường độ thực tế và dự đoán được tìm thấy phù hợp với hệ số tương quan là 0.997. Mô hình này cũng cho thấy có thể áp dụng được cho một số loại đất sét và xi măng. Sự phù hợp tốt với dữ liệu thử nghiệm được biểu thị bằng hệ số tương quan vượt quá 0.95 [2], nghiên cứu cường độ của đất sét biến gia cố bằng xi măng [3]. Nghiên cứu sử dụng phương pháp học máy đánh giá cường độ nén của nền đất gia cố bằng cọc xi măng đất, nghiên cứu đã phân tích cơ sở dữ liệu chứa 566 mẫu đất xi măng và sử dụng 8 phương pháp học máy để phân tích [4].

Tại Việt Nam nghiên cứu về ứng dụng mô hình học máy để dự đoán cường độ chịu nén của hỗn hợp chất thải mỏ quặng gia cố

bảng xi măng trong trường hợp khan hiếm dữ liệu. Nghiên cứu dựa trên bộ dữ liệu gồm 92 mẫu và 6 biến đầu vào, nghiên cứu đã xây dựng thành công hai mô hình học máy thông dụng là mô hình thuật toán tăng cường độ dốc và mô hình véc tơ [5]. Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo dự báo cường độ vật liệu xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam đã sử dụng mô hình học máy để dự đoán cường độ chịu nén của bê tông xi măng, cường độ kéo gián tiếp của bê tông xi măng, cường độ chịu nén của bê tông xi măng trong môi trường nước biển, cường độ chịu kéo của thép [6].

Thời gian qua việc ứng dụng cọc xi măng đất vào thi công công trình tại Việt Nam ngày càng nhiều. Tuy nhiên quá trình thiết kế còn tốn nhiều thời gian do việc chế tạo mẫu thử từ đó lựa chọn tỷ lệ nước, hàm lượng xi măng, chủng loại xi măng hợp lý.

Với mong muốn đóng góp ứng dụng công nghệ vào xây dựng, nghiên cứu này đã xây dựng 3 mô hình học máy nhằm dự đoán cường độ nén của cọc xi măng đất, giúp giảm số lượng mẫu đúc thử nghiệm từ đó đưa ra hàm lượng xi măng, tỷ lệ nước, chủng loại xi măng hợp lý đưa vào thiết kế rút ngắn được thời gian và chi phí.

2. DỮ LIỆU DỰ ĐOÁN VÀ CÁC THÔNG SỐ ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH

2.1. Dữ liệu thực nghiệm

Để dự đoán khả năng chịu nén của cọc xi măng đất, tổng cộng có 342 kết quả thí nghiệm và các thông số được thu thập dựa vào bảng kết quả thí nghiệm, các thông số trong quá trình trộn mẫu thí nghiệm bên cạnh đó tham khảo từ nghiên cứu trước đây [4]. Dữ liệu từ 3 công trình tại khu vực huyện Bình Chánh, TP.HCM được thể hiện trong Bảng 1, cung cấp các thông số đầu vào, đầu ra. 8 thông số đầu vào được khảo sát là tỉ lệ nước/xi măng, hàm lượng xi măng, tuổi bảo dưỡng, trọng lượng riêng, giới hạn chảy, giới hạn dẻo, chỉ số dẻo, loại xi măng được sử dụng, và biến đầu ra là cường độ nén.

Bảng 1. Thông số của các mẫu thí nghiệm

STT	Thông số	Đơn vị	Loại thông số
1	Tỷ lệ nước/ xi măng (Ratio N/XM)	Lít/kg	Đầu vào
2	Hàm lượng xi măng (Content)	Kg/m ³	Đầu vào
3	Tuổi bảo dưỡng (Age)	Ngày	Đầu vào
4	Trọng lượng riêng (Weight)	g/cm ³	Đầu vào
5	Giới hạn chảy (Wp)	%	Đầu vào
6	Giới hạn dẻo (WL)	%	Đầu vào
7	Chỉ số dẻo (IP)	%	Đầu vào
8	Loại xi măng (Type)		Đầu vào
9	Cường độ nén (Compressive strength)	kPa	Đầu ra

2.2. Các thông số đánh giá mô hình

Các thông số đánh giá mô hình: Ba thông số đo lường là hệ số tương quan (R), hệ số xác định (R²) và sai số bình phương tối thiểu (RMSE) được tính toán để đánh giá mức độ chính xác của mô hình dự đoán, công thức tính toán của các thông số này như sau:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \tag{1}$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2}} \tag{2}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \tag{3}$$

3. MÔ HÌNH DỰ ĐOÁN

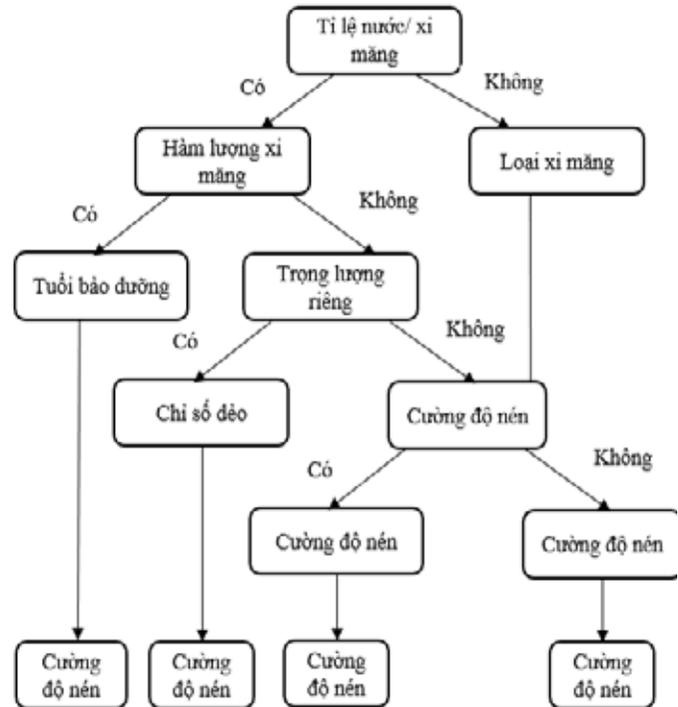
Dựa vào các thông số đầu vào và đầu ra đã thu thập được, nhóm tác giả tiến hành xây dựng 3 mô hình dự đoán là mô hình cây quyết định (decision tree), mô hình rừng ngẫu nhiên (random forest) và mô hình mạng nơron nhân tạo (artificial neural network) kết cấu của các mô hình như sau:

3.1. Kết cấu mô hình cây quyết định

Mô hình cây quyết định bao gồm các nút quyết định và các nút lá. Trong đó các nút quyết định đại diện cho các giá trị tính năng và các nút lá đại diện cho các quyết định về biến mục tiêu.

Nút quyết định là các nút trung gian trong cây quyết định. Mỗi nút quyết định tương ứng với một biến đầu vào trong số 8 biến là tỷ lệ nước/xi măng, hàm lượng xi măng, tuổi bảo dưỡng, trọng lượng riêng, giới hạn chảy, giới hạn dẻo, chỉ số dẻo, loại xi măng được sử dụng .

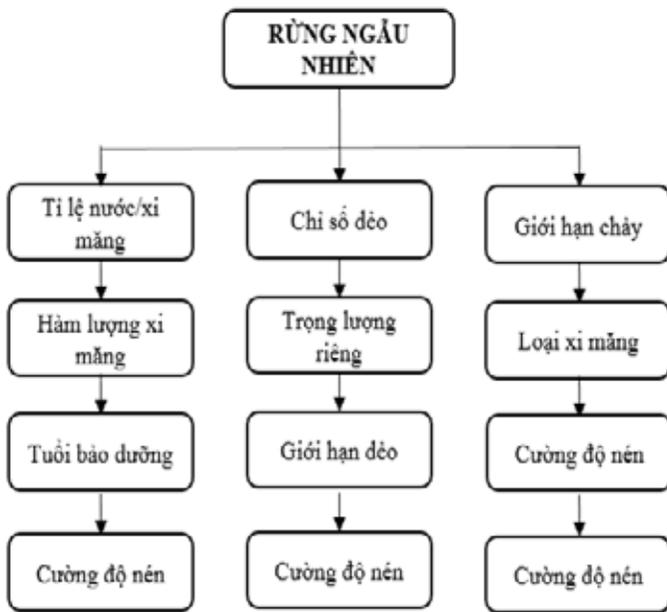
Các nút quyết định chính sử dụng 8 biến đầu vào để phân nhánh dữ liệu. Nút lá là nút cuối cùng của một nhánh trong cây. Mỗi nút lá tương ứng với một giá trị dự đoán của biến đầu ra là cường độ nén , nút lá thể hiện kết quả cuối cùng sau khi đi qua các điều kiện từ gốc đến lá. Trong mô hình đã sử dụng thông số độ sâu tối đa (Max Depth=100) để khống chế độ phức tạp của mô hình.



Hình 1. Kết cấu mô hình cây quyết định

3.2. Kết cấu mô hình rừng ngẫu nhiên

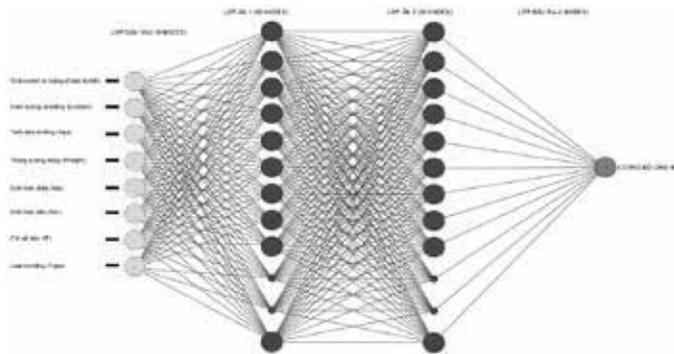
Mô hình rừng ngẫu nhiên lấy dự đoán trung bình của 300 mô hình cây quyết định được đào tạo trên toàn bộ hoặc các tập hợp con khác nhau giúp giảm phương sai. Mỗi cây sử dụng các biến đầu vào khác nhau như tỉ lệ nước/xi măng, hàm lượng xi măng, chỉ số dẻo, giới hạn chảy, loại xi măng ... và có cấu trúc khác nhau. Mô hình rừng ngẫu nhiên có nhiều cây quyết định độc lập, mỗi cây được huấn luyện trên một tập con dữ liệu và một tập con biến đầu vào, mỗi nút chọn ngẫu nhiên một tập con biến để chia dữ liệu.



Hình 2. Kết cấu mô hình rừng ngẫu nhiên

3.3. Kết cấu mô hình mạng nơ ron nhân tạo

Kết cấu mô hình mạng nơ ron nhân tạo bao gồm 1 lớp đầu vào, 2 lớp ẩn, và 1 lớp đầu ra được thể hiện trên Hình 3. Lớp đầu vào gồm 8 nơ ron đại diện cho các thông số đầu vào bao gồm tỷ lệ nước/xi măng, hàm lượng xi măng, tuổi bảo dưỡng, trọng lượng riêng, giới hạn chảy, giới hạn dẻo, chỉ số dẻo, loại xi măng được sử dụng. Lớp đầu ra gồm 1 nơ ron là cường độ nén. Số lớp ẩn và số nơ ron trong mỗi lớp được xác định thông qua quá trình thử dẫn để tìm ra thông số tối ưu cho mô hình. Trong nghiên cứu này, số lớp ẩn được xác định là 2 với 30 nơ ron trong lớp đầu và 30 nơ ron trong lớp thứ 2.



Hình 3. Kết cấu mô hình mạng nơ ron nhân tạo

Trong quá trình vận hành của mô hình mạng nơ ron nhân tạo, lớp đầu vào nhận dữ liệu đầu vào rồi chuyển qua các lớp ẩn. Giá trị kết quả sau đó được chuyển sang lớp đầu ra. Hàm kích hoạt tuyến tính (Relu) được áp dụng để truyền giá trị giữa các nơ ron trong các lớp.

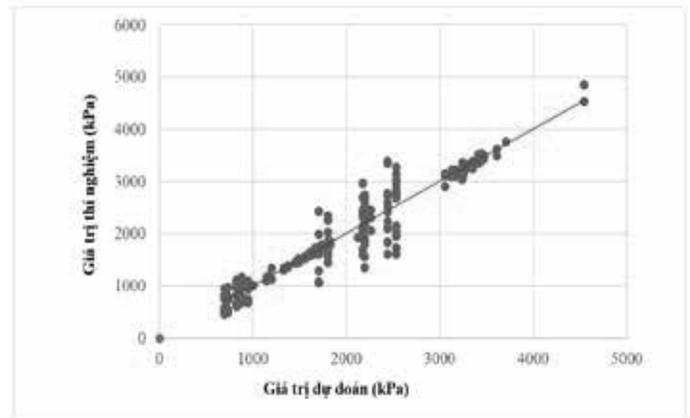
3.4. Kết quả dự đoán

Các thông số đo lường cho kết quả dự đoán cường độ chịu nén của cọc xi măng đất trong giai đoạn huấn luyện và giai đoạn kiểm tra của 3 mô hình được thống kê trên Bảng 2, Bảng 3. Độ sai lệch và tương quan giữa kết quả dự đoán và kết quả thí nghiệm trong giai đoạn huấn luyện được thể hiện trên Hình 4. Kết quả dự đoán cho thấy mô hình cây quyết định có khả năng dự đoán tốt cường độ chịu nén của cọc xi măng đất trong giai đoạn huấn luyện. Các điểm dự

đoán rất gần các điểm thí nghiệm và có sự tương quan tốt giữa kết quả dự đoán và thí nghiệm với giá trị hệ số R là 0.973, giá trị R² là 0.948 và giá trị RMSE là 222.47 kPa.

Bảng 2. Kết quả đánh giá hiệu suất giai đoạn huấn luyện (Train)

Mô hình dự đoán	R	R ²	RMSE
Cây quyết định (Decision tree)	0.973	0.948	222.47
Rừng ngẫu nhiên (Random forest)	0.972	0.946	226.21
Mạng nơ ron nhân tạo (Artificial neural network)	0.962	0.926	265.35

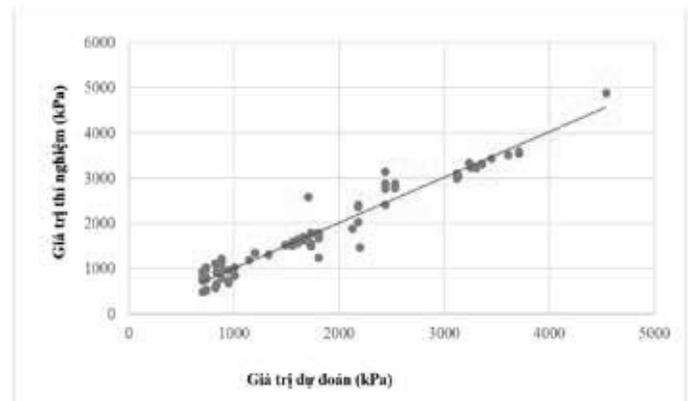


Hình 4. Tương quan giữa kết quả dự đoán và kết quả thí nghiệm trong giai đoạn huấn luyện.

Trong giai đoạn kiểm tra mô hình cây quyết định dự đoán tương đối tốt hơn với giá trị hệ số R là 0.959, giá trị R² là 0.920 và giá trị RMSE là 264.35 kPa. Độ sai lệch và tương quan giữa kết quả dự đoán và kết quả thí nghiệm trong giai đoạn kiểm tra được thể hiện trên Hình 5.

Bảng 3. Kết quả đánh giá hiệu suất giai đoạn kiểm tra (Test)

Mô hình dự đoán	R	R ²	RMSE
Cây quyết định (Decision tree)	0.959	0.920	264.35
Rừng ngẫu nhiên (Random forest)	0.958	0.919	265.70
Mạng nơ ron nhân tạo (Artificial neural network)	0.949	0.902	265.35



Hình 5. Tương quan giữa kết quả dự đoán và kết quả thí nghiệm trong giai đoạn kiểm tra.

4. PHÂN TÍCH ĐỘ NHẠY

Hình 6 thể hiện sự đóng góp của từng biến đầu vào đối với cường độ chịu nén của cọc xi măng đất được xác định bằng 3 mô hình cây quyết định, rừng ngẫu nhiên và mạng nơ ron nhân tạo. Kết quả cho thấy loại xi măng là biến đầu vào có ảnh hưởng nhất, ngược lại tuổi bảo dưỡng gần như không có ảnh hưởng đến cường độ. Cụ thể mức độ xếp hạng đóng góp của các thông số đầu vào như sau: Loại xi măng ảnh hưởng (51.71%) có thể dữ liệu đầu vào thu thập được chủ yếu sử dụng 2 loại xi măng là xi măng thường Hà Tiên (HT PCB) và xi măng xỉ lò cao Hà Tiên (HT BFS PCB) gây nên sự ảnh hưởng lớn, Giới hạn dẻo (15.55%), Giới hạn chảy (15.43%), Hàm lượng xi măng (12.45%) đối với cọc xi măng đất, hàm lượng xi măng thường là yếu tố quan trọng quyết định cường độ nén của cọc. Trọng lượng riêng (3.44%) là ba yếu tố để xác định loại đất, Tỷ lệ nước/xi măng (0.92%) ngoài tỉ lệ nước trong quá trình trộn vữa còn có hàm lượng nước tự nhiên trong đất. Chỉ số dẻo (0.51%) cũng là yếu tố để xác định loại đất. Tuổi bảo dưỡng (0%) dữ liệu thu thập được đều ở độ tuổi 28 ngày, nên có thể mức độ đóng góp vào mô hình chưa được chính xác.



Hình 6. Mức độ đóng góp các thông số đầu vào đến cường độ chịu nén của cọc xi măng đất

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tiến hành dự đoán cường độ chịu nén của cọc xi măng đất. Tổng cộng 342 kết quả thí nghiệm cường độ nén được thu thập với 8 thông số đầu vào khác nhau bao gồm: Tỷ lệ nước/xi măng, hàm lượng xi măng, tuổi bảo dưỡng, trọng lượng riêng, giới hạn chảy, giới hạn dẻo, chỉ số dẻo, loại xi măng được sử dụng, và biến đầu ra là cường độ nén. Ba mô hình học máy được phát triển để dự đoán cường độ chịu nén của cọc xi măng đất. Từ kết quả dự đoán các kết luận sau có thể được rút ra:

- Mô hình cây quyết định có khả năng dự đoán cường độ nén tốt trong giai đoạn huấn luyện với giá trị hệ số R là 0.973, giá trị R^2 là 0.948 và giá trị RMSE là 222.47 kPa.

- Mô hình cây quyết định dự đoán tương đối tốt hơn ở giai đoạn kiểm tra với hệ số R là 0.959, giá trị R^2 là 0.920 và giá trị RMSE là 264.35 kPa.

- Kết quả phân tích độ nhạy cho thấy loại xi măng, giới hạn dẻo, giới hạn chảy, hàm lượng xi măng, trọng lượng riêng có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ nén của cọc xi măng đất, ngược lại chỉ số dẻo có ảnh hưởng gần như không đáng kể và tuổi bảo dưỡng không ảnh hưởng tới cường độ nén.

- Tuy nhiên mô hình đề xuất vẫn còn hạn chế như số lượng dữ liệu còn hạn chế chỉ nằm ở 3 công trình huyện Bình Chánh, loại đất chủ yếu là bùn sét, bên cạnh đó số lượng mẫu thu thập được tuổi

bảo dưỡng không thay đổi (đều ở tuổi 28 ngày) nên có thể chưa phản ánh đúng với tầm quan trọng trong biến đầu vào.

- Các hướng nghiên cứu tương lai cần mở rộng thêm số lượng dữ liệu, bên cạnh đó bổ sung thêm các phương pháp học máy khác để tìm ra phương pháp hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Tuấn, G.T.N.V.T.-K.V.M., Cọc đất xi măng phương pháp gia cố nền đất yếu. 2014, Hà Nội NXB Xây dựng.
- Chian, S.C., S.T. Nguyen, and K.K. Phoon, Extended Strength Development Model of Cement-Treated Clay. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2016. **142**(2): p. 06015014.
- Yao, K., et al., Strength evaluation of marine clay stabilized by cementitious binder. *Marine Georesources & Geotechnology*, 2020. **38**(6): p. 730-743.
- Zhang, C., et al., Efficient machine learning method for evaluating compressive strength of cement stabilized soft soil. *Construction and Building Materials*, 2023. **392**: p. 131887.
- Trần Văn Quân, N.V.C., Ứng dụng mô hình học máy để dự đoán cường độ chịu nén hỗn hợp chất thải mỏ quặng gia cố bằng xi măng trong trường hợp khan hiếm dữ liệu, in *tapchixaydung*. 2023.
- ĐÔNG, P., T.P.T. BÌNH, and T.T.H. SƠN, Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong dự báo cường độ vật liệu xây dựng giao thông ở Việt Nam.

Mô hình trung tâm tiểu vùng các huyện ven đô Hà Nội trong định hướng phát triển không gian kinh tế, dịch vụ sau cải cách tinh gọn bộ máy bỏ cấp huyện

The sub-regional center model in Hanoi's peri-urban districts for spatial economic-service development post administrative reform: streamlining and district-level elimination

> TS TRẦN XUÂN HIẾU^{1*}, THS PHẠM THỊ ANH², PGS.TS PHẠM HÙNG CƯỜNG¹

¹Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE); *Email: hieutx@huce.edu.vn, cuongph@huce.edu.vn

²Viện Quy hoạch và Kiến trúc đô thị (UAI); Email: panh.nuce@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu mô hình tổ chức không gian kinh tế - dịch vụ tại các huyện ven đô Hà Nội trong bối cảnh cải cách hành chính theo hướng bỏ cấp huyện. Dựa trên phân tích thực trạng tại huyện Ứng Hòa và kế thừa lý thuyết trung tâm - vệ tinh, nghiên cứu đề xuất mô hình Trung tâm tiểu vùng (SRC) với cấu trúc ba lớp (lõi - vành đai - vùng đệm) nhằm giải quyết các vấn đề: (a) Khoảng trống trong điều phối liên xã; (b) Phân mảnh trong cung ứng dịch vụ công; (c) Phát triển không gian mang tính tự phát. Kết quả chỉ ra năm loại hình SRC tương ứng với đặc thù từng vùng, cùng một khung chính sách đồng bộ về quy hoạch đất đai, đầu tư và thể chế quản lý. Nghiên cứu góp phần quan trọng trong việc tái cấu trúc không gian phát triển vùng ven đô theo hướng tích hợp và bền vững.

Từ khóa: Trung tâm tiểu vùng, cải cách hành chính, tổ chức không gian, phát triển vùng ven đô, quy hoạch tích hợp.

ABSTRACT

This study examines the spatial organization model for economic-service development in Hanoi's peri-urban districts following the administrative reform that eliminates the district level. Focusing on Ung Hoa district and building upon central place theory, the research proposes a three-layer Sub-Regional Center (SRC) model (core - development belt - buffer zone) to address three key challenges: (a) inter-commune coordination gaps; (b) fragmentation of public services; and (c) spontaneous spatial development. The results identify five SRC typologies corresponding to regional characteristics, accompanied by a comprehensive policy framework for land use planning, investment, and governance mechanisms. The study makes significant contributions to restructuring peri-urban development spaces towards integration and sustainability.

Keywords: Sub-regional center, administrative reform, spatial organization, peri-urban development, integrated planning.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Bối cảnh nghiên cứu

Không gian vùng ven Hà Nội đang bước vào giai đoạn chuyển đổi quan trọng dưới tác động của cải cách hành chính, đặc biệt là chủ trương tinh giản bộ máy quản lý. Năm 2025, Chính phủ và UBND TP Hà Nội đã ban hành loạt văn bản định hình mô hình tổ chức hành chính theo hướng tinh gọn, giảm cấp trung gian và nâng cao hiệu quả quản trị. Đáng chú ý, Quyết định 759/QĐ-TTg ngày 14/4/2025 phê duyệt Đề án tổ chức lại đơn vị hành chính theo mô hình hai cấp (tỉnh - xã), thay thế hệ thống ba cấp truyền thống. Tiếp nối, Nghị quyết 19/NQ-HĐND ngày 29/4/2025 của HĐND TP Hà Nội đã thông qua việc sắp xếp đơn vị hành chính cấp xã, mở đường cho tái cấu trúc không gian hành chính - kinh tế của Thủ đô. [8] [2]

Cải cách hành chính theo hướng bỏ cấp huyện đặt ra yêu cầu tái cấu trúc không gian phát triển, đặc biệt ở vùng ven đô - nơi các mối liên kết, liên xã và dịch vụ xã hội phụ thuộc vào cấp trung gian này. Mô hình hiện tại bộc lộ hạn chế: trung tâm huyện (thị trấn loại IV-V) chỉ phục vụ hiệu quả trong bán kính 5-7 km, trong khi các xã xa hơn (10-15 km) gặp khó khăn trong cận hạ tầng. Đồng thời, các trung tâm xã hiện nay có quy mô nhỏ, chưa đủ năng lực để đảm nhận vai trò hạt nhân phát triển thay thế cấp huyện.

Bên cạnh đó, các cụm dịch vụ - kinh tế hỗn hợp tự phát đang hình thành dọc trục giao thông, gần khu công nghiệp hoặc điểm du lịch. Dù chưa được quy hoạch, chúng hoạt động như trung tâm tiểu vùng "phi chính thức", thu hút dân cư và thể hiện khả năng tích hợp vượt trội so với trung tâm hành chính truyền thống. Vấn đề đặt ra là

làm thế nào để chính thức hóa các cụm này vào tổ chức không gian vùng ven đô.

Thực tiễn cho thấy cấu trúc không gian dựa trên cấp hành chính hiện hành không còn phù hợp trong bối cảnh sáp nhập và cắt giảm cấp huyện. Việc thiết lập mô hình trung tâm tiểu vùng SRC, với năng lực điều phối liên xã và tích hợp các chức năng dịch vụ, sản xuất, cư trú, trở thành giải pháp thiết yếu cho tái cấu trúc không gian vùng ven Hà Nội.

Nghiên cứu đề xuất mô hình SRC (gồm lõi - vành đai - vùng đệm) như một cấu trúc thay thế vai trò điều phối của cấp huyện, trên cơ sở phân tích trường hợp điển hình tại huyện Ứng Hòa. Mô hình này đề cao tính đa chức năng, kết nối liên xã và khả năng thích ứng với quản trị tinh gọn, hướng đến phát triển bền vững cho vùng ven đô và các khu vực tương đồng.

1.2. Mục tiêu nghiên cứu

Xây dựng hệ thống luận cứ khoa học và thực tiễn nhằm đề xuất mô hình SRC thay thế vai trò trung gian điều phối không gian của cấp huyện trong bối cảnh cải cách hành chính tinh gọn tại Hà Nội. Cụ thể:

- Phân tích khoảng trống chức năng và tổ chức không gian sau khi xóa bỏ cấp huyện;
- Đề xuất nguyên tắc quy hoạch, tiêu chí phân loại và mô hình quản trị phù hợp với đặc điểm đô thị - nông thôn mới;
- Thiết kế cấu trúc không gian SRC tích hợp ba lớp: kinh tế - dịch vụ - dân cư;
- Xác định công cụ chính sách và cơ chế khuyến khích đầu tư để vận hành mô hình hiệu quả.

1.3. Câu hỏi nghiên cứu

Làm thế nào để tổ chức không gian kinh tế - dịch vụ hiệu quả sau khi bỏ cấp huyện?

Tiêu chí nào xác định SRC khả thi?

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý luận

Khái niệm SRC trong nghiên cứu được phát triển từ ba nhóm lý thuyết chính:

- Lý thuyết trung tâm - vệ tinh (Christaller, 1933): Nhấn mạnh cấu trúc phân cấp trung tâm dịch vụ, tối ưu hóa phục vụ và chi phí tiếp cận. SRC được định vị là cấp trung gian giữa xã và đô thị, đáp ứng nhu cầu liên xã hiệu quả [11].

- Lý thuyết cực tăng trưởng (Perroux, 1955): Phát triển tập trung quanh các cực có doanh nghiệp động lực và hạ tầng then chốt. SRC có thể thay thế vai trò điều phối của cấp huyện, tạo động lực lan tỏa tại vùng ven đô [1].

- Tiếp cận phát triển vùng mới (Keating, 1998): Đề cao các vùng chức năng dựa trên liên kết thực tế (kinh tế, lao động, hạ tầng), vượt qua giới hạn hành chính. Đây là cơ sở để quy hoạch SRC như đơn vị chức năng liên xã phù hợp với thực tiễn phát triển hiện nay [3].

Tổng hợp ba lý thuyết giúp định hình SRC như một cấu trúc không gian - thể chế trung gian, linh hoạt thích ứng với quá trình đô thị hóa và cải cách hành chính tại Hà Nội.

2.2. Đặc điểm chức năng của trung tâm tiểu vùng

Các SRC cần đáp ứng một số tiêu chí cơ bản về quy mô và chức năng:

- Dân số phục vụ khoảng 30.000-50.000 người, tương đương phạm vi liên xã, đủ lớn để vận hành các dịch vụ công có hiệu quả nhưng vẫn gắn gũi về không gian - xã hội [7].
- Cấu trúc chức năng tích hợp, gồm [4]:
 - + Sản xuất (công nghiệp, nông nghiệp công nghệ cao, làng nghề, logistics nông sản);
 - + Dịch vụ hành chính;

+ Giáo dục - y tế (trường tư thục, phòng khám, bệnh viện đa khoa...);

+ Thương mại - tài chính;

+ Nhà ở tập trung cho lao động;

+ Không gian công cộng và văn hóa cộng đồng.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Thực trạng quy hoạch trung tâm tiểu vùng ven đô

a. Tổng quan:

Trong các đồ án quy hoạch trước đây trên địa bàn TP Hà Nội, đã bước đầu đề xuất mô hình phát triển không gian liên xã, như "Cụm đổi mới" (Ứng Hòa) hay "Trung tâm cụm xã" (Phú Xuyên). Tuy nhiên, các mô hình này chưa được triển khai hiệu quả do gặp rào cản về hạ tầng, thể chế và thiếu động lực phát triển thực tiễn [10].

b. Trường hợp huyện Ứng Hòa: Quy hoạch các cụm đổi mới và thực tiễn phát triển:



Hình 1. Quy hoạch cụm đổi mới tại huyện Ứng Hòa năm 2014

Quy hoạch huyện Ứng Hòa (2014) thí điểm ba cụm đổi mới (Hòa Nam, Quán Tròn, Khu Cháy) nhằm phát triển dịch vụ-sản xuất liên xã, song thất bại do bốn nguyên nhân chính [9]: (1) vị trí không gắn với trục kinh tế động lực (ví dụ: cụm Hòa Nam cách biệt Quốc lộ 21B); (2) thiếu tích hợp chức năng dân cư-dịch vụ; (3) hạn chế trong tích tụ đất và cơ chế đầu tư; (4) không có cơ chế điều phối liên xã. Hệ quả là các cụm tồn tại trên giấy, trong khi khu vực phát triển tự phát lại hiệu quả hơn nhờ: (i) định vị gần hành lang kinh tế, (ii) đáp ứng nhu cầu thị trường, và (iii) phù hợp với dòng di chuyển thực tế.

c. Phát triển tự phát và khoảng trống thể chế:

Nhiều huyện ven đô Hà Nội (Thạch Thất, Hoài Đức, Phú Xuyên, Mỹ Đức) đã hình thành các cụm dịch vụ-sản xuất tự phát mang đặc điểm tiểu vùng rõ rệt. Các cụm này thường phát triển quanh các nút giao thông chính, khu công nghiệp hoặc làng nghề, điển hình như:

- Khu vực dọc Đại lộ Thăng Long (Hoài Đức) gần An Khánh với các showroom, bãi xe tải, kho hàng, nhà hàng... dù không nằm trong quy hoạch trung tâm cụm xã.
- Tuyến tỉnh lộ 419 qua các xã Hữu Bằng, Bình Phú, Phùng Xá (Thạch Thất) phát triển mạnh cả công nghiệp làng nghề và dịch vụ logistics - thương mại.



Hình 2. Các khu vực dịch vụ dọc đường gom Đại lộ Thăng Long (Hoài Đức) gần Khu đô thị An Khánh



Ngân hàng

Trường tư thục



Showroom nội thất

Nhà sách, khu vui chơi trẻ em

Hình 3. Các khu vực dịch vụ dọc đường tỉnh lộ 419 đoạn qua các xã Hữu Bằng, Bình Phú, Phùng Xá (Thạch Thất)

- Tại xã Hòa Xá (Ứng Hòa) - khu vực nằm cạnh thị trấn Đại Nghĩa của huyện Mỹ Đức - hình thành tổ hợp dịch vụ dù không nằm trong quy hoạch.



Hình 4. Khu dịch vụ phát triển kinh tế dọc trục đường DT76 tại xã Hòa Xá (Ứng Hòa)

Khu vực lân cận các KCN và cụm công nghiệp làng nghề như KCN Thạch Thất-Quốc Oai, cụm CN Phú Túc đã hình thành hệ thống dịch vụ hỗ trợ đa dạng (ngân hàng, logistics, giáo dục).

Thực tế này phản ánh tiềm năng phát triển các SRC tự phát, song sự thiếu vắng khung thể chế đồng bộ đã tạo khoảng cách đáng kể giữa quy hoạch và phát triển thực tế.

d. Hạn chế:

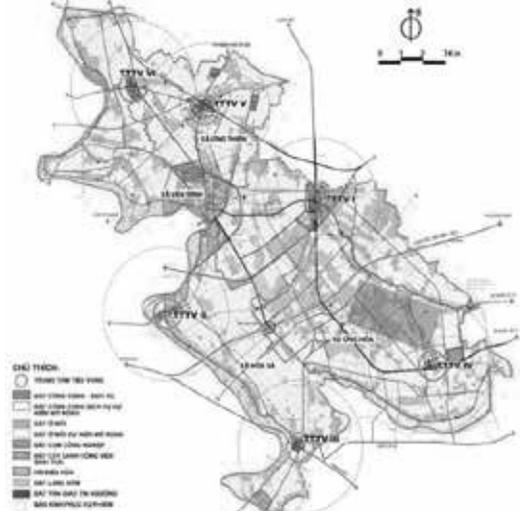
Sự hình thành các không gian dịch vụ - sản xuất tự phát nêu trên, tuy đáp ứng nhu cầu thực tế và có giá trị kinh tế - xã hội rõ rệt, nhưng đang bộc lộ nhiều hạn chế do thiếu khung thể chế và quy hoạch đồng bộ, bao gồm:

- Thiếu quy hoạch sử dụng đất liên xã, phát triển còn manh mún;
- Thiếu cơ chế điều phối liên xã, dẫn đến chia cắt đầu tư - dịch vụ;
- Rào cản chuyển đổi đất đai, đặc biệt khu vực thuộc ranh giới xã;
- Hạ tầng công cộng không theo kịp phát triển, ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và chất lượng sống.

3.2. Thách thức sau bỏ cấp huyện

Mô hình hành chính hai cấp (tỉnh-xã) khi thiếu cơ chế điều phối thay thế cấp huyện sẽ gây ra năm thách thức chính: (1) Đứt gãy liên kết vùng do mất đầu mối điều phối trung gian, dẫn đến phát triển không đồng đều giữa các xã; (2) Giảm hiệu quả tích hợp hệ thống hạ tầng, lao động và dịch vụ nông thôn-đô thị; (3) Quy hoạch phân mảnh do thiếu chiến lược tổng thể, gây lãng phí nguồn lực; (4) Giảm sức hút đầu tư do rào cản thủ tục hành chính cấp tỉnh và thiếu thông tin từ địa bàn cấp xã; (5) Gia tăng bất bình đẳng dịch vụ, khi các xã có lợi thế phát triển nhanh trong khi xã nghèo tài nguyên bị bỏ lại, dẫn đến phân hóa không gian và áp lực di cư.

3.3. Mô hình SRC



Hình 5. Sơ đồ SRC trong quy hoạch chung



Hình 6. Sơ đồ liên kết giữa các SRC

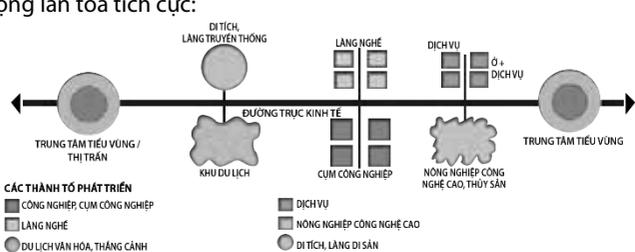
a. Nguyên tắc

- Tích hợp đa chức năng: Kết hợp dịch vụ công, sản xuất, thương mại, logistics, dân cư... đảm bảo tạo ra chuỗi giá trị và việc làm tại chỗ.
 - Gắn kết hạ tầng vùng: Liên thông với quốc lộ, tỉnh lộ, cụm công nghiệp - đô thị.
 - Linh hoạt theo địa phương: Quy mô, cấu trúc tùy vào địa hình, dân số, tiềm năng vùng, tránh áp đặt cứng nhắc một mô hình khung duy nhất.
 - Hợp tác quản lý: Vận hành theo mô hình liên kết UBND xã hoặc đơn vị ủy quyền của tỉnh.
- b. Cấu trúc không gian**

TT	SRC	Chức năng chính	Định hướng sử dụng đất	Sơ đồ định hướng phát triển
3	SRC 3 (xã Hòa Xá)	Ở - dịch vụ thương mại - du lịch, nghỉ dưỡng	- Đất ở mới (Nhà ở kết hợp dịch vụ, Tuyến phố DVĐL chùa Hương); - Thương mại, dịch vụ (DVSX nông nghiệp, tiểu thủ công nghiệp; TTTM, vui chơi giải trí; Dịch vụ ngân hàng, tín dụng; TTDV du lịch chùa Hương, trung tâm OCOP) - Văn hóa, TDDT - Đất HTKT (Bãi để xe) - Đất dự trữ phát triển	
4	SRC 4 (xã Ứng Hòa)	Sản xuất nông nghiệp - công nghiệp - dịch vụ	A- Khu dân cư, dịch vụ - Đất ở mới (Nhà ở kết hợp dịch vụ) - Thương mại, dịch vụ (Dịch vụ sản xuất nông nghiệp, tiểu thủ công nghiệp; TTTM, vui chơi giải trí; Chợ đầu mối) - Văn hóa, thể dục thể thao B- Cụm công nghiệp	
5	SRC 5 (xã Ứng Thiên)	Sản xuất công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp - làng nghề du lịch - dịch vụ	- Đất ở mới; - Thương mại, dịch vụ (Dịch vụ sản xuất nông nghiệp, tiểu thủ công nghiệp; Trung tâm OCOP; Trung tâm thương mại, vui chơi giải trí; Trung tâm dịch vụ du lịch) - Văn hóa, TDDT - Đất HTKT (Bãi để xe) - Đất dự trữ phát triển	
6	SRC 6 (xã vãn Đình & Ứng Thiên)	Sản xuất nông nghiệp - công nghiệp - dịch vụ	A- Khu dân cư, dịch vụ - Đất ở mới (Nhà ở, nhà ở liên kế kết hợp dịch vụ); - Thương mại, dịch vụ (Dịch vụ sản xuất nông nghiệp, tiểu thủ công nghiệp; Trung tâm thương mại, vui chơi giải trí; Chợ đầu mối nông sản) - Văn hóa, TDDT - Đất HTKT (Bãi để xe) B- Cụm công nghiệp	

e. Tác động của các SRC

Việc hình thành và vận hành mô hình SRC sẽ tạo ra chuỗi tác động lan tỏa tích cực:



Hình 9. Trục phát triển kinh tế giữa các SRC

- Tạo việc làm tại chỗ: Nhờ phát triển tổ hợp đa chức năng (dịch vụ - sản xuất - thương mại), người dân có thể tiếp cận nhiều cơ hội việc làm mà không cần rời làng.

- Giảm di cư bất lợi: Với việc tích hợp dịch vụ giáo dục - y tế - văn hóa - giải trí, SRC giúp giữ chân lực lượng lao động trẻ, giảm áp lực di cư lên thành phố lớn.

- Tăng thu ngân sách xã: Các hoạt động sản xuất - kinh doanh - dịch vụ tạo ra nguồn thu từ đất, thuế và phí dịch vụ, giúp các xã tăng tính chủ động tài chính.

3.4. Khung chính sách và cơ chế đầu tư phát triển SRC

Để SRC trở thành động lực bền vững thay thế vai trò cấp huyện sau cải cách, cần khung chính sách toàn diện từ pháp lý, đầu tư, hạ tầng đến thể chế quản trị và giám sát, bao gồm 6 nhóm chính:

a. Đất đai: Nền tảng chuyển đổi không gian phát triển

Việc sử dụng và chuyển đổi đất đai là điều kiện tiên quyết để hình thành các SRC có cấu trúc tích hợp và linh hoạt. Do đó, cần:

- Pháp lý cho quy hoạch hỗn hợp: Kiến nghị sửa đổi, bổ sung trong Luật Đất đai, Luật Quy hoạch, cho phép tích hợp đất ở -

thương mại - dịch vụ - sản xuất thay vì chia cắt cứng nhắc như hiện nay. [5] [6]

- Đơn giản hóa quy trình chuyển đổi mục đích sử dụng đất: Áp dụng cơ chế “một cửa” ở cấp tỉnh hoặc liên xã để rút ngắn thủ tục tại các vị trí được quy hoạch phát triển trung tâm.

- Tăng vai trò hợp tác xã (HTX) và hợp tác công - tư: Khuyến khích thành lập HTX đất liền xã, đầu thầu hoặc hợp tác với doanh nghiệp nhỏ - vừa.

b. Đầu tư - tài chính: Linh hoạt và chia sẻ rủi ro

Nguồn lực cho trung tâm tiểu vùng không nên phụ thuộc hoàn toàn vào ngân sách nhà nước, mà cần kết hợp nhiều nguồn lực đa dạng:

- Ngân sách nhà nước ưu tiên đầu tư ban đầu: Dành vốn từ Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới, chương trình phát triển kinh tế vùng, vốn sự nghiệp ngành... để xây dựng hạ tầng thiết yếu (đường, điện, nước, nhà văn hóa...).

- PPP quy mô nhỏ - vừa: Ban hành hướng dẫn riêng cho mô hình hợp tác công - tư phù hợp với quy mô nông thôn, cho phép xã - liên xã ký kết các hợp đồng với doanh nghiệp địa phương trong lĩnh vực giáo dục, logistics, xử lý nước thải, bãi đỗ xe, dịch vụ đời sống...

- Quỹ tín dụng hỗ trợ khu vực dịch vụ nông thôn: Thiết lập hoặc tăng vốn cho các quỹ hỗ trợ khởi nghiệp, quỹ tín dụng vi mô cho HTX, hộ kinh doanh trong khu vực SRC, ưu tiên các dự án đầu tư vào ngành nghề truyền thống, nông nghiệp ứng dụng công nghệ, dịch vụ du lịch cộng đồng.

c. Hạ tầng - kết nối: Nâng cấp đồng bộ và hướng tới số hóa

Để SRC phát huy hiệu quả, không thể thiếu hạ tầng kỹ thuật và số hóa đồng bộ:

- Đầu tư mạng lưới đường liên xã: Ưu tiên nâng cấp, mở rộng các tuyến đường kết nối liên xã đến SRC, đặc biệt là các tuyến xuyên qua các cụm dân cư - dịch vụ - sản xuất đang tự phát phát triển.

- Đảm bảo hạ tầng cấp điện, nước sạch, thoát nước, xử lý rác: Áp dụng công nghệ quy mô nhỏ, tiết kiệm năng lượng, phù hợp điều kiện vùng ven đô và vùng núi.

- Số hóa hạ tầng quản lý: Đầu tư các nền tảng quản lý số, áp dụng bản đồ số, hành chính công liên xã, dữ liệu dân cư - lao động vùng..

d. Thể chế quản trị: Xây dựng cấp quản lý tiểu vùng linh hoạt

Vì SRC vượt cấp xã và không có cấp hành chính riêng, cần có thể chế quản lý linh hoạt nhưng đủ quyền lực:

- Thành lập Ban phát triển tiểu vùng: Đơn vị điều phối quy hoạch, đầu tư liên xã, được UBND tỉnh phê duyệt.

- Ủy quyền cho cấp tiểu vùng quản lý đất đai - đầu tư - dịch vụ: Quản lý đất công, ký hợp đồng PPP trong phạm vi tiểu vùng.

- Đào tạo - nâng cao năng lực cán bộ cấp xã: Đào tạo cán bộ xã về quy hoạch, đầu tư, dịch vụ số.

e. Tích hợp pháp lý

Việc ghi nhận rõ mô hình SRC trong hệ thống pháp lý sẽ tạo cơ sở cho triển khai bền vững:

- Ghi nhận mô hình trong Luật Đất đai, Luật Quy hoạch, Luật Xây dựng: Đưa SRC vào Luật Đất đai, Luật Quy hoạch như một không gian chức năng đặc thù.

- Tích hợp vào quy hoạch tỉnh - thành phố: Xác lập SRC là điểm phát triển ưu tiên, được định hướng đầu tư.

- Hỗ trợ lập quy hoạch tích hợp liên xã: Có hướng dẫn kỹ thuật và ngân sách để hỗ trợ các xã liên danh lập quy hoạch chung cho SRC, thay vì mỗi xã lập riêng lẻ.

g. Giám sát - đánh giá

Để mô hình vận hành hiệu quả và đúng định hướng, cần có cơ chế giám sát liên tục và công khai:

- Xây dựng Bộ chỉ số hiệu quả SRC: Đo lường hiệu quả dịch vụ, việc làm, kết nối, chất lượng sống, hợp tác xã - tư nhân.

- Ứng dụng nền tảng số minh bạch hóa dữ liệu: Thiết lập cổng thông tin tiểu vùng, công khai quy hoạch, đầu tư đất - đai- dịch vụ - ngân sách liên xã, cho phép người dân và doanh nghiệp giám sát - phản hồi.

4. KẾT LUẬN

Việc xóa bỏ cấp huyện trong tiến trình cải cách hành chính đặt ra nhiều thách thức về quản lý không gian, nhất là tại khu vực nông thôn và ven đô. Nếu không được tổ chức lại một cách hợp lý, quá trình này có thể dẫn tới sự phân mảnh trong cung ứng dịch vụ công, gia tăng bất bình đẳng giữa các vùng và suy giảm hiệu quả phát triển kinh tế - xã hội. Tuy nhiên, đây cũng là một cơ hội quan trọng để tái cấu trúc không gian vùng theo hướng tích hợp, bền vững và thích ứng với bối cảnh đô thị hóa.

Nghiên cứu này đã hệ thống hóa cơ sở lý luận, đánh giá thực trạng các mô hình quy hoạch liên xã tại Hà Nội, đồng thời đề xuất một mô hình khả thi - trung tâm tiểu vùng (Sub-Regional Center - SRC) - nhằm cung cấp dịch vụ và hạ tầng ở cấp độ liên xã, thay thế cho vai trò điều phối hiện nay của cấp huyện. Mô hình SRC không chỉ góp phần nâng cao chất lượng dịch vụ và hiệu quả đầu tư, mà còn là công cụ quan trọng để tổ chức phát triển kinh tế vùng ven đô một cách có định hướng. Để triển khai mô hình SRC một cách hiệu quả, cần thiết phải:

- Thừa nhận pháp lý rõ ràng trong các cấp quy hoạch và khung thể chế quản lý nhà nước;

- Có cơ chế hỗ trợ đầu tư và tài chính đặc thù cho phát triển hạ tầng và dịch vụ liên xã;

- Thí điểm tại các khu vực có điều kiện thuận lợi, sau đó tổng kết, nhân rộng và điều chỉnh phù hợp với từng loại hình vùng.

Mô hình SRC là một hướng tiếp cận mới giúp Hà Nội và các địa phương chuyển từ tư duy quản lý nông thôn phân tán sang mô hình quản trị vùng tích hợp, hiệu quả hơn trong bối cảnh chuyển đổi thể chế và gia tăng tính liên kết vùng trong phát triển không gian.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. F. Perroux, “Note sur la notion de pôle de croissance”, *Économie Appliquée*, vol 8, số p.h 1-2, tr 307-320, 1955.

[2]. HĐND TP Hà Nội, “Nghị quyết số 19/NQ-HĐND ngày 29/4/2025 ban hành về việc tán thành chủ trương sắp xếp đơn vị hành chính cấp xã của TP Hà Nội”. 2025.

[3]. M. Keating, *The New Regionalism in Western Europe: Territorial Restructuring and Political Change*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 1998.

[4]. OECD, *Rural Policy Reviews: China*. trong *Rural Policy Reviews*. Paris, France: OECD Publishing, 2021.

[5]. Quốc hội, “Luật Quy hoạch số 21/2017/QH14 ngày 24/11/2017”. 2017.

[6]. Quốc hội, “Luật Đất đai số 31/2024/QH15 ngày 18/01/2024”. 2024.

[7]. The World Bank, “Vietnam Urbanization Review: Technical Assistance Report”. 2020.

[8]. Thủ tướng Chính phủ, “Quyết định số 759/QĐ-TTg ngày 14/4/2025 phê duyệt Đề án sắp xếp, tổ chức lại đơn vị hành chính các cấp và xây dựng mô hình tổ chức chính quyền địa phương 02 cấp”. 2025.

[9]. UBND TP Hà Nội, “Quyết định số 5325/QĐ-UBND ngày 16/10/2014 về việc phê duyệt Quy hoạch chung xây dựng huyện Ứng Hòa, tỷ lệ 1/10.000”. 2014.

[10]. UBND TP Hà Nội, “Văn bản số 871/QHKT-TCT ngày 08/03/2022 về việc hướng dẫn quy hoạch khu vực hỗ trợ phát triển kinh tế nông thôn”. 2022.

[11]. W. Christaller, *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Gustav Fischer, 1933.

Từ Nghị quyết 68-NQ/TW đến đề án kinh tế ban đêm: Không gian tăng trưởng mới cho kinh tế đô thị Việt Nam

From the politburo's resolution 68-NQ/TW to Vietnam's night-time economy scheme: Unlocking new growth space for urban development

> THS NGUYỄN CÔNG DŨNG

Viện Quản lý xây dựng và Đô thị - Học viện Chiến lược bồi dưỡng cán bộ xây dựng
Email: nguyendung.amc@gmail.com

TÓM TẮT

Bài viết trình bày và phân tích các cơ sở thực tiễn, cơ sở pháp lý liên quan đến phát triển kinh tế ban đêm. Trong đó, bài viết làm rõ mối liên hệ giữa Nghị quyết số 68-NQ/TW năm 2025 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân (Nghị quyết số 68) với Đề án phát triển kinh tế ban đêm được ban hành theo Quyết định số 1129/QĐ-TTg năm 2020 (Quyết định số 1129). Trên cơ sở tổng hợp lý luận và kinh nghiệm quốc tế, bài viết nhấn mạnh vai trò của khu vực tư nhân như một động lực đổi mới trong quá trình phát triển đô thị. Đồng thời, kinh tế ban đêm được xác định là một không gian phát triển đô thị mới, có tiềm năng tạo việc làm, thúc đẩy tiêu dùng và nâng cao hiệu quả sử dụng hạ tầng đô thị. Với định hướng cải cách thể chế, khuyến khích mô hình kinh doanh mới và thử nghiệm khung pháp lý linh hoạt (sandbox), Nghị quyết số 68 đã mở ra hành lang chính sách thuận lợi cho sự phát triển của các mô hình kinh tế linh hoạt như kinh tế ban đêm.

Bài viết cũng phân tích những cơ hội và thách thức mà Nghị quyết số 68 đặt ra đối với quá trình phát triển kinh tế ban đêm tại Việt Nam. Từ đó, đề xuất một khung chính sách và mô hình quản trị hợp tác giữa chính quyền, doanh nghiệp và cộng đồng, nhằm thúc đẩy tăng trưởng đô thị theo hướng bền vững và sáng tạo.

Từ khoá: Kinh tế ban đêm, tăng trưởng đô thị, Nghị quyết số 68-NQ/TW, quyết định số 1129/QĐ-TTg, khu vực tư nhân, đổi mới đô thị, khung thử nghiệm chính sách, hợp tác nhà nước - tư nhân - cộng đồng, cải cách thể chế, phát triển bền vững.

ABSTRACT

This article analyzes the connection between the Politburo's Resolution No. 68-NQ/TW (2025) on private sector development (Resolution 68) and the National Night-time Economy Development Scheme under Decision No. 1129/QĐ-TTg (2020) (Decision 1129). Based on a synthesis of theoretical frameworks and international experiences, the paper clarifies the role of the private sector as a driver of urban innovation, and identifies the night-time economy as a new urban growth space with potential to generate employment, stimulate consumption, and enhance infrastructure efficiency. Resolution 68, with its orientation toward institutional reform, encouragement of new business models, and application of legal experimentation frameworks (sandbox), has opened a favorable policy corridor for the development of flexible economic models such as the night-time economy. Furthermore, the article explores the opportunities and challenges that Resolution 68 presents for advancing the night-time economy in Vietnam and proposes an integrated policy framework and a collaborative urban governance model involving government, businesses, and communities to promote sustainable and creative urban growth.

Keywords: Night-time economy, urban growth, resolution No. 68-NQ/TW, decision No. 1129/QĐ-TTg, private sector, urban innovation, policy sandbox, public-private-community collaboration, institutional reform, sustainable development.

1. MỞ ĐẦU

Năm 2020, Chính phủ đã phê duyệt Đề án phát triển kinh tế ban đêm tại Việt Nam theo Quyết định số 1129/QĐ-TTg ngày 21/7/2020 (Quyết định số 129). Lần đầu tiên, khái niệm "Kinh tế ban đêm" được đưa vào hệ thống chính sách quốc gia nhằm tận dụng tiềm năng

dịch vụ, văn hóa, giải trí và du lịch về đêm để thúc đẩy tiêu dùng, tạo sinh kế mới và nâng cao sức sống đô thị. Tuy nhiên, ngay sau thời điểm Đề án được phê duyệt, đại dịch COVID-19 bùng phát, tạo ra sự gián đoạn lớn đến toàn bộ nền kinh tế, đặc biệt là khu vực dịch vụ - vốn là lĩnh vực trọng điểm của kinh tế ban đêm.

Sau giai đoạn giãn cách, nền kinh tế bước vào quá trình phục hồi nhưng với nhiều biến động và thách thức. Năm 2021, GDP Việt Nam chỉ tăng 2,58% - mức thấp nhất trong nhiều năm; riêng doanh thu lĩnh hành giảm tới 58,7% so với 2020 (Tổng cục Thống kê, 2022). Mặc dù sản xuất và xuất khẩu có phục hồi, nhưng nhiều ngành nghề như bán lẻ truyền thống, chợ dân sinh, dịch vụ ăn uống và giải trí vẫn đối mặt với khó khăn do thay đổi hành vi tiêu dùng và cạnh tranh từ kinh tế số. Các đô thị - nơi đóng góp hơn 70% GDP cả nước, ngày càng giữ vai trò trung tâm trong định hướng tăng trưởng và đổi mới mô hình phát triển. Tại đây, các mô hình như kinh tế số, kinh tế chia sẻ, kinh tế ban đêm đang thúc đẩy chuyển dịch từ quản lý hành chính sang tổ chức không gian theo nhịp thời gian linh hoạt và sáng tạo.

Tuy nhiên, quá trình chuyển đổi này đang gặp nhiều thách thức như: Già hóa dân số; Khả năng theo kịp với chuỗi giá trị toàn cầu; Áp lực về nguồn lực đầu tư hạ tầng và Ứng phó biến đổi khí hậu, vv... Các yếu tố này đòi hỏi cần có một hành lang thể chế đổi mới, linh hoạt và thích ứng. Trong bối cảnh đó, Nghị quyết số 68 được xem là một chính sách quan trọng, củng cố nền tảng chiến lược cho phát triển khu vực tư nhân, trong đó bao gồm cả các mô hình kinh tế mới như kinh tế ban đêm.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ BÀI HỌC KINH NGHIỆM

2.1. Khu vực tư nhân là động lực đổi mới trong phát triển đô thị

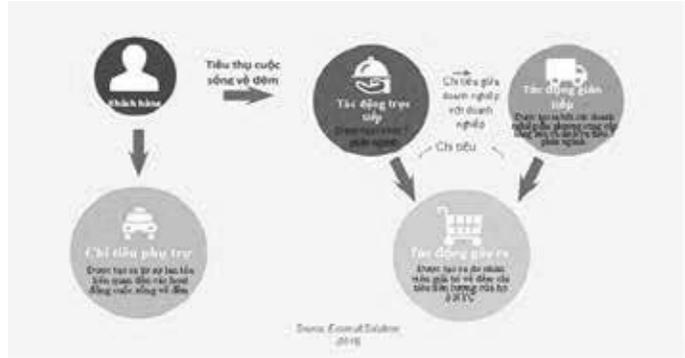
Trong bối cảnh đô thị hóa sâu rộng và quá trình chuyển đổi mô hình tăng trưởng, khu vực tư nhân đang ngày càng đóng vai trò trọng yếu trong đổi mới phát triển đô thị. Không chỉ là chủ thể sản xuất và đầu tư, khu vực này còn tham gia tích cực vào việc định hình các mô hình kinh tế mới, từ kinh tế số, kinh tế chia sẻ đến kinh tế ban đêm, qua đó mở rộng không gian tăng trưởng, phát huy bản sắc và gia tăng năng lực cạnh tranh cho đô thị.

Báo cáo "Thành phố cạnh tranh - Mô hình kinh doanh mới trong phát triển không gian" của OECD (2007) đã nêu rõ rằng các thành phố hiện đại cần chuyển từ mô hình "quản lý hành chính" sang cách tiếp cận dựa trên động lực thị trường và năng lực điều phối liên ngành. Trong bối cảnh đó, chính quyền đô thị không còn chỉ đảm nhận vai trò điều hành kỹ thuật, mà cần trở thành chủ thể định hướng chiến lược, tạo điều kiện để khu vực tư nhân tham gia vào quá trình tái cấu trúc không gian, cung cấp dịch vụ sáng tạo và thử nghiệm các mô hình phát triển linh hoạt.

Quan điểm này được phát triển sâu hơn trong tác phẩm *Chiến thắng của đô thị* của Edward Glaeser (2019), khi ông cho rằng bản chất của đô thị không nằm ở hạ tầng vật chất, mà ở khả năng quy tụ con người, chính yếu tố con người, đặc biệt là sự năng động và sáng tạo từ khu vực tư nhân, mới là nguồn lực cốt lõi tạo nên sự thịnh vượng và sức sống lâu dài của thành phố.

Một góc nhìn tương đồng cũng được thể hiện trong bài viết "Phát triển kinh tế tư nhân - Đòn bẩy cho một Việt Nam thịnh vượng" của Tổng Bí thư Tô Lâm (2025), trong đó nhấn mạnh rằng phát triển kinh tế tư nhân là yêu cầu khách quan của nền kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa. Bài viết đồng thời đề cập vai trò của khu vực tư nhân không chỉ trong hoạt động sản xuất mà còn trong thúc đẩy đổi mới mô hình kinh doanh, ứng dụng công nghệ và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia.

Trong lĩnh vực kinh tế ban đêm ở đô thị, vai trò của khu vực tư nhân được thể hiện rõ nét, khi phần lớn các hoạt động dịch vụ, giải trí, ẩm thực và trải nghiệm đô thị trong khung thời gian hoạt động ban đêm đều do doanh nghiệp tư nhân tổ chức, đầu tư và vận hành. Những hoạt động này không chỉ tạo ra giá trị kinh tế, việc làm và tiêu dùng, mà còn góp phần xây dựng thương hiệu đô thị, quảng bá và phát huy bản sắc văn hóa, đồng thời thúc đẩy hình thành các đô thị sáng tạo, phù hợp với xu hướng phát triển bền vững và đa trung tâm trong bối cảnh toàn cầu hóa.



Hình 1. Các yếu tố tác động kinh tế từ cuộc sống về đêm của thành phố New York *Nguồn: The Economic Impact of NYC's Nightlife Industry*

2.2. Kinh tế ban đêm và không gian phát triển đô thị mới

Kinh tế ban đêm đang ngày càng được nhìn nhận như một cấu phần quan trọng trong cấu trúc kinh tế đô thị hiện đại, với khả năng đóng góp vào tăng trưởng toàn diện, tạo việc làm mới, tăng sức hấp dẫn không gian và thúc đẩy đổi mới văn hóa - xã hội. Không chỉ dừng lại ở các hoạt động giải trí, ẩm thực hay tiêu dùng kéo dài sau 18h, kinh tế ban đêm còn mở rộng ra các lĩnh vực như nghệ thuật biểu diễn, sáng tạo số, du lịch trải nghiệm, dịch vụ y tế - giáo dục linh hoạt và các nền tảng kinh tế chia sẻ theo thời gian thực.

Theo Báo cáo của OECD và Ủy ban châu Âu (2020), việc đánh giá các tiềm năng không gian cho phát triển đô thị hiện đại không nên tiếp tục dựa vào địa giới hành chính thuần túy, mà cần dựa trên các vùng đô thị chức năng (Functional Urban Areas - FUA) và mức độ đô thị hóa (Degree of Urbanisation - DoU) - những khái niệm cho phép xác định chính xác hơn các không gian hoạt động thực tế của cư dân, bao gồm cả hành vi di chuyển, chu kỳ lao động và mức độ kết nối hạ tầng. Trong cách tiếp cận này, các hoạt động kinh tế ban đêm có thể được tích hợp vào vùng chức năng đô thị không theo ranh giới truyền thống, mà dựa trên mật độ tương tác và nhu cầu dịch vụ ngoài giờ tiêu chuẩn.

Việc phát triển kinh tế ban đêm đòi hỏi phải chuyển đổi từ tư duy quản lý theo giờ hành chính sang tư duy quy hoạch và thiết kế đô thị dựa trên nhịp sống đô thị đa dạng và linh hoạt. Không gian đô thị về đêm cần được tổ chức như một thành phần chức năng độc lập, vừa bảo đảm các yếu tố cơ bản như an ninh, giao thông, chiếu sáng, vừa thúc đẩy tính sáng tạo, tương tác xã hội và mở rộng giá trị sử dụng. Đây là bước chuyển cần thiết để tích hợp kinh tế ban đêm vào chiến lược phát triển đô thị một cách bền vững và có định hướng.

Kinh tế ban đêm đóng vai trò như cơ chế tái cấu trúc không gian đô thị theo hướng linh hoạt và thích ứng hơn, đặc biệt trong các khu vực trung tâm cũ, các khu vực tái thiết, các không gian công cộng, hoặc các khu vực có tiềm năng văn hóa chưa được khai thác đầy đủ... Đây cũng là cơ hội để phát huy và quảng bá bản sắc đô thị trong không gian ban đêm, góp phần định vị hình ảnh đô thị trong cạnh tranh toàn cầu.

Ngoài ra, việc thúc đẩy các hoạt động kinh tế ban đêm tại đô thị còn tác động tích cực đến các khía cạnh môi trường và xã hội, thông qua việc sử dụng hiệu quả hơn hạ tầng đô thị hiện hữu (giao thông, chiếu sáng công cộng, mặt bằng thương mại), giảm áp lực giờ cao điểm, đồng thời tạo điều kiện cho các nhóm dân cư có nhu cầu sinh kế linh hoạt được tiếp cận thêm cơ hội cải thiện đời sống, một trong những mục tiêu cốt lõi của phát triển hài hòa giữa các nhóm xã hội.

2.3. Kinh nghiệm quốc tế trong tổ chức và thúc đẩy kinh tế ban đêm ở đô thị

Nhiều đô thị trên thế giới đã triển khai kinh tế ban đêm như một phần chiến lược trong phát triển không gian đô thị đa trung tâm, gia tăng sức hấp dẫn kinh tế - văn hóa và tối ưu hiệu quả sử dụng hạ

tăng. Các ví dụ dưới đây cho thấy sự đa dạng trong mô hình tổ chức, chính sách hỗ trợ, cũng như cách tiếp cận thể chế linh hoạt để đảm bảo tính bền vững của hoạt động ban đêm:

London (Anh) là một trong những thành phố đi đầu về chính sách kinh tế ban đêm. Từ năm 2016, thành phố bổ nhiệm chức danh *Night Czar* để điều phối liên ngành, xây dựng chiến lược phát triển kinh tế ban đêm và vận hành tàu điện ngầm 24 giờ vào cuối tuần. Khu vực kinh tế ban đêm đóng góp khoảng 6% GDP toàn thành phố và hơn 700.000 việc làm (GLA, 2018).

Seoul (Hàn Quốc) phát triển các khu vực chức năng ban đêm kết hợp không gian thương mại, trải nghiệm văn hóa và mô hình khởi nghiệp. Chương trình chợ đêm Bamdokkaebi thu hút hơn 5 triệu lượt khách mỗi năm, với giao thông công cộng kéo dài đến 2 giờ sáng (SMG, 2019).

Amsterdam (Hà Lan) bổ nhiệm *Night Mayor* để đại diện cho các chủ thể sáng tạo về đêm, đồng thời cấp phép hoạt động 24/7 có điều kiện. Mô hình đối thoại ba bên giữa doanh nghiệp - người dân - chính quyền giúp hạn chế xung đột và bảo vệ không gian văn hóa đêm (*Amsterdam Night Mayor Office, 2017*).

Thượng Hải (Trung Quốc) từ năm 2019 triển khai chiến lược “Thượng Hải không ngủ” với phân vùng hoạt động đêm theo chức năng: tiêu dùng cao cấp, phố đi bộ, nghệ thuật, ẩm thực, dịch vụ 24h và không gian tiêu dùng sáng tạo hướng đến nhóm thanh niên. Kinh tế ban đêm đóng góp gần 28% tổng mức bán lẻ của thành phố (SMCC, 2021).

New York (Hoa Kỳ) thành lập NYC Office of Nightlife từ 2018 nhằm đại diện chính sách cho các chủ thể liên quan đến hoạt động kinh tế ban đêm. Các ngành công nghiệp đêm đóng góp hơn 300.000 việc làm và trên 35 tỷ USD mỗi năm (NYCEDC, 2019).

Các kinh nghiệm trên cho thấy sự thành công của kinh tế ban đêm phụ thuộc vào vai trò định hướng và hỗ trợ chính sách từ phía chính quyền đô thị, sự phối hợp hiệu quả giữa chính quyền, doanh nghiệp và cộng đồng, và khả năng tích hợp kinh tế ban đêm vào quy hoạch và tổ chức không gian đô thị.



Không gian mặt nước ban đêm tại Amsterdam (Hà Lan).
Nguồn: www.cattour.vn



Chợ đêm Bamdokkaebi Night Market, Seoul (Hàn Quốc).
Nguồn: www.hallusg.net



Hoạt động nghệ thuật ban đêm tại Times Square, thành phố New York (Mỹ)
Nguồn: www.vigotour.com.vn



Khu phố mua sắm ban đêm, Thượng Hải (Trung Quốc)
Nguồn: www.optentravel.com.vn

3. NỘI DUNG NGHỊ QUYẾT SỐ 68 VÀ LIÊN HỆ VỚI KINH TẾ BAN ĐÊM

3.1. Định hình chính sách kinh tế tư nhân theo chiều sâu: Tiền đề cho kinh tế ban đêm

Nghị quyết số 68 về phát triển kinh tế tư nhân là một văn kiện quan trọng, thể hiện tư duy đổi mới sâu sắc trong chính sách phát triển kinh tế quốc gia. Văn kiện này khẳng định rõ vai trò của kinh tế tư nhân không chỉ là một bộ phận cấu thành, mà là một trong những động lực quan trọng để thúc đẩy tăng trưởng nhanh và bền vững. Đặc biệt, Nghị quyết nhấn mạnh đến việc hoàn thiện thể chế kinh tế thị trường định hướng xã hội chủ nghĩa, trong đó mở rộng quyền tự do kinh doanh, bảo đảm quyền bình đẳng trong tiếp cận cơ hội phát triển và nguồn lực giữa các thành phần kinh tế.

Định hướng cải cách thể chế trong Nghị quyết số 68 hàm chứa sự thay đổi đáng kể trong cách tiếp cận chính sách, không chỉ thúc đẩy phát triển tư nhân theo chiều rộng (tăng số lượng doanh nghiệp), mà còn theo chiều sâu, thông qua khuyến khích đổi mới sáng tạo, nâng cao năng lực cạnh tranh, và tạo lập môi trường kinh doanh thuận lợi, minh bạch. Điều này tạo tiền đề để triển khai các mô hình kinh tế mới như kinh tế ban đêm, nơi tư nhân giữ vai trò trung tâm trong vận hành, sáng tạo và thiết kế không gian đô thị đa chức năng, hoạt động theo nhịp xã hội linh hoạt hơn.

3.2. Sự gắn kết chính sách giữa Nghị quyết số 68 và định hướng phát triển kinh tế ban đêm

Kinh tế ban đêm, xét về bản chất, là một mô hình kinh tế mới mang tính sáng tạo, vận hành linh hoạt trong không gian và thời gian phi truyền thống, do khu vực tư nhân giữ vai trò chủ đạo. Khi so sánh với định hướng của Nghị quyết số 68, có thể nhận thấy sự tương đồng rõ nét về tư duy phát triển.

Trước hết, Nghị quyết số 68 xác định nguyên tắc thúc đẩy vai trò trung tâm của khu vực tư nhân trong tăng trưởng kinh tế, đổi mới sáng tạo và mở rộng thị trường. Đây cũng chính là đặc điểm cốt lõi của kinh tế ban đêm, nơi doanh nghiệp tư nhân chủ động thiết kế dịch vụ, đầu tư hạ tầng mềm và tổ chức vận hành các hoạt động dịch vụ - giải trí - sáng tạo ngoài khung giờ tiêu chuẩn.

Thứ hai, Nghị quyết nhấn mạnh yêu cầu hoàn thiện thể chế, tạo môi trường kinh doanh minh bạch, bình đẳng, trong đó có nội dung hỗ trợ các mô hình kinh doanh mới và phù hợp với chuyển đổi số. Điều này tạo nền tảng thuận lợi để triển khai các giải pháp chính sách cho phát triển kinh tế ban đêm, vốn đòi hỏi mức độ linh hoạt cao, khả năng tiếp cận không gian đô thị theo vùng chức năng và ứng dụng công nghệ vào dịch vụ đêm.

Thứ ba, Nghị quyết đề cao tính đa dạng trong cấu trúc doanh nghiệp và mô hình kinh doanh, khuyến khích hình thành hệ sinh thái sáng tạo có sự tham gia của doanh nghiệp nhỏ, siêu nhỏ và cá nhân khởi nghiệp cũng là những chủ thể điển hình trong kinh tế ban đêm. Điều này tạo điều kiện cho các mô hình kinh tế ban đêm phát triển như một phần mở rộng tự nhiên của định hướng kinh tế tư nhân năng động.

Từ những điểm tương đồng nêu trên, có thể thấy rằng tinh thần cải cách trong Nghị quyết số 68 sẽ là nền tảng chính trị, chính sách quan trọng để hỗ trợ các địa phương xây dựng và thực thi Đề án phát triển kinh tế ban đêm một cách chủ động và có định hướng rõ ràng, trong đó khu vực tư nhân tiếp tục được coi là trung tâm của quá trình vận hành và đổi mới không gian đô thị đêm.

3.3. Những rào cản thể chế đối với phát triển kinh tế đêm đô thị

Mặc dù có sự gắn kết rõ ràng về mặt định hướng, thực tiễn triển khai kinh tế ban đêm tại các đô thị Việt Nam hiện nay còn thiếu vắng một hệ thống chính sách chuyên biệt. Các văn bản hiện hành phần lớn chưa điều chỉnh đến các yếu tố về quản lý không gian theo thời gian, bảo đảm an toàn đêm, dịch vụ hỗ trợ 24/7, quản lý tiếng ồn và ánh sáng, cũng như hỗ trợ tài chính cho doanh nghiệp hoạt động ngoài khung giờ tiêu chuẩn.

Bên cạnh đó, sự thiếu kết nối giữa quy hoạch, chính sách kinh tế và cơ chế điều phối linh hoạt khiến kinh tế ban đêm bị chia cắt,

manh mún và chịu tác động từ mô hình điều hành hành chính đơn ngành, thiếu phối hợp liên ngành.

Việc chưa có khung thể chế thử nghiệm (sandbox) cho các mô hình kinh tế đô thị mới cũng khiến các địa phương gặp khó trong việc chủ động mở rộng không gian kinh tế đêm, thu hút nhà đầu tư tư nhân hoặc triển khai cơ chế quản trị chia sẻ (shared governance) phù hợp với đặc điểm hoạt động ngoài khung giờ truyền thống.

4. MỘT SỐ ĐỀ XUẤT PHÁT TRIỂN KINH TẾ BAN ĐÊM VỚI QUẢN LÝ ĐÔ THỊ TẠI VIỆT NAM

4.1. Kinh tế ban đêm - không gian tăng trưởng cần được hoạch định và quản lý hiệu quả

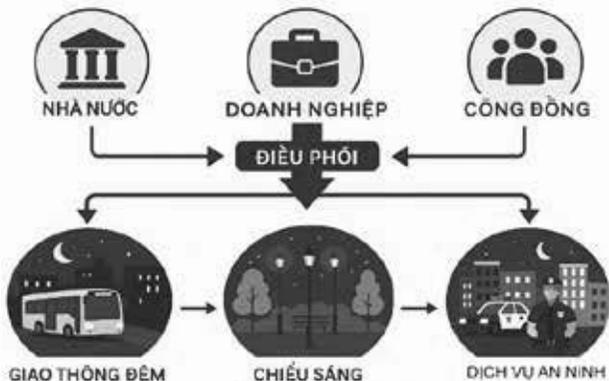
Phân tích từ các phần trước cho thấy kinh tế ban đêm là một mô hình kinh tế mới có tiềm năng đóng góp đáng kể vào tăng trưởng đô thị, đa dạng hóa sinh kế và làm giàu bản sắc văn hóa. Tuy nhiên, thực tiễn ở Việt Nam vẫn còn khoảng cách rõ rệt giữa nhận thức về tiềm năng này và các chính sách thực thi cụ thể. Kinh tế ban đêm vẫn chủ yếu phát triển theo hướng tự phát, thiếu quy hoạch định hướng, chưa được tích hợp vào chiến lược phát triển đô thị tổng thể. Việc khai thác không gian ngoài thời gian hành chính vẫn bị chi phối bởi các rào cản thể chế, quy định hành chính cứng nhắc và sự thiếu phối hợp liên ngành.

Trong bối cảnh đó, tinh thần cải cách thể chế trong Nghị quyết số 68-NQ/TW là một cơ hội để kiến tạo lại không gian phát triển này. Nếu được lồng ghép một cách đầy đủ và có hệ thống vào quy hoạch, chính sách và cơ chế quản lý, kinh tế ban đêm hoàn toàn có thể trở thành một cực tăng trưởng mới, có năng lực huy động khu vực tư nhân, lan tỏa lợi ích xã hội và thúc đẩy mô hình phát triển đô thị dựa trên đổi mới sáng tạo.

4.2. Khuyến nghị chính sách trên cơ sở thử nghiệm và phối hợp 3 bên: Nhà nước - doanh nghiệp - cộng đồng

Để phát triển kinh tế ban đêm một cách bền vững, cần tiếp cận theo hướng thử nghiệm chính sách (sandbox), thích ứng theo địa phương và tổ chức đồng quản lý giữa nhà nước, doanh nghiệp và cộng đồng. Một số khuyến nghị cụ thể như sau:

Về thể chế và khung pháp lý: Cần cho phép triển khai thí điểm mô hình kinh tế ban đêm trong khuôn khổ tại một số đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng. Nội dung thử nghiệm có thể bao gồm phân vùng hoạt động đêm, chính sách cấp phép linh hoạt, hỗ trợ tài chính cho doanh nghiệp khởi nghiệp về đêm, hoặc khung pháp lý riêng cho một số khu chức năng vận hành ngoài khung giờ thông thường.



Hình 3. Mô hình phối hợp ba bên trong vận hành đô thị ban đêm: Nhà nước - doanh nghiệp - cộng đồng

Về quy hoạch và không gian đô thị: Tích hợp kinh tế ban đêm vào chiến lược phát triển đô thị đa trung tâm, tận dụng hạ tầng hiện trạng như mặt bằng thương mại, không gian công cộng, hệ thống giao thông đô thị để phục vụ hoạt động đêm. Thiết kế các khu vực chức năng ban đêm có khả năng chuyển đổi linh hoạt theo thời gian, kết hợp hài hòa yếu tố văn hóa, giải trí, dịch vụ và công nghệ.

Về quản trị và hợp tác công - tư: Thí điểm mô hình đại diện quản lý hoạt động đêm như *Night Mayor* (Thị trưởng đêm) hoặc hội đồng điều phối hoạt động đêm cấp đô thị, có nhiệm vụ làm cầu nối giữa chính quyền - doanh nghiệp - người dân. Đồng thời, thiết lập cơ chế phản hồi chính sách linh hoạt dựa trên dữ liệu sử dụng không gian và nhu cầu tiêu dùng ban đêm.

5. KẾT LUẬN

Kinh tế ban đêm là một thành tố quan trọng trong chiến lược phát triển đa chức năng của đô thị hiện đại. Không chỉ tạo ra việc làm và gia tăng tiêu dùng, mô hình này còn mở rộng không gian sống đô thị, phát huy bản sắc địa phương và thúc đẩy các ngành kinh tế sáng tạo. Việc phát triển kinh tế ban đêm cần được tiếp cận như một quá trình thiết kế chính sách chủ động, trong đó nhà nước đóng vai trò kiến tạo và hỗ trợ các mô hình phát triển đa dạng, thích ứng với đặc điểm của từng đô thị.

Trong bối cảnh đó, các đề án phát triển kinh tế ban đêm đã, đang và sẽ được triển khai tại Việt Nam cần được định hướng theo tinh thần của Nghị quyết số 68, nhấn mạnh vai trò của khu vực tư nhân trong đổi mới sáng tạo, thúc đẩy cải cách thể chế theo hướng minh bạch, linh hoạt và tạo điều kiện để quy hoạch đô thị có sự tích hợp các chức năng kinh tế - xã hội - tổ chức không gian một cách hiệu quả hơn.

Việc định hướng thí điểm kinh tế ban đêm không chỉ mở ra một mô hình phát triển đô thị mới, mà còn thể hiện chuyển biến trong tư duy phát triển đô thị: từ quản lý hành chính sang kiến tạo không gian sống linh hoạt, đa dạng và gắn kết cộng đồng. Nếu được quy hoạch và vận hành trên cơ sở đảm bảo các nguyên tắc: *Sống động, an toàn, lành mạnh và bền vững* - như trong triết lý đô thị nhân văn mà Jan Gehl đề xuất - kinh tế ban đêm hoàn toàn có thể trở thành một trụ cột thúc đẩy chất lượng sống và năng lực cạnh tranh của các đô thị Việt Nam trong dài hạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam. (2025). Nghị quyết số 68-NQ/TW ngày 4/5/2025 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân.
- [2]. Thủ tướng Chính phủ. (2020). Quyết định số 1129/QĐ-TTg ngày 27/7/2020 phê duyệt Đề án phát triển kinh tế ban đêm ở Việt Nam.
- [3]. Tô Lâm. (2025). Phát triển kinh tế tư nhân - Đòn bẩy cho một Việt Nam thịnh vượng. Báo điện tử Chính phủ
- [4]. Glaeser, E. (2019). Chiến thắng của đô thị (Book Hunter dịch, Lê Duy Nam hiệu đính). NXB Hội Nhà văn.
- [5]. Gehl, J. (2020). Đô thị vị nhân sinh (Nguyễn Minh Huyền, Nguyễn Quang Minh dịch, Phó Đức Tùng hiệu đính). Ashui.com & NXB Xây dựng.
- [6]. OECD. (2007). Competitive Cities: A New Entrepreneurial Paradigm in Spatial Development. OECD Territorial Reviews, OECD Publishing, Paris.
Truy cập tại: <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/37982842.pdf>
- [7]. OECD. (2020). Cities in the World: A New Perspective on Urbanisation. OECD Publishing, Paris.
- [8]. Greater London Authority (GLA). (2018). The Economic Value of London's Night Time Economy. Truy cập tại: <https://www.london.gov.uk>
- [9]. Seoul Metropolitan Government (SMG). (2019). Seoul Bamdokkaebi Night Market Annual Report 2019. Truy cập tại: <http://www.seoul.go.kr>
- [10]. Amsterdam Night Mayor Office. (2017). Annual Report on Nightlife Policy in Amsterdam. Truy cập tại: <https://nacht.burgemeester.amsterdam>.
- [11]. Shanghai Municipal Commission of Commerce (SMCC). (2021). Shanghai Night Economic Development Plan 2020-2025. Truy cập tại: <http://swj.sh.gov.cn>
- [12]. New York City Economic Development Corporation (NYCEDC). (2019). The Economic Impact of NYC's Nightlife Industry. Truy cập tại: <https://edc.nyc>

Ứng dụng mô hình BIM nâng cao hiệu quả quản lý dự án tại Tập đoàn xây dựng Coteccons

Application of BIM to Enhance project management efficiency at Coteccons Construction Group

> TRƯỞNG CHÍ NHÂN

Ban BIM, Công ty Cổ phần xây dựng Coteccons

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý dự án xây dựng tại Tập đoàn xây dựng Coteccons (Coteccons). Thông qua phân tích số liệu thực tế của 141 dự án BIM triển khai trong giai đoạn 2015-2023, nghiên cứu đánh giá các lợi ích về mặt kinh tế, kỹ thuật và vận hành mà BIM mang lại. Kết quả cho thấy việc áp dụng BIM giúp giảm trung bình 28% thời gian làm và nâng cao hiệu quả quản lý, đạt tỷ suất lợi nhuận đầu tư (ROI) trung bình 15% trên 12 dự án tiêu biểu. Nghiên cứu cũng chỉ ra những thách thức chủ yếu trong quá trình triển khai BIM, bao gồm vấn đề nhân lực, chi phí đầu tư ban đầu và tổ chức quản lý. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số giải pháp thực tiễn nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng BIM tại Coteccons nói riêng, cũng như trong ngành Xây dựng Việt Nam nói chung.

Từ khóa: BIM, quản lý dự án, xây dựng, Coteccons, hiệu quả.

ABSTRACT

This paper presents a study on the application of Building Information Modeling (BIM) in project management at Coteccons Construction Group. By analyzing real data from 141 BIM projects implemented between 2015 and 2023, the research evaluates the economic, technical, and operational benefits of BIM. The results indicate that BIM adoption leads to a 28% average reduction in rework time, improved management efficiency, and an average return on investment (ROI) of 15% across 12 typical projects. The study also identifies challenges related to human resources, investment costs, and organizational structure in BIM implementation. Practical recommendations are proposed to enhance BIM effectiveness at Coteccons and in the Vietnamese construction industry in general.

Keywords: BIM, project management, construction, Coteccons, efficiency.

1. GIỚI THIỆU

Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 đã và đang tác động mạnh mẽ đến ngành Xây dựng toàn cầu. Tại Việt Nam, sự chuyển mình nhằm đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững và hội nhập quốc tế được thúc đẩy bởi các Bộ, ban, ngành, trong đó nổi bật là xu hướng ứng dụng các công nghệ tiên tiến như BIM. Ngành Xây dựng Việt Nam đang đối diện với nhiều áp lực về chi phí, chất lượng, tiến độ và sự cạnh tranh. Việc đổi mới công tác quản lý dự án trở thành chìa khóa thành công, tích hợp BIM là một hướng đi tất yếu.

BIM không chỉ là phần mềm thiết kế 3D mà còn là quy trình kỹ thuật số toàn diện, hỗ trợ suốt vòng đời công trình từ thiết kế, thi công đến vận hành. Khi triển khai tại Coteccons - Tập đoàn xây dựng lớn thành lập năm 2004, đã thực hiện hơn 400 dự án khắp Việt Nam, BIM hứa hẹn nâng cao hiệu quả quản lý dự án, tăng năng lực cạnh tranh và vị thế doanh nghiệp.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ BIM VÀ QUẢN LÝ DỰ ÁN XÂY DỰNG

2.1. Quản trị và quản lý dự án xây dựng

Quản trị dự án xây dựng

Theo PMI [1], quản trị dự án là việc áp dụng kiến thức, kỹ năng, công cụ và kỹ thuật để đáp ứng các yêu cầu dự án. Các chức năng chính gồm: lập kế hoạch, tổ chức & điều phối, giám sát và kiểm soát. Đánh giá hiệu quả quản lý dự án dựa trên các tiêu chí: liên kết hoạt

động, phối hợp nhóm, phát hiện & xử lý vấn đề sớm, rút ngắn thời gian, tăng chất lượng sản phẩm.

Theo Chuyên đề Quản trị dự án của TS Nguyễn Quốc Duy [2], Quản trị dự án thường bao gồm:

- Xác định các yêu cầu (của công ty hoặc của khách hàng)
- Xác định và đáp ứng các nhu cầu, các mối quan tâm, và mong đợi của các chủ thể dự án trong quá trình lập kế hoạch và thực hiện dự án.

Cần đối đãi hài hòa giữa các yêu cầu, ràng buộc khác nhau của dự án, bao gồm: Phạm vi dự án; Chất lượng; Tiến độ; Kinh phí; Nguồn lực; Rủi ro. Mỗi dự án cụ thể sẽ có những yêu cầu và ràng buộc nhất định đòi hỏi nhà quản trị dự án cần phải xác định thứ tự ưu tiên giữa các yêu cầu.

Quản lý dự án xây dựng

Theo Giáo trình quản lý dự án của PGS.TS Từ Quang Phương [3], Quản lý dự án gồm 3 chức năng chủ yếu:

- Chức năng Lập kế hoạch:** Xây dựng mục tiêu, xác định công việc, dự tính nguồn lực cần thiết để phát triển kế hoạch hành động thống nhất, theo trình tự logic.

- Chức năng Tổ chức - Điều phối thực hiện:** là quá trình phân phối nguồn lực gồm tiền vốn, lao động, thiết bị và đặc biệt là điều phối và quản lý tiến độ thời gian.

- Chức năng Giám sát:** là quá trình theo dõi kiểm tra tiến trình dự án, phân tích tình hình thực hiện, báo cáo hiện trạng và đề xuất biện pháp giải quyết vướng mắc trong quá trình thực hiện.

Các khía cạnh đánh giá hiệu quả của Quản lý dự án xây dựng

Theo nghiên cứu của Abdirad [4], công nghệ là khía cạnh quan trọng nhất của BIM. Khía cạnh công nghệ phù hợp với một hệ thống phân cấp có ba cấp độ gồm: công cụ BIM, nền tảng BIM và môi trường BIM. Bảng 1 trình bày các thang đo mức độ hiệu quả mà BIM mang lại theo từng khía cạnh công nghệ.

Bảng 1. Các thước đo hiệu quả của BIM theo từng khía cạnh

TT	Nền tảng	Khía cạnh	Thang đo hiệu quả	
1	Công cụ BIM	Công cụ chung	Chi phí trực tiếp/ hiệu suất	
			Mức độ trưởng thành của các công cụ BIM	
			Sự tương thích và trao đổi thông tin giữa các phần mềm	
			Đối tượng và thư viện BIM	
			Nhà cung cấp phần mềm	
		Hệ thống quét và nhận dạng hình ảnh	Đo lường hiệu suất của công cụ trong việc quét	
			Đo lường hiệu suất của các thuật toán	
2	Nền tảng BIM	Người dùng BIM	Đo lường kỹ năng, kiến thức và năng lực	
			Đo lường động lực và sự hài lòng	
			Đo lường đào tạo	
3	Quy trình BIM	Tương tác giữa Người - Người	Đo lường sự phối hợp BIM giữa nhiều bên trong dự án	
			Đo lường sự phối hợp BIM giữa thực tế và mô hình	
			Đo lường sự chia sẻ thông tin	
		Tương tác giữa Người - Máy tính	Đo lường quá trình xây dựng và phát triển mô hình 3D và cập nhật thông tin	
			Mô hình BIM	Đo lường nội dung mô hình
				Đo lường tính chính xác của thông tin
Đo lường sự đầy đủ của thông tin				
4	Môi trường BIM - Dự án	Giai đoạn thiết kế	Đo lường chất lượng dịch vụ/ sản phẩm thiết kế	
			Đo lường chi phí/ thời gian thiết kế	
			Đo lường chi phí/ thời gian xây dựng	
		Giai đoạn thi công	Đo lường mức độ an toàn	
			Đo lường sự phối hợp các hệ thống/ sự thay đổi/ phiếu yêu cầu cung cấp thông tin	
			Đo lường chi phí/ thời gian quản lý tài sản	
		Giai đoạn quản lý tài sản	Đo lường sự cải thiện các tác vụ công tác	
			Đo lường chất lượng của vận hành và hiệu suất	
5	Môi trường BIM - Doanh nghiệp	Hiệu suất tổ chức	Đo lường thời gian và chi phí trực tiếp	
		Các bên liên quan/ chủ sở hữu	Đo lường sự phân tích rủi ro và nắm bắt cơ hội	
		Năng lực tổ chức/sự trưởng thành/mục tiêu		
6	Môi trường BIM - Ngành nghề	Tỷ lệ chấp nhận thị trường BIM	Đo lường loại hình và phương pháp phân phối dự án	
			Đo lường sự khác nhau giữa thị trường/ bộ môn/ quy mô tổ chức	
		Chiến lược áp dụng BIM	Đo lường các kế hoạch tương lai	
			Đo lường kết quả hiện tại (Phương pháp đào tạo, phần mềm)	
		Thu thập tác động của BIM đến các dự án	Đo lường sự tăng chi phí	
			Đo lường sự trễ tiến độ/ kế hoạch	

2.2. Định nghĩa và đặc trưng của mô hình thông tin công trình - BIM

BIM (Building Information Modeling) là quy trình phối hợp kỹ thuật số, tạo lập mô hình 3D thông minh, tích hợp dữ liệu đầy đủ về vật lý, chức năng, chi phí, tiến độ... xuyên suốt vòng đời công trình. BIM thúc đẩy hợp tác đa ngành, chia sẻ dữ liệu, tăng minh bạch, dự đoán rủi ro và nâng cao chất lượng sản phẩm cuối cùng.

Các định nghĩa quốc tế (ISO 19650-1:2018 [5], Ủy ban thúc đẩy BIM New Zealand, (Bộ tiêu chuẩn quốc gia Hoa Kỳ) đều nhấn mạnh vai trò hỗ trợ ra quyết định, phối hợp dự án thông qua thông tin số hóa.

2.3. Yếu tố cấu thành và ứng dụng BIM

• **Mô hình hóa 3D:** Tạo dựng các mô hình kỹ thuật số, thể hiện hình dạng, vị trí, vật liệu và đặc tính kỹ thuật các thành phần công trình.

• **Thông tin đa dạng:** Bao gồm dữ liệu về hình học, vật liệu, chi phí, tiến độ, vận hành, bảo trì.

• **Tính tương tác:** Cho phép nhiều bên cùng hợp tác trên một mô hình, chia sẻ dữ liệu đồng bộ, cập nhật liên tục.

• **Quản lý thông tin dự án:** Lưu trữ, phân quyền truy cập, kiểm soát thay đổi, quản lý phiên bản và phối hợp dữ liệu giữa các phần mềm khác nhau.

• **Tương thích & chia sẻ dữ liệu:** Đảm bảo thông tin xuyên suốt dự án, giảm thiểu mất mát và xung đột dữ liệu.

• **Diễn họa, phân tích, mô phỏng:** Cho phép kiểm tra, tối ưu hóa thiết kế, thi công, vận hành.

Theo nghiên cứu của Văn Tam và cộng sự [6], các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng BIM tại Việt Nam gồm:

- **Yếu tố con người:** trình độ nhân sự, kiến thức, kỹ năng BIM.
- **Yếu tố kinh tế:** chi phí đầu tư ban đầu, hiệu quả mang lại.
- **Yếu tố tổ chức:** lãnh đạo, chính sách, phối hợp nội bộ & đối tác.
- **Yếu tố kỹ thuật/công cụ:** hạ tầng, phần mềm, chia sẻ và tích hợp dữ liệu.

2.4. Phương pháp để xuất để tính hiệu quả kinh tế của BIM

Dựa trên nghiên cứu của Ham và cộng sự [7] về phân tích hiệu quả kinh tế dựa trên các lỗi thiết kế cho loại hình dự án nhà cao tầng, đồng thời theo nghiên cứu của Gharaibeh Lina và cộng sự [8], mô hình BIM 3D là một loại tài sản kỹ thuật số có giá trị sử dụng rất lớn và lâu dài. Việc tính toán ROI có thể chứng minh một phần giá trị nội tại của mô hình BIM. thông qua việc đo lường giá trị của các lỗi trong các dự án thiết kế - thi công tại Coteccons để đủ cơ sở tính toán giá trị ROI mà BIM mang lại. Phương pháp tính để xuất hiệu quả BIM thông qua tính toán chỉ số ROI cho các lỗi do thiết kế như sau:

Phương pháp 1. theo nghiên cứu của Ham và cộng sự [7]

$$ROI = \frac{\text{Lợi ích BIM mang lại}}{\text{Ngân sách Đầu tư cho BIM}} \times 100(\%) \quad (1)$$

Trong công thức (1), ROI - Return on Investment là Lợi tức Đầu tư. Lợi ích BIM mang lại là Tổng Doanh thu từ BIM. Ngoài ra, còn có phương pháp thứ 2 để tính "Lợi ích BIM mang lại" là Doanh thu thuần theo nghiên cứu của Azhar Salma và cộng sự [9]:

$$ROI = \frac{(\text{Lợi ích BIM} - \text{Ngân sách Đầu tư cho BIM})}{\text{Ngân sách Đầu tư cho BIM}} \times 100(\%) \quad (2)$$

Đối với ngân sách đầu tư cho BIM, các ngân sách cần đầu tư để xây dựng mô hình BIM bao gồm các thành phần:

- *Ngân sách Phần cứng - P_c* (Máy tính và các thiết bị hiển thị): là hệ thống các công cụ cơ bản nhất, dùng để chạy các phần mềm BIM. P_c tỉ lệ thuận theo mức độ chi tiết triển khai của mô hình và công nghệ sử dụng trong dự án.
- *Ngân sách Phần mềm BIM - P_m*: là hệ thống các phần mềm tạo lập và khai thác mô hình BIM như Autodesk Revit, Trimble Tekla...
- *Con người - P_e*: Ngân sách nhân lực thực hiện mô hình hóa 3D trên máy tính. P_e tùy thuộc theo bộ môn và mức độ chi tiết mô hình (Level of Development - LOD) triển khai. P_e thực sẽ tỉ lệ thuận với Mức độ LOD và theo kinh nghiệm triển khai của từng bộ môn.
- *Ngân sách gián tiếp khác*: bao gồm các ngân sách gián tiếp như ngân sách văn phòng, điện, nước, Internet... được tính theo hướng dẫn tại Bảng 3.1 Phụ lục III, Thông tư 11/2021/TT-BXD của Bộ Xây dựng và % tỉ lệ thường là từ 5.8% đến 7.3% cho loại hình công trình dân dụng tùy thuộc vào ngân sách xây dựng. Tuy nhiên, ngân sách gián tiếp cho BIM sẽ được tính chung với ngân sách gián tiếp của dự án, nên sẽ được loại bỏ tính toán ngân sách này khỏi nghiên cứu.

Như vậy, công thức khái quát để tính ngân sách cho việc thực hiện mô hình BIM có thể có:

$$C_{mh} = P_c + P_m + P_e \quad (3)$$

Trong công thức (3), C_{mh}: Tổng ngân sách thực hiện mô hình. P_c: Ngân sách cho mua sắm phần cứng. P_m: Ngân sách mua sắm phần mềm. P_e: Ngân sách nhân công thực hiện.

Bản quyền phần mềm P_m bao gồm ngân sách mua sắm phần mềm phục vụ cho các mục đích sử dụng BIM (BIM Use) như xây dựng mô hình (AutoCAD, Revit, Tekla), Phối hợp mô hình (Navisworks), diễn họa biến pháp thi công (Kalloc Fuzor)... Ngoài ra, dự án xây dựng có nhiều chủ thể tham gia dự án và BIM cần có nền tảng Môi trường dữ liệu chung, gọi tắt là CDE (Common Data Environment) cho công tác phối hợp và Ngân sách này cũng được hạch toán vào dự án cần mua sắm.

Do đó, P_m được tính:

$$P_m = P_{Au} + P_{CDE} \quad (4)$$

Trong công thức (4),

P_{Au} là Ngân sách mua sắm phần mềm dựng hình.

P_{CDE} là Ngân sách mua sắm nền tảng dữ liệu chung.

Ngân sách Máy tính P_c là ngân sách khấu hao được Coteccons áp dụng theo Phương pháp khấu hao đường thẳng, phân bổ theo hàng tháng.

Bảng 2. Biến thu thập cho nghiên cứu Mô hình hóa 3D

TT	Khía cạnh	Dữ liệu thu thập	Mã hóa	Số lượng biến
1	Nhân sự tham gia BIM trong dự án	Giám đốc BIM.	CP_NS_GiamDocBIM	4
		Quản lý BIM.	CP_NS_QuanLyBIM	
		Phối hợp BIM.	CP_NS_PhoiHopBIM	
		Dựng hình BIM.	CP_NS_DungHinhBIM	
2	Phần mềm dùng trong dự án	Revit	CP_Revit	5
		Navisworks	CP_Navisworks	
		Tekla	CP_Tekla	
		AutoCAD	CP_AutoCAD	
		Fuzor	CP_Fuzor	
3	Nền tảng trao đổi dữ liệu	Autodesk BIM 360	CDE_AutodeskB360	4
		Dalux	CDE_Dalux	
		Procore	CDE_Procore	
		Gói đăng ký thuê	CDE_GoiNguoiDung	
4	Phần cứng	Số lượng Máy tính	CP_PC	1
Tổng số lượng biến				14

2.5. Quản lý chất lượng sản phẩm

Quản lý chất lượng sản phẩm với BIM trong xây dựng tận dụng các mô hình 3D, hồ sơ 2D và tiêu chuẩn kỹ thuật để phối hợp các bộ môn từ giai đoạn thiết kế đến thi công. Quá trình phối hợp BIM giúp phát hiện và xử lý sớm các xung đột, vướng mắc, thông qua công cụ như RFI nhằm đảm bảo thông tin đầy đủ, chính xác cho dự án. Trong thi công, RFI tiếp tục hỗ trợ kiểm soát sai khác giữa thiết kế và hiện trường, giảm thiểu lỗi phát sinh khi triển khai.



Hình 1. Báo cáo và chạm (RFI) BIM sử dụng trong các dự án

Theo nghiên cứu, lỗi thiết kế có thể thuộc ba nhóm: đơn giản, dẫn đến làm lại, hoặc gây chậm trễ thi công. Đặc biệt, lỗi dẫn đến chậm tiến độ gây tổn thất ngân sách lớn nhất. Phân loại lỗi giúp lượng hóa hiệu quả tiết kiệm chi phí, thời gian so với phương pháp truyền thống, do lỗi được xử lý trước thực tế.

Coteccons cũng sử dụng hệ thống để phân loại mức độ quan trọng (Priority) của từng lỗi, phân chia theo mức độ ảnh hưởng từ 0

(Không ảnh hưởng) đến 4 (Rất cao - ảnh hưởng đến tiến độ và chi phí) theo như Bảng 3.

Quy trình kiểm tra phối hợp giúp chuẩn hóa tên bộ môn, trình tự kiểm tra, tạo thuận lợi cho sửa chữa và nâng cao hiệu quả quản lý chất lượng công trình. Coteccons cũng phân chia ra làm 5 loại như bảng bên dưới dựa trên mức độ ảnh hưởng đến Ngân sách và Thời gian.

Bảng 3. Bảng phân loại lỗi theo mức độ ảnh hưởng

Mã mức độ	Mức độ ảnh hưởng	Ngân sách sửa chữa (triệu đồngVND)	Thời gian sửa chữa (ngày)
0	Không áp dụng	0	0
1	Thấp	< 5	< 2
2	Trung bình	5 ~ 20	< 5
3	Cao	20 ~ 50	< 10
4	Rất cao	50 ~ 100	< 14

Về các mã bộ môn, quy định kiểm tra và chạm trong dự án được quy định Mã bộ môn như Bảng 4, bảng quy định Mã bộ môn và Bảng 5. Bảng quy định kiểm tra và chạm.

Bảng 4. Bảng quy định Mã bộ môn

TT	Mã bộ môn	Giải thích
1	ARC	Kiến trúc
2	STR	Kết cấu
3	MEP	Nội bộ các Hệ thống Cơ điện
4	LA	Cảnh quan

Bảng 5. Bảng quy định kiểm tra và chạm

TT	Mã kiểm tra	Giải thích
1	ARC-STR	Kiến trúc - Kết cấu
2	ARC-MEP	Kiến trúc - Hệ thống Cơ điện
3	STR-MEP	Kết cấu - Hệ thống Cơ điện
4	ARC-STR-MEP	Kiến trúc - Kết cấu - Hệ thống Cơ điện
5	LA-ARC-STR	Cảnh quan - Kiến trúc - Kết cấu
6	LA-ARC	Cảnh quan - Kiến trúc

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu thực hiện dựa trên các phương pháp sau:

- *Nghiên cứu định tính:* tổng hợp các tài liệu học thuật, báo cáo ngành, tiêu chuẩn liên quan đến BIM.
- *Nghiên cứu định lượng:* phân tích dữ liệu thực tế từ 141 dự án ứng dụng BIM tại Coteccons (2015-2023), tính toán chi phí, hiệu quả, ROI.

Dữ liệu khảo sát gồm Thống kê số lượng lỗi tìm thấy trong dự án, Chi phí nhân công, Chi phí phần mềm, mua sắm phần cứng, tỷ lệ tiết kiệm chi phí và thời gian, các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quản lý, năng suất lao động.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Thực trạng triển khai BIM

Coteccons bắt đầu ứng dụng BIM từ năm 2015, với nhân sự ban đầu chỉ 8 nhân sự, cao điểm lên 19 người, sau điều chỉnh tổ chức còn 7 người (2023). Thống kê đến năm 2023, có 141 dự án áp dụng BIM, trong đó 89% đã hoàn tất, 9% đang triển khai.

Bảng 6. Số lượng dự án nghiên cứu theo tình trạng triển khai

Tình trạng dự án	Số lượng dự án	Tỉ trọng
Hoàn tất	126	89%
Đang triển khai	13	9%
Tạm dừng	2	1%
Tổng cộng	141	100%

Ứng dụng BIM cho dự án chủ yếu gồm: Phối hợp mô hình; dựng hình 3D; thực hiện bản vẽ thi công; diễn họa biện pháp thi công;

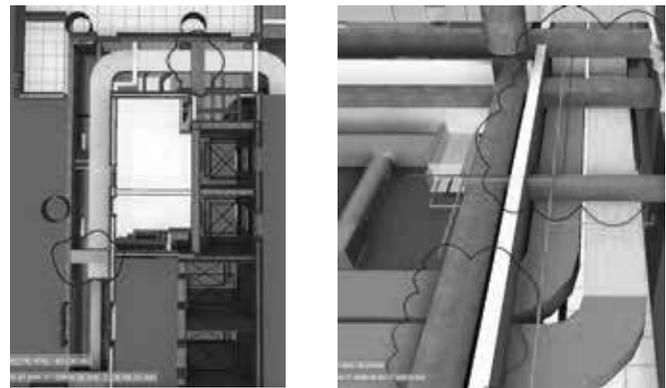
trích xuất khối lượng... Các loại hình dự án chủ đạo là "Thiết kế-Đấu thầu-Thi công" (43%) và "Thiết kế-Thi công" (41%).

Bảng 7. Số lượng dự án nghiên cứu theo loại hình

Loại hình dự án	Số lượng dự án	Tỉ trọng
Thiết kế - Đấu thầu - Thi công	61	43%
Thiết kế - Thi công	58	41%
Đấu thầu	13	9%
Nghiên cứu	4	3%
Đào tạo	2	1%
Cuộc thi	2	1%
Tổng hợp	1	1%
Tổng cộng	141	100%

4.2. Hiệu quả quản lý chất lượng sản phẩm

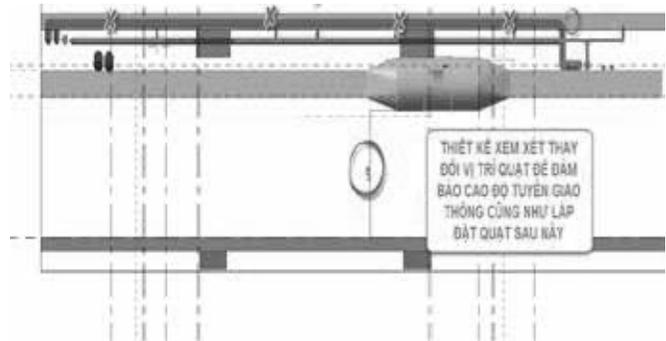
Việc thống kê các lỗi xảy ra trong từng dự án có áp dụng BIM là cơ sở quan trọng cho việc tính toán hiệu quả mà BIM mang lại.



Hình 2. Một lỗi và chạm điển hình giữa MEP và kết cấu



Hình 3. Kiểm tra thông thủy giao thông theo phương đứng



Hình 4. Va chạm giữa MEP và kết cấu khu vực tầng hầm

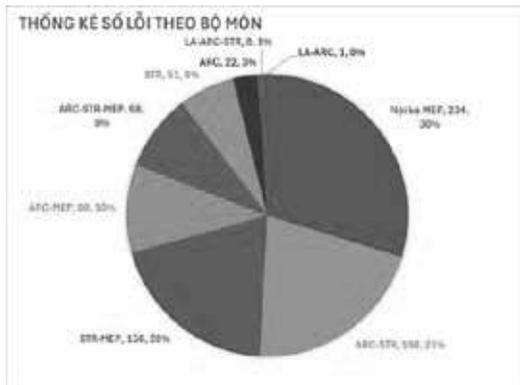
Trong danh sách 141 dự án nghiên cứu, chỉ có 12 dự án (có áp dụng BIM từ 2019 đến năm 2021) có đủ thông tin tính toán, tổng cộng tìm ra 786 lỗi và chạm giữa các bộ môn, dự án “Akari City” có số lượng lỗi cao nhất với 168 lỗi, chiếm 21.37%, tiếp đến là dự án “CR8 Phú Mỹ Hưng” với 119 lỗi, chiếm 15.14%, thứ 3 là dự án “Nhà cao tầng Le Phong” với 116 lỗi chiếm 14.76%.

Xét về đặc điểm của nguyên nhân gây ra lỗi, Coteccons phân loại ra lỗi theo 3 nguyên nhân: Lỗi do thiết kế, Lỗi do bản vẽ thiết kế và Lỗi do mô hình BIM 3D. Kết quả thống kê số lượng lỗi được trình bày theo bảng dưới:

Bảng 8. Bảng phân loại nguyên nhân lỗi

TT	Mã	Tính chất lỗi	Số lượng lỗi	Tỉ trọng
1	Design	Lỗi do thiết kế	268	34.1%
2	Drawing	Lỗi do bản vẽ thiết kế	249	31.7%
3	Model	Lỗi do mô hình BIM 3D	269	34.2%
Tổng cộng			786	100%

Về thống kê lỗi theo Bộ môn trong các dự án, các hệ thống Cơ điện (MEP) chiếm tỉ trọng cao nhất với gần 30% tổng số lỗi, Kiến trúc và Kết cấu chiếm hơn 20% và Kết cấu và MEP chiếm gần 20%.



Hình 5. Thống kê số lỗi theo bộ môn

Dựa trên giá trị ước tính về ngân sách sửa chữa và thời gian sửa chữa và chạm theo mức độ quan trọng từng va chạm ở Bảng 3, chi phí ước tính theo mức độ và số lượng các va chạm ở từng dự án được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 9. Chi phí ước tính tiết kiệm khi xử lý các lỗi trước thi công

Dự án	Chi phí theo Mức độ ảnh hưởng (triệu đồng)					Tổng cộng (triệu đồng)
	0	1	2	3	4	
AKARI CITY	-	2,5	300	910	7,875	9,087.5
THẢO ĐIỂN GREEN	-		62.5	665	5,400	6,127.5
TIMES SQUARE			12.5	35	5,175	5,222.5
LE PHONG CONDOMINIUM	-	25	162.5	1,785	2,850	4,822.5
PMH CR8	-	2.5	287.5	35	3,750	4,075
ANGSANA QUAN LAN	-				3,150	3,150
SEA STAR PHASE 2			12.5	70	3,000	3,082.5
TECHCOMBANK GIA LAM		5	62.5	735	1,500	2,302.5
GIA MINH HALONG			75	35	2,025	2,135
TTVH DIEN ANH				280	450	730
PHAN DANG LUU OFFICE			25	350	300	675
ECOPARK	-					-
Tổng cộng	-	35	1,000	4,900	35,475	41,410

Số ngày tiết kiệm được khi xử lý trước các lỗi theo mức độ ảnh hưởng từ 1 đến 4 theo kết quả tính toán ở Bảng 10.

Bảng 10. Số ngày tiết kiệm khi xử lý các lỗi trước khi thi công

Dự án	Mức độ ảnh hưởng					Tổng cộng (ngày)
	0	1	2	3	4	
AKARI CITY	0	1	36	78	525	640
ANGSANA QUAN LAN	0				210	210
ECOPARK	0					0
Gia Minh HaLong			9	3	135	147
Le Phong Condominium	0	10	19.5	153	190	372.5
PHAN DANG LUU OFFICE			3	30	20	53
PMH CR8	0	1	34.5	3	250	288.5
SEA STAR PHASE 2			1.5	6	200	207.5
TECHCOMBANK GIA LAM		2	7.5	63	100	172.5
Thảo Điền Green	0		7.5	57	360	424.5
Times Square			1.5	3	345	349.5
TTVH DIEN ANH				24	30	54
Tổng cộng	0	0	14	120	420	2,365

Thống kê 786 lỗi và chạm tại 12 dự án có BIM giai đoạn 2019-2021 cho thấy:

- Tiết kiệm tổng cộng hơn 41,4 tỷ VNĐ chi phí làm lại, sửa chữa, chậm trễ được tiết kiệm nhờ phát hiện và xử lý lỗi trước khi thi công..
- Tiết kiệm 2,365 ngày làm việc.
- BIM giúp giảm mạnh số lỗi nghiêm trọng (loại 4), đặc biệt ở các bộ môn Cơ điện (MEP), Kết cấu, Kiến trúc.

4.3. Chi phí đầu tư và cấu trúc ngân sách cho BIM

Tổng ngân sách đầu tư thực hiện mô hình hóa 3D, BIM tại 12 dự án hoàn thành thể hiện trong Bảng 11.

Bảng 11. Tổng hợp ngân sách cho BIM từ 2015 đến 2023

TT	Loại ngân sách	Tổng cộng (tỷ đồng)
1	Ngân sách nhân công	79,368,566,667
2	Ngân sách Phần mềm	163,873,950,000
3	Ngân sách CDE	3,905,000,000
4	Ngân sách Máy móc thiết bị	9,642,500,000
Tổng cộng		256,790,016,667



Hình 6. Tổng hợp ngân sách cho BIM theo năm tại Coteccons

Tỷ trọng phần mềm/nhân công trung bình 2,73 lần; nhân công/phần cứng 8,75 lần. Như vậy, chi phí phần mềm chiếm chủ đạo trong cơ cấu đầu tư BIM.

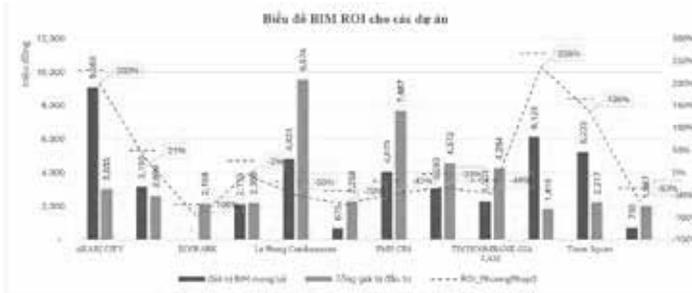
4.4. Hiệu quả kinh tế: Đánh giá ROI

Đánh giá hiệu quả BIM dựa trên công thức (1) và (2) cho các dự án đã đánh giá hiệu quả mang lại từ việc phối hợp BIM và tính toán ngân sách xây dựng mô hình 3D BIM. Kết quả phân tích ROI của 12 dự án được thể hiện Bảng số tổng hợp ROI các dự án

Bảng 12. Bảng tổng hợp ROI các dự án

TT	Dự án	ROI_PP1	ROI_PP2
1	AKARI CITY	300%	200%
2	ANGSANA QUAN LAN	121%	21%
3	ECOPARK	0%	-100%
4	GIA MINH HALONG	97%	-3%
5	LE PHONG CONDOMINIUM	50%	-50%
6	PHAN DANG LUU OFFICE	30%	-70%

TT	Dự án	ROI_PP1	ROI_PP2
7	PMH CR8	53%	-47%
8	SEA STAR PHASE 2	67%	-33%
9	TECHCOMBANK GIA LAM	54%	-46%
10	THẢO ĐIỂN GREEN	338%	238%
11	TIMES SQUARE	236%	136%
12	TTVH DIEN ANH	37%	-63%
ROI trung bình		115%	15%



Phân tích 12 dự án điển hình:

• ROI trung bình theo phương pháp Ham và cộng sự (2018): **115%**

• ROI trung bình theo phương pháp Azhar Salma và cộng sự (2011): **15%**

• 5 dự án đạt ROI >100% (Akari City, Thảo Điền Green, Times Square...), nhiều dự án khác đạt hiệu quả vừa phải.

• Dự án Ecopark không mang lại hiệu quả (bằng số) do không tìm thấy các va chạm, tuy nhiên việc ứng dụng BIM mang lại hiệu quả về việc diễn họa ý tưởng thiết kế, trình bày biện pháp thi công đặc biệt...

Tại dự án Nam Hội An, so sánh cách làm giữa BIM và phương pháp truyền thống được tổng hợp thông qua Bảng 13.

Bảng 13. So sánh cách làm giữa BIM và truyền thống

TT	Hiệu quả áp dụng	ĐVT	Truyền thống	BIM	Hiệu quả của BIM
1	Tổng hợp và bổ sung phương án	giờ/vị trí	8	2	Giảm 6h/vị trí
2	Điều chỉnh phương án	giờ/vị trí	16	5	Giảm 11h/vị trí
3	Đào đất và chỉnh sửa	giờ/vị trí	10.3	0.5	Giảm 9.8h/vị trí
4	Độ chính xác thi công	%	70%	95%	Hơn 25%
5	Khối lượng hao hụt	%	12%	3%	Giảm hao hụt 9%
6	Giao cắt (thời gian chỉnh sửa)	giờ/vị trí	8	0	Giảm 8h/vị trí

Qua đó cho thấy, việc áp dụng BIM sẽ giúp tiết kiệm thời gian trung bình 6-11 giờ/vị trí trong tổng hợp, điều chỉnh phương án, Độ chính xác thi công tăng từ 70% lên 95%, Khối lượng hao hụt giảm từ 12% xuống 3%.

4.5. Ưu điểm và nhược điểm khi triển khai BIM tại Coteccons

• **Ưu điểm:** Nâng cao khả năng lập kế hoạch ngân sách, kiểm soát chất lượng, phối hợp đa ngành, tăng năng suất lao động, giảm thiểu rủi ro và chi phí phát sinh, tạo tài sản kỹ thuật số giá trị lâu dài.

• **Nhược điểm:** Chi phí đầu tư lớn vào phần mềm/phần cứng/nhân sự; hạn chế về nhân lực chuyên môn (đặc biệt cơ điện, hạ tầng); quy trình dựng hình 3D vẫn còn thủ công, phụ thuộc vào kinh nghiệm; thiếu chính sách bắt buộc, thiếu động lực áp dụng toàn diện.

5. GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ ỨNG DỤNG BIM TẠI COTECCONS

Giải pháp về mô hình hóa 3D

• Tối ưu hóa chi phí đầu tư phần mềm, tận dụng các lựa chọn bản quyền linh hoạt, phối hợp thuê ngoài hợp lý.

• Đẩy mạnh hợp tác với các đơn vị thiết kế, trường đại học, phát triển nguồn nhân lực BIM chuyên sâu.

• Xây dựng công cụ hỗ trợ, add-in lập trình tích hợp nhằm tự động hóa/làm nhanh quy trình dựng hình.

Giải pháp quản lý chất lượng sản phẩm

• Tích hợp BIM vào quy trình quản lý chất lượng, kiểm soát chặt chẽ tại tất cả các giai đoạn.

• Tăng cường hợp tác giữa các nhóm thiết kế, thi công, vận hành.

• Xây dựng bộ tiêu chuẩn, tài liệu hướng dẫn, đào tạo nội bộ định kỳ về BIM.

Giải pháp đánh giá hiệu quả kinh tế

• Xây dựng hệ thống quản lý dự án tích hợp, theo dõi dữ liệu chi phí, tiến độ, năng suất.

• Ứng dụng công nghệ mới (tự động hóa, tiền chế, các hệ thống quản lý tích hợp) để tối ưu chi phí, nâng cao ROI.

• Liên tục cập nhật, phân tích dữ liệu dự án để cải tiến quy trình BIM, phổ biến rộng rãi áp dụng toàn doanh nghiệp.

6. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng BIM tại Coteccons là minh chứng cho tiềm năng to lớn của công nghệ này trong việc nâng cao hiệu quả quản lý dự án xây dựng. BIM không chỉ giúp tiết kiệm chi phí, thời gian, mà còn tăng năng suất, cải thiện chất lượng sản phẩm và giảm thiểu rủi ro. Tuy nhiên, để tối ưu hóa hiệu quả ứng dụng, cần giải quyết các thách thức liên quan đến chi phí đầu tư, phát triển nguồn nhân lực, tối ưu hóa quy trình, chuẩn hóa phương pháp đánh giá lợi ích kinh tế, cũng như thúc đẩy sự hợp tác đa ngành.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng để Coteccons cũng như các doanh nghiệp xây dựng Việt Nam xây dựng chiến lược BIM phù hợp, góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh, phát triển bền vững trong bối cảnh hội nhập quốc tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Project Management Institute, "A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)," A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Accessed: Jul. 07, 2025. [Online]. Available: <https://www.pmi.org/standards/pmbok>

[2]. N. Q. Duy, "Bộ Kế hoạch và Đầu tư - Cục phát triển doanh nghiệp - chuyên đề quản trị dự án," 2012.

[3]. T. Q. Phuong, Giáo trình quản lý dự án. NXB Đại học Kinh tế quốc dân, 2014.

[4]. H. Abdirad, "Metric-based BIM implementation assessment: a review of research and practice," Architectural Engineering and Design Management, vol. 13, no. 1, Taylor and Francis Ltd., pp. 52–78, 2017. doi: 10.1080/17452007.2016.1183474.

[5]. ISO 19650-2:2018, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) : information management using building information modelling. Part 2, Delivery phase of the assets. BSI Standards Limited, 2018.

[6]. Van Tam và cộng sự, "Factors affecting adoption of building information modeling in construction projects: A case of Vietnam," Cogent Business and Management, vol. 8, no. 1, 2021, doi: 10.1080/23311975.2021.1918848.

[7]. Ham Namhyuk và cộng sự, "Economic Analysis of Design Errors in BIM-Based High-Rise Construction Projects: Case Study of Haeundae L Project," J Constr Eng Manag, vol. 144, no. 6, Jun. 2018, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0001498.

[8]. Lina Gharaibeh, "Quantifying BIM investment value a systematic review," 2023, [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4439297>

[9]. Azhar Salma và cộng sự, "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry," Jun. 2011.

Nghiên cứu ứng dụng BIM vào đánh giá công trình xanh tại Việt Nam hiện nay

Application of BIM in Green Building Assessment in Vietnam

> NGUYỄN THẾ ANH

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
Email: Ntanh@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung phân tích quy trình, đánh giá những thuận lợi và thách thức khi ứng dụng BIM trong đánh giá công trình xanh (CTX) tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy BIM mang lại nhiều lợi ích như: hỗ trợ so sánh hiệu suất năng lượng, lựa chọn vật liệu bền vững, tính toán và mô phỏng sử dụng năng lượng tự nhiên, tối ưu hệ thống cấp và thoát nước, tái sử dụng nước xám, phân tích thông gió, và tối ưu ánh sáng tự nhiên. Tuy vậy, việc ứng dụng BIM vào đánh giá CTX vẫn bị cản trở bởi nhiều yếu tố như: thiếu hệ thống tiêu chuẩn, hạn chế về phần mềm chuyên dụng, khó khăn trong việc lựa chọn phần mềm và thiết lập thông số, cũng như sự không đồng nhất về định dạng dữ liệu... Để nâng cao hiệu quả ứng dụng BIM trong đánh giá công trình xanh, cần có sự phối hợp giữa các bên nhằm từng bước khắc phục các rào cản hiện tại, hướng tới phát triển bền vững trong ngành Xây dựng Việt Nam.

Từ khóa: BIM, đánh giá công trình xanh, xây dựng bền vững.

ABSTRACT

This study focuses on analyzing the process and identifying the advantages and difficulties when using BIM in GBA in Vietnam. The results show that applying BIM gives many benefits, such as helping to compare energy performance, choose sustainable materials, calculate and simulate natural energy use, optimize water supply and drainage systems, reuse greywater, analyze ventilation, optimize natural light... However, there are still many barriers such as the lack of standards, limited specialized software, difficulty in choosing the right tools and setting technical parameters, inconsistent data formats... To improve the effectiveness of BIM in green building assessment, cooperation among stakeholders is needed to overcome these barriers and support sustainable development in the Vietnamese construction industry.

Keywords: BIM, green building assessment, sustainable construction.

1. TỔNG QUAN

Hiện nay mô hình thông tin công trình (BIM) đã và đang chứng minh được vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng suất và chất lượng của các dự án xây dựng và được ứng dụng rộng rãi trên toàn thế giới, bao gồm cả Việt Nam. Tuy nhiên, việc tích hợp BIM vào các hoạt động xây dựng bền vững, đặc biệt là trong công tác đánh giá CTX vẫn còn gặp nhiều khó khăn và hạn chế. Trên thế giới, nhiều nghiên cứu gần đây đã xem xét đến những lợi ích và khó khăn của việc áp dụng BIM để đánh giá CTX theo các tiêu chí khác nhau. [1] đã chỉ ra rằng BIM giúp tối ưu hóa quy trình thiết kế và quản lý CTX thông qua việc sử dụng mô hình 3D. Điều này không chỉ giảm thiểu thời gian thiết kế mà còn cải thiện hiệu quả quản lý dự án bằng cách cung cấp dữ liệu đa chiều và khả năng tương tác giữa các bên liên quan trong dự án.

Sự kết hợp BIM và một hệ thống đánh giá CTX phổ biến như Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) đã được đề cập đánh giá trong [2]. Nghiên cứu này đã xem xét tới ứng dụng công nghệ máy chủ BIM triển khai trên đám mây (cloud-BIM) và giải pháp phần mềm dưới dạng dịch vụ SaaS (Software as a Service); từ đó đề xuất một phương thức mới để các bên có thể tận dụng công nghệ vượt qua các hạn chế về khả năng giao tiếp của máy tính

truyền thống để triển khai các dự án bền vững LEED một cách hiệu quả. Bên cạnh đó, [3] [4] đã đánh giá một vài khó khăn khi áp dụng BIM kết hợp đánh giá CTX như định dạng dữ liệu không đồng nhất, quyền sở hữu không rõ ràng, đào tạo BIM khó khăn cho các bên liên quan... Những khó khăn này có thể khắc phục được với sự phát triển của khoa học kỹ thuật và việc sử dụng BIM tích hợp các tiêu chí xanh có thể được áp dụng từ giai đoạn tiền xây dựng đến giai đoạn sau xây dựng các tòa nhà xanh; điều này sẽ giúp đưa ra các quyết định thiết kế phù hợp với tiêu chí bền vững và tiết kiệm chi phí trong vòng đời dự án.

Tại Việt Nam những năm gần đây BIM và CTX cũng đang được triển khai rộng rãi nhưng chưa có nhiều nghiên cứu trình bày về sự kết nối giữa chúng. Trong [5], tác giả Ngô Ngọc Trí và cộng sự đã nghiên cứu sử dụng BIM kết hợp công cụ phân tích năng lượng đám mây (Autodesk Insight, Green Building Studio) để mô phỏng sơ bộ ảnh hưởng của các lớp vỏ đến năng lượng công trình, kết quả cho thấy khi sử dụng BIM cho phương án thiết kế giảm 5.66% chi phí điện với phương án gốc. [6] thông qua khảo sát ý kiến chuyên gia đã chỉ ra rằng việc áp dụng BIM vào phân tích CTX tại một số dự án cụ thể đang có nhiều khó khăn (42.64%) hơn so với thuận lợi (26.72%) dẫn tới các bên tham gia chưa sẵn sàng cho mô hình BIM

tích hợp các tiêu chí xanh ngay từ giai đoạn chuẩn bị dự án. Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu những hiệu quả, khó khăn khi áp dụng BIM vào đánh giá CTX tại Việt Nam nhằm đưa ra giải pháp nâng cao hiệu quả của chúng trong các dự án xây dựng trong thời gian tới.

2. BIM VÀ CÔNG TRÌNH XANH

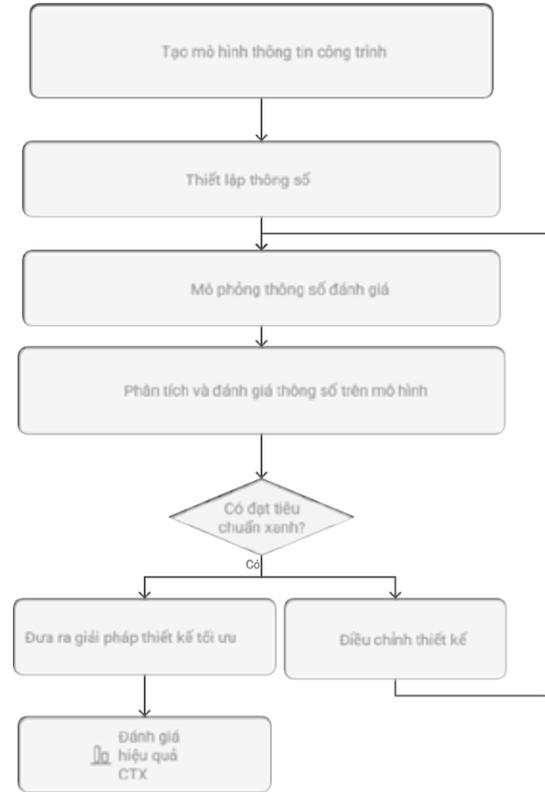
Hiệu quả, khó khăn khi áp dụng BIM với các cấp độ BIM 3D, BIM 4D và BIM 5D trong các dự án xây dựng tại Việt Nam đã được tác giả phân tích và trình bày trong [7]. Gần đây, sự cấp thiết áp dụng BIM thể hiện rõ khi Thủ tướng Chính phủ ký Quyết định 258/QĐ-TTg phê duyệt lộ trình áp dụng BIM và nhà nước ban hành bộ tiêu chuẩn quốc gia TCVN 14177:2024 về tổ chức và số hóa thông tin công trình xây dựng, đặc biệt tập trung vào mô hình hóa thông tin công trình.

CTX là công trình được thiết kế, xây dựng và vận hành nhằm sử dụng hiệu quả tài nguyên và giảm thiểu tác động đến môi trường cũng như sức khỏe con người [8]. Hiện nay, các CTX được đánh giá theo các hệ thống khác nhau ở trên thế giới. Tại Việt Nam, phổ biến là Lotus của VGBC - Việt Nam, Leed của USGBC - Hoa Kỳ và EDGE của IFC - World bank. Điểm chung các hệ thống là đều tập trung vào việc giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và cải thiện chất lượng sống cho người sử dụng. Ví dụ, Lotus đánh giá các công trình dựa trên các tiêu chí chính như: Năng lượng (E), nước (W), nạt liệu (MR), môi trường và tiện nghi (HC), địa điểm và hệ sinh thái (SE), quản lý vận hành (Man).

Theo [6], quy trình ứng dụng BIM vào CTX phải phù hợp với hệ thống đánh giá, đối với Lotus/Leed, quy trình được [6] đề xuất như trong Hình 1. Với quy trình này, người dùng sẽ có 2 khó khăn cần đối mặt là xác định thông số đánh giá tiêu chí xanh bằng mô hình và lựa chọn phần mềm phân tích năng lượng.

Hầu hết các kiến trúc sư và kỹ sư (AEC) đều mong muốn dùng 1 phần mềm để thực 2 nhiệm vụ là mô hình hóa (MHH) và phân tích chỉ tiêu (PTCT) nhằm đơn giản quá trình cũng như giảm chi phí và thời gian. Nhưng thực tế, thường bắt buộc kết hợp một công cụ

MHH và một (hoặc nhiều) công cụ PTCT có thể tích hợp vào mô hình. Điều này là do các phần mềm sở hữu cả tính năng MHH và PTCT có chi phí cao, sử dụng phức tạp (như AECosim Building Design) hoặc không chuyên sâu khi phân tích (Autodesk Revit)... Bảng 1 trình bày các phần mềm PTCT phổ biến trên thế giới những năm gần đây.



Hình 1. Quy trình tổng thể ứng dụng BIM vào đánh giá CTX.

Bảng 1. Các phần mềm phân tích năng lượng phổ biến

Phần mềm	MHH	PTCT	Tích hợp BIM	Yêu cầu cấu hình	Miễn phí	Không phổ biến ở VN
Autodesk Revit	X	X	X			
Autodesk Insight		X	X	X		
Green Building Studio		X	X	X		
Design Builder		X	X	X		
eQUEST		X			X	X
IES VE		X	X	X		X
BIM Energy		X	X			X
AECosim Building Designer	X	X	X	X		X

Việc lựa chọn tiêu chí đánh giá thông qua mô hình BIM phụ thuộc nhiều vào hệ thống đánh giá và mục tiêu định nghĩa CTX của dự án. Ví dụ hệ thống Lotus có nhiều mức độ đánh giá CTX được định nghĩa khác nhau, dự án có thể lựa chọn các tiêu chí tiên quyết (số lượng ít) hoặc hướng tới mục tiêu cao hơn với nhiều tiêu chí đầy đủ hơn. Hơn nữa, nhiều thông số có thể thông qua BIM để tính toán định lượng nhưng có những tiêu chí khó đánh giá thông qua mô hình mà cần trực quan của người thiết kế cũng như người đánh giá như H-PR-1, Man-PR-1, Man-PR-2. Do đó, để quá trình ứng dụng BIM vào đánh giá CTX

được thuận lợi, các bên tham gia cần có cách tiếp cận và thống nhất ngay từ lúc đầu để lựa chọn các thông số sẽ đánh giá thông qua mô hình từ đó thiết kế mô hình đầy đủ các yêu cầu.

3. KẾT QUẢ

3.1. Hiệu quả

Kết quả cho thấy khi thực hiện mô phỏng với BIM, các AEC có thể so sánh hiệu suất năng lượng của các phương án thiết kế khác nhau, từ đó đưa ra các quyết định thiết kế tối ưu (Hình 2.a), kết luận này tương tự [5] khi BIM cho phương án thiết kế

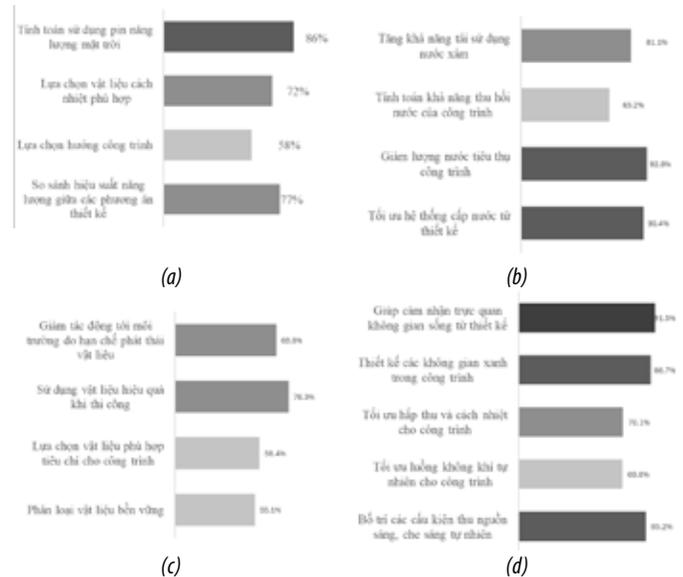
giảm 5.66% chi phí điện với phương án gốc. Hình 2 cũng chỉ ra rằng khả năng mô phỏng và phân tích hiệu suất năng lượng của BIM từ giai đoạn thiết kế ban đầu sẽ giúp đưa ra các quyết định sáng suốt, đảm bảo tiêu chí về đánh giá năng lượng. 58.4% chuyên gia cho rằng BIM cũng giúp xác định hướng công trình tối ưu để tận dụng tối đa ánh sáng tự nhiên, giảm nhu cầu sử dụng hệ thống chiếu sáng, 72.2% đồng ý rằng việc lựa chọn vật liệu cách nhiệt hiệu quả và thiết kế hệ thống HVAC phù hợp cũng được hỗ trợ bởi BIM và 86% cho rằng thiết kế mô hình giúp họ dễ dàng tính toán vị trí, diện tích bố trí phù hợp trong thiết kế cho các loại năng lượng tái tạo như tấm pin năng lượng mặt trời. Dựa vào đó chúng ta có thể kết luận BIM dễ dàng đánh giá và đảm bảo các tiêu chí năng lượng CTX.

BIM MEP cho phép mô phỏng, tính toán lưu lượng và nhu cầu nước, hỗ trợ lựa chọn thiết bị tiết kiệm và tối ưu hệ thống cấp giúp giảm đáng kể mức tiêu thụ nước trong công trình, điều này thể hiện rõ qua sự nhất trí cao của các chuyên gia (92.8%, Hình 2.b) và cũng tương tự kết quả của các nghiên cứu trước đó [9]. Ngoài ra 65.2% ý kiến cũng đồng ý BIM hỗ trợ mô hình hệ thống thu gom và tái sử dụng nước mưa, giúp phân tích nhiều tham số như diện tích mái, lượng mưa, nhu cầu tiêu thụ để tính toán tiềm năng thu nước mưa từ công trình nhằm đảm bảo tiêu chí tái sử dụng nước xám phù hợp với Lotus hay Leed [9] [10].

Về tiêu chí vật liệu (MR), 58.4% chuyên gia nhận định BIM giúp lựa chọn các vật liệu bền vững từ khâu thiết kế do có thể liên kết với các cơ sở dữ liệu chứa thông tin về tác động môi trường của vật liệu. Tuy nhiên, 41.6% còn lại cho rằng, tại Việt Nam sự hỗ trợ của BIM trong trường hợp này là không cao khi các cơ sở dữ liệu về vật liệu còn hạn chế. Mặt khác, khả năng thống kê vật liệu chính xác [11], phát hiện và giải quyết các xung đột trong giai đoạn thiết kế [7] [12] của BIM giúp giảm yêu cầu làm lại trong thi công, tránh gây ra lãng phí vật liệu, ảnh hưởng tới môi trường từ đó đảm bảo tiêu chí MR từ giai đoạn hồ sơ (Hình 2.c).

Báo cáo năm 2024 của WalterAEC (Mỹ) về vai trò BIM trong phát triển bền vững cho thấy BIM có thể mô phỏng và phân tích luồng ánh sáng tự nhiên trong không gian, tối ưu hóa vị trí cấu kiện lấy sáng (cửa, cửa sổ, giếng trời) và các thiết bị che nắng để giảm nhu cầu chiếu sáng nhân tạo. Nó cũng hỗ trợ mô phỏng luồng không khí và thông gió để đảm bảo chất lượng không khí trong nhà, giảm phụ thuộc vào hệ thống thông gió nhân tạo. Hơn nữa, phản ứng nhiệt của công trình cũng có thể được mô phỏng để tối ưu hóa khả năng cách nhiệt, giảm sự thất thoát nhiệt mùa lạnh hoặc hấp thụ nhiệt mùa nóng giúp cải thiện cảm giác người sử dụng. Tại Việt Nam các chuyên gia BIM đồng ý với các quan điểm này (Hình 2.d). Điều này cho thấy, khả năng mô phỏng tiên tiến của BIM cho phép các nhà thiết kế đánh giá hiệu suất môi trường của thiết kế một cách toàn diện và chính xác, dẫn đến các giải pháp công trình xanh tối ưu hóa đảm bảo tiêu chí đánh giá về môi trường.

Đối với hai tiêu chí hệ sinh thái (SE) và quản lý (Man), [13] đã chỉ ra rằng bằng cách tích hợp với các công cụ LCA (Life Cycle Assessment), BIM cho phép hiểu toàn diện về tác động môi trường của một dự án trong suốt vòng đời của nó, từ đó cung cấp hỗ trợ đánh giá hiệu quả đối với các tiêu chí. Mặc dù vậy, hơn 80.4% AEC được khảo sát trong nghiên cứu này còn phân vân bởi các thông số về các tiêu chí này được đánh giá là khó phân tích và xếp loại trực tiếp bằng các chỉ số định lượng trên mô hình mà cần sự đánh giá trực quan từ các bên liên quan.



Hình 2. Mức độ đồng ý (%) của khảo sát chuyên gia về tác dụng của BIM với tiêu chí năng lượng công trình E (a), nước W (b), vật liệu bền vững MR (c) và môi trường tiện nghi (HC) (d).

3.2. Khó khăn

Việc áp dụng BIM vào đánh giá CTX mang lại nhiều lợi ích nhưng cũng đi kèm với không ít thách thức, rào cản. Khó khăn lớn nhất mà các bên AEC nhận định đó là thiếu tiêu chuẩn và hướng dẫn liên quan tới vận dụng BIM vào đánh giá công trình xanh (Bảng 2). Ý kiến này phản ánh rõ thực tế tại Việt Nam hiện nay khi các tiêu chuẩn, hướng dẫn hiện hành như TCVN 14177:2024, ISO 19650 chưa đề cập đến các yếu tố bền vững hay quy trình, tiêu chí cụ thể dẫn đến việc áp dụng BIM vào quy trình đánh giá CTX dự án còn nhiều hạn chế.

Hiện nay, thị trường thiếu các phần mềm BIM chuyên dụng phục vụ cho việc thiết kế và quản lý CTX; việc cần sử dụng quá nhiều công cụ để phân tích, mô phỏng các tiêu chí bên cạnh một công cụ mô hình hóa gây rất nhiều khó khăn cho các bên kỹ sư, kiến trúc sư (Bảng 2). Ngoài ra, vấn đề này cũng là một trong những nguyên nhân làm tăng chi phí đầu tư vào phần mềm, máy tính, đào tạo ảnh hưởng tới động lực của các doanh nghiệp, chủ đầu tư và cơ quan quản lý khi lo ngại về tương quan giữa chi phí và lợi ích đem lại chưa thực sự rõ ràng để phải thay đổi so với phương thức truyền thống. Bên cạnh đó, sự thiếu thống nhất trong định dạng dữ liệu và khả năng tương thích hạn chế giữa các phần mềm khác nhau đã tạo ra rào cản đáng kể trong việc chia sẻ và quản lý dữ liệu một cách hiệu quả. Hệ quả là quá trình ra quyết định trở nên thiếu đồng bộ và chậm trễ, ảnh hưởng trực tiếp đến việc lựa chọn vật liệu và giải pháp thiết kế nhằm đáp ứng các tiêu chí CTX một cách tối ưu.

Theo [14], một trong những thách thức khi áp dụng BIM vào đánh giá CTX là việc lựa chọn các thông số phù hợp để phân tích. Hơn nữa, mỗi loại thông số có thể yêu cầu một công cụ phân tích chuyên biệt, dẫn đến việc lựa chọn không phù hợp sẽ làm giảm hiệu quả của quy trình đồng thời làm gia tăng khó khăn trong việc lựa chọn phần mềm đã nêu trước đó.

Cuối cùng, một rào cản đáng kể hạn chế việc áp dụng rộng rãi mô hình thông tin công trình (BIM) trong các dự án CTX là sự khác biệt về mức độ quan tâm, mức độ sẵn sàng, kỳ vọng, cũng như kiến thức và kỹ năng liên quan đến BIM giữa các bên liên quan. Sự không đồng đều này dẫn đến những mâu thuẫn trong quá trình ra quyết định, làm giảm tính phối hợp và hiệu quả hợp

tác giữa các bên. Từ đó ảnh hưởng tiêu cực đến cam kết triển khai BIM trong các dự án CTX tại Việt Nam. Cụ thể, chỉ 10,3% ý kiến cho biết công ty họ đã sẵn sàng triển khai BIM vào CTX, trong khi tới 89,7% còn phân vân. Đồng thời, 71% không chắc

chắn liệu công ty mình có nhận thức được lợi ích từ việc áp dụng BIM trong trường hợp này hay không. Điều này cho thấy mức độ sẵn sàng và kỳ vọng giữa các bên liên quan còn rất khác biệt.

Bảng 2. Các khó khăn cản trở AEC áp dụng BIM vào đánh giá CTX.

STT	Rào cản áp dụng BIM vào CTX	Đồng ý (%)	Không đồng ý (%)	Phân vân (%)
1	Chưa có tiêu chuẩn hướng dẫn	100	0	0
2	Khó khăn trong việc lựa chọn thông số đưa vào phân tích	85.1	0	14.9
3	Khó khăn trong việc lựa chọn phần mềm mô hình hóa	65.3	12.5	22.2
4	Khó khăn trong việc lựa chọn công cụ phân tích thông số	75.2	3	21.8
5	Không có định dạng dữ liệu thống nhất/ không tương thích giữa các phần mềm	61.3	24.7	14
6	Có thể phải sử dụng quá nhiều phần mềm, công cụ phân tích	82.3	0	17.7
7	Chi phí bỏ ra cao so với phương pháp truyền thống	29.3	62.1	8.6
8	Thiếu sự phối hợp giữa các bên /có bên không sẵn lòng áp dụng BIM	54.7	40.2	5.1
9	Thiếu tài nguyên (máy tính, nhân lực...)	20.3	45.5	34.2
10	Công ty đã thấy được lợi ích khi áp dụng BIM vào CTX	14.5	14.5	71
11	Công ty đã sẵn sàng áp dụng BIM vào CTX	10.3	0	89.7

4. KẾT LUẬN VÀ THẢO LUẬN

Bài báo này thông qua việc phân tích lợi ích và thách thức BIM trong quy trình đánh giá CTX cho thấy mặc dù có những thiếu sót ở giai đoạn hiện tại nhưng BIM đem lại những lợi ích và cải tiến tiềm năng đáng kể cho thiết kế, xây dựng và quản lý các dự án xanh. Việc đạt được các chứng nhận CTX là một quá trình phức tạp, đòi hỏi nhiều tài liệu, xác minh và BIM là một sự hỗ trợ hiệu quả khi giúp đơn giản hóa đáng kể quá trình này. Thông qua đó nghiên cứu hướng tới mục đích thúc đẩy, khuyến khích các bên AEC vượt qua những rào cản để tăng cường việc sử dụng BIM tại các dự án xanh tại Việt Nam trong giai đoạn tới.

Ngoài những đóng góp đã đề cập ở trên, nghiên cứu này cũng có một số hạn chế như số lượng chuyên gia BIM tham gia khảo sát còn hạn chế, không đồng đều tất cả các bên trong dự án, các mô phỏng trong dự án thực tế còn hạn chế do điều kiện triển khai chưa cho phép...; những hạn chế này sẽ được khắc phục trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. N. K. N. M. A. Yu Cao, "Green Building Construction: A Systematic Review of," Buildings, vol. 12, p. 1025, 2022.
- [2]. R. I. Wei W, " Leveraging cloud-BIM for LEED Automation," Electronic Journal of Information Technology in Construction, 2012.
- [3]. B. Huang, J. Lei, F. Ren, Y. Chen, Q. Zhao, S. Li and Y. Lin, "Contribution and obstacle analysis of applying BIM in promoting green buildings," Journal of Cleaner Production, vol. 278, 2021.
- [4]. K. Guo, Q. Li, L. Zhang and X. Wu, "BIM-based green building evaluation and optimization: A case study," Journal of Cleaner Production, vol. 320, 2021.
- [5]. N. N. Trí, "Phân tích năng lượng trong tòa nhà sử dụng mô hình thông tin công trình hướng đến sự bền vững," Tạp chí Khoa học & CN - Đại học Đà Nẵng, 2020.
- [6]. P. L. N.V.Đào, "Ứng dụng mô Hình thông tin công trình trong thiết kế công trình xanh theo tiêu chuẩn LEED và Lotus," Vietnam journal of construction, vol. 6, 2018.
- [7]. N. T. Anh, "Effectiveness of building information modelling (bim) for small and medium construction buildings in Viet Nam," Journal of materials & construction, 2022.
- [8]. "www.vgbc.vn," Hội đồng công trình xanh Việt Nam, 2025. [Online].

[9]. C. Z. Y. G. M. O. a. P. D. Zhen Liu, "ABuilding Information Modelling (BIM) based Water Efficiency (BWe) Framework for Sustainable Building Design and Construction Management," Electronics , vol. 8, p. 599, 2019.

[10]. A. Maqsoom, B. Aslam, S. Ismail, M. Thaheem, F. Ullah, H. Zahoor, M. Musarat and N. Vatin, "Assessing Rainwater Harvesting Potential in Urban Areas: A Building Information Modelling (BIM) Approach," Sustainability, vol. 13, p. 12583, 2021.

[11]. G. Johansen, "ICS Project: Cost estimating and BIM," ICIS International construction information society , 2018.

[12]. N. T. T. Đan and N. H. Năng, "Ứng dụng mô hình thông tin công trình trong thiết kế công trình hiện nay (BIM)," Tạp chí Kiến trúc, vol. 12, 2018.

[13]. P. A. F. J. V. L. S. Angeliki Kyli, "Integration of Building Information Modelling (BIM) and Life Cycle Assessment (LCA) for sustainable constructions," urnal of Sustainable ,Vol. 4, No. 13, 2015.

[14]. G. H. H. & C. L. Meng, "The application obstacles of BIM technology in green building project and its key role path analysis.," Scientific reports, 14(1), 30330. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81360-8>, 2024.

Ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý tiến độ và chi phí phân ngầm công trình cao tầng

Application of building information modeling (BIM) for Schedule and cost management of Underground works in high-rise buildings

> THS PHAN DUY NAM¹, PGS.TS NGUYỄN ANH TUẤN²

¹Công ty Cổ phần xây dựng Central; Email: namphd77@gmail.com

²Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM; Email: tuanna@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu quả ứng dụng công nghệ mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý tiến độ và chi phí thi công phân ngầm công trình cao tầng. Mục tiêu là xác định mức độ cải thiện về tiến độ thi công và kiểm soát chi phí thông qua việc ứng dụng BIM 4D và BIM 5D tại các dự án thực tế do Công ty Cổ phần xây dựng Central triển khai. Phương pháp nghiên cứu kết hợp tổng hợp tài liệu lý thuyết, phân tích thực trạng quản lý theo phương pháp truyền thống và khảo sát ứng dụng BIM trong dự án thực tế. Dữ liệu thu thập bao gồm hồ sơ dự án, báo cáo tiến độ và chi phí thi công, cùng với việc sử dụng phần mềm BIM như Autodesk Revit và Tekla Structure để mô hình hóa và phân tích. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc ứng dụng BIM giúp rút ngắn thời gian thi công phân ngầm trung bình 15%, tương đương 45 ngày trên tổng thời gian 300 ngày, đồng thời giảm chi phí phát sinh gần 47% so với phương pháp truyền thống. Ngoài ra, BIM còn nâng cao khả năng phối hợp giữa các bên liên quan và minh bạch thông tin dự án, góp phần giảm thiểu sai sót và tranh chấp. Kết luận nghiên cứu khẳng định giá trị thiết thực của BIM trong việc nâng cao hiệu quả quản lý tiến độ và chi phí thi công phân ngầm công trình cao tầng, đồng thời đề xuất áp dụng rộng rãi BIM trong ngành Xây dựng Việt Nam nhằm tối ưu hóa nguồn lực và nâng cao năng lực cạnh tranh.

Từ khóa: BIM, quản lý tiến độ, quản lý chi phí, công trình cao tầng, phân ngầm.

ABSTRACT

This research paper aims to evaluate the effectiveness of Building Information Modeling (BIM) technology in managing the schedule and cost of underground construction works in high-rise buildings. The primary objective is to determine the extent of improvement in construction progress and cost control through the application of BIM 4D and BIM 5D in real projects executed by Central Construction Joint Stock Company. The research methodology combines a literature review, analysis of traditional management practices, and an empirical study of BIM implementation in actual projects. Data collected include project documents, progress reports, and construction cost records, supported by BIM software such as Autodesk Revit and Tekla Structure for modeling and analysis. The findings reveal that applying BIM shortens the average construction duration of underground works by 15%, equivalent to 45 days out of a total 300-day schedule, while reducing cost overruns by nearly 47% compared to traditional methods. Moreover, BIM enhances coordination among stakeholders and increases project information transparency, contributing to reduced errors and disputes. The study concludes by affirming the practical value of BIM in improving schedule and cost management for underground construction in high-rise buildings and recommends its widespread adoption in Vietnam's construction industry to optimize resources and strengthen competitive capacity.

Keywords: BIM (Building Information Modeling), Schedule management, cost management, high-rise buildings, underground works.

1. GIỚI THIỆU

Mô hình thông tin công trình (BIM) đã trở thành một trong những công nghệ trọng yếu và tiên tiến nhất trong ngành Xây dựng hiện đại, góp phần đáng kể vào việc nâng cao hiệu quả quản lý dự án. Đặc biệt trong các công trình cao tầng với phân ngầm phức tạp,

việc kiểm soát tiến độ thi công và chi phí luôn là thách thức lớn đối với các nhà quản lý [1-3]. Việc ứng dụng BIM giúp mô phỏng, theo dõi và điều chỉnh các yếu tố thi công một cách chính xác, từ đó giảm thiểu sai lệch về tiến độ và phát sinh chi phí không mong muốn. Vì vậy, nghiên cứu ứng dụng BIM trong quản lý tiến độ và chi phí phân

ngầm công trình cao tầng là hết sức cần thiết nhằm nâng cao năng lực quản lý và tối ưu hóa nguồn lực thi công.

BIM được hiểu là một mô hình số hóa toàn diện, tích hợp thông tin hình học và phi hình học của công trình từ giai đoạn thiết kế đến vận hành, giúp các bên liên quan có thể phối hợp và trao đổi thông tin hiệu quả. Ứng dụng phổ biến của BIM bao gồm quản lý tiến độ (BIM 4D), quản lý chi phí (BIM 5D), phát hiện va chạm, và tối ưu hóa quy trình thi công [4, 5]. Các nghiên cứu quốc tế đã chứng minh BIM mang lại nhiều lợi ích như giảm chi phí, tiết kiệm thời gian, tăng năng suất và cải thiện chất lượng công trình [6]. Ở Việt Nam, mặc dù BIM đang được quan tâm và ứng dụng ngày càng nhiều. Tuy nhiên, việc áp dụng BIM một cách toàn diện và hiệu quả đặc biệt trong quản lý phần ngầm công trình cao tầng vẫn còn nhiều hạn chế và thiếu hụt nghiên cứu sâu sắc.

Bài báo tập trung giải quyết khoảng trống kiến thức về việc vận dụng BIM trong quản lý tiến độ và chi phí cho phần ngầm của công trình cao tầng tại thị trường Việt Nam, nơi mà các thách thức về kỹ thuật và quản lý còn nhiều phức tạp. Mục tiêu chính của nghiên cứu là đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng BIM trong cải thiện quản lý tiến độ và chi phí thi công phần ngầm, từ đó đề xuất các giải pháp nâng cao khả năng triển khai công nghệ này trong thực tế.

Nghiên cứu có phạm vi giới hạn trong các dự án phần ngầm thuộc công trình cao tầng, với dữ liệu thực tiễn thu thập từ Công ty Cổ phần xây dựng Central, kết hợp với việc tổng hợp các tài liệu, nghiên cứu quốc tế và trong nước từ năm 2015 đến 2024. Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần bổ sung lý luận mà còn cung cấp cơ sở thực tiễn để các doanh nghiệp xây dựng Việt Nam có thể áp dụng BIM hiệu quả hơn trong công tác quản lý thi công phần ngầm, hướng đến nâng cao năng lực cạnh tranh và phát triển bền vững ngành Xây dựng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

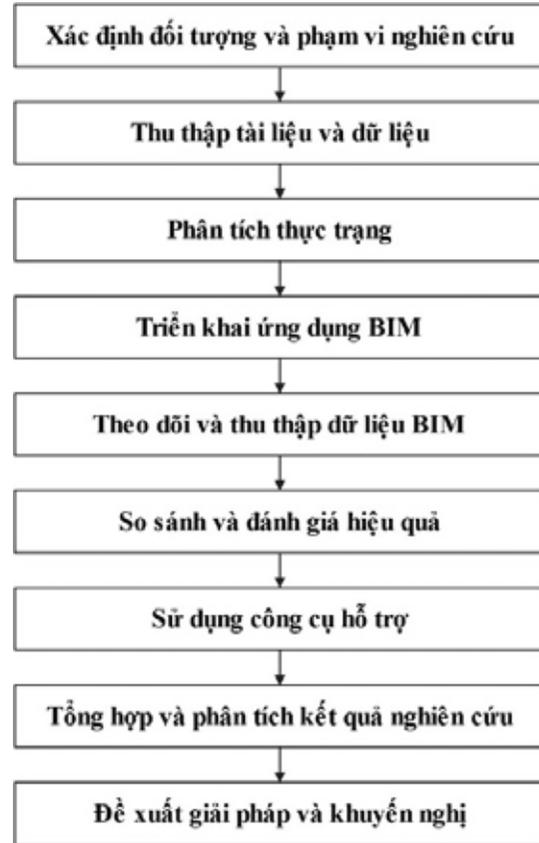
2.1. Lựa chọn vật liệu

Đối tượng nghiên cứu của bài báo là phần ngầm công trình cao tầng tại Công ty Cổ phần xây dựng Central, một trong những đơn vị tổng thầu thi công uy tín và có nhiều kinh nghiệm trong lĩnh vực xây dựng cao tầng tại Việt Nam. Các dự án phần ngầm tại Công ty có tính chất kỹ thuật phức tạp, đòi hỏi công tác quản lý tiến độ và chi phí phải chặt chẽ để đảm bảo chất lượng và hiệu quả thi công.

Dữ liệu nghiên cứu bao gồm hồ sơ dự án, báo cáo tiến độ và chi phí thi công được thu thập trực tiếp từ các dự án phần ngầm của Công ty Cổ phần xây dựng Central trong giai đoạn gần đây (Hình 1). Các báo cáo tiến độ cung cấp các chỉ số cụ thể như thời gian thực hiện từng hạng mục, tỷ lệ hoàn thành, tiến độ thực tế so với kế hoạch và nguyên nhân trễ tiến độ nếu có. Về mặt chi phí, dữ liệu gồm tổng chi phí thực tế phát sinh, chi phí dự toán ban đầu và các khoản phát sinh ngoài dự kiến. Bên cạnh đó, tài liệu tham khảo về ứng dụng BIM 4D trong quản lý tiến độ và BIM 5D trong quản lý chi phí được tổng hợp từ các nghiên cứu trong nước và quốc tế từ năm 2015 đến 2024, nhằm làm rõ nền tảng lý thuyết và các ứng dụng thành công của công nghệ BIM trong ngành Xây dựng.

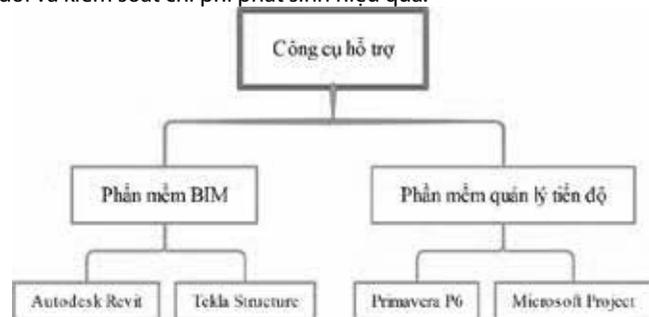
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được triển khai theo hướng tổng hợp giữa nghiên cứu lý thuyết và khảo sát thực tiễn (Bảng 1). Trước hết, tổng hợp tài liệu liên quan đến công nghệ BIM, tập trung vào BIM 4D và BIM 5D, nhằm xây dựng cơ sở lý luận vững chắc về ứng dụng BIM trong quản lý tiến độ và chi phí thi công công trình (Hình 1). Các nghiên cứu trước đây từ các thị trường phát triển được xem xét để làm rõ các lợi ích, hạn chế cũng như những bài học kinh nghiệm trong việc ứng dụng BIM [7, 8].



Hình 1. Quy trình nghiên cứu ứng dụng BIM

Tiếp theo, thực trạng quản lý tiến độ và chi phí của các dự án phần ngầm tại Công ty Cổ phần xây dựng Central được phân tích, so sánh giữa phương pháp quản lý truyền thống và phương pháp ứng dụng BIM. Việc khảo sát này bao gồm đánh giá các báo cáo tiến độ và chi phí trước và sau khi áp dụng BIM 4D và BIM 5D, nhằm xác định mức độ cải thiện về thời gian thi công và tiết kiệm chi phí. Cụ thể, BIM 4D được sử dụng để mô hình hóa tiến độ thi công kết hợp với dữ liệu thực tế, giúp cập nhật tiến độ theo thời gian thực, trong khi BIM 5D hỗ trợ tích hợp thông tin chi phí vào mô hình, giúp theo dõi và kiểm soát chi phí phát sinh hiệu quả.



Hình 2. Các ứng dụng thành công của công nghệ BIM

Công cụ chính trong nghiên cứu là các phần mềm BIM phổ biến như Autodesk Revit và Tekla Structure, được sử dụng để xây dựng mô hình 3D tích hợp thông tin thời gian và chi phí, đồng thời kết hợp với các phần mềm phân tích tiến độ như Primavera P6 và Microsoft Project nhằm đồng bộ hóa dữ liệu và đánh giá tiến độ dự án (Hình 2). Việc sử dụng đồng bộ các phần mềm này cho phép khai thác tối đa khả năng của BIM trong việc dự báo, theo dõi và điều chỉnh tiến độ cũng như quản lý ngân sách dự án một cách chính xác và hiệu quả.

Bảng 1. Phương pháp nghiên cứu trong ứng dụng BIM quản lý tiến độ và chi phí phần ngầm công trình cao tầng

Phương pháp	Mục đích	Mô tả chi tiết
Tổng hợp tài liệu lý thuyết	Xây dựng nền tảng lý luận và cập nhật kiến thức về BIM 4D và BIM 5D	Thu thập, phân tích các nghiên cứu quốc tế và trong nước, các bài báo khoa học, báo cáo kỹ thuật về BIM
Phân tích thực trạng quản lý	Đánh giá công tác quản lý tiến độ và chi phí theo phương pháp truyền thống	Khảo sát, phân tích dữ liệu tiến độ, chi phí từ các dự án phần ngầm tại Công ty Cổ phần Xây dựng Central
Ứng dụng BIM trong dự án thực tế	Triển khai BIM 4D và BIM 5D để mô hình hóa và quản lý tiến độ, chi phí thi công	Sử dụng phần mềm Autodesk Revit, Tekla Structure để xây dựng mô hình BIM và phần mềm Primavera P6, Microsoft Project để phân tích tiến độ
Thu thập và xử lý dữ liệu	Ghi nhận và xử lý dữ liệu tiến độ, chi phí thực tế từ dự án áp dụng BIM và phương pháp truyền thống	Thu thập dữ liệu từ báo cáo dự án, cập nhật tiến độ và chi phí theo thời gian thực, chuẩn hóa dữ liệu
So sánh và đánh giá hiệu quả	Đánh giá tác động của BIM trên tiến độ, chi phí và chất lượng quản lý	So sánh các chỉ số tiết kiệm chi phí, rút ngắn tiến độ, cải thiện phối hợp và minh bạch thông tin giữa hai phương pháp
Sử dụng công cụ phần mềm hỗ trợ	Hỗ trợ mô hình hóa, phân tích, và quản lý dự án	Áp dụng các phần mềm chuyên dụng như Autodesk Revit, Tekla Structure, Primavera P6, Microsoft Project
Tổng hợp kết quả và rút ra kết luận	Phân tích dữ liệu và đưa ra kết luận, đề xuất giải pháp	Phân tích tổng thể, đánh giá toàn diện, đề xuất hướng phát triển và giải pháp ứng dụng BIM hiệu quả hơn

Đánh giá hiệu quả ứng dụng BIM được thực hiện dựa trên các tiêu chí chính gồm: tỷ lệ tiết kiệm chi phí phát sinh so với dự toán ban đầu, mức độ rút ngắn tiến độ thi công so với kế hoạch và cải thiện chất lượng quản lý dự án, bao gồm tính minh bạch, độ chính xác của thông tin và khả năng phối hợp giữa các bên liên quan. Việc phân tích và so sánh các chỉ số này giúp bài báo đưa ra kết luận khách quan về giá trị thực tiễn của BIM trong quản lý tiến độ và chi phí phần ngầm công trình cao tầng, đồng thời đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ này trong ngành Xây dựng Việt Nam.

3. KẾT QUẢ

Phần kết quả nghiên cứu thể hiện rõ ràng những tác động tích cực của việc ứng dụng công nghệ BIM trong quản lý tiến độ và chi phí thi công phần ngầm công trình cao tầng, dựa trên dữ liệu thực tế thu thập được từ các dự án do Công ty Cổ phần xây dựng Central triển khai. Qua phân tích chi tiết, những con số cụ thể đã minh chứng cho hiệu quả vượt trội mà BIM mang lại so với phương pháp quản lý truyền thống, góp phần làm thay đổi căn bản cách thức quản lý và thi công trong ngành Xây dựng hiện nay.

Trước hết, về khía cạnh tiến độ thi công phần ngầm, việc áp dụng BIM 4D đã tạo nên bước tiến đáng kể trong việc kiểm soát và rút ngắn thời gian thi công. Bảng 2 trình bày sự so sánh giữa phương pháp truyền thống và phương pháp ứng dụng BIM 4D cho thấy, thời gian thi công thực tế phần ngầm khi sử dụng phương pháp truyền thống là 336 ngày, vượt 12% so với kế hoạch dự kiến là 300 ngày. Trong khi đó, dự án áp dụng BIM 4D đã rút ngắn đáng kể thời gian thi công xuống còn 255 ngày, giảm 15% so với dự kiến và thấp hơn tới 24,11% so với phương pháp truyền thống. Sự cải thiện này có thể giải thích bởi khả năng mô hình hóa chi tiết tiến độ thi công trong BIM, giúp các nhà quản lý dễ dàng nhận diện các điểm nghẽn, dự báo chính xác các vấn đề phát sinh và có các biện pháp điều chỉnh phù hợp kịp thời. Việc rút ngắn tiến độ không chỉ giúp đẩy nhanh tiến trình dự án mà còn giảm thiểu các chi phí liên quan đến thời gian như chi phí nhân công, máy móc thiết bị, chi phí quản lý và các khoản phạt do trễ tiến độ. Ngoài ra, sai số tiến độ giữa kế hoạch và thực tế cũng giảm mạnh từ 12% xuống còn 3%, cho thấy BIM nâng cao khả năng kiểm soát chính xác tiến độ thi công và giảm thiểu rủi ro trễ tiến độ.

Bảng 2. So sánh tiến độ thi công phần ngầm giữa phương pháp truyền thống và BIM 4D

Chỉ tiêu	Phương pháp truyền thống	Phương pháp ứng dụng BIM 4D	Giảm (%)
Thời gian dự kiến (ngày)	300	300	-
Thời gian thực tế (ngày)	336	255	24.11
Thời gian tiết kiệm (ngày)	-	45	15
Sai số tiến độ (%)	12	3	75

Về mặt chi phí thi công, BIM 5D cũng chứng minh được hiệu quả trong việc kiểm soát và tiết kiệm chi phí thi công phần ngầm. Theo Bảng 3, chi phí thực tế khi áp dụng phương pháp truyền thống vượt 15% so với chi phí dự toán, với chi phí thực tế là 11,5 tỷ đồng trên tổng dự toán 10 tỷ đồng. Ngược lại, khi ứng dụng BIM 5D, chi phí thực tế chỉ vượt khoảng 8%, đạt 10,8 tỷ đồng. Đáng chú ý, chi phí phát sinh ngoài dự toán đã giảm từ 1,5 tỷ đồng xuống còn 800 triệu đồng, tương đương mức giảm 46,67%. Tỷ lệ vượt chi phí cũng giảm tương ứng từ 15% xuống còn 8%, điều này phản ánh hiệu quả kiểm soát chi phí nhờ mô hình số hóa chi phí trong BIM, giúp tự động tính toán và theo dõi khối lượng, vật tư, và các khoản phát sinh liên quan một cách chính xác và kịp thời. Việc giảm chi phí phát sinh không chỉ tiết kiệm ngân sách cho chủ đầu tư mà còn hạn chế các xung đột phát sinh trong quá trình thanh toán, góp phần nâng cao uy tín và hiệu quả quản lý dự án.

Bảng 3. So sánh chi phí thi công phần ngầm giữa phương pháp truyền thống và BIM 5D

Chỉ tiêu	Phương pháp truyền thống	Phương pháp ứng dụng BIM 5D	Giảm (%)
Chi phí dự toán (triệu đồng)	10000	10000	-
Chi phí thực tế (triệu đồng)	11500	10800	6.09
Chi phí phát sinh (triệu đồng)	1500	800	46.67
Tỷ lệ vượt chi phí (%)	15	8	-

Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng tập trung đánh giá các yếu tố phi vật chất như khả năng phối hợp giữa các bên, tính minh bạch thông tin và hiệu quả trong việc phát hiện sớm các xung đột thiết kế. Bảng 4 tổng hợp các chỉ số cải thiện quản lý và phối hợp cho thấy sự tăng trưởng vượt bậc khi sử dụng BIM.

Bảng 4. Các chỉ số cải thiện quản lý và phối hợp giữa các bên

Chỉ tiêu	Phương pháp truyền thống	Phương pháp ứng dụng BIM	Mức cải thiện (%)
Tính minh bạch thông tin (%)	60	90	50
Khả năng phát hiện sớm xung đột (%)	40	85	112.5
Giảm tranh chấp và sai sót (%)	30	70	133.3
Mức độ phối hợp hiệu quả (%)	50	88	76

Tính minh bạch thông tin tăng từ 60% lên 90%, khả năng phát hiện sớm các xung đột thiết kế tăng hơn gấp đôi từ 40% lên 85%. Hơn thế nữa, tỷ lệ giảm tranh chấp và sai sót cũng tăng mạnh từ 30% lên 70%, góp phần tạo ra môi trường làm việc chuyên nghiệp, hạn chế các tranh cãi không đáng có trong quá trình thi công. Mức độ phối hợp hiệu quả giữa các bên tham gia dự án được cải thiện đáng kể, từ 50% lên 88%, thể hiện sự đồng bộ và hỗ trợ lẫn nhau trong mọi hoạt động của dự án nhờ sử dụng BIM làm nền tảng trao đổi thông tin chung.

Ngoài ra, tổng hợp các kết quả tiết kiệm thời gian và chi phí được thể hiện ở Bảng 5. Việc áp dụng BIM giúp tiết kiệm 45 ngày thi công phần ngầm,

tương đương 15% tổng thời gian dự kiến, đồng thời giảm 700 triệu đồng chi phí thực tế (6,09%), cùng mức giảm chi phí phát sinh cũng đạt con số ấn tượng 46,67%. Những con số này là minh chứng rõ nét cho hiệu quả về mặt kinh tế và kỹ thuật của BIM trong quản lý thi công phần ngầm.

Bảng 5. Tổng hợp tiết kiệm thời gian và chi phí do ứng dụng BIM

Loại tiết kiệm	Giá trị	Đơn vị	Mức độ (%)
Tiết kiệm thời gian	45	Ngày	15
Tiết kiệm chi phí	700	Triệu đồng	6.09
Giảm chi phí phát sinh	700	Triệu đồng	46.67

Nhìn chung, các kết quả trên đã khẳng định giá trị to lớn của BIM không chỉ ở khía cạnh kỹ thuật mà còn trong quản lý tổng thể dự án. Sự phối hợp chặt chẽ và minh bạch thông tin nhờ BIM đã giúp giảm thiểu rủi ro trong thi công, tránh được các sai sót kỹ thuật, đồng thời đẩy nhanh tiến độ và kiểm soát tốt chi phí. Điều này tạo nền tảng vững chắc cho các doanh nghiệp xây dựng, đặc biệt là tại Việt Nam, trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh, áp dụng công nghệ hiện đại và phát triển bền vững trong môi trường xây dựng ngày càng phức tạp và cạnh tranh.

Ngoài ra, nghiên cứu còn phát hiện rằng BIM giúp cải thiện đáng kể quá trình phối hợp và giao tiếp giữa các bên liên quan, từ chủ đầu tư, nhà thầu, tư vấn thiết kế đến các đơn vị thi công. Việc sử dụng một mô hình số hóa duy nhất làm trung tâm cho tất cả các hoạt động dự án giúp thông tin được cập nhật liên tục, chính xác và dễ dàng truy cập. Từ đó, giảm thiểu các xung đột không cần thiết và tranh chấp trong quá trình thực hiện dự án. Các dự án phần ngầm được triển khai trôi chảy hơn, giảm thiểu chi phí do gián đoạn và tăng khả năng hoàn thành đúng tiến độ.

4. THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã khẳng định rõ ràng vai trò quan trọng của công nghệ BIM trong việc nâng cao hiệu quả quản lý tiến độ và chi phí thi công phần ngầm công trình cao tầng. Việc áp dụng BIM giúp giảm đáng kể thời gian thi công đến 15% và tiết kiệm chi phí phát sinh lên đến gần 47%, điều này không chỉ góp phần cải thiện hiệu quả hoạt động của dự án mà còn gia tăng lợi ích kinh tế cho các bên liên quan. Ngoài ra, BIM còn đóng vai trò then chốt trong việc tăng cường phối hợp và minh bạch thông tin dự án, giúp các bên chủ đầu tư, tư vấn thiết kế và nhà thầu dễ dàng trao đổi, cập nhật dữ liệu theo thời gian thực, từ đó giảm thiểu sai sót và xung đột trong quá trình thi công.

So sánh với các nghiên cứu trước đây, kết quả của bài báo phù hợp với những phát hiện trong nhiều nghiên cứu quốc tế, như nghiên cứu của Azhar (2011) cho thấy BIM giúp giảm chi phí và thời gian dự án xây dựng từ 10% đến 20%, và nghiên cứu của Sacks et al. (2018) khẳng định BIM nâng cao khả năng phối hợp giữa các bên tham gia dự án. Ở Việt Nam, các nghiên cứu gần đây cũng nhận định BIM là công cụ hữu hiệu để giải quyết các thách thức trong quản lý dự án xây dựng phức tạp, tuy nhiên các ứng dụng vẫn còn hạn chế về mặt quy mô và mức độ tích hợp.

Tuy nhiên, việc triển khai BIM trong thực tế vẫn tồn tại một số ưu điểm và hạn chế. Ưu điểm lớn nhất là khả năng mô hình hóa chi tiết, tích hợp dữ liệu đa chiều giúp quản lý dự án chính xác và toàn diện hơn. Mặt khác, BIM còn giúp phát hiện xung đột thiết kế từ giai đoạn sớm, giảm thiểu sai sót kỹ thuật và tranh chấp phát sinh trong thi công. Song song đó, hạn chế về chi phí đầu tư ban đầu cho phần mềm và thiết bị, cùng với nhu cầu đào tạo chuyên sâu cho nhân sự vẫn là rào cản lớn. Thêm vào đó, việc tích hợp các phần mềm BIM với hệ thống quản lý hiện tại của các doanh nghiệp còn phức tạp và tốn thời gian, khiến việc ứng dụng BIM chưa thể rộng rãi và hiệu quả đồng bộ.

Trước những thách thức này, các giải pháp cần được triển khai bao gồm việc tăng cường đầu tư trang thiết bị công nghệ và đào tạo nhân lực bài bản để nâng cao năng lực chuyên môn về BIM. Đồng thời, các doanh nghiệp và tổ chức cần thúc đẩy hợp tác với các nhà phát triển phần mềm để tạo ra các giải pháp tích hợp linh hoạt, phù hợp với đặc thù của từng dự án và đơn vị. Ngoài ra, việc xây dựng khung pháp lý và

chính sách hỗ trợ áp dụng BIM từ phía cơ quan quản lý nhà nước sẽ tạo điều kiện thuận lợi hơn cho các doanh nghiệp tiếp cận và ứng dụng công nghệ này.

Tương lai của BIM tại Việt Nam được đánh giá rất tích cực nếu các giải pháp này được thực hiện hiệu quả. Việc mở rộng ứng dụng BIM không chỉ giúp nâng cao hiệu quả quản lý dự án mà còn thúc đẩy chuyển đổi số toàn diện trong ngành Xây dựng, góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia trong bối cảnh hội nhập sâu rộng. Nghiên cứu này đóng góp một góc nhìn thực tiễn và khoa học, làm nền tảng để tiếp tục nghiên cứu và phát triển BIM, đồng thời giúp các nhà quản lý và chuyên gia xây dựng có thêm cơ sở để triển khai hiệu quả hơn công nghệ tiên tiến này.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc ứng dụng công nghệ BIM trong quản lý tiến độ và chi phí thi công phần ngầm công trình cao tầng mang lại hiệu quả rõ rệt, với khả năng rút ngắn thời gian thi công trung bình 15% và giảm chi phí phát sinh lên đến gần 47%. Những kết quả này không chỉ thể hiện sự cải thiện về mặt kỹ thuật mà còn góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế của dự án, đồng thời giảm thiểu các rủi ro và sai sót trong quá trình thi công. Qua việc mô hình hóa chi tiết và tích hợp đa chiều thông tin, BIM giúp tăng cường tính minh bạch và phối hợp hiệu quả giữa các bên liên quan, từ đó góp phần cải thiện chất lượng quản lý tổng thể.

Giá trị của nghiên cứu không chỉ nằm ở việc chứng minh tính khả thi và hiệu quả của BIM trong điều kiện thực tiễn tại Việt Nam mà còn mở ra hướng đi mới cho ngành Xây dựng trong nước trong việc ứng dụng công nghệ tiên tiến. Đóng góp của BIM trong việc tối ưu hóa tiến độ, kiểm soát chi phí và nâng cao phối hợp dự án là minh chứng rõ ràng cho tầm quan trọng của công nghệ này trong quản lý xây dựng hiện đại.

Dựa trên kết quả nghiên cứu, cần khuyến nghị áp dụng rộng rãi BIM trong ngành Xây dựng Việt Nam như một công cụ quản lý thiết yếu, đặc biệt trong các dự án phức tạp như phần ngầm công trình cao tầng. Việc đầu tư vào đào tạo nhân lực và phát triển hạ tầng kỹ thuật cho BIM cần được ưu tiên nhằm tận dụng tối đa các lợi ích mà công nghệ này mang lại.

Hướng nghiên cứu tiếp theo nên tập trung vào việc phát triển các mô hình BIM tích hợp sâu hơn với các hệ thống quản lý dự án thông minh, cũng như mở rộng phạm vi ứng dụng sang các công đoạn vận hành và bảo trì công trình nhằm nâng cao vòng đời hiệu quả của dự án xây dựng. Đồng thời, nghiên cứu thực tiễn về khả năng ứng dụng BIM trong các loại hình công trình đa dạng và quy mô khác nhau cũng là cần thiết để hoàn thiện hơn nữa phương pháp quản lý xây dựng hiện đại tại Việt Nam. . .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen, T.A., P.T. Nguyen, and S.T. Do, Key Factors Affecting the Application of Building Information Management (BIM) in Management of High-Rise Building Construction Volume. Journal of Physics: Conference Series, 2021. 1783(1): p. 012089.
- [2]. Nguyen, T.-Q., E.C.W. Lou, and B.N. Nguyen, A theoretical BIM-based framework for quantity take-off to facilitate progress payments: the case of high-rise building projects in Vietnam. International Journal of Building Pathology and Adaptation, 2024. 42(4): p. 704-728.
- [3]. Huynh, Q.T., et al., Behavior of a Deep Excavation and Damages on Adjacent Buildings: a Case Study in Vietnam. Transportation Infrastructure Geotechnolgy, 2021. 8(3): p. 361-389.
- [4]. Hang Thu Thi Le, Tinh Dinh Cong, BIM-integrated system: a successful alternative for estimating cash flow in building projects. ASEAN Engineering Journal, 2023. 13(4): p. 103-112.
- [5]. Sing, M.C.P., et al., Scan-to-BIM technique in building maintenance projects: practicing quantity take-off. International Journal of Building Pathology and Adaptation, 2024. 42(6): p. 1250-1262.
- [6]. Quoc Toan, N., N. Thi Tuyet Dung, and N. Thi My Hanh, 3D-BIM and 4D-BIM Models in Construction Safety Management. E3S Web Conf., 2021. 263.
- [7]. Banerjee, A. and R.R. Nayaka, A comprehensive overview on BIM-integrated cyber physical system architectures and practices in the architecture, engineering and construction industry. Construction Innovation, 2022. 22(4): p. 727-748.
- [8]. Volk, R., J. Stengel, and F. Schultmann, Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. Automation in Construction, 2014. 38: p. 109-127.

Nghiên cứu ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong thiết kế hạ tầng đô thị

Application of Building information modeling in Urban infrastructure design

> TRẦN QUANG DUY^{1*}, TRẦN NGUYỄN NAM TRƯỜNG²

¹Khoa Xây dựng, Trường Đại học Nha Trang; *Email: duy@ntu.edu.vn

²Công ty Cổ phần Tư vấn T27

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu áp dụng mô hình thông tin công trình để tối ưu hóa quá trình thiết kế hạ tầng khu đô thị. Mục đích nghiên cứu tăng cường hiệu quả giai đoạn thiết kế thông qua đánh giá phương án thiết kế, trực quan hóa mô hình thông tin công trình và kiểm tra xung đột hạng mục công trình. Trong nghiên cứu này, phần mềm ADScivil được chọn làm công cụ chính để thiết kế và xây dựng mô hình thông tin công trình. Đầu tiên, nhóm tác giả tiến hành xem xét nội dung và phạm vi của mô hình thông tin công trình trong dự án hạ tầng. Sau đó, nhóm tác giả xác định phương án thiết kế tuyến và đánh giá hiệu quả vận hành thông qua mô phỏng giao thông bằng phần mềm VISSIM. Tiếp theo, các hạng mục công trình được thiết kế chi tiết, xây dựng mô hình thông tin công trình và kiểm tra xung đột các hạng mục dự án. Cuối cùng, nhóm tác giả hoàn thiện mô hình dự án và trích xuất bản vẽ của hồ sơ thiết kế. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình đề xuất đã giúp đánh giá hiệu quả phương án tuyến, xử lý sớm các xung đột trong thiết kế để hạn chế điều chỉnh trong quá trình thi công và kết nối bên liên quan thông qua mô hình trực quan. Mô hình thông tin công trình đóng vai trò như một công cụ tích hợp mạnh mẽ, hỗ trợ trực quan hóa công trình và quản lý thông tin, góp phần thúc đẩy quá trình số hóa ngành Xây dựng.

Từ khóa: Mô hình thông tin công trình BIM, đô thị bền vững, thiết kế hạ tầng, mô hình 3D, kiểm tra xung đột.

ABSTRACT

This study applies Building Information Modeling to optimize the infrastructure design process in urban areas. It aims to improve the efficiency of the design phase by evaluating alternatives, visualizing models, and detecting potential conflicts among project components. The research uses ADScivil software as the main tool for infrastructure design and Building Information Modeling development. First, the scope and content of Building Information Modeling applications in infrastructure projects are defined. Next, the design alignment is proposed and evaluated using VISSIM traffic simulation to assess operational performance. Then, the team develops detailed designs, builds the Building Information Modeling models, and performs conflict checks. Finally, the completed project model is used to generate construction drawings. The results show that the proposed approach enhances design evaluation, enables early conflict detection, and strengthens stakeholder collaboration through visualized models. Building Information Modeling proves to be a powerful integrative tool for project visualization and information management, contributing significantly to the digital transformation of the construction industry.

Keywords: Building information modeling BIM, sustainable urbanism, infrastructure design, 3D modeling, clash checking.

1. GIỚI THIỆU

Xu hướng đô thị hóa nhanh chóng trên toàn cầu đang tạo ra những thách thức đáng kể cho việc quy hoạch và phát triển cơ sở hạ tầng đô thị. Để ứng phó vấn đề này, nhiều quốc gia phát triển ngày càng áp dụng các công nghệ tiên tiến để nâng cao chất lượng và hiệu quả của dự án. Trong đó, mô hình thông tin xây dựng (Building Information Modeling - BIM) đã và đang khẳng định là một giải pháp chiến lược hỗ trợ suốt vòng đời dự án, từ ý tưởng, thiết kế, xây dựng và vận hành dài hạn [1,2]. Ban đầu bắt nguồn từ kỹ thuật xây dựng, BIM đã mở rộng phạm vi của mình, nắm vai trò then chốt trong quá trình phát triển các hệ thống hạ tầng kỹ thuật như giao thông [3,4].

Tại Việt Nam, việc áp dụng BIM được thực hiện theo lộ trình ba bước. Bước 1 là giai đoạn thử nghiệm tính từ năm 2016. Bước 2 là giai đoạn thúc đẩy sử dụng BIM rộng rãi hơn từ năm 2021 [5]. Bước 3 là yêu cầu ứng dụng BIM cho các dự án cấp 1 từ năm 2023 [6]. Hiện nay, nhu cầu phát triển các khu đô thị mới theo hướng hiện đại và đồng bộ ngày càng gia tăng, đặc biệt tại các trung tâm đô thị quy mô lớn như Thủ đô Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM. Mặc dù vậy, việc triển khai mô hình BIM trong quá trình thiết kế hệ thống hạ tầng đô thị vẫn còn tồn tại không ít hạn chế. Nguyên nhân chủ yếu là do kinh nghiệm thực tiễn còn ít, khung pháp lý chưa hoàn thiện, và dữ liệu thiết kế chưa được đồng bộ [7,8]. Mặc dù đã có một số dự án thí điểm ứng dụng BIM, nhưng phần lớn chỉ tập trung vào công trình

dân dụng. Các hạng mục hạ tầng như giao thông nội bộ, cấp thoát nước và cảnh quan vẫn chủ yếu được triển khai theo phương pháp truyền thống, thiếu tính tích hợp và khả năng trực quan hóa [9].

Gần đây, mô phỏng giao thông đã chứng minh là một công cụ hữu hiệu trong việc đánh giá và mô hình các hệ thống giao thông. Thông qua việc xây dựng các kịch bản khác nhau và đánh giá các giải pháp đề xuất, mô phỏng giúp xác định phương án tối ưu, vượt trội hơn so với các phương pháp truyền thống về mặt hiệu quả. Đồng thời, công cụ mô phỏng còn hỗ trợ giảm chi phí và cải thiện khả năng điều phối giao thông bằng cách phân tích nhiều tình huống dưới các điều kiện cụ thể. Hiện nay có nhiều phần mềm mô phỏng được sử dụng rộng rãi như VISSIM [10] và SUMO [11]. Việc lựa chọn ứng dụng phù hợp với nghiên cứu của mình là vấn đề khó khăn cho các nhà nghiên cứu [12]. Trong đó, VISSIM được ứng dụng phổ biến trong điều kiện thực tế nhờ khả năng mô phỏng đa dạng các loại hình giao thông như ô tô, xe máy, xe buýt, xe tải, xe đạp và người đi bộ. Ngoài ra, phần mềm còn hỗ trợ mô phỏng linh hoạt trên nhiều địa hình và mạng lưới giao thông khác nhau. Cụ thể, tác giả Duy và Hiền đã sử dụng VISSIM để mô phỏng giao thông hai bánh tại Việt Nam và cho thấy ưu việt hơn so với các phương pháp cũ [13]. Dựa vào khả năng mô phỏng đa dạng phù hợp với điều kiện nước ta, nghiên cứu lựa chọn VISSIM là công cụ mô hình cho dự án.

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ, công tác quản lý và thiết kế giao thông không ngừng cải tiến. Các bài toán phức tạp tại các nút giao thông và các tuyến đường giao nhau được giải quyết thông qua mô phỏng và phân tích kịch bản dựa trên mạng lưới giao thông thực tế. Ngoài các phần mềm thiết kế chuyên dụng như Nova, AutoCAD, InfraWorks, Civil 3D..., các công cụ mô phỏng giao thông ngày càng đóng vai trò quan trọng đối với phát triển hạ tầng giao thông. Trong bối cảnh đó, việc tích hợp mô hình BIM với các phần mềm chuyên dụng trong thiết kế và mô phỏng hạ tầng kỹ thuật được xem là một hướng tiếp cận tiềm năng.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu ứng dụng mô hình BIM để tối ưu hóa quá trình thiết kế hạ tầng đô thị thông qua việc mô hình tích hợp ADScivil - VISSIM - Twinmotion. Để đạt được mục tiêu, trước hết chúng ta đề xuất ý tưởng thiết kế cho dự án giao thông bằng phần mềm ADScivil. Thứ hai, nhóm tác giả xây dựng mô hình và mô phỏng mạng lưới đường bằng phần mềm VISSIM. Mục đích của bước này là đánh giá hiệu quả của dự án trong tương lai. Thứ ba, nghiên cứu thiết kế chi tiết phương án tối ưu bằng phần mềm ADScivil bao gồm mạng lưới đường, nút giao thông, hệ thống thoát nước, cây xanh và chiếu sáng. Cuối cùng, mô hình ba chiều (3D) được xuất qua phần mềm Twinmotion để dựng hoạt cảnh dự án. Đóng góp chính của nghiên cứu như sau.

- Đề xuất tích hợp ba công cụ ADScivil, VISSIM và Twinmotion nhằm xây dựng mô hình BIM 3D phục vụ cho giai đoạn hình thành ý tưởng, thiết kế và xây dựng công trình hạ tầng đô thị. Cách tiếp cận này góp phần nâng cao hiệu quả thiết kế cũng như tạo điều kiện thuận lợi cho sự phối hợp của các bên liên quan;

- Mô phỏng VISSIM giúp đánh giá phương án tối ưu trước khi thiết kế chi tiết. Bên cạnh đó, kiểm tra và xử lý xung đột bằng phần mềm ADScivil BIM hạn chế điều chỉnh trong quá trình thi công dự án;

- Mô hình đề xuất đã áp dụng thực nghiệm cho một khu đô thị mới và đã chứng minh được hiệu quả trong việc nâng cao hiệu quả công tác thiết kế và diễn họa trực quan công trình.

Phần còn lại của nghiên cứu được cấu trúc như sau. Phần "Phương pháp luận" giới thiệu mô hình lai ADScivil - VISSIM - Twinmotion. Phần "Nghiên cứu thực nghiệm" giới thiệu dự án, trình bày nội dung, phần mềm và sản phẩm BIM cho dự án. Phần "Kết quả và thảo luận" đánh giá ý tưởng thiết kế đề xuất, thiết kế phương án tối ưu, xây dựng mô hình BIM cho dự án, xem xét các xung đột giữa

các hạng mục công trình và diễn họa trực quan dự án. Cuối cùng, Phần "Kết luận" tóm tắt các phát hiện và đưa ra các khuyến nghị cho nghiên cứu trong tương lai.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

2.1. Tổng quan về mô hình thông tin công trình (BIM)

BIM là quá trình ứng dụng công nghệ thông tin để chuyển đổi các dữ liệu liên quan đến công trình xây dựng sang dạng số hoá, được mô phỏng dưới dạng mô hình ba chiều. Mô hình này đóng vai trò hỗ trợ xuyên suốt trong các giai đoạn từ thiết kế, thi công đến quản lý và vận hành công trình [14]. Trong ngành Xây dựng, việc ứng dụng BIM thường được triển khai thông qua một quy trình hợp tác liên ngành, đòi hỏi sự tham gia tích cực của các bên liên quan như đơn vị tư vấn BIM, chủ đầu tư, nhà thầu thi công và cơ quan quản lý, vận hành công trình (Hình 1). Chuỗi hoạt động triển khai thường trải qua các giai đoạn chính gồm thiết kế, thi công và khai thác vận hành. Đặc biệt, việc tối ưu hóa giai đoạn thiết kế đóng vai trò then chốt trong việc hạn chế xung đột kỹ thuật giữa các hạng mục và kiểm chứng hiệu quả phương án nhằm góp phần hạn chế điều chỉnh khi thi công thực tế.



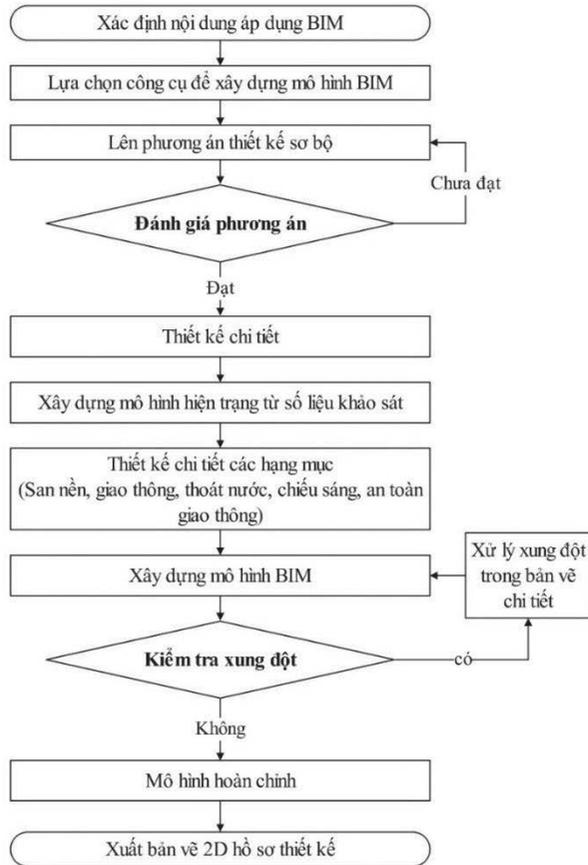
Hình 1. Ứng dụng BIM trong xây dựng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu đề xuất

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành xây dựng quy trình thực hiện với các bước chính bao gồm: xác định phạm vi ứng dụng BIM, lựa chọn phần mềm phù hợp để phát triển mô hình, xác định các phương án tuyến, phân tích và lựa chọn phương án tối ưu, tiến hành thiết kế chi tiết, phát triển mô hình BIM, kiểm tra và chạm giữa các hạng mục, hoàn thiện mô hình 3D và trích xuất bản vẽ hai chiều (2D) (Hình 2). Quy trình này đóng vai trò nền tảng trong việc định hình phương pháp ứng dụng BIM trong các dự án hạ tầng giao thông, đồng thời góp phần nâng cao chất lượng và hiệu quả của công tác thiết kế [14].

VISSIM là phần mềm mô phỏng giao thông vì mô được phát triển bởi hãng PTV, đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích và đánh giá các dòng xe trên mạng lưới giao thông. Phần mềm cho phép người dùng xây dựng các mạng lưới giao thông phức tạp. Với giao diện thân thiện và khả năng phân tích nâng cao, VISSIM hỗ trợ hiệu quả cho việc tối ưu hóa các chiến lược quản lý giao thông và thiết kế hạ tầng.

Một trong những thế mạnh nổi bật của VISSIM là khả năng mô phỏng giao thông ở cấp độ vi mô dựa trên mô hình xe theo xe, phù hợp với các mạng lưới quy mô nhỏ đến trung bình. Mô hình xe theo xe của Wiedemann, được tích hợp trong VISSIM, giả định rằng khi một phương tiện đang di chuyển nhanh tiếp cận một phương tiện chậm hơn phía trước, nó sẽ tự động giảm tốc để duy trì khoảng cách an toàn [15].



Hình 2. Phương pháp nghiên cứu đề xuất

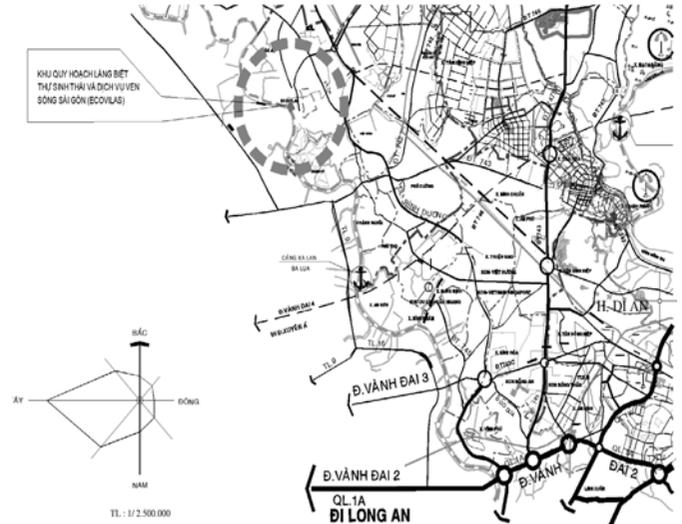
Phần mềm ADScivil là công cụ thiết kế đường giao thông có giao diện thân thiện với người dùng, được phát triển trên nền tảng kế thừa các ưu điểm nổi bật của phần mềm Civil 3D. ADScivil đáp ứng hầu hết các yêu cầu thiết kế hạ tầng hiện nay, đặc biệt chú trọng vào việc cung cấp các giải pháp thiết kế tối ưu với giao diện trực quan, dễ sử dụng và tích hợp nhiều chức năng hỗ trợ như thiết kế lại tuyến, trích xuất và trình bày bản vẽ thi công. Phần mềm này cho phép xây dựng một quy trình trao đổi dữ liệu khép kín, đảm bảo tính nhất quán, chính xác và hợp lý trong tính toán, từ đó giúp tiết kiệm tối đa thời gian trong toàn bộ quy trình thiết kế. Nhóm tác giả sử dụng phần mềm ADScivil để nhập dữ liệu khảo sát, thiết kế và xây dựng mô hình 3D cho dự án. Điểm nổi bật của ADScivil là khả năng thiết kế linh hoạt và quản lý dữ liệu hiệu quả; trong khi đó, ADScivil BIM thể hiện ưu thế vượt trội trong việc tạo lập các mô hình 3D trực quan, sinh động, đáp ứng tốt yêu cầu thể hiện thị giác cao của các dự án hạ tầng giao thông.

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Giới thiệu về dự án

Dự án đầu tư xây dựng công trình Làng biệt thự sinh thái và dịch vụ ven sông Sài Gòn thuộc chương trình đầu tư các hạng mục hạ tầng kỹ thuật chính trong khu vực của công trình của tỉnh Bình Dương. Vị trí dự án cách quốc lộ 13 khoảng 2 km về hướng Đông,

cách thị xã Thủ Dầu Một khoảng 4,5 km về hướng Đông Nam và thị trấn Dĩ An khoảng 19 km (Hình 3). Hồ sơ thiết kế cơ sở các hạng mục: san nền, đường giao thông, thoát nước mưa, thoát nước thải, chiếu sáng, cây xanh,...



Hình 3. Vị trí dự án thực nghiệm

Phạm vi khuôn viên san lấp là khu đất quy hoạch xây dựng có tổng diện tích 89.923,77 m². Khu vực quy hoạch có nền hiện trạng thấp với nhiều ao hồ và hệ thống kênh rạch bao quanh. Hệ thống thoát nước chọn cho dự án là hệ thống thoát nước riêng, kết hợp giữa nước mưa và nước thải. Toàn bộ nước thải được thu gom đưa về trạm xử lý nước thải, sau xử lý mới xả vào hệ thống thoát nước mưa, thoát ra sông Sài Gòn và các rạch xung quanh. Hướng thoát nước về sông Sài Gòn và các rạch xung quanh.

Các tuyến đường của dự án được thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 13592:2022 Đường đô thị - yêu cầu thiết kế, thuộc loại đường phố nội bộ chính đô thị loại II (địa hình đồng bằng) với tốc độ thiết kế là 40 km/h [16]. Đường kết nối dự án với đường Lê Chí Dân với mặt đường rộng 9 m, vỉa hè hai bên rộng 5 m x 2, lộ giới là 19 m. Giao thông nội bộ được thể hiện Bảng 1.

Bảng 1. Thông số chi tiết mặt cắt ngang giao thông nội bộ khu đô thị

Tên đường	Mặt đường (m)	Vỉa hè (m)	Lộ giới (m)
Đường số 1	9	5.0 x 2	19
Đường số 2	10.5	6.0 + 4.5	21
Đường số 3	8	3.0 x 2	14
Đường số 4	8	3.0 x 2	14
Đường số 5	6	3.0 x 2	12
Đường số 6	6	3.0 x 2	12
Đường số 7	6	3.0 x 2	12
Đường số 8	6	3.0 + 1.0	10

3.2. Mục tiêu và nội dung áp dụng BIM cho dự án

Việc ứng dụng BIM vào các giai đoạn thiết kế của dự án hạ tầng khu đô thị góp phần tối ưu hóa quy trình thiết kế, rút ngắn thời gian thực hiện, giảm thiểu chi phí phát sinh trong thi công, đồng thời nâng cao hiệu quả quản lý và tăng cường tính liên kết, đồng bộ giữa các chủ thể tham gia trong suốt quá trình phát triển và vận hành dự án.

Nội dung ứng dụng BIM trong quá trình thiết kế được thể hiện tương ứng với các mục tiêu của dự án, được thể hiện ở Bảng 2. Bên cạnh đó, các phần mềm ứng dụng trong nghiên cứu cũng được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 2. Mục tiêu và nội dung ứng dụng BIM

STT	Mục tiêu ứng dụng BIM cho dự án	Nội dung ứng dụng BIM
1	Nâng cao tính chính xác trong thiết kế	- Ứng dụng BIM trong thiết kế công trình - Đánh giá phương án tuyến bằng mô phỏng
2	Giảm thời gian và chi phí phát sinh trong quá trình thi công	- Đánh giá phương án thiết kế - Kiểm tra và xử lý xung đột các hạng mục - Phối cảnh 3D
3	Nâng cao hiệu quả quản lý và phối hợp giữa các bên liên quan	- Xây dựng phối cảnh 3D dựa trên nền tảng thiết kế 2D - Xây dựng hoạt cảnh để trực quan hóa dự án

Bảng 3. Phần mềm áp dụng trong dự án

STT	Mục tiêu áp dụng	Phần mềm ứng dụng
1	Kiểm chứng phương án thiết kế	VISSIM
2	Thiết kế san nền	ADSCivil level
3	Thiết kế thoát nước	ADSCivil sewer
4	Thiết kế tuyến	ADSCivil road design
5	Thiết kế nút giao	ADSCivil intersection
6	Tạo mô hình	Revit/ADSCivil BIM
7	Phối cảnh 3D	ADSCivil BIM
8	Kiểm tra xung đột	ADSCivil BIM
9	Quản lý mô hình BIM	ADSCivil BIM
10	Hoạt cảnh dự án	Twinmotion

3.3. Sản phẩm đầu ra từ BIM

Nhờ thực hiện trực tiếp trên nền tảng phần mềm mô hình hóa BIM, quá trình thiết kế và tạo lập mô hình không những được tối ưu hóa mà còn cho phép trích xuất bản vẽ kỹ thuật một cách tự động và nhất quán từ mô hình số. Các thành phần như ghi chú chung và bảng ký hiệu có thể được tích hợp thông qua liên kết với bản vẽ Autocad 2D. Toàn bộ bản vẽ 2D bắt buộc tuân thủ đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật về thể hiện bản vẽ theo tiêu chuẩn hiện hành của chủ đầu tư, bao gồm quy định về đường nét, loại nét và hệ thống lớp (layer), nhằm đảm bảo tính thống nhất và khả năng khai thác thông tin trong toàn bộ dự án. Ngoài ra, các dựng hình 3D tổng thể và chi tiết của dự án hỗ trợ quá trình quản lý và thi công của dự án.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kiểm chứng phương án thiết kế đề xuất

Để đánh giá hiệu quả hoạt động của phương án thiết kế giao thông sau khi mô hình hạ tầng được xây dựng trên nền tảng BIM, nghiên cứu sử dụng phần mềm mô phỏng giao thông VISSIM nhằm phân tích các chỉ tiêu vận hành như lưu lượng, tốc độ, mật độ và độ trễ của mạng lưới đường. Mô hình giao thông được xây dựng dựa trên cấu trúc hình học và tổ chức giao thông từ kết quả thiết kế của phần mềm ADScivil BIM, đồng thời hiệu chỉnh các tham số theo điều kiện thực tế và đặc điểm lưu lượng dự báo. Quy trình tích hợp dữ liệu từ mô hình thiết kế hạ tầng trong phần mềm ADScivil BIM sang môi trường mô phỏng giao thông VISSIM được thực hiện qua hai bước chính: (1) trích xuất dữ liệu mạng lưới đường sang dạng ảnh và đưa vào phần mềm VISSIM; (2) nhập dữ liệu này vào phần mềm VISSIM và hiệu chỉnh các thuộc tính về vận tốc thiết kế, lưu lượng giao thông, điều khiển tín hiệu và hành vi người lái; (3) chạy mô hình và trích xuất dữ liệu thời gian trễ để đánh giá kết quả mô hình.

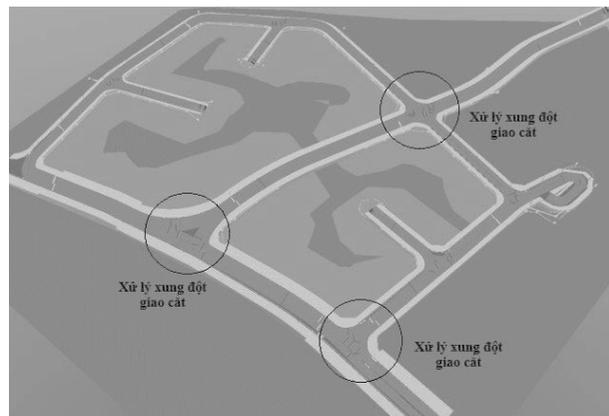
Dữ liệu lưu lượng được xác định theo lưu lượng xe dự báo năm thiết kế của đơn vị tư vấn dự án (Bảng 4). Sau đó, nghiên cứu tiến

hành tạo các hướng di chuyển và xử lý các xung đột giao cắt của mô hình tại vị trí các nút giao thông (Hình 4).

Để kiểm chứng kết quả đầu ra của mô phỏng giao thông theo lưu lượng xe dự báo năm thiết kế, mức độ phục vụ (level of service) được áp dụng để đánh giá định tính điều kiện hoạt động giao thông. Theo số tay năng lực đường cao tốc, mức phục vụ được xếp loại từ A đến F, tương ứng với trạng thái dòng xe từ tự do đến tắc nghẽn [17]. Bên cạnh đó, nghiên cứu xem xét mức phục vụ đáp ứng yêu cầu cấp đường và vận tốc thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 13592: 2022 đường đô thị - yêu cầu thiết kế. Đối với đường phố nội bộ có tốc độ thiết kế 40 km/h, mức phục vụ D đánh giá là đáp ứng yêu cầu [16]. Kết quả mô phỏng cho thấy thời gian trễ trung bình của toàn mạng lưới giao thông đạt 16,63 giây, nằm trong giới hạn của mức phục vụ C [17]. Ngoài ra, việc đạt được mức phục vụ C khẳng định tính hợp lý và khả thi của giải pháp so với yêu cầu mức phục vụ D của cấp đường thiết kế. Từ đó, kết quả thực nghiệm cho thấy phương án tuyến được đề xuất đáp ứng nhu cầu giao thông về mức độ phục vụ. Vì vậy, việc tích hợp mô phỏng VISSIM trong giai đoạn đánh giá không chỉ giúp kiểm chứng hiệu quả vận hành trước khi triển khai thực tế, mà còn đóng vai trò như một công cụ hỗ trợ ra quyết định, góp phần nâng cao độ tin cậy và chất lượng của quá trình thiết kế hạ tầng giao thông đô thị.

Bảng 4. Lưu lượng dự báo năm cuối thiết kế khu đô thị

Loại xe	Lưu lượng xe 2 chiều n_i (xe/n.đêm)	Lưu lượng xe 2 chiều xe/giờ
Xe hai bánh:	500	50
Xe con các loại:	1100	110
Xe buýt các loại:		
+ Loại nhỏ	420	42
+ Loại lớn	131	13
Xe tải các loại:		
+ Tải nhẹ	422	42
+ Tải vừa	478	48
+ Tải nặng 1	272	27
+ Tải nặng 2	53	5

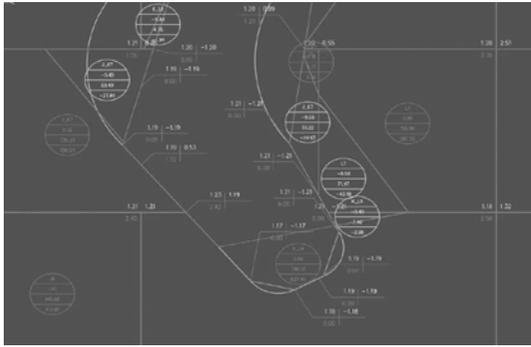


Hình 4. Xử lý xung đột giao cắt nút giao

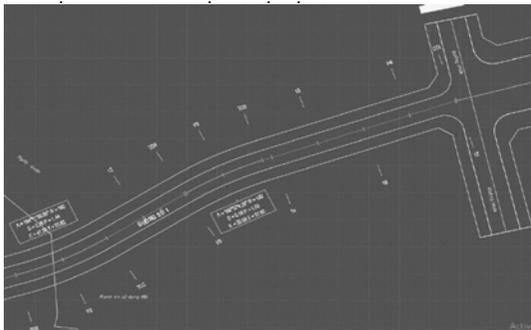
4.2. Thiết kế chi tiết dự án

Sau khi đánh giá hiệu quả của phương án đề xuất bằng phần mềm mô phỏng, nhóm tác giả tiến hành thiết kế chi tiết dự án bằng phần mềm ADScivil các hạng mục công trình bao gồm:

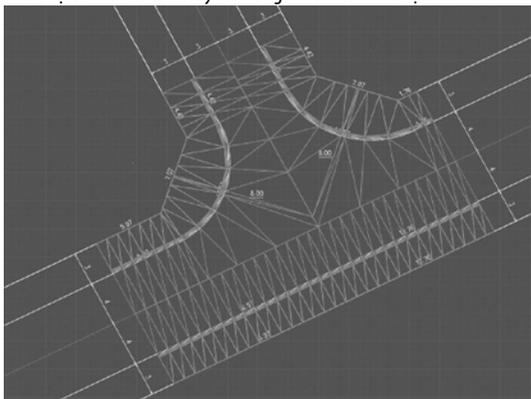
- Thiết kế san nền (Hình 5);
- Thiết kế hệ thống đường giao thông (Hình 6),
- Thiết kế các nút giao thông (Hình 7)
- Thiết kế thoát nước mưa, thoát nước thải (Hình 8)
- Thiết kế chiếu sáng, thiết kế cây xanh và an toàn giao thông



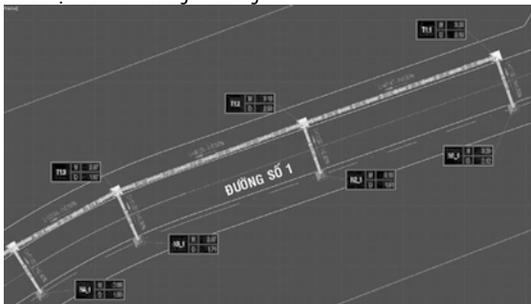
Hình 5. Ví dụ thiết kế san nền một khu vực dự án



Hình 6. Ví dụ bình đồ thiết kế tuyến đường nối vào khu đô thị



Hình 7. Ví dụ vẽ thiết kế nút giao thông



Hình 8. Ví dụ thiết kế mạng lưới thoát nước mưa cho một đoạn tuyến

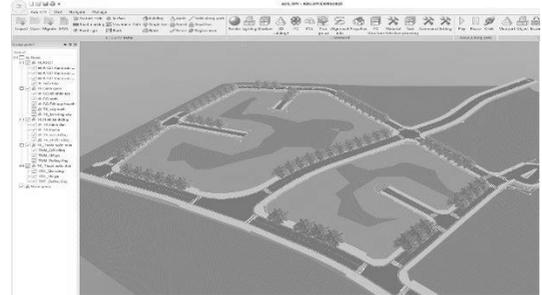
4.3. Xây dựng mô hình 3D

Trong nghiên cứu này, phần mềm ADScivil BIM được ứng dụng để xây dựng mô hình 3D công trình hạ tầng giao thông dựa trên các bản vẽ thiết kế 2D truyền thống. Quy trình thực hiện bao gồm việc nhập dữ liệu hình học từ bản vẽ AutoCAD (định dạng *.dwg), sau đó tái cấu trúc các lớp thông tin để tạo thành mô hình không gian ba chiều có chứa đầy đủ thông tin kỹ thuật liên quan đến tuyến, mặt cắt ngang, hệ thống thoát nước, cây xanh, và các hạng mục phụ trợ (Hình 9).

Kết quả cho thấy việc chuyển đổi từ 2D sang mô hình 3D bằng ADScivil BIM mang lại nhiều lợi ích rõ rệt. Mô hình 3D không chỉ giúp

trực quan hóa toàn bộ cấu trúc công trình trong không gian thực, hỗ trợ hiệu quả cho công tác thuyết trình và trình duyệt dự án, mà còn cho phép tích hợp và quản lý thông tin chi tiết cho từng đối tượng, từ đó tạo nền tảng cho việc kiểm tra xung đột, khối lượng, và tiến độ thi công. Đặc biệt, việc sử dụng mô hình 3D giúp phát hiện sớm các sai lệch trong bản vẽ 2D truyền thống và rút ngắn đáng kể thời gian chỉnh sửa thiết kế.

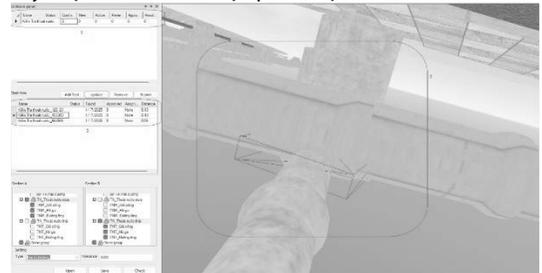
Bên cạnh đó, ADScivil BIM cho phép liên kết các thông tin thuộc tính như vật liệu và kích thước, giúp tăng cường khả năng truy xuất dữ liệu và kiểm soát chất lượng công trình trong suốt vòng đời dự án. Điều này cho thấy tiềm năng lớn của việc ứng dụng mô hình BIM trong lĩnh vực hạ tầng giao thông, không chỉ ở giai đoạn thiết kế mà còn ở các giai đoạn thi công và quản lý vận hành sau này.



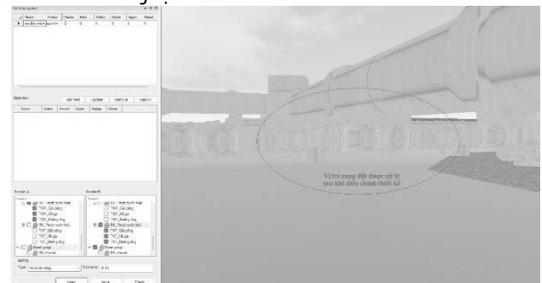
Hình 9. Xây dựng mô hình thông tin công trình

4.4. Kiểm tra xung đột

Hạ tầng giao thông đô thị bao gồm nhiều hệ thống kỹ thuật phức tạp như cây xanh, thoát nước mưa, thoát nước thải, chiếu sáng,... Do đó, việc kiểm tra xung đột trong giai đoạn thiết kế đóng vai trò hết sức quan trọng nhằm hạn chế tối đa các điều chỉnh trong quá trình thi công, từ đó góp phần giảm thiểu chi phí xây dựng. Trong khi việc phát hiện xung đột trên bản vẽ 2D còn gặp nhiều hạn chế, thì mô hình BIM cho phép thực hiện công việc này một cách trực quan và hiệu quả hơn. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phần mềm ADScivil BIM để tiến hành phân tích và xử lý xung đột giữa hai hệ thống: thoát nước mưa và thoát nước thải (Hình 10 và Hình 11). Kết quả cho thấy việc áp dụng mô hình BIM trong thiết kế không chỉ nâng cao độ chính xác của phương án thiết kế mà còn góp phần giảm chi phí và rút ngắn tiến độ thi công. Cụ thể, xung đột giữa hệ thống thoát nước mưa và thoát nước thải ở Hình 10 đã được xử lý triệt để sau khi được phát hiện ở Hình 11.



Hình 10. Kiểm tra xung đột thoát nước mưa và thoát nước thải



Hình 11. Kết quả sau khi xử lý xung đột

4.5. Diễn họa dự án

Sau khi hoàn thiện mô hình thiết kế hạ tầng giao thông bằng phần mềm ADScivil BIM, mô hình 3D được xuất sang phần mềm Twinmotion để tiến hành công tác diễn họa. Twinmotion cho phép trực quan hóa mô hình hạ tầng trong môi trường thực tế ảo với chất lượng hình ảnh cao, hỗ trợ trình bày sinh động các thành phần như mặt đường, hệ thống thoát nước, cây xanh, chiếu sáng, cũng như mô phỏng các yếu tố môi trường như ánh sáng tự nhiên, thời tiết và dòng phương tiện giao thông (Hình 12). Bên cạnh đó, các nút giao thông và vị trí đặc biệt được chi tiết hóa, thể hiện ở Hình 13.

Kết quả cho thấy, việc ứng dụng Twinmotion không chỉ hỗ trợ hiệu quả trong công tác truyền đạt ý tưởng thiết kế đến các bên liên quan (chủ đầu tư, cơ quan quản lý, cộng đồng dân cư), mà còn giúp rà soát lại tính hợp lý của thiết kế thông qua quan sát không gian trực quan. Ngoài ra, quá trình xuất mô hình từ ADScivil BIM sang Twinmotion được thực hiện dễ dàng, đảm bảo tính thống nhất và đồng bộ dữ liệu giữa các phần mềm. Việc tích hợp diễn họa bằng Twinmotion trong quy trình thiết kế hạ tầng không những nâng cao chất lượng trình bày hồ sơ mà còn góp phần thúc đẩy quá trình ra quyết định trong giai đoạn lập dự án và phê duyệt thiết kế.



Hình 12. Xây dựng mô hình trong phần mềm Twinmotion



Hình 13. Dựng hình chi tiết hóa các nút giao thông

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất và triển khai quy trình ứng dụng mô hình BIM trong thiết kế hạ tầng đô thị, từ giai đoạn thiết kế sơ bộ đến xây dựng mô hình 3D hoàn chỉnh và trích xuất hồ sơ kỹ thuật 2D. Việc áp dụng BIM không chỉ giúp kiểm chứng phương án tuyến, phát

hiện sớm xung đột giữa các hệ thống kỹ thuật để kịp thời điều chỉnh, mà còn nâng cao tính trực quan, hỗ trợ công tác trình duyệt và chuẩn hóa hồ sơ thiết kế. Kết quả thực nghiệm cho thấy BIM là công cụ hữu hiệu trong việc nâng cao chất lượng thiết kế, giảm thiểu sai sót trong thi công và tạo nền tảng cho quản lý thông tin công trình trong suốt vòng đời dự án. Sự kết hợp giữa VISSIM (phân tích giao thông), ADScivil (thiết kế hạ tầng kỹ thuật) và Twinmotion (mô phỏng trực quan và thực tế ảo) đảm bảo các yếu tố kỹ thuật kinh tế - công nghệ. Tuy nhiên, nhóm tác giả chỉ tập trung đến BIM 3D trong quá trình thiết kế nên chưa bao hàm được hết vòng đời của dự án. Trong tương lai, việc mở rộng ứng dụng BIM sang các giai đoạn thi công và vận hành, kết hợp với các công nghệ mô phỏng và phân tích nâng cao, sẽ góp phần thúc đẩy quá trình quy hoạch và phát triển đô thị theo hướng bền vững và hiệu quả hơn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi nguồn ngân sách khoa học và công nghệ của Trường Đại học Nha Trang trong đề tài mã số TR2024-13-13

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2011), "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2nd ed.)", Wiley.
- [2]. Azhar, S. (2011), "Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry," *Leadership and Management in Engineering*, vol. 11(3), pp. 241-252.
- [3]. Borrmann, A., König, M., Koch, C., and Beetz, J. (2018), "Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice," Springer.
- [4]. Jack C. P. C., Qiqi, L., and Yichuan, D. (2016), "Analytical review and evaluation of civil information modelling (CIM)," *Automation in Construction*, vol 67, pp. 31-47.
- [5]. Thủ tướng Chính phủ (2016), "Quyết định số 2500/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Đề án áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình,".
- [6]. Thủ tướng Chính phủ (2023), "Quyết định số 258/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng,".
- [7]. Lê, H. N. (2018), "BIM cho các công trình hạ tầng kỹ thuật ở Việt Nam: Thực trạng, rào cản ứng dụng và giải pháp," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng*.
- [8]. Bộ Xây dựng (2021), "Hướng dẫn chi tiết áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) đối với công trình dân dụng và công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị,".
- [9]. Ngô T. T., and Nguyễn, M. N. (2023), "Ứng dụng BIM cho công trình hạ tầng kỹ thuật tại Việt Nam," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*.
- [10]. Ziemska-Osuch, M., and Osuch, D. (2022), "Modeling the Assessment of Intersections with Traffic Lights and the Significance level of the Number of Pedestrians in Microsimulation Models Based on the PTV Vissim Tool," *Sustainability*, vol. 14(14), pp. 8945.
- [11]. Duy, Q. D., and Bae, S. H. (2022), "Comprehensive Automated Driving Maneuvers under a Non-Signalized Intersection Adopting Deep Reinforcement Learning," *Applied Sciences*, vol. 12(19), pp. 9653.
- [12]. Nguyen, J., Powers, S., Urquhart, N., Farrenkopf T., and Guckert, M. (2021), "An overview of agent-based traffic simulators," *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 12, pp. 100486.
- [13]. Duy, Q. D., and Hien, N. Q. (2013), "Application of VISSIM microsimulation model for motorcycle traffic in Ho Chi Minh City," In the 10th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Taipei, Taiwan.
- [14]. Bộ Xây dựng (2021), "Quyết định 348/QĐ-BXD về việc công bố Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM),".
- [15]. Wiedemann, R., and Reiter, U. (1992), "Microscopic Traffic Simulation: The Simulation System mission. Background and Actual State," *Project ICARUS (V1052) Final Report*, CEC: Brussels, Belgium, vol. 2, pp. 1-53.
- [16]. TCVN 13592 - 2022 (2022), "Đường đô thị - Yêu cầu thiết kế," Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [17]. Transportation research board (2010), "The Highway capacity Manual 2010," The national academics of science, United States.

Phân tích mức độ ảnh hưởng của các nhân tố dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM

Analyzing the main groups of causes leading to disputes in civil construction projects in Ho Chi Minh City

> TS NGUYỄN VĂN SƠN^{1,*}, THS NGUYỄN ĐÌNH MINH², THS NGUYỄN ĐÌNH CHỨC³, LÊ QUỐC LONG⁴

¹Phân viện, Trường Đại học Thủy lợi; *Email: sonnv@tlu.edu.vn

²Cục Hậu cần-Kỹ thuật- Quân khu 7; Email: Nguyendinhminhdt367@gmail.com

³Công ty TNHH MTV 59; Email: chuc59@gmail.com

⁴Công ty TNHH MTV Đầu tư và Xây lắp ACC; Email: quoclong.dwpi@outlook.com

TÓM TẮT

Việc xảy ra tranh chấp trong các dự án xây dựng là điều không thể tránh khỏi, đặc biệt tại TP.HCM, một trong những khu vực kinh tế đầu tàu của đất nước, nơi có rất nhiều dự án xây dựng dân dụng. Vì vậy, việc nghiên cứu, phân tích các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án này là hết sức cần thiết. Khác với nghiên cứu trước trong bài báo "Đánh giá các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM - Tạp chí Xây dựng số tháng 6/2025" của nhóm tác giả chỉ dừng lại ở việc liệt kê và xếp hạng nguyên nhân, nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp phân tích nhân tố khám phá (EFA) để phân loại 26 nguyên nhân thành các nhóm chính và đánh giá định lượng mức độ ảnh hưởng của từng nhóm đến tranh chấp. Kết quả đã xác định được 7 nhóm nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM, bao gồm: (I) Sai sót trong khảo sát và lập hồ sơ ban đầu; (II) Vấn đề liên quan đến hợp đồng; (III) Thiếu năng lực và trách nhiệm của các bên tham gia; (IV) Vấn đề pháp lý và trao đổi thông tin; (V) Sự không rõ ràng và không công bằng từ chủ đầu tư; (VI) Thay đổi chính sách của Nhà nước, biến động lớn về thị trường; (VII) Nhà thầu thi công không đảm bảo tài chính, dẫn đến chậm cung ứng vật tư, chậm tiến độ. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số giải pháp nhằm phòng tránh và xử lý kịp thời tranh chấp, góp phần nâng cao hiệu quả thực hiện dự án.

Từ khóa: Nguyên nhân, tranh chấp, xây dựng, dự án xây dựng dân dụng.

ABSTRACT

Disputes in construction projects are inevitable, especially in Ho Chi Minh City, one of the country's leading economic regions, with many civil construction projects. Therefore, researching and analyzing the causes leading to disputes in civil construction projects in Ho Chi Minh City is extremely necessary. The study has identified 07 groups of causes leading to disputes in civil construction projects in Ho Chi Minh City including: (I) Group of errors in surveying and document preparation the beginning of the project or work; (II) Contract-related issues; (III) Group Lack of capacity and irresponsibility of participating parties (Investors, Members, NTTC); (IV) Group on legal issues and information exchange between project participants; (V) Issues related to ambiguity and unfairness originating from the investor; (VI) Issues of changes in state policies and major changes in market prices; (VII) The Construction Contractor Group is not financially secure, leading to slow material supply and slow progress. From there, propose measures to avoid and promptly handle disputes to bring optimal efficiency to civil construction projects in Ho Chi Minh City.

Keywords: Cause, dispute, construction, Civil construction project.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TP.HCM đã triển khai nhiều dự án mang lại rất nhiều thành công, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội và nâng cao tiện ích, chất lượng cuộc sống của người dân. Tuy nhiên, bên cạnh những công trình hiệu quả vẫn còn nhiều dự án không mang lại hiệu quả kinh tế, gây thất thoát, lãng phí ngân sách. Đặc biệt, nhiều dự án bị

chậm tiến độ, vượt chi phí và dẫn đến ngừng thi công trong thời gian dài. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến thực trạng này, trong đó tranh chấp, mâu thuẫn giữa các bên tham gia thực hiện dự án đóng vai trò quan trọng và chiếm tỷ trọng lớn trong nguyên nhân dẫn đến thất bại của các dự án dân dụng. Thông qua khảo sát, đánh giá và phân tích ở nghiên cứu trước đó, nhóm nghiên cứu đã chỉ ra có 26

nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án dân dụng tại TP.HCM, trong nghiên cứu đã chỉ ra 5 nguyên nhân chính gây ra tranh chấp và 5 nguyên nhân ít gây ra tranh chấp. Tuy nhiên, nghiên cứu đó mới dừng ở việc liệt kê và xếp hạng mức độ từng nguyên nhân đơn lẻ, chưa phân nhóm hay lượng hóa mức độ ảnh hưởng theo nhóm nguyên nhân. Do đó, nghiên cứu này kế thừa kết quả trên và tiến thêm một bước bằng cách phân tích nhân tố khám phá (EFA) để cấu trúc lại các nguyên nhân thành các nhóm nhân tố, qua đó đánh giá mức độ ảnh hưởng tương đối của từng nhóm nguyên nhân đến tranh chấp trong dự án.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU TRƯỚC ĐÂY

Nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng nhận được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới và trong nước, cụ thể nghiên cứu của các tác giả: Rizwan U. Farooqui, Fawwad Masood and Farhan Saleem (2012); Ali (2019); Chan và Suen (2004); Rizwan U. Farooqui, Ph.D. Muhammad Umer and Salman Azhar (2010); Pinar (2013); Assaf và cộng sự (2019); Ayudhya (2011); Lee (2006); Ilter, (2012); Lowe và Speck (1997); Hall (2002); Carmicheal (2002); Trần Trung Kiên (2010); Trần Minh Kính (2021).

Nhìn chung, các nghiên cứu trước đã liệt kê nhiều nguyên nhân dẫn đến tranh chấp, trải rộng từ vấn đề hợp đồng (như điều khoản không rõ ràng, thay đổi phát sinh ngoài hợp đồng, vi phạm thỏa thuận), kỹ thuật (sai sót thiết kế, sai khối lượng, chất lượng thi công), cho đến các vấn đề quản lý (chậm trễ phê duyệt, năng lực nhà thầu, tài chính, pháp lý, giao tiếp). Tuy nhiên, một khoảng trống trong nghiên cứu hiện tại là việc chưa cấu trúc lại các nguyên nhân này thành những nhóm yếu tố chung và đánh giá định lượng mức độ ảnh hưởng của từng nhóm. Do đó, nghiên cứu này áp dụng phương pháp phân tích nhân tố khám phá (EFA) trên bộ 26 nguyên nhân đã xác định, nhằm phân loại thành các nhóm yếu tố chính, từ đó cung cấp cái nhìn hệ thống và toàn diện hơn về nguồn gốc tranh chấp.

3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN NGHIÊN CỨU

3.1. Quy trình nghiên cứu

Quy trình nghiên cứu được mô tả qua sơ đồ hình 1 dưới đây:



Hình 1. Quy trình phân tích, đánh giá các nhóm nhân tố

Giai đoạn 1: Thu thập thông tin

- Thu thập thông tin từ nhiều nguồn khác nhau như sách, tạp chí, nghiên cứu trước đây và chuyên gia;
- Xác định nguyên nhân gây tranh chấp trong các dự án xây dựng tại TP.HCM;
- Xác định các yếu tố góp phần gây tranh chấp trong các dự án

xây dựng tại TP.HCM.

Giai đoạn 2: Khảo sát

Thiết kế bảng câu hỏi khảo sát dựa trên 26 nguyên nhân đã xác định. Tiến hành khảo sát thử và hiệu chỉnh, sau đó khảo sát chính thức. Đã phát ra 170 phiếu, thu về 170 phiếu (100%); trong đó 150 phiếu hợp lệ (88%) được dùng để phân tích. Đối tượng khảo sát bao gồm chủ đầu tư, đơn vị tư vấn (30,67%), nhà thầu thi công (29,33%) và cơ quan quản lý nhà nước (9,33%). Về kinh nghiệm công tác: dưới 3 năm (2,67%), 3-5 năm (34,67%), 5-7 năm (38%), trên 7 năm (24,67%). Những tỷ lệ này cho thấy mẫu khảo sát có độ tin cậy và tính đại diện tương đối tốt.

Giai đoạn 3: Phân tích

Tiến hành phân tích dữ liệu khảo sát. Trước hết, đánh giá độ tin cậy thang đo 26 biến nguyên nhân bằng hệ số Cronbach's Alpha - kết quả $\alpha = 0,896$ cho thấy thang đo đáng tin cậy. Tiếp theo, thực hiện phân tích nhân tố khám phá (EFA) trên 26 biến để phân nhóm các nguyên nhân. Cuối cùng, thảo luận kết quả và đề xuất các giải pháp hạn chế tranh chấp.

3.2. Phân nhóm các nguyên nhân

Thông qua nghiên cứu trước đó, tác giả đã xác định có 26 nguyên nhân dẫn đến tranh chấp các dự án dân dụng tại TP.HCM. Dựa vào đặc điểm của các nguyên nhân đã xác định, phân thành 7 nhóm như sau: Nhóm 01: Các vấn đề sai sót trong khảo sát, lập tài liệu hồ sơ ban đầu của dự án, công trình; Nhóm 02: Các vấn đề liên quan đến hợp đồng; Nhóm 03: Thiếu năng lực và thiếu trách nhiệm của các bên tham gia; Nhóm 04: Các vấn đề liên quan đến pháp lý và trao đổi thông tin giữa các bên tham gia dự án; Nhóm 05: Các vấn đề liên quan đến sự không rõ ràng và không công bằng xuất phát chủ đầu tư; Nhóm 06: Các vấn đề thay đổi chính sách của Nhà nước, thị trường thay đổi lớn về vật giá; Nhóm 07: Nhà thầu thi công không đảm bảo về tài chính dẫn đến chậm cung ứng vật tư, tiến độ chậm.

Dựa vào 7 nhóm nhân tố và kết quả khảo sát, tác giả tiến hành phân tích, đánh giá dựa vào phần mềm SPSS để xác định mức độ ảnh hưởng của nhóm các nhân tố đến việc gây ra tranh chấp trong công trình dân dụng tại TP.HCM.

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Trước khi tiến hành phân tích nhân tố, dữ liệu khảo sát được phân tích thống kê mô tả để có cái nhìn tổng quan về mức độ ảnh hưởng của các nguyên nhân. Thang đo Likert 5 mức (1 = ảnh hưởng rất lớn, 5 = ảnh hưởng rất nhỏ) được sử dụng để đánh giá mỗi nguyên nhân. Giá trị trung bình quan sát được dao động từ 1,407 đến 2,160, cho thấy các nguyên nhân được đánh giá là có ảnh hưởng đáng kể. Cụ thể, 5 nguyên nhân được đánh giá ảnh hưởng mạnh nhất (với điểm trung bình thấp nhất, tức mức độ ảnh hưởng cao) lần lượt là: (1) Các công việc thay đổi phát sinh ngoài hợp đồng ban đầu (mean = 1,407; SD = 0,592); (2) Sai sót hoặc thiếu sót trong tài liệu, điều khoản hợp đồng (mean = 1,433; SD = 0,584); (3) Không tuân thủ quy trình, vi phạm thỏa thuận hợp đồng (mean = 1,447; SD = 0,681); (4) Sai sót về bản vẽ thiết kế (mean = 1,487; SD = 0,621); (5) Hồ sơ thiếu sơ sài, thiếu chi tiết (mean = 1,600; SD = 0,890).

Phân tích nhân tố khám phá (EFA): Sau bước mô tả, nhóm tác giả tiến hành EFA trên 26 biến nguyên nhân (với phần mềm SPSS) nhằm xác định các nhóm nhân tố chung. Kiểm định KMO đạt 0,843; kiểm định Bartlett cho kết quả $\chi^2 = 1876,4$ với Sig. < 0,001 - đủ điều kiện để phân tích nhân tố. Phương pháp trích được sử dụng là Principal Component với phép xoay Varimax. Tiêu chí chọn nhân tố là eigenvalue > 1 và chỉ giữ các biến có hệ số tải nhân tố > 0,4 trong mỗi nhóm. Kết quả phân tích EFA trích xuất được 07 nhân tố (đúng bằng số nhóm đã định trước), với tổng phương sai giải thích là 69,497%. Kết quả phân tích nhân tố được trình bày trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Kết quả phân tích nhân tố

Nhân tố	Các nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong các dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM	% của phương sai	Hệ số tải nhân tố
Nhóm 01 Các vấn đề sai sót trong khảo sát, lập tài liệu hồ sơ ban đầu của dự án, công trình	Sai sót trong ước lượng khối lượng, xác định chi phí dự toán.	13,104	0,763
	Hồ sơ thầu sơ sài, không đầy đủ các thông số chi tiết, yêu cầu về kỹ thuật, có sự sai khác giữa các đơn vị trong quá trình triển khai thực tế.		0,753
	Chưa chủ động cập nhật thông tin, dữ liệu, rõ ràng, thống nhất về quy trình làm việc.		0,655
	Sai sót về bản vẽ thiết kế.		0,623
	Các yếu tố không lường trước được (thời tiết xấu, điều kiện địa chất phức tạp,...).		0,573
	Không đảm bảo an toàn lao động, dẫn đến tai nạn trong thi công.		0,441
	Kế hoạch thực hiện dự án không thực tế, thiếu khả thi.		0,401
Nhóm 02 Các vấn đề liên quan đến hợp đồng	Các công việc, thay đổi nội dung phát sinh ngoài hợp đồng ban đầu.	12,938	0,841
	Các bên liên quan không thực hiện đúng các quy trình, thỏa thuận như hợp đồng, vi phạm các điều khoản hợp đồng.		0,805
	Sự chia sẻ quyền lợi và phân bổ rủi ro không công bằng giữa các bên liên quan.		0,800
	Sai sót, thiếu hụt hoặc thiếu sót trong các tài liệu, điều khoản của hợp đồng.		0,772
Nhóm 03 Thiếu năng lực và thiếu trách nhiệm của các bên tham gia	Sự thiếu hụt về nhân lực, công nhân xây dựng công trình.	12,260	0,693
	Chậm tiến độ dự án kéo dài, không có biện pháp, giải quyết dứt điểm.		0,693
	Năng lực các bên tham gia dự án còn hạn chế, không đáp ứng được kỳ vọng.		0,680
	Sai sót trong thi công; không tuân thủ theo hồ sơ thiết kế được duyệt gây ảnh hưởng đến chất lượng công trình.		0,665
	Chủ đầu tư, đơn vị tư vấn chậm trễ trong việc phê duyệt hoặc đưa ra quyết định (xác nhận khối lượng công việc, phê duyệt bản vẽ, vật tư, biện pháp thi công...).		0,652
Nhóm 04 Các vấn đề liên quan đến pháp lý và trao đổi thông tin giữa các bên tham gia dự án	Tính pháp lý của dự án không chặt chẽ, rõ ràng.	9,514	0,753
	Trao đổi thông tin, liên lạc giữa các bên liên quan đến dự án còn kém, hạn chế, chưa kịp thời.		0,735
	Công tác giải phóng mặt bằng chậm, không kịp thời gian bàn giao mặt bằng cho nhà thầu.		0,722
Nhóm 05 Các vấn đề liên quan đến sự không rõ ràng và không công bằng xuất phát chủ đầu tư	Yêu cầu xử phạt vi phạm, bồi thường mang tính chủ quan, thiếu căn cứ.	7,813	0,834
	Phạm vi công việc, các yêu cầu không được xác định rõ ràng, đầy đủ từ chủ đầu tư.		0,717
Nhóm 06 Các vấn đề thay đổi chính sách của Nhà nước, thị trường thay đổi lớn về vật giá	Thay đổi chính sách pháp luật, quy chuẩn, tiêu chuẩn hiện hành.	6,974	0,801
	Thị trường lạm phát, giao động đột biến về giá cả đối với các mặt hàng, trang thiết bị, vật liệu xây dựng.		0,769
Nhóm 7 Nhà thầu thi công không đảm bảo về tài chính dẫn đến chậm cung ứng vật tư, tiến độ chậm	Chậm trễ trong việc cung cấp vật tư và thiết bị.	6,895	0,834
	Tình hình tài chính của các nhà thầu tham gia không đảm bảo		0,831

Nhóm nguyên nhân **“Các vấn đề sai sót trong khảo sát, lập tài liệu hồ sơ ban đầu của dự án, công trình”** chiếm tỷ lệ phương sai giải thích lớn nhất trong các nhóm nhân tố sau khi phân tích EFA, phần trăm phương sai giải thích là 13,104%. Quá trình triển khai thực hiện dự án do sự sai sót của Chủ đầu tư, Tư vấn thiết kế trong các giai đoạn làm sai lệch số liệu, hồ sơ. Nhà thầu tư vấn lập dự án, thiết kế sai sót trong quá trình nắm rõ thiết kế, các thông số chỉ dẫn kỹ thuật, thương hiệu, nguồn gốc xuất xứ của vật tư, thiết bị được phê duyệt. Khảo sát không kỹ không cụ thể bỏ tất giai đoạn dẫn đến hồ sơ thiết kế dự toán nhiều sai sót ảnh hưởng lớn đến các bên khi thực hiện dự án. Chủ đầu tư, nhà thầu tư vấn trong khâu lập hồ sơ mời thầu sơ sài, không đầy đủ các thông số chi tiết, yêu cầu về kỹ thuật, có sự sai khác giữa các đơn vị trong quá trình triển khai thực tế.

Nhóm nguyên nhân **“Các vấn đề liên quan đến hợp đồng”** chiếm tỷ lệ phương sai giải thích lớn thứ hai trong các nhóm nguyên nhân sau khi phân tích EFA, phần trăm phương sai giải thích là 12,938%. Chủ đầu tư có nhiều sự thay đổi, điều chỉnh trong quá trình thi công sau khi hợp đồng đã ký kết làm phát sinh về giá trị, khối lượng giao nhận thầu và sự chậm trễ về thời gian thực hiện. Việc quan điểm đã hình thành từ lâu nhà thầu phải cạnh tranh, mọi việc đều nghe theo chủ đầu tư khi không được nhà thầu đáp ứng các sự thay đổi này dẫn đến các tranh chấp từ Chủ đầu tư và Nhà thầu.

Nhóm nguyên nhân **“Thiếu năng lực và thiếu trách nhiệm của các bên tham gia”** chiếm tỷ lệ phương sai giải thích lớn thứ ba trong các nhóm nhân tố sau khi phân tích EFA, phần trăm phương sai giải thích là 12,260%. Yếu tố nhà thầu thi công ảnh hưởng rất lớn đến kết quả thực hiện dự án, công trình vì đây là thành phần chính thực hiện các nội dung chính của dự án: khối lượng xây dựng toàn dự án, phần kinh phí thực hiện là lớn nhất, lực lượng tham gia dự án cũng là lớn nhất. Nên việc thành bại của dự án chủ yếu do năng lực của nhà thầu thi công quyết định. Việc không chuyên nghiệp thiếu năng lực, nhân lực vật lực dẫn đến việc không tuân thủ hồ sơ thiết kế được duyệt. Tiến độ dự án bị đình trệ kéo dài không có tiến triển, ảnh hưởng đến quá trình thực hiện nhiệm vụ của các bên. Một phần cũng do các yêu cầu làm rõ xuất phát từ nhà thầu thi công mà bên Chủ đầu tư, tư vấn thiết kế chậm trễ làm rõ.

Nhóm nguyên nhân **“Các vấn đề liên quan đến pháp lý và trao đổi thông tin giữa các bên tham gia dự án”** chiếm tỉ lệ phương sai giải thích lớn thứ tư trong các nhóm nhân tố sau khi phân tích EFA, phần trăm phương sai giải thích là 9,514%. Nhiều dự án, công trình triển khai thực hiện mang tính chất thời kỳ. Chưa nghiên cứu và giải quyết dứt điểm về tính pháp lý đã vội vàng cho triển khai dẫn đến khi dự án, công trình được phê duyệt, công khai luôn bị vướng mắc đặc biệt vấn đề giải phóng mặt bằng do việc đền bù không thỏa đáng, tính chất pháp lý nguồn gốc, xuất xứ đất đai, tài nguyên chưa được giải quyết triệt để dẫn đến kiện tụng kéo dài. Do việc chậm trễ trong trao đổi thông tin giữa các bên do nhiều nguyên nhân: từ mối quan hệ cá nhân, cơ sở hạ tầng, khoảng cách địa lý cũng ảnh hưởng không nhỏ đến việc trao đổi, giải quyết kịp thời các vấn đề liên quan trong thực hiện dự án.

Nhóm nguyên nhân **“Nhóm Chủ đầu tư sai sót trong quá trình thực hiện dự án”** chiếm tỷ lệ phương sai giải thích lớn thứ năm trong các nhóm nhân tố sau khi phân tích EFA, phần trăm phương sai giải thích là 7,813%. Chủ đầu tư thiếu công bằng trong giải quyết các việc tranh chấp giữ các thành phần, ưu ái bên này, phạt nặng bên khác dẫn đến tranh chấp giữa các bên do không được đáp ứng, giải quyết các yêu cầu 1 cách thỏa đáng.

Không xác định rõ các mục tiêu đầu tư, công việc cụ thể ngay từ đầu của Chủ đầu tư dẫn đến điều chỉnh thi công rất nhiều lần.

Nhóm nguyên nhân **“Các vấn đề thay đổi chính sách của Nhà nước, thị trường thay đổi lớn về vật giá”** chiếm tỉ lệ phương sai giải thích lớn thứ sáu, phần trăm phương sai giải thích là 6,974%. Việc triển khai nhiều dự án do quy mô, tính chất có thể diễn ra trong một thời gian dài, dẫn đến trong quá trình thực hiện có những sự thay đổi về thể chế, đường lối chính sách của Nhà nước về đầu tư xây dựng dẫn và ảnh hưởng của cơ chế thị trường thiên tai, dịch bệnh và cung ứng nguồn hàng trên thế giới dẫn đến việc lạm phát, tăng giá vật tư đột biến đặc biệt thể hiện rất trong dịch covid-19 và chiến sự Nga-Ucraina.

Nhóm nguyên nhân **“Nhà thầu thi công không đảm bảo về tài chính dẫn đến chậm cung ứng vật tư, tiến độ chậm”** chiếm tỷ lệ phương sai giải thích lớn thứ bảy, phần trăm phương sai giải thích là 6,895%. Nhà thầu thi công không đảm bảo về tài chính, chậm trễ trong khâu cung ứng vật tư và trả chi phí nhân công dẫn đến việc đình công, chậm trễ thi công. Đồng thời, việc chậm trễ thanh toán khối lượng hoàn thành từ chủ đầu tư cũng ảnh hưởng đến khả năng đảm bảo tình chính của nhà thầu khi thực hiện dự án.

5. MỘT SỐ GIẢI PHÁP NHẪM HẠN CHẾ TRANH CHẤP

Thông qua kết quả phân tích mức độ ảnh hưởng của các nhóm nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong công trình dân dụng tại TP.Hồ Chí Minh, khuyến nghị một số giải pháp như sau:

5.1. Giải pháp cho việc “Sai sót trong khảo sát, lập tài liệu hồ sơ ban đầu của dự án”

Nâng cao chất lượng khảo sát và lập hồ sơ dự án: Yêu cầu chủ đầu tư thuê các đơn vị tư vấn có năng lực và kinh nghiệm thực tế để thực hiện khảo sát và lập hồ sơ; Sử dụng công nghệ tiên tiến như phần mềm mô phỏng, phân tích dữ liệu, và công nghệ GIS để hỗ trợ khảo sát và lập hồ sơ; Thực hiện kiểm tra chéo bởi các chuyên gia độc lập để giảm sai sót trong khảo sát và lập hồ sơ.

Cải thiện quy trình lập dự án: Đưa ra quy trình chặt chẽ để xác định mục tiêu đầu tư, nguồn vốn và yêu cầu kỹ thuật rõ ràng ngay từ đầu; Đảm bảo các quy định về năng lực nhà thầu tư vấn được tuân thủ nghiêm ngặt thông qua cơ chế đấu thầu công khai, minh bạch.

Tăng cường kiểm soát và giám sát trong giai đoạn chuẩn bị: Thiết lập các tổ chuyên gia để kiểm tra tính khả thi và đồng bộ của các thông số kỹ thuật trong hồ sơ trước khi phê duyệt.

5.2. Giải pháp đối với nhóm nguyên nhân “Các vấn đề liên quan đến hợp đồng”

Soạn thảo hợp đồng rõ ràng, chặt chẽ: Hợp đồng cần được soạn thảo với các điều khoản chi tiết, cụ thể, tránh mơ hồ (áp dụng hợp đồng FIDIC); Bao gồm các điều khoản về xử lý rủi ro, tranh chấp, và chi phí phát sinh một cách minh bạch.

Hạn chế thay đổi trong quá trình thực hiện: Chủ đầu tư cần thực hiện đầy đủ công tác kế hoạch và phê duyệt thiết kế chi tiết trước khi ký hợp đồng, tránh tình trạng thay đổi thiết kế giữa chừng; Các thay đổi, nếu có, cần được thực hiện theo quy trình phê duyệt rõ ràng, có sự thống nhất giữa các bên.

5.3. Giải pháp cho việc “Thiếu năng lực và trách nhiệm của các bên tham gia”

Đảm bảo năng lực nhà thầu: Chủ đầu tư cần kiểm tra kỹ hồ sơ năng lực của nhà thầu, đặc biệt về tài chính, nhân lực và kinh nghiệm thực hiện dự án tương tự; Tăng cường quản lý và đánh giá năng lực của nhà thầu trong suốt quá trình thi công.

Cơ chế xử phạt và khuyến khích: Áp dụng các biện pháp xử

phạt nghiêm khắc đối với các bên không tuân thủ nghĩa vụ hợp đồng; Đưa ra các ưu đãi, khen thưởng đối với các nhà thầu thực hiện tốt tiến độ và chất lượng công việc.

5.4. Giải pháp đối với nhóm nguyên nhân “Các vấn đề pháp lý và trao đổi thông tin”

Hoàn thiện khung pháp lý và đảm bảo tính minh bạch: Ban hành các quy định pháp lý rõ ràng và nhất quán về giải phóng mặt bằng, đền bù, và quy hoạch sử dụng đất; Yêu cầu các dự án phải hoàn thành đầy đủ các thủ tục pháp lý trước khi triển khai.

Cải thiện cơ chế trao đổi thông tin: Xây dựng hệ thống giao tiếp trực tuyến để đảm bảo thông tin giữa các bên được chia sẻ kịp thời và minh bạch; Thành lập bộ phận chuyên trách giải quyết các vấn đề phát sinh và đảm bảo phản hồi nhanh chóng.

5.5. Giải pháp đối với nhóm nguyên nhân “Chủ đầu tư sai sót trong thực hiện dự án”

Tăng cường năng lực của chủ đầu tư: Bổ nhiệm các cán bộ quản lý dự án có chuyên môn cao, phân công rõ ràng nhiệm vụ giữa các bộ phận; Thuê đơn vị tư vấn giám sát độc lập để đảm bảo tính minh bạch và khách quan trong giám sát dự án. Xây dựng quy trình giải quyết tranh chấp minh bạch.

5.6. Giải pháp đối với nhóm nguyên nhân “Thay đổi chính sách và thị trường”

Dự báo và quản lý rủi ro: Xây dựng kế hoạch dự phòng và cơ chế điều chỉnh hợp đồng phù hợp với các biến động thị trường và chính sách; Theo dõi sát sao các yếu tố ảnh hưởng như giá vật tư, biến động chính trị, và dịch bệnh.

5.7. Giải pháp đối với nhóm nguyên nhân “Nhà thầu không đảm bảo tài chính”

Đảm bảo năng lực tài chính của nhà thầu: Chủ đầu tư cần yêu cầu các báo cáo tài chính minh bạch từ nhà thầu trước khi ký hợp đồng; Tạo điều kiện thanh toán nhanh chóng cho các hạng mục đã hoàn thành để duy trì dòng tiền cho nhà thầu. Lập kế hoạch cung ứng vật tư rõ ràng, theo dõi sát sao và yêu cầu báo cáo định kỳ từ nhà thầu.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã kế thừa và mở rộng kết quả từ nghiên cứu trước, sử dụng phương pháp phân tích nhân tố khám phá để làm rõ mức độ ảnh hưởng của các nhóm nguyên nhân dẫn đến tranh chấp trong dự án xây dựng dân dụng tại TP.HCM. Từ danh sách 26 nguyên nhân ban đầu, EFA đã xác định được 07 nhóm nhân tố chính gây tranh chấp, xếp theo mức độ ảnh hưởng từ cao xuống thấp như sau: (I) Nhóm Các vấn đề sai sót trong khảo sát, lập tài liệu hồ sơ ban đầu của dự án, công trình; (II) Các vấn đề liên quan đến hợp đồng; (III) Nhóm Thiếu năng lực và thiếu trách nhiệm của các bên tham gia; (IV) Nhóm Các vấn đề liên quan đến pháp lý và trao đổi thông tin giữa các bên tham gia dự án; (V) Các vấn đề liên quan đến sự không rõ ràng và không công bằng xuất phát chủ đầu tư; (VI) Các vấn đề thay đổi chính sách của nhà nước, thị trường thay đổi lớn về vật giá; (VII) Nhóm Nhà thầu thi công không đảm bảo về tài chính dẫn đến chậm cung ứng vật tư, tiến độ chậm. Khuyến nghị một số giải pháp nhằm hạn chế tranh chấp như sau:

Yêu cầu chủ đầu tư thuê các đơn vị tư vấn có năng lực và kinh nghiệm thực tế để thực hiện khảo sát và lập hồ sơ; Sử dụng công nghệ tiên tiến như phần mềm mô phỏng, phân tích dữ liệu, và công nghệ GIS để hỗ trợ khảo sát và lập hồ sơ; Thực hiện kiểm tra chéo bởi các chuyên gia độc lập để giảm sai sót trong khảo sát và lập hồ sơ; Cải thiện quy trình lập dự án; Nèn áp dụng hợp đồng FIDIC bao gồm các điều khoản về xử lý rủi ro, tranh chấp, và chi phí phát sinh một cách minh bạch; Hạn chế thay đổi trong

quá trình thực hiện; Đưa các điều khoản về phương thức hòa giải, trọng tài hoặc xử lý tranh chấp quốc tế vào hợp đồng, giảm thiểu nguy cơ kiện tụng kéo dài. Nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng sang phân tích định lượng sâu hơn (ví dụ mô hình hồi quy, ANOVA) để kiểm định mối quan hệ giữa các nhóm nguyên nhân với hậu quả cụ thể về chi phí, tiến độ, chất lượng dự án, qua đó củng cố thêm cơ sở khoa học cho công tác quản lý tranh chấp trong xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Assaf, S., Hassainain, M. A., Abdallah, A., Sayed, A. M., & Alshahrani, A. (2019). Significant causes of claims and disputes in construction projects in Saudi Arabia. *Built Environment Project and Asset Management*.

[2]. Ayudhya, N., & Israngkura, B. (2011). Common disputes related to public work projects in Thailand. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 33(5).

[3]. Cakmak, E., & Cakmak, P. I. (2014). An analysis of causes of disputes in the construction industry using analytical network process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 109, 183-187.

[4]. Farooqui, R. U., Masood, F., & Saleem, F. (2012, July). Key causes of construction disputes in Pakistan. In *Third International Conference on Construction in Developing Countries (ICDC-III) “Advancing Civil, Architectural and Construction Engineering & Management (pp. 72-79)*.

[5]. Farooqui, R. U., Azhar, S., & Umer, M. (2014). Key causes of disputes in the Pakistani construction industry-assessment of trends from the viewpoint of contractors. *NED University of engineering and technology Karachi, Pakistan*.

[6]. Malik, F. I., & Ali, A. (2019). Investigating the major causes and impacts of disputes in the road construction projects: A study of the selected projects of Pakistan. *Int. J. Sci. Eng. Res*, 10(5), 679-687.

[7]. Trần Minh Kính. Phân tích các yếu tố dẫn đến sự xung đột giữa nhà thầu chính và nhà thầu phụ trong giai đoạn thi công xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp.

Phân tích năng lực tài chính doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam: Một cách tiếp cận định lượng

Financial performance analysis of construction firms in vietnam: A quantitative approach

> **NGUYỄN HOÀI NGHĨA¹, TRẦN THANH HÀ^{1,*}, ĐINH VĨNH PHƯỚC²**

¹Khoa Kỹ thuật và Quản lý Xây dựng, Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: ttha@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích tình hình tài chính của các doanh nghiệp xây dựng Việt Nam trong giai đoạn 2014 - 2018. Mục tiêu nghiên cứu là đánh giá hiệu quả tài chính thông qua các chỉ số tài chính cơ bản và ứng dụng mô hình Z-score nhằm dự báo nguy cơ phá sản. Dữ liệu được thu thập từ 190 báo cáo tài chính của 38 doanh nghiệp xây dựng niêm yết trong vòng 5 năm. Các chỉ tiêu tài chính như hệ số thanh khoản, ROA, ROE, biên lợi nhuận hoạt động, biên lợi nhuận ròng, tỷ lệ nợ/vốn chủ sở hữu, và vòng quay tổng tài sản được tính toán và đánh giá. Kết quả cho thấy 76,84% doanh nghiệp có tình hình tài chính lành mạnh ($Z\text{-score} > 2,9$), 18,94% ổn định ($1,21 < Z\text{-score} \leq 2,9$), và 4,22% có nguy cơ phá sản ($Z\text{-score} < 1,21$). Các doanh nghiệp có tỷ lệ thanh khoản tốt (1,83) và biên lợi nhuận hoạt động cao (15,5%), nhưng ROA (2,11%), ROE (8,27%), và vòng quay tổng tài sản (0,21%) thấp, cho thấy hiệu quả sử dụng tài sản và vốn còn hạn chế. Tỷ số nợ/vốn chủ sở hữu cao (2,79) phản ánh rủi ro tài chính. Kết quả nghiên cứu cung cấp cái nhìn tổng quan về sức khỏe tài chính của các doanh nghiệp xây dựng, đồng thời khẳng định tính hữu ích của mô hình Z-score như một công cụ dự báo rủi ro tài chính, hỗ trợ ra quyết định cho nhà đầu tư và nhà quản trị.

Từ khóa: Doanh nghiệp xây dựng, chỉ số tài chính, mô hình Z-score, nguy cơ phá sản, phân tích tài chính.

ABSTRACT

This research analyzes the financial situation of Vietnamese construction enterprises during the period 2014-2018. The study aims to evaluate financial performance through key financial indicators and apply Z-score model to predict the risk of bankruptcy. Data were collected from 190 financial statements of 38 listed construction companies over five years. Key financial indicators such as liquidity ratio, ROA, ROE, operating profit margin, net profit margin, debt/equity ratio, and total asset turnover were calculated and evaluated. The results show that 76.84% of enterprises have a healthy financial situation ($Z\text{-score} > 2.9$), 18.94% are stable ($1.21 < Z\text{-score} \leq 2.9$), and 4.22% are at risk of bankruptcy ($Z\text{-score} < 1.21$). Enterprises have good liquidity ratio (1.83) and high operating profit margin (15.5%), but low ROA (2.11%), ROE (8.27%), and total asset turnover (0.21%), indicating limited efficiency in using assets and capital. High debt/equity ratio (2.79) reflects financial risk. The findings provide an overview of the financial health of construction firms in Vietnam, highlighting the effectiveness of the Z-score model as a financial risk forecasting tool, and supporting decision making for investors and managers.

Keywords: Construction business, financial ratios, Z-score model, bankruptcy risk, financial analysis.

1. GIỚI THIỆU

Ngành Xây dựng đóng vai trò nền tảng trong sự phát triển kinh tế - xã hội của một quốc gia, đặc biệt tại các nền kinh tế đang chuyển đổi như Việt Nam. Trong giai đoạn công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, tốc độ đô thị hóa nhanh chóng đã tạo ra nhu cầu lớn về hạ tầng kỹ thuật, dân dụng và giao thông, từ đó thúc đẩy ngành Xây dựng phát triển mạnh mẽ (Nguyễn & Lê, 2019). Theo Tổng cục Thống kê, tỷ trọng ngành Xây dựng trong GDP của Việt Nam luôn duy trì ở mức cao, đóng góp trung bình 6 - 7% trong giai đoạn 2014 - 2018 (GSO, 2019). Tuy nhiên, đi kèm với tốc độ tăng trưởng là những thách thức về quản trị tài chính, đặc biệt trong bối cảnh thị trường vốn còn hạn chế và môi trường kinh doanh nhiều biến động.

Trong khi các doanh nghiệp xây dựng đóng vai trò chủ đạo trong thực hiện các công trình trọng điểm quốc gia và địa phương, phần lớn các doanh nghiệp trong Ngành lại có quy mô vừa và nhỏ, phụ thuộc nhiều vào nguồn vốn vay ngắn hạn và thường xuyên chịu tác động từ chu kỳ đầu tư công cũng như biến động của thị trường bất động sản (Lê, 2020). Việc sử dụng đòn bẩy tài chính cao nhằm đáp ứng nhu cầu vốn lớn cho các dự án dài hạn làm gia tăng rủi ro mất cân đối tài chính và nguy cơ mất khả năng thanh toán. Trong bối cảnh đó, việc phân tích và đánh giá tình hình tài chính của doanh nghiệp xây dựng là một yêu cầu thiết yếu, không chỉ để nhận diện sức khỏe tài chính nội tại mà còn hỗ trợ các bên liên quan (như nhà đầu tư, ngân hàng, nhà quản trị) trong việc ra quyết định hiệu quả.

Phân tích tài chính doanh nghiệp từ lâu đã là công cụ cốt lõi trong quản trị doanh nghiệp, phản ánh khả năng tạo lợi nhuận, tính thanh khoản, hiệu quả sử dụng tài sản và cấu trúc vốn (Brigham & Ehrhardt, 2016). Trong ngành Xây dựng, các chỉ tiêu như hệ số thanh toán hiện hành, tỷ suất sinh lời trên tài sản (ROA), tỷ suất sinh lời trên vốn chủ sở hữu (ROE), vòng quay tổng tài sản và tỷ lệ nợ trên vốn chủ sở hữu là những chỉ số then chốt phản ánh hiệu quả tài chính tổng thể. Tuy nhiên, để có cái nhìn sâu sắc hơn về rủi ro tài chính tiềm ẩn, đặc biệt là nguy cơ phá sản, cần có những mô hình dự báo mang tính định lượng cao. Mô hình Z-score do Edward Altman phát triển là một trong những công cụ dự báo phá sản phổ biến nhất hiện nay, được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu tài chính doanh nghiệp trên toàn cầu (Altman, 1968; Altman et al., 2017). Mô hình này kết hợp nhiều chỉ số tài chính quan trọng thành một chỉ số tổng hợp để phân loại mức độ rủi ro tài chính của doanh nghiệp. Trong bối cảnh Việt Nam, việc áp dụng mô hình Z-score vào đánh giá các doanh nghiệp xây dựng có ý nghĩa thiết thực, giúp phát hiện sớm những doanh nghiệp có nguy cơ mất khả năng thanh toán để từ đó đề xuất biện pháp ứng phó kịp thời.

Từ những vấn đề nêu trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tình hình tài chính của các doanh nghiệp xây dựng Việt Nam trong giai đoạn 2014 - 2018, thông qua phân tích các chỉ tiêu tài chính cơ bản và ứng dụng mô hình Z-score trong dự báo nguy cơ phá sản. Bằng cách sử dụng dữ liệu từ báo cáo tài chính của 38 doanh nghiệp xây dựng niêm yết trong vòng 5 năm, nghiên cứu không chỉ cung cấp bức tranh toàn cảnh về hiệu quả hoạt động tài chính của ngành mà còn khẳng định tính hữu ích của mô hình Z-score như một công cụ hỗ trợ ra quyết định trong bối cảnh rủi ro tài chính ngày càng gia tăng.

2. LÝ THUYẾT TỔNG QUAN

Theo White, Sondhi và Fried (2003), phân tích tài chính là quá trình sử dụng thông tin kế toán và tài chính để hỗ trợ ra quyết định kinh tế, thông qua việc đánh giá năng lực hoạt động và mức độ rủi ro tiềm ẩn của doanh nghiệp. Một trong những mục tiêu cơ bản của phân tích tài chính là đánh giá khả năng sinh lợi và quản lý tài chính trong cả ngắn hạn lẫn dài hạn. Theo Brigham và Houston (2019), các chỉ số tài chính đóng vai trò thiết yếu trong việc đo lường hiệu quả sử dụng vốn, đánh giá khả năng thanh toán, và xác định mức độ đòn bẩy tài chính. Trong lĩnh vực xây dựng, nơi đặc trưng bởi vòng quay vốn dài, tài sản cố định lớn và rủi ro cao, việc phân tích tài chính càng trở nên cấp thiết nhằm đảm bảo doanh nghiệp có chiến lược tài chính phù hợp và đủ khả năng chống chịu với biến động thị trường. Để thực hiện phân tích tài chính hiệu quả, nguồn dữ liệu chủ yếu được lấy từ các báo cáo tài chính, bao gồm bảng cân đối kế toán, báo cáo kết quả kinh doanh, báo cáo lưu chuyển tiền tệ và thuyết minh báo cáo tài chính. Bảng cân đối kế toán phản ánh quy mô, cơ cấu tài sản và nguồn vốn, là cơ sở để đánh giá khả năng thanh toán và cơ cấu tài chính (Fraser & Ormiston, 2015). Báo cáo kết quả hoạt động kinh doanh phản ánh hiệu quả sinh lời thông qua các chỉ tiêu như doanh thu thuần, lợi nhuận gộp, lợi nhuận trước và sau thuế. Trong khi đó, báo cáo lưu chuyển tiền tệ cung cấp thông tin về dòng tiền thực tế từ ba hoạt động: kinh doanh, đầu tư và tài chính - điều đặc biệt quan trọng đối với các ngành thâm dụng vốn như xây dựng. Thuyết minh báo cáo tài chính giúp làm rõ các chính sách kế toán, biến động tài khoản, và các yếu tố phi tài chính khác không thể hiện trực tiếp qua số liệu.

Một trong những mô hình định lượng phổ biến được sử dụng để đánh giá rủi ro tài chính là mô hình Z-score của Altman (1968). Mô hình này kết hợp một loạt các chỉ số tài chính thành một phương trình tuyến tính duy nhất nhằm dự báo khả năng phá sản của doanh

nh nghiệp. Đối với các doanh nghiệp phi tài chính, phiên bản điều chỉnh năm 2000 của mô hình này sử dụng bốn biến tài chính chính, bao gồm: (i) khả năng thanh khoản ngắn hạn, (ii) hiệu quả hoạt động (EBIT/Tổng tài sản), (iii) khả năng tích lũy lợi nhuận (lợi nhuận giữ lại/tổng tài sản), và (iv) khả năng tự chủ tài chính (tài sản ròng/nợ phải trả). Kết quả Z-score được chia thành ba vùng: lành mạnh ($Z > 2.9$), trung bình ($1.21 \leq Z \leq 2.9$), và có nguy cơ phá sản ($Z < 1.21$). Các nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng mô hình Z-score có thể dự báo chính xác đến 80% các trường hợp phá sản trong vòng 1-2 năm trước khi sự kiện xảy ra (Altman, 2000). Bên cạnh mô hình Z-score, các chỉ số tài chính cơ bản vẫn giữ vai trò thiết yếu trong việc phân tích tình hình tài chính doanh nghiệp. Tỷ lệ thanh khoản hiện hành (Current Ratio) cho biết mức độ đảm bảo thanh toán các khoản nợ ngắn hạn bằng tài sản ngắn hạn và phản ánh mức độ an toàn về dòng tiền trong kỳ. Nếu tỷ lệ này nhỏ hơn 1, doanh nghiệp có nguy cơ thiếu hụt thanh khoản; nếu quá cao, có thể cho thấy doanh nghiệp sử dụng tài sản kém hiệu quả (Wild et al., 2014). Hệ số biên lợi nhuận hoạt động (Operating Margin), được tính bằng EBIT chia cho doanh thu thuần, phản ánh mức độ kiểm soát chi phí và năng lực tạo lợi nhuận từ hoạt động cốt lõi. Trong khi đó, hệ số biên lợi nhuận ròng (Net Profit Margin) cho biết tỷ lệ lợi nhuận sau thuế trên doanh thu, là chỉ báo tổng hợp về hiệu quả vận hành. ROA (Return on Assets) và ROE (Return on Equity) là hai chỉ số sinh lời quan trọng, lần lượt đo lường hiệu quả sử dụng tài sản và vốn chủ sở hữu (Damodaran, 2012). Trong khi đó, tỷ số nợ/vốn chủ sở hữu (Debt-to-Equity) phản ánh mức độ đòn bẩy tài chính, cho thấy mức độ rủi ro mà doanh nghiệp đang đối mặt khi phụ thuộc vào nguồn vốn vay (Peterson, 2009). Cuối cùng, vòng quay tổng tài sản (Total Asset Turnover) là chỉ số đánh giá mức độ hiệu quả trong việc chuyển đổi tài sản thành doanh thu. Tỷ lệ này càng cao chứng tỏ doanh nghiệp sử dụng tài sản hiệu quả hơn. Trong ngành Xây dựng, vòng quay tài sản thường thấp do quy mô tài sản cố định lớn và chu kỳ thu hồi vốn dài, vì vậy chỉ số này cần được theo dõi liên tục qua nhiều năm để đánh giá xu hướng hiệu quả vận hành (Fraser & Ormiston, 2015).

Về mặt thực tiễn, ngành Xây dựng tại Việt Nam trong giai đoạn 2014 - 2018 đã chứng kiến sự phục hồi mạnh mẽ sau khủng hoảng bất động sản 2011 - 2013. Theo Cục Thống kê (Bộ Tài chính), tốc độ tăng trưởng giá trị sản xuất xây dựng hàng năm vượt 8%, đóng góp đáng kể vào GDP. Tuy nhiên, sự phát triển nhanh chóng cũng kéo theo áp lực tài chính lớn, thể hiện qua tình trạng sử dụng đòn bẩy tài chính cao, mất cân đối dòng tiền, và rủi ro tín dụng tăng. Thực tế ghi nhận nhiều doanh nghiệp xây dựng niêm yết gặp khó khăn trong việc duy trì thanh khoản, dẫn đến phá sản hoặc bị thu tóm. Tình trạng này phản ánh rõ sự cần thiết của các công cụ đánh giá tài chính hiệu quả để hỗ trợ ra quyết định trong bối cảnh biến động. Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu thực nghiệm sử dụng mô hình Z-score trong các ngành công nghiệp khác nhau. Taffler và Tisshaw (1977) đã điều chỉnh mô hình Altman cho thị trường Anh, cho thấy sự phù hợp nếu điều chỉnh trong số theo bối cảnh kế toán địa phương. Li và Wang (2014) tại Trung Quốc sử dụng Z-score kết hợp với hồi quy logistic để dự báo nguy cơ tài chính trong ngành hạ tầng, cho kết quả chính xác cao hơn các phương pháp truyền thống. Các nghiên cứu này khẳng định hiệu quả ứng dụng linh hoạt của mô hình Z-score trong bối cảnh các ngành có tính đặc thù cao như xây dựng. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về phân tích tài chính trong ngành Xây dựng còn tương đối hạn chế. Một số công trình như Nguyễn Văn Huân và Nguyễn Thị Quỳnh Trang (2021) bước đầu ứng dụng Z-score vào đánh giá doanh nghiệp niêm yết, nhưng chưa kết hợp hệ thống chỉ số tài chính toàn diện và thiếu đối chiếu với trung bình ngành. Hơn nữa, các nghiên cứu hiện nay còn thiếu tính so sánh giữa các nhóm doanh nghiệp theo quy mô, loại hình sở hữu

hoặc chuỗi giá trị hoạt động trong ngành. Do đó, việc triển khai một nghiên cứu sử dụng đồng thời mô hình Z-score và các chỉ số tài chính cơ bản trên một tập dữ liệu doanh nghiệp xây dựng quy mô lớn là cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.

Vì vậy, nghiên cứu này không chỉ kế thừa mô hình Z-score kinh điển của Altman mà còn kết hợp các chỉ số thanh khoản, sinh lời, đòn bẩy và hiệu quả hoạt động nhằm phân tích toàn diện tình hình tài chính của 38 doanh nghiệp xây dựng Việt Nam. Đồng thời, nghiên cứu cũng đối chiếu kết quả với trung bình ngành để đánh giá vị trí tương đối của từng doanh nghiệp, qua đó đưa ra các khuyến nghị thực tiễn cho doanh nghiệp và nhà đầu tư.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp định lượng nhằm đánh giá tình hình tài chính của các doanh nghiệp xây dựng niêm yết tại Việt Nam thông qua việc kết hợp mô hình Z-score của Altman với các chỉ tiêu tài chính cơ bản. Phương pháp định lượng được lựa chọn do khả năng đo lường và kiểm định khách quan các hiện tượng tài chính thông qua số liệu, từ đó giúp rút ra các kết luận có độ tin cậy cao (Creswell, 2014). Cấu trúc phương pháp nghiên cứu bao gồm: (i) xác định đối tượng và phạm vi nghiên cứu; (ii) thu thập và xử lý dữ liệu; và (iii) áp dụng mô hình và chỉ tiêu phân tích.

Đối tượng nghiên cứu là các doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực xây dựng và đang niêm yết trên Sở Giao dịch Chứng khoán TP.HCM (HOSE). Tiêu chí chọn mẫu bao gồm: (1) doanh nghiệp có mã cổ phiếu được giao dịch liên tục trong giai đoạn 2014 - 2018; (2) có đầy đủ báo cáo tài chính hàng năm đã được kiểm toán; và (3) có ngành nghề kinh doanh chính là xây dựng công trình dân dụng, công nghiệp hoặc hạ tầng. Tổng cộng, 38 doanh nghiệp đáp ứng đầy đủ các điều kiện trên đã được chọn làm mẫu nghiên cứu.

Dữ liệu nghiên cứu là dữ liệu thứ cấp, được thu thập từ các báo cáo tài chính công khai trên website chính thức của HOSE và trang thông tin tài chính Vietstock.vn. Dữ liệu bao gồm bảng cân đối kế toán, báo cáo kết quả hoạt động kinh doanh, báo cáo lưu chuyển tiền tệ và thuyết minh báo cáo tài chính trong 5 năm liên tiếp từ 2014 - 2018. Việc sử dụng dữ liệu thứ cấp có ưu điểm là chi phí thấp, dễ tiếp cận và độ tin cậy cao khi được kiểm toán bởi các đơn vị độc lập (Saunders, Lewis & Thornhill, 2016). Tổng số dữ liệu thu thập là 190 bộ báo cáo tài chính (38 doanh nghiệp x 5 năm). Phương pháp phân tích bao gồm hai giai đoạn. Giai đoạn một, nghiên cứu áp dụng mô hình Z-score do Altman (1983) phát triển dành cho doanh nghiệp phi tài chính. Mô hình này sử dụng bốn biến tài chính tổng hợp để tính điểm Z theo công thức sau:

$$Z = 6.56Z_1 + 3.26Z_2 + 6.72Z_3 + 1.05Z_4$$

Trong đó:

$$\bullet Z_1 = \frac{\text{Tài sản ngắn hạn} - \text{Nợ ngắn hạn}}{\text{Tổng tài sản}} : \text{đo lường khả năng thanh}$$

khoản và tài sản ròng

$$\bullet Z_2 = \frac{EBIT}{\text{Tổng tài sản}} : \text{phản ánh hiệu quả hoạt động}$$

$$\bullet Z_3 = \frac{\text{Lợi nhuận giữ lại}}{\text{Tổng tài sản}} : \text{cho thấy khả năng tích lũy lợi nhuận}$$

$$\bullet Z_4 = \frac{\text{Tài sản} - \text{Nợ phải trả}}{\text{Nợ phải trả}} : \text{thể hiện cơ cấu vốn và mức độ tự chủ}$$

tài chính

Giá trị Z thu được được phân loại thành ba nhóm: (i) $Z > 2.9$: doanh nghiệp có tình hình tài chính lành mạnh; (ii) $1.21 \leq Z \leq 2.9$: doanh nghiệp có rủi ro tài chính trung bình; và (iii) $Z < 1.21$: doanh nghiệp có nguy cơ phá sản cao (Altman, 2000).

Giai đoạn hai, để có cái nhìn toàn diện hơn về sức khỏe tài chính, nghiên cứu sử dụng bổ sung 7 chỉ tiêu tài chính cơ bản, bao gồm:

- Tỷ lệ thanh khoản hiện hành = Tài sản ngắn hạn/Nợ ngắn hạn
- Biên lợi nhuận hoạt động = EBIT/Doanh thu thuần

- Biên lợi nhuận ròng = Lợi nhuận sau thuế/Doanh thu thuần
- Tỷ suất sinh lời trên tài sản = Lợi nhuận sau thuế/Tổng tài sản
- Tỷ suất sinh lời trên vốn chủ sở hữu = Lợi nhuận sau thuế/Vốn chủ sở hữu

- Tỷ số nợ/vốn chủ sở hữu = Tổng nợ phải trả/Vốn chủ sở hữu
- Vòng quay tổng tài sản = Doanh thu thuần/Tổng tài sản bình quân

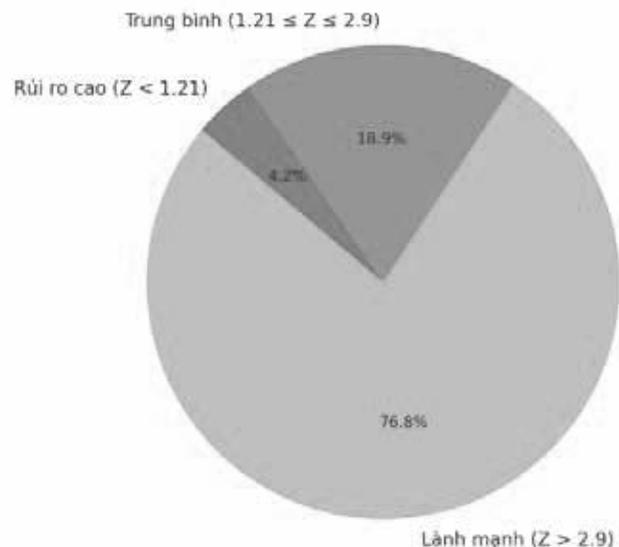
Các chỉ tiêu này được chọn lựa dựa trên nguyên tắc đại diện cho các nhóm chỉ số cốt lõi trong phân tích tài chính: thanh khoản, sinh lời, đòn bẩy và hiệu quả hoạt động (Wild et al., 2014). Việc kết hợp các chỉ tiêu này cho phép đánh giá cả chiều rộng và chiều sâu của năng lực tài chính doanh nghiệp. Toàn bộ dữ liệu được xử lý và tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel. Các giá trị trung bình theo từng chỉ tiêu được so sánh với mức trung bình ngành xây dựng để đánh giá vị thế tài chính tương đối của từng doanh nghiệp. Ngoài ra, các bảng tổng hợp và biểu đồ đường được sử dụng nhằm minh họa trực quan các xu hướng tài chính qua các năm.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Phân loại rủi ro tài chính theo mô hình Z-score

Việc ứng dụng mô hình Z-score của Altman (1983) cho phép phân loại các doanh nghiệp trong mẫu nghiên cứu theo mức độ ổn định tài chính. Trung bình giai đoạn 2014-2018, khoảng 76.84% doanh nghiệp có điểm Z lớn hơn 2.9 cho thấy tình hình tài chính lành mạnh và ổn định. Khoảng 18.94% doanh nghiệp nằm trong vùng cảnh báo ($1.21 \leq Z \leq 2.9$), phản ánh mức độ rủi ro tài chính trung bình. Đáng chú ý, chỉ 4.22% doanh nghiệp rơi vào vùng có nguy cơ phá sản cao ($Z < 1.21$), chủ yếu là các doanh nghiệp quy mô nhỏ, sử dụng đòn bẩy tài chính cao và có biên lợi nhuận thấp.

Hình 1 minh họa phân bố tỷ lệ doanh nghiệp theo các nhóm Z-score. Kết quả này cho thấy phần lớn các doanh nghiệp xây dựng niêm yết tại Việt Nam trong giai đoạn 2014 - 2018 có cấu trúc tài chính tương đối ổn định, đặc biệt trong bối cảnh ngành phục hồi sau khủng hoảng bất động sản giai đoạn năm 2011 - 2013. Tuy nhiên, nhóm doanh nghiệp có Z-score dưới 2.9 vẫn cần được theo dõi do tiềm ẩn rủi ro về dòng tiền và cấu trúc vốn (Altman, 2000).



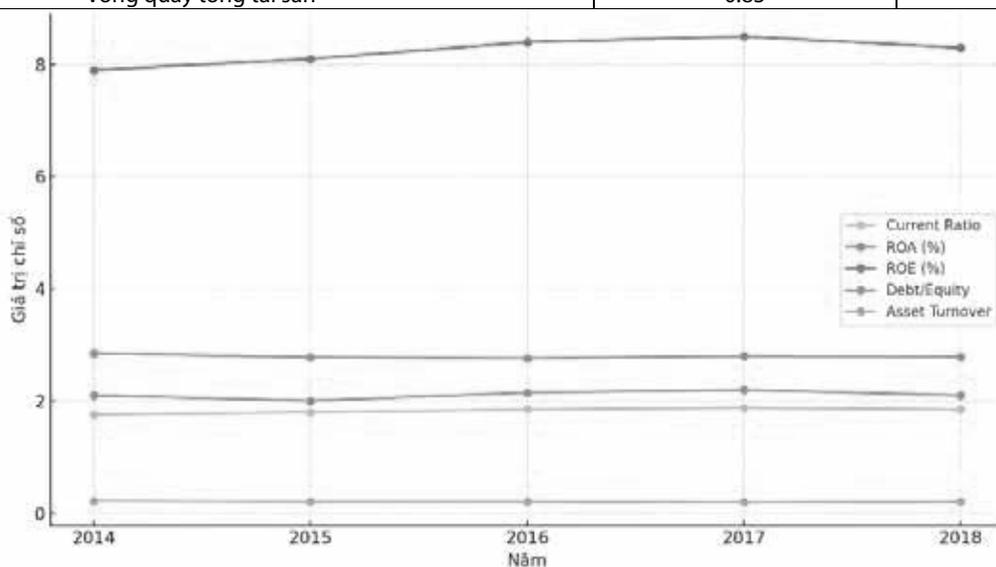
Hình 1. Phân loại doanh nghiệp theo Z-score

4.2. So sánh chỉ số tài chính giữa mẫu nghiên cứu và ngành

Để đánh giá toàn diện hơn tình hình tài chính, nghiên cứu đã tính toán và so sánh trung bình 7 chỉ tiêu tài chính cơ bản giữa mẫu nghiên cứu và mức trung bình ngành Xây dựng. Kết quả được trình bày trong Bảng 1:

Bảng 1. So sánh các chỉ tiêu tài chính trung bình (2014-2018)

Chỉ tiêu	Trung bình ngành	Mẫu nghiên cứu
Tỷ lệ thanh khoản hiện hành	1.91	1.83
Tỷ suất sinh lời trên tài sản (%)	4.48	2.11
Tỷ suất sinh lời trên vốn chủ sở hữu (%)	14.96	8.27
Biên lợi nhuận hoạt động (%)	12.60	15.50
Biên lợi nhuận ròng (%)	8.67	9.90
Tỷ số nợ/vốn chủ sở hữu	2.08	2.79
Vòng quay tổng tài sản	0.83	0.21



Hình 2. Xu hướng các chỉ số tài chính trung bình giai đoạn 2014-2018

Bảng 1 cho thấy, tỷ lệ thanh khoản hiện hành (Current Ratio) trung bình trong mẫu đạt 1.83, thấp hơn một chút so với mức trung bình ngành là 1.91. Tuy vậy, vì đều >1, phần lớn doanh nghiệp vẫn duy trì được khả năng thanh toán ngắn hạn. Một số doanh nghiệp có tỷ lệ thấp hơn 1, chủ yếu thuộc nhóm có dòng tiền hoạt động âm liên tục, cần chú trọng tái cấu trúc tài sản lưu động và kiểm soát hàng tồn kho. Tỷ suất sinh lời trên tài sản (ROA) đạt trung bình 2.11%, thấp hơn mức trung bình ngành là 4.48% và khá xa so với chuẩn quốc tế khuyến nghị (trên 7.5%) cho doanh nghiệp hoạt động hiệu quả (Damodaran, 2012). Kết quả này phản ánh mức độ sử dụng tài sản còn thấp và chi phí vận hành cao - điều khá phổ biến trong ngành Xây dựng do tỷ trọng tài sản cố định lớn và vòng quay vốn chậm. Tỷ suất sinh lời trên vốn chủ sở hữu (ROE) đạt mức trung bình 8.27%, thấp hơn đáng kể so với mức bình quân ngành là 14.96%. Chỉ số này cho thấy hiệu quả sử dụng vốn của các doanh nghiệp trong ngành vẫn còn hạn chế. Một số doanh nghiệp có ROE < 5% liên tục, chủ yếu do kết quả kinh doanh biến động mạnh và chi phí lãi vay cao. Ngược lại, biên lợi nhuận hoạt động (Operating Margin) và biên lợi nhuận ròng (Net Profit Margin) lần lượt đạt 15.5% và 9.9%, đều cao hơn mức trung bình ngành (12.6% và 8.67%). Điều này cho thấy mặc dù hiệu quả sử dụng tài sản còn hạn chế, nhưng doanh nghiệp vẫn kiểm soát tốt chi phí sản xuất và duy trì được biên lợi nhuận tương đối ổn định. Tỷ số nợ/vốn chủ sở hữu (D/E) trung bình đạt 2.79 - cao hơn đáng kể so với ngưỡng khuyến nghị an toàn (D/E < 2) như khuyến nghị của Peterson (2009). Kết quả này cho thấy các doanh nghiệp trong ngành Xây dựng đang phụ thuộc lớn vào nguồn vốn vay, dẫn đến nguy cơ rủi ro tài chính trong dài hạn, nhất là trong bối cảnh biến động lãi suất. Sự mất cân đối vốn này cũng góp phần làm suy giảm ROE và tăng áp lực thanh toán. Cuối cùng,

vòng quay tổng tài sản (Asset Turnover) trung bình chỉ đạt 0.21 - thấp hơn xa so với mức chuẩn hiệu quả là 1.4 (Peterson, 2009). Chỉ số này phản ánh thực trạng doanh nghiệp chưa sử dụng tài sản hiệu quả trong việc tạo ra doanh thu. Nguyên nhân chủ yếu đến từ chu kỳ đầu tư dài, thời gian thu hồi vốn chậm và quy trình nghiệm thu - thanh toán nhiều bước đặc thù của ngành Xây dựng.

4.3. Xu hướng tài chính theo thời gian

Để nhận diện biến động qua thời gian, nghiên cứu tiến hành theo dõi xu hướng của các chỉ số chính trong giai đoạn 2014-2018. Hình 2 dưới đây minh họa sự thay đổi của các chỉ số trung bình theo năm. Dữ liệu cho thấy ROA, ROE và vòng quay tài sản gần như không có sự cải thiện đáng kể trong 5 năm. Trong khi đó, tỷ lệ thanh khoản hiện hành dao động quanh mức 1.8, duy trì khả năng thanh toán ngắn hạn ở mức tương đối ổn định. Tỷ lệ nợ/vốn chủ sở hữu dù có biến động nhẹ nhưng vẫn duy trì ở mức cao (gần 2.8), phản ánh áp lực nợ tài chính lớn và chưa có dấu hiệu giảm.

4.4. Thảo luận và hàm ý quản trị

Kết quả nghiên cứu cho thấy phần lớn doanh nghiệp xây dựng Việt Nam có khả năng duy trì trạng thái tài chính lành mạnh trong ngắn hạn, thể hiện qua Z-score và khả năng thanh khoản. Tuy nhiên, hiệu quả sử dụng vốn và tài sản vẫn ở mức thấp, kéo theo các chỉ số ROA và ROE suy giảm so với chuẩn ngành. Đồng thời, mức độ phụ thuộc vào nợ vay cao là một rủi ro lớn đối với sự ổn định tài chính trong dài hạn, đặc biệt trong điều kiện thị trường lãi suất biến động hoặc khi đối mặt với sự thắt chặt tín dụng. Từ góc độ quản trị, các doanh nghiệp cần đẩy mạnh cải thiện hiệu quả sử dụng tài sản thông qua nâng cao năng lực quản lý dự án, ứng dụng công nghệ thi công hiện đại và rút ngắn chu kỳ thanh toán. Về mặt tài chính, việc cân đối lại cơ cấu vốn, giảm tỷ lệ nợ vay, và tăng cường vốn chủ

sở hữu là các biện pháp quan trọng để cải thiện chỉ số ROE và nâng cao khả năng chống chịu trước rủi ro thị trường.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này đã tiến hành phân tích tình hình tài chính của 38 doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam trong giai đoạn 2014 - 2018 bằng phương pháp định lượng, kết hợp mô hình Z-score của Altman và các chỉ số tài chính cơ bản. Kết quả phân tích cho thấy, phần lớn doanh nghiệp trong mẫu có tình hình tài chính tương đối ổn định, với 76.84% doanh nghiệp được xếp vào nhóm lành mạnh theo Z-score. Chỉ có 4.22% doanh nghiệp rơi vào nhóm có nguy cơ phá sản cao. Đây là tín hiệu tích cực cho thấy ngành Xây dựng đã phục hồi sau khủng hoảng bất động sản 2011 và đang từng bước lấy lại vị thế trên thị trường. Tuy nhiên, khi phân tích sâu vào các chỉ số tài chính, nghiên cứu ghi nhận nhiều điểm còn hạn chế. Cụ thể, tỷ lệ lợi nhuận trên tài sản (ROA) và lợi nhuận trên vốn chủ sở hữu (ROE) của các doanh nghiệp đều thấp hơn đáng kể so với mức trung bình ngành và tiêu chuẩn quốc tế. Điều này cho thấy các doanh nghiệp chưa khai thác hiệu quả nguồn lực tài chính và tài sản hiện có để tạo ra lợi nhuận. Thêm vào đó, chỉ số vòng quay tổng tài sản thấp phản ánh mức độ sử dụng tài sản còn kém hiệu quả, trong khi tỷ lệ đòn bẩy tài chính lại cao hơn mức an toàn, tiềm ẩn rủi ro về khả năng thanh toán và áp lực nợ vay.

Từ kết quả nghiên cứu, có thể rút ra một số kiến nghị quan trọng như sau:

i. Các doanh nghiệp cần rà soát lại cơ cấu vốn, ưu tiên giảm bớt sự phụ thuộc vào vốn vay bằng cách tăng vốn chủ sở hữu thông qua phát hành cổ phiếu hoặc giữ lại lợi nhuận để tái đầu tư. Việc này không chỉ giúp giảm áp lực tài chính mà còn tăng mức độ an toàn và tính hấp dẫn trong mắt nhà đầu tư.

ii. Thứ hai, doanh nghiệp cần tập trung cải thiện hiệu suất sử dụng tài sản thông qua đổi mới công nghệ, tối ưu hóa quy trình thi công, và nâng cao năng lực quản lý dự án. Điều này không chỉ giúp gia tăng vòng quay tài sản mà còn làm tăng biên lợi nhuận và cải thiện chỉ số ROA trong dài hạn.

iii. Thứ ba, từ góc độ quản trị tài chính, các doanh nghiệp nên thiết lập hệ thống cảnh báo rủi ro nội bộ dựa trên các chỉ số tài chính chủ đạo như Z-score, D/E, và dòng tiền hoạt động. Điều này sẽ giúp doanh nghiệp phản ứng kịp thời trước các biến động tài chính và thị trường, đặc biệt trong bối cảnh nền kinh tế Việt Nam đang hội nhập sâu rộng và chịu ảnh hưởng từ các cú sốc toàn cầu. Ngoài ra, việc xây dựng một bộ chỉ tiêu chuẩn ngành, được cập nhật định kỳ, sẽ hỗ trợ các doanh nghiệp tự đánh giá vị thế của mình so với các đối thủ cạnh tranh trong cùng lĩnh vực. Từ phía nhà đầu tư, nghiên cứu này cung cấp một khuôn khổ phân tích tài chính toàn diện để đánh giá các doanh nghiệp xây dựng. Nhà đầu tư có thể sử dụng Z-score như một công cụ sàng lọc doanh nghiệp có nguy cơ tài chính thấp, đồng thời kết hợp với các chỉ số sinh lời và đòn bẩy để đưa ra quyết định đầu tư phù hợp với mức độ rủi ro chấp nhận được. Việc này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh ngành Xây dựng thường chịu ảnh hưởng lớn bởi chu kỳ kinh tế và các chính sách đầu tư công.

Cuối cùng, nghiên cứu cũng ghi nhận một số hạn chế cần khắc phục trong các nghiên cứu tiếp theo. Dữ liệu phân tích chủ yếu đến từ các doanh nghiệp quy mô lớn, do doanh nghiệp vừa và nhỏ ít công bố thông tin tài chính minh bạch. Ngoài ra, mô hình Z-score chưa xét đến các yếu tố phi tài chính như chất lượng quản trị, chiến lược kinh doanh hay năng lực đổi mới, những yếu tố cũng có vai trò quan trọng trong đánh giá sức khỏe doanh nghiệp. Do đó, các nghiên cứu trong tương lai nên mở rộng phạm vi và tích hợp thêm mô hình định tính để cho kết quả toàn diện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Altman, E. I. (1968). Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23(4), 589-609.
- [2]. Altman, E. I., Iwanicz-Drozdzowska, M., Laitinen, E. K., & Suvas, A. (2017). Financial Distress Prediction in an International Context: A Review and Empirical Analysis of Altman's Z-Score Model. *Journal of International Financial Management & Accounting*, 28(2), 131-171.
- [3]. Altman, E. I. (2000). Predicting financial distress of companies: Revisiting the Z-score and ZETA models. Working Paper. New York University, Stern School of Business.
- [4]. Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2016). *Financial Management: Theory & Practice*. Cengage Learning.
- [5]. Brigham, E., & Houston, J. (2019). *Fundamentals of Financial Management*. Cengage Learning
- [6]. Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- [7]. Các chỉ số tài chính bình quân ngành Xây dựng Việt Nam, đăng nhập ngày 5/4/2025 tại <https://finance.vietstock.vn/nganh/201030-xay-dung-.htm>
- [8]. Damodaran, A. (2012). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset (3rd ed.)*. John Wiley & Sons.
- [9]. Fraser, L. M., & Ormiston, A. (2015). *Understanding financial statements (10th ed.)*. Pearson.
- [10]. GSO (2019). Niên giám thống kê Việt Nam 2018. Tổng cục Thống kê.
- [11]. Lê, T. V. (2020). Đánh giá rủi ro tài chính trong các doanh nghiệp xây dựng tại Việt Nam. *Tạp chí Kinh tế và Dự báo*, 7, 55-60.
- [12]. Li, X., & Wang, Y. (2014). Financial distress prediction of listed construction companies based on Z-score model and logistic regression. *Journal of Applied Science and Engineering*, 17(4), 407-414.
- [13]. Nguyễn, H. A., & Lê, V. T. (2019). Vai trò của ngành xây dựng trong tăng trưởng kinh tế Việt Nam. *Tạp chí Phát triển Kinh tế*, 31(4), 33-41.
- [14]. Nguyễn Văn Huân và Nguyễn Thị Quỳnh Trang (2021). Nghiên cứu Mô hình Z-Score vào cảnh báo sớm rủi ro hoạt động kinh doanh tín dụng tại các ngân hàng thương mại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Thương mại*, 154, 28-35.
- [15]. Peterson, P. P. (2009). *Financial management and analysis (2nd ed.)*. John Wiley & Sons.
- [16]. Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research methods for business students (7th ed.)*. Pearson Education.
- [17]. Taffler, R. J., & Tisshaw, H. (1977). Going, going, gone-Four factors which predict. *Accountancy*, 88(1003), 50-54.
- [18]. White, G. I., Sondhi, A. C., & Fried, D. (2003). *The analysis and use of financial statements (3rd ed.)*. John Wiley & Sons.
- [19]. Wild, J. J., Subramanyam, K. R., & Halsey, R. F. (2014). *Financial statement analysis (11th ed.)*. McGraw-Hill Education.

Nhận thức xanh trong dự án đầu tư xây dựng xanh: Sự khác biệt góc nhìn giữa nhà thực hành và sinh viên ngành Xây dựng

Green awareness in green construction investment projects: The differences perspectives between construction industry professionals and students

> PHAN THANH PHƯƠNG^{1,2}, NGUYỄN MỘNG HUYỀN NHI¹, VÕ ĐĂNG KHOA^{1,2*}

¹Bộ môn Quản lý Dự án xây dựng, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

²Nhóm nghiên cứu liên ngành về Quản lý dự án & Tri thức chuyên nghiệp (K2P)

Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: khoa.vd@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Nhận thức xanh trong ngành Xây dựng góp phần thúc đẩy phát triển bền vững, tối ưu hóa tài nguyên, giảm thiểu tác động môi trường và nâng cao hiệu quả vận hành của các dự án đầu tư xây dựng xanh (DĐTXXD). Tuy nhiên, tồn tại khác biệt đáng kể giữa góc nhìn của các chuyên gia và sinh viên ngành Xây dựng - nhóm đại diện cho lực lượng lao động tương lai. Bài viết đánh giá sự khác biệt về nhận thức xanh giữa thực tiễn và góc nhìn của sinh viên trong ngành Xây dựng tại TP.HCM. Từ đó, phân tích các yếu tố và thuộc tính xanh trong các DĐTXXD dựa trên các tiêu chuẩn xanh hiện hành. Nghiên cứu sử dụng mẫu khảo sát hai nhóm đối tượng là chuyên gia và sinh viên, với 120 mẫu hợp lệ. Kết quả từ dữ liệu thu thập được phân tích bằng kiểm định T-test cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về các nhóm yếu tố *thiết kế, thi công và vận hành* giữa 2 nhóm đối tượng khảo sát. Trong khi nhóm chuyên gia đánh giá cao yếu tố vận hành thì sinh viên lại xem trọng thiết kế hơn. Kết quả nghiên cứu chỉ ra những khác biệt trong góc nhìn về sự xanh trong các DĐTXXD giữa chuyên gia và sinh viên. Kết quả được bàn luận sẽ cung cấp những hàm ý cho việc đề xuất các giải pháp để giúp sinh viên có góc nhìn phù hợp với thực tiễn.

Từ khóa: Chuyên gia, sinh viên, yếu tố xanh, nhận thức xanh, T-Test.

ABSTRACT

Green awareness in the construction sector contributes to promoting sustainable development by optimizing resource utilization, minimizing environmental impacts, and enhancing the operational efficiency of green construction investment projects (GCIPs). However, a significant gap exists between the perspectives of professionals and construction students-who represent the future workforce in the industry. This paper examines the disparity in green awareness between current professional practices and the perceptions of construction students in Ho Chi Minh City. Accordingly, it analyzes green factors and attributes in GCIPs based on prevailing green standards. The study employed a survey targeting two respondent groups: professionals and students - with a total of 120 valid responses. Data analysis using T-tests revealed statistically significant differences in the assessment of three groups: Design, Construction, and Operation. While professionals placed greater emphasis on Operation, students tended to prioritize Design. These findings highlight perceptual gaps between practitioners and students regarding green elements in GCIPs. The results discussed provide implications for proposing solutions to better align students' perspectives with practical requirements in sustainable construction.

Keywords: Professionals, students, green factors, green awareness, T-test.

1. GIỚI THIỆU

Sự phát triển của ngành Xây dựng gây ra không ít áp lực đến môi trường. Theo trang Bimhow [1] "Ngành Xây dựng đóng góp tới 23% ô nhiễm không khí, 50% thay đổi khí hậu, 40% ô nhiễm nước uống và 50% chất thải chôn lấp. Nghiên cứu của Hội đồng Công trình Xanh Hoa Kỳ (USGBC) cũng chỉ ra, ngành Xây dựng chiếm đến 40%

mức sử dụng năng lượng trên toàn cầu". Số liệu từ Báo Mới [2] "Các công trình xây dựng ở Việt Nam chiếm 39% năng lượng tiêu thụ, 12% lượng nước tiêu thụ và phát thải khoảng 38% lượng khí thải carbon..." Vì vậy, các DĐTXXD trở thành xu hướng tất yếu trong ngành Xây dựng. Tuy nhiên, thực tế việc thực hiện các DĐTXXD hiện nay ở Việt Nam vẫn còn rất ít. Theo trang VnEconomy [3] "Việt

Nam mới chỉ có 233 công trình với tổng diện tích khoảng trên dưới 6 triệu m² sàn xây dựng đạt tiêu chí công trình xanh”.

Nguyên nhân dẫn đến số lượng các DAĐTDXD rất ít là do chưa nhận được sự quan tâm lớn từ chủ đầu tư về công trình xanh (CTX) [3]. Báo Kinh tế đô thị [4] cũng chỉ ra “nhận thức về CTX vẫn còn chưa đầy đủ. Hầu hết CTX đều được hiểu đơn giản là nhiều cây xanh”. Điều này, phản ánh nhận thức xanh về các DAĐTDXD là rất đáng xem xét, đặc biệt từ các bên gồm sinh viên, nguồn nhân lực tương lai và các chuyên gia đang làm việc trong ngành. Việc giúp sinh viên nhận thức đúng về các yếu tố và thuộc tính xanh trong DAĐTDXD sẽ giúp nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong tương lai cho ngành Xây dựng, giúp chủ động tiếp cận với xu hướng phát triển trong ngành. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đo lường về sự khác biệt giữa nhận thức của sinh viên ngành Xây dựng và thực tiễn về các yếu tố và thuộc tính xanh trong các DAĐTDXD ở Việt Nam. Việc giải quyết được mục tiêu đã đặt ra sẽ tạo góc nhìn tổng quan cho chuyên gia và sinh viên. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần giúp sinh viên nhận thức phù hợp hơn với thực tiễn, đưa ra gợi ý nhằm cải thiện chương trình đào tạo.

2. TỔNG QUAN

Sholarin và Awange (2016) [5] “Dự án xanh: Dự án bảo vệ hoặc cải thiện môi trường bằng cách tích hợp các khía cạnh môi trường, tuân thủ chính sách và quy định về môi trường”. Trên cơ sở đó, thuật ngữ về quản lý dự án xanh được đưa ra “Quản lý dự án xanh là một mô hình được thiết kế để giúp các nhà quản lý dự án cân nhắc yếu tố “xanh” xuyên suốt vòng đời của dự án và khi đưa ra các quyết định có tính đến tác động của hoạt động con người đối với môi trường.” [6].

Tại Việt Nam, dự án đầu tư xây dựng (DAĐTDXD) là tập hợp các đề xuất có liên quan đến việc sử dụng vốn để tiến hành hoạt động xây dựng như xây dựng mới, sửa chữa, cải tạo công trình xây dựng nhằm phát triển, duy trì, nâng cao chất lượng công trình hoặc sản phẩm, dịch vụ trong thời hạn và chi phí xác định [7]. Dựa trên định nghĩa này, DAĐTDXD có thể hiểu là tập hợp các đề xuất có liên quan đến việc sử dụng vốn để tiến hành các hoạt động xây dựng để tạo ra sản phẩm, dịch vụ xanh trong thời hạn và chi phí xác định. Mà tiêu biểu cho loại sản phẩm xanh này là CTX. Nghiên cứu tập trung phân tích các yếu tố và thuộc tính xanh trong các DAĐTDXD CTX.

Theo Hội đồng Công trình xanh thế giới (WGBC) [8] “CTX là hoạt động thiết kế, thi công hoặc vận hành công trình một cách thân thiện với môi trường”. Từ định nghĩa này, các yếu tố và thuộc tính xanh được chia thành: Thiết kế (TK), thi công (TC) và vận hành (VH). Patrick T.I. Lam & cộng sự (2010) [9] đã tìm ra 1 trong 5 yếu tố quan trọng để đánh giá CTX là hệ thống tiêu chuẩn xanh. Trên cơ sở này, tiến hành nghiên cứu các yếu tố và thuộc tính xanh dựa trên các tiêu chuẩn xanh hiện hành tốt nhất.

Theo tiêu chuẩn của USGBC - LEED [10] đánh giá về các yếu tố và thuộc tính xanh bao gồm thiết kế (vị trí giao thông vận tải, chất lượng môi trường bên trong, sự đổi mới, ưu tiên khu vực); thi công (vị trí xây dựng bền vững, vật liệu và tài nguyên) và vận hành (hiệu quả sử dụng nước, hiệu suất năng lượng và khí quyển). Tiêu chuẩn quốc tế EDGE [11] của Tổ chức Tài chính Thế giới (IFC) các yếu tố và thuộc tính xanh từ thiết kế (tiết kiệm năng lượng, nước, sử dụng tài nguyên bền vững, chất lượng môi trường bên trong) và vận hành (hệ thống phần mềm EDGE). Theo tổ chức Nghiên cứu xây dựng tại Vương quốc Anh (BRE) - BREEAM [12] thì yếu tố và thuộc tính xanh của các DAĐTDXD được dựa trên yếu tố thiết kế (tiết kiệm nước, giao thông vận tải, sử dụng nguyên vật liệu), thi công (sử dụng đất và sinh thái, sự ô nhiễm) và vận hành (hiệu quả năng lượng, sức khỏe và phúc lợi, bảo vệ môi trường, quản lý tích hợp). Bộ tiêu chuẩn của

Úc - Green Star [13] đánh giá các yếu tố và thuộc tính xanh bao gồm thiết kế (chất lượng bên trong môi trường, giao thông vận tải, tiết kiệm nước, sự đổi mới); thi công (vật liệu xây dựng, sử dụng đất và sinh thái, khí thải nhà kính) và vận hành (bảo vệ môi trường, hiệu suất năng lượng). Hệ thống đánh giá Green Mark [14] của Cơ quan Môi trường Xanh Singapore (BCA) thì “xanh” thể hiện qua yếu tố như thiết kế (chất lượng môi trường bên trong, sự đổi mới) và vận hành (hiệu quả sử dụng năng lượng, hiệu suất sử dụng nước, quản lý tích hợp, bảo vệ môi trường). Tại Việt Nam, hệ thống tiêu chuẩn CTX cho các DAĐTDXD - LOTUS [15] các yếu tố và thuộc tính xanh bao gồm thiết kế (tiết kiệm năng lượng, tiết kiệm nước), thi công (sử dụng tài nguyên vật liệu bền vững, sử dụng đất và sinh thái) và vận hành (sức khỏe và tiện nghi, quản lý tích hợp). Từ các tiêu chuẩn trên, nghiên cứu xác định được 17 yếu tố và thuộc tính xanh trong các DAĐTDXD. Kết quả tổng hợp được thể hiện ở Bảng 1.

Dựa trên Bảng 1, nghiên cứu tiến hành hệ thống hóa và phân loại các yếu tố và thuộc tính xanh trong DAĐTDXD theo 3 nhóm yếu tố chính thiết kế (TK), thi công (TC) và vận hành (VH) được thể hiện ở Bảng 2. Việc sắp xếp này nhằm mục đích đảm bảo tính khoa học, rõ ràng và thuận lợi cho quá trình đánh giá tổng thể các yếu tố và thuộc tính xanh. Từ đó, nhận diện rõ vai trò và tác động của từng giai đoạn trong vòng đời dự án và giúp áp dụng các tiêu chí xanh vào từng giai đoạn cụ thể của DAĐTDXD.

Bảng 1. Tổng hợp nhóm yếu tố xanh

Tiêu chuẩn xanh	Yếu tố
LEED [10]	Vị trí giao thông vận tải, chất lượng môi trường bên trong, sự đổi mới, ưu tiên khu vực, vị trí xây dựng bền vững, vật liệu và tài nguyên, hiệu quả sử dụng nước, hiệu suất năng lượng và khí quyển, quản lý tích hợp.
EDGE [11]	Tiết kiệm năng lượng, nước, sử dụng tài nguyên bền vững, chất lượng môi trường bên trong, hệ thống phần mềm EDGE.
BREEAM [12]	Tiết kiệm nước, giao thông vận tải, sử dụng nguyên vật liệu, sử dụng đất và sinh thái, sự ô nhiễm, hiệu quả năng lượng, sức khỏe và phúc lợi, bảo vệ môi trường, quản lý tích hợp.
Green Star [13]	Chất lượng bên trong môi trường, giao thông vận tải, tiết kiệm nước, sự đổi mới, vật liệu xây dựng, sử dụng đất và sinh thái, khí thải nhà kính, bảo vệ môi trường, hiệu suất năng lượng.
Green Mark [14]	Chất lượng môi trường bên trong, sự đổi mới, hiệu quả sử dụng năng lượng, hiệu suất sử dụng nước, quản lý tích hợp, bảo vệ môi trường.
LOTUS [15]	Tiết kiệm năng lượng, tiết kiệm nước, sử dụng tài nguyên vật liệu bền vững, sử dụng đất và sinh thái, sức khỏe và tiện nghi, quản lý tích hợp.

Bảng 2. Các yếu tố và thuộc tính xanh

STT	Nhóm yếu tố	Yếu tố mã hóa	Các yếu tố
1	TK	TK1	Vị trí và giao thông vận tải
		TK2	Chất lượng môi trường bên trong (thông gió, chiếu sáng,...)
		TK3	Ưu tiên khu vực
		TK4	Tiết kiệm năng lượng, nước
		TK5	Sử dụng tài nguyên, vật liệu bền vững
		TK6	Sự đổi mới
2	TC	TC1	Vị trí xây dựng bền vững

3	VH	TC2	Vật liệu và tài nguyên
		TC3	Sử dụng đất và sinh thái
		TC4	Sự ô nhiễm
		TC5	Khí thải nhà kính
		VH1	Hiệu suất năng lượng và khí quyển
		VH2	Sự quản lý tích hợp, đổi mới
		VH3	Hiệu suất nước
		VH4	Hệ thống phần mềm EDGE
		VH5	Sức khỏe và phúc lợi
		VH6	Hiệu suất phát thải và bảo vệ môi trường

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Dữ liệu

Cấu trúc bảng câu hỏi gồm: Phần mở đầu, phần thông tin chung và phần các yếu tố và thuộc tính xanh trong các DẠTXDX. Nghiên cứu sẽ phát triển bảng câu hỏi chính thức từ bảng hỏi sơ bộ. Bảng hỏi sơ bộ dựa trên bước nghiên cứu thử nghiệm thông qua tham vấn chuyên gia trong ngành kết hợp khảo sát sơ bộ qua 10 người tham gia sẽ được điều chỉnh, phát triển và tạo ra bảng câu hỏi chính thức, được sử dụng để thu thập dữ liệu chính thức và dùng trong việc xử lý và phân tích dữ liệu nghiên cứu. Bảng câu hỏi được phân phối theo phương pháp lấy mẫu thuận tiện đến đối tượng tham gia khảo sát thông qua việc khảo sát trực tiếp (bản in) và trực tuyến (Google biểu mẫu).

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê mô tả và suy luận để phân tích dữ liệu. Về phương pháp thống kê mô tả, thông tin người tham gia khảo sát được trình bày bằng biểu đồ tròn để thể hiện số lượng và đặc điểm của đối tượng khảo sát. Bên cạnh đó, điểm của các yếu tố và thuộc tính xanh sẽ được mô tả thông qua các giá trị trung bình, phương sai và độ lệch chuẩn theo các công thức (1), (2), và (3). Thêm vào đó, khoảng tứ phân vị IQR (4) và biểu đồ hộp box plot cũng được sử dụng để mô tả đặc điểm dữ liệu.

$$\text{Giá trị trung bình: } \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\text{Phương sai: } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2)$$

$$\text{Độ lệch chuẩn: } s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Trong đó:

\bar{x} - giá trị trung bình.

x_i - giá trị của biến.

n - kích thước của mẫu

s - độ lệch chuẩn.

$$\text{Khoảng tứ phân vị: } IQR = Q3 - Q1 \quad (4)$$

Trong đó:

IQR - khoảng tứ phân vị

Q1 - phân vị thứ nhất.

Q3 - phân vị thứ ba.

Về phương pháp thống kê suy luận, nghiên cứu sử dụng kiểm định sự khác biệt (T-test) để xem xét sự khác biệt giữa trung bình các yếu tố và thuộc tính xanh giữa 2 nhóm: chuyên gia và sinh viên được thể hiện ở công thức (5). Việc sàng lọc và phân tích dữ liệu trong nghiên cứu được thực hiện bằng Excel và SPSS.

$$\text{Giá trị } t: t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (5)$$

Trong đó:

\bar{x}_1 và \bar{x}_2 - giá trị trung bình của hai nhóm.

s_p - ước lượng của độ lệch chuẩn chung trong hai nhóm:

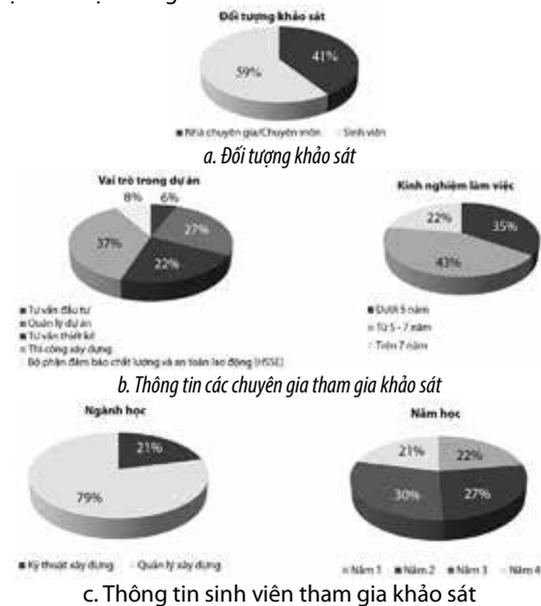
$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (s_1^2, s_2^2 - \text{phương sai của hai nhóm})$$

n_1, n_2 - kích thước của hai nhóm.

4. KẾT QUẢ

4.1. Thông tin người tham gia khảo sát

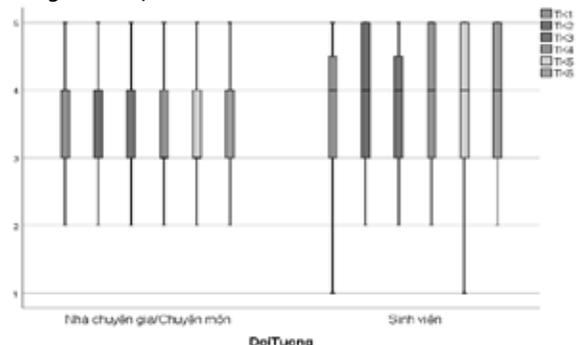
Tổng hợp dữ liệu sau khi sàng lọc 120 mẫu. Dữ liệu thống kê mô tả về đối tượng tham gia khảo sát cho thấy nhóm chuyên gia (41%) và nhóm sinh viên (59%). Trong đó, nhóm chuyên gia phần lớn có vai trò trong DẠTXD CTX là thi công xây dựng (37%), có kinh nghiệm từ 5 - 7 năm (43%). Nhóm sinh viên gồm chuyên ngành quản lý xây dựng và kỹ thuật xây dựng, trong đó sinh viên học năm 3 chiếm lượng lớn (30%). Thông tin chi tiết về người tham gia khảo sát được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Thông tin người tham gia khảo sát

4.2. Yếu tố thiết kế

Phân bố dữ liệu của nhóm yếu tố thiết kế gồm TK1, TK2, TK3, TK4, TK5 và TK6 được thể hiện thông qua biểu đồ hộp ở Hình 2. Về giá trị trung bình, TK3 được các chuyên gia đánh giá cao nhất với giá trị là 3.76. Mặt khác, TK4 là yếu tố được sinh viên đánh giá cao nhất với giá trị được thống kê là 3.90 (Bảng 3). Kết quả cho thấy, phía các chuyên gia làm việc trong lĩnh vực xây dựng họ đánh giá cao yếu tố của LEED hơn. Mặt khác, sinh viên lại đánh giá cao yếu tố của EDGE. Ngoài ra, kết quả phân tích cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa chuyên gia và sinh viên trong đánh giá nhóm yếu tố thiết kế của các dự án xây dựng xanh, gợi mở cơ sở cho phân tích chuyên sâu các đặc trưng khác biệt.



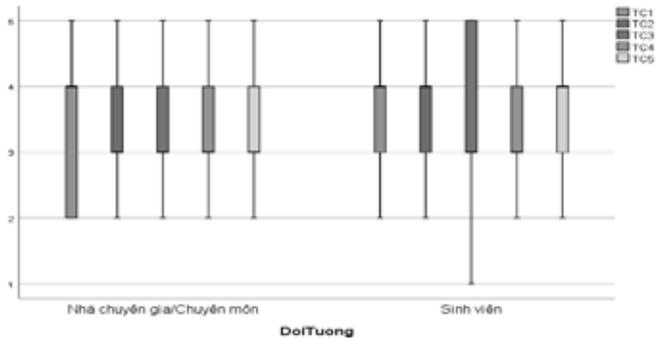
Hình 2. Biểu đồ hộp của nhóm yếu tố thiết kế

Bảng 3. Thống kê trung bình, độ lệch chuẩn của nhóm yếu tố thiết kế

Yếu tố mã hóa	Yếu tố	Đối tượng khảo sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn
TK1	Vị trí giao thông vận tải	Chuyên gia	3.61	1.017
		Sinh viên	3.76	0.992
TK2	Chất lượng môi trường bên trong (thông gió, chiếu sáng,..)	Chuyên gia	3.53	1.023
		Sinh viên	3.86	1.073
TK3	Ưu tiên khu vực	Chuyên gia	3.76	0.879
		Sinh viên	3.73	0.925
TK4	Tiết kiệm năng lượng	Chuyên gia	3.53	1.101
		Sinh viên	3.90	1.002
TK5	Sử dụng tài nguyên, vật liệu bền vững	Chuyên gia	3.61	0.996
		Sinh viên	3.65	1.122
TK6	Sự đổi mới	Chuyên gia	3.45	1.081
		Sinh viên	3.83	0.941
TK	Thiết kế	Chuyên gia	3.71	0.677
		Sinh viên	4.23	0.614

4.3. Yếu tố thi công

Phân bố dữ liệu của nhóm yếu tố thi công gồm TC1, TC2, TC3, TC4 và TC5 được thể hiện qua biểu đồ hộp ở Hình 3. Về giá trị trung bình, số liệu thống kê sau khảo sát cho thấy sự khác biệt trong đánh giá của các chuyên gia và sinh viên về tầm quan trọng của 3 yếu tố TC1, TC4 và TC2. Trong khi TC1 và TC4 được các chuyên gia đánh giá cao nhất với giá trị 3.41 thì TC2 được nhóm sinh viên đánh giá cao nhất với giá trị 3.77 (Bảng 4). Ngoài ra, từ dữ liệu phân tích cho thấy sự khác biệt về góc nhìn giữa nhóm chuyên gia và sinh viên về yếu tố TC2.



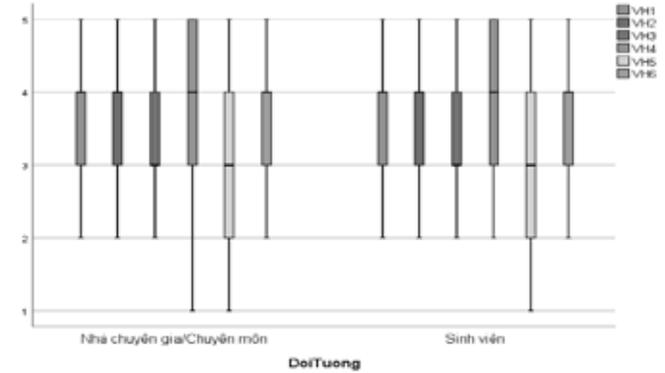
Hình 3. Biểu đồ hộp của nhóm yếu tố thi công

Bảng 4. Thống kê trung bình, độ lệch chuẩn của nhóm yếu tố thi công

Yếu tố mã hóa	Yếu tố	Đối tượng khảo sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn
TC1	Vị trí xây dựng bền vững	Chuyên gia	3.41	1.059
		Sinh viên	3.48	0.984
TC2	Vật liệu và tài nguyên	Chuyên gia	3.37	0.906
		Sinh viên	3.77	0.898
TC3	Sử dụng đất và sinh thái	Chuyên gia	3.37	0.972
		Sinh viên	3.49	1.194
TC4	Sự ô nhiễm	Chuyên gia	3.41	1.039
		Sinh viên	3.52	0.939
TC5	Khí thải nhà kính	Chuyên gia	3.37	1.035
		Sinh viên	3.52	1.054
TC	Thi công	Chuyên gia	3.69	0.683
		Sinh viên	4.01	0.88

4.4. Yếu tố vận hành

Phân bố dữ liệu của nhóm yếu tố vận hành bao gồm VH1, VH2, VH3, VH4, VH5 và VH6 được thể hiện thông qua biểu đồ hộp ở Hình 4. Về mặt giá trị trung bình, VH2 được các chuyên gia đánh giá cao nhất với giá trị 3.59. Ngược lại, nhóm sinh viên cho rằng VH2 và VH4 là yếu tố quan trọng với giá trị 3.56 (Bảng 5). Từ kết quả, nhóm chuyên gia cho thấy sự đồng thuận cao và đánh giá nhất quán hơn.



Hình 4. Biểu đồ hộp của nhóm yếu tố vận hành

Bảng 5. Thống kê trung bình, độ lệch chuẩn của nhóm yếu tố vận hành

Yếu tố mã hóa	Yếu tố	Đối tượng khảo sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn
VH1	Hiệu suất năng lượng và khí quyển	Chuyên gia	3.49	1.043
		Sinh viên	3.51	0.908
VH2	Sự quản lý tích hợp, đổi mới	Chuyên gia	3.59	0.998
		Sinh viên	3.56	1.065
VH3	Hiệu suất nước	Chuyên gia	3.31	0.918
		Sinh viên	3.31	0.950
VH4	Hệ thống phần mềm EDGE	Chuyên gia	3.55	1.276
		Sinh viên	3.56	1.105
VH5	Sức khỏe và phúc lợi	Chuyên gia	3.33	1.107
		Sinh viên	3.21	1.17
VH6	Hiệu suất phát thải và bảo vệ môi trường	Chuyên gia	3.57	1.021
		Sinh viên	3.49	0.984
VH	Vận hành	Chuyên gia	3.96	0.841
		Sinh viên	3.21	1.041

4.5. Sự khác biệt giữa góc nhìn chuyên gia và sinh viên về các yếu tố và thuộc tính xanh trong DAĐTXDX

Từ số liệu thống kê mô tả về các yếu tố và thuộc tính xanh của các DAĐTXDX, sự ủng hộ về các yếu tố và thuộc tính xanh thông qua các đánh giá ở điểm số cao. Tuy nhiên, vẫn có những yếu tố có sự khác biệt khá lớn trong đánh giá của hai nhóm đối tượng. Sự khác biệt này cho thấy cần có sự kết nối giữa chuyên gia và sinh viên để thống nhất về các yếu tố then chốt trong từ “xanh” của các DAĐTXDX. Kiểm định T-test được sử dụng để kiểm tra giả thuyết rằng không có sự khác biệt giữa đánh giá về các yếu tố và thuộc tính xanh trong các DAĐTXDX giữa nhóm chuyên gia và sinh viên. Phép kiểm được thực hiện trên 17 yếu tố thành phần và kết quả có 2 yếu tố thành phần khác biệt có ý nghĩa thống kê (Bảng 6).

Từ kết quả kiểm định T-test cho thấy sự khác biệt giữa chuyên gia và sinh viên về các yếu tố trong các nhóm yếu tố:

- Nhóm thiết kế: TK6 (sự đổi mới) có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

- Nhóm thi công: TC2 (vật liệu và tài nguyên) có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Nhìn chung, giữa góc nhìn của các chuyên gia và sinh viên có sự khác biệt về một số yếu tố trong nhóm yếu tố thiết kế, thi công và

vận hành. Trong khi, cả 3 nhóm yếu tố này đều được các chuyên gia chú trọng như nhau trong việc quyết định sự xanh cho DAĐTĐD CTX thì nhóm sinh viên lại quan tâm nhóm thiết kế và thi công hơn. Cần có sự phối hợp giữa chương trình đào tạo và thực tiễn trong ngành.

Bảng 6. Kết quả kiểm định sự khác biệt giữa sinh viên và thực tiễn

Yếu tố mã hóa		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
TK1	a	0.239	0.626	-0.797	118.00	0.427
	na			-0.793	101.70	0.430
TK2	a	0.541	0.463	-1.680	118.00	0.096
	na			-1.695	106.49	0.093
TK3	a	0.536	0.466	0.135	118.00	0.893
	na			0.136	106.71	0.892
TK4	a	2.247	0.137	-1.913	118.00	0.058
	na			-1.880	96.86	0.063
TK5	a	0.499	0.481	-0.179	118.00	0.858
	na			-0.183	110.70	0.855
TK6*	a	1.979	0.162	-2.056	118.00	0.042
	na			-2.004	93.72	0.048
TC1	a	0.430	0.513	-0.296	118.00	0.768
	na			-0.293	100.24	0.770
TC2*	a	0.023	0.879	-2.434	118.00	0.016
	na			-2.430	102.74	0.017
TC3	a	5.993	0.016	-0.610	118.00	0.543
	na			-0.633	114.69	0.528
TC4	a	0.642	0.425	-0.533	118.00	0.595
	na			-0.527	98.57	0.600
TC5	a	0.188	0.666	-0.708	118.00	0.480
	na			-0.714	106.20	0.477
VH1	a	1.505	0.222	-0.050	118.00	0.960
	na			-0.049	95.72	0.961
VH2	a	0.771	0.382	0.245	118.00	0.807
	na			0.250	109.34	0.803
VH3	a	0.137	0.712	0.058	118.00	0.953
	na			0.059	107.40	0.953
VH4	a	1.726	0.191	-0.057	118.00	0.955
	na			-0.055	93.40	0.956
VH5	a	0.000	0.989	0.247	118.00	0.805
	na			0.247	102.43	0.806
VH6	a	0.166	0.684	0.376	118.00	0.707
	na			0.373	100.0	0.710

Note: a: Equal variances assumed, na: Equal variances not assumed, *có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0.05$)

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã làm rõ sự khác biệt trong nhận thức xanh giữa sinh viên và thực tiễn áp dụng trong ngành Xây dựng. Kết quả cho thấy, sinh viên nhận thức được tầm quan trọng của các tiêu chí xanh trong các DAĐTĐD CTX nhưng vẫn tồn tại khoảng cách đáng kể giữa hiểu biết lý thuyết và khả năng áp dụng thực tế. Dữ liệu thu thập từ sinh viên và các chuyên gia trong ngành đã giúp xác định những yếu tố then chốt ảnh hưởng đến nhận thức xanh gồm thiết kế, thi công và vận hành. Trong khi, nhóm sinh viên tập trung vào lý thuyết và môi trường thông qua nhóm yếu tố thiết kế với giá trị trung bình cao nhất là 4.23 thì các chuyên gia lại đề cao tính khả thi và hiệu quả thực tiễn thông qua nhóm yếu tố vận hành với giá trị

trung bình cao nhất là 3.96. Điều đặc biệt, các yếu tố có giá trị trung bình được nhóm chuyên gia đánh giá cao nhất trong nhóm thiết kế, thi công và vận hành lần lượt là TK3 (ưu tiên khu vực), TC1 (sự đổi mới) và VH2 (quản lý tích hợp) lại được USGBC quan tâm và kết hợp vào tiêu chuẩn LEED. So với các tiêu chuẩn xanh còn lại thì tiêu chuẩn của LEED là tiêu chuẩn tích hợp được cả 3 yếu tố này. Chính vì vậy, tiêu chuẩn LEED được các chuyên gia quan tâm hơn, sử dụng phổ biến hơn và trở thành xu hướng trong ngành Xây dựng xanh. Ngoài ra, nghiên cứu đã chỉ ra sự khác biệt giữa góc nhìn của sinh viên và thực tiễn trong ngành Xây dựng thông qua 2 yếu tố thành phần khác biệt có ý nghĩa thống kê là TK6 (sự đổi mới) và TC2 (vật liệu và tài nguyên). Kết quả chỉ ra tất cả nhóm yếu tố trên mức điểm trung bình 3.0 ở cả hai nhóm chuyên gia và sinh viên. Trong ba nhóm yếu tố thiết kế, thi công và vận hành thì sinh viên có xu hướng tập trung vào các yếu tố TK4, TC2, VH2 và VH4. Ngược lại, các chuyên gia lại đánh giá cao hơn các yếu tố TK3, TC1, TC4 và VH2. Điều này phản ánh góc nhìn xanh của sinh viên còn hạn chế về mặt tổng thể. Khoảng cách này đặt ra yêu cầu cấp thiết đối với các cơ sở đào tạo trong việc điều chỉnh chương trình giảng dạy, cũng như tạo điều kiện cho sinh viên tiếp xúc nhiều hơn với các dự án thực tế. Đồng thời, doanh nghiệp cũng cần có chiến lược tuyển dụng và đào tạo phù hợp nhằm nâng cao năng lực xanh cho nguồn nhân lực trẻ. Tóm lại, nghiên cứu kỳ vọng đóng góp trong việc nhận diện và thu hẹp khoảng cách nhận thức xanh giữa lý thuyết và thực tiễn, mà còn hướng đến phát triển nguồn nhân lực phù hợp với xu hướng xây dựng bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ánh Dương. (22/07/2020). Công trình xanh, giải pháp chống biến đổi khí hậu. Khai thác từ <https://cafef.vn/cong-trinh-xanh-giai-phap-chong-bien-doi-khi-hau-20200721172320908.chn>.
- [2]. Đình Trần. (22/12/2023). Công nghiệp xây dựng là một trong những lĩnh vực gây ô nhiễm nặng nhất. Khai thác từ <https://www.congluan.vn/cong-nghiep-xay-dung-la-mot-trong-nhung-linh-vuc-gay-o-nhiem-nang-nhat-post277909.html>.
- [3]. Thanh Xuân. (17/05/2023). Số lượng công trình xanh vẫn còn khiêm tốn. Khai thác từ <https://vneconomy.vn/so-luong-cong-trinh-xanh-van-con-khiem-ton.htm>.
- [4]. Nguyễn Văn Đính. (14/05/2023). Xây dựng và phát triển công trình xanh là xu hướng tất yếu. Khai thác từ <https://kinhdothi.vn/xay-dung-va-phat-trien-cong-trinh-xanh-la-xu-huong-tat-yeu.html>.
- [5]. Sholarin, E. A., & Awange, J. L. (2016). Environmental project management: Principles, methodology, and processes (p. 32). Springer.
- [6]. Sholarin, E. A., & Awange, J. L. (2016). Environmental project management: Principles, methodology, and processes (p. 35). Springer.
- [7]. Quốc hội. (2014). Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18 tháng 6 năm 2014. Hà Nội, Việt Nam: Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam.
- [8]. Phương Linh. (2017). Công trình Xanh là gì?. Khai thác từ <http://congtrinhxanhvietnam.vn/cong-trinh-xanh-la-gi-300231.html>.
- [9]. Lam, P. T., Chan, E. H., Poon, C. S., Chau, C. K., & Chun, K. P. (2010). Factors affecting the implementation of green specifications in construction. Journal of environmental management, 91(3), 654-661.
- [10]. U.S. Green Building Council. (2023). LEED v5 Building Design and Construction (BD+C) Rating System. Washington, DC: U.S. Green Building Council.
- [11]. International Finance Corporation. (2021). EDGE User Guide Version 3.0: The Green Building Standard for Emerging Markets. Washington, DC: International Finance Corporation.
- [12]. BRE Global. (2022). BREEAM International New Construction Technical Manual SD233: Issue 6.0. Building Research Establishment (BRE).
- [13]. Green Building Council of Australia. (2022). Green Star Buildings: Design & As Built Technical Manual (v1.1). Green Building Council of Australia.
- [14]. Building and Construction Authority. (2021). BCA Green Mark 2021: Whole Building Standard. Building and Construction Authority (BCA), Singapore.
- [15]. Vietnam Green Building Council. (2023). LOTUS New Construction v3.1 Technical Manual. Vietnam Green Building Council (VGBC).

Ý định tham gia dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư (PPP) của khu vực tư nhân: Tiếp cận từ lý thuyết hành vi kế hoạch (TPB)

Private Sector's Intention to Participate in Public-Private Partnership (PPP) Investment projects: A Theory of Planned behavior approach

> HUỖNH THỊ YẾN THẢO¹, VƯƠNG THỊ THÙY DƯƠNG^{2,*}, TRẦN THỊ QUỲNH NHƯ¹, VÕ CÔNG HẬU¹

¹Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM

²Trường Đại học Xây dựng Miền Trung

*Email: vuongthithuyduong@muce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài nghiên cứu thực hiện nhằm xây dựng mô hình đánh giá ý định tham gia vào dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông theo phương thức đối tác công tư (Public Private Partnership - PPP) dựa trên lý thuyết hành vi kế hoạch (Theory of Planned Behavior - TPB). Kết quả nghiên cứu đã xác định 5 nhóm yếu tố bao gồm (1) Nhóm các yếu tố liên quan đến thái độ của khu vực tư nhân khi tham gia dự án PPP; (2) Nhóm các yếu tố liên quan đến chuẩn mực chủ quan của các bên liên quan; (3) Nhóm các yếu tố liên quan đến nhận thức kiểm soát hành vi; (4) Nhóm các yếu tố liên quan đến sự ảnh hưởng của chính quyền; (5) Nhóm các yếu tố liên quan đến nhận thức rủi ro. Các biến thành phần góp phần hình thành ý định tham gia dự án này cũng đã được nhận dạng cụ thể. Nghiên cứu có giá trị tham khảo nhất định cả về cơ sở lý luận và thực tiễn, khi tập trung xem xét ý định hành vi của khu vực tư nhân (The Private Sector - PRS) nhằm hoàn thiện các giải pháp để thu hút đầu tư từ khu vực này.

Từ khóa: Ý định hành vi, Khu vực tư nhân, lý thuyết hành vi kế hoạch.

ABSTRACT

The study aims to develop a model for evaluating the intention to participate in a public-private partnership (PPP) infrastructure investment project based on the Theory of Planned Behavior (TPB). The research results identified five groups of factors: (1) Factors related to the private sector's attitude toward participating in the PPP project; (2) Factors related to the subjective norms of stakeholders; (3) Factors related to perceived behavioral control; (4) Factors related to the influence of government; (5) Factors related to risk perception. The specific variables contributing to the formation of the intention to participate in this project have also been identified. The study provides valuable references both theoretically and practically by focusing on examining the private sector's behavioral intention in order to improve solutions for attracting investment from this sector.

Keywords: Behavioral intention, The private sector, Theory of Planned behavior.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thực tế cho thấy, mặc dù nền kinh tế Việt Nam đã tăng trưởng nhanh chóng trong hai thập kỷ trước năm 2020, nhưng cơ sở hạ tầng giao thông vận tải vẫn còn ở mức thấp. Mặc dù đầu tư vào cơ sở hạ tầng chiếm khoảng 10% tổng sản phẩm quốc nội (GDP), song hiệu quả đầu tư thấp đã làm giảm đáng kể tác động của nó đối với nền kinh tế. Cụ thể, mỗi đô la đầu tư vào cơ sở hạ tầng tại Việt Nam tạo ra mức tăng trưởng sản lượng thấp hơn so với nhiều quốc gia khác. Ngoài ra, việc giải ngân chậm các dự án hỗ trợ phát triển chính thức đã làm suy yếu các nỗ lực nâng cao năng lực cạnh tranh và hiệu quả đầu tư. Một vấn đề lớn cản trở hiệu quả đầu tư là khó khăn trong việc phân bổ nguồn lực vào các dự án lớn, phức tạp. Các chỉ số so sánh, như chỉ số cạnh tranh toàn cầu, xếp Việt Nam thấp hơn các

nước khác trong khu vực về chất lượng cơ sở hạ tầng như Philippines, Thái Lan và Malaysia. Do đó, việc thúc đẩy đầu tư nhằm hoàn thiện cơ sở hạ tầng giao thông vận tải tại Việt Nam là vô cùng cần thiết.

Chính vì các lợi ích của phương thức đối tác công tư PPP, Chính phủ Việt Nam đã được bắt đầu áp dụng phương thức này từ năm 1997 nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển hạ tầng giao thông tại Việt Nam cũng như giảm bớt gánh nặng về nguồn vốn thực hiện dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông. Tuy nhiên, trong những năm qua PRS tại Việt Nam có ảnh hưởng khá hạn chế đến đầu tư cơ sở hạ tầng giao thông, vốn thấp hơn đáng kể so với mức trung bình của các nước so sánh đối với một nền kinh tế có quy mô như Việt Nam. Phần lớn đầu tư cơ sở hạ tầng được thực hiện bởi nhà nước

hoặc bằng nguồn hỗ trợ phát triển chính thức (ODA). Cụ thể, tính đến năm 2019 có 336 dự án PPP đã ký kết hợp đồng, huy động được khoảng 1.609.295 tỷ đồng vào đầu tư phát triển hệ thống kết cấu hạ tầng quốc gia [1]. Năm 2018, cả nước thực hiện 90 dự án PPP (51 dự án BT); Năm 2019, số lượng dự án giảm xuống còn 29 dự án (11 dự án BT), trong đó tập trung vào các dự án hạ tầng giao thông, năng lượng, cấp thoát nước. Mặc dù theo chiến lược phát triển kinh tế xã hội của Việt Nam 2011 - 2020 đã chỉ ra sự cần thiết của các chính sách thúc đẩy PPP để thu hút đầu tư của khu vực tư nhân cho các dự án cơ sở hạ tầng, nhưng mức độ tham gia của khu vực tư nhân vẫn còn tương đối thấp và chưa có xu hướng cải thiện.

Một số nghiên cứu liên quan đến việc áp dụng phương thức PPP đã được công bố, hầu hết các bài viết trước đều quan tâm nhiều hơn đến quản lý rủi ro dự án PPP [2], các yếu tố đảm bảo thành công của dự án PPP [3], cách thức lựa chọn phương thức thực hiện cho dự án PPP hoặc các rào cản chính trong việc thực hiện PPP. Trong trường hợp Việt Nam, một số vấn đề đã được đề cập như phân bổ rủi ro giữa khu vực công và tư, thu hút khu vực tư nhân trong dự án PPP, quản lý rủi ro cho PPP [4]. Tuy nhiên, khá ít các nghiên cứu chỉ ra rằng điều gì góp phần hình thành ý định tham gia vào các dự án PPP của PRS. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích góp phần thu hẹp khoảng trống này bằng cách xem xét yếu tố nào góp phần hình thành ý định tham gia vào các dự án đầu tư xây dựng công trình giao thông PPP của PRS dựa trên lý thuyết hành vi có kế hoạch, từ đó hiểu cách PRS đưa ra quyết định tham gia hay không tham gia các dự án đầu tư xây dựng công trình giao thông theo phương thức PPP tại Việt Nam.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN

2.1. Khung pháp lý về hợp tác công tư tại Việt Nam

Theo Luật Đầu tư, phương thức đối tác công tư [5], PPP được định nghĩa là phương thức đầu tư được thực hiện trên cơ sở hợp tác có thời hạn giữa Nhà nước và nhà đầu tư tư nhân thông qua việc ký kết và thực hiện hợp đồng dự án PPP nhằm thu hút nhà đầu tư tư nhân tham gia dự án PPP.

Tại Việt Nam, cơ chế chính sách áp dụng PPP đầu tiên ra đời vào năm 1997 với việc Chính phủ ban hành Nghị định số 77/1997/NĐ-CP ngày 18/6/1997 về Quy chế đầu tư theo hình thức hợp đồng Xây dựng - Kinh doanh - Chuyển giao (BOT) áp dụng cho đầu tư trong nước; tiếp đó là Nghị định số 62/1998/NĐ-CP ngày 15/8/1998 về Ban hành quy chế đầu tư theo hình thức hợp đồng Xây dựng - Kinh doanh - Chuyển giao công nghệ, hợp đồng xây dựng chuyển giao kinh doanh và hợp đồng xây dựng chuyển giao áp dụng cho đầu tư nước ngoài tại Việt Nam và Nghị định số 02/1999/NĐ-CP ngày 27/01/1999 sửa đổi, bổ sung một số điều của Quy chế đầu tư theo Hợp đồng xây dựng kinh doanh - chuyển giao, hợp đồng Xây dựng - Chuyển giao áp dụng cho đầu tư nước ngoài tại Việt Nam. Đến năm 2007, Chính phủ ban hành Nghị định số 78/2007/NĐ-CP ngày 11/5/2007 về đầu tư theo hình thức Hợp đồng BOT, Hợp đồng BTO và Hợp đồng BT thay thế 03 Nghị định trên.

Trong giai đoạn từ năm 2010 - 2014, quy định pháp luật về PPP được thực hiện theo các văn bản: Nghị định số 108/2009/NĐ-CP ngày 27/11/2009 về đầu tư theo hình thức hợp đồng Xây dựng - Kinh doanh - Chuyển giao, hợp đồng Xây dựng - Chuyển giao - kinh doanh, hợp đồng xây dựng - chuyển giao và Nghị định số 24/2011/NĐ-CP ngày 05/4/2011 sửa đổi một số điều của Nghị định số 108/2009/NĐ-CP ngày 27/11/2009 về đầu tư theo hình thức hợp đồng Xây dựng - Kinh doanh - Chuyển giao, hợp đồng Xây dựng - Chuyển giao - Kinh doanh, hợp đồng Xây dựng - Chuyển giao; Quyết định số 71/2010/QĐ-TTg ngày 09/11/2010 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành Quy chế thí điểm đầu tư theo hình thức đối

tác công - tư. Trong giai đoạn 2015-2018, Chính phủ ban hành Nghị định số 15/2015/NĐ-CP ngày 14/02/2015 về đầu tư theo hình thức đối tác công tác với 07 hình thức Hợp đồng chính (BOT, BTO, BT, BOO, BTL, BLT và O&M). Tiếp đó đến ngày 04/5/2018, Chính phủ ban hành Nghị định số 63/2018/NĐ-CP thay thế Nghị định số 15/2015/NĐ-CP ngày 14/02/2015 vẫn với 07 hình thức Hợp đồng chính trên.

Hiện nay, pháp luật PPP được quy định tại Luật Đầu tư theo phương thức đối tác công tư số 64/2020/QH14 ngày 18/6/2020 và Nghị định số 35/2021/NĐ-CP ngày 29/3/2021 với 06 hình thức hợp đồng chính, bao gồm: BOT, BTO, BOO, O&M, BTL và BLT.

2.2. Một số nghiên cứu liên quan đến phương thức hợp tác công tư PPP tại Việt Nam

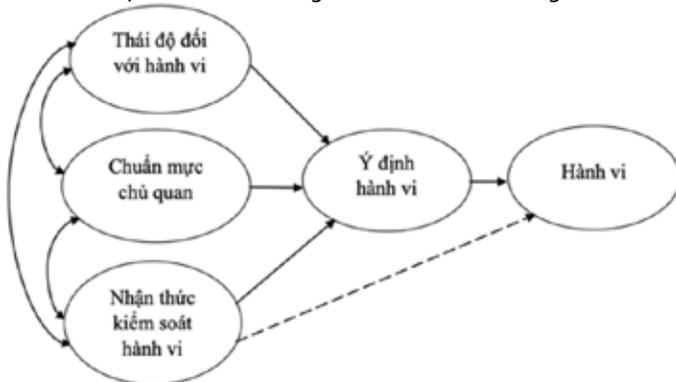
Tại Việt Nam một số nghiên cứu về việc áp dụng mô hình PPP đã được thực hiện. Đối với các loại dự án đầu tư xây dựng mới ở Việt Nam như đường sắt cao tốc, Bùi Xuân Phong (2019) đã có những phân tích cho thấy sự cần thiết phải thu hút khu vực tư nhân tham gia đầu tư cho dự án đường sắt tốc độ cao ở Việt Nam, phần lớn nội dung nghiên cứu tập trung vào việc xác định một số vấn đề cần thiết cho sự thành công của mô hình PPP như vai trò và trách nhiệm của Chính phủ. Lựa chọn nhà đầu tư tư nhân phù hợp, nhận dạng và phân bổ rủi ro thích hợp và vấn đề tài chính cho PPP thông qua việc sử dụng phương pháp định tính thông thường. Ngoài ra, một số nghiên cứu khác đã tập trung nghiên cứu các yếu tố thành công trong triển khai dự án đầu tư cơ sở hạ tầng ở Việt Nam, phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới việc hoàn thành dự án đầu tư theo hình thức PPP tại Việt Nam và tại một số tỉnh thành như TP.HCM, Đồng Nai đã được thực hiện [7, 8]. Bên cạnh các khía cạnh đề cập trên, Đỗ Tiến Sỹ và cộng sự (2019) đã nhận dạng được 33 nhân tố rủi ro được xác định dựa trên các cuộc phỏng vấn chuyên sâu, bảng câu hỏi khảo sát và các dự án PPP thực tế ở Việt Nam. Nghiên cứu này đã đề xuất mô hình đánh giá sự sẵn sàng đầu tư của khu vực tư nhân trong các dự án PPP giao thông ở Việt Nam, mô hình này được xây dựng tập trung vào mối tương quan giữa các nhóm nhân tố rủi ro, nhóm tiêu chí quyết định đầu tư, và nhóm các chiến lược ứng phó để đưa ra quyết định. Nhìn chung, các nghiên cứu đã tiếp cận phương pháp định tính và định lượng nhằm làm sáng tỏ một số nội dung liên quan đến việc áp dụng mô hình PPP vào dự án đầu tư nói chung. Tuy nhiên điều gì góp phần hình thành ý định đầu tư của các nhà đầu tư tư nhân vào lĩnh vực này thì còn nhiều hạn chế và chưa được đề cập cụ thể.

2.3. Lý thuyết hành vi

Lý thuyết hành vi hợp lý (Theory of Reasoned Action - TRA) là một lý thuyết tâm lý học và hành vi, được đề xuất bởi các nhà tâm lý học Fishbein và Ajzen vào những năm 1960 [9]. Lý thuyết này chủ yếu giải thích cách thức mà các hành vi của con người được hình thành dựa trên những ý định của họ và cách các yếu tố xã hội, niềm tin, thái độ ảnh hưởng đến những ý định này. Lý thuyết TRA cho rằng hành vi của một người chủ yếu được quyết định bởi ý định hàng động của họ. Ý định này lại bị ảnh hưởng bởi hai yếu tố chính, bao gồm (1) thái độ đối với hành vi (Attitude toward Behavior), đây là mức độ mà một người cảm thấy hành vi đó sẽ mang lại kết quả hoặc tích cực hoặc tiêu cực. Thái độ này được hình thành từ các niềm tin về hành vi và kết quả của nó, (2) chuẩn mực chủ quan (Subjective Norm), đây là sự ảnh hưởng của các yếu tố xã hội, bao gồm quan điểm của gia đình, bạn bè, đồng nghiệp và xã hội nói chung về hành vi đó. Nếu người khác trong môi trường xung quanh cho rằng hành vi đó là đúng hoặc phù hợp, người thực hiện hành vi đó có xu hướng làm theo.

Ý định hành vi (BI) = Thái độ đối với hành vi (A) + Chuẩn mực chủ quan (SN) [9]

Tuy nhiên, lý thuyết này cũng có một số hạn chế, như không tính đến các yếu tố bên ngoài mà có thể ảnh hưởng đến hành vi, chẳng hạn như các yếu tố môi trường hay các yếu tố bên trong như thói quen, cảm xúc không được kiểm soát. Do đó, lý thuyết TRA đã được mở rộng và phát triển thành lý thuyết hành vi kế hoạch (Theory of Planned Behavior - TPB). TPB là một lý thuyết trong tâm lý học và hành vi, được phát triển bởi Ajzen (1991). Đây là sự mở rộng của Lý thuyết TRA, nhằm giải thích hành vi con người trong các tình huống mà người thực hiện hành vi không hoàn toàn kiểm soát được hành động của mình. TPB bổ sung yếu tố "kiểm soát hành vi" (Perceived Behavioral Control) để giải thích những yếu tố ngoài khả năng ý thức và xã hội có thể ảnh hưởng đến hành vi của con người.

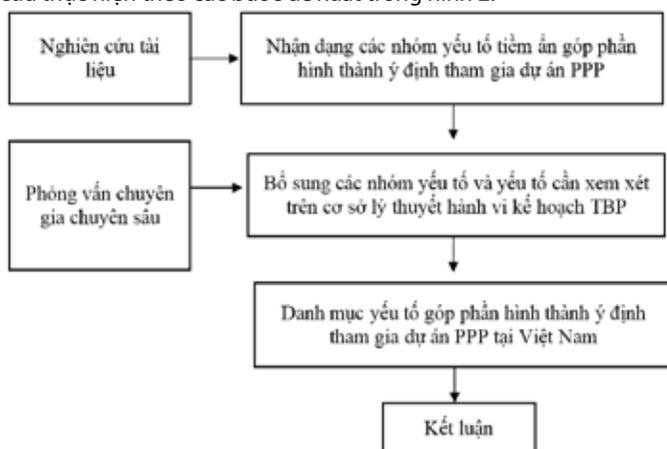


Hình 1. Mô hình lý thuyết hành vi kế hoạch (TPB) [10]

Lý thuyết hành vi có kế hoạch đã được áp dụng trong việc nghiên cứu các chủ đề trong nhiều lĩnh vực và bối cảnh nghiên cứu khác nhau. Trong lĩnh vực đầu tư xây dựng, Tang (2016) đã nghiên cứu về hành vi ra quyết định trong đấu thầu các dự án PPP trên cơ sở lý thuyết hành vi có kế hoạch. Memon và cộng sự (2021) lại ứng dụng lý thuyết này để nghiên cứu về ý định hợp tác giữa các bên liên quan trong dự án tại Hong Kong. Zhang và cộng sự (2018) đã sử dụng lý thuyết hành vi có kế hoạch để nghiên cứu về ý định tham gia vào các dự án PPP của khu vực tư nhân.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nhằm đạt được mục tiêu đề ra đó là nhận dạng được các yếu tố góp phần hình thành ý định tham gia dự PPP tại Việt Nam, nghiên cứu thực hiện theo các bước đề xuất trong hình 2.



Hình 2. Các bước nghiên cứu

Bước 1: Nghiên cứu định tính được thực hiện qua việc tổng hợp tài liệu trong nước và trên thế giới có liên quan đến đề tài. Từ đây, danh mục về các yếu tố tiềm ẩn góp phần hình thành ý định tham gia dự án PPP sẽ được tổng hợp.

Bước 2: Phỏng vấn chuyên gia nhằm xác định danh mục các yếu tố góp phần thúc đẩy tham gia dự án PPP của khu vực tư nhân trong thực tế tại Việt Nam.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Một số nghiên cứu đã được thực hiện tại một số quốc gia về ý định tham gia dự án PPP với các loại hình dự án khác nhau của khu vực tư (PRS) và khu vực công (Public sector - PS). Cụ thể, Yang và cộng sự (2020) xem xét mức độ ảnh hưởng và tầm quan trọng các yếu tố hình thành ý định và hành vi của PRS đối với việc tham gia vào thị trường chăm sóc sức khỏe Trung Quốc thông qua hình thức PPP. Luo và cộng sự (2022) đã sử dụng mô hình TPB nhằm nghiên cứu ý định tham gia vào các dự án PPP của công chúng nhằm khám phá các yếu tố thúc đẩy ý định tham gia vào các dự án PPP của công chúng. Kết quả cho thấy yếu tố "lợi ích cảm nhận" có ảnh hưởng hạn chế đến ý định của công chúng, trong khi đó tác động của yếu tố bổ sung "rủi ro cảm nhận" là rất đáng kể. Trong các nhóm yếu tố thì nhóm "thái độ đối với hành vi" có tác động lớn hơn "chuẩn mực chủ quan" và "nhận thức kiểm soát hành vi". Dựa trên những phát hiện này, các biện pháp hiệu quả để cải thiện sự tham gia của công chúng vào các dự án PPP cũng đã được thảo luận. Bên cạnh đó, nhằm kiểm tra các yếu tố ảnh hưởng đến ý định tham gia vào các dự án PPP của khu vực tư nhân, nghiên cứu khác đã kết luận ba biến quan sát quan trọng nhất ảnh hưởng đến ý định tham gia dự án PPP của khu vực tư nhân, cho thấy đối với khu vực tư nhân, năng lực tài chính là yếu tố quan trọng nhất liên quan đến khả năng của họ khi xem xét tham gia dự án PPP. Ngược lại, đối với Chính phủ, để thu hút sự tham gia của khu vực tư nhân vào các dự án PPP, họ phải cải thiện mức tín dụng và đưa ra những phần thưởng hợp lý cho khu vực tư nhân [13]. Với một số ít các nghiên cứu kể trên, đã sử dụng lý thuyết TPB, được xem khả năng giải thích mạnh mẽ trong việc giải thích ý định hành vi của các cá nhân, tổ chức [11, 16].

TPB có thể rất hữu ích trong việc nghiên cứu ý định tham gia của PRS vào dự án PPP xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông, đặc biệt là trong việc hiểu rõ các yếu tố tác động đến quyết định tham gia của họ. Tuy nhiên, để áp dụng TPB một cách hiệu quả trong bối cảnh này, cần phải bổ sung các yếu tố đặc thù liên quan đến môi trường pháp lý, tài chính, và chính sách công, những yếu tố có thể không hoàn toàn nằm trong phạm vi TPB nhưng lại ảnh hưởng mạnh mẽ đến hành vi và ý định của khu vực tư nhân. Do vậy, bên cạnh các nhóm biến mô hình TPB cổ điển được sử dụng như thái độ đối với hành vi (AB), chuẩn mực chủ quan (SN) và nhận thức kiểm soát hành vi (PBC) thì cần xem xét thêm các nhóm yếu tố phù hợp với tình hình quốc gia và loại hình dự án cụ thể [13].

Để kiểm tra hành vi của khu vực tư nhân khi tham gia dự án Việt Nam, thông qua thảo luận với các một số các chuyên gia trong lĩnh vực hợp tác công tư trong dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông tại Việt Nam, các chuyên gia đã đề xuất bổ sung thêm hai nhóm yếu tố cần được xem xét bao gồm ảnh hưởng của Chính phủ (The Government Influence - GI) và nhận thức rủi ro (PR - Perceived Risk) bên cạnh ba yếu tố nhóm được ghi nhận trong mô hình TPB ban đầu. Một số nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng chính phủ đóng vai trò quan trọng trong các sáng kiến PPP [13]. Với vai trò quan trọng này, ảnh hưởng của chính phủ đã được đưa vào các sáng kiến PPP. Do vai trò quan trọng này, mô hình TPB được tạo ra cho nghiên cứu này bao gồm ảnh hưởng của chính phủ là một trong những yếu tố có thể ảnh hưởng đến ý định tham gia vào các dự án PPP của khu vực tư nhân. Mô hình TPB được tạo ra cho nghiên cứu này gồm 5 nhóm yếu tố. Thứ nhất đó là thái độ đối với hành vi (Attitude toward the behavior). PRS sẽ đánh giá thái độ của họ đối với dự án PPP dựa trên các yếu tố như lợi nhuận dự kiến, uy tín công ty, và khả năng

phát triển thị trường. Nếu dự án có thể mang lại lợi ích tài chính hoặc chiến lược lâu dài, các công ty có xu hướng có thái độ tích cực. Thứ hai đó là chuẩn mực chủ quan (Subjective Norms). Các yếu tố xã hội, chẳng hạn như áp lực từ đối tác, chính phủ, hoặc các tổ chức tài chính, sẽ ảnh hưởng đến quyết định tham gia. Nếu PRS thấy rằng các đối thủ cạnh tranh hoặc các tổ chức có uy tín đang tham gia vào dự án, họ có thể cảm thấy cần phải tham gia để duy trì vị thế cạnh tranh. Thứ ba đó là kiểm soát hành vi nhận thức (Perceived Behavioral Control). PRS sẽ cảm thấy có khả năng tham gia vào dự án nếu họ nhận thức rằng họ có đủ nguồn lực tài chính, kỹ năng, và khả năng quản lý dự án. Nếu môi trường pháp lý và chính sách thuận

lợi, các công ty sẽ có cảm giác tự tin hơn trong việc tham gia. Thứ tư đó là ảnh hưởng của Chính phủ (GI). Sự hỗ trợ của Chính phủ nhằm tạo ra môi trường cạnh tranh công bằng, minh bạch sẽ tạo động lực thúc đẩy hình thành ý tưởng tham gia vào dự án. Thứ năm đó là nhận thức rủi ro. PRS sẽ tham gia vào dự án PPP nếu họ nhận thức được các rủi ro được phân chia một cách hợp lý giữa PLS và PS. Bên cạnh đó, các rủi ro liên quan trực tiếp đến việc tăng giảm doanh thu sẽ được xem xét.

Các biến chi tiết trong các nhóm yếu tố chính này đã được nghiên cứu, tổng hợp từ các nghiên cứu đi trước được thảo luận, bổ sung bởi chuyên gia, thể hiện tại Bảng 1.

Bảng 1. Các yếu tố góp phần hình thành ý định tham gia dự án PPP của khu vực tư nhân

Mã hoá	Yếu tố	Tham khảo
AB	Nhóm các yếu tố liên quan đến thái độ của khu vực tư nhân khi tham gia dự án PPP	
AB1	Công ty có thể gia tăng lợi nhuận khi tham gia vào dự án PPP	[13, 17]
AB2	Công ty có thể gia nhập thị trường xây dựng cơ sở hạ tầng khi tham gia vào dự án PPP	[13, 18]
AB3	Công ty có thể tăng thị phần trong nền công nghiệp xây dựng	[19, 20]
AB4	Công ty có thể nhận được một số đặc quyền chính trị khi tham gia vào dự án PPP	[14]
AB5	Công ty có thể xây dựng/ gia tăng danh tiếng và hình ảnh xã hội khi tham gia vào dự án PPP	[13]
SN	Nhóm các yếu tố liên quan đến chuẩn mực chủ quan của các bên liên quan	
SN1	Phần lớn các đối thủ cạnh tranh tham gia vào dự án PPP và đạt được kết quả tích cực	[13, 17]
SN2	Chính quyền có nhiều chính sách nhằm khuyến khích khu vực tư nhân tham gia vào dự án PPP	[21, 22]
SN3	Các ngành công nghiệp khác hỗ trợ công ty khi tham gia vào dự án PPP	[17, 23]
SN4	Các tổ chức tài chính có chính sách hỗ trợ công ty tham gia vào dự án PPP	[13]
PBC	Nhóm các yếu tố liên quan đến kiểm soát hành vi nhận thức	
PBC1	Công ty có đủ nguồn lực tài chính để tham gia dự án PPP	[24-26]
PBC2	Công ty có thể mạnh về kỹ thuật, công nghệ để tham gia vào dự án PPP	[22, 27]
PBC3	Công ty có kinh nghiệm tham gia vào các dự án PPP	[28, 29]
PBC4	Công ty có thể kêu gọi vốn đầu tư từ các tổ chức tài chính khi tham gia dự án PPP	[13]
PBC5	Công ty có mối quan hệ hợp tác tốt với chính quyền	[30]
GI	Nhóm các yếu tố liên quan đến sự ảnh hưởng của chính quyền	
GI1	Chính quyền có thể tạo ra môi trường công bằng, cạnh tranh cho sự phát triển của dự án PPP	[31, 21]
GI2	Có nhiều quy định và chính sách được ban hành đảm bảo sự phát triển của dự án PPP	[32-35], [22, 25]
GI3	Chính quyền tham gia hợp đồng PPP một cách liêm chính	[33, 22, 27]
GI4	Chính quyền cung cấp một phần tài chính cho công ty khi tham gia dự án PPP	[24, 36, 37]
GI5	Chính quyền hợp tác với các tổ chức tài chính nhằm hỗ trợ, kêu gọi vốn đầu tư khi công ty tham gia dự án PPP	[21, 22]
PR	Nhóm các yếu tố liên quan đến nhận thức rủi ro	
RP1	Các rủi ro của dự án PPP được phân bổ một cách công bằng giữa chính quyền và khu vực tư nhân	[38, 39, 24, 40, 41]
PR2	Rủi ro được chia sẻ trong trường hợp giảm hoặc tăng doanh thu	[15]
BI	Ý định tham gia vào dự án đầu tư xây dựng theo mô hình PPP	
BI1	Công ty sẵn sàng tham gia vào các dự án đầu tư xây dựng PPP	[15]
BI2	Công ty sẵn sàng gia tăng tỷ lệ đầu tư theo phương thức PPP trong danh mục đầu tư của công ty	[15]
BI3	So với các hoạt động kinh doanh truyền thống, Công ty hứng thú hơn trong việc tham gia dự án PPP	[15]
BI4	Công ty sẵn sàng giới thiệu các đối tác tham gia vào dự án PPP	[15]

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng mô hình nhằm xem xét các yếu tố góp phần hình thành ý định tham gia vào dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông theo hình thức PPP với 5 nhóm yếu tố bao gồm 21 biến thành phần đã được xác định. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở để nhóm tác giả tiến hành thực hiện các nghiên cứu tiếp theo định hướng tập trung đánh giá mức độ đóng góp của từng yếu tố đến ý định tham gia dự án đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông của khu vực tư nhân tại Việt Nam thông qua các phương pháp định lượng. Mục đích của các nghiên cứu tiếp theo là cung cấp những căn cứ khoa học và

thực tiễn nhằm hỗ trợ các cơ quan có thẩm quyền hiểu rõ các yếu tố hình thành ý định tham gia dự án PPP của nhà đầu tư. Trên cơ sở đó, có thể xây dựng các chính sách thực thi hiệu quả hoặc thực hiện cải cách thể chế nhằm thúc đẩy sự tham gia của khu vực tư nhân vào các dự án PPP, góp phần hoàn thiện hệ thống cơ sở hạ tầng, phục vụ cho sự phát triển kinh tế - xã hội của đất nước.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM, trong đề tài mã số KHTĐ2432. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Nhà trường đã hỗ trợ về mặt tài chính cho quá trình thực hiện nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Vietnam Ministry of Construction. (2021). Public-private partnership (PPP) investment policy in Vietnam's infrastructure development. Available: <https://moc.gov.vn/tl/tin-tuc/66326/chinh-sach-dau-tu-doi-tac-cong-tu-ppp-trong-phat-trien-co-so-ha-tang-viet-nam.aspx>, accessed 30 August 2024.
- [2]. J. Yuan, A. P. Chan, W. Xiong, M. J. Skibniewski, and Q. Li (2015), "Perception of residual value risk in public private partnership projects: Critical review", *Journal of Management in Engineering*, 31, p. 04014041.
- [3]. W. Zou, M. Kumaraswamy, J. Chung, and J. Wong (2014), "Identifying the critical success factors for relationship management in PPP projects", *International journal of project management*, 32, pp. 265-274.
- [4]. Đỗ Tiến Sỹ, Nguyễn Anh Thu, and T. N. N. Nam (2019), "Mô hình đánh giá sự sẵn sàng đầu tư của khu vực tư nhân trong các dự án PPP giao thông ở Việt Nam", *Tạp chí Xây dựng*, pp. 150-155.
- [5]. Quốc hội (2020), "Luật Đầu tư theo phương thức đối tác công tư".
- [6]. Bùi Xuân Phong (2019), "Thu hút khu vực tư nhân tham gia đầu tư đường sắt tốc độ cao theo hình thức đối tác công tư (PPP) ở Việt Nam", *Tạp chí Khoa học Viện Đại học Mở Hà Nội*, 53, pp. 1-5.
- [7]. D. Minh (2021), "Key success factors of public-private partnership (PPP) projects: Experimental research in Dong Nai province", *Asian Journal of Economic and Business Research*, 7, pp. 28-53.
- [8]. Hồ Việt Anh (2020), "Phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới việc hoàn thành dự án đầu tư theo hình thức đối tác công tư (PPP): Nghiên cứu trường hợp của Thành phố Hồ Chí Minh", *Tạp chí Khoa học Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh*, 1, pp. 18-33.
- [9]. M. Fishbein and I. Ajzen (1977), "Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research".
- [10]. I. Ajzen (1991), "The Theory of planned behavior", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*.
- [11]. T. Tang (2016), "Research on Bidding Decision-Making of PPP Project Based on the Theory of Planned Behavior and Prospect Theory", *Tianjin University Tianjin, China*.
- [12]. S. A. Memon, S. Rowlinson, R. Y. Sunindijo, and H. Zahoor (2021), "Collaborative behavior in relational contracting projects in Hong Kong - A contractor's perspective", *Sustainability*, 13, p. 5375.
- [13]. Y. Zhang, J. Gu, M. Shan, Y. Xiao, and A. Darko (2018), "Investigating Private Sectors' Behavioral Intention to Participate in PPP Projects: An Empirical Examination Based on the Theory of Planned Behavior", *Sustainability*, 10, p. 2692.
- [14]. J. Yang, L. Song, X. Yao, Q. Cheng, Z. Cheng, and K. Xu (2020), "Evaluating the Intention and Behaviour of Private Sector Participation in Healthcare Service Delivery via Public-Private Partnership: Evidence from China", *Journal of Healthcare Engineering*, 2020, p. 5834532.
- [15]. Z. Luo, J. Li, Z. Wu, S. Li, and G. Bi (2022), "Investigating the Driving Factors of Public Participation in Public-Private Partnership (PPP) Projects - A Case Study of China", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, p. 5192.
- [16]. X. Zheng, Y. Lu, Y. Le, Y. Li, and J. Fang (2018), "Formation of interorganizational relational behavior in megaprojects: Perspective of the extended theory of planned behavior", *Journal of Management in Engineering*, 34, p. 04017052, 2018.
- [17]. R. Osei-Kyei and A. P. Chan (2017), "Implementing public-private partnership (PPP) policy for public construction projects in Ghana: critical success factors and policy implications", *International journal of construction management*, 17, pp. 113-123.
- [18]. R. R. Geddes and E. Reeves (2017), "The favourability of US PPP enabling legislation and private investment in transportation infrastructure", *Utilities policy*, 48, pp. 157-165.
- [19]. S. T. Ng, Y. M. Wong, and J. M. Wong (2012), "Factors influencing the success of PPP at feasibility stage-A tripartite comparison study in Hong Kong", *Habitat international*, 36, pp. 423-432.
- [20]. A. Akintoye, C. Hardcastle, M. Beck, E. Chinyio, and D. Asenova (2003), "Achieving best value in private finance initiative project procurement", *Construction management and economics*, 21, pp. 461-470, 2003.
- [21]. J. Yuan, C. Wang, M. J. Skibniewski, and Q. Li (2012), "Developing key performance indicators for public-private partnership projects: questionnaire survey and analysis", *Journal of Management in Engineering*, 28, pp. 252-264.
- [22]. I. Yitmen, I. Akiner, and I. Tekce (2012), "Applicability of second generation public private partnership projects in turkey: a conceptual framework", in *International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction*, Sao Paulo, Brasil.
- [23]. G. Ma, Q. Du, and K. Wang (2018), "A concession period and price determination model for PPP projects: Based on real options and risk allocation", *Sustainability*, 10, p. 706.
- [24]. B. Li, A. Akintoye, P. J. Edwards, and C. Hardcastle (2005), "Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry", *Construction management and economics*, 23, pp. 459-471.
- [25]. E. Ameyaw and A. Chan (2015), "Implementing PPP Water Supply Projects in Ghana: A Model of CSFs", *African Journal of Applied Research*, 1.
- [26]. E. Cheung (2009), "Developing a best practice framework for implementing public private partnerships (PPP) in Hong Kong", *Queensland University of Technology*.
- [27]. L. Tang, Q. Shen, M. Skitmore, and E. W. Cheng (2013), "Ranked critical factors in PPP briefings", *Journal of management in engineering*, 29, pp. 164-171.
- [28]. K. Ye, L. Shen, B. Xia, and B. Li (2014), "Key attributes underpinning different markup decision between public and private projects: A China study", *International Journal of Project Management*, 32, pp. 461-472.
- [29]. K. Almarri (2019), "Perceptions of the attractive factors for adopting public-private partnerships in the UAE", *International Journal of Construction Management*, 19, pp. 57-64.
- [30]. A. P. Chan, J. F. Yeung, C. C. Yu, S. Q. Wang, and Y. Ke (2011), "Empirical study of risk assessment and allocation of public-private partnership projects in China", *Journal of management in engineering*, 27, pp. 136-148.
- [31]. A. P. Chan, P. T. Lam, D. W. Chan, E. Cheung, and Y. Ke (2010), "Critical success factors for PPPs in infrastructure developments: Chinese perspective", *Journal of construction engineering and management*, 136, pp. 484-494.
- [32]. L. Qiao, S. Q. Wang, R. L. Tiong, and T.-S. Chan (2001), "Framework for critical success factors of BOT projects in China", *The Journal of Structured Finance*, 7, pp. 53-61.
- [33]. C. Hardcastle, P. J. Edwards, A. Akintoye, and B. Li (2005), "Critical success factors for PPP/PFI projects in the UK construction industry: a factor analysis approach", *Construction management and economics*, 23, pp. 459-471.
- [34]. E. R. Yescombe (2011), *Public-private partnerships: principles of policy and finance*: Elsevier.
- [35]. Y. H. Kwak, Y. Chih, and C. W. Ibbs (2009), "Towards a comprehensive understanding of public private partnerships for infrastructure development", *California management review*, 51, pp. 51-78.
- [36]. A. Akintoye, M. Beck, and C. Hardcastle (2008), *Public-private partnerships: managing risks and opportunities*: John Wiley & Sons.
- [37]. E. Cheung, A. P. Chan, and S. Kajewski (2012), "Factors contributing to successful public private partnership projects: Comparing Hong Kong with Australia and the United Kingdom", *Journal of Facilities Management*, 10, pp. 45-58.
- [38]. R. Flanagan (1993), "Risk management and construction", *Blackwell Science*.
- [39]. X. Zhang (2005), "Critical success factors for public private partnerships in infrastructure development", *Journal of construction engineering and management*, 131, pp. 3-14.
- [40]. T. M. Nisar (2007), "Risk management in public-private partnership contracts", *Public Organization Review*, 7, pp. 1-19.
- [41]. N. Mouraviev (2012), "Risk management in public-private partnerships and research agenda for transitional countries", *International Journal of Management & Business Studies*, 2, pp. 37-41.

Nghiên cứu đặc trưng cơ lý của bê tông hạt nhỏ cốt sợi hiệu suất cao dùng trong sửa chữa nhanh mặt đường bê tông xi măng

Study on the mechanical properties of high performance fiber reinforced fine aggregate concrete for rapid repair of cement concrete pavement

> TS TRẦN HỮU BẰNG¹, THS NGUYỄN TUẤN CƯỜNG^{2,*}

¹Trường Đại học Thủ Dầu Một

²Trường Đại học Giao thông vận tải; *Email: cuongnt_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bê tông hạt nhỏ cốt sợi tính năng cao (HPFRC - High Performance Fiber Reinforced Concrete) là thế hệ bê tông tiên tiến sử dụng cốt liệu hạt nhỏ, được gia cường bằng sợi thép, sợi polymer hoặc sợi thủy tinh, giúp tăng cường độ chịu kéo, chống nứt và kéo dài tuổi thọ. Nghiên cứu đã sử dụng cát trắng mịn Khánh Hòa, xi măng Vicem PC40, tro bay loại F (được sử dụng để thay thế một phần xi măng), sợi polypropylene và chất siêu dẻo gốc polycarboxylate loại G để chế tạo HPFRC. Các đặc trưng cơ lý cần thiết được thực nghiệm trong phòng để bước đầu đánh giá mức độ đáp ứng yêu cầu sửa chữa nhanh kết cấu mặt đường bê tông xi măng.

Từ khóa: Công nghệ sửa chữa nhanh, bê tông hạt nhỏ cốt sợi, vật liệu composite kỹ thuật gốc xi măng, sợi polypropylene.

ABSTRACT

High-Performance Fiber-Reinforced Concrete (HPFRC) is an advanced generation of concrete that uses fine aggregates and is reinforced with steel fibers, polymer fibers, or glass fibers, enhancing tensile strength, crack resistance, and durability. In this study, HPFRC is produced using fine white sand from Khanh Hoa, Vicem PC40 cement, Class F fly ash (used as a partial cement replacement), polypropylene fibers, and a polycarboxylate-based superplasticizer type G. The essential mechanical properties were experimentally evaluated in the laboratory to preliminarily assess the suitability of HPFRC for rapid repair of cement concrete pavement structures.

Keywords: Rapid repair technology, high performance fiber reinforced concrete, engineered cementitious composites, PP fiber.

1. GIỚI THIỆU

Việc sửa chữa các hư hỏng mặt đường bê tông xi măng (BTXM) đòi hỏi phải nhanh chóng, bền vững và tận dụng được vật liệu sẵn có nhằm giảm giá thành. Chính vì vậy, các hư hỏng thường được sửa chữa bằng các vật liệu truyền thống gốc xi măng như vữa, bê tông,... Tuy các hư hỏng này hay tái xuất hiện trở lại bởi đặc tính của vữa hay bê tông thông thường làm giảm hiệu quả việc sửa chữa trong đó co ngót, đặc biệt là co ngót khô ảnh hưởng sự liên kết giữa bê tông cũ và mới. Hiện nay có một số vật liệu sửa chữa thương mại gốc xi măng (Sika Monotop[®]R, DelpatchTM, vữa không co GM-F của Viện Khoa học công nghệ xây dựng VN,...) mang lại kết quả sửa chữa hiệu quả hơn, tuy nhiên giá thành khá đắt, chỉ áp dụng cho các công trình hoặc vị trí đặc biệt.

Hiện nay, một trong những vật liệu mới được phát triển từ gốc xi măng là vữa cốt sợi tính năng cao hay Composite xi măng kỹ thuật (gọi tắt là ECC) là thế hệ bê tông hạt nhỏ cốt sợi tính năng cao, do Giáo sư Victor Li, Đại học Michigan Hoa Kỳ phát minh) đã được nghiên cứu và phát triển trong nhiều lĩnh vực như sửa chữa, bảo trì và xây dựng mới các công trình cơ sở hạ tầng [1,2,3].

Bài nghiên cứu nhằm đánh giá tính khả thi của việc sử dụng các thành phần có sẵn tại địa phương ở miền Nam Việt Nam và kết hợp một hàm lượng sợi polypropylene để sản xuất phiên bản của vật liệu composite kỹ thuật gốc xi măng (ECC) đã được cải tiến, tiết kiệm chi phí, tạm đặt tên loại vật liệu nghiên cứu là vữa sửa chữa cốt sợi (dùng sợi PP) tính năng cao viết tắt là HPFRC, có tính năng tốt hơn hoặc tương đương so với vữa/vữa xi măng thông thường hoặc các sản phẩm thương mại có sẵn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết và phương pháp thí nghiệm trong phòng. Được thực hiện tại phòng thí nghiệm vật liệu xây dựng, Phân hiệu Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM.

2.1. Vật liệu chế tạo

Nghiên cứu này sử dụng các thành phần có sẵn tại địa phương để sản xuất HPFRC: Xi măng Vicem Hà Tiên PC40 (được chứng nhận theo TCVN 2682-2009 và tiêu chuẩn ASTM C150 Loại I), loại FFA, là sản phẩm phụ của Nhà máy nhiệt điện Duyên Hải tỉnh Trà

Vinh nay là tỉnh (Vinh Long) và cát trắng mịn Khánh Hoà có khối lượng riêng, độ hấp thụ nước và mô đun độ mịn lần lượt là 2,65 g/cm³, 1,12% và 0,197, sợi polypropylene (PP) (Sika).

2.2. Thiết kế và tỷ lệ hỗn hợp

Bảng 1. Thành phần vật liệu của các cấp phối HPFRC

Cấp phối	Nước (lít)	XM (kg)	Tro bay (kg)	Silica fume (kg)	Cát mịn (kg)	Sợi PP (kg)	PGSD (lít)	PGTT (kg)
HPFRC_1%PP	286	781	137	78	803	9,1	15,62	7,81
HPFRC_1.5%PP	286	781	137	78	790	13,65	15,62	7,81
HPFRC_2%PP	286	781	137	78	777	15,42	15,62	7,81

Với các yêu cầu kỹ thuật dự kiến của vữa tính năng cao HPFRC như sau: độ chảy ≥200mm, thời gian cho phép thi công ~ 20-30 phút (27°C/ độ ẩm môi trường 65%), độ tách nước 0%, cường độ nén tối thiểu 20 MPa (1 ngày tuổi), tối thiểu 42 MPa (28 ngày tuổi), biến dạng phá hoại khi nén >0,2% và khi chịu kéo trực tiếp > 2%, độ mài mòn cần phải nhỏ hơn 0,3 g/cm².

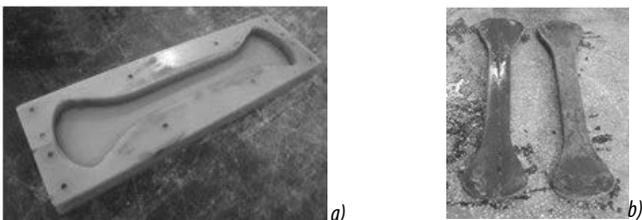


Hình 1. a) Vật liệu chế tạo, b) Máy trộn vữa phòng thí nghiệm, c) Rót vữa vào côn Suttard, d) Nhắc côn đo độ chảy xòe

Cấp phối 2% sợi PP (HPFRC_2.0%PP) rất khó trộn, hỗn hợp kém đồng nhất và độ xòe không đạt mục tiêu đặt ra. Hai cấp phối 1% sợi (HPFRC_1.0%PP), 1.5% sợi (HPFRC_1.5%PP) đạt yêu cầu về tính công tác: độ chảy xòe và duy trì độ chảy xòe theo tiêu chuẩn TCVN 9204:2012.

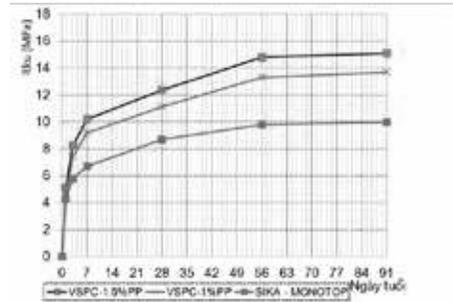
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Độ bền uốn (TCVN 3121-6:2003) và cường độ nén (TCVN3121-11:2003)

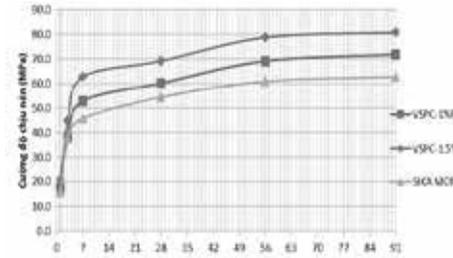


Hình 4. Thí nghiệm kéo trực tiếp mẫu vữa HPFRC: a) Khuôn đúc mẫu; b) mẫu "dog-bone" thí nghiệm kéo trực tiếp; d) Thí nghiệm kéo; c) Bề mặt mẫu bị kéo đứt

Các cấp phối cho kế hoạch thí nghiệm trên cơ sở cấp phối tính toán sơ bộ: trong đề tài sẽ đưa ra ba cấp phối: Cấp phối HPFRC_2.0%PP; HPFRC_1.5%PP; HPFRC_1.0%PP (hàm lượng sợi PP tính theo thể tích bê tông).



Hình 2. Biểu đồ phát triển cường độ chịu kéo khi uốn ở ngày thứ 1,3,7, 28, 56, 91 ngày tuổi của các cấp phối HPFRC_1.0%PP, HPFRC_1.5%PP và SIKA MONOTOP



Hình 3. Biểu đồ phát triển cường độ chịu nén ở ngày thứ 1,3,7, 28, 56, 91 ngày tuổi của các cấp phối HPFRC_1.0%PP, HPFRC_1.5%PP và SIKA MONOTOP

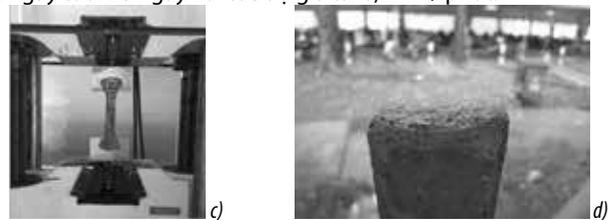
Nhận xét

+ Cấp phối HPFRC_1.0%PP, HPFRC_1.5%PP có cường độ chịu kéo khi uốn ở các ngày tuổi 1, 3, 7, 28, 56, 91 cao hơn SIKA MONOTOP khoảng 10-50%. Tuy nhiên, tốc phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của SIKA MONOTOP ở tuổi 1 ngày nhanh hơn và chậm lại ở tuổi sau 7, 28 ngày. Điều này được lý giải là các cấp phối HPFRC sử dụng lượng tro bay khá lớn (32% theo khối lượng xi măng), mà đặc tính pozzolan của tro bay nên cường độ của các cấp phối nghiên cứu phát triển ở tuổi muộn.

+ Cấp phối HPFRC_1.0%PP, HPFRC_1.5%PP có cường độ chịu nén ở các ngày tuổi 1, 3, 7, 28, 56, 91 cao hơn SIKA MONOTOP khoảng 10-30%. Tuy nhiên, chỉ có cấp phối HPFRC_1.5%PP đạt được mục tiêu đề ra là cường độ chịu nén ở 1 ngày tuổi tối thiểu 20 MPa để đáp ứng thi công sửa chữa nhanh. Các thí nghiệm tiếp theo sẽ chỉ thực hiện với cấp phối triển vọng HPFRC_1.5%PP.

3.2. Cường độ chịu kéo trực tiếp

- Đúc mẫu dạng xương chó "dog-bone" với kích thước 60x330x13 mm. Tiến hành bảo dưỡng và thí nghiệm kéo trực tiếp ở các ngày tuổi 28 ngày với tốc độ gia tải 0,2mm/ phút.



Bảng 2. Kết quả thí nghiệm kéo trực tiếp ở tuổi 28 ngày

Thông số	R_{k28} (MPa)	ϵ_{28} (%)
Mẫu 1	4,47	2,09%
Mẫu 2	4,57	2,27%
Trung bình	4,52	2,18%
So với BT thường	3	0,2%
Gấp BT thường	1,51 lần	10,9 lần

3.3. Khả năng bám dính giữa vữa cốt sợi polymer tính năng cao và BTXM thông thường

Phép thử này được thực hiện trên bề mặt bê tông sửa chữa (nửa mẫu uốn Mục 3.1) sau khi đã hoàn thành công việc sửa chữa ở 28 và 91 ngày tuổi. Tạo mẫu thử bằng cách khoan vuông góc vào bề mặt nền (đường kính trong danh nghĩa 50 mm), sao cho lõi khoan được giữ nguyên vẹn và liên kết với nền. Gắn đĩa thép (đường kính danh nghĩa 50 mm) lên bề mặt trên của mẫu thử. Tải trọng kéo được gia tăng lên đĩa thép cho đến khi mẫu thử bị phá hủy. Ghi lại tải trọng phá hủy mẫu thử và dạng phá hủy mẫu thử để tính toán ứng suất kéo.



Hình 5. Thí nghiệm bám dính giữa vữa HPFRC và BTXM thông thường: a) Khoan mẫu; b) Gắn đĩa thép và thiết bị gia tải kéo; c) Dạng phá hủy ở nền bê tông

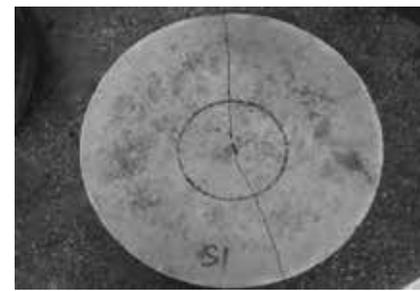
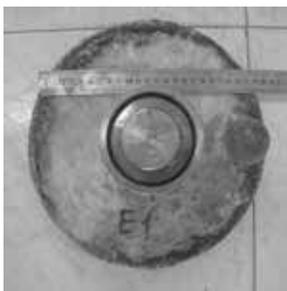
Bảng 3. Kết quả thí nghiệm bám dính giữa vữa HPFRC và Sika Monotop ở tuổi 28 và 91 ngày

Thông số	R_{db28} (MPa)	R_{db91} (MPa)	Tham khảo Sika Monotop (MPa)
Mẫu 1	1,92	2,86	-
Mẫu 2	2,24	3,08	-
Trung bình	2,08	2,97	1,5

3.4. Sức kháng va chạm

Thí nghiệm sức kháng va chạm được thực hiện theo phương pháp tải trọng rơi dựa trên chỉ dẫn của ACI544.2R. Trong thí nghiệm này, sử dụng bi thép D50 mm và mẫu tấm tròn D260xH(32-33) mm thay thế cho viên bi D63,5 mm và mẫu D150xH300 mm và mẫu được thí nghiệm ở 14 ngày tuổi. Quả nặng 4,5 kg được thả rơi tự do từ độ cao 46 cm đập vào bi thép đặt chính giữa mẫu. Xác định số lần thả quả nặng đến khi bề mặt mẫu xuất hiện vết nứt đầu tiên (N1) và đến khi mẫu chịu 45 lần thả (N2).

Năng lượng va chạm được tính theo công thức trình bày ACI544.2R [4].



Hình 6. Thí nghiệm sức kháng va chạm: a) Mô hình thí nghiệm; b) Mẫu thí nghiệm va chạm và bi thép D50mm; c) Mẫu HPFRC sau khi va đập 45 lần (N2); d) Mẫu Sika bị phá hủy (N1). Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm va chạm

Mẫu	Số lần rơi		Năng lượng va chạm (J)	
	N1	N2	N1	N2
HPFRC_1.5%PP_1	9	45	182,6	912,9
HPFRC_1.5%PP_2	7	45	142,0	912,9
HPFRC_1.5%PP_TB	8	45	162,3	912,9
Sikagrout	4 (phá hủy rời nhau)	4	81,1	81,1

3.5. Độ mài mòn (TCVN 3114:2022)

- Đúc mẫu có hình khối lập phương kích thước cạnh 70,7 mm. Sau 24 giờ, tháo khuôn và bảo dưỡng đến khi thí nghiệm ở 7 và 91 ngày tuổi đem thí nghiệm theo TCVN 3114:2022)



Hình 7. Thí nghiệm mài mòn: a) Thiết bị mài mòn; b) Mẫu sau/trước khi mài mòn - 91 ngày; c) Mẫu trước khi mài mòn - 14 ngày; d) Mẫu sau khi mài mòn - 14 ngày

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm mài mòn

	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Trung bình
Khối lượng (g)				
14 ngày tuổi (m_0)	738	747	728,5	737,8
91 ngày tuổi (m_0)	762	761	758	760,3
14 ngày tuổi (m_4)	729	738,5	719,5	729
91 ngày tuổi (m_4)	757	756	752	755
Độ mài mòn (g/cm^2)				
14 ngày tuổi	0,18	0,17	0,18	0,18
91 ngày tuổi	0,1	0,1	0,12	0,11

Để bê tông được dùng làm mặt đường cao tốc, cấp I đến cấp III và cấp IV trở xuống độ mài mòn cần phải nhỏ hơn $0,3 g/cm^2$ và $0,6 g/cm^2$ [5]. Như vậy với độ mài mòn $< 0,3 g/cm^2$ vữa HPFRC thoả mãn tiêu chí độ mài mòn khi sửa chữa bề mặt đường ô tô.

4. KẾT LUẬN

Với quy mô trong phòng thí nghiệm và sử dụng một số nguồn vật liệu khu vực phía Nam: cát, tro bay thải từ các nhà máy nhiệt điện phía Nam, cốt sợi PP, xi măng PC40... Nghiên cứu đã bước đầu thiết kế được thành phần cấp phối và chế tạo được vữa cốt sợi polymer tính năng cao (HPFRC_1.5%PP) với các yêu cầu kỹ thuật dự kiến của vữa tính năng cao như: độ chảy đạt 212,5 mm, thời gian cho phép thi công ~ 20-30 phút ($27^\circ C$ / độ ẩm môi trường 65%) với độ chảy đạt 182,5 mm, độ tách nước 0%, cường độ nén đạt 20,8 MPa ở tuổi 1 ngày; và 69,2 MPa ở tuổi 28 ngày; biến dạng phá hoại khi nén đạt 3,3% và khi chịu kéo trực tiếp đạt 2,18%, độ mài mòn $< 0,3 g/cm^2$. Các chỉ tiêu này có triển vọng cho việc sử dụng sửa chữa nhanh kết cấu mặt đường BTXM như rót trám vết nứt, vá, chữa rỗ bề mặt,... bê tông đông cứng

nhẹ đạt cường độ trong vòng 24h, và có thể chế tạo sẵn hỗn hợp khô, đóng gói tiện cho sử dụng ngoài hiện trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. V. C. Li, Introduction to engineered cementitious composites (ECC), in Engineered Cementitious Composites (ECC), Springer, Berlin, Heidelberg, (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-662-58438-5_1.
- [2]. V. C. Li, Micromechanics and engineered cementitious composites (ECC): Design Basis, in Engineered Cementitious Composites (ECC), Springer, Berlin, Heidelberg, (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-662-58438-5_2.
- [3]. A. Adesina, S. Das, Evaluation of the durability properties of engineered cementitious composites incorporating recycled concrete as aggregate, Journal of Materials in Civil Engineering, 33(2) (2021) 04020439. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003563](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003563).
- [4]. ACI Committee 544, American Concrete Institute, USA, ACI 544.2R, Measurement of properties of fiber reinforced concrete, 1999
- [5]. TCCS 40 : 2022/TCĐBVN - Thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông.

Kinh nghiệm quy hoạch và phát triển giao thông đô thị bền vững: Bài học từ thế giới cho Việt Nam

Sustainable urban transport planning and development: Global lessons for Vietnam

> PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI, THS CAO QUANG KHẢI

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa nhanh chóng ở Việt Nam đang đặt ra những thách thức đáng kể đối với hệ thống giao thông và môi trường đô thị. Bài viết phân tích các chiến lược và kinh nghiệm thành công trong quy hoạch và phát triển giao thông đô thị (GTĐT) bền vững từ các quốc gia tiên tiến như Đức, Pháp, Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc và Thái Lan. Dựa trên phân tích so sánh về ưu điểm, hạn chế và điều kiện áp dụng, bài viết rút ra những bài học kinh nghiệm then chốt, đồng thời đề xuất các giải pháp quy hoạch phù hợp với bối cảnh đô thị Việt Nam hiện nay.

Từ khóa: Giao thông đô thị bền vững, quy hoạch TOD, điện hóa giao thông, giao thông công cộng, ô nhiễm đô thị, biến đổi khí hậu.

ABSTRACT

Rapid urbanization in Vietnam presents significant challenges to urban transportation systems and the urban environment. This paper analyzes successful strategies and experiences in sustainable urban transport planning and development from advanced countries, including Germany, France, Japan, South Korea, China, and Thailand. Based on a comparative analysis of their advantages, limitations, and applicability conditions, the paper derives key lessons learned and proposes appropriate planning solutions for Vietnam's current urban context.

Keywords: Sustainable urban transport, Transit-Oriented development (TOD) planning, transport electrification, public transportation, urban pollution, climate change.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đô thị hóa là một xu thế tất yếu trên phạm vi toàn cầu, kéo theo sự gia tăng dân số và nhu cầu di chuyển trong các thành phố. Tại Việt Nam, tốc độ đô thị hóa nhanh chóng đã mang lại những lợi ích kinh tế, nhưng đồng thời các vấn đề như tắc nghẽn giao thông, ô nhiễm không khí, ô nhiễm tiếng ồn và ngập úng đô thị ngày càng trở nên trầm trọng, đe dọa chất lượng sống và sự phát triển bền vững của các đô thị lớn như Hà Nội và TP.HCM.

Để giải quyết những thách thức nêu trên, việc học hỏi kinh nghiệm từ các quốc gia đã thành công trong quy hoạch và phát triển GTĐT bền

vững là hết sức cần thiết. Bài viết sẽ phân tích các mô hình tiêu biểu, từ đó rút ra những bài học thực tiễn và đề xuất các giải pháp phù hợp có thể áp dụng tại Việt Nam.

2. PHÂN TÍCH KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ QUY HOẠCH PHÁT TRIỂN GTĐT BỀN VỮNG

Các quốc gia trên thế giới đã áp dụng nhiều chiến lược đa dạng để hướng tới giao GTĐT bền vững, thường dựa trên nguyên tắc "**Tránh - Chuyển đổi - Cải thiện**" (Avoid - Shift - Improve) (ITF, 2017).

• **Tránh (Avoid):** Giảm thiểu nhu cầu di chuyển không cần thiết hoặc quãng đường di chuyển bằng cách quy hoạch đô thị đa chức năng và phát triển nén.

• **Chuyển đổi (Shift):** Khuyến khích chuyển đổi từ phương tiện cá nhân sang các hình thức giao thông bền vững hơn như giao thông công cộng (GTCC), đi bộ và xe đạp.

• **Cải thiện (Improve):** Nâng cao hiệu quả năng lượng và giảm phát thải của các phương tiện còn lại thông qua công nghệ và quản lý.

2.1. Đức: Tiên phong trong giao thông xanh và tích hợp đa phương thức

Quy hoạch đã thực hiện: Đức đã xây dựng một hệ thống GTCC tích hợp và hiệu quả cao, đặc biệt tại các đô thị lớn như Berlin, Munich, và Hamburg. Mạng lưới này bao gồm tàu điện ngầm (U-Bahn), tàu điện trên cao (S-Bahn), xe điện (Tram) và xe buýt, tất cả được kết nối liền mạch qua hệ thống vé chung. Nhiều thành phố nhỏ hơn như Freiburg được quy hoạch theo hướng phát triển đô thị nén, hạn chế sự mở rộng tràn trãi, và tập trung vào việc tạo không gian sống thân thiện với người dân hơn là ưu tiên xe ô tô. Chính phủ Đức cũng đã đầu tư mạnh vào hạ tầng cho xe đạp với các làn đường riêng biệt, an toàn và dễ tiếp cận. Bên cạnh đó, Đức là quốc gia tiên phong trong nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ xe điện, xe hydro, và đã thiết lập các khu vực phát thải thấp (**Low Emission Zones**) tại nhiều trung tâm đô thị để hạn chế xe cũ, gây ô nhiễm. Các chính sách ưu đãi cho xe điện và phát triển hạ tầng sạc cũng được đẩy mạnh.

Thành công: Hệ thống GTCC của Đức nổi tiếng về độ tin cậy và tiện lợi, khuyến khích người dân sử dụng. Các thành phố như Freiburg đã giảm đáng kể lượng xe cá nhân và ô nhiễm không khí. Việc đầu tư vào công nghệ xanh và quy hoạch đô thị thông minh giúp Đức trở thành hình mẫu về phát triển giao thông bền vững. Các khu vực cấm xe và làn đường xe đạp đã cải thiện chất lượng không khí và tăng cường GTCC cho người dân.

Hạn chế: Mặc dù có mạng lưới GTCC tốt, tỷ lệ sở hữu và sử dụng ô tô cá nhân ở Đức vẫn còn tương đối cao, đặc biệt ở các vùng ngoại ô hoặc đối với các chuyến đi đường dài, tạo áp lực lên hạ tầng đường bộ và môi trường. Chi phí chuyển đổi hoàn toàn sang phương tiện điện, đặc biệt là việc đảm bảo nguồn điện sản xuất từ năng lượng tái tạo, vẫn

là một thách thức lớn. Việc áp dụng các biện pháp hạn chế xe cá nhân đôi khi gặp phải sự phản đối từ một bộ phận dân cư.

Bài học kinh nghiệm: Việt Nam có thể học hỏi cách Đức xây dựng một hệ thống GTCC tích hợp, đáng tin cậy và có khả năng kết nối đa phương thức. Việc đầu tư dài hạn vào hạ tầng đi bộ/xe đạp và quy hoạch đô thị nên là cần thiết cho các thành phố lớn như Hà Nội, TP.HCM. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ năng lượng sạch trong giao thông cũng cần được ưu tiên.

2.2. Nhật Bản: Hiệu quả của GTCC và Quy hoạch TOD

Quy hoạch đã thực hiện: Nhật Bản nổi tiếng với hệ thống **đường sắt đô thị và đường sắt cao tốc (Shinkansen)** cực kỳ hiệu quả, đúng giờ và phủ sóng rộng khắp, trở thành xương sống của giao thông tại các đô thị lớn như Tokyo, Osaka. Hàng triệu người dân sử dụng tàu điện đi làm, đi học mỗi ngày. Một chiến lược quy hoạch trọng tâm của Nhật Bản là Phát triển theo định hướng GTCC (TOD - Transit-Oriented Development). Theo đó, các khu đô thị sầm uất, đa chức năng (nhà ở, văn phòng, thương mại, dịch vụ, giải trí) được xây dựng với mật độ cao xung quanh các nhà ga tàu điện. Điều này giúp giảm tối đa nhu cầu di chuyển bằng ô tô cá nhân, vì mọi tiện ích đều nằm trong khoảng cách đi bộ hoặc một vài ga tàu. Hệ thống vé tích hợp và thông tin giao thông rõ ràng cũng góp phần vào sự tiện lợi.

Thành công: GTCC của Nhật Bản đã thành công xuất sắc trong việc vận chuyển lượng lớn dân cư một cách hiệu quả, giảm thiểu tắc nghẽn và phát thải từ xe cá nhân. Mô hình TOD đã tạo ra các đô thị sống động, bền vững, nơi người dân có thể tiếp cận mọi dịch vụ mà không cần ô tô. Việc giảm phụ thuộc vào xe cá nhân cũng góp phần đáng kể vào việc cải thiện chất lượng không khí đô thị. Độ tin cậy và đúng giờ của tàu điện đã trở thành niềm tự hào của Nhật Bản.

Hạn chế: Mặc dù GTCC rất mạnh, các thành phố lớn vẫn đối mặt với áp lực về ô nhiễm tiếng ồn và ô nhiễm không khí từ lượng lớn xe tải, xe buýt và ô tô tư nhân vẫn còn lưu thông. Việc điện hóa toàn bộ phương tiện giao thông đường bộ vẫn đang trong quá trình chuyển đổi, và việc quản lý bãi đỗ xe vẫn là một thách thức, đặc biệt tại các khu vực thương mại.

Bài học kinh nghiệm: Với các dự án metro đang và sắp triển khai, Việt Nam cần đặc biệt học tập kinh nghiệm Quy hoạch TOD của Nhật Bản để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng đất, tạo ra các khu đô thị vệ tinh đa chức năng và giảm áp lực lên giao thông đường bộ. Việc nâng cao chất lượng dịch vụ và độ tin cậy của GTCC là yếu tố then chốt để thu hút người dân.

2.3. Trung Quốc: Đầu tư quy mô lớn và điện hóa tiên phong

Quy hoạch đã thực hiện: Trung Quốc đã có những bước tiến thần tốc trong phát triển GTCC, đặc biệt là hệ thống metro tại các thành phố lớn như Bắc Kinh, Thượng Hải. Chỉ trong vài thập kỷ, các thành phố này đã xây dựng mạng lưới metro khổng lồ. Trung Quốc cũng là quốc gia dẫn đầu về điện hóa phương tiện giao thông. TP Thâm Quyển là ví dụ điển hình khi đã điện hóa hoàn toàn đội xe buýt công cộng và taxi. Các thành phố khác cũng đang tích cực chuyển đổi sang phương tiện điện, với sự hỗ trợ mạnh mẽ từ Chính phủ thông qua các chính sách trợ giá, ưu đãi thuế, và đầu tư vào hạ tầng sạc công cộng.

Thành công: Việc đầu tư quy mô lớn vào GTCC đã giúp giảm tải cho hệ thống đường bộ, dù tốc độ đô thị hóa và gia tăng dân số vẫn rất nhanh. Đặc biệt, việc điện hóa phương tiện đã đóng góp đáng kể vào việc giảm ô nhiễm không khí tại các đô thị, cải thiện chất lượng môi trường sống. Trung Quốc cũng đã phát triển mạnh mẽ ngành công nghiệp sản xuất xe điện nội địa, tạo lợi thế về công nghệ.

Hạn chế: Tốc độ đô thị hóa nhanh chóng và quy mô dân số khổng lồ dẫn đến áp lực lớn về ô nhiễm không khí và tắc nghẽn giao thông, ngay cả khi GTCC đã phát triển mạnh. Mặc dù đã có nhiều nỗ lực, GTCC vẫn chưa đủ sức đáp ứng hoàn toàn nhu cầu di chuyển của một bộ phận

lớn dân cư, đặc biệt ở các vùng ngoại ô hoặc đối với các chuyến đi không theo lộ trình cố định. Việc quản lý chất thải pin xe điện trong tương lai cũng là một thách thức tiềm ẩn.

Bài học kinh nghiệm: Việt Nam có thể tham khảo cách Trung Quốc đầu tư quy mô lớn và tốc độ cao vào hạ tầng GTCC. Đồng thời, việc học tập các chính sách hỗ trợ mạnh mẽ cho điện hóa phương tiện (từ xe buýt, taxi đến xe máy điện) và phát triển công nghiệp sản xuất xe điện nội địa là một hướng đi chiến lược.

2.4. Hàn Quốc: Giao thông thông minh và ứng dụng công nghệ cao

Quy hoạch đã thực hiện: Seoul, Hàn Quốc, là một đô thị thông minh hàng đầu, áp dụng công nghệ cao để quản lý giao thông và giảm phát thải. Hệ thống GTCC tích hợp của Seoul, với thẻ T-money đa năng sử dụng cho metro, xe buýt và taxi, cùng với hệ thống thông tin giao thông thời gian thực, giúp người dân lên kế hoạch di chuyển hiệu quả. Hàn Quốc cũng đẩy mạnh nghiên cứu và phát triển xe hydro và các giải pháp giao thông chia sẻ thông minh như xe đạp công cộng hiện quả (ví dụ: Seoul Bike - 파랑이). Các trung tâm điều hành giao thông sử dụng dữ liệu lớn và AI để tối ưu hóa luồng xe, giảm thiểu tắc nghẽn.

Thành công: Việc ứng dụng công nghệ đã nâng cao đáng kể hiệu quả và tiện lợi của hệ thống GTCC, khuyến khích người dân sử dụng. Hệ thống thông tin giao thông thời gian thực giúp giảm thời gian di chuyển và tắc nghẽn. Thành công trong việc tích hợp nhiều dịch vụ thông qua một thẻ duy nhất đã mang lại sự tiện lợi vượt trội cho người dân.

Hạn chế: Mặc dù có công nghệ tiên tiến, tỷ lệ sở hữu ô tô cá nhân ở Hàn Quốc vẫn cao và tắc nghẽn vẫn là vấn đề ở Seoul vào giờ cao điểm. Việc phụ thuộc vào dữ liệu và công nghệ đòi hỏi đầu tư lớn vào hạ tầng số và an ninh mạng. Bên cạnh đó, việc thích nghi của người dân với các ứng dụng công nghệ mới cũng cần thời gian và sự hướng dẫn.

Bài học kinh nghiệm: Việt Nam có tiềm năng lớn trong việc ứng dụng công nghệ giao thông thông minh để quản lý luồng xe, cung cấp thông tin GTCC theo thời gian thực, và phát triển các ứng dụng di động cho giao thông đô thị. Việc tích hợp các loại hình giao thông và tạo ra sự tiện lợi cho người dùng thông qua công nghệ là điều cần học hỏi.

2.5. Thái Lan: Đối mặt thách thức và từng bước chuyển đổi

Quy hoạch đã thực hiện: Bangkok, thủ đô Thái Lan, đã và đang phát triển mạnh mẽ hệ thống **đường sắt đô thị** để giảm tải cho đường bộ. Các tuyến đường sắt này ngày càng được mở rộng, kết nối các khu vực trung tâm với các vùng ngoại ô. Chính phủ và khu vực tư nhân cũng đang khuyến khích việc sử dụng xe điện hai bánh (xe máy điện) và ô tô điện thông qua các chính sách ưu đãi về thuế, giảm phí đăng ký và đầu tư vào hạ tầng sạc công cộng. Một số dự án thí điểm xe buýt điện cũng đang được triển khai.

Thành công: Việc mở rộng hệ thống đường sắt đô thị đã giúp một bộ phận lớn dân cư thoát khỏi tắc nghẽn giao thông kinh niên ở Bangkok, giảm thời gian di chuyển và góp phần giảm phát thải. Các chính sách khuyến khích xe điện đang dần tạo ra sự chuyển dịch trong thị trường phương tiện cá nhân, đặc biệt là xe máy điện, vốn rất phổ biến ở Thái Lan.

Hạn chế: Bangkok vẫn là một trong những thành phố tắc nghẽn và ô nhiễm nhất thế giới, chủ yếu do sự gia tăng nhanh chóng của xe cá nhân, đặc biệt là xe máy. Hạ tầng cho đi bộ và xe đạp còn rất hạn chế, thiếu an toàn và không khuyến khích người dân sử dụng các phương tiện này. Việc thực hiện các chính sách về GTCC và hạn chế xe cá nhân gặp nhiều khó khăn do thói quen và văn hóa giao thông. Công tác quy hoạch chưa đồng bộ với thực trạng phát triển.

Bài học kinh nghiệm: Thái Lan có nhiều điểm tương đồng với Việt Nam về văn hóa giao thông và thách thức đô thị. Việt Nam có thể học cách Thái Lan mở rộng GTCC (đường sắt đô thị) và khuyến khích điện hóa các phương tiện cá nhân phổ biến (ví dụ: xe máy điện) và có các giải pháp mạnh mẽ hơn để quản lý và hạn chế xe cá nhân từ sớm.

Bảng 1. Tổng hợp kinh nghiệm quốc tế về quy hoạch GTĐT gắn với môi trường

Quốc gia	Quy hoạch đã thực hiện chính	Thành công nổi bật	Hạn chế/ Thách thức	Điều kiện áp dụng cho Việt Nam	Bài học kinh nghiệm cho Việt Nam
Đức	GTCC tích hợp; đô thị nén; làn xe đạp riêng; khu vực phát thải thấp; công nghệ xe điện/hydro.	GTCC tiện lợi, giảm xe cá nhân tại các thành phố mẫu (Freiburg); cải thiện chất lượng không khí; đi đầu công nghệ xanh.	Tỷ lệ ô tô cá nhân còn cao; chi phí chuyển đổi năng lượng lớn; phân đôi chính sách hạn chế.	- Nguồn lực đầu tư lớn cho hạ tầng GTCC và công nghệ. - Ý thức cộng đồng cao về môi trường và giao thông bền vững. - Khả năng quy hoạch tổng thể và quản lý chặt chẽ.	Quy hoạch tích hợp GTCC; đầu tư dài hạn hạ tầng xanh; ứng dụng công nghệ sạch; kiểm soát phát thải từ khu vực.
Nhật Bản	GTCC đường sắt siêu hiệu quả; Quy hoạch TOD (phát triển xung quanh nhà ga).	Vận chuyển khối lượng lớn người dân hiệu quả; giảm tắc nghẽn và phát thải; tạo đô thị sống động, bền vững; độ tin cậy cao.	Ô nhiễm tiếng ồn/khí thải từ xe còn lại; quản lý bãi đỗ xe; chưa điện hóa hoàn toàn phương tiện đường bộ.	- Đầu tư lớn vào đường sắt đô thị. - Khả năng phối hợp quy hoạch sử dụng đất và giao thông. - Tính kỷ luật trong vận hành và sử dụng GTCC.	GTCC làm nền tảng; áp dụng Quy hoạch TOD triệt để; nâng cao chất lượng dịch vụ GTCC.
Trung Quốc	Đầu tư GTCC quy mô khổng lồ (metro); điện hóa phương tiện hàng đầu thế giới (xe buýt, taxi).	Giảm tải cho đường bộ; giảm đáng kể ô nhiễm không khí cục bộ; phát triển công nghiệp xe điện nội địa mạnh mẽ.	Áp lực ô nhiễm/tắc nghẽn do đô thị hóa nhanh; GTCC chưa đáp ứng đủ; thách thức quản lý pin thải.	- Nguồn lực tài chính khổng lồ cho đầu tư hạ tầng. - Khả năng triển khai nhanh các dự án lớn - Chính sách hỗ trợ công nghiệp xe điện.	Đầu tư quy mô lớn và nhanh chóng vào GTCC; chính sách hỗ trợ mạnh mẽ cho điện hóa; phát triển công nghệ nội địa.
Hàn Quốc	Giao thông thông minh (ITS); GTCC tích hợp (thẻ T-money); phát triển xe hydro, xe chia sẻ (xe đạp công cộng).	Nâng cao hiệu quả GTCC và tiện lợi; giảm thời gian di chuyển, tắc nghẽn; ứng dụng công nghệ cao trong quản lý.	Tỷ lệ ô tô cá nhân vẫn cao; chi phí đầu tư/duy trì hạ tầng công nghệ; thách thức thích nghi của người dân.	- Hạ tầng ICT phát triển mạnh mẽ. - Nguồn nhân lực công nghệ cao. - Khả năng thu thập và phân tích dữ liệu lớn để ra quyết định.	Ứng dụng công nghệ thông minh; tích hợp và tiện lợi GTCC; khuyến khích xe chia sẻ.
Thái Lan	Phát triển đường sắt đô thị; khuyến khích xe điện hai bánh/ô tô điện (ưu đãi thuế, hạ tầng sạc).	Giảm tắc nghẽn khu vực; dẫn chuyển dịch thị trường xe điện (đặc biệt xe máy điện); giảm ô nhiễm cục bộ.	Tắc nghẽn và ô nhiễm nặng; hạ tầng đi bộ/xe đạp hạn chế; văn hóa phụ thuộc xe máy; quy hoạch chưa đồng bộ.	- Khả năng huy động vốn cho dự án đường sắt đô thị. - Chính sách khuyến khích rõ ràng cho phương tiện điện (đặc biệt xe máy điện). - Đổi mới trực tiếp với vấn đề xe máy cá nhân và sự thiếu hụt hạ tầng phi cơ giới.	Đầu tư GTCC là ưu tiên; điện hóa phương tiện có chọn lọc; giải quyết tắc nghẽn từ gốc rễ; đồng bộ hạ tầng.

Nguồn. Tổng hợp và phân tích của tác giả

3. NHỮNG THÁCH THỨC VÀ GIẢI PHÁP QUY HOẠCH PHÁT TRIỂN GTĐT TẠI VIỆT NAM

3.1. Những thách thức với đô thị lớn Việt Nam

Các đô thị lớn của Việt Nam như Hà Nội và TP.HCM đang phải đối mặt với nhiều thách thức cấp bách, ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sống và môi trường, đặc biệt là trong lĩnh vực GTĐT:

Tắc nghẽn giao thông kinh niên: Đây là vấn đề dai dẳng và nan giải nhất, gây lãng phí hàng triệu giờ lao động, tiêu tốn nhiên liệu và tăng đáng kể lượng khí thải. Nguyên nhân cốt lõi nằm ở sự gia tăng **quá nhanh không kiểm soát được phương tiện cá nhân** (đặc biệt là xe máy và ô tô) trong khi hệ thống GTCC còn yếu kém, chưa đủ sức hấp dẫn và chưa đáp ứng được nhu cầu di chuyển của đại đa số người dân. Các nút giao thông không được tối ưu, hạ tầng đường bộ chưa đồng bộ càng làm trầm trọng thêm tình hình. Thực tiễn tại Hà Nội, vào giờ cao điểm, các tuyến đường huyết mạch như Vành đai 3 (đoạn Nguyễn Xiển - Khuất Duy Tiến), đường Giải Phóng, hay khu vực Ngã Tư Sở thường xuyên ùn tắc nghiêm trọng, kéo dài hàng giờ đồng hồ, ảnh hưởng lớn đến thời gian di chuyển và hoạt động kinh tế.

Ô nhiễm môi trường ở mức báo động: Về ô nhiễm không khí, phát thải từ hàng triệu phương tiện giao thông, kết hợp với hoạt động công nghiệp và xây dựng, đã đẩy nồng độ bụi mịn (PM2.5) lên mức nguy hại, gây ra các vấn đề sức khỏe nghiêm trọng cho cư dân đô thị. Thực tiễn tại Hà Nội và TP.HCM, chất lượng không khí ở cả hai thành phố thường xuyên nằm trong nhóm các thành phố ô nhiễm nhất thế giới theo các chỉ số AQI của các tổ chức quốc tế như AirVisual (IQAir). Đặc biệt vào mùa hanh khô (Hà Nội) hoặc mùa khô (TP.HCM), lượng bụi mịn PM2.5 vượt ngưỡng cho phép nhiều lần, gây ra các bệnh về hô hấp cho người dân. Lượng lớn xe máy cũ kỹ, xe tải hoạt động liên tục là nguồn phát thải bụi mịn và khí độc hại chính; Về ô nhiễm tiếng ồn, mật độ giao thông cao, còi xe và tiếng ồn từ công trường xây dựng tạo ra môi trường sống ồn ào, ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe thể chất và tinh thần của

người dân. Thực tiễn tại Hà Nội và TP.HCM, khu vực trung tâm các thành phố lớn, đặc biệt là các tuyến đường có mật độ giao thông cao như Trần Duy Hưng, Cầu Giấy (Hà Nội) hay Nam Kỳ Khởi Nghĩa, Võ Thị Sáu (TP.HCM) thường xuyên chịu đựng mức độ tiếng ồn vượt quá tiêu chuẩn cho phép do tiếng còi xe, tiếng động cơ và hoạt động thi công các dự án hạ tầng; Về quản lý chất thải từ phương tiện cũ, vấn đề xử lý pin xe điện khi hết tuổi thọ hoặc các phương tiện cũ thải loại chưa có quy trình rõ ràng, tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm đất và nước. Thực tiễn tại Việt Nam, lượng xe máy cũ, đã hết niên hạn sử dụng nhưng vẫn lưu thông hoặc bị thải bỏ không đúng cách còn rất lớn ở Việt Nam, gây khó khăn cho việc quản lý chất thải nguy hại từ dầu nhớt, ắc quy. Mặc dù xe điện đang phát triển, nhưng chưa có một hệ thống thu gom và tái chế pin xe điện quy mô lớn và hiệu quả, tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm môi trường đất và nước trong tương lai.

Hạ tầng kỹ thuật không theo kịp tốc độ phát triển: Một là ngập úng đô thị thường xuyên, hệ thống thoát nước lạc hậu, không được nâng cấp tương xứng với tốc độ đô thị hóa và lượng bê tông hóa ngày càng tăng, kết hợp với tác động của biến đổi khí hậu, dẫn đến tình trạng ngập lụt nghiêm trọng mỗi khi có mưa lớn. Thực tiễn tại Hà Nội, các tuyến phố như Đội Cấn, Thụy Khuê, phố Tạ Hiện (khu vực phố cổ) thường xuyên ngập sâu sau những trận mưa lớn, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sinh hoạt và kinh doanh của người dân; Hai là thiếu không gian xanh và công cộng, nhiều đô thị phát triển theo hướng "bê tông hóa" với mật độ xây dựng cao, thiếu quy hoạch mảng xanh, công viên, quảng trường. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến môi trường vì khí hậu mà còn làm giảm không gian vui chơi, giải trí và tương tác cộng đồng.

Phát triển đô thị dàn trải và thiếu đồng bộ: Tình trạng "quy hoạch treo", phát triển đô thị tự phát, và thiếu liên kết hạ tầng giữa các khu đô thị mới với khu vực hiện hữu gây lãng phí tài nguyên đất, kéo dài quãng đường di chuyển và gây khó khăn trong quản lý tổng thể.

Thực tiễn tại TP.HCM, các dự án khu dân cư ở Bình Chánh, Hóc Môn phát triển tự phát hoặc theo quy hoạch cục bộ, thiếu kết nối đồng bộ với mạng lưới giao thông chính của thành phố, dẫn đến tình trạng quá tải cục bộ trên các tuyến đường cửa ngõ.

Hạn chế trong năng lực quản lý và thực thi quy hoạch: Khung pháp lý về quy hoạch đôi khi còn chồng chéo, chưa đủ mạnh hoặc thiếu sự đồng bộ giữa các ngành, các cấp. Công tác phối hợp giữa các cơ quan chức năng chưa thực sự hiệu quả, dẫn đến việc thực thi quy hoạch thiếu triệt để, thậm chí bị phá vỡ. Thực tiễn tại Hà Nội và TP.HCM, tình trạng lấn chiếm vỉa hè, lòng đường để kinh doanh buôn bán vẫn diễn ra phổ biến mặc dù có các chiến dịch dẹp bỏ, gây cản trở giao thông và mất mỹ quan đô thị. Sự thiếu phối hợp giữa các sở ban ngành trong việc triển khai dự án hạ tầng cũng dẫn đến tình trạng "đào đường lên rồi lấp lại" hoặc chậm tiến độ, gây bức xúc trong dư luận.

3.2. Những giải pháp quy hoạch phát triển giao thông tại đô thị lớn Việt Nam

Để giải quyết những vấn đề trên, công tác quy hoạch giao thông đô thị ở Việt Nam cần có những cải cách mạnh mẽ và đồng bộ, thống nhất lâu dài hướng tới sự phát triển bền vững dựa trên các nguyên tắc quốc tế và điều kiện thực tiễn:

3.2.1. Ưu tiên phát triển và nâng cao chất lượng GTCC

○ **Hoàn thiện mạng lưới và nâng cao chất lượng:** Đẩy nhanh tiến độ các dự án đường sắt đô thị (metro), phát triển và điện hóa các tuyến xe buýt nhanh (BRT), xe buýt thường để GTCC thực sự là lựa chọn tối ưu. Thực tiễn tại Hà Nội, tập trung khai thác hiệu quả tuyến metro **Cát Linh - Hà Đông** đã đi vào vận hành, đẩy nhanh tiến độ và sớm đưa vào khai thác thương mại đoạn trên cao của tuyến **Nhổn - Ga Hà Nội**. Mở rộng và nâng cao chất lượng các tuyến xe buýt điện VinBus, tăng tần suất và tính đúng giờ.

○ **Tích hợp đa phương thức:** Xây dựng hệ thống vé chung, thông tin tích hợp và các điểm trung chuyển thuận tiện để người dân dễ dàng chuyển đổi giữa các loại hình GTCC. Nhằm tạo sự hấp dẫn của vận tải hành khách công cộng đối với người dân đô thị.

3.2.2. Áp dụng triệt để quy hoạch định hướng phát triển giao thông công cộng (TOD - Transit-Oriented Development)

○ **Phát triển đô thị xung quanh nhà ga:** Quy hoạch các khu đô thị mới và chỉnh trang khu dân cư hiện hữu theo hướng đa chức năng (nhà ở, văn phòng, thương mại, dịch vụ, giải trí) với mật độ phù hợp xung quanh các nhà ga GTCC. Điều này giúp giảm quãng đường di chuyển và khuyến khích đi bộ, sử dụng GTCC. Thực tiễn tại TP.HCM, khu vực dọc tuyến metro số 1 (phường Thủ Đức) cần được quy hoạch phát triển đô thị nén, tích hợp các dịch vụ thương mại, văn phòng, nhà ở để tạo thành các trung tâm vệ tinh, giảm tải cho khu vực trung tâm hiện hữu.

○ **Kết nối chặng cuối (Last-mile connectivity):** Phát triển hạ tầng và dịch vụ cho phương tiện siêu nhỏ (micromobility) như xe đạp điện, xe máy điện, hệ thống xe đạp công cộng để kết nối hiệu quả từ nhà dân đến các trạm GTCC.

3.2.3. Khuyến khích giao thông phi cơ giới và tạo không gian xanh

○ **Đầu tư hạ tầng cho đi bộ và xe đạp:** Xây dựng vỉa hè rộng rãi, an toàn, có bóng mát và làn đường riêng cho xe đạp. Tạo các tuyến đường dành riêng cho xe đạp kết nối các khu vực quan trọng.

○ **Mở rộng không gian xanh và công cộng:** Quy hoạch bổ sung công viên, hồ điều hòa, dải cây xanh dọc các tuyến đường, tạo ra các khu vực đi bộ (phố đi bộ) và quảng trường, giúp cải thiện chất lượng không khí và tăng cường không gian sống.

3.2.4. Điện hóa phương tiện và kiểm soát khí thải

○ **Chuyển đổi phương tiện giao thông:** Có lộ trình rõ ràng và chính sách hỗ trợ (trợ giá, ưu đãi thuế, phát triển hạ tầng sạc) để khuyến khích chuyển đổi sang xe điện (ô tô điện, xe máy điện, xe buýt điện). Đẩy mạnh việc thay thế toàn bộ đội xe buýt và taxi chạy xăng/dầu bằng xe điện, tiếp nối thành công ban đầu của VinBus.

○ **Kiểm soát khí thải:** Ban hành và thực thi các tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt cho phương tiện hiện có, và có kế hoạch loại bỏ dần các phương tiện quá cũ, gây ô nhiễm.

3.2.5. Ứng dụng công nghệ thông minh trong quản lý giao thông

○ **Hệ thống giao thông thông minh (ITS):** Triển khai hệ thống đèn tín hiệu giao thông thông minh, quản lý luồng giao thông theo thời gian thực, và cung cấp thông tin tắc đường, lộ trình tối ưu và vị trí GTCC theo thời gian thực một cách chính xác và kịp thời qua ứng dụng di động để giảm ùn tắc (ví dụ như Google Maps, các ứng dụng của Sở Giao thông vận tải).

○ **Quản lý đỗ xe thông minh:** Phát triển các giải pháp đỗ xe thông minh để giảm thời gian tìm kiếm chỗ đỗ, từ đó giảm lưu lượng xe đi lại không cần thiết.

3.2.6. Hoàn thiện khung pháp lý và nâng cao năng lực thực thi

○ **Rà soát và đồng bộ hóa pháp luật:** Điều chỉnh các quy định chồng chéo, tạo hành lang pháp lý minh bạch và thống nhất cho công tác quy hoạch, đầu tư và quản lý giao thông đô thị.

○ **Nâng cao năng lực cán bộ:** Đào tạo, bồi dưỡng đội ngũ chuyên gia về quy hoạch và quản lý GTĐT có kiến thức chuyên sâu và tầm nhìn bền vững.

○ **Thực hiện quy hoạch có sự tham gia:** Lấy ý kiến rộng rãi từ cộng đồng, doanh nghiệp để quy hoạch sát với thực tiễn và nhận được sự đồng thuận.

○ **Kiên quyết thực thi quy hoạch:** Đảm bảo các quy hoạch đã được phê duyệt được triển khai đúng tiến độ, tránh tình trạng "quy hoạch treo" hoặc điều chỉnh tùy tiện vì lợi ích nhóm.

4. KẾT LUẬN

Quy hoạch và phát triển GTĐT bền vững là một mục tiêu phức tạp và dài hạn, đòi hỏi một cách tiếp cận đa chiều và toàn diện. Từ kinh nghiệm quốc tế, chúng ta thấy rõ tầm quan trọng của việc đặt GTCC làm trọng tâm, song hành với quy hoạch đô thị nén và phát triển theo định hướng TOD. Cùng với chính sách mạnh mẽ khuyến khích điện hóa phương tiện và ứng dụng công nghệ thông minh, là những yếu tố then chốt dẫn đến thành công.

Đối với Việt Nam, việc áp dụng linh hoạt các bài học từ Đức, Pháp, Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc và Thái Lan, kết hợp với điều kiện đặc thù về văn hóa, kinh tế và xã hội, sẽ giúp các đô thị Việt Nam chuyển mình mạnh mẽ. Một hệ thống quy hoạch giao thông hiệu quả, bền vững không chỉ cải thiện môi trường sống mà còn là động lực quan trọng cho sự phát triển kinh tế - xã hội, hướng tới một tương lai đô thị xanh, thông minh và đáng sống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Xây dựng. (2020). Báo cáo hiện trạng phát triển đô thị Việt Nam.
- [2]. Guo, H., Chen, X., & Zhang, Y. (2020). Electric bus deployment and its environmental benefits in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 84, 102377.
- [3]. ITF (International Transport Forum). (2017). *ITF Transport Outlook 2017*. OECD Publishing.
- [4]. Lee, J. S., Lee, Y. M., & Kim, Y. H. (2021). The effects of smart city strategies on sustainable urban transportation: The case of Seoul, South Korea. *Cities*, 114, 103233.
- [5]. Nakamura, T., & Konoshima, S. (2018). Tokyo's Transit-Oriented Development. *Urban Planning International*, 33(2), 53-58.
- [6]. NESDC (National Economic and Social Development Council). (2021). *The 13th National Economic and Social Development Plan (2023-2027)*. Thailand.
- [7]. Nguyễn, T. A., & Lê, M. H. (2023). Thực trạng và thách thức của giao thông đô thị tại Việt Nam. *Tạp chí Quy hoạch Xây dựng*, 12, 45-52.
- [8]. Ricard, M. (2019). Paris's transformation: From car-centric to pedestrian-friendly. *Journal of Urban Design*, 24(4), 517-531.
- [9]. Schade, W., & Krcmar, M. (2020). The German transport sector and its contribution to climate change mitigation. *Energy Policy*, 137, 111166.

Hiệu quả của công nghệ vật liệu trong quản lý xây dựng hệ thống thoát nước theo định hướng đô thị xanh

The Effectiveness of Material technology in Managing the Construction of drainage systems aligned with Green urban development

> LÊ THỊ MAI HƯƠNG¹, TẠ VĂN PHẤN²

¹Trường Đại học Thủy lợi; Email: lemai.huong1811@tlu.edu.vn

²Trường Đại học Thủy lợi; Email: Tavanphan@gmail.com

TÓM TẮT

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng ở Việt Nam và nhiều quốc gia, ngập úng đô thị ngày càng nghiêm trọng. Nguyên nhân chính là do gia tăng dòng chảy mặt, suy giảm diện tích thấm nước tự nhiên và hệ thống thoát nước đô thị quá tải. Đô thị xanh đang trở thành hướng đi bền vững, trong đó hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là hệ thống thoát nước, cần được tái cấu trúc bằng các vật liệu mới và thân thiện môi trường.

Bài viết tập trung nghiên cứu hiệu quả của một số vật liệu xây dựng tiêu biểu đang được ứng dụng trong các giải pháp thoát nước theo định hướng đô thị xanh, bao gồm: bê tông thấm nước, gạch sinh thái, gạch xốp, màng địa kỹ thuật, vật liệu lọc tự nhiên, vật liệu tái chế và đất sinh học.

Thông qua phân tích đặc tính kỹ thuật, khả năng ứng dụng và hiệu quả thực tiễn ở Việt Nam và thế giới, bài báo làm rõ vai trò của vật liệu trong việc cải thiện khả năng thoát nước, giảm ngập úng, và nâng cao tính bền vững, thích ứng với biến đổi khí hậu. Nghiên cứu cũng chỉ ra các rào cản hiện hữu trong việc ứng dụng rộng rãi các loại vật liệu này. Từ đó đề xuất khuyến nghị về chính sách hỗ trợ, tiêu chuẩn kỹ thuật, định hướng phát triển trong tương lai.

Từ khóa: Hạ tầng xanh, thoát nước đô thị, bê tông thấm, gạch sinh thái, vật liệu tái chế, đô thị bền vững, đô thị xanh, biến đổi khí hậu.

ABSTRACT

In the context of rapid urbanization in Vietnam and many countries around the world, the problem of urban flooding is becoming increasingly serious due to increased surface runoff, reduced natural water permeability and overloaded drainage infrastructure. Green urban areas have emerged as a sustainable development orientation, in which technical infrastructure, especially drainage systems, need to be restructured with the support of new, environmentally friendly materials. This article studies the effectiveness of some typical construction materials being applied in drainage solutions towards green urban areas, including: permeable concrete, eco-bricks, porous bricks, geomembranes, natural filter materials, recycled materials and bio-soil. Through an analysis of technical characteristics, applicability and effectiveness in practice in Vietnam and the world, the article clarifies the role of materials in improving drainage capacity, minimizing flooding, enhancing sustainability and adapting to climate change. In addition, the study also points out current barriers to the widespread application of these materials, thereby providing recommendations on policies, technical standards and future development directions.

Keywords: Green infrastructure, urban drainage, permeable concrete, eco-bricks; recycled materials, sustainable urban areas, green cities, climate change.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tượng ngập úng đô thị đang ngày càng phổ biến tại nhiều thành phố ở Việt Nam, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu, mưa lớn cục bộ và tốc độ đô thị hóa gia tăng nhanh chóng. Nhiều hệ thống thoát nước truyền thống không còn đáp ứng đủ năng lực tiếp nhận và tiêu thoát nước mưa, dẫn đến hậu quả nghiêm trọng về kinh tế, xã hội và môi trường. Theo Báo cáo của Bộ Xây dựng, tỷ lệ

các đô thị có hệ thống thoát nước đạt yêu cầu chỉ chiếm khoảng 30%, trong khi diện tích bê tông hóa không thấm nước vẫn tiếp tục tăng [1]. Trong khi đó, xu hướng phát triển đô thị bền vững và thích ứng với khí hậu đang đặt ra yêu cầu cấp thiết đối với việc xây dựng các hệ thống hạ tầng xanh, trong đó hệ thống thoát nước là một thành phần then chốt. Một trong những hướng tiếp cận hiệu quả là ứng dụng các vật liệu thân thiện môi trường, có khả năng hỗ trợ quá

trình thấm, lưu trữ, lọc nước và giảm tải cho hệ thống cống ngầm. Các loại vật liệu như bê tông thấm nước, gạch sinh thái, màng địa kỹ thuật, đất sinh học và vật liệu tái chế đã được chứng minh là mang lại hiệu quả trong nhiều mô hình thoát nước đô thị xanh tại các quốc gia phát triển như Hoa Kỳ, Đức, Nhật Bản [2][3]. Tuy nhiên, tại Việt Nam, việc nghiên cứu, ứng dụng và đánh giá hiệu quả của các loại vật liệu này trong thực tiễn còn nhiều hạn chế. Thiếu các tiêu chuẩn kỹ thuật cụ thể, chi phí cao, năng lực thi công và nhận thức cộng đồng chưa đầy đủ là những rào cản đáng kể trong việc mở rộng áp dụng. Do đó, việc tổng hợp, phân tích hiệu quả kỹ thuật và môi trường của các vật liệu tiêu biểu trong lĩnh vực thoát nước đô thị xanh là cần thiết, góp phần xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn cho định hướng phát triển đô thị xanh tại Việt Nam. Bài viết này nhằm mục tiêu: (i) phân tích hiệu quả kỹ thuật và môi trường của các loại vật liệu đang được ứng dụng trong hạ tầng thoát nước đô thị xanh; (ii) đánh giá khả năng áp dụng thực tiễn tại Việt Nam và so sánh với các mô hình quốc tế; (iii) đề xuất các giải pháp thúc đẩy sử dụng vật liệu xanh trong hệ thống thoát nước hướng đến đô thị phát triển bền vững.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ CÁC KHÁI NIỆM LIÊN QUAN

2.1. Đô thị xanh và hệ thống hạ tầng thoát nước

Đô thị xanh là mô hình phát triển đô thị tích hợp các yếu tố tự nhiên, công nghệ, và quy hoạch để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng tài nguyên, giảm thiểu phát thải và thích ứng với biến đổi khí hậu. Một trong những yếu tố trọng tâm của đô thị xanh là xây dựng hệ thống hạ tầng xanh, bao gồm các thành phần như mái xanh, vườn mưa, hồ sinh thái, công viên thấm nước và hệ thống thoát nước bền vững (Sustainable Drainage Systems - SuDS) [4]. Trong đó, hệ thống thoát nước đô thị xanh không chỉ đơn thuần làm nhiệm vụ tiêu thoát nước mưa như hệ thống cống ngầm truyền thống mà còn kết hợp nhiều chức năng: giữ nước - thấm nước - lọc nước - tái sử dụng nước mưa, đồng thời cải thiện vi khí hậu và tạo cảnh quan đô thị. Đặc trưng của hệ thống này là sử dụng vật liệu thấm nước, vật liệu lọc sinh học, vật liệu tái chế và các giải pháp tích hợp cây xanh, hồ điều hòa và không gian mở [5].

2.2. Vai trò của vật liệu trong hệ thống thoát nước đô thị xanh

Khác với hệ thống thoát nước truyền thống vốn phụ thuộc vào cống ngầm, hệ thống thoát nước đô thị xanh tận dụng khả năng tự nhiên và bán tự nhiên để xử lý và điều tiết dòng chảy mặt. Trong đó, vật liệu đóng vai trò cốt lõi, quyết định đến khả năng vận hành hiệu quả và tính bền vững của hệ thống. Các nhóm vật liệu thường được sử dụng bao gồm:

- Vật liệu thấm nước: giúp nước mưa thấm qua bề mặt thay vì chảy tràn, làm giảm lưu lượng đỉnh và tăng khả năng bổ cập nước ngầm.
- Vật liệu lọc sinh học: giúp loại bỏ tạp chất, cặn bẩn và kim loại nặng trước khi nước thấm xuống đất hoặc được tái sử dụng.
- Vật liệu tái chế: giúp giảm phát thải carbon, tiết kiệm tài nguyên và thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn.
- Vật liệu hỗ trợ cây xanh: giúp duy trì độ ẩm, hỗ trợ sinh trưởng cây cối trong các hệ thống mái xanh, bồn cây mưa... Sự kết hợp giữa các loại vật liệu này không chỉ nâng cao hiệu quả thoát nước mà còn đóng góp vào các mục tiêu về thích ứng biến đổi khí hậu, bảo vệ tài nguyên nước và cải thiện môi trường đô thị [6][7].

2.3. Các nguyên lý kỹ thuật liên quan

Một số nguyên lý kỹ thuật cơ bản cần được xem xét trong việc lựa chọn và ứng dụng vật liệu bao gồm:

- Nguyên lý thấm nước (permeability): Tỷ lệ nước mưa có thể đi qua bề mặt vật liệu, thường đo bằng mm/giờ.

- Nguyên lý lọc nước (filtration efficiency): Khả năng giữ lại các chất ô nhiễm, bùn cát, dầu mỡ trong dòng chảy mặt.
- Khả năng chịu tải (load bearing capacity): Quan trọng với các vật liệu lát đường, bãi đỗ xe, vỉa hè.
- Tuổi thọ và khả năng duy tu bảo dưỡng: Vật liệu sử dụng cần bền vững, ít cần bảo trì hoặc có thể dễ dàng thay thế từng phần.
- Tác động môi trường vòng đời (LCA - Life Cycle Assessment): Đánh giá từ khâu sản xuất, sử dụng đến xử lý thải bỏ cuối vòng đời. Việc nghiên cứu các đặc tính vật liệu cần dựa trên cả yếu tố kỹ thuật lẫn yếu tố môi trường - xã hội nhằm đảm bảo lựa chọn tối ưu cho từng điều kiện cụ thể [8].

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tiếp cận đa phương pháp (mixed methods) để đảm bảo tính toàn diện và khách quan trong việc đánh giá hiệu quả của các loại vật liệu tiêu biểu được ứng dụng trong hạ tầng thoát nước theo định hướng đô thị xanh. Cụ thể, các phương pháp được sử dụng bao gồm:

3.1. Phân tích tài liệu (Documentary Analysis): Phương pháp này được sử dụng để tổng hợp các nghiên cứu, báo cáo khoa học, tiêu chuẩn kỹ thuật và tài liệu thực tiễn trong nước và quốc tế có liên quan đến:

- Đặc tính kỹ thuật của các loại vật liệu xanh sử dụng trong thoát nước đô thị.
- Các mô hình đô thị xanh và hệ thống SuDS tại các quốc gia như Hoa Kỳ, Đức, Nhật Bản, Singapore, Trung Quốc.

3.2. Phương pháp định tính (Qualitative Analysis): Phương pháp này được áp dụng để phân tích các yếu tố phi định lượng như:

- Nhận thức của cộng đồng, chính quyền địa phương, nhà đầu tư về vai trò vật liệu trong thoát nước đô thị bền vững.
- Phân tích chính sách, cơ chế hỗ trợ hoặc rào cản trong việc ứng dụng vật liệu mới trong xây dựng hạ tầng xanh.
- Khả năng tương thích của vật liệu với điều kiện khí hậu, địa chất và tập quán xây dựng tại Việt Nam. Nguồn thông tin được thu thập thông qua phỏng vấn sâu với chuyên gia trong lĩnh vực xây dựng, thoát nước và môi trường đô thị tại Học viện Khoa học Môi trường, Viện Kỹ thuật Xây dựng và một số doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực sản xuất vật liệu xanh [9].

3.3. Phân tích ví dụ điển hình (Case Studies): Phần này tập trung vào một số mô hình điển hình về ứng dụng vật liệu xanh trong thoát nước đô thị.

4. HIỆU QUẢ CỦA TỪNG LOẠI VẬT LIỆU TIÊU BIỂU

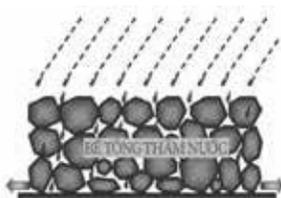
Các vật liệu được sử dụng trong hạ tầng thoát nước theo định hướng đô thị xanh có thể được phân loại theo hai nhóm chính: (1) theo chức năng kỹ thuật (thấm nước, lọc nước, tái chế, hỗ trợ cây xanh), và (2) theo loại vật liệu cụ thể. Bảng dưới đây trình bày mối liên hệ giữa các chức năng và loại vật liệu, đồng thời phân tích chi tiết hiệu quả kỹ thuật và môi trường của từng loại vật liệu tiêu biểu.

Loại vật liệu	Chức năng chính	Hiệu quả kỹ thuật	Ghi chú
Bê tông thấm nước	Thấm nước	Tăng cường khả năng thấm, giảm dòng chảy mặt lên đến 70-90%	Thích hợp cho vỉa hè, bãi đỗ xe
Gạch sinh thái	Thấm và hỗ trợ cây xanh	Giảm nhiệt độ bề mặt, tạo điều kiện thấm nước, lọc cặn	Ứng dụng phổ biến ở vỉa hè, sân vườn
Gạch xốp (AAC)	Giảm tải trọng, cách nhiệt, hỗ trợ thoát nước	Tỷ trọng nhẹ, không thấm nước, bền	Chủ yếu dùng làm tường bao, mái xanh

Màng địa kỹ thuật	Lọc nước và gia cố	Ngăn xói mòn, hỗ trợ lọc cặn và bùn	Ứng dụng trong mương sinh học, hồ điều hòa
Sỏi - cát - than hoạt tính	Lọc nước	Loại bỏ kim loại nặng, tạp chất hữu cơ	Thường dùng trong bồn cây mưa, hệ thống lọc sinh học
Nhựa/cao su tái chế	Thoát nước + tái chế	Giảm tải cho hệ thống thoát nước, chống trượt	Ứng dụng trong gạch lát, tấm phủ mái
Đất sinh học (bio-soil)	Thấm + giữ nước + hỗ trợ sinh học	Giữ ẩm, lọc nước, nuôi cây xanh	Quan trọng trong vườn mưa, mái xanh

4.1. Bê tông thấm nước

Bê tông thấm nước là loại bê tông được sản xuất có lỗ rỗng dạng tổ ong giữa các hạt cốt liệu. Các khoảng rỗng này sẽ có tác dụng tăng cường độ xốp cho mặt đường, là phương pháp độc đáo để giải quyết vấn đề nước sạch trong môi trường và hỗ trợ sự tăng trưởng bền vững. Loại vật liệu này cho phép nước mưa thấm trực tiếp qua bề mặt mà không gây ứ đọng, từ đó giảm tải cho hệ thống thoát nước truyền thống. Ứng dụng hiệu quả trong khu vực giao thông nhẹ như vỉa hè, bãi đỗ xe. Bê tông thấm có khả năng cải thiện khả năng thấm nước lên tới 70-90% [10], đồng thời tăng khả năng bổ cập nước ngầm và giảm hiện tượng ngập cục bộ. Bê tông thấm nước cải thiện đáng kể độ an toàn khi tham gia giao thông khi trời mưa. Khi trời mưa thì với đặc thù thoát nước nhanh, giữ cho bề mặt đường luôn khô ráo, giúp lốp xe bám mặt đường hơn. Mặt đường thông thoáng còn giúp làm giảm chói lóa mắt cho người lái xe vào ban ngày và đêm. Bê tông thấm nước có độ bền rất tốt [11]. Các khu vực bãi đỗ xe sử dụng bê tông thấm nước vào xây dựng sẽ có tuổi thọ lên tới 20 năm, thậm chí là 40 năm với độ hư hỏng rất ít. So với bê tông thông thường thì dùng bê tông thấm nước hạn chế được hơn 50% các vết nứt trên bề mặt [12].



Hình 1. Bê tông thấm nước



4.2. Gạch sinh thái

Gạch sinh thái thường là loại gạch có lỗ, hỗ trợ trồng cỏ, giúp tăng diện tích xanh và hỗ trợ hấp thụ nước mưa tại chỗ. Chúng đồng thời có chức năng lọc sơ bộ các chất ô nhiễm và chống xói mòn bề mặt đất. Gạch sinh thái còn góp phần giảm nhiệt độ mặt đường, tạo mỹ quan đô thị và không gian thân thiện. Gạch thân thiện với môi trường là giải pháp thay thế bền vững cho gạch truyền thống, giúp giảm tác động đến môi trường. Chúng được làm từ vật liệu tái chế như nhựa và tro, thúc đẩy việc tái chế, có tính chất cách nhiệt vượt trội, góp phần tiết kiệm năng lượng trong các tòa nhà [13].



Hình 2. Gạch sinh thái

Có rất nhiều loại vật liệu được sử dụng để sản xuất gạch sinh thái, mỗi loại mang lại những ưu điểm khác nhau có lợi cho cả con người và môi trường.



- Yếu tố tiết kiệm, vì chúng có thể được làm bằng tay bằng vật liệu phế thải hoặc không cần sử dụng, ngoài việc xử lý cho phép tiết kiệm năng lượng so với thông thường [14].

- Chúng cho phép có các đặc tính hoạt động như một chất cách ẩm, nó cũng có nhiệm vụ giảm tiếng ồn và kiểm soát nhiệt độ môi trường (nóng hoặc lạnh).

- Gạch sinh thái nhẹ hơn nhiều so với gạch thông thường, chủ yếu là do chúng giảm thời gian xây dựng và ít công sức của người lao động.

4.3. Gạch xốp (AAC)

Gạch bê tông khí chưng áp (AAC) có đặc tính nhẹ, cách âm, cách nhiệt, và dễ thi công. Dù không thấm nước nhưng loại vật liệu này giúp giảm tải trọng kết cấu, đặc biệt phù hợp trong xây dựng mái xanh hoặc công trình có sàn cần thông thoáng. Với cấu trúc bọt khí, gạch AAC còn giúp điều tiết nhiệt độ môi trường xung quanh.



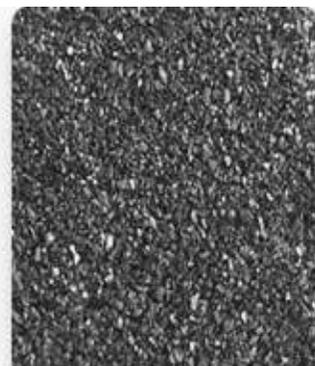
Hình 3. Không gian sống xanh tại dự án Mizuki Park ứng dụng gạch nhẹ AAC

4.4. Màn địa kỹ thuật

Được sử dụng trong các hệ thống lọc nước và chống xói mòn, màn địa kỹ thuật có vai trò duy trì ổn định nền đất, bảo vệ lớp lọc sinh học trong các vườn mưa [15] hoặc hệ thống thoát nước sinh thái. Tùy vào loại (dệt hay không dệt), vật liệu có thể chịu lực tốt hoặc chỉ đơn thuần là lớp lọc.



Hình 4. Màn địa kỹ thuật



Hình 5. Sỏi - than hoạt tính

4.5. Sỏi - cát - than hoạt tính

Là lớp vật liệu tự nhiên giúp lọc nước mưa trước khi ngấm vào đất hoặc chảy vào hồ điều hòa. Than hoạt tính có khả năng hấp phụ các hợp chất hữu cơ và kim loại nặng. Các lớp sỏi và cát giúp lọc sơ cấp, loại bỏ tạp chất lớn [16].

4.6. Nhựa/cao su tái chế

Các vật liệu tái chế như nhựa hoặc cao su được tái sử dụng làm gạch lát hoặc bề mặt thấm nước, có tính đàn hồi tốt, bền và thân thiện với môi trường. Chúng góp phần giảm lượng chất thải rắn, đồng thời cải thiện khả năng thoát nước cục bộ.

4.7. Đất sinh học (bio-soil)

Là hỗn hợp của đất, mùn, sợi hữu cơ và các vật liệu thấm nước, đất sinh học có khả năng giữ nước lâu, tạo môi trường sống cho vi sinh vật và cây xanh. Loại đất này giúp lọc nước tự nhiên, tăng độ ẩm, giảm nhiệt độ bề mặt và hỗ trợ sinh thái đô thị.

5. ỨNG DỤNG THỰC TIỄN TẠI VIỆT NAM VÀ THẾ GIỚI

5.1. Tại Việt Nam

Tại Việt Nam, mô hình đô thị xanh và các giải pháp thoát nước bền vững bước đầu đã được tiếp cận trong một số dự án thí điểm hoặc trong các khu đô thị mới. Dưới đây là một số ví dụ điển hình:

- Khu đô thị Ecopark (Hưng Yên): Là mô hình tiên phong về phát triển đô thị sinh thái, trong đó hệ thống thoát nước sử dụng kết hợp giữa hồ điều hòa tự nhiên, kênh sinh học, và vật liệu thấm nước như gạch sinh thái, bê tông thấm. Tỷ lệ diện tích cây xanh và mặt thoáng cao giúp điều tiết nước mưa hiệu quả.

- Vườn mưa trong công viên Cầu Giấy (Hà Nội): Dự án thí điểm xây dựng vườn mưa sử dụng đất sinh học, cát, sỏi và cây trồng lọc nước để xử lý nước mặt, giảm tải cho hệ thống cống ngầm và cải thiện cảnh quan.

- Khu đô thị Phú Mỹ Hưng (TP.HCM): Hệ thống thoát nước được thiết kế với nhiều mảng xanh, sử dụng gạch sinh thái, ao hồ sinh học nhằm điều tiết mưa và hạn chế úng ngập.

- Chương trình thích ứng biến đổi khí hậu tại Đà Nẵng: Trong khuôn khổ chương trình “Thành phố chống chịu”, Đà Nẵng đã triển khai thử nghiệm các mô hình mái xanh, bề mặt thấm nước, và giếng trời sinh học nhằm giảm áp lực cho hệ thống cống. Mặc dù những mô hình này còn mang tính thử nghiệm, nhưng đã cho thấy tiềm năng trong việc mở rộng áp dụng các vật liệu bền vững và thân thiện với môi trường vào hạ tầng đô thị.

5.2. Trên thế giới

Nhiều quốc gia phát triển và đang phát triển đã ứng dụng rộng rãi các loại vật liệu thoát nước bền vững trong chiến lược đô thị xanh:

- Singapore: Là hình mẫu thành công với chương trình ABC Waters (Active, Beautiful, Clean Waters). Trong đó, các vật liệu như màng địa kỹ thuật, đất sinh học, bê tông thấm, gạch tái chế được dùng trong hệ thống vườn mưa, hồ điều hòa sinh học và công viên nước. Các khu đô thị như Bishan-Ang Mo Kio Park được cải tạo với hệ thống thoát nước tích hợp vật liệu sinh học và kỹ thuật cao [17].

- Hàn Quốc: Tại Seoul, dự án “Cheonggyecheon Stream Restoration” sử dụng hệ thống kênh nước mở với lớp lọc tự nhiên và vật liệu thân thiện môi trường, mang lại hiệu quả cao trong việc kiểm soát lũ, làm mát đô thị và phục hồi sinh thái [18].

- Hoa Kỳ: Chương trình Low Impact Development (LID) và Green Infrastructure khuyến khích sử dụng gạch sinh thái, lớp phủ nhựa tái chế, vật liệu thấm nước và đất sinh học trong xây dựng bãi đỗ xe, mái nhà xanh và hành lang giao thông bền vững.

- Nhật Bản: Các thành phố như Tokyo và Osaka triển khai hệ thống thoát nước đa tầng kết hợp với mặt đường thấm nước, lớp lọc bằng vật liệu địa kỹ thuật nhằm giảm áp lực thoát nước trong mùa mưa bão [19].

- Châu Âu: Tại Đức và Hà Lan, hạ tầng xanh như mái xanh, tường xanh, hệ thống lọc nước tự nhiên sử dụng các vật liệu sinh thái đóng vai trò cốt lõi trong quy hoạch phát triển đô thị mới.

5.3. Nhận xét

Việc ứng dụng vật liệu thoát nước xanh tại Việt Nam còn đang ở giai đoạn sơ khai và chưa có sự đồng bộ, trong khi nhiều quốc gia đã có chính sách, tiêu chuẩn kỹ thuật và quy định rõ ràng về sử dụng các loại vật liệu này trong xây dựng. Tuy nhiên, các ví dụ thành công ở Việt Nam cho thấy tiềm năng rất lớn nếu có chính sách hỗ trợ, hướng dẫn kỹ thuật và sự tham gia của cộng đồng, doanh nghiệp trong quá trình triển khai.

6. NHỮNG RÀO CẢN VÀ THÁCH THỨC

Việc triển khai các loại vật liệu tiên tiến trong hạ tầng thoát nước theo định hướng đô thị xanh tuy mang lại nhiều lợi ích, nhưng cũng đối mặt với hàng loạt khó khăn, cả về kỹ thuật, kinh tế, xã hội lẫn thể chế. Cụ thể như sau:

6.1. Kỹ thuật

- Thiếu tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật rõ ràng: Hiện nay, Việt Nam chưa có hệ thống tiêu chuẩn đầy đủ về thiết kế, thi công và bảo trì các công trình sử dụng vật liệu thấm nước, vật liệu sinh học hay tái chế trong hệ thống thoát nước.

- Hạn chế về trình độ kỹ thuật và kinh nghiệm thi công: Nhiều đơn vị thiết kế, thi công và quản lý chưa quen thuộc với các vật liệu mới như bê tông thấm, màng địa kỹ thuật hay đất sinh học, dẫn đến sai sót trong thiết kế hoặc vận hành kém hiệu quả.

- Độ bền vật liệu trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt: Một số vật liệu như bê tông thấm hoặc gạch sinh thái có thể suy giảm chất lượng khi bị tác nhân hoặc tiếp xúc lâu dài với nước thải ô nhiễm.

6.2. Kinh tế

- Chi phí đầu tư ban đầu cao: Dù vật liệu thân thiện môi trường có hiệu quả lâu dài, nhưng chi phí ban đầu cao hơn so với vật liệu truyền thống khiến nhiều nhà đầu tư ngần ngại.

- Thiếu cơ chế tài chính hỗ trợ: Hiện chưa có chính sách ưu đãi thuế, vốn vay hay hỗ trợ kỹ thuật cụ thể cho các dự án áp dụng vật liệu xanh trong hạ tầng thoát nước.

6.3. Thể chế và chính sách

- Quy hoạch chưa đồng bộ: Nhiều địa phương chưa tích hợp các giải pháp thoát nước bền vững vào quy hoạch phát triển đô thị tổng thể.

- Thiếu sự phối hợp liên ngành: Quản lý hệ thống thoát nước và hạ tầng đô thị còn phân tán, thiếu sự hợp tác giữa các ngành tài nguyên môi trường, xây dựng, giao thông, nông nghiệp...

- Thiếu cam kết chính trị dài hạn: Việc thúc đẩy đô thị xanh nói chung và hệ thống vật liệu thoát nước bền vững nói riêng chưa được đặt ưu tiên trong chiến lược phát triển của nhiều địa phương.

6.4. Nhận thức và xã hội

- Nhận thức cộng đồng còn hạn chế: Người dân và doanh nghiệp vẫn chưa thấy rõ lợi ích lâu dài của các giải pháp thoát nước xanh, dẫn đến tâm lý e ngại thay đổi.

- Thiếu truyền thông và giáo dục môi trường: Việc phổ biến kiến thức về vật liệu xanh, công trình sinh thái và thoát nước bền vững còn ít, dẫn đến thiếu sự đồng thuận xã hội.

7. KHUYẾN NGHỊ

Để nâng cao hiệu quả ứng dụng các loại vật liệu tiêu biểu trong hạ tầng thoát nước theo định hướng đô thị xanh tại Việt Nam, cần có các nhóm giải pháp đồng bộ từ thể chế, kỹ thuật đến tài chính và xã hội. Dưới đây là một số khuyến nghị cụ thể:

7.1. Hoàn thiện chính sách và thể chế

- Ban hành tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật cho các loại vật liệu xanh như bê tông thấm nước, gạch sinh thái, vật liệu tái chế và màng địa kỹ thuật trong hệ thống thoát nước đô thị.

- Tích hợp hạ tầng xanh và vật liệu bền vững vào quy hoạch đô thị, trong đó ưu tiên các giải pháp phân tán nước mưa, giảm dòng chảy mặt và tăng khả năng thấm hút.

- Tăng cường phối hợp liên ngành giữa các cơ quan xây dựng, môi trường, giao thông, tài nguyên nước trong lập kế hoạch và triển khai công trình thoát nước.

7.2. Phát triển khoa học - công nghệ và đào tạo

- Đầu tư nghiên cứu, cải tiến và thử nghiệm vật liệu mới phù hợp với điều kiện khí hậu, địa chất và đô thị của Việt Nam.

- Tổ chức tập huấn, đào tạo chuyên sâu cho kỹ sư, nhà thầu và cán bộ quản lý về thiết kế, thi công và bảo trì các công trình sử dụng vật liệu xanh.

- Xây dựng ngân hàng dữ liệu kỹ thuật về các loại vật liệu thoát nước thân thiện môi trường, chia sẻ thông tin giữa các tỉnh, thành.

7.3. Cơ chế tài chính hỗ trợ

- Thiết lập các quỹ môi trường và đô thị xanh, tạo điều kiện cho doanh nghiệp và cộng đồng vay vốn ưu đãi để đầu tư công trình sử dụng vật liệu xanh.

- Áp dụng cơ chế ưu đãi thuế và khuyến khích đầu tư xanh đối với các doanh nghiệp sản xuất vật liệu tái chế, vật liệu thân thiện môi trường.

- Thúc đẩy hợp tác công - tư (PPP) trong phát triển và bảo trì hệ thống thoát nước đô thị sử dụng vật liệu bền vững.

7.4. Tăng cường nhận thức và truyền thông cộng đồng

- Tổ chức các chiến dịch truyền thông, giáo dục cộng đồng về lợi ích của vật liệu xanh, đặc biệt trong các trường đại học, khu dân cư và dự án thí điểm.

- Khuyến khích sự tham gia của người dân và doanh nghiệp địa phương trong thiết kế, thi công và duy trì công trình thoát nước sử dụng vật liệu xanh.

- Xây dựng mô hình mẫu tại các khu đô thị, khu công nghiệp, trường học và công viên để nhân rộng áp dụng.

8. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đô thị hóa nhanh và tình trạng ngập úng ngày càng gia tăng tại các thành phố lớn, việc nghiên cứu và ứng dụng các vật liệu tiêu biểu cho hạ tầng thoát nước theo định hướng đô thị xanh là một hướng đi tất yếu và bền vững. Qua phân tích, có thể khẳng định rằng các vật liệu như bê tông thấm nước, gạch sinh thái, màng địa kỹ thuật, đất sinh học, vật liệu tái chế, vật liệu tự nhiên và vật liệu composite không chỉ mang lại hiệu quả thoát nước cao, mà còn góp phần cải thiện chất lượng môi trường sống, giảm chi phí vận hành và thúc đẩy phát triển đô thị bền vững. Thực tiễn trong nước và quốc tế cho thấy tiềm năng lớn của các loại vật liệu này trong nhiều loại hình công trình như vỉa hè, bãi đỗ xe, công viên, đường giao thông và hệ thống thu gom nước mưa. Tuy nhiên, để mở rộng và triển khai hiệu quả cần có hệ thống chính sách đồng bộ, cơ chế hỗ trợ tài chính, nâng cao năng lực kỹ thuật và sự đồng thuận của cộng đồng.

Nghiên cứu này không chỉ góp phần cung cấp cơ sở lý luận và thực tiễn trong lựa chọn vật liệu cho hệ thống thoát nước xanh, mà còn gợi mở hướng phát triển dài hạn về quy hoạch hạ tầng kỹ thuật đô thị bền vững, thích ứng tốt hơn với các thách thức môi trường trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Văn Bình, "Vật liệu xanh trong xây dựng hạ tầng kỹ thuật đô thị", Tạp chí Xây dựng, số 6, tr. 45-51, 2020.

[2]. Trần Thị Lan, "Giải pháp thoát nước bền vững trong đô thị hiện đại", Tạp chí Môi trường Đô thị, số 4, tr. 22-27, 2021.

[3]. Võ Quốc Hưng, "Bê tông thấm và ứng dụng trong đô thị", NXB Xây dựng, 2019.

[4]. Nguyễn Văn Thịnh, "Hệ thống thoát nước đô thị tích hợp", Tạp chí Kỹ thuật hạ tầng, số 3, tr. 30-36, 2020

[5]. Bộ Xây dựng, "Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quy hoạch xây dựng", QCVN 01:2018/BXD, 2018.

[6]. World Bank, "Green Infrastructure in Urban Planning", World Bank Publications, 2021.

[7]. UNEP, "Nature-based Solutions for Urban Water Management", United Nations Environment Programme, 2022

[8]. GIZ, "Urban Green Infrastructure: A Guide for Policymakers", GIZ Report, 2019.

[9]. Học viện Môi trường và Tài nguyên, "Tổng quan giải pháp thoát nước đô thị hiện đại", 2021.

[10]. USEPA, "Low Impact Development Technical Guidance Manual", U.S. Environmental Protection Agency, 2017.

[11]. Nguyễn Thanh Bình, "Đánh giá hiệu quả kinh tế của bê tông thấm", Tạp chí Kinh tế Xây dựng, số 8, 2023.

[12]. Trần Quốc Toàn, "Đô thị sinh thái và phát triển bền vững tại Việt Nam", Tạp chí Khoa học Tự nhiên, số 2, tr. 55-61, 2021.

[13]. Liên Hợp Quốc, "The New Urban Agenda", UN-Habitat, 2020.

[14]. Nguyễn Hữu Tuấn, "Ứng dụng vật liệu tái chế trong hạ tầng thoát nước", Tạp chí Vật liệu xây dựng, số 5, tr. 40-47, 2022.

[15]. Nguyễn Ngọc Hà, "Hướng dẫn thiết kế vườn mưa đô thị", Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2023.

[16]. Hội Khoa học kỹ thuật xây dựng Việt Nam, "Công trình xanh và vật liệu thân thiện môi trường", 2021.

[17]. JICA, "Report on Green Urban Planning in ASEAN Countries.", Japan International Cooperation Agency, 2020.

[18]. IPCC, "Climate Change 2021: Impacts and Adaptation", Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021.

[19]. Asian Development Bank, "Nature-Based Solutions for Resilient Cities", ADB Publications, 2020.

Ảnh hưởng của cường độ thép đối với hàm lượng thép chịu uốn nhỏ nhất trong dầm bê tông cốt thép

Effects of yield strengths of steel to the minimum flexural steel ratios

> **TRẦN CAO THANH NGỌC**^{1,2}

¹Khoa Kỹ thuật và Quản lý xây dựng, Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia TP.HCM

²Đại học Quốc gia TP.HCM; Email: tctngoc@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT

Để đảm bảo phá hoại dẻo trong dầm bê tông cốt thép thì yêu cầu hàm lượng thép chịu uốn nhỏ nhất là vô cùng cần thiết. Việc sử dụng thép cường độ chịu kéo cao trong kết cấu bê tông cốt thép vẫn còn nhiều tranh cãi do giới hạn chảy dẻo của thép trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành. Nghiên cứu này sẽ phân tích ảnh hưởng của cường độ chảy dẻo của thép đối với hàm lượng thép chịu uốn nhỏ nhất trong dầm bê tông cốt thép. Hàm lượng chịu uốn nhỏ nhất này được xác định thông qua phân tích bằng phần mềm Response 2000. Kết quả phân tích sẽ được so sánh với các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành.

Từ khóa: Thép cường độ cao, hàm lượng thép chịu uốn nhỏ nhất, cường độ chảy dẻo của thép.

ABSTRACT

Minimum flexural steel reinforcements are required for concrete structural members to secure the ductile flexural behaviours of such structures. The direct application of these requirements for high strength steel reinforcements is still controversy due to the upper limits of the yield strength of steel reinforcements in the design codes. This research presents an analytical study for the effects of yield strengths of steel to the minimum flexural steel ratios. The minimum flexural reinforcement ratios are then derived from the verified moment-curvature analysis (Response 2000). The effects of yield strengths of steel are then studied and compared with the existing design code.

Key words: High strength steel, minimum flexural steel ratio, yield strength of steel.

1. MỞ ĐẦU

Thị trường xây dựng bùng nổ của cầu nhịp dài và các tòa nhà bê tông cốt thép cao tầng từ những năm 1980 đã khiến các vật

liệu kết cấu cường độ cao như thép và bê tông trở nên quan trọng hơn. Sự sẵn có của cốt thép cường độ cao lên đến cấp 900 MPa mở ra cánh cửa cho sự đổi mới thiết kế. Giới hạn về cường độ chịu kéo của cốt thép đã thay đổi theo thời gian do sự phát triển của công nghệ luyện kim để sản xuất các thanh thép cứng hơn. Việc sử dụng cốt thép cường độ cao mang lại rất nhiều lợi ích cho ngành xây dựng. Việc áp dụng cốt thép cường độ cao làm giảm lượng cốt thép cần thiết, giúp tăng khoảng cách giữa mỗi cốt thép. Điều này giúp việc đổ bê tông dễ dàng hơn, do đó nâng cao chất lượng bê tông. Hơn nữa, việc giảm cốt thép cần thiết để đạt được hiệu suất tương tự của kết cấu có thể làm giảm chi phí vật liệu trong quá trình xây dựng và cuối cùng là chi phí của toàn bộ kết cấu.

Các nghiên cứu sâu rộng về công nghệ luyện kim và bê tông đã làm tăng cường độ của cả hai vật liệu được sử dụng trong ngành Xây dựng. Tuy nhiên, hầu hết các tiêu chí trong các quy định hiện hành, như ACI318-19 [1] và EC2 [2] đều dựa trên dữ liệu và thí nghiệm từ các kết cấu với cốt thép thông thường. Các quy định thiết kế ACI 318 -19 [1] và EC2 [2] giới hạn cường độ chịu kéo lần lượt là 552 MPa và 600 MPa. Cốt thép có cường độ chịu kéo cao hơn nhiều so với các giới hạn có sẵn trên thị trường xây dựng với chi phí phải chăng và hợp lý do công nghệ luyện kim tiến bộ. Các giới hạn về cường độ chịu kéo của các thanh thép trong các quy định thiết kế cản trở việc sử dụng cốt thép cường độ cao trong ngành Xây dựng. Hiệu quả của thép cường độ cao được sử dụng làm cốt thép chịu kéo vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Cốt thép cường độ cao không giống như cốt thép cường độ thông thường vì nó có thành phần hóa học và tính chất cơ học khác. Nó có lượng carbon nhỏ hơn dẫn đến biểu đồ ứng suất-biến dạng khác nhau khi so sánh với các thanh thép thông thường. Do đó, cần phải tiến hành các nghiên cứu sâu hơn trong việc áp dụng cốt thép cường độ cao cho các thành phần cấu kiện bê tông cốt thép.

2. HÀM LƯỢNG THÉP CHỊU UỐN NHỎ NHẤT CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP TRONG CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ HIỆN HÀNH

Đối với thiết kế uốn của các cấu kiện bê tông cốt thép, quy định của EC2 [2] yêu cầu giới hạn 90 MPa và 600 MPa đối với cường độ nén của bê tông và cường độ chịu kéo của cốt thép. Trong khi đó, quy định thiết kế ACI 318-19 [1] chỉ áp đặt giới hạn 552 MPa đối với cường độ chịu kéo của cốt thép. Lý do cho các

giới hạn trên là thiếu các kết quả thực nghiệm và phân tích vượt quá các giới hạn này về ứng xử của cấu kiện bê tông cốt thép, trong đó tỷ lệ cốt thép chịu uốn tối thiểu là một trong những tính chất quan trọng của dầm bê tông cốt thép. Tỷ lệ này là tối quan trọng để đảm bảo dạng phá hủy dẻo của dầm bê tông cốt thép. Khi số lượng quốc gia áp dụng cả quy định ACI 318 - 19 [1] và EC2 [2] tăng lên, việc hiểu rõ hai quy định trở nên ngày càng quan trọng, đặc biệt là khi phạm vi được mở rộng sang việc sử dụng thép cường độ cao. Tỷ lệ cốt thép uốn tối thiểu trong các quy tắc thiết kế ACI 318 - 19 [1] và EC2 [2] được trình bày trong phần này của bài báo nhằm đóng vai trò là nền tảng để ứng dụng thép cường độ cao vào kết cấu bê tông cốt thép.

Tiêu chuẩn ACI 318-19 [1]

Tiêu chuẩn thiết kế ACI 318-19 [1] chỉ xem xét cường độ nén của bê tông và cường độ chảy của thép. Tiêu chuẩn này dựa vào công trình nghiên cứu do Wang và cộng sự [3]:

$$\phi M_n \geq M_{cr} \quad (1)$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y j d \quad (2)$$

$$M_{cr} = 7.5 \sqrt{f'_c} C \frac{b_w h^2}{6} \text{ (psi)} \quad (3)$$

trong đó A_s là diện tích cốt thép chịu kéo uốn và $j d$ là độ cao hữu hiệu cấu kiện chịu uốn, C là hệ số điều chỉnh cho các hình dạng khác nhau của dầm bê tông và h là chiều cao tổng thể của cấu kiện. Wang và cộng sự [3] xác định giá trị của C là 1,0 đối với các cấu kiện hình chữ nhật và nằm trong phạm vi từ 1,3 đến 1,6 đối với dầm chữ T. b_w là chiều rộng của dầm bê tông, d là khoảng cách từ thớ nén đến tâm của cốt thép chịu kéo và f_y là cường độ chảy của cốt thép chịu kéo uốn. Nếu $j d$ và ϕ lần lượt là 0,95d và 0,9, thì diện tích cốt thép chịu uốn tối thiểu là:

$$A_{s,min} = \frac{K \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \text{ (psi)} \quad (4)$$

trong đó $K = 7.5 \left(\frac{h}{d}\right)^2 \left(\frac{c}{5.1}\right)$. Đối với dầm chữ nhật, h/d từ 1,05 đến 1,2, do đó K nằm trong phạm vi từ 1,6 đến 2,1. Trong khi dầm chữ T có giá trị C là 1,2, h/d nằm trong khoảng từ 1,05 đến 1,2. Kết quả là K nằm trong khoảng từ 2,4 đến 3,2. Do đó, Công thức (4) trở thành công thức sau đây hiện đang được sử dụng trong mã thiết kế ACI 318 - 19 [1]:

$$A_{s,min} = \frac{3 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq 200 \frac{b_w d}{f_y} \text{ (psi)} \quad (5a)$$

$$A_{s,min} = 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq 1.4 \frac{b_w d}{f_y} \text{ (MPa)} \quad (5b)$$

trong đó $A_{s,min}$ là diện tích cốt thép chịu kéo uốn tối thiểu.

Tiêu chuẩn EC2 [2]

Quy định trong tiêu chuẩn EC2 [2] khá tương đồng với tiêu chuẩn ACI 318-19 [1] đã được giải thích ở phần trước. Tiêu chuẩn EC2 [2] sử dụng cường độ kéo của bê tông (f_{ctm}). Tiêu chuẩn thiết kế EC2 [2] nêu rằng diện tích cốt thép chịu kéo dọc phải cao hơn $A_{s,min}$, nếu không, phải coi là tiết diện không có cốt thép.

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_y} b_w d \text{ (in MPa)} \quad (6)$$

Cường độ kéo của bê tông f_{ctm} :

$$f_{ctm} = 0.3 (f'_c)^{\frac{2}{3}} \text{ (cho bê tông có cường độ } \leq 50 \text{ MPa)} \quad (7a)$$

$$f_{ctm} = 2.12 \ln(1 + 0.1(f'_c + 8)) \text{ (cho bê tông có cường độ } \geq 50 \text{ MPa)} \quad (7b)$$

Tỷ số M_n/M_{cr} dầm bê tông cốt thép với thép cường độ cao

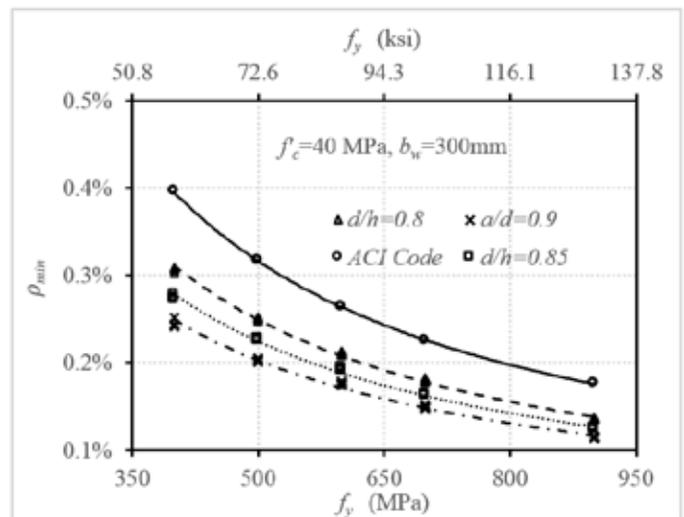
Diện tích tối thiểu của cốt thép uốn là hàm lượng thép trong cấu kiện bê tông cốt thép đủ để tạo ra mô men cực đại (M_n) cao hơn mô men nứt (M_{cr}) một biên độ an toàn. Tiêu chuẩn thiết kế ACI 318-19 [1] đề xuất rằng tỷ lệ cốt thép uốn tối thiểu cho dầm bê tông cốt thép được tính từ mô men cực đại gấp ít nhất 1,2 lần mô men nứt. Trong khi tỷ lệ này được khuyến nghị trong tiêu chuẩn thiết kế EC2 [2] là 1,15. Các giá trị trong các tiêu chuẩn thiết kế sẽ được sử dụng trong nghiên cứu này để tính hàm lượng cốt thép tối thiểu cho dầm bê tông cốt thép với thép cường độ cao.

3. PHÂN TÍCH DỰA VÀO PHẦN MỀM RESPONSE 2000 [4]

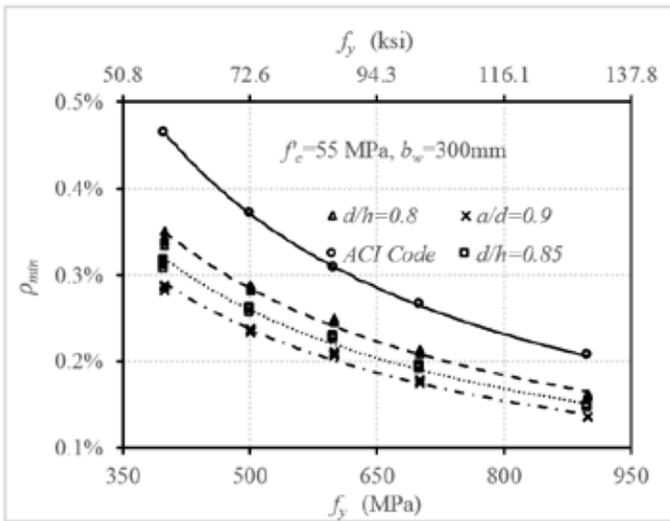
Để tìm ra tỷ lệ cốt thép uốn tối thiểu dựa trên các tỷ lệ đã đề cập trước đó là 1,2 và 1,15 cho dầm bê tông cốt thép với thép cường độ cao, trước tiên cần xác định M_{cr} và M_n . Đối với mô men nứt, việc sử dụng thép cường độ cao không ảnh hưởng nhiều đến kết quả vì ở giai đoạn này mô men nứt chủ yếu phụ thuộc vào tính chất của bê tông. Tuy nhiên, đối với mô men cực đại (M_n) của dầm bê tông cốt thép với thép cường độ cao, biểu đồ ứng suất-biến dạng của cốt thép đóng vai trò quan trọng. So với thép cường độ thông thường, thép cường độ cao không có giới hạn chảy được xác định rõ ràng, khiến cho khái niệm về ứng suất chảy trong những trường hợp như vậy trở nên mơ hồ. Biến dạng chảy 0,002 không còn hợp lệ đối với thép cường độ cao nữa. Các giá trị này có thể cao tới 0,0045 đối với các thanh thép có cường độ chảy dẻo 900 MPa. Những khác biệt về biểu đồ ứng suất-biến dạng này sẽ dẫn đến những khác biệt mô men cực đại (M_n) của dầm bê tông cốt thép. Do đó, phần mềm Response 2000 [4] được sử dụng làm công cụ để phân tích mô men cực đại (M_n) của dầm bê tông cốt thép.

4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

Phân tích được thực hiện cho một mẫu dầm điển hình có chiều rộng là 300 mm, tỉ lệ d/h thay đổi, 2 cường độ bê tông khác nhau được khảo sát (40 MPa và 55 MPa). Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng cốt thép tối thiểu giảm khi tăng cường độ chảy dẻo của cốt thép. Việc tăng cường độ bê tông làm cho hàm lượng cốt thép tối thiểu tăng lên. Tỉ số d/h tăng sẽ giúp giảm hàm lượng thép tối thiểu (Hình 1 và 2).

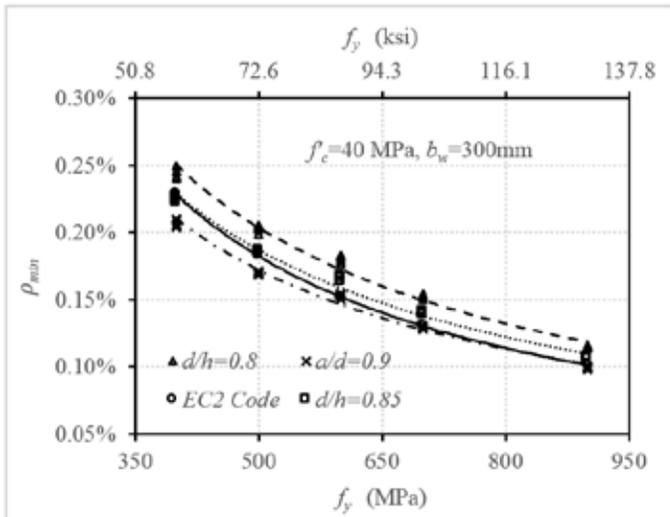


(a) Cường độ bê tông 40 MPa

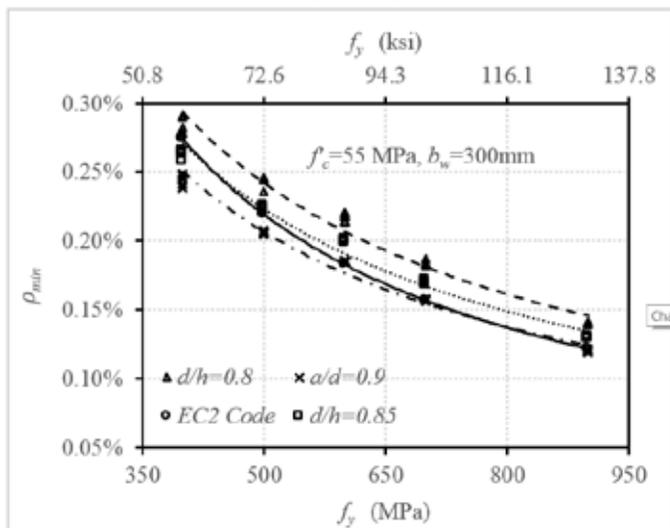


(b) Cường độ bê tông 55 MPa

Hình 1. Hàm lượng thép nhỏ nhất từ phân tích so với tiêu chuẩn thiết kế ACI 318 - 19 [1]



(a) Cường độ bê tông 40 MPa



(b) Cường độ bê tông 55 MPa

Hình 2. Hàm lượng thép nhỏ nhất từ phân tích so với tiêu chuẩn thiết kế EC2 [2]

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu được trình bày trong bài báo này nhằm đánh giá lại và mở rộng các quy định về tỷ lệ cốt thép uốn tối thiểu trong thiết kế kết cấu bê tông cốt thép ACI 318-19 [1] và EC2[2] cho dầm bê tông cốt thép với thép cường độ cao. Các nghiên cứu phân tích đã được tiến hành bằng phần mềm Response 2000[4]. Sự khác biệt trong biểu đồ ứng suất-biến dạng của thép cường độ cao so với cốt thép thông thường đã được xem xét trong phân tích. Kết quả nghiên cứu cho thấy: hàm lượng cốt thép tối thiểu giảm khi tăng cường độ chảy dẻo của cốt thép, việc tăng cường độ bê tông làm cho hàm lượng cốt thép tối thiểu tăng lên, tỷ số d/h tăng sẽ giúp giảm hàm lượng thép tối thiểu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-19)", Farmington Hills, MI, 2019.
- [2]. European Committee for Standardization, "Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings," Brussels, 2004.
- [3]. Wang, C., Salmon, C. G., Pincheira, J. A., "Reinforced Concrete Design," USA: John Wiley and Sons Inc., 2002.
- [4]. Bentz, E. and Collins, M. P., "Response-2000, Shell-2000, Triax-2000, Membrane-2000 User Manual," University of Toronto, Canada, 2001.

Cấu trúc địa kỹ thuật ảnh hưởng biến dạng đứng của nền đường khu vực Vĩnh Long - Cần Thơ

Geotechnical structure affects vertical deformation of loading road in Vinh Long - Can Tho of the Mekong Delta

> PHẠM KIÊN^{1,2*}, TRƯƠNG MINH HOÀNG¹, PHẠM TIẾN CƯỜNG², TAKEMURA JIRO³

¹Khoa Xây dựng, Trường Công nghệ Văn Lang-Trường Đại học Văn Lang

²Viện Xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM; *E-mail: kien.p@vlu.edu.vn

³Khoa Xây dựng, Viện Công nghệ Tokyo, Japan

TÓM TẮT

Bài báo trình bày cấu trúc địa kỹ thuật ảnh hưởng đến biến dạng đứng (độ lún) dưới nền đường và thảo luận các giải pháp xử lý nền thích hợp cho các dạng cấu trúc địa kỹ thuật trong khu vực Vĩnh Long - Cần Thơ, Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Cấu trúc địa kỹ thuật với các lớp đất hạt mịn cố kết thường và hơi quá cố kết thay đổi phức tạp. Dựa trên các dạng cấu trúc địa kỹ thuật với chiều dày của các lớp và sự làm việc của đất nền trong thời gian dài, bài báo đề cập việc xây dựng các mô hình nền thoát nước một chiều hay hai chiều cho việc tính toán biến dạng theo thời gian và đề xuất giải pháp xử lý nhằm đảm bảo nền đạt độ cố kết theo yêu cầu.

Từ khóa: Châu thổ Cửu Long, cấu trúc địa kỹ thuật, đất yếu, lún, cố kết.

ABSTRACT

The paper presents the geotechnical structure affecting the vertical deformation (the settlement) under the embankment and discussed the suitable ground treatment solutions for geotechnical structures in the Vinh Long-Can Tho area, Mekong Delta. The geotechnical structure with normally consolidated and slightly overconsolidated fine soil layers changes in a complex behavior. Based on various types of geotechnical structures with different layer thicknesses and the long-term behavior of foundation soils, the paper develops one-way or two-way drainage models for calculating time-dependent deformation and proposes appropriate ground improvement solutions to ensure the required degree of consolidation is achieved.

Keywords: Mekong Delta, geotechnical structure, soft soil, settlement, consolidation.

1. GIỚI THIỆU

Vĩnh Long và Cần Thơ là hai khu vực có nền đất yếu đặc trưng thuộc vùng ĐBSCL. Hai khu vực này thuộc vùng trung tâm của ĐBSCL và nằm giữa hai sông lớn, sông Tiền và sông Hậu. Khu vực trung tâm này có cấu trúc địa kỹ thuật thay đổi khá phức tạp [4 & 5]. Cấu trúc địa kỹ thuật của ĐBSCL nhìn tổng thể có 8 loại phân lớp khác nhau về thuộc tính địa kỹ thuật, chiều dày và sự phân bố của các phân lớp hạt mịn, hạt thô, và sự xen kẽ của những lớp mỏng hạt thô vào phân lớp hạt mịn và độ cố kết có sự biến đổi lớn [4 & 5]. Các điểm khác nhau về chiều dày và sự hiện diện của các lớp sẽ ảnh hưởng đến độ lún và tốc độ lún; từ đây đưa đến việc chọn phương pháp xử lý nền và quy trình gia tải sẽ khác nhau. Đồng thời khu vực này là điểm nút giao thông chính gắn kết các tỉnh trong ĐBSCL, các vấn đề về xây dựng công trình, đặc biệt là công trình trên nền đất yếu, cần có sự quan tâm lớn. Do đó, "cấu trúc địa kỹ thuật ảnh hưởng biến dạng đứng của nền đường khu vực Vĩnh Long - Cần Thơ, Châu thổ Cửu Long" được thực hiện nghiên cứu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thí nghiệm xuyên CPTu

Thí nghiệm xuyên CPTu để xác định sức kháng mũi xuyên (q_c), ma sát hông (f_s), và áp lực nước lỗ rỗng (u_2) và phân loại đất theo

ứng xử cơ học dựa trên các giá trị hiệu chỉnh theo công thức (1), (2) và (3) biểu đồ Robertson [2, 3].

Hệ số sức kháng mũi hiệu chỉnh:

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \quad (1)$$

Tỷ số ma sát hông hiệu chỉnh:

$$F_R = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} \quad (2)$$

Hệ số áp lực nước lỗ rỗng hiệu chỉnh:

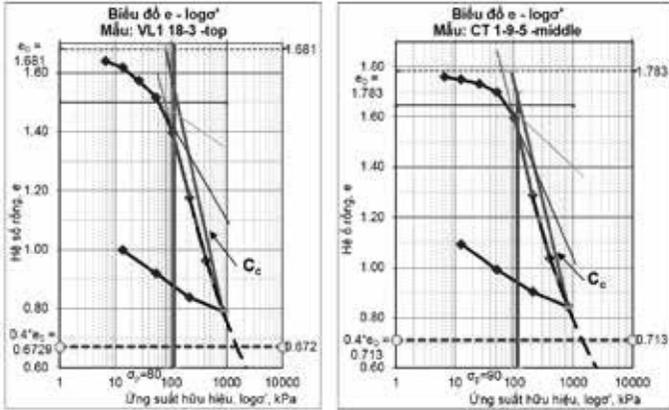
$$B_q = \frac{u - u_0}{q_t - \sigma_{v0}} \quad (3)$$

Với: σ_{v0} , σ'_{v0} và u_0 tương ứng là ứng suất lớp phủ tổng, ứng suất lớp phủ hữu hiệu và áp lực nước thủy tĩnh, và q_t , f_s , và u_2 tương ứng là sức kháng mũi, lực ma sát hông, và áp lực nước lỗ rỗng đo vị trí sau mũi xuyên.

2.2. Thí nghiệm Oedometer

Thí nghiệm Oedometer được thực hiện trên các mẫu đất lấy từ các lớp địa tầng khác nhau để xác định: Chỉ số nén C_c , chỉ số trương nở C_s , chỉ số lún thứ cấp C_α là các thông số về tính lún khi nền chịu gia tải và thoát nước. Thí nghiệm này cũng giúp xác định áp lực tiền cố kết (σ_p) theo phương pháp Casagrande, phân biệt đất cố kết

thường (NC) hay quá cố kết (OCR > 1) để áp dụng phương pháp tính lún phù hợp.



Hình 1. Biểu đồ nén lún e-logσ' tại độ sâu 16,5 m của đất nền khu vực Vĩnh Long

Hình 2. Biểu đồ nén lún e-logσ' tại độ sâu 10 m của đất nền khu vực Cần Thơ

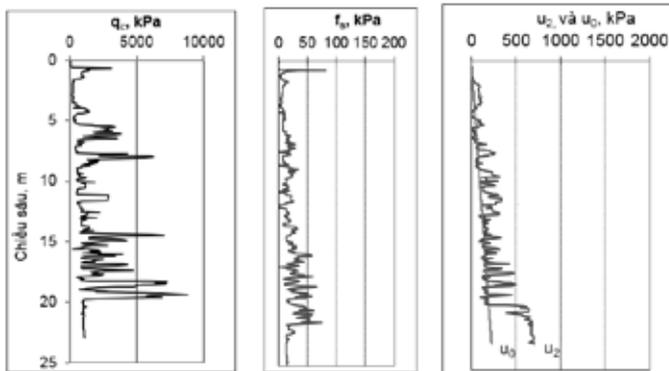
2.3. Đề xuất cải thiện nền với phương án gia tải bằng lớp cát dày 2 m

Nghiên cứu thực hiện tính toán lún cố kết của nền với quá trình gia tải trên hai nền đất bằng lớp cát dày 2 m. Thông qua phương án này, có thể xác định thời gian cố kết dựa trên hệ số cố kết C_v và so sánh tốc độ lún, khả năng thoát nước giữa hai loại nền đất của 02 khu vực đang nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân loại đất

Đất nền khu vực Vĩnh Long, đất nền khu vực Vĩnh Long có sức kháng mũi q_c dao động từ khoảng 500 kPa đến hơn 10.000 kPa với sự biến thiên đáng kể theo chiều sâu (Hình 3). Ở những lớp đất nông (0 – 5 m), q_c có giá trị thấp, khi xuống sâu hơn (từ 10 m trở đi), q_c có xu hướng tăng dần. Tuy nhiên, sự dao động mạnh của q_c trong một số đoạn cho thấy nền có sự xuất hiện xen kẽ các lớp đất yếu và lớp đất cát.



Hình 3. Sức kháng mũi xuyên q_c , ma sát hông f_s và áp lực nước lỗ rỗng của đất nền khu vực Vĩnh Long

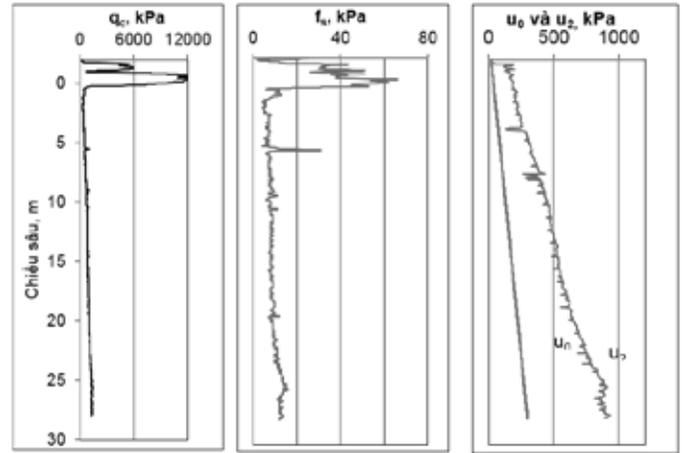
Sức kháng hông f_s trong khu vực này có giá trị dao động từ 0 đến khoảng 70 kPa. Giá trị f_s tương đối thấp ở các lớp nông. Khi xuống sâu hơn (trên 15 m), f_s tăng nhẹ (từ 30 đến 60 kPa) nhưng vẫn không quá cao, cho thấy đất chủ yếu thuộc loại sét yếu đến sét trung bình.

Áp lực nước lỗ rỗng u_2 từ thí nghiệm CPTU khu vực Vĩnh Long này cho thấy, mô hình thoát nước của khu vực Vĩnh Long là thoát nước hai chiều, và nhiều lớp cát giúp nước thoát trong nền ra ngoài nhanh hơn.

Đất nền khu vực Cần Thơ, khu vực Cần Thơ, q_c có giá trị rất cao ở lớp đất cát san lấp (0 - 1,5 m), đạt trên 4.000-12.000 kPa; toàn bộ

nền đất tự nhiên giá trị q_c và f_s xu hướng tăng dần đều theo độ sâu (Hình 4). Ở độ sâu từ 1,5 - 25 m, q_c đạt giá trị lớn nhất 2.000 kPa.

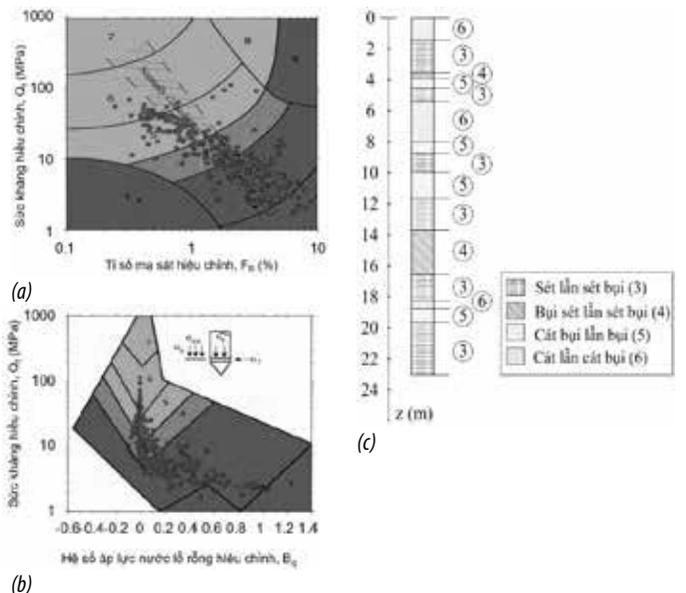
Giá trị u_2 lớn hơn áp lực thủy tĩnh u_0 và tăng liên tục theo chiều sâu 28 m. Các kết quả CPTU này cho thấy mô hình nền đất tự nhiên khu vực Cần Thơ là đất hạt mịn và chỉ thoát nước một chiều.



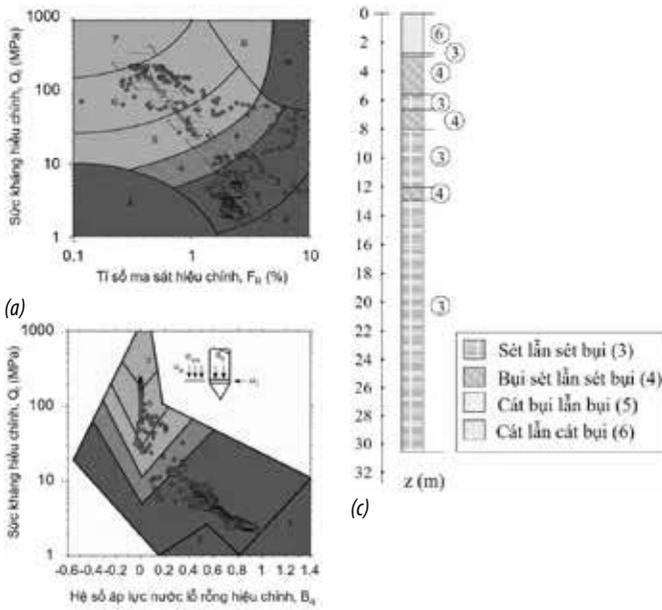
Hình 4. Sức kháng mũi xuyên q_c , ma sát hông f_s và áp lực nước lỗ rỗng u_2 của đất nền khu vực Cần Thơ

Phân loại đất theo Roberson [2 & 3], đất nền khu vực Vĩnh Long: dữ liệu về Q_t , F_R và B_q cho thấy ở đây tồn tại chủ yếu các loại đất: (3) Sét, sét lẫn ít bụi (Silty Clay to Clay), cố kết thường (4): Sét pha hạt mịn (Clayey Silt to Silty Clay), cố kết thường và quá cố kết; và (5): Sét bùn pha cát (Silty Sand to Sandy Silt), chủ yếu đất quá cố kết (Hình 3). Như vậy, đất nền ở đây có nhiều lớp cát pha xen kẽ với các lớp sét và sét pha hạt mịn.

Đất nền khu vực Cần Thơ: chủ yếu là các loại đất: (3): Sét, sét lẫn ít bụi (Silty Clay to Clay), cố kết và quá cố kết, độ nhạy cao; (6): Cát pha sét bụi (Sand to Silty Sand), là lớp cát san lấp trên bề mặt (0 - 2,5 m), chủ yếu cố kết thường (Hình 4). Như vậy đất nền khu vực Cần Thơ từ hết lớp cát san lấp (6) là lớp sét yếu có chiều dày lớn.



Hình 5. Phân loại trạng thái đất theo Robertson [2&3], khu vực Vĩnh Long (a) Phân loại ứng xử đất theo Q_t và F_R ; (b) Phân loại theo Q_t và B_q ; (c) Mặt cắt cấu trúc địa kỹ thuật phân loại ứng xử đất theo Robertson khu vực Vĩnh Long
Cấu trúc địa kỹ thuật khu vực Vĩnh Long (Hình 5c) bao gồm các lớp sét yếu xen kẽ với các lớp cát, đây là kiểu nền thoát nước hai chiều.



Hình 6. Phân loại trạng thái đất theo Robertson [2&3], khu vực Cần Thơ
(a) Phân loại ứng xử đất theo Q_c và F_{ci} ; (b) Phân loại theo Q_c và B_q ; (c) Mặt cắt cấu trúc địa kỹ thuật phân loại ứng xử đất theo Robertson khu vực Cần Thơ

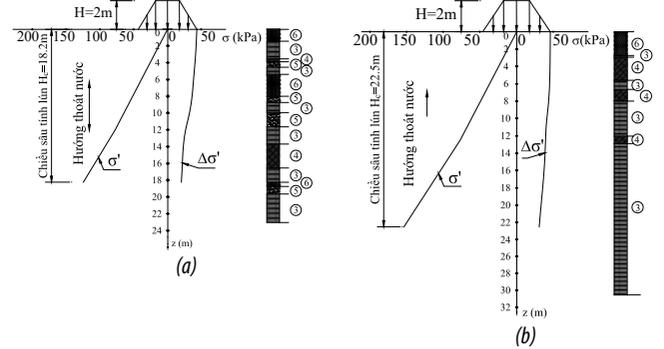
Cấu trúc địa kỹ thuật khu vực Cần Thơ gồm các lớp sét yếu dày từ chiều sâu 3 m trở xuống (Hình 6c), đặc biệt từ độ sâu 13 m trở xuống, tồn tại lớp sét lẫn bụi (3) rất dày và có khả năng thấm rất yếu [3] do đó khả năng thoát nước của nền nhỏ, đây là kiểu nền thoát nước một chiều.

3.2. Gia tải bằng cát đắp chiều cao 2 m

Nghiên cứu này thực hiện tính toán lún cố kết với 02 loại đất nền của 02 khu vực Vĩnh Long và Cần Thơ khi gia tải đắp cát chiều cao 2 m. Chiều sâu tính lún được xác định dựa vào điều kiện $\sigma' \geq 5\Delta\sigma'$, trong đó σ' : là ứng suất hữu hiệu của nền đất, $\Delta\sigma'$: là ứng suất tăng thêm do tải trọng của lớp cát đắp 2 m gây ra.

Đất nền khu vực Vĩnh Long với chiều sâu khảo sát khoảng 24 m, được xác định toàn bộ nền là đất yếu, thoát nước hai chiều, chiều sâu tính lún là $H_c=18,2$ m (Hình 7a), tuy nhiên vì là nền đất yếu nên độ lún cố kết được tính với sự ảnh hưởng của toàn bộ chiều sâu khảo

sát. Tương tự, đất nền khu vực Cần Thơ với chiều sâu khảo sát khoảng 32 m, cũng được xác định toàn bộ nền là đất yếu, thoát nước một chiều (Hình 7b). Chiều sâu tính lún được xác định là $H_c=22,5$ m và độ lún cố kết cũng được tính với sự ảnh hưởng của toàn bộ chiều sâu khảo sát.



Hình 7. Biểu đồ tính lún nền đất khu vực Vĩnh Long (a) và khu vực Cần Thơ (b)

Dự tính độ lún

Lún cố kết sơ cấp: Đối với đất sét cố kết thường, áp dụng công thức (4), công thức (5) khi $\sigma'_0 + \Delta\sigma' \leq \sigma_p$ và công thức (6) khi $\sigma'_0 + \Delta\sigma' > \sigma_p$ [1].

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \quad (4)$$

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \quad (5)$$

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0}{\sigma'_0} + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \quad (6)$$

Lún cố kết thứ cấp

$$S_s = C'_\alpha H \cdot \log \frac{t_2}{t_1} \quad (7)$$

$$C'_\alpha \text{ là hệ số hiệu chỉnh: } C'_\alpha = \frac{C_\alpha}{1 + e_p} \quad (8)$$

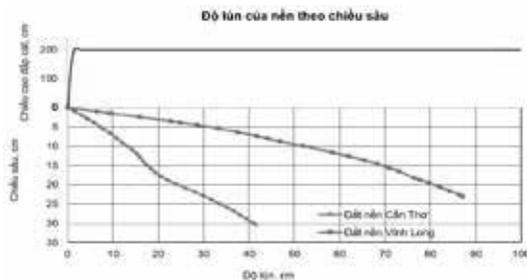
Trong đó e_0 là hệ số rỗng ban đầu, e_p là hệ số rỗng khi kết thúc lún do cố kết sơ cấp, σ'_0 : áp lực đất hiệu quả, $\Delta\sigma'$: áp lực tăng thêm do lớp cát gia tải, σ_p : áp lực tiền cố kết; t_2, t_1 là thời gian đầu và cuối khi tính lún cố kết thứ cấp, khoảng thời gian tính lún cố kết thứ cấp: $t_2 - t_1=3$ năm.

Bảng 1. Độ lún của nền đất khu vực Vĩnh Long khi gia tải đắp cát chiều cao 2 m

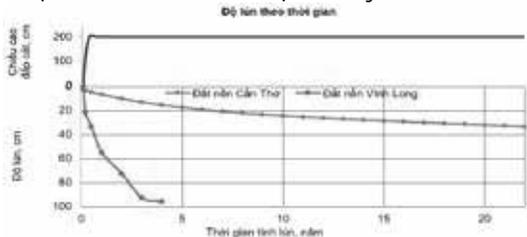
Lớp đất	Chiều dày, m	Khối lượng thể tích, g/cm ³	Hệ số rỗng e_0	C_c	C_s	C_α	Độ lún cố kết sơ cấp, cm	Độ lún cố kết thứ cấp, cm	Tổng độ lún, cm
Cát lẫn cát bụi (6)	1.45	1.58	1.38	0.6	0.086	0.037	7.9	1.0	8.9
Sét lẫn sét bụi (3)	2.10	1.58	1.26	0.6	0.051	0.040	11.1	2.4	13.5
Bụi sét lẫn sét bụi (4)	0.35	1.58	1.26	0.60	0.080	0.037	1.6	0.4	2.0
Cát bụi lẫn bụi (5)	0.65	1.58	1.26	0.70	0.140	0.040	3.2	0.7	3.9
Sét lẫn sét bụi (3)	0.85	1.70	1.33	0.70	0.140	0.030	3.8	0.7	4.5
Cát lẫn cát bụi (6)	2.61	1.70	1.53	0.70	0.140	0.030	9.0	1.9	10.9
Cát bụi lẫn bụi (5)	0.74	1.62	1.61	0.65	0.133	0.030	2.2	0.5	2.7
Sét lẫn sét bụi (3)	1.20	1.62	1.61	0.80	0.133	0.027	4.3	0.8	5.1
Cát bụi lẫn bụi (5)	1.70	1.66	1.45	0.80	0.055	0.007	6.1	0.3	6.4
Sét lẫn sét bụi (3)	2.05	1.72	1.45	0.80	0.076	0.011	6.6	0.6	7.2
Bụi sét lẫn sét bụi (4)	2.85	1.69	1.68	0.65	0.132	0.027	5.8	1.8	7.6
Sét lẫn sét bụi (3)	1.70	1.69	1.68	0.70	0.071	0.005	3.3	0.2	3.5
Cát lẫn cát bụi (6)	0.50	1.69	1.68	0.97	0.132	0.005	1.2	0.1	1.3
Cát bụi lẫn bụi (5)	0.90	1.68	1.68	0.97	0.132	0.005	2.1	0.1	2.2
Sét lẫn sét bụi (3)	3.40	1.68	1.68	0.97	0.132	0.005	6.9	0.4	7.3
Tổng cộng:	23.5						75.1	11.9	87

Bảng 2. Độ lún của nền đất khu vực Cần Thơ khi gia tải đắp cát chiều cao 2 m

Lớp đất	Chiều dày, m	Khối lượng thể tích, g/cm ³	Hệ số rỗng e ₀	C _c	C _s	C _a	Độ lún cố kết sơ cấp, cm	Độ lún cố kết thứ cấp, cm	Tổng độ lún, cm
Cát lẫn sét bụi (6)	2.74	1.57	1.82	0.8	0.1	0.028	2.4	1.8	4.2
Sét lẫn sét bụi (3)	0.20	1.57	1.79	0.8	0.1	0.028	0.2	0.1	0.3
Bụi sét lẫn sét bụi (4)	2.66	1.57	1.79	0.74	0.11	0.028	1.9	1.7	3.6
Sét lẫn sét bụi (3)	1.05	1.54	1.79	0.8	0.1	0.028	0.6	0.7	1.3
Bụi sét lẫn sét bụi (4)	1.35	1.54	1.79	0.74	0.11	0.014	0.7	0.9	1.6
Sét lẫn sét bụi (3)	4.04	1.54	1.79	0.8	0.1	0.011	1.8	2.2	4.0
Bụi sét lẫn sét bụi (4)	0.86	1.50	1.80	0.74	0.11	0.011	0.4	0.2	0.6
Sét lẫn sét bụi (3)	17.45	1.50	1.80	0.75	0.12	0.009	21.3	4.1	25.4
Tổng cộng:	30.35						29.3	11.7	41



Hình 8. Độ lún tính toán của nền đất khu vực Vĩnh Long và Cần Thơ

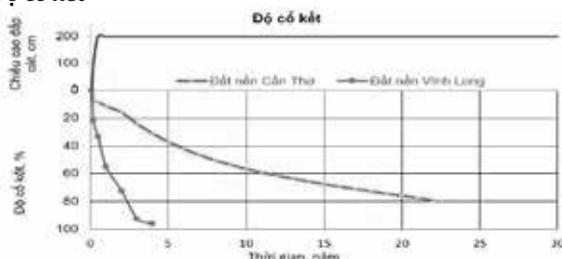


Hình 9. Độ lún theo thời gian của nền đất khu vực Vĩnh Long và Cần Thơ

Độ lún cố kết của đất nền khu vực Vĩnh Long có giá trị 87 cm (Hình 8). Tốc độ lún trung bình của nền (Hình 9), gần 29 cm/năm, thể hiện khả năng thoát nước cao, dễ dàng đạt độ cố kết khi xử lý bằng cách đắp cát gia tải. Đối với đất nền khu vực Cần Thơ, độ lún cố kết đạt giá trị 41 cm (Hình 8), tốc độ lún trung bình của đất nền thấp hơn nhiều (Hình 9), gần 2 cm/năm; giá trị độ lún nhỏ, tốc độ lún thấp phản ánh đặc điểm nền đất bị ảnh hưởng bởi các yếu tố gây lún kéo dài, cụ thể là đặc tính thoát nước một chiều là một trong những nguyên nhân chính. Do đó ngoài sử dụng biện pháp gia tải cần kết hợp các biện pháp thoát nước khác để đảm bảo độ cố kết yêu cầu của nền đất.

Tóm lại, kết quả tính tốc độ lún tại Vĩnh Long lớn hơn rất nhiều tốc độ lún khu vực Cần Thơ. Nguyên nhân là nền thoát nước của Vĩnh Long là thoát nước 2 chiều và có nhiều lớp cát xen kẽ trong lớp sét yếu như Hình 5c. Trong khi, khu vực Cần Thơ mô hình thoát nước là 1 chiều, lớp sét loại (3) (4) chiếm toàn bộ nền. Cấu trúc địa kỹ thuật ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ thoát nước.

Độ cố kết



Hình 10. Độ cố kết của đất nền khu vực Vĩnh Long

Nền đất tại Vĩnh Long cố kết nhanh hơn nhiều so với Cần Thơ. Trong khi đất nền tại Vĩnh Long đạt 96% cố kết chỉ sau khoảng 3 năm, thì tại Cần Thơ vẫn chưa đạt được mức này ngay cả sau 22 năm (Hình 10). Điều này cho thấy đất tại Vĩnh Long có điều kiện thoát nước tốt hơn, giúp quá trình cố kết diễn ra nhanh chóng. Đối với đất nền khu vực Cần Thơ, do thời gian cố kết dài, khi xây dựng công trình cần kết hợp biện pháp thoát nước bổ sung để đảm bảo độ cố kết và thời gian cố kết.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình cấu trúc địa kỹ thuật nền đất khu vực Vĩnh Long đặc trưng bởi sự xen kẽ của nhiều lớp cát trong nền đất yếu, cho phép thoát nước theo hai chiều. Đặc điểm này dẫn đến tốc độ cố kết nhanh với độ lún trung bình khoảng 29 cm/năm khi đắp nền đường cao 2 m, và thời gian gia tải đạt hiệu quả trong khoảng 3 năm. Do đó, phương án xử lý nền bằng gia tải trước đảm bảo điều kiện cố kết yêu cầu trong trường hợp này.

Trong khi đó, mô hình cấu trúc địa kỹ thuật nền đất khu vực Cần Thơ chủ yếu là đất sét yếu có chiều dày lớn, khả năng thấm nước thấp với mô hình thoát nước một chiều. Tốc độ lún trung bình chỉ khoảng 2 cm/năm, tổng độ lún ước tính là 41 cm cho chiều cao nền đường tương đương và thời gian cố kết dự kiến kéo dài trên 20 năm. Vì vậy, việc xử lý nền tại khu vực này đòi hỏi phải kết hợp gia tải trước với các giải pháp tăng cường thoát nước như bắc thấm và/hoặc hút chân không để rút ngắn thời gian cố kết và đảm bảo ổn định công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Das, B. and Sobhan, K. (2018). Chapter 11: Compressibility of Soil. Lori Martinsek. Principles of Geotechnical Engineering. 9th Edition, (pp390-468) CENGAGE Learning, Boston.
- [2]. Murad Y. Abu-Farsakh and Zhongjie Zhang and Mehmet T. Tumay and Georgia Gulf and Mark J. Morvant, (2008). Development of MS-Windows CPT Soil Classification Software. 87 Transportation Research Board Annual Meeting, January 13-17, 2008, Washington, D.C. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59894253>.
- [3]. P. K. Robertson. 1990. Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal. 27(1): 151-158. <https://doi.org/10.1139/t90-014>.
- [4]. Truong, M. H., Nguyen, V. L., Ta, T. K. O., and Takemura, J. (2011). Changes in late Pleistocene-Holocene sedimentary facies of the Mekong River Delta and the influence of sedimentary environment on geotechnical engineering properties. Engi-neering Geology, 122(3), 146-159. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2011.05.012>.
- [5]. Truong, M. H., Nguyen, V. L., Ta, T. K. O., and Takemura, J. (2016). The influence of delta formation mechanism on geotechnical property sequence of the late Pleistocene-Holocene sediments in the Mekong River Delta. Heliyon, 2(11), e00165. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00165>.

Đánh giá ứng xử của tường tầng hầm bằng phương pháp phần tử hữu hạn và quan trắc tại hiện trường

Evaluation the behavior of diaphragm wall by finite element modeling and on-site monitoring

> NGUYỄN THANH HẢI*, NGUYỄN VĂN HẢI, NGÔ TRUNG HIỀN

Trường Đại học Xây dựng Miền Trung

Email: nguyenthanhhai@muce.edu.vn

TÓM TẮT

Tường tầng hầm (tường barrette) là một loại kết cấu tường chịu lực được sử dụng tương đối phổ biến trong xây dựng móng sâu và thi công các công trình ngầm. Việc đánh giá ứng xử của tường cần được thực hiện trong cả giai đoạn thiết kế và thi công. Một trong những vấn đề được quan tâm là đánh giá chuyển vị ngang của tường khi chịu tải trọng áp lực đất và tải trọng công trình lân cận khi thi công hố đào sâu. Bài viết này trình bày phương pháp xác định chuyển vị của tường barrette bằng việc sử dụng các mô hình phần tử hữu hạn. Kết quả nghiên cứu đã tính toán được chuyển vị ngang của tường và so sánh với giá trị quan trắc hiện trường. Từ đó, có thể giúp các kỹ sư đánh giá được ứng xử của tường và lựa chọn được phương pháp có độ tin cậy cao khi thiết kế.

Từ khóa. Tường vây, tường barrette, áp lực đất, chuyển vị ngang, hố đào mở.

ABSTRACT

Diaphragm wall is a type of load-bearing wall structure that is commonly used in deep foundation construction and underground construction. The evaluation of wall behavior needs to be carried out during both the design and construction stages. One of the issues of concern is the evaluation of the horizontal displacement of the wall when subjected to soil pressure loads and adjacent structures loads during deep excavation construction. This study presents a method for determining the displacement of barrette walls by using finite element models. The research results have calculated the horizontal displacement of the wall and compared it with the on-site monitoring value. From there, it can help engineers evaluate the behavior of the wall and choose a highly reliable method when designing.

Keywords. Diaphragm walls, barrette wall, soil pressure, horizontal displacement, open excavation.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, việc xây dựng các công trình cao tầng ngày càng phát triển để đáp ứng với tốc độ đô thị hóa tại các thành phố lớn. Việc sử dụng công trình có nhiều tầng hầm ngày càng phổ biến. Tường barrette là một trong những giải pháp kết cấu mang lại tính hiệu quả cao. Tường barrette thường được sử dụng cho tầng hầm của các tòa nhà nhiều tầng hoặc làm tường vây cho các ga ngầm hoặc hầm đường bộ. Nhiệm vụ của chúng là giúp ngăn cản đất, nước ngầm và chống sụt lở đất trong quá trình thi công. Tường có chiều dài là chu vi bao quanh tầng hầm, và được tạo thành bằng cách kết nối các tấm tường, chiều dài tiết diện tấm tường khoảng từ 3÷6 m, tùy thuộc vào thiết bị gàu đào. Tường thường có chiều dày từ 0.6÷1.5 m đảm bảo khả năng chịu lực và chống thấm tốt [1]. Tường được thiết kế để bảo vệ các hố móng sâu khỏi sự sập đổ thành trong quá trình đào và trong trường hợp kết hợp các chức năng của móng, chịu (tiếp nhận) tải trọng từ công trình [2]. Do có khả năng chịu lực tốt nên tường barrette có khả năng ứng dụng trong các lĩnh vực khác như xây dựng công trình giao thông thủy lợi, làm tường chắn sóng hoặc kè bảo vệ bờ sông.

Hiện nay, có nhiều nghiên cứu đã đánh giá ứng xử của tường tầng hầm (tường vây, tường barrette), phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến nội lực hoặc chuyển vị ngang của tấm tường [3, 4, 5]. N. N. Thắng [4] đã sử dụng Plaxis 3D để khảo sát bài toán ảnh hưởng chiều dày tường vây tới chuyển vị và phân bố nội lực trong tường. Kết quả tính toán cho thấy chuyển vị ngang của tường biến thiên tỷ lệ nghịch với độ cứng của tường. Tác giả đề xuất lựa chọn chiều dày tường khi xét đến chuyển vị tối ưu nhất và biến thiên momen dương thay đổi không đáng kể nhiều khi độ cứng tường tăng lên trong khi biến thiên momen âm tăng nhanh. Do vậy, khi chọn chiều dày tường nên căn cứ theo yêu cầu về độ cứng chịu uốn và chịu momen cho phù hợp. Ngoài ra, tác giả cũng đã tiến hành phân tích thực nghiệm chuyển vị ngang của tường vây bê tông cốt thép khi thi công theo phương pháp Top-Down cho công trình chung cư thuộc phường Đống Đa, Hà Nội [6]. Kết quả cho thấy giá trị thực nghiệm chênh lệch với kết quả mô hình từ 3.32% đến 9.37%. Bên cạnh đó, độ cứng gối đỡ sàn cũng ảnh hưởng tới trị số chuyển vị ngang tương ứng.

N. T. Trung và cộng sự [7] đã đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị của tường vây hố đào sâu thi công theo biện pháp Bottom

– up tại công trình Etown 5, TP.HCM. Nghiên cứu này ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn nhằm đánh giá ảnh hưởng của chiều sâu, bề dày tường vây và khoảng cách các thanh chống đến chuyển vị của tường vây hố đào sâu. Kết quả cho thấy chiều sâu và bề dày của tường vây là những các yếu tố ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị và ổn định tổng thể của tường vây hố đào. Trong khi đó, khoảng cách các thanh chống theo phương ngang và lực kích trước trong các hệ chống ảnh hưởng rất lớn đến độ cứng tổng thể của tường vây và chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu.

Việc ứng dụng mô hình phần tử hữu hạn khi phân tích ứng xử của tấm tường giúp các kỹ sư có thể lựa chọn biện pháp tối ưu trong giai đoạn thiết kế, như lựa chọn chiều dày tường hoặc tính toán lựa chọn tiết diện cột chống tạm khi thi công. Tuy nhiên, việc phân tích mô hình và so sánh với kết quả quan trắc hiện trường vẫn chưa được khảo sát nhiều.

Bài viết này trình bày các phương pháp xây dựng mô hình phần tử hữu hạn cho tường tầng hầm bằng phần mềm ETABS 9.7.4, PLAXIS 2D 8.2 và so sánh với kết quả quan trắc hiện trường. Từ đó,

đánh giá tính hiệu quả của các phương pháp trong giai đoạn thiết kế và đề xuất được phương pháp mang lại độ tin cậy cao.

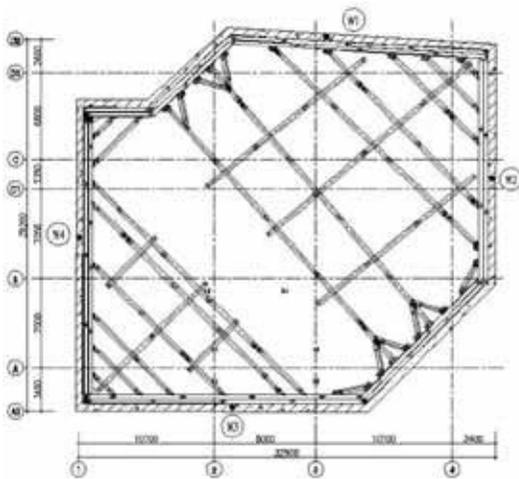
2. MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN CỦA TẤM TƯỜNG

2.1. Phân tích chuyển vị tường bằng phần mềm etabs

Công trình được sử dụng trong bài viết này là Tòa nhà The Light được xây dựng tại TP Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên nay là tỉnh Đắk Lắk vào năm 2020, công trình có chiều cao là 74m với 20 tầng nổi và 02 tầng hầm [8]. Công trình thi công theo phương pháp đào mở, sử dụng tường Barrette và các thanh chống bằng thép hình (Hình 1). Mô hình xây dựng với hố đào sâu có kích thước dài 32.8 m, rộng 29.2 m, sâu 9.55 m dùng 2 hệ thanh chống ngang bằng thép hình H350 tại cao độ -2m, -5 m so với mặt đất. Chiều dày tường Barrette là 600 mm, chiều sâu là 18 m. Công trình được xây dựng trên khu vực gồm 4 lớp đất đá, với trạng thái và chiều dày được liệt kê trong Bảng 1. Trong phạm vi chiều sâu lỗ khoan cho thấy có mực nước ngầm nằm trong các lớp cát hạt thô, cát sỏi (lớp 1 và lớp 2). Tại thời điểm khảo sát cho thấy mực nước ngầm ổn định, dao động từ -3.0 m đến -3.3 m tính từ mặt đất tự nhiên.

Bảng 1. Các lớp đất tại vị trí xây dựng công trình [9]

STT	Loại đất	Trạng thái	Chiều dày (m)	Trọng lượng đơn vị (kN,m ³)	Mô đun đàn hồi (kN/m ²)	Lực dính đơn vị (kN/m ²)	Góc nội ma sát (độ)
1	Cát hạt thô	Kết cấu chặt vừa, trạng thái ẩm đến bão hòa.	7.5-8	17.4	20000	0.001	29
2	Cát sỏi	Kết cấu chặt, đất ở trạng thái bão hòa.	18.5-19.5	18	22000	0.2	30
3	Á sét	Đẻo cứng	14.5-19.0	16.4	25000	14.5	17.5
4	Đá quartzit	Nứt nẻ	> 5.5	-	-	-	-



Hình 1. Mặt bằng bố trí tường barrette, điểm quan trắc và hệ thanh chống của công trình the Light

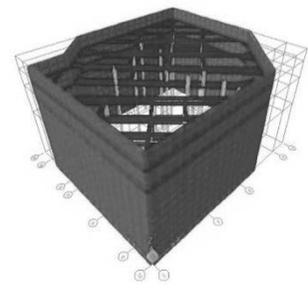
Mô hình không gian 3 chiều cho tường barrette được xây dựng như Hình 2b. Các tải trọng được khai báo vào mô hình dạng tải trọng phân bố đều. Theo đó, tải trọng tác dụng lên tường barrette bao gồm tải do áp lực của đất, nước ngầm, và tải trọng bản thân tường tầng hầm cũng như của các công trình lân cận tác dụng vào tường [2]. Dạng chuyển vị ngang của tường được mô tả trong Hình 3. Kết quả cho thấy chuyển vị tại đỉnh tường là 3.6 mm, và tại thân tường chuyển vị ngang đạt giá trị lớn nhất là 12 mm.

2.2. Phân tích chuyển vị của mô hình bằng plaxis

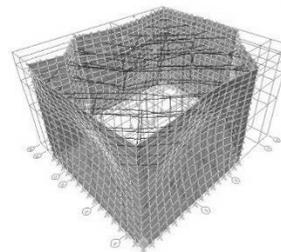
Mô hình tường Barrette được xây dựng bằng PLAXIS 2D 8.2 như Hình 4, với các giai đoạn thi công được khai báo theo trình tự thi công tại công trình. Bao gồm các giai đoạn từ thi công tường, đào đất đến lắp đặt hệ thanh chống.



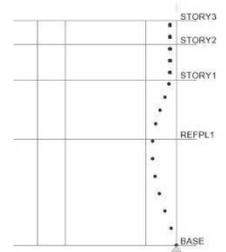
a. Hệ thanh chống cho tường
Hình 2. Xây dựng mô hình trong ETABS



b. Mô hình 3D



a. Chuyển vị ngang của mô hình
Hình 3. Chuyển vị của tấm tường

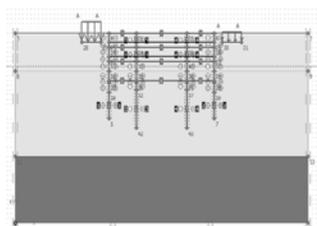


b. Dạng chuyển vị của tường

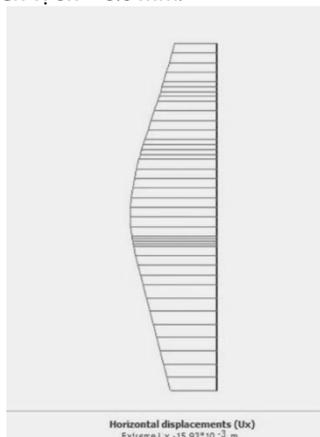
Tải trọng công trình được khai báo vào mô hình bao gồm tải trọng do công trình lân cận tác dụng, lấy bằng 20 kN/m² và được gắn vào bên trái mô hình với bề rộng truyền tải là 5 m, vị trí gắn tải cách tường tầng hầm 2 m. Bên phải mô hình là đường giao thông, không có công trình nên khai báo giá trị 10 kN/m² là tải thi công cho

vật liệu, ô tô chở vật liệu hoặc thiết bị thi công sử dụng cho công trình. Mực nước ngầm nằm khai báo tại vị trí -3,0 m đến -3,3 m so với mặt đất tự nhiên. Các thanh chống bằng thép hình được mô tả là thanh neo với tầng thanh chống 1 cách mặt đất 2,0m và tầng thanh chống 2 cách mặt đất là 5,0 m.

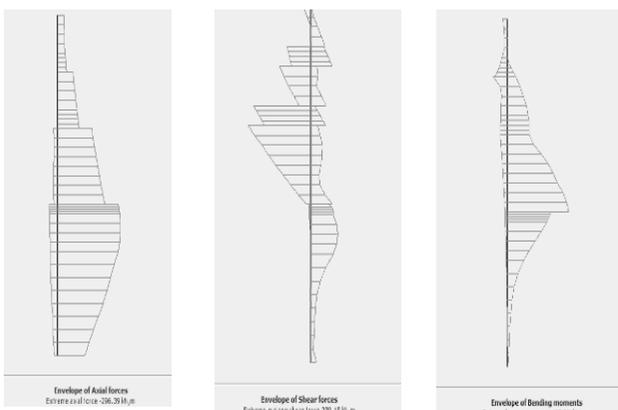
Các biểu đồ nội lực của tường được thể hiện như Hình 6, dạng chuyển vị tường thể hiện trong Hình 5, với kết quả mô hình cho thấy chuyển vị tường barrette lớn nhất với giá trị $U_x = 15.93$ mm tại độ sâu từ 9,0 m và tại chân tường có chuyển vị $U_x = 8.6$ mm.



Hình 4. Mô hình tính toán cho tường



Hình 5. Dạng chuyển vị của tường bằng phần mềm PLAXIS



Hình 6. Nội lực của tường

3. QUAN TRẮC CHUYỂN VỊ TRƯỜNG TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG

Công tác quan trắc được đơn vị quản lý dự án thực hiện tại công trình nhằm theo dõi độ dịch chuyển của tường barrette trong quá trình thi công tăng hầm. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Báo cáo quan trắc chuyển vị ngang của tường barrette [10]. Giá trị chuyển vị ngang được ghi lại bằng thiết bị đo INCLINOMETER-ZCT-CX03 với phạm vi đo là ± 30 độ, độ chính xác 0.05 độ.

Trong phạm vi công trình, có 4 vị trí được đặt thiết bị quan trắc tương ứng với 4 phía của tường barrette, ký hiệu các vị trí quan trắc là W1, W2, W3, W4 được thể hiện trong Hình 1. Các thiết bị đo quan trắc được lắp đặt như thể hiện ở Hình 7. Công tác quan trắc chuyển vị ngang của tường barrette thực tế tại công trường gồm 17 chu kỳ, cứ 1 tuần thì tiến hành công tác kiểm tra quan trắc 1 lần. Theo đó giá trị chuyển vị lớn nhất của tường barrette ứng với các giai đoạn lần lượt như sau: giai đoạn đào đất đợt 1 là 9.1mm, giai đoạn

đào đất đợt 2 là 8.7 mm, giai đoạn đào đất đợt 3 là 9.9 mm [11]. Theo qui định của tiêu chuẩn thì chuyển vị tường barrette thỏa điều kiện chuyển vị ngang, đảm bảo an toàn cho quá trình thi công và công trình lân cận.

Hình 8 thể hiện kết quả quan trắc ứng với chu kỳ 17, tương ứng giai đoạn thi công sàn tầng 1 với biểu đồ chuyển vị theo chiều sâu của tường. Kết quả cho thấy giá trị chuyển vị ngang lớn nhất là tại vị trí đo W1, chuyển vị đạt giá trị 13.13 mm ở độ sâu 9m. Vị trí đo W2 ghi nhận giá trị chuyển vị lớn nhất là 9.17 mm tại độ sâu 7.5 m. Vị trí W3 có giá trị chuyển vị lớn nhất là 13.02 mm tại độ sâu 8.0 m. Vị trí W4 có giá trị chuyển vị lớn nhất là 7.95 mm tại độ sâu 8.5 m.

Biểu đồ các điểm đo trên Hình 8 cho thấy tại đỉnh tường của 4 điểm quan trắc đều có sự chuyển vị ngang. Tại đỉnh tường của các điểm W1, W2, W3 đều thấy có sự dịch chuyển vào trong hố đào khoảng 5 mm. Tuy nhiên tại điểm đo số W4 đỉnh tường dịch chuyển ra ngoài hố đào, sở dĩ có xảy ra hiện tượng này là do trong quá trình thi công sử dụng kích tăng đỡ chống đỡ tường, khi lực đẩy lớn sẽ đẩy đỉnh tường dịch chuyển ra ngoài khoảng 10mm.

Quan sát kết quả chuyển vị chân tường tại 4 điểm đo đều không thấy sự dịch chuyển rõ ràng hoặc dịch chuyển rất bé $0 < 10$ mm, chứng tỏ chân tường đứng yên, cố định. Có thể thấy chiều sâu hố đào nhỏ hơn $\frac{1}{2}$ chiều dài tường nên không ảnh hưởng đến chuyển vị tại chân tường.

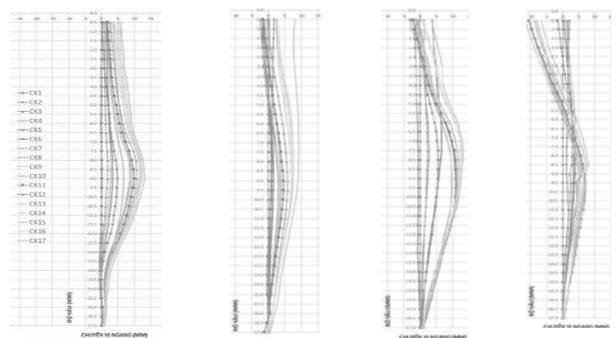
Giá trị dịch chuyển ngang lớn nhất tại các điểm đo ghi nhận được ở vị trí đo W1 với độ sâu 9.0 m là 13.13 mm. Như vậy, độ dịch chuyển này là rất bé (khoảng 21.8%) so với độ chuyển dịch cho phép $L/150 = 9000/150 = 60$ mm.



Hình 7.a. Lắp đặt thiết bị đo



Hình 7.b. Ghi nhận số liệu quan trắc



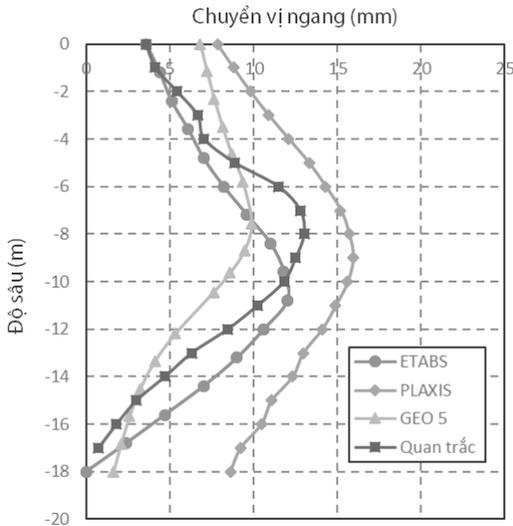
Hình 8. Kết quả quan trắc chuyển vị ngang [10]

4. NHẬN XÉT KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Bài viết thực hiện phân tích chuyển vị ngang của tường bằng phương pháp phần tử hữu hạn, sau đó so sánh với kết quả quan trắc thực tế và kết quả tính toán bằng phần mềm GEO 5 được trình bày trong Phụ lục thiết kế kết cấu của đơn vị tư vấn thiết kế [11]. Kết quả cho thấy chuyển vị tường đạt giá trị lớn nhất ở độ sâu 8-11 m (Hình 9). Giá trị chuyển vị ngang tại các vị trí đỉnh tường, thân tường và chân tường được liệt kê trong Bảng 2. Theo đó, kết quả từ mô hình tính toán bằng phần mềm ETABS cho kết quả gần với quan trắc thực tế, chênh lệch khoảng 9%. Kết quả của PLAXIS 2D chênh lệch khoảng 22% và thiên về an toàn. Trong khi đó, phần mềm GEO 5 cho giá trị nhỏ hơn thực tế quan trắc và chênh lệch khoảng 31%. Như vậy, việc tính toán bằng phần mềm ETABS cho giá trị chuyển vị ngang không chênh lệch nhiều so với quan trắc tại hiện trường. Có thể thấy rằng, việc xây dựng mô hình hệ tường barrette và thanh chống bằng mô hình không gian đã giúp phản ánh ứng xử của tường gần đúng với thực tế làm việc của hệ kết cấu.

Bảng 2. Chuyển vị ngang của các phương pháp tính toán

Vị trí	Độ sâu (m)	Chuyển vị ngang (mm)			Quan trắc
		ETABS	PLAXIS	GEO 5	
Đỉnh tường	0	3.6	7.8	6.8	3.6
Thân tường	-9	12.0	15.9	8.6	12.5
Chân tường	-18	0.0	8.6	1.6	0.7



Hình 9. Chuyển vị ngang khi tính với các phương pháp khác nhau

5. KẾT LUẬN

Việc đánh giá chuyển vị ngang của tường barrette đã được thực hiện bằng phương pháp phần tử hữu hạn và so sánh với kết quả quan trắc hiện trường. Kết quả đã đánh giá được dạng chuyển vị ngang của tường theo độ sâu và có thể phân tích theo từng giai đoạn thi công. Việc tính toán bằng phần mềm ETABS cho kết quả không chênh lệch nhiều so với kết quả quan trắc tại hiện trường. Có thể thấy rằng, khi lập sơ đồ tính toán, với trường hợp chiều sâu hố đào nhỏ hơn 1/2 chiều dài tường thì cho kết quả chuyển vị không chênh lệch nhiều với giá trị quan trắc thực tế. Tuy nhiên, khi sử dụng phần mềm PLAXIS, GEO 5 thì việc mô hình tương đối phức tạp. Việc mô phỏng từ giai đoạn bắt đầu đến khi kết thúc quá trình thi công có kể đến sự tương tác giữa đất nền với tường barrette còn mang tính chất tương đối nên kết quả mô hình vẫn có sự chênh lệch so với kết quả quan trắc. Do đó, trong giai đoạn thiết kế việc kiểm tra

chuyển vị ngang của tường có thể được thực hiện bằng cách kết hợp nhiều phương pháp khác nhau nhằm đánh giá đầy đủ về ứng xử của tường và có thể đề ra được giải pháp thiết kế và biện pháp thi công thích hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thanh Hải, Chu Thị Hải Vinh, Giáo trình thi công nhà nhiều tầng bê tông cốt thép toàn khối, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2024.
- [2]. TCVN 14213-1 : 2024-Tường Barrette – Phần 1: Yêu cầu thiết kế thi công, Viện khoa học công nghệ xây dựng (Bộ Xây dựng), 2024.
- [3]. J. Jasmine Nisha, M. Muttharam, "Deep Excavation Supported by Diaphragm Wall: A Case Study," *Indian Geotechnical Journal*, vol. 47, pp. 373-383, 2017.
- [4]. N. N. Thăng, "Phân tích lựa chọn chiều dày tường vây bê tông cốt thép cho hố đào sâu nhà cao tầng bằng phương pháp phần tử hữu hạn," *Tạp chí Xây dựng*, vol. Số tháng 5.2023, pp. 65-69, 2023.
- [5]. Chia-Feng Hsu, Yi-Hao Tsai, Yue-Rong Chen, Yeou-Fong Li, Shong-Loong Chen, "Normalized analysis of deformation for deep excavation diaphragm walls under different neighboring building conditions," *Results in Engineering*, vol. 22, no. 102155, 2024.
- [6]. N. N. Thăng, "Phân tích thực nghiệm chuyển vị ngang tường vây bê tông cốt thép tầng hầm nhà cao tầng, thi công theo phương pháp Top-Down," *Tạp chí Xây dựng*, vol. Số tháng 10.2023, pp. 86-89, 2023.
- [7]. Nguyễn Thành Trung, Trần Thanh Danh, "Các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị của tường vây hố đào sâu thi công theo biện pháp Bottom-up tại Tp. HCM," *Tạp chí Xây dựng*, vol. Số tháng 11.2023, pp. 120-126, 2023.
- [8]. "Hồ sơ công trình The Light Phú Yên, 220 Trần Hưng Đạo, phường 4, Tp Tuy Hòa, Phú Yên," 2020.
- [9]. "Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình, dự án: tòa nhà hỗn hợp The Light," Công ty TNHH Khảo sát xây dựng Hưng Phú, 2019.
- [10]. "Báo cáo quan trắc chuyển vị ngang của tường vây, chu kỳ: 17, công trình tòa nhà hỗn hợp The Light Phú Yên," Đơn vị quan trắc: Công ty TNHH Thương mại dịch vụ Xây dựng NVH, 2020.
- [11]. "Phụ lục Kết cấu TKBVTC, công trình The light, Phú Yên," 2020.

Giải pháp về hạ tầng kỹ thuật xanh góp phần phát triển bền vững khu công nghiệp sinh thái ở Việt Nam

Green infrastructure solutions contribute to sustainable development of eco-industrial park in vietnam

> PGS.TS NGUYỄN HỒNG TIẾN

Nguyên Cục trưởng Cục Hạ tầng kỹ thuật, Bộ Xây dựng

TÓM TẮT

Trên thế giới, mô hình khu công nghiệp (KCN) sinh thái đã được chứng minh là giải pháp hữu hiệu, giúp tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên, giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, đồng thời tạo ra lợi thế cạnh tranh cho các doanh nghiệp trong bối cảnh thị trường ngày càng chú trọng đến các giải pháp bền vững. Tại Việt Nam, trước áp lực ngày càng gia tăng từ các cam kết quốc tế về bảo vệ môi trường và yêu cầu phát triển kinh tế xanh, KCN sinh thái đang ngày càng được chú trọng. Các KCN được quy hoạch và đầu tư xây dựng kết cấu hạ tầng theo hướng đồng bộ, hiện đại và thân thiện với môi trường đang thu hút sự quan tâm của các nhà đầu tư phát triển. Bài viết khái quát về KCN sinh thái và tổng hợp đề xuất một số giải pháp về hạ tầng kỹ thuật xanh góp phần thúc đẩy phát triển các KCN sinh thái tại Việt Nam.

Từ khóa: Khu công nghiệp, Khu công nghiệp sinh thái, quy hoạch khu công nghiệp sinh thái, hạ tầng xanh.

ABSTRACT

In the world, the ecological industrial park (IP) model has been proven to be an effective solution to optimize the use of resources, minimize negative impacts on the environment, and create competitive advantages for businesses in the context of the market increasingly focusing on sustainable solutions. In Vietnam, with increasing pressure from international commitments on environmental protection and the requirement for green economic development, ecological IPs are also being focused on. IPs are planned and invested in, especially investing in the construction of industrial park infrastructure in a synchronous, modern and environmentally friendly direction, which is of interest to development investors. This article provides an overview of ecological industrial parks and synthesizes and proposes a number of green technical infrastructure solutions to contribute to promoting the development of ecological industrial parks in Vietnam.

Keywords: Industrial park; Ecological industrial park; Ecological industrial park planning; Green infrastructure.

1. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ KCN SINH THÁI

KCN sinh thái là mô hình KCN mà trong đó các doanh nghiệp tham gia vào hoạt động sản xuất sạch hơn và sử dụng hiệu quả tài nguyên một cách hiệu quả. Có sự liên kết, hợp tác trong sản xuất để thực hiện hoạt động sinh công nghiệp.

KCN sinh thái phải đáp ứng 8 tiêu chí sau (1) Kết cấu hạ tầng phải đúng pháp luật và bảo vệ môi trường, lao động; (2) Hạ tầng kết cấu đầy đủ dịch vụ cơ bản; (3) Sử dụng tài nguyên hiệu quả và sản xuất sạch; (4) Có diện tích đất cho công trình cây xanh; (5) Liên kết cộng sinh công nghiệp; (6) Xây dựng công trình xã hội cho người lao động; (7) Có cơ chế giám sát, quản lý bảo vệ môi trường; (8) Thực hiện công bố báo cáo bảo vệ môi trường.

KCN sinh thái đóng góp đáng kể trong ứng phó biến đổi khí hậu, phát triển công nghiệp xanh, đảm bảo an ninh năng lượng và phát triển bền vững.

Dưới góc độ phát triển bền vững xây dựng KCN sinh thái có 3 lợi ích chính:

Thứ nhất lợi ích về kinh tế

(1) Tiết kiệm nguyên vật liệu và năng lượng: KCN sinh thái thúc đẩy việc tái chế, tái sử dụng nguyên vật liệu và năng lượng. Nhờ đó, doanh nghiệp trong khu vực giảm được chi phí sản xuất và hoạt động, làm tăng hiệu quả kinh tế tổng thể.

(2) Chia sẻ chi phí dịch vụ chung: KCN sinh thái cho phép các doanh nghiệp chia sẻ chi phí cho các dịch vụ chung như quản lý chất thải, đào tạo nhân lực, nguồn cung cấp và hệ thống thông tin môi trường, cũng như các dịch vụ hỗ trợ khác.

(3) Cơ chế hỗ trợ tài chính khi tiếp thu công nghệ mới: KCN sinh thái tạo cơ hội cho doanh nghiệp tiếp thu công nghệ mới và cơ chế hỗ trợ tài chính. Việc áp dụng các công nghệ tiên tiến giúp cải thiện sản phẩm, quy trình sản xuất và tăng cường cạnh tranh trên thị trường.



Hình 1. Mô hình KCN sinh thái, giải pháp cần thiết cho các doanh nghiệp Việt Nam

Thứ hai lợi ích về xã hội

(1) Cải thiện sức khỏe và an toàn cho người lao động: Các doanh nghiệp hoạt động trong KCN sinh thái cần tuân thủ các tiêu chuẩn an toàn lao động và bảo vệ sức khỏe người lao động. Nhờ vậy, sức khỏe và an toàn của người lao động sẽ được đảm bảo, giúp giảm nguy cơ tai nạn lao động và bệnh tật nghề nghiệp.

(3) Tăng chất lượng sống cho cộng đồng: KCN sinh thái bao gồm các tiện ích công cộng như nhà ở, trường học, bệnh viện và cơ sở hạ tầng giao thông. Từ đó, tăng chất lượng sống cho cộng đồng xung quanh KCN.

(4) Thực hiện mục tiêu quản lý Nhà nước về bền vững: KCN sinh thái hướng đến quản lý công nghiệp và KCN theo hướng bền vững, thực hiện cam kết quốc tế về bảo vệ môi trường.

(5) Cải thiện năng lực cạnh tranh và lợi nhuận: KCN sinh thái thúc đẩy việc sử dụng tài nguyên và năng lượng hiệu quả hơn, cải thiện quy trình sản xuất và tiết kiệm chi phí. Điều này tạo ra năng lực cạnh tranh mạnh mẽ và gia tăng lợi nhuận cho các doanh nghiệp hoạt động trong KCN.

Thứ ba lợi ích về môi trường

(1) Giảm thiểu chất thải POP và nhà kính: KCN sinh thái thường áp dụng công nghệ tiên tiến và quy trình sản xuất sạch hơn, giúp giảm thiểu độc hại (chất thải POP) và khí nhà kính. Điều này góp phần vào sự bảo vệ môi trường và giảm tác động biến đổi khí hậu.

(2) Chia sẻ tiện ích trong KCN: KCN sinh thái thường có các tiện ích công cộng như trạm xử lý nước thải, hệ thống quản lý chất thải, và cơ sở hạ tầng xanh. Các doanh nghiệp trong khu vực có thể chia sẻ những tiện ích này, giúp giảm lượng tài nguyên cần sử dụng và tạo ra môi trường bền vững.

(3) Chia sẻ nguyên vật liệu sản xuất: KCN sinh thái thúc đẩy việc chia sẻ nguyên vật liệu sản xuất giữa các doanh nghiệp trong khu vực. Từ đó tối ưu hóa sử dụng tài nguyên và giảm lượng chất thải sinh ra.

(4) Tiếp thu công nghệ mới và cơ chế hỗ trợ tài chính: KCN sinh thái thường tiếp thu công nghệ mới và được hỗ trợ tài chính để thực hiện các cải tiến về môi trường. Điều này đảm bảo rằng các doanh nghiệp trong khu vực luôn nắm bắt các phát triển mới nhất và góp phần vào bảo vệ môi trường.

2. MỤC TIÊU VÀ NGUYÊN TẮC QUY HOẠCH KCN SINH THÁI

2.1. Mục tiêu quy hoạch

Mục tiêu của quy hoạch KCN sinh thái không chỉ đơn thuần là xây dựng các nhà máy hay cơ sở sản xuất. Nó còn liên quan đến nhiều yếu tố khác nhau như phát triển bền vững, đảm bảo an toàn môi trường và tạo ra việc làm cho người lao động.

- *Phát triển bền vững:* Quy hoạch KCN sinh thái cần phải đảm bảo sự phát triển bền vững. Điều này có nghĩa là việc khai thác tài nguyên thiên nhiên và phát triển kinh tế không được làm tổn hại đến môi trường. Trong nhiều năm qua, khái niệm phát triển bền vững đã trở thành một phần quan trọng trong chiến lược phát triển kinh tế của nhiều quốc gia. Đối với các KCN, điều này đồng nghĩa với việc tạo ra các chính sách xanh, áp dụng công nghệ sạch và giảm thiểu khí thải ô nhiễm.

- *Tạo ra việc làm:* Một trong những mục tiêu hàng đầu của quy hoạch KCN sinh thái là tạo ra việc làm cho cộng đồng địa phương.

Các KCN thường tập trung nhiều doanh nghiệp, do đó, cơ hội việc làm cũng tăng lên đáng kể. Việc tạo ra nhiều việc làm không chỉ góp phần giảm tỷ lệ thất nghiệp mà còn cải thiện đời sống cho người dân. Tuy nhiên, để đạt được điều này, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý Nhà nước và các doanh nghiệp trong việc đào tạo, nâng cao tay nghề cho người lao động.

- *Đảm bảo an toàn môi trường:* Đảm bảo an toàn môi trường cao là một trong những nhiệm vụ quan trọng trong quy hoạch KCN sinh thái. Trong quá trình sản xuất, nếu không có các biện pháp kiểm soát, có thể xảy ra các vấn đề ô nhiễm nghiêm trọng. Các KCN cần phải tuân thủ các quy định về bảo vệ môi trường, thực hiện các biện pháp xử lý chất thải và khí thải. Để thực hiện hiệu quả điều này, các cơ quan chức năng cần phải thường xuyên kiểm tra, giám sát và yêu cầu các doanh nghiệp thực hiện đúng quy định.

2. 2. Nguyên tắc quy hoạch

Quy hoạch KCN sinh thái cần tuân theo một số nguyên tắc cơ bản để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả trong quá trình triển khai.



Hình 2. Quy hoạch KCN sinh thái

- *Phù hợp với quy hoạch vùng/tỉnh và đặc biệt là quy hoạch đô thị:* KCN cần phải phù hợp với quy hoạch vùng, tỉnh và đô thị. Các quy hoạch này phải xem xét đến các yếu tố kinh tế - xã hội và môi trường để đảm bảo rằng KCN sẽ không gây tác động tiêu cực đến khu vực xung quanh. Nếu một KCN được quy hoạch gần một khu vực đô thị hiện hữu, quy hoạch đô thị cần tính toán đến việc mở rộng đường giao thông, cải thiện hệ thống cấp thoát nước, và xây dựng các khu vui chơi, giải trí để đáp ứng nhu cầu của người dân và công nhân KCN. Ngược lại, nếu KCN được quy hoạch ở khu vực xa khu dân cư, quy hoạch đô thị cần tính đến việc xây dựng các khu đô thị mới, các tuyến giao thông kết nối KCN với các khu dân cư và trung tâm đô thị.

- *Tính đồng bộ trong quy hoạch:* Tính đồng bộ là nguyên tắc quan trọng nhất trong quy hoạch KCN sinh thái. Mọi yếu tố liên quan đến quy hoạch như hạ tầng giao thông, cung cấp điện nước, và các dịch vụ xã hội đều phải được xem xét một cách đồng bộ. Điều này không chỉ giúp tiết kiệm chi phí mà còn tạo ra một môi trường kinh doanh thuận lợi cho các nhà đầu tư. Khi mọi thứ kết hợp hài hòa, các doanh nghiệp có thể vận hành một cách hiệu quả và tối ưu hóa lợi nhuận.

- *Đảm bảo tính linh hoạt:* Tính linh hoạt trong quy hoạch KCN sinh thái là yếu tố hết sức cần thiết. Trong bối cảnh thế giới không ngừng biến đổi, quy hoạch cũng cần có khả năng thích ứng để đáp ứng kịp thời với những thay đổi này.

3. HẠ TẦNG XANH VÀ CÁC GIẢI PHÁP VỀ HẠ TẦNG XANH TRONG KCN SINH THÁI

3.1. Khái niệm hạ tầng xanh, lần đầu tiên được đề xuất bởi hai nhà nghiên cứu Mark A. Benedict và Edward T. McMahon từ năm 2002, theo đó, hạ tầng xanh là "...một mạng lưới liên kết những không gian xanh nhằm bảo tồn các giá trị và chức năng của hệ sinh

thái, đồng thời mang đến các lợi ích cho con người". Khái niệm này đã nâng tầm các không gian xanh thành một hệ thống hạ tầng có vai trò quan trọng bao gồm cả các hạ tầng thiết yếu khác của đô thị như giao thông, thoát nước, cấp nước, chiếu sáng và năng lượng, thông tin liên lạc. Chúng được quy hoạch, đầu tư xây dựng, kết nối, bảo tồn, tăng cường hoặc thiết lập nhằm góp phần giải quyết các vấn đề của đô thị hóa.

3. 2. Phát triển hạ tầng xanh, là việc đầu tư, xây dựng các công trình hạ tầng kỹ thuật bao gồm giao thông, cấp nước, thoát nước và xử lý nước thải, chiếu sáng, năng lượng... và các công trình hạ tầng xã hội bao gồm công viên, cây xanh, không gian công cộng... theo hướng xanh, an toàn, thân thiện với tự nhiên và bền vững.

3. 3. Lợi ích của hạ tầng kỹ thuật xanh trong KCN sinh thái

- Giảm thiểu tác động môi trường: Giảm ô nhiễm không khí, nước, và đất, giảm phát thải khí nhà kính và bảo vệ đa dạng sinh học.

- Tiết kiệm tài nguyên: Giảm tiêu thụ năng lượng, nước, và nguyên liệu, tiết kiệm chi phí sản xuất và bảo vệ nguồn tài nguyên thiên nhiên.

- Nâng cao hiệu quả sản xuất: Tối ưu hóa quy trình sản xuất, giảm lãng phí, và tăng năng suất lao động.

- Tăng cường sức khỏe và chất lượng cuộc sống: Cải thiện môi trường sống, giảm các bệnh liên quan đến ô nhiễm, và nâng cao chất lượng cuộc sống cho người lao động và cộng đồng.

- Tăng cường khả năng cạnh tranh: Nâng cao hình ảnh và uy tín của KCN, thu hút đầu tư và lao động chất lượng cao.

- Thúc đẩy phát triển bền vững: Góp phần vào mục tiêu phát triển bền vững của quốc gia và toàn cầu.

4. GIẢI PHÁP HẠ TẦNG KỸ THUẬT XANH CHO KCN SINH THÁI

Bao gồm việc áp dụng các công nghệ và giải pháp thân thiện với môi trường, nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và thúc đẩy phát triển bền vững. Các giải pháp này tập trung vào năng lượng, nước, chất thải, giao thông, cây xanh, mặt nước, thông tin và chuyển đổi số... đồng thời tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm thiểu ô nhiễm.

Hệ thống năng lượng xanh

Sử dụng năng lượng trong KCN xanh tập trung vào việc đầu tư và tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, gió và điện khí, điều này không chỉ giúp giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch, giảm phát thải carbon mà còn giảm chi phí hoạt động trong quá trình vận hành. Ngoài ra cần áp dụng các hệ thống quản lý thông minh giúp theo dõi và tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng trong quá trình sản xuất.

Hệ thống đường dây (điện, chiếu sáng, thông tin) trong KCN phải được hạ ngầm. Khuyến khích các nhà đầu tư trong KCN sử dụng điện áp mái để phục vụ hoạt động cho các nhà máy trong KCN, giảm tiêu tốn điện năng quốc gia.

Quản lý và sử dụng nước hiệu quả

Giải pháp thu gom, xử lý và tái chế nước, chất thải trong KCN phải được xác định ngay từ đầu. Các hệ thống xử lý nước cấp thông minh giúp tối ưu hóa sử dụng nguồn nước. Sử dụng giải pháp thoát nước mưa bền vững (quản lý hiệu quả nước mưa ngay tại chỗ, lưu trữ và tái sử dụng nước mưa và giảm thiểu rủi ro ngập lụt...) Nước thải trong KCN phải được thu gom vào nhà máy xử lý, ưu tiên xử lý nước thải, nước mặt tuần hoàn, tái sử dụng để cấp nước lại cho các nhà máy sản xuất hoặc sử dụng tưới cây, rửa đường trong KCN; nước thải phải được xử lý đạt quy chuẩn quy định trước khi xả ra môi trường.

Quản lý và tái sử dụng chất thải

Tích hợp các quy trình, giải pháp tái chế chất thải trong quá trình phát triển KCN xanh rất quan trọng để giảm tác động tiêu cực đến môi trường. Công nghệ tái chế thông minh sẽ giúp giảm lượng chất

thải không phân hủy và tạo ra nguồn nguyên liệu tái chế. Áp dụng các biện pháp tái chế, tái sử dụng, và xử lý chất thải hiệu quả để giảm lượng rác thải ra môi trường.

Phát triển giao thông xanh

Phát triển giao thông công cộng sử dụng năng lượng sạch và sử dụng vật liệu xanh, công nghệ xanh cho xây dựng và phát triển kết cấu hạ tầng giao thông.

Xây dựng xanh

Sử dụng vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường trong xây dựng nhà, xưởng, công trình công nghiệp. Việc thiết kế các tòa nhà phải hướng tới tiết kiệm năng lượng và tận dụng ánh sáng tự nhiên.

Cây xanh, mặt nước và không gian xanh

Tạo ra các khu vực cây xanh, công viên, và không gian mở để cải thiện môi trường sống và giảm hiệu ứng đảo nhiệt đô thị.

Phải bố trí cây xanh quanh KCN tạo thành vành đai cách ly với bên ngoài, đoạn đi qua khu dân cư thì phải có vành đai cây xanh cách ly đảm bảo khoảng cách theo quy định; bố trí hệ thống cây xanh dọc các tuyến đường; tăng cường trồng cây xanh tại các khu vực trung tâm, hồ điều hòa, tiểu hoa viên,...

Hệ thống thông tin và chuyển đổi số

Hạ tầng công nghệ thông tin và viễn thông trong KCN cần được những dự báo, tính toán. Cơ sở dữ liệu của KCN cũng cần được số hoá ngay từ các giai đoạn ban đầu, làm nền tảng cho việc ứng dụng công nghệ thông tin trong công tác quản lý sau này. Bên cạnh đó, cần xây dựng cơ chế thúc đẩy các hoạt động cộng sinh công nghiệp thông qua dữ liệu của mạng lưới các KCN thông qua việc chia sẻ thông tin và dữ liệu về nguyên liệu, năng lượng, hóa chất, lượng nước tiêu thụ và chất thải phát sinh từ quá trình sản xuất... Hệ thống cơ sở dữ liệu cũng sẽ được liên thông với hệ thống thông tin quốc gia về KCN nhằm phục vụ tối ưu cho công tác xúc tiến, thu hút, hợp tác đầu tư và quản lý Nhà nước.

Hệ thống phòng cháy chữa cháy phải được đầu tư và tổ chức đồng bộ, đảm bảo tiêu chuẩn, quy chuẩn quy định để sẵn sàng ứng phó, xử lý các tình huống cháy, nổ.

Cộng sinh công nghiệp khuyến khích các doanh nghiệp trong khu công nghiệp chia sẻ tài nguyên, chất thải, và năng lượng để tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm thiểu tác động môi trường.

5. KẾT LUẬN

Phát triển KCN sinh thái tại Việt Nam không chỉ là xu hướng mà còn là cơ hội chiến lược cho các chủ đầu tư và nhà đầu tư trong bối cảnh yêu cầu toàn cầu về phát triển bền vững ngày càng gia tăng. Dù còn nhiều thách thức về chi phí, công nghệ, quy mô, và pháp lý, tiềm năng kinh tế, xã hội, và môi trường mà mô hình này mang lại là rất lớn.

Đầu tư, xây dựng hạ tầng kỹ thuật xanh đồng bộ, hiện đại, hiệu quả và đi trước một bước vừa là tiền đề vừa là động lực thúc đẩy phát triển bền vững các KCN sinh thái ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nghị định số 35/2022/NĐ-CP, ngày 28/5/2022 của Chính phủ về Quản lý các khu công nghiệp và khu kinh tế.
 [2]. Nguyễn Xuân Hình, "Đô thị Công nghiệp - xu hướng phát triển tất yếu" Tạp chí Xây dựng 4/2022.
 [3]. Lê Tất Quốc Anh, "Phát triển khu công nghiệp sinh thái: chuyển đổi Xanh, phát triển bền vững và cơ hội cho Hải Phòng" Ban Quản lý khu Kinh tế Hải Phòng.
 [4]. Hoàng Mạnh Nguyên, "Thực trạng và triển vọng hạ tầng khu công nghiệp xanh tại VN" Tạp chí Môi trường Xây dựng, 1/2024.
 [5]. Kỳ yếu Hội thảo "Phát triển khu công nghiệp sinh thái" tại Hải Phòng 2/2022.
 [6]. Hội thảo "Xây dựng khu Công nghiệp Sinh thái thông qua cộng sinh công nghiệp và giải pháp bền vững" tại Hà Nội 5/2025.

Tối ưu hóa giàn lớn bằng thuật toán cân bằng tăng cường tìm kiếm sinh vật cộng sinh

Large-scale truss optimization using the balance-enhanced symbiotic organisms search algorithm

> NGUYỄN NGỌC PHÚ, NGUYỄN ĐỨC TIẾN, LÊ KHẢ QUYẾN, LÊ ĐỖ PHƯƠNG AN, VŨ HỒ NAM*

Khoa Xây dựng, Trường Công nghệ Văn Lang - Trường Đại học Văn Lang

*Email: nam.vh@vlu.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung vào việc ứng dụng thuật toán BESOS (Cân bằng tăng cường tìm kiếm sinh vật cộng sinh) trong bài toán tối ưu hóa kết cấu giàn quy mô lớn, nhằm giảm khối lượng và đảm bảo các ràng buộc về ứng suất, chuyển vị. Các kết cấu giàn quy mô lớn thường có số lượng biến thiết kế rất lớn, khiến quá trình tìm kiếm nghiệm tối ưu đòi hỏi nhiều phân tích kết cấu lặp lại, dẫn đến chi phí tính toán cao. Với cơ chế tăng cường cân bằng giữa hai quá trình khai phá và khai thác so với phiên bản SOS gốc (thuật toán tìm kiếm sinh vật cộng sinh), BESOS cho phép cải thiện tốc độ hội tụ và nâng cao khả năng thoát khỏi cực trị địa phương. Kết quả thử nghiệm trên mô hình giàn lớn cho thấy BESOS không chỉ duy trì hiệu quả tìm kiếm nghiệm tối ưu mà còn rút ngắn đáng kể thời gian tính toán so với các phương pháp truyền thống, qua đó khẳng định tiềm năng ứng dụng của BESOS trong thiết kế kết cấu giàn quy mô lớn.

Từ khóa: Tối ưu hóa giàn, kết cấu quy mô lớn, BESOS, thuật toán metaheuristic, phân tích phần tử hữu hạn.

ABSTRACT

This study focuses on applying the BESOS (Balance Enhanced Symbiotic Organisms Search) algorithm to large-scale truss optimization, aiming to minimize weight while satisfying stress and displacement constraints. Large-scale truss structures often involve a high number of design variables, leading to multiple repeated structural analyses and high computational costs. By enhancing the balance between exploration and exploitation compared to the original SOS, BESOS improves convergence speed and reduces the likelihood of being trapped in local optima. Numerical experiments on various large-scale truss models indicate that BESOS not only maintains robust search performance but also significantly reduces computation time compared to traditional methods, thus underscoring its potential in large-scale truss design.

Keywords: Truss optimization, large-scale structures, BESOS, metaheuristic algorithms, finite element analysis.

1. TỔNG QUAN

Trong thiết kế kết cấu, việc tối ưu hóa kết cấu giàn có vai trò quan trọng trong việc giảm trọng lượng và tiết kiệm vật liệu, đồng thời vẫn đảm bảo các yêu cầu về độ bền và an toàn. Tuy nhiên, tối ưu hóa các kết cấu giàn quy mô lớn lại là một thách thức đặc biệt, do bài toán này bao gồm số chiều biến thiết kế và số chiều ràng buộc phi tuyến phức tạp về ứng suất, chuyển vị, v.v [1]. Hơn nữa, khi xét thêm các ràng buộc, bài toán trở nên phi tuyến mạnh và xuất hiện rất nhiều cực trị địa phương, khiến việc tìm kiếm lời giải toàn cục càng trở nên khó khăn hơn [2]. Quy mô thiết kế lớn cũng đồng nghĩa với việc phải thực hiện một lượng phân tích kết cấu khổng lồ trong quá trình tối ưu, dẫn đến chi phí tính toán rất cao, nhiều trường hợp vượt quá khả năng cho phép của phương pháp hiện có [3-4].

Thuật toán metaheuristic là một nhóm phương pháp tối ưu hóa dựa trên ý tưởng mô phỏng hoặc lấy cảm hứng từ các hiện tượng tự nhiên, quá trình tiến hóa, hay hành vi xã hội của sinh vật. Không

giống như các thuật toán tối ưu cổ điển vốn yêu cầu giả định chặt chẽ về tính khả vi hay tính lồi của hàm mục tiêu. Metaheuristic có khả năng làm việc với những bài toán có không gian thiết kế phức tạp, chứa nhiều cực trị cục bộ và chịu nhiều loại ràng buộc. Nhờ đó, các thuật toán metaheuristic như Thuật toán Di truyền (Genetic Algorithm), Tối ưu bầy đàn (Particle Swarm Optimization), Tối ưu vi phân (Differential Evolution) hoặc Tìm kiếm sinh vật cộng sinh (Symbiotic Organisms Search) thường được ứng dụng rộng rãi để giải quyết các bài toán tối ưu phi tuyến, đa mục tiêu, hoặc có số chiều lớn mà phương pháp truyền thống khó xử lý [5-8]. Tuy nhiên, hiệu quả của metaheuristic phụ thuộc vào việc cân bằng giữa khả năng khai phá (exploration) không gian thiết kế và khả năng khai thác (exploitation) những vùng tiềm năng, nên đòi hỏi quá trình điều chỉnh tham số cũng như kết hợp với các kỹ thuật khác để đạt hiệu suất tối ưu.

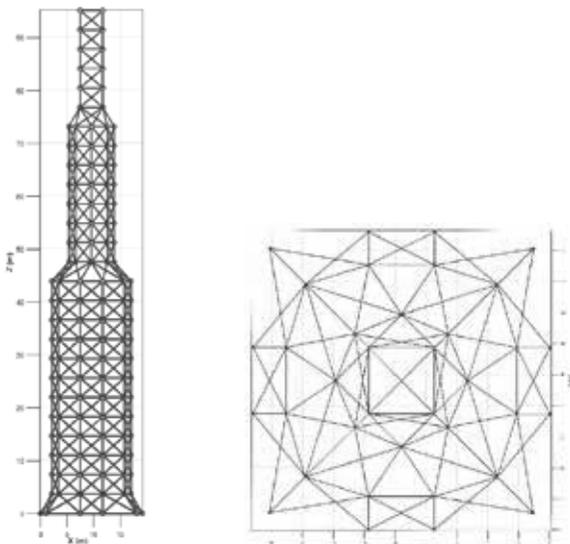
Để giải quyết những bài toán tối ưu kết cấu phi tuyến phức tạp như trên, các thuật toán tối ưu hóa metaheuristic hiện đại đang

được sử dụng rộng rãi. Một đại diện tiêu biểu là thuật toán, tìm kiếm sinh vật cộng sinh (Symbiotic Organisms Search, SOS), mô phỏng quan hệ cộng sinh giữa các sinh vật để cải thiện dần chất lượng của quần thể lời giải qua ba pha tương tác (cộng sinh tương hỗ, hội sinh và ký sinh). Mặc dù có hiệu quả nhất định, thuật toán SOS gốc vẫn bộc lộ hạn chế trong việc cân bằng giữa việc khai phá không gian thiết kế rộng lớn và khai thác chi tiết xung quanh những lời giải tiềm năng. Phương pháp BESOS (Cân bằng tăng cường tìm kiếm sinh vật cộng sinh) được đề xuất như một phiên bản cải tiến của SOS nhằm tăng cường sự cân bằng giữa khai phá và khai thác trong quá trình tìm kiếm [9]. Cụ thể, BESOS điều chỉnh cơ chế của các pha tìm kiếm trong SOS để duy trì tính đa dạng của quần thể (phục vụ khai phá - exploration) đồng thời tận dụng tốt hơn thông tin từ các cá thể ưu tú (phục vụ khai thác - exploitation). Nhờ vậy, thuật toán này vừa hạn chế được nguy cơ kẹt vào các cực trị địa phương, vừa đẩy nhanh tốc độ hội tụ đến nghiệm tối ưu. Thực tế cho thấy BESOS có thể đạt được lời giải với chất lượng cao hơn hoặc tương đương SOS nhưng với số lượng đánh giá hàm mục tiêu ít hơn, tức hiệu suất tính toán được cải thiện đáng kể so với phiên bản SOS ban đầu.

Trong nghiên cứu này, thuật toán BESOS lần đầu tiên được áp dụng để giải quyết bài toán tối ưu hóa kết cấu giàn quy mô lớn. Nhóm tác giả xây dựng quy trình tích hợp BESOS với mô hình phân tích kết cấu giàn và tiến hành thử nghiệm trên bài toán giàn kích thước lớn điển hình nhằm đánh giá hiệu quả của phương pháp đề xuất. Kết quả cho thấy BESOS có thể tìm được thiết kế kết cấu tối ưu một cách hiệu quả ngay cả đối với kết cấu giàn lớn, qua đó khẳng định đây là một đóng góp mới có ý nghĩa trong lĩnh vực tối ưu hóa kết cấu xây dựng.

2. LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Bài toán tối ưu hóa



a) Mô hình mặt đứng của kết cấu "942-Bar Tower Truss 26 tầng" b) Mặt bằng

Hình 1. Mô hình kết cấu "942-Bar Tower Truss 26 tầng" mô phỏng

Mục tiêu của bài toán tối ưu hóa giàn là giảm thiểu trọng lượng của giàn trong khi đảm bảo chuyển vị và ứng suất nằm trong giới hạn cho phép. Bài toán tối ưu hóa giàn được phát biểu dưới dạng toán học như sau:

$$\text{Giảm thiểu } W(A) = \sum_{i=1}^n p_i l_i A_i$$

Ràng buộc:

$$d_j \leq d_a^{max}, j = 1, 2, \dots, m$$

$$|\sigma_i| \leq \sigma_a, i = 1, 2, \dots, n$$

$$A^L \leq A \leq A^U$$

Trong đó hàm mục tiêu (W) là tổng trọng lượng của giàn; (p_i), (l_i), và (A_i) lần lượt là khối lượng riêng, chiều dài và diện tích mặt cắt của thanh thứ i ; n là số lượng thanh; d_j và d_a^{min} là chuyển vị tại nút thứ j và giới hạn trên của nó; (σ_i) và (σ_a) là ứng suất tại thanh thứ i và ứng suất cho phép; m là số lượng nút. Các biến thiết kế là ($A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$), được xác định bằng cách giảm thiểu trọng lượng.

Ràng buộc ứng suất nhằm giới hạn ứng suất trong các thanh giàn, duy trì tính toàn vẹn cấu trúc và ngăn ngừa hư hỏng vật liệu. Các ràng buộc này yêu cầu ứng suất tuyệt đối trong các thanh không vượt quá ứng suất cho phép (σ_a). Chuyển vị và ứng suất chịu ảnh hưởng từ các yếu tố như tính chất vật liệu, hình học giàn và độ cứng, được xác định bởi biến thiết kế (A). Quá trình tối ưu hóa cũng áp dụng giới hạn dưới và trên, (A^L) và (A^U), cho diện tích mặt cắt của các thanh. Tuy nhiên, việc đánh giá chuyển vị và ứng suất đòi hỏi giải bài toán thực hiện phân tích phần tử hữu hạn, vốn tốn kém về mặt tính toán, đặc biệt trong các quá trình tối ưu hóa lặp.

2.2. Thuật toán cân bằng tăng cường tìm kiếm sinh vật cộng sinh

Hiệu quả của một thuật toán metaheuristic dựa vào khả năng cân bằng giữa khai phá và khai thác [10]. Trong phiên bản gốc hai pha tương sinh và hội sinh chủ yếu tập trung vào khai thác, còn pha ký sinh đóng vai trò tăng cường khai phá nhưng chi phí tính toán khá lớn. Để duy trì cả khai phá và khai thác, thuật toán Cân bằng tăng cường tìm kiếm sinh vật cộng sinh đề xuất [9]:

Tương sinh:

Trong SOS gốc, hai cá thể X_i và X_k cập nhật dựa trên điểm

chung $\frac{X_i + X_k}{2}$ và cá thể tốt nhất. Ở đây, thay thế cá thể tốt nhất

bằng một cá thể ngẫu nhiên X_j để tăng độ đa dạng và khả năng khai phá:

$$X_i^{new} = X_i + rand \times \left[X_j - \left(\frac{X_i + X_k}{2} \right) \times BF_1 \right]$$

$$X_k^{new} = X_k + rand \times \left[X_j - \left(\frac{X_i + X_k}{2} \right) \times BF_2 \right]$$

với $BF_1, BF_2 \in \{1, 2\}$.

Hội sinh:

Ban đầu, pha này sử dụng:

$$X_i^{new} = X_i + rand(-1, 1) \times (X_{best} - X_k).$$

Nghiên cứu sửa đổi thành hai trường hợp để chủ động kết hợp cả cá thể tệ nhất X_{worst} :

$$X_i^{new} = \begin{cases} X_i + rand(-1, 1) \times (X_{best} - X_k), & \text{khi } \Gamma(X_i) < \Gamma(X_k), \\ X_i + rand(0, 1) \times (X_{best} - X_{worst}), & \text{khi } \Gamma(X_i) \geq \Gamma(X_k). \end{cases}$$

Qua đó, thuật toán vừa khai thác vùng lân cận cá thể tốt nhất, vừa tránh hướng của cá thể kém.

Ký sinh:

SOS gốc mô phỏng cách cá thể ký sinh lợi dụng tài nguyên của vật chủ. Tại đây, nhóm tác giả bổ sung chiến lược khai thác và điều khiển tham số kết hợp f_p để mô phỏng mức tàn phá tăng dần.

Nếu ký sinh tìm thấy vật chủ phù hợp $\Gamma(X_i) \leq \Gamma(X_k)$, vector ký sinh khai thác thêm thông tin từ X_{best} và X_k :

$$X_{parasite} = X_i + rand(0, 1) \times (X_{best} - X_k).$$

Sau đó, vector ký sinh mới được lai (kết hợp ngẫu nhiên) với X_k tùy theo tham số f_p , được điều chỉnh theo:

$$f_p = 0.95 + (0.5 - 0.95) \times \left(1 - \frac{FE}{\max FE}\right)^4.$$

Nếu $X_{parasite}$ tốt hơn, nó sẽ thay thế X_k trong quần thể.

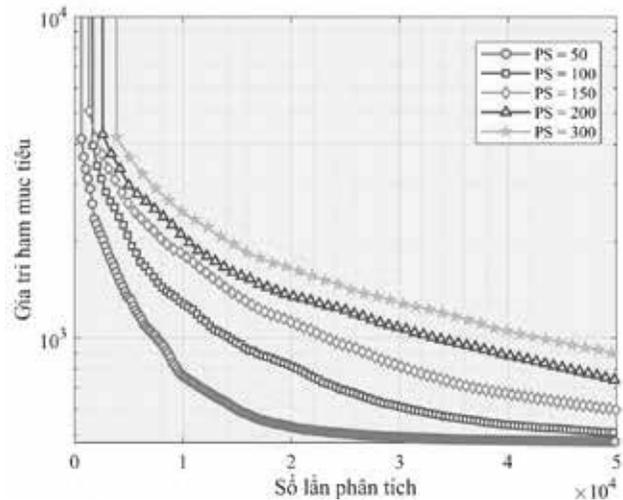
3. VÍ DỤ VÀ THẢO LUẬN

Các bài toán tối ưu hóa được trình bày dưới đây nhằm đánh giá khả năng của thuật toán BESOS trong việc tìm kiếm thiết kế có trọng lượng tối thiểu cho các cấu trúc giàn. Kết quả thu được được so sánh với các kết quả báo cáo trong tài liệu cũng như với các thuật toán siêu thuật toán khác như Tối ưu bầy đàn (PSO) [11], Tiến hóa vi phân (DE) [12], Tiến hóa khác biệt thích nghi ưu việt (aeDE) [13], Tìm kiếm thuyết tương đối hẹp (SRS) [14], Tìm kiếm sinh vật cộng sinh (SOS) [15] và Tìm kiếm sinh vật cộng sinh tăng cường (ESOS) [16]. Tất cả các thuật toán được cài đặt trong môi trường Matlab với cùng một tập các tham số chung, cụ thể: số lượng sinh vật (population size) được thiết lập là 30 và số lượng đánh giá hàm mục tiêu là 50.000 lần, đây cũng là tiêu chí dừng vòng lặp của thuật toán. Do bản chất ngẫu nhiên của các phương pháp tối ưu hóa này, mỗi lần chạy thuật toán có thể cho ra một kết quả khác nhau. Vì vậy, để đánh giá tính ổn định và nhất quán của các kết quả, mỗi thuật toán được chạy nhiều lần độc lập và sau đó các kết quả được tổng hợp và phân tích một cách thống kê.

Ví dụ tối ưu hóa kết cấu “942-Bar Tower Truss 26 tầng” (xem Hình 1) là một bài toán được áp dụng để đánh giá hiệu quả của các thuật toán tối ưu hiện đại trong việc giảm trọng lượng thiết kế của các kết cấu giàn quy mô lớn, với tất cả các thông số sử dụng hệ đơn vị SI. Cấu trúc này gồm 942 thanh và 26 tầng, sử dụng vật liệu có khối lượng riêng khoảng $3.045 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ và mô đun đàn hồi khoảng 68.95 GPa. Mỗi thanh có diện tích tiết diện được điều chỉnh trong khoảng từ $6.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ đến 0.129 m^2 nhằm tối thiểu hóa trọng lượng tổng thể, đồng thời đảm bảo ứng suất không vượt quá 172 MPa và chuyển vị tại các nút đỉnh không vượt quá 0.381 m. Kết cấu chịu tổ hợp tải trọng phức tạp với tải trọng dọc theo trục z có giá trị lần lượt là 13.3 kN, 26.7 kN và 40.0 kN ở các khu vực khác nhau, tải trọng theo trục y là 4.45 kN, và tải trọng theo trục x với 6.67 kN ở phía bên trái và 4.45 kN ở phía bên phải, nhằm mô phỏng điều kiện làm việc thực tế dưới tác động của gió và tải trọng vận hành. Bài toán này không chỉ thể hiện tính phức tạp về số biến và ràng buộc phi tuyến mà còn đặt ra thách thức trong việc cân bằng giữa khả năng tìm kiếm lời giải toàn cục và hiệu quả tính toán, từ đó khẳng định giá trị của phương pháp tối ưu tiên tiến như BESOS trong việc giải quyết các bài toán kết cấu quy mô lớn.

Bảng 1. Các thông số thiết lập của các thuật toán tối ưu hóa

Thuật toán	Kích thước quần thể	Số đánh giá hàm tối đa	Các tham số chính
PSO	50	50000	Trọng lượng quán tính: 0.729; Hệ số nhận thức: 1.49445; Hệ số xã hội: 1.49445
DE	50	50000	Hệ số đột biến F: 0.5–0.8; Xác suất lai ghép CR: 0.9
aeDE	50	50000	F và CR thích nghi
SRS	50	50000	NaN
SOS	50	50000	NaN
ESOS	50	50000	NaN

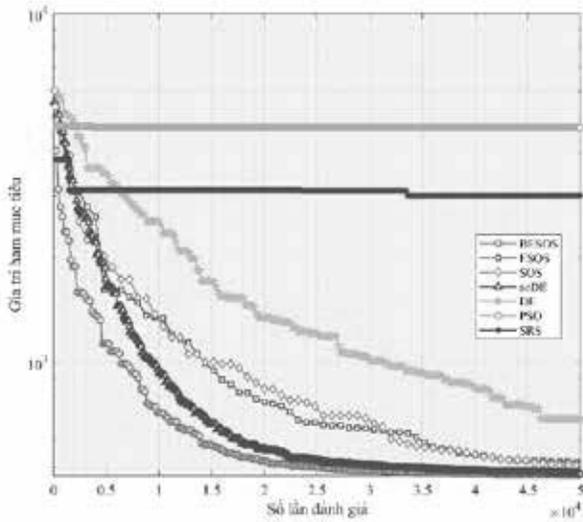


Hình 2. Ảnh hưởng của kích thước quần thể trong ví dụ “942-Bar Tower Truss 26 tầng”

Nhìn vào Hình 2 minh họa ảnh hưởng của kích thước quần thể (Population Size - PS), ta nhận thấy biểu đồ hội tụ của thuật toán BESOS cho thấy sự giảm dần của giá trị hàm mục tiêu (trọng lượng kết cấu) từ đầu chạy đến khi đạt đến trạng thái ổn định. Trục hoành biểu thị số lần phân tích (tương ứng với số lần đánh giá hàm mục tiêu), trong khi trục tung biểu thị giá trị hàm mục tiêu trên thang log. Có thể nhận thấy rằng, với cùng một mức giới hạn về số lần đánh giá hàm (khoảng 5×10^4), các kích thước sử dụng quần thể nhỏ hơn (chẳng hạn PS = 50) có xu hướng đạt được giá trị hàm mục tiêu thấp hơn so với những kích thước có quần thể lớn (PS = 200 hay 300). Ban đầu, khoảng từ 0 đến 10.000 lần đánh giá hàm, giá trị hàm mục tiêu giảm nhanh chóng, cho thấy khả năng khai phá mạnh mẽ của thuật toán. Sau đó, từ khoảng 10.000 đến 30.000 lần đánh giá, quá trình hội tụ diễn ra mượt mà với tốc độ giảm chậm dần, thể hiện tính ổn định trong quá trình khai thác các vùng tối ưu tiềm năng. Hiện tượng này có thể được giải thích bởi hai nguyên nhân chính. Thứ nhất, khi kích thước quần thể quá lớn, tài nguyên tính toán bị “chia nhỏ” để đánh giá nhiều cá thể hơn, dẫn đến việc khai thác (exploitation) cục bộ bị hạn chế, khiến quá trình hội tụ kém nhanh. Thứ hai, sự phân tán quá rộng của quần thể ban đầu có thể đòi hỏi nhiều vòng lặp hơn để hội tụ, đặc biệt nếu thuật toán chưa có cơ chế điều chỉnh phù hợp để khai thác triệt để các vùng lời giải tiềm năng. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng quần thể lớn cũng có ưu điểm là để duy trì tính đa dạng, tránh bị kẹt sớm trong các cực trị địa phương, điều này phụ thuộc vào từng đặc điểm của bài toán khác nhau. Từ kết quả của Hình trên, có thể kết luận rằng trong bài toán và điều kiện chạy cụ thể này, một quần thể ở mức vừa phải (PS = 50 hoặc 100) có thể mang lại hiệu quả tối ưu tốt hơn, giúp thuật toán hội tụ nhanh và đạt giá trị hàm mục tiêu thấp hơn so với việc tăng kích thước quần thể lên quá cao.

Bảng 1 cung cấp thông tin chi tiết về các thuật toán tối ưu hóa, bao gồm PSO, DE, aeDE, SRS, SOS, và ESOS, với kích thước quần thể cố định là 50 và số lần đánh giá hàm tối đa là 50.000 lần. PSO sử dụng các tham số chính như trọng lượng quán tính (0.729), hệ số nhận thức (1.49445) và hệ số xã hội (1.49445), hỗ trợ cân bằng giữa khai phá và khai thác không gian tìm kiếm. DE được thiết lập với hệ số đột biến (F: 0.5 – 0.8) và tỷ lệ lai ghép (CR: 0.9), giúp duy trì đa dạng quần thể trong quá trình tối ưu hóa. Tuy nhiên, các thuật toán như aeDE, SRS, SOS và ESOS không có thông số chính rõ ràng, được ghi nhận là NaN (Not a Number), có thể do không yêu cầu hoặc chưa xác định các giá trị này. Mặc dù vậy, việc thiết lập kích thước quần thể và số lần đánh giá hàm nhất quán đảm bảo tính công bằng khi so sánh hiệu quả giữa các phương pháp, đồng thời nhấn

mạnh vai trò của cơ chế cân bằng khai phá - khai thác của BESOS là yếu tố chủ chốt giúp đạt được kết quả tối ưu một cách hiệu quả.



Hình 3. Độ hội tụ của các thuật toán tối ưu hóa theo số lần đánh giá hàm mục tiêu

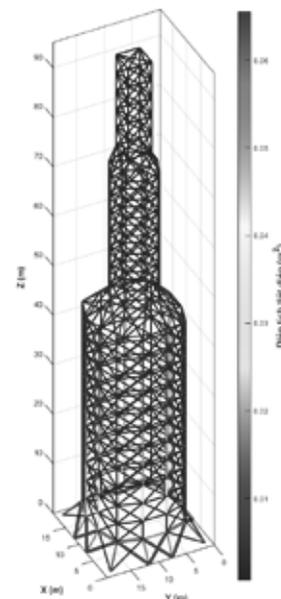
Hình 3 biểu thị sự thay đổi giá trị hàm mục tiêu (trục tung) theo số lần đánh giá hàm (trục hoành) cho bảy thuật toán: BESOS, ESOS, SOS, aeDE, DE, PSO và SRS, trong bài toán tối ưu hóa kết cấu “942-

Bar Tower Truss 26 tầng”. Trục tung được thể hiện trên thang log, cho phép quan sát chi tiết tốc độ giảm của hàm mục tiêu ngay cả khi giá trị chênh lệch nhau nhiều bậc độ lớn. Có thể nhận thấy BESOS (đường tròn màu đỏ) khởi đầu với giá trị hàm mục tiêu cao tương tự các thuật toán khác, nhưng nhanh chóng giảm mạnh trong giai đoạn đầu (khoảng $1-2 \times 10^4$ lần đánh giá) và tiếp tục duy trì xu hướng giảm cho đến khi đạt mức thấp nhất và ổn định. Trong khi đó, SOS và ESOS cũng có xu hướng giảm tương đối tốt nhưng tốc độ hội tụ chậm hơn, cần thêm số lần đánh giá để tiến đến vùng lời giải có giá trị hàm tương tự BESOS. Thuật toán aeDE thể hiện khả năng giảm hàm mục tiêu khá rõ vượt qua ở giai đoạn giữa và cuối BESOS và ESOS. DE hội tụ tốt hơn PSO và SRS, song vẫn không thể đạt được giá trị hàm mục tiêu thấp như nhóm BESOS/ESOS. Đặc biệt, PSO dường như “mắc kẹt” ở vùng giá trị hàm cao và gần như không tiếp tục giảm, cho thấy khả năng khai thác của thuật toán bị hạn chế trong bài toán quy mô lớn này. Tương tự, SRS cũng dừng lại ở mức xấp xỉ cao và không tiến sâu hơn, phản ánh đặc tính tìm kiếm ngẫu nhiên khó tập trung quanh vùng lời giải tối ưu. Tổng hợp lại, kết quả cho thấy BESOS không chỉ hội tụ nhanh ở giai đoạn đầu mà còn tiếp tục duy trì đà cải thiện trong các vòng lặp sau, từ đó đạt được giá trị hàm mục tiêu tốt nhất so với các thuật toán đối chứng. Kết quả này làm nổi bật vai trò của cơ chế cân bằng giữa khai phá, khai thác trong BESOS, giúp nó tránh bị sa lầy ở cực trị địa phương và nhanh chóng tiếp cận vùng lời giải chất lượng cao, phù hợp với yêu cầu của bài toán tối ưu kết cấu có quy mô lớn.

Bảng 2. Thống kê kết quả chạy tối ưu cho kết cấu “942-Bar Tower Truss 26 tầng” với các thuật toán khác nhau

Chỉ tiêu	BESOS	ESOS	SOS	aeDE	DE	SRS	PSO
Khối lượng tốt nhất (kg)	472.80	517.32	504.71	489.90	3085.75	3005.65	4954.62
Khối lượng trung bình (kg)	499.17	562.41	519.59	527.83	3176.55	3189.89	5308.40
Độ lệch chuẩn (kg)	1.80	34.55	20.74744	38.15	96.06	140.60	380.86
Hệ số biến thiên (%)	0.36	6.14	3.99	7.22	3.02	4.41	7.17
Thời gian tính trung bình (giây)	1086.75	1138.87	1278.35	904.80	1058.46	1497.65	1055.51

Bảng 2 trình bày thống kê kết quả chạy tối ưu cho kết cấu “942-Bar Tower Truss 26 tầng” với các thuật toán khác nhau, bao gồm BESOS, ESOS, SOS, aeDE, DE, SRS và PSO, dựa trên các chỉ tiêu: khối lượng tốt nhất, khối lượng trung bình, độ lệch chuẩn, hệ số biến thiên (%) và thời gian tính trung bình. Kết quả cho thấy BESOS đạt khối lượng tốt nhất thấp nhất với 472.80 kg, tiếp theo là aeDE với 489.90 kg, trong khi PSO có khối lượng tốt nhất cao nhất là 4954.62 kg, chứng tỏ hiệu suất tối ưu kém nhất. Về khối lượng trung bình, BESOS cũng dẫn đầu với 499.17 kg, trong khi PSO vẫn cao nhất với 5308.40 kg, cho thấy sự ổn định thấp của PSO. Độ lệch chuẩn của BESOS là nhỏ nhất (1.80 kg), thể hiện tính ổn định cao, trong khi SOS có độ lệch chuẩn lớn nhất (20.74744 kg), cho thấy sự biến động lớn trong các lần chạy. Hệ số biến thiên (%) của BESOS cũng thấp nhất (0.36%), tiếp theo là DE (3.02%), trong khi PSO có hệ số biến thiên cao nhất (7.17%), khẳng định sự không ổn định của thuật toán này. Về thời gian tính trung bình, aeDE nhanh nhất với 904.80 giây, trong khi ESOS chậm nhất với 1138.87 giây. Tổng thể, BESOS thể hiện hiệu suất vượt trội với khối lượng tối ưu thấp nhất, độ ổn định cao nhất và thời gian tính hợp lý (1086.75 giây), trong khi PSO có hiệu suất kém nhất trên hầu hết các chỉ tiêu. Các thuật toán như aeDE và DE cũng cho kết quả tốt, nhưng không ổn định bằng BESOS, còn SOS và ESOS có hiệu suất khá nhưng bị ảnh hưởng bởi độ lệch chuẩn và thời gian tính cao. Kết quả này khẳng định BESOS là thuật toán hiệu quả nhất cho bài toán tối ưu hóa kết cấu “942-Bar Tower Truss 26 tầng”.

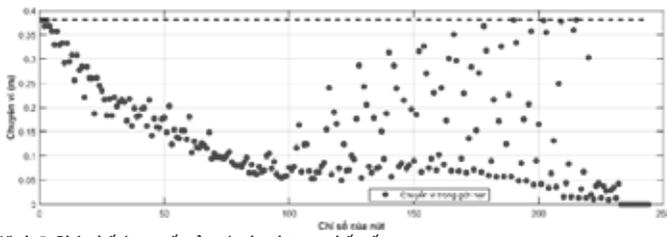


Hình 4. Phân bố diện tích trong kết cấu

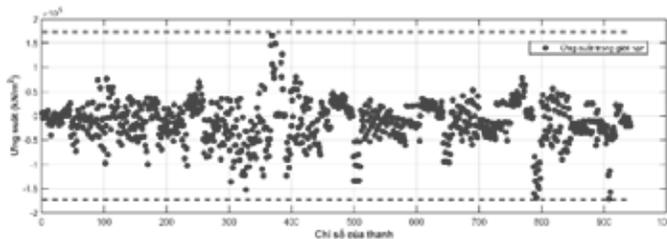
Hình 4 cung cấp hình ảnh 3D của kết cấu “942-Bar Tower Truss 26 tầng” sau khi đạt được lời giải tối ưu bởi BESOS. Từ hình ảnh này, ta thấy được sự phân bố kích thước tiết diện của các thanh được tối ưu hóa một cách hợp lý: những thanh ở vùng chịu tải lớn (ở dưới)

có kích thước lớn hơn để đảm bảo an toàn kết cấu, trong khi các thanh khác được tối ưu hóa nhằm giảm khối lượng tổng thể.

Bên cạnh đó, các sơ đồ ứng suất và chuyển vị được trình bày trong Hình 5 và Hình 6 cho thấy toàn bộ các ràng buộc về ứng suất (không vượt quá 172 MPa) và chuyển vị (không vượt quá 0.381 m) đều được đáp ứng nghiêm ngặt. Các hình ảnh này không chỉ minh họa được chất lượng của lời giải tối ưu mà còn chứng minh tính khả thi của thiết kế trong thực tế, tạo nên một nền tảng vững chắc cho các ứng dụng kỹ thuật sau này.



Hình 5. Phân bố ứng suất của các thanh trong kết cấu



Hình 6. Phân bố chuyển vị các nút trong kết cấu

Những kết quả được trình bày thông qua các hình ảnh và bảng số liệu minh họa trên đã khẳng định hiệu quả của thuật toán BESOS trong việc tối ưu hóa kết cấu giàn có quy mô lớn. Cụ thể, BESOS cho thấy khả năng hội tụ nhanh, lời giải ổn định, chất lượng tối ưu vượt trội, và hiệu suất tính toán được cải thiện rõ rệt so với các thuật toán tham khảo, từ đó tạo nên cơ sở khoa học vững chắc cho việc áp dụng phương pháp này trong các bài toán tối ưu kết cấu quy mô lớn.

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả áp dụng thành công thuật toán BESOS, một cải tiến của thuật toán SOS cho bài toán tối ưu hóa kết cấu "942-Bar Tower Truss 26 tầng". Các kết quả thực nghiệm cho thấy BESOS có khả năng hội tụ nhanh, ổn định và cho ra lời giải tối ưu vượt trội về cả chất lượng lẫn hiệu suất tính toán so với các phương pháp đối chiếu như PSO, DE, aeDE, SRS, SOS và ESOS. Qua các biểu đồ hội tụ, bảng số liệu và hình ảnh mô phỏng cấu trúc, chúng ta nhận thấy rằng cơ chế cân bằng khai phá, khai thác được tích hợp trong BESOS giúp giảm thiểu số lần đánh giá hàm và thời gian tính toán mà vẫn đảm bảo đạt được thiết kế nhẹ nhưng an toàn và bền vững. Những kết quả này không chỉ khẳng định hiệu quả của BESOS trong việc giải quyết các bài toán tối ưu hóa kết cấu quy mô lớn mà còn mở ra hướng đi mới cho ứng dụng các thuật toán siêu thuật toán trong các bài toán thực tế. Hơn nữa, những phát hiện của nghiên cứu góp phần tạo nên cơ sở khoa học vững chắc cho các ứng dụng thực tiễn trong công nghiệp xây dựng, đồng thời gợi mở những triển vọng nghiên cứu tương lai nhằm mở rộng khả năng của thuật toán tới các hệ thống kết cấu phức tạp hơn. Qua đó, BESOS hứa hẹn sẽ trở thành một công cụ tối ưu hóa hữu ích, góp phần nâng cao chất lượng thiết kế và giảm chi phí sản xuất cho các công trình kết cấu hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Degertekin, S. O., Minoeei, M., Santoro, L., Trentadue, B., & Lamberti, L. (2021). Large-scale truss-sizing optimization with enhanced hybrid HS algorithm. *Applied Sciences*, 11(7), 3270.
- [2]. Ho-Huu, V., Nguyen-Thoi, T., Truong-Khac, T., Le-Anh, L., & Vo-Duy, T. (2018). An improved differential evolution based on roulette wheel selection for shape and size optimization of truss structures with frequency constraints. *Neural computing and applications*, 29, 167-185.
- [3]. Mortazavi, A. (2021). Size and layout optimization of truss structures with dynamic constraints using the interactive fuzzy search algorithm. *Engineering Optimization*, 53(3), 369-391.
- [4]. Kaveh, A., Hamedani, K. B., & Hamedani, B. B. (2023). Optimal design of large-scale dome truss structures with multiple frequency constraints using success-history based adaptive differential evolution algorithm. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 67(1), 36-56.
- [5]. Lambora, Annu, Kunal Gupta, and Kriti Chopra. "Genetic algorithm-A literature review." 2019 international conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (COMITCon). IEEE, 2019.
- [6]. Wang, D., Tan, D., & Liu, L. (2018). Particle swarm optimization algorithm: an overview. *Soft computing*, 22(2), 387-408.
- [7]. Das, S., & Suganthan, P. N. (2010). Differential evolution: A survey of the state-of-the-art. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 15(1), 4-31.
- [8]. Cheng, Min-Yuan, and Doddy Prayogo. "Symbiotic organisms search: a new metaheuristic optimization algorithm." *Computers & Structures* 139 (2014): 98-112.
- [9]. Ly, D. K., Nguyen-Thoi, T., Topal, U., & Thongchom, C. (2024). A local-global optimization approach for maximizing the multiphysics frequency response of laminated functionally graded CNTs reinforced magneto-electro-elastic plates. *Advances in Engineering Software*, 190, 103612.
- [10]. Wang, J. S., & Li, S. X. (2019). An improved grey wolf optimizer based on differential evolution and elimination mechanism. *Scientific reports*, 9(1), 7181.
- [11]. Wang, D., Tan, D., & Liu, L. (2018). Particle swarm optimization algorithm: an overview. *Soft computing*, 22(2), 387-408.
- [12]. Karaboga, D., & Ökdem, S. (2004). A simple and global optimization algorithm for engineering problems: differential evolution algorithm. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 12(1), 53-60.
- [13]. Ho-Huu, V., Nguyen-Thoi, T., Vo-Duy, T., & Nguyen-Trang, T. (2016). An adaptive elitist differential evolution for optimization of truss structures with discrete design variables. *Computers & Structures*, 165, 59-75.
- [14]. Goodarzimehr, V., Talatahari, S., Shojaei, S., & Hamzehei-Javaran, S. (2023). Special relativity search for applied mechanics and engineering. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 403, 115734.
- [15]. Cheng, M. Y., & Prayogo, D. (2014). Symbiotic organisms search: a new metaheuristic optimization algorithm. *Computers & Structures*, 139, 98-112.
- [16]. Dinh-Cong, D., Nguyen-Thoi, T., & Nguyen, D. T. (2020). A FE model updating technique based on SAP2000-OAPI and enhanced SOS algorithm for damage assessment of full-scale structures. *Applied Soft Computing*, 89, 106100.

Khảo sát sự phân bố ứng suất trong liên kết neo lắp đặt sau chịu kéo nhờ sử dụng mô hình biến dạng của bê tông để neo

Investigation of stress distribution in post-installed anchor fastening subjected to tensile force using nonlinear model of base concrete

> PGS.TS NGUYỄN TRƯỜNG THẮNG^{1,*}, THS NGUYỄN THỊ THU HƯỜNG¹, THS NGUYỄN THỊ THANH THẢO¹, THS NGUYỄN TUẤN NINH²

¹Bộ môn Công trình Bê tông cốt thép, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Công ty CP Công nghệ và Tư vấn Thiết kế Xây dựng RD

*Email: thangnt2@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu phương pháp xác định sự phân bố lực kéo nhỏ trong từng neo đơn thuộc nhóm neo, cũng như ứng suất nén lớn nhất trong bê tông để neo, khi liên kết neo lắp đặt sau chịu tác động của lực kéo nhỏ lệch tâm. Một phần mềm sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn đã được phát triển trên cơ sở lý thuyết tổng quát, kết hợp với mô hình biến dạng phi tuyến của bê tông dưới dạng quan hệ ứng suất biến dạng hai đoạn thẳng theo TCVN 5574:2018 khi chịu nén. Một thí dụ thực tế được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố sau: (i) độ lệch tâm của lực kéo nhỏ theo một phương và hai phương; (ii) độ cứng dọc trục của neo; và (iii) cường độ chịu nén của bê tông để neo - đến lực kéo nhỏ lớn nhất trong neo và ứng suất nén lớn nhất trong bê tông để neo. Từ kết quả khảo sát, một số nhận xét đã được rút ra và trình bày ở phần cuối bài báo.

Từ khóa: Mô hình biến dạng, bê tông, lực kéo, ứng suất nén, neo, lắp đặt sau.

ABSTRACT

This paper introduces a method to determine the distributions of the tensile force in an individual anchor and the compressive stress in the base concrete when a post-installed anchor fastening is subjected to eccentric tensile force. A computer software was developed using finite element method based on the fundamental theory as well as on the nonlinear model in the form of bi-linear stress-strain relationship of concrete in compression specified in TCVN 5574:2018. A worked example is conducted to investigate the effects of parameters including: (i) the uniaxial and biaxial eccentricities of the acting tensile force; (ii) the axial stiffness of anchor; and (iii) the compressive strength of the base concrete on the maximum tensile force in anchor and the maximum compressive stress in the base concrete, from which a number of discussions are given in the latter part of the paper.

Keywords: Nonlinear model, concrete, tensile force compressive strength, anchor, post-installed.

1. GIỚI THIỆU

Trên thực tế, có hai giải pháp chính để liên kết các vật thể kiến trúc (biển báo, tay vịn lan can, mặt dựng nhôm kính của nhà cao tầng...), các hệ kết cấu (cấu kiện dầm tầng lửng, dàn thép, mái che khu vực sảnh...), đặt và treo thiết bị cơ điện (thang tải, thang máy, máng cáp...) vào kết cấu bê tông và bê tông cốt thép (BTCT) chịu lực của công trình. Giải pháp thứ nhất là lắp đặt chờ neo sẵn trước khi đổ bê tông. Phương án này phụ thuộc nhiều vào điều kiện hiện trường cũng như trình độ thi công và thường dẫn tới sai sót phải chỉnh sửa trên công trường do neo không được định vị và gá lắp một cách chính xác. Giải pháp thứ hai là liên kết neo sau khi bê tông đã đông cứng nên có thể khắc phục nhược điểm nêu trên một cách hiệu quả. Đây là một quy trình công nghệ đã được

phát triển lâu năm tại một số nước tiên tiến trên thế giới và đang được áp dụng ngày càng rộng rãi ở Việt Nam.

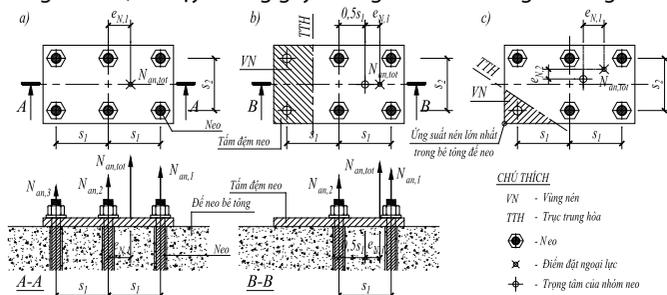
Tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-25 [1] và tiêu chuẩn châu Âu EN 1992-4-2018 [2] là những tiêu chuẩn tiên tiến quy định về thiết kế liên kết neo trong bê tông và đều đặt ra các nguyên tắc cơ bản cho việc thiết kế, lắp đặt và kiểm tra các liên kết neo vào bê tông, bao gồm việc xác định tải trọng thiết kế và kiểm tra khả năng chịu lực của neo. Các phương pháp tính toán cụ thể được đưa ra để đảm bảo rằng neo có khả năng chịu được nội lực nguy hiểm nhất gây bởi các tải trọng và tác động mà không gây ra hư hỏng cho kết cấu bê tông xung quanh. Tiêu chuẩn SP 513.1325800.2022 [3] của Liên bang Nga quy định thiết kế liên kết neo cho kết cấu và thiết bị xây dựng với kết cấu bê tông và BTCT làm bằng bê tông nặng hoặc hạt

mịn có cấp cường độ nén từ B15 đến B60 cho các loại công trình và kết cấu mới và xây dựng lại, đồng thời thiết lập các yêu cầu cho việc tính toán neo sử dụng thép, neo đơn và nhóm neo kết hợp, cũng như các yêu cầu khi thiết kế liên kết neo. Tại Việt Nam, từ năm 1995 đến nay đã có một số tiêu chuẩn quốc gia về vấn đề neo trong các loại hình công trình xây dựng [4-10], nhưng chưa có tiêu chuẩn cụ thể nào cho việc tính toán liên kết neo trong bê tông cho các công trình dân dụng và công nghiệp, trong đó TCVN 5774:2018 [8] và TCVN 5575:2024 [10] chủ yếu chỉ đề cập đến việc đặt chờ cốt thép hoặc bu lông neo sẵn trước khi đổ bê tông.

Khi các kết cấu xây dựng và thiết bị được liên kết vào kết cấu chịu lực BTCT của công trình, tải trọng tác dụng lên chúng gây ra các phản lực dưới dạng lực dọc, lực cắt, mô men uốn và mô men xoắn lên hệ neo. Trong đó lực kéo nhỏ là một trong các thành phần quan trọng, nhất là với giải pháp neo sau và khoan cấy neo vào kết cấu. Các nghiên cứu gần đây về liên kết neo [11-20] chủ yếu tập trung vào việc khảo sát khả năng chịu lực kéo nhỏ của các giải pháp neo khác nhau dựa trên các phương pháp thực nghiệm, tính toán lý thuyết, mô phỏng số và các tiêu chuẩn thiết kế. Bài báo này đề cập tới phương pháp xác định sự phân bố lực kéo trong neo cùng với ứng suất nén lớn nhất trong bê tông để neo khi hệ neo chịu tác động kéo nhỏ lệch tâm. Một phần mềm được phát triển bằng phương pháp phần tử hữu hạn dựa trên cơ sở lý thuyết chung [1-3] và mô hình biến dạng phi tuyến hai đoạn thẳng của bê tông khi chịu nén theo TCVN 5574:2018 [8]. Từ đó khảo sát sự ảnh hưởng của các yếu tố gồm độ lệch tâm theo một phương và hai phương, độ cứng dọc trục của neo, và cường độ chịu nén của bê tông để neo đến lực kéo lớn nhất trong neo và ứng suất nén lớn nhất trong bê tông để neo trên một thí dụ thực tế, một số nhận xét được rút ra ở phần cuối của bài báo này.

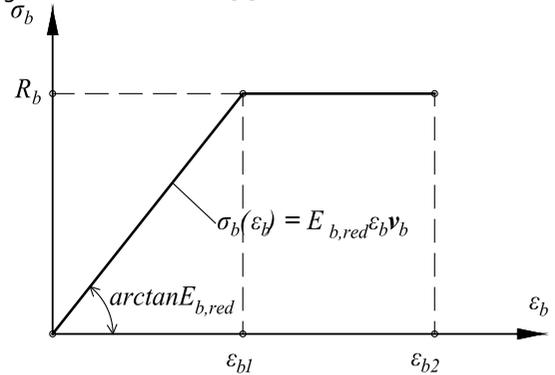
2. XÁC ĐỊNH PHÂN BỐ ỨNG SUẤT TRONG LIÊN KẾT NEO LẮP ĐẶT SAU CHỊU KÉO NHỎ

Xét một nhóm gồm các neo chịu kéo nhỏ với lực kéo tổng cộng $N_{an,tot}$ đặt trên một tấm đệm neo bằng thép được liên kết với đế neo bê tông như trên Hình 1. Nếu lực $N_{an,tot}$ có độ lệch tâm theo một phương là $e_{N,1}$ khá nhỏ, tất cả các neo trong nhóm đều chịu kéo, trong đó hàng neo ngoài cùng bên phía điểm đặt của lực $N_{an,tot}$ là chịu kéo lớn nhất (Hình 1a). Khi độ lệch tâm $e_{N,1}$ tăng lên, hàng neo ngoài cùng phía bên đối diện điểm đặt của lực $N_{an,tot}$ chuyển sang chịu nén và có thể được loại bỏ trong liên kết (Hình 1b). Trong trường hợp lực $N_{an,tot}$ có độ lệch tâm theo cả hai phương là $e_{N,1}$ và $e_{N,2}$, trục trung hòa tạo ra một vùng chịu nén hình tam giác (hoặc hình đa giác tùy theo độ lớn của độ lệch tâm) (Hình 1c). Khi đó, không cần thiết phải bố trí neo trong vùng nén, tuy nhiên cần kiểm tra ứng suất của bê tông để neo tiếp xúc với tấm đệm neo tại điểm xa nhất của vùng nén để khống chế số với cường độ chịu nén của bê tông. Cần lưu ý rằng, tại các khu vực còn lại, lực kéo nhỏ làm mất tính tiếp xúc giữa tấm đệm neo và bê tông để neo, do vậy không gây ra ứng suất kéo trong bê tông.



Hình 1. Liên kết neo lắp đặt sau trong bê tông chịu kéo nhỏ

Lực kéo $N_{an,i}$ trong các neo có thể được xác định bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) dựa trên điều kiện cân bằng ngoại lực và nội lực trong liên kết neo cùng điều kiện phân bố biến dạng dọc theo tấm đệm neo, với các nguyên tắc sau: (i) Mô đun đàn hồi của neo lấy theo của vật liệu thép được sử dụng để sản xuất neo; (ii) Sự tiếp xúc giữa tấm đệm neo với đế neo bê tông được mô hình hóa sử dụng liên kết đàn hồi, trong khi đó các neo được mô hình hóa sao cho chỉ hoạt động khi bị căng và tiếp xúc với đế neo chịu nén; và (iii) Mô hình hóa đế neo bê tông bằng các phần tử hữu hạn, liên kết tiếp xúc cho phép tách tấm đệm neo ra khỏi đế neo bê tông, bê tông đế neo là vật liệu đàn hồi với quan hệ ứng suất - biến dạng theo mô hình biến dạng phi tuyến hai đoạn thẳng của TCVN 5574:2018 [8] như trên Hình 2.

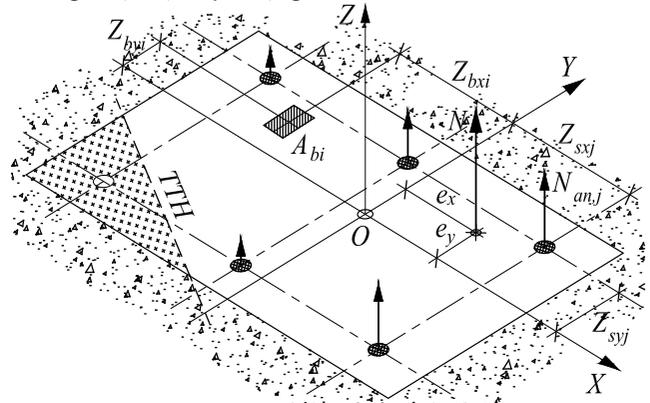


Hình 2. Mô hình biến dạng của bê tông đế neo [8]

Trong Hình 2, các giá trị biến dạng tỉ đối ϵ_{b1} và ϵ_{b2} được lấy tương ứng với tải trọng ngắn hạn. Đối với bê tông nặng lấy $\epsilon_{b1}=0,0015$; đối với bê tông hạt mịn - $\epsilon_{b1}=0,002$; $\epsilon_{b2}=0,0035$. $E_{b,red}$ là mô đun biến dạng giảm của bê tông.

Giả thiết rằng tấm đế neo bằng thép có chiều dày đủ lớn hoặc được gia cường hữu hiệu để khống chế ứng suất không vượt qua cường độ của thép và do vậy được coi là tuyệt đối cứng. Trong trường hợp này có thể áp dụng giả thiết tiến diện phẳng, nghĩa là phân bố biến dạng tỉ đối của đế neo bê tông và của neo dọc theo chiều cao tiết diện của liên kết neo tuân theo quy luật tuyến tính.

Xét trường hợp tổng quát với liên kết neo gồm một nhóm neo với p neo cùng chủng loại với tiết diện ngang $A_{an,j}=A_{an}$ ($j=1\sim p$); tấm đệm neo bằng thép tiếp xúc với đế neo bê tông trên một diện chữ nhật được chia nhỏ thành các phần tử bê tông có tiết diện là A_{bi} với $i=1\sim m.n$ (m hàng và n cột). Liên kết neo chịu ngoại lực kéo nhỏ N với các độ lệch tâm e_x và e_y , tương ứng đến các trục OX và OY có góc tọa độ đi qua trọng tâm của nhóm neo (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ tổng quát tính toán liên kết neo chịu kéo nhỏ
Các lực kéo $N_{an,i}$ trong từng neo đơn được xác định với mô hình biến dạng theo các hệ phương trình dưới đây.

Hệ phương trình cân bằng của ngoại lực và nội lực trong liên kết neo:

$$M_x = \sum_{i=1}^{n-m} \sigma_{bi} A_{bi} Z_{bxi} + \sum_{j=1}^p \sigma_{sj} A_{an} Z_{sxj} \quad (1)$$

$$M_y = \sum_{i=1}^{n-m} \sigma_{bi} A_{bi} Z_{byi} + \sum_{j=1}^p \sigma_{sj} A_{an} Z_{syj} \quad (2)$$

$$N = \sum_{i=1}^{n-m} \sigma_{bi} A_{bi} + \sum_{j=1}^p \sigma_{sj} A_{an} \quad (3)$$

Hệ phương trình xác định sự phân bố biến dạng tỉ đối trên tiết diện tính toán của liên kết:

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxi} + \frac{1}{r_y} Z_{byi} \quad (4)$$

$$\varepsilon_{si} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxi} + \frac{1}{r_y} Z_{syi} \quad (5)$$

Ứng suất nén trong bê tông và ứng suất kéo trong thân neo được xác định từ các biến dạng tỉ đối tương ứng:

$$\sigma_{bi} = E_{b,red} \cdot \varepsilon_{bi} \cdot \nu_{bi} \quad (6)$$

$$\sigma_{si} = E_{an} \cdot \varepsilon_{si} \cdot \nu_{si} \quad (7)$$

Trong các biểu thức từ (1-7), M_x và M_y lần lượt là mô men uốn do ngoại lực gây ra so với các trục tọa độ X và Y tương ứng và nằm trong tiết diện tính toán của trục tọa độ (tác động trong các mặt phẳng XOZ và YOZ hoặc song song với chúng), được tính bằng $M_x = M_{xd} + N \cdot e_x$ và $M_y = M_{yd} + N \cdot e_y$ với M_{xd} và M_{yd} là mô men uốn trong các mặt phẳng tương ứng do ngoại lực; N là ngoại lực kéo nhỏ; e_x và e_y là khoảng cách từ điểm tác dụng của lực dọc N đến trục được chọn tương ứng; A_{bi} , Z_{bxi} , Z_{byi} , σ_{bi} là diện tích tiết diện, tọa độ trọng tâm của phần tử bê tông thứ (i) và ứng suất ở tại trọng tâm của nó; A_{an} , Z_{sxj} , Z_{syj} , σ_{sj} là diện tích, tọa độ trọng tâm của neo thứ (j) và ứng suất trong neo đó; ε_0 là biến dạng tỉ đối của thớ nằm ở điểm giao nhau trục được chọn (tại điểm 0); $1/r_x$ và $1/r_y$ - tương ứng là độ cong của trục dọc trong tiết diện ngang đang xét trong mặt phẳng tác dụng của mô men uốn M_x và M_y ; $E_{b,red}$ - mô đun đàn hồi giảm của bê tông $E_{b,red} = 0,6E_b$; E_{an} là mô đun đàn hồi giảm của neo; ν_{bi} là hệ số đàn hồi có xét đến sự làm việc của phần tử bê tông thứ (i) được lấy bằng $\nu_{bi} = \sigma_{bi} / (E_{b,red} \cdot \varepsilon_{bi})$; ν_{si} là hệ số xét đến sự làm việc của neo thứ (j) lấy bằng $\nu_{si} = \sigma_{si} / (E_{an} \cdot \varepsilon_{si})$;

Độ cứng của neo C_0 và độ cứng của bê tông nền C_b được xác định như sau:

$$C_0 = \varphi \cdot \frac{E_s \cdot A_{an}}{h_{ef}} \quad (8)$$

$$C_b = 20(\text{mm}^{-1}) \cdot R_b \quad (9)$$

trong đó A_{an} là diện tích tiết diện ngang của neo, tính theo đường kính danh nghĩa d_{nom} ; h_{ef} là chiều sâu neo hữu hiệu; E_s là mô đun đàn hồi của vật liệu thép neo, lấy bằng 200.000 N/mm²; φ - hệ số tùy thuộc vào loại neo, lấy bằng 0,15 - đối với neo cơ học sử dụng cơ chế chịu lực kiểu ma sát; 0,15 - đối với neo cơ học sử dụng cơ chế chịu lực kiểu tựa; 0,4 - đối với neo vít tự tạo ren; và 0,5 - đối với neo hóa chất; E_b là mô đun đàn hồi ban đầu của bê tông; và A là diện tích vùng bê tông chịu nén dưới tấm đệm neo [3].

Sự phân bố nội lực trong các neo có thể được xác định bằng cách giải hệ phương trình (1-7) sử dụng các biểu thức dưới đây:

$$M_x = D_{11} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{12} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{13} \cdot \varepsilon_0 \quad (10)$$

$$M_y = D_{12} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{22} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{23} \cdot \varepsilon_0 \quad (11)$$

$$N = D_{13} \cdot \frac{1}{r_x} + D_{23} \cdot \frac{1}{r_y} + D_{33} \cdot \varepsilon_0 \quad (12)$$

trong đó các tham số D_{ij} ($i, j=1,2,3$) của ma trận độ cứng được xác định như sau:

$$D_{11} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi}^2 E_{b,red} \nu_{bi} + \sum_j A_{an} Z_{sxi}^2 E_{an} \quad (13)$$

$$D_{22} = \sum_i A_{bi} Z_{byi}^2 E_{b,red} \nu_{bi} + \sum_j A_{an} Z_{syi}^2 E_{an} \quad (14)$$

$$D_{12} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi} Z_{byi} E_{b,red} \nu_{bi} + \sum_j A_{an} Z_{sxj} Z_{syj} E_{an} \quad (15)$$

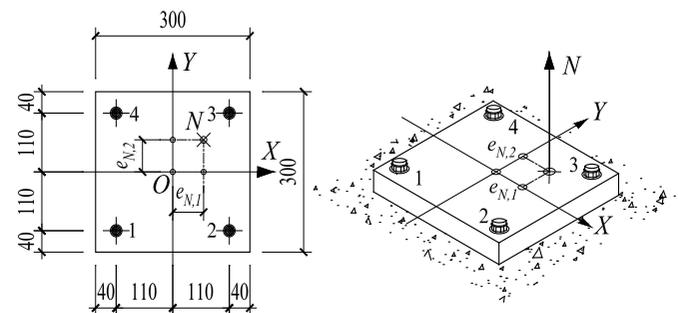
$$D_{13} = \sum_i A_{bi} Z_{bxi} E_{b,red} \nu_{bi} + \sum_j A_{an} Z_{sxi} E_{an} \quad (16)$$

$$D_{23} = \sum_i A_{bi} Z_{byi} E_{b,red} \nu_{bi} + \sum_j A_{an} Z_{syj} E_{an} \quad (17)$$

$$D_{33} = \sum_i A_{bi} E_{b,red} \nu_{bi} + \sum_j A_{an} E_{an} \quad (18)$$

3. KHẢO SÁT SỰ PHÂN BỐ ỨNG SUẤT TRONG LIÊN KẾT NEO

Dựa trên cơ sở lý thuyết giới thiệu trong mục 2, một phần mềm PTHH được lập trình trong môi trường Python và áp dụng tính toán cho một thí dụ thực tế cho một nhóm gồm bốn neo đặt trên một tấm đệm neo được coi là tuyệt đối cứng có kích thước 300×300(mm), các neo nằm cách trục tọa độ 110 mm và cách mép tấm 40 mm theo cả hai phương. Hệ neo chịu lực kéo nhỏ N đặt tại các độ lệch tâm theo hai phương là $e_{N,1}$ và $e_{N,2}$ (Hình 4).



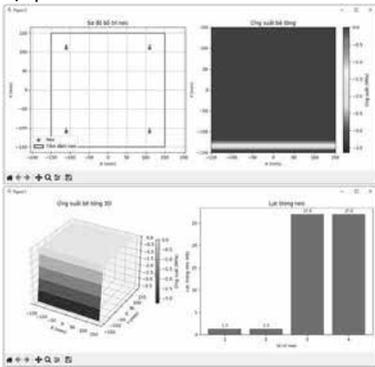
Hình 4. Thí dụ tính toán liên kết neo chịu kéo nhỏ

Tiến hành chia lưới gồm 100 phần tử bê tông có tiết diện 30×30 (mm) (gồm 10 hàng và 10 cột). Giả thiết sử dụng neo hóa chất đường kính $d_{nom}=14$ mm, với chiều sâu neo hữu hiệu $h_{ef}=100$ mm, từ biểu thức (8) xác định được độ cứng dọc trục của neo là $C_0=154$ kN/mm. Bê tông để neo sử dụng cấp bền B30 với cường độ chịu nén tính toán $R_b=17$ MPa, từ biểu thức (9) có $C_b=340$ N/mm³.

Giả sử lực kéo nhỏ có giá trị là $N=40$ kN, với độ lệch tâm $e_{N,1}=0$ m và $e_{N,2}=200$ mm (tương ứng với các mô men uốn $M_x=0$ kNm, $M_y=8$ kNm), giao diện phần mềm và các kết quả tính toán lực kéo nhỏ trong từng neo cũng như sự phân bố ứng suất trong đế neo bê tông được minh họa tương ứng trong Hình 5 và Hình 6.



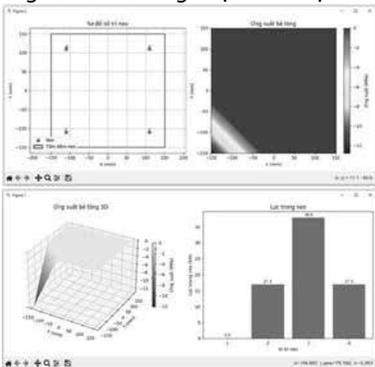
Hình 5. Giao diện phần mềm PTHH



Hình 6. Kết quả tính toán kéo lệch tâm theo hai phương

Hình 6 cho thấy kết quả tính toán lực kéo nhỏ trong các neo số 1, 2, 3 và 4 lần lượt là 1,3; 1,3; 27,0 và 27,0 kN. Ứng suất nén lớn nhất trong bê tông để neo tiếp xúc với tấm đệm neo tại vị trí xa nhất trong vùng nén (góc dưới bên trái) là 3,6 MPa.

Nếu hệ neo chịu lực kéo nhỏ $N=40$ kN nhưng có độ lệch tâm theo cả hai phương $e_{N1}=e_{N2}=200$ mm (tương ứng với các mô men uốn $M_x=M_y=8$ kNm), kết quả tính toán lực kéo nhỏ trong từng neo và phân bố ứng suất trong đế neo bê tông được minh họa trong Hình 7.

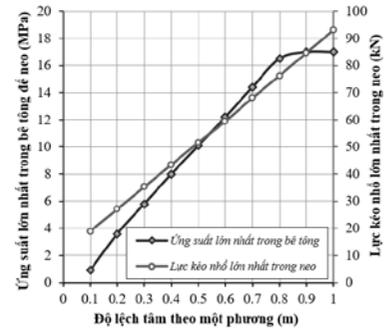


Hình 7. Kết quả tính toán kéo lệch tâm theo hai phương

Hình 7 cho thấy kết quả tính toán lực kéo nhỏ trong các neo số 2, 3 và 4 lần lượt là 17,1; 38,0 và 17,1 kN. Neo số 1 chịu nén và có thể được bỏ qua trong sự làm việc chịu kéo nhỏ của liên kết neo. Ứng suất nén lớn nhất trong bê tông để neo tiếp xúc với tấm đệm neo tại vị trí xa nhất trong vùng nén (góc dưới bên trái) là 12,8 MPa.

3.1. Ảnh hưởng của độ lệch tâm theo một phương

Khảo sát với các độ lệch tâm bằng cách giữ nguyên $e_{N1}=0$ và tăng dần e_{N2} từ 100 đến 1.000 mm, kết quả tính toán về ứng suất nén lớn nhất trong bê tông và lực kéo nhỏ lớn nhất trong neo được minh họa trên Hình 8.

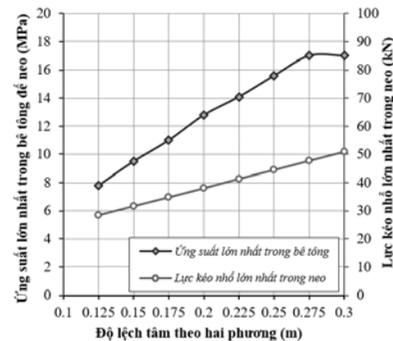


Hình 8. Ảnh hưởng của độ lệch tâm theo một phương

Kết quả trên Hình 8 cho thấy ứng suất nén lớn nhất trong bê tông và lực kéo nhỏ lớn nhất trong neo đều tỷ lệ thuận với độ lệch tâm theo một phương, trong đó ứng suất nén lớn nhất trong bê tông tăng nhanh hơn, đến độ lệch tâm $e_{N2}=800$ mm thì đạt tới ngưỡng cường độ chịu nén $R_b=17$ MPa của bê tông để neo.

3.2. Ảnh hưởng của độ lệch tâm theo hai phương

Khảo sát với các độ lệch tâm theo cả hai phương $e_{N1}=e_{N2}$ tăng dần từ 100 - 1.000 mm, kết quả tính toán về ứng suất nén lớn nhất trong bê tông và lực kéo nhỏ lớn nhất trong neo được minh họa trên Hình 9.

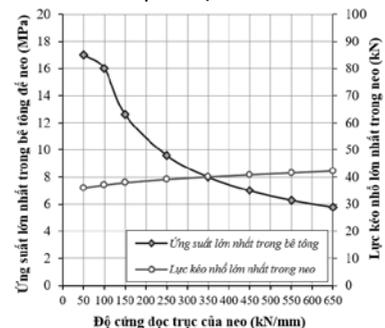


Hình 9. Ảnh hưởng của độ lệch tâm theo hai phương

Kết quả trên Hình 9 cho thấy mức độ ảnh hưởng lớn hơn nhiều của độ lệch tâm theo hai phương tới ứng suất nén lớn nhất trong bê tông so với độ lệch tâm theo một phương, so với $e_{N1}=e_{N2}=275$ mm đã làm cho ứng suất trong bê tông đạt tới ngưỡng của cường độ chịu nén R_b .

3.3. Ảnh hưởng của độ cứng dọc trục của neo

Đối với trường hợp chịu kéo nhỏ lệch tâm theo cả hai phương, khảo sát ảnh hưởng của độ cứng dọc trục của neo tới ứng suất nén lớn nhất trong bê tông và lực kéo nhỏ lớn nhất trong neo với các giá trị C_0 tăng dần từ 50 - 650 kN/mm. Kết quả được biểu diễn trên Hình 10.



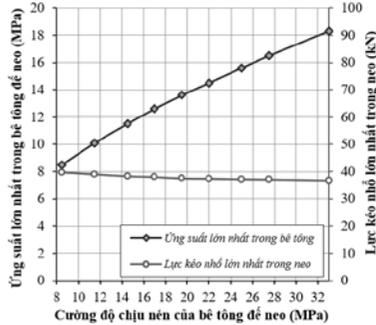
Hình 10. Ảnh hưởng của độ cứng dọc trục của neo

Có thể thấy trên Hình 10 rằng khi tăng dần độ cứng dọc trục của neo, lực kéo nhỏ trong neo cũng tăng nhưng với tốc độ khá chậm. Trong khi đó, ứng suất trong bê tông tỷ lệ nghịch với độ

cứng dọc trục của neo.

3.4. Ảnh hưởng của cường độ bê tông đế neo

Đối với trường hợp chịu kéo nhỏ lệch tâm theo cả hai phương, khảo sát ảnh hưởng cường độ bê tông đế neo tới ứng suất nén lớn nhất trong bê tông và lực kéo nhỏ nhất trong neo với các cấp cường độ từ B15 đến B60. Kết quả được biểu diễn trên Hình 11.



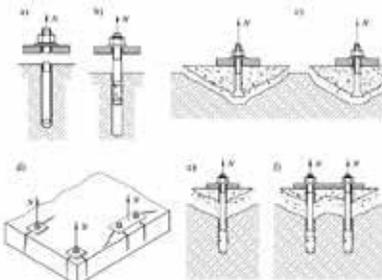
Hình 11. Ảnh hưởng của cấp cường độ của bê tông

Hình 11 cho thấy khi tăng dần cường độ bê tông đế neo sẽ làm giảm lực kéo nhỏ trong neo nhưng không đáng kể. Trong khi đó, ứng suất nén trong bê tông tỷ lệ thuận với cường độ chịu nén R_b của bê tông đế neo.

4. THẢO LUẬN

Trong bài báo này, một phần mềm PTHH được phát triển dựa trên mô hình biến dạng hai đoạn thẳng của bê tông khi chịu nén theo TCVN 5574:2018 cùng với giả thiết tiết diện phẳng khi tấm đệm neo thép được coi là cứng tuyệt đối để xác định được lực kéo trong neo và ứng suất nén trong bê tông đế neo khi liên kết neo chịu tác động của lực kéo nhỏ lệch tâm. Kết quả khảo sát trên một thí dụ thực tế thực hiện trong khuôn khổ của bài báo cho thấy:

- Lực kéo nhỏ nhất trong neo tỷ lệ thuận với độ lệch tâm của lực kéo tác dụng lên nhóm neo và với cường độ bê tông đế neo, nhưng tỷ lệ nghịch với độ cứng dọc trục của neo;
- Ứng suất nén lớn nhất trong bê tông đế neo trong khu vực tiếp xúc với đế neo tỷ lệ thuận với độ lệch tâm của lực kéo tác dụng lên nhóm neo và với độ cứng dọc trục của neo; tỷ lệ nghịch với cường độ chịu nén của bê tông nhưng với mức độ ảnh hưởng không đáng kể;
- Độ lệch tâm theo cả hai phương của lực kéo trên nhóm neo tới ứng suất trong bê tông đế neo có mức ảnh hưởng lớn hơn khá nhiều so với độ lệch tâm theo một phương, và do vậy cần được chú ý trong thiết kế.



Hình 12. Các cơ chế phá hoại neo do lực kéo nhỏ [1-3]

Cần lưu ý rằng các phép khảo sát trong mục 3 được thực hiện trên nguyên tắc thay đổi giá trị của tham số được khảo sát trong khi giữ nguyên giá trị của tất cả các tham số còn lại. Do vậy, có thể tồn tại tình huống mà lực kéo nhỏ trong neo lớn hơn khả năng chịu lực của neo. Trong thực tế thiết kế, sau khi xác định được sự phân bố lực trong các neo, cần kiểm tra điều kiện cường độ theo nguyên tắc nội lực lớn nhất tác dụng lên một neo đơn hoặc một nhóm neo không được phép vượt quá khả năng chịu lực tới hạn

tương ứng. Với liên kết neo chịu kéo nhỏ, điều kiện cường độ trên cần được kiểm tra cho các cơ chế phá hoại sau [1-3]:

- Phá hoại do kéo đứt vật liệu thân neo (Hình 12a);
- Phá hoại do mất bám dính và tuột neo khỏi đế neo bê tông (Hình 12b);
- Phá hoại do kéo thủng đế neo bê tông với dạng vỡ nón (Hình 12c);
- Phá hoại do nứt tách đế neo bê tông (Hình 12d); và
- Phá hoại kết hợp do mất bám dính và kéo thủng đế neo bê tông (Hình 12e,f).

Hướng phát triển tiếp theo của đề tài là nghiên cứu các phương pháp tính toán liên kết neo chịu kéo nhỏ được quy định trong tiêu chuẩn Hoa Kỳ [1], tiêu chuẩn châu Âu [2] và tiêu chuẩn Liên bang Nga [3] để áp dụng phù hợp thực tế của Việt Nam. Hơn nữa, cần kiểm tra điều kiện cường độ với các cơ chế phá hoại gây bởi lực cắt cũng như bởi tác động đồng thời của lực kéo và lực cắt, tạo nên một quy trình tính toán liên kết neo hoàn chỉnh.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Xây dựng trong đề tài khoa học công nghệ mã số RD 26-24.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ACI 318-25 (2025). Building code requirements for structural concrete.
- [2]. EN 1992-4:2018(E) (2018). Eurocodes 2 - Design of concrete structures. Part 4: Design of fastenings for use in concrete.
- [3]. СП 513.1325800.2022 (2022). Анкернэ крепления к бетону, Правила проектирования. (Neo trong bê tông - Nguyên lý thiết kế).
- [4]. TCVN 1916-1995 (1995). Bu lông, vít, vít cấy và đai ốc. Yêu cầu kỹ thuật.
- [5]. TCXDVN 170:2007 (2007). Kết cấu thép. Gia công, lắp đặt và nghiệm thu. Yêu cầu kỹ thuật.
- [6]. TCVN 8870: 2011 (2011). Thi công và nghiệm thu neo đất dùng trong công trình giao thông vận tải.
- [7]. TCVN 1568:2017 (2017). Bộ neo cấp cường độ cao. Neo tròn T13, T15 và neo dẹt D13, D15.
- [8]. TCVN 5574:2018 (2018). Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
- [9]. TCVN 13808:2023 (2023). Công trình thủy lợi. Thiết kế neo trong nền đất, đá.
- [10]. TCVN 5575:2024 (2024). Thiết kế kết cấu thép.
- [11]. Wang, D., Wu, D., He, S., Zhou, J., & Ouyang, C. (2015). "Behavior of post-installed large-diameter anchors in concrete foundations". Construction and Building Materials, 95, 124-132.
- [12]. González, F., Fernández, J., Agronati, G., & Villanueva, P. (2018). "Influence of construction conditions on strength of post installed bonded anchors". Construction and Building Materials, 165, 272-283.
- [13]. Vũ Ngọc Tâm, Hoàng Khánh Sơn, Amol Singh, Nguyễn Trường Thắng (2019), "Tính toán chịu lực cho giải pháp khoan và neo cấy bu long vào bê tông theo tiêu chuẩn châu Âu". Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng, 13(4V) tháng 9-2019, trang 103-114.
- [14]. Tayeh, B. A., Shihada, S., & Yusuf, M. O. (2019). "Pull-out behavior of post installed rebar connections using chemical adhesives and cement based binders". Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 31(4), 332-339.
- [15]. Boumakis, I., Bokor, B., & Pregartner, T. (2023). "Assessment of Post-Installed Anchor Stiffnesses in Uncracked Concrete with Different Types of Coarse Aggregates". Sustainability, 15(24), 16855.
- [16]. Spiegl, M., Walkner, R., & Feix, J. (2021). "Concrete screws as a post-installed punching reinforcement". Structural Concrete, 22(4), 2289-2308.
- [17]. Nguyễn Danh Hoàng (2023). "Tính toán bu lông neo trong bê tông theo tiêu chuẩn ACI 318-08". Tạp chí Khoa học và công nghệ Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội. 49:20-24,43.
- [18]. Al-Sabab, S., Sourav, S. N. A., & McNally, C. (2021). "The post-installed screw pull-out test: Development of a method for assessing in-situ concrete compressive strength". Journal of Building Engineering, 33, 101658.
- [19]. Siamakani, S. Y. M., Nagai, K., Jiradilok, P., & Sahamitmongkol, R. (2022). "Prevention of concrete breakout failure of expansion anchor in tension by post-installed reinforcement: Discrete analysis and experiment". Case Studies in Construction Materials, 17, e01233.
- [20]. Neupane, C. C., Lee, J., Pokharel, T., Tsang, H. H., & Gad, E. (2025). "Development and challenges in finite element modelling of post-installed anchors in concrete". Structure and Infrastructure Engineering, 21(2), 319-340.

Phát triển mô hình chuỗi thời gian LSTM để nâng cao độ chính xác trong việc dự đoán độ lún xử lý nền đất yếu

Development of an LSTM time series model to improve the accuracy of settlement prediction in soft ground improvement

> TS VŨ NGUYỄN PHÚ HUÂN

Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh
Email: huan.vnp@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Đánh giá và dự đoán độ lún của nền đất đang được xử lý là một công tác quan trọng, giúp xác định thời gian xử lý nền cũng như đánh giá mức độ cố kết đã đạt yêu cầu hay chưa. Trước đây, việc dự đoán thường sử dụng các công thức giải tích truyền thống, tuy nhiên độ chính xác không cao, điều này có thể dẫn đến lãng phí hoặc giảm hiệu quả trong quá trình xử lý nền. Nghiên cứu này tập trung vào việc phát triển mô hình chuỗi thời gian LSTM để dự đoán độ lún của nền đất yếu. Mô hình sẽ được kiểm chứng thông qua một công trình xử lý nền tại khu vực Hiệp Phước, TP.HCM. Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp này phù hợp và hiệu quả hơn so với các phương pháp truyền thống.

Từ khóa: Xử lý nền đất yếu, mô hình chuỗi thời gian LSTM, dự báo độ lún, phương pháp học máy.

ABSTRACT

Evaluating and predicting the settlement of soft ground during the improvement process is a critical task, as it allows for estimating the required treatment duration and determining whether the desired degree of consolidation has been achieved. Traditionally, such predictions have relied on classical analytical formulas, which often lack high accuracy. This limitation may lead to inefficiencies or unnecessary costs in ground improvement projects. This study focuses on the development of a Long Short-Term Memory (LSTM) time series model for predicting the settlement of soft ground. The proposed model is validated using data from a ground improvement project in the Hiep Phuoc area, Ho Chi Minh City. The results demonstrate that the LSTM time series model offers improved accuracy and greater predictive performance compared to traditional methods.

Keywords: Ground improvement, LSTM time series model, ground settlement prediction, machine learning.

1. GIỚI THIỆU

Ở Việt Nam hiện nay, việc phát triển hạ tầng cũng như quá trình đô thị hóa ngày càng được mở rộng, điều này đối mặt với một thử thách đi kèm là xây dựng các cơ sở hạ tầng để đáp ứng nhu cầu. Tuy nhiên với đặc thù là địa chất trẻ nên nền đất để phát triển đa phần là nền đất yếu, do đó trước khi xây dựng công trình thì yêu cầu cấp thiết phải có công tác xử lý nền đất yếu nhằm giảm độ lún dư trong quá trình khai thác, sử dụng sau này.

Một trong những khó khăn trong giai đoạn xử lý nền đất yếu chính là xác định chính xác thời gian kết thúc quá trình xử lý, nếu xác định chính xác thì có thể tiết kiệm được thời gian của dự án, giảm chi phí mà vẫn đảm bảo việc an toàn khi khai thác, sử dụng. Các phương pháp dự báo truyền thống, như các phương trình giải tích và các tương quan thường được xây dựng trên những giả định lý tưởng và có hạn chế trong khả năng tính toán tính phi tuyến tính và tính không đồng nhất của nền đất yếu. Những hạn

chế này dẫn đến việc cải tiến bằng những công cụ hiện đại, linh hoạt hơn để giúp nâng cao độ chính xác của việc dự đoán.

Mục tiêu của nghiên cứu là phát triển mô hình chuỗi thời gian LSTM (Long Short-Term Memory), là một loại mạng nơ-ron hồi tiếp nhằm dự báo được chính xác độ lún của nền đất yếu trong quá trình xử lý. Bằng cách sử dụng dữ liệu thực tế từ kết quả quan trắc lún đo hằng ngày tại hiện trường, nghiên cứu hướng tới việc xây dựng một công cụ dự đoán độ lún chính xác và có tính ứng dụng cao trong các công trình xử lý nền. Đồng thời, mô hình LSTM được so sánh với các phương pháp dự đoán truyền thống và mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn, nhằm làm rõ ưu điểm về khả năng áp dụng và độ chính xác của kết quả.

2. TỔNG QUAN

2.1. Phương pháp truyền thống trong dự đoán độ lún của nền đất

a. Phương pháp tính lún cổ kết theo Terzaghi

Đây là một trong những phương pháp cổ điển và phổ biến nhất trong cơ học đất để dự đoán độ lún cổ kết một chiều. Tuy nhiên đây là phương pháp tính khá đơn giản, phụ thuộc rất nhiều giả thiết ban đầu, dẫn đến không phản ánh đầy đủ so với thực tế. Ví dụ như: lún chỉ xét được 1 chiều; nền đất phải đồng nhất, đẳng hướng; đường thoát nước phải cố định, tức thời; mối quan hệ giữa ứng suất, biến dạng phải là tuyến tính,...

b. Phương pháp Asaoka

Cơ sở của phương pháp dựa trên toán học giải tích, bằng cách sử dụng số liệu quan trắc thực tế và phân tích đường cong lún theo thời gian để từ đó ngoại suy ra độ lún cuối cùng. Tuy nhiên phương pháp này sẽ bị sai lệch nghiêm trọng nếu dữ liệu không đủ dài và không chính xác. Phương pháp này chỉ áp dụng khi tải trọng gia tải là hằng số, cơ chế cổ kết phải ổn định; cũng không xét đến các đặc tính đặc trưng của nền đất yếu.

c. Phương pháp phương trình đường cong lún

Baron và Hansbo đã đề xuất một phương pháp dự báo độ lún dựa trên phương trình đường cong lún (hyperbolic), cơ sở của phương pháp cũng dựa trên số liệu quan trắc thực tế để phân tích lún theo 3 giai đoạn là:

- Lún tức thời: xảy ra gần như ngay lập tức khi gia tải, lún chủ yếu là do biến dạng cấu trúc khung hạt.
- Lún cổ kết sơ cấp: do thoát nước trong lỗ rỗng làm suy giảm thể tích.
- Lún cổ kết thứ cấp: do biến dạng dẻo trong khung hạt đất theo thời gian.

Tuy nhiên phương pháp này không phản ánh được các đặc trưng của cơ học đất như: ứng suất, hệ số cổ kết... Và phương pháp này sẽ không được chính xác nếu đường cong lún bị gãy khúc hoặc dao động; hoặc có thể dự báo sai nếu chọn sai giai đoạn hồi quy.

2.2. Mô hình học máy

Các phương pháp truyền thống kể trên đã được sử dụng rất nhiều nhằm dự báo thời gian và độ lún dư trong quá trình xử lý nền. Tuy nhiên, những phương pháp này thường yêu cầu giả thuyết lý tưởng (ví dụ: điều kiện biên xác định, hệ số cổ kết không đổi, hoặc môi trường đồng nhất,...) và khó áp dụng cho dữ liệu đo đạc thực tế có tính phi tuyến, nhiễu và phụ thuộc thời gian phức tạp. Trong bối cảnh hiện nay, các mô hình học máy, đặc biệt là các mô hình học sâu như LSTM đã được phát triển để tối ưu hóa các mối quan hệ phức tạp có liên quan đến chuỗi thời gian mà không yêu cầu các mô hình vật lý rõ ràng đi kèm.

LSTM là một biến thể cải tiến của mạng nơ-ron hồi tiếp truyền thống (RNN - Recurrent Neural Network), được giới thiệu bởi Hochreiter và Schmidhuber vào năm 1997. Mục tiêu chính của LSTM là khắc phục hạn chế mất trí nhớ ngắn hạn thường gặp trong RNN, đặc biệt là trong các bài toán mà thông tin từ các thời điểm quá khứ xa vẫn còn ảnh hưởng lớn đến kết quả hiện tại hoặc tương lai. Trong các bài toán kỹ thuật như dự đoán độ lún của nền đất được xử lý bằng phương pháp tải trước có hoặc không có bắc thấm, dữ liệu đo đạc thường có dạng chuỗi thời gian với tính phi tuyến, nhiễu nhiễu và phụ thuộc mạnh vào thời gian. Mô hình LSTM cho phép học trực tiếp từ dữ liệu lịch sử, tự động phát hiện quy luật và xu hướng mà không cần giả định tuyến tính hoặc tiền xử lý phức tạp như trong các mô hình thống kê. Nhờ đó, LSTM ngày càng được xem là một công cụ hiệu quả và tiềm năng trong việc mô hình hóa và dự báo các hiện tượng động trong kỹ thuật nền móng và địa kỹ thuật.

Zhang et al. (2019) đã áp dụng mô hình LSTM để dự đoán độ lún nền đất yếu dưới tác động tải trọng trong công trình đường cao tốc, cho kết quả sai số nhỏ hơn đáng kể so với phương pháp tuyến tính truyền thống. Tương tự, nghiên cứu của Liu et al. (2021) cho thấy LSTM có thể được huấn luyện trên dữ liệu thực tế đo đạc từ các mốc quan

trắc lún để đưa ra dự báo chính xác trong điều kiện đất nền không đồng nhất và có sự thay đổi theo thời gian của điều kiện thoát nước.

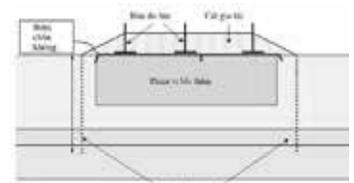
3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Giới thiệu công trình

Nghiên cứu được áp dụng cụ thể tại hạng mục xử lý nền của công trình Cảng Sài Gòn Hiệp Phước tại huyện Nhà Bè, TP.HCM. Hình 1 bên dưới mô tả vị trí của dự án, đặc thù nền đất của công trình là nằm ngay cạnh sông Soài Rạp nên có địa chất rất yếu: lớp đất sét chảy đến chảy dẻo phân bố đến gần 35m bề dày.



Hình 1. Vị trí công trình Cảng Sài Gòn Hiệp Phước



Hình 2. Phương pháp xử lý nền tại công trình Cảng Sài Gòn Hiệp Phước

Hình 2 mô tả biện pháp xử lý nền tại khu vực đó là phương pháp gia tải trước kết hợp với việc thoát nước bằng bắc thấm và bơm hút chân không. Dữ liệu quan trắc lún sẽ được thu thập thông qua thiết bị bàn đo lún (settlement plate) được bố trí trên khắp khu vực xử lý nền.

3.2. Mô hình LSTM

a. Thu thập và xử lý dữ liệu từ hiện trường

- Dữ liệu hiện trường của dự án được thu thập bao gồm: kết quả đo lún theo thời gian; đính kèm theo đó là các thông số đặc trưng khác: Tải trọng theo thời gian; áp lực nước lỗ rỗng thặng dư.

- Xử lý số liệu: chuyển toàn bộ dữ liệu thành chuỗi thời gian (time series structuring). Sau đó dữ liệu này sẽ được chuyển thành ma trận 3D để huấn luyện LSTM. Trong nghiên cứu này, để tăng mức độ hiệu quả chính xác, tác giả chia tập dữ liệu thành 3 giai đoạn, trong đó giai đoạn 1 và 2 dùng để huấn luyện và giai đoạn 3 dùng để kiểm tra khả năng dự đoán của mô hình. Lý do là về sau còn có những điều kiện khác có thể ảnh hưởng đến việc dự đoán.

b. Phân tích đặc trưng và xây dựng chuỗi thời gian

- Tạo thành chuỗi thời gian: từ độ lún đo 2 ngày 1 lần, tác giả thiết lập độ lún theo 1 tuần.

- Lúc này đầu vào sẽ là chuỗi độ lún lịch sử theo tuần, giá trị tải trong thời điểm và áp lực nước lỗ rỗng thặng dư. Đầu ra lúc này: độ lún tại thời điểm kế tiếp.

c. Xây dựng kiến trúc mô hình LSTM

- Lựa chọn cấu trúc mạng: chọn nhiều lớp LSTM và đồng thời sử dụng một lớp "Dense" ở đầu ra để dự báo chi tiết độ lún.

- Tối ưu hóa hàm mất mát: Mean Squared Error (MSE).

- Sử dụng trình tối ưu: Adam để khả năng hội tụ nhanh.

3.3. Phương pháp Asaoka

Asaoka là một trong những phương pháp thực nghiệm đã được các đơn vị tư vấn xây dựng áp dụng nhằm dự báo độ lún của nền đất đang cố kết. Phương pháp này được đề xuất bởi Asaoka (1978), dựa trên quan sát thực nghiệm rằng sự phát triển độ lún theo thời gian có xu hướng tuyến tính trong giai đoạn gần đạt đến độ lún ổn định.

Phương pháp không yêu cầu các thông số cơ học chi tiết của đất mà chỉ cần sử dụng chuỗi số liệu độ lún thực đo tại hiện trường để dự báo độ lún ổn định của nền. Bằng cách thiết lập mối quan hệ giữa độ lún tại thời điểm hiện tại và thời điểm kế tiếp, Asaoka xây dựng một mô hình hồi quy tuyến tính để nội suy và xác định giá trị lún cuối cùng mà nền đất sẽ đạt được khi quá trình cố kết hoàn tất.

Trong phương pháp Asaoka, chuỗi số liệu lún mặt S_t được tổng hợp với chuỗi thời gian $\Delta t = 7$ ngày. Các số liệu được đưa vào biểu đồ (S_t, S_{t-1}) và xác định được phương trình:

$$S_t = s_0 + \beta S_{t-1} \quad (1)$$

Với s_0 và β là các hệ số phụ thuộc vào độ dốc của phương trình độ lún mặt trên.

Độ lún tối đa được dự đoán là điểm giao giữa đường thẳng theo phương trình số (1) và đường thẳng xiên 1 góc 45°.

3.4. Phương pháp Hyperbolic

Trong thực tế, song song với phương pháp Asaoka thì phương pháp Hyperbolic cũng là một phương pháp khá phổ biến được dùng để dự báo độ lún cổ kết trong quá trình gia tải. Phương pháp này lần đầu tiên được đề xuất bởi Tan et al. (1991) và dựa trên mối quan hệ dạng hàm hyperbol giữa độ lún lũy tích theo thời gian và thời gian gia tải.

Cơ sở của phương pháp là nhận thấy rằng khi nền đất yếu chịu tải trong thời gian dài, đặc biệt trong giai đoạn gần đạt đến trạng thái ổn định, sự gia tăng độ lún theo thời gian có thể được biểu diễn bằng phương trình dạng hyperbol:

$$\frac{t}{S_t} = a + b.t \quad (2)$$

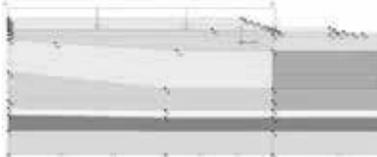
Trong đó:

- t: thời gian.
- S_t : độ lún tại thời điểm t.
- a, b: hệ số thực nghiệm được xác định từ dữ liệu thực tế.

3.5. Mô hình bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Tác giả sẽ dùng phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng công trình thông qua phần mềm Plaxis, độ lún của nền đất yếu sẽ được dự đoán bằng cách mô phỏng theo dữ liệu thi công thực tế và thông số địa chất ban đầu.

Trong quá trình thực hiện, dựa trên những nghiên cứu trước đây thường sử dụng mô hình Mohr-Coulomb. Tuy nhiên mô hình này không được phù hợp với các lớp đất yếu nên tác giả chọn sử dụng mô hình Soft Soil. Hình bên dưới mô tả công trình xử lý nền đã được mô phỏng trong Plaxis.

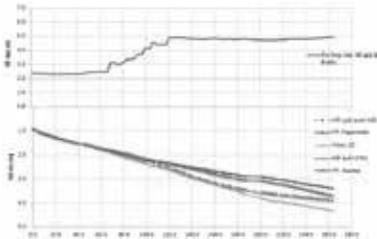


Hình 3. Mô phỏng xử lý nền công trình cảng Sài Gòn Hiệp Phước bằng Plaxis 2D

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

a. Kết quả

Hình 4 dưới đây là kết quả so sánh giữa các phương pháp đã được nêu trong nghiên cứu và đồng thời được kiểm chứng với dữ liệu quan trắc thực tế.



Hình 4. Kết quả so sánh dự báo độ lún của các phương pháp

Dựa vào kết quả hình trên, tác giả có một số nhận xét như sau:

- ✓ Kết quả theo phương pháp truyền thống Asaoka và Hyperbolic có sự sai khác trong giai đoạn sau so với kết quả quan trắc hiện trường.
- ✓ Kết quả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn bằng phần mềm Plaxis 2D lớn hơn nhiều so với kết quả quan trắc. Điều này có thể giải thích về sự chưa phù hợp với số liệu đầu vào khai báo trong phần mềm.

✓ Kết quả của mô hình chuỗi thời gian LSTM sau khi được phát triển khá tương thích với kết quả quan trắc, đặc biệt là trong giai đoạn sau.

b. Đánh giá hiệu suất mô hình LSTM

Dựa trên kết quả phân tích bên trên, Bảng 1 bên dưới tổng hợp các tiêu chí để đánh giá hiệu suất của mô hình LSTM, đồng thời so sánh với các phương pháp truyền thống.

Bảng 1. Bảng kết quả so sánh, đánh giá của mô hình LSTM

Mô hình	MAE (m)	RMSE (m)	MAPE(%)	R ²
Asaoka	0.23	0.35	11	0.83
Hyperbolic	0.52	0.78	19	0.74
LSTM	0.1	0.15	5	0.92

• Sai số trung bình (Mean Absolute Error - MAE) giữa dự đoán và thực tế là 0.1 m. Với độ lún tổng là 3.866m, sai số này có thể chấp nhận được trong một số trường hợp thực nghiệm.

• Sai số căn bậc hai (Root Mean Square Error - RMSE) lớn hơn một chút so với MAE do nhấn mạnh vào các giá trị sai lệch lớn.

• Hệ số xác định (R² = 0.92): Mô hình giải thích được 92% sự biến thiên của dữ liệu thực nghiệm, cho thấy hiệu suất khá tốt.

5. KẾT LUẬN

• Việc tự động học từ dữ liệu quan trắc thực tế mà không cần giả định trước (Asaoka, hyperbolic...) là điểm mạnh của mô hình LSTM. Trong khi các mô hình truyền thống yêu cầu dữ liệu được đo đều đặn, ổn định và tuyến tính, LSTM có thể xử lý được cả các chuỗi thời gian phi tuyến, chứa nhiễu và không đồng đều - thường gặp trong điều kiện thi công thực tế tại công trường.

• Độ sai số của mô hình LSTM thấp hơn khá nhiều so với các phương pháp truyền thống, đặc biệt là trong giai đoạn chuyển tiếp sang độ lún ổn định.

• Phương pháp phần tử hữu hạn phụ thuộc khá nhiều vào độ chính xác của số liệu đầu vào dẫn đến đôi khi kết quả mô phỏng không phản ánh đúng thực tế. Trong khi đó, LSTM có thể đưa ra dự báo sát thực tế tại công trường hơn nếu được huấn luyện tốt dựa trên các phương pháp máy học.

• Việc dễ dàng cập nhật dữ liệu mới, có thể tích hợp trực tiếp vào hệ thống đo lún tại hiện trường; điều này giúp LSTM có thể dự báo độ lún trong thời gian thực một cách nhanh chóng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Asaoka, A. (1978). Observational procedure of settlement prediction. *Soils and Foundations*, 18(4), 87–101.
- [2]. Tan, T. S., & Yuen, S. T. S. (2003). Consolidation and settlement analyses for prefabricated vertical drain projects. *Geotextiles and Geomembranes*, 21(6), 339-353.
- [3]. Huan, V.N.P & Nghia, P.D.T, (2025) Phát triển mô hình dự báo sức chịu tải cọc dựa trên dữ liệu thí nghiệm O-cell bằng phương pháp học máy ANN. *Tạp chí Xây Dựng* 03.
- [4]. Zhang, Y., Li, J., Liu, D., & Yang, J. (2019). Prediction of soft ground settlement using long short-term memory neural network. *Computers and Geotechnics*, 115, 103150.
- [5]. Liu, Y., Zhang, M., & Zhang, Y. (2021). Deep learning-based settlement prediction of soft soil foundation under surcharge preloading. *Applied Sciences*, 11(2), 732.
- [6]. Yu, K., Zhou, Y., & Hu, H. (2020). Settlement prediction of embankments on soft clay using Bi-LSTM networks. *Geoscience Frontiers*, 11(5), 1720-1732.
- [7]. Brinkgreve, R. B. J., Kumarswamy, S., Swolfs, W. M., & Plaxis BV. (2021). *PLAXIS 2D 2021 Material Models Manual*. Bentley Systems.
- [8]. Zhang, G., & Wang, X. (2017). Numerical simulation of vacuum preloading consolidation in soft ground using Plaxis 2D. *Procedia Engineering*, 175, 320-327.
- [9]. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780.
- [10]. Brownlee, J. (2018). *Deep Learning for Time Series Forecasting: Predict the Future with MLPs, CNNs and LSTMs in Python*. Machine Learning Mastery.
- [11]. Sun, H., Juang, C. H., & Zhang, J. (2020). Data-driven methods for geotechnical engineering: Applications and opportunities. *Computers and Geotechnics*, 122, 103611.

Nghiên cứu xây dựng lưới trắc địa phục vụ đào tạo tại cơ sở Nhà Bè, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM

Research on building a Geodetic network for training at Nha Be campus, Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment

> THS TRẦN VĂN HUÂN*, THS NGUYỄN XUÂN HÒA

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM

*Email: tvhuan@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Nội dung bài báo đề cập việc thành lập lưới khống chế trắc địa mặt bằng bằng phương pháp lưới hỗn hợp trị đo GNSS và trị đo mặt đất tại Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM để phục vụ công tác đào tạo sinh viên. Việc áp dụng lưới hỗn hợp có ưu điểm rất lớn, giúp bổ trợ cho nhau, tăng tính khả thi, nâng cao sự linh hoạt và hiệu quả trong quá trình sản xuất.

Từ khóa: GNSS; lưới khống chế trắc địa; bình sai lưới hỗn hợp.

ABSTRACT

The article discusses the establishment of a geodetic coordinate control network using combined GNSS and ground measurement network method at Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment, to serve student training. The application of a combined network has great advantages, helping to complement each other, increasing feasibility, enhancing flexibility and efficiency in the production process.

Keywords: GNSS; geodetic control network; adjustment of combined networks.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng lưới khống chế trắc địa mặt bằng là một việc làm không thể thiếu trong công tác đào tạo sinh viên tại Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh. Lưới khống chế trắc địa là một hệ thống các điểm khống chế liên kết với nhau theo một dạng hình học nhất định, được đánh dấu ở thực địa bằng những mốc đặc biệt.

Lưới khống chế trước đây được xây dựng bằng công nghệ truyền thống đo góc, đo cạnh (trị đo mặt đất). Hiện nay, xây dựng

lưới có thêm trị đo vệ tinh GNSS. Mỗi trị đo mặt đất hay vệ tinh đều có những ưu, nhược điểm riêng và được ứng dụng trong từng trường hợp riêng biệt. Tuy nhiên, trong một số trường hợp khi sử dụng công nghệ GNSS do điều kiện thu tín hiệu bị hạn chế cho nên một số điểm không thể kết nối đầy đủ bằng trị đo GNSS mà phải kết nối bằng các trị đo góc hoặc trị đo cạnh. Cũng có những trường hợp cần kết nối giữa hai mạng lưới mặt đất mà không thể đo đạc được góc cạnh thì việc sử dụng công nghệ GNSS là khả thi nhất. Có trường hợp, chúng ta thành lập lưới đa giác kết hợp các trị đo GNSS. Do đó, việc áp dụng cả hai trị đo nhằm bổ trợ cho nhau, tăng tính khả thi, nâng cao độ chính xác và rút ngắn thời gian xây dựng lưới, phát huy được những ưu điểm và khắc phục được mặt hạn chế của mỗi công nghệ đo.



Hình 1. Lưới hỗn hợp trị đo GNSS, mặt đất

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Trị đo GNSS

Lưới khống chế được xây dựng bằng phương pháp GNSS đo tĩnh với số liệu thu được là các giá số tọa độ ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) và ma trận hiệp phương sai của các baseline. Sau đó, tiến hành xử lý mạng lưới GNSS kết quả thu được các giá trị tọa độ vuông góc không gian địa tâm X, Y, Z.

Tính chuyển tọa độ không gian địa tâm X, Y, Z sang tọa độ trắc địa B, L, H.

$$\operatorname{tg} B = \frac{Z + e^2 \cdot N \cdot \sin B}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \quad (1)$$

$$L = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (2)$$

$$H = \frac{Z}{\sin B} - N(1 - e^2) \quad (3)$$

Tiếp theo chuyển đổi tọa độ trắc địa B, L, H sang hệ tọa độ phẳng x, y.

$$x = m_0 \left[N_0 + N \sin B \cdot \frac{r}{720} \cdot \cos^3 B + N \sin B \cdot \frac{r}{24} \cdot \cos^3 B \cdot (4w^2 + w - t^2) + N \sin B \cdot \frac{r}{720} \cdot \cos^5 B \cdot (8w^4 \cdot (11 - 24 \cdot t^2) - 28w^3(1 - 6t^2) + w^2(1 - 32t^2) - w(2t^2 + t^4) + N \sin B \cdot \frac{r}{4320} \cdot \cos^3 B \cdot (1305 - 3111 \cdot t^2 + 543 \cdot t^4 - t^6) \right] \quad (4)$$

$$y = m_0 \left[N \cdot \cos B + N \cdot \frac{r}{6} \cdot \cos^3 B \cdot (w - t^2) + N \cdot \frac{r}{120} \cdot \cos^3 B \cdot (4w^3 \cdot (1 - 6 \cdot t^2) - 2w \cdot t^2 + t^4) + N \cdot \frac{r}{5040} \cdot \cos^5 B \cdot (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6) \right] \quad (5)$$

Sau khi có tọa độ x, y chuyển thành các giá số tọa độ Δx, Δy.

Chúng ta sẽ có phương trình số hiệu chỉnh trị đo GNSS của các baseline giữa hai điểm i, k sau khi chuyển thành giá số tọa độ Δx, Δy trên mặt phẳng chiếu như sau:

$$\begin{cases} V_{\Delta x_{ik}} = -1\delta_{x_i} + 1\delta_{x_k} + l_{\Delta x_{ik}} \\ V_{\Delta y_{ik}} = -1\delta_{y_i} + 1\delta_{y_k} + l_{\Delta y_{ik}} \end{cases} \quad (6)$$

Ở đây, $V_{\Delta x_{ik}}, V_{\Delta y_{ik}}$ - Số hiệu chỉnh vào trị đo; $\delta_{x_i}, \delta_{y_i}, \delta_{x_k}, \delta_{y_k}$ - Các số hiệu chỉnh của các tọa độ; $l_{\Delta x_{ik}}, l_{\Delta y_{ik}}$ - Số hạng tự do.

Các số giá tọa độ Δx, Δy có ma trận trọng số $P_{\Delta r}$ được tính từ ma trận hiệp phương sai của các trị đo GNSS (ΔX, ΔY, ΔZ) theo công thức:

$$P_1 = P_{\Delta r} = Q_{\Delta r}^{-1} \quad (7)$$

Ma trận tương quan $Q_{\Delta r}$ được tính chuyển từ ma trận hiệp phương sai các trị đo ΔX, ΔY, ΔZ theo công thức:

$$Q_{\Delta r} = C_{13} \cdot Q_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z} \cdot C_{13}^T \quad (8)$$

Trong đó:

$$Q_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z} = \begin{bmatrix} M_1 & & & \\ & M_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & M_n \end{bmatrix} \quad (9)$$

Với M_i là ma trận hiệp phương sai nhận được trong quá trình giải cạnh là ma trận có kích thước 3x3.

$$M = \begin{bmatrix} \sigma_{\Delta X}^2 & \sigma_{\Delta X \Delta Y} & \sigma_{\Delta X \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta X \Delta Y} & \sigma_{\Delta Y}^2 & \sigma_{\Delta Y \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta X \Delta Z} & \sigma_{\Delta Y \Delta Z} & \sigma_{\Delta Z}^2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

C_{13} là ma trận chuyển đổi vị phân tọa độ được tính như sau:

$$C_{13} = \begin{bmatrix} D_1 & & & \\ & D_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & D_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} K_1^T \\ \\ \\ \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$D_i = \begin{bmatrix} \frac{M}{M+H} & & & \\ & \frac{N}{N+H} & & \\ & & & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$K^T = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L \\ -\sin L & \cos L \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L \end{bmatrix} \quad (13)$$

2.2. Trị đo mặt đất

Là trị đo góc, trị đo cạnh, trị đo phương vị có phương trình số hiệu chỉnh theo công thức sau:

$$V_{\beta} = (a_{ki} - a_{kj})\delta_{X_k} + (b_{ki} - b_{kj})\delta_{Y_k} - a_{ki}\delta_{X_i} - b_{ki}\delta_{Y_i} + a_{kj}\delta_{X_j} + b_{kj}\delta_{Y_j} + l_{\beta} \quad (14)$$

$$V_{S_{ik}} = -c_{ik}\delta_{X_i} - d_{ik}\delta_{Y_i} + c_{ik}\delta_{X_k} + d_{ik}\delta_{Y_k} + l_S$$

$$V_{\alpha_{ik}} = -a_{ik}\delta_{X_i} - b_{ik}\delta_{Y_i} + a_{ik}\delta_{X_k} + b_{ik}\delta_{Y_k} + l_{\alpha}$$

Trong đó: $V_{\beta}, V_{\gamma}, V_{\alpha}$ - Số hiệu chỉnh vào trị đo tương ứng; a, b, c, d - Hệ số của phương trình số cải chính; $l_{\beta}, l_{\gamma}, l_{\alpha}$ - Số hạng tự do.

2.3. Bình sai hỗn hợp

Mô hình tổng quát của bài toán xử lý số liệu mạng lưới trắc địa hỗn hợp với các trị đo GNSS và trị đo mặt đất được thể hiện qua hệ phương trình số hiệu chỉnh sau:

$$\begin{cases} (A \cdot \delta X + L_1 = V_1 \text{ với ma trận trọng số } P_1 (a)) \\ (G \cdot \delta X + L_2 = V_2 \text{ với ma trận trọng số } P_2 (b)) \end{cases}$$

Trong đó: Phương trình (a) ứng với trị đo GNSS (baseline), còn phương trình (b) ứng với trị đo mặt đất (góc, cạnh, phương vị) được quy chiếu trong hệ tọa độ phẳng. Vì vector tọa độ GNSS và vector trị đo mặt đất độc lập nhau nên bình sai được thực hiện dưới điều kiện:

$$V_1^T P_1 V_1 + V_2^T P_2 V_2 = \text{Min} \quad (15)$$

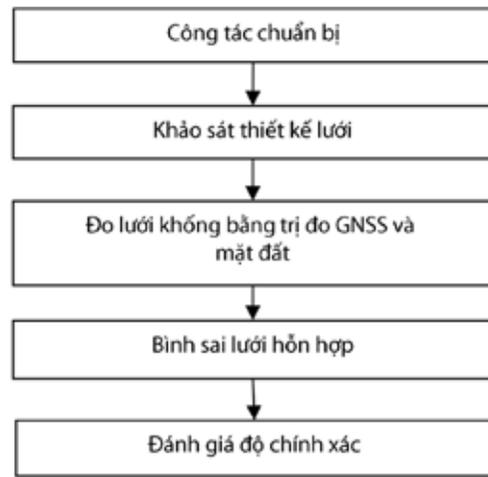
Từ đây, ta sẽ thành lập được hệ phương trình chuẩn và bình sai lưới hỗn hợp như phương pháp bình sai gián tiếp thông thường.



Hình 2. Sơ đồ bình sai hỗn hợp chuyển Baseline thành giá số tọa độ

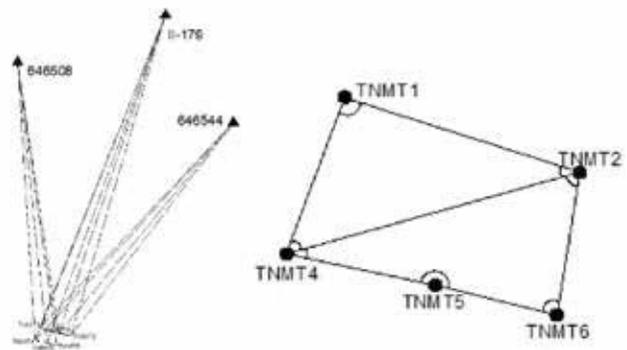
3. THỰC NGHIỆM

Quy trình xây dựng lưới khống chế trắc địa mặt bằng tại khu vực Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh như sau:



Hình 3. Sơ đồ Quy trình xây dựng lưới khống chế hỗn hợp

Trị đo GNSS sử dụng máy thu GNSS 2 tần số chia thành các ca đo. Trước khi đo phải lập lịch đo, lịch đo được sử dụng lịch vệ tinh quảng bá không có nhiễu cố ý SA (Selective Availability). Số vệ tinh tối thiểu cần quan sát là 4; PDOP lớn nhất cho phép là 4; khoảng thời gian tối thiểu của ca đo là 90 phút; góc ngưỡng 15 độ. Lưới GNSS gồm 2 mạng lưới riêng biệt; lưới 1 là các điểm TNMT1, TNMT2, TNMT3 được đo nối vào 3 điểm gốc; lưới 2 gồm các điểm TNMT4, TNMT5, TNMT6 cũng được đo nối với các điểm gốc trên. Để liên kết 2 lưới GNSS trên ta dùng thêm trị đo mặt đất bao gồm trị đo góc bằng và khoảng cách ngang được đo bằng máy toàn đạc điện tử Leica TS03.



Hình 4. Lưới trị đo GNSS và mặt đất

Để tiến hành xử lý số liệu, đầu tiên xử lý số liệu trị đo GNSS trên phần mềm TBC (Trimble Business Center) được giá số tọa độ và ma trận hiệp phương sai của các baseline.

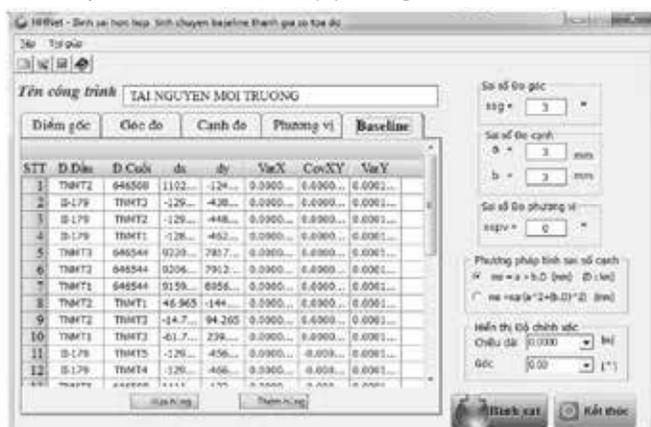
Sau đó dùng chương trình bình sai hỗn hợp HHNet để chuyển các trị đo GNSS sang giá số tọa độ trong hệ tọa độ phẳng $\Delta x, \Delta y$ và ma trận hiệp phương sai của các giá số này với Ellipsoid là WGS-84, kinh tuyến trục $105^{\circ}45'$ và múi chiếu 3° , kết quả thu được bảng số liệu.

Bảng 1. Giá số tọa độ, ma trận hiệp phương sai

```

II-179 TNMT5 -12998.812 -4569.441 0.0000262950 -0.0000180623 0.0001016019
II-179 TNMT4 -12979.158 -4661.115 0.0000262951 -0.0000180623 0.0001016001
TNMT6 646508 11117.865 -1234.867 0.0000262851 -0.0000188216 0.0001014987
TNMT5 646508 11099.387 -1160.092 0.0000262852 -0.0000188216 0.0001014892
TNMT4 646508 11079.733 -1068.418 0.0000262853 -0.0000188216 0.0001014875
    
```

Từ dữ liệu trị đo GNSS và trị đo mặt đất ta tiến hành bình sai hỗn hợp GNSS và mặt đất bằng chương trình "bình sai hỗn hợp mặt bằng - GNSS". Dữ liệu đầu vào bao gồm trị đo mặt đất (góc bằng, cạnh ngang và phương vị) và các sai số đo tương ứng; trị đo GNSS (giá số tọa độ $\Delta x, \Delta y$ trên mặt phẳng chiếu của từng cặp cạnh đã được chuyển đổi) và ma trận hiệp phương sai.



Hình 5. Bình sai hỗn hợp trị đo mặt đất và GNSS

Sau bình sai thu được kết quả tọa độ điểm và sai số sau bình sai theo bảng sau:

Bảng 2. Tọa độ các điểm sau bình sai

TÊN ĐIỂM	Xbs(m)	Ybs(m)	SSx(m)	SSy(m)	SSd(m)
TNMT2	1181011.330	602933.069	0.0009	0.0035	0.0036
TNMT1	1181058.295	602788.268	0.0010	0.0034	0.0036
TNMT4	1180960.456	602752.398	0.0017	0.0033	0.0037
TNMT5	1180940.799	602844.066	0.0015	0.0038	0.0040
TNMT6	1180922.328	602918.846	0.0017	0.0037	0.0040
TNMT3	1180996.574	603027.331	0.0012	0.0066	0.0067

Sai số vị trí điểm nhỏ nhất : TNMT1 là : 0.0036 m
 Sai số vị trí điểm lớn nhất : TNMT3 là : 0.0067 m

Với kết quả này, lưới khống chế Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường được thành lập bằng phương pháp hỗn hợp có độ chính xác cao đạt yêu cầu của lưới khống chế địa chính.

Hiện nay, phương pháp đo GNSS trạm CORS ngày càng được ứng dụng phổ biến trong công tác trắc địa bản đồ do ưu điểm có thể xác định tọa điểm tức với độ chính xác tương đối cao. Để kiểm chứng, tác giả đã tiến hành xác định tọa độ các điểm lưới khống chế bằng phương pháp GNSS trạm CORS thu được kết quả sau.

Bảng 3. So sánh tọa độ

Điểm	X (Hỗn hợp)	Y (Hỗn hợp)	X (CORS)	Y (CORS)	ΔX	ΔY	ΔD
TNMT2	1181011,330	602933,069	1181011,291	602933,109	0,039	-0,040	0,056
TNMT1	1181058,295	602788,268	1181058,258	602788,307	0,037	-0,039	0,054
TNMT4	1180960,456	602752,398	1180960,425	602752,426	0,031	-0,028	0,042
TNMT5	1180940,799	602844,066	1180940,762	602844,104	0,037	-0,038	0,053
TNMT6	1180922,328	602918,846	1180922,285	602918,875	0,043	-0,029	0,052
TNMT3	1180996,574	603027,331	1180996,531	603027,371	0,043	-0,040	0,059

Từ bảng kết quả trên ta thấy tọa độ của các điểm khống chế đo bằng công nghệ CORS có độ lệch so với tọa độ được thành lập bằng phương pháp hỗn hợp là nhỏ hơn 6 cm. Với kết quả này, ta thấy phương pháp đo trạm CORS có độ chính xác tương đối cao, có thể thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn.

4. KẾT LUẬN

Lưới khống chế mặt bằng tại Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường được xây dựng bằng phương pháp hỗn hợp trị đo mặt đất và trị đo GNSS có độ chính xác cao, đảm bảo công tác đào tạo sinh viên. Việc áp dụng phương pháp xây dựng lưới hỗn hợp là đúng đắn, có ưu điểm rất lớn, giúp nâng cao sự linh hoạt và hiệu quả trong quá trình sản xuất. Phương pháp định vị điểm bằng trạm CORS có độ chính xác tương đối cao, đáp ứng được cho việc thành lập bản đồ tỷ lệ lớn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh (HCMUNRE) theo mã số tài trợ CT.2025.14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Nam Chính, Đỗ Ngọc Đường (2012), Định vị vệ tinh, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Hoàng Ngọc Hà (2006), Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Hà Minh Hòa (2013), Phương pháp chuyển đổi tọa độ giữa các hệ tọa độ, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4]. Phạm Hoàng Lân, Đặng Nam Chính, nnc (2012), Trắc địa cao cấp đại cương, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

Đánh giá chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng đồng bằng sông Hồng

Assessing the quality of logistics services at inland container depots in the Red river delta region

> **THS.NCS MAI VŨ YÊN***, **GS.TS TỪ SỸ SÙA**, **PGS.TS DƯƠNG HỮU TUYẾN**

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: yenhty@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nhằm đánh giá thực trạng chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trên địa bàn vùng đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) - một trong những trung tâm logistics quan trọng nhất cả nước. Thông qua phương pháp điều tra khảo sát và phân tích số liệu thứ cấp, bài báo nhận diện và đánh giá mức độ đáp ứng kỳ vọng của khách hàng về chất lượng dịch vụ. Kết quả nghiên cứu gợi ý một số hàm ý chính sách nhằm nâng cao năng lực cung ứng dịch vụ logistics của khu vực.

Từ khóa: Chất lượng; dịch vụ; logistics; cảng cạn.

ABSTRACT

This paper aims to assess the current status of logistics service quality at inland container depots (ICDs) in the Red River Delta region-one of Vietnam's most important logistics hubs. Using survey methods and secondary data analysis, the study identifies and evaluates the extent to which logistics services at ICDs meet customer expectations. The findings suggest several policy implications to enhance the logistics service delivery capacity of the region.

Keywords: Quality; service; logistics; inland container depot.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giới thiệu vùng ĐBSH đóng vai trò là vùng kinh tế trọng điểm, tập trung nhiều khu công nghiệp, khu chế xuất và các trung tâm logistics quan trọng nhất Việt Nam. Trong bối cảnh hội nhập kinh tế quốc tế sâu rộng, nhu cầu vận tải và logistics tăng cao đòi hỏi hệ thống cảng cạn trong khu vực phải đáp ứng về quy mô, chất lượng và tính kết nối. Tuy nhiên, thực tế cho thấy chất lượng dịch

vụ logistics tại nhiều cảng cạn trong vùng ĐBSH vẫn còn những hạn chế nhất định: Dịch vụ chưa đa dạng, thời gian xử lý chưa đạt, kết nối hạ tầng chưa đồng bộ, ứng dụng công nghệ còn giới hạn... Những yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến năng lực cạnh tranh của cảng cạn và toàn chuỗi cung ứng khu vực. Mục tiêu của bài báo là phân tích và đánh giá chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trong vùng ĐBSH, làm rõ những kỳ vọng của khách hàng về chất lượng dịch vụ và đề xuất hàm ý chính sách nâng cao chất lượng dịch vụ trong giai đoạn tới.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ LOGISTICS TẠI CÁC CẢNG CẠN

2.1. Cảng cạn

Nghiên cứu về các yếu tố cấu thành của hệ thống logistics, trong đó bao gồm các cảng cạn đã được phát triển trong những thập kỷ qua (Wiegman, Witte et al. 2015). Trong các nghiên cứu trước, có nhiều nghiên cứu về cảng cạn, tuy nhiên thuật ngữ cảng cạn và định nghĩa chính xác cảng cạn đã là nội dung tranh luận trong suốt nhiều năm qua. Theo (Rodrigue and Notteboom 2009), có nhiều thuật ngữ được sử dụng để chỉ các thành phần trong hệ thống logistics của các quốc gia như cảng cạn, kho thông quan nội địa, kho container nội địa, bến nội địa, cảng nội địa, trung tâm logistics, khu hậu cần, làng vận chuyển hàng hóa và cùng một tên trong ngôn ngữ địa phương khác. Theo (Nguyen and Notteboom 2019), mỗi thuật ngữ trên tập trung vào các chức năng khác nhau của các thành phần trong hệ thống logistics, trong đó khái niệm cảng cạn (dry port) là phổ biến nhất. Cảng cạn là một bến nội địa có kết nối trực tiếp và công suất lớn với các cảng biển, cung cấp các dịch vụ tương tự tại các cảng biển. Cảng cạn có chức năng như một nhà ga nội địa, nơi khách hàng có thể nhận vận đơn cho tất cả các loại hàng hóa của họ được cấp từ các hãng tàu. Tuy nhiên, với sự phát triển và mở rộng của container hóa trong vận tải, cảng cạn ngày càng trở nên phổ biến và chức năng của nó đã được mở rộng thành một nơi trong nội địa có khả năng đáp ứng chức năng của cảng ban đầu.

Theo (Roso, Woxenius et al. 2009), cảng cạn "là bến cảng đa phương thức nội địa được kết nối trực tiếp với cảng biển thông qua các các phương thức vận tải công suất lớn như đường sắt, nơi

khách hàng có thể giao và/hoặc nhận hàng hóa tại các đơn vị bốc xếp đa phương thức, như trực tiếp đến cảng biển”. Theo Ủy ban châu Âu, cảng cạn là một cảng nội địa có kết nối trực tiếp với cảng biển. Theo (Ng, Padilha et al. 2013), cảng cạn thường được hiểu là kho ngoại quan, nơi hàng hóa được kiểm soát hải quan có thể được di chuyển, lưu trữ và thông quan hàng hóa. Một cảng cạn cung cấp dịch vụ cho việc xếp dỡ và lưu giữ tạm thời các loại hàng hóa bằng container, hàng bách hóa và/hoặc hàng rời đến hoặc rời cảng cạn bằng bất kỳ phương thức vận tải nào gồm đường bộ, đường sắt, đường thủy nội địa, đường hàng không. Cảng cạn phải đảm bảo luôn sẵn sàng cung cấp dịch vụ hải quan đầy đủ và các dịch vụ cần thiết khác có liên quan đến hàng hóa xuất khẩu và nhập khẩu.

Tại Quy chuẩn quốc gia về cảng cạn, QCVN 108:2021/BGTVT do Cục Hàng hải Việt Nam biên soạn, Bộ Khoa học và Công nghệ thẩm định, Bộ GTVT ban hành theo Thông tư số 09/2021/TT-BGTVT ngày 19/4/2021, định nghĩa: *Cảng cạn là một bộ phận thuộc kết cấu hạ tầng giao thông vận tải, là đầu mối tổ chức vận tải gắn liền với hoạt động của cảng biển, cảng hàng không, cảng thủy nội địa, ga đường sắt, cửa khẩu đường bộ, đồng thời có chức năng là cửa khẩu đối với hàng hóa xuất khẩu, nhập khẩu.* Đây là định nghĩa được sử dụng trong nghiên cứu này, xuất phát từ đặc điểm, chức năng và vai trò thực tế của các cảng cạn trong hệ thống logistics Việt Nam.

2.2. Chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn

Chất lượng dịch vụ nói chung được xác định trên những đánh giá và nhận thức của khách hàng và theo cảm nhận của khách hàng. Chất lượng dịch vụ logistics cung cấp bao gồm “chất lượng dịch vụ

khách hàng” và “chất lượng dịch vụ phân phối vật chất” và xem quan điểm của khách hàng quan trọng hơn khía cạnh vận hành của dịch vụ. Chất lượng dịch vụ logistics là một quá trình nhằm gia tăng sự hiểu biết về cách thức khách hàng hình thành nhận thức về dịch vụ logistics và sự hài lòng với các dịch vụ logistics”. Chất lượng dịch vụ logistics gồm ba thành phần cơ bản, đó là đáp ứng nhu cầu của khách hàng, đo lường sự hài lòng của khách hàng và cam kết về dịch vụ.

Chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn được coi là một công cụ quan trọng trong cạnh tranh và thu hút khách hàng, cho phép gia tăng thể cạnh tranh và sự hài lòng của khách hàng. Trong nghiên cứu này, chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn có thể được định nghĩa là sự khác biệt giữa kỳ vọng của khách hàng về hiệu suất dịch vụ logistics trước khi sử dụng dịch vụ và cảm nhận về dịch vụ nhận được (Mentzer, Flint et al. 2001). Kỳ vọng của khách hàng sử dụng dịch vụ logistics tại các cảng cạn là cơ sở để đánh giá chất lượng dịch vụ bởi vì chất lượng cao khi hiệu suất vượt quá mong đợi và chất lượng thấp khi hiệu suất không đáp ứng mong đợi của khách hàng.

Xuất phát từ thực tiễn về vị trí, vai trò và chức năng của cảng cạn trong hệ thống logistics quốc gia, các cảng cạn tại Việt Nam nói chung, tại vùng ĐBSH nói riêng đều tập trung vào các dịch vụ logistics cơ bản và dịch vụ giá trị gia tăng liên quan đến dịch vụ container. Do đó, trong nghiên cứu này, việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trong khu vực sẽ tập trung vào các dịch vụ liên quan đến container tại các cảng cạn.

Bảng 1. Tổng hợp các chỉ tiêu chung về chất lượng dịch vụ logistics

TT	Chỉ tiêu	Xác định
1	Thời gian	Thời gian diễn ra từ khi khách hàng đặt hàng đến khi nhận được hàng; Thời gian xử lý yêu cầu của khách hàng; thời gian đặt hàng; thời gian giao hàng, thời gian trung bình xử lý yêu cầu của khách hàng; thời gian tiếp nhận đơn hàng mới
2	Độ tin cậy	Số lượng yêu cầu xử lý đúng hạn theo cam kết/tổng số lượng yêu cầu cần xử lý
3	Tính đầy đủ	Số lượng yêu cầu được xử lý đầy đủ theo cam kết/tổng số lượng đơn hàng cần xử lý
4	Sự linh hoạt	Số lượng yêu cầu khẩn cấp, bất ngờ, đặc biệt của khách hàng được xử lý/tổng số yêu cầu khẩn cấp, bất ngờ, đặc biệt của khách hàng cần xử lý
5	Sự chính xác	Số lượng yêu cầu bị lỗi (đơn hàng bị lỗi)/tổng số lượng yêu cầu cần xử lý

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, để thu thập các dữ liệu sơ cấp, bảng khảo sát được thiết kế trên cơ sở kế thừa các nghiên cứu trước. Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng dịch vụ logistics được gửi đến các khách hàng đã và đang sử dụng dịch vụ logistics tại các cảng cạn tại vùng ĐBSH. Kết quả thu được 105 câu trả lời và đưa vào phân tích.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Theo kết quả khảo sát từ phía khách hàng, các chỉ tiêu chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng ĐBSH được đánh giá như sau:

Bảng 2. Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng dịch vụ theo đánh giá của khách hàng

TT	Chỉ tiêu	Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Thời gian cung cấp dịch vụ	4,1429	0,92434
2	Độ tin cậy của dịch vụ logistics cung cấp cho khách hàng (thời gian cung cấp dịch vụ)	4,1524	0,88558
3	Tính linh hoạt trong cung cấp dịch vụ (kịp thời đáp ứng các yêu cầu đột xuất)	4,1048	0,81952
4	Khả năng đáp ứng dịch vụ logistics đa dạng (dịch vụ cơ bản và các dịch vụ giá trị gia tăng)	4,0762	0,90612
5	Sự chính xác của dịch vụ logistics cung cấp cho khách hàng (thời gian cung cấp dịch vụ)	4,0381	0,96001

Nguồn: Tổng hợp từ kết quả khảo sát

Thứ nhất là thời gian cung cấp dịch vụ. Theo kết quả khảo sát điều tra, chỉ tiêu chất lượng này của các cảng cạn tại vùng ĐBSH ở mức tốt, điểm trung bình đạt 4,14/5 điểm. Đối với khách hàng sử dụng dịch vụ logistics tại các cảng cạn, yếu tố thời gian cung cấp dịch vụ có tác động lớn đến quyết định sử dụng dịch vụ cũng như cảm nhận của khách hàng về chất lượng dịch vụ cung cấp. Theo phân bố các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng ĐBSH có thể thấy, tại khu vực tiếp cận cảng Hải Phòng, khu vực tỉnh Bắc Ninh và TP Hà Nội, số lượng các cảng cạn là tập trung lớn hơn các khu vực khác, đặc biệt trong điều kiện hạ tầng giao thông còn hạn chế (yếu tố tắc đường). Do đó, sự cạnh tranh giữa các cảng cạn trong việc thu hút khách hàng theo chỉ tiêu về thời gian cung cấp dịch vụ là rất lớn. Kết quả khảo sát cho thấy, khách hàng đánh giá tương đối cao yếu tố thời gian cung cấp dịch vụ có tính cạnh tranh tại các cảng cạn trong khu vực.

Thứ hai là độ tin cậy của dịch vụ logistics cung cấp cho khách hàng (thời gian cung cấp dịch vụ). Theo kết quả khảo sát điều tra, chỉ tiêu chất lượng này của các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng ĐBSH ở mức tốt, điểm trung bình chỉ đạt 4,15/5 điểm. Hiện nay, trong cung cấp dịch vụ logistics nói chung, tại các cảng cạn nói riêng, độ tin cậy của dịch vụ cung cấp cho khách hàng là một yêu cầu bắt buộc, đặc biệt là tin cậy về thời gian cung cấp dịch vụ như đã cam kết với khách hàng cũng như đảm bảo, bảo quản chất lượng hàng hóa lưu giữ và lưu thông tại các cảng cạn. Do đó, việc các khách hàng và bản thân từng cảng cạn đưa ra những cam kết và yêu cầu cao cho chỉ tiêu này là hoàn toàn phù hợp.

Thứ ba là tính linh hoạt trong cung cấp dịch vụ (kịp thời đáp ứng các yêu cầu đột xuất). Theo kết quả khảo sát điều tra, chỉ tiêu chất lượng này của các cảng cạn tại vùng ĐBSH ở mức tốt, điểm trung bình chỉ đạt 4,10/5 điểm. Theo đánh giá của khách hàng sử dụng dịch vụ tại các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng ĐBSH, các cảng cạn do am hiểu về thị trường Việt Nam nên tính linh hoạt trong cung cấp dịch vụ cơ bản đáp ứng được tương đối các yêu cầu của khách hàng, kể cả khả năng đáp ứng các yêu cầu đặc biệt. Một số yêu cầu đặc biệt có thể kể đến như: Các dịch vụ tại cảng với hàng nguy hiểm, động vật sống, hàng mau hỏng, hàng nhanh giảm trọng lượng...; các dịch vụ giao nhận hàng hóa trong các dịp lễ, tết... đều được các cảng cạn thực hiện. Điều đó cho thấy các cảng cạn mặc dù còn hạn chế về cơ sở hạ tầng nhưng đã đáp ứng được các yêu cầu của khách hàng trong khả năng và điều kiện cho phép của doanh nghiệp, tạo thuận tiện tối đa cho khách hàng.

Thứ tư là khả năng đáp ứng dịch vụ logistics đa dạng (dịch vụ cơ bản và các dịch vụ giá trị gia tăng). Theo kết quả khảo sát điều tra, chỉ tiêu chất lượng này của các cảng cạn tại vùng ĐBSH ở mức tốt, điểm trung bình chỉ đạt 4,07/5 điểm. Hiện nay, mặc dù các cảng cạn đã đầu tư nhiều trang thiết bị, công nghệ, hệ thống kho bãi, phương tiện, tuy nhiên khả năng bao phủ toàn bộ các dịch vụ logistics cung cấp cho khách hàng vẫn còn hạn chế, đa số chỉ đáp ứng các nhu cầu cơ bản của khách hàng. Theo kết quả nghiên cứu, hiện nay hệ thống kết nối dịch vụ kho bãi nói riêng và dịch vụ logistics nói chung tại các cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng ĐBSH với người sử dụng để tối ưu hóa nguồn lực hạ tầng kho bãi, tồn trữ, phân phối còn hạn chế. Nhiều cảng cạn trên địa bàn khu vực vùng ĐBSH chưa phát triển được nhiều dịch vụ giá tăng và chưa áp dụng mô hình hỗ trợ quản lý điều hành theo mô hình 3PL. Do đó, khả năng cung cấp đa dạng các dịch vụ logistics, bao gồm những dịch vụ giá tăng còn rất hạn chế.

Thứ năm là tính chính xác của dịch vụ. Theo kết quả khảo sát điều tra, chỉ tiêu chất lượng này của các cảng cạn tại vùng ĐBSH ở mức tốt, điểm trung bình đạt 4,03/5 điểm. Theo kết quả khảo sát điều tra, tính chính xác trong cung cấp dịch vụ logistics của các cảng cạn là tương đối cao cho thấy các cảng cạn đã chú trọng cải thiện chỉ tiêu chất lượng này thông qua việc không ngừng đầu tư, nâng cấp hệ thống cơ sở hạ tầng, hệ thống công nghệ thông tin phần mềm quản lý, quản trị, giúp quá trình cung cấp dịch vụ cho khách hàng được chính xác.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy chất lượng dịch vụ logistics tại các cảng cạn trong vùng ĐBSH đã có những bước phát triển nhất định, góp phần hỗ trợ hoạt động xuất nhập khẩu, giảm tải cho cảng biển và nâng cao hiệu quả vận hành chuỗi cung ứng nội địa. Tuy nhiên, vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế đáng chú ý như: Tính chính xác của dịch vụ; khả năng đáp ứng dịch vụ logistics đa dạng (dịch vụ cơ bản và các dịch vụ giá trị gia tăng) còn yếu.

Từ kết quả nghiên cứu, bài báo đề xuất một số hàm ý chính sách như sau: (i) Tăng cường đầu tư hiện đại hóa cơ sở vật chất kỹ thuật tại các cảng cạn, đặc biệt là hệ thống kho bãi và thiết bị xếp dỡ; (ii) Phát triển các dịch vụ logistics giá trị gia tăng nhằm đa dạng hóa sản phẩm dịch vụ; (iii) Thúc đẩy ứng dụng công nghệ số và xây dựng hệ thống thông tin tích hợp giữa cảng cạn - cảng biển - doanh nghiệp; (iv) Đào tạo và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực logistics; (v) Xây dựng quy hoạch phát triển cảng cạn theo hướng liên kết vùng và phát triển bền vững.

Trong bối cảnh logistics đóng vai trò ngày càng quan trọng trong phát triển kinh tế quốc gia, việc nâng cao chất lượng dịch vụ logistics tại cảng cạn vùng ĐBSH sẽ không chỉ giúp tăng năng lực cạnh tranh khu vực mà còn góp phần hiện thực hóa mục tiêu Việt Nam trở thành trung tâm logistics của khu vực Đông Nam Á.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Mentzer, John T., Daniel J. Flint and G. Tomas M. Hult (2001), Logistics service quality as a segment-customized process, *Journal of marketing* 65.4, 82-104.
- [2]. Ng, Adolf KY, Flavio Padilha and Athanasios A. Pallis (2013), Institutions, bureaucratic and logistical roles of dry ports: the Brazilian experiences, *Journal of Transport Geography* 27, 46-55.
- [3]. Nguyen, Lam Canh and Theo Notteboom (2019), The relations between dry port characteristics and regional port-hinterland settings: findings for a global sample of dry ports, *Maritime Policy & Management* 46.1, 24-42.
- [4]. Roso, Violeta, Johan Woxenius and Kenth Lumsden (2009), The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland, *Journal of Transport Geography* 17.5, 338-345.
- [5]. Rodrigue, Jean-Paul and Theo Notteboom (2009), The terminalization of supply chains: reassessing the role of terminals in port/hinterland logistical relationships, *Maritime Policy & Management* 36.2, 165-183.
- [6]. Wiegman, Bart, Patrick Witte and Tejo Spit (2015), Characteristics of European inland ports: A statistical analysis of inland waterway port development in Dutch municipalities, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 78, 566-577.

Nghiên cứu tổng quan phương pháp đánh giá nguy cơ lún bề mặt

Overview of land subsidence risk assessment methods

> THS.NCS NGUYỄN THANH TUẤN^{1*}, THS.NCS NGUYỄN ĐỨC ĐẢM¹
GS.TS PHAN TRỌNG TRINH², PGS.TS PHẠM THÁI BÌNH¹

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

²Viện Địa chất - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*Email: tuannt94@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện tượng lún bề mặt được xem là một trong những vấn đề địa kỹ thuật và môi trường nghiêm trọng, ảnh hưởng đến cơ sở hạ tầng, hoạt động kinh tế - xã hội và đe dọa hệ sinh thái. Lún bề mặt có thể xảy ra do nhiều nguyên nhân khác nhau như: Khai thác nước dưới đất, khoáng sản, tác động của động đất, tải trọng từ các công trình xây dựng và thay đổi trong các lớp đất yếu. Lún bề mặt là hiện tượng phức tạp, việc nghiên cứu và giám sát tình trạng lún bề mặt đã trở thành một vấn đề quan trọng, trong đó đánh giá nguy cơ lún bề mặt cho một khu vực ảnh hưởng được xem là chủ đề được nhiều nhà khoa học quan tâm. Bài báo trình bày tổng quan về các phương pháp đánh giá nguy cơ lún bề mặt, cung cấp các thông tin quan trọng trong việc đánh giá nguy cơ lún bề mặt như cách xây dựng bài toán, các dữ liệu cần thiết cho bài toán và các phương pháp định tính, bán định lượng và định lượng được sử dụng để đánh giá nguy cơ lún bề mặt ở Việt Nam và trên thế giới.

Từ khóa: Lún bề mặt; trí tuệ nhân tạo; hệ thống thông tin địa lý; kỹ thuật địa không gian.

ABSTRACT

Land subsidence is considered one of the serious geotechnical and environmental problems, affecting infrastructure, socio-economic activities and threatening the ecosystem. Land subsidence can occur due to many different causes such as groundwater exploitation, mineral exploitation, earthquake impacts, loads from construction works and changes in weak soil layers. Land subsidence is a complex phenomenon, research and monitoring of land subsidence has become an important issue, in which assessing the susceptibility of land subsidence for an affected area is considered a topic of interest to many scientists. This paper presents an overview of methods for assessing the susceptibility of land subsidence, providing important information in assessing the susceptibility of land subsidence such as how to formulate the problem, the necessary data for the problem and the qualitative, semi-qualitative and quantitative methods used to assess the susceptibility of land subsidence in Vietnam and in the world.

Keywords: Land subsidence; artificial intelligence; geographic information system; geospatial engineering.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lún bề mặt là một trong những hiện tượng địa chất ảnh hưởng nghiêm trọng đối với cơ sở hạ tầng, môi trường và đời sống của người dân. Đặc biệt tại các thành phố lớn có mật độ xây dựng lớn, việc khai thác nước dưới đất gia tăng thì hiện tượng lún bề mặt đất lại càng nghiêm trọng. Hiện nay, tại nhiều đô thị lớn trên thế giới và cả ở Việt Nam đã ghi nhận hiện tượng lún với tốc độ gia tăng, ảnh hưởng trực tiếp đến hệ thống giao thông, công trình xây dựng, gây ngập úng... Việc đánh giá và giám sát lún bề mặt chủ yếu dựa vào các phương pháp truyền thống như đo mốc cố định hoặc khoan thăm dò. Tuy nhiên, các phương pháp này thường tốn kém, mất thời

gian và khó triển khai trên diện rộng. Với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ viễn thám (InSAR), hệ thống thông tin địa lý (GIS) cùng với các kỹ thuật học máy (ML) và học sâu (DL) trong những năm gần đây đã mở ra hướng tiếp cận mới, cho phép xử lý khối lượng lớn dữ liệu từ nhiều nguồn như địa hình, địa chất, thủy văn, sử dụng đất... để phân tích và dự báo nguy cơ lún với độ chính xác cao.

2. CƠ SỞ XÂY DỰNG BÀI TOÁN ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ LÚN BỀ MẶT

Đánh giá nguy cơ lún bề mặt là quá trình xác định xác suất xảy ra hiện tượng lún bề mặt tại một vị trí nào đó trong khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng trên cơ sở phân tích mối quan hệ không gian

giữa các vị trí xảy ra lún bề mặt với các yếu tố ảnh hưởng như điều kiện địa chất, địa hình, thủy văn, tải trọng và hoạt động nhân sinh...

Trên cơ sở đó, để xây dựng bài toán đánh giá nguy cơ lún bề mặt một cách hệ thống, có thể xây dựng bài toán thành dạng bài toán phân loại nhị phân - tức là gán nhãn cho từng điểm khảo sát trên bản đồ với hai biến phân loại: "lún bề mặt" hoặc "không lún bề mặt". Việc này cho phép sử dụng các kỹ thuật phân tích và mô hình hóa nhằm phân biệt ranh giới giữa các khu vực có nguy cơ và không có nguy cơ, đồng thời làm nền tảng cho việc xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lún bề mặt.

Việc xây dựng bài toán đánh giá nguy cơ lún bề mặt bao gồm các bước cơ bản: (1) Xây dựng cơ sở dữ liệu và xử lý dữ liệu đầu vào, bao gồm các dữ liệu về hiện trạng lún bề mặt và các tham số nguyên nhân lún bề mặt; (2) Gán nhãn các vị trí khảo sát dựa trên dữ liệu thực tế thu được từ đo đạc hiện trường, ảnh viễn thám hoặc bản đồ biến động địa hình theo thời gian; (3) Lựa chọn phương pháp đánh giá nguy cơ lún bề mặt phù hợp; (4) Đánh giá độ chính xác của mô hình đánh giá nguy cơ lún bề mặt sử dụng các chỉ tiêu thống kê; (5) Xây dựng bản đồ nguy cơ lún bề mặt cho khu vực nghiên cứu.

3. CƠ SỞ DỮ LIỆU SỬ DỤNG TRONG ĐÁNH GIÁ LÚN BỀ MẶT

3.1. Xây dựng hiện trạng lún bề mặt

Hiện trạng lún bề mặt là dữ liệu thể hiện các vị trí lún bề mặt đã xảy ra tại một thời điểm trong quá khứ. Bản đồ hiện trạng lún bề mặt là một dữ liệu quan trọng không thể thiếu trong bài toán đánh giá nguy cơ lún bề mặt. Để xây dựng được hiện trạng lún bề mặt, có nhiều phương pháp có thể được sử dụng, có thể nhóm thành hai nhóm chủ yếu là (1) nhóm các phương pháp trắc địa truyền thống và (2) nhóm các phương pháp viễn thám.

3.1.1. Nhóm các phương pháp trắc địa truyền thống

- Phương pháp xác định lún bề mặt theo lý thuyết poroelasticity của Biot:

Lún bề mặt từ lâu đã được giải thích thông qua lý thuyết đàn hồi xoắn hoặc lý thuyết cốt kết đàn hồi xoắn, lần đầu tiên được xây dựng bởi Biot vào năm 1941. Đây là những lý thuyết cơ bản nhằm phân tích mối tương tác giữa dòng chảy chất lỏng trong lỗ rỗng và sự biến dạng cơ học của khung rắn. Theo nguyên lý này, tổng ứng suất tác động lên đất được chia thành áp lực nước lỗ rỗng và ứng suất có hiệu. Khi mực nước dưới đất bị hạ thấp do khai thác quá mức, áp lực nước lỗ rỗng giảm dẫn đến tăng ứng suất có hiệu. Sự gia tăng này gây ra quá trình nén chặt của các lớp đất đá có chứa nước bao gồm cả tầng chứa nước và tầng giữ nước, từ đó gây ra lún bề mặt.

- Phương pháp thủy chuẩn:

Phương pháp thủy chuẩn là một trong những kỹ thuật truyền thống và tin cậy nhất trong việc quan trắc biến dạng mặt đất, đặc biệt trong việc xác định các thay đổi nhỏ về độ cao theo thời gian. Phương pháp này sử dụng các thiết bị cơ bản như máy thủy bình và mia thủy chuẩn để đo sự chênh lệch độ cao giữa các điểm trên mặt đất với độ chính xác cao, thường đạt đến cấp milimet trong điều kiện đo lý tưởng. Quy trình thủy chuẩn bao gồm các bước thiết lập máy đo, xác định tuyến đo phù hợp, đọc số liệu trên mia và xử lý dữ liệu để tính toán chênh cao giữa các điểm [1]. Bảng 1 thể hiện một số nghiên cứu lún bề mặt sử dụng phương pháp thủy chuẩn.

Bảng 1. Một số nghiên cứu lún bề mặt sử dụng phương pháp thủy chuẩn

STT	Tài liệu tham khảo	Phương pháp sử dụng	Kết quả lún
1	Abidin HZ [2]	Thủy chuẩn, GPS, InSAR	80 cm (1982-1991), 160 cm (1991-1997), 20 cm (1997-1999)

2	Abidin HZ [3]	Thủy chuẩn, GPS, InSAR	15 cm/năm (1979-2006)
3	E Chaussard [4]	Thủy chuẩn, GPS, InSAR	22 cm/năm

- Phương pháp đo độ giãn dài lỗ khoan:

Phương pháp đo độ giãn dài lỗ khoan đã được phát triển nhằm xác định chuyển vị đất đá tại các lớp sâu dưới bề mặt. Extensometer là thiết bị được lắp đặt cố định bên trong lỗ khoan sâu từ vài mét đến hàng trăm mét. Một đầu được gắn cố định tại độ sâu được cho là không chịu ảnh hưởng của lún (tầng đá gốc), trong khi các điểm đo còn lại được gắn tại các độ sâu khác nhau trong tầng đất yếu. Khi đất xảy ra lún, các điểm đo dịch chuyển tương đối so với điểm mốc và thiết bị sẽ ghi nhận thay đổi chiều dài giữa các điểm đó. Sự thay đổi này phản ánh biến dạng theo phương thẳng đứng trong lòng đất, từ đó cho phép đánh giá chiều sâu và tốc độ lún của từng tầng đất.

Bảng 2. Một số nghiên cứu lún bề mặt sử dụng phương pháp đo độ giãn dài lỗ khoan

STT	Tài liệu tham khảo	Phương pháp sử dụng	Kết quả lún
1	Yu J [5]	Extensometer, GPS	3 - 25 mm/năm
2	Wu J [6]	Extensometer	40 mm
3	Y Liu [7]	Extensometer	0,08 - 8,49 mm/năm

- Phương pháp định vị toàn cầu GNSS (Global Navigation Satellite Systems):

Hệ thống định vị toàn cầu GNSS đã được ứng dụng rộng rãi trong công tác quan trắc và nghiên cứu hiện tượng lún bề mặt tại nhiều khu vực trên thế giới. Phương pháp này sử dụng tín hiệu từ các hệ thống vệ tinh như GPS (Hoa Kỳ), GLONASS (Liên bang Nga), Galileo (Liên minh châu Âu) và BeiDou (Trung Quốc) để xác định chính xác vị trí không gian ba chiều của các điểm quan trắc theo thời gian.

Bảng 3. Một số nghiên cứu lún bề mặt sử dụng phương pháp GNSS

STT	Tài liệu tham khảo	Phương pháp sử dụng	Kết quả lún
1	Dhoni Zakaria Randani [8]	GNSS	0,84 - 8,64 cm/năm
2	N Cenni [9]	GNSS, InSAR	6 mm/năm
3	G Bitelli, [10]	GNSS, InSAR	2,5 mm/năm

3.1.2. Nhóm các phương pháp viễn thám

Kỹ thuật giao thoa radar khẩu độ tổng hợp (InSAR) là một kỹ thuật mạnh mẽ trong việc phát hiện và lập bản đồ biến dạng bề mặt trái đất bằng cách sử dụng ảnh SAR từ các vệ tinh hoặc máy bay. Thông qua việc so sánh các ảnh SAR thu thập tại hai hoặc nhiều thời điểm khác nhau trên cùng một khu vực, sự khác biệt pha giữa các ảnh cho phép xác định mức độ dịch chuyển của bề mặt với độ chính xác cao, thường đạt đến đơn vị milimet. InSAR dựa trên hiện tượng giao thoa sóng radar, những thay đổi rất nhỏ trong khoảng cách từ bề mặt trái đất đến vệ tinh sẽ gây ra sự thay đổi pha (sự lệch pha) giữa các ảnh radar. Sự lệch pha này phản ánh sự thay đổi vị trí của bề mặt theo thời gian, từ đó cho phép phát hiện và đo đạc hiện tượng lún bề mặt. Hiện nay, có hai nhóm kỹ thuật chính thường được sử dụng là phương pháp vi phân (DInSAR) và phương pháp đa thời gian (PSInSAR, SBAS, COSMO-SkyMed).

Bảng 4. Một số nghiên cứu lún bề mặt sử dụng phương pháp InSAR

STT	Tài liệu tham khảo	Phương pháp sử dụng	Kết quả lún
1	Dang VK [11]	PSInSAR	68 mm/năm
2	Bui LK [12]	PSInSAR, SBAS, GPS	5 mm/năm
3	Ha T [13]	DInSAR	2 cm/năm
4	Fabris M [14]	COSMO-SkyMed, GNSS	16 -18 mm/năm

3.2. Cơ sở lựa chọn các tham số ảnh hưởng trong đánh giá nguy cơ lún bề mặt

Việc lựa chọn các tham số đầu vào ảnh hưởng trong nghiên cứu đánh giá nguy cơ lún bề mặt có vai trò quyết định đến độ chính xác và hiệu quả của mô hình đánh giá nguy cơ lún bề mặt. Cơ sở khoa học để lựa chọn các tham số ảnh hưởng tới lún bề mặt thường dựa trên kết quả phân tích đánh giá bản chất của quá trình xảy ra lún bề mặt trong quá khứ của từng khu vực nghiên cứu cụ thể. Các

Bảng 5. Nghiên cứu về lún bề mặt sử dụng phương pháp định tính

TT	Tài liệu tham khảo	Phương pháp nghiên cứu	Biến đầu vào	Chỉ số đánh giá	Kết quả
1	DQ Tri (2024) [15]	Delphi - Kamet	Đặc điểm địa chất, đất, sử dụng đất, dòng chảy hằng năm, dòng chảy mùa khô, sự bốc hơi trong suốt cả năm, bốc hơi trong mùa khô, khai thác nước ngầm, địa hình, dự án xây dựng	Mqi, Vqi	Mqi = 3,5 Vqi = 15%

4.2. Phương pháp bán định lượng

Phương pháp bán định lượng là sự kết hợp giữa định tính và định lượng, thường áp dụng trong các nghiên cứu có yếu tố phức tạp, đa chiều và yêu cầu tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn.

Các phương pháp bán định lượng đều yêu cầu ý kiến chuyên gia để đánh giá trọng số cho các yếu tố. Điều này có thể dẫn đến sai lệch nếu chuyên gia không có đủ kinh nghiệm hoặc kiến thức về khu vực nghiên cứu. Ưu điểm lớn nhất của phương pháp là cho phép tích hợp cả dữ liệu định tính và định lượng, đặc biệt hữu ích trong các nghiên cứu có yếu tố phức tạp, khó đo lường trực tiếp. Nhưng cũng đòi hỏi sự cẩn thận trong việc lựa chọn trọng số và kiểm tra tính nhất quán trong quá trình phân tích.

Bảng 6. Một số nghiên cứu về lún bề mặt sử dụng phương pháp bán định lượng

TT	Tài liệu tham khảo	Phương pháp nghiên cứu	Biến đầu vào	Chỉ số đánh giá	Kết quả
1	M Shiri (2024)[16]	AHP-DInSAR	Hạ thấp mực nước ngầm, kết cấu đất, độ dày phù sa, khoảng cách giữa các đường đứt gãy, độ thấm và ảnh Sentinel-1A	AUC	AUC = 0,773 158 mm/năm
2	Lumban (2024)[17]	AHP-DInSAR-GIS	Sử dụng đất, loại đất, độ dốc và ảnh Sentinel-1	CR = 0,04	0,01 - 19 cm/năm
3	Bianchini (2019)[18]	FL-FR	Thạch học, sử dụng đất, độ dày lớp phủ, đơn vị tầng chứa nước, khoảng cách đến đứt gãy	AUC	FL: AUC = 0,91 FR: AUC = 0,94
4	DQ Tri (2024)[15]	AHP - GIS	Đặc điểm địa chất, đất, sử dụng đất, dòng chảy hằng năm, dòng chảy mùa khô, sự bốc hơi trong suốt cả năm, bốc hơi trong mùa khô, khai thác nước ngầm, địa hình, dự án xây dựng	Mqi, Vqi, CR	Mqi = 3,5 Vqi = 15% CR < 0,1

4.3. Phương pháp định lượng

Phương pháp định lượng tập trung vào việc sử dụng các mô hình toán học, thống kê và phân tích dữ liệu thực nghiệm để đưa ra những đánh giá khách quan về nguy cơ lún bề mặt. Khác với các phương pháp định tính vốn mang tính chủ quan và phụ thuộc nhiều vào chuyên gia. Phương pháp định lượng đảm bảo mức độ chính xác và độ tin cậy cao hơn, nhờ khả năng minh bạch hóa các tiêu chí phân tích cũng như

tham số nguyên nhân đặc trưng được chọn phải phản ánh đầy đủ các cơ chế tiềm năng gây ra lún, bao gồm đặc điểm địa chất - kiến tạo, điều kiện địa hình, trạng thái thủy văn, lớp phủ bề mặt và ảnh hưởng từ con người. Các yếu tố liên quan đến hoạt động của con người như các tham số liên quan đến quá trình khai thác khoáng sản, nước ngầm, hoạt động xây dựng gia tải trên bề mặt trái đất.

4. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ LÚN BỀ MẶT

Các phương pháp đánh giá nguy cơ lún bề mặt có thể phân thành ba nhóm chính: Phương pháp định tính, phương pháp bán định lượng và phương pháp định lượng.

4.1. Phương pháp định tính

Phương pháp định tính thường sử dụng dữ liệu lịch sử, kiến thức chuyên môn cũng như các kỹ thuật phân loại nhằm đánh giá nguy cơ lún bề mặt chủ yếu dựa trên tiếp cận mô tả và suy luận chuyên gia. Những phương pháp này cung cấp cái nhìn tổng quan ban đầu về mức độ rủi ro, từ đó hỗ trợ định hướng cho các phân tích định lượng chi tiết hơn.

khả năng tái lập kết quả. Trong nghiên cứu đánh giá nguy cơ lún bề mặt, các phương pháp định lượng có thể được phân loại thành hai nhóm chính: Phương pháp thống kê thông thường và phương pháp học máy.

Phương pháp thống kê hai biến nhằm phân tích mối quan hệ giữa từng yếu tố đơn lẻ và hiện tượng lún bề mặt. Các phương pháp này thường sử dụng các thước đo thống kê để định lượng mức độ ảnh hưởng hoặc mức độ tương quan giữa từng yếu tố và nguy cơ lún, từ đó xác định tầm quan trọng tương đối của từng yếu tố.

Phương pháp học máy là một nhánh quan trọng của trí tuệ nhân tạo (AI) đã mang lại những cải tiến đáng kể trong xử lý và phân tích dữ liệu, đặc biệt là trong các ứng dụng dự đoán và phân nhóm. Khác với các phương pháp thống kê truyền thống vốn tập trung vào việc nhận diện các mối quan hệ hay quy luật trong dữ liệu, học

máy hướng đến việc dự đoán kết quả hoặc phân nhóm dữ liệu mới dựa trên dữ liệu đã có. Phương pháp học máy là một công cụ mạnh mẽ hơn, cho phép phân tích đồng thời nhiều yếu tố đầu vào nhằm mô hình hóa mối quan hệ tổng thể và phức tạp hơn với hiện tượng lún bề mặt. Học máy được xem là một phương pháp lý tưởng trong phân tích dữ liệu lớn, đặc biệt trong các trường hợp mà hiểu biết lý thuyết về hiện tượng còn hạn chế. Nhờ khả năng xử lý đa chiều dữ liệu, phương pháp này thường được sử dụng để xây dựng các bản đồ phân vùng nguy cơ với độ chính xác cao hơn. Các mô hình phổ biến thuộc nhóm này bao gồm: Hồi quy logistics, mạng nơ-ron nhân tạo (ANN). Các phương pháp này đòi hỏi xử lý dữ liệu phức tạp hơn, bao gồm cả kiểm định tương quan, chuẩn hóa dữ liệu, huấn luyện mô hình và đánh giá hiệu suất dự báo thông qua các chỉ số như AUC, RMSE, MAE, R².

Bảng 7. Một số nghiên cứu về lún bề mặt sử dụng phương pháp học máy, học sâu

TT	Tài liệu tham khảo	Phương pháp nghiên cứu	Biến đầu vào	Chỉ số đánh giá	Kết quả
1	Gharechae (2023) [19]	RF, KNN, CART	Sử dụng đất, lớp phủ đất, thạch học, loại đất, độ cao, độ dốc, hướng, mực nước ngầm suy giảm, độ sâu của nước ngầm, chỉ số độ ẩm địa hình (TWI), công suất dòng chảy (SPI), khoảng cách đến đứt gãy (DFF), khoảng cách đến đường (DFR)...	R ² , RMSE	RF: R ² = 0,77 RMSE = 0,02 KNN: R ² = 0,69 RMSE = 0,03 CART: R ² = 0,71 RMSE = 0,03
2	Tran.V.A (2024) [20]	AdaBoost, GB, XGB	Độ cao địa hình, loại đất, địa chất, nước ngầm, lớp phủ đất (LULC), chỉ số thảm thực vật khác biệt chuẩn hóa (NDVI), DFR và khoảng cách đến sông suối (DFRR)	AUC, ACC	AdaBoost: AUC = 0,897 ACC = 0,877 GB: AUC = 0,885 ACC = 0,886 XGB: AUC = 0,892 ACC = 0,891
3	Z Eghrari (2023) [21]	RF, XGBoost	Độ cao, độ dốc, hướng, độ cong, TWI, hạ thấp mực nước ngầm (GWD), NDVI, DFRR, DFR, DFF, thạch học và sử dụng đất	R ² , MAE, RMSE	RF: R ² = 0,8355 RMSE = 0,4906 MAE = 0,3050 XGBoost: R ² = 0,9032 RMSE = 0,3764 MAE = 0,1217
4	AS Nur (2024) [22]	CNN, PS InSAR	Độ cao, độ dốc, độ cong, TWI, DFRR, DFR, thạch học, LULC.	AUC, RMSE	AUC = 0,982 RMSE = 0,2459
5	Ranjgar (2021) [23]	ANFIS ANFIS-GWO ANFIS-ICA	Độ cao, độ dốc, hướng, độ cong mặt bằng, độ cong mặt cắt, TWI, DFRR, DFR, mật độ sông suối, mực nước ngầm hạ thấp và LULC	AUC, RMSE	ANFIS: AUC = 0,908 RMSE = 0,340 ANFIS – GWO: AUC = 0,926 RMSE = 0,3217 ANFIS – ICA: AUC = 0,932 RMSE = 0,3199

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Lún bề mặt là một hiện tượng địa chất phức tạp và ngày càng gia tăng mức độ nghiêm trọng trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng và biến đổi khí hậu. Hiện tượng này chịu tác động bởi nhiều yếu tố như khai thác nước dưới đất quá mức, đặc điểm địa chất, điều kiện thủy văn và sự phát triển hạ tầng. Trước đây, việc nghiên cứu lún bề mặt chủ yếu dựa vào các phương pháp đo đạc thực địa, thí nghiệm cơ học đất và mô hình số truyền thống. Tuy nhiên, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ viễn thám, đặc biệt là kỹ thuật giao thoa radar InSAR, hệ thống thông tin địa lý (GIS) và trí tuệ nhân tạo (AI), các phương pháp tiếp cận mới dựa trên học máy và học sâu đã được áp dụng rộng rãi nhằm nâng cao độ chính xác và khả năng dự báo hiện tượng lún. Những phương pháp này cho phép tích hợp đồng thời nhiều yếu tố ảnh hưởng, xử lý dữ liệu lớn và không tuyến tính, mang lại kết quả có tính thực tiễn cao trong đánh giá nguy cơ lún bề mặt. Tuy nhiên, hiệu quả của các mô hình học máy vẫn phụ thuộc lớn vào chất lượng và độ phủ của dữ liệu, cũng như khả năng hiệu chỉnh phù hợp với điều kiện thực tế tại khu vực nghiên cứu. Do đó, cần tăng cường thu thập dữ liệu thông qua kết hợp giữa đo mốc GPS và viễn thám InSAR định kỳ, xây dựng cơ sở dữ liệu không gian đồng bộ và phát triển các mô hình lai tích hợp nhiều thuật toán học sâu nhằm nâng cao độ tin cậy. Bên cạnh đó, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý và các nhà nghiên cứu trong việc tích hợp các kết quả phân tích nguy cơ lún vào quy hoạch đô thị, quản lý tài nguyên nước dưới đất và xây dựng các chính sách ứng phó phù hợp để phòng chống và giảm thiểu rủi ro trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. H. S. Rappleye (1948), Manual of geodetic leveling, US Government Printing Office.
- [2]. H. Z. Abidin et al. (2001), Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its geodetic monitoring system, vol.23, pp.365-387.
- [3]. H. Z. Abidin et al. (2010), Studying land subsidence in Semarang (Indonesia) using geodetic methods, in FIG Congress, pp.11-16.
- [4]. E. Chaussard, F. Amelung, H. Abidin and S.-H. Hong (2013), Sinking cities in Indonesia: ALOS PALSAR detects rapid subsidence due to groundwater and gas extraction, Remote sensing of environment, vol.128, pp.150-161.
- [5]. J. Yu, G. Wang, T. J. Kearns and L. J. J. o. G. Yang (2014), Is there deep-seated subsidence in the Houston-Galveston area?, no.1, p.942834.
- [6]. J. Wu et al. (2010), Numerical simulation of viscoelastoplastic land subsidence due to groundwater overdrifting in Shanghai, China, vol. 5, no.3, pp.223-236.
- [7]. Y. Liu, J. Li, and Z. N. Fang (2019), Groundwater level change management on control of land subsidence supported by borehole extensometer compaction measurements in the Houston-Galveston Region, Texas, Geosciences, vol.9, no.5, p.223.
- [8]. D. Z. Randani, A. P. M. Tarigan, E. P. Bangun and G. C. R. Hasibuan (2025), Land Subsidence Analysis in Medan Belawan Using the GNSS Survey, in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol.1452, no.1: IOP Publishing, p.012033.
- [9]. N. Cenni, S. Fiaschi and M. Fabris (2021), Monitoring of land subsidence in the po river delta (Northern Italy) using geodetic networks, Remote Sensing, vol.13, no.8, p.1488.
- [10]. G. Bitelli et al. (2025), Subsidence Monitoring in Emilia-Romagna Region (Italy) from 2016 to 2021: From InSAR and GNSS Integration to Data Analysis, Remote Sensing, vol.17, no.6, p.947.
- [11]. V. Dang, C. Doubre, C. Weber, F. Masson and N. Gourmelen (2013), Recent land subsidence caused by the rapid urban development in the Hanoi urban region (Vietnam) using ALOS InSAR data, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss, vol.1, pp.6155-6197.
- [12]. L. K. Bui et al. (2021), Recent land deformation detected by Sentinel-1A InSAR data (2016-2020) over Hanoi, Vietnam and the relationship with groundwater level change, GIScience & Remote Sensing, vol.58, no.2, pp.161-179.
- [13]. T. Ha, T. Nguyen, H. Tran and V. Do (2024), Impact of the Urbanization Process on the Subsidence Phenomena Using Remote Sensing in the Inner Districts of Ho Chi Minh City, Vietnam, in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol.1403, no.1: IOP Publishing, p.012013.
- [14]. M. Fabris, M. Battaglia, X. Chen, A. Menin, M. Monego and M. Floris (2022), An integrated InSAR and GNSS approach to monitor land subsidence in the Po River Delta (Italy), Remote Sensing, vol.14, no.21, p.5578.
- [15]. D. Q. Tri, N. V. Nhat, Q. T. T. Tuyet, H. T. Pham, P. T. Duc and N. Thanh Thuy (2024), Applying an Analytic Hierarchy Process and a Geographic Information System for Assessment of Land Subsidence Risk Due to Drought: A Case Study in Ca Mau Peninsula, Vietnam, Sustainability, vol.16, no.7, p.2920.
- [16]. M. Shiri, G. Lashkaripour and N. Hafezi Moghadas (2024), Integrated AHP and DInSAR Approach for Land Subsidence Hazard Assessment in Karaj Plain, Iran, Geopersia, vol.14, no.2, pp.397-418.
- [17]. J. Lumban-Gaol et al., Sea Level Rise (2024), Land Subsidence and Flood Disaster Vulnerability Assessment: A Case Study in Medan City, Indonesia, Remote Sensing, vol.16, no.5, p.865.
- [18]. S. Bianchini et al. (2019), Ground subsidence susceptibility (GSS) mapping in Grosseto Plain (Tuscany, Italy) based on satellite InSAR data using frequency ratio and fuzzy logic, Remote Sensing, vol.11, no.17, p.2015.
- [19]. H. Gharechaei et al. (2023), Land subsidence susceptibility mapping using Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) and machine learning models in a semiarid region of Iran, Land, vol.12, no.4, p.843.
- [20]. A. V. Tran et al. (2024), Land Subsidence Susceptibility Mapping in Ca Mau Province, Vietnam, Using Boosting Models, ISPRS International Journal of Geo-Information, vol.13, no.5, p.161.
- [21]. S. Eghrari, M. Delavar, M. Zare, A. Beitollahi and B. Nazari (2023), Land subsidence susceptibility mapping using machine learning algorithms, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol.10, pp.129-136.
- [22]. S. Nur, J. An and Y. J. Kim (2024), Delineating Ground Subsidence and Flood Risk in Southeast Texas (SETX) Using PS-InSAR and Deep Learning.
- [23]. B. Ranjgar, S. V. Razavi-Termeh, F. Foroughnia, A. Sadeghi-Niaraki and D. Perissin (2021), Land subsidence susceptibility mapping using persistent scatterer SAR interferometry technique and optimized hybrid machine learning algorithms, Remote Sensing, vol.13, no.7, p.1326.

Phân tích khả năng kết nối ứng dụng thông tin Internet vệ tinh Starlink trong điều khiển tàu biển

Analysis of the possibility of connectivity from starlink satellite internet information application in navigation

> TS PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA*, THS NGUYỄN TIẾN PHƯƠNG

Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM

*Email: khoapnd@ut.edu.vn

TÓM TẮT

Các giải pháp kết nối thông tin truyền thống như INMARSAT và VSAT (Very Small Aperture Terminal) vẫn đóng vai trò quan trọng trong ngành Hàng hải. Ngày nay, ứng dụng công nghệ và hoạt động kết nối Internet tốc độ cao, với sự phát triển dịch vụ Internet vệ tinh băng thông rộng Starlink của SpaceX, góp phần tăng cường khả năng giám sát từ xa các thiết bị trên tàu biển, nhu cầu liên lạc liên tục giữa tàu biển và bờ, từ đó hỗ trợ hiệu quả hoạt động an toàn hàng hải, nâng cao sự hài lòng thuyền viên và hành khách trên tàu, là yếu tố quan trọng trong điều khiển tàu biển của hàng hải hiện đại. Bài báo phân tích khả năng kết nối ứng dụng thông tin Internet vệ tinh Starlink trong điều khiển tàu biển, là lựa chọn giải pháp khả thi và hiệu quả phù hợp thực tiễn hoạt động khai thác hàng hải.

Từ khóa: Thông tin Internet; vệ tinh Starlink; điều khiển tàu biển, an toàn hàng hải.

ABSTRACT

Traditional information connection solutions, such as INMARSAT and VSAT (Very Small Aperture Terminal), still play a crucial role in the maritime industry. Nowadays, the application of technology and a high-speed internet connection, with the development of SpaceX's Starlink broadband satellite internet service, contribute to improving the ability to remotely monitor equipment on board, ensuring the need for continuous communication between the ship and the shore. From there, effectively supporting maritime safety operations and improving the satisfaction of crew members and passengers on board are important factors in modern navigation. The article analyzed the possibility of connectivity from Starlink satellite internet information application in navigation, which is a feasible and effective solution suitable for maritime exploitation activities.

Keywords: Internet information; Starlink satellite; navigation, maritime safety.

1. TỔNG QUAN VỀ INTERNET VỆ TINH STARLINK

Hệ thống Internet vệ tinh Starlink (Hình 1) hoạt động dựa trên mạng lưới hàng nghìn vệ tinh nhỏ bay ở quỹ đạo trái đất tầm thấp LEO (Low Earth Orbit), tức là quỹ đạo gần trái đất, cung cấp kết nối tốc độ cao và độ trễ thấp trên toàn cầu, điều này đặc biệt quan trọng đối với ứng dụng yêu cầu phản hồi nhanh, như gọi video và chơi game trực tuyến. Vệ tinh LEO có đặc trưng chu kỳ quỹ đạo nhỏ hơn 128 phút, vệ tinh hoàn thành ít nhất 11,25 vòng quay quanh trái đất mỗi ngày, độ cao trung bình của quỹ đạo LEO khoảng 1.000 km.

Starlink cung cấp phạm vi phủ sóng Internet vệ tinh trên khắp đại dương và đường thủy trên toàn thế giới, gồm các vùng biển quốc tế. Mạng lưới hàng nghìn vệ tinh nhỏ bay ở quỹ đạo trái đất thấp, Starlink đảm bảo khả năng kết nối ở những khu vực mà dịch vụ truyền thống gặp khó khăn. Để sử dụng Starlink trên vùng biển quốc tế, người dùng cần đăng ký gói dữ liệu Global Priority, cho

phép truy cập vào mạng lưới tốc độ cao nhất của Starlink trên cả đất liền và trên biển.



Hình 1. Hình ảnh vệ tinh Starlink

Về thông số kỹ thuật, gói dịch vụ hàng hải Starlink Maritime cung cấp tốc độ tải xuống tốt, dao động từ 25 đến 220 Mbps, phần lớn người dùng trải nghiệm tốc độ trên 100 Mbps. Đặc biệt, dịch vụ

Maritime có thể đạt tốc độ tải xuống lên đến 350 Mbps, cho phép thực hiện các hoạt động đòi hỏi băng thông lớn như gọi video, phát trực tuyến và truyền dữ liệu dung lượng cao một cách rõ nét. Tốc độ tải lên của Starlink từ 5 đến 20 Mbps.

Điểm nổi bật của Starlink là độ trễ thấp. Trên đất liền, độ trễ thường chỉ từ 25 đến 60 ms. Các vị trí hẻo lánh như đại dương, độ trễ có thể cao hơn, thường trên 100 ms. Điều này cho phép các ứng dụng thời gian thực hoạt động tốt hơn nhiều trên biển so với các giải pháp vệ tinh truyền thống.

Độ tin cậy và hiệu suất của Starlink trong điều kiện thời tiết khác nhau là yếu tố quan trọng đối với người dùng hàng hải. Starlink được thiết kế có thể hoạt động ổn định trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt, gồm cả nhiệt độ cực đoan, mưa tuyết, mưa lớn, gió bão. Ăng-ten của hệ thống được thiết kế đặc biệt cho môi trường biển, có khả năng chống chịu thời tiết, điều kiện băng tuyết mùa đông, đảm bảo kết nối ổn định, khi biển động mạnh.

Starlink nổi bật với tốc độ truyền dữ liệu cao hơn đáng kể và độ trễ thấp hơn so với cả INMARSAT và VSAT, trở thành lựa chọn hấp dẫn cho các ứng dụng đòi hỏi băng thông lớn và độ trễ thấp. Chi phí thiết bị ban đầu của Starlink có thể thấp hơn so với VSAT, nhưng cao hơn so với INMARSAT. Chi phí cho dịch vụ Starlink Maritime bao gồm chi phí thiết bị và chi phí dịch vụ hàng tháng, cung cấp nhiều tùy chọn khác nhau dựa trên dung lượng dữ liệu Global Priority. Hiện tại, chi phí dịch vụ Maritime của Starlink khá cao so với dịch vụ VSAT và INMARSAT, đặc biệt đối với gói dung lượng lớn. INMARSAT cung cấp phạm vi phủ sóng toàn cầu và đảm bảo độ tin cậy, nhưng tốc độ có thể hạn chế và chi phí có thể cao, khi vượt quá dung lượng gói. VSAT là một giải pháp với phạm vi phủ sóng rộng rãi, thường có chi phí cao và độ trễ lớn nhất trong ba lựa chọn này. Do đó, việc lựa chọn giải pháp tốt nhất sẽ phụ thuộc vào nhu cầu cụ thể, ngân sách và loại hình hoạt động của tàu biển.

2. PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG KẾT NỐI ỨNG DỤNG THÔNG TIN INTERNET VỆ TINH STARLINK TRÊN TÀU BIỂN

Triển khai và sử dụng Internet vệ tinh Starlink trên các loại tàu biển khác nhau đang ngày càng trở nên phổ biến, với hiệu quả thực tế đã được khẳng định.

Trên đội tàu biển chở hàng hóa (Hình 2), Starlink Mini đã được chứng minh là một công cụ quan trọng, cung cấp kết nối liên tục và tin cậy ngay cả ở giữa đại dương, cho phép cập nhật thông tin thời tiết theo thời gian thực, truy cập dữ liệu hàng hải quan trọng và duy trì liên lạc liên tục với hoạt động trên bờ, từ đó cải thiện an toàn và hiệu quả hoạt động của tàu biển.

Nhiều công ty vận tải biển trên thế giới đã triển khai Starlink trên toàn bộ đội tàu, bước quan trọng để giải quyết thách thức về kết nối thông tin cho thuyền viên và hoạt động hàng hải. Việc này hỗ trợ an toàn và phúc lợi của thuyền viên, cho phép duy trì liên lạc với gia đình và bạn bè, thúc đẩy cơ hội phát triển hàng hải hiện đại, gắn kết khoảng cách và gắn gủi các hoạt động trên bờ.



Hình 2. Ứng dụng kết nối hệ thống Starlink trên tàu biển chở hàng

Trong lĩnh vực tàu du lịch biển, Starlink đang cách mạng hóa trải nghiệm Internet cho hành khách, nâng cao dịch vụ và sự hài lòng của hành khách. Nhiều hãng tàu du lịch lớn đã trang bị Starlink trên toàn bộ đội tàu để cung cấp wifi chất lượng cao, hỗ trợ hoạt động như phát trực tuyến video, chơi game trực tuyến và gọi video một cách rõ nét trên khắp thế giới. Băng thông độ trễ thấp mà Starlink cung cấp giúp hành khách dễ dàng chia sẻ những khoảnh khắc đáng nhớ, cho phép các hãng tàu giới thiệu các dịch vụ và tính năng mới cho khách hàng. Hơn nữa, Starlink còn cải thiện chức năng hoạt động của tàu biển, chẳng hạn: Giám sát thiết bị trên tàu biển và liên lạc thời gian thực giữa tàu và các đội ngũ trên bờ.

Đối với tàu cá, Starlink đang trở thành một công cụ ngày càng quan trọng, đã tối ưu hóa sản lượng đánh bắt bằng cách cung cấp khả năng xác định vị trí đánh bắt tốt nhất và điều hướng dựa trên thông tin thời tiết cập nhật. Starlink cũng cho phép ngư dân duy trì liên lạc với các tàu khác và với bờ. Ngư dân đã sử dụng các gói Starlink Roam trên tàu của họ để có được kết nối Internet đáng tin cậy ở vùng biển gần bờ, tăng cường khả năng kết nối đội tàu cá, cho phép liên lạc liên mạch với các cơ quan quản lý và người thân trên bờ.

Ngoài ra, Starlink được triển khai trên nhiều loại tàu khác. Dịch vụ Starlink Maritime được thiết kế đặc biệt cho du thuyền và giàn khoan, cung cấp Internet băng thông rộng với độ trễ thấp. Các du thuyền sang trọng đã chuyển sang sử dụng Starlink để có được kết nối tốc độ cao, cho phép truyền dữ liệu và thông tin theo thời gian thực, nâng cao trải nghiệm cho hành khách và thuyền viên.

Trên các tàu nghiên cứu, Starlink cho phép các nhà khoa học truyền dữ liệu thu thập được, tải lên hình ảnh và video, thực hiện phân tích thời gian thực và duy trì liên lạc từ các khu vực hẻo lánh trên khắp thế giới. Chúng tôi tin rằng: Starlink đang đáp ứng nhu cầu kết nối đa dạng của nhiều loại tàu khác nhau, từ hoạt động hàng hải, mục đích thương mại, giải trí và nghiên cứu khoa học.

Tuy nhiên, xem xét lựa chọn giải pháp Internet cho tàu biển, việc phân tích ưu và nhược điểm của từng công nghệ là rất quan trọng.

* Đối với hệ thống Starlink:

- Ưu điểm: Starlink nổi bật với tốc độ truyền dữ liệu cao và độ trễ thấp, vượt trội so với các giải pháp vệ tinh truyền thống. Phạm vi phủ sóng toàn cầu của Starlink đang được mở rộng nhanh chóng, gồm các vùng biển quốc tế. Thiết bị Starlink thiết kế hoạt động trong môi trường khắc nghiệt, chịu được điều kiện thời tiết khác nhau. Quy trình lắp đặt tương đối đơn giản và Starlink cung cấp công cụ quản lý đội tàu từ xa, bảo mật dữ liệu. Chi phí dịch vụ Starlink có thể cạnh tranh hơn so với VSAT.

- Nhược điểm: Chi phí thiết bị ban đầu của Starlink, đặc biệt là ăng-ten lắp đặt trên tàu có thể cao. Để có hiệu suất tốt nhất, ăng-ten Starlink cần có tầm nhìn không bị cản trở lên bầu trời, điều này đôi khi có thể khó khăn lắp đặt vị trí lý tưởng trên tàu biển. Hiệu suất của Starlink có thể bị ảnh hưởng bởi thời tiết khắc nghiệt như mưa lớn hoặc gió mạnh. Sự sẵn của dịch vụ có thể bị giới hạn ở một số khu vực nhất định. Hiện tại, Starlink chưa tương thích với hệ thống an toàn và cứu nạn hàng hải toàn cầu GMDSS. Các gói Roam có chi phí thấp hơn có thể không phù hợp cho việc sử dụng trên vùng biển quốc tế.

* Đối với hệ thống INMARSAT:

- Ưu điểm: INMARSAT có phạm vi phủ sóng toàn cầu đã được chứng minh và rộng khắp, đặc biệt là với băng tần L, trừ các vùng cực. Đây là một công nghệ đáng tin cậy và đã được thiết lập trong ngành Hàng hải nhiều năm. INMARSAT có một mạng lưới hỗ trợ kỹ thuật và cơ sở hạ tầng dịch vụ rộng lớn trên toàn thế giới. Một ưu điểm quan trọng là INMARSAT tương thích và kết nối tốt với hệ

thống an toàn và cứu nạn hàng hải toàn cầu GMDSS, yêu cầu bắt buộc đối với loại tàu thương mại theo Công ước Quốc tế về an toàn sinh mạng con người trên biển SOLAS 74.

- Nhược điểm: Tốc độ hạn chế đối với ứng dụng băng thông lớn. Độ trễ cao do INMARSAT chủ yếu sử dụng vệ tinh địa tĩnh GEO là một nhược điểm đáng kể. Chi phí dịch vụ ban đầu của INMARSAT có thể cao, đặc biệt khi người dùng vượt quá dung lượng dữ liệu trong gói của họ.

*** Đối với hệ thống VSAT:**

Ưu điểm: VSAT cung cấp phạm vi phủ sóng toàn cầu rộng rãi, trừ vùng cực và là một giải pháp trong ngành Hàng hải. Có nhiều tùy chọn khác nhau về băng thông và các gói dịch vụ để đáp ứng nhu cầu đa dạng của người dùng. VSAT là một công nghệ tin cậy và đã được sử dụng trong nhiều năm.

Nhược điểm: Độ trễ là nhược điểm lớn nhất của VSAT do sử dụng vệ tinh địa tĩnh GEO. Chi phí thiết bị ban đầu cho các hệ thống VSAT thường rất cao. Chi phí dịch vụ hàng tháng cho VSAT cũng thường cao hơn so với cả Starlink và INMARSAT. Hiệu suất của VSAT có thể bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết xấu. Cuối cùng, việc lắp đặt và bảo trì các hệ thống VSAT thường phức tạp hơn so với Starlink.

3. XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN VÀ TIỀM NĂNG INTERNET VỆ TINH STARLINK TRONG HÀNG HẢI

Thị trường Internet vệ tinh cho ngành Hàng hải đang trải qua sự tăng trưởng đáng kể, thúc đẩy bởi nhu cầu ngày càng tăng về kết nối toàn cầu, tiến bộ trong công nghệ vệ tinh và sự gia tăng ứng dụng đòi hỏi băng thông lớn trên biển. Dự báo cho thấy thị trường này sẽ tiếp tục mở rộng trong những năm tiếp theo, với quy mô dự kiến đạt hàng tỷ USD. Sự tăng trưởng thúc đẩy bởi nhiều yếu tố, gồm: Sự gia tăng thương mại hàng hải, nhu cầu hiệu quả hoạt động cao hơn, sự chú trọng phúc lợi của thuyền viên và các quy định ngày càng nghiêm ngặt về an toàn và bảo mật hàng hải.

Xu hướng quan trọng trong thị trường là sự trở dậy của mạng lưới vệ tinh nhỏ LEO bay ở quỹ đạo Trái đất thấp như Starlink. Các hệ thống LEO đang cách mạng hóa thị trường bằng cách cung cấp tốc độ truyền dữ liệu cao hơn đáng kể và độ trễ thấp hơn so với các hệ thống truyền thống sử dụng vệ tinh địa tĩnh GEO. Độ trễ thấp mà LEO mang lại cho phép các ứng dụng đòi hỏi băng thông lớn và phản hồi nhanh hoạt động hiệu quả hơn trên biển, mở ra khả năng mới cho hoạt động hàng hải.

Bên cạnh Starlink, các công ty khác như OneWeb cũng đang tham gia vào thị trường LEO, tạo ra một môi trường cạnh tranh sôi động và mang lại nhiều lựa chọn hơn cho người dùng.

Trong bối cảnh này, Starlink đã nhanh chóng khẳng định được vị thế của mình, cạnh tranh mạnh mẽ trên thị trường kết nối hàng hải. Mặc dù tương đối mới, Starlink đã đạt được thị phần đáng kể nhờ tốc độ cao và độ trễ thấp mà dịch vụ của họ cung cấp. Ước tính Starlink đã chiếm khoảng 25% thị phần trong số các tàu được kết nối vệ tinh trong thời gian 3 năm.

Tuy nhiên, INMARSAT vẫn duy trì một thị phần lớn, đặc biệt là trong số các đội tàu thương mại lớn, nhờ vào hiệu suất đã được chứng minh và mạng lưới dịch vụ hỗ trợ toàn diện mà họ cung cấp. VSAT là một lựa chọn phổ biến cho nhiều tàu, nhưng có thể sẽ mất dần vị thế do chi phí cao hơn và độ trễ lớn hơn so với Starlink. Sự chấp nhận nhanh chóng của thị trường đối với Starlink cho thấy nhu cầu lớn về kết nối Internet tốc độ cao và độ trễ thấp trên tàu biển. Starlink có tiềm năng lớn để đóng một vai trò quan trọng trong tương lai của thị trường này.

Khi lựa chọn giải pháp Internet phù hợp cho tàu biển, nhiều yếu tố cần được xem xét kỹ lưỡng để đảm bảo lựa chọn cuối cùng đáp ứng

được nhu cầu cụ thể của tàu biển và phù hợp với khả năng tài chính.

Yếu tố quan trọng nhất là nhu cầu sử dụng dữ liệu của tàu biển, gồm việc xác định lượng dữ liệu cần thiết cho các hoạt động hàng ngày của tàu biển. Chẳng hạn: Quản lý hoạt động, liên lạc giữa tàu và bờ, giải trí thuyền viên và cung cấp dịch vụ cho hành khách trên tàu du lịch. Các ứng dụng như phát trực tuyến video, gọi video và truyền dữ liệu lớn sẽ đòi hỏi băng thông và dung lượng lớn hơn. Ngược lại, đối với các nhu cầu cơ bản hơn như gửi và nhận email hoặc nhắn tin, các gói dung lượng nhỏ hơn có thể đủ. Việc ước tính chính xác nhu cầu sử dụng dữ liệu sẽ giúp chủ tàu hoặc công ty khai thác tàu biển lựa chọn được gói dịch vụ phù hợp nhất.

Loại hình hoạt động của tàu cũng là một yếu tố quan trọng cần xem xét. Tàu chở hàng, tàu du lịch, tàu cá, du thuyền và tàu nghiên cứu có thể các yêu cầu kết nối Internet khác nhau, tùy thuộc vào mục đích sử dụng và khu vực hoạt động. Tàu hoạt động ở vùng biển hẻo lánh hoặc trên các tuyến đường dài có thể cần một giải pháp có phạm vi phủ sóng toàn cầu và độ tin cậy cao hơn. Tàu hoạt động gần bờ có thể xem xét các giải pháp như mạng di động 4G/5G hoặc các gói Starlink Roam có chi phí thấp hơn.

Tài chính là một ràng buộc quan trọng khác cần được xem xét. Chi phí thiết bị ban đầu và chi phí dịch vụ hàng tháng của giải pháp Internet phải phù hợp với tài chính của chủ tàu hoặc công ty khai thác tàu biển. Xem xét tổng chi phí sở hữu, gồm cả chi phí lắp đặt, bảo trì và có thể là nâng cấp trong tương lai. So sánh chi phí giữa các giải pháp khác nhau cho các mức sử dụng dữ liệu tương tự sẽ giúp đưa ra quyết định kinh tế nhất.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở phân tích khả năng kết nối ứng dụng thông tin Internet vệ tinh Starlink trên các loại tàu biển khác nhau, phân tích ưu và nhược điểm của từng công nghệ Internet vệ tinh Starlink, INMARSAT, VSAT kết hợp đánh giá xu hướng phát triển và tiềm năng Internet vệ tinh Starlink trong hàng hải là yếu tố quan trọng để quyết định việc lựa chọn giải pháp Internet cho tàu biển.

Bên cạnh các yếu tố chính đã phân tích, một số yếu tố khác cần được xem xét khi lựa chọn giải pháp Internet cho tàu biển, đó là độ tin cậy của kết nối thông tin là một yếu tố quan trọng, đặc biệt đối với các tàu mà kết nối Internet đóng vai trò quan trọng trong an toàn và hoạt động hàng hải. Sự sẵn có và chất lượng của hỗ trợ kỹ thuật từ nhà cung cấp dịch vụ cần xem xét kỹ. Yêu cầu về phần cứng và quy trình lắp đặt, gồm cả tính phức tạp của việc lắp đặt và yêu cầu về không gian trên tàu là yếu tố cần cân nhắc. Khả năng mở rộng của dịch vụ, tức là khả năng tăng hoặc giảm dung lượng dữ liệu khi nhu cầu thay đổi cũng có thể quan trọng đối với một số tàu biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Báo cáo nghiên cứu về việc sử dụng Internet vệ tinh Starlink trên tàu biển và so sánh với các phương án kết nối Internet khác (<https://smartsea.vn/bao-cao-nghien-cuu-ve-viec-su-dung-internet-ve-tinh-starlink-tren-tau-bien-va-so-sanh-voi-cac-phuong-an-ket-noi-internet-khac/>).
- [2]. Tiềm năng đột phá của công nghệ mạng Starlink tại Việt Nam (<https://wi-mesh.com/tiem-nang-dot-pha-cua-cong-nghe-mang-starlink-tai-viet-nam-t325>).
- [3]. Starlink satellites (<https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>).
- [4]. Rohit Hooda, Ketan Arora, Monu Yadav, Gunjan Verma, Starlink: A Revolution in Global Satellite Internet Communication (<https://www.ijraset.com/research-paper/starlink-a-revolution-in-global-satellite-internet-communication>).
- [5]. Rodrigo Blázquez García, and other authors, Capabilities and challenges of passive radar systems based on broadband low-Earth orbit communication satellites (<https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/risn2.12446>).

Công nghệ tiện cứng và tiềm năng cải thiện gia công trục khuỷu động cơ diesel

Hard turning technology and its potential for improving diesel engine crankshaft machining

> THS PHẠM HỒNG DƯƠNG*, THS PHẠM NGỌC ANH, THS LÊ MẠNH HẢI
THS LÊ NGỌC THÔNG, THS TỐNG THỊ XUYỀN, KS LÊ ANH PHONG, KS NGUYỄN THÀNH CÔNG

Khoa Khoa học Hàng hải, Trường Cao đẳng Hàng hải và Đường thủy I

*Email: phduong@cdhh.edu.vn

TÓM TẮT

Công nghệ tiện cứng là một bước tiến quan trọng trong gia công kim loại, đặc biệt trong chế tạo trục khuỷu động cơ diesel. Bài báo phân tích đặc điểm công nghệ, vật liệu dụng cụ cắt, chế độ cắt và so sánh thực nghiệm giữa tiện cứng và tiện truyền thống. Kết quả cho thấy tiện cứng giúp giảm 30 - 40% thời gian gia công, giảm sai số kích thước còn 0,005 - 0,01 mm, nâng cao tuổi thọ dụng cụ cắt và tối ưu hóa chi phí sản xuất. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi đầu tư vào máy CNC hiện đại và nhân lực có tay nghề cao. Nghiên cứu khẳng định tiện cứng là giải pháp hiệu quả, nâng cao chất lượng và năng suất gia công trục khuỷu.

Từ khóa: Tiện cứng; gia công trục khuỷu; cắt CBN; độ nhám bề mặt; sai số gia công; động cơ diesel.

ABSTRACT

Hard turning technology represents a significant advancement in metal machining, particularly in the manufacturing of diesel engine crankshafts. This paper analyzes the technological characteristics, cutting tool materials, cutting parameters, and an experimental comparison between hard turning and conventional machining. The results indicate that hard turning reduces machining time by 30 - 40%, decreases dimensional errors to 0,005 - 0,01 mm, extends tool life and optimizes production costs. However, this method requires investment in modern CNC machines and highly skilled labor. The study confirms that hard turning is an effective solution for improving the quality and productivity of crankshaft machining.

Keywords: Hard turning; crankshaft machining; CBN cutting; surface roughness; machining accuracy; diesel engine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong chế tạo cơ khí, đặc biệt là sản xuất động cơ đốt trong, trục khuỷu đóng vai trò quan trọng trong truyền động và chuyển đổi năng lượng. Do chịu tải trọng động lớn và ứng suất phức tạp, trục khuỷu yêu cầu độ bền cơ học cao và độ chính xác gia công nghiêm ngặt.

Hiện nay, phương pháp gia công truyền thống gồm tiện thô, nhiệt luyện và mài tinh để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Tuy nhiên, phương pháp này có nhược điểm như chi phí cao, thời gian gia công kéo dài và tiêu hao dụng cụ lớn. Trước thực trạng đó, tiện cứng xuất hiện như một giải pháp hiệu quả, thay thế một số công đoạn mài, giúp nâng cao độ chính xác, giảm biến dạng nhiệt và tối ưu quy trình gia công [1, 2].

Nghiên cứu này phân tích cơ sở lý thuyết, quy trình gia công trục khuỷu bằng tiện cứng và đánh giá hiệu quả kinh tế - kỹ thuật so với phương pháp truyền thống, từ đó đề xuất giải pháp cải tiến công nghệ, góp phần tăng hiệu suất và chất lượng sản phẩm.

Điểm mới của nghiên cứu là ở việc xây dựng quy trình đánh giá thực nghiệm chi tiết với số lượng mẫu cụ thể, đo lường tại ba vị trí đặc trưng, áp dụng phương pháp thống kê (kiểm định t-student) để xác định độ tin cậy của kết quả. Đây là bước tiến so với các công trình trước đó vốn chỉ mô tả tổng quan mà thiếu dữ liệu định lượng cụ thể trong bối cảnh ứng dụng tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Công nghệ tiện cứng là một quá trình gia công kim loại được thực hiện sau khi chi tiết đã qua xử lý nhiệt để đạt độ cứng cao (thường từ 45 - 65 HRC). Tiện cứng sử dụng dụng cụ cắt đặc biệt, chủ yếu là dao tiện chế tạo từ vật liệu siêu cứng như Cubic Boron Nitride (CBN) hoặc ceramic để cắt các vật liệu có độ cứng cao, thay thế cho công đoạn mài truyền thống [3, 4].

**Đặc điểm của công nghệ tiện cứng:*

Tiện cứng giúp tối ưu hóa quy trình gia công trục khuỷu động cơ diesel nhờ loại bỏ công đoạn mài mà vẫn đảm bảo chất lượng bề mặt. Phương pháp này đạt độ chính xác cao, kiểm soát tốt sai số hình học, đặc biệt trên các bề mặt quan trọng như cổ trục và chốt khuỷu, giúp cải thiện độ bền và độ chính xác lắp ghép.

Ngoài ra, tiện cứng có tốc độ cắt cao, tạo phoi ngắn, giúp giảm

ứng suất dư và hạn chế biến dạng nhiệt, nâng cao độ ổn định của chi tiết. Phương pháp này còn tăng hiệu suất sản xuất bằng cách rút ngắn thời gian gia công và giảm số lần gá kẹp, từ đó hạn chế sai số lắp ghép và nâng cao chất lượng tổng thể sản phẩm.

* *Vật liệu dụng cụ cắt trong tiện cứng:*

Cubic Boron Nitride (CBN) có độ cứng cao, chịu nhiệt trên 1.000°C và chống mài mòn tốt, thích hợp gia công thép nhiệt luyện từ 50 - 65 HRC. Tuy nhiên, CBN dễ bị tổn thương khi chịu tải trọng xung kích, đòi hỏi chế độ cắt hợp lý để duy trì tuổi thọ dụng cụ.

Gốm kỹ thuật (ceramic) có độ cứng cao, chịu nhiệt tốt và thích hợp với tốc độ cắt lớn. Tuy nhiên, ceramic giòn hơn CBN, dễ mẻ khi chịu tải trọng xung kích, do đó cần điều chỉnh chế độ cắt phù hợp để tránh hư hỏng trong quá trình gia công.

* *Các thông số chế độ cắt khi tiện cứng:*

- Tốc độ cắt (Vc): Dao CBN và ceramic hoạt động trong khoảng 150 - 300 m/phút, tùy thuộc vào loại dao và vật liệu phôi.

- Bước tiến (f): Từ 0,05 - 0,2 mm/vòng, đảm bảo độ nhẵn bề mặt cao mà không gây quá tải dụng cụ cắt.

- Chiều sâu cắt (ap): Dao CBN có thể cắt sâu 0,1 - 0,5 mm, trong khi ceramic giới hạn ở 0,1 - 0,3 mm.

- Làm mát: Tiện cứng thường thực hiện khô hoặc bôi trơn tối thiểu để tránh sốc nhiệt dụng cụ cắt.

Công nghệ tiện cứng mang lại lợi ích đáng kể trong gia công chính xác, đặc biệt là trong chế tạo trục khuỷu động cơ diesel. Với chế độ cắt phù hợp, phương pháp này có thể thay thế hiệu quả mài truyền thống, giúp giảm chi phí và nâng cao hiệu suất sản xuất.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các thí nghiệm được thực hiện trên 10 mẫu trục khuỷu bằng thép C45 đã qua tôi cải thiện đến độ cứng 58 - 60 HRC, chia đều cho hai nhóm: 5 mẫu gia công theo phương pháp truyền thống (tiện - nhiệt luyện - mài) và 5 mẫu gia công theo phương pháp tiện cứng sau nhiệt luyện.

Mỗi mẫu được gia công và đo lường tại 3 vị trí đặc trưng trên trục: Cổ trục chính, chốt khuỷu và mặt bích nhằm đảm bảo đại diện đầy đủ cho các bề mặt làm việc quan trọng. Tổng số điểm đo cho mỗi phương pháp là 15.

Để tăng độ tin cậy, mỗi thông số kỹ thuật (độ nhám bề mặt Ra, sai số kích thước, độ tròn, đồng tâm, thời gian gia công) được đo lặp lại 3 lần, lấy giá trị trung bình và xác định độ lệch chuẩn (SD). Các kết quả được xử lý bằng phần mềm Excel và trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (mean ± SD).

Riêng thông số độ nhám bề mặt (Ra) và sai số kích thước được kiểm định sự khác biệt giữa hai nhóm bằng phép thử t-student với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, nhằm đánh giá độ tin cậy của khác biệt thực nghiệm.

Chuẩn bị mẫu thí nghiệm: Các mẫu trục khuỷu được gia công trên máy tiện CNC với hai quy trình: Quy trình truyền thống và quy trình có áp dụng tiện cứng. Mẫu thí nghiệm được lựa chọn từ vật liệu thép C45 đã qua xử lý nhiệt.

Lựa chọn thông số công nghệ: Tiến hành tiện cứng với các chế độ cắt khác nhau, trong đó các thông số như tốc độ cắt, bước tiến, chiều sâu cắt được tối ưu hóa bằng phần mềm chuyên dụng CAD/CAM [5, 6].

Đo lường và đánh giá kết quả: Các tiêu chí đánh giá bao gồm: Độ nhám bề mặt (Ra) đo bằng máy đo độ nhám Mitutoyo; độ chính xác kích thước kiểm tra bằng thước đo điện tử và máy đo tọa độ CMM; ứng suất dư bề mặt phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia X; tuổi bền dụng cụ đo bằng số lượng chi tiết gia công trước khi dao bị mòn [7].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. So sánh chất lượng bề mặt

Kết quả đo độ nhám bề mặt Ra tại 3 vị trí đặc trưng cho thấy nhóm tiện cứng có độ nhám trung bình $0,41 \pm 0,06 \mu\text{m}$, trong khi mài truyền thống có giá trị $0,36 \pm 0,04 \mu\text{m}$. Điều này chứng minh tiện cứng có khả năng thay thế mài trong nhiều trường hợp, đồng thời đảm bảo chất lượng bề mặt đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.

Bảng 1. So sánh độ nhám bề mặt giữa tiện cứng và mài truyền thống

Phương pháp	Độ nhám bề mặt (Ra, μm)
Tiện cứng	$0,41 \pm 0,06$
Mài truyền thống	$0,36 \pm 0,04$

Phép thử t-student cho thấy sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), chứng tỏ tiện cứng hoàn toàn có thể thay thế công đoạn mài trong nhiều ứng dụng thực tiễn khi yêu cầu bề mặt không quá khắt khe.

Chất lượng bề mặt trong quá trình tiện cứng chịu tác động trực tiếp từ sự tương tác giữa vật liệu cắt (như CBN) với bề mặt phôi đã qua tôi cứng. Khi sử dụng chế độ cắt hợp lý với tốc độ cao và chiều sâu cắt nhỏ, lực cắt ổn định giúp tạo bề mặt đồng đều hơn, giảm hiện tượng xước rách kim loại. Ngoài ra, do tiện cứng thường được thực hiện ở trạng thái khô hoặc bôi trơn tối thiểu, nhiệt độ vùng cắt cao nhưng ổn định giúp hạn chế tạo ứng suất nhiệt cục bộ, từ đó làm giảm ứng suất dư có hại trên bề mặt chi tiết. Điều này đặc biệt quan trọng với các bề mặt làm việc của trục khuỷu như cổ trục và chốt khuỷu, vốn yêu cầu độ mòn thấp và bền mỏi cao.

3.2. Độ chính xác kích thước

Kết quả đo sai số kích thước trung bình tại ba vị trí được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo sai số trung bình

Phương pháp	Sai số kích thước trung bình (mm)
Tiện cứng	$0,007 \pm 0,002$
Tiện truyền thống	$0,018 \pm 0,004$

Phân tích thống kê bằng phép thử t-student cũng cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$), chứng minh rằng tiện cứng giúp kiểm soát tốt hơn độ chính xác kích thước so với phương pháp truyền thống. Điều này đạt được nhờ quá trình gia công ổn định hơn, ít lần gá đặt và giảm biến dạng nhiệt. Độ tròn và đồng tâm cũng được cải thiện rõ rệt, giúp tăng tuổi thọ và hiệu suất làm việc của trục khuỷu trong điều kiện tải trọng dao động cao.

3.3. Hiệu suất và thời gian gia công

Thời gian gia công trung bình của hai nhóm được đo trực tiếp và tổng hợp ở Bảng 3.

Bảng 3. Thời gian gia công

Phương pháp	Thời gian gia công trung bình
Tiện cứng	Giảm $35\% \pm 3\%$
Tiện truyền thống	100%

Kết quả cho thấy tiện cứng giúp rút ngắn thời gian nhờ loại bỏ công đoạn mài và giảm số lần gá đặt. Ngoài ra, thời gian điều chỉnh và thay dao cũng được tối ưu hóa nhờ sử dụng dụng cụ cắt có tuổi thọ cao. Kết quả này khẳng định tiềm năng lớn của tiện cứng trong

nâng cao hiệu suất sản xuất, đặc biệt trong các dây chuyền gia công hàng loạt cần tốc độ cao và độ chính xác ổn định.

3.4. Độ bền dụng cụ cắt

Kết quả theo dõi số lượng chi tiết gia công trước khi dụng cụ bị mòn vượt ngưỡng cho phép được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Số lượng chi tiết gia công trước khi dụng cụ mòn

Loại dụng cụ	Số lượng chi tiết
Dao CBN (Tiện cứng)	125 ± 10 chi tiết/mũi dao
Dao hợp kim (Tiện truyền thống)	65 ± 8 chi tiết/mũi dao

Kết quả cho thấy tuổi thọ dụng cụ cắt CBN trong tiện cứng cao hơn so với dao tiện hợp kim thông thường, sự khác biệt rõ rệt ($p < 0,01$) khẳng định tuổi thọ của dao CBN cao gấp đôi, góp phần giảm đáng kể chi phí thay dao và thời gian dừng máy. Đặc biệt, nhờ tính ổn định nhiệt và chống mài mòn tốt, dao CBN giúp duy trì chất lượng gia công trong suốt quá trình, phù hợp với các yêu cầu sản xuất liên tục và chính xác cao. Tuy nhiên, để phát huy tối đa hiệu quả, chế độ cắt cần được lựa chọn hợp lý nhằm tránh nứt vỡ do giòn và giảm tải trọng xung kích lên dao.

Như vậy, tiện cứng mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt, giúp rút ngắn khoảng 35% thời gian gia công nhờ loại bỏ công đoạn mài và giảm số lần gá đặt. Mặc dù chi phí đầu tư ban đầu cho dao CBN và máy CNC hiện đại cao hơn, nhưng tuổi thọ dụng cụ dài hơn gấp đôi, góp phần tiết kiệm chi phí thay dao và giảm thời gian dừng máy. Ngoài ra, việc gia công khô hoặc bôi trơn tối thiểu cũng giúp giảm chi phí bảo trì và xử lý chất thải.

Nhờ khả năng kiểm soát chính xác kích thước và độ nhám bề mặt, tiện cứng còn giúp giảm tỷ lệ sai hỏng, nâng cao hiệu quả sử dụng vật liệu và ổn định chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, để triển khai hiệu quả, cần đảm bảo điều kiện máy móc, dụng cụ phù hợp và đội ngũ kỹ thuật viên có tay nghề. Một số chi tiết có kết cấu phức tạp vẫn có thể cần kết hợp với các phương pháp gia công truyền thống. Do đó, tiện cứng là giải pháp tiềm năng nhưng cần được áp dụng có chọn lọc và kiểm soát chặt chẽ quy trình.

4. KẾT LUẬN

Tiện cứng là giải pháp gia công hiệu quả cho các chi tiết đã qua nhiệt luyện như trục khuỷu động cơ diesel. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp này giúp giảm 30 - 40% thời gian gia công, nâng cao độ chính xác kích thước và vẫn đảm bảo độ nhám bề mặt đạt yêu cầu kỹ thuật. Ngoài ra, tiện cứng còn góp phần giảm ứng suất dư và kéo dài tuổi thọ dụng cụ cắt, từ đó nâng cao hiệu quả sản xuất và tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên, việc áp dụng tiện cứng đòi hỏi đầu tư vào máy CNC chính xác cao, dụng cụ cắt phù hợp và nhân lực có tay nghề. Nghiên cứu này cung cấp dữ liệu thực nghiệm hữu ích, làm cơ sở cho việc mở rộng ứng dụng tiện cứng trong sản xuất cơ khí hiện đại. Các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tập trung vào phân tích sâu ảnh hưởng đến ứng suất dư và tuổi thọ môi của chi tiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Trọng Bình (2003), Tối ưu hóa quá trình gia công cắt gọt, NXB. Giáo dục, Hà Nội.
- [2]. Tạ Duy Liêm (2001), Hệ thống điều khiển số cho máy công cụ, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Niles-Simmons Industreianlagen GmbH, Substitution of Grinding Processes in Crankshaft Machining: Niles-Simmons Industreianlagen GmbH Introduces New Technology

- Hard Milling.

[4]. Tânase, M., Vizureanu, P., Istrate, B. (2024), Maximizing efficiency in C45 steel machining: an integrated AI-based approach to coated insert optimization, SpringerLink.

[5]. Çelik, Y., Yıldız, Y. (2023), Experimental and computational investigation of the effect of machining parameters on the turning process of C45 steel. ResearchGate.

[6]. Kuldeep, K., Verma, R., Kumar, M. (2024), Analysis of C45 Steel Machining with Differentiated Tool Bits. STM Journals.

[7]. El-Tayeb, N.S.M., Hasan, A.R., Awad, M.M. (2023), Effects of Machining Parameters of C45 Steel Applying Vegetable-Based Lubricants, Lubricants, MDPI, 11(8), 332.

[8]. Sharma, D., Khanduja, D. (2023), Surface roughness prediction for CNC-turned C45 steel utilizing adaptive neuro-fuzzy inference systems, ResearchGate.

Nghiên cứu bộ điều khiển trượt cho hệ thống tự động tránh va chạm tàu thủy

A study on sliding mode control for automatic ship collision avoidance system

> THS PHẠM TẮT TIỆP, PGS.TS NGUYỄN VĂN SƯƠNG*, THS NGUYỄN THANH DIỆU

Trường Đại học hàng hải Việt Nam

*Email: nguyenvansuong@vimar.edu.vn

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, bộ điều khiển trượt được đề xuất cho hệ thống tự động tránh va chạm tàu thủy. Trước hết, bài toán tự động tránh va chạm được đưa ra làm nền tảng xây dựng hệ thống tự động điều khiển tránh va chạm. Thứ hai, bộ điều khiển trượt được đề xuất để làm nhiệm vụ giữ hướng và đổi hướng nhằm điều khiển tàu tránh va chạm và an toàn. Cuối cùng, để kiểm chứng tính khả thi của bộ điều khiển đề xuất, các mô phỏng số được thực hiện trên phần mềm MATLAB.

Từ khóa: Hệ thống tránh va chạm tự động; điều khiển trượt; đánh giá nguy cơ đâm va; điều động tàu.

ABSTRACT

In this study, a sliding mode controller is proposed for an automatic ship collision avoidance system. First, the automatic collision avoidance problem is established as the framework to develop the controller. Second, the sliding mode control is designed to maintain course and change direction for safety of ships. Finally, to verify the feasibility of the proposed controller, numerical simulations are conducted in MATLAB.

Keywords: Automatic ship collision avoidance system; sliding mode control; collision avoidance assesment; ship maneuvering.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

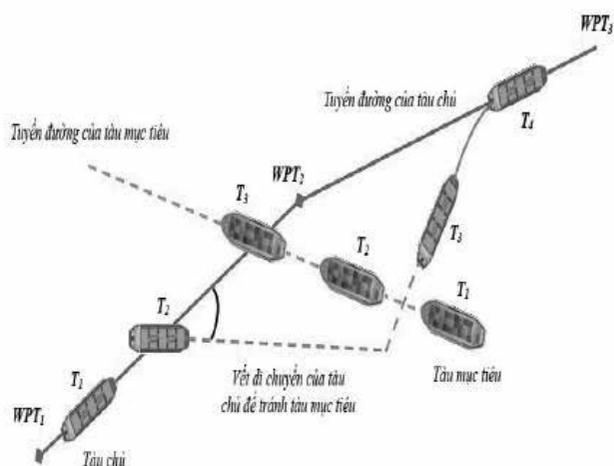
Điều động tránh va chạm là một trong những nhiệm vụ phức tạp của thuyền viên nhằm đảm bảo an toàn hàng hải cho tàu và hàng hóa. Theo thống kê của Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO), trên 90% các vụ tai nạn va chạm hàng hải đến từ lỗi của con người [1], do vậy các giải pháp khác nhau đã được đề xuất để giảm thiểu tai nạn va chạm tàu thuyền. Tự động hóa điều khiển tránh va chạm là một trong những giải pháp có tính khả thi nhằm giải quyết những lỗi của con người trong quá trình điều động tàu tránh va chạm. Cho đến nay, liên quan đến phát triển hệ thống tự động tránh va chạm. Trong các nghiên cứu [5, 6, 7], các phương pháp lập tuyến đường tự động đã được đề xuất bởi sử dụng các thuật toán tối ưu. Trong khi đó, các phương pháp đánh giá nguy cơ va chạm đã được đề cập trong các nghiên cứu [3, 4]. Trong nghiên cứu [3], hệ suy luận fuzzy mờ được đề xuất để đánh giá nguy cơ đâm va. Để có thể tự động hóa, cần thiết phải có hệ thống điều khiển đưa ra tín hiệu điều khiển điều động tàu, liên quan đến khía cạnh này đã có nhiều nghiên cứu phát triển các bộ điều khiển như trong các tài liệu [2, 8, 10]. Trong tài liệu [2], bộ điều khiển logic mờ được đề xuất cho máy lái tự động, trong khi đó bộ điều khiển PID được đề xuất trong nghiên cứu [8] và bộ điều khiển PID bền vững được thiết kế cho hệ thống tự động điều khiển tàu trong công trình [10].

Mặc dù các nghiên cứu trước đây đã đề xuất các bộ điều khiển khác nhau, tuy nhiên các hệ thống điều khiển kể trên vẫn còn hạn chế khi áp dụng chẳng hạn như: Không đảm bảo tính ổn định của hệ thống, không bền vững với nhiễu ngoại cảnh tác động. Để khắc

phục những hạn chế trên, trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất bộ điều khiển trượt cho hệ thống điều khiển tự động tránh va chạm tàu thuyền.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Cơ sở tự động điều khiển tránh va chạm tàu thuyền trên biển



Hình 1. Phương pháp điều động tránh va chạm

Phương pháp điều động tránh va được mô tả qua một ví dụ (Hình 1). Tại thời điểm T_1 , tàu chủ và tàu mục tiêu ở khoảng cách xa nhau, nhưng nếu cả hai tàu vẫn giữ nguyên hướng đi và tốc độ của mình thì có nguy cơ xảy ra va chạm ở thời điểm T_3 . Theo quy tắc tránh va, tàu chủ phải nhường đường cho tàu mục tiêu. Do vậy, tại thời điểm T_2 , tàu chủ thực hiện hành động bề lái sang phải để tránh tàu mục tiêu. Sau khi hai tàu đi qua nhau an toàn, tại thời điểm T_3 , tàu chủ thực hiện hành động bề lái ngược trở lại để đưa tàu về đường đi ban đầu. Thực tế, có 3 phương pháp điều động để tránh va chạm tàu thuyền, cụ thể: Đối hướng bằng bánh lái; giảm tốc độ máy và kết hợp cả hai.

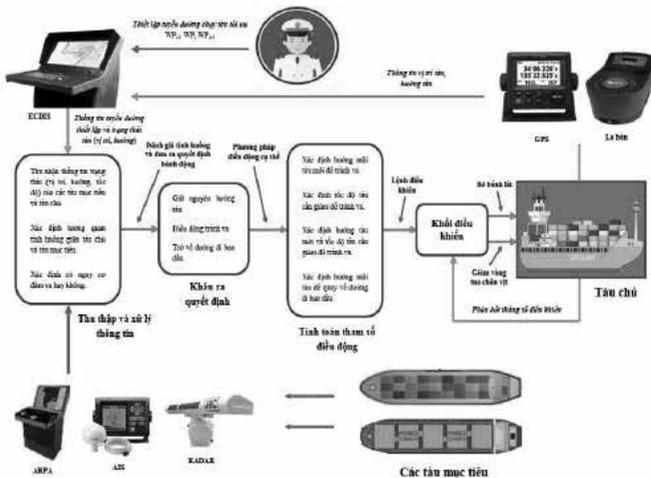
Để có thể tránh va tự động, cần thiết phải có hệ thống tính toán các tham số DCPA và TCPA, việc tính toán này có thể tham khảo trong tài liệu [1], trong đó, các giá trị này được xác định theo hệ thức sau:

$$\begin{cases} DCPA = R \sin(\phi_k - \alpha_T - \pi) \\ TCPA = \frac{R \cos(\phi_k - \alpha_T - \pi)}{V_R} \end{cases} \quad (1)$$

Nguy cơ đâm va giữa hai tàu được xem như tồn tại khi:

$$\begin{cases} DCPA < \min CPA \\ TCPA > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Hệ thức (1) và (2) là căn cứ để đưa ra quyết định tránh va của hệ thống tự động điều khiển nằm trong khâu quyết định trong Hình 2. Trong nghiên cứu này, bộ điều khiển trượt sẽ được đề xuất cho khối điều khiển để thực hiện việc điều khiển bánh lái và chân vịt.



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tránh va

Thực tế, tàu hoạt động trên biển, chế độ máy thường đặt ở một vòng tua nhất định, do vậy, việc tránh va sử dụng phương pháp giảm tốc độ rất ít khi được sử dụng, chủ yếu là phương pháp thay đổi hướng. Do vậy, nghiên cứu này bộ điều khiển trượt được thiết kế để điều khiển tàu giữ hướng và thay đổi hướng. Nghiên cứu này được thực hiện cho tàu tránh va và chạm trên biển, nên thực tế trong hàng hải chỉ sử dụng phương pháp thay đổi hướng để đảm bảo giá trị CPA của tàu mục tiêu lớn hơn giá trị $\min CPA$, khi đó hai tàu sẽ đi qua nhau an toàn.

2.2. Mô hình động lực học tàu thủy

Mô hình toán học cho việc thiết kế bộ điều khiển hướng tàu được chỉ ra như phương trình dưới đây:

$$\ddot{\varphi} = -\frac{K}{T} \alpha \dot{\varphi} - \frac{K}{T} \beta \varphi^3 + \frac{K}{T} \delta + d_w \quad (3)$$

Trong đó: K và T là hai tham số của chuyển động tàu được xác định thông qua quá trình quay trở, δ là góc bề lái.

Đặt $x_1 = \varphi$ và $x_2 = \dot{\varphi}$, $x = [x_1, x_2]^T$ phương trình (3) được viết dưới dạng phương trình không gian trạng thái như hệ thức (4) dưới đây:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = f(x) + b\delta + d_w \end{cases} \quad (4)$$

Trong mô hình (4), giả sử sóng tác động đến tàu luôn bị chặn $d_w \leq D$. Bộ điều khiển trượt sẽ được thiết kế để điều khiển bánh lái δ nhằm đưa tàu bám theo hướng cài đặt được đưa ra từ khối tính toán tham số điều động.

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT CHO HỆ THỐNG TRÁNH VA CHẠM TÀU THUYỀN

Gọi sai số giữa hướng đi thực tế của tàu với hướng đi cài đặt là:

$$e(t) = \varphi_d - \varphi \quad (5)$$

Mặt trượt được thiết kế theo hệ thức sau:

$$\sigma(t) = \dot{e}(t) + c_1 e(t) \quad (6)$$

Đạo hàm mặt trượt được xác định theo hệ thức:

$$\dot{\sigma}(t) = \ddot{e}(t) + c_1 \dot{e}(t) = \ddot{x}_2 + c_1 \dot{x}_2 \quad (7)$$

Hàm Lyapunov được chọn để ổn định hệ thống:

$$L(\sigma) = \frac{1}{2} \sigma^2(t) \quad (8)$$

Đạo hàm hàm Lyapunov theo thời gian và thay các thành phần trong mô hình toán học của động học lắc tàu vào, ta được hệ thức sau:

$$\dot{L}(\sigma) = \sigma(t) \dot{\sigma}(t) = \sigma(t) (\ddot{x}_2 + c_1 \dot{x}_2) = \sigma(t) (f(x) + b\delta + d_w + c_1 \dot{x}_2) \quad (9)$$

Lựa chọn tín hiệu điều khiển của bộ điều khiển trượt như sau:

$$\delta = \frac{1}{b} [-f(x) - c_1 \dot{x}_2 - D \cdot \text{sign}(\sigma(t))] \quad (10)$$

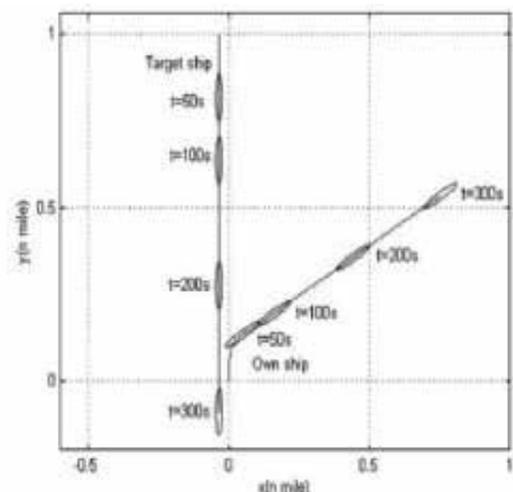
Thay tín hiệu điều khiển vào hàm ổn định Lyapunov ta được:

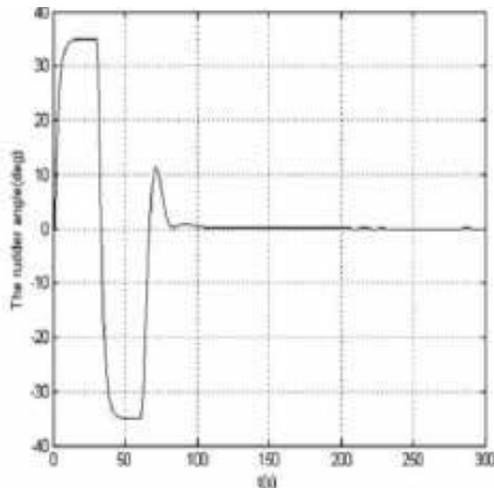
$$\dot{L}(\sigma) = \sigma(t) \dot{\sigma}(t) = \sigma(t) [d_w - D \cdot \text{sign}(\sigma(t))] \leq d_w \sigma(t) - D |\sigma(t)| \leq 0 \quad (11)$$

Theo lý thuyết ổn định Lyapunov, hệ thống tránh va với bộ điều khiển trượt đảm bảo tính ổn định, có nghĩa là hướng đi thực của tàu sẽ bám theo hướng đi cài đặt thông qua điều khiển bánh lái.

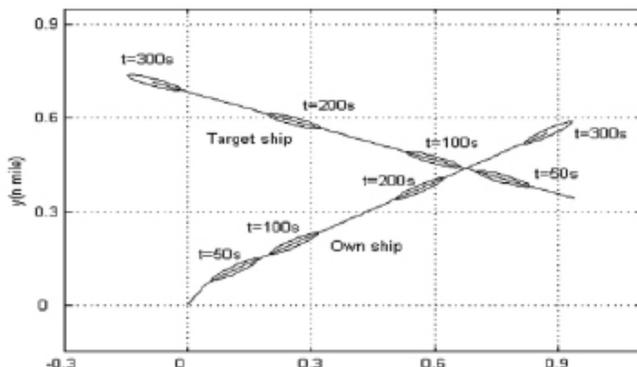
4. MÔ PHỎNG SỐ

Để kiểm chứng tính khả thi của bộ điều khiển đề xuất cho hệ thống tránh va và chạm, trong phần này, các mô phỏng số được thực hiện trên phần mềm MATLAB. Thông số của tàu như sau: Chiều dài $L = 126$ m; chiều rộng 8 m; các tham số động học tàu thủy $K = 0,48$, $T = 216,5$; tàu chạy ở vòng tua $n = 120$ vòng/phút ở tốc độ 13 Knots. Góc bánh lái được giới hạn trong phạm vi $\pm 35^\circ$. Hệ thống tính toán vị trí tàu, các chỉ số đánh giá nguy cơ đâm va, góc hướng cài đặt theo Hình 2 được lập trình mô phỏng. Ba trường hợp được mô phỏng là: đối hướng, cắt hướng và vượt nhau.

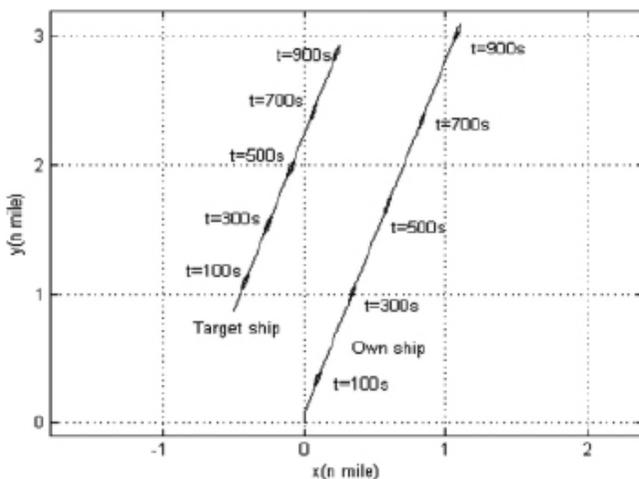




Hình 3. Hình ảnh hai tàu tránh nhau và góc bẻ lái của tàu chủ trường hợp đổi hướng



Hình 4. Hình ảnh hai tàu tránh nhau trường hợp cắt hướng



Hình 5. Hình ảnh hai tàu tránh nhau trường hợp vượt nhau

Như vậy, theo Hình 3 và Hình 4 có thể thấy rằng, bộ điều khiển trượt đã điều khiển tàu thay đổi hướng trong hai trường hợp khi hai tàu đối hướng và cắt hướng với tàu mục tiêu. Bánh lái được thay đổi để hai tàu đi qua nhau an toàn. Trường hợp thứ ba, tàu mục tiêu được yêu cầu giữ nguyên hướng để hai tàu chạy song song nhau đến và tàu chủ vượt tàu mục tiêu ở giây thứ 700.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, bộ điều khiển trượt đã được đề xuất

cho hệ thống tự động tránh và chạm tàu thuyền. Hệ thống là cần thiết để hỗ trợ các sỹ quan thuyền viên trong việc ra quyết định và hành động tránh và nhằm loại trừ những lỗi do xử lý tình huống của thuyền viên. Bộ điều khiển đề xuất được mô phỏng qua ba trường hợp. Kết quả mô phỏng cho thấy hiệu quả của thuật toán điều khiển trượt trong việc điều khiển tàu giữ hướng và thay đổi hướng nhằm duy trì sự an toàn cho tàu chủ và tàu mục tiêu. Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu để ứng dụng bộ điều khiển trượt cho trường hợp tránh và sử dụng phương pháp giảm tốc độ vòng tua chân vịt.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT.24-25.04.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TS. Nguyễn Văn Sướng (2021), Tự động điều khiển tàu thủy, NXB. Hàng hải.
- [2]. Le, M.D., Nguyen, S.H., Nguyen, L.A. (2004), Study on a new and effective fuzzy PID ship autopilot, *Artif. Life Robot.* 8, 197-201.
- [3]. Perera, L.P., Carvalho, J.P., Soares, C.G. (2011), Fuzzy logic based decision making system for collision avoidance of ocean navigation under critical collision conditions. *J. Mar. Sci. Technol.* 16, 84-99.
- [4]. Tam, C.K., Bucknall, R. (2010a), Collision risk assessment for ships. *J. Mar. Sci. Technol.* 15, 257-270.
- [5]. Tam, C.K., Bucknall, R. (2010b), Path-planning algorithm for ships in close-range encounters. *J. Mar. Sci. Technol.* 15, 395-407.
- [6]. Tam, C.K., Bucknall, R. (2013), Cooperative path planning algorithm for marine surface vessels. *Ocean Eng.* 57, 25-33.
- [7]. Tsou, M.C., Kao, S.L., Su, C.M. (2010), Decision support from genetic algorithms for ship collision avoidance route planning and alerts. *J. Navig.* 63 (1), 167-182.
- [8]. Xue, Y.Z., Clelland, D., Lee, B.S., Han, D.F. (2011), Automatic simulation of ship navigation. *Ocean. Eng.* 38 (17-18), 2290-2305.
- [9]. Yang, Y.S. (1995), Study on mathematical model for ship collision avoidance dynamic system. *J. Dalian Marit. Univ.* 21 (1), 30-36.
- [10]. Yang, Y.S., Yu, X.L., Jia, X.L. (1999), Robust PID autopilot for ships. *J. Dalian Marit. Univ.* 25 (4), 11-15.
- [11]. Yoshimura, Y., Nomoto, K. (1978), Modeling of manoeuvring behaviour of ships with a propeller idling, boosting and reversing, *J. Soc. Nav. Archit. Jpn.* 144, 57-69 (in Japanese).

Phân tích một số tiêu chí lựa chọn hệ thống tiêu chuẩn cho lĩnh vực phương tiện đường sắt đô thị ở Việt Nam

An analysis of criteria for selecting standard systems for urban railway vehicles in Vietnam

> TS VŨ VĂN HIỆP^{1*}, THS VŨ QUANG KHÔI², THS NGÔ XUÂN HÙNG³, THS CAO MẠNH HÙNG³

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

²Cục Đường sắt Việt Nam

³Công ty Cổ phần Tư vấn xây dựng và Thương mại Hưng Phú

*Email: hiepvuvan@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích 5 tiêu chí lựa chọn hệ thống tiêu chuẩn cho phương tiện đường sắt đô thị (ĐSDT) tại Việt Nam, gồm: An toàn, đồng bộ, hiệu quả vận hành, khả năng mở rộng và uy tín quốc tế. Qua so sánh các hệ tiêu chuẩn của châu Âu, Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc, bài báo đề xuất ưu tiên tiêu chuẩn EN/IEC, kết hợp chọn lọc từ Nhật Bản, từ đó đưa ra danh mục 5 nhóm tiêu chuẩn làm cơ sở xây dựng hệ thống TCVN phù hợp với điều kiện trong nước.

Từ khóa: Đường sắt đô thị; phương tiện metro; tiêu chuẩn EN/IEC; tiêu chuẩn quốc tế; TCVN.

ABSTRACT

This paper evaluates five criteria for selecting rail vehicle standards in Vietnam: Safety, interoperability, operational efficiency, scalability and international recognition. Through comparison of systems from Europe, Japan, South Korea and China, it recommends adopting EN/IEC standards with selected inputs from Japan. An 5-group standard framework is proposed to support the development of a national standard (TCVN) suited to Vietnam's context.

Keywords: Urban rail; metro vehicles; EN/IEC standards; international standards; TCVN.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống ĐSDT được xem là phương thức vận tải hành khách công cộng chủ lực tại các đô thị lớn, góp phần giảm ùn tắc giao thông và hạn chế ô nhiễm môi trường. Theo thống kê của UITP trong "Urban Public Transport in the 21st Century", tổng số hành trình giao thông công cộng ở 39 quốc gia đã tăng 18% từ năm 2000 đến 2015, tương ứng với việc giảm 15 - 30% lưu lượng xe cá nhân trong giờ cao điểm [1].

Trên thế giới, hơn 200 mạng metro đang vận hành tại 65 quốc gia với tổng chiều dài hơn 8.500 km, minh chứng qua danh sách các hệ thống ĐSDT toàn cầu [2]. Tại Việt Nam, hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật cho phương tiện ĐSDT chưa được ban hành đồng bộ ở cấp quốc gia. Cụ thể, tuyến Cát Linh - Hà Đông áp dụng tiêu chuẩn GB/T của Trung Quốc [3], tuyến Nhổn - Ga Hà Nội tuân thủ các quy định của UIC và tiêu chuẩn châu Âu [4], trong khi tuyến Bến Thành - Suối Tiên lại áp dụng hệ thống tiêu chuẩn của Nhật Bản [5].

Sự thiếu thống nhất này dẫn đến chi phí đầu tư và bảo trì tăng cao, khó khăn trong tích hợp công nghệ và đào tạo nhân lực, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả vận hành và tuổi thọ phương tiện. Theo UIC, việc tiêu chuẩn hóa và đồng bộ quy trình kỹ thuật là yếu tố then chốt cho vận hành liên tục và bảo trì toàn cầu [4]. "The

Urban Rail Development Handbook" của World Bank cũng nhấn mạnh phải cân nhắc đồng thời các khía cạnh kỹ thuật, kinh tế và vận hành vòng đời để đảm bảo tính bền vững của dự án [6].

2. PHÂN TÍCH CÁC TIÊU CHÍ QUAN TRỌNG TRONG LỰA CHỌN HỆ THỐNG TIÊU CHUẨN PHƯƠNG TIỆN ĐSDT

Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn, phần này phân tích các tiêu chí then chốt để lựa chọn hệ thống tiêu chuẩn phù hợp, gồm: Độ tin cậy - an toàn, đồng bộ - tương thích, hiệu quả vận hành, uy tín quốc tế - hỗ trợ kỹ thuật, khả năng mở rộng và tính kế thừa. Phân tích tập trung so sánh các hệ thống tiêu chuẩn của châu Âu, Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc, nhằm đề xuất bộ tiêu chuẩn tối ưu cho Việt Nam trong bối cảnh hội nhập.

2.1. Độ tin cậy và an toàn

Độ tin cậy và an toàn là yếu tố nền tảng của mọi hệ thống giao thông công cộng. Theo UIC Technical Solutions for the Operational Railway, các nhóm chuyên gia đã chứng minh rằng việc áp dụng tiêu chuẩn nghiêm ngặt giúp giảm tới 30% các sự cố kỹ thuật và tai nạn, đồng thời tăng tính sẵn sàng của phương tiện lên trên 99,8% [4].

Hệ thống tiêu chuẩn châu Âu là điển hình về độ tin cậy và an toàn nhờ các tiêu chuẩn như EN 15227 về khả năng chịu va chạm

và EN 45545 về phòng, chống cháy trên phương tiện đường sắt. EN 15227 đã được áp dụng trong nhiều dự án khác nhau, giúp giảm 40% thiệt hại về người và 25% thiệt hại về tài sản trong các va chạm ở tốc độ trung bình 20 - 30 km/h [7]. EN 45545 quy định các mức nguy hiểm HL1-HL3 ((HL - Hazard Level)) cho vật liệu, đảm bảo chỉ số sinh khói và phát thải CO₂ thấp nhất, đặc biệt quan trọng trong các đường hầm metro dài [8].

Hệ tiêu chuẩn JIS của Nhật Bản tập trung mạnh vào khả năng chống chịu thiên tai và vòng đời vật liệu. Ví dụ, JIS E 4001-4004 quy định dung sai siêu nhỏ cho kết cấu chịu lực, giúp tàu vẫn hoạt động ổn định trong điều kiện động đất nhẹ [9]. Ngoài ra, các quy trình kiểm tra "chi tiết từng bu-lông, mối hàn" giúp tăng tuổi thọ kết cấu lên 20 - 25% so với quy định thông thường.

Mặc dù Trung Quốc đã mở rộng mạng lưới đường sắt trên 159.000 km (xếp thứ hai thế giới [10]), tiêu chuẩn GB/T ban đầu thiên về chi phí và tốc độ, khiến hiệu quả bảo trì chưa ổn định. Gần đây, CRRC bổ sung thử nghiệm va chạm và chống cháy theo EN 15227 và EN 45545, nhưng mới áp dụng thí điểm tại một số nhà máy [11].

Hàn Quốc, với mạng lưới KTX dài 625 km và 3.187 km đường đô thị điện khí hóa [12] đang hoàn thiện tiêu chuẩn về an toàn va chạm và phòng cháy. Tiêu chuẩn này lấy tham chiếu từ EN 15227 nhưng bổ sung các điều kiện về dao động cao tần [13].

Để tối ưu độ tin cậy và an toàn cho ĐSDT Việt Nam, nên lấy EN 15227 và EN 45545 làm khung chính, bổ sung quy định chống thiên tai từ Nhật Bản và tham khảo cải tiến của Trung Quốc, Hàn Quốc.

2.2. Tính đồng bộ và khả năng tương thích

Tính đồng bộ và tương thích giữa các bộ phận đảm bảo vận hành liền mạch, giảm chi phí tích hợp và bảo trì. UIC Technical Solutions khuyến nghị sử dụng các tiêu chuẩn mở để hỗ trợ đa nhà cung cấp, qua đó giảm 15% thời gian bảo trì định kỳ [4].

Các tiêu chuẩn EN 50155 và IEC 61375 đảm bảo hệ thống điện, điều khiển và truyền thông tương thích giữa các hãng khác nhau. EN 50155 quy định 6 cấp độ nhiệt độ và độ ẩm, cùng yêu cầu kháng sốc/vibration cao nhất OT5/C5 [14]. IEC 61375 cho phép các bus MVB, WTB và ECN kết nối linh hoạt, hỗ trợ cả CANopen và Ethernet [15].

Tiêu chuẩn JIS C 0920 (IP Code) và JIS C 3202 (cách điện dây dẫn) của Nhật Bản giúp thiết bị điện tử chịu môi trường khắc nghiệt và hỗ trợ đồng bộ mô-đun từ nhiều nhà cung cấp [9]. Tokyo Metro cũng áp dụng CBTC nội địa tương thích IEEE 1474, dễ tích hợp thiết bị nước ngoài. Trung Quốc (GB/T) ưu tiên giảm chi phí, gây khó khăn khi tích hợp EN/IEC, hiện phát triển GB/T 50327 theo IEC 61375 [11]. Hàn Quốc (KRCS 0055) thêm yếu tố plug-and-play cho CBTC nhưng mới tương thích tạm với chuẩn ERTMS [16].

Để tối ưu hóa chi phí tích hợp cũng như rút ngắn thời gian triển khai và đưa các tuyến đường sắt mới vào hoạt động, Việt Nam cần áp dụng các tiêu chuẩn EN 50155 và IEC 61375 như những chuẩn mực cơ bản, đồng thời đảm bảo khả năng tương thích với các hệ thống CBTC hiện tại và ERTMS trong tương lai.

2.3. Hiệu quả vận hành lâu dài và phát triển bền vững

Hiệu quả vận hành lâu dài và phát triển bền vững là tiêu chí then chốt trong lựa chọn hệ thống tiêu chuẩn cho ĐSDT, vì nó không chỉ liên quan đến chi phí vận hành - bảo trì (O&M) mà còn đến mức tiêu hao năng lượng, khả năng thu hồi năng lượng tái tạo, tuổi thọ thiết bị và sự ổn định trong cung ứng phụ tùng. Theo báo cáo The Future of Rail của IEA, đường sắt chỉ chiếm 2% nhu cầu năng lượng giao thông toàn cầu nhưng đảm nhận vận chuyển 8% hành khách và 7% hàng hóa, cho thấy tiềm năng tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải lớn [17].

Tiêu chuẩn EN 50591:2019 quy định phương pháp đánh giá năng lượng tiêu thụ của đoàn tàu qua mô phỏng và đo lường để so sánh hiệu quả năng lượng, đồng thời cho phép tính toán chi phí vòng đời (LCC) [18]. Tương tự, IEC 60300-3-3:2017 hướng dẫn áp

dụng LCC trong quản lý độ tin cậy và chất lượng, giúp chủ đầu tư tối ưu chi phí bảo trì và giảm từ 20 - 25% tổng chi phí bảo trì trong 30 năm [19]. Các hệ thống metro hiện đại tại Pháp và Đức sử dụng công nghệ thu hồi năng lượng hãm, có thể tái sinh lên đến 30% điện năng tiêu thụ của đoàn tàu thông qua bộ lưu trữ năng lượng onboard [20, 21].

Theo Operations and Maintenance of Urban Railways Handbook của JICA, việc ứng dụng quy trình bảo trì 5S và mô hình TOD trong Tokyo Metro và Osaka Metro đã giảm thời gian gián đoạn trung bình xuống còn 0,8 phút mỗi lần trễ, so với mức 1,5 phút trước đây [22].

Guangzhou Metro (MTR Thượng Hải) đã triển khai Hệ thống giám sát định trạng (Condition Based Monitoring - CBM) cho các bộ phận quan trọng, giúp giảm khoảng 18% chi phí thay thế linh kiện nhờ dự báo chính xác thời điểm cần thay thế [23].

Để tối ưu hóa hiệu quả lâu dài và bền vững, Việt Nam cần áp dụng chuẩn EN 50591/IEC 60300, kết hợp các công nghệ thu hồi năng lượng và CBM, đồng thời triển khai các chương trình đào tạo O&M theo mô hình JICA.

2.4. Khả năng mở rộng và nâng cấp

Khả năng mở rộng và nâng cấp là "chìa khóa" để các hệ thống ĐSDT dễ dàng đón đầu công nghệ mới như CBTC, ERTMS hay giám sát số hóa. Theo UIC Vision 2030, một kiến trúc "mở" có thể giúp giảm tới 30% chi phí tích hợp công nghệ mới trong giai đoạn đầu triển khai [24].

Cụ thể, ERTMS với ba thành phần GSMR, ETCS và ETML cho phép từng bước nâng cấp mà không gián đoạn vận hành, điển hình là tuyến HSL Zuid tại Hà Lan đang chạy ETCS Level 2 và sẵn sàng nâng lên Level 3 khi cần [25]. Tương tự, CBTC tại Tokyo Metro với công nghệ "moving block" đã tăng mật độ tàu 25% mà không cần mở rộng hạ tầng, đồng thời dễ tích hợp các mô-đun AI cho điều phối tự động [26]. Ngược lại, Trung Quốc ban đầu áp dụng GB/T để tiết kiệm chi phí và đẩy nhanh tiến độ nhưng khi chuyển sang CBTC tiên tiến đã phải thay thế hầu hết phần cứng, khiến chi phí nâng cấp tăng 20 - 25% [27]. Ở Hàn Quốc, mặc dù hệ CBTC nội địa tự động hóa cao, nó vẫn chưa tương thích hoàn toàn với IEC 61375 hoặc IEEE 1474, dù hiện đang theo lộ trình áp dụng ETCS Level 2 trên tuyến cao tốc KTX để hướng tới chuẩn mở và khả năng kế thừa tốt hơn [12, 28].

Để xây dựng một mạng lưới ĐSDT linh hoạt và bền vững, Việt Nam nên áp dụng ngay từ đầu các tiêu chuẩn "mở" như ERTMS và CBTC, triển khai theo mô hình nâng cấp mô-đun từng phần nhằm tránh gián đoạn vận hành và giảm lệ thuộc vào một nhà cung cấp duy nhất, đồng thời tuân thủ chuẩn quốc tế IEC/IEEE để đơn giản hóa việc tiếp nhận và mở rộng công nghệ trong tương lai.

2.5. Uy tín quốc tế và hỗ trợ kỹ thuật - đào tạo chuyên sâu

Một hệ thống tiêu chuẩn có uy tín quốc tế sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc hợp tác, tiếp nhận công nghệ và thu hút đầu tư. Đồng thời, sự hỗ trợ kỹ thuật và đào tạo bài bản giúp các quốc gia đang phát triển như Việt Nam nhanh chóng làm chủ công nghệ và vận hành hệ thống một cách bền vững.

Châu Âu có các tiêu chuẩn EN và IEC được công nhận rộng rãi qua Vienna Agreement, giúp tăng tính minh bạch và khả năng tích hợp quốc tế [4]. Các tập đoàn như Siemens và Alstom còn cung cấp khóa đào tạo chuyên sâu qua Mobility Academy, cấp chứng chỉ và hỗ trợ vận hành thực tế [33, 34]. Nhật Bản có các chương trình O&M do JICA triển khai, đi kèm đào tạo kỹ sư và chuyển giao tài liệu kỹ thuật, minh chứng qua nhiều dự án tại Việt Nam và Đông Nam Á [5, 32]. Trong khi đó, Trung Quốc chủ yếu đào tạo nội bộ, chưa hỗ trợ chuyển giao quốc tế hiệu quả [27]. Hàn Quốc có hệ thống đào tạo do KRRI quản lý, nhưng vẫn chưa phổ biến rộng và thiếu chiều sâu so với mô hình JICA hay Siemens [12, 35].

3. ĐỀ XUẤT DANH MỤC TIÊU CHUẨN ÁP DỤNG ĐỐI VỚI LĨNH VỰC PHƯƠNG TIỆN ĐSĐT TẠI VIỆT NAM

Dựa trên các phân tích trên về các tiêu chí trọng yếu như độ tin cậy và an toàn, đồng bộ, hiệu quả vận hành lâu dài, phát triển bền vững, uy tín quốc tế, hỗ trợ kỹ thuật - đào tạo chuyên sâu, khả năng mở rộng và tính kế thừa, cũng như dựa trên kinh nghiệm áp dụng thành công của các hệ thống tiêu chuẩn quốc tế, đặc biệt là tiêu chuẩn châu Âu, danh mục tiêu chuẩn chính áp dụng đối với lĩnh vực phương tiện ĐSĐT tại Việt Nam được đề xuất như sau:

*) Tiêu chuẩn về thiết kế phương tiện:

EN 15273-2: Railway applications - Gauges Rolling stock gauge

EN 13749: Wheelsets and bogies - Structural requirements of bogie frames

EN 13104: Wheelsets and bogies - Powered axles - Design method

EN 12663-1: Structural requirements of railway vehicle bodies

EN 14752: Bodyside entrance systems for rolling stock

EN 16286-1: Gangway systems between vehicles - Main applications

EN 16186 (1-8): Driver's cab

*) Tiêu chuẩn về hệ thống phanh:

EN 13452-1, EN 13452-2: Urban rail brake systems

EN 15595: Braking - Wheel slide protection

EN 15624, EN 15625: Braking - Empty-loaded changeover devices

*) Tiêu chuẩn về hệ thống điện và cấp điện:

EN 50163: Supply voltages of traction systems

EN 16019: Automatic coupler - Performance requirements

EN 50206-2: Rolling stock - Pantographs

*) Tiêu chuẩn về an toàn, chống cháy nổ:

EN 45545-1 đến EN 45545-7: Fire protection for railway vehicles

EN 13272-2: Electrical lighting for rolling stock

*) Tiêu chuẩn về thử nghiệm phương tiện:

EN 15227: Crashworthiness requirements

EN 61373: Shock and vibration tests

EN 14363: Running behaviour and stationary tests

EN 61377: Combined test method for traction systems

4. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh Việt Nam đang triển khai các tuyến ĐSĐT đầu tiên tại Hà Nội và TP Hồ Chí Minh, việc lựa chọn một hệ thống tiêu chuẩn phù hợp cho phương tiện đóng vai trò then chốt, không chỉ đảm bảo an toàn - hiệu quả vận hành, mà còn quyết định đến khả năng bảo trì, nâng cấp và phát triển mạng lưới trong dài hạn.

Bài báo đã phân tích 5 tiêu chí trọng yếu gồm: (1) Độ tin cậy và an toàn; (2) Tính đồng bộ và khả năng tương thích; (3) Hiệu quả vận hành lâu dài và phát triển bền vững; (4) Khả năng mở rộng - nâng cấp và (5) Uy tín quốc tế và hỗ trợ kỹ thuật - đào tạo chuyên sâu. Qua đối sánh các hệ thống tiêu chuẩn từ châu Âu, Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc, có thể nhận thấy hệ thống tiêu chuẩn châu Âu hiện đang chiếm ưu thế rõ rệt về tính quốc tế hóa, khả năng tích hợp công nghệ và mức độ kiểm chứng qua các dự án thực tiễn. Trên cơ sở đó, bài báo đã đề xuất danh mục tiêu chuẩn khung gồm 5 nhóm chính, bao phủ các nội dung về kết cấu, điện - điện tử, phòng cháy, tín hiệu điều khiển, hiệu suất năng lượng và đào tạo vận hành.

Về định hướng chiến lược, Việt Nam nên tiến tới xây dựng hệ thống tiêu chuẩn quốc gia (TCVN) về phương tiện ĐSĐT, trong đó lấy EN/IEC làm nền tảng, bổ sung linh hoạt các quy định đặc thù nội địa và kinh nghiệm từ Nhật Bản trong đào tạo - vận hành. Việc thống nhất hệ thống tiêu chuẩn không chỉ góp phần giảm chi phí đầu tư - bảo trì, mà còn tạo tiền đề cho việc nội địa hóa sản xuất, thu hút đầu tư và từng bước làm chủ công nghệ ĐSĐT trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. UITP (2020), National PT stats, https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/08/UITP_Statistic-Brief_national-PT-stats.pdf.
- [2]. Wikipedia, List of metro systems, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_metro_systems.
- [3]. Railway Technology, Hanoi Metro Line 2A: Cat Linh - Ha Dong, <https://www.railway-technology.com/pressreleases/hanoi-metro-line-2a-cat-linh-ha-dong-line/>.
- [4]. UIC (2020), Technical solutions for the operational railway, https://uic.org/IMG/pdf/20201126_uic_technical_solutions.pdf.
- [5]. JICA, Document from JICA platform, https://openjicareport.jica.go.jp/740/740_123.html.
- [6]. World Bank (2018), Financial report for railway projects, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30392/9781464812729.pdf>.
- [7]. CEN (2010), EN 15227: Crashworthiness, <https://www.scribd.com/document/199806758/EN15227-Crashworthiness-of-Railway-Vehicle-Body>.
- [8]. Wikipedia, List of EN standards, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_EN_standard.
- [9]. Wikipedia, Japanese Industrial Standards, https://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_Industrial_Standards.
- [10]. Wikipedia, Rail transport in China, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_China.
- [11]. DGE. EN 45545-2: Fire safety, <https://dge-europe.com/en-45545-european-railway-standard-fire-safety>.
- [12]. Wikipedia, Rail transport in South Korea, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_South_Korea.
- [13]. Zfoam, EN 45545-2 Standard: Railway Safety, <https://www.zfoam.com/en-en-45545-2-standard-railway-safety>.
- [14]. Wikipedia, EN 50155, https://en.wikipedia.org/wiki/EN_50155.
- [15]. Wikipedia, Train communication network, https://en.wikipedia.org/wiki/Train_communication_network.
- [16]. Teltonika Networks Wiki, RUTX11 Railway, https://wiki.teltonika-networks.com/view/RUTX11_Railway.
- [17]. IEA (2019), The Future of Rail, https://iea.blob.core.windows.net/assets/fb7dc9e4-d5ff-4a22-ac07-ef3ca73ac680/The_Future_of_Rail.pdf.
- [18]. CENELEC (2019), EN 50591: Energy consumption, <https://standards.globalspec.com/std/13407125/en-50591>.
- [19]. IEC (2017), IEC 60300-3-3: Life cycle costing, <https://www.intertekinform.com/en-us/standards/iec-60300-3-3-2017-563209>.
- [20]. Khodaparastan, M. (2020), Regenerative Braking Energy, https://academicworks.cuny.edu/cc_etds_theses/858.
- [21]. Wikipedia, Supercapacitor, <https://en.wikipedia.org/wiki/Supercapacitor>.
- [22]. JICA, O&M of Urban Railways Handbook, https://www.jica.go.jp/english/our_work/thematic_issues/transportation/urban_railway_handbook.html.
- [23]. SKF Evolution Team (2022), Condition monitoring cuts costs for Guangzhou Metro, <https://evolution.skf.com/conditioning-monitoring-cuts-costs>.
- [24]. Gutierrez, M. (2021), Intelligent tracks & predictive maintenance, https://www.era.europa.eu/system/files/2022-11/24.20211105_uic_towards_predictive_maintenan.
- [25]. Wikipedia, European Rail Traffic Management System, https://en.wikipedia.org/wiki/European_Rail_Traffic_Management_System.
- [26]. JICA Study Team, Maintenance Center for Line 5, https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12111563_03.pdf.
- [27]. CRRC (2022), Social Responsibility Report, <https://www1.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2022/0419/2022041901692.pdf>.
- [28]. Briginshaw, D. (2024), New Korean train control system, <https://www.railjournal.com/infrastructure/new-korean-train-control-system-ready-for-deployment/>.
- [29]. CEN, European Committee for Standardization, https://en.wikipedia.org/wiki/European_Committee_for_Standardization.
- [30]. Wikipedia, European Standard, https://en.wikipedia.org/wiki/European_Standard.
- [31]. CEN-CENELEC, CEN-ISO cooperation, <https://www.cenelec.eu/about-cen/cen-and-iso-cooperation>.
- [32]. JICA (2022), Railway Operation & Maintenance, <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12373247.pdf>.
- [33]. Siemens Mobility (2025), CBTC system, <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail-infrastructure/mass-transit/communications-based-train-control-system.html>.
- [34]. Siemens Mobility (2025), Rail training courses, <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail-services/qualification-services/on-site-and-virtual-training.html>.
- [35]. MOLIT (2014), Railway Standard Specifications, https://www.molit.go.kr/USR/10204/m_45/dtl.jsp?idx=12737.

Đánh giá khả năng đáp ứng tiêu chí về độ thoải mái của hành khách khi đoàn tàu đi trên cầu đường sắt tốc độ cao theo tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam và một số nước

Assessing the criteria for comfort limit while trains travel on high-speed railway bridges according to the design standards of Vietnam and some foreign countries

> PGS.TS HOÀNG HÀ

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: hoangha@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Để đáp ứng yêu cầu về chất lượng phục vụ trong vận hành các đoàn tàu cao tốc di chuyển trên cầu trong các tuyến đường sắt tốc độ cao (ĐSTĐC), các giới hạn thoải mái liên quan đến độ võng của cầu và gia tốc dao động thẳng đứng trong toa xe được quan tâm đề xuất trong nhiều tiêu chuẩn thiết kế như: ISO 2631; Eurocode EN 1991-2; tiêu chuẩn thiết kế Shinkansen Nhật Bản (2006); tiêu chuẩn thiết kế cầu đường sắt Trung Quốc, Hàn Quốc, Việt Nam... Tuy nhiên, phương pháp tiếp cận, tiêu chí đánh giá của các tiêu chuẩn thiết kế của các nước khác nhau về vấn đề trên có sự khác biệt ở mức độ khác nhau. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu về cơ sở khoa học đưa ra quy định và tiêu chí đánh giá giới hạn về độ thoải mái của hành khách theo một số tiêu chuẩn thiết kế của các nước khác nhau, so sánh với quy định của TCVN 13594-x-2022. Nội dung áp dụng cụ thể cho một số dạng kết cấu cầu dầm giản đơn cũng được phân tích nhằm phục vụ tham khảo ứng dụng trong thiết kế cầu trên ĐSTĐC ở Việt Nam.

Từ khóa: Đường sắt tốc độ cao; tiêu chuẩn thiết kế cầu trên đường sắt; giới hạn thoải mái; giới hạn độ võng của kết cấu cầu.

ABSTRACT

To meet the requirements for service quality in the operation of high-speed trains moving on bridges in high-speed railway lines (HSR), the comfort limits related to bridge deflection and vertical oscillation acceleration in the train cars are proposed in many design standards such as: ISO 2631; Eurocode EN 1991-2; Japanese Shinkansen design standards (2006); Chinese, Korean, Vietnamese Railway Bridge Design Standards... However, the approaches and evaluation criteria of the Design Standards of different countries on the above issue are not completely consistent. This article introduces the results of research on the scientific basis for regulations and evaluation criteria for passenger comfort limits according to some Design Standards of different countries, compared with the regulations of TCVN 13594-x-2022. The specific application content for some types of simple girder bridge structures is also analyzed to serve as reference for application in bridge design on high-speed railways in Vietnam.

Keywords: High-speed railway; design standards for railway bridges; comfort limits; deflection limits of bridge structures.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, với kỹ thuật và công nghệ hiện đại, đặc trưng dao động của công trình có thể được đánh giá với độ chính xác thỏa đáng và được sử dụng làm căn cứ để ước tính độ an toàn và vững chắc của các công trình xây dựng. Trên các tuyến ĐSTĐC, trong khi chịu tác động của đoàn tàu cao tốc, hệ thống đoàn tàu - đường ray - kết cấu cầu phát sinh dao động mạnh, dẫn đến các hiệu ứng lực và

chuyển vị động lớn. Mức độ ảnh hưởng do dao động của hệ thống nêu trên phụ thuộc vào đặc trưng cấu hình của đoàn tàu, tốc độ di chuyển và thông số kỹ thuật của kết cấu cầu (gồm cả tình trạng kỹ thuật của đường ray)... Vì vậy, trong nhiều trường hợp, mức độ tác động này chưa phải là kể cận giới hạn an toàn nhưng có thể tiềm ẩn nguy cơ làm giảm tính ổn định vận hành, đặc biệt là không đáp ứng giới hạn thoải mái (comfort limits) cho hành khách trên tàu.

Tiêu chí đáp ứng phục vụ theo giới hạn độ thoải mái được đánh giá bằng cách đo các đặc trưng rung động, nhìn chung là giá trị gia tốc dao động theo phương thẳng đứng tối đa được xem xét. Tuy nhiên, việc đo trực tiếp gia tốc theo phương thẳng đứng của phương tiện đi qua cầu là rất khó [3]. Do đó, việc tính toán phản ứng đo gia tốc theo phương thẳng đứng của phương tiện bằng cách phân tích tương tác đoàn tàu - đường ray - kết cấu cầu và sử dụng nó để ước tính là hợp lý (Sogabe, 2006). Tiêu chuẩn thiết kế cho kết cấu đường sắt của Nhật Bản (RTRI, 2006), Eurocodes và một số tiêu chuẩn khác đã sử dụng độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cầu làm tiêu chí đánh giá giới hạn khả năng phục vụ do rung động của đường sắt. Bằng phương pháp này, rung động của đường sắt có thể được ước tính mà không cần phân tích phức tạp tương tác đoàn tàu - đường ray - kết cấu cầu.

Theo ISO 2631 (1997) thì việc sử dụng tín hiệu đo gia tốc sẽ không phù hợp khi các giá trị tín hiệu phức tạp. Thay vào đó, giá trị hiệu dụng bình quân (Root Mean Square-RMS) nên được sử dụng để ước tính khả năng phục vụ rung động. Khi biên độ thay đổi của gia tốc lớn có thể thay bằng giá trị hiệu dụng căn bậc 4 (Root Mean Quad -RMQ). Do RMS và RMQ chưa đề cập đến thời gian rung động nên giá trị mức độ rung động (Vibration Dose Value -VDV) được khuyến nghị sử dụng để ước tính khả năng phục vụ rung động. Bruggers (2002) đã đề xuất một giới hạn gia tốc thẳng đứng giảm dần khi thời lượng rung động tăng lên bằng cách sử dụng VDV để phản ánh đầy đủ tác động của thời lượng rung động.

Các quan điểm tiếp cận và tiêu chí khác nhau dẫn đến sự khác biệt trong các quy định và phương pháp đánh giá của các tiêu chuẩn. Nội dung nghiên cứu sau đây sẽ tập trung phân tích sự khác biệt về bản chất tiếp cận và tiêu chí đánh giá được đưa ra theo các tiêu chuẩn thiết kế khác nhau. Nội dung so sánh tiêu chí về độ thoải mái của hành khách theo các tiêu chuẩn cũng được so sánh với tính toán lý thuyết để làm rõ mức độ nghiêm ngặt của nội dung quy định trong các tiêu chuẩn làm cơ sở chọn lựa mức độ phù hợp trong quá trình thiết kế cầu trên ĐSTĐC ở Việt Nam.

2. TIÊU CHÍ ĐÁNH GIÁ PHẢN ỨNG CỦA CON NGƯỜI ĐỐI VỚI TRẠNG THÁI RUNG ĐỘNG

Mục đích là đánh giá đặc trưng dao động (thường là giá trị gia tốc) của hệ kết cấu mà con người sẽ chịu ảnh hưởng do tiếp xúc hoặc cùng dao động với nó. Các phương pháp đo gồm:

2.1. Giá trị hiệu dụng bình quân RMS

Thể hiện giá trị gia tốc thông qua giá trị hiệu dụng bình quân tính theo công thức (1).

$$RMS = \ddot{u}_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int \ddot{u}_w^2(t) dt} \quad (1)$$

Trong đó: \ddot{u}_{rms} , $\ddot{u}_w(t)$ - Giá trị gia tốc hiệu dụng bình quân và giá trị gia tốc tại thời điểm w ; T - Tổng thời gian đo. Giá trị gia tốc đỉnh sẽ được suy ra từ RMS bằng cách nhân với $\sqrt{2} = 1,414$. Tuy nhiên, các nghiên cứu cho thấy khi giá trị gia tốc phức tạp, giá trị đỉnh đo được thường không chính xác. Mặt khác, khi T khác nhau thì RMS cũng khác nhau.

2.2. Thể hiện bằng giá trị căn bậc 4

Sử dụng khi sự biến động của tín hiệu gia tốc lớn, theo công thức (2):

$$RMQ = \ddot{u}_{rmq} = \sqrt[4]{\frac{1}{T} \int \ddot{u}_w^4(t) dt} \quad (2)$$

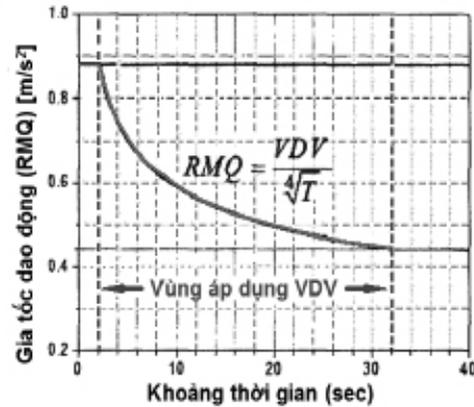
Đơn vị của RMS và RMQ là m/s^2 .

2.3. Giá trị Vibration Dose Value - VDV

Do các giá trị nêu trên chưa đề cập đến thời gian dao động nên ISO 2631 (1997) và BS 6841 (1987) đưa vào khái niệm VDV:

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T \ddot{u}_w^4(t) dt} \quad (m/s^{1,75}) \quad (3)$$

Giới hạn về gia tốc rung động đáp ứng tiêu chí của ISO 2631 theo RMQ là $0,8 m/s^2$, từ đó suy ra giá trị chuyển đổi sang VDV trong khoảng từ 2 đến 32 sec như trên Hình 1.



Hình 1. Giới hạn gia tốc đáp ứng tiêu chí của ISO 2631 theo RMQ là $0,8 m/s^2$, từ đó suy ra giá trị chuyển đổi sang VDV trong khoảng từ 2 đến 32 sec như trên Hình 1. Jeon và Kim (2007) đã chứng minh tác động đáng kể của thời gian rung động lên ước tính định lượng về khả năng phục vụ ở trạng thái rung động của một cây cầu và việc xem xét của thời gian rung động là hợp lý.

3. KIỂM SOÁT GIỚI HẠN ĐỘ VỔNG MẶT CẦU ĐỂ ĐÁP ỨNG TIÊU CHÍ THOẢI MÁI (TIÊU CHÍ TIỆN ÍCH)

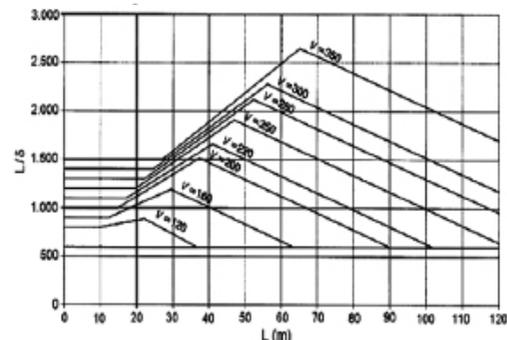
3.1. Theo Eurocodes (TCVN 13594.X.2022)

Trong Eurocodes và TCVN 13594.x.2022, yếu tố được sử dụng để xác định tiêu chí thoải mái của hành khách trong điều kiện rung động của tàu chở khách là gia tốc thẳng đứng của cửa xe b_v khi di chuyển trên cầu và ra khỏi cầu ghi trong Bảng 1.

Bảng 1. Mức độ tiện nghi (độ thoải mái) khuyến nghị

Mức độ tiện nghi (thoải mái)	Gia tốc thẳng đứng b_v (m/s^2)
Rất tốt	1,0
Tốt	1,3
Chấp nhận	2,0

Do việc xác định b_v là khó khăn nên thông số này biểu thị thông qua tỷ lệ giữa chiều dài nhịp cầu L và độ võng tối đa cho phép do hoạt tải δ (L/δ). Biểu đồ quan hệ giữa (L/δ) và L cho trường hợp $b_v = 1,0 m/s^2$ trình bày trên Hình 2.



Hình 2. Chuyển vị thẳng đứng cho phép lớn nhất δ cho cầu có ≥ 3 nhịp giản đơn kế tiếp nhau với gia tốc thẳng đứng cho phép $b_v = 1,0 m/s^2$ trong một toa theo vận tốc v (km/h)

Chuyển vị thẳng đứng δ được xác định với mô hình LM 71 nhân với hệ số hệ số động lực ϕ và giá trị của $\alpha = 1$, tương ứng với Điều 11.4, TCVN 13594-3:2022.

Các giá trị L/δ đưa ra trong Hình 2 cho các dầm được góí đỡ đơn giản với ba nhịp hoặc nhiều hơn. Với cầu một nhịp đơn hoặc một dầm của hai dầm giản đơn hoặc hai nhịp liên tục, các giá trị L/δ

được cho trong Hình 2 được nhân với 0,7. Đối với các chuỗi liên tục có ba hoặc nhiều nhịp hơn, các giá trị của L/δ được cho trong Hình 2 được nhân với 0,9.

Đối với các mức độ thoải mái khác và gia tốc thẳng đứng tối đa cho phép liên quan, các giá trị của L/δ được cho trong Hình 2 có thể được chia cho b_v (m/s^2).

3.2. Tiêu chuẩn thiết kế Shinkansen của Nhật Bản

Viện Nghiên cứu Kỹ thuật đường sắt (RTRI) tại Nhật Bản xác định rằng, độ rung động tối đa của một đoàn tàu chủ yếu được xác định bởi hình dạng của kết cấu đường ray và độ nhám của nó. Từ kết quả nghiên cứu và thực nghiệm, tiêu chí tiện ích cũng được đưa ra bằng cách kiểm soát độ võng thẳng đứng tối đa dưới tác dụng của đoàn tàu như trong Bảng 2.

Bảng 2. Độ võng thẳng đứng tối đa cho phép của cầu đường sắt Shinkansen

Tốc độ	Chiều dài nhịp L(m)										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Nhịp gián đoạn	360	L/3500	L.3000	L/2200	L/1800	L/1500					
Nhịp liên tục	km/h	L/3500	L/2800	L/2200							

3.3. Tiêu chuẩn cầu đường sắt Hàn Quốc (KRNA, 2007)

Bảng 3 cho thấy các giới hạn độ võng cho phép đối với cầu đường sắt lấy từ tiêu chuẩn thiết kế cầu đường sắt Hàn Quốc, trong đó độ võng cho phép được phụ thuộc tốc độ của tàu, điều này cho thấy ý định xác định khả năng sử dụng rung động bằng cách xem xét một phần thời gian rung động được xác định từ nhịp cầu (L) và tốc độ (v) của tàu. Giới hạn gia tốc theo phương thẳng đứng của phương tiện đáp ứng yêu cầu tiện ích được đưa ra là $1,0 m/s^2$, cũng giống như giới hạn của Eurocodes, Ngoài ra, khi tốc độ chạy của tàu tăng lên, các tiêu chuẩn độ võng cho phép nghiêm ngặt hơn được áp dụng để tăng độ ổn định khi chạy của tàu và loại trừ khả năng cộng hưởng.

Bảng 3. Giới hạn độ võng theo tiêu chuẩn thiết kế cầu đường sắt Hàn Quốc

Tốc độ	Chiều dài nhịp	
	$0 m < L < 50 m$	$L \geq 50 m$
$v \leq 120 km/h$	$\delta_{max} = L/800$	$\delta_{max} = L/700$
$120 km/h < v \leq 150 km/h$	$\delta_{max} = L/1100$	$\delta_{max} = L/900$
$150 km/h < v \leq 200 km/h$	$\delta_{max} = L/1600$	
$> 200 km/h$ (cao tốc)	$\delta_{max} = L/1700$	

3.4. Tiêu chuẩn cầu đường sắt Trung Quốc (TB 10621)

Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường sắt Trung Quốc cũng quy định độ võng cho phép được phụ thuộc tốc độ của tàu trên cơ sở tham khảo Eurocodes ghi trong Bảng 4.

Bảng 4. Tỷ lệ L/δ_{max} của cầu thỏa mãn tiêu chí tiện ích khi vận tốc 350 km/h

Tiêu chuẩn		Tỷ lệ L/δ_{max} tương ứng với chiều dài L (m)											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Eurocodes, Việt Nam	GĐ	1500	1500	1700	1900	2200	2500	2600	2400	2250	2050	1850	1700
	LT	1350	1350	1530	1710	1980	2250	2340	2160	2025	1845	1665	1430
Nhật Bản	GĐ	3500	3500	3000	2200	1800	1500	1500	1500	1500	1500	-	-
	LT	3500	3500	2800	2200	1800	2200	2200	2200	2200	2200	-	-
Hàn Quốc	GĐ	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
	LT												
Trung Quốc	GĐ	1600	1600	1600	1900	1900	1900	1900	1900	1500	1500	1500	1500
	LT	1454	1454	1454	1727	1727	1727	1727	1727	1363	1363	1363	1363

Ghi chú: Tiêu chuẩn Trung Quốc và Hàn Quốc không giới hạn chiều dài nhịp.

Bảng 4. Giới hạn độ võng theo Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường sắt Trung Quốc

Tốc độ	Chiều dài nhịp		
	$L \leq 40 m$	$40 m < L \leq 80 m$	$L > 80 m$
250 km/h	$\delta_{max} < L/1400$	$\delta_{max} < L/1400$	$< L/1000$
300 km/h	$\delta_{max} < L/1500$	$\delta_{max} < L/1600$	$< L/1100$
350 km/h	$\delta_{max} < L/1600$	$\delta_{max} < L/1900$	$< L/1500$

*) Quy định về giới hạn độ võng thẳng đứng của dầm cầu:

- Đối với dầm liên tục có từ 3 nhịp trở lên, giới hạn độ võng thẳng đứng của dầm được lấy bằng 1,1 lần giá trị trong Bảng 4.

- Đối với dầm liên tục 2 nhịp hoặc dầm giản đơn hai tuyến có từ 2 nhịp trở xuống, giới hạn độ võng thẳng đứng được lấy bằng 1,4 lần giá trị trong Bảng 4.

- Đối với dầm giản đơn hoặc dầm liên tục đơn tuyến, giới hạn độ võng thẳng đứng được lấy bằng 0,6 lần giá trị giới hạn tương ứng của cầu hai tuyến.

3.5. Nhận xét quy định tiêu chí đánh giá mức độ thoải mái cho hành khách theo các tiêu chuẩn thiết kế

- Các tiêu chuẩn đều quy định tiêu chí đáp ứng tiện ích (sự thoải mái) thông qua tỷ lệ độ võng cực đại so với chiều dài nhịp có xét đến yếu tố vận tốc đoàn tàu và thời gian dao động nhưng không có chỉ dẫn thật rõ ràng về quy trình đánh giá.

- Phạm vi chiều dài nhịp, loại kết cấu cầu được xem xét của các tiêu chuẩn cũng không thống nhất và thiếu rõ ràng.

- Phương pháp xác định giá trị độ võng cực đại (δ hoặc δ_{max}) do tác dụng của đoàn tàu dùng để kiểm soát tiêu chí tiện ích không có sự thống nhất.

4. PHÂN TÍCH SO SÁNH TIÊU CHÍ TIỆN ÍCH (ĐỘ THOẢI MÁI CỦA HÀNH KHÁCH) THÔNG QUA TỶ LỆ ĐỘ VÕNG CỦA KẾT CẤU NHỊP CẦU THEO CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ KHÁC NHAU

4.1. Phạm vi so sánh

Phương pháp tiếp cận của phần lớn các tiêu chuẩn như Eurocodes, Việt Nam, Trung Quốc, Nhật Bản đều nghiên cứu trên cơ sở kết cấu nhịp cầu giản đơn, sau đó tham chiếu đến cầu liên tục nên trong nghiên cứu này cũng phân tích cho cả cầu dầm giản đơn (GĐ) và liên tục (LT) để việc so sánh, đối chiếu được thuận lợi. Để tính toán độ võng của nhịp cầu, các tiêu chuẩn Eurocodes và Việt Nam lấy mô hình đoàn tàu tiêu chuẩn LM-71 có xét đến hệ số động lực φ . Tiêu chuẩn Trung Quốc lấy mô hình đoàn tàu bằng 80% LM-71 (hệ số $\alpha = 0,8$). Các tiêu chuẩn của Nhật Bản phân tích trên mô hình đoàn tàu Shinkansen và tiêu chuẩn Hàn Quốc sử dụng đoàn tàu KTX.

Kết quả tổng hợp quy định về giới hạn độ võng thẳng đứng lớn nhất đáp ứng tiêu chí về sự thoải mái của hành khách theo các tiêu chuẩn khác nhau cho trường hợp cầu giản đơn và liên tục chịu vận tốc di động của đoàn tàu bằng 350 km/h ghi trong Bảng 5.

4.2. Phân tích cơ sở lý thuyết quy định với giới hạn độ võng thỏa mãn điều kiện tiện ích

Xu hướng tần số gia tốc dao động của đoàn tàu khi đi qua cầu gần với xu hướng của kích thích cưỡng bức có dạng sóng điều hòa hình sin có chu kỳ bằng nhịp cầu và có thể được biểu thị theo hàm tốc độ đoàn tàu (v_x) và nhịp cầu (L) theo RTRI (2006).

a) Với cầu giản đơn:

- Phương trình độ võng của dầm:

$$z = -\delta_{z,b,sim} \sin\left(\frac{\pi}{L} x\right) \tag{4}$$

- Gia tốc mặt cầu theo phương đứng:

$$\ddot{u}_{z,b,sim} = \frac{d^2}{dt^2} = \pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 \delta_{z,b,sim} \sin\left(\frac{\pi}{L} v_x t\right) \tag{5}$$

- Gia tốc dao động cực đại của mặt cầu:

$$\ddot{u}_{z,b,sim}^{max} = \pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 \delta_{z,b,sim} \tag{6}$$

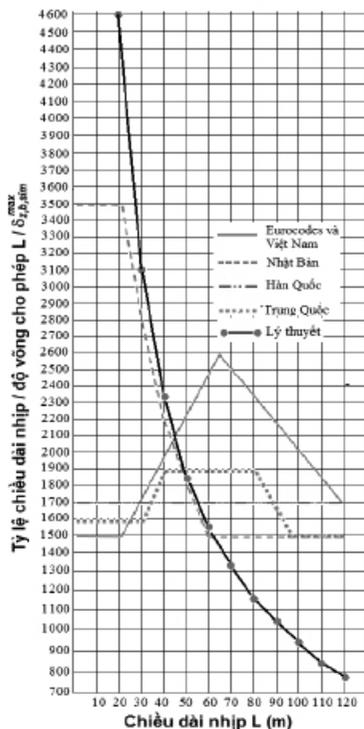
Điều kiện để đảm bảo tiêu chí thoải mái là $\ddot{u}_{z,b,sim}^{max} \leq bv$. Thay vào (6) có được phương trình mô tả độ võng cho phép lớn nhất (7):

$$\delta_{z,b,sim}^{max} = \frac{L^2}{\pi^2 v_x^2} b_v \tag{7}$$

Áp dụng công thức (7) để khảo sát giá trị độ võng cho phép ($\delta_{z,b,sim}^{max}$) và tỷ lệ ($L/\delta_{z,b,sim}^{max}$) tương ứng với các chiều dài nhịp L của cầu giản đơn đáp ứng tiêu chí thoải mái của hành khách ghi trong Bảng 6 và Hình 3.

Bảng 6. Độ võng cho phép $\delta_{z,b,sim}^{max}$ và tỷ lệ ($L/\delta_{z,b,sim}^{max}$) tương ứng với chiều dài nhịp L của cầu giản đơn thỏa mãn tiêu chí độ thoải mái $b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$ và tốc độ 350 km/h

Nhịp (m)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\delta_{z,b,sim}^{max}$ (mm)	1,072	4,288	9,648	17,152	26,800	38,592	52,528	68,608	86,832	107,21	129,71	154,3
$L/\delta_{z,b,sim}^{max}$	9328	4662	3109	2332	1865	1544	1332	1116	1036	932	848	777



Hình 3. Quan hệ giữa tỷ lệ $L/\delta_{z,b,sim}^{max}$ với chiều dài nhịp L của cầu giản đơn đáp ứng tiêu chí thoải mái của hành khách theo tiêu chuẩn thiết kế cầu ĐSTĐC của một số nước và tính toán lý thuyết

b) Với cầu liên tục:

- Phương trình độ võng của dầm:

$$z = \frac{\delta_{z,b,con}}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{L} x\right) \right] \tag{8}$$

- Gia tốc mặt cầu theo phương đứng:

$$\ddot{u}_{z,b,con} = \frac{d^2}{dt^2} = 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 \delta_{z,b,con} \cos\left(\frac{2\pi}{L} v_x t\right) \tag{9}$$

- Gia tốc dao động cực đại của mặt cầu:

$$\ddot{u}_{z,b,con}^{max} = 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 \delta_{z,b,con} \tag{10}$$

Điều kiện để đảm bảo tiêu chí thoải mái là $\ddot{u}_{z,b,con}^{max} \leq bv$. Thay vào (10) có được phương trình mô tả độ võng cho phép lớn nhất:

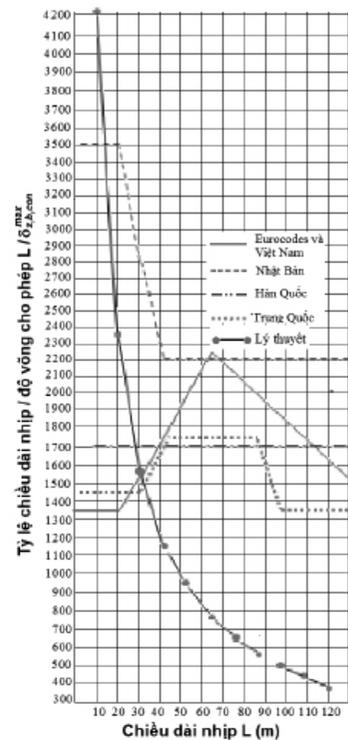
$$\delta_{z,b,con}^{max} = \frac{L^2}{2\pi^2 v_x^2} b_v \tag{11}$$

Áp dụng công thức (11) để khảo sát giá trị độ võng cho phép ($\delta_{z,b,con}^{max}$) và tỷ lệ ($L/\delta_{z,b,con}^{max}$) tương ứng với các chiều dài nhịp L của cầu liên tục đáp ứng tiêu chí thoải mái của hành khách ghi trong Bảng 7 và Hình 4.

4.3. Nhận xét và thảo luận

- Kết quả khảo sát ở các Bảng 6 và Hình 3, cho thấy với dầm giản đơn quy định về tiêu chí độ thoải mái theo tiêu chuẩn Nhật Bản phù hợp với lý thuyết hơn các quy định của các tiêu chuẩn Eurocodes, Việt Nam, Trung Quốc và Hàn Quốc.

- Bảng 7 và biểu đồ trên Hình 4 cho thấy sự khác biệt rõ giữa quy định theo các tiêu chuẩn và với quy luật lý thuyết.



Hình 4. Quan hệ giữa tỷ lệ $L/\delta_{z,b,con}^{max}$ với chiều dài nhịp L của cầu liên tục đáp ứng tiêu chí thoải mái của hành khách theo tiêu chuẩn thiết kế cầu ĐSTĐC của một số nước và tính toán lý thuyết

Bảng 7. Độ võng cho phép ($\delta_{z,b,con}^{max}$) và tỷ lệ ($L/\delta_{z,b,con}^{max}$) tương ứng với chiều dài nhịp L của cầu liên tục thỏa mãn tiêu chí độ thoải mái $b_v = 1,0 \text{ m/s}^2$ và tốc độ 350 km/h

Nhịp (m)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\delta_{z,b,con}^{max}$ (mm)	0,536	2,144	4,824	8,576	13,400	19,296	26,264	34,304	43,406	53,605	64,852	77,109
$L/\delta_{z,b,con}^{max}$	4664	2331	1555	1661	932	772	666	558	508	466	424	388

- Nhìn chung quy định về sự thoải mái của hành khách theo các tiêu chuẩn thiết kế cầu ĐSTĐC của Việt Nam và Trung Quốc đều chủ yếu dựa trên tiêu chuẩn Eurocodes. Sự sửa đổi nêu ra trong tiêu chuẩn Trung Quốc là do nguyên nhân: i) Dùng mô hình tải trọng đoàn tàu (ZK) nhẹ hơn so với mô hình đoàn tàu tiêu chuẩn LM-71 của Eurocodes; ii) Nhóm gọn theo phạm vi chiều dài nhịp nhằm phục vụ tiêu chuẩn hóa kết cấu cầu [8]

- Biểu đồ so sánh giá trị của tỷ lệ $L/\delta_{z,b,con}^{max}$ tương ứng với chiều dài nhịp thể hiện trên Hình 3 và Hình 4 cho thấy với chiều dài nhịp $L \leq 30 \text{ m}$, các tiêu chuẩn Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc có yêu cầu về độ võng lớn nhất (δ_{max}) của dầm khắt khe hơn so với các tiêu chuẩn Eurocodes và của Việt Nam. Với các chiều dài nhịp $L > 45 \text{ m}$ độ chặt chẽ về độ võng (δ_{max}) có xu thế giảm nhỏ.

- Quy định về tỷ lệ nhịp/độ võng ($L/\delta_{z,b,con}^{max}$) cho phép để đáp ứng tiêu chí thoải mái theo tiêu chuẩn Hàn Quốc không phụ thuộc chiều dài nhịp, không phân biệt cầu giản đơn và cầu liên tục và ngoại trừ khoảng chiều dài nhịp từ 10 m đến 30 m có quy định chặt chẽ hơn nhóm các tiêu chuẩn Eurocodes. Việt Nam và Trung Quốc, các chiều dài nhịp khác đều quy định kém chặt chẽ hơn (nhỏ hơn khoảng 25% - 35% trong khoảng nhịp từ 40 m đến 80 m và từ 0 - 15% với khoảng chiều dài nhịp từ 80 m đến 120 m).

- Quy định về tiêu chí theo tiêu chuẩn Nhật Bản phân biệt rất rõ về loại cầu: Với cầu giản đơn tiêu chuẩn này quy định chặt chẽ hơn các tiêu chuẩn khác cho khoảng nhịp ngắn hơn 50 m nhưng lại kém chặt chẽ hơn các tiêu chuẩn khác cho các khoảng chiều dài nhịp lớn hơn; với cầu liên tục, tiêu chuẩn Nhật Bản quy định chặt chẽ hơn các tiêu chuẩn khác trong tất cả các chiều dài nhịp.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu về tiêu chí đáp ứng sự thoải mái của hành khách đi tàu khi đoàn tàu di chuyển với tốc độ cao trên các tuyến ĐSTĐC là vấn đề rất mới mẻ đối với các kỹ sư thiết kế và xây dựng cầu ở Việt Nam. Với tiếp cận và nghiên cứu bước đầu có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Cảm nhận về sự thoải mái (tiêu chí tiện ích) của hành khách đi tàu trên các tuyến ĐSTĐC, đặc biệt là khi đoàn tàu di chuyển trên các kết cấu nhịp cầu phụ thuộc vào tâm, sinh lý của con người nhưng được đánh giá là rất cần thiết trong đánh giá chất lượng phục vụ và được quy định trong các tiêu chuẩn thiết kế cầu trên ĐSTĐC.

- Tham số quyết định được xác định là dao tốc dao động thẳng đứng của toa xe trong đoàn tàu ($\ddot{u}_{z,m}^{max}$) nhưng do khó khăn trong việc đo trực tiếp giá trị gia tốc này nên trong các tiêu chuẩn thiết kế đều quy định gián tiếp thông qua độ võng động lực lớn nhất theo phương thẳng đứng ($\delta_{z,b}^{max}$) của dầm cầu trong thời gian đoàn tàu chạy trên nó, từ đó thiết lập mối quan hệ giữa ($\delta_{z,b}^{max}$) và chiều dài nhịp L sao cho thỏa mãn gia tốc đáp ứng sự thoải mái (b_v). Tuy nhiên, do thông số kỹ thuật đặc trưng của đoàn tàu, loại kết cấu nhịp, phương pháp đánh giá chất lượng thực tế của đường ray... nên quy định kiểm soát tiêu chí này trong các tiêu chuẩn khác nhau cũng khác nhau.

- Nghiên cứu này cũng cho thấy các quy định về kiểm soát độ võng hướng tới chất lượng tiện ích của các Tiêu chuẩn ISO-263, Eurocodes và của Việt Nam có mức yêu cầu chất lượng cao hơn cho

các cầu giản đơn có chiều dài lớn hơn 40 m. Các khoảng chiều dài nhịp $L \leq 40 \text{ m}$ cần tham khảo các tiêu chuẩn Nhật Bản, Hàn Quốc và Trung Quốc. Đối với cầu liên tục, mặc dù tiêu chuẩn Eurocodes và của Việt Nam đã quy định chặt chẽ hơn các tiêu chuẩn của Hàn Quốc và Trung Quốc nhưng kết quả nghiên cứu cho thấy quy định của tiêu chuẩn Nhật Bản rất đáng quan tâm.

Kết luận chung trong bài toán thiết kế cầu trên ĐSTĐC, để lựa chọn tham số độ võng do đoàn tàu đáp ứng tiêu chí tiện ích cần nghiên cứu so sánh các tiêu chuẩn áp dụng phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 13594-1:2022, Thiết kế cầu đường sắt khổ 1.435 mm, vận tốc đến 350 km/h - Phần 1: Yêu cầu chung.
- [2]. TCVN 13594-4:2022, Thiết kế cầu đường sắt khổ 1.435 mm, vận tốc đến 350 km/h - Phần 4: Phân tích và đánh giá kết cấu.
- [3]. EN 1990+A2, Basic of Structure Design, EN 1991-2, Action on Bridge - Traffic loads on Bridges.
- [4]. TB 10621, Code for Design of High Speed railway.
- [5]. UIC Code 776-2R (2009), Design requirements for rail-bridges based on interaction phenomena between train, track and bridge, The International Union of Railways (UIC).
- [6]. California High-Speed Train Project Design Criteria (CHSTDC), 2014.
- [7]. Bub-Gyu Jeon.-Nam-Sik Kim.-Sung-II Kim (December 2011), Deflection Limit based on Vibration Serviceability of Railway Bridges Considering the Correlation between Train Speed and Vertical Acceleration on Coach, Journal of the Korean Railway Association, vol.14, no.6. pp.545-554
- [8]. He, X., Wu, T., et others (2017), Recent developments of high-speed railway bridges in China, Structure and Infrastructure Engineering.
- [9]. Björklund, L. (2005), Dynamic Analysis of a Railway Bridge (Master Thesis, Royal Institute of Technology (KTH).
- [10]. J.M. Goicolea, P. Antolin (April 2012), Dynamics of High-Speed Railway Bridges: Review of Design Issues and New research for Lateral Dynamics, International Journal of Railway Technology.
- [11]. Xiang Xiao, Dongping Pi, Qing Zhu (2022), A bridge weigh-in-motion algorithm for fast-passing railway freight vehicles considering bridge-vehicle interaction, Mechanical Systems and Signal Processing 181, 109493.

Mô hình số đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình bảo vệ cảng ngoài khơi: Nghiên cứu đối với phương án quy hoạch cảng Trần Đề

Evaluation of wave reduction efficiency of offshore port protection work using numerical model: Case study for the layout of Tran De port

> **KS PHẠM VĂN HẢI¹, TS NGUYỄN ANH DÂN^{1*}, PGS.TS NGUYỄN VIỆT THANH¹, THS.NCS TRỊNH ĐÌNH LAI²**

¹Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải

²Khoa Công trình thủy, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: nadan@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Giải pháp bố trí không gian các công trình chắn sóng bảo vệ cảng ngoài khơi có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong việc đảm bảo sự tĩnh lặng và khai thác bình thường của bể cảng. Vấn đề khó khăn thường gặp khi thiết kế công trình này đó là lựa chọn phương án bố trí mặt bằng một cách hợp lý để giảm tối đa sự ảnh hưởng của các yếu tố như sóng, dòng chảy nhưng vẫn đảm bảo sự ra vào thuận tiện của tàu. Một số phương pháp có thể thực hiện để đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình trước khi xây dựng như thí nghiệm mô hình vật lý, mô phỏng số. Trong nghiên cứu này, phương pháp mô phỏng số trên cơ sở mô hình MIKE 21/3 Couple model được thực hiện để đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình chắn sóng bảo vệ cảng ngoài khơi. Kết quả mô phỏng là cơ sở để làm rõ cơ chế lan truyền sóng khi có các công trình bảo vệ cảng và đánh giá được hiệu quả giảm sóng của công trình so với trường hợp không có đê và so sánh với chiều cao sóng cho phép trong tiêu chuẩn hiện hành.

Từ khóa: Cảng ngoài khơi; hiệu quả giảm sóng; bể cảng; mô hình số; MIKE 21/3.

ABSTRACT

Spatial layout of the breakwater structures to protect the offshore port harbour basin is essential in ensuring the quiet and regular operation of the port basin. The common difficulty when designing this structure is choosing a reasonable layout plan to minimize the influence of factors such as waves and currents while ensuring convenient entry and exit of ships. Some methods can be applied to evaluate the wave reduction efficiency of the structure before construction, such as physical model testing and numerical simulation. This study uses the numerical simulation method based on the MIKE 21/3 Coupled model to evaluate the wave reduction efficiency in the harbour basin based on an alternative offshore port protection structure. The analysis results clarified the wave reduction efficiency of the project compared to the case without the breakwater and compared with the allowable value in the current standards.

Keywords: Offshore ports; wave reduction efficiency; harbour basin; numerical simulation; MIKE 21/3.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Yêu cầu khống chế về chiều cao sóng trong bể cảng là điều kiện bắt buộc đối với các bể cảng để các tàu có thể làm hàng bình thường và đảm bảo sự an toàn cho các công trình đã được nêu rõ trong các tiêu chuẩn thiết kế [1, 2]. Để có thể giảm chiều cao sóng, cần phải xây dựng các công trình bảo vệ cảng để hình thành nên các bể cảng. Trong tính toán thiết kế đê chắn sóng và các công trình bảo vệ bờ, để mô phỏng và xem xét tính chất của sóng, đánh giá hiệu

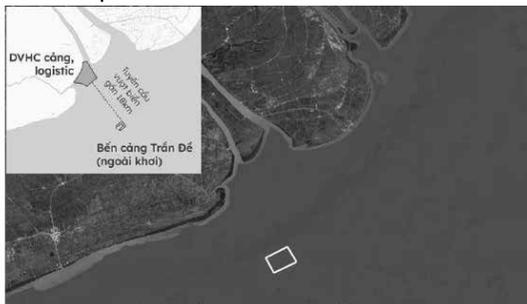
quả của công trình có thể sử dụng mô phỏng số hoặc thí nghiệm mô hình vật lý. Liên quan đến vấn đề này, một số nghiên cứu trong và ngoài nước đã được thực hiện. Nguyen Viet Thanh và Zhang Chi đã nghiên cứu đánh giá chế độ sóng và hiệu quả bảo vệ cảng của hệ thống công trình chắn sóng theo các phương án quy hoạch của cảng TH ở Cửa Lò, Nghệ An và ảnh hưởng của cảng tới Cửa Hội và Cửa Lò [3]. Kiều Xuân Tuyền và cộng sự đã ứng dụng mô hình MIKE 21-SW tính toán lan truyền sóng nước sâu, từ đó xác định các

thông số sóng thiết kế ở khu vực ven bờ trên đảo Phú Quý, phục vụ tính toán thiết kế các công trình bảo vệ bờ trên đảo [4]. Nguyễn Kiên Quyết và Nguyễn Đức Quang Anh nghiên cứu tính toán lan truyền sóng phục vụ đánh giá hiệu quả kỹ thuật của các phương án bố trí mặt bằng đê chắn sóng cảng khách Hạ Long bằng mô hình toán MIKE 21SW, nhằm lựa chọn phương án phù hợp với điều kiện khai thác tính lạng trong bể cảng khi tàu thuyền neo đậu [5]. Các nghiên cứu đã thực hiện chủ yếu quan tâm đến công trình bảo vệ bờ và phạm vi nghiên cứu cũng phần lớn là cho các công trình gần bờ. Với nhu cầu phát triển hiện tại, các cảng xa bờ đã, đang và sẽ được xây dựng ngày càng nhiều. Do đó, việc nghiên cứu cho các công trình này là hết sức cần thiết. Vì vậy, nội dung của bài báo này tập trung vào nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình bảo vệ cảng ngoài khơi bằng mô hình MIKE 21, trường hợp nghiên cứu cụ thể được áp dụng đối với cảng Trần Đề - Sóc Trăng.

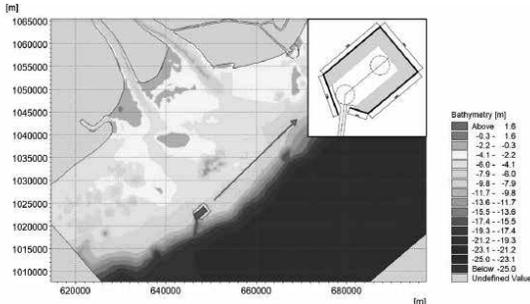
2. TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU

2.1. Vị trí và phương án công trình

Trường hợp xem xét nghiên cứu trong bài báo này là công trình bảo vệ cảng ngoài khơi Trần Đề, phía Đông tỉnh Sóc Trăng. Theo Quyết định số 1579/QĐ-TTg ngày 22/9/2021 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, khu bến cảng ngoài khơi Trần Đề có năng lực tiếp nhận tàu tổng hợp, tàu container trọng tải 100.000 DWT (8.000 TEU) hoặc lớn hơn, tàu hàng rời 160.000 DWT. Để đạt được mục tiêu trên, dự kiến xây dựng 14 bến cảng với tổng chiều dài khoảng 5,3 km. Nhằm đảm bảo khai thác cho tàu 100.000 DWT và tuyến luồng có độ sâu -17,0 m, vị trí cửa cảng được đặt tại khu vực có độ sâu thay đổi từ -13 ÷ -14 m, cách bờ biển huyện Trần Đề khoảng 28 km [6]. Vị trí công trình được thể hiện trên Hình 1. Phương án bố trí đê chắn sóng: Bố trí tuyến luồng theo hướng 205 độ (so với hướng Bắc), cửa cảng được bố trí tại phía Tây của công trình. Kéo dài đê chắn sóng phía Tây để chắn sóng hướng Tây Nam, trong khi đó hướng Đông đảm bảo che chắn trong mùa gió Đông Bắc. Một số thông số của bể cảng như sau: Chiều dài đê chắn sóng: 10,5 km; chiều rộng của cảng: 550 m; khoảng cách từ bờ biển Trần Đề đến vị trí cảng: 28 km. Chi tiết phương án mặt bằng công trình thể hiện trên Hình 2.



Hình 1. Vị trí đề xuất bố trí cảng ngoài khơi Trần Đề

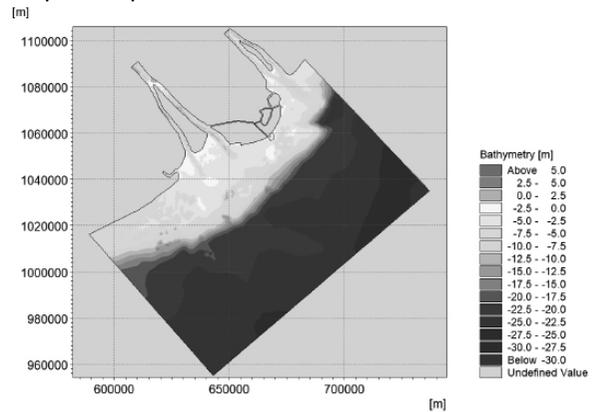


Hình 2. Bố trí đê chắn sóng cảng ngoài khơi Trần Đề

2.2. Điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu

a) Địa hình

Dữ liệu về địa hình được tổng hợp từ các tài liệu của các đề tài, dự án trước đây, kết hợp với bản đồ C-map của phần mềm Mike 21. Các dữ liệu thu thập về địa hình khu vực nghiên cứu được tổng hợp theo hệ tọa độ WGS 1984 (UTM Zone 48N) và hệ cao độ Hải đồ. Kết quả được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Độ sâu khu vực nghiên cứu

b) Thủy triều và mực nước

Khu vực nghiên cứu chịu chi phối bởi chế độ bán nhật triều không đều của biển Đông, biên độ triều lớn khoảng 2 ÷ 4 m. Các số liệu về thủy triều và mực nước được thể hiện trong Bảng 1 và 2 [7].

Bảng 1. Tần suất xuất hiện mực nước cao nhất hàng năm tại Mỹ Thanh [7]

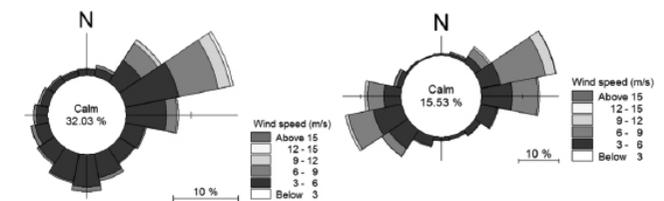
P %	1	2	5	10	20	50	Ghi chú
Hmax năm [18]	524	522	520	518	515	508	Hệ Hải đồ

Bảng 2. Tần suất xuất hiện mực nước thấp nhất hàng năm tại Mỹ Thanh [7]

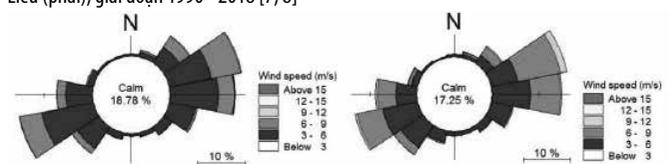
P %	50	75	90	95	98	99	Ghi chú
Hmin năm [18]	101	96	91	87	82	78	Hệ Hải đồ

c) Chế độ gió

Tại khu vực nghiên cứu, gió mùa Đông Bắc thường bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau. Hình 4 và Hình 5 thể hiện hoa gió tại vị trí ngoài khơi, ven biển Bến Tre cách bờ lần lượt khoảng 20 km và 10 km và tại vị trí ngoài khơi, ven biển Gành Hào cách bờ cũng lần lượt khoảng 20 km và 10 km [8].



Hình 4. Hoa gió tại vị trí ngoài khơi Bến Tre (trái) và vị trí ngoài khơi Gành Hào - Bạc Liêu (phải), giai đoạn 1990 - 2018 [7, 8]



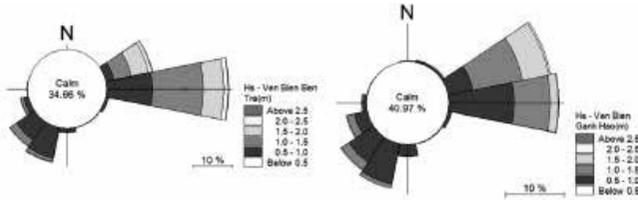
Hình 5. Hoa gió tại vị trí ven biển Bến Tre (trái) và vị trí ven biển Gành Hào - Bạc Liêu (phải), giai đoạn 1990 - 2018 [7, 8]

d) Chế độ sóng

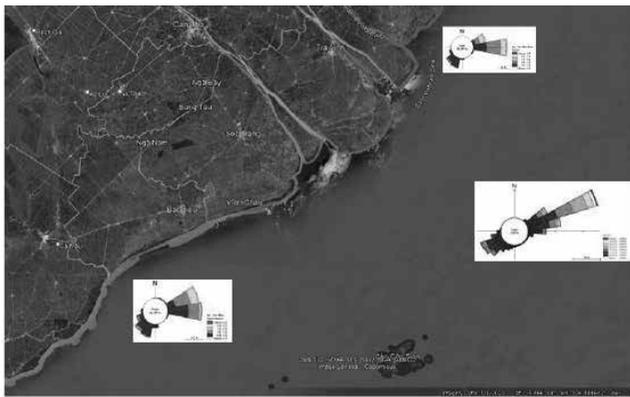
Chế độ sóng ở khu vực dự án được phân biệt rõ theo hai thời kỳ gió mùa:

- Gió mùa Đông Bắc từ tháng 12 đến tháng 4 (mùa khô).
- Gió mùa Tây Nam từ tháng 5 đến tháng 11 (mùa mưa).

Số liệu mô phỏng sóng do gió ngoài khơi khu vực dự án trong 10 năm cho thấy hai hướng sóng chủ yếu là Đông Bắc và Tây Nam, chiều cao sóng ngoài khơi lớn nhất khoảng 3,5 m [7]. Với các vị trí ngoài khơi và ven biển Đông (vị trí ven biển Bến Tre cách bờ khoảng 15 km và vị trí ven biển Gành Hào cách bờ khoảng 15 km) và biển Tây (ven biển U Minh cách bờ khoảng 15 km và ngoài khơi biển Tây), số liệu sóng được cung cấp bởi NCEP/NOAA từ năm 1980 đến 2017 được trình bày trên Hình 6 [7].



Hình 6. Hoa sóng vị trí ven biển Bến Tre cách bờ khoảng 15 km (trái) và vị trí ven biển Gành Hào cách bờ khoảng 15 km (phải), giai đoạn 1980 - 2017 [7]



Hình 7. Tổng hợp hoa sóng ngoài khơi và ven bờ khu vực nghiên cứu

4. THIẾT LẬP, HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH

4.1. Thiết lập mô hình

Mô hình MIKE 21/3 Coupled model được ứng dụng để mô phỏng các quá trình thủy động lực, lan truyền sóng khu vực nghiên cứu được thiết lập dựa vào các thông số ban đầu thể hiện trong Bảng 3. Cơ sở lý thuyết các mô hình đã được giới thiệu trong các sổ tay hướng dẫn của MIKE 21/3. Mô hình được xác lập trên diện tích khoảng (120x140)km. Biên thượng lưu của sông Hậu cách Đại Ngãi khoảng 5 km, ở sông Tiền các trạm thủy văn Trà Vinh 3 km, sông Mỹ Thanh cách cửa Mỹ Thanh khoảng 7 km. Biên ngoài biển phía Nam cách cửa Mỹ Thanh khoảng 50 km, biên phía Bắc cách trạm Bến Trại khoảng 10 km. Miền tính của mô hình được xây dựng trên cơ sở lưới phi cấu trúc gồm cả lưới chữ nhật dùng trong sông và luồng tàu và lưới tam giác áp dụng cho vùng ngoài biển.

Bảng 3. Các thông số thiết lập các mô hình tích hợp trong Mike 21 Couple Model

Thông số	Diễn giải
Biên Đại Ngãi (thượng lưu sông Hậu)	- Mức nước tại Trạm thủy văn Đại Ngãi
Biên Trà Vinh (thượng lưu sông Tiền)	- Mức nước tại Trạm thủy văn Trà Vinh

Thông số	Diễn giải
Biên sông Mỹ Thanh	- Mức nước tại Trạm thủy văn Mỹ Thanh
Biên Bắc	- Mức nước tại Trạm thủy văn Bến Trại
Biên Nam	- Mức nước tại Trạm thủy văn Mỹ Thanh
Độ nhám	- Dùng hệ số Manning biến đổi theo độ sâu, từ 40 - 65
Hệ số nhớt xoáy	0,28
Gió	- Lấy số liệu gió đo đạc tại trạm Vũng Tàu

4.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Mô hình thủy động lực, mô hình sóng được hiệu chỉnh và kiểm định dựa vào các số liệu thực đo về mực nước, dòng chảy. Độ nhám đáy (hệ số Manning) và mực nước tại các biên ngoài biển được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy động lực. Chiều cao, chu kỳ, hướng sóng đo đạc sẽ được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền sóng. Độ tin cậy của mô hình được đánh giá thông qua sai số tuyệt đối (ADM) và sai số trung bình quân phương (RMSE), các sai số này càng bé chứng tỏ mô hình càng sát với thực tế [9].

Các sai số trên được tính toán theo các công thức:

(Mô hình - Đo đạc)

$$RMSE = [(Mô hình - Đo đạc)^2]^{0.5}$$

Các kịch bản sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình như sau:

- Giai đoạn 1 để hiệu chỉnh mô hình: 20 ngày, từ ngày 04/5/2004 đến 24/5/2004;
- Giai đoạn 2 để kiểm định mô hình: 18 ngày, từ ngày 12/9/2009 đến 30/9/2009;
- Giai đoạn 3 để kiểm định mô hình: Từ ngày 12 đến ngày 18/9/2017.

Với mực nước: Kết quả tính toán so sánh với số liệu thu được tại 4 trạm mực nước gồm Bến Trại, Đại Ngãi, Mỹ Thanh và Trà Vinh cho thấy kết quả mô phỏng phù hợp tốt với số liệu đo đạc. Giá trị trung bình của ADM là 5,4% và giá trị trung bình của RMSE là 6,8%.

Với chiều cao và chu kỳ sóng: Kết quả tính toán so sánh với số liệu đo đạc tại điểm W7 có vị trí 9°30'0.00"N, 106°30'0.00"E cách bờ biển Trà Vinh khoảng 5,5 km từ ngày 12 đến ngày 18/9/2017. Kết quả kiểm định cho thấy thông số sóng mô phỏng tương đồng với các kết quả quan trắc, giá trị của RMSE và ADM của chiều cao sóng tương ứng là 15,3% và 10,4% và của chu kỳ sóng là 16,2% và 9,2%.

4.3. Xây dựng các kịch bản tính toán mô phỏng

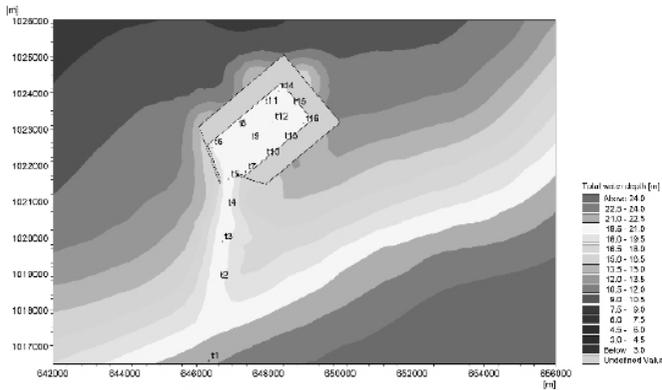
Khu vực nghiên cứu ít có bão xảy ra, do đó để đánh giá hiệu quả của phương án công trình bảo vệ cảng Trần Đề xây dựng 2 kịch bản mô phỏng như sau:

- Kịch bản 1 - gió mùa Đông Bắc (tương đương mùa khô): Mô phỏng chế độ thủy động lực học và lan truyền sóng, thời gian từ ngày 01 đến 31 tháng 02 năm 2017.
- Kịch bản 2 - gió mùa Tây Nam (tương đương mùa mưa): Mô phỏng chế độ thủy động lực học và lan truyền sóng, thời gian từ ngày 01 đến 31 tháng 09 năm 2017.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

5.1. Phân bố điểm trích xuất

Để tiến hành đánh giá phương án bố trí công trình, tiến hành trích xuất dữ liệu tại 16 điểm và so sánh với hiện trạng không có công trình. Trong 16 điểm, có 4 điểm thuộc luồng phía ngoài đê, 1 vị trí tại hòng đê và 11 vị trí thuộc bể cảng. Chi tiết các vị trí trích xuất thể hiện trên Hình 8.

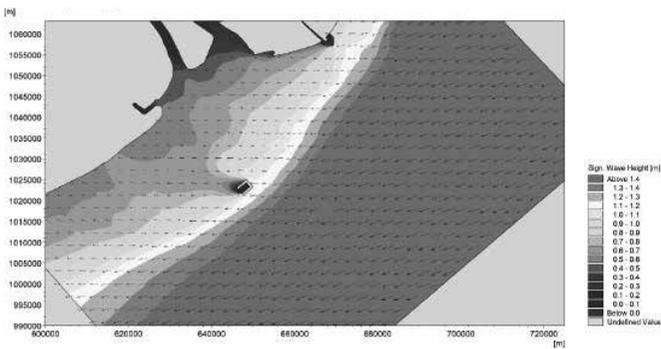


Hình 8. Vị trí các điểm trích xuất số liệu

5.2. Đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình

a) Mùa gió Đông Bắc

Kết quả trường sóng trong mùa gió Đông Bắc của khu vực nghiên cứu thể hiện trên Hình 9. Có thể thấy rằng, công trình giúp làm giảm chiều cao sóng đáng kể, tạo thành vùng tĩnh lặng trong bể cảng. Đây là điều kiện cần thiết để tàu có thể cập bến và thực hiện công tác bốc xếp hàng hóa.



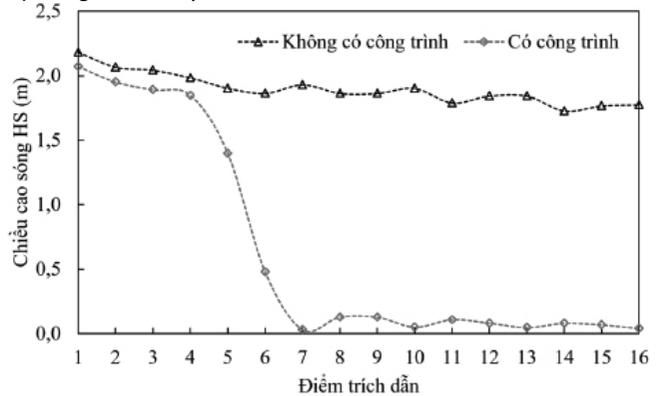
Hình 9. Chiều cao sóng vào mùa gió Đông Bắc

Biểu đồ chiều cao sóng lớn nhất tại 16 điểm trích xuất được thể hiện trên Hình 10. Kết quả được so sánh với trường hợp không có công trình. Với chiều cao sóng lớn nhất trong thời gian mô phỏng vào mùa gió Đông Bắc: Tại 4 điểm phía luống ngoài bể cảng (từ điểm t1 đến t4), chiều cao sóng khi có công trình gần như giống với khi chưa có công trình, khoảng 1,89 m đến 2,18 m. Tại cửa vào bể cảng (điểm t5), chiều cao sóng khoảng 1,4m. Với 11 điểm phía trong bể cảng, chiều cao sóng lớn nhất và nhỏ nhất lần lượt là 0,478 m và 0,03 m thu được ở các điểm t6 và t7. Nếu tính trung bình (từ t6 đến t16) thì chiều cao sóng trong bể cảng đạt khoảng 0,11 m, giảm khoảng 93% so với khi chưa có công trình là 1,84 m. Điều này chứng tỏ rằng công trình có hiệu quả chắn sóng tốt, phạm vi sóng nhiễu xạ trong đê nhỏ.

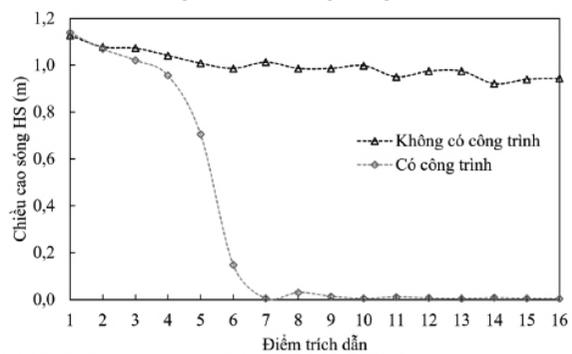
Với chiều cao sóng trung bình trong thời gian mô phỏng vào mùa gió Đông Bắc, xu hướng thu được tương tự như với kết quả trích xuất chiều cao sóng lớn nhất như thể hiện trên Hình 11. Chiều cao sóng phía luống ngoài bể cảng khoảng 1,00 đến 1,12 m, tại hòng đê (điểm t5) đạt 0,71 m. Nếu tính trung bình cho 11 điểm thì chiều cao sóng trong bể cảng khoảng 0,02 m, tức là giảm đến 98% so với trường hợp không có công trình.

Phân tích tỷ lệ xuất hiện của chiều cao sóng ở tất cả các điểm phía trong bể cảng được tóm tắt trong Bảng 4. Theo tiêu chuẩn [1], độ tĩnh lặng trong bể cảng đảm bảo cho tàu 100.000 DWT có thể thao tác và bốc xếp hàng yêu cầu là chiều cao sóng nhỏ hơn 0,5 đến 1,5 m (tùy theo phương tác động). Có thể thấy rằng, chiều cao sóng trong bể cảng nhỏ hơn 0,5 m xuất hiện với tỷ lệ lên đến gần 90%. Như vậy, việc bố trí phương án và xây dựng công trình đã đảm bảo

điều kiện tốt cho tàu theo thiết kế có thể thao tác và thực hiện bốc xếp hàng hóa theo yêu cầu.



Hình 10. Chiều cao sóng lớn nhất vào mùa gió Đông Bắc



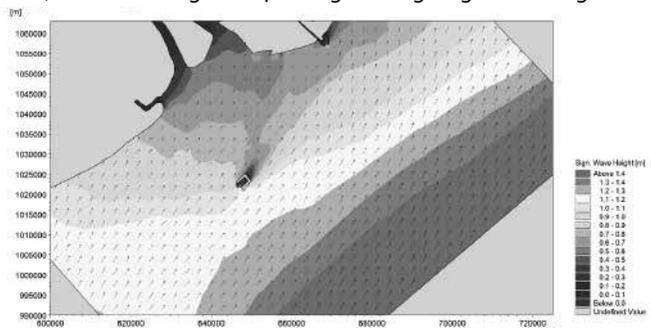
Hình 11. Chiều cao sóng trung bình vào mùa gió Đông Bắc

Bảng 4. Số lần xuất hiện chiều cao sóng Hs trong bể cảng (mùa gió Đông Bắc)

Chiều cao sóng	Tỷ lệ xuất hiện
≤ 0,5m	88,5%
> 0,5 m	5,7 %
> 0,7 m	4,0 %
> 1,0 m	1,8 %
> 1,5 m	0,0 %

b) Mùa gió Tây Nam

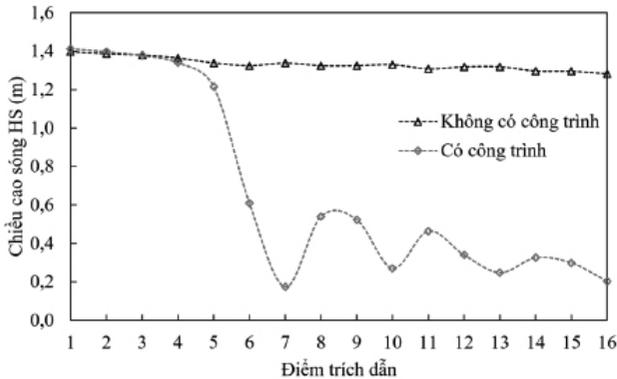
Kết quả trường sóng trong mùa gió Tây Nam thể hiện trên Hình 12. Kết quả mô phỏng cũng chỉ ra rằng, với sự che chắn của công trình, chiều cao sóng khu vực trong bể cảng đã giảm đi đáng kể.



Hình 12. Chiều cao sóng PA2, gió mùa Tây Nam

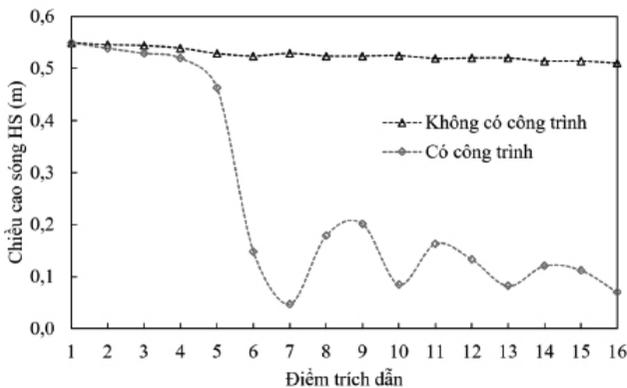
Hình 13 so sánh chiều cao sóng lớn nhất tại 16 điểm trích xuất giữa trường hợp có công trình và không có công trình. Tại 4 điểm phía luống ngoài bể cảng, chiều cao sóng khi có công trình gần

như giống với khi chưa có công trình, khoảng 1,4 m. Chiều cao sóng giảm còn 1,2 m tại cửa cảng (điểm t5). Với 11 điểm phía trong bể cảng, chiều cao sóng lớn nhất dao động trong khoảng 0,2 đến 0,6 m. Nếu tính trung bình cho cả 11 điểm thì chiều cao sóng khoảng 0,36 m, giảm khoảng 72% so với khi chưa có công trình. Như vậy, chiều cao sóng lớn nhất vào mùa gió Tây Nam đã giảm đi đáng kể nhờ có sự hiện diện của công trình.



Hình 13. Chiều cao sóng lớn nhất vào mùa gió Tây Nam

Chiều cao sóng trung bình trong thời gian mô phỏng vào mùa gió Tây Nam thể hiện trên Hình 14. Tương tự như với xu hướng của chiều cao sóng lớn nhất, chiều cao sóng phía luồng ngoài bể cảng đạt trung bình 0,54 m, tại họng đê (điểm t5) đạt 0,46 m. Chiều cao sóng trong bể cảng trung bình đạt 0,12 m, giảm 76% so với khi chưa xây dựng công trình.



Hình 14. Chiều cao sóng trung bình vào mùa gió Tây Nam

Chiều cao sóng tại các điểm phía trong bể cảng trong mùa gió Tây Nam cùng với tỷ lệ xuất hiện được thể hiện trong Bảng 5. Có thể thấy rằng, chiều cao sóng trong bể cảng nhỏ hơn 0,5 m xuất hiện với tỷ lệ lên đến hơn 90%. Như vậy, việc bố trí phương án và xây dựng công trình đã đảm bảo điều kiện tốt cho tàu theo thiết kế có thể thao tác và thực hiện bốc xếp hàng hóa theo yêu cầu của tiêu chuẩn [1].

Bảng 5. Số lần xuất hiện chiều cao sóng Hs trong bể cảng (mùa gió Tây Nam)

Chiều cao sóng	Tỷ lệ xuất hiện
< 0,5m	94,2%
> 0,5 m	3,6%
> 0,7 m	1,7%
> 1,0 m	0,5%
> 1,5 m	0,0%

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu và trình bày phương pháp sử dụng mô hình số để đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình đê chắn sóng bảo vệ cảng ngoài khơi. Các tính toán được mô phỏng và thực hiện trên phần mềm MIKE 21. Phương pháp phân tích, trình tự thực hiện tính toán, phân tích kết quả đã được giới thiệu và mô tả. Kết quả đã so sánh với trường hợp không có công trình để làm rõ khả năng giảm sóng của công trình.

Với trường hợp cụ thể được thực hiện trong nghiên cứu tại cảng ngoài khơi Trần Đề, kết quả phân tích cho thấy phương án mặt bằng đề xuất đã có hiệu quả làm giảm đáng kể chiều cao sóng so với khi chưa xây dựng công trình. Cụ thể, so với trường hợp gió mùa Đông Bắc, so với khi chưa có công trình, chiều cao sóng lớn nhất trong bể cảng chỉ còn khoảng 0,11 m (giảm khoảng 93%) và chiều cao sóng trung bình là 0,022 m (giảm khoảng 98%). Với trường hợp gió mùa Tây Nam, chiều cao sóng lớn nhất trong bể cảng là 0,36 m (giảm khoảng 72%) và chiều cao sóng trung bình khoảng 0,12 m (giảm khoảng 76%). Các giá trị chiều cao sóng này đều nhỏ hơn các giá trị cho phép được quy định trong tiêu chuẩn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này nhận được sự hỗ trợ về tài liệu cơ bản từ Đề tài cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, mã số B2024.XDA.05.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cục Hàng hải Việt Nam, TCCS 02:2017/CHVN: Đê chắn sóng - Yêu cầu thiết kế.
- [2]. TCVN 11820-2:2017 (2017), Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế, Phần 2: Tải trọng và tác động.
- [3]. Nguyen, V.T. and C. Zhang. Assessment of the Influence of TH Port's Breakwater on the Hydrodynamic Regime in Cua Lo and Cua Hoi Estuaries, Nghe An Province, Vietnam. In: Feng, G. (eds) Proceedings of the 8th International Conference on Civil Engineering. ICCCE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol.213. Springer, Singapore, https://doi.org/10.1007/978-981-19-1260-3_5.
- [4]. Tuyển, K.X., N.Đ. Quang and P.T.T. Vi (2018), Ứng dụng mô hình Mike 21-SW để xác định các thông số sóng thiết kế ở khu vực ven bờ trên đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận, Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi, số 51.
- [5]. Quyết, N.K. and N.Q.Đ. Anh (2020), Ứng dụng mô hình toán lựa chọn phương án bố trí mặt bằng hợp lý công trình đê chắn sóng cảng khách Hạ Long, Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi, số 60.
- [6]. Quyết định số 1579/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- [7]. Trịnh Đình Lai và cộng sự, Báo cáo cơ sở dữ liệu thủy hải văn, địa hình, địa chất thuộc Đề tài Ứng dụng mô hình toán nghiên cứu giải pháp tối ưu quy hoạch, bố trí không gian công trình bảo vệ và chống xói lở bờ biển khu vực đồng bằng sông Cửu Long, mã số: B2024.XDA.05.
- [8]. Tú, L.X. (2022), Đề tài cấp Quốc gia "Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng", mã số ĐTĐL.CN-07/17, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
- [9]. Nguyen, V.T., A.D. Nguyen and V.A. Le (2024), Optimization of Countermeasures to Stable and Protect Navigation Channels in Dinh An Estuary and Coastal of Tra Vinh Province, Vietnam, Journal of ETA Maritime Science, DOI: 10.4274/jems.2023.70446.

Chuyển đổi xanh - mục tiêu phát triển bền vững của các doanh nghiệp sản xuất trên địa bàn TP Hải Phòng

Green transformation - a sustainable development goal for manufacturing enterprises in Hai Phong City

> THS.NCS NGUYỄN HỒ HỒNG PHÁT

Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: phat150299@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung phân tích chuyển đổi xanh - như là một động lực thúc đẩy phát triển kinh tế bền vững tại các doanh nghiệp sản xuất trên địa bàn TP Hải Phòng. Mặc dù đạt được những tiến bộ đáng kể, các doanh nghiệp sản xuất vẫn phải đối mặt với những thách thức như hạn chế về hạ tầng, khó khăn tài chính và rào cản pháp lý. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chiến lược, bao gồm đầu tư vào hạ tầng xanh, khuyến khích đổi mới trong các doanh nghiệp tại Hải Phòng khởi nghiệp xanh và tăng cường hợp tác quốc tế và nội địa.

Từ khóa: Chuyển đổi xanh; phát triển bền vững; kinh tế tuần hoàn; năng lượng tái tạo; doanh nghiệp sản xuất...

ABSTRACT

This study focuses on analyzing green transformation as a driving force for sustainable economic development in manufacturing enterprises in Hai Phong City. Despite significant progress, manufacturing firms still face challenges such as infrastructure limitations, financial constraints and regulatory barriers. The study proposes strategic solutions, including investment in green infrastructure, fostering innovation in green startups in Hai Phong and enhancing both international and domestic cooperation.

Keywords: Green transition; sustainable development; circular economy; renewable energy; manufacturing enterprises...

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển bền vững toàn cầu, chuyển đổi xanh đã nổi lên như những xu hướng chiến lược có tác động sâu sắc đến hoạt động kinh doanh, đặc biệt là trong các doanh nghiệp sản xuất. Những xu hướng mang tính chuyển đổi xanh, song hành với nhau không chỉ thiết yếu để nâng cao năng suất và tối ưu hóa quy trình sản xuất, mà còn đóng vai trò là các giải pháp chính nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Tại Hải Phòng, một trong những trung tâm công nghiệp lớn nhất miền Bắc Việt Nam, việc thực hiện chuyển đổi xanh tại các doanh nghiệp đang trở thành yếu tố quyết định cho sự phát triển kinh tế bền vững trong tương lai của thành phố.



Hình 1. Chuyển đổi xanh hướng tới nền kinh tế tuần hoàn

2. THỰC TRẠNG CỦA HOẠT ĐỘNG CHUYỂN ĐỔI XANH TẠI TP HẢI PHÒNG

Bảng 1. Kết quả hoạt động chuyển đổi xanh trong các lĩnh vực tại Việt Nam và Hải Phòng năm 2023 - 2024

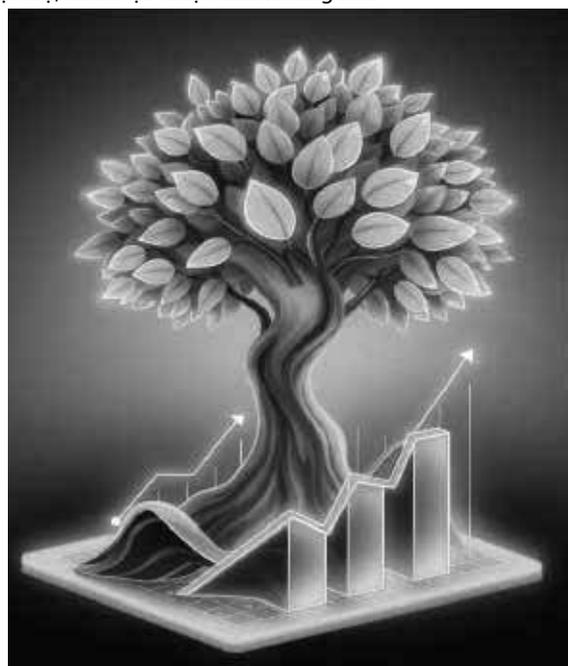
Lĩnh vực	Hoạt động	Hải Phòng	Cả nước	Nguồn tài liệu
Năng lượng tái tạo	Phát triển điện mặt trời	Đến năm 2023, các dự án năng lượng mặt trời tại Khu công nghiệp DEEP C Hải Phòng đạt công suất 3 MWp.	Tổng công suất điện mặt trời đạt 16.568 MW, chiếm 20,6% tổng công suất nguồn điện.	Ban Quản lý Khu kinh tế Hải Phòng, Báo cáo 2023; https://evn.com.vn/ - năm 2023
	Phát triển điện gió	Chưa triển khai các dự án điện gió tại Hải Phòng.	Tổng công suất điện gió đạt 5.059 MW, chiếm 6,3% tổng công suất nguồn điện.	https://evn.com.vn/ - năm 2023
Công nghệ sạch	Ứng dụng công nghệ xử lý nước thải	100% doanh nghiệp trong các khu công nghiệp có hệ thống xử lý nước thải tập trung đạt tiêu chuẩn.	95% nước thải đô thị tại các thành phố lớn được xử lý đạt tiêu chuẩn.	Ban Quản lý Khu kinh tế Hải Phòng, Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường)
Giảm phát thải	Cắt giảm khí nhà kính	Các dự án năng lượng tái tạo tại Hải Phòng giúp giảm 5.000 tấn CO ₂ /năm từ điện mặt trời.	Tổng giảm phát thải đạt 38 triệu tấn CO ₂ /năm nhờ các dự án năng lượng tái tạo trên cả nước.	Bộ Công thương, Cục Điện lực và Năng lượng tái tạo (3/2024)
	Chuyển đổi giao thông xanh	Thành phố chưa có chương trình giao thông xanh tại Hải Phòng. Riêng chỉ có hãng Vinfast cung cấp xe điện làm taxi cho hãng Ấn Vàng thì cam kết không triển khai hãng XanhSM tại Hải Phòng, đồng thời phát triển xe buýt điện cho cán bộ công nhân viên làm tại Vinfast và tham quan đảo Vũ Yên	3.000 xe buýt điện đưa vào hoạt động tại các đô thị lớn, giảm 20.000 tấn CO ₂ /năm.	Bộ Giao thông vận tải (nay là Bộ Xây dựng)

(Nguồn: Tổng hợp từ các báo cáo của tác giả)

Từ bảng tổng hợp trên chúng ta thấy:

Về hoạt động năng lượng tái tạo: Tổng công suất điện mặt trời cả nước đạt 16.568 MW, chiếm 20,6% tổng công suất nguồn điện vào năm 2023 và tổng công suất điện gió đạt 5.059 MW, chiếm 6,3% tổng công suất nguồn điện. Đây là một bước tiến đáng khích lệ, thể hiện nỗ lực tích cực trong việc áp dụng năng lượng tái tạo tại các khu công nghiệp. Hải Phòng cần tập trung phát triển thêm các dự án điện gió và mở rộng các dự án điện mặt trời để bắt kịp xu hướng chung của quốc gia. Về công nghệ sạch: Cả nước có 95% nước thải đô thị tại các thành phố lớn được xử lý đạt tiêu chuẩn. Còn tại Hải Phòng, 100% doanh nghiệp trong khu công nghiệp đã có hệ thống xử lý nước thải tập trung đạt tiêu chuẩn. Trong hoạt động giảm phát thải khí nhà kính, trong cả nước, tổng giảm phát thải đạt 38 triệu tấn CO₂/năm nhờ các dự án năng lượng tái tạo trên quy mô toàn quốc. Đây là minh chứng cho thấy sự mở rộng quy mô của các dự án và tác động tích cực đến môi trường. Tại Hải Phòng, các dự án năng lượng tái tạo tại địa phương giúp giảm 5.000 tấn CO₂/năm từ điện mặt trời. Tuy nhiên, Hải Phòng chưa triển khai các dự án lớn hơn hoặc áp dụng thêm công nghệ mới để tối ưu hóa hiệu quả giảm phát thải. Cuối cùng, trong hoạt động giao thông xanh, cả nước đã có 3.000 xe buýt điện đã được đưa vào hoạt động tại các đô thị lớn, giúp giảm 20.000 tấn CO₂/năm. Đây là một bước đi toàn diện và có tác động lớn trong việc xây dựng hệ thống giao thông xanh tại Việt Nam. Còn tại Hải Phòng, hiện nay chưa có chương trình giao thông xanh quy mô lớn. Một số bước tiến nhỏ như việc Vinfast cung cấp xe điện làm taxi cho hãng Ấn Vàng hoặc triển khai xe

buýt điện cho công nhân và tham quan đảo Vũ Yên vẫn mang tính cục bộ, chưa tạo được ảnh hưởng lớn.



Hình 2. Chuyển đổi xanh phải hướng tới giảm phát thải, tối ưu hóa sử dụng tài nguyên và bảo vệ môi trường

3. THÁCH THỨC CỦA CHUYỂN ĐỔI XANH TRONG PHÁT TRIỂN KINH TẾ BỀN VỮNG CHO CÁC DOANH NGHIỆP SẢN XUẤT TẠI HẢI PHÒNG

Hiện nay, Việt Nam nói chung và Hải Phòng nói riêng cũng chưa xây dựng được các bộ tiêu chí, tiêu chuẩn chuyển đổi xanh trên từng ngành, lĩnh vực.

Hạ tầng năng lượng xanh vẫn chưa hoàn thiện. Hiện tại, Hải Phòng chưa triển khai các dự án điện gió và việc phát triển điện mặt trời trong các khu công nghiệp vẫn ở quy mô nhỏ, chưa đáp ứng nhu cầu năng lượng tái tạo lớn cho hoạt động tại các khu công nghiệp lớn tập trung nhiều doanh nghiệp sản xuất như ở Hải Phòng. Tình trạng chung của TP Hải Phòng là đang thiếu nguồn nhân lực chất lượng cao. Các khu công nghiệp trên địa bàn TP Hải Phòng đang đối mặt với tình trạng thiếu lao động có chuyên môn về công nghệ xanh.

Phải xác định đầu tư vào công nghệ số và xanh thì chi phí đầu tư khá cao. Việc triển khai các dự án chuyển đổi số (như ERP, IoT) và ứng dụng công nghệ xanh (như hệ thống năng lượng tái tạo, công nghệ xử lý chất thải) đòi hỏi nguồn vốn lớn. Khung pháp lý và chính sách hỗ trợ cho chuyển đổi xanh tại Hải Phòng là chưa đồng bộ. Các chính sách hỗ trợ chuyển đổi xanh tại Hải Phòng chủ yếu tập trung vào các dịch vụ công trực tuyến, trong khi việc khuyến khích doanh nghiệp áp dụng công nghệ số và công nghệ xanh còn hạn chế.

Cuối cùng, sự phối hợp giữa chính quyền địa phương, doanh nghiệp và các tổ chức nghiên cứu chưa chặt chẽ, dẫn đến việc chia sẻ nguồn lực và thông tin không đồng đều.

Xây dựng hạ tầng số và hạ tầng xanh: Đầu tư liên tục vào hạ tầng số, bao gồm mạng viễn thông, lưới điện và kết nối Internet là yếu tố then chốt để tạo ra một môi trường kinh doanh hiện đại và tích hợp trong các khu công nghiệp.

Khuyến khích các doanh nghiệp và startup xanh: Xây dựng môi trường hỗ trợ đổi mới sáng tạo, đặc biệt dành cho các startup và doanh nghiệp xanh là yếu tố quan trọng trong phát triển bền vững.

Phát triển các khu công nghiệp thông minh và bền vững: Phát triển các khu công nghiệp thông minh kết hợp công nghệ số và giải pháp xanh là yếu tố chủ chốt để nâng cao hiệu quả, năng suất và tính bền vững môi trường.

Tăng cường hợp tác quốc tế và trong nước: Thắt chặt hợp tác với các tổ chức quốc tế và các quốc gia khác để trao đổi kiến thức, công nghệ và nguồn lực.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu khẳng định rằng chuyển đổi xanh là yếu tố then chốt để thúc đẩy phát triển kinh tế bền vững tại các doanh nghiệp sản xuất trên địa bàn TP Hải Phòng. Các kết quả cho thấy chuyển đổi xanh không chỉ giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường mà còn mở ra cơ hội phát triển kinh doanh bền vững thông qua việc áp dụng năng lượng tái tạo, công nghệ sạch và mô hình kinh tế tuần hoàn. Tóm lại, bằng cách tập trung giải quyết các thách thức này một cách chiến lược, Hải Phòng có thể khai thác tối đa tiềm năng của chuyển đổi xanh, không chỉ nâng cao năng lực cạnh tranh mà còn đóng góp vào sự phát triển bền vững của khu vực và quốc gia.



Hình 3. Định hướng chuyển dịch cơ cấu kinh tế theo hướng phát triển bền vững

4. ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN TƯƠNG LAI CỦA CHUYỂN ĐỔI XANH HƯỚNG TỚI PHÁT TRIỂN KINH TẾ BỀN VỮNG TẠI CÁC DOANH NGHIỆP SẢN XUẤT TẠI HẢI PHÒNG

Khi nền kinh tế toàn cầu tiếp tục chuyển dịch sang các mô hình phát triển bền vững, các doanh nghiệp công nghiệp tại Hải Phòng cần thực hiện những định hướng phát triển cụ thể trong chuyển đổi xanh. Dưới đây là các định hướng trọng tâm:

Đầu tư vào công nghệ và nghiên cứu phát triển: Gia tăng đầu tư vào nghiên cứu và phát triển công nghệ sẽ giúp các doanh nghiệp công nghiệp tại Hải Phòng áp dụng các tiến bộ mới nhất trong chuyển đổi xanh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cohen, M. C., Lobel, R., & Perakis, G. (2016), The impact of demand uncertainty on consumer subsidies for green technology adoption, *Management Science*, 62(5), 1235-1258, <https://doi.org/10.1287/mnsc.2015.2173>.
- [2]. Cổng Dịch vụ công Quốc gia (2024), Dịch vụ công trực tuyến, <https://dichvucong.gov.vn/p/home/dvc-dich-vu-cong-truc-tuyen.html>.
- [3]. Ban Quản lý khu kinh tế Hải Phòng, Báo cáo tình hình hoạt động các khu kinh tế và khu công nghiệp năm 2023.
- [4]. Bộ Công thương, Báo cáo tổng quan năng lượng Việt Nam 2023.
- [5]. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2023), Báo cáo giảm phát thải khí nhà kính trong sản xuất nông nghiệp.

An evaluation of vacuum pressure effects in ground improvement using prefabricated vertical drain (PVD)

Đánh giá vai trò của áp lực chân không trong gia cố nền đất bằng bấc thấm

> PHAN MINH SANG¹, TRAN DUC KHANH²,
LE NGOC TAN³, PHAM MINH TRIET⁴, PHAM HUU HA GIANG^{4*}

¹Master student, Faculty of Engineering and Technology - Tra Vinh University

²Undergraduate student, College of Engineering - Can Tho University, Campus II

³Research Assistance, College of Engineering - Can Tho University, Campus II

⁴Lecturer, College of Engineering - Can Tho University, Campus II

*Email: phhgiang@ctu.edu.vn

ABSTRACT

The role of vacuum pressure in enhancing the consolidation of soft soils treated with prefabricated vertical drains (PVD) and surcharge loading is critically assessed in this study. Three approaches were employed: analytical modeling, finite element analysis using PLAXIS 2D, and validation against field monitoring data. The results show that increasing vacuum pressure from 70 kPa to 90 kPa leads to a settlement increase of up to 10.5%, with the most significant acceleration occurring within the first 90 days. The relationship between vacuum intensity and settlement is nonlinear yet stable. During the early phase (0–30 days), the FEM model overestimated settlement by approximately 47%, primarily due to idealized assumptions of uniform vacuum distribution, which diverge from in-situ vacuum pressure losses along depth. Over time, this deviation decreased significantly, and by day 180, the discrepancy between FEM and field measurements was reduced to 5.6%, within an acceptable engineering margin. Although the field improvement achieved a high degree of consolidation (>90%), the process was not fully optimized, particularly in the early stage of vacuum application. Moreover, the model did not account for staged embankment construction or variable vacuum schedules, which can strongly influence consolidation behavior. These findings underscore the need for more refined modeling approaches and control strategies to maximize the performance of vacuum-assisted ground improvement systems.

Keywords: Vacuum pressure, PVD, soft soil.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá vai trò của áp lực hút chân không trong việc tăng cường quá trình cố kết của nền đất yếu được gia cố bằng bấc thấm đứng (PVD) kết hợp với gia tải. Ba phương pháp được sử dụng: mô hình giải tích, phân tích phần tử hữu hạn bằng phần mềm PLAXIS 2D và so sánh với dữ liệu quan trắc hiện trường. Kết quả cho thấy khi áp lực hút tăng từ 70 kPa lên 90 kPa, độ lún cuối cùng tăng đến 10,5%, với tốc độ cố kết cao nhất trong 90 ngày đầu. Mối quan hệ giữa áp lực hút và độ lún thể hiện tính phi tuyến nhưng ổn định. Trong giai đoạn đầu (0-30 ngày), mô hình FEM dự báo độ lún lớn hơn thực tế khoảng 47%, chủ yếu do giả định phân bố áp lực hút đều theo chiều sâu, không phản ánh tổn thất áp lực thường xảy ra trong điều kiện hiện trường. Sai lệch này giảm dần theo thời gian và đến ngày 180, sai số giữa kết quả mô phỏng và quan trắc thực tế còn 5,6%, nằm trong giới hạn chấp nhận kỹ thuật. Dù nền đất tại hiện trường đạt độ cố kết cao (>90%), quá trình xử lý vẫn chưa được tối ưu, đặc biệt trong giai đoạn đầu áp dụng áp lực hút. Ngoài ra, mô hình chưa xét đến tải trọng đắp theo giai đoạn và biến thiên áp lực hút, những yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến tiến trình cố kết. Kết quả cho thấy cần hoàn thiện hơn nữa mô hình và chiến lược thi công để nâng cao hiệu quả xử lý nền bằng phương pháp hút chân không.

Từ khóa: Áp lực bơm hút chân không, bấc thấm, đất yếu.

1. INTRODUCTION

Soft soils in Vietnam's Mekong Delta and HCM City exhibit high water content, low shear strength, and low permeability, leading to significant settlement and delayed consolidation under loading [1], [2]. To address these challenges, the method of vacuum preloading combined with prefabricated vertical drains (VCM-PVD) has been widely applied across Asia over the past two decades for the improvement of soft soil. The key principle of this method is to accelerate radial drainage through vertical drains while applying vacuum pressure to increase the hydraulic gradient, thereby expediting the dissipation of excess pore water pressure, increasing effective stress, and shortening the overall consolidation time.

Field studies in China [3], [4], Japan [5], and Thailand [6] have demonstrated that the VCM-PVD method can achieve degrees of consolidation exceeding 90% and accelerate settlement rates by 1.5 to 2 times compared to conventional preload methods. Maintaining vacuum pressures in the range of 70-90 kPa plays a vital role in ensuring pressure transmission to deeper soil layers and enhancing uniformity in settlement and consolidation. Theoretical frameworks developed [6]-[8] have provided practical tools for simulating vacuum pressure distribution and for transforming axisymmetric conditions into equivalent plane strain models, facilitating numerical analysis using software such as Plaxis and ABAQUS. In addition, finite element method (FEM) simulations conducted by [9], [10] and [11] have shown the capacity of FEM to quantitatively assess the vacuum consolidation process, including vertical settlement, lateral displacement, and pore pressure dissipation. Notably, advanced 2D-3D FEM models that consider soil stratification and anisotropic permeability have revealed that the vertical distribution of vacuum pressure significantly influences settlement and consolidation time [6], [9]. These results challenge the common assumption of uniform vacuum pressure in many previous models, which may lead to substantial errors in settlement prediction and design control.

In Vietnam, key projects such as the Long Phu Thermal Power Plant (Soc Trang) [12], Thu Thiem Urban Area (Ho Chi Minh City) [13], and Nhon Trach Industrial Zone [14] have successfully applied the VCM-PVD method using vacuum pressures of 70-80 kPa. These case studies show good agreement between FEM simulations and field measurements. However, most studies still focus on the overall efficiency of the method, without specifically analyzing the role of vacuum pressure magnitude on consolidation and settlement behavior. Moreover, the use of idealized or non-ideal vacuum drain models remains ambiguous, even though pressure transmission in practice often varies with depth and construction conditions. [13]

There remains a research gap in accurately quantifying the relationship between vacuum pressure and consolidation efficiency in space and time, especially considering influencing factors such as smear zones, soil depth, loading patterns, and membrane effectiveness [10], [11], [15], [16]. This underscores the need for modeling multiple vacuum scenarios and validating against field data to propose an optimal vacuum design strategy.

Accordingly, this study aims to clarify the influence of vacuum pressure magnitude on the consolidation performance of soft ground treated with VCM-PVD and preloading. This is achieved through numerical modeling using the finite element method and comparison with field data from Vietnamese case study.

2. METHODOLOGY

The research methodology was structured around three types of data to ensure a comprehensive evaluation and allow cross-

verification among different approaches: analytical calculations, numerical modeling, and field monitoring data. This multi-source approach aims to assess the effect of vacuum pressure on the consolidation behavior of soft ground treated with prefabricated vertical drains (PVD) combined with vacuum preloading and surcharge loading.

2.1. Analytical method

The analytical dataset was developed based on the consolidation calculation formulas presented in TCCS 41:2022 [17] and supported by theoretical models referenced in [6]. The soil is assumed to be homogeneous and fully saturated, with vertical drainage under one-dimensional consolidation conditions. This method provides preliminary estimations of settlement magnitude, consolidation time, and excess pore pressure dissipation for comparison with numerical simulations and field observations.

2.2. Finite element method

Finite element method (FEM) was carried out using Plaxis 2D to model the consolidation process of soft ground treated with PVDs in combination with vacuum pressure and a surcharge embankment. A series of simulation scenarios were designed with varying vacuum pressure levels (0 to 90 kPa) to quantitatively analyze their effects on settlement. The constitutive model was applied to replicate the nonlinear behavior of saturated soft clay, using geotechnical parameters derived from field data.

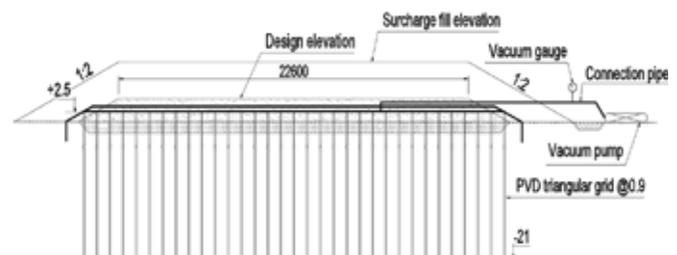
2.3. Field data

Field measurements were obtained from Road N5 in the Thu Thiem New Urban Area, An Khanh Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City an area undergoing large-scale urban infrastructure development on soft soil Figure 1.



Figure 1. Study Area

The treated section spans 23.6 m in width, slightly exceeding the design road width of 22.6 m to improve lateral drainage efficiency. PVDs were installed at 0.9 m spacing in an equilateral triangular grid, with each drain penetrating to a depth of 23.5 m (elevation -21.0 m). A vacuum pressure of no less than 60 kPa was maintained continuously for 180 days, in combination with a uniform 4.5 m-high surcharge embankment. Settlement monitoring data from this project were used to validate and calibrate the analytical and numerical models.



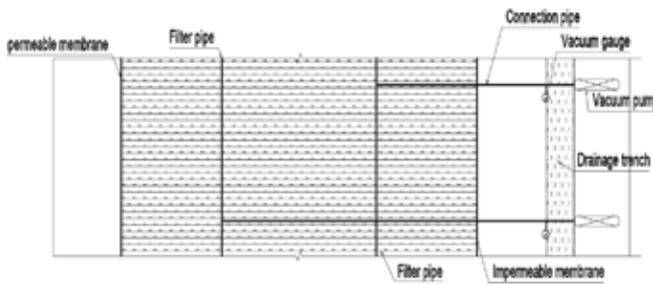


Figure 2. Cross-sectional view and plan layout of PVD arrangement

2.4. Geological conditions and input parameters

The subsoil consists predominantly of a thick soft clayey silt layer extending to 22.5 m depth, characterized by low unit weight, high void ratio, low cohesion, and a small internal friction angle indicating poor load-bearing capacity. Beneath this layer lies a stronger soil stratum with significantly improved mechanical properties, capable of acting as a natural bearing layer. The geotechnical parameters used in this study are summarized in Table 1.

Table 1. Geological data

Soil layer	Depth (m)	γ_w (g/cm ³)	C (kG/cm ²)	ϕ (°)	e_0
1	0-22,5	1,64	0,06	4	2,1
2	22,5 – 24,45	2,3	15	28	0,4

By integrating these three data sources, the study evaluates the accuracy, applicability, and limitations of each approach. The findings aim to support the development of an optimized simulation model for the design and performance prediction of ground improvement works in soft soil conditions commonly found in southern Vietnam.

2.5. Fundamental Principles of Analysis

2.5.1. Estimation of consolidation settlement

The consolidation settlement S_c is estimated as follows:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{1 + e_0^i} \left[C_c^i \log \left(\frac{\sigma_z^i + \sigma_{vz}^i}{\sigma_{pz}^i} \right) \right]$$

Where

- H_i Thickness of the i^{th} soil sublayer
- e_0^i Initial void ratio of the i^{th} soil sublayer
- C_c^i Compression index or the slope of the void ratio–log pressure curve ($e \sim \log \sigma$)
- σ_{vz}^i Vertical effective stress due to the self-weight of overlying natural soil layers above layer i
- σ_{pz}^i Preconsolidation pressure of the i^{th} soil sublayer.
- σ_z^i Stress increment due to embankment loading at the midpoint of the i^{th} soil sublayer.
- C_c^i và σ_{pz}^i are determined in accordance with TCVN 4200:2012 [17].
- σ_z^i is calculated using Osterberg’s stress distribution chart

2.5.2. Estimation of settlement over time for soil treated with PVD and preloading

The consolidation settlement of an embankment on soft ground improved with vertical drains at time t is determined as follows:

$$S_t = S_c U$$

Where

- S_c the settlement of soft soil without PVD
- U the degree of consolidation of soft soil with PVD

The degree of consolidation U achieved at time t after the completion of embankment filling is determined by the following equation:

$$U = 1 - (1 - U_v)(1 - U_h)$$

Where

- U_v vertical degree of consolidation
- U_h horizontal degree of consolidation

2.5.3. Estimation of consolidation settlement over time for soil treated with PVD, preloading, and vacuum pressure

In the case of vacuum consolidation, determine the vacuum pressure (p_0), the total design stress ($\Delta\sigma$), the surcharge pressure (Δp), and evaluate the degree of consolidation achieved ($U_{t,vac}$) under the condition of equal settlement:

$$U_{t,vac} = \left(\frac{\Delta\sigma}{p_0 + \Delta p} \right) U_t$$

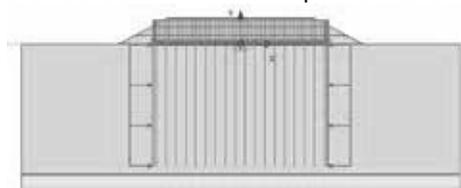
2.6. Finite element method (FEM)

The finite element method (FEM) using Plaxis 2D was employed to analyze the effects of vacuum pressure on the consolidation behavior of soft soil treated with prefabricated vertical drains (PVD), vacuum preloading, and embankment loading. The Mohr-Coulomb material model was selected to simulate the mechanical behavior of the soil throughout the consolidation process. The simulation scenarios are summarized in Table 2.

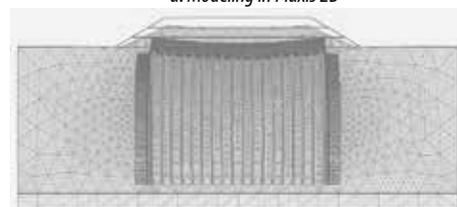
Table 2. Simulation cases

No.	Elapsed time (day)	Vacuum process					
		VP (atm)	Time (day)	VP (atm)	Time (day)	VP (atm)	Time (day)
1	180	90	60	90	60	90	60
2	180	80	60	80	60	80	60
3	180	70	60	70	60	70 <td 60	
4	180	80	30	70	60	60	90

A total of 4 simulation scenarios were developed to investigate the influence of vacuum pressure magnitude and its application duration on the consolidation behavior of soft ground treated with prefabricated vertical drains (PVD), vacuum preloading, and surcharge loading, as summarized in Table 2. Cases 1 to 3, designed to validate the numerical model against analytical predictions by varying vacuum pressures from 70 to 90 kPa under a constant embankment load. Case 4 representing field data obtained from settlement monitoring, with staged vacuum pressures applied at 80 kPa (30 days), 70 kPa (60 days), and 60 kPa (90 days). Figure 3 illustrates the finite element model developed in Plaxis 2D to simulate the vacuum consolidation process using prefabricated vertical drains under various vacuum pressure conditions.



a. Modeling in Plaxis 2D



b. Simulation Results

Figure 3. Illustration of the Plaxis 2D model

3. RESULTS & DISCUSSION

3.1. Comparison results between the analytical method (AM) and Finite element method (FEM)

The settlement results calculated from the analytical method under different vacuum pressures are summarized in Table 3.

Table 3. Analytical method results (AM)

Elapsed time (day)	Analysis method		
	90kPa S (m)	80kPa S (m)	70kPa S (m)
0	0	0	0
30	-1.32	-1.27	-1.23
60	-2.05	-1.98	-1.90
90	-2.63	-2.54	-2.44
120	-3.11	-3.01	-2.90
150	-3.53	-3.41	-3.28
180	-3.89	-3.75	-3.61

A clear trend of increasing settlement over time is observed across all three vacuum pressure scenarios (70, 80, and 90kPa) in the analytical method. At 30 days, the settlement reached -1.32 m under 90kPa of vacuum pressure, which is 3.8% higher than the -1.27 m recorded at 80kPa and 6.8% higher than the -1.23 m at 7 kPa. This difference becomes more pronounced as time progresses. By day 180, the settlement under 9 kPa reached -3.89 m, exceeding that of the 80kPa and 70kPa cases by 3.6% and 7.5%, respectively.

These results highlight the critical role of vacuum pressure in accelerating the consolidation process. Higher vacuum levels not only enhance the hydraulic gradient but also increase the rate of excess pore water pressure dissipation, which translates into faster settlement and a greater degree of consolidation within the same treatment period. The steady growth in the settlement gap over time further indicates that the benefit of higher vacuum pressure becomes increasingly significant as the consolidation process progresses. This reinforces the importance of maintaining strong and stable vacuum conditions to optimize the efficiency of ground improvement using vertical drains combined with vacuum preloading.

3.2. Vacuum pressure effects and FEM-based evaluation against field data

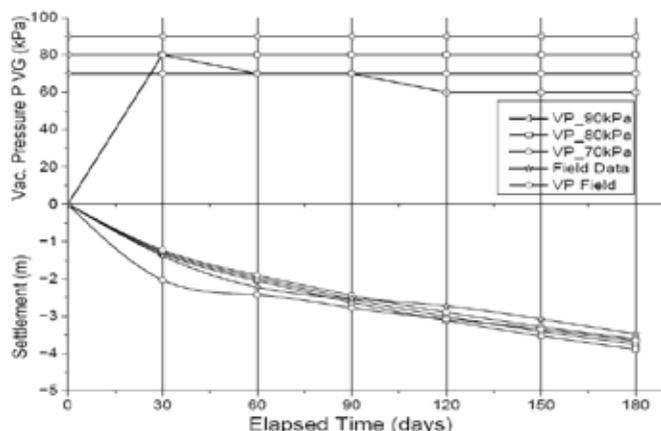


Figure 4. Comparison of settlement between FEM simulation and field data under staged vacuum pressure conditions.

The influence of vacuum pressure on the consolidation behavior of soft soils was investigated through a series of finite element method (FEM) simulations, corresponding to three representative vacuum levels: 70 kPa, 80 kPa, and 90 kPa. The settlement-time responses obtained from the simulations are presented in Table 4 and illustrated graphically in Figure 4, which together provide a comprehensive view of consolidation progression over a 180-day treatment period. A separate FEM scenario simulating staged vacuum application was also implemented to match actual field procedures, enabling a direct comparison between numerical predictions and monitored data.

Table 4. Simulation Results

Elapsed time (day)	90kPa	80kPa	70kPa	VP based on Field		Field data	
	S (m)	S (m)	S (m)	VP (kPa)	S (m)	VP (kPa)	S (m)
0	0	0	0	0	0	0	0
30	-1.02	-0.61	-0.82	80	-2.03	80	-1.38
60	-2.26	-2.06	-1.87	70	-2.43	70	-2.22
90	-2.74	-2.54	-2.34	70	-2.78	70	-2.53
120	-3.18	-2.98	-2.78	60	-3.08	60	-2.73
150	-3.69	-3.69	-3.49	60	-3.35	60	-3.08
180	-4.28	-4.07	-3.87	60	-3.67	60	-3.48

The FEM results clearly indicate that higher vacuum pressures lead to greater settlement. After 180 days, the final settlements for the 70 kPa, 80 kPa, and 90 kPa cases were -3.87 m, -4.07 m, and -4.28 m, respectively. The increase in settlement from 70 kPa to 80 kPa was 5.2%, and from 70 kPa to 90 kPa was 10.5%, with a similar 5.2% increase observed between 80 and 90 kPa. These results indicate a nonlinear but stable relationship between vacuum pressure and consolidation, especially prominent during the early stages of treatment (0-90 days), when pore pressure dissipation is most rapid due to higher effective stress gradients.

This behavior is consistent with the theoretical mechanism of vacuum preloading, where increased vacuum pressure enhances the hydraulic gradient and accelerates the discharge of pore water, leading to faster settlement. The FEM simulations captured this mechanism effectively, particularly at 80 kPa and 90 kPa, where settlement rates were noticeably higher during the initial 90 days. Such early-stage acceleration is of practical importance when time constraints in construction require expedited consolidation.

However, during the initial phase of treatment—particularly within the first 30 days the FEM model was found to overestimate settlement compared to field measurements. The deviation reached approximately 47% during this period. This discrepancy is likely due to idealized modeling assumptions in FEM, where vacuum pressure is applied uniformly along the entire depth of the vertical drains. In reality, vacuum pressure often decreases with depth due to system losses and air leakage, resulting in reduced effectiveness in deeper layers. The inability of the model to reflect this vertical pressure decay leads to an overestimation of settlement, particularly at the beginning of the treatment process. Additional sources of error may include imperfect field installation conditions such as lack of airtight sealing and potential inaccuracies in field instrumentation or measurement protocols.

Later in the consolidation process, the differences between numerical results and field data diminish significantly. In the field, vacuum pressure was applied in stages: 80 kPa for the first 30 days,

followed by 70 kPa for 60 days, and then 60 kPa for the remaining 90 days. The total observed settlement after 180 days was -3.48 m, while the corresponding FEM simulation under the same staged pressure regime produced a settlement of -3.67 m, with a deviation of 0.19 m, or approximately 5.6%. This small difference confirms that the FEM model can reasonably approximate real-world behavior when input conditions are properly calibrated to reflect actual site procedures.

Furthermore, comparisons between constant and staged vacuum pressure scenarios underscore the importance of maintaining a high and consistent vacuum level throughout the treatment period. When vacuum pressure was held constant at 90 kPa in the simulation, the resulting settlement exceeded that of the staged-pressure case by more than 10%, indicating the potential efficiency gains from avoiding pressure losses. Nonetheless, in practice, staged vacuum reduction is often necessary to ensure overall ground stability and limit excessive displacement or differential settlement.

The FEM-based evaluation against field data accurately captures the consolidation behavior of soft soil and provides a robust basis for assessing ground improvement performance. Nevertheless, the comparison suggests that although the field treatment achieved a high degree of consolidation (>90%), further refinement is possible to enhance overall optimization.

4. CONCLUSION

By integrating analytical method (AM), FEM, and field data, the impact of vacuum pressure on the consolidation behavior of soft soils was comprehensively assessed in this study. The findings lead to the following conclusions:

(i) Higher vacuum pressures significantly enhance vacuum consolidation, with settlement increasing by up to 10.6% when vacuum pressure rises from 70 to 90 kPa, particularly during the early stages of soil improvement.

(ii) FEM simulations effectively capture the nonlinear and time-dependent behavior of vacuum-assisted consolidation and show good agreement with field data when calibrated, with deviations remaining within acceptable engineering limits (<6%).

(iii) Although high consolidation efficiency was achieved in the field, the vacuum application regime was not fully optimized. Future design strategies should incorporate staged loading and adaptive vacuum pressure

5. ACKNOWLEDGMENT

The research group would like to express sincere thanks to REDSTAR Construction Joint Stock Company (REDSTAR CONS JSC) for their support in conducting the field data for this study.

REFERENCES

- [1]. C. M. Tran, Y. W. Hung, F. Sitepu, G. H. H. Pham, and E. L. Huynh, "Assessing Influence of Waves on Riverbank Stability: A Centrifuge Modeling Approach," *Geomech. Eng.*, vol. 40, no. 1, pp. 1-11, 2025.
- [2]. P. H. H. Giang, L. H. Tri, and N. T. Phat, "Enhancing riverbank stability A case study on soil improvement through Jet grouting along Can Tho riverbank." p. CTU Journal of Innovation and Sustainable Developm, 2024.
- [3]. J. C. Chai, J. P. Carter, and S. Hayashi, "Ground deformation induced by vacuum Consolidation," *J. Geotech. geoenvironmental Eng.*, vol. 131, no. 12, pp. 1552-1561, 2005.
- [4]. J. Chu, S. W. Yan, and H. Yang, "Soil improvement by the vacuum preloading method for an oil storage station," *Geotechnique*, vol. 50, no. 6, pp. 625-632, 2000.
- [5]. T. A. Tran and T. Mitachi, "Discussion of 'Analytical and numerical solutions for a single vertical drain including the effects of vacuum preloading,'" *Can. Geotech. J.*, vol. 43,

no. 12, pp. 1395-1403, 2006.

[6]. Buddhima Indraratna, C. Rujikiatkamjorn, A. S. (Bala) Balasubramaniam, and G. McIntosh, "Soft ground improvement via vertical drains and vacuum assisted preloading," *Geotext. Geomembranes*, vol. 30, pp. 16-23, 2012.

[7]. B. Indraratna, I. Sathanathan, C. Rujikiatkamjorn, and A. S. Balasubramaniam, "Analytical and numerical modeling of soft soil stabilized by prefabricated vertical drains incorporating vacuum preloading," *Int. J. Geomech.*, vol. 5, no. 2, pp. 114-124, 2005.

[8]. B. Indraratna, C. Rujikiatkamjorn, and I. Sathanathan, "Analytical and numerical solutions for a single vertical drain including the effects of vacuum preloading," *Can. Geotech. J.*, vol. 42, no. 4, pp. 994-1014, 2005.

[9]. D. Apriadi, R. A. Barnessa, and N. A. I. Marsa, "Finite Element Study of Vacuum Preloading and Prefabricated Vertical Drains Behavior for Soft Soil Improvement," *J. Tek. Sipil*, vol. 26, no. 3, pp. 189-194, 2019.

[10]. A. M. Kaisarta and T. Ilyas, "Finite Element Modeling of Soil Improvement Using Vacuum Consolidation with Vertical Drain Method (Case Study: Apartment Project, Tangerang)," *SSRN Electron. J.*, 2021.

[11]. N. Q. Tới and N. T. Chinh, "Nghiên cứu hiệu quả của bắc thăm dọc chế tạo sẵn sử dụng gia tải trước chân không và gia tải trước phụ tải," vol. 14, no. 4, pp. 31-37, 2024.

[12]. N. T. Nụ, "Ứng dụng phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thăm kết hợp hút chân không và gia tải trước tại nhà máy nhiệt điện Long Phú - Sóc Trăng," *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, vol. 55, pp. 46-54, 2016.

[13]. Lê Bá Vinh, "Phân tích ảnh hưởng của bắc thăm lý tưởng và bắc thăm không lý tưởng trong mô phỏng xử lý nền bằng phương pháp hút chân không kết hợp với bắc thăm," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, vol. 4, 2015.

[14]. P.V.Long, "2015_Performance of PVD improved soft ground using vacuum consolidation methods with and without airtigh membrane.pdf."

[15]. Thang Ngoc Nguyen, Tuan Anh Nguyen, and Nhan Tri Vo Tran, "Combined prefabrication vertical drain (PVD) with variable preloading and vacuuming method to improve soft ground in the Mekong Delta," *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 4099, pp. 455-463, 2023.

[16]. N. Puspita and A. Capri, "The effectiveness of vacuum consolidation to soft soil settlement," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 1610-1616, 2020.

[17]. "TCCS 41:2022. Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu," *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.



CÔNG TY CỔ PHẦN CẦU 14

Hơn 50 năm xây dựng và phát triển, Công ty cổ phần Cầu 14 trở thành một trong những doanh nghiệp hàng đầu trong lĩnh vực xây dựng giao thông; đã và đang đóng góp xây dựng nhiều công trình giao thông quan trọng cho đất nước; sẵn sàng đảm nhận các công trình giao thông có quy mô lớn, công nghệ hiện đại với cam kết thực hiện hợp đồng đảm bảo đúng tiến độ, tạo ra những sản phẩm chất lượng cao, thẩm mỹ, mang lại nhiều lợi ích, giá trị bền vững cho cộng đồng và xã hội.



Cầu Đầm Vạc



Cầu Chợ Gạo

NGÀNH NGHỀ KINH DOANH:

- Xây dựng công trình giao thông, công nghiệp và dân dụng. (Cầu, đường, bến cảng, nhà máy, thủy điện, nhà ở, hạ tầng kỹ thuật).
- Sản xuất và chế tạo cấu kiện thép, bê tông phục vụ công nghiệp và dân dụng.
- Sửa chữa, nâng cấp và chế tạo thiết bị thi công công trình.
- Kinh doanh máy móc, thiết bị, vật tư phục vụ thi công công trình.
- Xuất nhập khẩu máy móc, thiết bị, vật tư phục vụ thi công công trình.
- Sản xuất cửa uPVC có lõi thép gia cường.
- Thiết kế công trình cầu, đường bộ, san nền.
- Kinh doanh bất động sản.
- Dịch vụ vận tải hàng hóa bằng đường thủy, ô tô theo hợp đồng.
- Dịch vụ giới thiệu việc làm trong nước.



Nút giao QL 5 Hải Phòng



XI MĂNG CẨM PHẢ

CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN



CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG CẨM PHẢ

 (+84-203) 3 721995
 (+84-203) 3 721996
 (+84-203) 3 714605

 Địa chỉ: Khu công nghiệp Mỹ Xuân A,
Phường Phú Mỹ, TP Hồ Chí Minh,
Việt Nam

CHI NHÁNH PHÍA NAM

 (+84-254) 3899 630
 (+84-254) 3899 629

 VP TP HCM: Lầu 6 số 47 Điện Biên Phủ,
Phường Tân Định, TP Hồ Chí Minh