

08-2025

ISSN 2734-9888

tapchixaydung.vn

# XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION



*Kỷ niệm*

80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM, QUỐC KHÁNH 2/9  
VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)





# 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  
**Phú Quốc** : Đường Dương Đông Cửa Cạn, KP10  
**TP. HCM** : 524 Lý Thường Kiệt, P. Tân Sơn Nhất



**QUÉT MÃ NGAY**  
Để biết thêm  
thông tin chi tiết



# CÔNG TY CỔ PHẦN CẢNG NGHỆ TĨNH

Số 10, đường Trường Thi, Phường Trường Vinh, Tỉnh Nghệ An, Việt Nam

*Kỷ niệm*

**80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM,**

**QUỐC KHÁNH 2/9**

**VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG**

**NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)**





# CÔNG TY CỔ PHẦN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG HẠ TẦNG KHANG NGUYỄN

Cầu Trà Khúc 3 -  
Quảng Ngãi

- Công ty Cổ phần Đầu tư Xây dựng Hạ tầng Khang Nguyên (Khang Nguyên ICI) là nhà thầu chuyên nghiệp trong lĩnh vực thi công cầu và hạ tầng giao thông tại Việt Nam. Trong suốt 15 năm qua, chúng tôi đã thực hiện nhiều công trình cầu cấp đặc biệt và cầu lớn, áp dụng thiết kế hiện đại cùng công nghệ tiên tiến như cầu vòm thép, cầu dây văng, cầu dây võng và cầu extradosed.
- Chúng tôi tự hào là một trong số ít nhà thầu trong nước đầu tư chuyên sâu vào trang thiết bị thi công và phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, đủ năng lực kiểm soát các vấn đề kỹ thuật từ thiết kế đến tổ chức thi công các loại cầu có kết cấu phức tạp. Chúng tôi cam kết đáp ứng đầy đủ các tiêu chuẩn khắt khe về chất lượng và an toàn công trình, mang đến những giải pháp tối ưu và bền vững.
- Với đội ngũ kỹ sư giàu kinh nghiệm, được đào tạo bài bản và không ngừng cập nhật công nghệ thi công hiện đại, Khang Nguyên ICI đảm bảo triển khai các dự án với tiến độ tối ưu và chi phí hợp lý, góp phần phát triển hạ tầng giao thông bền vững tại Việt Nam.



Cầu Kinh Môn





# HABECO



*Tôi yêu*  
**BIA HÀ NỘI**

Người dưới 18 tuổi không được uống rượu bia





# MỤC LỤC CONTENT

08.2025 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 Đoàn Minh Khôi** - Ủy viên  
**GS.TS.KTS Nguyễn Tổ Lăng** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Ngọc Long** - Ủy viên  
**GS.TS Phan Quang Minh** - Ủy viên  
**TS Phan Hữu Duy Quốc** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Thanh Sang** - Ủy viên  
**GS.TS Phạm Cao Thắng** - Ủy viên  
**GS.TS Trịnh Minh Thụ** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh** - Ủy viên  
**PGS.TS Hoàng Tùng** - Ủy viên  
**PGS.TS Tống Trần Tùng** - Ủy viên

## TỔNG BIÊN TẬP:

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

## 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:** Công trình Trung tâm Triển lãm Việt Nam (xã Đông Anh, TP Hà Nội) khánh thành nhân dịp kỷ niệm 80 năm Cách mạng tháng Tám và Quốc khánh 2/9.

KTS PHẠM THANH TÙNG

TUẤN ĐỒNG

HỒNG XIÊM

THẠCH LONG

NGUYỄN PHƯƠNG

TS NGÔ THANH THỦY, TS HUỲNH XUÂN TÍN

THS TRƯƠNG CHÍ NHÂN

TRẦN VĂN TÂM

TS NGUYỄN VĂN CHÍNH

THS PHẠM PHÚ ĐỨC

LÊ VĂN THỊNH

AN NHIÊN

THANH NGÀ

NGUYỄN HOÀNG LINH

CẨM PHÚ

SONG THU

THANH LƯƠNG

THANH PHONG

BẢO CHÂU

HẢI THANH

THUY DƯƠNG

PGS.TS ĐÀO VĂN DINH, TS TRẦN VIỆT HƯNG

CN NGUYỄN THỊ TRÂM, PGS.TS HỒ THỊ THU HÒA,

KS NGUYỄN THANH DANH

TS NGUYỄN THỊ THÙY DUNG,

PGS.TS NGUYỄN MINH HIẾU, TS HÀ THANH TÙNG,

THS NGUYỄN THỊ NGUYỆT QUẾ

KS PHẠM VĂN ĐỒNG, PGS.TS ĐINH ANH TUẤN

TS VŨ THỊ LIÊN

TS HỒ VINH HẠ

THS PHẠM HUY TÙNG, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI

TS ĐỖ VĂN MẠNH, TS TRẦN THỊ THẢO,

PGS.TS TRẦN QUANG HỌC

THS ĐỖ QUANG HƯNG, TS NGUYỄN VĂN TIẾN

## QUẢN LÝ NGÀNH

- 8 Tư tưởng “vì dân” của Chủ tịch Hồ Chí Minh - nền tảng phát triển kiến trúc Việt Nam  
12 Tập trung kiến tạo phát triển ngành Xây dựng  
16 Công đoàn Xây dựng Việt Nam: Sát cánh cùng người lao động, nêu cao tinh thần làm việc “vượt năng, thắng mưa”  
18 Quý Nhà ở quốc gia: Nền tảng để phát triển NOXH theo hướng hiệu quả và bền vững  
20 Phát triển đô thị thông minh gắn với mô hình chính quyền hai cấp

## TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

- 22 Thách thức và giải pháp cho các đơn vị tư vấn thiết kế trong đấu thầu BIM  
26 Áp dụng BIM trong công tác đấu thầu xây dựng tại Việt Nam: Thực trạng, thách thức và giải pháp  
30 Ứng dụng BIM trong quản lý tiến độ và chi phí xây dựng trong giai đoạn thi công tích hợp trên CDE  
32 Giảm thiểu bất đồng trong lựa chọn nhà thầu và triển khai BIM gói thầu xây lắp  
36 Hiệu đúng và áp dụng hiệu quả BIM  
40 Cơ quan quản lý nhà nước làm gì trong giai đoạn thi công xây dựng?

## GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

- 43 Hướng dẫn áp dụng BIM cho công trình cầu

## TRÒ CHUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

- 44 Ngành Xây dựng tái định vị vai trò kỹ thuật truyền thống sang kiến tạo phát triển

## GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

- 50 Kinh tế tư nhân và mô hình Airbnb

## 80 NĂM THÀNH TỰU PHÁT TRIỂN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ NGÀNH GTVT

- 52 Từ lòng đất, khát vọng làm chủ công nghệ hầm  
54 Viện Vật liệu xây dựng: Sẵn sàng cho kỷ nguyên vươn mình  
56 Trung Chính tiên phong ứng dụng công nghệ BIM, nâng tầm quản lý dự án giao thông  
58 Dự án cầu Rạch Miễu 2: Một mẫu hình trong đấu tư công “làm đúng, làm nhanh, làm chắc”  
62 Sức trẻ từ “Mái trường Đại dương”: Sẵn sàng cống hiến cho “Kỷ nguyên vươn mình của dân tộc”

## DOANH NGHIỆP 4.0

- 64 Dữ liệu số nâng chất lượng buýt Thủ đô  
66 Vingroup nhận Huân chương Lao động hạng Nhất vì thành tích đặc biệt xuất sắc tại Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia

## NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

- 80 Thuật toán tìm tọa độ tâm quay trục thời của liên kết đường hàn góc dưới tác dụng của lực lệch tâm  
84 Tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ xuất khẩu sầu riêng tươi từ Tây Nguyên sang Trung Quốc - trường hợp của tỉnh Đắk Lắk  
88 Đánh giá mức độ tham gia vào kinh tế tuần hoàn trong ngành Giao thông vận tải đối với việc sử dụng phương tiện giao thông cá nhân ở Hà Nội  
92 Nghiên cứu, xây dựng hệ thống SCADA thông minh ứng dụng IEC 61850 hỗ trợ chuyển đổi số trong quản lý lưới điện trung thế 22 kV tại Deep C Hải Phòng  
96 Phân tích ảnh hưởng của hàm lượng sợi thủy tinh đến chất lượng sản phẩm nắp che bên ghế xe ô tô bằng mô phỏng ép phun  
100 Nghiên cứu tổng quan về ứng xử va đập của vật liệu xi măng cốt sợi  
104 Nghiên cứu hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi tại các dự án đầu tư xây dựng cảng biển container ở Việt Nam  
108 Phân tích các “điểm nóng” giao thông đô thị từ dữ liệu GNSS bằng phương pháp K-means và KDE tích hợp công nghệ GIS  
112 Nghiên cứu thiết kế bộ biến đổi công suất từ 50 Hz thành 60 Hz theo nguyên lý điều chế vector không gian cho hệ thống cấp điện bờ tại cảng biển





#### INDUSTRY MANAGEMENT

- PHAM THANH TUNG 8 President Ho Chi Minh's "for the people" ideology - the foundation for the development of Vietnamese architecture
- TUAN DONG 12 Focus on creating and developing the Construction industry
- HONG XIEM 16 Vietnam National Union of Building Worker: Standing side by side with workers, upholding the spirit of working "through the sun, through the rain"
- THACH LONG 18 National Housing Fund: Foundation for developing social housing in an effective and sustainable direction
- NGUYEN PHUONG 20 Smart urban development associated with two-level local government model

#### FROM POLICY TO LIFE

- NGO THANH THUY, HUYNH XUAN TIN 22 Challenges and solutions for design consultants in BIM bidding
- TRUONG CHI NHAN 26 Applying BIM in construction bidding in Vietnam: Current situation, challenges and solutions
- TRAN VAN TAM 30 BIM application in construction progress and cost management during the construction phase integrated on CDE
- NGUYEN VAN CHINH 32 Minimizing disagreement in contractor selection and BIM implementation of construction packages
- PHAM PHU DUC 36 Understand and effectively apply BIM
- LE VAN THINH 40 What do state management agencies do during the construction phase?

#### ABOUT NEW BOOK

- AN NHIEU 43 Guide to applying BIM to bridge construction

#### TALK WITH EXPERTS

- THANH NGA 44 Construction industry repositions traditional technical role to development creation

#### PERSPECTIVE TO PRACTICAL

- NGUYEN HOANG LINH 50 Private economy and the Airbnb model

#### 80 YEARS OF ACHIEVEMENTS IN SCI-ENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN THE TRANSPORT INDUSTRY

- CAM PHU 52 From the depths of the earth, the aspiration to master tunneling technology
- SONG THU 54 Vietnam Institute for Building Materials: Ready to rise in a new era
- THANH LUONG 56 Trung Chinh pioneers in applying BIM technology, improving traffic project management
- THANH PHONG 58 Rach Mieu 2 Bridge Project: A model in public investment "doing it right, doing it quickly, doing it solidly"
- BAO CHAU 62 The Youth from the 'School of the Ocean': Ready to contribute to the Nation's new era of rise

#### ENTERPRISE 4.0

- HAI THANH 64 Digital data improves the quality of capital city buses
- THUY DUONG 66 Vingroup was awarded the First-Class Labour Order for its outstanding achievements at Vietnam National Exposition Center

#### SCIENTIFIC RESEARCH

- DAO VAN DINH, TRAN VIET HUNG 80 Algorithm for determining the instantaneous rotation center coordinates of fillet weld joints under the effect of eccentric force
- NGUYEN THI TRAM, HO THI THU HOA, NGUYEN THANH DANH 84 Optimizing the transport network for fresh durian export from Vietnam's central highlands to China - a case of Dak Lak province
- NGUYEN THI THUY DUNG, NGUYEN MINH HIEU, HA THANH TUNG, THS NGUYEN THI NGUYET QUE 88 Assessing the level of participation in the circular economy in the Transportation sector in relation to the use of personal vehicles in Hanoi
- PHAM VAN DONG, DINH ANH TUAN 92 Research and development of an intelligent SCADA system applying IEC 61850 to support digital transformation in the management of 22 kV medium voltage grid at Deep C industrial zone, Hai Phong
- VU THI LIEN 96 Analysis of the effect of glass fiber content on the quality of car seat side cover using injection molding simulation
- HO VINH HA 100 Literature review on the impact behavior of fiber-reinforced cementitious composites
- PHAM HUY TUNG, NGUYEN LUONG HAI 104 An analysis of the operational efficiency of yard cranes in container terminal construction projects in Vietnam
- DO VAN MANH, TRAN THI THAO, TRAN QUANG HOC 108 Analyzing urban traffic hotspots from GNSS data Using K-means and KDE integrated with GIS technology
- DO QUANG HUNG, NGUYEN VAN TIEN 112 A study on the design of a power converter from 50 Hz to 60 Hz using space vector modulation for shore-to-ship power supply systems

#### 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

08.2025 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 Tổ Lăng** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Ngọc Long** - Ủy viên  
**GS.TS Phan Quang Minh** - Ủy viên  
**TS Phan Hữu Duy Quốc** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Thanh Sang** - Ủy viên  
**GS.TS Phạm Cao Thắng** - Ủy viên  
**GS.TS Trịnh Minh Thụ** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến** - Ủy viên  
**PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh** - Ủy viên  
**PGS.TS Hoàng Tùng** - Ủy viên  
**PGS.TS Tống Trấn 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 Sĩ Cường  
**In tại:** Công ty TNHH In Quang Minh  
Địa chỉ: Số 27, Ngõ 785 Trương Định, P. Hoàng  
Mai, TP Hà Nội.

- THS PHẠM CHÍ DŨNG 117 Nghiên cứu đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt  
THS TRẦN TUẤN PHONG, 120 Xây dựng các chỉ tiêu đánh giá hoạt động kiểm soát vốn đầu tư công xây dựng công trình  
PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI giao thông tại Việt Nam  
TS PHÍ VĂN LÂM, TS TRẦN THỊ LAN, 123 Thiết kế và xây dựng hệ thống quản lý bãi gửi xe thông minh trên nền tảng điện thoại  
NGUYỄN CÔNG BÁCH thông minh  
THS PHẠM THANH TÙNG, THS ĐỖ THÁI GIANG 128 Thiết kế hệ thống lái tự động tàu thủy sử dụng điều khiển dự báo dựa trên mô hình MLD có  
đầu vào bão hòa  
LÊ VĂN THỨC 133 Nghiên cứu, đánh giá an toàn và khả năng tiếp nhận tàu container trọng tải đến 250.000  
DWT của cảng biển khu vực Cái Mép TP.HCM  
THS LÊ QUỲNH NGA, PGS.TS ĐÀO VĂN DINH, 136 Nghiên cứu đánh giá các phương pháp thử nghiệm thâm nhập ion clo trong kết cấu bê tông  
TS TRẦN VIỆT HƯNG cốt thép  
THS LÊ THỊ THANH HẰNG 140 Các nhân tố ảnh hưởng tới việc phát triển tín dụng xanh của các đơn vị vận tải ở Việt Nam  
THS NGUYỄN HỮU ANH 143 Đánh giá hiệu năng khai thác của kết cấu cầu dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực thi công  
theo phương pháp đúc hẫng cân bằng thông qua chương trình thử tải tĩnh và động  
PGS.TS LÊ ANH ĐỨC, PHAN CHÍ DŨNG, 148 Tiếp cận Hình thái học đô thị: Nghiên cứu khu vực Bến Bình Đông phát triển và bảo tồn giá  
trị không gian kiến trúc  
VŨ ĐỨC NGUYỄN  
TS TRẦN NGỌC PHÚ, THS NGUYỄN NHƯ MẠNH 154 Quản lý phát triển các khu công nghiệp trên địa bàn tỉnh Hưng Yên theo hướng bền vững  
PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG  
NGUYỄN THỊ HƯƠNG TRUNG, LÝ AN, HỒ TRẦN CHINH 158 Tích hợp quy hoạch đô thị bền vững gắn với cải cách chính quyền hai cấp ở Việt Nam  
NGUYỄN QUỐC VINH, NGUYỄN ANH VŨ, 163 Đề xuất quy hoạch sử dụng đất carbon thấp tại làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt  
PHẠM LINH ĐAN, TRẦN LÊ THANH AN 168 Tương quan giữa quá trình biến đổi thích ứng với hạn của cấu trúc không gian đô thị và các  
chỉ số viễn thám NDVI và LST: Trường hợp TP Phan Rang-Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận (nay  
thuộc tỉnh Khánh Hòa)  
NGUYỄN HẢI QUANG, LÊ THANH TOÀN 175 Cải thiện quy trình đấu tư công nhóm C tại địa phương trong bối cảnh cải cách hành chính  
NGUYỄN MINH NHẤT  
THS NGUYỄN THỊ THANH PHƯƠNG 180 Sự lựa chọn của nhà đầu tư: Các yếu tố trọng yếu ảnh hưởng quyết định tham gia dự án PPP  
185 Nghiên cứu rào cản trong quá trình thực hiện (rào cản đầu ra) tác động đến các dự án PPP  
giao thông đường bộ  
THS.KS PHẠM ANH TUẤN 190 Nâng cao vai trò và trách nhiệm của Văn phòng Quản lý Dự án (PMO) trong các dự án  
phát triển bất động sản tại Việt Nam: Nghiên cứu điển hình dự án cao tầng RSR  
PHAN THANH PHƯƠNG, NGUYỄN THANH PHONG 196 Các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách tại TP.HCM  
VŨ TÀI TOÀN, TS LÊ HOÀI LONG, 200 Tiêu chí đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của nhà thầu xây dựng: Tổng quan tài  
liệu có hệ thống  
TS ĐẶNG NGỌC CHÂU, TS VŨ ĐĂNG KHOA  
TS NGUYỄN ĐÌNH HUẤN, TS NGUYỄN PHƯỚC QUÝ AN 205 Đánh giá hiệu quả xử lý bụi của hệ thống lọc không khí kết hợp HEPA và hấp thụ dạng phun nước  
PGS.TS NGUYỄN LÂM QUẢNG, 208 Giải pháp xử lý chất thải rắn sinh hoạt bằng công nghệ thiêu đốt thu hồi năng lượng tại  
PGS.TS NGHIÊM VĂN KHANH Việt Nam: Cơ hội, tiềm năng và thách thức  
THS NGUYỄN THẾ LỬ 214 Nghiên cứu ứng dụng giải pháp tunnel thấm ngầm nước xuống lòng đất nhằm cải thiện và  
bổ cấp nước ngầm trong các khu vực đô thị Việt Nam  
THS CAO QUANG KHẢI, PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI 220 Phân tích tác động của phát thải xe máy đến chất lượng không khí tại các đô thị lớn Việt Nam  
NGUYỄN PHƯƠNG TÚ, LƯƠNG THANH TÂM, 224 Đánh giá sự phát thải khí nhà kính từ hoạt động của Nhà máy chế biến thức ăn gia súc  
PHẠM ĐỨC TIẾN Xuân Mai  
NGUYỄN SƠN TÙNG, LƯƠNG MINH CHÍNH 227 Ứng dụng radar xuyên đất trong chẩn đoán kết cấu bê tông  
ĐỖ NGUYỄN DUY MINH, NGUYỄN NGỌC THẮNG 232 Ứng dụng phương pháp half-range function trong tính toán độ võng dầm chịu tải trọng  
bất liên tục  
TS PHẠM THANH BÌNH, TS MAI VIỆT CHINH, 238 Tính toán sụp đổ lũy tiến kết cấu nhà bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn SP 385.1325800.2018  
TS NGUYỄN HỮU THẾ  
TS NGUYỄN PHI LONG, NGUYỄN TRÚC LIN NA 244 Tiến bộ trong nghiên cứu an toàn cháy cho kết cấu bê tông và thép tại Việt Nam và quốc tế  
THS ĐÌNH VĂN TÙNG, KS TRẦN THẾ LONG, 250 Khảo sát ảnh hưởng của tường xây chèn tới độ cứng ngang của khung bê tông cốt thép  
PGS.TS NGUYỄN TRƯỜNG THẮNG bằng mô hình số  
TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY, PGS.TS BUI MẠNH HÙNG 255 An toàn trong phá dỡ công trình xây dựng - Bài học rút ra cho Việt Nam từ Tiêu chuẩn SP  
325.1325800.2017 của Liên bang Nga  
KS LÊ MẠNH HÀ, PGS.TS NGUYỄN VĂN TIẾP 258 Tối ưu hóa mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM) hỗ trợ kỹ thuật hàng hải toàn cầu:  
Nghiên cứu trường hợp Lemar PTE LTD  
THS LÊ DUY HOÀN, KTS.TS LÊ KIM THƯ 261 Cải thiện chất lượng tạo ảnh của hệ thống mã hóa mặt sóng cho mặt nạ pha đối xứng xuyên  
tâm  
LÊ HOÀNG SƠN, NGÔ THỊ THANH HƯƠNG, 264 Nghiên cứu giải pháp quản lý bảo trì mặt đường bê tông nhựa thích ứng nhiệt độ cao do  
biến đổi khí hậu tại Kiên Giang (nay thuộc tỉnh An Giang)  
LÊ THỊ HIẾN, NGUYỄN KHẮC HOÀNG, HỒ QUỐC BẢO 268 Đặc tính chịu nén, thiết lập tương quan modul đàn hồi và biến dạng đỉnh với cường độ chịu  
nén của UHPC dùng cốt liệu cát sông  
BUI THỊ NINH, PHẠM NGỌC SÁNG 274 Dự đoán khả năng chịu tải và độ võng của dầm cao UHPC bằng lý thuyết động học hai tham số  
NGUYỄN PHÚC ANH, BUI VĂN HỒNG LĨNH





|                                                                  |     |                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PHAM CHI DUNG                                                    | 117 | Study on the safety assessment of railway passenger station structures                                                                                                                                                    |
| TRAN TUAN PHONG, NGUYEN LUONG HAI                                | 120 | Development of evaluation indicators for assessing the effectiveness of public investment capital control in transport infrastructure construction in Vietnam                                                             |
| PHI VAN LAM, TRAN THI LAN, NGUYEN CONG BACH                      | 123 | Design and development of a smart parking management system on a smartphone platform                                                                                                                                      |
| PHAM THANH TUNG, DO THAI GIANG                                   | 128 | Design of a ship automatic steering system using predictive control based on MLD model with saturated input                                                                                                               |
| LE VAN THUC                                                      | 133 | Study and assessment of safety and feasibility for accommodating container vessels of up to 250.000 DWT at seaports in Cai Mep area, Hochiminh City                                                                       |
| LE QUYNH NGA, DAO VAN DINH, TRAN VIET HUNG                       | 136 | Research and evaluation of chloride ion penetration testing methods in concrete structures                                                                                                                                |
| LE THI THANH HANG                                                | 140 | Factors affecting the development of green credit for transport enterprises in Vietnam                                                                                                                                    |
| NGUYEN HUU ANH                                                   | 143 | A comprehensive programme of static and dynamic load testing was conducted to evaluate the operational performance of prestressed reinforced-concrete box-girder structures constructed by the balanced-cantilever method |
| LE ANH DUC, PHAN CHI DUNG, VU DUC NGUYEN                         | 148 | "Urban Morphological approach: A study of the Ben Binh Dong Area development and preservation of architectural spatial values"                                                                                            |
| TRAN NGOC PHU, NGUYEN NHU MANH                                   | 154 | Managing the development of industrial parks in Hung Yen province in a sustainable direction                                                                                                                              |
| NGUYEN VU PHUONG                                                 | 158 | Integration of Sustainable Urban Planning with Two-Tier Government Reform in Vietnam                                                                                                                                      |
| NGUYEN THI HUONG TRUNG, LY AN, HO TRAN CHINH                     | 163 | Proposal for low carbon land-use planning in Van Thanh Flower Village, Da Lat                                                                                                                                             |
| NGUYEN QUOC VINH, NGUYEN ANH VU, PHAM LINH DAN, TRAN LE THANH AN | 168 | Correlation between the drought-adaptive transformation of urban spatial structure and remote sensing indices NDVI and LST. A case of Phan Rang-Thap Cham City, Ninh Thuan, (Province currently Khanh Hoa)                |
| NGUYEN HAI QUANG, LE THANH TOAN                                  | 175 | Improving the Public Investment Process for Group-C Projects at the Local Level in the Context of Administrative Reform                                                                                                   |
| NGUYEN MINH NHAT                                                 | 180 | Investor's choice: key factors influencing the decision to participate in PPP projects                                                                                                                                    |
| NGUYEN THI THANH PHUONG                                          | 185 | Exploring implementation barriers at the output stage in public-private partnership PPP road transport projects                                                                                                           |
| PHAM ANH TUAN                                                    | 190 | Enhancing project management office (PMO) roles and responsibilities in real estate development projects in Vietnam: A case study of the RSR high-rise project                                                            |
| PHAN THANH PHUONG, NGUYEN THANH PHONG                            | 196 | Risk factors of public-funded Healthcare construction investment projects in Ho Chi Minh City                                                                                                                             |
| VO TAI TOAN, LE HOAI LONG, DANG NGOC CHAU, VO DANG KHOA          | 200 | Evaluation criteria for the bidding readiness of construction contractors: A systematic literature review                                                                                                                 |
| NGUYEN DINH HUAN, NGUYEN PHUOC QUY AN                            | 205 | Evaluation of dust removal efficiency of an air filtration system combined with HEPA and water spray absorption                                                                                                           |
| NGUYEN LAM QUANG, NGHIEM VAN KHANH                               | 208 | Municipal solid waste treatment solutions using waste-to-energy incineration technology in Vietnam: Opportunities, potential and challenges                                                                               |
| NGUYEN THE LU                                                    | 214 | Research on the application of underground water infiltration tunnel solutions to improve and replenish groundwater in urban areas of Vietnam                                                                             |
| CAO QUANG KHAI, NGUYEN HONG THAI                                 | 220 | Analyzing the impact of motorcycle emissions on air quality in major Vietnamese Cities                                                                                                                                    |
| NGUYEN PHUONG TU, LUONG THANH TAM, PHAM DUC TIEN                 | 224 | Assessment of greenhouse gas emissions from activities at Xuan Mai Animal Feed processing Factory                                                                                                                         |
| NGUYEN SON TUNG, LUONG MINH CHINH                                | 227 | Application of Ground Penetrating Radar in Concrete Structure Diagnostics                                                                                                                                                 |
| DO NGUYEN DUY MINH, NGUYEN NGOC THANG                            | 232 | Application of the half-range function method to calculate the deflection of beam under discontinuous loads                                                                                                               |
| PHAM THANH BINH, MAI VIET CHINH, NGUYEN HUU THE                  | 238 | Progressive collapse analysis of reinforced concrete building structures according to standard SP 385.1325800.2018                                                                                                        |
| NGUYEN PHI LONG, NGUYEN TRUC LIN NA                              | 244 | Advances in fire safety research for concrete and steel structures in Vietnam and globally                                                                                                                                |
| DINH VAN TUNG, TRAN THE LONG, NGUYEN TRUONG THANG                | 250 | Numerical modeling study on the effect of infill masonry walls on the lateral stiffness of reinforced concrete frames                                                                                                     |
| NGUYEN TRUONG HUY, BUI MANH HUNG                                 | 255 | Safety in construction demolition - Lessons learned for Vietnam from Russian Federation Standard SP 325.1325800.2017                                                                                                      |
| LE MANH HA, NGUYEN VAN TIEP                                      | 258 | Optimizing the technical intelligent orchestration model (TIOM) for global maritime technical support: A case study of Lemar PTE LTD                                                                                      |
| LE DUY HOAN, LE KIM THU                                          | 261 | Improving the imaging quality of wavefront coding systems for radially symmetric phase masks                                                                                                                              |
| LE HOANG SON, NGO THI THANH HUONG,                               | 264 | Research on solutions for managing and maintaining asphalt concrete pavements to adapt to high temperatures due to climate change in Kien Giang now part of (An Giang) province                                           |
| LE THI HIEN, NGUYEN KHAC HOANG, HO QUOC BAO                      | 268 | Compressive properties, establishing correlation between elastic modulus and peak strain with compressive strength of UHPC using river sand                                                                               |
| BUI THI NINH, PHAM NGOC SANG                                     | 274 | Modeling shear strength and deflection response of UHPC deep beams using twoParameter kinematic theory                                                                                                                    |
| NGUYEN PHUC ANH, BUI VAN HONG LINH                               |     |                                                                                                                                                                                                                           |

#### 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.**

# Tư tưởng “vì dân” của Chủ tịch Hồ Chí Minh - Nền tảng phát triển Kiến trúc Việt Nam



**KTS PHẠM THANH TÙNG\***

**1** Cuộc đời hoạt động cách mạng vĩ đại của Chủ tịch Hồ Chí Minh đã để lại cho Đảng ta, dân tộc ta một di sản tinh thần vô cùng to lớn và quý giá, đó là Tư tưởng Hồ Chí Minh. Đây là một hệ thống quan điểm toàn diện và sâu sắc về những vấn đề cơ bản của cách mạng Việt Nam, không chỉ là ngọn đuốc soi đường cho toàn bộ quá trình đấu tranh của Đảng ta, nhân dân ta đi từ thắng lợi này đến thắng lợi khác trong gần 100 năm qua, mà còn là ánh sáng mãi mãi soi đường cho sự nghiệp xây dựng, phát triển và bảo vệ Tổ quốc Việt Nam hiện nay và trong kỷ nguyên mới.

Tư tưởng vì dân, giản dị, tiết kiệm, không phô trương lãng phí của Người chính là nền tảng phát triển của kiến trúc Việt Nam, đặc biệt là trong giai đoạn xây dựng chủ nghĩa xã hội. Đó là kim chỉ nam định hướng cho mọi hoạt động thiết kế, quy hoạch, xây dựng, nhằm phục vụ tốt nhất lợi ích lâu bền của đất nước, hạnh phúc của nhân dân.

Không chỉ là Lãnh tụ thiên tài của dân tộc ta, mà Bác còn là nhà văn hóa lớn, danh nhân văn hóa thế giới. Ở Bác hội tụ tinh hoa của văn hóa thế giới, của châu Âu, của phương Đông và của văn hóa truyền thống dân tộc. Vì thế, để thể hiện tư tưởng của mình, Người luôn chọn cách thể hiện cô đọng nhất, trong sáng nhất, giản dị nhất để đi vào lòng người bằng con đường ngắn nhất.

Cách đây đã lâu, tình cờ tôi được đọc hồi ký của Đại tá Hoàng Hữu Kháng, nguyên Cục trưởng Cục Cảnh vệ (Bộ Công an), người đã trực tiếp bảo vệ Bác Hồ từ năm 1945 đến 1951, trong đó có nhắc đến mấy câu thơ sau: *“Trên có núi/ Dưới có sông/ Có đất ta trồng/ Có bãi ta vui/ Tiệm đường sang Tổng bộ/ Thuận lối tới Trung ương/ Nhà thoáng ráo, kín mái/ Gần dân, không gần đường”*. Theo tác giả, đó là lời Bác dặn các chiến sĩ cảnh vệ mỗi khi chọn địa điểm, vị trí làm lán, dựng nhà cho Bác ở chiến khu Việt Bắc. Vì trong những năm kháng chiến

chống Pháp, Bác Hồ đã phải nhiều lần chuyển chỗ ở để đảm bảo an toàn. Gọi là nhà cho sang, chứ thực ra chỉ là cái lán được dựng trong rừng già, bằng tre nứa, mái lợp lá gồi. Anh em cảnh vệ nghe nhiều thành quen. Lời Bác dặn giống như bài thơ, dễ nhớ. Cũng theo Đại tá Kháng, thì tìm được một địa điểm đúng theo yêu cầu của Bác không dễ dàng chút nào. Không những thế Bác còn dạy luôn cả cách làm nhà sao cho diện tích vừa đủ, tiện cho sinh hoạt, làm việc, tiết kiệm được công sức và bảo vệ được cây cối *“làm lán phải dựa vào cây, không được chặt cây”*. Bác thích ở nhà sàn, vì theo Bác *“nhà sàn vừa vệ sinh, vừa phù hợp với nơi rừng núi”*... (Chuyện kể của những người giúp việc Bác Hồ, NXB Thông tấn, Hà Nội - 2003).

Khi Hội nghị thành lập Đoàn Kiến trúc sư Việt Nam (tức Hội KTS Việt Nam ngày nay) được tiến hành ngày 27/4/1948 tại thôn Thản Sơn, Lập Thạch, Vĩnh Yên, Bác Hồ đã gửi Thư chúc mừng và căn dặn: *“...Chúng ta phải tùy hoàn cảnh mà xây dựng ngay trong khi kháng chiến và sau khi kháng chiến thành công. Tôi mong Hội nghị sẽ đi tới những kế hoạch thiết thực với tình thế hiện tại, và những chương trình kiến thiết hợp với tương lai, kế hoạch và chương trình đúng tinh thần Đời Sống Mới. Tôi lại mong Hội nghị chú trọng đặc biệt tới vấn đề nhà ở tại thôn quê, tìm ra những kiểu nhà giản dị và cao ráo, sáng sủa và rẻ tiền”* (Tư liệu lưu trữ của Bảo tàng Hồ Chí Minh và Hội KTS Việt Nam).

Sau khi kháng chiến thắng lợi, Thủ đô được giải phóng (10/10/1954), miền Bắc bắt đầu vào công cuộc kiến thiết và xây dựng chủ nghĩa xã hội với vô vàn khó khăn về nguồn lực và tài chính. Nhưng với quyết tâm của Chính phủ nhằm ổn định đời sống cho nhân dân, cho cán bộ, công nhân, gia đình từ chiến khu trở về, từ miền Nam tập kết ra Bắc... các khu nhà ở tập thể 4 - 5 tầng đầu tiên được xây dựng ở Hà Nội, như khu tập thể Kim Liên, Nguyễn Công Trứ... với

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



sự giúp đỡ của các chuyên gia Triều Tiên. Đặc biệt, công tác quy hoạch xây dựng Thủ đô được Bác Hồ rất quan tâm. Ngày 29/8/1958, phát biểu tại Hội nghị của Bộ Chính trị bàn về mở rộng Hà Nội theo kế hoạch dài hạn, Bác đã nêu rõ: “Mở rộng thành phố phải căn cứ vào thiên thời (mưa, gió, nắng...), địa lợi (địa chất, sông hồ...) và nhân hoà (lợi ích của nhân dân, của Chính phủ...). Xây dựng phải có quy hoạch, đồng bộ, làm từng bước và chú ý cả nội và ngoại thành Hà Nội”. Đến Hội nghị Bộ Chính trị nghe báo cáo về đồ án quy hoạch xây dựng Hà Nội mở rộng (ngày 16/11/1959), sau khi xem xét đồ án, Bác Hồ đã căn dặn rất cụ thể: “Trong thiết kế phải đồng bộ đường sá, hệ thống thoát nước, lưới điện... tránh cản trở sự đi lại của nhân dân. Phải có quy hoạch trước, tránh làm rối lại phá đi”. Bác cũng nhắc: “Công tác quy hoạch phải hợp lý, bảo đảm được cả về kinh tế, mỹ quan và quốc phòng, phải có kế hoạch vận động quần chúng tham gia, có Ban phụ trách để chịu trách nhiệm, tránh lỗi lầm, lãng phí”; “Quy hoạch thành phố phải có nhiều cây xanh, đường phải thẳng, có đường trung tâm buôn bán, hệ thống cống ngầm phải đảm bảo vệ sinh, hệ thống đường xe điện, xe lửa phải bố trí sao cho phù hợp”.

Bác rất quan tâm đến các công trình phục vụ văn hóa, giáo dục, đời sống của nhân dân như công viên, trường học, bệnh viện, nhà văn hóa... Đầu năm 1960, thấy Quốc hội chưa có nơi họp khang trang, nên Chính phủ quyết định làm một hội trường có quy mô lớn, hoành tráng ở khu Quần Ngựa để làm nơi họp Quốc hội và gấp rút thành lập Ban chỉ huy xây dựng. Khi biết tin, Bác đã nói: “Chưa nên làm vì dân ta còn khổ quá. Bao giờ dân ta khá hơn, xóa được các nhà ổ chuột thì hãy làm. Mình nghèo anh em ai người ta cũng biết, không có gì phải xấu hổ vì không có hội trường lớn”. Thực hiện lời khuyên của Bác, việc xây Hội trường lớn được dừng lại và Trung ương đã quyết định xây dựng một Hội trường có quy mô vừa phải, đối diện Lễ đài Ba Đình, gọi là Hội trường Ba Đình để làm nơi họp Quốc hội. Hai KTS tài danh tốt nghiệp Trường Mỹ thuật Đông Dương là Trần Hữu Tiềm và Nguyễn Cao Luyện đã vinh dự được giao thiết kế công trình lịch sử một thời này.

Ngay cả ngôi nhà sàn Bác Hồ ở Phủ Chủ tịch (do KTS Nguyễn Văn Ninh thiết kế) không chỉ là một công trình kiến trúc đơn thuần, mà còn là biểu tượng sống động, nơi hội tụ và tỏa sáng những đức tính cao đẹp của Bác. Dù là nơi làm việc, nơi ở của vị lãnh tụ vĩ đại, nhưng kiến trúc ngôi nhà lại vô cùng giản dị, mộc mạc, phản ánh rõ nét triết lý sống và đạo đức cách mạng của Người. Giữa lòng khu Phủ Chủ tịch uy nghi, tráng lệ, ngôi nhà sàn gỗ mộc mạc, bé nhỏ nép mình dưới tán cây xanh mát, đối lập với vẻ lộng lẫy của dinh thự xung quanh. Ngôi nhà chỉ hai tầng với vật liệu quen thuộc như gỗ, mái ngói. Nội thất cũng hết sức tối giản, một chiếc giường nhỏ, một bộ bàn ghế gỗ, một giá sách đơn sơ và vài vật dụng cá nhân thiết yếu. Không có bất kỳ sự xa hoa, phô trương nào. Mọi thứ được tính toán sao cho hiệu quả, bền vững và tối thiểu chi phí. Ở đây không có đồ đạc đắt tiền, hay trang trí cầu kỳ, mỗi vật dụng đều phục vụ một mục đích rõ ràng và được giữ gìn cẩn thận. Sự lựa chọn sống trong căn nhà sàn này thay vì ở dinh thự sang trọng đã thể hiện tính khiêm tốn tột cùng của Bác. Người luôn muốn sống hòa mình với thiên nhiên, gần gũi với đời sống của

nhân dân lao động, không tự đặt mình lên trên quần chúng. Đây là minh chứng cho câu nói nổi tiếng của Người “Tôi chỉ có ham muốn, ham muốn tột bậc là làm sao cho nước ta được hoàn toàn độc lập, dân ta được hoàn toàn tự do, đồng bào ta ai cũng có cơm ăn áo mặc, ai cũng được học hành”. Trong hoàn cảnh đất nước còn nhiều khó khăn, thiếu thốn, Bác Hồ luôn là tấm gương sáng về tinh thần tiết kiệm và chống lãng phí. Ngôi nhà sàn của Bác là minh chứng cụ thể cho đức tính này. Ngay cả vườn cây, ao cá xung quanh nhà cũng được Bác tự tay chăm sóc, vừa tạo cảnh quan xanh mát vừa là nơi Bác thư giãn, tập thể dục sau những lúc làm việc căng thẳng, bận rộn. Nhà sàn Bác Hồ tọa lạc trong một không gian xanh yên bình với vườn cây ao cá, hàng rào dâm bụt. Bác thường xuyên dành thời gian cho cá ăn, tập thể dục mỗi sáng sớm. Lối sống gần gũi thiên nhiên không chỉ giúp Bác giữ gìn sức khỏe mà còn thể hiện một tâm hồn thanh cao thoát tục. Lối sống này còn phản ánh tình yêu của Bác đối với đất nước, con người, văn hóa, cảnh vật Việt Nam. Một tình yêu bình dị mà sâu sắc. Trong bối cảnh kiến trúc hiện đại du nhập, Bác vẫn chú trọng đến việc gìn giữ và phát huy những giá trị kiến trúc truyền thống, như việc sử dụng vật liệu tự nhiên (tre, gỗ, ngói...), thiết kế thông gió tự nhiên, tận dụng ánh sáng mặt trời, và tạo không gian sống gần gũi với thiên nhiên (sân vườn, ao cá). Đồng thời, Bác cũng khuyến khích sự sáng tạo, đổi mới trên nền tảng truyền thống để tạo ra những công trình vừa hiện đại vừa mang hồn cốt Việt Nam. Điều này không chỉ giúp công trình thích nghi tốt với khí hậu nhiệt đới gió mùa mà còn góp phần bảo tồn và phát huy di sản văn hóa.

**2** Là người làm nghiên cứu kiến trúc, tôi luôn tìm thấy trong những lời căn dặn rất đỗi giản dị mà vô cùng sâu sắc của Bác cách đây hơn 70 năm, chứa đựng một tư tưởng lớn vì dân, gần dân, khiêm tốn, giản dị, không phô trương, thể hiện một tầm nhìn xa và rộng, một tư duy hiện đại trong phát triển dù ở bất kỳ hoàn cảnh nào, giai đoạn nào của đất nước. Những điều Bác đặt ra rất thiết thực, không cao siêu, nhưng chứa đựng các nguyên tắc rất cơ bản của nghệ thuật quy hoạch kiến trúc phương Đông và phương Tây, trân trọng bản sắc văn hóa dân tộc, từ cách chọn địa điểm phù hợp với phong thủy (tựa núi - nhìn sông) cho đến giao thông thuận tiện nhất, đi lại gần nhất, phù hợp với hoàn cảnh thực tế (cái mà quy hoạch hiện đại châu Âu những năm cuối thế kỷ 20 và đầu thế kỷ 21 đề cập đến đó là kiến trúc xanh; thành phố 15 phút...). Nhà ở dù đơn sơ, chỉ sử dụng vật liệu tự nhiên sẵn có như tre, nứa, lá gồi nhưng phải thoáng mát, cao ráo, kín mái, diện tích sử dụng, vừa đủ tránh lãng phí, hài hòa với thiên nhiên (kiến trúc xanh, thích dụng, kinh tế, phù hợp với đối tượng, hoàn cảnh). Những vấn đề mà Bác chỉ ra cho ngành kiến trúc, quy hoạch nước ta đã thể hiện sâu sắc tư tưởng của Người, kiến trúc phải có văn hóa, có bản sắc và có tính hiện đại. Kiến trúc phải vì dân, phục vụ đời sống của nhân dân, vì lợi ích của đất nước.

Chúng ta đã qua nửa thế kỷ đất nước thống nhất (1975 - 2025), trong đó có 40 năm Đổi mới (1986 - 2025) và bây giờ là cuộc cách mạng tinh giản biên chế, “sắp xếp lại giang sơn”



Chủ tịch Hồ Chí Minh xem mô hình Quy hoạch xây dựng Thủ đô Hà Nội (16/11/1959).

với bộ máy hành chính hai cấp, bước vào kỷ nguyên số, kỷ nguyên vươn mình của dân tộc, hoàn thành xã hội chủ nghĩa để trở thành một nước phát triển với mục tiêu dân giàu, nước mạnh, xã hội dân chủ công bằng văn minh. Cuộc cách mạng về tinh giản biên chế, thu gọn tổ chức bộ máy hành chính, từ 64 tỉnh thành phố sau khi sáp nhập nay còn 34 tỉnh thành phố, trong đó có 6 thành phố trực thuộc Trung ương; 3.321 đơn vị hành chính cấp xã (bao gồm 2.621 xã, 687 phường và 13 đặc khu), giảm đáng kể so với 10.035 đơn vị trước đó, bỏ hoàn toàn cấp trung gian là cấp quận/ huyện. Việc sắp xếp lại địa giới hành chính các tỉnh sẽ đặt ra cho công tác kiến trúc quy hoạch một khối lượng rất lớn, đó là phải lập mới quy hoạch chung cho từng tỉnh (mới), dù quy hoạch chung cũ đã được cấp có thẩm quyền phê duyệt, để phù hợp với sự thay đổi của chức năng đô thị, định hướng phát triển của địa phương, kết nối hệ thống giao thông, kỹ thuật hạ tầng... Quy hoạch phân khu, quy hoạch chi tiết trong địa bàn cũ sẽ phải thay đổi, và nếu còn hiệu lực cũng phải điều chỉnh hoặc tích hợp cho phù hợp với quy hoạch chung mới. Đây cũng là dịp để chúng ta nhìn nhận lại những vấn đề còn bất cập trong các đồ án quy hoạch chung đã được phê duyệt, kể cả quy hoạch chung Thủ đô Hà Nội và TP.HCM, để có sự điều chỉnh kịp thời phù hợp với sự phát triển chung của đất nước trong kỷ nguyên mới. Các quy hoạch mới được lập (với sự hỗ trợ của trí tuệ nhân tạo - AI, dữ liệu lớn - Big Data, Internet vạn vật kết nối - IoT, điện toán đám mây - Cloud, GIS...) sẽ phải là quy hoạch kiến tạo phát triển, thể hiện được tư duy mới, tầm nhìn thời đại, vì lợi ích bền vững lâu dài của đất nước, vì hạnh phúc của nhân dân trước biến đổi khí hậu và địa chính trị

phức tạp đang diễn ra trên thế giới. Sắp tới đây, tuyến đường sắt cao tốc Bắc - Nam, một dự án chiến lược, xương sống của nền kinh tế, với vốn đầu tư khoảng 67 tỷ USD được triển khai xây dựng sẽ cùng với hệ thống đường bộ cao tốc hình thành các trục phát triển đô thị xuyên quốc gia, gắn kết các đô thị lớn như Hà Nội, Vinh, Đà Nẵng, Nha Trang, TP.HCM và các đô thị dọc tuyến. Với việc phát triển TOD (Đô thị kết nối giao thông công cộng), một loạt các khu đô thị mới, trung tâm dịch vụ, thương mại, kinh tế... quanh các nhà ga lớn sẽ hình thành trên tuyến đường sắt cao tốc này, tạo điều kiện để thu hút dân cư, giảm áp lực lên các đô thị trung tâm hành chính, thiết lập bản đồ phân bố dân cư mới cho các địa phương nơi đường sắt cao tốc đi qua. Và như thế, sự xuất hiện của đường sắt cao tốc Bắc - Nam và hệ thống đường bộ cao tốc cũng sẽ định hình lại không gian phát triển hệ thống đô thị và cấu trúc lại mạng lưới giao thông quốc gia một cách bài bản, hiện đại.

Sau khi sáp nhập, theo báo cáo của Bộ Nội vụ, ngoài 33.956 trụ sở công được sử dụng thì còn hơn 4.226 trụ sở công dôi dư. Đây là vấn đề rất lớn đặt ra cho chính quyền các cấp để tránh thất thoát, lãng phí tài sản công. Đó là cải tạo kiến trúc, công năng sử dụng để làm trường học; làm cơ sở y tế khám chữa bệnh; làm nhà ở công vụ; làm nơi sinh hoạt văn hóa, thể dục thể thao cho nhân dân. Vừa qua, Bộ Chính trị thống nhất chủ trương đầu tư xây dựng các trường phổ thông nội trú liên cấp tiểu học và trung học cơ sở (THCS) tại 248 xã biên giới đất liền, với dự kiến đầu tư 150 tỷ đồng/trường. Đây là lần đầu tiên nước ta có mô hình trường phổ thông nội trú liên cấp ở các xã biên giới. Trước đó, Chính phủ đã khẩn trương triển khai việc





Trung tâm Thủ đô Hà Nội ngày nay.

thực hiện hỗ trợ ăn trưa cho học sinh tiểu học và THCS ở các xã biên giới đất liền từ năm học 2025 - 2026. Cả hai chủ trương rất nhân văn này được xã hội đón nhận tích cực. Trong nhiều năm qua, Đảng, Nhà nước đã có nhiều chính sách để phát triển giáo dục ở các vùng miền núi, vùng sâu vùng xa, đặc biệt là các địa phương giáp biên. Bên cạnh các kết quả rất tốt, giáo dục ở các khu vực này còn rất nhiều khó khăn như về cơ sở vật chất, nhất là trường học, điểm trường chưa kiên cố, thiếu giáo viên, đi lại khó khăn, không an toàn trong mùa bão lũ... Bởi vậy, chủ trương của Bộ Chính trị đầu tư xây dựng các trường phổ thông nội trú liên cấp tiểu học và THCS tại 248 xã biên giới đất liền là chính sách an sinh quan trọng, vô cùng đúng đắn. Chủ trương quan trọng này sẽ giúp thu hẹp khoảng cách về giáo dục nói riêng và rộng hơn là về phát triển nguồn nhân lực, kinh tế - xã hội nói chung của miền núi với miền xuôi. Thêm vào đó, với trường nội trú là trường mà học sinh sẽ ăn ở, sinh hoạt tại chỗ nên rất khác so với các trường hiện tại. Điều kiện địa lý, hạ tầng ở các xã biên giới cũng rất khác nhau. Do đó, không thể xây dựng theo mô hình sẵn có, phổ biến, đại trà như hiện nay, mà trước khi triển khai phải xem xét, đánh giá cụ thể ở từng địa bàn để đảm bảo kiến trúc công trình phải phù hợp với lối sống, văn hóa từng địa phương và bền vững. Phải đánh giá kỹ về quỹ đất, đường giao thông, điện, nước sạch, môi trường phù hợp với địa hình phức tạp ở vùng biên giới trước hiểm họa bão lũ, sạt lở... do thiên tai gây ra do biến đổi khí hậu. Để sửa chữa, xây dựng 248 trường phổ thông nội trú liên cấp, trong đó thí điểm 100 trường trong năm 2025 như yêu cầu của Bộ Chính trị, ngoài nguồn tài chính từ ngân sách, thì rất cần sự chung tay đóng góp của các doanh nghiệp, của nguồn vốn xã hội hóa,

mà đặc biệt là vai trò tích cực, hiệu quả của giới KTS, các hội nghề nghiệp tham gia sáng tác thiết kế các công trình trường học đặc biệt này. Kiến trúc phải bền vững, an toàn, giản dị, có bản sắc văn hóa, phù hợp với điều kiện kinh tế của từng khu vực miền núi giáp biên, chống lãng phí, tiêu cực theo đúng yêu cầu của Bộ Chính trị và đó cũng là học tập, làm theo tư tưởng Hồ Chí Minh.

**3** Tư tưởng "vì dân" của Bác Hồ đã trở thành một triết lý xuyên suốt, định hình sự phát triển của kiến trúc Việt Nam trong nhiều thập kỷ. Đó là một nền kiến trúc vì dân, không đặt nặng sự hoành tráng hay phô trương, mà tập trung vào sự giản dị, thiết thực, hiệu quả, tiết kiệm, hài hòa với cảnh quan, môi trường thiên nhiên và mang đậm bản sắc văn hóa dân tộc, với mục tiêu cao nhất là phục vụ và nâng cao chất lượng cuộc sống của nhân dân, lợi ích lâu bền của đất nước. Đã hơn bảy thập kỷ trôi qua, ngày hôm nay, khi bước vào kỷ nguyên mới - kỷ nguyên vươn mình của dân tộc - nhưng tư tưởng của Bác, những lời căn dặn của Bác về kiến trúc, về quy hoạch năm xưa vẫn mãi còn nguyên giá trị, là những bài học quý giá để chúng ta vận dụng vào lập quy hoạch, xây dựng, phát triển nhà ở đô thị - nông thôn, nhà ở xã hội... trong thời kỳ mới.

Và đó chính là nền tảng, là kim chỉ nam cho hoạt động sáng tạo của giới KTS, các nhà quy hoạch và cho sự nghiệp phát triển nền Kiến trúc Việt Nam hiện đại, giàu bản sắc văn hóa dân tộc, thấm đậm tính nhân văn.❖

(Bài viết có tham khảo tư liệu của Bảo tàng Hồ Chí Minh, Hồ Chí Minh tuyển tập và Internet)

# Tập trung kiến tạo phát triển ngành Xây dựng



**TUẤN ĐÔNG**

Bước vào nhiệm kỳ mới, Đảng bộ Bộ Xây dựng xác định rõ thời cơ phát triển cũng như khó khăn, thách thức mới, nhất là yêu cầu cao về hoàn thiện thể chế, phát triển hạ tầng đồng bộ, xây dựng đô thị, giao thông thông minh, bền vững và đảm bảo an toàn giao thông.

Với chủ đề “Nâng cao năng lực lãnh đạo và sức chiến đấu của các cấp ủy, tổ chức đảng, hiệu quả hoạt động của các cơ quan, đơn vị, doanh nghiệp; phát huy sức mạnh đoàn kết, chung sức, đồng lòng, đổi mới, sáng tạo, xây dựng Đảng bộ Bộ Xây dựng phát triển, vững mạnh toàn diện góp phần đưa đất nước vào kỷ nguyên mới của dân tộc” và phương châm “Đoàn kết - Dân chủ - Kỷ cương - Đột phá - Phát triển”, Đại hội đại biểu Đảng bộ Bộ Xây dựng lần thứ I (nhiệm kỳ 2025 - 2030) đã được tổ chức trọng thể trong hai ngày 04 và 05/8/2025 tại Hà Nội, với sự tham dự của 242 đại biểu chính thức, đại diện cho 9.750 đảng viên của 53 tổ chức đảng trực thuộc Bộ Xây dựng.

## HOÀN THÀNH THẮNG LỢI NGHỊ QUYẾT ĐẠI HỘI ĐẢNG BỘ NHIỆM KỲ 2020 - 2025

Đảng bộ Bộ Xây dựng là đảng bộ cấp trên cơ sở trực thuộc Đảng bộ Chính phủ, hoạt động theo Quy định số 253-QĐ/TW ngày 24/01/2025 của Ban Bí thư.

Báo cáo chính trị tại Đại hội nêu rõ, sau gần 5 năm thực hiện Nghị quyết của Đảng, Quốc hội, Chính phủ, chỉ đạo quyết liệt của Thủ tướng Chính phủ, các lĩnh vực về giao thông vận tải và xây dựng, các lĩnh vực của công tác xây dựng Đảng đã được Ban Cán sự Đảng, Đảng ủy, Ban Thường vụ Đảng ủy Bộ lãnh đạo, chỉ đạo đạt nhiều kết quả toàn diện, một số mặt công tác có đột phá, nhiều điểm sáng nổi bật.

Cụ thể, Đảng bộ đã chỉ đạo quyết liệt việc cải cách thể chế, hoàn thiện hành lang pháp lý, tháo gỡ kịp thời những điểm nghẽn cơ bản. Nhiều luật quan trọng được trình Quốc hội thông qua như: Luật Nhà ở, Luật Kinh doanh bất động sản (2023); Luật Đường bộ, Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn (2024); Luật Đường sắt (2025)...

Bộ cũng đã tổng kết và đề xuất sửa đổi nhiều đạo luật chiến lược khác như Luật Hàng không dân dụng Việt Nam, Luật Đường thủy nội địa, Bộ luật Hàng hải Việt Nam, đặc biệt là sửa đổi Luật Xây dựng... tạo nền tảng pháp lý đồng bộ, liên thông giữa xây dựng - giao thông - đô thị - logistics.

Ngoài ra, Bộ đã ban hành hơn 440 văn bản quy phạm pháp luật, bao gồm nhiều cơ chế đổi mới mạnh mẽ trong phân cấp, phân quyền, cải cách thủ tục hành chính, khuyến khích đầu tư xây dựng, phát triển đô thị thông minh, kinh tế xanh và chuyển đổi số.

Về công tác quy hoạch - chiến lược, Bộ đã trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt toàn bộ 5 quy hoạch ngành giao thông cấp quốc gia, lần đầu tiên trong lịch sử được lập đồng bộ. Cùng với đó là Chiến lược phát triển ngành Giao thông vận tải đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050; các đề án phát triển cảng cạn, logistics, mạng lưới ga đường sắt, trung tâm tiếp vận hàng hóa...

Về quản lý nhà ở và thị trường bất động sản, hiện có 692 dự án nhà ở xã hội đang được triển khai với quy mô hơn 633,5 nghìn căn; gần 124 nghìn căn nhà đã được hỗ trợ cho người có công với cách mạng, thân nhân liệt sĩ, hộ nghèo, hộ cận nghèo.

Về lĩnh vực quy hoạch - kiến trúc, đô thị, Bộ đã trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch hệ thống đô thị và nông thôn thời kỳ 2021 - 2030, ban hành Kế hoạch thực hiện quy hoạch; tổ chức thẩm định và được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt, điều chỉnh tổng thể các quy hoạch chung đô thị Thủ đô Hà Nội, TP.HCM, Hải Phòng, Đà Nẵng, Huế (trước khi sáp nhập địa giới hành chính) và các khu kinh tế có vai trò động lực phát triển; phối hợp với các địa phương triển khai Luật Kiến trúc năm 2019; điều chỉnh Định hướng thoát nước





phát triển thoát nước đô thị và khu công nghiệp Việt Nam.

Cùng với công tác chuyển đổi số, cắt giảm, đơn giản hóa thủ tục hành chính... công tác xây dựng Đảng về chính trị, tư tưởng, đạo đức, tổ chức cán bộ cũng có nhiều chuyển biến tích cực, đi vào chiều sâu, thực chất; công tác kiểm tra, giám sát và kỷ luật của Đảng hoạt động có hiệu lực, hiệu quả.

### 6 NHIỆM VỤ TRỌNG TÂM VÀ 3 ĐỘT PHÁ

Bước vào nhiệm kỳ mới, Đảng bộ Bộ Xây dựng xác định rõ thời cơ phát triển cũng như khó khăn, thách thức mới, nhất là yêu cầu cao về hoàn thiện thể chế, phát triển hạ tầng đồng bộ, xây dựng đô thị, giao thông thông minh, bền vững và đảm bảo an toàn giao thông.

Đồng thời, hoàn thành các mục tiêu lớn đã đề ra trong Chiến lược phát triển kinh tế xã hội 10 năm 2021 - 2030, các kết luận của Bộ Chính trị về phát triển hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông như bảo đảm mục tiêu 5.000 km cao tốc vào năm 2030; đẩy nhanh tiến độ thi công đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng; khởi công dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam; đầu tư xây dựng mới và nâng cấp các công trình hạ tầng chiến lược chuyên ngành hàng hải, đường thủy, hàng không; thúc đẩy hoàn thành Đề án "Đầu tư xây dựng ít nhất 1 triệu căn hộ nhà ở xã hội cho đối tượng thu nhập thấp, công nhân khu công nghiệp giai đoạn 2021 - 2030".

Cùng với đó, phấn đấu 100% cấp ủy, tổ chức đảng, cơ quan, đơn vị triển khai hiệu quả, đúng tiến độ các nhiệm vụ theo chương trình, kế hoạch hàng năm và từng giai đoạn; 80% tổ chức đảng hoàn thành tốt nhiệm vụ, 15 - 20% hoàn thành xuất sắc nhiệm vụ; 100% đảng viên được học tập, nghiên cứu, quán triệt các nghị quyết, chỉ thị của Đảng...

Để hoàn thành các mục tiêu nói trên, Đảng bộ Bộ Xây

dựng xác định 6 nhiệm vụ trọng tâm, 3 đột phá chiến lược nhằm nâng cao năng lực lãnh đạo, hiệu lực điều hành và tạo chuyển biến rõ nét trong toàn Ngành.

Theo đó, thực hiện các nhiệm vụ trọng tâm liên quan đến các nội dung về: 1) đổi mới công tác xây dựng và thi hành pháp luật theo tinh thần Nghị quyết số 66-NQ/TW của Bộ Chính trị; 2) đột phá trong phát triển kết cấu hạ tầng, đô thị và nhà ở xã hội; 3) phát triển kinh tế tư nhân theo tinh thần Nghị quyết số 68-NQ/TW của Bộ Chính trị; 4) đột phá phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số quốc gia theo tinh thần Nghị quyết số 57-NQ/TW của Bộ Chính trị; 5) hội nhập quốc tế trong tình hình mới theo tinh thần Nghị quyết số 59-NQ/TW của Bộ Chính trị; 6) tiếp tục đẩy mạnh xây dựng, chỉnh đốn Đảng và tổ chức đảng, đảng viên trong sạch, vững mạnh toàn diện.

Cùng với 6 nhiệm vụ trọng tâm, Đảng bộ Bộ Xây dựng xác định 3 đột phá chiến lược, đó là:

1. Đột phá mạnh mẽ về thể chế phát triển, khơi thông, giải phóng mọi nguồn lực; cắt giảm tối đa thủ tục hành chính, tạo thuận lợi tối đa cho người dân, doanh nghiệp, đẩy mạnh triệt để phân cấp, phân quyền cho địa phương; thúc đẩy đột phá về khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số phục vụ, kiến tạo phát triển; thúc đẩy phát triển kinh tế tư nhân; xây dựng bộ chỉ tiêu tăng trưởng toàn ngành gắn với định hướng phát triển bền vững, hiện đại, bảo đảm hài hòa giữa phát triển kinh tế với bảo vệ môi trường và an sinh xã hội.

2. Tập trung phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, trình độ cao; đẩy mạnh thu hút và trọng dụng nhân tài, trọng tâm là nguồn nhân lực trong lĩnh vực đường sắt, đường sắt tốc độ cao, đường sắt đô thị; nhân lực ứng dụng công nghệ

Hà Nội, ngày 04 - 0

*"Trước mắt, tới cuối năm 2025 phải hoàn thành ít nhất 3.000 km đường cao tốc, để đến năm 2030 cả nước có 5.000 km đường bộ cao tốc; trên 1.700 km đường ven biển; cơ bản hoàn thành Dự án Cảng hàng không quốc tế Long Thành giai đoạn 1; triển khai các dự án đường sắt gắn với thu hút chuyển giao công nghệ, khởi công dự án đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng; phát triển các cảng biển, cảng thủy nội địa..."*

*Thủ tướng Phạm Minh Chính.*



số, công nghệ xanh...; đổi mới mạnh mẽ công tác cán bộ, xây dựng đội ngũ cán bộ lãnh đạo, quản lý các cấp trong Đảng bộ thực sự tiêu biểu, nhất là những người đứng đầu, có đủ phẩm chất, năng lực và uy tín, đáp ứng yêu cầu trong kỷ nguyên phát triển mới của đất nước.

3. Tiếp tục hoàn thiện đồng bộ và đột phá mạnh mẽ trong phát triển kết cấu hạ tầng hiện đại, ưu tiên kết cấu hạ tầng giao thông đa phương thức, các dự án hạ tầng trọng điểm quốc gia, các công trình giao thông xanh, đô thị thông minh, hạ tầng số.

### **PHẢN ỨNG CHÍNH SÁCH LINH HOẠT, KỊP THỜI, QUYẾT TÂM THỰC HIỆN THẮNG LỢI 3 ĐỘT PHÁ CHIẾN LƯỢC**

Tham dự và phát biểu chỉ đạo tại Đại hội, Ủy viên Bộ Chính trị, Bí thư Đảng ủy Chính phủ, Thủ tướng Phạm Minh Chính cơ bản đồng ý các nội dung báo cáo do BCH Đảng bộ Bộ Xây dựng trình bày tại Đại hội và khái quát 9 nhóm thành tựu của Bộ, ngành Xây dựng nhiệm kỳ vừa qua, gồm: Tổ chức thực hiện nghiêm túc, có hiệu quả Nghị quyết Đại hội XIII của Đảng; Công tác xây dựng chính sách pháp luật nhiều tiến bộ; quy hoạch đồng bộ; hạ tầng đột phá; khó khăn được tháo gỡ; tổ chức xây dựng Đảng được nâng tầm; tương lai được kiến tạo; giá trị được gia tăng; tham nhũng, tiêu cực, lãng phí được đẩy lùi.

Thủ tướng chỉ rõ những hạn chế liên quan phát triển thị trường bất động sản, phân khúc nhà ở cho người thu nhập trung bình, thu nhập thấp; chưa khai thác hiệu quả lợi thế rất lớn về đường biển, đường thủy nội địa; phát triển đô thị nhanh nhưng chưa bền vững với các vấn đề về ùn tắc giao thông, ô nhiễm môi trường; xây dựng cơ sở dữ liệu, phát triển trí tuệ nhân tạo, chuyển đổi số còn chậm; một số cơ chế, chính sách xoay chuyển chậm, nhiều thủ tục còn rườm rà.

Trên cơ sở đó, Thủ tướng nhấn mạnh một số bài học kinh nghiệm quan trọng như: Đoàn kết, thống nhất; phản ứng linh hoạt, kịp thời, phù hợp, hiệu quả với diễn biến tình hình, đúng xu thế; tập trung thực hiện các nhiệm vụ quản lý nhà nước, kiến tạo phát triển, đẩy mạnh phân cấp phân quyền đi đôi với phân bổ nguồn lực, tăng cường giám sát, kiểm tra.

Cơ bản đồng tình với các nhiệm vụ, giải pháp mà Đại hội xác định, Thủ tướng nhấn mạnh, cần coi trọng công tác xây dựng Đảng, công tác tổ chức, cán bộ, nâng cao năng lực lãnh đạo, sức chiến đấu của tổ chức Đảng và đảng viên; tăng cường giám sát, kiểm tra, đôn đốc, giám sát diện rộng, từ sớm, từ xa nhưng kiểm tra có trọng tâm, trọng điểm, tăng cường chống tham nhũng, tiêu cực, lãng phí.

Thủ tướng cũng yêu cầu tiếp tục quán triệt, thực hiện nghiêm và vận dụng sáng tạo các nguyên tắc lãnh đạo của Đảng: Thực hiện tập trung dân chủ; tự phê bình và phê bình; đoàn kết, thống nhất; gắn bó mật thiết với nhân dân; hoạt động theo quy định của Đảng và Hiến pháp, pháp luật. Qua đó, góp phần thực hiện 3 đột phá chiến lược về thể chế, hạ tầng, nhân lực với tầm nhìn xa trông rộng, nghĩ sâu làm lớn.

"Trước mắt, tới cuối năm 2025 phải hoàn thành ít nhất 3.000 km đường cao tốc (để đến năm 2030 cả nước có 5.000 km đường bộ cao tốc), trên 1.700 km đường ven biển; cơ bản hoàn thành Dự án Cảng hàng không quốc tế Long Thành giai đoạn 1; triển khai các dự án đường sắt gắn với thu hút chuyển giao công nghệ, khởi công dự án đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng; phát triển các cảng biển, cảng thủy nội địa...", Thủ tướng nhấn mạnh.

Về các nhiệm vụ cụ thể, Thủ tướng yêu cầu xác định rõ nhiệm vụ trọng tâm, trọng điểm và những giải pháp khả thi để tập trung lãnh đạo, chỉ đạo thực hiện thắng lợi các mục tiêu, nhiệm vụ, tạo chuyển biến căn bản, toàn diện và mạnh mẽ hơn.



*“Đảng bộ Bộ Xây dựng xác định 6 nhiệm vụ trọng tâm, 3 đột phá chiến lược nhằm nâng cao năng lực lãnh đạo, hiệu lực điều hành và tạo chuyển biến rõ nét trong toàn Ngành”.*

*Bộ trưởng Trần Hồng Minh.*



Đồng thời, tập trung thực hiện các nhiệm vụ quản lý nhà nước, gồm xây dựng chiến lược, kế hoạch, quy hoạch, thể chế, cơ chế chính sách, hành lang pháp lý, tiêu chuẩn, tiêu chí, công cụ để giám sát kiểm tra, thực hiện sơ kết, tổng kết, khen thưởng, kỷ luật...

Cùng với đó, đẩy mạnh phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số, chuyển đổi xanh, kinh tế tuần hoàn, trọng tâm là giao thông xanh và đô thị thông minh; tiếp tục triển khai và nâng cao hiệu quả cuộc cách mạng về tổ chức bộ máy, hoàn thiện cơ chế quản lý từ Trung ương tới địa phương trong ngành Xây dựng; cử cán bộ luân phiên xuống hỗ trợ địa phương cho tới khi bộ máy chính quyền 2 cấp vận hành trơn tru, thông suốt.

Ngoài ra, cần đột phá phát triển các phương thức giao thông, tiếp tục triển khai các dự án đường bộ cao tốc, hàng không, ưu tiên đường sắt, đường biển và đường thủy nội địa; kết nối các phương thức giao thông, tạo hiệu ứng phát triển, giảm chi phí logistics, tăng sức cạnh tranh của sản phẩm, hàng hóa.

Thủ tướng lưu ý xây dựng cơ chế, chính sách khuyến khích, ưu đãi để huy động nguồn lực, đẩy mạnh hợp tác công tư, sử dụng hiệu quả nguồn lực sẵn có, mạnh dạn áp dụng các hình thức chỉ định thầu với các nhà thầu có năng lực, uy tín, kinh nghiệm, miễn là công khai, minh bạch, không tham nhũng, tiêu cực. Đồng thời quyết tâm hoàn thành vượt kế hoạch xây dựng 100 nghìn căn hộ nhà ở xã hội trong năm 2025; đến năm 2030 đạt tối thiểu 1 triệu căn hộ nhà ở xã hội.

Nghiêm túc tiếp thu đầy đủ ý kiến phát biểu chỉ đạo của Bí thư Đảng ủy, Thủ tướng Chính phủ Phạm Minh Chính, Đại hội đã tập trung thảo luận sôi nổi, trách nhiệm, nhất trí cao thông qua các văn kiện và Nghị quyết với phương hướng, mục tiêu, chỉ tiêu cụ thể và các nhóm nhiệm vụ, giải pháp, các đột phá cho giai đoạn 2025 - 2030. Đại hội cũng đã tập

trung thảo luận đóng góp vào dự thảo văn kiện trình Đại hội Đảng bộ Chính phủ lần thứ I và Đại hội XIV của Đảng.

“Các văn kiện được Đại hội thông qua là kết tinh trí tuệ, thể hiện ý chí, niềm tin, sự quyết tâm của toàn Đảng bộ và cán bộ, công chức, viên chức, người lao động Bộ Xây dựng đối với sự nghiệp xây dựng, phát triển đất nước và Bộ Xây dựng trong thời kỳ mới”, Bí thư Đảng ủy, Bộ trưởng Bộ Xây dựng Trần Hồng Minh nhấn mạnh.❖

**BCH Đảng bộ Bộ Xây dựng khóa I (nhiệm kỳ 2025 - 2030) gồm 39 ủy viên; Ban Thường vụ gồm 13 ủy viên.**

**Đồng chí Trần Hồng Minh - Ủy viên BCH Trung ương Đảng, Ủy viên BCH Đảng bộ Chính phủ, Bộ trưởng được chỉ định giữ chức Bí thư Đảng ủy Bộ Xây dựng, nhiệm kỳ 2025 - 2030.**

**Đồng chí Nguyễn Tường Văn - Ủy viên Ban Thường vụ, Thứ trưởng được chỉ định giữ chức Phó Bí thư Thường trực; các đồng chí Đào Văn Tiến và Hoàng Hải Vân - Phó Bí thư chuyên trách Đảng ủy nhiệm kỳ 2020 - 2025 được chỉ định giữ chức Phó Bí thư chuyên trách Đảng ủy Bộ Xây dựng nhiệm kỳ 2025 - 2030.**

**Ủy ban Kiểm tra Đảng ủy Bộ Xây dựng nhiệm kỳ 2025 - 2030 gồm 7 đồng chí. Đoàn đại biểu Đảng bộ Bộ Xây dựng dự Đại hội đại biểu Đảng bộ Chính phủ lần thứ I (nhiệm kỳ 2025 - 2030) gồm 18 đại biểu chính thức và 1 đại biểu đương nhiên.**

**CÔNG ĐOÀN XÂY DỰNG VIỆT NAM:**

# Sát cánh cùng người lao động, nêu cao tinh thần làm việc **“vượt năng, thắng mưa”**

**> HỒNG XIÊM**

Hưởng ứng chủ trương “chỉ bàn làm, không bàn lùi” của Bộ Xây dựng, thời gian qua Công đoàn Xây dựng Việt Nam thường xuyên đến các công trường, dự án giao thông trọng điểm để nắm tình hình, động viên khích lệ đoàn viên, người lao động làm việc với tinh thần “vượt năng, thắng mưa”.

**ĐOÀN VIÊN, KHÍCH LỆ TINH THẦN NGƯỜI LAO ĐỘNG TẠI CÔNG TRƯỜNG**

Thực hiện Quyết định số 2968/QĐ-TLĐ ngày 20/3/2025 của Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam, Công đoàn Xây dựng Việt Nam được thành lập trên cơ sở hợp nhất Công đoàn Xây dựng Việt Nam và Công đoàn GTVT Việt Nam. Đến tháng 8/2025, Công đoàn Xây dựng Việt Nam trực tiếp quản lý, chỉ đạo 42 công đoàn cấp trên trực tiếp cơ sở và 88 công đoàn cơ sở trực thuộc, với tổng số 138.927 công nhân viên chức, người lao động. Toàn ngành có 835 công đoàn cơ sở với 137.644 đoàn viên, hoạt động trong nhiều lĩnh vực của ngành Xây dựng và GTVT.

Theo tìm hiểu của PV Tạp chí Xây dựng, ngay sau khi hợp nhất và hoạt động theo mô hình mới, Công đoàn Xây dựng Việt Nam nhanh chóng ổn định bộ máy, triển khai hiệu quả chức năng, các nhiệm vụ được giao. Trong đó, một trong những hoạt động nổi bật của Công đoàn là tích cực tham gia các đoàn công tác của Bộ Xây dựng kiểm tra, thị sát các công trường, dự án quan trọng, trọng điểm của quốc gia để nắm bắt thực tế tình hình, thăm hỏi, tặng quà động viên đoàn viên, người lao động vượt qua mọi khó khăn. Qua đó, khích lệ các đơn vị tham gia dự án, đoàn viên, người lao động trên công trường phát huy tinh thần “chỉ bàn làm, không bàn lùi”, “vượt năng, thắng mưa” trong công tác đầu tư xây dựng, phát triển kết cấu mà Bộ Xây dựng đã đề ra.

Có thể kể đến, tháng 7/2025, Chủ tịch Công đoàn Xây dựng Việt Nam trực tiếp đến các mũi thi công trên công trường dự án cao tốc Hoà Liên - Tuý Loan ở TP Đà Nẵng để thăm, tặng

quà đoàn viên, người lao động đang làm việc và đề nghị chủ đầu tư, nhà thầu thi công tiếp tục quan tâm, hỗ trợ tốt nhất cho đoàn viên, người lao động. Đây là dự án được lựa chọn tổ chức khánh thành, thông tuyến chính vào dịp 19/8/2025; vì vậy, sự có mặt của lãnh đạo Công đoàn Xây dựng Việt Nam nhằm khẳng định sự sát cánh, đồng hành của Công đoàn với các đơn vị, đội ngũ tham gia dự án, đặc biệt là đoàn viên, người lao động để làm việc với tinh thần “vượt năng, thắng mưa”, đưa dự án về đích đúng tiến độ theo sự chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ và Bộ Xây dựng.

Hay trong Tháng Công nhân và Tháng hành động vì an toàn, vệ sinh lao động năm 2025 của Công đoàn Xây dựng Việt Nam (tháng 5/2025), các đoàn công tác của Công đoàn Xây dựng Việt Nam do Chủ tịch, Phó chủ tịch thường trực dẫn đầu cũng trực tiếp đến làm việc với các đơn vị tham gia dự án, thăm và tặng quà công nhân, người lao động tại loạt dự án trọng điểm ở các vùng miền của Tổ quốc. Trong đó có Dự án sân bay Long Thành, Dự án sân bay Gia Bình, một số dự án đường bộ cao tốc... Ngoài ra, trong các dịp nghỉ lễ, lãnh đạo Công đoàn Xây dựng Việt Nam cùng lãnh đạo Bộ Xây dựng, các cơ quan, đơn vị đi thị sát tình hình, thăm, tặng quà, động viên người lao động làm công tác đảm bảo giao thông, thi công tại dự án. Trong các cuộc làm việc, lãnh đạo Công đoàn Xây dựng đều lắng nghe người lao động chia sẻ và thẳng thắn trao đổi, bày tỏ mong muốn với đơn vị sử dụng lao động tiếp tục quan tâm, tạo điều kiện tốt nhất đến đời sống vật chất, tinh thần để khích lệ đoàn viên, người lao động hăng hái





Chủ tịch Công đoàn Xây dựng Việt Nam Phạm Hoài Phương (hàng trên, thứ năm từ trái sang) thăm, tặng quà các kỹ sư, công nhân trên công trường cao tốc Hòa Liên - Túy Loan (qua TP Đà Nẵng) vào ngày 25/7/2025.

thì đua lao động giỏi, sáng tạo, góp phần xây dựng và phát triển ngành.

#### NHIỀU HOẠT ĐỘNG TRI ÂN, ĐẾN ƠN ĐÁP NGHĨA

Trong các hoạt động tri ân, đến ơn đáp nghĩa, Công đoàn Xây dựng Việt Nam chỉ đạo, hướng dẫn sát sao các cấp công đoàn cơ sở trong ngành tích cực triển khai các hoạt động thiết thực, ý nghĩa, nhất là trong các dịp kỷ niệm, ngày lễ lớn của đất nước. Về phía Công đoàn Xây dựng Việt Nam, trong dịp Kỷ niệm 78 năm ngày Thương binh liệt sỹ (27/7/1947 - 27/7/2025), lãnh đạo Công đoàn tham gia đoàn công tác của Bộ Xây dựng đến dâng hương, dâng hoa viếng các anh hùng liệt sỹ, thanh niên xung phong tại các nghĩa trang liệt sỹ tại Khu di tích lịch sử Trường Bồn (tỉnh Nghệ An), Khu di tích Ngã ba Đồng Lộc (tỉnh Hà Tĩnh), Khu di tích lịch sử cầu Long Đại, Nghĩa trang liệt sỹ Cục Công trình 4, Nghĩa trang liệt sỹ Thanh niên xung phong Vạn Ninh, Nghĩa trang liệt sỹ Quốc gia Đường 9, Nghĩa trang liệt sỹ Quốc gia Trường Sơn, Khu di tích Quốc gia đặc biệt Thành cổ Quảng Trị. Cũng trong dịp này, Chủ tịch Công đoàn Xây dựng Việt Nam làm Trưởng đoàn công tác Thanh Hóa (Đoàn 3) của Bộ Xây dựng, với sự tham gia của lãnh đạo một số cơ quan, đơn vị thuộc Bộ Xây dựng, Sở Xây dựng Thanh Hóa đến viếng, dâng hương tưởng nhớ các anh hùng liệt sỹ tại Nghĩa trang liệt sỹ quốc tế Đồng Tâm (Nghĩa trang liệt sỹ Bá Thước), Nghĩa trang liệt sỹ Hàm Rồng, tỉnh Thanh Hóa. Qua hoạt động này, Công đoàn Xây dựng Việt Nam cùng toàn ngành Xây dựng tiếp tục duy trì đạo lý “uống nước nhớ nguồn”, bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc

các anh hùng liệt sỹ đã có công lao to lớn trong sự nghiệp giải phóng dân tộc, bảo vệ Tổ quốc, đem lại cuộc sống hòa bình, tự do, ấm no, hạnh phúc cho nhân dân.

Cũng trong dịp kỷ niệm 27/7 vừa qua, Công đoàn Xây dựng Việt Nam phối hợp với Quỹ Từ thiện Công đoàn GTVT Việt Nam đến thăm, tặng quà các thương binh, bệnh binh tại Trung tâm Điều dưỡng, chăm sóc người có công tỉnh Hưng Yên, Trung tâm Điều dưỡng thương binh Duy Tiên, tỉnh Ninh Bình. Trước đó, nhiều hoạt động đến ơn đáp nghĩa, “Tương thân, tương ái” đã được Ban Thường vụ Công đoàn Xây dựng Việt Nam phối hợp với Quỹ Từ thiện Công đoàn GTVT Việt Nam triển khai, thông qua việc tổ chức các đợt thăm, hỗ trợ kinh phí, vật chất các tập thể, cá nhân các đơn vị trong ngành và lực lượng các cựu thanh niên xung phong, bộ đội Trường Sơn, người nghèo. Cụ thể, từ đầu năm 2025 đến nay, hỗ trợ 47 tập thể là các đơn vị trực Tết, các trạm hải đăng, đèn đảo, các đơn vị bộ đội đóng quân trên các đảo nơi có công đoàn cơ sở thuộc ngành; 1.761 cá nhân là đoàn viên, người lao động trong ngành có hoàn cảnh khó khăn, mắc bệnh hiểm nghèo; thăm và tặng quà 600 cựu thanh niên xung phong thuộc Hội Thanh niên xung phong Việt Nam, Hội Truyền thống Trường Sơn đường Hồ Chí Minh. Thông qua chính quyền địa phương, dịp Tết Nguyên đán năm 2025, Công đoàn Xây dựng Việt Nam cũng gửi quà tặng tới 500 hộ gia đình tại tỉnh Cao Bằng là gia đình chính sách, hộ nghèo, cận nghèo hoặc có hoàn cảnh khó khăn, đối tượng bảo trợ xã hội... thiết thực chia sẻ, động viên mọi người cùng vượt qua khó khăn trong cuộc sống.❖

## QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA:

# Nền tảng để phát triển NOXH theo hướng hiệu quả và bền vững

## > THẠCH LONG

Nghị quyết 201/2025/NQ-QH15 được đánh giá là “mở đường” cho hàng loạt chính sách đặc thù phát triển nhà ở xã hội (NOXH) trong những năm tới. Và việc Bộ Xây dựng đang lấy ý kiến rộng rãi trước khi trình Chính phủ để án thành lập Quỹ Nhà ở quốc gia là tiếp nối khẳng định quyết tâm đẩy nhanh tiến độ triển khai các dự án NOXH và mục tiêu mà chương trình đã đề ra.

### QUỸ NHÀ Ở QUỐC GIA SẼ CHỦ YẾU ĐẦU TƯ XÂY DỰNG NHÀ CHO THUÊ

Theo dự thảo đang được lấy ý kiến, Quỹ Nhà ở quốc gia ở Trung ương do Chính phủ thành lập, giao Bộ Xây dựng quản lý. Quỹ nhà ở địa phương được giao cho các Sở Xây dựng điều hành tại từng tỉnh, thành. Đây sẽ là tổ chức tài chính ngoài ngân sách, hoạt động như doanh nghiệp 100% vốn Nhà nước; là bước đi quan trọng giúp tách bạch chức năng quản lý và vận hành NOXH ra khỏi ngân sách Nhà nước, tạo điều kiện cho các địa phương chủ động hơn.

Quỹ nhà ở Trung ương sẽ được cấp vốn điều lệ ban đầu ít nhất 5 nghìn tỷ đồng từ ngân sách và nâng lên tối thiểu 10 nghìn tỷ đồng trong vòng 3 năm kể từ khi thành lập. Ngoài vốn ngân sách, quỹ này còn có thể huy động từ nhiều kênh như: đóng góp tự nguyện từ tổ chức, cá nhân trong và ngoài nước; tiền thu từ bán nhà ở thuộc tài sản công; lợi nhuận từ hoạt động của quỹ và các nguồn hợp pháp khác.

Về căn cứ để xuất vốn điều lệ của quỹ nhà ở trung ương, theo Bộ Xây dựng, mục tiêu phấn đấu đến năm 2030, trên địa bàn cả nước hoàn thành khoảng 1.062.200 căn NOXH. Theo đó, chi phí bình quân để đầu tư xây dựng 1 căn hộ cho thuê, diện tích trung bình khoảng 60 m<sup>2</sup> khoảng 1 tỷ đồng (bao gồm chi phí đầu tư xây dựng nhà chung cư, chi phí đầu tư xây dựng hệ thống hạ tầng kỹ thuật được phân bổ cho nhà chung cư và các chi phí khác). Dự kiến giai đoạn 2026 - 2030, sẽ đầu tư xây dựng khoảng 10 nghìn căn hộ từ quỹ nhà ở quốc gia để cho thuê. Như vậy, việc quy định vốn điều lệ do ngân sách trung ương cấp lần đầu tối thiểu là 5 nghìn tỷ đồng và nâng mức vốn điều lệ lên tối thiểu là 10 nghìn tỷ đồng trong những năm tiếp theo là phù hợp với yêu cầu thực tiễn.

Bên cạnh đó, quỹ cũng được bổ sung vốn từ giá trị tài sản là quỹ đất được hình thành qua nghĩa vụ của các dự án thương mại, khi thực hiện trách nhiệm phát triển nhà ở xã hội

theo luật định.

Điểm đáng chú ý là Quỹ Nhà ở quốc gia sẽ hoạt động theo mô hình doanh nghiệp, tức có bộ máy điều hành riêng, linh hoạt trong vận hành, nhưng vẫn chịu giám sát chặt chẽ từ cơ quan chủ quản là Bộ Xây dựng hoặc UBND tỉnh/thành phố. Giám đốc điều hành quỹ Trung ương do Bộ Xây dựng bổ nhiệm, đảm bảo tính nhất quán trong chính sách và vận hành hiệu quả.

### XÁC ĐỊNH RÕ THỜI HẠN QUỸ THỰC HIỆN ĐẦU TƯ

Quỹ Nhà ở quốc gia thực hiện đầu tư xây dựng dự án NOXH độc lập đối với mỗi dự án có thời hạn không quá 5 năm; dự án đầu tư xây dựng NOXH đồng bộ hệ thống hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng xã hội để cho thuê đối với mỗi dự án có thời hạn không quá 7 năm.

Quỹ thực hiện đầu tư, tạo lập nhà ở phải phù hợp với mục tiêu hoạt động của Quỹ và chỉ chịu trách nhiệm về khoản nợ và nghĩa vụ tài sản khác của Quỹ trong phạm vi số vốn đã đầu tư.

Đối với phần diện tích kinh doanh dịch vụ, thương mại trong dự án đầu tư xây dựng NOXH do Quỹ trực tiếp đầu tư xây dựng hoặc tạo lập thì việc quản lý, kinh doanh được thực hiện theo quy định của pháp luật về kinh doanh bất động sản.

Thủ tục đầu tư xây dựng NOXH, sử dụng nguồn vốn từ quỹ nhà ở quốc gia được thực hiện theo quy định của pháp luật về đầu tư công. Trước khi mua NOXH, nhà ở thương mại để bố trí cho các đối tượng thuê, Quỹ phải lập dự án mua NOXH, nhà ở thương mại; Bộ trưởng Bộ Xây dựng, Chủ tịch Ủy ban nhân dân cấp tỉnh quyết định chủ trương đầu tư mua NOXH, nhà ở thương mại.

Giá mua NOXH, nhà ở thương mại do người quyết định đầu tư quyết định trên cơ sở giá bán nhà ở của chủ đầu tư, tham khảo giá mua bán nhà ở trên thị trường và kết quả thẩm định giá của đơn vị có chức năng thẩm định giá tại thời





*Dự kiến giai đoạn 2026 - 2030 sẽ đầu tư xây dựng khoảng 10 nghìn căn hộ từ quỹ nhà ở quốc gia để cho thuê.*

ÁNH NGUYỄN HÀ HIỆP

điểm mua nhà ở.

Đối với các địa phương, Quỹ sẽ có cơ chế cấp vốn riêng từ ngân sách địa phương sau khi được HĐND thông qua, kèm theo nguồn bổ sung từ việc định giá quỹ đất tài sản mà các chủ đầu tư phải giao nộp khi thực hiện nghĩa vụ NOXH ...

### VẤN ĐỀ TIẾP THEO LÀ ĐỊA PHƯƠNG THỰC THI

Có thể thấy, Nghị quyết 201/2025/NQ-QH15 là bước cụ thể hóa quan trọng trong chủ trương phát triển NOXH, nhằm đáp ứng nhu cầu an cư cấp thiết của người lao động, người thu nhập thấp. Các quy định thí điểm đi kèm đã thiết lập khung pháp lý rõ ràng cho việc thuê và sử dụng NOXH, nhà lưu trú công nhân, góp phần nâng cao đời sống người lao động và thu hút đầu tư vào KCN. Đây cũng là nền tảng để nhân rộng mô hình NOXH theo hướng hiệu quả và bền vững.

Tuy nhiên, trên cơ sở quy định của Nghị quyết 201/2025/QH15 và các văn bản quy định chi tiết, các địa phương cần khẩn trương chỉ đạo các cơ quan chuyên môn, chủ đầu tư dự án NOXH trên địa bàn thực hiện các cơ chế, chính sách tại Nghị quyết...; Bổ sung chỉ tiêu hoàn thành NOXH năm 2025 và các năm tiếp theo đến năm 2030 được Thủ tướng Chính phủ giao vào hệ thống chỉ tiêu phát triển kinh tế - xã hội của địa phương; Thực hiện rà soát, cập nhật và bổ sung quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất, quy hoạch xây dựng để bố trí đủ quỹ đất phát triển NOXH theo đúng chỉ tiêu đã được giao với quy mô, vị trí phù hợp, thuận tiện, đồng bộ hạ tầng. Trong đó, lưu ý bố trí quỹ đất để phát triển nhà ở cho lực lượng vũ trang nhân dân theo quy định của Nghị quyết 201/2025/QH15 và pháp luật về nhà ở.

Đối với các dự án chưa được chấp thuận chủ trương đầu tư hoặc đã được chấp thuận chủ trương đầu tư nhưng chưa lựa chọn chủ đầu tư thì UBND tỉnh giao chủ đầu tư không thông qua đấu thầu theo quy định của Nghị quyết thí điểm

để sớm lựa chọn được chủ đầu tư dự án; Đối với các dự án đã được lựa chọn chủ đầu tư, chủ động hướng dẫn chủ đầu tư thực hiện các quy định của pháp luật về đầu tư, quy hoạch, đất đai, xây dựng và các pháp luật khác có liên quan.

Kịp thời xử lý các vướng mắc của dự án để sớm khởi công, xây dựng ngay trong năm 2025; Đôn đốc các chủ đầu tư dự án nhà ở thương mại thực hiện các thủ tục đầu tư xây dựng NOXH trên quỹ đất 20% thuộc dự án theo quy định của Luật Nhà ở năm 2023 để khởi công ngay trong năm 2025, làm cơ sở hoàn thành chỉ tiêu những năm tiếp theo; Đối với các dự án đã đăng ký hoàn thành trong năm 2025, dự án đã khởi công, đang triển khai đầu tư xây dựng, phải tổ chức làm việc trực tiếp với các chủ đầu tư để rà soát tiến độ, chỉ đạo, đôn đốc chủ đầu tư tập trung nguồn lực để hoàn thành ngay trong năm 2025; Cắt giảm, đơn giản hóa các thủ tục hành chính theo thẩm quyền về đầu tư xây dựng NOXH (lập, phê duyệt dự án, lựa chọn chủ đầu tư, giao đất, cho thuê đất, giải phóng mặt bằng...) để hỗ trợ, khuyến khích các doanh nghiệp triển khai đầu tư.

Tạo điều kiện để các chủ đầu tư có thể triển khai dự án nhanh chóng, từ việc chọn lựa vị trí đất đai cho đến việc hoàn thiện thủ tục pháp lý; Tiếp tục xem xét, kiểm tra, lập danh mục dự án xây dựng NOXH, nhà ở cho công nhân, cải tạo, xây dựng lại chung cư đủ điều kiện được vay nguồn vốn 120 nghìn tỷ đồng và thực hiện công bố công khai để các ngân hàng có cơ sở áp dụng cho vay; Tiếp tục kiểm tra, đôn đốc, tháo gỡ khó khăn, vướng mắc để đẩy nhanh tiến độ triển khai các dự án đầu tư xây dựng NOXH trên địa bàn...

Rõ ràng, với sự vào cuộc quyết liệt từ cấp cao nhất, các chính sách liên quan đến phát triển NOXH đã dần được hoàn thiện. Vấn đề là, thời gian tới, cần phát huy tối đa trách nhiệm của các bộ, ngành, địa phương; bảo đảm thi hành kịp thời, hiệu quả, không để khoảng trống pháp lý hoặc chồng chéo trong quá trình thực hiện.❖

# Phát triển đô thị thông minh gắn với mô hình chính quyền hai cấp

## > NGUYỄN PHƯƠNG

Sau gần 7 năm triển khai “Đề án phát triển đô thị thông minh bền vững Việt Nam giai đoạn 2018 - 2025, định hướng đến năm 2030”, bước đầu đã hoạch định một bước về chính sách phát triển đô thị thông minh. Đây sẽ là nền tảng để tích hợp, số hóa toàn diện, tiến tới quản trị đô thị linh hoạt, đáp ứng yêu cầu đặt ra của mô hình chính quyền địa phương 2 cấp.

### TÍCH HỢP CÔNG NGHỆ MỚI VÀO HOẠCH ĐỊNH CHÍNH SÁCH VỀ ĐÔ THỊ THÔNG MINH

Sau 7 năm triển khai “Đề án phát triển đô thị thông minh bền vững Việt Nam giai đoạn 2018 - 2025 định hướng đến năm 2030”, theo Quyết định số 950/QĐ-TTg ngày 01/8/2018 của Thủ tướng Chính phủ (gọi tắt là Đề án 950), tại các Bộ, ngành, phát triển đô thị thông minh đã được triển khai, lồng ghép trong các chính sách, pháp luật.

Tại Trung ương, phát triển đô thị thông minh được quan tâm đưa vào các chương trình, nghị quyết lớn của Bộ Chính trị, của Chính phủ như: Nghị quyết số 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 của Bộ Chính trị về quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045; Nghị quyết 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 và Nghị quyết 193/2025/QH15 thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc biệt tạo đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số quốc gia.

Với vai trò là cơ quan thường trực của Đề án, Bộ Xây dựng đã ban hành kế hoạch triển khai Đề án 950; kế hoạch chuyển đổi số; kế hoạch triển khai các nhiệm vụ thực hiện Đề án phát triển ứng dụng dữ liệu về dân cư, định danh và xác thực điện tử phục vụ chuyển đổi số quốc gia giai đoạn 2022 - 2025, tầm nhìn đến năm 2030 tại Bộ Xây dựng; đang rà soát xây dựng, cập nhật khung kiến trúc số Bộ Xây dựng, phiên bản 4.0, dựa theo khung kiến trúc Chính phủ số Việt Nam 4.0 do Bộ KH&CN ban hành.

Bộ KH&CN cũng đã ban hành 26 tiêu chuẩn Việt Nam về đô thị thông minh. Bộ Công an với mục tiêu đẩy mạnh chuyển đổi số, đã xây dựng cơ sở dữ liệu về dân cư quốc gia

- VNeID; các Bộ, ngành khác trên cơ sở chức năng, nhiệm vụ của mình đã xây dựng các tiêu chuẩn, tiêu chí về đô thị thông minh; các địa phương cũng chủ động tiếp cận, triển khai các chương trình, đề án, đạt được những kết quả nhất định.

Bám sát nhiệm vụ sắp xếp đơn vị hành chính, tinh gọn bộ máy, cải cách hành chính gắn với mô hình chính quyền địa phương 2 cấp tại Việt Nam, các yêu cầu đặt ra về quản trị đô thị linh hoạt, tích hợp, số hóa toàn diện cũng đã được thúc đẩy từ trung ương đến địa phương.

### CUỘC CHUYỂN MÌNH RÕ NÉT TỪ QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ LINH HOẠT

Thực hiện phát triển đô thị thông minh theo Đề án 950, trên cả nước có 26 tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương (sau sáp nhập) - 38 tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương (trước sáp nhập) phê duyệt đề án, kế hoạch trên quy mô toàn tỉnh hoặc phê duyệt đề án, kế hoạch cho các đô thị ưu tiên.

Nhiều địa phương đã ban hành và tổ chức triển khai đề án hoặc kế hoạch phát triển đô thị thông minh với những cách làm linh hoạt, sáng tạo như: TP Huế; Bình Dương, Đà Nẵng, Quảng Ninh, TP.HCM..., triển khai ở nhiều lĩnh vực ưu tiên như: Trung tâm điều hành thông minh (IOC), dữ liệu nền tảng GIS, y tế, giáo dục, giao thông, cấp nước, chiếu sáng, và đặc biệt là dịch vụ công trực tuyến phục vụ người dân ngày càng hiệu quả.

Việc phát triển đô thị thông minh đã ghi nhận những lợi ích thiết thực cho toàn xã hội, người dân - doanh nghiệp - nhà nước.

Đối với người dân: Được tiếp cận với các tiện ích thông minh, thông tin minh bạch về quy hoạch, y tế, giao thông, giáo dục.



Đối với doanh nghiệp: Giúp mở ra cơ hội đầu tư, kinh doanh minh bạch, hiệu quả hơn nhờ hạ tầng dữ liệu mở, các chính sách mới của nhà nước giúp thúc đẩy doanh nghiệp đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số.

Đối với nhà nước: Tạo ra công cụ đột phá giúp điều hành, quản lý hiệu quả, ra quyết định nhanh và chính xác hơn.

Tại Bình Dương (nay thuộc TP.HCM), chính quyền thành phố đã triển khai xây dựng hệ thống GIS tại thành phố Thủ Dầu Một và đã mở rộng ra toàn tỉnh.

Huế cũng triển khai thí điểm thành công IOC cấp thành phố và ứng dụng công nghệ vào quy hoạch thông minh, sau đó mở rộng.

Các địa phương khác như: Bến Tre (nay thuộc Vĩnh Long), Hà Nam (nay thuộc Ninh Bình), Thái Bình (nay thuộc Hưng Yên), Bình Định (nay thuộc Gia Lai), Cần Thơ, An Giang (nay thuộc Kiên Giang) cũng đã có đề án, chương trình phát triển đô thị thông minh được phê duyệt và triển khai một số nội dung thí điểm chủ yếu về trung tâm IOC và các ứng dụng đô thị thông minh.

Bắc Giang (nay thuộc Bắc Ninh) đã ứng dụng GIS và nền tảng số để hỗ trợ lập quy hoạch, số hóa cơ sở dữ liệu đất đai, cấp phép xây dựng.

Nhiều địa phương chủ động xây dựng và triển khai dự án cụ thể. Hà Nội đã chấp thuận chủ trương thực hiện Dự án đầu tư “thành phố thông minh” tại huyện Đông Anh với quy mô diện tích khoảng 271,45 ha; Bến Tre (nay thuộc Vĩnh Long) khuyến khích các nhà đầu tư chọn các giải pháp kỹ thuật có liên quan về hạ tầng đô thị thông minh để đưa vào nội dung đầu tư xây dựng dự án (Dự án đầu tư phát triển Khu đô thị mới Đông Bắc phường Phú Khương, TP Bến Tre; Dự án đầu tư phát triển Khu đô thị mới Mỹ An, TP Bến Tre; Dự án đầu tư phát triển Khu đô thị mới Mỹ Hóa, TP Bến Tre...).

Đồng Nai có các khu đô thị dự kiến phát triển theo mô hình đô thị thông minh được các nhà đầu tư đề xuất như: Khu phức hợp công nghiệp - dịch vụ Long Thành (quy mô khoảng 2.559 ha) tại xã Tam An, An Phước, thị trấn Long Thành - huyện Long Thành và xã Phước Thiện - huyện Nhơn Trạch của Công ty CP Amata Việt Nam; Khu đô thị công nghiệp Biên Hòa (quy mô khoảng 843 ha) tại phường Phước Tân, Tam Phước - TP Biên Hòa và xã Tam An, huyện Long Thành của Công ty CP Đầu tư và Kinh doanh Golf Long Thành...

## **ĐỔI MỚI MÔ HÌNH QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ ĐỂ PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ THÔNG MINH**

Phát triển đô thị thông minh là mục tiêu chung, đạt được bằng sự hợp thành của nhiều kết quả trong các lĩnh vực khác nhau, có sự tham gia của nhiều bộ, ngành, địa phương. Sau gần 7 năm triển khai đề án phát triển đô thị thông minh bền vững Việt Nam, Bộ trưởng Bộ Xây dựng Trần Hồng Minh cho rằng, bối cảnh mới với những yêu cầu mới đặt ra, đòi hỏi cần nhìn lại chặng đường vừa qua, đánh giá toàn diện cách tiếp cận của Việt Nam với nhiệm vụ rất mới mẻ này.

Theo Bộ trưởng Trần Hồng Minh, bên cạnh việc tổng kết những kết quả đạt được, cần thẳng thắn nhìn nhận những khó khăn, vướng mắc, những điểm nghẽn trong quá trình phát triển đô thị thông minh ở Việt Nam, để từ đó trao đổi, thảo luận, cùng nhau tìm ra câu trả lời cho những câu hỏi lớn đang đặt ra.

Thứ trưởng Bộ Xây dựng Nguyễn Tường Văn cũng nhìn nhận, kết quả của Đề án mới là bước đầu. Việc phát triển đô thị thông minh ở Việt Nam thời gian qua còn có hạn chế, như: còn riêng lẻ, thiếu kết nối giữa các Bộ, ngành, địa phương; dữ liệu đô thị chưa đồng bộ, phân tán, chưa chuẩn hóa, chưa có sự liên thông; nguồn nhân lực còn hạn chế, thiếu chuyên nghiệp; nền tảng công nghệ chưa đáp ứng được yêu cầu, chưa tương thích; chi phí đầu tư lớn, phụ thuộc vào ngân sách, chưa huy động được nguồn vốn tư nhân và vốn FDI...

Thực tiễn cho thấy, xu thế vận động của các nền tảng phát triển đô thị thông minh như chuyển đổi số, trí tuệ nhân tạo, cơ sở dữ liệu lớn, truyền thông đa phương tiện... đang phát triển với tốc độ nhanh, đòi hỏi liên tục có sự điều chỉnh kịp thời trong quá trình quản lý phát triển đô thị thông minh.

Kế thừa các nhiệm vụ, giải pháp tại Đề án 950 và trên cơ sở tổng kết, đánh giá tình hình phát triển đô thị thông minh cả nước, Bộ Xây dựng nhận định, các nội dung cần đẩy mạnh thực hiện trong giai đoạn 2025 - 2030 bao gồm:

(1) Đẩy mạnh hoàn thiện hệ thống pháp luật, hoàn thiện các mô hình, kiến trúc hệ thống dữ liệu, công nghệ, cơ sở hạ tầng, tiêu chuẩn, quy chuẩn của các lĩnh vực hỗ trợ phát triển đô thị thông minh, có sự phối hợp, liên thông, chia sẻ dữ liệu. Nghiên cứu tích hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS) và viễn thám với hệ thống thông tin công trình (BIM), ứng dụng AI và các công nghệ mới vào phân tích hỗ trợ hoạch định chính sách; nâng cấp Bộ tiêu chí đô thị thông minh; xây dựng kho dữ liệu đô thị toàn quốc.

(2) Xây dựng cơ sở dữ liệu đô thị dùng chung. Thiết lập và vận hành hệ thống cơ sở dữ liệu đô thị thông minh đa ngành, liên thông, tích hợp, bảo đảm an toàn, an ninh, bảo mật; có sự chỉ đạo trực tiếp, chịu trách nhiệm của người đứng đầu địa phương.

(3) Lấy người dân làm trung tâm, đẩy mạnh cung cấp các dịch vụ đô thị thông minh thiết yếu, khuyến khích người dân tham gia quản trị, góp ý chính sách và giám sát chất lượng phục vụ...

(4) Phát triển nguồn nhân lực đô thị thông minh, hình thành lực lượng công dân số thích ứng với chuyển đổi số.

(5) Đổi mới mô hình quản trị đô thị, xây dựng chính quyền số đô thị, phát triển mô hình đô thị đổi mới sáng tạo.

(6) Đẩy mạnh hợp tác quốc tế, nâng cao hiệu lực, hiệu quả công tác quản lý nhà nước trong lĩnh vực phát triển đô thị thông minh.

(7) Đẩy mạnh hợp tác công tư trong phát triển đô thị thông minh, tham gia đầu tư phát triển hạ tầng đô thị thông minh tại địa phương.❖

# Thách thức và giải pháp cho các đơn vị tư vấn thiết kế trong đấu thầu BIM

**TS NGÔ THANH THỦY\*****TS HUỖNH XUÂN TÍN\***

Trong bối cảnh công nghệ BIM dần trở thành yêu cầu bắt buộc trong đấu thầu xây dựng, các doanh nghiệp tư vấn đối mặt nhiều thách thức, đặt ra vấn đề cần phân tích hệ thống pháp lý hiện hành, nhận diện khó khăn và đề xuất chuẩn hóa hồ sơ năng lực BIM, xây dựng hợp đồng và tài liệu chuẩn, cũng như kiến nghị chính sách hỗ trợ từ Nhà nước.

## 1. MỞ ĐẦU

Với sự ra đời của Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng, Luật Đấu thầu số 22/2023/QH15 và Nghị định số 175/2024/NĐ-CP của Chính phủ quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng, yêu cầu triển khai BIM trong giai đoạn đấu thầu và thiết kế không còn là lựa chọn tùy ý mà đã trở thành tiêu chí đánh giá năng lực và sản phẩm của đơn vị tư vấn. Tuy nhiên, việc đưa BIM vào quá trình đấu thầu, đặc biệt là trong các gói thầu tư vấn thiết kế, đang đặt ra không ít thách thức đối với nhiều doanh nghiệp.

## 2. KHUNG PHÁP LÝ HIỆN HÀNH LIÊN QUAN ĐẾN ĐẤU THẦU BIM

Việc áp dụng BIM trong hoạt động đấu tư xây dựng tại Việt Nam hiện đã được thiết lập trong một hệ thống pháp lý rõ ràng, làm cơ sở cho việc tích hợp BIM vào quá trình đấu thầu. Theo Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ, BIM được áp dụng bắt buộc đối với công trình cấp I và cấp đặc biệt từ năm 2023, và mở rộng cho công trình cấp II từ năm 2025. Chủ đầu tư có trách nhiệm đưa mô hình BIM vào hồ sơ thiết kế, nghiệm thu và thẩm định, nhằm chuẩn hóa quy trình quản lý dự án theo hướng số hóa.

Tiếp đó, Nghị định số 175/2024/NĐ-CP đã quy định cụ thể các yêu cầu kỹ thuật liên quan đến BIM. Theo Điều 8, khoản 2, hồ sơ thiết kế bắt buộc phải có tệp mô hình

BIM thể hiện cấu trúc, kích thước, vật liệu và hệ thống kỹ thuật công trình. Đồng thời, Quyết định 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 của Bộ Xây dựng yêu cầu các bên tham gia dự án tổ chức quản lý thông tin trong Môi trường dữ liệu chung (CDE), khuyến khích triển khai BIM xuyên suốt vòng đời công trình.

Về mặt lựa chọn nhà thầu, Luật Đấu thầu số 22/2023/QH15 có hiệu lực từ 01/01/2024 đã cho phép sử dụng tiêu chí "năng lực công nghệ, khả năng áp dụng BIM" để đánh giá hồ sơ dự thầu. Ngoài ra, Luật này cũng công nhận việc nộp và quản lý hồ sơ định dạng số, bao gồm hồ sơ BIM, thông qua Hệ thống mạng đấu thầu quốc gia, tạo điều kiện thuận lợi cho đấu thầu điện tử.

Cuối cùng, bộ Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 14177:2024 quy định về "Tổ chức và số hóa thông tin về công trình xây dựng, bao gồm mô hình hóa thông tin công trình (BIM) - Quản lý thông tin sử dụng mô hình hóa thông tin công trình", gồm 2 phần đã thiết lập nền tảng kỹ thuật và quy trình cho việc áp dụng BIM. Bộ tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về tổ chức thông tin (EIR), kế hoạch thực hiện (BEP), và kế hoạch phân phối dữ liệu (MIDP), đồng thời làm cơ sở cho việc xây dựng hồ sơ mời thầu và đánh giá hồ sơ dự thầu có yếu tố BIM.

Hệ thống văn bản pháp lý này tạo nền tảng đầy đủ để triển khai đấu thầu BIM minh bạch, đồng bộ và phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế.

## 3. VAI TRÒ VÀ THÁCH THỨC CỦA CÁC ĐƠN VỊ TƯ VẤN THIẾT KẾ

Trong bối cảnh pháp lý hiện nay, việc áp dụng BIM đã

*\*Trường Đại học Giao thông vận tải.*





trở thành yêu cầu bắt buộc theo Luật Đấu thầu 22/2023/QH15 và Nghị định số 175/2024/NĐ-CP, trước mắt áp dụng cho công trình cấp I, cấp đặc biệt và mở rộng sang công trình cấp II từ năm 2025. Do đó, vai trò của đơn vị tư vấn thiết kế ngày càng giữ vị trí trung tâm trong triển khai dự án.

Đơn vị tư vấn không chỉ cần tuân thủ các quy định pháp lý và kỹ thuật trong hồ sơ dự thầu mà còn phải chứng minh năng lực công nghệ, đặc biệt là khả năng thực hiện mô hình BIM đạt LOD 300-350. Mô hình này phải bảo đảm đầy đủ thông tin theo EIR, phục vụ công tác thiết kế, kiểm tra xung đột, bóc tách khối lượng, mô phỏng tiến độ (4D) và lập kế hoạch chi phí (5D). Điều này đòi hỏi tư vấn không chỉ sử dụng thành thạo phần mềm mà còn có khả năng điều phối luồng thông tin xuyên suốt vòng đời công trình.

Tuy nhiên, nhiều đơn vị tư vấn vẫn đối mặt với thách thức đáng kể: thiếu chuẩn hóa hồ sơ năng lực BIM, thiếu minh bạch về cơ cấu tổ chức và nhân sự, hạn chế trong xây dựng tài liệu như BEP, MIDP và thiếu cơ chế định giá chi phí phù hợp cho dịch vụ BIM; các hợp đồng thường bỏ sót điều khoản về quyền sở hữu dữ liệu và bảo mật thông tin.

Để đáp ứng yêu cầu thị trường và pháp lý, các đơn vị tư vấn cần đầu tư vào đào tạo chuyên môn, hoàn thiện hồ sơ năng lực BIM và chủ động chuẩn hóa tài liệu kỹ thuật theo tiêu chuẩn quốc gia.

#### **4. ĐỊNH HƯỚNG GIẢI PHÁP NÂNG CAO NĂNG LỰC TRIỂN KHAI ĐẦU THẦU BIM CHO CÁC ĐƠN VỊ TƯ VẤN THIẾT KẾ**

Để đáp ứng yêu cầu pháp lý ngày càng rõ ràng và chặt

chẽ đối với việc tích hợp BIM trong hoạt động đấu thầu, các đơn vị tư vấn thiết kế tại Việt Nam cần chủ động xây dựng năng lực kỹ thuật, tổ chức hồ sơ dự thầu và phối hợp hiệu quả với chủ đầu tư và các bên liên quan. Trọng tâm trong quá trình này là việc chuẩn hóa năng lực BIM thể hiện qua hồ sơ dự thầu, xây dựng các bộ tài liệu và hợp đồng mẫu phù hợp với hệ thống tiêu chuẩn quốc gia, đồng thời có những đề xuất chính sách thực tiễn hỗ trợ từ phía cơ quan quản lý nhà nước.

##### **4.1. Chuẩn hóa năng lực BIM trong hồ sơ dự thầu**

Hồ sơ dự thầu đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá năng lực kỹ thuật và tổ chức của đơn vị tư vấn, đặc biệt trong các dự án có yêu cầu áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM). Trước yêu cầu pháp lý và kỹ thuật ngày càng chặt chẽ, việc trình bày năng lực BIM cần được thực hiện một cách hệ thống và minh bạch.

Trước hết, đơn vị dự thầu cần cung cấp danh mục các dự án đã triển khai có ứng dụng BIM, nêu rõ giai đoạn áp dụng (thiết kế cơ sở, kỹ thuật, thi công), cấp độ phát triển mô hình (LOD), phần mềm sử dụng và sản phẩm đầu ra. Mỗi dự án nên đính kèm hình ảnh mô hình, bản vẽ trích xuất và các tài liệu kỹ thuật đi kèm như BEP, MIDP hoặc báo cáo kiểm tra xung đột. Những minh chứng cụ thể này cho thấy khả năng vận hành thực tế và tuân thủ quy trình BIM.

Tiếp theo, hồ sơ cần trình bày mô hình tổ chức nhân sự BIM với các vị trí chủ chốt như BIM Manager, BIM Coordinator, Modeler hoặc kỹ sư phần mềm chuyên ngành. Thông tin về trình độ chuyên môn, kinh nghiệm và chứng chỉ hành nghề (Autodesk, buildingSMART hoặc các đơn vị đào tạo BIM tại Việt Nam) là căn cứ để đánh giá





Hình 1. Ứng dụng BIM bước thiết kế bản vẽ thi công và thi công - Gói thầu XL1, XL2 và XL3 - Dự án Xây dựng đường Vành đai 3 đoạn qua TP.HCM do Công ty TNHH Kỹ thuật và công nghệ V7 thực hiện.

năng lực thực thi.

Cuối cùng, đơn vị tư vấn cần mô tả quy trình triển khai BIM nội bộ theo TCVN 14177:2024, bao gồm tiếp nhận yêu cầu EIR, xây dựng BEP, phân phối thông tin theo MIDP, kiểm soát chất lượng mô hình và quy trình bàn giao. Việc tuân thủ tiêu chuẩn quốc gia sẽ góp phần nâng cao tính minh bạch, độ tin cậy và khả năng trúng thầu trong các dự án có tích hợp BIM.

#### 4.2. Hướng tiếp cận hỗn hợp “thời gian + bồi hoàn chi phí giải pháp”

Việc thiếu vắng mẫu Hợp đồng chuyên biệt cho các dự án ứng dụng BIM là nguyên nhân chính gây ra nhiều rủi ro trong triển khai thực tế, đặc biệt ở các giai đoạn lập kế hoạch, nghiệm thu và thanh toán sản phẩm. Mặc dù Luật Đấu thầu số 22/2023/QH15 (Điều 64) và Nghị định số 24/2024/NĐ-CP (Điều 112) đã cho phép sử dụng các hình thức hợp đồng linh hoạt như hợp đồng theo thời gian hoặc hợp đồng hỗn hợp, việc áp dụng cụ thể trong lĩnh vực BIM vẫn còn chưa thống nhất. Một hình thức hợp đồng đề xuất là kết hợp giữa chi phí nhân sự theo thời gian và bồi hoàn chi phí giải pháp công nghệ (reimbursable solutions), phù hợp với bản chất đổi mới công nghệ trong BIM.

Trong mô hình hợp đồng hỗn hợp này, phần chi phí theo thời gian được áp dụng cho đội ngũ chuyên gia chủ chốt như: BIM Manager, Modeler và kiểm tra chất lượng mô hình. Phần chi phí bồi hoàn nhằm chi trả cho các giải pháp công nghệ, bao gồm phát triển script Dynamo, lập trình API, thuê phần mềm có bản quyền, vận hành nền tảng CDE, hoặc sử dụng công cụ kiểm tra xung đột và chất lượng mô hình. Việc công nhận hợp pháp các khoản chi này không chỉ bảo đảm hiệu quả tài chính mà còn chuyển trọng tâm hợp đồng từ “lao động thủ công” sang “năng suất công nghệ”.

Bên cạnh cấu trúc chi phí, Hợp đồng mẫu cần xác lập rõ trách nhiệm và quyền sở hữu liên quan đến sản phẩm BIM. Các điều khoản thiết yếu bao gồm: trách nhiệm sản

xuất mô hình đạt chuẩn LOD theo EIR; quy định quyền sở hữu dữ liệu thuộc về chủ đầu tư kể cả khi sử dụng công cụ riêng; yêu cầu bảo mật thông tin và kiểm soát truy cập trong môi trường CDE; cơ chế nghiệm thu dựa trên tiêu chí định lượng; và tiến độ giải ngân tương ứng với từng mốc sản phẩm (như hoàn thành LOD 300 hoặc báo cáo kiểm tra xung đột).

Cuối cùng, các sản phẩm BIM trung gian và đầu ra cần được công nhận là tài sản bàn giao chính thức, có quy trình nghiệm thu rõ ràng và phương án xử lý sai lệch giữa mô hình và bản vẽ 2D. Hợp đồng cũng nên thiết lập cơ chế phân xử minh bạch nhằm bảo đảm tính pháp lý khi BIM được sử dụng làm căn cứ kỹ thuật. Mô hình hợp đồng “thời gian + giải pháp” do đó là lựa chọn phù hợp, đáp ứng cả yêu cầu kỹ thuật lẫn xu hướng chuyển đổi số hiện nay.

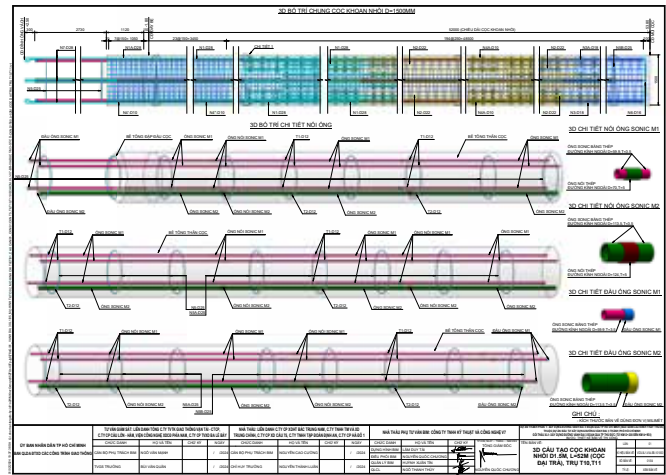
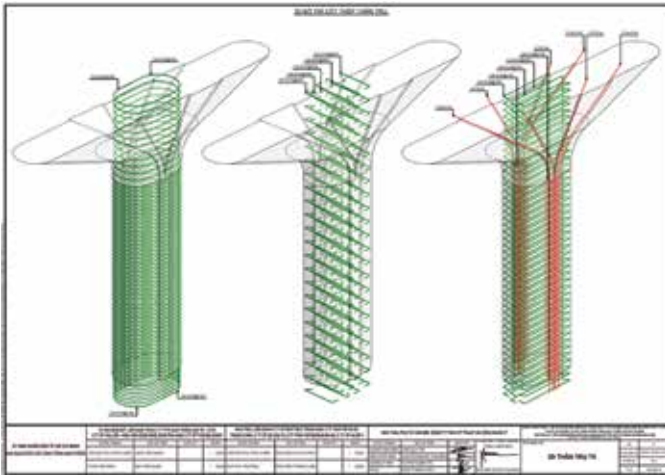
#### 4.3. Đề xuất các tài liệu chuẩn hóa EIR, BEP và MIDP

Theo TCVN 14177 và Quyết định số 348/QĐ-BXD (2021), việc xây dựng các tài liệu nền tảng như EIR (Yêu cầu thông tin), BEP (Kế hoạch thực hiện BIM) và MIDP (Kế hoạch phân phối thông tin) là cần thiết trong mọi dự án BIM. Tuy nhiên, hiện nay các chủ đầu tư và đơn vị tư vấn chưa có mẫu thống nhất hoặc chưa quen với cách xây dựng và áp dụng các tài liệu này.

Đơn vị tư vấn nên chủ động đề xuất mẫu EIR từ giai đoạn đầu, trong đó nêu rõ các yêu cầu về phần mềm, cấp độ LOD, sản phẩm bàn giao, lịch trình và quy trình kiểm tra mô hình. Song song đó, BEP cần phản ánh toàn bộ quy trình làm việc BIM, vai trò các bên, hệ thống phần mềm và cách kiểm soát chất lượng dữ liệu. MIDP nên được trình bày dưới dạng bảng phân phối thông tin, thể hiện rõ ai bàn giao gì, khi nào, ở định dạng nào.

Việc sử dụng đúng định dạng và nội dung của các tài liệu này không chỉ giúp tiêu chuẩn hóa hoạt động nội bộ, mà còn tạo điều kiện cho chủ đầu tư và đơn vị quản lý kiểm soát tiến độ và chất lượng sản phẩm BIM một cách minh bạch và hiệu quả.





#### 4.4. Kiến nghị đối với cơ quan quản lý nhà nước

Từ góc độ quản lý vĩ mô, cần có các biện pháp hỗ trợ và định hướng kịp thời từ phía nhà nước nhằm thúc đẩy việc áp dụng BIM trong đấu thầu. Trước tiên, cần sớm ban hành một thông tư hướng dẫn kỹ thuật đấu thầu tích hợp BIM, trong đó làm rõ các tiêu chí chấm điểm kỹ thuật, yêu cầu hồ sơ BIM trong mời thầu và đánh giá nhà thầu. Thông tư này cũng nên định nghĩa rõ sản phẩm BIM được coi là bàn giao hợp lệ, cũng như quy định về điều kiện thanh toán và nghiệm thu.

Tiếp theo, các cơ quan quản lý chuyên ngành như Bộ Xây dựng, Cục Kinh tế - Quản lý đầu tư cần tổ chức các chương trình đào tạo, tập huấn dành cho cán bộ Sở Xây dựng, đơn vị tư vấn và chủ đầu tư về các nội dung BIM trong đấu thầu. Ngoài ra, cần có hướng dẫn cụ thể về việc tích hợp chi phí triển khai BIM vào bảng giá dự toán tư vấn, liên kết với Thông tư số 12/2021/TT-BXD để bảo đảm tính minh bạch và khả thi trong dự toán tổng mức đầu tư.

#### 5. KẾT LUẬN

Việc tích hợp BIM vào hoạt động đấu thầu không còn là định hướng tương lai mà đã trở thành yêu cầu pháp lý hiện hành trong lĩnh vực đầu tư xây dựng tại Việt Nam. Trước làn sóng chuyển đổi số trong ngành, BIM không chỉ đóng vai trò là công cụ hỗ trợ thiết kế mà còn là tiêu chí đánh giá năng lực cốt lõi của các đơn vị tư vấn thiết kế. Bài viết đã phân tích hệ thống pháp lý nền tảng, nhận diện rõ vai trò và các khó khăn đặc thù mà các doanh nghiệp tư vấn đang gặp phải trong quá trình tham gia đấu thầu dự án có áp dụng BIM.

Để đáp ứng yêu cầu ngày càng cao, các đơn vị cần chủ động chuẩn hóa hồ sơ năng lực BIM, xây dựng quy trình nội bộ phù hợp với tiêu chuẩn quốc gia TCVN 14177:2024, và để xuất hợp đồng linh hoạt theo mô hình "thời gian + bồi hoàn giải pháp". Đồng thời, cần có sự hỗ trợ kịp thời từ phía cơ quan quản lý nhà nước thông qua các thông tư hướng dẫn kỹ thuật và cơ chế định giá chi phí BIM minh bạch.❖

#### Lời cảm ơn

Cảm ơn Công ty TNHH Kỹ thuật và Công nghệ V7 đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chính phủ (2023), Quyết định 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 về Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng.
2. Bộ Xây dựng (2021), Quyết định 347/QĐ-BXD ngày 02/4/2021: Hướng dẫn chi tiết áp dụng BIM đối với công trình dân dụng và hạ tầng kỹ thuật đô thị.
3. Bộ Xây dựng (2021), Quyết định 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021: Hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM).
4. Chính phủ (2024), Nghị định 175/2024/NĐ-CP ngày 30/12/2024 quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Xây dựng về ứng dụng mô hình thông tin công trình.
5. Quốc hội (2023), Luật Đấu thầu số 22/2023/QH15, ban hành ngày 23/6/2023, có hiệu lực từ ngày 01/01/2024.
6. Bộ Xây dựng (2024), Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 14177-1:2024 - Quản lý thông tin trong công tác xây dựng - Phần 1: Khái niệm và nguyên tắc chung. Hà Nội: Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng.
7. Bộ Xây dựng (2024), Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 14177-2:2024 - Quản lý thông tin trong công tác xây dựng - Phần 2: Giai đoạn lập kế hoạch. Hà Nội: Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng.
8. Georgiadou, M.C. (2019). An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects. *Construction Innovation*, 19(3), 298–320. <http://dx.doi.org/10.1108/CI-04-2017-0030>
9. Huynh-Xuan, T., Bui, N., Ngo-Thanh, T., Nguyen, D.T., Duong-Thi-Binh, A., & Le-Thi-Cam, H. (2024). Adopting construction 4.0 to promote sustainability in the Mekong Delta of Vietnam: a fuzzy Delphi study. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 41(4), 380–396. <https://doi.org/10.1080/21681015.2024.2315942>
10. Pérez, C.T., & Costa, D.B. (2021). Increasing production efficiency through the reduction of transportation activities and time using 4D BIM simulations. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(8), 2222–2247.

## ÁP DỤNG BIM TRONG CÔNG TÁC ĐẦU THẦU XÂY DỰNG TẠI VIỆT NAM:

# Thực trạng, thách thức và giải pháp

**THS TRƯƠNG CHÍ NHÂN\***

Mô hình thông tin công trình (BIM) đang dần trở thành yêu cầu quan trọng trong đấu thầu xây dựng tại Việt Nam. Ứng dụng BIM không chỉ giúp nhà thầu minh họa phương án thi công và trích xuất khối lượng chính xác, mà còn là công cụ chiến lược để tăng tính cạnh tranh.

## 1. GIỚI THIỆU

Trong thực tế tại Việt Nam, nhà thầu thường lập mô hình BIM từ bản vẽ thiết kế 2D trong hồ sơ mời thầu để phục vụ chào thầu. Do thời gian từ phát hành đến đóng thầu ngắn, công việc thường rất gấp, đòi hỏi đội BIM làm việc cật lực. Tùy vào nguồn lực, mô hình có thể dựng đầy đủ kiến trúc, kết cấu và hệ thống cơ điện, nhưng khi hạn chế, thường ưu tiên phần kết cấu chính hoặc lớp vỏ công trình. (Hình 1)

Các bước chính gồm:

- Thu thập và kiểm tra dữ liệu: Chủ yếu từ bản vẽ PDF/AutoCAD, cần chuyển đổi sang mô hình 3D.
- Dựng mô hình 3D: Dùng Revit, Tekla, ArchiCAD... để dựng các cấu phần chính như móng, khung, sàn, cột, tường.
- Mô phỏng biện pháp thi công: Bổ sung giàn giáo, cốp pha, hố đào... giúp mô tả phương án thi công rõ ràng hơn.
- Chọn mức độ chi tiết phù hợp: Thường ở mức LOD 200-300, ưu tiên trực quan và thể hiện ý tưởng.

Việc dựng mô hình 3D trong giai đoạn đấu thầu mang lại nhiều lợi ích: giúp chủ đầu tư hình dung rõ hơn về công trình, tăng tính thuyết phục của hồ sơ, đặc biệt hữu ích nếu họ không am hiểu kỹ thuật sâu. (Hình 2)

Ngoài ra, việc dựng mô hình giúp nhà thầu rà soát thiết kế, phát hiện mâu thuẫn hoặc lỗi trước khi báo giá. Điều này có thể giúp tối ưu chi phí đáng kể. Tuy nhiên, do thời gian ngắn, mô hình BIM đấu thầu thường thiếu chi tiết, cần được hoàn thiện hoặc làm lại sau khi trúng thầu để phục vụ thi công.

## 2. TRÍCH XUẤT KHỐI LƯỢNG TỪ MÔ HÌNH BIM

Trích xuất khối lượng (Quantity Takeoff) từ mô hình BIM là một ứng dụng quan trọng trong đấu thầu. Khác với cách bóc tách thủ công từ bản vẽ 2D, phương pháp này cho phép tính toán tự động và chính xác hơn nhờ dữ liệu 3D. Tuy nhiên, độ

bao phủ vẫn chưa đạt 100% do mô hình thường thiếu chi tiết, chưa phối hợp bộ môn đầy đủ hoặc chưa cập nhật thông tin.

Quy trình bắt đầu từ việc kiểm tra sự đầy đủ và nhất quán của mô hình: các thông số như kích thước, vật liệu, cao độ cần được rà soát kỹ và đối chiếu với hồ sơ thiết kế. Các phần mềm như Revit, Navisworks cho phép trích xuất bảng khối lượng theo nhóm đối tượng và tùy chỉnh tiêu chí theo từng gói thầu. Để đạt hiệu quả, cần xác định cấu trúc bảng khối lượng từ đầu và đảm bảo phối hợp đủ giữa kiến trúc, kết cấu, cơ điện. Có thể sử dụng công cụ kiểm tra xung đột (clash detection) để nâng độ tin cậy.

Một bước quan trọng là gán mã công việc (WBS) cho các phần tử mô hình. Việc này giúp phân loại rõ ràng, liên kết khối lượng với tiến độ và chi phí. Các hệ thống phân loại phổ biến gồm: (i) MasterFormat: phân loại theo công tác, phù hợp lập dự toán và hợp đồng; (ii) UniFormat: theo hệ thống công trình, thích hợp thiết kế sơ bộ; (iii) OmniClass: phân loại đa chiều, hỗ trợ quản lý vòng đời dự án.

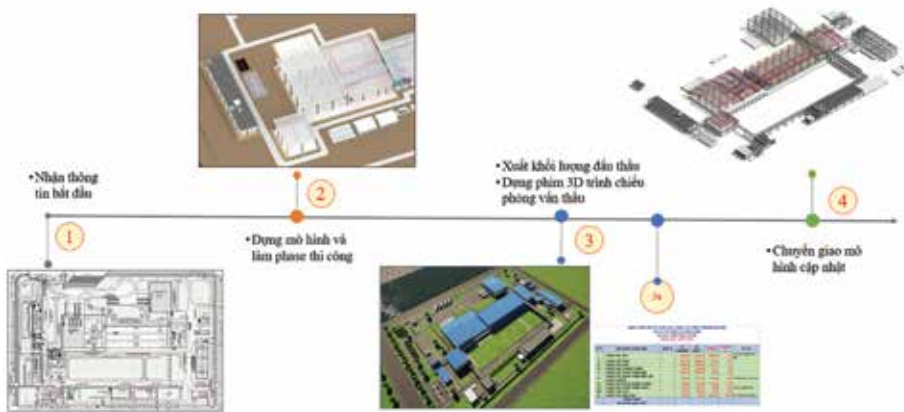
Phần mềm như Navisworks, VICO, Excel hỗ trợ tổng hợp khối lượng theo mã WBS. Trong Navisworks, có thể dùng "Sets" hoặc "Selection Tree" để nhóm đối tượng theo hệ phân loại, sau đó dùng module Quantification để xuất bảng khối lượng. VICO tích hợp sâu giữa mô hình 3D, tiến độ, chi phí và hệ thống phân loại. Với dự án nhỏ, có thể xuất dữ liệu ra Excel, dùng pivot hoặc macro để phân tích theo WBS, MasterFormat, UniFormat hoặc OmniClass.

Việc gán mã WBS đồng bộ với hệ phân loại quốc tế giúp chuẩn hóa dữ liệu, dễ tích hợp giữa thiết kế, dự toán, thi công và chủ đầu tư. Khi có thay đổi, chỉ cần cập nhật đúng mã WBS liên quan, toàn bộ dữ liệu liên quan sẽ tự động điều chỉnh. Quy trình trích xuất khối lượng gồm:

- Gán thông tin cho mô hình: Các đối tượng trong mô hình chứa thuộc tính như kích thước, vật liệu, số lượng...

*(\*) Công ty CP Xây dựng Coteccons.*

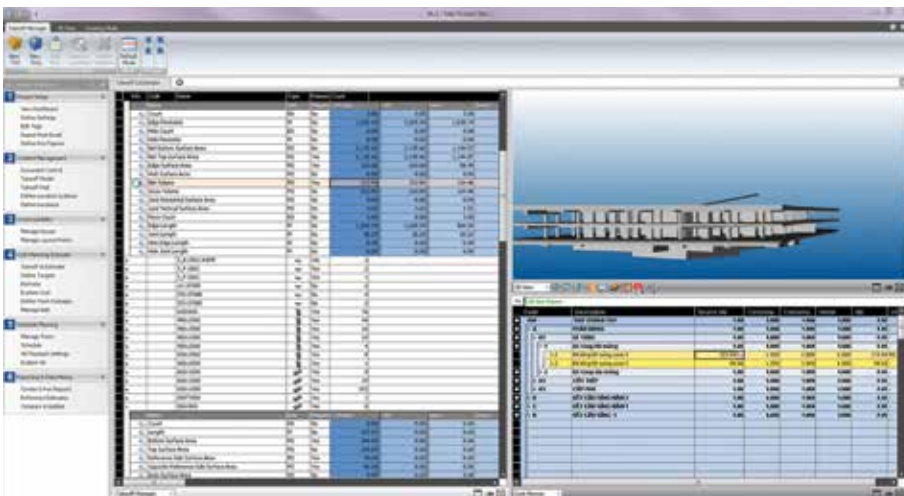




Hình 1. Quy trình 4 bước triển khai mô hình 3D BIM từ hồ sơ đấu thầu.



Hình 2. Mô hình thể hiện biện pháp thi công trong giai đoạn đấu thầu.



Hình 3. Giao diện bóc tách khối lượng từ mô hình BIM 3D trong phần mềm VICO.

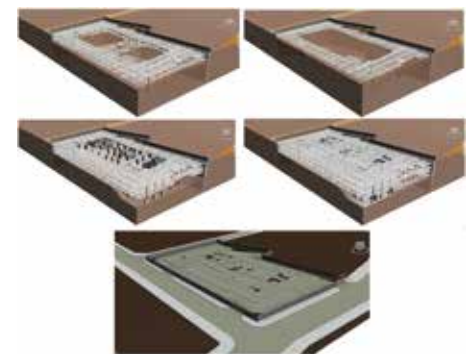
Phần mềm sẽ tính toán khối lượng (ví dụ: diện tích, thể tích bê tông...).

(ii) Dùng phần mềm để bóc khối lượng: Các công cụ như Revit (Schedule/Quantities), Navisworks (Quantification) hỗ trợ trích xuất chính xác từ mô hình tổng hợp.

(iii) Liên kết với bảng dự toán: Có thể gắn đơn giá vào mô hình, tạo mô hình 5D (thông tin khối lượng + giá), giúp lập dự toán nhanh và điều chỉnh linh hoạt.

Việc trích xuất tự động giúp nâng cao độ chính xác, tránh trùng lặp hoặc bỏ sót, dễ cập nhật khi thay đổi thiết kế. Đây là lợi thế trong môi trường đấu thầu cạnh tranh, nơi độ chính xác của khối lượng và giá dự thầu là yếu tố then chốt. Mô hình 3D minh bạch giúp chủ đầu tư kiểm tra, so sánh dễ hơn và rút ngắn thời gian chấm thầu.

Tuy nhiên, thách thức là đảm bảo mô hình đủ chi tiết, đúng kỹ thuật. Nếu thiếu sót, kết quả trích xuất sẽ không đáng tin cậy. Nhiều nhà thầu vẫn kết hợp kiểm tra chéo với phương pháp truyền thống. Việc lập mô hình cũng đòi hỏi nhân sự có kỹ năng phần mềm và hiểu biết kỹ thuật, là rào cản cho các đơn vị chưa có đội BIM chuyên nghiệp. (Hình 3)



Hình 4. Hình ảnh diễn họa trình tự thi công tầng hầm theo phương pháp Top-down trong một dự án đấu thầu.

### 3. DIỄN HÓA BIỆN PHÁP THI CÔNG BẰNG MÔ HÌNH 3D (BIM 4D)

Một trong những ứng dụng nổi bật của BIM trong đấu thầu là mô phỏng 4D, kết hợp mô hình 3D với tiến độ thi công. Đây thường là “điểm nhấn” trực quan thu hút chủ đầu tư trong buổi thuyết trình hồ sơ dự thầu. Quy trình tạo mô phỏng 4D gồm ba bước chính:

(i) Xây dựng tiến độ sơ bộ: Lập biểu đồ Gantt trên MS Project, Primavera hoặc Excel, xác định mốc thời gian và phân chia công việc theo giai đoạn.

(ii) Liên kết mô hình 3D với tiến độ: Dùng phần mềm như Autodesk Navisworks, Synchro Pro, Fuzor để nhập tiến độ, sau đó gán công việc vào các đối tượng tương ứng trong mô hình. Tính năng TimeLiner của Navisworks hỗ trợ nhập dữ liệu từ các phần mềm quản lý tiến độ chuẩn.

(iii) Tạo hoạt cảnh (animation) 4D: Phần mềm sẽ tạo video mô phỏng trình tự thi công theo thời gian (ví dụ: tháng 1 làm móng, tháng 2 dựng cột...). Video thường dài 3 - 5 phút, có thể bổ sung hiệu ứng, ánh sáng và thuyết minh để tăng tính trực quan.

Kết quả là một video mô phỏng tiến độ trực quan, cho

phép chủ đầu tư hình dung quá trình xây dựng từ đầu đến cuối, giúp nâng cao tính thuyết phục của hồ sơ thầu. (Hình 4)

#### 4. NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TRÊN THẾ GIỚI (2018-2025)

**Na Uy - Áp dụng “Full BIM”:** Trong một dự án thiết kế - thi công, nhà thầu thực hiện toàn bộ trên nền tảng BIM, không dùng bản vẽ 2D. Mô hình BIM tích hợp đầy đủ các bộ môn được dùng để gửi thầu, thể hiện giải pháp tổng thể - tạo lợi thế cạnh tranh vượt yêu cầu chủ đầu tư.

**Ả Rập Xê Út - BIM và xác suất trúng thầu:** Theo nghiên cứu năm 2021 (tạp chí Buildings), việc đưa chiến lược BIM vào hồ sơ giúp tăng xác suất thắng thầu: 5,5% nếu xét giá và 9,4% nếu xét chất lượng, cho thấy tác động tích cực rõ rệt.

**Bệnh viện Stavenger (Na Uy):** Áp dụng BIM kết hợp quét 3D và AI để tạo digital twin, kiểm soát chất lượng thi công bằng cách so sánh mô hình với kết quả quét laser - giúp giảm lỗi và kiểm soát tiến độ chặt chẽ hơn.

**Yêu cầu BIM trong đấu thầu công (Anh và EU):** Từ năm 2016, Anh yêu cầu BIM Level 2 cho các dự án công. Các nước như Phần Lan, Đan Mạch, Singapore... cũng có chính sách bắt buộc hoặc khuyến khích sử dụng BIM. Phần Lan phổ biến cung cấp mô hình IFC kèm bản vẽ PDF trong hồ sơ mời thầu, yêu cầu nhà thầu có khả năng xử lý mô hình ngay từ giai đoạn đấu thầu. Singapore còn phát triển nền tảng số nộp thầu BIM và kiểm tra mô hình tự động.

**Ứng dụng VR/AR trong đấu thầu:** Một số dự án sử dụng mô hình VR từ BIM để thuyết trình trực quan cho chủ đầu tư. Dự án Hospital Nova (Phần Lan) năm 2020 cho phép nhân viên y tế “trải nghiệm” bệnh viện tương lai bằng kính VR. Một số nhà thầu sử dụng kính VR trong buổi thuyết trình thay vì chỉ video 4D.

Các ví dụ toàn cầu cho thấy, BIM đang trở thành công cụ tiêu chuẩn trong đấu thầu xây dựng. Việc kết hợp với các công nghệ như quét laser, VR/AR, AI, digital twin đang mở ra xu hướng đấu thầu số hóa - nơi mô hình BIM không chỉ là công cụ kỹ thuật mà còn là lợi thế cạnh tranh chiến lược của nhà thầu.

#### 5. THÁCH THỨC KHI ÁP DỤNG BIM TRONG ĐẤU THẦU

Dù mang lại nhiều lợi ích, việc ứng dụng BIM trong giai đoạn đấu thầu vẫn đối mặt với nhiều thách thức lớn:

**Thiếu khung pháp lý và hướng dẫn thống nhất:** Việt Nam hiện chưa có quy định rõ ràng về yêu cầu BIM trong đấu thầu. Mỗi chủ đầu tư đặt tiêu chí khác nhau, khiến quá trình chuẩn bị hồ sơ của nhà thầu gặp khó khăn và việc đánh giá năng lực BIM thiếu khách quan.

**Chi phí và thời gian đầu tư lớn:** Việc tạo mô hình, phân tích và dựng video BIM cần nhiều nguồn lực. Nhà thầu phải cân nhắc kỹ bài toán chi phí - hiệu quả, nhất là khi rủi ro không trúng thầu cao. Thiếu chính sách hỗ trợ như “bù chi phí thua thầu” cũng khiến các doanh nghiệp, đặc biệt là nhà thầu nhỏ, e ngại khi đầu tư vào BIM.

**Thiếu nhân lực chuyên môn:** Nhiều nhà thầu chưa có đội ngũ BIM đủ năng lực. Nhiều đơn vị chỉ có vài nhân sự biết Revit ở mức cơ bản, không đảm đương được các công việc như

dựng mô hình, phối hợp, bóc tách khối lượng hay mô phỏng tiến độ 4D, buộc phải thuê ngoài - dẫn đến chi phí cao và phụ thuộc.

**Thời gian đấu thầu gấp gáp:** Thời gian chuẩn bị hồ sơ thường ngắn, gây áp lực lớn. Đội BIM phải rút gọn mô hình (chỉ dựng phần kết cấu chính), làm giảm khả năng phát hiện xung đột hệ thống. Mô hình cũng thường không đủ chất lượng để tái sử dụng sau đấu thầu, gây lãng phí.

**Thiếu sự đồng bộ giữa các bên:** BIM đòi hỏi phối hợp chặt chẽ giữa chủ đầu tư - tư vấn - nhà thầu. Nếu chỉ nhà thầu triển khai BIM, còn các bên khác vẫn dùng bản vẽ giấy hoặc không đánh giá mô hình, hiệu quả BIM sẽ bị hạn chế, thậm chí trở thành gánh nặng.

**Tư duy truyền thống và tâm lý e ngại công nghệ:** Ngành xây dựng quen với bản vẽ 2D, quy trình giấy tờ. Một số cán bộ kỹ thuật lớn tuổi e ngại hoặc không tin tưởng công nghệ, dẫn đến BIM bị xem như hình thức, không được áp dụng triệt để.

**Vấn đề tương thích và quản lý dữ liệu:** Hồ sơ thiết kế từ nhiều nguồn (CAD, IFC, Excel...) dễ gây lỗi khi tích hợp vào BIM. Kiểm soát phiên bản mô hình và dữ liệu thay đổi cũng rất khó trong bối cảnh thời gian gấp, dễ dẫn đến sai sót về khối lượng và tiến độ.

**Chi phí phần mềm và hạ tầng:** Giá phần mềm BIM như Revit, Navisworks, Synchro... khá cao; yêu cầu máy tính cấu hình mạnh. Đây là rào cản tài chính lớn cho các nhà thầu nhỏ, dù có một số giải pháp như thuê phần mềm theo tháng hoặc dùng mã nguồn mở.

#### 6. GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC THÁCH THỨC

Để giải quyết những thách thức đã nêu và nâng cao hiệu quả triển khai BIM trong đấu thầu, cần thực hiện đồng bộ các giải pháp từ cấp quản lý nhà nước đến từng doanh nghiệp.

##### 6.1. Hoàn thiện khung pháp lý và tiêu chuẩn

Trước hết, cần ban hành các quy định cụ thể về áp dụng BIM trong hoạt động đấu thầu. Nhà nước đã có những bước tiến quan trọng như Bộ Xây dựng công bố Hướng dẫn chung áp dụng BIM (Quyết định 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021) và ban hành các Thông tư về định mức chi phí cho BIM (Thông tư 12/2021/TT-BXD, Thông tư 09/2024/TT-BXD). Tuy nhiên, cần làm rõ hơn các yêu cầu liên quan đến BIM trong đấu thầu, có thể bổ sung vào Luật Đấu thầu hoặc các Nghị định hướng dẫn về đánh giá hồ sơ dự thầu liên quan đến BIM, chẳng hạn như quy định về thang điểm kỹ thuật cho mô hình 3D, quy trình BIM hay kinh nghiệm BIM của nhà thầu. Nghị định 35/2023/NĐ-CP cũng đã điều chỉnh một số nội dung về quản lý chi phí và hợp đồng, cần lồng ghép quản lý BIM vào hệ thống văn bản này. Một khung pháp lý rõ ràng sẽ giúp chủ đầu tư và nhà thầu xác định trách nhiệm và quyền lợi khi triển khai BIM.

##### 6.2. Đào tạo nâng cao nhận thức và năng lực BIM

Các bên tham gia đấu thầu cần được bồi dưỡng kiến thức về BIM. Chủ đầu tư, tư vấn quản lý dự án nên tổ chức các chương trình tập huấn về đưa yêu cầu BIM vào hồ sơ mời thầu, cũng như đánh giá hồ sơ dự thầu liên quan đến BIM. Nhà thầu cần đào tạo đội ngũ nhân sự về kỹ năng phần mềm và quản lý dự án sử dụng BIM. Hiện nay, nhiều khóa đào tạo chuyên sâu



(như ISO 19650 & BIM từ BSI Vietnam) đã được triển khai. Việc nâng cao hiểu biết sẽ góp phần giảm thiểu sự lệch lạc hoặc hiểu sai giữa các bên.

### 6.3. Xây dựng chiến lược BIM phù hợp trong doanh nghiệp

Mỗi nhà thầu cần phát triển khung năng lực BIM cho tổ chức riêng, phù hợp với nguồn lực và mục tiêu dự án. Chiến lược này xác định mức độ áp dụng BIM trong đấu thầu, lựa chọn phạm vi sử dụng mô hình, ứng dụng các mức độ 4D/5D và tối ưu nguồn lực. Kinh nghiệm thực tiễn cho thấy không nhất thiết phải áp dụng "full BIM" cho mọi gói thầu, mà nên lựa chọn những hạng mục mang lại giá trị thực tiễn lớn nhất, tránh lãng phí. Doanh nghiệp nên xây dựng thư viện BIM, mẫu quy trình chuẩn để sử dụng linh hoạt, tăng hiệu suất khi chuẩn bị hồ sơ dự thầu.

### 6.4. Tăng cường phối hợp và cam kết từ phía chủ đầu tư

Chủ đầu tư cần chủ động, mạnh dạn áp dụng BIM ngay từ giai đoạn lập dự án. Khi yêu cầu BIM đối với nhà thầu, chủ đầu tư cũng nên đảm bảo hạ tầng công nghệ phù hợp để tiếp nhận và khai thác thông tin BIM (như hệ thống CDE - Common Data Environment, nhân sự có năng lực đọc hiểu mô hình). Đồng thời, từng bước loại bỏ các yêu cầu nộp tài liệu giấy trùng lặp khi đã sử dụng mô hình điện tử, nhằm tối ưu hóa nguồn lực. Sự chủ động và phối hợp của chủ đầu tư là động lực để nhà thầu đầu tư nghiêm túc cho BIM.

### 6.5. Cải tiến phương thức đánh giá thầu và chi phí BIM

Cơ quan quản lý có thể nghiên cứu cơ chế bù đắp chi phí cho các sáng kiến BIM của nhà thầu, ví dụ như mô hình "loser's bonus" - hỗ trợ tài chính cho các nhà thầu có hồ sơ tốt nhưng chưa trúng thầu, khuyến khích đầu tư chất xám và đổi mới. Về chi phí tư vấn BIM, nên xem xét phương thức khoán gọn theo sản phẩm đầu ra thay cho hình thức tính theo nhân công, tạo điều kiện thuận lợi cho đơn vị tư vấn sử dụng công nghệ tiên tiến (AI, phát triển phần mềm) để cải thiện hiệu quả và tối ưu chi phí.

### 6.6. Thúc đẩy các dự án mẫu và chia sẻ kinh nghiệm

Đẩy mạnh thực hiện dự án điển hình trong nước về đấu thầu áp dụng BIM, tổng kết và phổ biến rộng rãi các bài học qua hội thảo, ấn phẩm chuyên ngành. Việc chia sẻ dữ liệu và kinh nghiệm này sẽ tạo nền tảng tham khảo hiệu quả cho các chủ đầu tư và nhà thầu khác, giúp hạn chế lặp lại sai sót và nhận diện rõ hơn giá trị của BIM.

### 6.7. Ứng dụng công nghệ hỗ trợ

Song song với BIM, có thể tích hợp các công nghệ hỗ trợ khác như CDE để quản lý quá trình nộp thầu minh bạch, blockchain đảm bảo tính nguyên vẹn của hồ sơ số, hoặc AI tự động kiểm tra, phân tích mô hình. Đây là những xu hướng công nghệ đang nổi lên và có thể tích hợp để hình thành môi trường đấu thầu điện tử hiện đại.

### 6.8. Đổi mới tư duy quản lý dự án

Cuối cùng, để đạt hiệu quả bền vững, các bên cần coi BIM là một phần của chuyển đổi số ngành xây dựng, không chỉ là yêu cầu tạm thời cho một vài dự án. Lãnh đạo doanh nghiệp cần có tầm nhìn dài hạn, xem đầu tư BIM là giải pháp nâng cao năng lực cạnh tranh cho tương lai. Về phía quản lý nhà nước,

cần tiếp tục quán triệt chủ trương chuyển đổi số và thúc đẩy BIM như một nhiệm vụ chiến lược. Sự phối hợp nhất quán giữa các bên sẽ là yếu tố quyết định cho thành công của BIM trong lĩnh vực đấu thầu.

## 7. XU HƯỚNG ÁP DỤNG BIM TRONG ĐẤU THẦU

BIM trở thành yêu cầu tiêu chuẩn trong hồ sơ mời thầu: Ngày càng nhiều chủ đầu tư, đặc biệt với dự án sử dụng vốn Nhà nước, đưa BIM vào tiêu chí bắt buộc. Trong giai đoạn 2025 - 2030, năng lực BIM trở thành điều kiện tiên quyết để tham gia đấu thầu.

Áp dụng các tiêu chuẩn quốc tế (ISO 19650): Nhà thầu cần tuân thủ ISO 19650 về quản lý thông tin ngay từ giai đoạn đấu thầu. Việc lập BEP, MIDP, quy ước đặt tên... phải chuẩn hóa theo tiêu chuẩn quốc tế.

Phổ biến mô hình trao đổi dữ liệu mở (IFC, CDE): Việc sử dụng định dạng IFC và nền tảng CDE trong đấu thầu ngày càng phổ biến, giúp truy cập và chia sẻ dữ liệu hiệu quả, không phụ thuộc phần mềm.

Tự động hóa và AI trong quá trình đấu thầu BIM: AI hỗ trợ phân tích hồ sơ mời thầu, phát hiện xung đột và tối ưu mô hình BIM. Xu hướng này sẽ giúp giảm tải thủ công và nâng cao hiệu quả hồ sơ thầu.

Mở rộng vai trò của BIM trong đánh giá thầu: BIM không chỉ dùng để lập hồ sơ mà còn hỗ trợ chấm thầu thông qua phân tích mô hình, mô phỏng, so sánh các phương án một cách khách quan, hiệu quả.

Chuyển đổi số toàn diện quá trình đấu thầu: Đấu thầu điện tử kết hợp BIM giúp số hóa toàn bộ quy trình, tích hợp thông tin và nâng cao tính minh bạch, hiệu quả trong đấu thầu công.

## 8. KẾT LUẬN

Việc áp dụng BIM trong công tác đấu thầu tại Việt Nam đang trở thành một xu thế tất yếu, mang lại nhiều lợi ích rõ rệt. BIM không chỉ giúp nhà thầu tạo ra các mô hình 3D trực quan để thuyết phục chủ đầu tư, mà còn nâng cao độ chính xác khi trích xuất khối lượng, đồng thời cho phép diễn họa tiến độ thi công (4D) một cách sinh động. Các nghiên cứu và kinh nghiệm quốc tế đã chứng minh BIM là một lợi thế cạnh tranh chiến lược, giúp tăng xác suất trúng thầu và tối ưu hóa quy trình.

Tuy nhiên, quá trình chuyển đổi này vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm sự thiếu hụt khung pháp lý, chi phí đầu tư lớn, hạn chế về nhân lực và tư duy quản lý truyền thống. Để vượt qua các rào cản này, cần có sự phối hợp đồng bộ từ nhiều phía: Nhà nước cần hoàn thiện các tiêu chuẩn và chính sách hỗ trợ; doanh nghiệp cần xây dựng chiến lược BIM phù hợp và đào tạo nhân lực; và chủ đầu tư cần chủ động hơn trong việc yêu cầu và khai thác dữ liệu BIM.

Trong tương lai gần, BIM được dự báo sẽ trở thành yêu cầu tiêu chuẩn, kết hợp với các công nghệ tiên tiến như AI, VR và CDE để tạo ra một môi trường đấu thầu số hóa toàn diện. Đây không chỉ là một công cụ kỹ thuật, mà còn là một phần quan trọng của quá trình chuyển đổi số ngành xây dựng tại Việt Nam. ❖

# Ứng dụng BIM trong quản lý tiến độ và chi phí xây dựng trong giai đoạn thi công tích hợp trên CDE



**TRẦN VĂN TÂM\***

Ứng dụng BIM 4D, 5D giúp quản lý tiến độ, chi phí minh bạch, tối ưu dữ liệu, phối hợp dự án, thúc đẩy tiến độ, giải ngân và chuyển đổi số ngành Xây dựng.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước ta đang triển khai hàng loạt dự án giao thông và hạ tầng trọng điểm. Vấn đề đặt ra là làm sao quản lý tiến độ, chi phí một cách chặt chẽ nhằm đảm bảo các dự án hoàn thành theo đúng kế hoạch với chi phí giải ngân đạt hiệu quả, thúc đẩy tăng trưởng. Trong bối cảnh đó, BIM là một tiến trình chuyển đổi số ngành Xây dựng đã quy định bắt buộc áp dụng trong quá trình triển khai dự án.

Trong khi việc áp dụng BIM trong giai đoạn thiết kế dần trở nên phổ biến thì việc áp dụng BIM trong giai đoạn thi công hiện nay phần lớn mang tính hình thức và chưa đi vào thực chất. Việc áp dụng còn gặp nhiều khó khăn phần lớn là do thiếu các công cụ phù hợp với điều kiện Việt Nam.

## 2. TỔNG QUAN MỘT SỐ NỘI DUNG ỨNG DỤNG BIM TRONG GIAI ĐOẠN THI CÔNG

Trong giai đoạn thi công, việc áp dụng BIM nhằm mục tiêu quản lý quá trình thi công chặt chẽ, trực quan, khoa học và minh bạch. Dữ liệu BIM được tích hợp trong quá trình thi công là cơ sở để lập mô hình BIM hoàn công, số hóa dữ liệu, chuyển giao cho đơn vị quản lý vận hành.

Việc áp dụng BIM cũng nhằm mục tiêu tăng cường tương tác giữa các bên tham gia dự án thông qua Môi trường dữ liệu chung CDE, tăng hiệu quả phối hợp, giúp giảm thời gian hội họp.

Một số nội dung áp dụng BIM trong giai đoạn thi công như sau:

**Thiết lập môi trường dữ liệu chung CDE:** Trong giai đoạn thi công cần thiết lập môi trường làm việc chung CDE cho các bên tham gia dự án, đây cũng là nền tảng quản lý dữ liệu tập trung.

**Quản lý mặt bằng công trường:** Mô hình các mặt bằng

công trường thi công, kiểm soát công trường thi công thông qua công nghệ bay chụp, camera quan sát...

**Mô phỏng biện pháp thi công:** Tiến hành mô phỏng biện pháp thi công để phát hiện những bất cập, điều chỉnh biện pháp thi công cho phù hợp trước khi thi công.

**Quản lý tiến độ, sản lượng hoàn thành (BIM 4D):** Đây là nội dung rất quan trọng mà chủ đầu tư đặt ra trong giai đoạn thi công nhằm quản lý tiến độ, sản lượng một cách chặt chẽ, góp phần đưa công trình vào sử dụng đúng tiến độ đề ra.

**Quản lý chi phí của dự án (BIM 5D):** Công tác quản lý tài chính, giải ngân đầu tư nhằm quản lý dòng vốn đầu tư là cực kỳ quan trọng. Ứng dụng mô hình BIM 5D nhằm quản lý chặt chẽ, chủ động dòng tiền trong suốt quá trình thi công.

**Xây dựng mô hình hoàn công:** Mô hình thiết kế sẽ được cập nhật các thông tin trong quá trình thi công phục vụ cho việc quản lý vận hành sau này.

## 3. ÁP DỤNG BIM TRONG QUẢN LÝ TIẾN ĐỘ THI CÔNG VÀ CHI PHÍ XÂY DỰNG

### 3.1. Quy trình quản lý

Môi trường dữ liệu chung BIMNext quản lý toàn diện quá trình ứng dụng BIM từ giai đoạn thiết kế đến giai đoạn thi công, hoàn công, bao gồm nhiều tính năng thiết thực cho việc ứng dụng BIM giai đoạn thi công như ứng dụng BIM 4D cho công tác quản lý tiến độ, BIM 5D cho công tác quản lý chi phí, giải ngân đầu tư công trình. Quy trình quản lý tiến độ và chi phí dự án trên CDE BIMNext được thực hiện như sau:

### 3.2. Dữ liệu đầu vào

Mô hình BIM có đầy đủ thông tin ở bước thiết kế bản vẽ thi công được cập nhật bằng đơn giá ký hợp đồng giữa nhà thầu và chủ đầu tư đến từng hạng mục, cấu kiện công trình. Như vậy, mô hình sau khi cập nhật sẽ có thông tin thời gian thi công dự kiến và khối lượng, giá trị ký kết hợp đồng từ

*(\*) Giám đốc Công ty CP IDECO Việt Nam.*



tổng thể gói thầu đến chi tiết từng hạng mục, cấu kiện.

### 3.3. Quản lý tiến độ, sản lượng hoàn thành

Đây là nội dung quan trọng nhất mà chủ đầu tư đặt ra trong giai đoạn thi công nhằm quản lý tiến độ, sản lượng chặt chẽ, góp phần đưa công trình vào sử dụng đúng tiến độ đề ra.

Phần giao diện phần quản lý tiến độ, sản lượng trên CDE BIMNext hiển thị phía nửa trên màn hình là biểu đồ Gantt chart quản lý tiến độ thi công, nửa dưới màn hình là mô hình được lập ra trong giai đoạn thiết kế. Các cấu kiện, chi tiết của mô hình liên kết với biểu đồ Gantt bên trên và được mã hóa, chứa các thông tin về tiến độ thi công và giá trị (theo đơn giá ký hợp đồng giữa chủ đầu tư và nhà thầu).

Khi bắt đầu triển khai thi công, thông qua việc báo cáo sản lượng, tiến độ thi công thực tế hàng ngày của nhà thầu, ứng dụng sẽ tự động so sánh với tiến độ dự kiến mà nhà thầu đã lên kế hoạch để hiển thị chính xác đến thời điểm hiện tại dự án có tiến độ nhanh hay chậm bao nhiêu ngày, giá trị sản lượng hoàn thành chiếm bao nhiêu % so với tổng giá trị gói thầu.

Ngoài ra, CDE BIMNext cũng cho phép trích xuất khối lượng, giá trị hoàn thành trong một khoảng thời gian tự chọn làm cơ sở cho việc nghiệm thu, thanh toán và lên kế hoạch sử dụng vốn cho dự án theo tiến độ đề ra.

### 3.4. Quản lý chi phí

Trên cơ sở khối lượng công việc thực hiện được nhà thầu báo cáo định kỳ lên mô hình BIM, mô hình sẽ tự cập nhật giá trị hoàn thành để làm cơ sở cho việc nghiệm thu, thanh toán. Quy trình nghiệm thu, thanh toán được thực hiện trên CDE qua các bước như sau:

Nhà thầu đệ trình yêu cầu nghiệm thu, thanh toán trên cơ sở khối lượng công việc thực hiện đã được xác nhận của tư vấn giám sát, kèm các hồ sơ KCS trên CDE. Hệ thống sẽ thông báo cho tư vấn giám sát để chấp thuận và chuyển cho chủ đầu tư phê duyệt nghiệm thu, thanh toán.

Giá trị giải ngân theo đợt thanh toán của từng nhà thầu sẽ tự động cập nhật vào hệ thống để thống kê giá trị giải ngân tổng thể của gói thầu và cho cả dự án, phục vụ thống kê và báo cáo của chủ đầu tư.

Dữ liệu quản lý tập trung và đồng bộ trên hệ thống CDE giúp chủ đầu tư và các bên liên quan trích xuất nhanh chóng các thông tin cần thiết.

## 4. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

Việc áp dụng BIM 4D và BIM 5D quản lý tiến độ và chi phí xây dựng đạt những kết quả sau:

### 4.1. Tăng cường tương tác, trao đổi thông tin giữa các bên tham gia dự án

Dữ liệu thông tin lưu trữ, chia sẻ và phối hợp tập trung thông qua CDE giữa các bên tham gia dự án nhằm tránh sai sót, tăng hiệu quả phối hợp giữa các bên.

### 4.2. Tăng cường tính minh bạch, thúc đẩy tiến độ dự án

Mô hình BIM trong giai đoạn thiết kế được bổ sung thêm thông tin thời gian (BIM 4D) và chi phí (BIM 5D) để quản lý tiến độ và sản lượng trong quá trình thi công minh bạch, khoa học,



Quản lý tiến độ, sản lượng thi công thông qua CDE BIMNext



chặt chẽ, hỗ trợ công tác quản lý chất lượng công trình.

### 4.3. Cung cấp cơ sở dữ liệu cho giai đoạn quản lý vận hành

Mô hình BIM trong giai đoạn thiết kế sẽ được bổ sung các thông tin và thay đổi trong quá trình thi công để tạo lập mô hình BIM hoàn công. Đây là cơ sở dữ liệu quan trọng được lưu trữ, chia sẻ phục vụ công tác quản lý, vận hành khi đưa công trình vào khai thác và là nguồn dữ liệu xây dựng mô hình sản sao số (Digital Twins), thành phố thông minh (Smart City).

## 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc áp dụng BIM trong giai đoạn thi công nói chung và áp dụng BIM 4D, BIM 5D nói riêng đã mang lại hiệu quả thiết thực trong tăng cường tương tác giữa các bên tham gia dự án, giúp quá trình quản lý tiến độ và sản lượng thi công khoa học, chặt chẽ, nâng cao tính tự động hóa, giảm thời gian và tiết kiệm chi phí. Việc áp dụng BIM trong các dự án cũng là tiền đề thúc đẩy quá trình chuyển đổi số của ngành Xây dựng, nâng cao năng suất lao động.

Để nâng cao hiệu quả của việc áp dụng BIM, cần pháp lý hóa hồ sơ điện tử, loại bỏ hoàn toàn sử dụng giấy trong dự án ứng dụng BIM, tiến tới loại bỏ hoàn toàn sử dụng giấy trong ngành Xây dựng. Bản chất của ứng dụng BIM là sử dụng kỹ thuật số, do đó, sử dụng song song hồ sơ giấy và thông tin điện tử gây thiếu đồng bộ, dẫm chân nhau, tạo gánh nặng và lãng phí.

# Giảm thiểu bất đồng trong lựa chọn nhà thầu và triển khai BIM gói thầu xây lắp



**TS NGUYỄN VĂN CHÍNH\***

Để giảm thiểu bất đồng, các bên cần được đào tạo kiến thức BIM với mục tiêu: Chủ đầu tư xác định mục tiêu, nội dung áp dụng BIM phù hợp, tư vấn xây dựng đúng tiêu chí mời thầu, nhà thầu hiểu rõ để lập hồ sơ dự thầu.

## 1. CÁC QUY ĐỊNH PHÁP LUẬT VÀ HƯỚNG DẪN ÁP DỤNG BIM TRONG THI CÔNG

### 1.1. Quy định về mức độ và nội dung áp dụng BIM

Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng, quy định tại điểm đ, khoản 3, Điều 1 như sau: Nội dung áp dụng và mức độ chi tiết của mô hình BIM do chủ đầu tư dự án quyết định.

Nghị định số 175/2024/NĐ-CP ngày 30/12/2024 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng quy định tại khoản 3, Điều 8 như sau: Phạm vi, nội dung thực hiện và các yêu cầu thông tin cần thiết của BIM đối với công trình được áp dụng BIM sẽ được thực hiện theo thỏa thuận được nêu tại hợp đồng của các bên có liên quan tại từng giai đoạn của dự án.

### 1.2. Quy định áp dụng BIM trong thi công theo Quyết định số 258/QĐ-TTg

Mục đích, yêu cầu áp dụng BIM tại Điều 1, khoản 2, điểm a: Việc áp dụng BIM trong quá trình thiết kế nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm thiết kế; tăng cường quá trình trao đổi thông tin giữa cơ quan quản lý nhà nước về xây dựng, chủ đầu tư, tổ chức tư vấn, nhà thầu thi công xây dựng; trong quá trình thi công xây dựng nhằm hỗ trợ xây dựng phương án tổ chức thi công, tổ chức và quản lý các nguồn lực trong quá trình xây dựng, kiểm soát chất lượng xây dựng; trong quá trình nghiệm thu, bàn giao đưa công trình vào sử dụng nhằm hỗ trợ quá trình nghiệm thu, phục

vụ cho giai đoạn quản lý, vận hành công trình xây dựng.

Cơ quan nhà nước sử dụng BIM (Điều 1, khoản 3, điểm e): Từ năm 2023, đối với công trình áp dụng BIM, cơ quan quản lý nhà nước sử dụng mô hình BIM để hỗ trợ trong quá trình thẩm định báo cáo nghiên cứu khả thi, thẩm định thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế cơ sở, cấp phép xây dựng, kiểm tra công tác nghiệm thu.

### 1.3. Hướng dẫn áp dụng BIM trong thi công theo Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021

- Mục 1.1. Áp dụng BIM trong quá trình đầu tư xây dựng:

Mô hình BIM và các bản vẽ sẽ được phát hành cho nhà thầu thi công xây dựng để tham chiếu. Tư vấn lập mô hình BIM hoặc nhà thầu chính sẽ xây dựng các mô hình tiếp theo với các thông tin chi tiết đáp ứng yêu cầu thi công và chế tạo.

- Mục 1.4.2. Xác định mục tiêu áp dụng BIM:

+ Mô hình hóa để thể hiện trực quan, giúp các thành viên tham gia dự án hiểu rõ khi thảo luận, phân công các nhiệm vụ hoặc lựa chọn các giải pháp thiết kế/thi công hiệu quả; các bên liên quan hiểu rõ hơn về giải pháp thiết kế để ra các quyết định cho phù hợp;

+ Hiệu quả của việc chia sẻ thông tin bằng định dạng kỹ thuật số sẽ thuận lợi hơn trong việc phối hợp các hoạt động; tiết kiệm thời gian chuẩn bị tài liệu, trao đổi thông tin;

+ Phát hiện, kiểm soát các lỗi xung đột giữa các bộ môn thiết kế, giữa nội dung thiết kế dự kiến và công trình hiện hữu... sẽ giảm việc thay đổi hoặc điều chỉnh, bổ sung thiết kế trong quá trình thực hiện;

+ Cải thiện chất lượng công tác lựa chọn nhà thầu,

(\*) Trường Đại học Giao thông vận tải





giảm rủi ro trong quá trình thực hiện do hồ sơ mời thầu có chất lượng tốt hơn;

+ Kiểm soát tốt khối lượng và tiến độ thi công từ việc kết nối mô hình với tiến độ thi công thực tế; kiểm soát chi phí từ khối lượng bóc tách trên mô hình;

Từ đó cho thấy, các quy định hiện hành và hướng dẫn áp dụng BIM đã đề cập đến mục tiêu áp dụng BIM nhưng chưa hướng dẫn chi tiết triển khai BIM trong thi công xây dựng. Theo quy định tại Quyết định số 258/QĐ-TTg và Nghị định số 175/2024/NĐ-CP thì mức độ, nội dung áp dụng BIM do chủ đầu tư hoặc các bên thỏa thuận theo hợp đồng, do vậy nội dung áp dụng BIM trong thi công do chủ đầu tư và các bên thỏa thuận trong hợp đồng.

## 2. HIỂU ĐÚNG VAI TRÒ CỦA CÁC BÊN TRONG GÓI THẦU XÂY LẮP CÓ ÁP DỤNG BIM

BIM là phương thức thực hiện hoạt động xây dựng mới ở Việt Nam, là một trong các nội dung của chuyển đổi số xây dựng. Trong giai đoạn hiện nay, BIM được thực hiện song song với phương thức hoạt động xây dựng truyền thống để các bên dần thích nghi và chuyển đổi phương thức hoạt động xây dựng. Do vậy, sẽ không tránh khỏi những ngỡ ngàng, khó khăn ban đầu.

Để giảm thiểu tranh luận, bất đồng trong công tác đấu thầu cũng như triển khai BIM trong giai đoạn thi công, cần trước tiên các bên phải hiểu rõ vai trò của mình khi tham gia dự án.

### 2.1. Vai trò của chủ đầu tư

Chủ đầu tư với vai trò là “bên đặt hàng” và sử dụng sản phẩm BIM, trước khi triển khai cần phải xác định hợp

lý nội dung, mục tiêu áp dụng BIM từ giai đoạn chuẩn bị dự án đến thi công. Các yêu cầu của chủ đầu tư liên quan đến triển khai BIM trong giai đoạn thi công được thể hiện trong yêu cầu thông tin trao đổi (EIR). Một số lưu ý đối với chủ đầu tư khi lập EIR:

- Hiểu rõ nội hàm của BIM, nhất quán quan điểm coi BIM là tiến bộ khoa học công nghệ trong hoạt động xây dựng, là xu thế tất yếu sẽ thay thế phương thức hoạt động xây dựng truyền thống.

- Nắm rõ các quy định pháp luật hiện hành và am hiểu các hướng dẫn áp dụng BIM của Bộ Xây dựng. Hiểu rõ các yếu tố cần thiết để triển khai BIM an toàn và hiệu quả.

- Am hiểu để xác định hợp lý các yếu tố hình thành dự toán chi phí BIM trong giai đoạn thi công xây lắp.

- Hiểu và đánh giá đúng năng lực triển khai BIM của các nhà thầu xây lắp để xác định mục tiêu và nội dung áp dụng BIM phù hợp.

### 2.2. Vai trò của tư vấn thiết kế lập mô hình BIM

Mặc dù tư vấn lập thiết kế mô hình BIM hoàn thành trước khi triển khai lựa chọn nhà thầu và áp dụng BIM trong thi công. Tuy nhiên, nếu việc lập mô hình BIM bước thiết kế mà không dự tính đến việc áp dụng trong quá trình thi công sẽ gây khó khăn khi triển khai BIM của nhà thầu xây lắp (Ví dụ, việc phân chia mô hình BIM, các chỉ dẫn cập nhật mô hình BIM trong giai đoạn thi công...). Ngoài việc tuân thủ các quy định hiện hành, khi lập Kế hoạch thực hiện BIM (BEP) cần lưu ý vấn đề sau:

- Xây dựng phương án phân chia mô hình phù hợp với tiến trình cập nhật, các thông tin để tạo mô hình BIM hoàn công.

- Tư vấn giúp chủ đầu tư xác định mức độ chi tiết của mô hình phù hợp với nội dung và mục tiêu áp dụng BIM của dự án cũng như điều kiện triển khai thực tế.

### 2.3. Vai trò của đơn vị tư vấn đấu thầu

Đơn vị tư vấn đấu thầu có vai trò rất quan trọng trong công tác lựa chọn nhà thầu, là đơn vị giúp chủ đầu tư “ra đề bài” trong hồ sơ mời thầu cũng là đơn vị “chấm bài” khi đánh giá hồ sơ dự thầu. Ngoài việc tuân thủ các quy định pháp luật về đấu thầu thì cần lưu ý một số nội dung:

- Am hiểu nội hàm về BIM, các quy định pháp luật và hướng dẫn áp dụng BIM của Bộ Xây dựng.

- Hiểu rõ mục tiêu và nội dung áp dụng BIM của chủ đầu tư cũng như năng lực triển khai BIM thực tế để xây dựng các tiêu chí của hồ sơ mời thầu phù hợp.

- Hướng dẫn áp dụng BIM của Bộ Xây dựng: “Trường hợp cần thiết chủ đầu tư có thể yêu cầu đơn vị cung cấp dịch vụ gửi một số mô hình mẫu mà đơn vị đã thực hiện để chủ đầu tư xem xét và đánh giá thêm”. Do vậy, cần đưa yêu cầu chứng minh năng lực của nhà thầu thông qua đánh giá sản phẩm đã thực hiện.

### 2.4. Vai trò của đơn vị thi công

- Nhà thầu thi công thường hạn chế về khả năng sử dụng CNTT nên sẽ khó khăn hơn khi triển khai BIM trong giai đoạn xây lắp. Khi tham gia gói thầu xây lắp có áp dụng BIM thì cần lưu ý một số vấn đề:

- Nắm rõ các quy định pháp luật hiện hành và am hiểu hướng dẫn áp dụng BIM trong giai đoạn thi công xây lắp để hiểu các yêu cầu trong hồ sơ mời thầu.

- Coi BIM là tiến bộ khoa học công nghệ trong lĩnh vực xây dựng, việc áp dụng BIM sẽ mang lại hiệu quả cho nhà thầu xây lắp từ đó chuẩn bị các nguồn lực về con người, về công nghệ để áp dụng BIM.

- Nên chủ động đề xuất áp dụng BIM với công trình chưa bắt buộc áp dụng BIM nhưng việc áp dụng phù hợp với năng lực của nhà thầu để tạo tiền đề tham gia gói thầu bắt buộc áp dụng BIM.

## 3. MỘT SỐ LƯU Ý TRONG CÔNG TÁC CHUẨN BỊ, LẬP HỒ SƠ MỜI THẦU, LẬP HỒ SƠ DỰ THẦU

### 3.1. Công tác chuẩn bị

Chủ đầu tư tổ chức lập hoặc thuê tư vấn lập yêu cầu thông tin trao đổi (EIR) và dự toán gói thầu xây lắp có áp dụng BIM.

Các nội dung của EIR gồm: Thông tin dự án (Thông tin chung, tiến độ dự án); Mục tiêu áp dụng BIM; Nội dung áp dụng BIM; Phạm vi công việc và sản phẩm BIM trong giai đoạn thi công xây lắp; Các nội dung về quản lý; Các nội dung về kỹ thuật; Đánh giá năng lực nhà thầu.

### 3.2. Lưu ý khi lập hồ sơ mời thầu

Trong quá trình biên soạn hồ sơ mời thầu theo Thông tư số 22/2024/TT-BKHĐT ngày 17/11/2024 của Bộ KH&ĐT nay là Bộ Tài chính. Chủ đầu tư/Bên mời thầu gói thầu áp dụng BIM cần bổ sung các biểu mẫu như sau:

Mẫu số 4: Cơ cấu tổ chức và kinh nghiệm của nhà thầu tư vấn: Bổ sung Mẫu số 4a: Năng lực BIM của nhà thầu;



Mẫu số 6: Giải pháp và phương pháp luận tổng quát do nhà thầu đề xuất để thực hiện dịch vụ tư vấn: Bổ sung thêm Mẫu số 6a: Kế hoạch thực hiện BIM sơ bộ (Pre BEP);

Mẫu số 9: Tiến độ thực hiện công việc (bổ sung thêm mẫu số 9a: Bảng phân công trách nhiệm).

(Chi tiết các biểu mẫu 4a, 6a, 9a thể hiện trong Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 công bố Hướng dẫn chung áp dụng BIM của Bộ Xây dựng)

Phần điều khoản tham chiếu: Bổ sung Yêu cầu về thông tin trao đổi (EIR)

### 3.3. Lưu ý khi lập hồ sơ dự thầu

- Nghiên cứu kỹ yêu cầu thông tin trao đổi (EIR) và các yêu cầu liên quan đến BIM trong hồ sơ mời thầu.

- Chuẩn bị nhân sự, máy tính và phần mềm phù hợp: Nhân sự phù hợp với hồ sơ mời thầu, có đủ chứng nhận đã đào tạo bổ sung kiến thức BIM; Máy tính phải có cấu hình phù hợp với phần mềm sử dụng; Trong trường hợp chủ đầu tư không cung cấp phần mềm thì chuẩn bị giấy tờ xác nhận đang sở hữu hoặc hợp đồng nguyên tắc thuê phần mềm từ đơn vị sở hữu phần mềm.

- Giải pháp phương pháp luận: Bổ sung giải pháp và phương pháp luận của nhà thầu khi triển khai BIM trong quá trình thi công thông qua kế hoạch BIM sơ bộ (Pre-BEP).

- Bố trí nhân sự triển khai BIM với nội dung, tiến độ thi công.

- Hoàn thiện các biểu mẫu 4a, 6a, 9a. Đặc biệt lưu ý biểu mẫu 9a về bảng phân công trách nhiệm.

## 4. LƯU Ý KHI TRIỂN KHAI BIM TRONG GIAI ĐOẠN THI CÔNG XÂY LẮP

Quyết định số 258/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ hướng tới áp dụng BIM trong quản lý vận hành. Tuy nhiên, hiện nay chưa hướng dẫn chi tiết nội dung áp dụng BIM trong giai đoạn thi công xây lắp. Do vậy, chủ đầu tư cần căn cứ vào mục tiêu, ý nghĩa triển khai BIM để đưa ra nội dung chi tiết triển khai BIM trong giai đoạn thi công, các nội dung đó phải được cụ thể trong yêu cầu thông tin trao đổi (EIR) và trong hồ sơ mời thầu.

Theo quan điểm của người viết, mức độ tối thiểu khi áp dụng BIM trong thi công là phải cập nhật thông tin thuộc





tính trong quá trình thi công như: Tên vật tư vật liệu, nhà cung cấp, lắp đặt, thời gian hoàn thành thi công lắp đặt, tiêu chuẩn nghiệm thu, thông tin bảo hành, lưu ý khi bảo trì... Mức độ cao hơn là xây dựng tiến độ thi công, mô phỏng phương án tổ chức thi công, các giải pháp sử dụng mô hình BIM kiểm soát chất lượng thi công...

## 5. MỘT SỐ KIẾN NGHỊ

### 5.1. Đào tạo bổ sung kiến thức BIM

Việc đào tạo bổ sung kiến thức về BIM cần được thực hiện cho tất cả bên liên quan (cơ quan quản lý nhà nước, chủ đầu tư, nhà thầu tư vấn thiết kế, nhà thầu thẩm tra, nhà thầu thi công, nhà thầu giám sát) trước khi triển khai dự án.

Nội dung đào tạo phải phù hợp với từng vai trò tham gia trong dự án là cơ quan quản lý nhà nước, chủ đầu tư, nhà thầu. Kiến thức triển khai BIM cho dự án có thể đào tạo chung để các bên cùng nắm được tổng thể nhưng đào tạo công cụ phần mềm thì phải đào tạo riêng cho từng chủ thể.

Vì BIM là phương thức làm việc nên đối với đơn vị tổ chức đào tạo và giảng viên tham gia đào tạo bắt buộc phải có kinh nghiệm triển khai BIM cho dự án, am hiểu các quy định pháp luật, phương thức hoạt động xây dựng ở Việt Nam. Tránh nhầm lẫn đào tạo BIM là đào tạo phần mềm tạo lập mô hình BIM.

### 5.2. Bổ sung một số quy định liên quan

Bổ sung các biểu mẫu liên quan đến BIM vào văn bản hướng dẫn đấu thầu của Bộ Tài chính đảm bảo thống nhất,

đồng bộ khi triển khai đấu thầu qua mạng.

Xây dựng khung áp dụng BIM trong từng giai đoạn thiết kế, thi công, vận hành để Chủ đầu tư tham khảo khi xây dựng EIR, hồ sơ mời thầu...

Xây dựng quy định và công cụ xác nhận số (xác định trên mô hình BIM)

Xây dựng quy định dữ liệu từ bước thiết kế đến thi công để đảm bảo đồng bộ về dữ liệu tiến tới chuẩn hóa và khai thác dữ liệu công trình sau này.

Vai trò của tư vấn đấu thầu cần được nâng cao cùng với tăng định mức chi phí tư vấn cũng như trách nhiệm của đơn vị lập hồ sơ mời thầu, đánh giá hồ sơ dự thầu. Khi tham gia làm tư vấn đấu thầu ngoài đáp ứng các điều kiện về chuyên môn đấu thầu cần phải đáp ứng điều kiện về năng lực chuyên môn của gói thầu.❖

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chính phủ (2023), Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng;
2. Chính phủ (2024), Nghị định số 175/2024/NĐ-CP ngày 30/12/2024 của Chính phủ Quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng.
3. Bộ Xây dựng (2021), Quyết định số 347/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 của Bộ Xây dựng công bố hướng dẫn chi tiết áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) đối với công trình dân dụng và hạ tầng kỹ thuật đô thị;
4. Bộ Xây dựng (2021), Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 của Bộ Xây dựng công bố hướng dẫn chung áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM).

# Hiểu đúng và áp dụng hiệu quả BIM



**THS PHẠM PHÚ ĐỨC\***

Với những bước đi ban đầu vững chắc từ Chính phủ, việc áp dụng BIM tại Việt Nam đang là xu thế tất yếu. Tuy nhiên, các rào cản và thực trạng "BIM hình thức" đang làm giảm hiệu quả, từ đó đặt ra vấn đề cần đẩy mạnh đào tạo chuyên sâu về BIM, nâng cao quy trình hậu kiểm, nhằm thúc đẩy BIM phát triển thực chất và bền vững.

## 1. LỜI MỞ ĐẦU

Tại Việt Nam, việc áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM - Building Information Modeling) bắt đầu từ năm 2010. Tuy nhiên, chỉ khi Quyết định số 2500/QĐ-TTg ngày 22/12/2016 được ban hành, các cơ chế pháp lý mới thực sự được triển khai. Mục tiêu chính của Quyết định này là tiết kiệm ít nhất 30% chi phí, tăng tính minh bạch và hiệu quả trong quản lý xây dựng.

Để hỗ trợ lộ trình này, Chính phủ đã ban hành nhiều văn bản quan trọng. Thông tư số 09/2024/TT-BXD của Bộ Xây dựng sửa đổi, bổ sung một số định mức xây dựng ban hành tại Thông tư số 12/2021/TT-BXD quy định định mức chi phí áp dụng BIM không vượt quá 50% tổng chi phí thiết kế xây dựng. Sau giai đoạn thí điểm với gần 40 công trình cấp I, Bộ Xây dựng tiếp tục ban hành các hướng dẫn BIM cấp quốc gia (Quyết định số 347/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 của Bộ Xây dựng về việc công bố Hướng dẫn chi tiết áp dụng BIM đối với công trình dân dụng và công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị; Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 của Bộ Xây dựng về việc công bố Hướng dẫn chung áp dụng BIM) và tổ chức các khóa đào tạo.

Mặc dù BIM là xu thế tất yếu, việc áp dụng vẫn còn nhiều hạn chế. Một số gói thầu áp dụng BIM không đúng phương pháp, dẫn đến các kiến nghị và bất đồng. Các Sở Xây dựng địa phương cũng có cách hiểu khác nhau, gây khó khăn cho doanh nghiệp và nhà đầu tư, dẫn đến lãng phí nguồn lực.

## 2. BIM NHƯ MỘT TÀI SẢN SỐ XUYẾN SUỐT VÒNG ĐỜI DỰ ÁN XÂY DỰNG

BIM không đơn thuần là một công cụ hỗ trợ thiết kế 3 chiều, mà là một tài sản số (digital asset) có giá trị cốt lõi đối với chủ đầu tư trong các giai đoạn khác nhau của dự án. Tài sản này được khởi tạo từ giai đoạn lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi và tiếp tục phát triển, tích lũy giá trị trong suốt vòng đời của

dự án xây dựng. Ngay từ giai đoạn khởi đầu, các dữ liệu hình học và phi hình học đã có thể được thiết lập dưới dạng các mô hình khái niệm, cung cấp nền tảng cho việc đưa ra các quyết định chính xác và tối ưu hóa thiết kế (Phụ lục 02, Quyết định số 347/QĐ-BXD, Mức độ phát triển thông tin phi hình học của một số cấu kiện trong công trình xây dựng).

Khác với cách tiếp cận truyền thống vốn xem bản vẽ thiết kế như một sản phẩm tĩnh, BIM đại diện cho một kho dữ liệu động, tích hợp thông tin đa chiều về thông tin hình học và phi hình học của công trình. Từ giai đoạn thiết kế đến thi công, BIM tiếp tục được cập nhật, thay đổi, bổ sung, điều chỉnh và hoàn thiện, đóng vai trò như một nguồn tham chiếu duy nhất cho tất cả các bên liên quan.

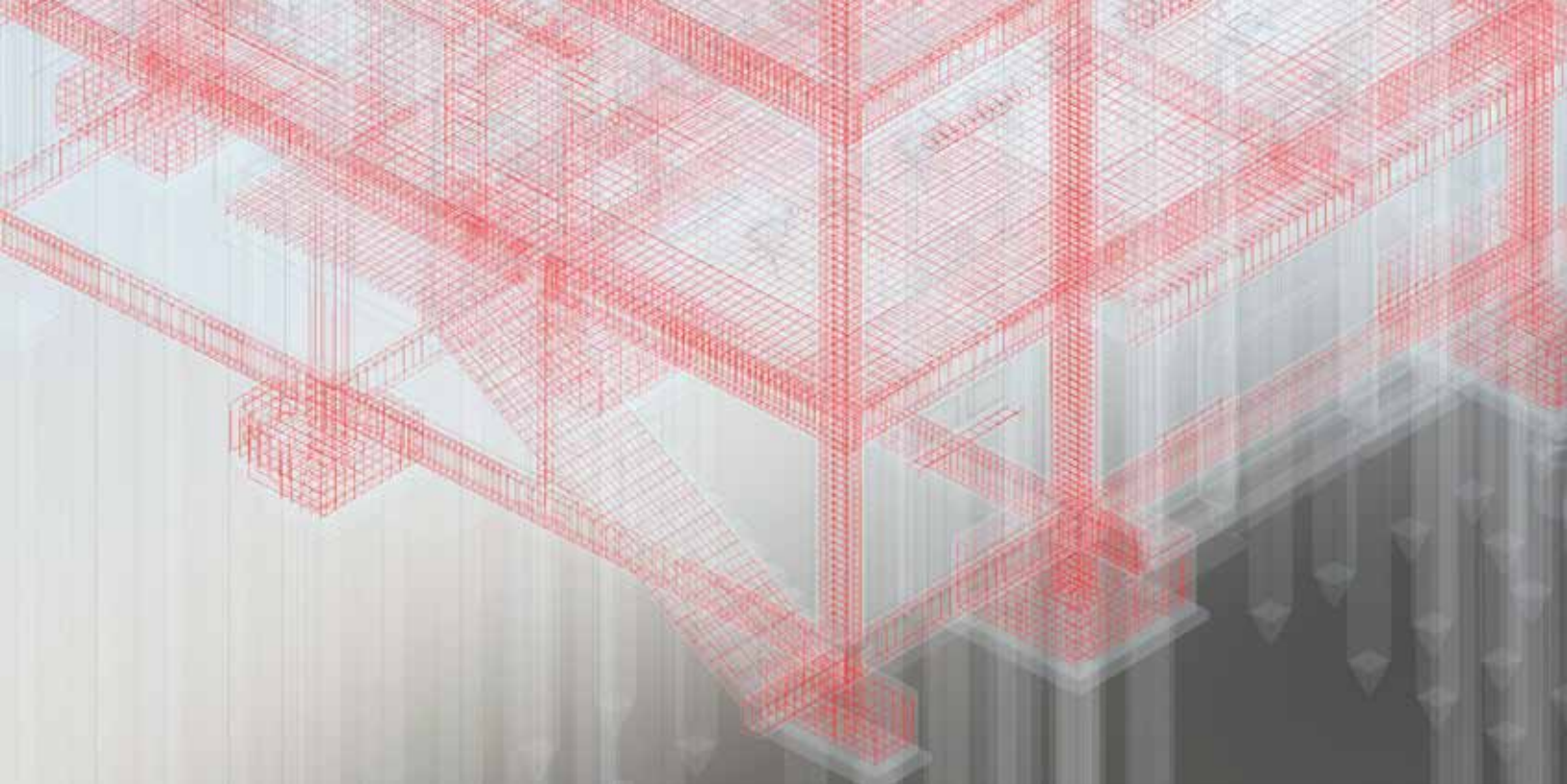
Theo đó, BIM phải có tính kế thừa từ đơn vị tư vấn thiết kế đến nhà thầu thi công và cuối cùng là đơn vị vận hành. Sản phẩm cuối cùng thông qua quá trình này là một mô hình đầy đủ thông tin được phê duyệt theo quy định nhằm phục vụ công tác vận hành, bảo trì, lưu trữ trong thời gian dài hoặc được tiếp tục sử dụng cho các mục đích khác nhau trong tương lai.

Theo quy định tại điểm a khoản 1 Điều 8 Nghị định số 175/2024/NĐ-CP của Chính phủ quy định một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng: "1. Việc áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng được quy định như sau: a. Áp dụng đối với dự án có quy mô từ nhóm B trở lên ở thời điểm bắt đầu chuẩn bị dự án và chỉ yêu cầu áp dụng đối với công trình xây dựng mới từ cấp II trở lên thuộc dự án".

Nhận xét: Quy định này được bổ sung cụ thể hơn về thời điểm áp dụng so với Nghị định số 15/2021/NĐ-CP quy định chi tiết một số nội dung về quản lý dự án đầu tư xây dựng, Nghị định số 35/2023/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung một số điều của các Nghị định thuộc lĩnh vực quản lý nhà nước của Bộ Xây dựng và Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 07/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động

\*Phó Tổng giám đốc Công ty CP Tư vấn thiết kế xây dựng Đà Nẵng.





Mô hình cầu kiện cốt thép (rebar) trong công trình dân dụng.

xây dựng, đã chấm dứt việc các dự án tổ chức lập BIM một cách thiếu tổ chức khi nhiều dự án bỏ qua giai đoạn thiết kế và bắt đầu lập mô hình ở thời điểm công trình chuẩn bị đưa vào sử dụng. Các chủ đầu tư cần có hiểu biết cụ thể và chuyên sâu về từng loại công trình để từ đó đưa ra được các yêu cầu phù hợp, hiệu quả và chọn lựa được đúng đơn vị tư vấn có năng lực.

### 3. QUY TRÌNH BIM TRONG CÁC LOẠI CÔNG TRÌNH KHÁC NHAU

Mặc dù BIM được biết đến ở Việt Nam từ những năm 2010, nhưng phải hơn một thập kỷ, BIM mới bắt đầu được công nhận và phát triển những khung pháp lý, hướng dẫn đi kèm để làm nền tảng áp dụng. Tuy nhiên, hiện nay vẫn có nhiều điểm còn chưa thống nhất, một trong số đó là chưa có sự phân biệt rõ ràng các quy trình áp dụng cho việc phát triển ứng dụng BIM cho các dạng công trình dân dụng, giao thông, thủy lợi...

Mỗi loại công trình có đặc thù riêng về quy trình triển khai, các mục tiêu áp dụng khác nhau và hiệu quả đạt được cũng không giống nhau. Cụ thể là trong các công trình giao thông, BIM có đặc thù về mức độ chi tiết và phức tạp trong mô hình hóa cốt thép trong bê tông (rebar). Các kết cấu cầu thường bao gồm các cấu kiện lớn, chịu lực nặng với yêu cầu kỹ thuật cao về bố trí thép và xử lý giao cắt. Việc thể hiện và kiểm tra các cấu kiện này đòi hỏi mô hình BIM phải có khả năng mô phỏng chính xác từng thanh thép, từng mối nối ở mức độ chi tiết cao (LOD 400-500).

Chính vì vậy, các phần mềm chuyên dụng thường được lựa chọn trong các dự án cầu đường có khả năng xử lý mô hình cốt thép một cách chi tiết, chính xác, và hỗ trợ trực tiếp cho giai đoạn sản xuất thép, xuất bản vẽ thi công và các công tác khác. Số lượng cấu kiện thép trong cầu đường, tuy ít loại hơn công trình dân dụng, nhưng mỗi cấu kiện lại có khối lượng và độ phức tạp vượt trội, đặc biệt ở các dự án cầu lớn, cầu vòm, hay cầu bê tông.

Ngược lại, các phần mềm trong hệ sinh thái phù hợp với thị trường xây dựng dân dụng chiếm ưu thế với khả năng mô hình hóa kiến trúc, kết cấu, MEP tích hợp. Tuy nhiên, khi xét đến cốt thép, các phần mềm này chủ yếu mô hình hóa ở mức tham chiếu, thể hiện sơ đồ thép chính để phục vụ phối hợp mô hình hoặc kiểm tra xung đột, chứ chưa thể hiện đầy đủ từng thanh thép chi tiết phục vụ sản xuất. Khả năng xử lý các cấu kiện vẫn còn hạn chế hoặc cần sự hỗ trợ từ các phần mềm phụ (plugin) chuyên biệt.

Nhận xét: Chủ đầu tư và các cơ quan có liên quan cần ban hành các hướng dẫn, quy định cụ thể để tránh việc:

Lựa chọn sai công cụ: Sử dụng quá nhiều phần mềm khác nhau trong dự án.

Không đạt được mục tiêu áp dụng BIM đã đề ra: Mô hình mang tính minh họa mà không phục vụ thực chất cho quản lý thông tin, kiểm tra xung đột.

Phát sinh chi phí và chậm tiến độ: Khi có thay đổi, một số phần mềm sẽ mất nhiều thời gian hơn để tích hợp tổng thể với các bên còn lại hoặc bổ sung các nhân sự có kỹ năng phù hợp với nhiều loại phần mềm khác nhau trong cùng một dự án cũng làm tăng chi phí và kéo dài thời gian thực hiện.

Mâu thuẫn hợp đồng và tranh chấp pháp lý: Khi không có khung pháp lý rõ ràng, cơ quan chức năng có thể có cách hiểu không đúng về mức độ chi tiết của mô hình, dẫn đến việc đưa ra các yêu cầu vượt thẩm quyền của mình. Cụ thể như Sở Xây dựng ở địa phương yêu cầu các công trình dân dụng phải cung cấp đầy đủ các chi tiết bê tông cốt thép tương tự như các công trình giao thông trong giai đoạn thiết kế. Điều này gián tiếp làm ảnh hưởng tới việc xin cấp phép xây dựng của chủ đầu tư, vì theo hướng dẫn và quy định hiện hành tại Quyết định số 258/QĐ-TTg và Nghị định số 175/NĐ-CP, nội dung áp dụng BIM (bao gồm mức độ chi tiết của cấu kiện chính) do chủ đầu tư và các bên thỏa thuận trong hợp đồng.

#### 4. VAI TRÒ CỦA TƯ VẤN THIẾT KẾ TRONG GÓI THẦU CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG

Như đã nói ở phần trên, quy định hiện hành đã yêu cầu BIM được áp dụng từ giai đoạn bắt đầu chuẩn bị dự án, nên vai trò của nhà thầu tư vấn thiết kế sẽ bao gồm công tác lập BIM và thiết lập kế hoạch triển khai BIM (BEP) tổng thể theo yêu cầu của chủ đầu tư.

Nhìn chung, trong bất kỳ dự án xây dựng, trách nhiệm chính đối với chất lượng công trình luôn thuộc về tư vấn thiết kế và nhà thầu thi công, hai chủ thể chịu trách nhiệm trực tiếp trước pháp luật và hợp đồng đối với sự phù hợp kỹ thuật, an toàn và hiệu suất vận hành của công trình. Trong hệ sinh thái đó, việc triển khai áp dụng BIM không thể tách rời khỏi quy trình thiết kế - thi công - nghiệm thu, và do đó, mọi hoạt động liên quan đến phát triển mô hình BIM phải gắn chặt với quyền hạn, trách nhiệm và nghĩa vụ của các bên nêu trên.

Việc chủ đầu tư thuê một đơn vị tư vấn BIM độc lập (như một số dự án còn tồn tại hiện nay) nằm ngoài hệ thống tư vấn thiết kế và nhà thầu thi công, dù có thể với mục đích hỗ trợ quản lý hoặc giám sát mô hình, sẽ không đảm bảo hiệu quả thực tiễn nếu đơn vị này không có vị trí pháp lý rõ ràng trong chuỗi hợp đồng dự án. Cụ thể, một đơn vị tư vấn BIM chỉ được coi là có tính ràng buộc nếu họ là thành phần trong liên danh tư vấn thiết kế, hoặc là tư vấn phụ do đơn vị thiết kế hoặc nhà thầu chính thuê lại với sự đồng thuận của các bên liên quan, như nhiều chuyên gia đã chia sẻ tại hội thảo khoa học chuyên đề trong thời gian gần đây.

Mặt khác, khi đơn vị tư vấn thẩm tra đã được quy định chịu trách nhiệm pháp lý về công tác kiểm tra, đánh giá về tính thống nhất của mô hình BIM với các kết quả tính toán, thiết kế; việc tư vấn BIM được thuê trực tiếp bởi chủ đầu tư và không có quyền kiểm soát chuyên môn hay phối hợp bắt buộc với tư vấn thiết kế và nhà thầu thi công, thì mọi sản phẩm như Kế hoạch thực hiện BIM (BEP - BIM Execution Plan) do họ lập ra sẽ không có tính bắt buộc pháp lý. Không có bất kỳ tổ chức nào trong dự án có nghĩa vụ tuân thủ theo một kế hoạch BIM được ban hành bởi một đơn vị ngoài quy trình, không có vai trò kỹ thuật rõ ràng trong chuỗi sản xuất thiết kế - thi công. Điều này dẫn đến tình trạng "BIM hình thức" (hay còn gọi là Pseudo BIM, BIM giả lập), thiếu tính thực thi và có thể phát sinh mâu thuẫn, chồng chéo trách nhiệm.

Do đó, cách làm này không những sai lệch về phương pháp luận triển khai BIM, mà còn làm suy giảm hiệu quả phối hợp thông tin, gây lãng phí nguồn lực, và có nguy cơ dẫn đến thất bại trong áp dụng BIM thực chất. Việc lồng ghép phát triển BIM vào quy trình dự án phải được thiết kế trên cơ sở năng lực pháp lý, chuyên môn và sự ràng buộc hợp đồng rõ ràng của các bên liên quan.

Nhận xét: Với vai trò là người thiết lập nền móng của một dự án áp dụng BIM, đơn vị tư vấn thiết kế không chỉ tập trung vào công tác thiết kế mà điều quan trọng cần hiểu là BIM thực sự không phải là mô hình 3D của các bản vẽ 2D đơn thuần. Nó là một cách làm hoàn toàn khác biệt, một phương pháp thay thế với nhiều tiềm năng lợi ích cho tất cả các bên, nhưng chỉ khi toàn bộ các bên trong dự án cùng làm việc theo phương

pháp đó. Mặc dù có thể thuê các thầu phụ, nhưng nếu không có các khái niệm rõ ràng về quy trình áp dụng tổng thể, việc triển khai dự án sẽ vẫn gặp phải tình trạng "BIM hình thức".

#### 5. MỘT SỐ LƯU Ý VỀ TÌNH TRẠNG "BIM HÌNH THỨC"

Như đã nêu ở trên, quy trình "BIM hình thức" đã xuất hiện từ giai đoạn triển khai áp dụng thí điểm năm 2018 hoặc thời gian trước đó tại Việt Nam (được triển khai từ phía một số nhà thầu thi công lớn chỉ để làm bản vẽ shop). Hiện nay, dù đã trải qua giai đoạn thí điểm và chuyển tiếp, nhưng cách làm này cần phải được xác định cụ thể và hạn chế nhằm giảm thiểu các tranh chấp, khiếu nại trong công tác đấu thầu và để lại hậu quả về hiệu quả đầu tư dự án vốn ngân sách.

Thuật ngữ "Pseudo-BIM" (tạm dịch: BIM giả) hay "BIM hình thức" thường được sử dụng trong giới chuyên môn để chỉ hiện tượng áp dụng BIM một cách đối phó, không thực chất, không mang lại hiệu quả thực tiễn trong thiết kế, thi công hoặc vận hành công trình và là tình trạng triển khai BIM nhưng không theo đúng bản chất phương pháp luận của BIM, mà chỉ mô phỏng hoặc sử dụng một phần nhỏ công cụ BIM (thường là mô hình 3D), trong khi vẫn duy trì quy trình làm việc truyền thống (CAD-based workflows).

Tại Việt Nam, tình trạng này càng trở nên nghiêm trọng hơn khi các đơn vị tư vấn BIM độc lập được thuê bởi chủ đầu tư còn được giao nhiệm vụ lập BIM song song với bản vẽ thiết kế 2D, đã tạo ra 2 bộ hồ sơ riêng lẻ, không có sự đồng bộ. Một số dự án còn xảy ra tình trạng đối phó bằng cách sao chép y nguyên bản vẽ thiết kế truyền thống thay vì sử dụng BIM để quản lý khối lượng, kiểm tra, phát hiện và xử lý xung đột.

Các biểu hiện điển hình của Pseudo-BIM bao gồm:

Chỉ dựng mô hình 3D nhưng không gắn thông tin vật liệu (được dựng tự do, đối phó) và không chuẩn hóa, tái sử dụng (kế thừa) được mô hình.

Không phối hợp giữa các bộ môn với nhau (kiến trúc - kết cấu - MEPF), không kiểm tra xung đột (clash detection) thực sự (mô hình có thể không được mô hình hóa đầy đủ nên không đủ dữ liệu để phát hiện xung đột).

Không cập nhật mô hình theo tiến độ thực tế, không sử dụng để phục vụ kiểm tra, giám sát hoặc nghiệm thu.

Không có BEP (BIM Execution Plan) rõ ràng, hoặc có nhưng không ai tuân thủ.

Mô hình được làm chỉ để "đối phó", phục vụ cho hồ sơ mời thầu, trình diễn hoặc báo cáo, chứ không sử dụng để hỗ trợ quyết định kỹ thuật hoặc quản lý. Người lập BIM tách biệt hoàn toàn với nhóm thiết kế nên việc phối hợp gần như không tồn tại hoặc tồn tại một cách thụ động thông qua chủ đầu tư.

Tình trạng này có thể duy trì được cho đến khi có sự kiểm tra cụ thể về tính đồng bộ về kết quả tính toán, bóc tách khối lượng và thông tin phi hình học từ phía cơ quan chức năng.

#### 6. MỘT SỐ KIẾN NGHỊ

##### 6.1. Đào tạo bổ sung kiến thức về BIM cho từng loại công trình

Việc đào tạo kiến thức về BIM cần được tổ chức theo hướng chuyên sâu, phân loại rõ ràng theo từng loại hình công trình



như dân dụng, hạ tầng giao thông, công nghiệp hay năng lượng. Mỗi loại công trình có đặc thù riêng về cấu kiện, quy trình thiết kế, kỹ thuật thi công và mục tiêu quản lý thông tin, do đó yêu cầu áp dụng BIM cũng có sự khác biệt đáng kể. Đào tạo chung chung hoặc thiếu chiều sâu không những không mang lại hiệu quả mà còn dễ dẫn đến tình trạng áp dụng sai phương pháp, gây lãng phí nguồn lực.

Song song với đào tạo, cần ban hành các quy định, hướng dẫn kỹ thuật rõ ràng, thống nhất trong ngành Xây dựng. Điều này giúp tiêu chuẩn hóa cách làm, tránh tình trạng mỗi đơn vị có một cách hiểu khác nhau, cảm tính hoặc mâu thuẫn về phương pháp triển khai áp dụng, làm suy giảm hiệu quả triển khai BIM thực chất.

Mặt khác, cần có chiến lược phát triển nguồn nhân lực khi còn nhiều nơi còn xem triển khai áp dụng BIM không phải công việc của mình, một số nơi khác vẫn xem BIM, Digital Twin là của ngành CNTT và địa phương thiếu đơn vị CNTT đủ năng lực để thực hiện các dự án công. Những tồn tại này có thể ảnh hưởng tới chính sách của cả một tỉnh nếu như không có sự can thiệp kịp thời từ các cấp có thẩm quyền.

## 6.2. Nâng cao quy trình hậu kiểm nhằm nâng cao hiệu quả trong triển khai BIM

Để đảm bảo việc áp dụng BIM diễn ra một cách thực chất, nhất quán và hiệu quả, cần thiết lập một quy trình hậu kiểm có hệ thống nhằm đánh giá chất lượng mô hình, tính tuân thủ quy trình và khả năng sử dụng thông tin BIM trong các giai đoạn của dự án. Hậu kiểm không chỉ là một bước rà soát cuối cùng, mà còn là công cụ điều chỉnh, ngăn ngừa tình trạng BIM hình thức và thúc đẩy việc cải tiến, tối ưu hóa quy trình làm việc giữa các bên tham gia dự án.

Quy trình hậu kiểm BIM có thể được cấu trúc gồm các bước chính sau:

- Kiểm tra tuân thủ BEP (BIM Execution Plan):
  - Đánh giá việc thực hiện các nội dung trong BEP so với cam kết ban đầu: hệ phần mềm, LOD, cách đặt tên, CDE, chuẩn mã hóa.
  - Kiểm tra xem các đơn vị có sử dụng mô hình làm nguồn dữ liệu trung tâm hay chỉ nộp mô hình để đối phó.
- Kiểm tra khả năng sử dụng mô hình cho các mục đích cụ thể:
  - Kiểm tra mô hình có phục vụ được cho các bước tiếp theo như bóc tách khối lượng (5D), lập tiến độ thi công (4D), hay quản lý vận hành (7D) theo quy định hiện hành.
  - Phát hiện các mô hình chỉ phục vụ minh họa nhưng không khả dụng về mặt kỹ thuật, dẫn đến lãng phí.
- Đối chiếu sản phẩm BIM với hồ sơ thiết kế - thi công thực tế:
  - Kiểm tra sự khớp nối giữa bản vẽ thiết kế được phê duyệt (do tư vấn thiết kế quản lý), mô hình BIM hoàn công (do nhà thầu thi công lập) với công trình đã hoàn thiện.
  - Sử dụng BIM làm cơ sở pháp lý để hạn chế các phát sinh không được kiểm soát trong quá trình thi công.

## 7. KẾT LUẬN

Việc áp dụng BIM tại Việt Nam đã có những bước tiến rõ rệt với hành lang pháp lý ngày càng hoàn thiện, khởi đầu từ Quyết định số 2500/QĐ-TTg và các văn bản hướng dẫn sau này. Tuy

|               | Tham số              | Ý nghĩa                                   | Thông tin được nhập tại bước |
|---------------|----------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
| Gạch ốp tường | Tên và số liệu       | Cần kiến được ốp                          | 3                            |
|               | Tên của loại         | Chân dầy lớp ốp                           | 3                            |
|               | Số liệu của loại     | Số liệu                                   | 3                            |
|               | Số liệu của cấu kiện | Số liệu                                   | 3                            |
|               | Mã số phân loại      | Mã số phân loại                           | 3                            |
|               | Tên phân loại        | Tên phân loại                             | 3                            |
|               | Tên tầng             | Vị trí theo tầng                          | 3                            |
|               | Cao độ chân          | Vị trí theo tầng                          | 3                            |
|               | Cao độ đỉnh          | Vị trí theo tầng                          | 3                            |
|               | Other                | Vị trí theo tầng                          | 3                            |
|               | Chân dầy             | Chân dầy lớp ốp                           | 3                            |
|               | Diện tích            | Diện tích                                 | 3                            |
|               | Hình ảnh             | Hình ảnh                                  | 3                            |
|               | Yêu cầu kỹ thuật     | Xu lý hoàn thiện gạch, đá                 | 3                            |
|               | Xu lý bề mặt         | Xu lý bề mặt của gạch                     | 3                            |
|               | Số liệu vật liệu     | Vật liệu                                  | 3                            |
|               | Tên vật liệu         | Vật liệu                                  | 3                            |
|               | Mô tả vật liệu       | Kích thước viên gạch, đá                  | 3                            |
|               | Nhà sản xuất         | Tên nhà sản xuất                          | 5                            |
|               | Số model             | Định danh cấu kiện do nhà sản xuất đưa ra | 5                            |

Bảng rút gọn mức độ phát triển thông tin phi hình học của một số cấu kiện trong công trình xây dựng dân dụng (trang 49-114, Quyết định số 347/QĐ-BXD).

nhiên, thực tế triển khai cho thấy vẫn còn nhiều rào cản, đặc biệt là tình trạng "BIM hình thức". Điều này không chỉ gây lãng phí nguồn lực mà còn làm mất đi bản chất của BIM là một tài sản số tích hợp, xuyên suốt vòng đời dự án.

Để giải quyết vấn đề này, cần có sự thay đổi đồng bộ. Trước hết, cần đẩy mạnh đào tạo chuyên sâu về BIM cho từng loại công trình, giúp các chủ thể liên quan hiểu đúng và áp dụng đúng phương pháp. Đồng thời, việc thiết lập một quy trình hậu kiểm chặt chẽ, từ tuân thủ kế hoạch BIM (BEP) đến đối chiếu mô hình với thực tế, là vô cùng cần thiết. Chỉ khi các cơ quan quản lý và các bên tham gia dự án cùng hành động một cách nhất quán, BIM mới có thể phát huy hết tiềm năng, mang lại hiệu quả thực chất cho ngành Xây dựng và nền kinh tế.❖

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nghị định số 175/2024/NĐ-CP của Chính phủ quy định một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng.
- Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 14177-2:2024 quy định về tổ chức và số hóa thông tin của công trình xây dựng, bao gồm việc triển khai BIM (mô hình hóa thông tin công trình), dựa trên chuẩn quốc tế ISO 19650, phần 2: Giai đoạn chuyển giao tài sản.
- Quyết định số 452/QĐ-SXD ngày 27/5/2025 của Sở Xây dựng TP Đà Nẵng về việc hướng dẫn lập, thẩm tra, thẩm định hồ sơ áp dụng BIM đối với dự án đầu tư xây dựng trên địa bàn Đà Nẵng.
- Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 07/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng.
- Quyết định số 347/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 của Bộ Xây dựng về việc công bố Hướng dẫn chi tiết áp dụng BIM đối với công trình dân dụng và công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị.
- Quyết định số 348/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 của Bộ Xây dựng về việc công bố Hướng dẫn chung áp dụng BIM.
- Quyết định 2500/QĐ-TTg ngày 22/12/2016 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình.
- BIM Ireland. (2016). Không còn chỗ cho Pseudo BIM. Truy cập từ: <https://bimireland.ie/2016/02/24/no-more-pseudo-bim-please/> (truy cập ngày 04/8/2025).
- The BIM Factory. (2021). BIM - Giải trần. Truy cập từ: <https://www.the-bimfactory.com/vi/post/bim-gi%E1%BA%A3-tr%C3%A2n> (truy cập ngày 04/8/2025).

# Cơ quan quản lý nhà nước làm gì trong giai đoạn thi công xây dựng?



LÊ VĂN THỊNH\*

**Ở** Việt Nam, mỗi khi bàn đến câu chuyện quản lý chất lượng công trình, luôn có hai luồng ý kiến: Một bên cho rằng Nhà nước phải “giữ chặt” từ đầu đến cuối, từ cấp phép, giám sát cho tới nghiệm thu; bên kia lại muốn “nới” để doanh nghiệp, chủ đầu tư tự làm, Nhà nước chỉ hậu kiểm. Ai cũng có lý, nhưng nếu không nhìn ra thế giới, tranh luận sẽ mãi lòng vòng.

Khi khảo sát kinh nghiệm của Mỹ, Anh, Pháp, Đức, Hà Lan, Nga, Trung Quốc, Nhật, Hàn Quốc, Singapore, Malaysia, Úc..., tôi nhận thấy: không có quốc gia phát triển nào để chủ đầu tư tự nghiệm thu rồi tự đưa công trình vào sử dụng mà không qua kiểm tra cuối cùng của Nhà nước hoặc một tổ chức độc lập được Nhà nước công nhận. Nói nôm na, “tự nghiệm thu” 100% là điều không tồn tại ở những nền kinh tế lớn, bởi công trình xây dựng không chỉ là tài sản của chủ đầu tư, mà còn tác động trực tiếp tới an toàn cộng đồng và môi trường.

Cách họ làm có muôn hình vạn trạng. Mỹ thì giao cho Building Inspector ở cấp quận/hạt, chia công đoạn kiểm tra từ móng, khung, hệ thống điện nước, phòng cháy, cho tới kiểm tra hoàn công trước khi cấp Certificate of Occupancy. Anh dùng Building Control Body - có thể là cơ quan công hoặc tư nhân được cấp phép - để theo sát từ bản vẽ đến hiện trường, cấp Completion Certificate mới cho sử dụng. Singapore vận hành hệ thống điện tử CORENET, kết nối BCA với cả loạt cơ quan chuyên ngành, bảo đảm một công trình muốn được cấp Certificate of Statutory Completion phải qua ít nhất bảy “cửa” kiểm tra. Còn Trung Quốc áp dụng mô hình “互联网+监管” (Internet + Giám sát) - toàn bộ giấy tờ, ảnh hiện trường, dữ liệu cảm biến nghiêng/lún đều được cập nhật 24/7, công trình hoàn thành sẽ được cấp mã QR tra cứu công khai.

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

Ngay cả ở những nước vốn đề cao tự do kinh doanh như Úc, việc kiểm tra và cấp phép sử dụng vẫn do Private Certifier (tổ chức tư nhân có chứng chỉ hành nghề) đảm nhận, nhưng kết quả đó phải được Hội đồng thành phố xác nhận trước khi dân vào ở. Malaysia thì để kiến trúc sư hoặc kỹ sư chủ trì ký Certificate of Completion and Compliance (CCC), song vẫn yêu cầu PCCC, điện, nước, vệ sinh được cơ quan công thẩm định.

Điểm chung dễ nhận thấy là: công trình công hay tư, lớn hay nhỏ, đều có một bước “chốt” cuối cùng - hoặc do Nhà nước trực tiếp, hoặc qua một “bên thứ ba” (third-party) được công nhận - trước khi đưa vào sử dụng. Không ai coi đó là thủ tục hình thức, bởi đây là “cửa an toàn” bảo vệ sinh mạng và tài sản của cộng đồng.

Kinh nghiệm quốc tế cũng chỉ ra rằng, vai trò của cơ quan quản lý nhà nước trong thi công không phải ở chỗ “ôm” hết mọi việc, mà là biết phân tầng và phân vai. Với công trình sử dụng vốn đầu tư công - tức tiền thuế của dân - họ kiểm soát chặt chẽ hơn, từ năng lực nhà thầu, tiến độ, chi phí đến hiện trường. Nhưng thay vì “làm thay” chủ đầu tư trong thẩm định thiết kế hay nghiệm thu kỹ thuật, nhiều nước đã chuyển sang mô hình “giám sát - hậu kiểm” kết hợp công nghệ số. Trung Quốc lắp camera, cảm biến trên công trường, kết nối dữ liệu về trung tâm; Singapore dùng GIS, BIM và trí tuệ nhân tạo để cảnh báo sớm sai sót. Ở những dự án lớn như đường cao tốc, metro, điện hạt nhân, cơ quan quản lý sẽ tổ chức kiểm tra định kỳ, nhưng trọng tâm là quản trị rủi ro, không phải làm công việc của tư vấn giám sát.

Ngược lại, với dự án vốn tư nhân, hầu hết quốc gia đều để chủ đầu tư thuê tư vấn giám sát, kiểm định độc lập có đủ chứng chỉ hành nghề. Nhà nước chỉ can thiệp khi có khiếu nại, sự cố hoặc dấu hiệu vi phạm. Anh, Úc, Singapore đều áp dụng cơ chế này - kết quả kiểm tra của Approved Inspector





*Công trình xây dựng không chỉ là chuyện của thép, bê tông và gạch đá; đó còn là câu chuyện về niềm tin xã hội vào sự an toàn và minh bạch.*

hay Private Certifier có giá trị pháp lý, Nhà nước chỉ hậu kiểm xác suất. Việc này vừa giảm gánh nặng ngân sách, vừa thúc đẩy thị trường dịch vụ giám sát chuyên nghiệp phát triển.

Riêng với các dự án PPP (đối tác công - tư), kinh nghiệm Malaysia, Hàn Quốc, Pháp... cho thấy mô hình hiệu quả nhất là "kiểm soát kép": Nhà nước giám sát phần sử dụng ngân sách, còn toàn bộ công trình do bên thứ ba kiểm định. Điều này tránh được "vừa đá bóng vừa thổi còi" khi cơ quan nhà nước vừa là chủ đầu tư vừa tự nghiệm thu.

Nói đến "bên thứ ba", đây là khái niệm không mới trên thế giới nhưng còn khá mới ở Việt Nam. Thực chất, đây là các tổ chức, cá nhân độc lập, có chuyên môn, được Nhà nước cấp phép và giám sát, được quyền thực hiện các công việc như kiểm tra hiện trường, nghiệm thu kỹ thuật, xác nhận hoàn công... thay cho cơ quan nhà nước. Sau vụ cháy chung cư Grenfell ở Anh hay sự cố Opal Tower ở Úc, các nước này đã siết lại điều kiện hành nghề và cơ chế hậu kiểm, đảm bảo bên thứ ba thực sự độc lập và có trách nhiệm pháp lý. Ở Malaysia, kỹ sư hoặc kiến trúc sư ký CCC (Certificate of Completion and Compliance) sẽ bị rút chứng chỉ, thậm chí truy tố nếu công trình xảy ra sự cố do lỗi chuyên môn.

Điểm then chốt để cơ chế này hiệu quả là Nhà nước không "buông", mà chuyển vai trò từ "người trực tiếp cầm thước đo" sang "người đặt ra luật chơi, công nhận và giám sát người cầm thước đo". Phải có danh sách bên thứ ba được cấp phép, cơ chế rút phép nhanh nếu vi phạm, chế tài mạnh khi xảy ra sự cố.

Một yếu tố quan trọng khác là số hóa toàn trình. Singapore với CORENET hay Trung Quốc với "Internet + Giám sát" đã chứng minh, công nghệ giúp giảm thời gian cấp phép tới 50 - 70%, loại bỏ tiếp xúc trực tiếp và chống tiêu cực. Chủ đầu tư nộp hồ sơ, nhật ký thi công, ảnh hiện trường, kết quả kiểm định lên hệ thống; các cơ quan liên quan (PCCC, môi trường, giao thông...)

truy cập và phản hồi trực tuyến. Công trình hoàn thành sẽ được cấp chứng nhận điện tử hoặc mã QR - bất kỳ ai cũng có thể quét để biết tình trạng pháp lý và thông số kỹ thuật.

Ở Thâm Quyển, một dự án nhà cao tầng khi bấm "nộp hồ sơ nghiệm thu" trên hệ thống, lập tức nhận được lịch kiểm tra hiện trường từ cơ quan chức năng; kết quả đạt yêu cầu sẽ được cấp giấy phép sử dụng dưới dạng số, không cần bản giấy. Tất cả dữ liệu được lưu trữ để truy xuất khi cần, kể cả dòng vốn đầu tư và tiến độ thi công.

Việt Nam nếu muốn áp dụng mô hình hậu kiểm và bên thứ ba, không thể thiếu nền tảng số hóa như vậy. Hồ sơ điện tử, mã QR công trình, camera giám sát, nhật ký số... không chỉ giúp minh bạch, mà còn cho phép cơ quan quản lý nhà nước giám sát từ xa, tập trung nguồn lực vào những công trình rủi ro cao.

Với những dự án có quy mô, kỹ thuật đặc biệt phức tạp như điện hạt nhân, cao tốc, metro, hay hạ tầng chiến lược... nhiều quốc gia không chỉ dừng ở việc giao cho một cơ quan quản lý, mà thành lập Hội đồng nghiệm thu nhà nước hoặc một hội đồng liên ngành.

Nga là một ví dụ tiêu biểu: Cơ quan giám sát xây dựng Gosstroy nadzor phối hợp với các viện nghiên cứu, chuyên gia đầu ngành để lập hội đồng nghiệm thu từng giai đoạn quan trọng. Trung Quốc cũng duy trì cơ chế tương tự cho các công trình cấp quốc gia, kết hợp cả thanh tra hiện trường và phân tích dữ liệu số hóa từ hệ thống "Internet + Giám sát". Hàn Quốc áp dụng hội đồng liên ngành khi nghiệm thu các dự án giao thông lớn, có thành phần từ Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng và Giao thông vận tải, Lực lượng PCCC và chính quyền địa phương.

Mục đích của mô hình này không phải để "đồng người cho vui", mà để tập hợp đủ chuyên môn đa ngành, giảm rủi ro bỏ sót lỗi kỹ thuật và đảm bảo tiếng nói của nhà nước được thực

Bảng tóm tắt cơ chế kiểm tra - cấp phép đưa công trình vào sử dụng ở một số nước

| Quốc gia   | Cơ quan cấp phép/kiểm tra cuối cùng              | Kiểm tra cuối cùng bắt buộc | Có bên thứ ba?                                      | Loại giấy phép / chứng nhận                    |
|------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Mỹ         | Building Department cấp thành phố/quận           | Có                          | Có (Building Inspector, Private Inspector tùy bang) | Certificate of Occupancy (CoO)                 |
| Anh        | Local Authority hoặc Approved Inspector          | Có                          | Có (Approved Inspector)                             | Completion Certificate                         |
| Úc         | State Building Authority hoặc Private Certifier  | Có                          | Có (Private Certifier)                              | Occupancy Permit                               |
| Pháp       | Chính quyền đô thị (Commune/Préfecture)          | Có                          | Không (chỉ kiểm định kỹ thuật)                      | Attestation de conformité                      |
| Đức        | Cơ quan xây dựng vùng (Bauaufsichtsamt)          | Có                          | Có thể thuê kiểm định                               | Nutzungsfreigabe                               |
| Hà Lan     | Chính quyền đô thị (Gemeente)                    | Có                          | Có thể có                                           | Gebruiksvergunning                             |
| Trung Quốc | Cục giám định xây dựng đô thị + hệ thống điện tử | Có                          | Chủ yếu công lập                                    | 竣工验收备案表                                        |
| Nhật Bản   | Văn phòng xây dựng địa phương hoặc bên thứ ba    | Có                          | Có thể có                                           | 完了検査済証 (Completion Certificate)                |
| Hàn Quốc   | Chính quyền thành phố/quận/huyện                 | Có                          | Có thể có                                           | 사용승인서 (Certificate of Use)                     |
| Singapore  | BCA – Building and Construction Authority        | Có                          | Có (Qualified Persons)                              | Temporary Occupation Permit (TOP), CSC         |
| Malaysia   | Chính quyền đô thị (PBT)                         | Có                          | Có (Principal Submitting Person – PSP)              | Certificate of Completion and Compliance (CCC) |
| Nga        | Cơ quan xây dựng liên bang hoặc tỉnh             | Có                          | Có (Hội đồng nghiệm thu Nhà nước)                   | Акт о вводе в эксплуатацию                     |

hiện ở cấp cao nhất. Nói cách khác, Hội đồng nghiệm thu nhà nước là “cửa kiểm cuối cùng” cho những dự án mà sai sót có thể gây hậu quả khôn lường, cả về kinh tế lẫn an toàn xã hội.

Tuy nhiên, kinh nghiệm quốc tế cũng cho thấy, không nên mở rộng cơ chế này cho tất cả công trình. Nếu một dự án nhà ở tư nhân hoặc nhà xưởng nhỏ cũng phải lập hội đồng, sẽ chỉ khiến thủ tục thêm rườm rà mà giá trị gia tăng không đáng kể. Vì vậy, giải pháp hợp lý là giữ Hội đồng nghiệm thu nhà nước cho các công trình đặc biệt, cấp I hoặc có yếu tố rủi ro cao, đồng thời áp dụng mô hình bên thứ ba hoặc hậu kiểm số cho phần còn lại.

Bài học rút ra rất rõ: Cơ quan quản lý nhà nước trong giai đoạn thi công không nên “ôm” tất cả, nhưng cũng không được “thả” tất cả. Với vốn đầu tư công, cần kiểm soát trực tiếp, kết hợp công nghệ số để theo dõi tiến độ, chất lượng, an toàn. Với vốn tư nhân, nên áp dụng “giám sát công nhận” qua bên thứ ba được cấp phép, Nhà nước hậu kiểm và xử lý nghiêm vi phạm. Với PPP, áp dụng cơ chế kiểm soát kép, tách bạch vai trò giữa Nhà nước và nhà đầu tư.

Quan trọng hơn, phải sửa luật để chính thức hóa vai trò của bên thứ ba, đồng thời triển khai hệ thống giám sát điện tử toàn trình. Khi đó, cán bộ quản lý sẽ bớt phải “lội bùn” xuống công trường chỉ để ký vài biên bản hình thức, mà dành

thời gian phân tích dữ liệu, cảnh báo rủi ro, xử lý điểm nóng.

Nói cho cùng, công trình xây dựng không chỉ là chuyện của thép, bê tông và gạch đá; đó còn là câu chuyện về niềm tin xã hội vào sự an toàn và minh bạch. Cơ quan quản lý nhà nước không nên là “người kiểm tra tất cả” mà phải là “kiến trúc sư của hệ thống kiểm soát thông minh” - thiết kế luật chơi rõ ràng, phân vai rành mạch, và đảm bảo mọi chiếc “cửa” an toàn đều được khóa chắc trước khi trao chìa cho người sử dụng.❖

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

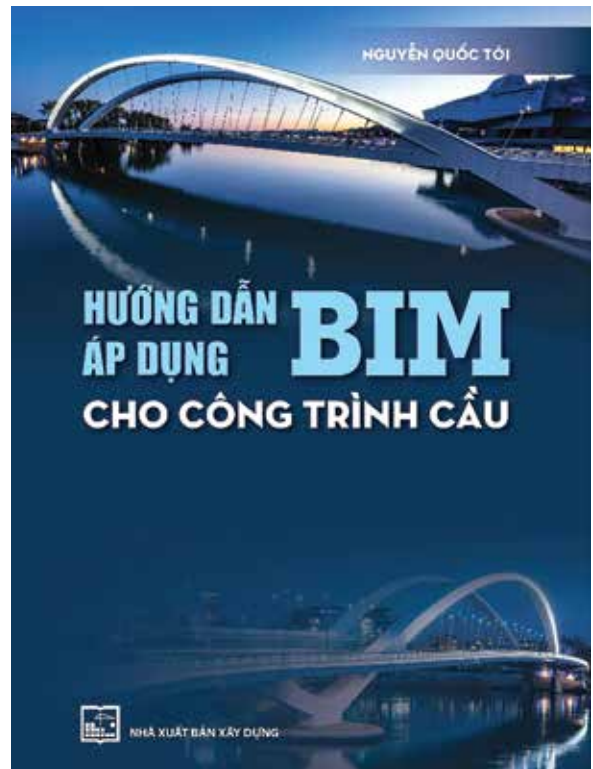
1. International Code Council (ICC), International Building Code - Hoa Kỳ.
2. UK Ministry of Housing, Communities & Local Government – Building Regulations.
3. Building and Construction Authority (BCA) Singapore - CORENET e-Submission System.
4. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China - “互联网+监管” platform.
5. Gosstroy nadzor – Russian Federation State Construction Supervision Authority.
6. National Construction Code - Australia.
7. Uniform Building By-Laws 1984 (Malaysia) - Amendments on CCC.
8. German Bauordnung (Building Code) - Länder regulations.
9. Dutch Building Decree - Gebruiksvergunning provisions.



# Hướng dẫn áp dụng BIM cho công trình cầu

> AN NHIÊN

Cuốn sách “Hướng dẫn áp dụng BIM cho công trình cầu”, của tác giả Nguyễn Quốc Tới, mang đến một bức tranh toàn diện về cách triển khai Mô hình thông tin công trình (BIM) trong lĩnh vực cầu ở 3 quốc gia tiêu biểu.



**T**ại Australia, mô hình BIM cầu của Bộ Giao thông Vận tải và Đường bộ bang Queensland, với hệ thống mã hóa đối tượng chuẩn, thực hiện quản lý dữ liệu xuyên suốt vòng đời công trình và tích hợp đa ngành.

Tại Thụy Điển, dự án cầu Roforsbron ở Arboga áp dụng BIM 3D ngay trong giai đoạn sản xuất để tối ưu chế tạo – lắp ghép, kiểm soát xung đột và nâng cao năng suất.

Và tại Hoa Kỳ, 3 dự án tại bang Utah (Blackrock, Tooele Interchange SR-36, SR-36/I-80) áp dụng BIM như nền tảng phối hợp đa ngành, quản lý hợp đồng và điều hành tiến độ – chất lượng.

Kinh nghiệm áp dụng BIM của Australia tại dự án cầu ở bang Queensland cho thấy, bài học về chuẩn hóa dữ liệu và mã hóa đối tượng. Mỗi thành phần cầu được gán mã BIM, thuộc tính kỹ thuật và thông tin phục vụ vận hành – bảo trì.

Mô hình BIM được duy trì, cập nhật từ khâu thiết kế, thi công đến khai thác, bảo đảm dữ liệu thống nhất để quản lý vòng đời dự án. Có sự phối hợp đa ngành: BIM cầu kết nối liền mạch với thiết kế đường bộ, hệ thống ITS, thoát nước và hạ tầng kỹ thuật khác, hỗ trợ xử lý xung đột ngay từ thiết kế.

Tại dự án Roforsbron của Thụy Điển, thực hiện số hóa hiện trạng và tối ưu thiết kế bằng cách kết hợp quét laser và hồ sơ cũ để dựng mô hình cầu hiện hữu, từ đó thiết kế tái thiết chính xác; sử dụng mô hình 3D để thống kê khối lượng, đặt hàng vật liệu, lập trình tự thi công và kiểm soát chất lượng.

Đặc biệt, tại dự án này thực hiện điều chỉnh linh hoạt, mọi thay đổi được cập nhật ngay trên mô hình, đồng bộ tới tất cả các bên liên quan, giảm sai sót thông tin.

Đối với các dự án Blackrock, Tooele và SR-36/I-80 2.3 của

Mỹ, tại dự án Blackrock, BIM tích hợp dữ liệu thiết kế, khảo sát, phương án kết cấu và tổ chức giao thông trong một mô hình, mô phỏng trước để phát hiện xung đột, hỗ trợ quản lý hợp đồng CM/GC minh bạch; tại dự án Tooele, BIM dùng để thu thập, chuẩn hóa dữ liệu hiện trạng, lập kế hoạch mở rộng dài hạn, phân tích tác động giao thông – môi trường; tại dự án SR-36/I-80, thực hiện tích hợp thiết kế mới và hiện trạng, lựa chọn phương án kết cấu tối ưu, quản lý tiến độ và chất lượng thông qua Project Execution Plan (PxP) với LOD, quy trình QC và cơ chế trao đổi dữ liệu.

Thông qua nội dung cuốn sách cho thấy, 3 mô hình cầu ở Australia, Thụy Điển và Mỹ minh chứng rằng, BIM không chỉ là công cụ mô hình hóa 3D mà là nền tảng hợp tác, quản lý dữ liệu và ra quyết định xuyên suốt vòng đời dự án.

Bài học then chốt được rút ra là, chuẩn hóa quy trình và dữ liệu BIM để tăng tính tương thích và khả năng chia sẻ, mở rộng ứng dụng BIM sang giai đoạn sản xuất – lắp dựng, không chỉ dừng ở thiết kế.

Tích hợp BIM với phân tích môi trường và giao thông để tối ưu tổ chức thi công, áp dụng kế hoạch thực hiện dự án (PxP) rõ ràng, phân định vai trò và cập nhật mô hình liên tục...

Độc giả có thể kết hợp nội dung sách với tiêu chuẩn BIM Việt Nam để chuyển hóa bài học quốc tế thành quy trình áp dụng nội địa.

Đây là tài liệu tham khảo giá trị, có thể làm “cẩm nang” cho các dự án cầu và nút giao phức tạp đòi hỏi tiến độ, chất lượng và hiệu quả đầu tư cao.

Sách được NXB Xây dựng phát hành bản điện tử (ebook) tại địa chỉ: <https://nxbxaydung.com.vn/>.

TS PHAN HỮU DUY QUỐC:

# “Ngành Xây dựng tái định vị vai trò kỹ thuật truyền thống sang kiến tạo phát triển”



THANH NGÀ (thực hiện)

Nhân dịp kỷ niệm 80 năm Cách mạng tháng Tám, Quốc khánh 2/9 và ngày truyền thống ngành Giao thông vận tải (28/8), TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên Hội đồng khoa học Tạp chí Xây dựng, Chủ tịch HĐQT Tổng công ty Xây dựng số 1 (CC1) chia sẻ với BTV Tạp chí Xây dựng về những góc nhìn chiến lược, tái định vị vai trò mới của ngành Xây dựng đến giải pháp triển khai các dự án hạ tầng tâm cơ, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững quốc gia.

## KHOẢNH KHẮC VUI MỪNG KHI THẤY MỘT ĐỀ XUẤT ĐƯỢC LẮNG NGHE

◆ *Thưa TS Phan Hữu Duy Quốc, ông là người gắn bó với lĩnh vực phát triển hạ tầng đô thị, được học tập và trưởng thành từ tập đoàn xây dựng ở Nhật Bản, cơ duyên nào và hành trình trở về Việt Nam của ông ra sao?*

- Tôi sang Nhật từ năm 1997, có 8 năm học tập, nghiên cứu và giảng dạy tại Đại học Tokyo, cho đến khi gia nhập Tập đoàn Shimizu vào năm 2006. Sau khi tích lũy đủ kinh nghiệm thực tiễn cũng như phương pháp nghiên cứu khoa học, thiết lập đủ các mối quan hệ tại Nhật và Việt Nam, tôi đã bắt đầu nghĩ về việc trở về quê hương để được trực tiếp tham gia vào công việc thực tiễn trên quê hương mình.

Năm 2014, khi TP.HCM bắt đầu triển khai tuyến Metro số 1, công ty Nhật Bản nơi tôi làm việc là Shimizu Corporation tham gia đấu thầu gói CP1b xây dựng đoạn ngầm ga Bến Thành - Suối Tiên, tôi chủ động đề xuất công ty cho phép tham gia dự án. Họ đồng ý ngay, bởi từ lâu họ đã biết tôi có mạng lưới quan hệ rộng từ các cuộc tiếp xúc trước đó, khả năng sử dụng thành thạo tiếng Anh, Nhật và Việt, kinh nghiệm thực tiễn về công trình ngầm đô thị tại Nhật Bản.

Đây là quãng thời gian ý nghĩa nhất đối với tôi vì được tham gia đặt những viên gạch đầu tiên cho tuyến Metro số 1 của TP.HCM. Nhưng cũng chính nơi đây, tôi chứng kiến rất nhiều khó khăn.

Tuy nhiên, mọi chuyện vượt xa những dự định ban đầu của tôi, riêng 20 km metro đầu tiên tuyến Bến Thành - Suối

Tiên phải mất 17 năm để hoàn thành. Công trình bị chậm trễ bởi "ma trận cơ chế", bởi những rào cản hành chính và pháp lý, những hạn chế về năng lực và kinh nghiệm của những người tham gia. Có lúc Thành phố không giải ngân được, nhà thầu bị nợ hàng ngàn tỷ đồng, có những tranh luận về kỹ thuật hay hợp đồng kéo dài nhiều tháng, và dự án tưởng chừng như bế tắc.

## ◆ Những khó khăn trên đã tác động thế nào đến những hướng đi và hành động của ông sau này? Ông đã có những niềm vui nào với lựa chọn ấy?

- Sau những khó khăn khi trở về Việt Nam, tôi nhận ra rằng nếu cứ ở vai trò nhà thầu nước ngoài, mình chỉ chịu đựng, không thay đổi được điều gì, vì suy cho cùng thì ai cũng có cái lý, cái hoàn cảnh của mình. Tôi chọn rời khỏi tập đoàn Nhật, gia nhập các công ty xây dựng trong nước, đồng thời tích cực tham gia vào các hoạt động mà kinh nghiệm và chuyên môn của mình được trọng dụng cho lợi ích chung.

Tôi đã tham gia hàng loạt tổ tư vấn về đường sắt đô thị, đường cao tốc, tổ chuyên gia Hội đồng Kiểm tra Nhà nước về công tác nghiệm thu công trình xây dựng, hay lãnh đạo các hiệp hội xây dựng. Đây là cách tôi cùng các cơ quan quản lý góp ý tháo gỡ điểm nghẽn trong phát triển hạ tầng đô thị Việt Nam. Với tôi, tri thức không chỉ là làm chuyên môn để mưu sinh, mà còn là trách nhiệm xã hội, cho đi mà không cần thù lao, đó là niềm vui.

Gần đây, Quốc hội đã thông qua đề án phát triển đường





**Ngành Xây dựng đang bước vào một giai đoạn mới, không chỉ là ngành tạo ra vật chất, mà là ngành dẫn dắt tư duy phát triển hạ tầng tích hợp, và thúc đẩy phát triển bền vững”.**

TS Phan Hữu Duy Quốc



sắt đô thị Hà Nội - TP.HCM bằng Nghị quyết 188/2025/QH15, trong đó nhiều góp ý của tôi đã được ghi nhận.

Ngoài việc tham gia tư vấn cho đề án phát triển hệ thống Metro TP.HCM, Metro Hà Nội, tôi còn tham gia góp ý và tư vấn cho nhiều công trình trọng điểm quốc gia khác như Vành đai 3, Vành đai 4 TP.HCM.

Trong vai trò là thành viên tổ chuyên gia của Hội đồng Kiểm tra Nhà nước, tôi còn thường xuyên tham gia kiểm tra các dự án lớn như cầu tòa nhà Landmark 81, cầu Mỹ Thuận 2, cầu Rạch Miễu 2, nhà máy điện Nhơn Trạch, cầu Trần Hoàng Na... Cứ 3 tháng, chúng tôi lại xuống công trình một lần để rà soát kỹ thuật, giám sát chất lượng thi công, hướng dẫn chủ đầu tư và nhà thầu thực hiện đúng quy định.

**♦ Với kinh nghiệm của mình sau hơn 10 năm gắn bó với thị trường xây dựng Việt Nam, có góc nhìn của cả nhà thầu và là một chuyên gia độc lập, ông nhận thấy vấn đề gì trong việc phát triển hạ tầng đô thị của Việt Nam, đặc biệt là của TP.HCM?**

- Với tôi, hai điều kiện tiên quyết để các đô thị lớn như TP.HCM phát triển hạ tầng đô thị mạnh mẽ hơn là: trao quyền thực sự cho chính quyền đô thị và các đô thị phải chuẩn bị nguồn lực đủ mạnh để sử dụng quyền đó hiệu quả.

Muốn làm được điều đó, phải bắt đầu từ con người. Tức là có cơ chế thu hút nhân tài, nhất là chuyên gia có kinh nghiệm sâu trong lĩnh vực hạ tầng, kể cả từ khu vực tư nhân hoặc người Việt đang làm việc ở nước ngoài. Tôi cho rằng, chuyên

gia nên là người đưa ra ý kiến chiến lược, phản biện chính sách, tham gia vào quy trình thẩm định, đề xuất và điều phối, chứ không nhất thiết phải ngồi vào vị trí điều hành hệ thống.

Ngoài ra, cơ chế nhân sự và tài chính cần phù hợp cho chuyên gia. Tôi không nói việc mời chuyên gia là để trả lương cao. Đa số anh em tham gia vì trách nhiệm, vì tâm huyết, nhưng đôi ngổ cần cân xứng để họ có một cuộc sống tốt mà yên tâm công tác.

Tôi rất vui khi gần đây Chính phủ đã có những chỉ đạo rất quyết liệt về việc thu hút nhân tài, cũng như thúc đẩy sự phát triển của khu vực kinh tế tư nhân, thông qua việc tạo điều kiện để các doanh nghiệp tư nhân tham gia vào việc thực thi các dự án hạ tầng như metro hay đường cao tốc.

**♦ Đất nước đang chuyển mình mạnh mẽ với việc thực hiện phân cấp, phân quyền sâu rộng trong quản lý nhà nước, tổ chức chính quyền địa phương 2 cấp. Theo ông, điều này đặt ra yêu cầu gì đối với ngành Xây dựng?**

- Tôi cho rằng tổ chức chính quyền địa phương 2 cấp là một xu thế tất yếu trong quá trình cải cách hành chính, phát triển chính quyền đô thị - nông thôn và đẩy mạnh tự chủ, tự chịu trách nhiệm ở các địa phương. Tuy nhiên, nó cũng đặt ra những yêu cầu và thách thức lớn cho ngành Xây dựng, đặc biệt trong công tác quản lý nhà nước, thực hiện các dự án đầu tư công và bảo đảm chất lượng, tiến độ, hiệu quả sử dụng vốn.

Trong giai đoạn mới, ngành Xây dựng không thể giữ cách



*Ngành Xây dựng đang bước vào một giai đoạn mới - không chỉ là ngành tạo ra vật chất, mà là ngành dẫn dắt tư duy phát triển hạ tầng tích hợp và thúc đẩy phát triển bền vững.*

quản lý truyền thống tập trung, "ôm việc", mà cần chuyển sang vai trò kiến tạo thể chế - dẫn dắt kỹ thuật - điều phối liên vùng - hậu kiểm hiệu quả. Đồng thời, cơ chế phân quyền phải đi đôi với trách nhiệm giải trình, giám sát thông minh và năng lực thực thi tại địa phương. Nếu làm tốt, ngành Xây dựng sẽ tiếp tục đóng vai trò trụ cột trong phát triển hạ tầng, thúc đẩy tăng trưởng xanh và hiện đại hóa quốc gia.

Ví dụ, về khía cạnh chuyển đổi số, cần xây dựng các quy định, hướng dẫn chung cho Ngành, tổ chức tập huấn, chuyển giao công nghệ, thúc đẩy chuyển đổi số (như ứng dụng BIM, các phần mềm hay các công cụ số cho việc quản lý dự án...) cho cán bộ các tỉnh, thành để nâng cao chất lượng công việc quản lý Ngành ở địa phương.

#### **◆ Điều ông mãn nguyện nhất sau hơn 10 năm về Việt Nam là gì?**

- Điều khiến tôi mãn nguyện nhất là được góp sức mình trong nhiều công trình trọng điểm quốc gia ở vai trò nhà thầu hoặc chuyên gia hội đồng nghiệm thu hay chuyên gia tư vấn cho các đề án lớn, và nhiều lần có được cảm xúc là ý kiến của mình được lắng nghe, và hơn thế nữa là được chứng kiến sự phát triển thấy rõ của ngành Xây dựng trong nước.

Sau hơn 10 năm về nước, tôi thấy ngành Xây dựng hiện nay đã tiệm cận nhiều chuẩn mực quốc tế về kỹ thuật. Các công trình nhà cao tầng (ví dụ như tòa Bitexco, các công trình ngầm đô thị (các hầm chui đô thị) hay cầu lớn vượt sông (ví dụ như cầu Mỹ Thuận) trước đây do nhà thầu nước ngoài triển khai, nay các đơn vị tư vấn và nhà thầu trong nước hoàn toàn đủ năng lực thực hiện. Tuy nhiên, chúng ta vẫn còn yếu ở phần "mềm" - quản lý hợp đồng, điều phối dự án, kiểm soát rủi ro, lên kế hoạch và xử lý xung đột. Những yếu tố đó ảnh

hưởng lớn đến hiệu quả cuối cùng, nhưng chưa được chú trọng đúng mức. Nhiều doanh nghiệp vẫn làm theo kiểu tùy cơ ứng biến, thiếu hệ thống và kế hoạch bài bản.

Tôi mong rằng trong thời gian tới, nhận thức về vai trò của năng lực quản lý sẽ được nâng lên, để phát triển song song với kỹ thuật - công nghệ. Khi đó, doanh nghiệp trong nước mới thật sự sẵn sàng nhận và làm chủ các dự án hạ tầng quy mô lớn.

Với chính quyền cũng vậy. Cả hai - nhà nước và tư nhân, đều cần phát triển năng lực một cách thực chất. Sự lớn lên nào cũng cần thời gian, nỗ lực và quá trình học hỏi thật sự.

#### **NGÀNH XÂY DỰNG PHẢI TRỞ THÀNH NHẠC TRƯỞNG TRONG PHÁT TRIỂN HẠ TẦNG QUỐC GIA**

**◆ Thưa ông, ngành Xây dựng mới đang bước vào giai đoạn kỷ niệm 80 năm phát triển cùng đất nước. Ông đánh giá thế nào về vai trò của Ngành trong giai đoạn mới, đặc biệt trong công tác quản lý, đầu tư và tổ chức thực hiện các dự án hạ tầng cấp quốc gia?**

- Trong suốt 80 năm phát triển cùng đất nước, ngành Xây dựng mới ngày nay đã không chỉ đóng vai trò là người "đặt nền móng" cho các công trình, mà còn là lực lượng tiên phong kiến tạo hạ tầng quốc gia, từ những tuyến đường kháng chiến, nhà máy thủy điện đầu tiên, cho đến các đô thị hiện đại, khu công nghiệp, sân bay và hạ tầng giao thông liên vùng.

Giờ đây, ngành Xây dựng đang bước vào một giai đoạn mới, không chỉ là ngành tạo ra vật chất, mà là ngành dẫn dắt tư duy phát triển hạ tầng tích hợp và thúc đẩy phát triển bền vững. Trong giai đoạn mới này, Ngành sẽ giữ vai trò điều phối, tổ chức thực thi, đảm bảo chất lượng cho các công trình





*Các công trình cầu lớn vượt sông như cầu Mỹ Thuận trước đây do nhà thầu nước ngoài triển khai, nay các đơn vị tư vấn và nhà thầu trong nước hoàn toàn đủ năng lực thực hiện.*

tầm quốc gia, tạo nền tảng cho tăng trưởng xanh, hiện đại hóa, kết nối vùng và nâng tầm cơ sở hạ tầng quốc gia.

♦ Theo ông, để các dự án đường sắt lớn như tuyến tốc độ cao Bắc - Nam hay Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng được triển khai đúng tiến độ, chất lượng trong bối cảnh phân quyền sâu rộng, cần hội đủ những điều kiện nào, đặc biệt về công nghệ, thi công và quản lý chất lượng?

- Đường sắt, đặc biệt là tuyến tốc độ cao Bắc - Nam hay tuyến đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng - không chỉ là công trình kỹ thuật lớn, mà còn là dự án liên vùng, liên ngành, xuyên cấp, với yêu cầu cực kỳ cao về công nghệ - thi công - quản lý chất lượng - điều phối quản trị - giải phóng mặt bằng - tài chính - nhân sự.

Theo tôi, việc đầu tiên là phải có một đầu mối điều phối mạnh, và đầu mối đó nhất định phải là Bộ Xây dựng. Bộ Xây dựng cần được trao quyền và trách nhiệm để quản lý chặt từ quy hoạch, kỹ thuật đến vốn và tiến độ, không để phân tán trách nhiệm. Với sự điều phối của Bộ Xây dựng, cần có sự phối hợp chặt giữa trung ương - địa phương - các ngành liên quan, nhất là ở khâu giải phóng mặt bằng, đất quốc phòng, điện, nước...

Tuy nhiên, vì đây là những công trình trọng điểm rất quan trọng, vai trò điều phối của Bộ Xây dựng sẽ khó thực hiện nếu không có sự hình thành của Ban chỉ đạo liên ngành cấp quốc gia và việc xây dựng một cơ chế đặc thù làm cơ sở cho việc thực thi với tốc độ cao nhất.

Việc lựa chọn công nghệ tiên tiến và phù hợp nhất với Việt Nam, áp dụng những mô hình quản lý chất lượng, áp dụng triệt để các công cụ số và các phương thức quản lý dự án theo những chuẩn mực quốc tế sẽ góp phần rất lớn vào thành công của các dự án này.



**Với tôi, trí thức không chỉ là làm chuyên môn để mưu sinh, mà còn là trách nhiệm xã hội, cho đi mà không suy tính rằng mình sẽ nhận được gì”.**

TS Phan Hữu Duy Quốc

♦ Việc Bộ Xây dựng được giao làm chủ đầu tư một số dự án đường sắt quan trọng quốc gia, đòi hỏi năng lực đặc thù về công nghệ, quản lý chất lượng theo tiêu chuẩn rất cao. Theo ông, nhiệm vụ này đặt ra những yêu cầu gì mới trong tổ chức thực hiện?

- Câu hỏi trên đặt ra một vấn đề cốt lõi và cấp thiết trong giai đoạn tái cơ cấu bộ máy nhà nước hiện nay. Việc Bộ Xây dựng được giao làm chủ đầu tư các dự án đường sắt quan trọng quốc gia, như tuyến Bắc - Nam tốc độ cao hay các tuyến vùng động lực như Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng là một bước ngoặt lớn, nhưng cũng đặt ra hàng loạt yêu cầu mới trong tổ chức thực hiện.

Việc Bộ Xây dựng trở thành chủ đầu tư các dự án đường sắt lớn không chỉ là một sự thay đổi về chức năng mà là một bước chuyển chiến lược. Nó đòi hỏi Bộ có 5 điều phải quan tâm:

Thứ nhất, tái cấu trúc nội bộ để có bộ phận chuyên trách về đường sắt, đặc biệt là đường sắt tốc độ cao. Ngay cả khi



Ngành Xây dựng hiện nay đã tiệm cận nhiều chuẩn mực quốc tế về kỹ thuật.



**Hai điều kiện tiên quyết để TP.HCM phát triển hạ tầng đô thị mạnh mẽ hơn là: trao quyền thực sự cho chính quyền đô thị và chuẩn bị nguồn lực đủ mạnh để sử dụng quyền đó hiệu quả”.**

*TS Phan Hữu Duy Quốc*

giao vai trò triển khai cho nhà đầu tư tư nhân thì việc quản lý chuyên môn, thẩm định và quản lý việc vận hành khai thác an toàn vẫn nằm ở vai trò của nhà nước. Việc này tương tự như trong lĩnh vực hàng không mà chúng ta đã thấy.

*Thứ hai*, lựa chọn công nghệ phù hợp đưa vào áp dụng lúc ban đầu và nghiên cứu để dần làm chủ công nghệ. Việc lựa chọn này cần đi đôi với tầm nhìn dài hạn về việc nội địa hóa và làm chủ công nghệ.

*Thứ ba*, tổ chức quản lý dự án theo chuẩn mực quốc tế vì chắc chắn sẽ có sự tham gia của nhiều đối tác quốc tế và việc quản lý chuyên nghiệp sẽ tránh sự chậm trễ, xung đột và tranh chấp trong tương lai.

*Thứ tư*, thiết lập cơ chế phối hợp xuyên ngành, xuyên cấp và xuyên lĩnh vực để đảm bảo sự thông suốt và linh hoạt trong quá trình thực hiện dự án. Bất cứ vấn đề nào liên quan đến việc phối hợp sẽ được giải quyết nhanh và quyết liệt.

*Thứ năm*, đảm bảo chất lượng, trong đó chú trọng đến độ bền lâu của công trình, minh bạch thông tin để thu hút được

sự ủng hộ của mọi tầng lớp nhân dân và từ đó xây dựng niềm tin xã hội.

#### **TÁI ĐỊNH VỊ VAI TRÒ CỦA NGÀNH XÂY DỰNG**

♦ Theo ông, các doanh nghiệp tư nhân hàng đầu trong ngành Xây dựng, dù chưa có kinh nghiệm trực tiếp trong lĩnh vực đường sắt, có thể tham gia vào những hạng mục công việc nào trong các dự án do Bộ Xây dựng làm chủ đầu tư?

- Việc cho phép và khuyến khích doanh nghiệp tư nhân trong nước tham gia các dự án đường sắt trọng điểm, do Bộ Xây dựng làm chủ đầu tư, là cơ hội phát triển lực lượng thi công nội địa quy mô lớn, tạo ra chuỗi giá trị trong nước và giảm phụ thuộc nhập khẩu trong dài hạn.

Tuy nhiên, doanh nghiệp không thể thực thi công việc chỉ bằng quyết tâm và lòng yêu nước, vì năng lực thực sự mới là vấn đề mấu chốt, ý chí và quyết tâm chỉ có thể giúp họ “rướn” thêm một chút mà thôi. Họ cần được tạo cơ hội nhưng phải ở mức độ phù hợp chứ không thể làm việc vượt quá xa năng lực hiện có.

Vì vậy, để việc này khả thi và bền vững, Bộ Xây dựng cần thiết kế gói thầu hợp lý, phân vai rõ ràng, có cơ chế bảo vệ - đồng hành - phát triển doanh nghiệp nội địa; đồng thời duy trì tiêu chuẩn chất lượng cao theo chuẩn quốc tế.

♦ **Từng giữ vị trí lãnh đạo cấp cao trong các doanh nghiệp xây dựng ở Nhật Bản và Việt Nam, với kinh nghiệm của mình, ông có khuyến nghị gì đối với Bộ Xây dựng trong việc lựa chọn nhà thầu là doanh nghiệp tư nhân trong nước và doanh nghiệp nước ngoài?**



**Ông Phan Hữu Duy Quốc, sinh năm 1973 tại Huế, tốt nghiệp ngành cầu đường tại Đại học Bách khoa TP.HCM năm 1996 và ở lại Trường làm giảng viên Khoa Kỹ thuật xây dựng. Sau đó, ông sang Nhật Bản du học và có học vị Tiến sĩ chuyên ngành Xây dựng tại Đại học Tokyo vào năm 2002.**

**Từ năm 2003 - 2006, ông là nghiên cứu sinh sau tiến sĩ (Postdoctor) tại Đại học Tokyo; giảng viên chương trình sau đại học của Viện Khoa học công nghiệp (Nhật Bản).**

**Ông từng làm việc tại Shimizu - một trong những Tập đoàn Xây dựng lớn nhất và lâu đời nhất tại Nhật Bản, Phó trưởng đại diện Tập đoàn Shimizu, xúc tiến dự án Metro Số 1 (Bến Thành - Suối Tiên) và một số dự án có quy mô lớn khác.**

**Năm 2021 ông đầu quân cho Coteccons với vị trí Phó Tổng giám đốc. Ngoài ra, ông từng đảm nhiệm vị trí Chủ tịch HĐQT tại Searefico E&C.**

**Hiện ông là ủy viên Hội đồng khoa học Tạp chí Xây dựng; Chủ tịch HĐQT Tổng công ty Xây dựng số 1 (CC1); thành viên Tổ chuyên gia Hội đồng Kiểm tra Nhà nước về công tác nghiệm thu công trình xây dựng và là thành viên của nhiều hiệp hội nghề nghiệp xây dựng khác của Nhật Bản và Việt Nam.**



- Tôi cho rằng các nhà thầu trong nước hoàn toàn đủ khả năng về xây dựng kết cấu công trình (cầu, đường sắt trên cao, hầm đào hồ, nhà ga trên cao hoặc ga ngầm...) nhưng cần học hỏi thêm từ đối tác nước ngoài, cũng như cần nghiên cứu rất nhiều để đảm đương các công việc liên quan đến công nghệ đường sắt (hệ thống điện, tín hiệu, điều khiển và đoàn tàu).

Nói một cách đơn giản là, phía trên đường ray vẫn cần đối tác nước ngoài, phía dưới đường ray thì các doanh nghiệp Việt Nam có thể đáp ứng về năng lực. Ngoài ra, nếu việc chia các dự án ra thành những gói thầu lớn hàng tỷ đô-la thì nên khuyến khích doanh nghiệp trong nước liên kết với các đối tác nước ngoài có kinh nghiệm quản lý các dự án rất lớn. Điều này tương tự như cách mà chúng ta đang làm sân bay Long Thành hiện nay.

**♦ Theo ông, ngành Xây dựng nên phát triển theo định hướng nào trong giai đoạn 2025 - 2030 để đáp ứng yêu cầu phát triển hạ tầng đồng bộ, hiện đại, xanh và thông minh, phù hợp với chiến lược phát triển quốc gia trong giai đoạn mới?**

- Giai đoạn 2025 - 2030 là thời điểm then chốt để ngành Xây dựng Việt Nam tái định vị vai trò từ ngành kỹ thuật truyền thống sang kiến tạo phát triển bền vững, dẫn dắt quá trình đô thị hóa mới, chuyển đổi xanh và xây dựng hạ tầng số.

Ngành Xây dựng sẽ là ngành chịu trách nhiệm đồng bộ hạ tầng giao thông, năng lượng và đô thị với quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội, trong đó dành sự ưu tiên về nguồn lực cho các vùng động lực như TP.HCM, Hà Nội, ĐBSCL, Bắc Bộ,

các trục và các hành lang kinh tế lớn của quốc gia.

Với lĩnh vực đường sắt, cần thúc đẩy việc gắn kết mô hình TOD (Transit Oriented Development - Phát triển lấy giao thông công cộng làm trung tâm) như là một thực thể không thể tách rời. Tôi cho rằng đây là một việc cực kỳ quan trọng và cấp bách. TOD sẽ giúp mang lại nguồn lực từ đất đai, đồng thời góp phần vào sự phát triển bền vững và hài hòa của đô thị gắn với giao thông đường sắt.

Một trong những việc rất quan trọng của Ngành là thúc đẩy chuyển đổi số, tạo tiền đề cơ bản và xây dựng thói quen áp dụng các công cụ số trong thiết kế, thi công, vận hành công trình nhằm nâng cao năng suất lao động. Hiện đại hóa ngành Xây dựng cũng là một nhiệm vụ quan trọng của Ngành trong giai đoạn này.

Hướng tới phát triển bền vững và gìn giữ môi trường địa cầu, ngành Xây dựng cần thực hiện đồng bộ các việc như giảm tiêu hao tài nguyên và năng lượng trong sản xuất, giảm phát thải trong xây dựng và vận hành, tái sử dụng chất thải xây dựng hướng tới mục tiêu hoàn thành mục tiêu Net Zero vào năm 2050 mà Việt Nam đã cam kết với thế giới.

Cuối cùng, giai đoạn này là giai đoạn mà Ngành cần gấp rút hoàn thiện hệ thống pháp luật trong bối cảnh sáp nhập Bộ, phân quyền sâu, đa ngành - đa cấp - đa đối tác và xây dựng các chính sách thúc đẩy sự phát triển của nguồn nhân lực cũng như kinh tế tư nhân trong lĩnh vực xây dựng như tinh thần của Nghị quyết số 68-NQ/TW ngày 04/5/2025 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân.❖

**♦ Trân trọng cảm ơn ông về cuộc trò chuyện!**

# Kinh tế tư nhân và mô hình Airbnb



**NGUYỄN HOÀNG LINH**

Nếu không có gì thay đổi, theo kiến nghị của Sở Xây dựng, bắt đầu từ ngày 01/9/2025, TP.HCM sẽ thí điểm với thời gian thực hiện 12 tháng mô hình cho thuê căn hộ lưu trú ngắn hạn. Cái hay của thí điểm này là dựa trên nguyên tắc tôn trọng quyền tự quyết của cộng đồng dân cư và khuyến khích chia sẻ lợi ích từ các nhà đầu tư tư nhân, tránh được tình trạng “Nhà nước không quản được thì cấm”!

**M**ục tiêu tăng trưởng kinh tế 8% năm nay và 2 con số cho những năm tiếp theo đã và đang là động lực thúc đẩy cuộc cải cách thể chế cũng như thay đổi tư duy, thay đổi cách nhìn và phân tích đối với mọi hoạt động kinh tế của đất nước, trong đó có việc quản lý và vận hành mô hình Airbnb.

## TRANH LUẬN NẢY LỬA VÀ XIN THÍ ĐIỂM...

Đầu tiên, cần phải hiểu mô hình Airbnb là gì?

Airbnb là viết tắt của cụm từ trong tiếng Anh (AirBed and Breakfast), được hiểu là nhu cầu tìm chỗ nghỉ ngơi và phục vụ bữa sáng. Đây là một mô hình startup nhằm kết nối toàn cầu những người có nhu cầu thuê nhà, thuê phòng nghỉ với những người có phòng (căn hộ, biệt thự, phòng đơn, nhà vườn...) và có nhu cầu cho thuê.

Mô hình Airbnb cũng đã phát triển nhanh chóng tại nhiều địa phương ở Việt Nam. Điều đáng quan tâm ở đây là riêng với việc áp dụng mô hình Airbnb vào các căn hộ chung cư đã bị ngăn cấm bởi hệ thống pháp lý hiện hành. Tuy nhiên, vì nó là một bộ phận trong nền kinh tế tư nhân đầy năng động và hiệu quả nên đã xảy ra tranh luận trong bối cảnh tư duy mới.

Luật Nhà ở 2023 (có hiệu lực thi hành từ ngày 01/8/2024) quy định, một trong những hành vi bị nghiêm cấm là sử dụng căn hộ chung cư vào mục đích không phải để ở. Cá nhân vi phạm sẽ bị xử phạt từ 10 - 20 triệu đồng; tổ chức vi phạm sẽ bị xử phạt từ 20 - 40 triệu đồng, đồng thời áp dụng biện pháp khắc phục hậu quả theo quy định của pháp luật.

UBND TP.HCM cũng đã ban hành quy định về quản lý, sử dụng nhà chung cư trên địa bàn thành phố. Trong đó, đối với hoạt động khai thác căn hộ cho thuê lưu trú du lịch (thuê ngắn hạn, theo ngày, giờ, Airbnb...) trong các khu chung cư, chỉ những dự án xây dựng có mục đích sử dụng hỗn hợp (căn hộ du lịch) mới được kinh doanh cho thuê lưu trú du lịch.

Ngoài ra, các tổ chức, cá nhân kinh doanh dịch vụ lưu trú du lịch phải đáp ứng các điều kiện cũng như quy định về ngành, nghề đầu tư kinh doanh có điều kiện; đồng thời, đăng ký tạm trú cho thuê theo quy định.

Cứ ngỡ với hệ thống pháp quy như vậy, mô hình Airbnb sẽ bị "khai tử" trong các căn hộ chung cư tại Việt Nam, nhưng chiến lược phát triển kinh tế tư nhân và mục tiêu tăng trưởng kinh tế 8% năm nay và 2 con số cho những năm tiếp theo đã thúc đẩy việc thay đổi cách nhìn nhận về phát triển mô hình Airbnb tại Việt Nam.

Thông tin mới đây cho hay, Sở Xây dựng TP.HCM vừa kiến nghị UBND Thành phố cho phép thí điểm mô hình cho thuê căn hộ lưu trú ngắn hạn, với thời gian thực hiện 12 tháng, bắt đầu từ ngày 01/9/2025.

## NHỮNG KHU CHUNG CƯ KHÔNG BÌNH YÊN...

Thực tiễn cho thấy, những khu chung cư có vận hành mô hình Airbnb thường gây bức xúc cho những gia đình cư trú lâu dài.

Chẳng hạn, theo phản ánh của Vnexpress, tại dự án Masteri Millennium (quận 4 cũ), TP.HCM, không chỉ hồ bơi,



**XI MĂNG CẨM PHẢ**  
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN

**HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC**



khu vực phòng tập gym, sảnh, thang máy cũng thường chật kín khách du lịch gần ngày, nhất là vào cuối tuần. Trước đây cư dân chỉ mất khoảng 5 phút chờ thang máy nhưng giờ, những đoàn du khách lên xuống liên tục khiến thời gian chờ thang lên 15 - 20 phút.

Cư dân ở đây nhiều đêm bị ảnh hưởng giấc ngủ vì đoàn khách du lịch nước ngoài check-in muộn, ồn ào ở hành lang lúc 1 - 2 giờ sáng. Nhiều gia đình còn lo lắng về an ninh tòa nhà khi khách du lịch có thể lấy thẻ an ninh tại hộp thư cá nhân và tự do đi lại các tầng... Những phiền muộn tương tự như vậy xảy ra phổ biến ở hầu hết các tòa nhà khác được vận hành theo mô hình Airbnb.

Để giảm thiểu những tác động tiêu cực, Ban quản trị và Ban quản lý dự án của một số tòa nhà chung cư đã đặt ra nhiều giải pháp, như kiểm soát an ninh qua lắp nhận diện Face ID, phòng gym chỉ phục vụ cư dân. Nếu khách vắng lại muốn sử dụng hồ bơi phải có cư dân đi cùng... Ban quản trị còn ra thông báo dịch vụ cho thuê lưu trú ngắn hạn tại căn hộ là hành vi vi phạm pháp luật và yêu cầu các chủ hộ chuyển sang hình thức kinh doanh cho thuê dài hạn.

Sự không bình yên còn đến cả bên phía nhà đầu tư tư nhân các căn hộ cho thuê. Khi thành phố áp dụng quy định cấm hoạt động Airbnb, các chủ căn hộ Airbnb bị mất nguồn thu đột ngột, khó khăn trả lãi vay và nợ gốc, đối mặt nguy cơ bồi thường hợp đồng và buộc phải chuyển sang cho thuê dài hạn nhưng khó tìm khách.

Thống kê của Hiệp hội Bất động sản TP.HCM (HoREA) cho thấy, hiện nay có khoảng 8.740 căn hộ tại 24 chung cư ở TP.HCM đang cho thuê ngắn hạn qua Airbnb, tạo việc làm cho hàng ngàn lao động. Với giá trị đầu tư ước tính lên đến 43.700 tỷ đồng, nhiều chủ căn hộ Airbnb đối mặt áp lực tài chính lớn khi có thể gánh dư nợ tín dụng khoảng 30.590 tỷ đồng, tương đương lãi vay 2.753 tỷ đồng/năm.

Việc này cũng khiến khoảng 8.740 - 17.480 lao động phục vụ bị mất việc làm. HoREA nhận định, lệnh cấm này còn làm giảm sức cạnh tranh thu hút du lịch của thành phố so với các địa phương khác không áp dụng, gây tác động không mong muốn.

Bên cạnh đó, các nhà đầu tư tư nhân cho rằng, khi mua nhà, trong giá căn hộ đã bao gồm các tiện ích dịch vụ kèm theo, vì thế, khách của họ dù dài hạn hay ngắn hạn đều có quyền được hưởng...

Theo Chủ tịch HoREA Lê Hoàng Châu, ở đây đã có cách hiểu chưa đúng về quy định này trong Luật Nhà ở 2023. Luật quy định chủ sở hữu nhà chung cư có quyền cho thuê căn hộ của mình theo hình thức dài hạn hoặc ngắn hạn thì bản chất người thuê vẫn sử dụng căn hộ đó với mục đích để ở, để lưu trú. Đây là quyền sử dụng nhà ở hợp pháp, không hề vi phạm điều cấm sử dụng căn hộ vào mục đích không phải để ở.

Sau khi thừa nhận kinh doanh cho thuê lưu trú qua Airbnb sẽ gây phiền toái cho các cư dân tại dự án chung cư, ông Lê Hoàng Châu nhận xét, đây là hoạt động kinh doanh xuất phát từ nhu cầu cao của kinh tế tư nhân, cả "bên cung" và "bên cầu" nên trong thực tế, rất khó cấm!

**Muốn thực hiện chiến lược phát triển của TP.HCM đến năm 2030, du lịch thực sự trở thành ngành kinh tế mũi nhọn, là trung tâm du lịch hàng đầu khu vực Đông Nam Á, là điểm đến du lịch đẳng cấp, hấp dẫn, có tính cạnh tranh cao không chỉ trong nước mà còn trong khu vực và quốc tế, bảo đảm thực hiện tốc độ tăng trưởng kinh tế 2 con số... thì không thể tư duy một chiều và cứng nhắc.**

### KHAI THÁC MẶT "LỢI", GIẢM THIỂU MẶT "HẠI"

Đó là sức thuyết phục đáng ghi nhận từ kiến nghị của Sở Xây dựng TP.HCM với UBND Thành phố về việc cho phép thí điểm mô hình cho thuê căn hộ lưu trú ngắn hạn.

Theo đề xuất, chương trình thí điểm sẽ áp dụng tại các căn hộ thuộc những tòa chung cư có hệ thống kỹ thuật đảm bảo như điện, nước, thang máy, phòng cháy chữa cháy và xử lý rác thải, được xây dựng đúng theo hồ sơ thiết kế đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt.

Để tham gia thí điểm, các chủ hộ phải đáp ứng một số điều kiện. Đầu tiên, việc cho thuê phải được Hội nghị nhà chung cư đồng thuận và thông qua nội dung điều chỉnh phí quản lý vận hành phù hợp. Chủ căn hộ cần đăng ký mục đích sử dụng với chính quyền địa phương, ban quản trị và đơn vị vận hành tòa nhà.

Bên cạnh đó, chủ nhà có nghĩa vụ khai báo thông tin lưu trú của khách thuê, đảm bảo tuân thủ các quy định về du lịch, cư trú, thuế, phòng cháy chữa cháy và bảo hiểm. Hoạt động cho thuê cũng phải đảm bảo an toàn, an ninh, trật tự, vệ sinh môi trường và không ảnh hưởng đến quyền lợi của các cư dân khác.

Trường hợp chủ căn hộ vi phạm các quy định trên sẽ bị xử lý hành chính, nếu tái phạm nhiều lần có thể bị tạm ngừng thí điểm...

Sau khi kết thúc giai đoạn thí điểm, TP.HCM sẽ tổ chức đánh giá hiệu quả và tác động của mô hình, làm cơ sở kiến nghị các bộ, ngành Trung ương điều chỉnh, bổ sung quy định trong Luật Nhà ở, Luật Du lịch và các văn bản liên quan.

Sở Xây dựng cho biết, việc thí điểm này nhằm từng bước hoàn thiện cơ chế quản lý và tạo hành lang pháp lý rõ ràng cho loại hình kinh doanh đang ngày càng phổ biến, trong bối cảnh nhu cầu thuê ngắn hạn từ khách du lịch và người đi công tác gần ngày gia tăng.

Để triển khai đồng bộ, Sở Xây dựng đề xuất được chủ trì phối hợp với Sở Du lịch, Công an TP.HCM, Sở KH&CN xây dựng bộ tiêu chí đánh giá và hướng dẫn thực hiện. Sở Du lịch cũng được giao hoàn thiện Đề án phát triển mô hình kinh tế chia sẻ trong lĩnh vực lưu trú du lịch, tạo nền tảng pháp lý và thực tiễn cho hoạt động này.

Cái hay của thí điểm này là dựa trên nguyên tắc tôn trọng quyền tự quyết của cộng đồng dân cư và khuyến khích chia sẻ lợi ích từ các nhà đầu tư tư nhân, tránh được tình trạng "Nhà nước không quản được thì cấm"!❖

# Từ lòng đất, khát vọng làm chủ công nghệ hầm

## > CẨM PHÚ

Hai thập kỷ trước, Việt Nam còn phụ thuộc gần như hoàn toàn vào công nghệ và chuyên gia nước ngoài trong thi công hầm. Giờ đây, đội ngũ kỹ sư, công nhân Việt đã tự khảo sát, thiết kế, thi công và vận hành những công trình hầm hiện đại xuyên núi, nằm sâu dưới lòng đô thị. Đó là hành trình vượt khó, thể hiện ý chí làm chủ công nghệ và khát vọng chinh phục những thử thách tưởng chừng không thể.

### HAI THẬP KỶ TRƯỞNG THÀNH CỦA KỸ SƯ ĐÀO HẦM VIỆT NAM

Những năm đầu thế kỷ 21, trên tuyến QL1A xuất hiện nhiều “điểm nghẽn” giao thông do các dãy núi áp sát biển. Giải pháp căn cơ khi ấy là khoan hầm xuyên núi. Đến nay, phần lớn những vị trí này đã được “giải tỏa” nhờ hệ thống hầm hiện đại. Không chỉ các tuyến cao tốc đã và đang thi công hầm mà trong vài năm tới đây, nhiều hầm đường bộ mới cũng sẽ được hoàn thiện. Tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam dự kiến sẽ có hàng loạt hầm đôi cho tàu chạy hai chiều, trong đó nổi bật là hầm xuyên Hải Vân dài khoảng 7,8 km.

Những năm 2000, kỹ sư và công nhân Việt Nam chủ yếu thi công hầm thủy điện đường kính 5 - 6 m, sử dụng công nghệ nổ mìn, đổ bê tông vữa. Việc xây hầm đường bộ lớn qua núi với đường kính trên 10 m vẫn nằm ngoài khả năng. Công nghệ truyền thống để lại khoảng trống giữa hệ thống chống đỡ và khối đá sau khi nổ mìn, khiến đá có xu hướng biến dạng, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn.

Bước ngoặt lịch sử khi hầm đường bộ Hải Vân dài 6,28 km được khởi công vào năm 2000 và hoàn thành 5 năm sau đó. Không chỉ là hầm đường bộ dài nhất Đông Nam Á thời điểm đó, đây còn là công trình đầu tiên tại Việt Nam áp dụng công nghệ đào hầm hiện đại NATM (New Austrian Tunnelling Method). Dù phần lớn công việc do nhà thầu Nhật Bản và Hàn Quốc đảm nhận, nhưng chính tại đây, kỹ sư Việt Nam đã được “học nghề” thực chiến: Xử lý địa chất yếu, kiểm soát lún, thi công vữa, chống thấm, vận hành hệ thống SCADA. Lần đầu tiên, các đơn vị như Tổng công ty Sông Đà, Cienco 6 trực tiếp cận NATM của Áo.

“Hải Vân là trường học lớn đầu tiên của chúng tôi. Ở đó, chúng tôi không chỉ học kỹ thuật mà còn học tinh thần làm chủ công nghệ, tổ chức thi công bài bản và giữ an toàn như nguyên tắc bất biến,” ông Bùi Hồng Đăng - nguyên Chỉ huy trưởng hầm Hải Vân giai đoạn đầu chia sẻ.

Năm 2012, hầm Đèo Cả (4,2 km) đánh dấu bước tiến vượt bậc: Kỹ sư Việt thi công chính bằng NATM, trong khi chuyên

gia Nhật Bản tham gia với vị trí giám sát. Công trình gồm hai ống hầm tổng dài 8,4 km, lần đầu áp dụng phiên bản tối ưu “NATM - Hệ Đèo Cả”. Phương pháp này tổ chức nhiều mũi thi công song song, phun bê tông gia cố ngay sau khoan nổ, ổn định kết cấu tức thời.

Ông Nguyễn Quang Huy - Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Đèo Cả cho biết, đối với phương pháp NATM thông thường, sau khi tiến hành đào hầm (bằng máy đào, búa đục, mũi doa, đầu xén hoặc nổ mìn), nhà thầu tiến hành bốc xúc đất đá, sau đó đánh giá địa chất gương hầm và tiến hành gia cố ngay với các loại kết cấu địa chất yếu. Tuy nhiên, điểm khác biệt của phương pháp đào hầm NATM “Hệ Đèo Cả” là sau khi đào xong, tất cả các loại kết cấu địa chất sẽ đưa về trạng thái cân bằng ngay lập tức bằng giải pháp phun bê tông lớp 1 sau khi vừa khai đào.

“Phương pháp này phù hợp với hầu hết các công trình ngầm, công trình hầm giao thông cả địa chất tốt và yếu, đảm bảo tuyệt đối an toàn thi công qua các lớp kết cấu địa chất khác nhau và luôn đảm bảo tiến độ, chất lượng công trình. Chúng tôi không sao chép mà sáng tạo từ thực tiễn. Không ai hiểu rõ địa chất Việt Nam bằng chính kỹ sư Việt. Phương pháp NATM - “Hệ Đèo Cả” là một sản phẩm nội địa hóa từ trí tuệ người Việt”, ông Huy nhấn mạnh.

Từ dấu ấn Đèo Cả, “Hệ Đèo Cả” tiếp tục vươn dài tới những công trình hầm lớn trên khắp đất nước: Hầm Cù Mông dài 2,6 km, hầm Hải Vân 2 hơn 6 km, hầm Núi Vung hơn 2 km, hầm Thung Thi tại Thanh Hóa... Tất cả đều mang dấu ấn bàn tay và trí tuệ kỹ sư Việt - từ khâu tư vấn, thiết kế, giám sát đến thi công. Công nghệ số được ứng dụng để tính toán kip nổ tối ưu, tiết kiệm 10 - 15% chi phí; hệ thống GPS định vị chuẩn xác tới từng centimet, giúp hai mũi đào gặp nhau gần như tuyệt đối khớp, đồng thời rút ngắn thời gian thi công tới 20 - 30% so với những dự án tương tự trước đây.

Nằm trên tuyến cao tốc Nha Trang - Cam Lâm, hầm Dốc Sạn được ví như “mắt xích vàng” nối liền hành lang giao thông trọng điểm của tỉnh Khánh Hòa. Không chỉ là hầm xuyên núi dài nhất dự án với hai ống hầm hoàn chỉnh, tổng chiều dài 1.480 m, Dốc





*Hầm Đèo Cả ra đời như một kỳ tích từ khối óc, bàn tay người Việt.*

Sạn còn là hầm duy nhất của Việt Nam trải bê tông nhựa toàn bộ, giúp triệt tiêu hoàn toàn tiếng ồn thường thấy trong các hầm truyền thống. Được thi công bằng công nghệ NATM, hầm Đốc Sạn không chỉ thể hiện trình độ kỹ thuật cao mà còn ghi dấu nỗ lực vượt thời gian của nhà đầu tư Tập đoàn Sơn Hải.

PGS.TS Trần Chung - nguyên Cục trưởng Cục Giám định Nhà nước về chất lượng công trình xây dựng nhận định: “Những hầm Đèo Cả, Cù Mông, Hải Vân 2... khẳng định người Việt đủ bản lĩnh, trí tuệ làm việc ngang tầm các nước tiên tiến”.

### CHINH PHỤC CÔNG TRÌNH NGẦM ĐÔ THỊ

Không chỉ làm chủ hầm xuyên núi, kỹ sư Việt còn tiến vào lĩnh vực phức tạp hơn: Hầm metro đô thị - nơi áp lực nước ngầm, độ lún, rung chấn và không gian chật hẹp đặt ra yêu cầu khắt khe nhất. Đây là nơi công nghệ TBM (Tunnel Boring Machine) được áp dụng, đòi hỏi chính xác tới từng milimet.

Ngày 26/5/2017, tại ga Ba Son (TP.HCM), FECON cùng liên danh Shimizu-Maeda vận hành TBM dài 781 m từ Ba Son đến Nhà hát TP.HCM cho tuyến metro số 1 Bến Thành - Suối Tiên. Ngày 28/7/2025, máy khoan hầm TBM số 1 có tên “Thần tốc” đã tiến vào ga ngầm S11 - Ga Văn Miếu, đánh dấu một cột mốc kỹ thuật quan trọng trong quá trình thi công đoạn hầm dự án đường sắt đô thị số 3, đoạn Nhổn - Ga Hà Nội. Bên cạnh đó, TBM số 2 có tên “Táo bạo” đã khoan được khoảng 900 m, tương đương 599 vòng vỏ hầm đã lắp đặt.

Ông Nguyễn Quốc Bảo - Phó Tổng Giám đốc FECON nhấn mạnh: “Việc trực tiếp vận hành thành công TBM là mảnh ghép quan trọng khẳng định năng lực của FECON và kỹ sư Việt trong các dự án quy mô lớn, đòi hỏi trình độ cao”.

Ngày nay, kỹ sư Việt không chỉ thi công mà còn quản lý, tư vấn thiết kế, vận hành hầm (Thủ Thiêm, Hải Vân...). Việt Nam đặt mục tiêu phát triển đồng bộ hạ tầng ngầm: Hầm giao thông, metro, hầm kỹ thuật, không gian ngầm thương mại với các dự án xuyên biển, đa chức năng giai đoạn 2025 - 2040.

Nếu NATM hay TBM được coi là những công nghệ tiên tiến hàng đầu thì đội ngũ kỹ sư và công nhân trực tiếp thi



*Máy TBM được thiết kế riêng cho dự án tuyến đường sắt đô thị số 3, đoạn Nhổn - Ga Hà Nội với công nghệ hiện đại và độ chính xác cao.*

công chính là “công nghệ lõi” thật sự. Trong suốt hai thập kỷ qua, Việt Nam đã xây dựng và tôi luyện đội ngũ hàng trăm kỹ sư chuyên ngành thi công ngầm, giàu kinh nghiệm thực tiễn, trưởng thành qua hàng loạt công trình lớn nhỏ trải dài từ Bắc vào Nam.

Tại hội thảo quốc tế do Hội Xây dựng Không gian Ngầm tổ chức, nhiều chuyên gia đã khẳng định: Việt Nam nằm trong số ít những quốc gia đang phát triển có đủ năng lực tự mình thi công những đường hầm quy mô lớn, độ phức tạp cao mà không cần phụ thuộc vào công nghệ hay nhân lực nước ngoài.

Không chỉ ở năng lực kỹ thuật, các kỹ sư Việt Nam còn từng bước khẳng định mình ở những vị trí cao hơn: Quản lý dự án, tư vấn thiết kế, tổ chức vận hành những công trình hầm trọng điểm như Trung tâm điều hành hầm Thủ Thiêm, hầm Hải Vân... Đây là minh chứng rõ ràng cho sự trưởng thành của một thế hệ kỹ sư tự tin, độc lập và giàu năng lực lãnh đạo, sẵn sàng gánh vác những công trình hạ tầng ngầm tầm cỡ quốc gia.

Mỗi công trình hầm là một cuộc đối thoại bền bỉ với thiên nhiên, nơi trí tuệ, ý chí và bản lĩnh con người hòa quyện thành sức mạnh. Những cái tên như Hải Vân, Đèo Cả, Cù Mông hay các tuyến metro ở Hà Nội, TP.HCM... không chỉ là những công trình giao thông đơn thuần mà đã trở thành biểu tượng kiêu hãnh của người Việt Nam.❖



VIỆN VẬT LIỆU XÂY DỰNG:

# Sẵn sàng cho kỷ nguyên vươn mình

## > SONG THU

Với sự nỗ lực không ngừng của các thế hệ lãnh đạo, cán bộ, công nhân viên chức và người lao động, trong suốt 56 năm qua Viện Vật liệu xây dựng (VIBM) vẫn luôn là đơn vị nghiên cứu hàng đầu trong lĩnh vực vật liệu xây dựng.

### TRỞ THÀNH TỔ CHỨC KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ TỰ CHỦ TÀI CHÍNH VỮNG MẠNH

Hướng tới năm 2045, Viện Vật liệu xây dựng (VLXD) định hướng trở thành tổ chức khoa học và công nghệ tự chủ tài chính vững mạnh, dựa trên 3 trụ cột chính: Thứ nhất, phục vụ quản lý nhà nước và phát triển ngành công nghiệp VLXD; Thứ hai, nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ; Thứ ba, Hoạt động dịch vụ kỹ thuật khoa học công nghệ (KHCN).

Ra đời với chức năng phục vụ quản lý Nhà nước trong lĩnh vực VLXD, cho đến nay Viện vẫn luôn đảm bảo vai trò tham mưu, nghiên cứu xây dựng định hướng, chiến lược, quy hoạch và chính sách phát triển. Năm 2025, VIBM đã triển khai thực hiện 37 nhiệm vụ KHCN vốn NSNN trong đó bao gồm nhiều dự án nghiên cứu, xây dựng tiêu chuẩn quốc gia (TCVN). Các nhiệm vụ nghiên cứu đều được triển khai theo đúng tiến độ và đảm bảo chất lượng. Hưởng ứng Nghị quyết 57-NQ/TW và Nghị quyết số 71/NQ-CP về đột phá phát triển KHCN đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số, Viện đã tích cực để xuất thực hiện nhiều nhiệm vụ KHCN và chuyển đổi số.

Hoạt động dịch vụ KHCN không chỉ phục vụ thực tiễn, cung cấp thông tin cho công tác quản lý Nhà nước của Bộ Xây dựng trong việc kiểm soát chất lượng sản phẩm hàng hóa VLXD lưu thông trên thị trường và chất lượng VLXD sử dụng cho các công trình lớn, có ý nghĩa chính trị quốc gia, mà còn là nguồn thu nhập chính cho cán bộ của Viện và góp phần tích lũy, phát triển Viện. Từ cuối năm 2022, để thích ứng với thực trạng của Việt Nam, VIBM đã mở rộng nhiều loại hình dịch vụ như đào tạo, truyền thông và bổ sung thêm các phương pháp thử mới về VLXD. Doanh thu từ dịch vụ KHCN của Viện trong 6 tháng đầu năm 2025 tăng 30% so với cùng kỳ năm 2024 và đạt 42% kế hoạch năm 2025.

### PHÁT TRIỂN GẮN LIỀN VỚI ĐỊNH HƯỚNG XÂY DỰNG NGÀNH VẬT LIỆU THEO HƯỚNG HIỆU QUẢ VÀ BỀN VỮNG

VIBM luôn định hướng phát triển Viện gắn liền với các hoạt động nghiên cứu KHCN bám sát các định hướng phát triển ngành VLXD theo hướng hiệu quả, bền vững, đáp ứng cơ bản nhu cầu trong nước, từng bước tăng cường xuất khẩu. Tăng cường hợp tác quốc tế, tập trung vào các lĩnh vực: tiết kiệm năng lượng, sản phẩm VLXD bền vững.

Cùng với việc triển khai các nhiệm vụ KHCN nguồn vốn nhà nước, Viện đã ký kết và thực hiện nhiều nhiệm vụ KHCN vốn doanh nghiệp, tập trung vào nghiên cứu sử dụng phế thải làm

nguyên liệu, nhiên liệu, vật liệu san lấp. Bên cạnh đó, Viện tổ chức nhiều hội thảo làm cầu nối để các chuyên gia, nhà nghiên cứu và doanh nghiệp trao đổi và tiếp cận với những nghiên cứu và công nghệ mới theo xu hướng phát triển VLXD "xanh".

Trong 6 tháng đầu năm 2025, Viện VLXD tiếp tục đẩy mạnh hợp tác quốc tế, mở rộng quan hệ với các tổ chức và đối tác nước ngoài. Viện đã tổ chức đón tiếp và làm việc với 09 đoàn quốc tế và cử 03 đoàn ra nước ngoài tham dự các hội thảo và triển khai các dự án hợp tác. Viện cũng đã ký kết 03 thỏa thuận hợp tác quốc tế quan trọng về lĩnh vực vật liệu xanh, giảm phát thải và đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao nhằm nâng cao năng lực nghiên cứu của Viện. Viện cũng tích cực tham gia vào các hoạt động liên quan đến Thỏa thuận công nhận lẫn nhau (MRA) về tiêu chuẩn và đánh giá sự phù hợp giữa các quốc gia trong khối ASEAN.

TS Nguyễn Quang Hiệp - Viện trưởng cho biết, Viện Vật liệu xây dựng với trụ cột chính là nghiên cứu KHCN đóng vai trò then chốt đã sẵn sàng bước vào kỷ nguyên vươn mình. Trong thời gian tới, Viện sẽ tiếp tục đẩy mạnh công tác nghiên cứu khoa học phục vụ quản lý nhà nước và phát triển ngành VLXD; đẩy mạnh việc nghiên cứu các VLXD bền vững và các công nghệ mới trong ngành vật liệu; Phát triển các hoạt động dịch vụ KHCN thí nghiệm, chứng nhận và tư vấn kỹ thuật xây dựng phục vụ các công trình trọng điểm quốc gia; Mở rộng các dịch vụ đào tạo, đặc biệt trong lĩnh vực nâng cao năng lực thí nghiệm VLXD. Đồng thời, Viện tiếp tục thúc đẩy hợp tác quốc tế, nhất là trong các lĩnh vực tiêu chuẩn và chất lượng, nhằm nâng cao vị thế của Viện trong các mạng lưới nghiên cứu và công nhận quốc tế.❖



*Dịch vụ khoa học công nghệ là hoạt động có ý nghĩa quan trọng trong sự phát triển của Viện.*





VIBM tổ chức Hội thảo quốc tế về VLXD (ICBM 2024) với chủ đề “Vật liệu xây dựng thế kỷ 21” (ICBM 2024) từ 31/10/2024 - 03/11/2024 tại Hà Nội thu hút hơn 300 nhà nghiên cứu, học giả, chuyên gia và nhà hoạch định chính sách đến từ 16 quốc gia trên thế giới.



Thúc đẩy hợp tác quốc tế nâng cao vị thế của Viện trong các mạng lưới nghiên cứu và công nhận quốc tế.

# Trung Chính tiên phong ứng dụng công nghệ BIM, nâng tầm quản lý dự án giao thông

## > THANH LƯƠNG

Không chỉ là nhà thầu hàng đầu Việt Nam, Trung Chính còn khẳng định vị thế dẫn đầu bằng việc ứng dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) vào thi công và quản lý dự án. Sự đổi mới này giúp tối ưu chi phí, nâng cao chất lượng và đảm bảo tiến độ cho các công trình giao thông trọng điểm, tạo nên những giá trị vượt trội.

**C**ông ty TNHH Thương mại và Xây dựng Trung Chính là doanh nghiệp hàng đầu trong lĩnh vực xây dựng và phát triển giao thông tại Việt Nam, tập trung vào các công trình giao thông quy mô lớn trên khắp cả nước và đang mở rộng ra thị trường quốc tế.

### TỐI ƯU HIỆU QUẢ THI CÔNG VÀ QUẢN LÝ DỰ ÁN

Hiện nay, Trung Chính đã triển khai áp dụng BIM vào một số dự án và đạt được những hiệu quả đáng kể, bao gồm:

Thứ nhất, quản lý nghiệm thu trên môi trường dữ liệu chung (CDE): Các hạng mục thi công được trao đổi và nghiệm thu trực tiếp tại công trường thông qua CDE, giúp quy trình trở nên nhanh chóng và minh bạch.

Thứ hai, kiểm soát chất lượng và tiến độ: Toàn bộ quá trình được quản lý và giám sát trên CDE, đảm bảo tính thống nhất và cập nhật theo thời gian thực.

Thứ ba, lập biện pháp thi công và đánh giá rủi ro: Mô hình 3D mặt bằng công trường giúp các bên có cái nhìn tổng thể

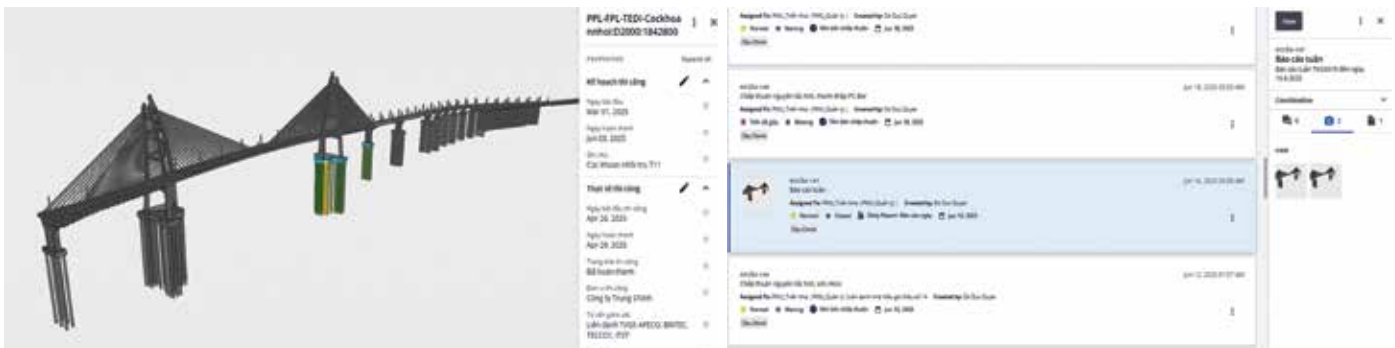
về dự án, từ đó đưa ra phương án tổ chức thi công hiệu quả và đánh giá được các nguy hiểm, rủi ro tiềm ẩn về an toàn lao động.

Thứ tư, cập nhật tiến độ theo thời gian thực: Tiến độ thi công từng hạng mục được cập nhật liên tục, giúp các bên liên quan theo dõi một cách trực quan và nhanh chóng nhất.

Thứ năm, tăng tốc độ nghiệm thu tại hiện trường: Sử dụng mã QR cho từng hạng mục cấu kiện giúp đẩy nhanh quá trình nghiệm thu trực tiếp trên mô hình, đồng thời hỗ trợ trao đổi, cập nhật và phê duyệt ngay lập tức.

Thứ sáu, nâng cao độ chính xác về khối lượng: Việc bóc tách khối lượng vật tư và dự toán trở nên chính xác hơn, giảm đáng kể thời gian rà soát khối lượng.

Thứ bảy, kiểm soát chất lượng hồ sơ: Các bên đánh giá và kiểm soát chất lượng mô hình, hồ sơ bản vẽ trên một môi trường dữ liệu duy nhất và thống nhất (CDE), đảm bảo mọi thông tin luôn được cập nhật, tránh sai sót trong quá trình thiết kế và thi công.



Ví dụ về quản lý tiến độ thi công trên mô hình cầu Nguyễn Trãi trên CDE.

Trao đổi thông tin, kiểm soát luồng phê duyệt, hồ sơ, chất lượng mô hình trên CDE.



## CÁC DỰ ÁN TIÊU BIỂU ỨNG DỤNG BIM TRONG THI CÔNG VÀ QUẢN LÝ

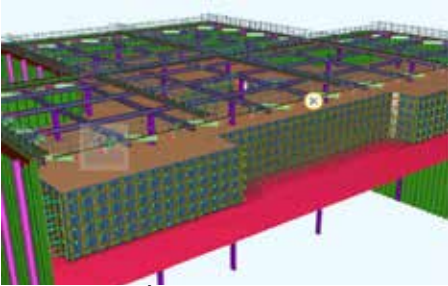
Công ty đã nghiên cứu và ứng dụng BIM vào thực tế thi công và quản lý các công trình lớn gần đây:

### 1. Cầu Nguyễn Trãi, TP Hải Phòng

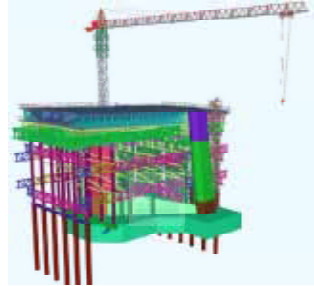
Thông tin dự án: Hải Phòng khởi công xây dựng cầu Nguyễn Trãi với tổng mức đầu tư hơn 6.200 tỷ đồng.

Ứng dụng BIM: Lập tổ chức thi công, quản lý tiến độ, nhân lực, thiết bị, máy móc. Đồng thời, quản lý hồ sơ và giám sát chất lượng công trình theo quy trình BIM.

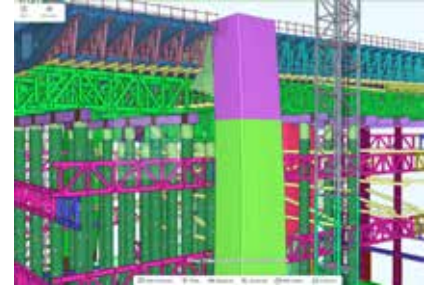
Áp dụng biện pháp thi công bệ trụ tháp như:



Hệ khung chống, ván khuôn bệ trụ tháp.



Biện pháp thi công K0.



Biện pháp thi công K0.

### 2. Đường Vành đai 3, TP.HCM

Thông tin chung: Đây là một trong những dự án giao thông trọng điểm của TP.HCM.

Ứng dụng BIM: Quản lý thi công bệ trụ và đảm bảo an toàn giao thông trong suốt quá trình xây dựng.

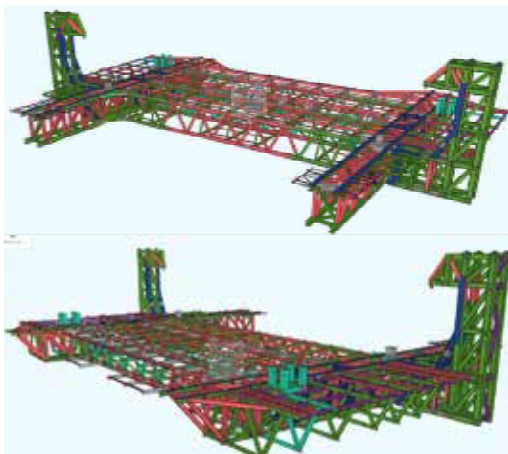


Thi công bệ trụ, đảm bảo giao thông.

### 4. Cầu Mỹ Thuận 2 và cao tốc Mỹ Thuận - Cần Thơ

Cầu Mỹ Thuận 2: Dài gần 2 km, 6 làn xe, vận tốc 80 km/h, nhịp chính dài 350 m, hai trụ tháp cao hơn 120 m.

Cao tốc Mỹ Thuận - Cần Thơ: Giai đoạn 1 hoàn chỉnh 6 làn xe, dài 23 km, kết nối với cầu Mỹ Thuận 2.

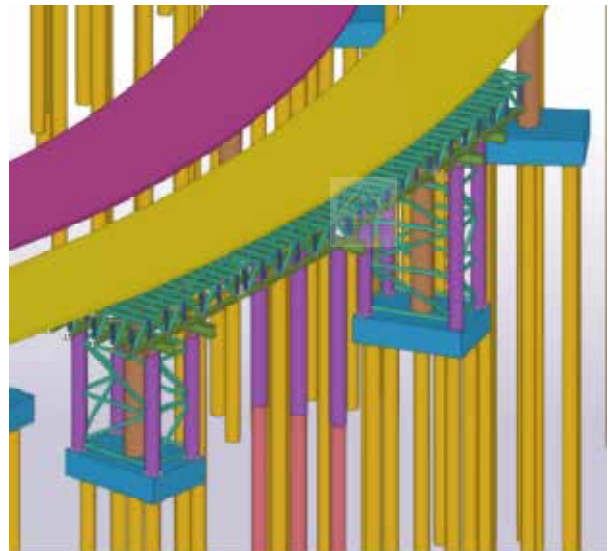


Thiết kế xe đúc dây văng bằng mô hình 3D BIM.

### 3. Nút giao vành đai 3.5 với Đại lộ Thăng Long, TP Hà Nội

Thông tin chung: Hà Nội thông báo phân luồng để xây dựng nút giao gần 2.400 tỷ đồng.

Ứng dụng BIM: Lập phương án tổ chức xây dựng và biện pháp thi công.



Biện pháp thi công kết cấu nhịp cầu vượt.

Việc Trung Chính ứng dụng mô hình BIM trong thi công và quản lý dự án đã chứng minh đây là giải pháp hiệu quả cho ngành Xây dựng Việt Nam. Bằng cách áp dụng BIM, Công ty đã tối ưu hóa quy trình từ khâu nghiệm thu đến kiểm soát chất lượng, tiến độ và khối lượng, đồng thời nâng cao độ chính xác và tính minh bạch.

Những thành công tại các dự án trọng điểm như: cầu Nguyễn Trãi, đường Vành đai 3 TP.HCM hay cầu Mỹ Thuận 2 chính là minh chứng rõ nét cho thấy BIM không chỉ là một xu hướng công nghệ mà còn là công cụ chiến lược giúp nâng cao năng lực cạnh tranh, tạo ra những công trình chất lượng cao và bền vững.❖

## DỰ ÁN CẦU RẠCH MIẾU 2:

# Một mẫu hình trong đầu tư công “làm đúng, làm nhanh, làm chắc”

> THANH PHONG

Cầu Rạch Miếu 2 là công trình giao thông trọng điểm quốc gia bắc qua sông Tiên, nối liền hai tỉnh Tiền Giang và Bến Tre, đã bước vào giai đoạn hoàn thiện cuối cùng, chuẩn bị thông xe kỹ thuật vào cuối tháng 8/2025.





## KHỞI CÔNG VỚI NHIỀU KỶ VỌNG

Thành công của dự án không chỉ đến từ nỗ lực kỹ thuật, mà còn là minh chứng rõ nét cho sự phối hợp chặt chẽ giữa chủ đầu tư, các nhà thầu và chính quyền địa phương trong hành trình vượt qua hàng loạt khó khăn thực tiễn.

Dự án cầu Rạch Miễu 2 được khởi công từ tháng 3/2022 với tổng mức đầu tư hơn 6.810 tỷ đồng, sử dụng vốn ngân sách nhà nước. Cầu có chiều dài gần 2 km, nằm trong tổng tuyến dài 17,6 km, thiết kế cầu dây văng hai trụ tháp chính. Đây là công trình được kỳ vọng sẽ giảm tải triệt để cho cầu Rạch Miễu 1 vốn đã quá tải, đồng thời tạo động lực phát triển kinh tế - xã hội cho khu vực Đồng bằng sông Cửu Long.

Chủ đầu tư dự án là Ban Quản lý dự án Mỹ Thuận (Bộ Xây dựng), cùng sự tham gia của nhiều nhà thầu có kinh nghiệm như: Liên danh Xây lắp 368 - Giao thông 487 - Tân Nam (gói XL-03), Trungnam E&C (cầu chính), và một số liên danh khác thực hiện các gói XL-04, XL-05, XL-06, Bê tông Đường Thủy - nhà thầu cung cấp bê tông tươi...

Tuy nhiên, quá trình triển khai thực tế lại không hề bằng phẳng, khi dự án liên tiếp đối mặt với nhiều trở ngại, từ giải phóng mặt bằng, vật liệu xây dựng đến công tác điều phối thi công.

## ĐIỂM NGHIỀN MẶT BẰNG KÉO DÀI HƠN 2 NĂM

Một trong những vướng mắc lớn nhất làm chậm tiến độ trong gần hai năm đầu là việc bàn giao mặt bằng bị chậm trễ và không đồng đều giữa hai tỉnh.

Trong khi Bến Tre sớm hoàn thành bàn giao trên 95% mặt bằng từ giữa năm 2023, thì tại Tiền Giang, đến cuối tháng 6/2023, tỷ lệ này mới chỉ đạt khoảng 49%. Việc mặt bằng bị "xôi đỗ", không liên tục đã ảnh hưởng lớn đến việc bố trí mũi thi công, đặc biệt là khu vực đường dẫn và cồn Thới Sơn.

Nguyên nhân được xác định là do tiến độ xây dựng khu tái định cư chậm, khiến nhiều hộ dân chưa thể di dời. Ngoài ra, kinh phí đền bù vượt dự toán ban đầu gần 1.600 tỷ đồng, buộc Bộ Xây dựng phải nhiều lần kiến nghị Chính phủ cấp bổ sung vốn.

Trước tình hình này, chủ đầu tư đã phối hợp trực tiếp với chính quyền địa phương để tháo gỡ từng nút thắt.

Đến tháng 5/2024, BQLDA Mỹ Thuận hoàn tất chuyển đủ kinh phí bồi thường còn lại, giúp tỉnh Tiền Giang đẩy nhanh tiến độ bàn giao mặt bằng, hoàn thành 100% toàn tuyến vào giữa năm 2025.

## THÁCH THỨC TRONG VÙNG KHAN HIẾM CÁT

Thách thức lớn tiếp theo là tình trạng thiếu hụt vật liệu đắp nền, đặc biệt là cát san lấp, vốn là vấn đề phổ biến ở nhiều dự án hạ tầng tại Đồng bằng sông Cửu Long.

Dự án cần hơn 1,2 triệu m<sup>3</sup> cát, nhưng đến quý I/2024, chỉ mới tập kết được khoảng 60 - 64% nhu cầu, phần còn lại gặp khó do nguồn cung khan hiếm, giá tăng, và cát từ một số mỏ không đạt yêu cầu kỹ thuật (nhiễm tạp chất như vỏ sò).

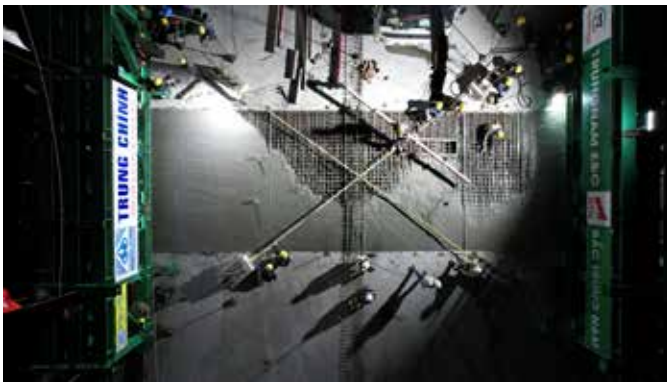
Ngoài ra, tại khu vực cồn Thới Sơn, công tác vận chuyển vật tư gặp nhiều khó khăn do chưa được cấp phép đường bộ, còn đường thủy lại hạn chế trọng tải, khiến nhà thầu thi công "cầm chừng".

Trước thực tế này, BQLDA Mỹ Thuận đã kiến nghị UBND Tiền Giang cấp phép tạm vận chuyển vật liệu bằng đường bộ vào công trường, đồng thời cho phép sử dụng vật liệu thay thế như đá dăm, đất đắp có kiểm soát để duy trì tiến độ tại một số vị trí cấp bách.

Đáng chú ý, vùng hạ lưu sông Tiền có đặc điểm địa chất phức tạp, nhiều khu vực có nền đất yếu cần gia tải dài hạn lên đến 12 - 15 tháng, đặc biệt ở các đoạn đường dẫn phía Tiền Giang. Đây cũng chính là nguyên nhân khiến một số hạng mục nền móng phải kéo dài thời gian xử lý trước khi có thể thi công kết cấu.

Để khắc phục, các nhà thầu và chủ đầu tư đã áp dụng phương pháp thi công theo mũi độc lập, ưu tiên thi công song song các đoạn đã xử lý nền xong, đồng thời bổ sung máy móc, nhân lực và thiết bị chuyên dụng để rút ngắn thời gian gia tải ở những điểm còn lại.





### THI CÔNG VƯỢT KHÓ 3 CA, 4 KÍP XUYỀN NGÀY ĐÊM

Nhằm bảo đảm mục tiêu thông xe trước ngày Quốc khánh 2/9/2025, từ tháng 3/2024, toàn bộ các nhà thầu chính đã tổ chức thi công theo chế độ 3 ca, 4 kíp, không nghỉ Lễ, cuối tuần, đặc biệt ở các hạng mục cầu chính và đường dẫn phía Bến Tre.

Dưới sự chỉ đạo sát sao của Bộ Xây dựng và sự giám sát chặt chẽ của BQLDA Mỹ Thuận, nhiều gói thầu đã vượt tiến độ khoảng 2 tháng so với hợp đồng. Phần cầu chính đã hợp long từ tháng 4/2025, mở đường cho giai đoạn hoàn thiện hệ thống lan can, khe co giãn, chiếu sáng và biển báo.

Không chỉ chủ đầu tư và nhà thầu, các địa phương cũng đóng vai trò then chốt trong việc giải quyết các “điểm nghẽn” của dự án.

Các tỉnh Tiền Giang và Bến Tre đã thành lập tổ công tác

đặc biệt để xử lý các vấn đề phát sinh trong GPMB, tái định cư và cấp phép vận chuyển vật liệu.

Cùng với đó, chính quyền cơ sở phối hợp chặt chẽ với đơn vị thi công để bảo đảm an ninh công trường, vận động người dân tuân thủ hành lang an toàn, không lên cầu khi chưa thông xe.

### HIỆU QUẢ LAN TỎA VÀ Ý NGHĨA DÀI HẠN

Tính đến tháng 7/2025, dự án đã đạt khoảng 95% khối lượng thi công, tiến độ giải ngân vượt 77% kế hoạch năm, tạo tiền đề cho lễ thông xe đúng dịp 2/9.

Khi đưa vào sử dụng, cầu Rạch Miếu 2 sẽ giảm tải triệt để áp lực cho cầu Rạch Miếu 1, vốn thường xuyên ùn tắc; Tăng cường kết nối vùng, rút ngắn thời gian vận chuyển nông sản, thủy sản từ Bến Tre, Trà Vinh về TP.HCM.





### DOANH NGHIỆP KHOA HỌC CÔNG NGHỆ GÓP SỨC VÀO CÔNG TRÌNH TRỌNG ĐIỂM

Là doanh nghiệp khoa học và công nghệ của TP.HCM, Công ty cổ phần Bê tông Đường Thủy đã thể hiện vai trò tiên phong trong việc cung ứng bê tông tươi cho nhiều hạng mục trọng yếu của dự án cầu Rạch Miễu 2. Với kinh nghiệm từng góp mặt tại các công trình lớn như cầu Mỹ Thuận 2, đơn vị đã chủ động đầu tư hệ thống tàu trạm hiện đại, ứng dụng công nghệ tiên tiến nhằm bảo đảm chất lượng, tối ưu tiến độ và kiểm soát hiệu quả chi phí.

Đại diện Bê tông Đường Thủy cho biết, trong thời gian tới, Bê tông Đường Thủy sẽ đưa vào vận hành trạm trộn bê tông nổi hiện đại, có khả năng cung cấp liên tục 1.000 m<sup>3</sup> bê tông ngay trên mặt nước - giải pháp mang tính đổi mới sáng tạo, đặc biệt phù hợp với điều kiện địa chất thủy văn của các công trình giao thông vùng sông nước như Đồng bằng sông Cửu Long và các công trình trên biển. Đây cũng là một bước đi thể hiện khả năng nội địa hóa công nghệ và khẳng định vị thế của doanh nghiệp khoa học công nghệ trong lĩnh vực xây dựng hạ tầng quốc gia.

Tạo động lực thu hút đầu tư vào các khu công nghiệp, dịch vụ và du lịch dọc tuyến; Góp phần hiện thực hóa định hướng phát triển hạ tầng giao thông theo tinh thần Nghị quyết số 13-NQ/TW về phát triển ĐBSCL bền vững và thích ứng biến đổi khí hậu.

Ngày 12/7/2025, dự án đã đạt trên 96,5% khối lượng công việc và đang tăng tốc hoàn thiện các hạng mục cuối cùng như lan can, khe co giãn, lắp đèn chiếu sáng, thí nghiệm thử tải và hoàn thiện mặt đường.

Bộ trưởng Bộ Xây dựng Trần Hồng Minh khi trực tiếp kiểm tra công trường cầu Rạch Miễu 2 tại thời điểm này, đánh giá cao sự chỉ đạo quyết liệt của chủ đầu tư và sự nỗ lực của các nhà thầu để dự án được hoàn thành sớm hơn kế hoạch khoảng 6 tháng, đồng thời nhấn mạnh, công trình không những vượt tiến độ mà kỹ thuật và chất lượng

đều rất tốt. Đặc biệt, giá thành giảm gần 50% vì ngành Xây dựng Việt Nam đã làm chủ công nghệ, thiết bị và vật liệu nội địa.

Bộ trưởng Trần Hồng Minh yêu cầu các đơn vị duy trì chất lượng, an toàn lao động để công trình chính thức khánh thành khoảng ngày 19/8/2025 và đưa vào khai thác trước ngày 2/9/2025...

Dự án cầu Rạch Miễu 2 là minh chứng điển hình cho việc “làm đúng, làm nhanh, làm chắc” trong đầu tư công hiện nay. Dù đối mặt với nhiều khó khăn thực tiễn, từ mặt bằng, vật liệu đến kỹ thuật và thời tiết, nhưng bằng sự phối hợp trách nhiệm giữa chủ đầu tư - nhà thầu - địa phương, dự án đã từng bước vượt qua thách thức về đích sớm, tạo niềm tin và động lực cho hàng loạt công trình hạ tầng quan trọng khác của khu vực và cả nước.❖

SỨC TRÉ TỪ “MÁI TRƯỜNG ĐẠI DƯƠNG”:

# Sẵn sàng cống hiến cho “Kỷ nguyên vươn mình của dân tộc”

## > BẢO CHÂU

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam vừa tổ chức Lễ tốt nghiệp cho hơn 2.000 tân kỹ sư, cử nhân. Sự kiện không chỉ đánh dấu bước trưởng thành quan trọng của sinh viên mà còn khẳng định thành tựu của “Mái trường Đại dương” trong sứ mệnh đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao, đồng thời mở ra hành trình mới cho thế hệ trí thức trẻ giàu tri thức, sáng tạo và khát vọng cống hiến dựng xây quê hương, kiến tạo tương lai.

### CHẤT LƯỢNG ĐÀO TẠO KHẲNG ĐỊNH VỊ THẾ

Khóa sinh viên 2021 - 2025 đã khép lại chặng đường 4 năm học tập với những thành quả đáng tự hào: Tổng số 2.046 sinh viên tốt nghiệp, trong đó có 317 sinh viên đạt loại xuất sắc (15,5%), 649 sinh viên đạt loại giỏi (31,7%), 940 sinh viên đạt loại khá (45,9%) và 140 sinh viên xếp loại trung bình (6,8%). Như vậy, tỷ lệ sinh viên đạt xuất sắc và giỏi chiếm gần 50% - một minh chứng rõ ràng cho chất lượng đào tạo vượt trội của Nhà trường. Đặc biệt, 36 sinh viên hệ đại học chính quy đã vinh dự trở thành thủ khoa các chuyên ngành, ghi dấu ấn nổi bật trong thành tích chung của toàn khóa.

Phát biểu tại buổi lễ, PGS.TS Phạm Xuân Dương - Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam nhấn mạnh: “Ngày hôm nay, các em chính thức khép lại một quãng đời sinh viên với biết bao kỷ niệm. Nhưng tốt nghiệp không phải là điểm dừng mà là khởi đầu cho hành trình mới, hành trình của sự nghiệp, của cống hiến và trưởng thành. Thấy mong các em luôn giữ vững tinh thần cầu tiến, lòng nhân hậu và khát vọng phụng sự cộng đồng, đất nước, đó cũng chính là nền tảng cho tương lai và sự nghiệp của các em”.

Trải qua gần 70 năm xây dựng và phát triển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đã khẳng định vị thế trong việc hiện thực hóa Chiến lược phát triển kinh tế biển, cũng như triển khai Nghị quyết số 30-NQ/TW về phát triển kinh tế - xã hội vùng đồng bằng sông Hồng. Nhà trường đang từng bước tiến tới mục tiêu trong Quy hoạch mạng lưới cơ sở giáo dục đại học và sư phạm 2021 - 2030, tầm nhìn đến 2050 (Quyết định số 452/QĐ-TTg ngày 27/02/2025), với định hướng: “Đầu tư xây dựng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam là trường trọng điểm quốc gia, đạt trình độ ngang bằng các nước phát triển trong khu vực về các ngành khoa học, kỹ thuật và công nghệ phục vụ phát triển kinh tế biển”. Đây là minh chứng rõ

nét cho sứ mệnh “trồng người”, góp phần cung cấp nguồn nhân lực chất lượng cao cho đất nước nói chung và TP Hải Phòng nói riêng.

### TRUYỀN THỐNG VẺ VANG - NIỀM TỰ HÀO TIẾP NỐI

Từ các thế hệ cựu sinh viên cho đến những tân kỹ sư, tân cử nhân hôm nay, tất cả đều đang góp phần làm rạng danh ngôi trường hàng hải. Những thành tựu đạt được trong học tập, nghiên cứu khoa học và hoạt động xã hội không chỉ là niềm tự hào to lớn của Nhà trường mà còn là minh chứng sống động cho những đóng góp thiết thực vào sự phát triển mạnh mẽ của kinh tế biển Việt Nam. Không chỉ là nơi truyền thụ kiến thức, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam còn là môi trường nuôi dưỡng đam mê, khơi dậy tiềm năng, hun đúc bản lĩnh, giúp người học sẵn sàng hội nhập quốc tế với tinh thần đổi mới và sáng tạo.

Đặc biệt, các tân kỹ sư, tân cử nhân hôm nay là lứa sinh viên đầu tiên tốt nghiệp trong kỷ nguyên mà trí tuệ nhân tạo đang làm thay đổi toàn diện thế giới. Trong bối cảnh tri thức có thể nhanh chóng lỗi thời chỉ sau một cú nhấp chuột, kỹ năng có thể bị thay thế bởi vài dòng mã thì giá trị lớn nhất mà máy móc không thể thay thế chính là trái tim biết yêu thương, biết rung cảm và khao khát cống hiến. Nhà trường kỳ vọng thế hệ sinh viên này sẽ bước ra thế giới với lòng nhân hậu, tinh thần học hỏi không ngừng và bản lĩnh đổi mới để đi vững vàng trên con đường phía trước.

“Dẫu chặng đường phía trước còn nhiều thử thách, nhưng với ý chí, tinh thần kỷ luật và khát vọng được tôi luyện dưới “Mái trường Đại dương”, các em chắc chắn sẽ thành công. Nhà trường luôn rộng mở đón chào các em trở về trong hào quang thành đạt, để tiếp tục lan tỏa ngọn lửa đam mê cho nhiều thế hệ kế tiếp”, Hiệu trưởng Phạm Xuân Dương nhấn mạnh.





*Trường Đại học Hàng hải Việt Nam là môi trường nuôi dưỡng đam mê, khơi dậy tiềm năng, hun đúc bản lĩnh cho thế hệ trẻ.*



*Những sinh viên khóa 2021 - 2025 trưởng thành từ “Mái trường Đại dương”.*



*PGS.TS Phạm Xuân Dương - Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam phát biểu tại Lễ tốt nghiệp.*

## **NGUỒN NHÂN LỰC CHẤT LƯỢNG CAO CHO KINH TẾ BIỂN**

Khởi nguồn từ Trường Sơ cấp Lái tàu, sau gần 70 năm xây dựng và phát triển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đã trở thành cơ sở đào tạo hàng đầu, cung cấp nguồn nhân lực chất lượng cao cho sự nghiệp phát triển kinh tế biển của đất nước.

Với định hướng trở thành trường đại học đa ngành, có uy tín trong khu vực và quốc tế, hiện nay Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đang triển khai 47 chương trình đào tạo đại học gắn trực tiếp với kinh tế biển, quy tụ hơn 17.000 học viên. Đồng hành cùng người học là đội ngũ gần 1.000 cán bộ, giảng viên giàu kinh nghiệm, trong đó có 52 giáo sư, phó giáo sư; 205 tiến sĩ, tiến sĩ khoa học; gần 400 thạc sĩ, cùng hàng trăm thuyền trưởng, máy trưởng hạng nhất và sĩ quan hàng hải đạt chuẩn quốc tế - lực lượng nòng cốt, bảo chứng

cho uy tín và chất lượng đào tạo của Nhà trường.

Bên cạnh các chuyên ngành truyền thống đã tạo nên thương hiệu như: Điều khiển tàu biển, Khai thác máy tàu biển, Thiết kế tàu và công trình ngoài khơi, Xây dựng công trình thủy..., Nhà trường còn triển khai nhiều chương trình tiên tiến hệ đại học với nội dung giảng dạy hoàn toàn bằng tiếng Anh, liên kết với các trường danh tiếng như Học viện Hàng hải California (Hoa Kỳ) và Đại học Gloucestershire (Vương quốc Anh).

Với chặng đường gần 70 năm phát triển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đã khẳng định thương hiệu, uy tín không chỉ trong nước mà còn trên bản đồ giáo dục quốc tế. Trong thời gian tới, Nhà trường sẽ tiếp tục tập trung mọi nguồn lực để hiện thực hóa mục tiêu lớn lớn: Trở thành trường trọng điểm quốc gia, góp phần thực hiện thành công Chiến lược phát triển kinh tế biển của Tổ quốc.❖

# Dữ liệu số nâng chất lượng buýt Thủ đô

## > HẢI THANH

Không còn những phút chờ xe mỏi mòn hay nỗi lo chậm chuyến, người dân Hà Nội giờ đây có thể chủ động từng khoảnh khắc di chuyển nhờ hệ thống dữ liệu thời gian thực và vé điện tử. Đây không chỉ là cải tiến kỹ thuật mà là bước ngoặt trong cách tiếp cận giao thông công cộng - từ mô hình truyền thống sang hiện đại, minh bạch, chính xác và thân thiện hơn với hành khách.

### HÀ NỘI ĐỒNG BỘ HÓA HẠ TẦNG CÔNG NGHỆ THÔNG TIN XE BUÝT

Một trong những thay đổi mang tính bước ngoặt giúp giao thông công cộng Hà Nội trở nên tiện lợi, chủ động và minh bạch hơn chính là việc ứng dụng dữ liệu thời gian thực vào quản lý, điều hành hệ thống xe buýt. Những con số vốn chỉ tồn tại trong các báo cáo nội bộ nay đã thật sự phục vụ người dân đúng nghĩa: Thông tin rõ ràng, hiển thị trực tiếp, cập nhật liên tục và dễ dàng tiếp cận.

Chỉ với vài thao tác trên điện thoại, người dân Thủ đô có thể biết chính xác chiếc xe buýt mình cần đang ở đâu, còn bao nhiêu phút nữa sẽ đến trạm, tuyến đường có bị ùn tắc hay hoạt động bình thường.

Cuộc chuyển mình này bắt đầu khi Trung tâm Quản lý điều hành giao thông TP Hà Nội (Tramoc) triển khai đồng loạt các dự án ứng dụng dữ liệu thời gian thực (real time data) trên toàn bộ hệ thống xe buýt. Tất cả phương tiện đều được trang bị thiết bị định vị GPS, liên tục cập nhật vị trí, tốc độ, điểm dừng... Những dữ liệu này được truyền về trung tâm, xử lý và cung cấp cho hành khách thông qua các nền tảng như ứng dụng BusMap Hà Nội, website timbuyt.vn hoặc cổng thông tin giao thông công cộng Hà Nội. Nhờ đó, hành khách có thể dễ dàng theo dõi lộ trình, biết chính xác thời gian đến trạm và nắm rõ tình trạng tuyến.

Sự thay đổi này không phải ngẫu nhiên. Trong những năm gần đây, Tramoc đã đồng bộ hóa hạ tầng công nghệ thông tin trên toàn bộ hệ thống, với 100% xe được lắp thiết bị GPS truyền dữ liệu hành trình về trung tâm điều hành. Dữ liệu được xử lý tức thời, kết hợp bản đồ số và trí tuệ nhân tạo giúp hiển thị chính xác thời gian đến trạm, tình trạng tuyến, tốc độ di chuyển, thời gian dừng đỗ cùng nhiều thông tin kỹ thuật khác. Khi xảy ra sự cố bất thường như kẹt xe, tai nạn hay trễ chuyến, hệ thống sẽ ngay lập tức cảnh báo cho trung tâm điều hành và tài xế, đồng thời cập nhật thông tin này cho hành khách.

Ông Thái Hồ Phương - Giám đốc Trung tâm Quản lý điều hành giao thông TP Hà Nội nhấn mạnh tính minh bạch và tiện lợi của vé điện tử, đồng thời khẳng định dữ liệu hành khách thu thập được từ hệ thống sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc hoạch định chính sách phát triển vận tải công cộng lâu dài của Thủ đô.

Không chỉ dừng lại ở việc cho biết chính xác thời gian xe đến, hệ thống còn cung cấp hàng loạt dịch vụ đồng bộ: Tra cứu lộ trình tối ưu, tìm điểm trung chuyển thuận tiện, lưu lại lịch sử di chuyển và đặc biệt là theo dõi vị trí xe theo thời gian thực với dự đoán thời gian đến trạm chính xác từng phút. Những tính năng tưởng chừng nhỏ bé này đã thay đổi lớn trong trải nghiệm: Nhiều người từng bỏ xe buýt vì phải chờ đợi nay đã quay lại, thậm chí cả những hành khách thường xuyên dùng xe công nghệ cũng dần chuyển sang xe buýt cho các tuyến quen thuộc, vừa tiết kiệm chi phí, vừa chủ động hành trình.

Không chỉ cải thiện trải nghiệm của người dùng, dữ liệu thời gian thực còn giúp cơ quan quản lý vận hành hệ thống tối ưu hơn. Tramoc hiện sử dụng hệ thống phân tích dữ liệu lớn (Big Data) để theo dõi xu hướng đi lại, xác định tuyến có nhu cầu cao - thấp, đánh giá giờ cao điểm - thấp điểm nhằm đề xuất điều chỉnh lộ trình và tần suất chạy phù hợp. Nhờ đó, việc giám sát hoạt động của các doanh nghiệp vận tải cũng minh bạch hơn, hạn chế tình trạng xe bỏ bến, chạy sai giờ hay vận hành không đúng kế hoạch.

Đáng chú ý, dữ liệu thời gian thực còn là nền tảng để Hà Nội hướng tới hệ thống giao thông công cộng thông minh, tích hợp giữa xe buýt, metro, xe buýt điện, trạm trung chuyển và các phương tiện kết nối khác.

### VÉ ĐIỆN TỬ - BƯỚC ĐỆM CHO GIAO THÔNG CÔNG CỘNG LIÊN THÔNG

Từ ngày 01/4/2024, Trung tâm Quản lý và điều hành giao thông TP Hà Nội phối hợp cùng liên minh VPBank và ASIM triển





Hành khách có thể dễ dàng theo dõi lộ trình xe buýt thông qua nền tảng như BusMap Hà Nội, website timbuyt.vn...

*Thẻ vé ảo mang đến trải nghiệm tiện lợi, nhanh chóng cho cả hành khách và đơn vị quản lý buýt Hà Nội.*

khai ứng dụng thẻ vé ảo (phi vật lý) cho xe buýt, hướng tới xây dựng nền tảng giao thông công cộng thông minh của Thủ đô.

Thẻ vé ảo mang đến trải nghiệm tiện lợi, nhanh chóng cho cả hành khách và đơn vị quản lý. Người dùng có thể đăng ký, gia hạn vé trực tuyến ở bất cứ đâu, bất kỳ thời điểm nào và sử dụng ngay sau khi được phê duyệt trên ứng dụng mà không phải chờ từ 1 đến 3 ngày như trước. Khi lên xe, chỉ cần quét mã QR trên điện thoại, hành khách không còn nỗi lo quên hay mất thẻ.

Với hệ thống này, công tác quản lý vận tải được tối ưu: Giảm khâu vận hành, tiết kiệm thời gian và chi phí, dữ liệu hành khách được quản trị tập trung và cập nhật theo thời gian thực, bảo đảm chính xác và đồng bộ. Mã QR của thẻ vé ảo tự động làm mới sau 30 giây, giúp kiểm soát viên dễ dàng xác minh, ngăn chặn gian lận và thất thoát doanh thu, đồng thời sẵn sàng tích hợp với các loại hình giao thông khác trong tương lai.

Hệ thống thẻ vé ảo giúp các đơn vị vận tải và cơ quan quản lý tối ưu hiệu suất nhân sự, rút gọn quy trình vận hành, tiết kiệm thời gian và chi phí. Toàn bộ khâu đăng ký, theo dõi tình trạng và gia hạn thẻ được quản trị tập trung, cập nhật theo thời gian thực, bảo đảm tính chính xác, nâng cao hiệu quả giám sát và tăng tỷ lệ xác minh chủ thẻ. Giải pháp này được xem là bước tiến quan trọng trong tiến trình chuyển đổi số, tạo nền tảng triển khai thẻ vé điện tử liên thông đa phương thức cho hệ thống vận tải công cộng của Hà Nội.

Chỉ sau vài tháng Hà Nội triển khai vé điện tử, hàng trăm nghìn thẻ đã được phát hành, trong đó đa số là thẻ vé ảo, cho thấy sự sẵn sàng đón nhận sự đổi mới của người dân khi lợi ích rõ ràng. Hà Nội đặt mục tiêu đến năm 2026 sẽ hoàn thiện hệ

thống vé liên thông đa phương thức, cho phép một thẻ duy nhất sử dụng cho xe buýt, metro, buýt nhanh và các phương tiện công cộng khác.

Ông Đỗ Việt Hải - Phó Giám đốc Sở Xây dựng Hà Nội cho biết, việc triển khai hệ thống Internet vạn vật (IoT) kết hợp camera giám sát và điều chỉnh tín hiệu giao thông theo thời gian thực đã giúp giảm từ 25 - 30% thời gian di chuyển trung bình toàn thành phố. Giải pháp này không chỉ cải thiện tình hình giao thông mà còn hỗ trợ trực tiếp cho các phương tiện công cộng như xe buýt vận hành hiệu quả hơn, hạn chế tình trạng tắc nghẽn trên các tuyến chính.

Tất cả những chuyển biến đó cho thấy Hà Nội đang từng bước tiến tới mô hình đô thị thông minh với giao thông công cộng là hạ tầng cốt lõi. Dữ liệu thời gian thực giờ đây không còn là khái niệm viễn tưởng mà đã trở thành công cụ hữu hiệu để nâng cao chất lượng sống, tối ưu vận hành và thúc đẩy người dân chuyển từ phương tiện cá nhân sang phương tiện công cộng.

Khi người dân có thể biết chính xác xe đến lúc nào, tuyến đi ra sao và toàn bộ hành trình được hiển thị minh bạch, xe buýt dần trở nên đáng tin cậy - điều từng là thách thức lớn trong nhiều năm qua. "Chiến lược triển khai vé điện tử là bước quan trọng để biến giao thông công cộng thành dịch vụ công dân thực thụ, đồng thời chuẩn bị hạ tầng cho hệ thống vé liên thông đa phương thức trong tương lai", Phó Giám đốc Sở Xây dựng Hà Nội Đào Việt Long nhận định.

Dù vẫn còn nhiều vấn đề cần cải thiện như chất lượng phương tiện, kết nối các tuyến vùng ven, song rõ ràng việc ứng dụng dữ liệu thời gian thực đã đặt nền móng vững chắc cho giai đoạn tiếp theo của giao thông công cộng Hà Nội. Với sự đồng hành của công nghệ, tầm nhìn từ cơ quan quản lý và sự thay đổi tích cực từ phía người dân, xe buýt đang dần lấy lại vị thế phương tiện chủ lực trong hệ sinh thái giao thông đô thị hiện đại.❖



# Vingroup nhận Huân chương Lao động xuất sắc tại Trung tâm



*Tổng Bí thư Tô Lâm thay mặt lãnh đạo Đảng, Nhà nước trao tặng Huân chương Lao động hạng Nhất cho ông Phạm Nhật Vượng - Chủ tịch Tập đoàn Vingroup vì thành tích đặc biệt xuất sắc của Tập đoàn tại Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia.*





# động hạng Nhất vì thành tích Hội chợ Triển lãm Quốc gia

> THÙY DƯƠNG

Ngày 19/8, Tập đoàn Vingroup vinh dự đón nhận Huân chương Lao động hạng Nhất vì thành tích đặc biệt xuất sắc trong việc tổ chức triển khai xây dựng Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia. Đây là phần thưởng cao quý, ghi nhận những nỗ lực đột phá và sự quyết liệt của tập thể cán bộ nhân viên Vingroup trong việc đưa Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia vào hoạt động sớm 15 tháng, chào mừng 80 năm ngày Quốc khánh nước CHXHCN Việt Nam và đóng góp đặc biệt vào sự phát triển kinh tế - xã hội của Thủ đô và đất nước.





Phần mái vòm đồ sộ với hệ số an toàn gấp đôi thông thường, kết hợp vật liệu xuyên sáng đạt chuẩn kiến trúc xanh toàn cầu.



Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia còn bố trí nhiều phân khu chức năng chuyên biệt, đảm bảo đáp ứng chuyên sâu các nhu cầu khác nhau về dịch vụ, điển hình là Nhà triển lãm Khối A.

Sự kiện trao tặng Huân chương Lao động hạng Nhất cho Tập đoàn Vingroup nằm trong chương trình Lễ Khánh thành, Khởi công các dự án, công trình chào mừng 80 năm Quốc khánh nước CHXHCN Việt Nam (02/9/1945 - 02/9/2025) - tại điểm cầu Khánh thành Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia, khu vực đường cầu Tứ Liên, Đông Anh, Hà Nội.

Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia là công trình trọng điểm cấp Nhà nước, thuộc top 10 trung tâm triển lãm lớn nhất thế giới. Dự án có tổng quy mô lên tới 900 nghìn m<sup>2</sup>, được kỳ vọng là điểm đến quốc tế cho các sự kiện thương mại, triển lãm hàng đầu toàn cầu và là biểu tượng phát triển mới của Thủ đô.

Công trình được khởi công vào ngày 30/8/2024, bàn giao mặt bằng vào ngày 27/6/2025 - chỉ sau gần 10 tháng thi công, vượt tiến độ tới 15 tháng so với kế hoạch. Đây là tiến độ thi công thần tốc chưa từng có trong điều kiện thách thức về kỹ thuật xây dựng cũng như độ khó của kết cấu vòm khổng lồ từ thép siêu trường, siêu trọng.

Vingroup với vai trò là chủ đầu tư kiêm tổng thầu thi công đã tập trung tối đa mọi nguồn lực, từ chủ động lên phương án thiết kế, điều phối nhân lực, máy móc, và vật tư đến đảm bảo chuỗi cung ứng, khớp nối các nhà thầu.



Hình ảnh đầu tiên của chiếc máy bay tàng chờ Bác Hồ tại Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia.



Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia còn bố trí nhiều phân khu chức năng chuyên biệt, đáp ứng chuyên sâu đa dạng nhu cầu, điển hình là Trung tâm Hội nghị VinPalace.

Cụ thể, trong thời gian thi công, Vingroup đã huy động hàng trăm nhà thầu, cao điểm công trình có khoảng 3.000 công nhân, kỹ sư làm việc; với 800 - 1.000 máy móc thiết bị huy động từ nhiều địa phương, trong đó có cầu tải trọng lớn từ 300 - 500 tấn, xe siêu trường siêu trọng. Công trường cũng hoạt động với cường độ tối đa, bố trí 3 ca thi công không ngừng nghỉ suốt 24/7, tối ưu hóa từng phút giây để đạt tiến độ vượt bậc, rút ngắn thời gian thi công tới 60%.

Song song với việc giải quyết hài hòa thách thức giữa thiết kế phức tạp, hệ kết cấu lớn và tiến độ hoàn thành, Vingroup luôn bám sát từng hạng mục, kiểm tra và giám sát nghiêm ngặt nhằm đảm bảo độ an toàn, chất lượng và sự bền vững của công trình.

Ông Nguyễn Việt Quang - Phó Chủ tịch kiêm Tổng giám đốc Tập đoàn Vingroup cho biết: "Việc được trao tặng Huân chương Lao động hạng Nhất trong dịp khánh thành Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia là niềm vinh dự và sự tự hào to lớn đối với đội ngũ cán bộ nhân viên Vingroup. Chúng tôi cam kết sẽ tiếp tục phát huy tinh thần không ngại khó - ý chí quyết tâm cao độ, mãnh liệt để vận hành thành công Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia, góp phần đưa Hà Nội và Việt Nam trở thành điểm đến của các sự kiện chính trị - kinh tế - văn hoá - xã





*Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia có quy mô 90 ha, thuộc top 10 trung tâm triển lãm lớn nhất thế giới.*

hội hàng đầu khu vực và thế giới trong tương lai gần”.

Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia là tổ hợp triển lãm có quy mô và tầm vóc top đầu toàn cầu. Trong đó, tâm điểm là nhà triển lãm Kim Quy - nhà triển lãm hình tròn lớn bậc nhất thế giới có diện tích khoảng 130 nghìn m<sup>2</sup>, độ cao khu vực trung tâm lên đến 56 m.

Với kiến trúc độc đáo, mô phỏng hình ảnh Thần Kim Quy - huyền linh gắn với truyền thuyết Cổ Loa - nhà Kim Quy được ví như kỳ quan mới của Thủ đô. Kết cấu công trình cũng đặc biệt thách thức, với phần mái vòm nặng tới 24 nghìn tấn, từ các thanh thép siêu trường, siêu trọng, liên kết bằng bu-lông cường độ cao nhất, sử dụng phương pháp siết chặt nhằm kiểm soát chất lượng, đảm bảo hệ số an toàn gấp đôi so với thông thường. Phủ trên mái vòm thép là vật liệu vải sợi thủy tinh siêu nhẹ, siêu bền, có tính xuyên sáng, tiết kiệm năng lượng đúng tiêu chuẩn kiến trúc xanh toàn cầu.

Cùng với nhà triển lãm Kim Quy, Vingroup còn kiến tạo hệ sinh thái triển lãm đa dạng với 4 sân ngoài trời (Đông - Tây - Nam - Bắc), Trung tâm Hội nghị VinPalace đẳng cấp quốc tế, công viên cây xanh, mặt nước; nhà để xe siêu lớn... Với không gian khổng lồ, sức chứa tối đa lên đến hàng trăm ngàn người ngoài trời và hàng ngàn người trong nhà, Trung tâm Hội chợ

Triển lãm Quốc gia không chỉ đảm bảo công suất cho các đại triển lãm mà còn sẵn sàng cho các sự kiện quy mô lớn như đại nhạc hội, lễ hội quốc gia, trình diễn công nghệ tầm cỡ..., đáp ứng tiêu chuẩn khắt khe nhất từ các nhà tổ chức quốc tế; đồng thời mở ra một hướng tiếp cận hoàn toàn mới cho ngành triển lãm - hội nghị (MICE) tại Việt Nam.

Một trong các động lực đặc biệt thúc đẩy kỳ tích thi công của Trung tâm Hội chợ Triển lãm Quốc gia là sự kiện Triển lãm Thành tựu Đất nước - 80 năm Hành trình Độc lập - Tự do - Hạnh phúc, tái hiện hành trình phát triển đất nước gần một thế kỷ sẽ diễn ra ngày 28/8 - 05/9/2025. Đây là lần đầu tiên, tất cả các tỉnh thành, các bộ - ban - ngành và doanh nghiệp các khối trên toàn quốc hội tụ trong một triển lãm cấp quốc gia, dự kiến thu hút hàng triệu lượt khách tới tham quan và cùng nhau khơi dậy niềm tự hào dân tộc.

Việc triển khai xây dựng thần tốc để kịp tổ chức Triển lãm đặc biệt trên không chỉ cho thấy tiềm lực tài chính vững mạnh, năng lực triển khai chuyên nghiệp và khả năng quản trị dự án hiệu quả của Tập đoàn Vingroup; mà còn khẳng định tinh thần phụng sự quốc gia cũng như thực lực mạnh mẽ trong kỷ nguyên vươn mình của khối doanh nghiệp tư nhân Việt Nam.❖



## Royal Sintered Stone - Đẹp để sống, bền để yêu

Có những vật liệu chỉ đơn thuần để xây dựng. Nhưng cũng có những vật liệu tạo nên phong cách sống. Royal Sintered Stone (đá nung kết) không chỉ là một tấm đá, mà là hơi thở của thiên nhiên, được tái sinh bằng công nghệ hiện đại, để mỗi không gian trở thành nơi bạn muốn sống và yêu mỗi ngày.

Từ những khoáng chất tinh khiết nhất, qua áp lực khổng lồ và nhiệt độ hơn 1.200°C, Royal Sintered Stone ra đời với bề mặt chống trầy, chống thấm, chịu nhiệt và bền vững theo năm tháng. Chạm tay vào, bạn cảm nhận được sự mát lạnh của đá, sự vững chắc của thời gian và vẻ đẹp như vừa được thiên nhiên chạm khắc.

Những đường vân tái hiện qua công nghệ Sacmi Continua+ và Deep Digital không chỉ đẹp, mà còn có chiều

sâu, sắc nét và cảm giác chạm như thật. Từ trắng tinh khôi của Calacatta, xám sang trọng Covelano đến ấm áp Travertino, mỗi tấm đá là một câu chuyện, một cá tính.

Trong phòng khách, nó biến bức tường thành tác phẩm nghệ thuật. Ở gian bếp, mặt bàn không chỉ là nơi nấu nướng mà còn là điểm tụ họp, trò chuyện. Trong phòng tắm, từng tấm đá giữ vẻ tươi mới, sạch sẽ, chống lại thời gian. Và ở những công trình lớn, nó đứng vững trước mọi thử thách.

Sở hữu Royal Sintered Stone là chọn sự hoàn mỹ, tinh tế và bền bỉ. Là để mỗi góc nhà, mỗi bước chân, mỗi cái chạm đều kể về một phong cách sống đẳng cấp.

Royal Sintered Stone - không chỉ là vật liệu, mà là lời khẳng định rằng người Việt có thể tạo ra những gì tốt nhất, đẹp nhất và bền nhất, để tự tin bước ra thế giới.❖



Liên hệ: Miền Bắc: 0916887070 (anh Quang); Miền Trung: 0917500578 (anh Lâm); Miền Nam: 0919505558 (anh Tùng)





Dekton góp phần giúp Dự án xanh Etown 6 - TP.HCM đạt chứng chỉ LEED Platinum Ver.04, cấp độ cao nhất chuẩn LEED của hội đồng Công trình Xanh Hoa Kỳ

### Ưu điểm của Dekton

- Chống tia UV
- Cứng 7.5 - 8.3 Mohs
- Chống mài mòn
- Chống thấm ó
- Chịu lực tốt
- Dễ vệ sinh & ít bảo trì
- Chịu nhiệt độ cao
- Đa dạng màu sắc/vân
- Hạn chế gián nở nhiệt



## Về Eurostone

Được thành lập từ năm 2010, Eurostone là đơn vị tiên phong trong lĩnh vực tư vấn – thiết kế – thi công đá ốp lát cao cấp tại Việt Nam. Chúng tôi tin rằng, mỗi công trình không chỉ cần đẹp mà còn cần đúng kỹ thuật, đúng gu thẩm mỹ và bền vững với thời gian.

**Dekton & Silestone - Không chỉ là đá, mà là tuyên ngôn về gu sống**

Là nhà phân phối độc quyền tại Việt Nam của Tập đoàn Cosentino (Tây Ban Nha) – Eurostone mang đến hai dòng đá nhân tạo dẫn đầu toàn cầu: Dekton và Silestone. Bảo hành chính hãng lên đến 25 năm (đối với hạng mục ốp bếp), đạt tiêu chuẩn toàn cầu về môi trường, an toàn và phát triển bền vững.

### Giải pháp đá cao cấp toàn diện cùng đại sứ Eurostone - ca sĩ Mỹ Tâm



Ốp mặt dựng, mặt tiền



Ốp bàn - đảo bếp



Ốp phòng tắm - lavabo



Ốp cầu thang

“Sau khi đồng hành cùng Eurostone, Tâm nhận ra rằng chất lượng không chỉ đến từ sản phẩm, mà còn từ con người. Đội ngũ tư vấn của Eurostone làm việc bằng cái tâm – không chỉ đơn thuần là “bán một sản phẩm” mà là cùng khách hàng tìm ra giải pháp hoàn hảo cho không gian sống của họ.”  
- Ca sĩ Mỹ Tâm





## CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG VICEM HÀ TIÊN

Trụ sở: 604 Võ Văn Kiệt, Phường Cầu Ông Lãnh, TP. Hồ Chí Minh

Điện thoại: (028) 38 368 363; Fax: (028) 38 361 278

Email: [hatien1@vicemhatien.com.vn](mailto:hatien1@vicemhatien.com.vn)

Website: <https://vicemhatien.com.vn>





# Mùa Vàng THẮNG LỚN 2025



**21** TỔNG GIÁ TRỊ CHƯƠNG TRÌNH HƠN  
**TỶ ĐỒNG**



(Hình ảnh chỉ mang tính chất minh họa)

## CÁCH THỨC THAM GIA

Bước 1: Mở bao NPK Cà Mau tìm mã QRcode dán trong bao sản phẩm và tham gia bằng cách:

**Cách 1:** Quét mã QRcode và điền các thông tin theo quy định sau đó bấm **GỬI MÃ DỰ THƯỞNG** để tham gia (cách thức này hoàn toàn miễn phí).

**Cách 2:** Gửi Mã Dự Thưởng bằng SMS theo cú pháp (**1.000đ/tin nhắn**):

**PBCM <đấu cách> <MÃ DỰ THƯỞNG>** gửi **6089** (Mã dự thưởng gồm 10 ký tự được in trên tem QRcode).

Bước 2: Nhận thông báo từ PBCM xác nhận Gửi Mã Dự Thưởng thành công và trúng thưởng (nếu có)

## LƯU Ý

- Giải May Mắn sẽ được nạp tiền trực tiếp vào số điện thoại đăng ký của khách hàng.
- Giải Nhất, Giải Nhì đón xem các buổi quay số trúng thưởng tại Fanpage Phân Bón Cà Mau (facebook.com/phanboncamau) định kỳ vào ngày 15 và/hoặc 30 hàng tháng.

Áp dụng từ 15/04/2025 đến 28/02/2026

**Tìm Mã QRcode DÁN trong bao NPK Cà Mau và tham gia chương trình để có cơ hội nhận nhiều giải thưởng hấp dẫn!**

**Quét để  
tham gia!**



<https://khuyenmai.pvcfc.com.vn>





**Hạng 1** – chứng chỉ năng lực hoạt động

**>48** năm kinh nghiệm

**>10** huân chương lao động, giải thưởng quốc tế, quốc gia, cấp tỉnh

**>1000** đồ án quy hoạch tỉnh, quy hoạch chung đô thị, quy hoạch phân khu, quy hoạch chi tiết, thiết kế đô thị riêng, quy chế quản lý... được lập, trong đó có nhiều đồ án được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt

**>300** khách hàng, đối tác trong và ngoài nước (HOK, Nikken Sekkei, SOM, Sasaki, CPG, enCity, EAI43, B+H architects...)

*"Bring  
the future  
back to  
the present"*



Website: [www.upihcm.com](http://www.upihcm.com)

Địa chỉ: 216 Nguyễn Đình Chiểu,  
Phường Xuân Hòa, TP.HCM

Điện thoại: (+84) 28 3930 3515

Email: [vqhxd.sxd@tphcm.gov.vn](mailto:vqhxd.sxd@tphcm.gov.vn)

Mã định danh: 000.05.40.H29

 **VICEM**  
BỈM SƠN 

**XI MĂNG BỈM SƠN**

**VICEM BỈM SƠN**

Đến với VICEM Bỉm Sơn, Quý khách sẽ được đáp ứng mọi nhu cầu về chủng loại và chất lượng sản phẩm với dịch vụ tốt nhất!

[www.ximangbimson.com.vn](http://www.ximangbimson.com.vn)

[fb.me/vicembimson](https://fb.me/vicembimson)

 Phường Ba Đình, thị xã Bỉm Sơn, tỉnh Thanh Hóa

 02373 824 242

 02373 824 046

**NIỀM TIN CỦA NGƯỜI SỬ DỤNG**  
**SỰ BỀN VỮNG CỦA NHỮNG CÔNG TRÌNH**



# TRUNG TÂM THỬ NGHIỆM KHÍ THẢI PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG CƠ GIỚI ĐƯỜNG BỘ

NATIONAL MOTOR VEHICLE EMISSION TEST CENTER – NETC

Địa chỉ: Km 15+200, Quốc lộ 1A, thôn Yên Phú, xã Ngọc Hồi, TP. Hà Nội

Điện thoại: 0243.6893666; Fax: 0243.6893555

Giám đốc: Nguyễn Đồng Phong

**T**rung tâm Thử nghiệm khí thải phương tiện giao thông cơ giới đường bộ được thành lập ngày 21/09/2009 theo Quyết định số 2737/QĐ-BGTVT của Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải (nay là Bộ Xây dựng). Trung tâm được trang bị hệ thống thiết bị thử nghiệm khí thải, đo độ khói, đo tiêu thụ nhiên liệu/năng lượng đạt chuẩn châu Âu.

#### CÁC LĨNH VỰC THỬ NGHIỆM:

- Thử nghiệm khí thải của phương tiện giao thông đường bộ theo tiêu chuẩn mức 2,3,4,5:

- + Xe mô tô, xe gắn máy.
- + Xe ô tô hạng nhẹ.
- + Động cơ ô tô hạng nặng.

- Đo tiêu thụ nhiên liệu/năng lượng:

- + Đo mức tiêu thụ nhiên liệu bằng phương pháp cân bằng cacbon.
- + Đo mức tiêu thụ nhiên liệu bằng phương pháp đo trực tiếp.
- + Đo mức tiêu thụ năng lượng đối với mô tô điện, xe gắn máy điện, ô tô điện và ô tô hybrid điện hạng nhẹ.

- Dịch vụ kỹ thuật khác: Thử nghiệm theo yêu cầu đối với các dịch vụ kỹ thuật theo quy định của Cục Đăng kiểm Việt Nam và quy định pháp luật.



*Kỷ niệm*

**80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM,  
QUỐC KHÁNH 2/9  
VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG  
NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)**

## VIỆN QUY HOẠCH XÂY DỰNG QUẢNG TRỊ

Địa chỉ: Đường Nguyễn Hữu Cánh, Phường Đồng Hới, Tỉnh Quảng Trị

*Kỷ niệm*

**80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM, QUỐC KHÁNH 2/9  
VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)**





TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - NĂNG LƯỢNG QUỐC GIA VIỆT NAM  
CÔNG TY ĐIỀU HÀNH DẦU KHÍ BIỂN ĐÔNG



*Kỷ niệm*  
**80 NĂM** NGÀY CÁCH MẠNG THÁNG TÁM VÀ CHÀO MỪNG  
QUỐC KHÁNH NƯỚC CHXHCN VIỆT NAM **2-9**

Tầng 3, Tòa nhà Petro Việt Nam, 1-5 Lê Duẩn, P. Sài Gòn, TP. Hồ Chí Minh

## TRUNG TÂM THỬ NGHIỆM XE CƠ GIỚI

VIETNAM MOTOR VEHICLE TESTING CENTER - VMTC

*Kỷ niệm*

**80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM,  
QUỐC KHÁNH 2/9  
VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG  
NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)**



Địa chỉ: Số 18 đường Phạm Hùng, phường Từ Liêm, TP. Hà Nội  
Điện thoại: 0243.7684715; Fax: 0243.7683599



# BAN QUẢN LÝ KHU KINH TẾ NGHI SƠN VÀ CÁC KHU CÔNG NGHIỆP TỈNH THANH HÓA

*Kỷ niệm*

80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM, QUỐC KHÁNH 2/9

VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)



Km72, Phường Trúc Lâm, Tỉnh Thanh Hóa

## CÔNG TY CỔ PHẦN

## QUẢN LÝ ĐƯỜNG BỘ VÀ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH THỪA THIÊN HUẾ

Địa chỉ: 187 Phạm Văn Đồng, Phường Võ Dạ, TP. Huế



*Kỷ niệm*

80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM, QUỐC KHÁNH 2/9

VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)





# CÔNG TY CỔ PHẦN CÔNG TRÌNH LONG HƯNG



*Kỷ niệm*  
**80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM,  
QUỐC KHÁNH 2/9  
VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG  
NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)**



## NGÀNH NGHỀ KINH DOANH CHÍNH:

- ♦ Xây dựng các công trình đường sắt và đường bộ.
- ♦ Xây dựng các công trình hầm và cầu.
- ♦ Xây dựng nhà các loại.
- ♦ Hoàn thiện công trình xây dựng.
- ♦ Chuẩn bị mặt bằng.
- ♦ Xây dựng các công trình kỹ thuật dân dụng.
- ♦ Buôn bán vật liệu, thiết bị lắp đặt khác trong xây dựng.





# CÔNG TY THOÁT NƯỚC VÀ XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÀ NẴNG

DA NANG DRAINAGE AND WASTEWATER TREATMENT COMPANY

Giám đốc: ThS HÀ VĂN THÀNH

*Kỷ niệm*

**80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM, QUỐC KHÁNH 2/9  
VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)**



18 Hồ Nguyễn Trường, P. Hòa Cường Nam, Q. Hải Châu, TP Đà Nẵng

# Thuật toán tìm tọa độ tâm quay tức thời của liên kết đường hàn góc dưới tác dụng của lực lệch tâm

Algorithm for determining the instantaneous rotation center coordinates of fillet weld joints under the effect of eccentric force

> PGS.TS ĐÀO VĂN DINH\*, TS TRẦN VIỆT HƯNG

Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải

\*Email: daovandinhkc@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Liên kết hàn góc được sử dụng rất nhiều trong các kết cấu thép xây dựng. Các liên kết hàn góc dưới tác dụng của lực lệch tâm rất phổ biến trong thực tế xây dựng. Hiện nay ở Việt Nam, việc thiết kế các mối nối này thường dựa trên phân tích đàn hồi. Trên thế giới tồn tại hai phương pháp phân tích thiết kế loại liên kết này, đó là phân tích đàn hồi và phân tích theo cường độ giới hạn hay còn gọi là phương pháp tâm quay tức thời. Phương pháp tâm quay tức thời cho kết quả thực tế và chính xác hơn, tuy nhiên phương pháp này có nhược điểm là tính toán phức tạp hơn, lý do là không dễ dàng tìm được tọa độ của tâm quay tức thời. Vì lý do này mà trong sổ tay xây dựng thép của Mỹ (manual - AISC), họ lập ra bảng tra trợ giúp các nhà thiết kế (bảng 8.4 đến bảng 8.11 trong sổ tay). Tuy nhiên, đối với Việt Nam có một bất cập trong bảng tra của AISC là sử dụng đơn vị US. Để giải quyết bài toán tìm tọa độ tâm quay tức thời, bài báo này trình bày thuật toán tìm tâm quay tức thời của liên kết hàn góc dưới tác dụng của lực lệch tâm.

**Từ khóa:** Liên kết hàn góc; lực lệch tâm; thuật toán; phân tích đàn hồi; phân tích theo cường độ giới hạn; tâm quay tức thời.

## ABSTRACT

Fillet welds are widely used in steel structures. Fillet welds under the effect of eccentric force are very common in construction practice. Currently in Vietnam, the design of these joints is often based on elastic analysis. In the world, there are two methods for analyzing and designing this type of connection: Elastic analysis and analysis by limit strength, also known as the instantaneous center of rotation method. The instantaneous center of rotation method gives more practical and accurate results, however, this method has the disadvantage of being more complicated to calculate, the reason is that it is not easy to find the coordinates of the instantaneous center of rotation. For this reason, in the American steel construction manual (Manual-AISC), they created a lookup table to help designers (table 8.4 to table 8.11 in the manual). However, for Vietnam, there is a shortcoming of the AISC lookup table that uses US units. To solve the problem of finding the coordinates of the instantaneous center of rotation, this paper presents an algorithm for finding the instantaneous center of rotation of a fillet weld joint under the effect of eccentric force.

**Keywords:** Fillet welds; eccentric load; algorithm; elastic analysis; ultimate analysis; instantaneous center of rotation.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong kết cấu thép, các liên kết hàn góc chịu lực lệch tâm rất hay gặp trong thực tế. Hiện nay, Viện Thép xây dựng Hoa Kỳ AISC cho phép sử dụng hai phương pháp, phương pháp phân tích đàn hồi và phương pháp phân tích theo cường độ giới hạn hay còn gọi là phương pháp tâm quay tức thời (IC). Mặc dù phương pháp phân

tích đàn hồi còn nhiều điểm hạn chế như chưa xét đến ảnh hưởng của hướng tải, cho kết quả quá thiên về an toàn, nhưng tại Việt Nam hiện nay tính toán các liên kết hàn góc chịu lực lệch tâm chỉ sử dụng phương pháp phân tích đàn hồi, lý do cho vấn đề này là việc phân tích tính toán bằng phương pháp tâm quay tức thời khá phức tạp, việc xác định tọa độ của tâm quay tức thời cũng không đơn giản.



Vấn đề đặt ra là cần thiết phải có công cụ hỗ trợ các kỹ sư thiết kế như phần mềm hoặc bảng tra với các đơn vị SI.

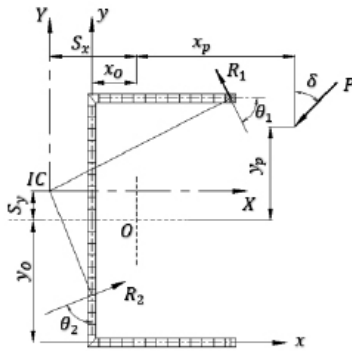
## 2. GIỚI THIỆU PHƯƠNG PHÁP TÂM QUAY TỨC THỜI

Một phương pháp phân tích để dự đoán cường độ của các mối nối hàn như một hàm của hướng tải đã được Butler và Kulak phát triển năm 1971 [2]. Trong năm 1972, Butler và Kulak đã công bố các nghiên cứu thực nghiệm liên kết hàn góc lệch tâm [3].

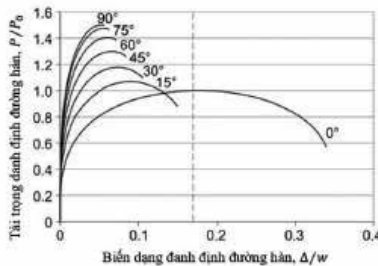
Độ lệch tâm tạo ra cả chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến của một phần tử kết nối so với phần tử kia. Hiệu ứng kết hợp của chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến này tương đương với chuyển động quay quanh một điểm được xác định là tâm quay tức thời (IC) như minh họa trong Hình 1. Vị trí của IC phụ thuộc vào hình dạng của nhóm mối hàn cũng như hướng và điểm áp dụng tải. Mối quan hệ biến dạng tải trọng cho một đoạn chiều dài đơn vị của mối hàn, như minh họa trong Hình 2, là một phép tính gần đúng của phương trình do Lesik và Kennedy (1990) [5] đưa ra. Độ bền cắt danh nghĩa của phần tử mối hàn,  $F_{nwi}$  bị giới hạn bởi biến dạng,  $\Delta_{ui}$  của đoạn mối hàn đầu tiên đạt đến giới hạn của nó, trong đó:

$$F_{nwi} = 0,60 F_{EXX} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta_i) f(p_i) \quad (1)$$

Trong đó:  $F_{EXX}$  - Cường độ phân loại của mối hàn (MPa);  $\theta_i$  - Góc giữa trục của phần đoạn đường hàn và phản lực của nó (độ);  $f(p)$  - Một hàm của tỷ lệ biến dạng của phần tử so với biến dạng của nó ở ứng suất tối đa [5].



Hình 1. Các thành phần lực tác dụng lên mỗi đoạn đường hàn theo phương pháp tâm quay tức thời



Hình 2. Cường độ mối hàn góc như một hàm của góc tải,  $\theta$

Trình tự tính toán như sau:

1. Chia mặt cắt đường hàn ở liên kết thành các phần đoạn đường hàn (gọi là các phần tử)

- Xác định góc định hướng của các đoạn đường hàn  $\theta_w$ , các đường hàn nằm ngang  $\theta_w = 0^\circ$ , các đường hàn thẳng đứng  $\theta_w = 90^\circ$ .

- Chọn hệ trục tọa độ ban đầu oxy như Hình 1, xác định tọa độ của tim các phần tử, tính toán độ trọng tâm O của các mặt cắt đường hàn.

2. Giả định một tâm quay tức thời IC có tọa độ trong hệ trục oxy là  $x_{IC}$ ,  $y_{IC}$ .

- Thành lập hệ trục tọa độ đi qua tâm quay tức thời OXY, xác định tọa độ các phần tử trong hệ trục tọa độ mới;

- Tính khoảng cách từ tâm quay tức thời đến trọng tâm của các phần tử đường hàn, góc  $\theta_i$ ,  $r_i$ ,  $\Delta_{ui}$ .

$$r_i = \sqrt{(X_i)^2 + (Y_i)^2} \quad (2)$$

$$\text{if } \theta_w = 0^\circ \rightarrow \theta_i = \text{ASIN}\left(\frac{|X_i|}{r_i}\right) \quad (3)$$

$$\text{if } \theta_w = 90^\circ \rightarrow \theta_i = \text{ASIN}\left(\frac{|Y_i|}{r_i}\right) \quad (4)$$

$$\Delta_{ui} = \min(1, 087 (\theta_i + 6)^{-0,65}; 0,17)$$

- Tính các giá trị  $\Delta_{ui}/r_i$ , tìm giá trị  $(\Delta_{ui}/r_i)$  nhỏ nhất gọi là  $(\Delta_{ui}/r_i)_{\min}$ .

- Tính giá trị biến dạng trong phần tử đường hàn ( $\Delta_i$ ) khi một trong các phần tử đường hàn đạt tới biến dạng đứt gãy  $\Delta_u$ :

$$\Delta_i = r_i \left( \frac{\Delta_u}{r} \right)_{\min} \quad (5)$$

- Tính  $\Delta_{mi}$  là biến dạng của phần tử đường hàn nơi nó sẽ đạt tới cường độ danh định.

$$\Delta_{mi} = 0,209 (\theta_i + 2)^{-0,32} \quad (6)$$

- Tính tỷ số giữa  $\Delta_i$  và  $\Delta_{mi}$  và gọi là  $p_i$ :

$$p_i = \frac{\Delta_i}{\Delta_{mi}} \quad (7)$$

- Tính hàm số  $f(p_i)$ . Hàm  $f(p_i)$  cho biết sự thay đổi của tải trọng liên quan đến biến dạng. Theo Lesik và Kennedy (1990), [5] đưa ra như sau:

$$f(p_i) = 8,234 p_i; \quad 0 < p_i \leq 0,0325 \quad (8)$$

$$f(p_i) = -13,29 p_i + 457,32 p_i^{\frac{1}{2}} - 3385,9 p_i^{\frac{3}{2}} + 9054,29 p_i^{\frac{5}{2}} - 9952,13 p_i^{\frac{7}{2}} + 3840,71 p_i^{\frac{9}{2}}; \quad p_i > 0,0325$$

Theo AISC Manual lấy  $f(p)$  đơn giản như sau:

$$f(p_i) = [p_i (1,9 - 0,9 p_i)]^{0,30} \quad (9)$$

3. Tính ứng suất trong các phần đoạn đường hàn, tính các lực trong các phần đoạn đường hàn, thiết lập các phương trình cân bằng:

- Tính ứng suất trong các phần đoạn đường hàn theo công thức (1);

- Tính lực tác dụng trong các phần đoạn đường hàn:

$$R_{nwi} = F_{nwi} 0,707 w \ell \quad (10)$$

I - Chiều dài phần đoạn đường hàn.

- Phân tích lực tác dụng trong các phần đoạn đường hàn thành hai thành phần theo trục OX và OY, tính mô-men do lực  $R_{nwi}$  gây ra với tâm quay tức thời.

$$R_{xi} = -R_{nwi} \frac{Y_i}{r_i} \quad (11)$$

$$R_{yi} = R_{nwi} \frac{X_i}{r_i} \quad (12)$$

$$M_{i,IC} = R_{nwi} r_i \quad (13)$$

- Tính hợp lực  $P_{ui}$ .

$$P_{ui} = \sqrt{(\sum R_{xi})^2 + (\sum R_{yi})^2} \quad (14)$$

- Thành lập các phương trình cân bằng:

Phương trình cân bằng lực theo phương ngang:

$$P_{ui,X} = -P_{ui} \sin \delta + \sum R_{xi} = 0 \quad (15)$$

Phương trình cân bằng lực theo phương đứng:

$$P_{ui,Y} = -P_{ui} \cos \delta + \sum R_{yi} = 0 \quad (16)$$

Phương trình cân bằng mô-men lấy với tâm quay tức thời:

$$M_{ul,IC} = -P_{ui,X} (y_0 + y_p - y_{IC}) + P_{ui,Y} (x_0 + x_p - x_{IC}) - \sum R_{nwi} r_i = 0 \quad (17)$$

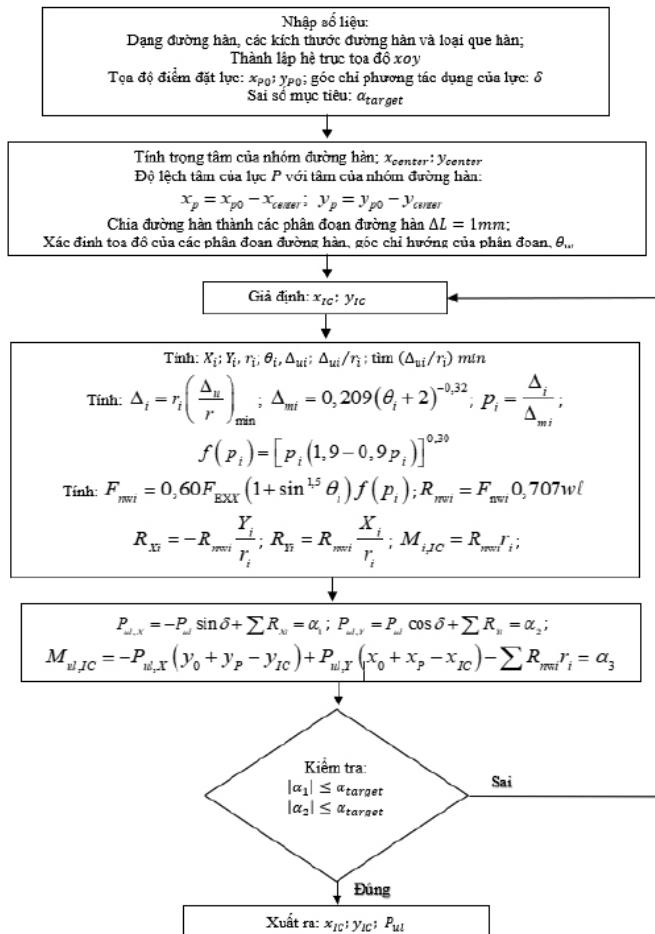
$x_o, y_o$  - Tọa độ trọng tâm của các đường hàn ở liên kết.

Khi ba phương trình (15), (16), (17) không thỏa mãn, lặp lại các bước 2 và 3 cho đến khi thỏa mãn. Khi ba phương trình cân bằng trên thỏa mãn ta có được tâm quay tức thời và giá trị  $\Phi P_{ul}$  chính là lực lớn nhất mà liên kết có thể chịu được.

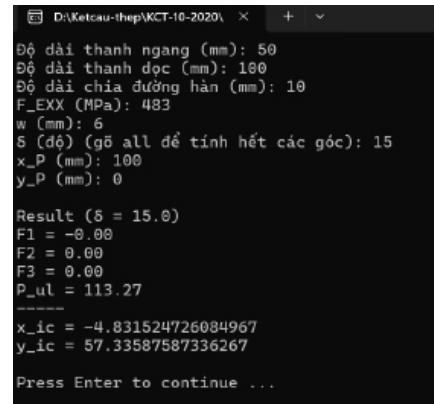
### 3. SƠ ĐỒ KHỐI CỦA PHƯƠNG PHÁP TÂM QUAY TỨC THỜI VÀ THUẬT TOÁN

Một sơ đồ khối để viết code cho thuật toán tìm tâm quay tức thời của nhóm đường hàn góc dưới tác dụng của lực lệch tâm như Hình 3.

Dựa trên sơ đồ khối ở Hình 3, một chương trình viết bằng ngôn ngữ lập trình Python cũng được xây dựng để hỗ trợ tính toán theo phương pháp tâm quay tức thời một cách tự động. Để tính tọa độ của tâm quay tức thời  $x_{ic}, y_{ic}$  thỏa mãn ba phương trình cân bằng (21), (22), (23), ta có thể sử dụng hàm có sẵn `scipy.optimize.least_squares` ([https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.least\\_squares.html](https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.least_squares.html)) ở trong thư viện mã nguồn mở `scipy` [6]. Hàm này thực hiện trả ra một nghiệm xấp xỉ  $(x_{ic}, y_{ic})$  của hệ phương trình phi tuyến tính (ba phương trình cân bằng) bằng cách tối thiểu hóa tổng bình phương các phần dư của hệ phương trình. Về mặt phương pháp, hàm sử dụng thuật toán Trust Region Reflective [4] để điều chỉnh giá trị của  $(x_{ic}, y_{ic})$  qua nhiều bước lặp cho đến khi sai số được tối thiểu hóa. Đồng thời, giá trị khởi tạo ban đầu (0, 0) được sử dụng để bắt đầu quá trình tối ưu. Hình 4 là giao diện của phần mềm tâm quay tức thời của nhóm đường hàn góc chịu lực lệch tâm.



Hình 3. Sơ đồ khối của phần mềm tâm quay tức thời



Hình 4. Giao diện của phần mềm tâm quay tức thời

### 4. XÁC NHẬN VÀ DÙNG PHẦN MỀM KHẢO SÁT

a) Xác nhận tính chính xác so với bảng tra của AISC Manual 15th edition 2017

Hai nhóm đường hàn chữ C như sau:

- $l = 100$  mm;  $a = 1,0$ ;  $k = 0,5$   $l$  (đường hàn đứng:  $l = 100$  mm hai đường hàn ngang:  $kl = 50$  mm;  $x_p = a$   $l = 100$  mm);
- $l = 300$  mm;  $a = 0,6$ ;  $k = 1$   $l$  (đường hàn đứng:  $l = 300$  mm hai đường hàn ngang:  $kl = 300$  mm;  $x_p = a$   $l = 180$  mm).

Sai số tính như sau:

$$\text{error} = \frac{P_{PM} - P_{AISC}}{P_{AISC}} 100\%$$

Trong đó:  $P_{PM}$  - Sức kháng có hệ số của liên kết theo phần mềm;  $P_{AISC}$  - Sức kháng có hệ số của liên kết theo bảng tra của AISC manual 2017 [1].

Kết quả như sau:

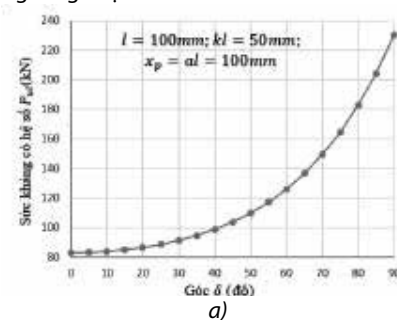
Bảng 1. So sánh kết quả theo phần mềm và theo bảng của AISC 2017

| L=100mm; a=1,0; k=0,5 |                      |                        |          |  | L=300mm; a=0,60; k=1,0 |                      |                        |          |  |
|-----------------------|----------------------|------------------------|----------|--|------------------------|----------------------|------------------------|----------|--|
| δ (độ)                | P <sub>PM</sub> (kN) | P <sub>AISC</sub> (kN) | Sai số % |  | δ (độ)                 | P <sub>PM</sub> (kN) | P <sub>AISC</sub> (kN) | Sai số % |  |
| 0                     | 82.97                | 82.90                  | 0.09     |  | 0                      | 645.20               | 644.82                 | 0.06     |  |
| 15                    | 84.95                | 84.39                  | 0.67     |  | 15                     | 654.97               | 653.76                 | 0.19     |  |
| 30                    | 91.24                | 90.84                  | 0.44     |  | 30                     | 685.85               | 685.03                 | 0.12     |  |
| 45                    | 103.66               | 103.25                 | 0.39     |  | 45                     | 740.45               | 738.64                 | 0.25     |  |
| 60                    | 125.81               | 125.09                 | 0.58     |  | 60                     | 820.95               | 819.06                 | 0.23     |  |
| 75                    | 164.26               | 163.81                 | 0.27     |  | 75                     | 903.59               | 902.45                 | 0.13     |  |

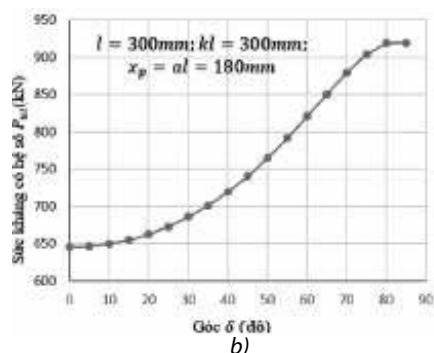
Nhận xét: Sai số lớn nhất chưa tới 0,7%, điều này ghi nhận tính chính xác của phần mềm.

b) Khảo sát sức kháng theo một số tham số

Hình 5 là biểu thị sự khảo sát sức kháng của hai nhóm đường hàn: Hình 5a là nhóm đường hàn chữ C có đường hàn ngang bằng một nửa chiều dài của đường hàn đứng, kết quả là sức kháng tăng phi tuyến liên tục khi góc δ của tải tăng. Hình 5b là nhóm đường hàn chữ C có đường hàn ngang bằng chiều dài của đường hàn đứng, kết quả sức kháng tăng chậm hơn.

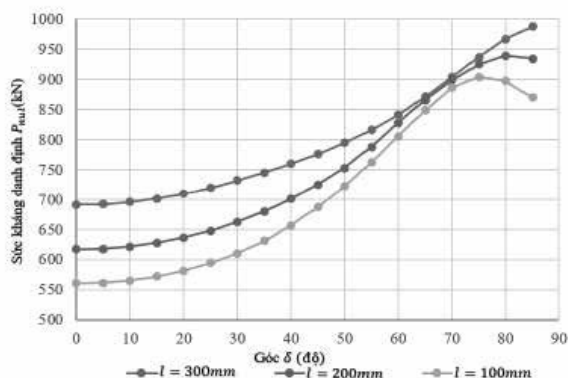






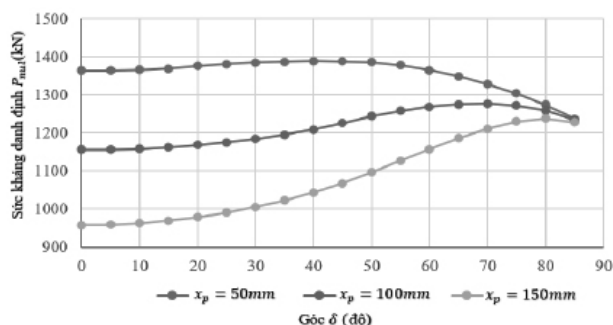
Hình 5. Thay đổi sức kháng theo góc  $\delta$  trong hai trường hợp

Hình 6 khảo sát 3 nhóm đường hàn chữ C, mà tổng chiều dài đường hàn không đổi, nhưng phân bố khác nhau, chiều dài đường hàn đứng giảm dần từ 300 mm xuống 100 mm. Kết quả cho thấy ảnh hưởng của đường hàn đứng lên sức kháng của liên kết khá mạnh khi góc  $\delta = 0^\circ \rightarrow 55^\circ$ , khi góc  $\delta = 60^\circ \rightarrow 75^\circ$  ảnh hưởng của sự phân bố đường hàn là không nhiều.



Hình 6. Thay đổi sức kháng theo chiều dài đường hàn đứng  $l$  khi  $\Sigma l = 900$  mm

Hình 7 khảo sát sự thay đổi của sức kháng theo tọa độ lực  $x_p$  của nhóm đường hàn chữ C có tổng chiều dài các đường hàn là 900 mm. Kết quả cho thấy sức kháng giảm khi  $x_p$  tăng lên, tuy nhiên khi góc  $\delta \geq 80^\circ$  ảnh hưởng của  $x_p$  lên sức kháng là nhỏ.



Hình 7. Thay đổi sức kháng theo tọa độ lực  $x_p$ , khi hình dạng và kích thước các đường hàn không đổi

## 5. KẾT LUẬN

Trong liên kết hàn góc dưới tác dụng của lực lệch tâm tâm quay không những phụ thuộc vào độ lệch tâm và phương của lực tác dụng mà còn phụ thuộc vào phương của trục đường hàn, chiều dài của các đường hàn thành phần trong liên kết.

Phương pháp phân tích đàn hồi dựa trên giả thiết tâm quay cố định trùng với trọng tâm của nhóm đường hàn ở liên kết nên chưa

thật xác thực. Nhưng phương pháp này có ưu điểm là tính toán đơn giản và an toàn.

Phương pháp tâm quay tức thời dựa trên các giả thiết phù hợp với sự làm việc thực tế của nhóm đường hàn nên cho kết quả chính xác hơn đồng nghĩa với tính kinh tế cao hơn. Tuy nhiên, phương pháp tâm quay tức thời tính toán khá phức tạp, đòi hỏi phải có sự trợ giúp của máy tính.

Phương pháp sử dụng bảng tra của AISC manual có nhược điểm thứ nhất là đơn vị tính, thứ hai là chỉ có một số góc nhất định có bảng tra, các góc của lực tác dụng khác với góc trong bảng phải nội suy phi tuyến nên gây khó khăn cho người dùng.

Phần mềm tâm quay tức thời IC.KCA-UTC để sử dụng, cho kết quả cho bất cứ góc nghiêng nào của lực. Hơn nữa, nó có thể phù hợp trong các phân tích số, do không phải tra bảng, nội suy.

Trong các thiết kế nên sử dụng phương pháp tâm quay tức thời, do phương pháp này vừa xác thực hơn lại phù hợp với xu hướng của thế giới và cũng mang tới lợi ích kinh tế hơn.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-CT016.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. American Institute of Steel Construction AISC (2017), AISC Manual, chủ biên.
- [2]. L. J. Butler, and Kulak, G. L. (1971), Strength of Fillet Welds as a Function of Direction of Load, Welding Journal, Welding Research Supplement. 36 (no.05), pp.231s-234s.
- [3]. L. J. Butler, Pal, S., and Kulak, G. L. (1972), Eccentrically loaded Welded Connections, Journal of Structural Division, ASCE. 98, pp.989-1005.
- [4]. T. Coleman, & Li, Y. (1996), An interior trust region approach for nonlinear minimization subject to bounds, SIAM Journal on optimization, 6(2), pp.418-445.
- [5]. D. F. Lesik and D. J. L. Kennedy (1990), Ultimate Strength of Fillet Welded Connections Loaded in Plane, Canadian Journal of Civil Engineering. 17(1), pp.55-67.
- [6]. P. Virtanen, Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D.,... SciPy (2020), SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python, Nature Methods. 17, pp.261-272.

# Tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ xuất khẩu sầu riêng tươi từ Tây Nguyên sang Trung Quốc - trường hợp của tỉnh Đắk Lắk

Optimizing the transport network for fresh durian export from Vietnam's central highlands to China - a case of Dak Lak province

> 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

Nghiên cứu này kế thừa mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải đa mục tiêu bằng phương pháp quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đã được nhóm tác giả công bố trước đó nhằm đánh giá khả năng ứng dụng trong hoạt động xuất khẩu sầu riêng từ tỉnh Đắk Lắk sang Trung Quốc. Dữ liệu đầu vào bao gồm vị trí vùng trồng, điểm đóng gói, trung tâm phân phối, thị trường nhập khẩu, ma trận chi phí - thời gian và giới hạn bảo quản 168 giờ. Mô hình được giải bằng phần mềm CPLEX với ba kịch bản: Tối ưu chi phí, tối ưu thời gian và tối ưu đa mục tiêu. Kết quả cho thấy sự đánh đổi rõ rệt giữa chi phí và thời gian vận chuyển. Đặc biệt, trong khoảng trọng số từ 0,65 đến 0,75, chỉ số tổng hợp Q giảm và ổn định, phản ánh khả năng đạt trạng thái cân bằng hợp lý giữa hai mục tiêu. Mô hình cho thấy tiềm năng ứng dụng thực tiễn trong thiết kế mạng lưới logistics phù hợp với từng mục tiêu kinh doanh và đặc thù thị trường.

**Từ khóa:** Mô hình MILP; mạng lưới vận tải; tối ưu đa mục tiêu.

## ABSTRACT

This study builds upon a previously published multi-objective transportation network optimization model using the Mixed-Integer Linear Programming (MILP) method to evaluate its applicability to the export of fresh durian from Dak Lak province to China. Input data include the locations of planting areas, packing stations, distribution centers, import markets, a cost-time matrix, and a preservation time limit of 168 hours. The model is solved using CPLEX software under three scenarios: cost minimization, time minimization and multi-objective optimization. Results indicate a clear trade-off between transportation cost and delivery time. Notably, in the weight range from 0.65 to 0.75, the composite index Q decreases and remains stable, indicating the potential to achieve a reasonable balance between the two objectives. The model demonstrates strong practical potential for designing logistics networks aligned with specific business goals and market characteristics.

**Keywords:** MILP model; multi-objective optimization; transportation network.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, Việt Nam đã khẳng định vị thế là một trong những quốc gia xuất khẩu sầu riêng quan trọng tại khu vực châu Á, đặc biệt là sang thị trường Trung Quốc. Theo số liệu từ Hiệp hội Rau quả Việt Nam (VINAFRUIT), tỷ trọng sầu riêng Việt Nam trong tổng kim ngạch nhập khẩu của Trung Quốc đã tăng từ 23,73%

trong nửa đầu năm 2023 lên 32,81% trong cùng kỳ năm 2024 [1].

Khu vực Tây Nguyên, đặc biệt là tỉnh Đắk Lắk đang nổi lên như trung tâm sản xuất và cung ứng sầu riêng phục vụ xuất khẩu. Tuy nhiên, tốc độ mở rộng vùng trồng và sản lượng gia tăng nhanh chóng đã tạo ra áp lực lớn đối với hệ thống logistics, đặc biệt trong khâu thu gom, bảo quản và vận chuyển đến các thị trường tiêu thụ



trong khoảng thời gian cho phép. Thị trường Trung Quốc hiện đang chứng kiến sự cạnh tranh ngày càng khốc liệt từ các quốc gia xuất khẩu sầu riêng truyền thống như Thái Lan và Malaysia. Trong bối cảnh đó, việc xây dựng một mạng lưới vận tải hiệu quả là điều kiện then chốt để bảo đảm chất lượng sản phẩm và nâng cao năng lực cạnh tranh của nông sản Việt Nam trên thị trường quốc tế.

Trên cơ sở dữ liệu thực tế về vị trí vùng trồng, cơ sở đóng gói, chi phí và thời gian vận chuyển, nghiên cứu này kế thừa mô hình tối ưu hóa tuyến vận tải đa mục tiêu sử dụng phương pháp quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp (MILP) từ công trình trước và tiếp tục phát triển bằng cách áp dụng vào một tình huống thực tiễn nhằm đề xuất phương án thiết kế mạng lưới vận tải tối ưu phục vụ hoạt động xuất khẩu sầu riêng từ khu vực Tây Nguyên đến các điểm tiêu thụ tại miền Đông Nam Trung Quốc. Mục tiêu của nghiên cứu là đồng thời tối ưu hóa chi phí vận chuyển và thời gian giao hàng, qua đó nâng cao hiệu quả chuỗi cung ứng nông sản tươi sống trong bối cảnh cạnh tranh quốc tế ngày càng gia tăng.

**2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

Nhiều nghiên cứu đã tập trung vào việc tối ưu hóa mạng lưới vận tải nhằm nâng cao hiệu quả phân phối và giảm chi phí, đồng thời duy trì chất lượng nông sản tươi trong quá trình thu gom và vận chuyển. [2] đã phát triển mô hình định tuyến phương tiện tích hợp, giúp giảm chi phí phân phối và đảm bảo giao hàng đúng thời gian, góp phần nâng cao tính bền vững trong chuỗi cung ứng nông sản. [3] đề xuất mô hình tối ưu hóa đa mục tiêu nhằm đồng thời giảm chi phí và suy giảm độ tươi trong các giai đoạn thu hoạch, lưu trữ và vận chuyển. Trong bối cảnh thương mại điện tử nông sản phát triển, [4] ứng dụng thuật toán đàn kiến cải tiến để xây dựng lộ trình giao hàng tiết kiệm năng lượng, giúp giảm đáng kể chi phí vận chuyển. Bên cạnh đó, vấn đề quản trị mạng lưới logistics cũng được quan tâm, đặc biệt với các mô hình phân quyền hoàn toàn trong điều phối chuỗi, cho thấy hiệu quả trong việc rút ngắn thời gian xử lý và giảm chi phí logistics, nhất là đối với các hộ nông dân nhỏ tại các nước đang phát triển [5]. Những nghiên cứu trên nhấn mạnh vai trò của các yếu tố như phân bổ nguồn lực, lập lịch đơn hàng, tối ưu hóa tuyến đường và cấu trúc quản trị trong việc thiết kế mạng lưới vận tải hiệu quả cho nông sản tươi. Nghiên cứu này kế thừa mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) đã được nhóm tác giả xây dựng và công bố trên Tạp chí Xây dựng, số tháng 7/2025 [6]. Mô hình cho phép tối ưu đồng thời hai mục tiêu là tổng chi phí và tổng thời gian vận chuyển trong thiết kế mạng lưới logistics đa tầng với các biến quyết định dạng liên tục và nhị phân, phù hợp với bài toán tổ hợp trong chuỗi cung ứng nông sản tươi.

Trên nền tảng mô hình toán đã được thiết lập, nghiên cứu này tập trung vào giai đoạn mô phỏng với bộ dữ liệu thực tế do doanh nghiệp xuất khẩu sầu riêng cung cấp nhằm kiểm chứng tính khả thi và hiệu quả ứng dụng mô hình trong điều kiện vận hành cụ thể. Dữ liệu đầu vào bao gồm: (i) Vị trí 15 vùng trồng (Loading Points - LP), 6 điểm đóng gói (Export Packing Houses - EP), 4 trung tâm phân phối tại cửa khẩu và cảng biển (Distribution Points - DP) và 3 thị trường nhập khẩu tại Trung Quốc (Import Areas - IA); (ii) ma trận chi phí và thời gian vận chuyển giữa các cấp nút; (iii) năng lực xử lý tại từng điểm trung gian và (iv) giới hạn bảo quản sản phẩm nhằm duy trì chất lượng sầu riêng tươi trong suốt chuỗi cung ứng lạnh. Hệ

thống tuyến vận chuyển được cấu hình theo ba phương thức chính, phản ánh thực tiễn triển khai: (1) Vận chuyển bằng xe tải lạnh 15 tấn (tương đương 1 TEU) từ vùng trồng đến điểm đóng gói; (2) vận chuyển bằng container lạnh 40'RF (2 TEU) đường bộ từ điểm đóng gói đến trung tâm phân phối tại biên giới phía Bắc và (3) vận chuyển bằng container lạnh 40'RF đường biển từ điểm đóng gói đến cảng Cát Lái và tiếp tục đến thị trường nhập khẩu qua tuyến hàng hải.

Từng cung đường trong mạng lưới được gán chi phí và thời gian cụ thể tương ứng với phương thức vận chuyển đã chọn, đảm bảo tuân thủ các yêu cầu kỹ thuật của chuỗi cung ứng lạnh và điều kiện thực tế như tải trọng, cự ly và hình thức khai thác. Toàn bộ dữ liệu đầu vào được tích hợp vào mô hình MILP và tiến hành giải theo ba kịch bản: (i) tối ưu chi phí; (ii) tối ưu thời gian và (iii) tối ưu đa mục tiêu. Phân tích được triển khai qua hai bước: Đầu tiên, mô hình được giải theo từng hàm mục tiêu đơn để xác định giá trị tối ưu riêng biệt cho chi phí và thời gian. Sau đó, hai kỹ thuật giải đa mục tiêu được áp dụng gồm: (1) Phương pháp gán trọng số (weighted sum), khảo sát các nghiệm với trọng số chi phí  $w_i \in [0;1]$  và (2) phương pháp Minimax nhằm xác định nghiệm có độ lệch tổng hợp nhỏ nhất so với các giá trị tối ưu đơn mục tiêu đã xác định trước đó. Mô hình được giải bằng phần mềm IBM ILOG CPLEX với đầu ra bao gồm tổng chi phí, tổng thời gian và chỉ số tích hợp Q nhằm cung cấp cơ sở định lượng rõ ràng để đánh giá hiệu quả vận hành và lựa chọn cấu hình mạng lưới phù hợp với mục tiêu chiến lược của doanh nghiệp trong từng bối cảnh thị trường cụ thể.

**3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

Các tham số đầu vào được trình bày tổng quan trong Bảng 1, bao gồm thông tin về số điểm vùng trồng, cơ sở đóng gói, điểm phân phối, khu vực nhập khẩu, nhu cầu thị trường và các ràng buộc vận hành thực tế như ngưỡng thời gian bảo quản sầu riêng tươi.

Bảng 1. Tổng quan tham số đầu vào của mô hình

| Thành phần                        | Giá trị                                                                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Vùng trồng                        | 15 điểm khảo sát tại tỉnh Đắk Lắk                                           |
| Cơ sở đóng gói                    | 6 cơ sở đóng gói được doanh nghiệp sử dụng                                  |
| Điểm phân phối                    | 4 (gồm 3 cửa khẩu và 1 cảng Cát Lái)                                        |
| Khu vực nhập khẩu                 | 3 khu vực tiêu thụ tại Trung Quốc (r1: Thẩm Quyển, r2: Hạ Môn, r3: Ninh Ba) |
| Nhu cầu xuất khẩu                 | 96 TEU ( $r_1 = 44$ TEU; $r_2 = 36$ TEU; $r_3 = 16$ TEU)                    |
| Ngưỡng thời gian bảo quản ( $w$ ) | 168 giờ (7 ngày), tương ứng với giới hạn thời gian vận chuyển toàn tuyến    |
| Đơn vị chi phí                    | 1.000 đồng                                                                  |
| Đơn vị thời gian                  | Giờ                                                                         |
| Phương thức vận chuyển áp dụng    | M1: LP>EP; M2: EP>DP và DP>IA; M3: DP>IA qua Cảng Cát Lái                   |

- Kịch bản 1 - Tối ưu hóa chi phí:

Trong kịch bản ưu tiên tối thiểu hóa chi phí ( $w_1 = 1,0$ ), mô hình xác định phương án vận tải hiệu quả nhất khi toàn bộ hàng hóa được gom từ  $I_4$ , đóng gói tại  $e_4$ , sau đó phân phối qua ba tuyến:  $I_4 > e_4 > d_3 > r_1$ ;  $I_4 > e_4 > d_1 > r_2$  và  $I_4 > e_4 > d_2 > r_3$ . Mô hình tối ưu hóa chi phí vận chuyển được thiết lập nhằm hướng tới mục tiêu giảm thiểu tổng chi phí, với chi phí tối ưu đạt được là  $c^* = 4,942$  tỷ đồng, áp dụng

cho ba khu vực nhập khẩu trong mạng lưới. Chi tiết về chi phí và thời gian vận chuyển từng tuyến được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả tối ưu hóa chi phí theo từng tuyến vận chuyển

| Tuyến vận chuyển        | Chi phí (triệu đồng / TEU) | Nhu cầu (TEU) | Tổng chi phí (triệu đồng) | Thời gian vận chuyển (giờ) |
|-------------------------|----------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| $I_4 > e_4 > d_3 > r_1$ | 53.001                     | 44            | 2.332,044                 | 60,58                      |
| $I_4 > e_4 > d_1 > r_2$ | 59.101,5                   | 36            | 2.127,654                 | 62,39                      |
| $I_4 > e_4 > d_2 > r_3$ | 30.135,75                  | 16            | 482,172                   | 73,46                      |
| <b>Tổng cộng</b>        |                            | <b>96</b>     | <b>4.941,870</b>          |                            |

- Kịch bản 2 - Ưu tiên thời gian giao hàng:

Với mục tiêu rút ngắn tối đa thời gian vận chuyển trong kịch bản 2, mô hình lựa chọn tuyến nhanh nhất:  $I_2 > e_3 > d_2 > r_1 / r_2$  và  $I_2 > e_3 > d_1 > r_3$ . Phương tiện  $m_1$  được sử dụng cho chặng  $LP > EP$  và  $m_2$  cho các chặng còn lại. Kết quả cho thấy thời gian giao hàng giảm đáng kể, nhưng chi phí toàn hệ thống tăng lên 5,85 tỷ đồng, cao hơn 18,38% so với kịch bản tối ưu chi phí. Mô hình tối ưu hóa thời gian được thiết lập nhằm mục tiêu giảm thiểu tổng thời gian giao hàng, với thời lượng trung bình đạt được là  $t^* = 56,86$  giờ. Cụ thể, thời gian giao hàng trung bình tại ba khu vực nhập khẩu lần lượt là

$t^*_{r_1} = 49,26$ ,  $t^*_{r_2} = 54,37$  và  $t^*_{r_3} = 66,94$  giờ. Bảng 3 dưới đây thể hiện chi tiết kết quả vận hành trong kịch bản này.

Bảng 3. Kết quả tối ưu hóa thời gian theo từng tuyến vận chuyển

| Tuyến vận chuyển        | Chi phí (triệu đồng / TEU) | Nhu cầu (TEU) | Tổng chi phí (triệu đồng) | Thời gian vận chuyển (giờ) |
|-------------------------|----------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| $I_2 > e_3 > d_2 > r_1$ | 58.491                     | 44            | 2.573,604                 | 49,26                      |
| $I_2 > e_3 > d_2 > r_2$ | 65.026,75                  | 36            | 2.340,963                 | 54,37                      |
| $I_2 > e_3 > d_1 > r_3$ | 58.481,5                   | 16            | 935,704                   | 66,94                      |
| <b>Tổng cộng</b>        |                            | <b>96</b>     | <b>5.850,271</b>          |                            |

- Kịch bản 3 - Tối ưu đa mục tiêu:

Kết quả mô phỏng theo phương pháp gán trọng số cho thấy khi trọng số chi phí ( $w_1$ ) tăng từ 0 đến 1, tổng chi phí vận chuyển giảm từ 5,85 xuống 4,94 tỷ đồng (giảm 15,5%), trong khi thời gian giao hàng tăng từ 56,86 lên 65,48 giờ (tăng 15,2%), phản ánh rõ mối quan hệ đánh đổi giữa hai mục tiêu đối lập. Kết quả phân tích cung cấp cơ sở định lượng rõ ràng để doanh nghiệp lựa chọn trọng số phù hợp với ưu tiên chiến lược, chẳng hạn như ưu tiên thời gian ( $w_1$  thấp) trong mùa cao điểm hoặc ưu tiên chi phí ( $w_1$  cao) trong giai đoạn vận hành ổn định. Bảng 4 trình bày chi tiết kết quả theo từng mức  $w_1$ .

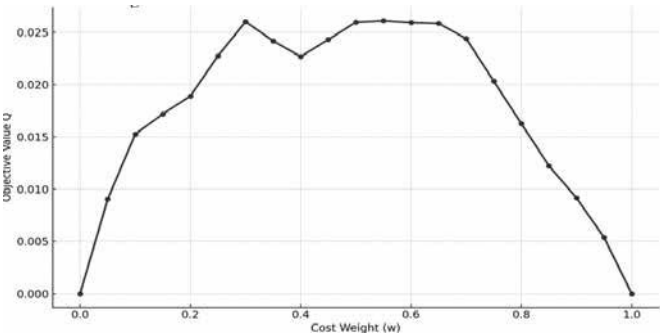
Bảng 4. Kết quả tối ưu hóa đa mục tiêu theo trọng số chi phí

| Trọng số chi phí ( $w_1$ ) | Chi phí (1.000 đồng) | $\Delta$ chi phí % | Trọng số thời gian ( $w_2$ ) | Thời gian (giờ) | $\Delta$ thời gian % | Q (Độ lệch) |
|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|-----------------|----------------------|-------------|
| <b>0</b>                   | 5.850.271            | 18,38              | <b>1</b>                     | 56,86           | -                    | 0           |
| <b>0,05</b>                | 5.834.651            | 18,07              | <b>0,95</b>                  | 57,34           | 0,84                 | 0,00903     |
| <b>0,1</b>                 | 5.663.260            | 14,60              | <b>0,9</b>                   | 57,82           | 1,69                 | 0,01526     |
| <b>0,15</b>                | 5.408.915            | 9,45               | <b>0,85</b>                  | 58,01           | 2,02                 | 0,01719     |
| <b>0,2</b>                 | 5.408.915            | 9,45               | <b>0,8</b>                   | 58,01           | 2,02                 | 0,01890     |
| <b>0,25</b>                | 5.391.315            | 9,09               | <b>0,75</b>                  | 58,57           | 3,01                 | 0,02274     |
| <b>0,3</b>                 | 5.221.904            | 5,67               | <b>0,7</b>                   | 58,97           | 3,71                 | 0,02602     |
| <b>0,35</b>                | 5.221.904            | 5,67               | <b>0,65</b>                  | 58,97           | 3,71                 | 0,02417     |
| <b>0,4</b>                 | 5.221.904            | 5,67               | <b>0,6</b>                   | 58,97           | 3,71                 | 0,02267     |
| <b>0,45</b>                | 5.208.704            | 5,40               | <b>0,55</b>                  | 59,37           | 4,41                 | 0,02430     |
| <b>0,5</b>                 | 5.198.540            | 5,19               | <b>0,5</b>                   | 59,80           | 5,17                 | 0,02597     |
| <b>0,55</b>                | 5.162.812            | 4,47               | <b>0,45</b>                  | 60,16           | 5,80                 | 0,02611     |
| <b>0,6</b>                 | 5.155.552            | 4,32               | <b>0,4</b>                   | 60,36           | 6,16                 | 0,02594     |
| <b>0,65</b>                | 5.138.480            | 3,98               | <b>0,35</b>                  | 61,04           | 7,35                 | 0,02586     |
| <b>0,7</b>                 | 5.012.948            | 1,44               | <b>0,3</b>                   | 61,48           | 8,13                 | 0,02439     |
| <b>0,75</b>                | 5.012.948            | 1,44               | <b>0,25</b>                  | 61,48           | 8,13                 | 0,02032     |
| <b>0,8</b>                 | 5.012.948            | 1,44               | <b>0,2</b>                   | 61,48           | 8,13                 | 0,01626     |
| <b>0,85</b>                | 5.012.948            | 1,44               | <b>0,15</b>                  | 61,48           | 8,13                 | 0,01223     |



|             |           |      |             |       |       |         |
|-------------|-----------|------|-------------|-------|-------|---------|
| <b>0,9</b>  | 4.990.376 | 0,98 | <b>0,1</b>  | 62,06 | 9,15  | 0,00915 |
| <b>0,95</b> | 4.968.708 | 0,54 | <b>0,05</b> | 62,97 | 10,75 | 0,00537 |
| <b>1</b>    | 4.941.870 | -    | <b>0</b>    | 65,48 | 15,16 | 0       |

Hình 1 minh họa đường cong Pareto của chỉ số tổng hợp Q đại diện cho độ lệch chuẩn hóa giữa hai mục tiêu khi  $w_1$  tăng từ 0 đến 1 cho thấy rõ ba pha đặc trưng. Ở pha đầu ( $w_1$  từ 0,00 đến 0,25) mô hình ưu tiên thời gian, chi phí gần như không thay đổi trong khi thời gian tăng nhẹ và Q tăng dần phản ánh sự mất cân bằng khi mục tiêu thời gian bị điều chỉnh. Ở pha giữa ( $w_1$  từ 0,30 đến 0,65) cả hai mục tiêu cùng ảnh hưởng đến cấu trúc luồng hàng, Q đạt giá trị cực đại tại  $w_1 = 0,55$  cho thấy mức xung đột cao nhất giữa chi phí và thời gian. Đây là vùng nhạy cảm, cần được cân nhắc kỹ trong thực tiễn. Ở pha cuối ( $w_1$  từ 0,70 đến 1,00), mô hình nghiêng hẳn về tối ưu chi phí, thời gian tăng mạnh nhưng Q lại giảm nhanh về 0, cho thấy sự hội tụ đến phương án tối ưu chi phí. Khung đề xuất tạo điều kiện thuận lợi cho việc xây dựng các chiến lược vận tải thích ứng với các ưu tiên chiến lược được xác định. Chẳng hạn, khi việc giảm thời gian giao hàng là quan trọng, đặc biệt đối với các mặt hàng dễ hư hỏng như sầu riêng tươi, nên sử dụng tham số lý tưởng trong khoảng  $w = 0,1$  đến  $0,2$ . Trong các tình huống nhạy cảm về chi phí với số lượng lớn, các giá trị  $w$  cao từ 0,85 đến 1,0 sẽ có lợi hơn cho việc ưu tiên giảm chi phí. Việc lựa chọn  $w$  trong khoảng phù hợp với mục tiêu kinh doanh hoặc hướng đến phương án cân bằng giữa hiệu quả kinh tế và thời gian đáp ứng là một tiêu chí then chốt trong vận chuyển hàng hóa, đặc biệt với mặt hàng nông sản tươi như sầu riêng.



Hình 1. Đường biến thiên của chỉ số mục tiêu theo trọng số ưu tiên chi phí  
Nguồn: Kết quả mô phỏng từ mô hình MILP của tác giả

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã áp dụng mô hình lập trình tuyến tính nguyên hỗn hợp đa mục tiêu (MILP) để tối ưu hóa mạng lưới vận tải bốn tầng phục vụ xuất khẩu sầu riêng từ Đắk Lắk sang Trung Quốc. Kết quả cho thấy, kịch bản ưu tiên chi phí ( $w_1 = 1,0$ ) cho tổng chi phí thấp nhất (4,94 tỷ đồng) nhưng thời gian giao hàng dài (65,48 giờ), phù hợp với các lô hàng lớn không cần giao nhanh. Ngược lại, phương án ưu tiên thời gian ( $w_1 = 0,0$ ) rút ngắn thời gian còn 49,26 giờ nhưng chi phí tăng lên 5,85 tỷ đồng, phù hợp với hàng tươi sống như sầu riêng. Đặc biệt, trong khoảng trọng số từ 0,65 đến 0,75, mô hình cho thấy khả năng cân bằng hiệu quả giữa hai mục tiêu. Điều này khẳng định tầm quan trọng của việc lựa chọn trọng số phù hợp để xây dựng phương

án vận chuyển tối ưu theo đặc thù từng thị trường. Tuy nhiên, mô hình hiện tại chưa xét đến các yếu tố bất định như thời tiết, tắc nghẽn giao thông hoặc biến động nhu cầu, cũng như chưa tích hợp chi phí bảo quản lạnh hay yếu tố phát thải carbon là các thành phần quan trọng với chuỗi cung ứng nông sản tươi. Do đó, việc áp dụng mô hình vào thực tiễn nên được cân nhắc thực hiện trên phạm vi thử nghiệm nhỏ và trong thời gian ngắn trước khi áp dụng vào toàn bộ chuỗi cung ứng. Qua đó, doanh nghiệp có thể hạn chế rủi ro từ những yếu tố bất định và hoàn thiện lại mô hình kinh doanh theo phương án phù hợp nhất. Trong tương lai, nghiên cứu cần mở rộng theo hướng: (i) Đưa yếu tố rủi ro vào mô hình; (ii) bổ sung các tiêu chí bền vững và (iii) phát triển công cụ ứng dụng thực tiễn nhằm hỗ trợ doanh nghiệp xuất khẩu ra quyết định nhanh chóng và linh hoạt hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hiệp hội Rau quả Việt Nam (2025), Bản tin rau quả thế giới tuần lễ từ 21 - 25/4/2025.  
[2]. Fernando, W. M., Thibbotuwawa, A., Perera, H. N., Nielsen, P., & Kilic, D. K. (2024), An integrated vehicle routing model to optimize agricultural products distribution in retail chains, *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, 100137.  
[3]. Li, L., Li, S., Li, W., & Zhou, F. (2023), Freshness-driven vehicle routing problem: Modeling and application to the fresh agricultural product pick-storage-transportation, *J. Ind. Manage. Optim*, 19, 6218-6243.  
[4]. Zahran, S. (2024), Optimizing supply chain management of fresh E-commerce agri-consumer products using energy-efficient vehicle routing, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 70(1), 1685-1693.  
[5]. Perdana, T., Tjahjono, B., Kusnandar, K., Sanjaya, S., Wardhana, D., & Hermiatin, F. R. (2023), Fresh agricultural product logistics network governance: insights from small-holder farms in a developing country, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26(12), 1761-1784.  
[6]. Nguyễn Thị Trâm, Hồ Thị Thu Hòa, Nguyễn Thanh Danh (2025), Nghiên cứu mô hình tối ưu hóa mạng lưới vận tải phục vụ hàng nông sản xuất khẩu, *Tạp chí Xây dựng*, số tháng 7, ISSN: 2734-9888.

# Đánh giá mức độ tham gia vào kinh tế tuần hoàn trong ngành Giao thông vận tải đối với việc sử dụng phương tiện giao thông cá nhân ở Hà Nội

Assessing the level of participation in the circular economy in the Transportation sector in relation to the use of personal vehicles in Hanoi

> TS NGUYỄN THỊ THÙY DUNG\*, PGS.TS NGUYỄN MINH HIẾU  
TS HÀ THANH TÙNG, THS NGUYỄN THỊ NGUYỆT QUẾ  
Trường Đại học Giao thông vận tải  
\*Email: dungntt89@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá mức độ tham gia vào kinh tế tuần hoàn (KTTH) trong ngành GTVT, đặc biệt đối với việc sử dụng phương tiện cá nhân. Dựa trên thang đo đã được thiết lập, nghiên cứu tiến hành khảo sát 1.269 cư dân đô thị vào tháng 02/2025 để đánh giá mức độ tham gia vào các hoạt động liên quan đến KTTH. Kết quả cho thấy người dân có xu hướng ưu tiên tân trang và bảo dưỡng phương tiện, đồng thời ngày càng quan tâm đến việc chia sẻ xe và tối ưu hóa hành trình di chuyển. Tuy nhiên, các hoạt động như tái chế, tái sử dụng linh kiện và chuyển đổi sang xe điện hoặc hybrid vẫn còn hạn chế do mức độ nhận thức của người dân còn thấp, rào cản về chi phí, hạ tầng công nghệ chưa phát triển và khung chính sách chưa hoàn thiện. Để thúc đẩy KTTH trong lĩnh vực phương tiện cá nhân, nghiên cứu đề xuất 4 giải pháp trọng tâm. Những phát hiện này cung cấp cơ sở thực tiễn quan trọng cho các nhà hoạch định chính sách và các bên liên quan trong việc thúc đẩy giải pháp giao thông bền vững.

**Từ khóa:** Kinh tế tuần hoàn; phương tiện cá nhân; tính bền vững; đánh giá mức độ tham gia; chính sách giao thông.

## ABSTRACT

This study examines the level of participation in the circular economy (CE) within the transportation sector, with a specific focus on personal vehicle usage. Using an established measurement scale, a survey was conducted in February 2025 with 1269 urban residents to assess their engagement in CE-related activities. The findings indicate that residents tend to prioritize vehicle refurbishment and maintenance, while interest in car-sharing and route optimization is steadily increasing. However, participation in recycling, component reuse and transitioning to electric or hybrid vehicles remains limited due to low public awareness, financial barriers, underdeveloped technological infrastructure and an incomplete regulatory framework. To promote CE adoption in personal transportation, the study proposes four key solutions. These findings provide valuable practical insights for policymakers and stakeholders in advancing sustainable transportation solutions.

**Keywords:** Circular economy; personal vehicles; sustainability; participation evaluation; transportation.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

KTTH đang trở thành xu hướng tất yếu nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tối ưu hóa tài nguyên. Trong lĩnh vực GTVT, KTTH giúp kéo dài vòng đời phương tiện, giảm phát thải khí nhà kính và hạn chế lượng rác thải từ phương tiện hết niên hạn. Nhiều

quốc gia đã triển khai thành công các chính sách hỗ trợ tái sử dụng, tái chế phương tiện và phát triển giao thông xanh. Tuy nhiên tại Việt Nam, việc áp dụng mô hình này vẫn còn nhiều hạn chế, đặc biệt trong khu vực đô thị, nơi phương tiện cá nhân không chỉ tạo áp lực lên hạ tầng giao thông mà còn góp phần làm trầm trọng thêm tình



trạng ô nhiễm. Theo thống kê, phương tiện cá nhân chiếm tỷ lệ lớn trong cơ cấu giao thông đô thị ở Việt Nam, nhưng các chính sách hỗ trợ hành vi tiêu dùng bền vững theo hướng tuần hoàn như bảo dưỡng định kỳ, chia sẻ phương tiện hay tái chế linh kiện vẫn chưa thật sự hiệu quả.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá thực trạng tham gia của người dân vào KTTH trong giao thông cá nhân, phân tích và đề xuất một số giải pháp giúp xây dựng chính sách và cung cấp dữ liệu thực tiễn cho các doanh nghiệp trong lĩnh vực tái chế. Nghiên cứu kế thừa các công trình trước về thang đo KTTH trong giao thông và khảo sát người dân để đánh giá các hành vi liên quan.

Bố cục bài nghiên cứu gồm: Phần 2 trình bày tổng quan tài liệu, Phần 3 giới thiệu phương pháp nghiên cứu, Phần 4 phân tích kết quả khảo sát và Phần 5 đưa ra kết luận cùng các khuyến nghị chính sách nhằm thúc đẩy giao thông theo hướng tuần hoàn.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Nhiều nghiên cứu trước đây cũng đã tập trung vào hành vi cá nhân trong lựa chọn phương tiện giao thông và nhấn mạnh vai trò của

cá nhân trong việc giảm tác động môi trường nhờ thay đổi hành vi.

Valladares & Chanda (2023) chỉ ra rằng, việc từ chối sử dụng phương tiện cũ gây ô nhiễm có thể giúp giảm phát thải [1], trong khi Chen et al. (2019) nhấn mạnh tầm quan trọng của việc loại bỏ pin và linh kiện không thể tái chế để giảm tác động tiêu cực đến môi trường. Bên cạnh đó [2], Murphy & Feigon (2016) khuyến khích sử dụng phương tiện chia sẻ như xe đạp và xe điện công cộng nhằm giảm nhu cầu sở hữu xe cá nhân [3], còn Pamučar et al. (2021) đề xuất tích hợp các phương thức di chuyển bền vững như đi bộ và xe điện để hạn chế khí thải [4].

Ngoài ra, Hoffmann et al. (2017) nhấn mạnh lợi ích của phương tiện tiết kiệm năng lượng [5], trong khi Mugoni et al. (2024) khuyến nghị tái sử dụng linh kiện như pin và lốp xe để kéo dài vòng đời sản phẩm [6].

Trong các nghiên cứu liên quan, tác giả Dung (2025) đã đề xuất khung 27 tiêu chí đánh giá theo hướng tiếp cận chi tiết và tổng quát về sự tham gia của người dân đô thị vào KTTH khi sử dụng phương tiện giao thông cá nhân, tạo nền tảng cho các nghiên cứu và chính sách liên quan đến KTTH trong tương lai [7].

Bảng 1. Tổng hợp các tiêu chí đánh giá việc tham gia vào KTTH đối với phương tiện cá nhân

| STT | Tiêu chí (R)  | Tiêu chí | Mô tả tiêu chí nhỏ                                                                                                       |
|-----|---------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0   | Refuse        | TC1      | Từ chối sử dụng nhiên liệu hóa thạch bằng cách ngừng sử dụng phương tiện chạy xăng.                                      |
|     |               | TC2      | Từ chối các loại pin hoặc linh kiện không thể tái chế khi mua xe.                                                        |
|     |               | TC3      | Không sử dụng các dịch vụ sửa chữa không đảm bảo quy trình xử lý chất thải môi trường.                                   |
| 1   | Rethink       | TC4      | Suy nghĩ/lập kế hoạch về việc sử dụng dịch vụ chia sẻ xe (xe đạp, xe điện công cộng) thay vì sở hữu phương tiện cá nhân. |
|     |               | TC5      | Suy nghĩ/lập kế hoạch sử dụng phương tiện kết hợp, tối ưu hóa quãng đường.                                               |
|     |               | TC6      | Suy nghĩ/lập kế hoạch mua xe điện hoặc xe hybrid để thay thế phương tiện xăng dầu hiện tại.                              |
| 2   | Reduce        | TC7      | Giảm thiểu tần suất sử dụng xe cá nhân.                                                                                  |
|     |               | TC8      | Sử dụng xe có khả năng tiết kiệm năng lượng (xe nhẹ, thiết kế khí động học).                                             |
|     |               | TC9      | Thay thế phương tiện chạy xăng bằng phương tiện cá nhân năng lượng xanh (xe điện, xe hybrid).                            |
| 3   | Reuse         | TC10     | Tái sử dụng linh kiện từ xe cũ (như pin, lốp) cho xe mới hoặc các mục đích khác.                                         |
|     |               | TC11     | Sử dụng xe điện tái chế hoặc được tân trang từ các mẫu xe cũ.                                                            |
|     |               | TC12     | Chuyển nhượng/chia sẻ phương tiện với bạn bè, gia đình để giảm nhu cầu sở hữu nhiều phương tiện.                         |
| 4   | Repair        | TC13     | Bảo dưỡng định kỳ để tăng tuổi thọ xe và giảm phát sinh rác thải linh kiện.                                              |
|     |               | TC14     | Tìm kiếm các dịch vụ sửa chữa đạt chuẩn xanh (sử dụng vật liệu tái chế và quy trình an toàn).                            |
| 5   | Refurbish     | TC15     | Tân trang phương tiện cũ để tăng thời gian sử dụng, bao gồm nâng cấp hệ thống động cơ và pin.                            |
|     |               | TC16     | Tân trang các bộ phận bên ngoài xe, như sơn lại và thay thế các linh kiện hao mòn.                                       |
| 6   | Remanufacture | TC17     | Cung cấp phương tiện cho cơ sở tái sản xuất linh kiện như động cơ từ xe cũ.                                              |
|     |               | TC18     | Cung cấp phương tiện cho cơ sở tái chế và tái sản xuất các bộ phận cơ khí từ xe cũ.                                      |
| 7   | Repurpose     | TC19     | Sử dụng bộ phận xe cũ cho mục đích khác, như lốp làm vật liệu xây dựng.                                                  |
|     |               | TC20     | Các bộ phận điện tử từ xe cũ có thể được tái sử dụng trong các ngành công nghiệp khác như sản xuất điện tử.              |
|     |               | TC21     | Tái sử dụng các bộ phận của xe điện trong các ứng dụng khác như lưu trữ năng lượng.                                      |

|   |         |      |                                                                                                |
|---|---------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | Recycle | TC22 | Tái chế kim loại và nhựa từ xe cũ làm nguyên liệu công nghiệp.                                 |
|   |         | TC23 | Tái chế các bộ phận nhựa từ xe điện để sản xuất các sản phẩm tái chế, giảm rác thải.           |
|   |         | TC24 | Phân loại và thu hồi các vật liệu có thể tái chế từ linh kiện xe điện sau khi hết vòng đời.    |
| 9 | Recover | TC25 | Thu hồi năng lượng từ các bộ phận không thể tái chế để tái sử dụng.                            |
|   |         | TC26 | Thu hồi nhiệt từ hệ thống phanh tái tạo để giảm tiêu thụ năng lượng từ lưới điện.              |
|   |         | TC27 | Sử dụng năng lượng tái tạo từ các bộ phận xe điện trong các dự án năng lượng ngoài ngành GTVT. |

Nguồn: Dung (2025)

### 3. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Dữ liệu

Khảo sát trực tiếp người dân từ ngày 28/02/2025 đến 08/3/2025 tại Hà Nội.

#### 3.2. Phương pháp nghiên cứu

##### 3.2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

- Dữ liệu được thu thập bằng phương pháp khảo sát qua bảng hỏi.  
- Quy mô mẫu: 1.500 người (phiếu đạt yêu cầu là 1.269 phiếu).  
- Bảng hỏi khảo sát: Bảng hỏi thiết kế theo hệ thống tiêu chí từ nghiên cứu của Dung (2025).

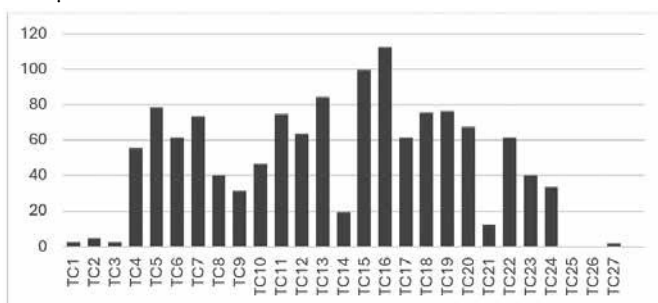
- Phương pháp tính điểm: Mỗi hoạt động mà người dân từng tham gia được đánh giá 1 điểm và chưa từng tham gia thì đánh giá 0 điểm.

##### 3.2.2. Phương pháp phân tích dữ liệu

- Phân tích thống kê mô tả: Tổng hợp số lượng và đánh giá tỷ lệ.  
- Chỉ số tổng hợp: Sử dụng thang điểm từ 1-27 để đánh giá mức độ, với các mức: Rất thấp (1-5), thấp (6-10), trung bình (11-15), cao (16-20) và rất cao (21-27).

### 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả về số lượng người lựa chọn mỗi tiêu chí thể hiện trong đồ thị sau:



Hình 1. Đồ thị: Số người dân trong mẫu khảo sát tham gia theo từng tiêu chí

Nguồn: Tác giả tổng hợp từ khảo sát

Dữ liệu khảo sát phản ánh rằng Refurbish (tân trang) là nhóm tiêu chí phổ biến nhất. Cụ thể, TC16 (Tân trang các bộ phận bên ngoài xe, như sơn lại và thay thế linh kiện hao mòn) có số người tham gia cao nhất (112 người, 8,83%), tiếp theo là TC15 (nâng cấp hệ thống động cơ và pin để kéo dài thời gian sử dụng phương tiện) với 99 người (7,80%). Nhóm Repair (sửa chữa) cũng có tỷ lệ tham gia tương đối cao, với TC13 (bảo dưỡng định kỳ để kéo dài tuổi thọ phương tiện) được 84 người lựa chọn (6,62%). Tuy nhiên,

số người tìm kiếm dịch vụ sửa chữa đạt chuẩn xanh (TC14) chỉ đạt 1,50%, cho thấy nhu cầu này chưa thật sự phổ biến. Hiện nay, nhiều phương tiện được duy trì sử dụng theo hướng khai thác quá mức, dẫn đến gia tăng khí thải và rủi ro an toàn giao thông. Khi không thể sử dụng tiếp, các phương tiện này thường bị loại bỏ thành phế liệu có giá trị thu hồi thấp, thay vì được tân trang hoặc tái sử dụng một cách khoa học và thân thiện với môi trường. Nguyên nhân xuất phát đồng thời từ cả người dân và doanh nghiệp, tạo ra một vòng tác động lẫn nhau. Người dân ít tham gia vào các hoạt động tái sử dụng và sửa chữa phương tiện do chi phí cao và nhận thức hạn chế về lợi ích môi trường. Trong khi đó, doanh nghiệp lại không có đủ công nghệ hiện đại với chi phí hợp lý, khiến các giải pháp tân trang và sửa chữa xanh chưa được phổ biến. Sự hạn chế từ phía doanh nghiệp làm giảm khả năng tiếp cận các lựa chọn của người dân, trong khi nhu cầu thấp từ người dân lại khiến doanh nghiệp thiếu động lực đầu tư.

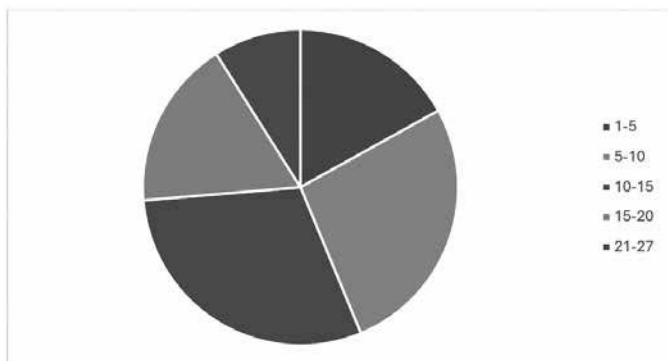
Nhóm Repurpose (tái định hướng sử dụng) và Recycle (tái chế) nhận được mức độ quan tâm trung bình. Cụ thể, TC19 (sử dụng bộ phận xe cũ cho mục đích khác, như lớp làm vật liệu xây dựng) đạt 5,99%, trong khi TC22 (tái chế kim loại và nhựa từ xe cũ làm nguyên liệu công nghiệp) đạt 4,81%. Nguyên nhân chính khiến hoạt động tái chế vật liệu từ phương tiện giao thông sang các lĩnh vực công nghiệp, xây dựng... ở Việt Nam chưa phổ biến là do quy trình kiểm định và xét duyệt vật liệu tái chế chưa hoàn thiện. Việc thiếu các tiêu chuẩn rõ ràng và cơ chế giám sát khiến doanh nghiệp gặp khó khăn trong việc đưa vật liệu tái chế vào sản xuất.

Nhóm Refuse (từ chối) có tỷ lệ tham gia rất thấp, dao động từ 0,16% đến 0,32%, cho thấy việc từ chối hoàn toàn nhiên liệu hóa thạch hoặc linh kiện không thể tái chế chưa phổ biến. Trên thực tế, người dân chỉ có thể thực hiện ở mức độ hạn chế, chẳng hạn như lựa chọn các linh kiện làm từ vật liệu thân thiện với môi trường hoặc khó phân hủy.

Tương tự, nhóm Recover (thu hồi năng lượng) có mức độ tham gia gần như bằng 0. Cụ thể, TC25 (thu hồi năng lượng từ các bộ phận không thể tái chế) và TC26 (thu hồi nhiệt từ hệ thống phanh tái tạo) không có người lựa chọn. Nguyên nhân chủ yếu là do yêu cầu quá cao về trình độ công nghệ tiên tiến để triển khai các giải pháp này.

Nhìn chung, người dân có xu hướng ưu tiên các biện pháp tân trang và bảo dưỡng, sau đó chia sẻ phương tiện hơn là từ chối sử dụng nhiên liệu hóa thạch hoặc tham gia vào các giải pháp thu hồi năng lượng.





Hình 2: Đồ thị: Tỷ trọng người có các mức điểm tham gia khác nhau

*Nguồn: Tác giả tổng hợp từ khảo sát*

Dữ liệu khảo sát cho thấy sự phân bố tỷ trọng người tham gia theo các mức điểm khác nhau có xu hướng tập trung chủ yếu vào khoảng 10 - 15 điểm (29,94%), tiếp theo là nhóm 5 - 10 điểm (26,80%). Điều này cho thấy phần lớn người dân có mức độ tham gia trung bình. Số người có mức điểm 1-5 (16,94%) và 15-20 (17,34%) tương đối cân bằng, cho thấy vẫn tồn tại một bộ phận có mức độ tham gia rất thấp hoặc khá cao, nhưng không phải là nhóm chiếm ưu thế.

Đáng chú ý, nhóm 21-27 điểm có tỷ lệ thấp nhất (8,98%), phản ánh rằng dù có sự quan tâm nhất định đến các hành vi bền vững, nhưng chỉ một tỷ lệ nhỏ thực hiện nhiều tiêu chí cùng lúc.

## 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã khảo sát mức độ tham gia của người dân đô thị KTTH trong giao thông dựa trên thang đo được phát triển ở công trình nghiên cứu trước đó. Kết quả cho thấy người dân ở Hà Nội tham gia vào KTTH ở mức khá khiêm tốn, chủ yếu tập trung vào tân trang (Refurbish) và bảo dưỡng (Repair) phương tiện, sau đó là sử dụng chia sẻ phương tiện trong khi các biện pháp từ chối (Refuse), thu hồi năng lượng (Recover) và tái chế (Recycle) chưa được quan tâm rộng rãi. Nguyên nhân chính đến từ nhận thức môi trường còn hạn chế, chi phí cao, thiếu công nghệ hiện đại và cơ chế chính sách liên quan vật liệu tái chế chưa hoàn thiện.

*Để thúc đẩy KTTH trong giao thông, cần tập trung vào 4 giải pháp trọng tâm sau:*

Trước hết, cần tăng cường truyền thông về lợi ích của việc tân trang, sửa chữa và tái chế phương tiện; cần tăng cường các chiến dịch tuyên truyền và đưa các nội dung về kéo dài vòng đời xe theo hướng tốt cho môi trường vào giáo dục.

Thứ hai, cần có chính sách tài chính hỗ trợ người dân và doanh nghiệp trong việc sử dụng dịch vụ sửa chữa xanh và tái chế phương tiện. Các biện pháp như trợ giá, ưu đãi thuế hoặc hỗ trợ tín dụng sẽ giúp giảm bớt rào cản chi phí, tạo động lực cho các bên tham gia.

Thứ ba, cần đầu tư vào nghiên cứu và phát triển công nghệ tái chế hiệu quả, hỗ trợ các doanh nghiệp trong việc tiếp cận công nghệ thu hồi vật liệu, cải tiến linh kiện xe cũ và phát triển các giải pháp bảo dưỡng xanh. Việc hợp tác với các nước có kinh nghiệm cũng giúp đẩy nhanh quá trình ứng dụng công nghệ hiện đại vào hệ thống tái chế tại Việt Nam.

Cuối cùng, cần hoàn thiện quy trình quản lý, đặc biệt là cơ chế kiểm định và xét duyệt việc sử dụng vật liệu tái chế khi ứng dụng vào phương tiện vận tải cũng như việc ứng dụng vật liệu từ các

phương tiện vận tải cũ sang các ngành công nghiệp khác; cần xây dựng bộ tiêu chuẩn cụ thể, minh bạch hóa quy trình xét duyệt và khuyến khích doanh nghiệp tham gia vào chuỗi cung ứng tái chế chính thức.

Bên cạnh những kết quả đạt được, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế, bao gồm việc chưa đánh giá sâu động lực, rào cản tâm lý của người dân và chưa xem xét tác động dài hạn của chính sách khuyến khích KTTH; cần thêm các nghiên cứu phân tích sâu hơn hành vi tiêu dùng và theo dõi tác động của các chính sách hỗ trợ liên quan.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-KT-009.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Halia M. Valladares Montemayor và Rayyan Hamza Chanda (2023), Automotive industry's circularity applications and industry 4.0, Environmental Challenges. 12, pp.100725.
- [2]. Mengyuan Chen và các cộng sự. (2019), Recycling End-of-Life Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries, Joule. 3(11), pp.2622-2646.
- [3]. Colin Murphy và Sharon Feigon (2016), Shared mobility and the transformation of public transit, Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, Transportation Research Board.
- [4]. Dragan Pamucar and al. (2021), Circular economy concepts in urban mobility alternatives using integrated DIBR method and fuzzy Dombi CoCoSo model, Journal of Cleaner Production, 323, pp.129096.
- [5]. Christin Hoffmann and al. (2017), What cognitive mechanisms predict travel mode choice? A systematic review with meta-analysis, Transport Reviews. 37(5), pp.631-652.
- [6]. Ernest Mugoni, James Kanyepe và Marian Tukuta (2024), Sustainable Supply Chain Management Practices (SSCMPS) and environmental performance: A systematic review, Sustainable Technology and Entrepreneurship, 3(1), pp.100050.
- [7]. Nguyễn Thị Thùy Dung (2025), Xây dựng thang đo đánh giá mức độ tham gia vào KTTH đối với việc sử dụng phương tiện giao thông cá nhân với người dân đô thị tại Việt Nam, Tạp chí Kinh tế và Dự báo, 03(2), tr.131-134.

# Nghiên cứu, xây dựng hệ thống SCADA thông minh ứng dụng IEC 61850 hỗ trợ chuyển đổi số trong quản lý lưới điện trung thế 22 kV tại Deep C Hải Phòng

Research and development of an intelligent SCADA system applying IEC 61850 to support digital transformation in the management of 22 kV medium voltage grid at deep c industrial zone, Hai Phong

> **KS PHẠM VĂN ĐỒNG<sup>1</sup>, PGS.TS ĐÌNH ANH TUẤN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Công ty TNHH Năng lượng xanh DEEP C (Việt Nam); Email: dongpv3105@gmail.com

<sup>2</sup>Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

## TÓM TẮT

Hiện nay, chuyển đổi số đang trở thành xu hướng tất yếu trong công nghiệp và lĩnh vực năng lượng, đặc biệt trong quản lý và vận hành lưới điện. Ứng dụng công nghệ thông tin và truyền thông nhằm hiện đại hóa hệ thống điện, tăng cường khả năng giám sát, điều khiển và góp phần đạt được các mục tiêu chiến lược của ngành Điện lực Việt Nam. Bài báo đề xuất xây dựng, nâng cấp hệ thống SCADA hiện đại, số hóa hoạt động của lưới điện trung áp 22 kV tại khu công nghiệp Deep C. Hệ thống được phát triển dựa trên giao thức truyền thông IEC 61850, với ưu điểm về chuẩn hóa, đồng bộ dữ liệu và hỗ trợ truyền thông theo thời gian thực. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được mô hình thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và phòng vận hành lưới điện 110 kV Deep C và đáp ứng được yêu cầu đặt ra.

**Từ khóa:** Hệ thống quản lý năng lượng; lưới điện siêu nhỏ; hệ thống giám sát thông minh; lưới điện thông minh; tiêu chuẩn IEC 61850.

## ABSTRACT

Digital transformation is becoming an inevitable trend in industry and the energy sector, particularly in the management and operation of power grids. The application of information and communication technology (ICT) plays a crucial role in modernizing power systems, enhancing monitoring and control capabilities and supporting the strategic goals of Vietnam Electricity (EVN). This article proposes developing and upgrading a modern SCADA system to digitize the operation of the 22 kV Medium Voltage Distribution Grid. The system is based on the IEC 61850 communication protocol, which offers significant advantages in standardization, data synchronization and real-time communication. The research results include the construction of a laboratory test model that successfully meets operational requirements.

**Keywords:** Energy management system; microgrid; intelligent monitoring system; smart grid; IEC 61850 standard.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xu hướng chuyển đổi số trong lĩnh vực năng lượng đang có vai trò then chốt và ưu tiên chiến lược đối với ngành năng lượng trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Năng lượng tái tạo tích hợp ngày càng tăng khiến nhu cầu ra quyết định dựa trên dữ liệu thời gian thực đã thúc đẩy việc áp dụng các công nghệ thông minh [1]. Các lưới điện khu công nghiệp phải có khả năng tương tác và tự động hóa để cải thiện tính ổn định, độ tin cậy và hiệu quả hoạt động. Hệ thống giám sát điều khiển và thu thập dữ liệu (SCADA) đóng vai trò quan trọng trong lưới điện, đặc biệt là trong lưới điện phân phối

trung thế [2]. Đây là tiêu chuẩn làm nền tảng cho các công ty điện lực trong việc xây dựng cơ sở hạ tầng số, trạm biến áp kỹ thuật số cho tương lai. Khu công nghiệp Deep C tập trung các ngành công nghệ cao và tiêu thụ nhiều năng lượng nên khu vực này cần có hệ thống quản lý năng lượng đáng tin cậy.

Một số công trình nghiên cứu tiêu chuẩn tiên tiến IEC 61850 cho truyền thông và mô hình hóa dữ liệu trong trạm biến áp với giao thức mã hóa GOOSE, MMS, SV [3-5]. Trong nghiên cứu [6], tác giả đã xây dựng một hệ thống SCADA có tích hợp IEC 61850 cho trạm biến áp với giao thức PRP và HMI thông minh. Ngoài ra, trong



công trình [5, 7, 8] có trình bày xây dựng giao tiếp cho các IED phân tán trong lưới Microgrid cho phép mở rộng quản lý cho lưới trung áp và hạ áp.

Trong bài báo này, nhóm tác giả xây dựng một mô hình SCADA thông minh dựa trên IEC 61850 để hỗ trợ chuyển đổi số. Thử nghiệm mô hình trong phòng thí nghiệm và hiện trường nhằm nâng cao khả năng tự động hóa, nâng cao chất lượng và độ tin cậy cho lưới điện.

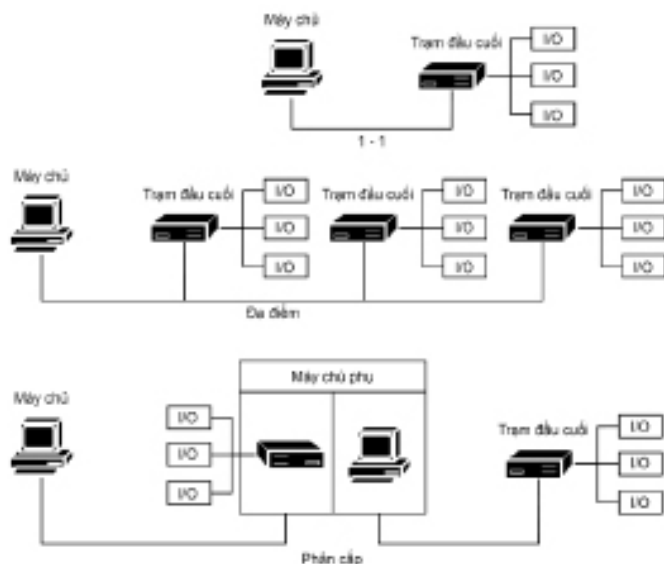
Bài báo được sắp xếp theo thứ tự sau: Mục 2 trình bày xây dựng kiến trúc chung hệ thống; Mục 3 thực hiện thử nghiệm hệ thống thực tế và kết luận trong Mục 4.

## 2. CẤU TRÚC HỆ THỐNG SCADA TÍCH HỢP IEC 61850

### 2.1. Tổng quan cấu trúc truyền thông trong hệ thống điện

Trong hệ thống điện hiện nay sử dụng một số giao thức truyền thông như giao thức Modbus dựa trên đường truyền RS232, RS485. Trong giao thức Modbus, truyền thông nối tiếp sử dụng hai phương thức truyền dữ liệu chính: ASCII và RTU. Modbus ASCII cho phép đọc trực tiếp nội dung bản tin, trong khi Modbus RTU sử dụng mã hóa nhị phân khiến dữ liệu không đọc được trong quá trình giám sát. Do đó, Modbus ASCII và Modbus RTU không thể giao tiếp được với nhau [9, 10].

Giao thức DNP3 (Distributed Network Protocol) được thiết kế tạo điều kiện giao tiếp liên mạch giữa thiết bị thu thập dữ liệu và các thành phần điều khiển tại hiện trường. Ứng dụng chính của DNP3 hiện nay là truyền thông giữa trạm chủ và các thiết bị RTU và IED thể hiện trên Hình 1.



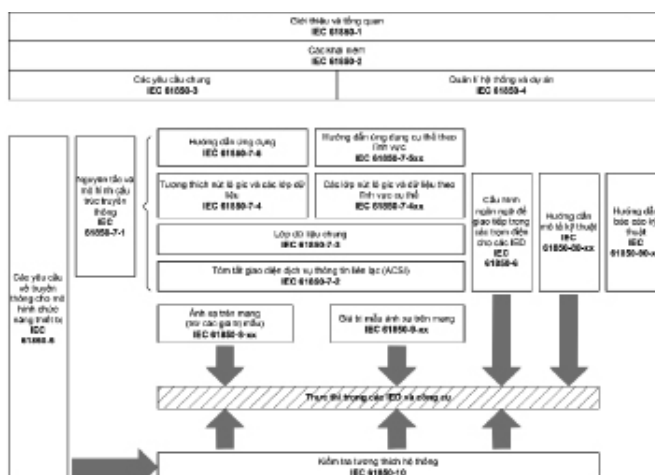
Hình 1. Minh họa cấu trúc giao thức DNP3

Giao thức IEC 60870-5-101/103/104 là giao thức áp dụng để điều khiển từ xa các thiết bị trong hệ thống điện. Tại Việt Nam, phần lớn hệ thống SCADA sử dụng giao thức IEC60870-5-101 cho phép truyền dữ liệu từ các trạm điều khiển về trung tâm đáp ứng được cơ bản về giám sát, điều khiển và đo lường thời gian thực [3, 11].

### 2.2. Giao tiếp tiêu chuẩn IEC 61850

Các giao thức chuẩn thông thường được triển khai linh hoạt ở các cấp độ khác nhau, đáp ứng nhu cầu ứng dụng. Giao thức này tạo ra với mục đích tạo một giao thức duy nhất, có khả năng tự động hóa hoàn toàn trạm điện.

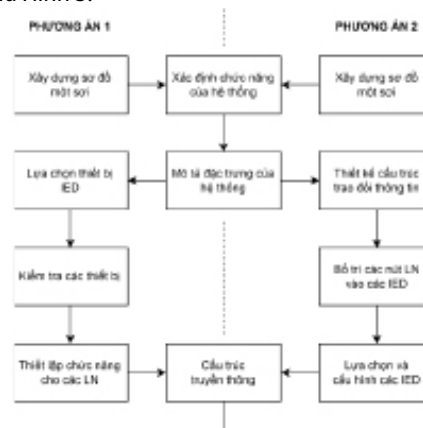
Ngoài ra, IEC 61850 còn cung cấp một phương pháp chuẩn hóa để lưu trữ và định dạng dữ liệu một cách đồng nhất. Hình 2 mô tả các bộ tiêu chuẩn IEC 61850 với các tiêu chuẩn cụ thể [9].



Hình 2. Các bộ tiêu chuẩn IEC 61850

### 2.3. Các bước xây dựng hệ thống SCADA theo tiêu chuẩn IEC 61850

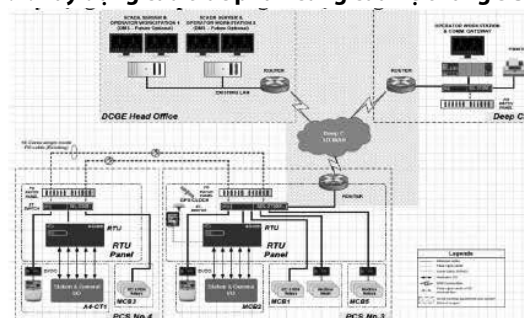
Dựa theo chức năng cần thiết kế dựa trên lựa chọn các IED phù hợp, nhóm tác giả đề xuất quy trình các bước thực hiện hệ thống SCADA như Hình 3.



Hình 3. Các bước xây dựng hệ thống SCADA theo tiêu chuẩn IEC 61850

Hình 3 mô tả sơ đồ quy trình thiết kế hệ thống SCADA tích hợp IED với hai phương án. Trong đó, phương án 1 dựa trên thiết bị có sẵn trong trạm như xây dựng sơ đồ một sợi để xác định cấu trúc lưới điện. Lựa chọn IED phù hợp với trạm, kiểm tra đảm bảo tính tương thích với giao thức IEC 61850, số lượng LN (Logical Node). Phương án 1 sử dụng thiết bị sẵn có trong trạm, từ đó xây dựng sơ đồ một sợi, lựa chọn IED phù hợp và cấu hình GOOSE, MMS. Phương án 2 thiết kế hệ thống từ đầu dựa trên chức năng nhằm tối ưu hiệu suất. Nhóm tác giả lựa chọn phương án 1 làm cơ sở triển khai.

### 2.4. Xây dựng cấu trúc phần cứng của hệ thống SCADA



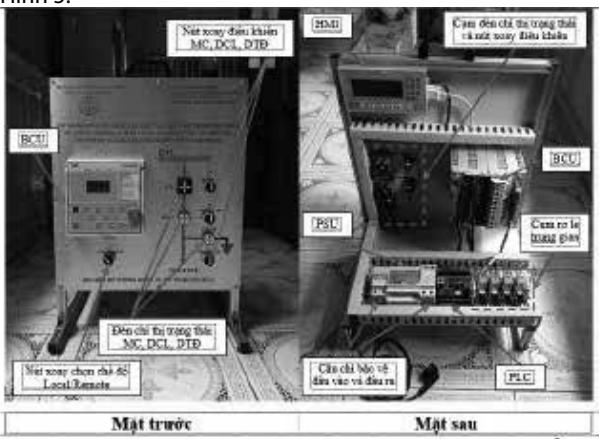
Hình 4. Cấu trúc phần cứng tổng thể của hệ thống SCADA

Hệ thống SCADA tại trụ sở gồm máy chủ SCADA và Operation Workstation hoạt động dự phòng để thu thập, xử lý dữ liệu thời gian thực và tích hợp HMI cho giám sát thiết bị tại trạm cắt như trên Hình 4. Máy chủ cơ sở dữ liệu lịch sử cũng hoạt động dự phòng để quản lý, phân tích dữ liệu quá khứ. Các thiết bị chuyển mạch và tường lửa được cấu hình để thiết lập kết nối mạng LAN và bảo vệ hệ thống khỏi truy cập trái phép. Một laptop workstation đóng vai trò hỗ trợ giám sát điều khiển di động và thay thế tạm thời khi máy chủ cần bảo trì [8, 11, 12].

### 3.1. Thử nghiệm mô phỏng điều khiển và vận hành

### 3.1. Thử nghiệm mô phỏng điều khiển và vận hành

Hiện nay, DEEP C sử dụng rất nhiều chủng loại tủ trung thế 22 kV. Do đó, nghiên cứu này chỉ mô phỏng lại chức năng của mô-đun khoang V của loại tủ Safering là ngăn lộ 475 của trạm cắt số 5 (PC5) như Hình 5.



Hình 5. Mô hình mô phỏng ngăn lô 475 tram cắt số 5 (PC5)

Mô phỏng quá trình vận hành bình thường cần đạt được các tiêu chí sau:

- Thực hiện chính xác lệnh điều khiển thiết bị; thông báo chính xác lỗi khi vi phạm liên động điều khiển;
- Thông báo chính xác bất thường bằng các dòng cảnh báo và chuông báo hiệu; thể hiện chính xác các thông số vận hành hệ thống; giám sát và quản lý thiết bị trong quá trình vận hành.

Dưới đây sẽ minh họa mô phỏng lại quá trình vận hành bình thường của tuyến cáp từ ngăn lộ 475 trạm cắt số 5 (PC5) → ngăn lộ 474 trạm cắt số 6 (PC6).



a) - Đóng máy cắt 475 trạm cắt số 5 (PC5) tại chỗ



*b) - Đóng máy cắt 475 trạm cắt số 5 (PC5) từ xa*

Hình 6. Mô phỏng quá trình đóng cắt trạm PC5

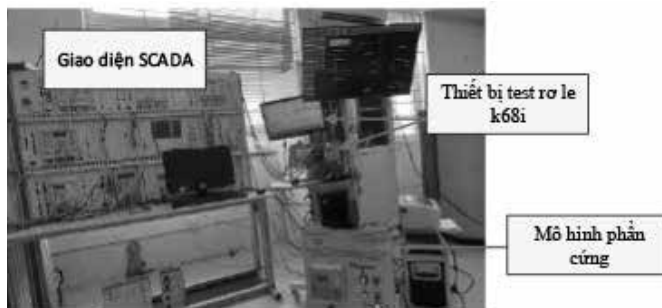
Thực hiện mô phỏng đưa các giá trị đo lường hiển thị lên giao diện SCADA và đóng/cắt máy cắt bằng SCADA ở chế độ REMOTE (điều kiện đảm bảo liên động điều khiển máy cắt là dao tiếp địa ngắn lộ 475 trạm cắt số 5 (PC5) đang cắt), kiểm tra có phản hồi trạng thái về phần mềm mô phỏng IEDScout như minh họa trong Hình 7 [3, 13, 14].



Hình 7. Mô phỏng hiển thị lên hệ thống SCADA

### 3.2. Thử nghiệm chức năng bảo vệ

Bên cạnh chức năng điều khiển hệ thống, chức năng bảo vệ sự cố xảy ra trên lưới điện là hết sức quan trọng và không thể thiếu. Nhóm tác giả thử nghiệm chức năng bảo vệ thấp áp (27-Undervoltage Protection), bảo vệ quá áp (59-Overvoltage Protection), bảo vệ quá dòng (50/51-Overcurrent Protection) thông qua thiết bị thử nghiệm ro- le K68i cho phép thử nghiệm điện áp và dòng điện như Hình 8.



Hình 8. Thử nghiệm chức năng bảo vệ thấp áp 27





Hình 9. Giao diện cảnh báo khi thử nghiệm chức năng bảo vệ thấp áp

Hình 9 thể hiện chức năng bảo vệ thấp áp đối với rơ-le ABB khi tín hiệu đầu vào là bộ K68i. Tại điện áp ba pha 104,5 V (tương đương 20,9 kV với hệ số biến dòng), chức năng bảo vệ thấp áp được kích hoạt thành công, xác nhận hệ thống SCADA vận hành đúng thiết kế.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo này hoàn thành các mục tiêu đề ra, trong đó tập trung vào việc tìm hiểu và phân tích tiêu chuẩn truyền thông IEC 61850. Trên cơ sở đó, làm rõ các nguyên lý, lý thuyết trọng tâm, đồng thời đánh giá những ưu điểm nổi bật và khả năng ứng dụng thực tiễn của giao thức này trong xây dựng hệ thống SCADA cho lưới điện trung thế 22 kV, nhằm phục vụ công tác chuyển đổi số tại khu công nghiệp Deep C Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy hệ thống SCADA ứng dụng IEC 61850 có khả năng hỗ trợ hiệu quả cho quá trình số hóa trong vận hành và quản lý lưới điện, góp phần nâng cao độ tin cậy cung cấp điện, rút ngắn thời gian xử lý sự cố và tạo nền tảng cho việc phát triển lưới điện thông minh.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. Rubio, S. Bogarra, M. Nunes and X. Gomez (2025), Smart Grid Protection, Automation and Control: Challenges and Opportunities, Applied Sciences, vol.15, no.6, doi: 10.3390/app15063186.
- [2]. M. Roomi, W. Ong, D. Mashima and S. Hussain (2021), OpenPLC61850: An IEC 61850 compatible OpenPLC for Smart Grid Research, doi: 10.36227/techrxiv.14845062.v1.
- [3]. Hoàng Ngọc Hoài Quang và Lê Tiến Dũng (2022), Giải pháp nâng cấp trạm biến áp truyền thống thành trạm biến áp kỹ thuật số trên nền tảng tiêu chuẩn IEC 61850, UD-JST, tập 20, số 7, tr.1-7, tháng 7.
- [4]. A. Alvarez de Sotomayor, D. Della Giustina, G. Massa, A. Dedè, F. Ramos and A. Barbato (2018), IEC 61850-based adaptive protection system for the MV distribution smart grid, Sustainable Energy, Grids and Networks, vol.15. pp.26-33, doi: 10.1016/j.segan.2017.09.003.
- [5]. M. A. Aftab, S. M. S. Hussain, I. Ali and T. S. Ustun (2020), A Novel SCL Configuration

Method for Modeling Microgrids With IEC 61850, IEEE Syst. J., vol.14, no.2, pp.2676-2683, doi: 10.1109/JSYST.2019.2917927.

[6]. J. Chang, B. Vincent and M. Reynen (2014), Protection and control system upgrade based on IEC- 61850 and PRP, in 2014 67th Annual Conference for Protective Relay Engineers, pp.496-517, doi: 10.1109/CPRE.2014.6799024.

[7]. S. Chen, F. Ebe, J. Morris, H. Lorenz, C. Kondzialka and G. Heilscher (2022), Implementation and Test of an IEC 61850-Based Automation Framework for the Automated Data Model Integration of DES (ADMID) into DSO SCADA, Energies, vol.15, no.4, doi: 10.3390/en15041552.

[8]. A. Jácome-Barrionuevo, M. Quizhpi-Cuesta and F. Quizhpi-Palomeque (2024), Implementation of SCADA for IEC 61850 communication in the IEEE 14-Bus System, in 2024 6th Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM), pp.577-583, doi: 10.1109/GPECOM61896.2024.10582675.

[9]. K. Schwarz (2008), IEC 61850 beyond Substations - The Standard for the whole Energy Supply System, pp.1-12.

[10]. A. Kostianen and J. Valtari (2021), APPLICABILITY OF IEC 61850 FOR SCADA COMMUNICATION WITH CENTRALIZED PROTECTION AND CONTROL, vol.2021, doi: 10.1049/icp.2021.2163.

[11]. Đinh T. V. and Ho H. V. (2014), Xây dựng trạm biến áp tự động hóa theo giao thức IEC61850 tích hợp nhiều chủng loại thiết bị và nhiều giao thức truyền thông, Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng, vol.7, no.80, pp.85-89. [Online]. Available: <https://jst-ud.vn/jst-ud/article/view/564>.

[12]. A. F. S. Melo, J. M. Riquelme-Dominguez, F. Gonzalez-Longatt, J. L. Rueda and P. Palensky (2022), Sampled Values ROCOF performance methodology breakdown, in 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), pp.1-5. doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854700.

[13]. S. Kumar, A. Abu-Siada, N. Das and S. Islam (2023), Review of the Legacy and Future of IEC 61850 Protocols Encompassing Substation Automation System, Electronics (Switzerland), vol.12, no.15, doi: 10.3390/electronics12153345.

[14]. T. S. Sidhu and Y. Yin (2007), Modelling and simulation for performance evaluation of IEC61850-based substation communication systems, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.22, no.3. pp.1482-1489, doi: 10.1109/TPWRD.2006.886788.

# Phân tích ảnh hưởng của hàm lượng sợi thủy tinh đến chất lượng sản phẩm nắp che bên ghế xe ô tô bằng mô phỏng ép phun

Analysis of the effect of glass fiber content on the quality of car seat side cover using injection molding simulation

> TS VŨ THỊ LIÊN

Khoa Cơ khí - Cơ điện tử, Trường Kỹ thuật Phenikaa, Đại học Phenikaa

Email: lien.vuthi@phenikaa-uni.edu.vn

## TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm phân tích ảnh hưởng của hàm lượng sợi thủy tinh đến chất lượng sản phẩm nắp che bên ghế ô tô thông qua mô phỏng ép phun. Vật liệu polypropylene (PP) được gia cường thêm sợi thủy tinh với hàm lượng sợi từ 0 đến 50% được khảo sát nhằm đánh giá ba chỉ tiêu kỹ thuật gồm độ biến dạng tổng, co ngót thể tích lớn nhất và mô-đun đàn hồi theo trục Z. Kết quả cho thấy, với hàm lượng sợi từ 30% đến 35% mang lại hiệu quả tối ưu, giúp giảm biến dạng và co ngót hơn 40% so với PP nguyên chất, đồng thời tăng gấp đôi mô-đun đàn hồi theo trục Z. Ở mức 30%, hơn một nửa thể tích sản phẩm đạt mức định hướng sợi cao, góp phần nâng cao độ ổn định hình học. Nghiên cứu cung cấp cơ sở kỹ thuật để lựa chọn vật liệu phù hợp cho các chi tiết nhựa kỹ thuật trong ngành công nghiệp ô tô.

**Từ khóa:** Nhựa gia cường sợi thủy tinh; nắp che bên ghế ô tô; mô phỏng ép phun nhựa.

## ABSTRACT

This study investigates the effect of glass fiber content on the quality of an automotive seat side cover using injection molding simulation. Polypropylene (PP) materials reinforced with short glass fibers at concentrations ranging from 0 to 50% were evaluated based on three key technical criteria: Total warpage, maximum volumetric shrinkage and Z-direction elastic modulus. The results show that a fiber content of 30% to 35% yields optimal performance, reducing warpage and shrinkage by more than 40% compared to neat PP, while doubling the Z-direction modulus. At 30% fiber content, more than half of the part volume achieved high orientation levels, contributing to improved dimensional stability. The study provides a technical basis for selecting suitable composite materials for plastic components used in the automotive industry.

**Keywords:** Glass fiber reinforced plastic; car seat side cover; injection molding simulation.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong ngành công nghiệp ô tô, xu hướng giảm trọng lượng và tối ưu chi phí đang thúc đẩy việc thay thế các chi tiết kim loại bằng vật liệu nhựa kỹ thuật, đặc biệt trong các bộ phận nội thất và vỏ bọc. Polypropylene (PP) là một trong những vật liệu nhiệt dẻo được sử dụng phổ biến nhờ khả năng ép phun tốt, trọng lượng nhẹ và chi phí thấp [1, 2]. Tuy nhiên, PP nguyên chất có độ cứng thấp, hệ số giãn nở nhiệt cao và dễ bị cong vênh sau quá trình làm nguội [3].

Để khắc phục các hạn chế trên, sợi thủy tinh gần thường được bổ sung vào nền PP nhằm cải thiện độ cứng, giảm co ngót và tăng độ ổn định hình học của sản phẩm [5, 6]. Việc gia cường bằng sợi giúp nâng cao mô-đun đàn hồi, điều chỉnh hướng co ngót và

tăng khả năng kháng biến dạng [4]. Tuy nhiên, tỷ lệ sợi cao cũng kéo theo sự gia tăng độ nhớt dòng chảy, gây khó khăn trong điền đầy khuôn và có thể tạo ra ứng suất dư nếu không kiểm soát tốt điều kiện công nghệ [7, 9].

Sự định hướng của sợi trong lòng khuôn là một trong những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến phân bố ứng suất, độ cong vênh và độ cứng cục bộ sau ép phun. Các mô hình vật lý hiện nay đã cho phép mô phỏng tương đối chính xác định hướng sợi, thông qua việc kết hợp mô hình tensor định hướng [10, 11], biểu đồ pvT và phân tích mô-đun đàn hồi ba trục [12, 13]. Những công cụ này đóng vai trò quan trọng trong thiết kế khuôn tối ưu và lựa chọn vật liệu phù hợp với hình học sản phẩm.

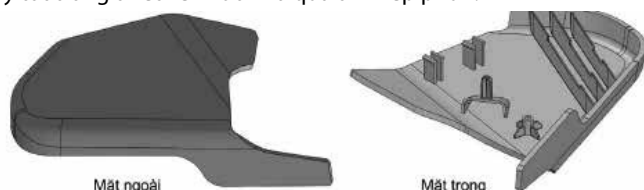
Chi tiết nắp che bên ghế ô tô là một ví dụ điển hình của sản phẩm bản mỏng có gân tăng cứng và hình học bất đối xứng, rất dễ phát sinh cong vênh do sự bất đồng bộ trong phân bố nhiệt và định hướng sợi. Trong khi nhiều nghiên cứu trước tập trung vào tối ưu hóa quy trình ép phun hoặc giảm biến dạng thông qua điều kiện làm nguội và bố trí cổng phun [14, 15], vẫn còn thiếu các nghiên cứu làm rõ mối quan hệ giữa tỷ lệ sợi thủy tinh, định hướng sợi, độ biến dạng tổng và độ cứng cục bộ của sản phẩm.

Bài báo này trình bày mô phỏng ép phun chi tiết nắp che bên ghế ô tô, với vật liệu nền là PP có hàm lượng sợi thủy tinh thay đổi từ 0 đến 50%. Ba chỉ tiêu chính được phân tích gồm: Độ biến dạng tổng, co ngót thể tích lớn nhất và độ cứng theo trục Z với mục tiêu xác định khoảng hàm lượng sợi tối ưu nhằm cải thiện đặc tính cơ học và hình học mà vẫn đảm bảo khả năng gia công tốt. Kết quả nghiên cứu có thể cung cấp cơ sở cho việc lựa chọn vật liệu phù hợp cho các chi tiết nhựa kỹ thuật ứng dụng trong lĩnh vực ô tô.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phân tích sản phẩm và thiết kế mô hình mô phỏng

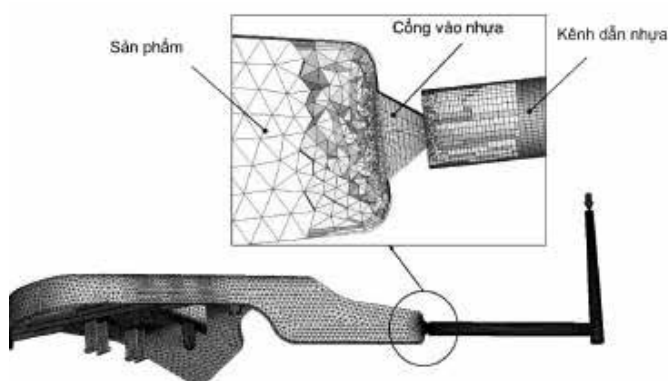
Sản phẩm nghiên cứu là nắp che bên ghế xe ô tô, thuộc nhóm chi tiết nhựa kỹ thuật có hình dạng dạng vỏ, với kích thước tổng thể (204×198×46)mm. Hình 1 thể hiện mặt ngoài và mặt trong của sản phẩm. Mặt ngoài đóng vai trò thẩm mỹ, có bề mặt phẳng, không có chi tiết nhô ra, trong khi mặt trong tích hợp nhiều chi tiết chức năng như trụ bắt vít, gân chính/phụ và vách định hình, phân bố bất đối xứng. Thành vỏ của sản phẩm dày đến 4 mm, trong khi các gân chỉ dày 1,5 mm, tạo nên chênh lệch chiều dày lớn, ảnh hưởng trực tiếp đến dòng chảy, định hướng sợi và ứng suất dư nếu không được xử lý tốt trong thiết kế khuôn và quá trình ép phun.



Hình 1. Mô hình ba chiều sản phẩm nắp che bên ghế ô tô

Để đảm bảo khả năng thoát khuôn và chất lượng bề mặt, mặt ngoài được chọn làm lòng khuôn (cavity) - phần khuôn cố định, nhằm giấu hệ thống cấp nhựa và tránh vết hàn. Mặt trong có nhiều gân và trụ được bố trí về phía lõi khuôn (core) - phần khuôn di động, thuận lợi để định hình chi tiết âm và bố trí hệ thống đẩy. Cổng vào nhựa được thiết kế theo dạng hình quạt (fan gate), phù hợp với vật liệu nhựa gia cường sợi thủy tinh ngắn và hình học bản mỏng. Cổng có tiết diện lớn giúp giảm vận tốc dòng, phân phối nhựa đều theo chiều dài sản phẩm và hạn chế hiện tượng định hướng sợi tập trung. Vị trí đặt cổng lệch về phía mép tấm, nối với hệ dẫn nhựa dạng ống tròn, dẫn dòng chảy theo trục sản phẩm và lan đều qua các vùng gân, hỗ trợ quá trình định hướng sợi và cân bằng nhiệt độ giữa hai nửa khuôn như thể hiện trên Hình 2.

Lưới mô phỏng được chia bằng phương pháp Boundary Layer Mesh (BLM), với lớp phần tử mỏng bám sát bề mặt khuôn để mô tả chính xác truyền nhiệt tại lớp biên, trong khi phần lõi sử dụng lưới đặc. Các vùng có thay đổi hình học đột ngột như chân gân, đầu cổng... được chia lưới mịn để đảm bảo tính ổn định của mô phỏng. Trên Hình 2, cấu trúc lưới tại vùng chuyển tiếp từ kênh dẫn sang sản phẩm, cho thấy các phần tử tam giác được sắp xếp đều và mượt, giúp ổn định dòng chảy và cải thiện độ chính xác mô phỏng. Các vùng như chân trụ, gân mảnh và đầu dòng được ưu tiên mật độ lưới cao để mô phỏng tốt biến thiên vận tốc, áp suất và hướng sợi, đặc biệt quan trọng với vật liệu composite nền nhựa.



Hình 2. Mô hình lưới BLM và vùng phóng đại tại cổng vào nhựa kiểu quạt

### 2.2. Vật liệu

Polypropylene (PP) là vật liệu nền được sử dụng trong nghiên cứu, với các chỉ số kỹ thuật tiêu biểu: Mô-đun đàn hồi khoảng 1.250 MPa, hệ số co ngót thể tích trung bình từ 1,2 đến 1,5%, mật độ 0,91 g/cm<sup>3</sup> và hệ số giãn nở nhiệt khoảng  $1,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ . Nhiệt độ nóng chảy của PP dao động trong khoảng 160°C đến 170°C, phù hợp với gia công ép phun ở nhiệt độ nhựa từ 220°C đến 250°C.

Các vật liệu khảo sát gồm PP nguyên chất và các hỗn hợp PP gia cường bằng sợi thủy tinh ngắn với hàm lượng từ 15% đến 50%. Sự thay đổi thành phần này ảnh hưởng đáng kể đến mô-đun đàn hồi, độ nhớt và đặc tính co ngót của vật liệu, là cơ sở để phân tích ảnh hưởng của vật liệu đến chất lượng sản phẩm trong quá trình mô phỏng.

### 2.3. Thông số công nghệ mô phỏng ép phun

Các thông số công nghệ được giữ ổn định trong suốt quá trình khảo sát. Riêng nhiệt độ nhựa và nhiệt độ khuôn được điều chỉnh linh hoạt theo từng tỷ lệ sợi để phản ánh điều kiện gia công thực tế của vật liệu gia cường. Việc lựa chọn thông số cụ thể cho từng trường hợp được trình bày trong Bảng 1.

Mô phỏng được thực hiện với đầy đủ mô hình vật lý cho vật liệu nhựa nhiệt dẻo gia cường, bao gồm dòng chảy không nén, truyền nhiệt hai pha và quan hệ pVT. Định hướng sợi được tính theo mô hình Folgar-Tucker [11], kết hợp với mô-đun đàn hồi theo phương vị [10, 12]. Tám vật liệu PP có hàm lượng sợi từ 0% đến 50% được khảo sát. Các thông số gia công được giữ cố định gồm áp suất phun, thời gian điền đầy và làm nguội. Nhiệt độ khuôn duy trì từ 40°C đến 55°C. Riêng nhiệt độ nhựa được điều chỉnh từ 220°C đến 255°C tùy theo tỷ lệ sợi, để phù hợp với độ nhớt thực tế [7].

Bảng 1. Một số thông số công nghệ mô phỏng gia công ép phun

| Hàm lượng sợi thủy tinh (%) | Nhiệt độ nhựa (°C) | Nhiệt độ khuôn (°C) | Áp suất phun (°C) | Thời gian điền đầy (s) | Thời gian làm nguội (s) |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 0                           | 240                | 40                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |
| 0                           | 240                | 40                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |
| 20                          | 220                | 40                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |
| 25                          | 230                | 50                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |
| 30                          | 255                | 55                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |
| 35                          | 230                | 50                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |
| 40                          | 235                | 55                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |
| 50                          | 250                | 50                  | 140               | 2,43                   | 19,8                    |

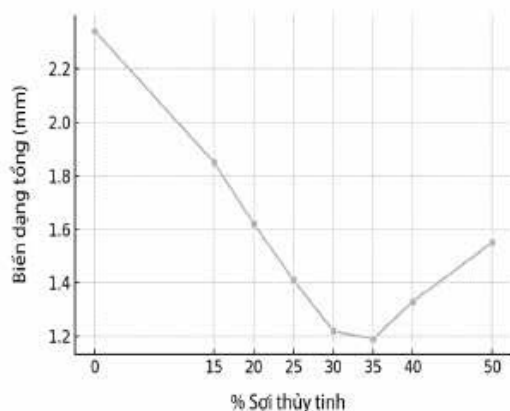


### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Biến dạng tổng

Biến dạng tổng (total displacement, mm) là chỉ tiêu phản ánh khả năng giữ hình và ổn định kích thước sau ép phun. Với sản phẩm dạng tấm có gân như nắp che bên ghế ô tô, hiện tượng cong vênh ảnh hưởng trực tiếp đến độ khít lắp ráp và độ phẳng bề mặt. Hình 3 thể hiện xu hướng giảm rõ rệt của độ biến dạng theo tỷ lệ sợi thủy tinh. Với vật liệu không gia cường, độ biến dạng đạt 2,34 mm. Khi tăng hàm lượng sợi từ 15% đến 35%, giá trị này giảm xuống khoảng 1,2 mm nhờ sự cải thiện đồng thời của độ cứng vật liệu, định hướng sợi và khả năng kháng co ngót theo dòng chảy. Khi hàm lượng sợi từ 40% trở lên, biến dạng tăng nhẹ trở lại do hiệu ứng định hướng sợi vượt ngưỡng và trở lực dòng chảy gây phân bố vật liệu không đều.

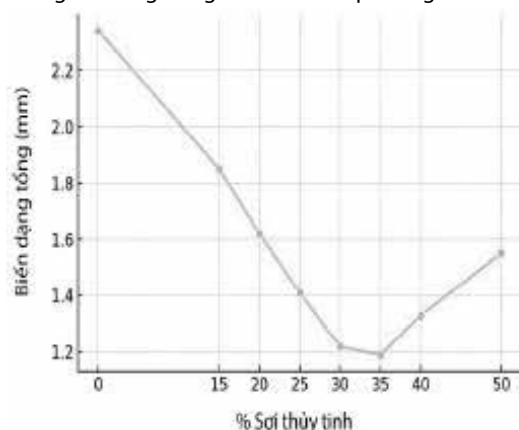
Như vậy, hàm lượng sợi từ 30% đến 35% được xem là tối ưu để kiểm soát biến dạng tổng, đảm bảo tính ổn định hình học mà không gây ảnh hưởng bất lợi đến quá trình diên đầy hoặc phân bố nhiệt trong khuôn.



Hình 3. Ảnh hưởng của % sợi thủy tinh tới biến dạng tổng

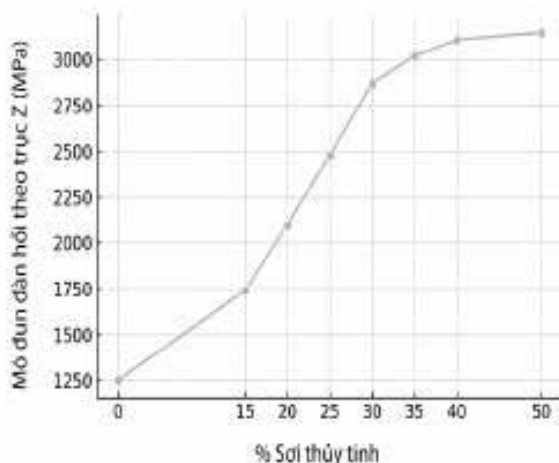
#### 3.2. Co ngót thể tích lớn nhất

Co ngót thể tích lớn nhất (Total volume shrinkage, %) phản ánh mức suy giảm thể tích trong quá trình chuyển pha từ lỏng sang rắn. Đối với chi tiết có thành mỏng và bề mặt rộng như nắp che bên ghế ô tô, co ngót cao dễ gây rỗ lõm, sai lệch kích thước và giảm chất lượng lắp ráp. Hình 4 cho thấy xu hướng co ngót giảm mạnh theo hàm lượng sợi thủy tinh. Với PP nguyên chất, co ngót thể tích đạt 12,5%. Khi bổ sung sợi ở mức 15% đến 35%, giá trị này giảm liên tục xuống 6,5%. Sự cải thiện này chủ yếu nhờ đặc tính không co ngót của sợi thủy tinh và khả năng hạn chế chuyển động phân tử trong giai đoạn làm nguội. Ngoài ra, định hướng sợi theo dòng chảy giúp giảm co ngót không đồng đều theo các phương.



Hình 4. Ảnh hưởng của % sợi thủy tinh đến co ngót thể tích lớn nhất

Khi hàm lượng sợi tăng trở lên, co ngót tăng nhẹ trở lại do ảnh hưởng của trở lực dòng chảy và tích tụ nhiệt cục bộ. Do đó, hàm lượng sợi từ 30% đến 35% được đánh giá là tối ưu để hạn chế co ngót thể tích và đảm bảo độ ổn định hình học sau ép phun.



Hình 5. Ảnh hưởng của % sợi thủy tinh đến độ cứng theo phương trục Z

#### 3.3. Độ cứng theo trục Z

Mô-đun đàn hồi theo trục Z phản ánh khả năng kháng biến dạng theo phương vuông góc với bề mặt sản phẩm, đặc biệt quan trọng đối với các chi tiết có gân và tiết diện mỏng như nắp che bên ghế ô tô. Hình 5 cho thấy xu hướng tăng rõ rệt của độ cứng khi tăng hàm lượng sợi thủy tinh. Với vật liệu PP nguyên chất, mô-đun Z chỉ đạt khoảng 1.250 MPa. Khi tăng hàm lượng sợi từ 15% đến 30%, giá trị này tăng gần gấp đôi, đạt 2870 MPa. Sự gia tăng này chủ yếu nhờ hiệu quả gia cường từ sợi thủy tinh định hướng theo dòng chảy. Từ 35% trở lên, mô-đun tiếp tục tăng nhưng chậm hơn, dao động quanh 3.150 MPa. Điều này cho thấy vật liệu đã đạt trạng thái gần bão hòa về khả năng gia cường, trong khi dòng chảy bắt đầu bị ảnh hưởng bởi mật độ sợi cao.

Như vậy, vùng hàm lượng sợi từ 30% đến 35% là phù hợp để đạt độ cứng cao theo phương Z, đồng thời vẫn đảm bảo khả năng gia công ổn định cho sản phẩm có hình học mỏng và bất đối xứng.

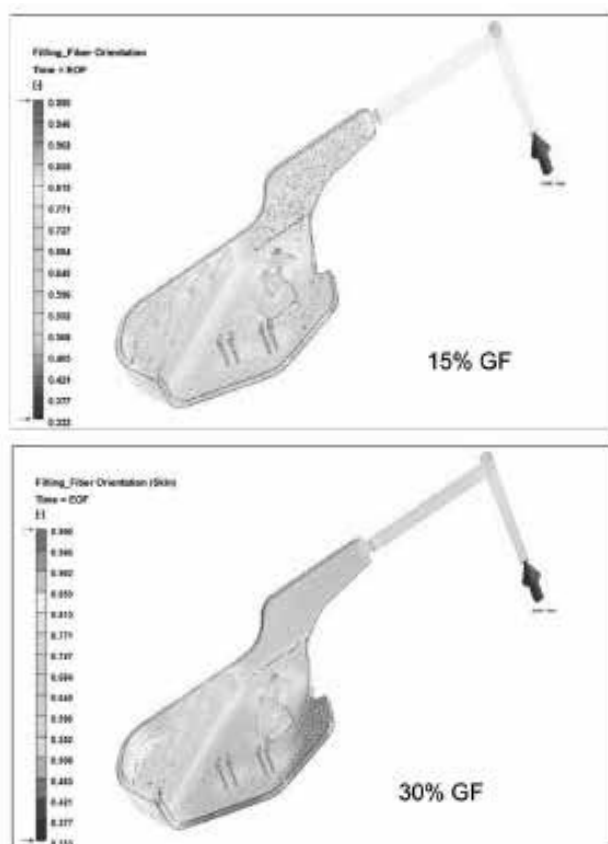
#### 3.4. Phân bố hướng sợi thủy tinh

Trong vật liệu composite gia cường bằng sợi thủy tinh ngắn, định hướng sợi theo dòng chảy là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến mô-đun đàn hồi, khả năng chịu tải và độ ổn định hình học của sản phẩm sau ép phun. Hình 6 và Hình 7 thể hiện trường định hướng sợi và phân bố thể tích theo mức định hướng ứng với hai hàm lượng sợi: 15% và 30%.

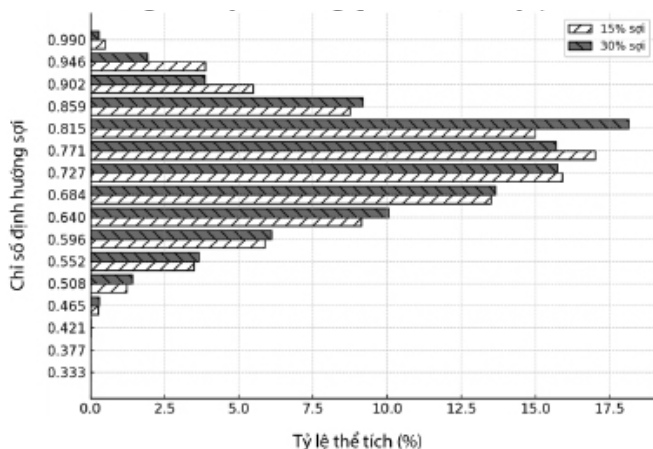
Chỉ số định hướng được biểu diễn trong thang từ 0,333 đến 0,990, trong đó 0,333 tương ứng với định hướng ngẫu nhiên hoàn toàn, còn giá trị gần 1 thể hiện trạng thái gần như đồng trục. Đây là đại lượng vô hướng rút ra từ thành phần chính của tensor định hướng, không có đơn vị.

Với tỷ lệ 15%, định hướng sợi còn yếu và không đồng đều. Giá trị trung bình chỉ đạt 0,728, trong khi tỷ lệ thể tích đạt chỉ số định hướng trên 0,85 chỉ vào khoảng 5%. Sự suy giảm rõ rệt xuất hiện tại các vùng chân gân và mép bản, nơi thường chịu ứng suất uốn sau ép.

Ở mức 30%, định hướng sợi được cải thiện rõ rệt cả về độ lớn và mức phân bố. Giá trị trung bình tăng lên 0,783, gần 50% thể tích chi tiết nằm trong dải chỉ số từ 0,771 đến 0,902. Các sợi bám sát hướng dòng chảy chính, đặc biệt tại các gân và mặt liên kết, giúp tăng khả năng kháng cong vênh và tăng cứng theo phương Z.



Hình 6. Bản đồ định hướng sợi thủy tinh trong quá trình điền đầy (15% và 30% sợi thủy tinh)



Hình 7. Phân bố thể tích theo mức định hướng sợi (15% và 30% sợi thủy tinh)

Kết quả cho thấy định hướng sợi là cơ chế trung gian then chốt, giải thích sự cải thiện đồng thời của ba chỉ tiêu đã phân tích. Hàm lượng sợi từ 30% đến 35% là phù hợp để đạt định hướng hiệu quả mà không gây mất cân bằng dòng chảy. Đây là vùng tối ưu cho các chi tiết nhựa mỏng, có gân và hình học bất đối xứng trong ứng dụng công nghiệp.

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện mô phỏng quá trình ép phun chi tiết nắp che bên ghế ô tô sử dụng vật liệu polypropylene có hàm lượng sợi thủy tinh thay đổi từ 0 đến 50%. Mô hình được xây dựng theo hình học thực tế và điều kiện công nghệ tiêu chuẩn nhằm phân tích

ảnh hưởng của tỷ lệ sợi đến ba chỉ tiêu kỹ thuật chính gồm: Độ biến dạng tổng, co ngót thể tích lớn nhất và mô-đun đàn hồi theo trục Z.

Kết quả cho thấy khi tăng hàm lượng sợi đến khoảng 30% - 35%, các chỉ tiêu kỹ thuật đều được cải thiện rõ rệt. Độ cong vênh và co ngót giảm hơn 40% so với vật liệu không gia cường, trong khi độ cứng tăng gần gấp đôi. Định hướng sợi trong lòng khuôn được cải thiện đáng kể tại mức sợi này, góp phần nâng cao độ ổn định hình học và khả năng chống biến dạng cục bộ sau ép.

Từ ngưỡng 40% trở lên, hiệu quả gia cường giảm dần do tăng trở lực dòng chảy và mất cân bằng phân bố nhiệt, dẫn đến biến dạng tăng trở lại tại các vùng có hình học phức tạp.

Tổng hợp lại, hàm lượng sợi thủy tinh từ 30% đến 35% được xác định là tối ưu cho chi tiết nhựa kỹ thuật dạng tấm, có gân và hình học bất đối xứng. Mức này cho phép đạt hiệu quả cơ học cao, đồng thời vẫn đảm bảo khả năng chảy điền khuôn và kiểm soát sai lệch hình học trong sản xuất thực tế.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P. Ma, Y. Zhang, L. Li and X. Liu (2020), Mechanical properties of injection molded polypropylene, *Materials Today*, vol.36, pp.45-52.
- [2]. J. Kim, H. Kwon and S. Park (2019), Flow and mechanical characteristics of polypropylene in automotive interior parts, *Polymers for Advanced Technologies*, vol.30, no.4, pp.578-586.
- [3]. Y. Zhang, H. Chen, and Q. Wu (2021), Warpage of injection molded thin-walled parts: simulation and experimental validation, *Polymer Composites*, vol.42, no.1, pp.55-65.
- [4]. H. Lee, T. Seo, and K. Lim (2022), Geometric stability of asymmetric molded parts in automotive applications, *Composites Part B: Engineering*, vol.143, pp.120-129.
- [5]. S. Fu and B. Lauke (2008), Effects of fiber length and orientation on tensile strength of short glass fiber reinforced polymers, *Composites Science and Technology*, vol.68, no.1, pp.332-344.
- [6]. J. L. Thomason (2010), The influence of fiber content on the properties of glass fiber reinforced polypropylene, *Composites Science and Technology*, vol.70, pp.102-110.
- [7]. K. Friedrich and M. Fakirov (2005), Analysis of viscosity and warpage in glass-fiber reinforced polypropylene, *Polymer Engineering and Science*, vol.45, no.2, pp.189-198.
- [8]. L. Wang, J. He and S. Lin (2023), Numerical assessment of warpage and fiber orientation in injection molded parts, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, vol.36, no.3, pp.455-469.
- [9]. B. Sikló, Z. Major and R. Lang (2022), Deformation analysis of short glass fiber reinforced polypropylene, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.117, pp.899-910.
- [10]. S. G. Advani and C. L. Tucker (1990), The use of tensors to describe and predict fiber orientation in short fiber composites, *Journal of Rheology*, vol.31, no.8, pp.751-784.
- [11]. S. Folgar and C. L. Tucker (1984), Orientation behavior of fibers in concentrated suspensions, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol.3, no.2, pp.98-119.
- [12]. Y. Liu, R. Liu and X. Wang (2020), Simulation of fiber-reinforced polypropylene molding: orientation and warpage prediction, *Polymer Engineering and Science*, vol.60, no.10, pp.2450-2459.
- [13]. M. A. Khan, T. Hussain and N. Ahmad (2021), Coupled simulation of fiber orientation and warpage in injection molded parts, *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol.104, pp.102-115.
- [14]. F. Jian, C. Li and H. Zhao (2015), Optimization of injection molding process to reduce warpage in glass fiber reinforced polyamide, *Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Manufacturing*, pp.58-62.
- [15]. H. K. Kim, J. W. Lee and S. H. Choi (2019), Warpage reduction in glass-fiber reinforced thermoplastics using microcellular injection molding, *Polymers*, vol.11, no.2, article 360.

# Literature review on the impact behavior of fiber-reinforced cementitious composites

Nghiên cứu tổng quan về ứng xử và đập của vật liệu xi măng cốt sợi

> DR HO VINH HA

University of Transport and Communications

Email: hahv\_ph@utc.edu.vn

## ABSTRACT

This literature review presents a comprehensive overview of the impact behavior of fiber-reinforced cementitious composites (FRCCs), with a particular focus on steel, polymeric, glass, carbon and shape memory alloy (SMA) fibers. The incorporation of fibers into cementitious matrices significantly enhances impact resistance by improving energy absorption, crack control and post-cracking ductility. Among various fiber types, hooked-end steel fibers demonstrate superior performance, while hybrid combinations-such as steel with polypropylene or glass fibers-further optimize impact resistance. Test methods including drop-weight and explosive impact tests reveal that fiber volume fraction, geometry and distribution play critical roles in performance outcomes. Experimental results consistently show that fiber reinforcement not only increases the number of blows to initial crack and failure but also improves structural integrity under repeated or high-velocity impacts. Overall, this review underscores the importance of fiber type, content and configuration in maximizing the impact performance of FRCCs and provides valuable insights for advancing their application in protective and load-resistant concrete structures.

**Keywords:** Fiber-Reinforced Cementitious Composites (FRCCs); impact resistance; dynamic load performance; steel fibers; shape memory alloy (SMA) fibers.

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày một cái nhìn toàn diện về ứng xử và đập của vật liệu xi măng cốt sợi (FRCCs), tập trung vào các loại sợi thép, polyme, thủy tinh, carbon và hợp kim nhớ hình (SMA). Việc bổ sung sợi vào ma trận xi măng giúp tăng đáng kể khả năng chống va đập thông qua việc cải thiện khả năng hấp thụ năng lượng, kiểm soát vết nứt và tính dẻo sau nứt. Trong các loại sợi được nghiên cứu, sợi thép dạng đầu móc cho thấy hiệu quả vượt trội, trong khi các tổ hợp sợi lai - chẳng hạn như sợi thép kết hợp với sợi polypropylene hoặc sợi thủy tinh - cho hiệu quả tối ưu hơn so với việc sử dụng một loại sợi đơn lẻ. Các phương pháp thử nghiệm như va đập rơi tự do và thử nổ cho thấy hàm lượng sợi, hình học và sự phân bố của sợi đóng vai trò quan trọng đối với hiệu suất cơ học. Kết quả thực nghiệm nhất quán chỉ ra rằng cốt sợi không chỉ làm tăng số lần va đập cần thiết để gây ra nứt đầu tiên và phá hủy mẫu, mà còn cải thiện độ bền kết cấu dưới tác động lặp lại hoặc vận tốc cao. Tổng quan này khẳng định vai trò của loại sợi, hàm lượng và cấu hình bố trí trong việc tối ưu hóa khả năng chịu va đập của FRCCs, đồng thời cung cấp các định hướng hữu ích nhằm thúc đẩy ứng dụng của vật liệu này trong các kết cấu bê tông bảo vệ và chịu tải trọng lớn.

**Từ khóa:** Vật liệu xi măng cốt sợi; ứng xử và đập; tải trọng động; sợi thép; sợi hợp kim nhớ hình.

## 1. INTRODUCTION

The incorporation of fibers to enhance the properties of mortar or concrete has a long history, dating back centuries. However, systematic investigations into the use of fiber-reinforced cementitious composites (FRCCs) began in the 1960s. By the 1970s, FRCCs had gained widespread attention and application in the construction industry. Today, they are extensively used in a variety

of civil and infrastructure projects, including earthquake-resistant structures, tunnels, pavements, bridges, dams, airports and protective linings [1]. FRCCs are typically defined as cementitious composites-comprising mortar or concrete-reinforced with fibers that are uniformly dispersed and randomly oriented within the matrix. The inclusion of fibers significantly enhances the mechanical performance of the composite, particularly in terms of crack control,



ductility and resistance to impact.

Fibers improve the impact resistance of cementitious composites by increasing both energy absorption and dynamic strength [2]. These improvements are attributed to the enhanced strain rate sensitivity introduced by fibers under impact loading. Various testing methods have been developed to assess the impact performance of FRCCs, including: (1) weighted pendulum Charpy-type tests, (2) instrumented pendulum tests, (3) drop-weight tests (single or repeated), (4) projectile impact tests and (5) explosive tests. Due to safety concerns, regulatory limitations and the challenges of capturing high-speed responses, projectile and explosive tests are infrequently used. In contrast, pendulum and drop-weight tests are more practical for laboratory settings, with the drop-weight test being the most widely adopted due to its simplicity, reliability and suitability for simulating real-world impact conditions.

## 2. IMPACT BEHAVIOR OF FRCCs

### 2.1. Steel Fiber-Reinforced Cementitious Composites (SFRCs)

In practice, various parameters influence the impact resistance of concrete, including fiber reinforcement, aggregate type and aggregate shape. To quantify this variability, Nataraja et al., [3] conducted a statistical analysis of impact test results on both plain and steel fiber-reinforced concrete (SFRC), revealing high coefficients of variation—largely attributable to differences in fiber-related parameters. Aslani et al., [4] confirmed that the steel fiber content plays a critical role in improving impact resistance. Ramakrishnan et al., [5] further demonstrated that SFRC exhibited six times greater resistance to impact loading compared to non-fibrous concrete. Similarly, Rahmani et al., [6] experimentally showed that incorporating 0.5% hooked-end steel fiber could double the resistance at first crack and triple the resistance at failure.

Nili et al., [7] performed a drop-weight impact test to investigate the combined effect of steel fiber and silica fume on reinforced concrete. The results indicated that a 0.5% volume of hooked-end steel fiber (60 mm length, 0.75 mm diameter) enhanced impact resistance by 7.7 times at first crack and 10 times at failure, relative to plain specimens. Increasing the fiber dosage to 1.0% further raised these values to 10 and 12 times, respectively. Although silica fume increased matrix brittleness, it also raised the number of blows required to initiate the first crack.

Chen et al., [8] examined the effects of steel fiber alone and in combination with conventional reinforcement (d12@50) on the impact resistance of high-performance concrete. Results showed that increasing steel fiber content from 20 kg/m<sup>3</sup> to 35 kg/m<sup>3</sup> significantly improved performance at both initial cracking and failure. Notably, specimens with 35 kg/m<sup>3</sup> steel fiber exhibited higher impact resistance than those reinforced with steel bars alone. When steel fibers were combined with rebar, the impact resistance increased by approximately 2.5 to 3.5 times compared to concrete reinforced with only rebar or steel fibers individually.

Gopalaratnam et al., [9] conducted instrumented Charpy impact tests to evaluate the effect of steel fiber inclusion on the impact performance of cementitious composites. The results indicated substantial improvements, with dynamic strength increasing by up to 111% and energy absorption capacity by up to 70%. Composites made with a weaker matrix and reinforced with higher fiber content and greater aspect ratio exhibited greater sensitivity and enhanced performance under dynamic loading compared to those with a stronger matrix, lower fiber volume, and smaller aspect ratio. Similarly, Yusof et al., [10] investigated the

impact resistance of normal-strength concrete panels reinforced with 0.5%, 1.0% and 1.5% hooked-end steel fibers under explosive loading. The results demonstrated that increasing fiber content led to enhanced resistance, with the 1.5% fiber volume fraction delivering the most favorable performance under high-intensity explosive impacts.

The type and length of steel fiber significantly influence the impact resistance of fiber-reinforced cementitious composites. Ramakrishnan et al., [5] demonstrated that hooked-end steel fibers considerably enhanced impact resistance, providing at least a fivefold improvement compared to straight steel fibers. Similarly, Mahakavi et al., [11] compared the performance of hooked-end and crimped steel fibers at volume fractions of 0.25%, 0.5% and 0.75%. The results consistently showed that specimens with hooked-end fibers exhibited superior impact resistance—both at the initial cracking and ultimate failure stages—compared to those with crimped fibers at equivalent dosages. Murali et al., [12] also confirmed this trend, reporting that hooked-end fibers were more effective than crimped fibers across various volume fractions (0.5%, 1.0%, and 1.5%). In terms of fiber length, Mohammadi et al. [13] conducted a detailed study using steel fibers of 25 mm and 50 mm lengths in varying proportions. The highest impact resistance was observed in specimens reinforced exclusively with 50 mm fibers (100%), while the lowest performance occurred in specimens containing only 25 mm fibers (100%). The results indicated that longer fibers were more effective in improving impact resistance. Furthermore, an increasing trend was observed with higher fiber content, confirming the positive correlation between fiber length, dosage, and impact performance.

Murali et al., [14] conducted impact tests on slabs reinforced with different steel fiber configurations, including 3.3% crimped steel fiber, 3.3% hooked-end steel fiber, a combination of both at 3.3% and a hybrid mix containing 0.33% long and short crimped fibers. For control specimens without fiber reinforcement, the number of repeated impacts required to cause the initial crack ranged from 11 to 14. Among the fiber-reinforced specimens, the combination of hooked-end and crimped fibers demonstrated the highest impact resistance, followed by the hybrid of long and short crimped fibers. A similar trend was observed at failure, with the number of impacts required increasing from 13.7 (no fiber) to 14.8 (crimped), 19.0 (hooked-end + crimped) and 18.5 (hybrid crimped). These results suggest that combining fibers with different geometries or aspect ratios is more effective in enhancing impact resistance than using mono-fiber types.

The superiority of high-strength steel fiber-reinforced concrete (HSFRC) over high-strength concrete (HSC) was also confirmed by Song et al., [15], who reported that the first-crack and failure strengths of HSFRC were approximately 3.9 and 4.2 times greater than those of HSC, respectively. Despite these strength gains, both materials exhibited similar variability in their cracking and failure behavior. Luo et al., [16] further demonstrated that HSFRC specimens maintained structural integrity under projectile impact—showing only surface cracking—whereas non-fiber HSC exhibited brittle, smash-type failure. Luo also proposed an empirical equation describing the relationship between the dimensionless projectile velocity and penetration depth in HSFRC.

### 2.2. Chemical Fiber-Reinforced Cementitious Composites

Chemical fibers—such as polypropylene (PP), polyethylene (PE), polyvinyl alcohol (PVA) and aramid—are increasingly used in cementitious composites to enhance toughness, crack resistance,

and energy absorption capacity under dynamic or impact loading. Unlike steel fibers, chemical fibers are lightweight, corrosion-resistant and capable of bridging microcracks at an early stage, thus delaying crack propagation and improving post-cracking behavior.

Polypropylene (PP) fibers have been shown to enhance the impact resistance of concrete in several studies. Rahmani et al., [17] experimentally demonstrated that the inclusion of PP fibers could double the impact resistance of concrete compared to plain specimens. Mindess et al., [18], using an instrumented drop-weight impact test, reported that the addition of PP fibers improved both the fracture energy and impact strength of concrete. Similarly, Bentur et al., [19] applied an instrumented impact test to evaluate the effectiveness of PP fibers and found that low fiber contents (ranging from 0.1% to 0.5% by volume) had limited influence on the dynamic performance of both normal and high-strength concretes. However, under static loading, PP fibers at similar dosages were effective in controlling crack propagation. The combined effect of silica fume and PP fibers has also been investigated. Nili et al., [7] concluded that the incorporation of both materials enhanced the impact resistance of concrete, with an optimum PP fiber content around 0.5% by volume. This finding is consistent with Barr et al., [20], who reported that the number of blows required to cause failure increased as fiber content rose from 0.25% to 1.0%, with the most significant improvement observed in specimens containing 0.5% to 0.75% PP fiber.

An increase in the volume fraction of glass fibers generally enhances the impact resistance of cementitious composites. Mastali et al., [21] conducted drop-weight impact tests on specimens containing 0.25%, 0.75% and 1.25% glass fiber by volume. The results showed that the number of blows at first crack increased by 147% and 200% for 0.75% and 1.25% glass fiber, respectively, compared to 0.25% glass fiber. A similar trend was observed at failure, with increases of 151% and 209%.

In the case of carbon fibers, Ali et al., [22] reported that a relatively high fiber content (3% by volume) was required to improve impact strength. Soroushian et al., [23] also confirmed that carbon fibers enhanced both first-crack and ultimate impact resistance. Mastali et al., [21] further investigated the effects of carbon fiber volume fractions (0.5% - 2.0%) and lengths (10 mm, 20 mm, 30 mm). The highest impact resistance-approximately 3 times and 5 times higher than the plain specimen at first crack and failure, respectively-was recorded with 2.0% of 30 mm fibers, attributed to effective crack bridging.

Yildirim et al., [24] studied the impact performance of mono and hybrid fibers (steel, glass, PP) under repeated impact loading. While first-crack resistance showed variability, failure resistance increased consistently with fiber content. Hybrid reinforcement using steel and glass fibers yielded the best performance, followed by steel and PP fibers. In mono-fiber comparisons, glass fiber outperformed PP at equal volume fractions (0.1%). Asrani et al., [25] also demonstrated that hybrid systems (e.g., 1.3% steel + 0.3% PP and/or 0.3% glass) provided superior impact resistance, reaffirming Yildirim's findings.

### 2.3. Shape Memory Alloy (SMA) Fiber-Reinforced Cementitious Composites (SMA-FRCCs)

Recently, a new class of smart materials-Shape Memory Alloy (SMA) fibers-has gained increasing attention for their superior properties compared to conventional fiber reinforcements. SMA fibers exhibit excellent chemical stability in alkaline cementitious environments and natural acidic conditions, in addition to being lightweight and possessing high tensile strength. Their

distinguishing features are the shape memory effect (SME) and superelastic effect (SE). SME enables SMA fibers to undergo phase transformation and recover deformation upon heating, thereby generating recovery stress, while SE allows the material to close cracks upon unloading, enhancing self-healing capacity [26-29].

Most studies investigating the impact resistance of SMA-reinforced cementitious composites have employed repeated drop-weight impact tests, as recommended by ACI 544-2R [30], due to their simplicity and effectiveness. For instance, Ali et al. [22] evaluated composites containing 2.0 vol% PVA fibers and hybrid mixes with 0.5%, 1.0% and 1.5% SMA fibers. The inclusion of SMA fibers significantly improved impact resistance, with 1.0 vol% found to be optimal. Higher dosages led to increased porosity due to fiber agglomeration. Notably, combining 2.0% PVA and 1.0% SMA fibers achieved the highest energy dissipation and lowest penetration depth. Heat-treated SMA fibers further enhanced performance via a pre-stressing effect, increasing impact failure energy by 12.46 - 34.15%. Aslani et al., [4] conducted impact tests by dropping a 100 kg weight onto 100 mm cube specimens containing hooked SMA fibers. The results demonstrated improved dynamic resistance, with most specimens remaining intact due to the bridging and shape memory effects of SMA fibers. Specimens with less than 0.5% SMA exhibited semi-explosive cracking due to insufficient reinforcement, while 0.75 vol% effectively prevented such failure modes.

### 3. CONCLUDING REMARKS

Fiber reinforcement significantly enhances the impact resistance of cementitious composites by improving crack bridging, energy absorption, and post-crack ductility. Steel fibers, particularly hooked-end types, provide the greatest improvement in impact performance, with optimal results observed at 0.5 - 1.5% volume fractions. Hybrid fiber systems (e.g., mixed lengths or types) outperform mono-fiber mixes by offering superior energy dissipation and toughness. Chemical fibers like polypropylene and glass improve crack control under static or low-velocity impacts but are less effective under high-energy dynamic loads. Carbon and SMA fibers deliver advanced performance-carbon fibers enhance strength at low dosages, while SMA fibers contribute self-recovery and exceptional energy dissipation.

The table below summarizes the impact resistance characteristics of various fiber types used in fiber-reinforced cementitious composites (FRCCs), highlighting their key benefits, optimal volume fractions, and observed performance under impact loading conditions.

Table 1. Graphical Summary: Impact Resistance of FRCCs by Fiber Type

| Fiber Type                 | Key Benefits                                         | Optimal Dosage      | Impact Performance                  |
|----------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| <b>Steel (hooked-end)</b>  | High energy absorption, ductility, crack bridging    | 0.5 - 1.5% vol.     | 3-12× resistance vs. plain concrete |
| <b>Hybrid Steel Fibers</b> | Mixed lengths/types improve toughness, delay failure | Varies (e.g., 3.3%) | Outperforms mono-fiber mixes        |
| <b>Polypropylene (PP)</b>  | Crack control under static/low-velocity loads        | 0.3 - 0.5% vol.     | Limited dynamic improvement (<2×)   |

|                     |                                                                  |                   |                                                     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Glass Fiber</b>  | Enhances initial crack resistance, lightweight                   | 0.75 - 1.25% vol. | 1.5-2× improvement depending on dosage              |
| <b>Carbon Fiber</b> | High strength, good bridging, efficient at longer lengths        | 1.5 - 2.0% vol.   | Up to 5× improvement at 30 mm length                |
| <b>SMA Fiber</b>    | Self-recovery (SME), crack closing (SE), high dynamic resistance | 0.5 - 1.0% vol.   | High energy dissipation, prevents explosive failure |

## REFERENCES

- [1]. Gong, C., Ding, W., Mosalam, K. M., Günay, S., & Soga, K. (2017), Comparison of the structural behavior of reinforced concrete and steel fiber reinforced concrete tunnel segmental joints, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 68, 38-57.
- [2]. Yan, H., Sun, W., & Chen, H. (1999), The effect of silica fume and steel fiber on the dynamic mechanical performance of high-strength concrete, *Cement and Concrete Research*, 29(3), 423-426.
- [3]. Nataraja, M. C., Dhang, N., & Gupta, A. P. (1999), Statistical variations in impact resistance of steel fiber-reinforced concrete subjected to drop weight test, *Cement and Concrete Research*, 29(7), 989-995.
- [4]. Aslani, F., Liu, Y., & Wang, Y. (2019), The effect of NiTi shape memory alloy, polypropylene and steel fibres on the fresh and mechanical properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 215, 644-659.
- [5]. Ramakrishnan, V., Coyle, W. V., Kulandaisamy, V., & Schrader, E. K. (1981), Performance characteristics of fiber reinforced concretes with low fiber contents, *Journal Proceedings*, 78(5), 388-394.
- [6]. Rahmani, T., Kiani, B., Shekarchi, M., & Safari, A. (2012), Statistical and experimental analysis on the behavior of fiber reinforced concretes subjected to drop weight test, *Construction and Building Materials*, 37, 360-369.
- [7]. Nili, M., & Afrouhsabet, V. (2010), Combined effect of silica fume and steel fibers on the impact resistance and mechanical properties of concrete, *International journal of impact engineering*, 37(8), 879-886.
- [8]. Chen, X. Y., Ding, Y. N., & Azevedo, C. (2011), Combined effect of steel fibres and steel rebars on impact resistance of high performance concrete, *Journal of Central South University of Technology*, 18(5), 1677.
- [9]. Gopalaratnam, V. S., & Shah, S. P. (1986), Properties of steel fiber reinforced concrete subjected to impact loading, *Journal Proceedings*, 83(1), 117-126.
- [10]. Yusof, M. A., Norazman, N., Ariffin, A., Zain, F. M., Risby, R., & Ng, C. P. (2010), Normal strength steel fiber reinforced concrete subjected to explosive loading, *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 1(2), 127-136.
- [11]. Mahakavi, P., & Chithra, R. (2019), Impact resistance, microstructures and digital image processing on self-compacting concrete with hooked end and crimped steel fiber, *Construction and Building Materials*, 220, 651-666.
- [12]. Murali, G., Santhi, A. S., & Ganesh, G. M. (2014), Effect of crimped and hooked end steel fibres on the impact resistance of concrete, *Journal of Applied Science and Engineering*, 17(3), 259-266.
- [13]. Mohammadi, Y., Carkon-Azad, R., Singh, S. P., & Kaushik, S. K. (2009), Impact resistance of steel fibrous concrete containing fibres of mixed aspect ratio, *Construction and Building Materials*, 23(1), 183-189.
- [14]. Murali, G., & Ramprasad, K. (2018), A feasibility of enhancing the impact strength of novel layered two stage fibrous concrete slabs, *Engineering Structures*, 175, 41-49.
- [15]. Song, P. S., Hwang, S., & Sheu, B. C. (2005), Strength properties of nylon-and polypropylene-fiber-reinforced concretes, *Cement and Concrete Research*, 35(8), 1546-1550.
- [16]. Luo, X., Sun, W., & Chan, S. Y. (2000), Characteristics of high-performance steel fiber-reinforced concrete subject to high velocity impact, *Cement and Concrete Research*, 30(6), 907-914.
- [17]. Rahmani, T., Kiani, B., Shekarchi, M., & Safari, A. (2012), Statistical and experimental analysis on the behavior of fiber reinforced concretes subjected to drop weight test, *Construction and Building Materials*, 37, 360-369.
- [18]. Mindess, S., & Vondran, G. (1988), Properties of concrete reinforced with fibrillated polypropylene fibres under impact loading, *Cement and Concrete Research*, 18(1), 109-115.
- [19]. Bentur, A. M., & Skalny, J. (1989), Reinforcement of Normal and High Strength Concrete With Fibrillated Polypropylene Fibers, *Cement Concrete Research*, 19, 229-239.
- [20]. Barr, B., & Bouamrata, A. (1988), Development of a repeated dropweight impact testing apparatus for studying fibre reinforced concrete materials, *Composites*, 19(6), 453-466.
- [21]. Mastali, M., Dalvand, A., & Sattarifar, A. R. (2016), The impact resistance and mechanical properties of reinforced self-compacting concrete with recycled glass fibre reinforced polymers, *Journal of Cleaner Production*, 124, 312-324.
- [22]. Ali, M. A. E. M., Soliman, A. M., & Nehdi, M. L. (2017), Hybrid-fiber reinforced engineered cementitious composite under tensile and impact loading, *Materials & Design*, 117, 139-149.
- [23]. Soroushian, P., Nagi, M., & Alhozaim, A. (1992), Statistical variations in the mechanical properties of carbon fiber reinforced cement composites, *Materials Journal*, 89(2), 131-138.
- [24]. Yildirim, S. T., Ekinci, C. E., & Findik, F. (2010), Properties of hybrid fiber reinforced concrete under repeated impact loads, *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 46(7), 538-546.
- [25]. Asrani, N. P., Murali, G., Parthiban, K., Surya, K., Prakash, A., Rathika, K., & Chandru, U. (2019), A feasibility of enhancing the impact resistance of hybrid fibrous geopolymer composites: experiments and modelling, *Construction and Building Materials*, 203, 56-68.
- [26]. Choi, E., Park, S., & Ho, V. H. (2024), Recovery stress, bond resistance and stiffness to slip of crimped SMA fibers with considering geometric variation, *Case Studies in Construction Materials*, 20, e03179.
- [27]. Ho, V. H., Choi, E., Ngo, V. M., & Nguyen, N. L. (2025), Investigating pullout behavior of inclined superelastic SMA fiber in a mortar matrix based on finite element method, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 50(3), 1439-1456.
- [28]. Ho, H. V., Choi, E., Kim, W. J., & Choi, J. (2022), Evaluating the symmetric behavior of single superelastic SMA rings with circular and elliptic shapes, *International Journal of Steel Structures*, 22(5), 1283-1305.
- [29]. Choi, E., Ho, H. V., & Seo, J. (2021), Dynamic behaviors of mortar reinforced with NiTi SMA fibers under impact compressive loading, *Materials*, 14(17), 4933.
- [30]. ACI 544-2R (1999), *Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete*, American Concrete Institute.



# Nghiên cứu hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi tại các dự án đầu tư xây dựng cảng biển container ở Việt Nam

An analysis of the operational efficiency of yard cranes in container terminal construction projects in Vietnam

> THS PHẠM HUY TÙNG<sup>1</sup>, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Hàng hải Việt Nam; Email: hainl@utc.edu.vn

<sup>2</sup>Trường Đại học Giao thông vận tải

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi tại các dự án đầu tư xây dựng bến cảng biển container ở Việt Nam, với mục tiêu đánh giá mối quan hệ giữa hiệu suất thiết bị toàn phần của thiết bị và công tác quản lý khai thác (QLKT). Thông qua phương pháp đo lường Hiệu suất thiết bị toàn phần (DEE), nghiên cứu đã làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến mức độ sẵn sàng, hiệu suất vận hành và chất lượng thao tác của nhóm cần cầu bãi. Kết quả khảo sát từ 159 đối tượng tại các bến cảng biển container cho thấy công tác lập kế hoạch, tổ chức và kiểm soát có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất khai thác. Trong khi đó, công tác lãnh đạo, điều hành ảnh hưởng gián tiếp thông qua các chức năng quản lý khác. Nghiên cứu là cơ sở đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu suất nhóm cần cầu bãi, góp phần tối ưu hóa hoạt động khai thác thiết bị xếp dỡ, cơ giới (TBXDCG) tại các bến cảng biển container ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Quản lý khai thác thiết bị; cầu bãi; Hiệu suất thiết bị toàn phần (DEE); cảng biển container; thiết bị xếp dỡ cơ giới.

## ABSTRACT

This study analyzes the operational performance of yard crane equipment groups at container terminal construction projects in Vietnam, aiming to evaluate the relationship between Overall Equipment Effectiveness (OEE) and operational management. Using the OEE measurement method, the research identifies factors affecting availability, performance, and quality of yard crane operations. Survey data from 159 participants at various container terminals indicate that planning, organizing and controlling activities directly impact yard crane efficiency, while leadership influences indirectly through other management functions. The findings highlight the need for integrated management solutions to enhance yard crane productivity, contributing to the overall optimization of container terminal handling operations in Vietnam.

**Keywords:** Equipment operation management; yard crane; Overall equipment effectiveness (OEE); container terminal; cargo handling equipment.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quản lý và khai thác hiệu quả các nhóm TBXDCG đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao năng suất và hiệu quả vận hành của các bến cảng biển container. Trong đó, khu vực tuyến tiền phương (frontline) là bộ phận trọng yếu, nơi tập trung các hoạt động bốc xếp nhằm giải phóng tàu nhanh, tăng lượt tàu ra vào, tối ưu hóa công suất khai thác bến cảng, đồng thời giảm thiểu chi phí cho các hãng tàu. Hiệu quả khai thác tuyến tiền phương không chỉ phụ

thuộc vào năng suất thiết bị xếp dỡ tại cầu bến mà còn liên quan chặt chẽ đến sự phối hợp đồng bộ với nhóm thiết bị xếp dỡ tuyến hậu phương, đặc biệt là các loại cầu bãi.

Trên thế giới, đã có một số nghiên cứu đề cập đến quản lý và nâng cao năng suất khai thác TBXDCG. Tiêu biểu, nghiên cứu của Shahjahan [8] tại cảng Chittagong (Bangladesh) đã phân tích năng suất thiết bị xếp dỡ và đề xuất các giải pháp cải thiện hiệu quả khai thác. Nghiên cứu này nhấn mạnh vai trò của việc ứng dụng công

nghe hiện đại trong công tác quản lý thiết bị, cũng như sự cần thiết của việc đánh giá năng suất và chi phí vận hành. Tuy nhiên, các nội dung nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở phân tích hiệu suất khai thác tổng thể, chưa đi sâu vào các vấn đề quản lý kỹ thuật hay công tác bảo trì thiết bị trong quá trình sử dụng.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về khai thác TBXDCG cũng đã được thực hiện, song chủ yếu mang tính đặc thù cho từng bến cảng riêng lẻ. Có thể kể đến nghiên cứu của Lê Thế Nam [3] năm 2014 và Nguyễn Hải Mạnh [2] tại cảng Đoạn Xá (2015). Các công trình này tập trung vào các chỉ tiêu kinh tế như: Hiệu suất khai thác thiết bị theo thời gian, năng suất làm hàng, hiệu quả đầu tư TBXDCG. Tuy nhiên, các nghiên cứu chưa đề cập đầy đủ tới các yếu tố kỹ thuật như hiệu suất tiêu hao nhiên liệu, mức độ hao mòn thiết bị hay các chỉ số vận hành ảnh hưởng trực tiếp đến chi phí duy trì, bảo dưỡng và vòng đời thiết bị. Bên cạnh đó, phạm vi nghiên cứu chủ yếu giới hạn trong từng bến cảng riêng biệt, thiếu tính phổ quát về mô hình quản lý TBXDCG cho hệ thống bến cảng biển container nói chung.

Chính vì vậy, việc nghiên cứu mối quan hệ giữa hiệu suất khai thác nhóm cầu bãi với công tác QLKT TBXDCG được đầu tư xây dựng tại các bến cảng biển container ở Việt Nam là cần thiết. Nghiên cứu này không chỉ góp phần nâng cao năng suất nhóm thiết bị cầu bãi mà còn hướng đến mục tiêu cải thiện tổng thể hiệu quả khai thác TBXDCG, tối ưu hóa vận hành hệ thống cảng biển container trong bối cảnh hội nhập và phát triển bền vững kinh tế biển của Việt Nam hiện nay.

## 2. TỔNG QUAN VỀ HOẠT ĐỘNG CỦA NHÓM THIẾT BỊ CẦU BÃI TẠI CÁC BẾN CẢNG BIỂN CONTAINER

Cầu sắp xếp container (container stacking crane): Là loại cầu di

động sử dụng để sắp xếp container trong bãi container của cảng biển, còn được gọi là cầu bãi. Có hai loại cầu bãi gồm cầu bãi bánh ray hay cầu bãi RMG (Rail-Mounted Gantry) và cầu bãi bánh lốp hay cầu bãi RTG (Rubber-Tired Gantry) (Hình 1).

Cầu bãi RMG thường có khoảng cách giữa hai chân cầu lớn, có thể xếp được từ 8 đến 12 hàng container giữa hai chân cầu cộng thêm lối đi cho phương tiện vận tải bộ đến lấy hàng, chiều cao bình quân của đồng hàng là 6 tầng container, do đó cầu bãi RMG có hệ số sử dụng diện tích bãi rất cao. Thông thường, các bãi sử dụng cầu bãi RMG sẽ phải kết hợp với thiết bị vận chuyển hàng là hệ thống xe vận tải nội địa (xe đầu kéo, xe nâng ôm) vận chuyển container từ tàu vào bãi và ngược lại, cứ một cầu bãi RMG sẽ phục vụ một cầu bờ STS/QC (Ship-To-Shore Crane/Quay Crane). Cầu bãi RMG được sử dụng cho các bãi có khả năng thông qua cao, có năng suất xếp dỡ hàng trên bãi lên đến 30 container/giờ. Mỗi đường ray có thể dài đến 700 m, thường được bố trí từ 2 đến 3 cầu bãi RMG hoạt động. Hệ thống cầu bãi RMG có thể được khai thác tự động hóa hoàn toàn.

Cầu bãi RTG có khoảng cách giữa hai chân cầu khoảng 6 hàng container kèm theo lối đi cho phương tiện vận tải bộ đến lấy hàng. Chiều cao bình quân của đồng hàng là từ 5 - 6 tầng container. Mặc dù không tiết kiệm diện tích như hệ thống cầu bãi RMG nhưng hệ thống cầu bãi RTG lại rất cơ động, có thể dịch chuyển từ khu bãi này sang khu bãi khác. Đặc biệt, hệ thống này hoạt động hiệu quả tại các khu bãi có chiều dài bãi không lớn [4].

Cầu bãi RTG/RMG cũng được sử dụng cho các hoạt động xếp chồng để quản lý, mật độ lên đến 1.000 TEU/ha với các chồng lên đến 4 container đầy hàng hoặc 5 container rỗng. Nó có thể phục vụ 8 - 9 xe vận tải nội địa, mỗi giờ được 30 - 40 lượt di chuyển container vì các container cần được đảo chuyển trong các ngăn xếp của chúng [7].



Cầu bãi loại bánh ray (RMG)



Cầu bãi loại bánh lốp (RTG)

Hình 1. Cầu bãi

### 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi

Hiệu suất thiết bị toàn phần OEE (Overall equipment effectiveness) là một chỉ số đo lường được sử dụng trong TPM (Total Productive Maintenance) để chỉ ra mức độ hoạt động hiệu quả của máy móc [6].

- Mức độ sẵn sàng (Availability) - A: Sự so sánh giữa thời gian mà máy thật sự tạo ra sản phẩm với thời gian hoạt động tiềm năng (A quan tâm tới thời gian chết của máy).

- Hiệu suất (Performance) - P: Sự so sánh giữa đầu ra thực tế với những gì mà máy có thể sản xuất ra trong cùng thời gian (P quan tâm tới tổn thất tốc độ máy).

- Chất lượng (Quality) - Q: Sự so sánh giữa số lượng sản phẩm đáp ứng yêu cầu và các chỉ tiêu kỹ thuật của khách hàng với số lượng sản phẩm được sản xuất (Q quan tâm tới tổn thất về chất lượng).

Trong nghiên cứu này, Hiệu suất thiết bị toàn phần OEE được vận dụng phù hợp để đánh giá hiệu suất khai thác của từng thiết bị cũng như nhóm thiết bị cầu bãi trong cả hai hoạt động sử dụng và bảo trì, vì khi áp dụng chỉ số Hiệu suất thiết bị toàn phần OEE cho cầu bãi sẽ bóc tách, đơn giản hóa sự liên quan phức tạp giữa các yếu tố tác động đến hiệu suất toàn phần của từng thiết bị cầu bãi cũng như nhóm thiết bị cầu bãi trên cơ sở 3 chỉ tiêu: Mức độ sẵn sàng, Hiệu suất và Chất lượng [1].

Để có thể duy trì Hiệu suất thiết bị toàn phần OEE, nâng cao hiệu quả hoạt động của cầu bãi cần có sự phối hợp tốt của các bộ phận chức năng tham gia QLKT thiết bị kỹ thuật của bến cảng biển container.

Phân tích thực trạng đánh giá Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi thuộc các bến cảng biển container ở Việt Nam được thực hiện trên cơ sở đánh giá tổng thể các nội dung và 3 chỉ tiêu đo lường gồm HS2.1 (A), HS2.2 (P) và HS2.3 (Q) được xây dựng trên cơ sở phương pháp luận về quản lý thông qua Hiệu suất thiết bị toàn phần OEE cũng như chế độ đánh giá hiện hành về hiệu suất khai thác đối với nhóm thiết bị cầu bãi của các bến cảng biển container, thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu đo lường chỉ số Hiệu suất thiết bị toàn phần OEE đối với nhóm thiết bị cầu bãi

| Mã chỉ tiêu | Nội dung                                            |
|-------------|-----------------------------------------------------|
| HS2.1       | Mức độ sẵn sàng của nhóm thiết bị cầu bãi           |
| HS2.2       | Mức độ hiệu suất đạt được của nhóm thiết bị cầu bãi |
| HS2.3       | Mức độ chất lượng của nhóm thiết bị cầu bãi         |

#### 3.2. Thu thập số liệu

Nghiên cứu tiến hành khảo sát thực trạng hoạt động QLKT nhóm thiết bị cầu bãi đối với 159 đối tượng tham gia công tác QLKT TBXDCG tại các bến cảng biển container của Việt Nam. Các chỉ tiêu khảo sát liên quan đến thực trạng QLKT TBXDCG thuộc 4 nhóm hành vi QLKT: Lập kế hoạch khai thác (8 quan sát), tổ chức khai thác (8 quan sát), điều hành/lãnh đạo triển khai kế hoạch khai thác (6 quan sát), và kiểm soát hoạt động khai thác (9 quan sát); đồng thời khảo sát 3 chỉ số hiệu suất đối với nhóm thiết bị cầu bãi HS2.1, HS2.2 và HS2.3. Thang đo likert 5 mức độ được sử dụng trong nghiên cứu.

### 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

#### 4.1. Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi

Kết quả phân tích mô tả về các chỉ tiêu đo lường Hiệu suất khai thác của nhóm thiết bị cầu bãi được thể hiện ở Bảng 2 cho thấy mức độ kết quả đạt được của Hiệu suất khai thác của nhóm thiết bị cầu bãi trên ngưỡng trung bình, phân bố trên mức 3.9 điểm thang đo và cho thấy hoạt động QLKT của nhóm thiết bị cầu bãi tại các bến cảng biển container là khá tốt. Trong đó, mức độ sẵn sàng của nhóm

thiết bị cầu bãi khi xét theo tỷ lệ giữa thời gian khai thác thực tế và thời gian khai thác theo lý thuyết được đánh giá đảm bảo ở mức tốt, phân bố quanh giá trị 4.2 điểm thang đo. Trong khi đó, hiệu năng của nhóm thiết bị cầu bãi cũng cho thấy mức đánh giá khá tốt phân bố quanh giá trị 4.0 điểm thang đo, kết quả này cho thấy giá trị sản lượng thao tác thực tế (bao gồm cả sản lượng container giao nhận, sản lượng container đảo chuyển, sản lượng container kiểm hóa, sản lượng container rút hàng, sản lượng container rỗng) của nhóm thiết bị cầu bãi là khá cao. Đồng thời, chất lượng khai thác của nhóm thiết bị cầu bãi khi xét theo tỷ lệ tổng sản lượng thao tác thực tế đảm bảo chất lượng yêu cầu so với tổng sản lượng thao tác thực tế cũng được đánh giá khá tốt, phân bố quanh mức giá trị 3.9 điểm thang đo.

Bảng 2. Phân tích mô tả Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi

| Thứ tự (ID) | Chỉ tiêu (Criteria) | Số lượng mẫu (N) | Giá trị nhỏ nhất (Minimum) | Giá trị lớn nhất (Maximum) | Giá trị trung bình (Mean) | Độ lệch chuẩn (Std. Deviation) |
|-------------|---------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1           | HS2.1               | 159              | 2,00                       | 5,00                       | 4,2579                    | .71347                         |
| 2           | HS2.2               | 159              | 2,00                       | 5,00                       | 4,0566                    | .72256                         |
| 3           | HS2.3               | 159              | 2,00                       | 5,00                       | 3,9245                    | .65165                         |

#### 4.2. Phân tích sự ảnh hưởng của hoạt động QLKT đến hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi

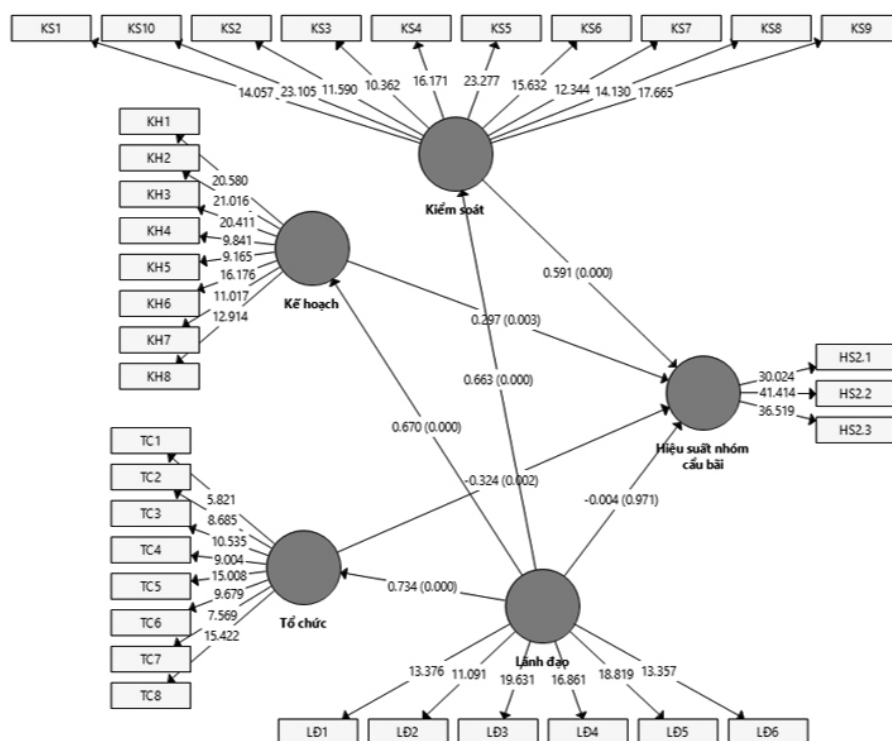
Kết quả phân tích ở Hình 2 cho thấy sự ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê giữa các cặp quan sát: (1) Công tác kiểm soát (KS) và Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi (HS2) ( $\beta = 0,591$ ,  $p < 0,000$ ); (2) Công tác lập kế hoạch (KH) và Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi (HS2) ( $\beta = 0,297$ ,  $p < 0,05$ ); (3) Công tác tổ chức (TC) và Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi (HS2) ( $\beta = -0,324$ ,  $p < 0,000$ ); (4) Công tác điều hành (LĐ) và Công tác kiểm soát (KS) ( $\beta = 0,663$ ,  $p < 0,000$ ); (5) Công tác điều hành (LĐ) và Công tác tổ chức (TC) ( $\beta = 0,734$ ,  $p < 0,000$ ), (6) Công tác điều hành (LĐ) và Công tác lập kế hoạch (KH) ( $\beta = 0,734$ ,  $p < 0,000$ ). Kết quả này hỗ trợ giả thuyết nghiên cứu, trong đó Công tác kiểm soát (KS), Công tác lập kế hoạch (KH) và Công tác tổ chức (TC) có sự ảnh hưởng trực tiếp, có ý nghĩa thống kê đến Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi (HS2). Tuy nhiên, kết quả phân tích cho thấy không có sự ảnh hưởng một cách trực tiếp từ Công tác điều hành đến Hiệu suất khai thác Nhóm thiết bị cầu bãi (HS2), cụ thể công tác điều hành (LĐ) và Hiệu suất khai thác Nhóm thiết bị cầu bãi (HS2) ( $\beta = -0,004$ ,  $p > 0,05$ ). Kết quả phân tích cho thấy, công tác điều hành ảnh hưởng gián tiếp đến Hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi (HS2) thông qua công tác kiểm soát, công tác lập kế hoạch và công tác tổ chức.

Chỉ số VIF (Variable Inflation Factors) cũng được kiểm tra để đo lường mức độ đa cộng tuyến giữa các biến độc lập trong mô hình hồi quy. Kết quả phân tích cho thấy các giá trị VIF đều nhỏ hơn 3.489, giá trị này nhỏ hơn so với ngưỡng 10 theo đề xuất của Hair và cộng sự [5], kết quả này cho thấy không có hiện tượng đa cộng tuyến giữa các biến độc lập. Mô hình hồi quy có thể giải thích được 30,6% sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi (HS2) tại các bến cảng biển container.

Kết quả phân tích mô hình cho thấy cả ba nhóm hành vi quản lý gồm: Công tác lập kế hoạch, công tác tổ chức và công tác kiểm soát đều có tác động trực tiếp đến hiệu suất khai thác của nhóm thiết bị cầu bãi tại các bến cảng biển container.

Điều này hoàn toàn hợp lý khi đối chiếu với thực tiễn QLKT nhóm thiết bị cầu bãi ở các bến cảng biển container tại Việt Nam. So với nhóm cầu bờ - vốn chủ yếu phục vụ công tác xếp dỡ container từ tàu lên xe đầu kéo của bến cảng và ngược lại tại tuyến cầu tàu - nhóm thiết bị cầu bãi có phạm vi hoạt động rộng và đa dạng hơn tại tuyến bãi. Cụ thể, nhóm thiết bị cầu bãi đảm nhận các nhiệm vụ như: Xếp dỡ container từ xe đầu kéo của bến cảng hạ xuống bãi và





Hình 2. Mối quan hệ giữa hành vi QLKT với hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi

ngược lại; xếp dỡ container từ xe đầu kéo của chủ hàng xuống bãi và ngược lại; sắp xếp - rời dỡ container trong bãi; tổ chức việc đảo chuyển container phục vụ yêu cầu giao nhận.

Tại các bến cảng biển container ở Việt Nam, hệ thống cầu bãi RTG/RMG được khai thác liên tục nhằm đảm bảo hoạt động bốc xếp hàng hóa không bị gián đoạn. Đặc thù công việc này yêu cầu người vận hành cầu bãi phải chủ động, làm việc với mức độ độc lập cao hơn so với người điều khiển cầu bờ. Trong suốt ca làm việc, họ không chịu sự giám sát trực tiếp mà chủ yếu được theo dõi thông qua phần mềm quản lý điều hành bãi. Công việc của nhóm thiết bị cầu bãi được thực hiện dựa trên kế hoạch chi tiết do bộ phận lập kế hoạch bãi xây dựng và giao nhiệm vụ từ trước, ít chịu tác động bởi các chỉ đạo điều hành tức thời trong ca làm việc.

Ngoài thời gian trực tiếp phục vụ hoạt động giải phóng tàu, nhóm thiết bị cầu bãi còn thực hiện liên tục các nhiệm vụ nội bãi như: Sắp xếp hàng lên xe đầu kéo tại khu vực tập kết hoặc đảo chuyển container nhằm tối ưu hóa không gian bãi và đảm bảo sự sẵn sàng phục vụ cho các hoạt động tiếp theo. Do đó, hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi chịu ảnh hưởng trực tiếp từ chất lượng công tác lập kế hoạch, tổ chức thực hiện và kiểm soát quá trình khai thác. Việc các yếu tố này có mối quan hệ trực tiếp với hiệu suất là phù hợp với đặc điểm tổ chức và vận hành thực tế của nhóm thiết bị này.

Mặt khác, công tác điều hành/lãnh đạo được ghi nhận có tác động gián tiếp đến hiệu suất khai thác của nhóm thiết bị cầu bãi, thông qua việc ảnh hưởng trực tiếp lên ba yếu tố: Lập kế hoạch, tổ chức và kiểm soát. Trong bối cảnh vận hành thực tế, điều hành/lãnh đạo đóng vai trò định hướng và điều phối tổng thể, giúp đảm bảo các hoạt động QLKT nhóm thiết bị cầu bãi được duy trì xuyên suốt, đồng bộ tại nhiều khu vực khác nhau trong bến cảng biển container. Sự ảnh hưởng gián tiếp này phản ánh đúng vai trò điều phối chiến lược của cấp lãnh đạo trong việc duy trì hiệu quả và sự ổn định của hệ thống khai thác cầu bãi.

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ mối quan hệ giữa công tác QLKT và hiệu suất vận hành của nhóm thiết bị cầu bãi tại các bến cảng biển container ở Việt Nam. Thông qua việc áp dụng phương pháp đo lường Hiệu suất thiết bị toàn phần (OEE), các chỉ tiêu về mức độ sẵn sàng, hiệu suất làm việc và chất lượng vận hành của nhóm thiết bị cầu bãi đã được đánh giá một cách hệ thống. Kết quả cho thấy, công tác lập kế hoạch, tổ chức và kiểm soát hoạt động khai thác có ảnh hưởng trực tiếp và tích cực đến hiệu suất khai thác nhóm thiết bị cầu bãi. Ngược lại, công tác lãnh đạo, điều hành tuy không tác động trực tiếp nhưng giữ vai trò gián tiếp thông qua việc điều phối các chức năng quản lý khác.

Những phát hiện từ nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn trong việc đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả khai thác TBXDCG được đầu tư xây dựng tại các bến cảng biển container, đặc biệt là nhóm thiết bị cầu bãi. Việc hoàn thiện quy trình QLKT, tăng cường công tác lập kế hoạch, tổ chức thực hiện và kiểm soát chặt chẽ sẽ góp phần nâng cao năng suất, tối ưu hóa chi phí vận hành và duy trì sự phát triển bền vững cho hệ thống bến cảng biển container ở Việt Nam.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chương trình Quốc gia (2018), Nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm, hàng hóa của doanh nghiệp Việt Nam đến năm 2020: Duy trì hiệu suất thiết bị tổng thể - TPM, NXB. Hồng Đức.
- [2]. Nguyễn Hải Mạnh (2015), Một số biện pháp cơ bản nâng cao hiệu quả khai thác thiết bị xếp dỡ Công ty Cổ phần Cảng Đoàn Xá, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
- [3]. Lê Thế Nam (2014), Một số biện pháp cơ bản nâng cao hiệu quả khai thác thiết bị xếp dỡ của Xí nghiệp Xếp dỡ Chùa Vẽ, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
- [4]. Nguyễn Thanh Thủy (2012), Giáo trình Kinh tế cảng, NXB. Thống kê.
- [5]. Hair J. F., Hult G. T. M., Ringle C. M. and Sarstedt M. (2021), A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- [6]. O'Brien M. (2015), TPM and OEE, University of Limerick, Ireland: LBS Partners.
- [7]. Rodrigue J.-P. and Notteboom T., (2008), The geography of containerization: Half a century of revolution, adaptation and diffusion, GeoJournal.
- [8]. Shahjahan, A.S.M. (2000), Cargo handling equipment productivity analysis of the Chittagong Port Authority [Bangladesh], World Maritime University: Malmö, Sweden.

# Phân tích các "điểm nóng" giao thông đô thị từ dữ liệu GNSS bằng phương pháp K-means và KDE tích hợp công nghệ GIS

Analyzing urban traffic hotspots from GNSS data Using K-means and KDE integrated with GIS technology

> TS ĐỖ VĂN MẠNH, TS TRẦN THỊ THẢO\*, PGS.TS TRẦN QUANG HỌC

Trường Đại học Giao thông vận tải

\*Email: thaott@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Trong bối cảnh các đô thị lớn tại Việt Nam đang đối mặt với tình trạng ùn tắc giao thông nghiêm trọng, việc ứng dụng công nghệ để phân tích và hỗ trợ điều phối giao thông trở nên cấp thiết. Nghiên cứu này đề xuất phương pháp phân tích "điểm nóng" giao thông từ dữ liệu định vị GNSS thu thập từ các phương tiện ô tô, kết hợp hai kỹ thuật chính: Phân cụm K-means và ước lượng mật độ Kernel (KDE). Dữ liệu sau khi được xử lý sẽ được tích hợp vào bản đồ số bằng công nghệ hệ thống thông tin địa lý (GIS), tạo ra công cụ trực quan hóa hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch và quản lý giao thông đô thị. Thử nghiệm được thực hiện tại Hà Nội cho thấy phương pháp đề xuất có khả năng nhận diện chính xác các khu vực có lưu lượng giao thông cao hoặc thường xuyên ùn tắc. Việc trực quan hóa dữ liệu giúp các cơ quan chức năng đánh giá và triển khai các biện pháp phù hợp như điều chỉnh đèn tín hiệu, tổ chức lại luồng xe hay nâng cấp hạ tầng. Kết quả nghiên cứu góp phần định hướng phát triển giao thông thông minh, nâng cao hiệu quả quản lý đô thị, đồng thời đặt nền tảng cho việc ứng dụng rộng rãi dữ liệu lớn trong lĩnh vực GTVT.

**Từ khóa:** ITS; GIS; GNSS; K-means; KDE.

## ABSTRACT

In the context of increasing traffic congestion in major Vietnamese cities, the application of technology to analyze and manage urban traffic has become essential. This study proposes a method for identifying traffic hotspots using GNSS positioning data collected from automobiles, employing two main techniques: K-means clustering and Kernel Density Estimation (KDE). The processed data is integrated into digital maps using Geographic Information System (GIS) technology, providing a visual decision-support tool for traffic planning and management. Experiments conducted in Hanoi demonstrate that the proposed method accurately identifies areas with high traffic volumes or frequent congestion. The visualized data enables authorities to evaluate and implement appropriate measures such as adjusting traffic signals, reorganizing vehicle flows or upgrading infrastructure. The findings contribute to the development of intelligent transportation systems, enhance urban traffic management efficiency and lay a foundation for the broader application of big data analytics in the field of transportation.

**Keywords:** ITS; GIS; GNSS; K-means; KDE.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tình trạng ùn tắc giao thông đang là bài toán nan giải tại nhiều đô thị lớn trên thế giới [1-3]. Sự gia tăng nhanh chóng về số lượng phương tiện cá nhân cùng với tốc độ đô thị hóa cao khiến cơ sở hạ tầng giao thông hiện hữu không thể đáp ứng kịp. Các thành phố như Los Angeles (Hoa Kỳ), Tokyo (Nhật Bản) hay Paris (Pháp) đã phải

đầu tư mạnh vào hệ thống giao thông thông minh (ITS), tận dụng dữ liệu GNSS (Global Navigation Satellite System) từ các phương tiện để giám sát hành trình, tối ưu hóa đèn tín hiệu và điều phối luồng giao thông theo thời gian thực [4, 5].

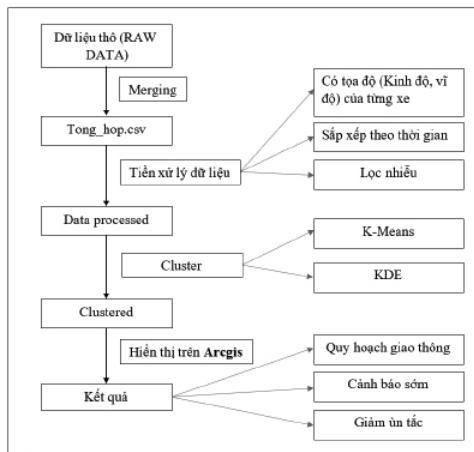
Tại Việt Nam, các đô thị lớn như Hà Nội và TP.HCM đang đối mặt với tình trạng tắc nghẽn nghiêm trọng, gây thiệt hại lớn về kinh tế

và môi trường [6, 7]. Theo thống kê của Viện Chiến lược và Phát triển GTVT (nay là Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng), ùn tắc tại Hà Nội có thể khiến người dân mất đến 5 - 7 giờ mỗi tuần vì kẹt xe. Trong khi đó, hệ thống dữ liệu giám sát hành trình từ xe ô tô (thông qua thiết bị hộp đen GPS) đã được triển khai trên hàng chục nghìn phương tiện, nhưng việc khai thác dữ liệu này vẫn còn hạn chế, chủ yếu phục vụ kiểm tra hành trình hoặc xử phạt vi phạm [8].

Nghiên cứu này đề xuất hướng tiếp cận mới: Sử dụng kỹ thuật phân cụm K-means và ước lượng mật độ KDE để phân tích dữ liệu GNSS từ phương tiện ô tô, nhằm phát hiện và trực quan hóa các "điểm nóng" giao thông trên bản đồ số bằng công nghệ GIS. Đây là hướng nghiên cứu liên ngành, tích hợp giữa giao thông, khoa học dữ liệu và công nghệ bản đồ, phù hợp với định hướng phát triển thành phố thông minh mà nhiều đô thị đang theo đuổi.

Bài báo được cấu trúc thành 4 phần chính. Phần đầu tiên giới thiệu bối cảnh, đặt ra vấn đề nghiên cứu và nêu rõ mục tiêu mà nhóm tác giả hướng tới. Phần thứ hai trình bày phương pháp nghiên cứu, bao gồm các bước thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu GNSS, với trọng tâm là hai phương pháp chính: K-means và Kernel Density Estimation (KDE). Phần thứ ba tập trung vào kết quả thực nghiệm, trong đó thể hiện trực quan các "điểm nóng" giao thông tại khu vực nội thành Hà Nội thông qua bản đồ số và các chỉ số đánh giá. Cuối cùng, phần thứ tư là nội dung thảo luận, đánh giá hiệu quả của hai phương pháp, phân tích ưu, nhược điểm và đề xuất các hướng ứng dụng thực tiễn phục vụ công tác quy hoạch và điều hành giao thông đô thị.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU



Hình 1. Sơ đồ quy trình thực hiện

Sơ đồ trên (Hình 1) minh họa quy trình phân tích "điểm nóng" giao thông đô thị từ dữ liệu GNSS. Dữ liệu thô được tiền xử lý gồm ghép nối, lọc nhiễu, sắp xếp theo thời gian và trích xuất tọa độ, sau đó được phân cụm bằng thuật toán K-means và KDE. Kết quả phân tích được hiển thị trên phần mềm ArcGIS, phục vụ cho mục tiêu quy hoạch giao thông, cảnh báo sớm và giảm ùn tắc.

### 2.1. Dữ liệu đầu vào (raw data)

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ thiết bị GNSS (Global Navigation Satellite System) lắp đặt trên xe ô tô có đăng ký kinh doanh vận tải, bao gồm taxi, xe tải và xe khách di chuyển trong khu vực nội thành Hà Nội. Quá trình thu thập được thực hiện liên tục trong khung thời gian một ngày. Mỗi bản ghi GNSS bao gồm các thông tin cơ bản như mã định danh phương tiện, thời gian ghi nhận, tọa độ không gian (kinh độ, vĩ độ) và vận tốc trung bình của xe tại thời điểm tương ứng.

Để đảm bảo độ chính xác và nhất quán, dữ liệu GNSS được tiền xử lý qua ba bước chính. Trước tiên là lọc nhiễu (sau khi đã tổng hợp

toàn bộ các dữ liệu của xe vào một tệp tổng hợp, lấy kinh độ và vĩ độ của xe và sắp xếp theo thời gian thực) nhằm loại bỏ các tín hiệu bất thường hoặc sai lệch do ảnh hưởng từ địa hình như hầm, cầu vượt hoặc vật cản. Tiếp theo là tính toán vận tốc thực tế giữa các điểm dựa trên công thức Haversine, sử dụng khoảng cách giữa hai tọa độ liên tiếp và thời gian di chuyển tương ứng.

$$d = 2R * \arcsin(\sqrt{\sin^2(\Delta\varphi/2) + \cos(\varphi_1) * \cos(\varphi_2) * \sin^2(\Delta\lambda/2)}) \quad (1)$$

Trong đó:

- R - Bán kính Trái đất (~6371 km);

-  $\varphi, \lambda$  - Vĩ độ và kinh độ (radian).

Thời gian: Lấy hiệu 2 thời điểm liên tiếp (đơn vị giờ hoặc giây).

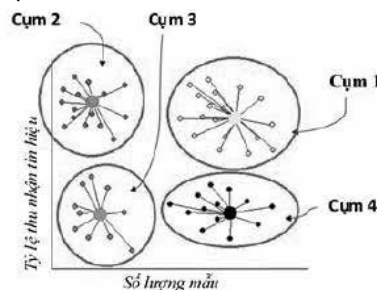
Vận tốc (km/h):  $v = \text{quãng đường (km)} / \text{thời gian (giờ)}$ .

Cuối cùng, dữ liệu được chuẩn hóa về định dạng để đồng bộ hóa đầu vào cho các thuật toán phân tích tiếp theo.

### 2.2. Phân tích "điểm nóng" giao thông

Trong nghiên cứu này, hai phương pháp phân tích không gian được áp dụng để xác định các "điểm nóng" giao thông từ dữ liệu GNSS, bao gồm thuật toán phân cụm K-means và phương pháp ước lượng mật độ KDE (Kernel Density Estimation).

Phân cụm bằng thuật toán K-means là một kỹ thuật không giám sát thường được sử dụng trong khai phá dữ liệu [9]. Thuật toán này chia tập dữ liệu thành k nhóm dựa trên khoảng cách giữa các điểm dữ liệu và tâm cụm (centroid). Mục tiêu của thuật toán là tối thiểu hóa tổng khoảng cách bình phương giữa các điểm dữ liệu và tâm cụm tương ứng. Trong nghiên cứu này, quá trình phân tích bắt đầu bằng việc xác định số cụm k tối ưu bằng phương pháp Elbow hoặc sử dụng chỉ số Silhouette Score. Dữ liệu tọa độ GNSS được đưa vào mô hình với đầu vào dạng  $X = [\text{kinh độ}, \text{vĩ độ}]$ . Sau khi thực hiện phân cụm, mỗi điểm dữ liệu được gán vào một nhóm và vị trí các "điểm nóng" giao thông được xác định dựa trên mật độ phân bố trong từng cụm.



Hình 2. Thuật toán phân cụm K-Means [10]

Ưu điểm của phương pháp K-means là tốc độ phân nhóm nhanh, khả năng áp dụng tốt cho dữ liệu lớn và dễ dàng xác định các vùng có mật độ phương tiện cao. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có hạn chế là nhạy cảm với nhiễu và yêu cầu phải xác định trước số cụm k, điều này có thể ảnh hưởng đến tính chính xác nếu lựa chọn không phù hợp.

Bên cạnh K-means, phương pháp KDE được sử dụng để ước lượng mật độ xác suất phân bố không gian của các điểm GNSS [11]. KDE là một kỹ thuật thống kê không tham số, giúp mô tả mức độ tập trung của các điểm trong không gian bằng cách sử dụng hàm hạt nhân. Trong nghiên cứu này, hàm hạt nhân Gaussian được sử dụng phổ biến nhất. Phương trình tổng quát của KDE được biểu diễn như sau:

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (2)$$

Trong đó:

-  $f(x)$  - Ước lượng mật độ tại vị trí x;

- n - Tổng số mẫu (số phần tử trong tập dữ liệu);

- K - Hàm Kernel, thường là Gaussian, xác định cách trọng số được phân bổ xung quanh mỗi điểm;



- h - Tham số băng thông (bandwidth), kiểm soát độ mượt của ước lượng;

-  $x_i$  - Các điểm dữ liệu trong mẫu.

Quá trình phân tích KDE bao gồm các bước như lựa chọn bandwidth tối ưu (bằng phương pháp Silverman), sau đó sử dụng các công cụ GIS là ArcGIS để xây dựng bản đồ nhiệt thể hiện mức độ phân bố phương tiện. Từ đó, các vùng có mật độ cao được xác định và phân loại là "điểm nóng" giao thông. Ưu điểm của phương pháp KDE là không cần xác định trước số cụm, kết quả trực quan và phản ánh liên tục mật độ phương tiện trong không gian. Tuy nhiên, nó phụ thuộc nhiều vào việc lựa chọn giá trị băng thông h và yêu cầu năng lực xử lý tính toán cao hơn đối với dữ liệu lớn.

### 2.3. Kết hợp với công nghệ bản đồ GIS

Sau khi áp dụng hai phương pháp K-means và KDE để phân tích "điểm nóng", kết quả được trực quan hóa trên nền bản đồ số thông qua hệ thống thông tin địa lý (GIS). Các công cụ phổ biến như ArcGIS Pro hoặc QGIS được sử dụng để số hóa và hiển thị dữ liệu trên bản đồ đường phố, với dữ liệu nền lấy từ OpenStreetMap. Các cụm điểm GNSS sau phân tích được gán tọa độ cụ thể lên bản đồ và biểu diễn bằng các lớp bản đồ khác nhau, cho phép hiển thị rõ ràng mức độ "nóng" tại từng khu vực. Đồng thời, bản đồ GIS cũng hỗ trợ trích xuất các vùng nguy cơ cao theo từng khoảng thời gian như giờ cao điểm buổi sáng hoặc chiều, phục vụ việc lập kế hoạch điều phối giao thông.

## 3. THỰC NGHIỆM VÀ TRỰC QUAN HÓA "ĐIỂM NÓNG" GIAO THÔNG TẠI HÀ NỘI

### 3.1. Dữ liệu và khu vực thực nghiệm

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ thiết bị giám sát hành trình GNSS gắn trên 1.000 xe taxi đang hoạt động trong khu vực nội thành Hà Nội. Quá trình thu thập được thực hiện trong một ngày tiêu biểu là ngày 09/9/2016. Tần suất ghi nhận của thiết bị trung bình khoảng 10 giây/lần, tạo ra một tập dữ liệu bao gồm hơn 300.000 bản ghi GNSS, trong đó mỗi bản ghi chứa thông tin về thời gian, tọa độ không gian (kinh độ, vĩ độ) và vận tốc trung bình tại thời điểm tương ứng. Trước khi phân tích, toàn bộ dữ liệu được tiền xử lý để loại bỏ các bản ghi không hợp lệ như tọa độ bằng 0, vận tốc âm hoặc bất thường. Sau đó, vận tốc thực tế giữa các điểm liên tiếp được tính toán bằng công thức Haversine nhằm nâng cao độ chính xác trong phân tích hành vi di chuyển của phương tiện.

Khu vực thực nghiệm tập trung vào phạm vi nội thành Hà Nội, bao gồm các quận Đống Đa, Cầu Giấy, Thanh Xuân, Hoàn Kiếm, Hai Bà Trưng và Nam Từ Liêm. Đây là các khu vực có đặc điểm giao thông phức tạp, mật độ phương tiện cao và thường xuyên xảy ra tình trạng ùn tắc. Các tuyến đường tiêu biểu trong khu vực khảo sát bao gồm Ngã Tư Sở, Trường Chinh, Nguyễn Xiển, Trần Duy Hưng, Phố Huế, Bà Triệu...



Hình 3. Tổng quan khu vực thực nghiệm

### 3.2. Phân tích điểm nóng giao thông bằng phương pháp K-means

Thuật toán K-means được sử dụng để phân cụm dữ liệu GNSS theo vị trí không gian. Dữ liệu đầu vào bao gồm cặp tọa độ (kinh độ, vĩ độ) của từng điểm ghi nhận. Số lượng cụm được xác định là  $k = 3$  dựa trên kết quả phương pháp Elbow và đánh giá bằng chỉ số Silhouette [12]. Sau khi thực hiện phân cụm, các điểm dữ liệu được chia thành 3 nhóm tương ứng với các khu vực có đặc điểm giao thông tương đồng ứng với mức phục vụ LOS (Level of Service) để thể hiện tình trạng giao thông tương tự như đèn tín hiệu giao thông.

| Phân loại đường đô thị | Loại II                  | Loại III     | Loại IV      | Trạng thái giao thông                                                   | Màu hiển thị trên website |
|------------------------|--------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Mức phục vụ (LOS)      | Tốc độ tiêu chuẩn (Km/h) |              |              |                                                                         |                           |
| A                      | Trên 59                  | Trên 50      | Trên 41      | Đường thông thoáng, giao thông lưu thông mượt mà                        |                           |
| B                      | Từ 46 đến 59             | Từ 39 đến 50 | Từ 32 đến 41 |                                                                         |                           |
| C                      | Từ 33 đến 46             | Từ 28 đến 39 | Từ 23 đến 32 |                                                                         |                           |
| D                      | Từ 26 đến 33             | Từ 22 đến 28 | Từ 18 đến 23 | Đường đang bị tắc nghẽn hoặc bắt đầu ùn tắc                             |                           |
| E                      | Từ 21 đến 26             | Từ 17 đến 22 | Từ 14 đến 18 |                                                                         |                           |
| F                      | Dưới 21                  | Dưới 17      | Dưới 14      | Đường bị tê liệt, không thể lưu thông, cản trở hoàn toàn việc di chuyển |                           |

Hình 4. Phân loại đường đô thị dựa trên mức độ phục vụ (LOS)

Kết quả phân cụm cho thấy 5 khu vực có mật độ hoạt động phương tiện cao bao gồm: Ngã Tư Sở, Cầu Giấy - Trần Duy Hưng, Nguyễn Xiển - Khuất Duy Tiến, Phố Huế - Bà Triệu. Đây là những nút giao trọng điểm, thường xuyên xảy ra ùn tắc do lưu lượng xe lớn và tính chất giao cắt phức tạp. Giá trị chỉ số Silhouette đạt 0,969 cho thấy độ phân tách giữa các cụm là rất tốt, khẳng định tính hiệu quả của phương pháp trong việc nhận diện các vùng "điểm nóng" giao thông.



Hình 5. Dữ liệu phân cụm theo LOS (3 cụm: đỏ, xanh, vàng)

### 3.3. Trực quan hóa mật độ giao thông bằng phương pháp KDE

Sau bước phân cụm, phương pháp Kernel Density Estimation được sử dụng để trực quan hóa phân bố mật độ các điểm dữ liệu GNSS trong không gian. KDE cho phép ước lượng mật độ xác suất phân bố không gian của các điểm dựa trên hàm hạt nhân Gaussian, với băng thông được lựa chọn tự động bằng phương pháp Scott nhằm tối ưu độ mượt của bản đồ nhiệt.

Kết quả KDE cho thấy các khu vực có mật độ phương tiện cao nhất tương ứng với các cụm đã xác định bởi K-means, đặc biệt rõ tại Ngã Tư Sở, phố Huế, khu vực gần cầu Chương Dương, cầu Vĩnh Tuy. Bản đồ nhiệt cho thấy không chỉ các điểm trung tâm mà cả vùng ảnh hưởng xung quanh cũng có mật độ cao, phản ánh đúng tính lan tỏa của tình trạng giao thông phức tạp trong thực tế.



Hình 6. Điểm nóng giao thông trên phố Huế và phố Bà Triệu

### 3.4. So sánh hai phương pháp K-means và KDE

Việc sử dụng đồng thời hai phương pháp K-means và KDE cho phép khai thác tối đa ưu thế của từng công cụ trong phân tích không gian. Trong khi K-means cung cấp khả năng chia nhóm rõ ràng, phục vụ tốt cho các giải pháp can thiệp hành chính như điều chỉnh đèn tín hiệu hay tổ chức lại luồng tuyến thì KDE mang lại hiệu quả cao trong trực quan hóa và giám sát thời gian thực với độ chi tiết cao. Việc kết hợp hai phương pháp giúp định vị chính xác các "điểm nóng" giao thông và đồng thời cung cấp cái nhìn tổng thể về vùng ảnh hưởng lan tỏa.

### 3.5. Đánh giá hiệu quả mô hình

Các chỉ số đánh giá hiệu suất của mô hình phân tích được sử dụng để kiểm định tính ổn định và độ tin cậy của kết quả. Đối với K-means, chỉ số Silhouette đạt giá trị 0,969, chứng minh cụm dữ liệu được phân chia rõ ràng và hợp lý. Chỉ số Davies-Bouldin rất thấp (0,002), cho thấy mức độ chồng lấn giữa các cụm gần như không đáng kể. Đối với KDE, mật độ đỉnh đạt giá trị  $1.19e-06$  tại khu vực Ngã Tư Sở, trong khi số lượng điểm GNSS thuộc vùng mật độ cao chiếm khoảng 92 điểm. Những thông số này cho thấy khả năng mô hình phản ánh đúng thực trạng và tính chất tập trung của lưu lượng phương tiện tại các "điểm nóng" giao thông đô thị.

## 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã chứng minh tính hiệu quả của việc kết hợp tiền xử lý dữ liệu GNSS với phân tích theo khung thời gian trong việc phát hiện và theo dõi "điểm nóng" giao thông tại khu vực đô thị. Thay vì chỉ tập trung vào kỹ thuật phân cụm, nghiên cứu nhấn mạnh vai trò quan trọng của việc chuẩn hóa và làm sạch dữ liệu trước khi đưa vào mô hình. Quy trình tiền xử lý gồm lọc nhiễu, loại bỏ giá trị bất thường và tính toán lại vận tốc đã giúp nâng cao tính chính xác và độ tin cậy của toàn bộ quá trình phân tích.

Việc chia nhỏ dữ liệu theo các khung giờ đặc trưng của giao thông đô thị (sáng, trưa, chiều) cho phép phát hiện không chỉ vị trí "điểm nóng" mà còn cả sự biến động của chúng theo thời gian trong ngày. Kết quả cho thấy số lượng và vị trí các cụm phương tiện thay đổi đáng kể giữa các khung giờ, phản ánh đúng tính chu kỳ của ùn tắc trong thực tế. Đặc biệt, phương pháp tiếp cận theo thời gian giúp phát hiện các khu vực thường xuyên tái diễn "điểm nóng" trong các khung giờ cố định - một yếu tố quan trọng đối với công tác điều hành giao thông theo thời điểm.

Việc hiển thị kết quả bằng bản đồ số và các biểu đồ định lượng góp phần tăng khả năng ứng dụng trong thực tiễn. Các biểu đồ cột và biểu đồ radar không chỉ giúp tổng hợp số lượng cụm phát hiện được mà còn minh họa rõ ràng mức độ tập trung của phương tiện trong từng giai đoạn. Tính trực quan này có thể phục vụ tốt cho các cơ quan chức năng trong việc phân tích tình huống, lập kế hoạch phân luồng và tối ưu hóa hạ tầng.

Dù đạt được một số kết quả tích cực, nghiên cứu vẫn còn những giới hạn nhất định. Dữ liệu hiện tại chủ yếu đến từ xe vận tải, chưa đại diện đầy đủ cho toàn bộ luồng giao thông đô thị. Ngoài ra, dữ liệu mới được thu thập trong thời gian ngắn, chưa phản ánh được xu hướng dài hạn hoặc bất thường theo mùa vụ. Một số bước như đánh giá định lượng mô hình hoặc tích hợp dữ liệu thời tiết chưa được thực hiện trong khuôn khổ nghiên cứu này.

Từ những kết quả ban đầu, nhóm nghiên cứu đề xuất mở rộng phạm vi thu thập dữ liệu, bao gồm cả các phương tiện cá nhân và xe máy để tăng độ phủ. Bên cạnh đó, cần phát triển các mô hình tích hợp phân tích theo thời gian thực, kết hợp AI và dữ liệu không gian nhằm hỗ trợ ra quyết định tức thời trong điều hành giao thông. Việc đưa các hệ thống này vào ứng dụng tại các trung tâm điều hành giao thông thông minh sẽ góp phần giảm áp lực cho hạ tầng hiện hữu và nâng cao hiệu quả quản lý đô thị trong tương lai.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-CT-021.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Karimi, H., et al. (2022), Reducing traffic congestion and increasing sustainability in special urban areas through one-way traffic reconfiguration, 49(1), pp.37-60.
- [2]. Lu, J., et al. (2021), Expansion of city scale, traffic modes, traffic congestion and air pollution, 108, p.102974.
- [3]. Rahman, M.M., et al. (2022), Traffic congestion and its urban scale factors: Empirical evidence from American urban areas, 16(5), pp.406-421.
- [4]. Kamolov, S. and G. Tarasov (2021), Global Navigation Satellite Systems as Digital Solutions for Smart Cities, in Technology and Business Strategy: Digital Uncertainty and Digital Solutions, Springer, pp.137-148.
- [5]. Sharma, P., R. Singh and A. Srivastava (2021), Analyzing the role of geospatial technology in smart city development, in Geospatial Technology and Smart Cities: ICT, Geoscience Modeling, GIS and Remote Sensing, Springer, pp.1-20.
- [6]. Huy, D., et al. (2023), On-road particulate matter exposure in urban sprawl scenarios in Ho Chi Minh City, Vietnam, 20(9), pp.10099-10112.
- [7]. Tung, N.H., Hanoi, Vietnam, in Digital Transport Platforms and Urban Mobility. Routledge, pp.89-126.
- [8]. V.M. Do, T.L.H. (2021), Ho and T.H. Dinh, Evaluating the effectiveness of eco-driving courses based on car-GPS tracking data in the itinerary tracking device to reduce fuel consumption of vehicles in urban areas, in E3S Web of Conferences, EDP Sciences.
- [9]. Annas, M., S.N.J.I.J.o.C. Wahab and I.S. (2023), Management, Data mining methods: K-means clustering algorithms, 3(1), pp.40-47.
- [10]. <https://towardsai.net/p/machine-learning/fully-explained-k-means-clustering-with-python>.
- [11]. Porto, S.M., et al. (2021), A Low Power GPS-based device to develop KDE analyses for managing herd in extensive livestock systems, in 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor), IEEE.
- [12]. Sumallika, T., et al. (2024), Exploring Optimal Cluster Quality in Health Care Data (HCD): Comparative Analysis utilizing k-means Elbow and Silhouette Analysis, 25(16), pp.48-60.

# Nghiên cứu thiết kế bộ biến đổi công suất từ 50 Hz thành 60 Hz theo nguyên lý điều chế vector không gian cho hệ thống cấp điện bờ tại cảng biển

A study on the design of a power converter from 50 Hz to 60 Hz using space vector modulation for shore-to-ship power supply systems

> THS ĐỖ QUANG HƯNG<sup>1</sup>, TS NGUYỄN VĂN TIẾN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ kỹ thuật điện - điện tử, Trường Đại học Việt-Hung; Email: doquanghung@viu.edu.vn

<sup>2</sup>Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam; Email: nguyenvantien@vimaru.edu.vn

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu và thiết kế bộ biến đổi tần số từ 50 Hz sang 60 Hz, sử dụng cho hệ thống cấp điện bờ tại các cảng biển Việt Nam. Hệ thống cấp điện bờ giúp giảm thiểu ô nhiễm không khí và tiếng ồn do các máy phát điện trên tàu gây ra khi cập cảng. Bài báo tập trung vào việc thiết kế bộ nghịch lưu ba pha sử dụng phương pháp điều chế vector không gian (Space Vector Pulse Width Modulation - SVPWM) và bộ điều khiển PI để ổn định điện áp cho bộ biến đổi SVPWM. Kết quả mô phỏng trên phần mềm MATLAB/Simulink cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, tạo ra điện áp xoay chiều đầu ra 60 Hz hình sin chuẩn với méo hài tổng (THD- Total Harmonic Distortion) thấp, đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật khắt khe cho việc cấp điện cho tàu biển.

**Từ khóa:** Điện bờ; biến tần; điều chế vector không gian; bộ điều khiển PI; MATLAB/Simulink.

## ABSTRACT

This paper presents the research and design results of a 50 Hz to 60 Hz frequency converter for shore power supply systems at Vietnamese seaports. The shore power system helps to minimize air and noise pollution caused by on-board generators when ships are docked. The paper focuses on the design of a three-phase inverter using the Space Vector Pulse Width Modulation (SVPWM) method and a PI controller to stabilize the voltage for the SVPWM converter. Simulation results on MATLAB/Simulink software show that the system operates stably, generating a standard sinusoidal 60 Hz AC output voltage with low total harmonic distortion (THD), meeting the strict technical standards for supplying power to ships.

**Keywords:** Shore power; inverter; space vector pulse width modulation; PI controller; MATLAB/Simulink.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh ngành Hàng hải ngày càng phát triển, các tàu container, tàu du lịch với công suất lớn khi cập cảng tiêu thụ một lượng điện năng khổng lồ để duy trì hoạt động của các hệ thống trên tàu. Theo truyền thống, các tàu này sử dụng máy phát điện diesel phụ, gây ra lượng khí thải độc hại [1, 2] và ô nhiễm tiếng ồn nghiêm trọng tại khu vực cảng.

Để giải quyết thách thức này, giải pháp cấp điện từ bờ (Shore Power) đã nổi lên như một công nghệ then chốt và bền vững [3]. Việc triển khai hệ thống cấp điện bờ mang lại những lợi ích to lớn:

Giảm thiểu gần như tuyệt đối ô nhiễm không khí và tiếng ồn tại cảng, giảm chi phí nhiên liệu và bảo trì cho các hãng tàu, đồng thời giúp các cảng biển xây dựng hình ảnh “cảng xanh”, hiện đại và thân thiện với môi trường.

Tuy nhiên, việc triển khai hệ thống cấp điện bờ trên quy mô toàn cầu vấp phải một rào cản kỹ thuật lớn: Sự không tương thích về tiêu chuẩn điện năng. Theo tiêu chuẩn quốc tế IEC/ISO/IEEE 2023 [3], hệ thống điện trên phần lớn tàu biển quốc tế (đặc biệt là các tàu từ Bắc Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc) hoạt động với tần số 60 Hz, trong khi lưới điện quốc gia của Việt Nam và nhiều nước châu Âu vận hành



ở tần số 50 Hz. Sự khác biệt này đòi hỏi phải có một thiết bị trung gian để chuyển đổi tần số, đảm bảo nguồn điện cung cấp cho tàu có chất lượng và thông số phù hợp.

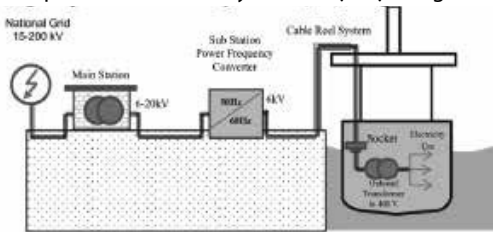
Các giải pháp chuyển đổi tần số truyền thống như sử dụng tổ hợp động cơ-máy phát tuy đơn giản nhưng lại có nhiều nhược điểm như hiệu suất thấp, cồng kềnh, chi phí bảo trì cao và đáp ứng động chậm. Trong kỷ nguyên của điện tử công suất, các bộ biến đổi tần số tĩnh (Static Frequency Converters - SFC) dựa trên linh kiện bán dẫn công suất đã trở thành giải pháp tối ưu nhờ hiệu suất cao, kích thước nhỏ gọn, độ tin cậy và tính linh hoạt vượt trội [4]. Cấu trúc phổ biến nhất của một SFC là dạng AC-DC-AC, trong đó khâu nghịch lưu DC-AC đóng vai trò quyết định đến chất lượng của điện áp đầu ra.

Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả đề xuất một phương pháp thiết kế bộ biến đổi tần số 50 Hz sang 60 Hz tập trung vào việc ứng dụng kỹ thuật điều chế vector không gian SVPWM cho bộ nghịch lưu. So với phương pháp điều chế độ rộng xung SPWM kinh điển, SVPWM mang lại những ưu điểm vượt trội cho các ứng dụng công suất lớn: Cho hiệu suất sử dụng điện áp một chiều cao hơn khoảng 15%, giảm méo hài tổng của dòng điện và điện áp, từ đó cải thiện chất lượng điện năng và giảm kích thước của các bộ lọc thụ động [5].

## 2. TỔNG QUAN VỀ CÁC GIẢI PHÁP KỸ THUẬT

### 2.1. Hệ thống trạm cấp điện bờ 50 Hz/60 Hz

Hướng tới các cảng biển xanh và sạch hơn, hệ thống cấp điện bờ như được minh họa như Hình 1 đóng vai trò quan trọng trong việc giảm phát thải từ tàu thuyền neo đậu tại cảng.



Hình 1. Cấu trúc hệ thống trạm cấp điện bờ - tàu

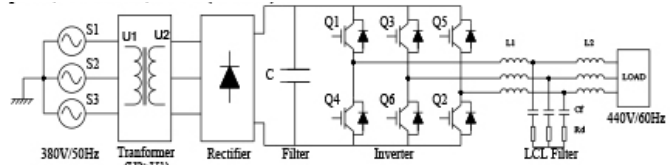
Hình 1 mô tả một hệ thống cung cấp điện bờ cho tàu thủy khi cập cảng. Điện năng từ lưới điện quốc gia với điện áp cao (15 - 200 kV) được hạ áp tại trạm chính (Main Station) xuống 6 - 20 kV. Sau đó, điện được đưa qua một trạm biến tần để chuyển đổi tần số từ 50 Hz sang 60 Hz và điều chỉnh điện áp cho phù hợp với hệ thống điện của tàu. Cuối cùng, điện được truyền qua hệ thống cáp và rulo (Cable Reel System) đến ổ cắm (Socket) trên tàu, nơi một máy biến áp trên tàu (Onboard Transformer) tiếp tục hạ áp xuống mức cần thiết để phục vụ các nhu cầu sử dụng điện trên tàu.

### 2.2. Cấu trúc bộ biến đổi công suất 380 V/50 Hz thành 440 V/60 Hz

Điện áp 380 V/50 Hz là điện áp lưới điện công nghiệp 3 pha tiêu chuẩn tại Việt Nam, mặt khác cấp điện 440 V/60 Hz lại là điện áp 3 pha rất phổ biến trên các tàu biển theo tiêu chuẩn của Mỹ và quốc tế. Do những khác biệt về cả tần số và điện áp cho nên không thể kết nối trực tiếp lưới điện 380 V/50 Hz của cảng biển Việt Nam vào hệ thống điện 440 V/60 Hz của tàu. Bộ biến đổi công suất thực hiện hai nhiệm vụ cùng lúc là nhận năng lượng từ lưới điện bờ (380 V/50Hz) và biến đổi thành nguồn điện phù hợp với yêu cầu của tàu là 440 V/60 Hz.

Cấu trúc bộ biến đổi điện áp từ 380 V/50 Hz thành 440 V/60 Hz được mô tả như trên Hình 2. Bộ biến đổi tần số tĩnh được lựa chọn

có cấu trúc gồm hai khối chính: Khối chỉnh lưu và khối nghịch lưu được nối với nhau qua một liên kết một chiều (DC link).



Hình 2. Cấu trúc bộ biến đổi điện áp và tần số 380 V/50 Hz thành 440 V/60 Hz

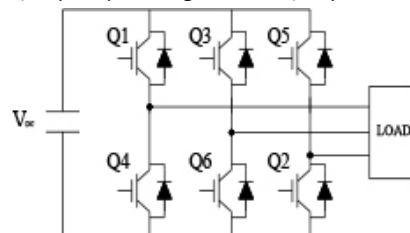
Nguyên lý hoạt động của bộ biến đổi là sử dụng máy biến áp để tăng áp 380 V lên điện áp phù hợp với bộ nghịch lưu, sau đó qua bộ chỉnh lưu và bộ lọc để chuyển đổi nguồn AC thành nguồn DC ổn định với điện áp cao hơn. Điện áp DC sau đó được đưa tới bộ nghịch lưu chuyển đổi nguồn DC thành nguồn AC 3 pha có thể điều chỉnh được điện áp và tần số. Bộ lọc LCL làm mịn dạng sóng đầu ra để đạt được chất lượng điện áp mong muốn cung cấp cho tải. Cấu trúc này cho phép điều khiển độc lập điện áp và tần số đầu ra, phù hợp với các ứng dụng cần cấp nguồn khác với tiêu chuẩn lưới điện sẵn có.

### 2.3. Nguyên lý bộ điều chế vector không gian SVPWM

Để đạt được chất lượng điện áp đầu ra, trong bài báo sử dụng phương pháp điều chế vector không gian SVPWM cho phép sử dụng điện áp DC hiệu quả hơn, ngoài ra SVPWM cho phép tối ưu hóa trình tự đóng cắt các van bán dẫn để giảm số lần chuyển mạch trong một chu kỳ, từ đó có thể giúp giảm tổn thất năng lượng do quá trình chuyển mạch gây ra trong các van bán dẫn. Trên Hình 3 mô tả cấu trúc nghịch lưu cầu 3 pha, 2 mức (two-level), bao gồm:

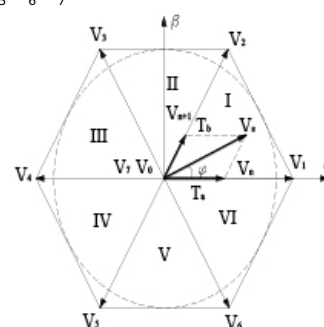
- Nguồn DC ( $V_{DC}$ ): Cung cấp điện áp một chiều cho bộ nghịch lưu;
- Van bán dẫn công suất (Q1-Q6) thực hiện điều chế điện áp DC thành AC.

Bản chất của giải thuật điều chế SVPWM là sự tổ chức các trạng thái đóng/ngắt của các van bán dẫn để tạo ra được một vector điện áp  $V_s$  và góc lệch pha  $\varphi$  (hướng vector điện áp) như mong muốn.



Hình 3. Cấu trúc mạch nghịch lưu 2 mức với 6 van bán dẫn

Với 3 cặp van sẽ có 8 trạng thái đóng ngắt các van. Tương ứng với mỗi trạng thái này ta sẽ thu được một vector điện áp trên tải cố định (cả về hướng và độ lớn) được gọi là 8 vector chuẩn ký hiệu là  $V_0, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$  như Hình 4.



Hình 4. Các vector tạo bởi sự đóng/cắt của 3 cặp van

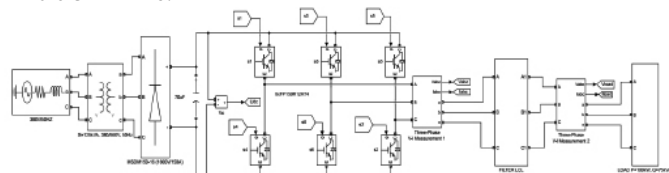
Một vector điện áp  $V_s$  sẽ được tạo ra trên cơ sở việc thực hiện 2 trong số 8 vector điện áp chuẩn. Độ dài và hướng của  $V_s$  được xác định thông qua việc lựa chọn cặp vector chuẩn và độ dài của vector điện áp chuẩn. Để thực hiện các vector điện áp chuẩn thì cần phải đưa về phương trình tương quan thời gian. Nói cách khác là độ dài các vector chuẩn sẽ đặc trưng bởi tỉ số giữa thời gian đóng/cắt của van  $T_{ab}$  và thời gian chu kỳ xung  $T_s$ . Do thời gian đóng của van không thể diễn ra trong toàn bộ chu kỳ  $T_s$ , do vậy giới hạn độ dài của vector chuẩn sẽ là đường tròn nội tiếp lục giác, khi đó  $V_{max} = V_{DC} / \sqrt{3}$  là độ dài lớn nhất của của vector chuẩn.

$$\frac{V_s}{V_{smax}} = \frac{T_{a,b}}{T_s} \quad (1)$$

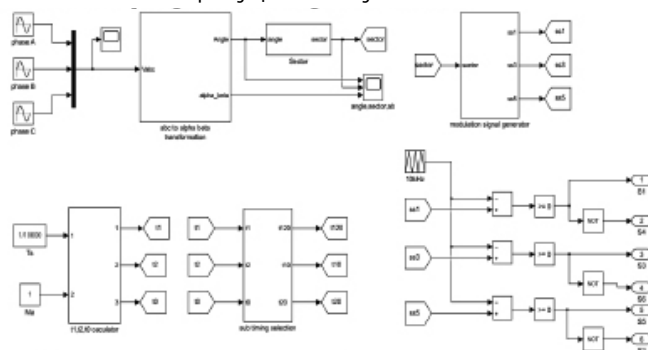
Trong trường hợp cần tạo ra vector  $V_s$ , ta cần phải thực hiện vector  $V_1$  trong khoảng thời gian  $T_a$  và  $V_2$  trong khoảng thời gian  $T_b$ . Thời gian còn lại của chu kỳ  $T_s$  sẽ thực hiện vector  $T_0$  (hoặc  $T_7$ ). Thời gian điều chế  $T_a$ ,  $T_b$  và  $T_0$  cho các vector  $V_n$  và  $V_{n+1}$  như sau [6]:

$$\begin{cases} T_a = T_s \cdot \frac{\sqrt{3}V_s}{V_{DC}} \cdot \sin(n\frac{\pi}{3} + \varphi) \\ T_b = T_s \cdot \frac{\sqrt{3}V_s}{V_{DC}} \cdot \sin((n+1)\frac{\pi}{3} - \varphi) \\ T_0 = T_s - T_a - T_b \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó,  $n$  chỉ vị trí của các sector mà vector đang thuộc phạm vi không gian đó. Cấu trúc mô phỏng mạch bộ biến đổi công suất trên Simulink được chỉ trên Hình 5 và khâu tạo tín hiệu điều chế như trên Hình 6.



Hình 5. Cấu trúc mô phỏng bộ biến đổi công suất trên Simulink



Hình 6. Cấu trúc mô phỏng tạo tín hiệu điều chế SVPWM trên Simulink

Sơ đồ Hình 5 và Hình 6 thể hiện một bộ tạo tín hiệu SVPWM hoàn chỉnh hoạt động ở chế độ vòng hở. Nó nhận tín hiệu tham chiếu là điện áp/tần số mong muốn qua các khối sine wave và tỉ số điều chế  $M_a$  để tạo ra các xung đóng cắt S1-S6 tương ứng theo thuật toán SVPWM đối xứng dựa trên sóng mang.

## 2.4. Thiết kế bộ điều khiển ổn định điện áp đầu ra của bộ biến đổi công suất

### 2.4.1. Cấu trúc điều khiển vòng kín cho bộ biến đổi công suất

Bộ điều khiển ổn định điện áp đảm bảo rằng bộ biến đổi cung cấp một nguồn năng lượng có chất lượng cao, đáp ứng yêu cầu của tải và tiêu chuẩn điện năng. Hầu hết các thiết bị điện đều yêu cầu một nguồn điện áp ổn định trong một phạm vi dung sai nhất định

(440 V  $\pm$  5%) để hoạt động chính xác, hiệu quả và bền bỉ. Điện áp không ổn định có thể gây ra lỗi hoạt động, giảm tuổi thọ hoặc thậm chí hư hỏng cho các thiết bị nhạy cảm.

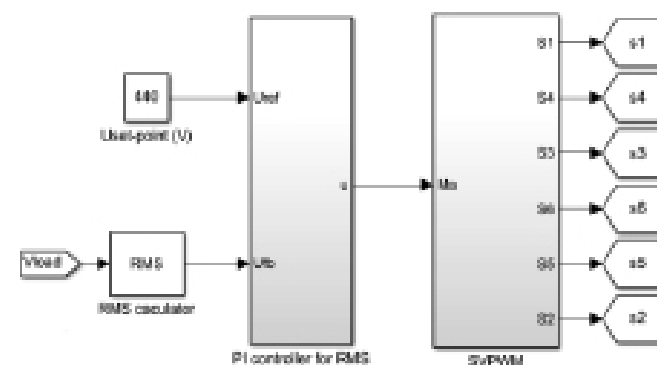
Để đảm bảo điện áp đầu ra ổn định và chất lượng cao thì bộ điều khiển vòng hở sẽ không đủ để đáp ứng yêu cầu ổn định điện áp trong thực tế. Do vậy, cần thiết kế điều khiển vòng kín điện áp tức thời với mục tiêu là giữ cho dạng sóng điện áp AC đầu ra bám sát dạng sóng tham chiếu tại mọi thời điểm. Các phương pháp phổ biến có thể áp dụng là:

- Dùng bộ điều khiển PI trong hệ tọa độ dq;
- Dùng bộ điều khiển PR (bộ điều khiển tích phân-cộng hưởng) trong hệ tọa độ  $\alpha\beta$ ;
- Điều khiển vòng kín điện áp hiệu dụng RMS (Root Mean Square).

Các phương pháp điều khiển trên đều có những ưu và nhược điểm nhất định, cụ thể bộ điều khiển PI trong hệ tọa độ dq cần thực hiện các phép biến đổi tọa độ (Clarke, Park và ngược lại), làm tăng khối lượng tính toán. Yêu cầu thông tin chính xác về góc pha  $\theta$  của hệ thống (thường từ PLL hoặc bộ tạo góc).

Với bộ điều khiển PR trong hệ tọa độ  $\alpha\beta$  thì việc tinh chỉnh thông số ( $K_p$ ,  $K_r$ ,  $\omega_c$ ) phức tạp hơn, đòi hỏi mô hình hệ thống chính xác. Ngoài ra, bộ điều khiển còn nhạy cảm với sự thay đổi tần số của hệ thống nếu băng thông cộng hưởng  $\omega_c$  quá hẹp. Để loại bỏ các sóng hài bậc khác cần thêm các bộ cộng hưởng song song.

Bộ điều khiển PI cho điện áp RMS có cấu trúc vòng lặp điều khiển đơn giản nhất trong ba phương pháp, không cần các phép biến đổi tọa độ phức tạp cho việc điều khiển biên độ. Chính vì vậy, trong bài báo lựa chọn giải pháp điều khiển sử dụng bộ PI cho điện áp RMS.



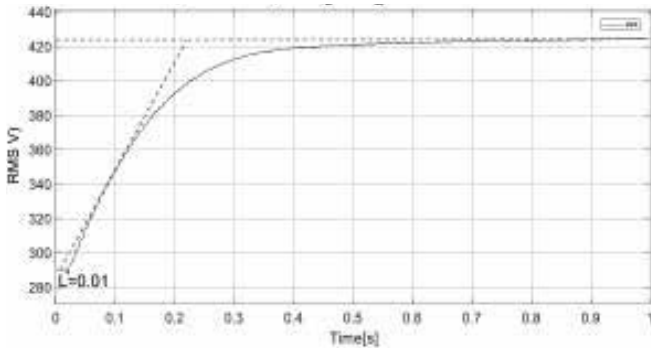
Hình 7. Cấu trúc điều khiển vòng kín với bộ điều khiển PI-RMS

Sơ đồ Hình 7 thể hiện một hệ thống mô phỏng hoàn chỉnh của bộ biến đổi AC-DC-AC với bộ điều khiển vòng kín PI được thiết kế đặc biệt để ổn định giá trị RMS của điện áp đầu ra bằng cách điều chỉnh tỉ số điều chế SVPWM. Bộ điều khiển PI nhận tín hiệu mong muốn và tín hiệu đầu ra của bộ biến đổi công suất làm đầu vào. Đầu ra của khối PI là tỉ số điều chế  $M_a$ . Giá trị  $M_a$  này sẽ thay đổi động dựa trên sai số điện áp RMS. Bộ PI có nhiệm vụ tính toán và điều chỉnh tỉ số điều chế  $M_a$ . Nếu điện áp RMS thấp hơn giá trị đặt (Uset-point) thì PI sẽ tăng  $M_a$ , ngược lại nếu cao hơn, PI sẽ giảm  $M_a$ . Quá trình này diễn ra liên tục, tạo thành một vòng lặp kín giúp duy trì điện áp RMS đầu ra ổn định bất chấp thay đổi tải hoặc biến động nguồn.

### 2.4.2. Tìm tham số bộ điều khiển PI theo Ziegler-Nichols

Phương pháp Ziegler-Nichols [7] là một bộ quy tắc kinh nghiệm rất nổi tiếng, được sử dụng để tìm các thông số ban đầu

( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) cho bộ điều khiển PID (Proportional-Integral-Derivative) một cách thực nghiệm, mà không cần biết mô hình toán học chi tiết của hệ thống. Phương pháp này dựa trên việc quan sát đáp ứng của hệ thống ở chế độ vòng hở khi có một tín hiệu đầu vào dạng bước nhảy đơn vị. Phương pháp này phù hợp với các hệ thống ổn định ở vòng hở và có đáp ứng dạng chữ 'S'. Áp dụng phương pháp vào hệ thống vòng hở như Hình 5, 6 với  $M_a=0,5$  thu được đáp ứng như trên Hình 8.



Hình 8. Đáp ứng hệ thống vòng hở của bộ biến đổi công suất với  $M_a=0,5$   
Dựa theo đáp ứng ta có  $L=0,01$ ;  $K=850$ ;  $T=0,22$ . Lựa chọn bộ điều khiển PI, theo Bảng 1 ta có:  $K_p=0,012$ ;  $K_i=0,033$ .

Bảng 1. Thông số bộ điều khiển theo Ziegler-Nichols [7]

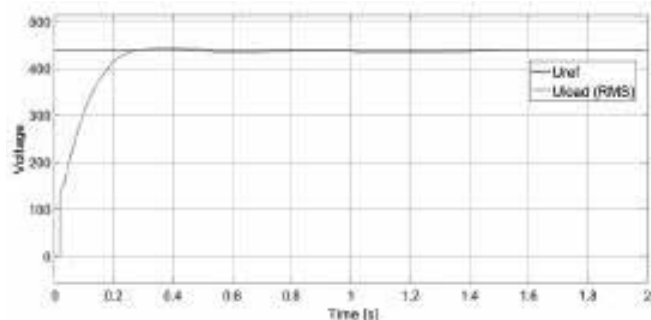
| Loại bộ điều khiển | $K_p$         | $K_i$    | $K_d$   |
|--------------------|---------------|----------|---------|
| P                  | $T/(K.L)$     | $\infty$ | 0       |
| PI                 | $0,9 T/(K.L)$ | $3,33 L$ | 0       |
| PID                | $1,2 T/(K.L)$ | $2 L$    | $0,5 L$ |

### 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Với các thông số PI đã thiết kế và thực hiện mô phỏng theo cấu trúc Hình 7 với kịch bản thử nghiệm như sau:

- Trong khoảng thời gian 0 - 0,5 giây, bộ biến đổi khởi động và hoạt động không tải;
- Thời điểm 0,5 giây đóng 50% tải với tải dạng R-L có  $P=50$  kW,  $Q=37,5$  Kvar;
- Thời điểm 1,0 giây đóng thêm 50% tải với tải dạng R-L có  $P=50$  kW,  $Q=37,5$  Kvar, bộ biến đổi hoạt động với 100% công suất thiết kế.

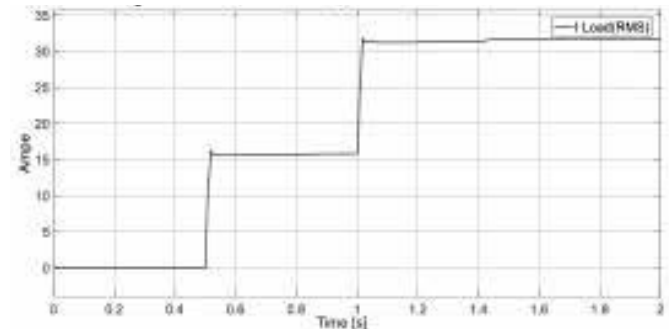
Đồ thị trong Hình 9 thể hiện đáp ứng của điện áp RMS tại tải so với giá trị điện áp tham chiếu  $U_{ref}$  là 440 V trong khoảng thời gian từ 0 đến 2 giây.



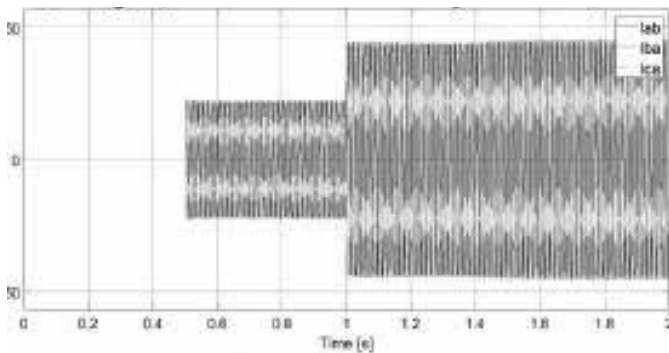
Hình 9. Điện áp đặt và điện áp ra trên tải của bộ biến đổi công suất khi có bộ điều khiển PI-RMS

Bộ điều khiển PI-RMS cho thấy khả năng ổn định điện áp tốt khi có sự thay đổi tải theo bậc. Nó có thể phát hiện sụt áp và đưa điện áp trở lại giá trị đặt với thời gian xác lập 0,2 giây đáp ứng được tiêu chuẩn cấp điện cho tàu [3].

Đáp ứng dòng điện khi tải thay đổi được thể hiện trên Hình 10 và Hình 11.

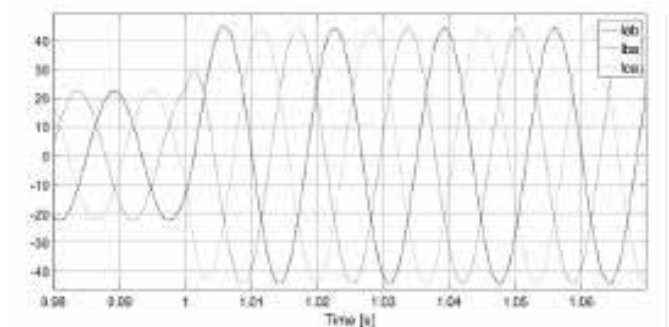


Hình 10. Giá trị dòng điện RMS đầu ra khi tải thay đổi theo kịch bản mô phỏng



Hình 11. Giá trị dòng điện tức thời ở đầu ra khi tải thay đổi theo kịch bản mô phỏng

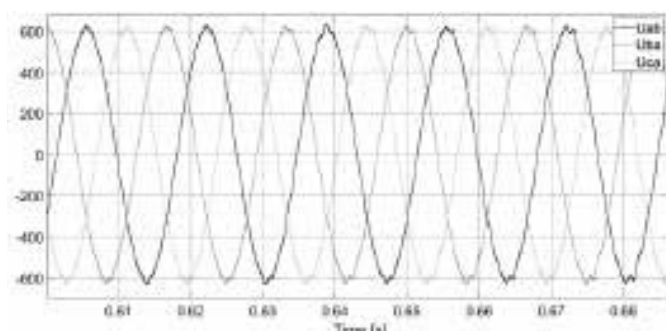
Ngay tại thời điểm  $t=0,5$  giây, dòng điện tăng vọt gần như tức thời từ 0 A lên một giá trị xác lập mới. Giá trị xác lập ở mức 50% tải là khoảng 15,5 A - 16 A. Dòng điện giữ ổn định ở mức này cho đến thời điểm 1,0 giây. Tại thời điểm  $t=1,0$  giây, khi 50% tải còn lại được đóng vào, dòng điện lại tăng vọt gần như tức thời từ mức 16 A lên một giá trị xác lập mới. Giá trị xác lập ở mức 100% tải là khoảng 31 - 32 A. Dòng điện giữ ổn định ở mức này trong khoảng thời gian còn lại của mô phỏng. Dòng điện có dạng hình sin như thể hiện trong Hình 12.



Hình 12. Phóng to một đoạn đáp ứng dòng điện quanh thời điểm 1s

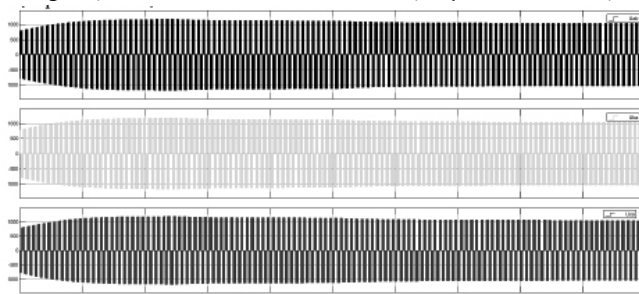
Đường điện áp như Hình 13 có dạng gần sin, tần số 60 Hz, cho thấy bộ nghịch lưu và bộ lọc đầu ra đang hoạt động để tạo ra điện áp xoay chiều mong muốn. Ba pha lệch nhau 120 độ về pha, đúng với đặc tính của hệ thống điện 3 pha cân bằng.





Hình 13. Dạng điện áp tức thời trên tải

Điện áp trước lọc có dạng như trên Hình 14. Điện áp là các xung vuông được điều chế với tần số 10 kHz và lệch pha nhau 120 độ.



Hình 14. Điện áp các pha điều chế sau nghịch lưu

Đồ thị này cho thấy dạng sóng dòng điện điển hình tại đầu ra của một bộ nghịch lưu PWM trước khi qua bộ lọc. Nó chứa đựng thành phần cơ bản mong muốn nhưng bị ảnh hưởng mạnh bởi nhiễu hài tần số cao do quá trình đóng cắt.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày thiết kế và mô phỏng một bộ biến đổi công suất để chuyển đổi tần số từ 50 Hz sang 60 Hz, nhằm giải quyết vấn đề không tương thích về tiêu chuẩn điện năng cho các hệ thống cấp điện bờ tại cảng biển Việt Nam. Các kết quả mô phỏng trên phần mềm MATLAB/Simulink đã chứng minh tính hiệu quả và khả thi của giải pháp đề xuất. Hệ thống đã thể hiện khả năng hoạt động ổn định, tạo ra điện áp xoay chiều đầu ra có dạng sóng sin chuẩn, tần số 60Hz với chỉ số méo hài tổng thấp. Đặc biệt, bộ điều khiển PI-RMS đã cho thấy khả năng duy trì điện áp đầu ra ổn định ở mức 440 V, bám sát giá trị đặt ngay cả khi có sự thay đổi tải đột ngột từ không tải lên 100% công suất thiết kế.

Nghiên cứu đã khẳng định rằng bộ biến đổi công suất sử dụng điều chế SVPWM kết hợp với bộ điều khiển vòng kín PI-RMS là một giải pháp kỹ thuật mạnh mẽ và phù hợp, đáp ứng các yêu cầu khắt khe về chất lượng và độ ổn định của nguồn điện cấp cho tàu biển. Kết quả này là cơ sở quan trọng để tiến tới việc xây dựng các mô hình thực nghiệm và triển khai ứng dụng thực tế, góp phần thúc đẩy các giải pháp “cảng xanh” tại Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Martin O. P. Ramacher, et al. (2020), The impact of ship emissions on air quality and human health in the Gothenburg area - Part II: Scenarios for 2040, Atmos. Chem. Phys., pp.10667-10686.
- [2]. Qinyu Cheng, et al. (2023), Impact of Ship Emissions on Air Quality in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA): With a Particular Focus on the Role of Onshore Wind, Air Pollution Management and Environment Research.
- [3]. IEEE 45.1 (2023), IEEE Recommended Practice for Electrical Installations on

Shipboard, IEEE.

[4]. Rashid, M. H. (2018), Power Electronics Handbook, Fourth Edition, Academic Press.

[5]. Holtz, J. (1992), Pulsewidth modulation for electronic power conversion, Proceedings of the IEEE, vol.80, no.8, pp.1194-1214.

[6]. Quách Đức Cường, Nguyễn Văn Đoàn (2019), Điều chế vector không gian cho biến tần ba pha hai mức trên hệ thống nhúng ARM Cortex, Hội nghị khoa học HaUI lần thứ III.

[7]. K. J. Åström and T. Hägglund (1995), PID Controllers: Theory, Design and Tuning, 2nd ed, Research Triangle Park, NC: ISA.

# Nghiên cứu đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt

## Study on the safety assessment of railway passenger station structures

> **THS PHẠM CHÍ DŨNG**

Công ty Cổ phần Kiến trúc đô thị Việt Nam

Email: dungDLL1968@gmail.com

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu đánh giá an toàn cho công trình nhà ga hành khách đường sắt đang khai thác. Trên cơ sở tổng quan các nghiên cứu và tiêu chuẩn trong nước và quốc tế, nhóm tác giả phân tích các yếu tố khách quan và chủ quan ảnh hưởng đến an toàn kết cấu nhà ga; tiếp đó, đánh giá an toàn chịu lực cũng như vận hành khai thác của kết cấu công trình nhà ga đường sắt được nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu góp phần định hướng xây dựng tiêu chuẩn đánh giá an toàn nhà ga hành khách đường sắt tại Việt Nam, đề xuất khuyến nghị về kiểm tra định kỳ, bảo trì và cải thiện các yếu tố kỹ thuật nhằm đảm bảo khai thác nhà ga an toàn, bền vững.

**Từ khóa:** An toàn nhà ga; kết cấu nhà ga đường sắt; an toàn chịu lực; an toàn vận hành khai thác, bảo trì công trình giao thông.

### ABSTRACT

This paper presents a study on the safety assessment of operating railway passenger station structures. Based on a review of domestic and international studies and standards, the authors analyze both objective and subjective factors affecting the structural safety of railway stations. Subsequently, the study evaluates the load-bearing safety and operational performance of railway station structures. The research results contribute to guiding the development of safety assessment standards for railway passenger stations in Vietnam. In addition, the study proposes recommendations for periodic inspections, maintenance, and improvement of technical factors to ensure the safe and sustainable operation of railway stations.

**Keywords:** Station safety; railway station structures; load-bearing safety; operational safety; transport infrastructure maintenance.

## 1. TỔNG QUAN VỀ ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CÔNG TRÌNH NHÀ GA HÀNH KHÁCH ĐƯỜNG SẮT

### 1.1. Tổng quan về đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt trên thế giới

Đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt là lĩnh vực quan trọng trong quản lý và bảo trì hạ tầng đường sắt. Nhiều quốc gia đã phát triển các tiêu chuẩn và hướng dẫn nhằm đảm bảo an toàn cho kết cấu nhà ga. Chẳng hạn, ISO 13822:2010 [1] đưa ra nguyên tắc và yêu cầu chung cho việc đánh giá kết cấu hiện có, hướng dẫn cách tiếp cận dựa trên độ tin cậy và hậu quả hư hỏng. ISO 2394:2015 [2] cũng thiết lập các nguyên tắc về độ tin cậy và rủi ro trong thiết kế và đánh giá kết cấu, bao gồm cả nhà ga đường sắt. Bên cạnh đó, tiêu chuẩn SEI/ASCE 11-99 [3] của Hiệp hội Kỹ sư Xây dựng Hoa Kỳ cung cấp hướng dẫn đánh giá tình trạng kết cấu công trình hiện hữu. Tương tự, Viện Bê tông Mỹ đã ban hành ACI 437R-19 (2019) [4] hướng dẫn đánh giá cường độ kết cấu bê tông hiện có và ACI 364.1R-94 [5] về quy trình đánh giá trước khi cải tạo kết cấu bê tông. Ngoài ra, còn có nhiều tài liệu quan trọng khác: Báo cáo RILEM 027 [6] & RILEM 032 [7] về đánh giá mái nhà và đánh giá xác suất độ tin cậy kết cấu; các báo cáo của JRC châu Âu [8, 9] về đánh giá và cải tạo kết cấu hiện hữu; tiêu chuẩn EN 1998-3:2005 [10] (Eurocode 8

phần đánh giá và gia cường công trình chống động đất); hướng dẫn kiểm định định kỳ công trình của BCA Singapore [11]; tiêu chuẩn Nga CP 13-102-2003 [12] và Kazakhstan CP PK 1.04-101-2012 [13] về kiểm định, gia cố kết cấu hiện hữu. Nhìn chung, kinh nghiệm quốc tế cho thấy việc đánh giá an toàn kết cấu cần được tiêu chuẩn hóa và tiến hành định kỳ, sử dụng cách tiếp cận dựa trên rủi ro và độ tin cậy để đảm bảo công trình nhà ga luôn hoạt động an toàn.

### 1.2. Tổng quan về đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt ở Việt Nam

Công tác đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt còn khá mới mẻ so với nhiều nước phát triển. Trong thời gian gần đây, Nhà nước đã ban hành một số quy định làm cơ sở cho hoạt động này. Nghị định 06/2021/NĐ-CP (Điều 37) [14] quy định việc kiểm định an toàn kết cấu công trình xây dựng, kèm theo hướng dẫn tại Thông tư 10/2021/TT-BXD. Tiêu chuẩn TCVN 9381:2012 [15] hiện hành đưa ra hướng dẫn phân loại mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà với 4 cấp A, B, C, D. Song song, TCVN 9378:2012 [16] quy định phương pháp khảo sát đánh giá tình trạng nhà xây gạch đá dựa trên dấu hiệu bên ngoài. Bộ Xây dựng cũng ban hành Quyết định số 681/QĐ-BXD (2016) [17] về quy trình đánh giá an toàn kết cấu nhà ở và công trình công cộng, dựa trên các tiêu chuẩn TCVN

9381 và 9378. Riêng trong lĩnh vực đường sắt, Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) đã ban hành QCVN 08:2018/BGTVT [18] - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khai thác đường sắt, trong đó có những quy định đảm bảo an toàn cho công trình đường sắt bao gồm cả nhà ga. Tuy nhiên, hiện nay Việt Nam chưa có tiêu chuẩn chuyên biệt cho việc kiểm định, đánh giá an toàn đối với nhà ga hành khách đang khai thác. Do đó, việc nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn đánh giá an toàn nhà ga là cần thiết, nhằm làm cơ sở cho quản lý vận hành và bảo trì hiệu quả hệ thống nhà ga đường sắt.

## 2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN AN TOÀN CÔNG TRÌNH NHÀ GA HÀNH KHÁCH ĐƯỜNG SẮT

### 2.1. Yếu tố khách quan ảnh hưởng đến an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt

Môi trường tự nhiên: Khí hậu, thời tiết và địa chất có ảnh hưởng lớn đến độ bền công trình. Sự thay đổi nhiệt độ và độ ẩm gây giãn nở, co ngót vật liệu, đẩy nhanh quá trình lão hóa kết cấu. Mưa bão, lũ lụt có thể làm sạt lở nền móng, thấm dột mái, quá tải hệ thống thoát nước. Nếu nhà ga nằm ở vùng có nguy cơ động đất, các rung chấn có thể gây mất ổn định kết cấu nếu không được thiết kế kháng chấn phù hợp. Địa chất nền móng cũng rất quan trọng: Nền đất yếu, khu vực dễ sụt lún hoặc có mạch nước ngầm có thể gây nứt gãy móng, biến dạng nền công trình.

Hoạt động giao thông đường sắt: Quá trình vận hành tàu ảnh hưởng trực tiếp đến nhà ga. Tải trọng động do tàu hỏa khi ra vào ga gây rung động truyền vào kết cấu, đặc biệt với tàu hàng nặng hoặc tàu cao tốc tạo lực xung kích lớn. Bên cạnh đó, lưu lượng hành khách lớn trong giờ cao điểm gây áp lực lên sàn nhà, cầu thang, nhà chờ, nếu thiết kế không dự phòng đủ sẽ dẫn đến quá tải cục bộ. Ngoài ra, các phương tiện khác (ô tô, xe buýt) hoạt động quanh khu vực ga cũng có thể va chạm vào cột, tường hoặc gây rung chấn nền nếu tiến hành xây dựng ngầm gần đó.

Yếu tố xã hội và con người (bên ngoài): Hoạt động xây dựng xung quanh nhà ga có thể ảnh hưởng tiêu cực. Thi công công trình lân cận (đào móng, làm hầm ngầm, metro) gây rung động, sụt lún đất, tác động đến nền móng ga. Nếu công tác bảo trì nhà ga không được thực hiện đầy đủ, công trình sẽ xuống cấp nhanh hơn do thời tiết và quá tải sử dụng. Bên cạnh đó, yếu tố an ninh cũng quan trọng: Hành vi phá hoại, khủng bố hoặc các sự cố cháy nổ, rò rỉ hóa chất có thể gây hư hại kết cấu và đe dọa an toàn công trình.

Công nghệ và kỹ thuật: Chất lượng công nghệ xây dựng ảnh hưởng trực tiếp đến tuổi thọ công trình. Vật liệu xây dựng kém chất lượng hoặc không phù hợp môi trường (ví dụ không có tính chống ăn mòn ở vùng biển) sẽ làm kết cấu nhanh hỏng. Thiết kế kỹ thuật không xét đầy đủ tải trọng động (tàu, gió, động đất) hoặc thiếu hệ thống giảm chấn sẽ khiến nhà ga nhanh xuống cấp hơn dự kiến.

### 2.2. Yếu tố chủ quan ảnh hưởng đến an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt

Thiết kế và quy hoạch: Chất lượng thiết kế kết cấu quyết định khả năng chịu lực lâu dài của nhà ga. Thiết kế không tuân thủ tiêu chuẩn kỹ thuật hoặc tính toán thiếu tải trọng (tĩnh tải, hoạt tải, gió, động đất) có thể làm kết cấu yếu, giảm tuổi thọ. Bố trí công năng không hợp lý (ví dụ luồng hành khách tập trung quá đông trên một sàn) dễ gây hư hỏng cục bộ nếu vượt khả năng chịu tải của kết cấu khu vực đó. Ngoài ra, quy hoạch tổng thể thiếu tầm nhìn (chọn vị trí xây gần vùng địa chất yếu, không dự phòng mở rộng) cũng khiến công trình dễ rơi vào tình trạng quá tải và xuống cấp sớm.

Vật liệu và thi công: Việc sử dụng vật liệu xây dựng kém chất lượng hoặc không đúng chủng loại thiết kế sẽ làm giảm độ bền công trình. Bên cạnh đó, chất lượng thi công không đảm bảo (sai kỹ thuật, không tuân thủ thiết kế, giám sát lỏng lẻo) gây ra các lỗi nghiêm trọng như bê tông nứt, cột lệch, mối nối kết cấu kém bền ngay từ khi

công trình hoàn thành. Khâu nghiệm thu nếu làm qua loa sẽ bỏ sót các khuyết tật ẩn, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn khi sử dụng.

Vận hành và bảo trì: Tần suất bảo trì không đủ hoặc phương pháp bảo trì sai dẫn đến công trình xuống cấp nhanh hơn dự kiến. Nếu nhà ga thường xuyên khai thác vượt công suất thiết kế (quá tải hành khách, hàng hóa) mà không gia cố kịp thời, các bộ phận như sàn, cầu thang, mái sẽ hư hỏng nhanh chóng. Vận hành thiếu kiểm soát (ví dụ xe cộ ra vào tùy tiện) cũng có thể gây chấn động ảnh hưởng nền móng.

Quản lý và con người: Trình độ và ý thức của đội ngũ quản lý, vận hành ảnh hưởng lớn đến an toàn công trình. Nhân sự thiếu kiến thức về kết cấu sẽ bảo trì không đúng cách, bỏ qua dấu hiệu hư hỏng nhỏ dẫn đến sự cố lớn. Thiếu quy trình kiểm tra định kỳ, không đánh giá tình trạng kết cấu theo tiêu chuẩn sẽ khiến rủi ro không được phát hiện kịp thời. Ngoài ra, hành vi của người sử dụng cũng tác động: Ví dụ hành khách phá hoại tài sản, tập trung đông người ở khu vực không được thiết kế chịu tải cao đều có thể làm công trình nhanh xuống cấp.

Công nghệ giám sát: Việc ứng dụng công nghệ trong giám sát kết cấu còn hạn chế. Nhiều nhà ga chưa trang bị cảm biến theo dõi biến dạng, rung động, do đó khó phát hiện kịp thời dấu hiệu bất thường. Tương tự, thiếu hệ thống cảnh báo tự động (báo cháy, báo quá tải) sẽ tăng nguy cơ xảy ra sự cố nghiêm trọng nếu không được can thiệp sớm. Hiện nay, các công nghệ hiện đại như quét laser 3D, UAV (drone) và trí tuệ nhân tạo (AI) có thể hỗ trợ giám sát trạng thái kết cấu liên tục và phân tích dự báo hư hỏng. Việc chưa áp dụng các công nghệ này khiến công tác đánh giá an toàn chưa đạt hiệu quả tối ưu.

## 3. ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CHỊU LỰC CÔNG TRÌNH NHÀ GA HÀNH KHÁCH ĐƯỜNG SẮT

Đảm bảo an toàn chịu lực cho công trình nhà ga hành khách là một yêu cầu thiết yếu trong quá trình khai thác, vận hành công trình. Đánh giá an toàn chịu lực công trình nhà ga được chia thành hai cấp độ chính: Kiểm tra trực quan và đánh giá đầy đủ.

Ở cấp độ 1 - kiểm tra trực quan, mục tiêu là xác định các dấu hiệu ban đầu về hư hỏng, xuống cấp, khuyết tật kết cấu hoặc sự thay đổi mục đích sử dụng ảnh hưởng đến tải trọng tác động lên công trình. Hoạt động này bao gồm việc phân tích hồ sơ kết cấu, khảo sát hiện trạng bằng mắt thường, ghi nhận các khiếm khuyết như vết nứt, độ võng, ăn mòn, sụt lún và đánh giá các yếu tố môi trường tác động. Trong trường hợp không phát hiện nguy cơ kết cấu nghiêm trọng, kết quả kiểm tra trực quan được sử dụng làm căn cứ duy trì hoạt động bình thường. Ngược lại, khi có dấu hiệu bất thường, cần thực hiện cấp độ 2.

Cấp độ 2 - đánh giá đầy đủ - bao gồm hai giai đoạn: Đánh giá sơ bộ và đánh giá chi tiết. Giai đoạn sơ bộ tập trung vào thu thập, phân tích hồ sơ thiết kế, khai thác, bảo trì, kết hợp khảo sát hiện trường nhằm nhận diện các nguy cơ ảnh hưởng đến khả năng chịu lực. Nếu cần thiết, đánh giá chi tiết sẽ được triển khai, bao gồm đo đạc kích thước hình học thực tế, xác định đặc trưng vật liệu (bằng phương pháp thí nghiệm phá hủy và không phá hủy), xác định tải trọng tác động (bao gồm tải trọng sử dụng, gió, động đất), phân tích kết cấu và kiểm tra khả năng chịu lực theo các trạng thái giới hạn.

Kết quả đánh giá là cơ sở đưa ra các kiến nghị cụ thể: Công trình an toàn và tiếp tục sử dụng hoặc cần can thiệp như sửa chữa, gia cố hoặc thay đổi công năng. Báo cáo đánh giá phải nêu rõ tình trạng kết cấu, mức độ rủi ro, đề xuất giải pháp kỹ thuật và định hướng bảo trì trong thời gian tiếp theo. Quy trình đánh giá này bảo đảm tính hệ thống, khoa học và tuân thủ các tiêu chuẩn hiện hành như TCVN và BS-EN, qua đó nâng cao hiệu quả quản lý, vận hành công trình nhà ga hành khách trong điều kiện khai thác thực tế.



#### 4. ĐÁNH GIÁ AN TOÀN VẬN HÀNH KHAI THÁC CÔNG TRÌNH NHÀ GA HÀNH KHÁCH ĐƯỜNG SẮT

Đảm bảo an toàn vận hành khai thác công trình nhà ga hành khách là yêu cầu trọng yếu trong quản lý hệ thống giao thông đường sắt quốc gia. Việc triển khai hệ thống quản lý an toàn vận hành (SMS) là phương pháp tiếp cận hệ thống nhằm nhận diện, kiểm soát và giảm thiểu rủi ro phát sinh trong quá trình khai thác. Đặc biệt, đối với nhà ga hành khách - nơi tập trung đông người và tích hợp nhiều hệ thống kỹ thuật, công tác đánh giá an toàn vận hành càng trở nên cấp thiết.

Trọng tâm của quá trình đánh giá là xác định và phân tích các mối nguy tiềm tàng, bao gồm cả nguy cơ do lỗi con người, thiết bị hư hỏng, thay đổi điều kiện môi trường và sự tương tác giữa các hệ thống kỹ thuật - vận hành. Mỗi mối nguy được định lượng theo khả năng xảy ra và mức độ hậu quả, từ đó phân loại mức độ rủi ro và thiết lập biện pháp kiểm soát tương ứng. Điều này nhấn mạnh việc áp dụng các phương pháp phân tích như ma trận rủi ro, phân tích cây sự cố hoặc phương pháp định lượng khi cần đánh giá các tình huống khẩn cấp nghiêm trọng.

Ngoài ra, cũng cần quy định việc quản lý thay đổi - yếu tố thường gặp tại các nhà ga cần được đánh giá đầy đủ về tác động an toàn trước khi triển khai. Đồng thời, năng lực nhân sự vận hành nhà ga phải được quản lý chặt chẽ thông qua đào tạo định kỳ, kiểm tra năng lực và cập nhật kiến thức liên quan đến an toàn vận hành.

Việc lập và duy trì kế hoạch phân ứng khẩn cấp cho các tình huống như cháy nổ, tấn công an ninh, mất điện hay trật bánh là một yêu cầu bắt buộc. Kế hoạch này cần được xây dựng trên cơ sở phối hợp với các lực lượng chức năng và thường xuyên được diễn tập để đảm bảo khả năng ứng phó thực tế.

Thông qua hệ thống SMS, doanh nghiệp vận hành có thể đảm bảo rằng mọi quy trình, thiết bị, con người và sự thay đổi trong quá trình khai thác đều được quản lý dưới góc độ an toàn. Qua đó, không chỉ ngăn ngừa tai nạn mà còn nâng cao chất lượng phục vụ hành khách và độ tin cậy của hệ thống nhà ga đường sắt.

#### 5. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã trình bày phương pháp đánh giá an toàn công trình nhà ga hành khách đường sắt. Thông qua tổng quan kinh nghiệm quốc tế và phân tích thực trạng trong nước, có thể thấy việc đánh giá an toàn nhà ga phải được tiến hành định kỳ và có hệ thống, áp dụng đồng bộ cả các giải pháp kỹ thuật kiểm định kết cấu lẫn các biện pháp quản lý vận hành an toàn.

*Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả đề xuất một số kiến nghị sau:*

- Xây dựng tiêu chuẩn chuyên ngành: Bộ Xây dựng nên xem xét ban hành một tiêu chuẩn hoặc hướng dẫn kỹ thuật dành riêng cho việc đánh giá an toàn nhà ga đường sắt đang khai thác. Tiêu chuẩn này sẽ cung cấp cơ sở pháp lý và kỹ thuật để các đơn vị quản lý nhà ga thực hiện kiểm định an toàn định kỳ một cách thống nhất.

- Kiểm tra định kỳ bắt buộc: Đề xuất quy định chu kỳ kiểm tra an toàn nhà ga (ví dụ 1 năm/lần cho kiểm tra trực quan, 5 năm/lần cho kiểm tra toàn diện hoặc sau mỗi sự kiện bất thường như động đất, bão lớn). Việc kiểm tra cần thực hiện bởi đơn vị tư vấn độc lập có đủ năng lực, kết quả đánh giá phải báo cáo cơ quan quản lý để có phương án xử lý nếu nhà ga không đạt yêu cầu an toàn.

- Tăng cường công tác bảo trì và cải tạo: Chủ đầu tư và đơn vị khai thác nhà ga cần chú trọng phân bổ nguồn lực cho bảo trì thường xuyên; kịp thời sửa chữa, gia cố những hạng mục kết cấu xuất hiện hư hỏng hoặc không đáp ứng tiêu chí an toàn (ví dụ: chống thấm lại mái, gia cố cột bị nứt, thay kính vỡ bằng kính an toàn, bổ sung đèn chiếu sáng...). Đồng thời, đối với các nhà ga cũ thiết kế chưa đáp ứng tiêu chuẩn hiện đại (như thiếu khả năng

kháng chấn, thiếu lối thoát hiểm) cần có kế hoạch cải tạo, nâng cấp để nâng cao mức độ an toàn.

- Ứng dụng công nghệ hiện đại: Khuyến khích triển khai các hệ thống giám sát kết cấu bằng cảm biến (quan trắc rung động, độ nghiêng, ứng suất) nhằm thu thập dữ liệu liên tục về trạng thái công trình. Sử dụng các công nghệ quét laser 3D, flycam (UAV) để kiểm tra những vị trí khó tiếp cận, kịp thời phát hiện biến dạng, hư hỏng nhỏ; áp dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong phân tích dữ liệu giám sát để dự báo sớm nguy cơ sự cố. Những công nghệ này giúp nâng cao hiệu quả đánh giá an toàn, giảm chi phí nhân lực và chủ động phòng ngừa rủi ro.

- Đào tạo và nâng cao ý thức: Cuối cùng, cần tăng cường đào tạo cho đội ngũ quản lý và nhân viên nhà ga về công tác an toàn. Mỗi nhân viên cần nắm vững quy trình vận hành an toàn, kỹ năng PCCC, kỹ năng sơ tán khẩn cấp, đồng thời có ý thức bảo trì cơ bản (phát hiện và báo cáo ngay khi thấy dấu hiệu bất thường ở công trình). Bên cạnh đó, đẩy mạnh tuyên truyền cho hành khách về việc tuân thủ nội quy an toàn tại ga (không xô đẩy, không hút thuốc nơi cấm...). Yếu tố con người đóng vai trò quan trọng đảm bảo các tiêu chí an toàn được thực thi nghiêm túc trong thực tế.

Với sự quan tâm đúng mức và thực hiện đồng bộ những giải pháp trên, các nhà ga hành khách đường sắt ở Việt Nam sẽ vận hành an toàn hơn, phục vụ hành khách tốt hơn và kéo dài tuổi thọ công trình, đóng góp vào sự phát triển bền vững của ngành Đường sắt.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Xây dựng trong Đề tài mã số DT24306.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ISO 13822:2010, Bases for design of structures - Assessment of existing structures.
- [2]. ISO 2394:2015, General principles on reliability for structures.
- [3]. SEI/ASCE 11-99 (1999), Guideline for Structural Condition Assessment of Existing Buildings.
- [4]. ACI PRC-437-19 (2019), Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings.
- [5]. ACI 364.1R-94 (Reapproved 1999), Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation.
- [6]. RILEM, Report 027 (1980), Condition Assessment of Roofs.
- [7]. RILEM, Report 032 (1980), Probabilistic Assessment of Existing Structures.
- [8]. JRC 94918 (EUR 27128 EN) (2015), New European Technical Rules for the Assessment and Retrofitting of Existing Structures.
- [9]. JRC 43401 (EUR 23252 EN) (2008), Assessment of Existing Steel Structures: Estimation of Remaining Fatigue Life.
- [10]. EN 1998-3:2005, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings.
- [11]. BCA (Building and Construction Authority, Singapore) (2012), Periodic Structural Inspection of Existing Buildings - Guidelines for Structural Engineers.
- [12]. СП 13-102-2003, Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений (Tiêu chuẩn xây dựng Nga về kiểm định và gia cường kết cấu công trình hiện hữu).
- [13]. СП РК 1.04-101-2012, Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений (Tiêu chuẩn Kazakhstan về khảo sát, đánh giá hiện trạng kỹ thuật công trình xây dựng).
- [14]. Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 của Chính phủ Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng.
- [15]. TCVN 9381:2012, Hướng dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà.
- [16]. TCVN 9378:2012, Khảo sát đánh giá tình trạng nhà và công trình xây gạch đá.
- [17]. Quyết định số 681/QĐ-BXD (2016) của Bộ Xây dựng Hướng dẫn Quy trình đánh giá an toàn kết cấu nhà ở và công trình công cộng.
- [18]. QCVN 08:2018/BGTVT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khai thác đường sắt.

# Xây dựng các chỉ tiêu đánh giá hoạt động kiểm soát vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam

Development of evaluation indicators for assessing the effectiveness of public investment capital control in transport infrastructure construction in Vietnam

> THS TRẦN TUẤN PHONG<sup>1</sup>, PGS.TS NGUYỄN LƯƠNG HẢI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng

<sup>2</sup>Trường Đại học Giao thông vận tải; Email: hainl@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Bài báo tập trung phân tích bối cảnh và thực trạng công tác kiểm soát việc thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công trong lĩnh vực xây dựng công trình giao thông (CTGT) tại Việt Nam. Trên cơ sở nghiên cứu lý luận và thực tiễn, nhóm tác giả đề xuất hệ thống gồm 5 nhóm chỉ tiêu nhằm đánh giá toàn diện chất lượng hoạt động kiểm soát kế hoạch vốn đầu tư công trong lĩnh vực này. Các chỉ tiêu được xây dựng hướng tới khả năng đo lường, phản ánh hiệu quả kiểm soát và cung cấp cơ sở định lượng phục vụ công tác giám sát và quản lý. Kết quả nghiên cứu góp phần hoàn thiện công cụ đánh giá, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc nhận diện các hạn chế và đề xuất giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả kiểm soát việc sử dụng vốn đầu tư công trong xây dựng CTGT tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Cơ sở hạ tầng công; kiểm soát vốn; ngân sách đầu tư công; công trình giao thông.

## ABSTRACT

This study examines the context and current practices of controlling the implementation of public investment capital plans in the transport infrastructure sector in Vietnam. Drawing on both theoretical foundations and empirical analysis, the authors propose a framework comprising five groups of indicators designed to comprehensively assess the effectiveness of control mechanisms in this domain. These indicators aim to enable quantitative measurement, enhance performance monitoring, and support evidence-based management. The research findings serve as a scientific basis for evaluating existing control practices, identifying key shortcomings, and recommending solutions to improve the efficiency and accountability of public investment capital management in transport infrastructure development.

**Keywords:** Public infrastructure; capital controlling; public budget; transport infrastructure.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vốn đầu tư công đóng vai trò then chốt trong việc phát triển kết cấu hạ tầng giao thông tại Việt Nam, góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, kết nối vùng miền và nâng cao chất lượng sống của người dân. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai các dự án đầu tư công trong lĩnh vực GTVT vẫn tồn tại nhiều hạn chế, đặc biệt là trong khâu kiểm soát vốn đầu tư. Các vấn đề như chậm tiến độ, đội vốn, thậm chí thất thoát và lãng phí nguồn lực vẫn diễn ra phổ biến, phản ánh một thực tế rằng việc sử dụng vốn chưa thật sự hiệu quả và công tác kiểm soát chưa phát huy đầy đủ vai trò.

Hoạt động kiểm soát vốn đầu tư công hiện nay chủ yếu tập trung vào việc kiểm tra tình hình quản lý, thanh toán và quyết toán dự án theo quy định của pháp luật về đầu tư công và ngân sách nhà nước. Các cơ quan có liên quan như Bộ Xây dựng, Bộ Tài chính, Kho bạc Nhà nước, chủ đầu tư và các cơ quan thanh tra, kiểm tra thực hiện nhiệm vụ kiểm soát theo chức năng được phân công. Tuy

nhien, phương thức kiểm soát hiện hành vẫn còn thiên về hình thức và thủ tục hành chính, thiếu các công cụ định lượng và hệ thống chỉ tiêu đánh giá hiệu quả một cách toàn diện.

Trong quản trị hiện đại, kiểm soát được hiểu là quá trình theo dõi tiến độ thực hiện mục tiêu kế hoạch, thông qua hai phương pháp phổ biến: Theo dõi mục tiêu ngắn hạn, dài hạn và thu thập phản hồi về hiệu suất thực hiện. Mục tiêu gần là mục tiêu ngắn hạn hoặc mục tiêu phụ, trong khi mục tiêu xa là mục tiêu dài hạn hoặc mục tiêu chính [1]. Phương pháp thứ hai để theo dõi tiến trình là thu thập và cung cấp phản hồi về hiệu suất thực hiện. Phản hồi hiệu năng thường xuyên, định kỳ cho phép người lao động và người quản lý theo dõi tiến trình của họ đối với việc đạt được mục tiêu và thực hiện các nỗ lực điều chỉnh, phương hướng và chiến lược thực hiện [2].

Hiện nay, các chỉ tiêu đánh giá hoạt động kiểm soát vốn đầu tư công chưa được xác lập rõ ràng và thống nhất, khiến việc giám

sát, phản hồi và cải tiến trở nên bị động. Trong bối cảnh chuyển đổi số và yêu cầu nâng cao hiệu quả chỉ tiêu công, việc xây dựng bộ chỉ tiêu đánh giá khoa học, khách quan và phù hợp với đặc thù đầu tư xây dựng CTGT là hết sức cần thiết. Đây không chỉ là công cụ để đo lường hiệu quả kiểm soát vốn mà còn góp phần tăng cường tính minh bạch, trách nhiệm giải trình và năng lực điều hành của các cơ quan quản lý nhà nước. Bài báo này nhằm nghiên cứu, đề xuất hệ thống chỉ tiêu đánh giá hoạt động kiểm soát vốn đầu tư công trong lĩnh vực GTVT, góp phần hoàn thiện công tác quản lý và nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn lực đầu tư công tại Việt Nam.

## 2. XÂY DỰNG CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG KIỂM SOÁT THỰC HIỆN KẾ HOẠCH VỐN ĐẦU TƯ CÔNG XÂY DỰNG CTGT

Các cơ quan có trách nhiệm trong quản lý đầu tư công bao gồm: Cơ quan chuyên môn quản lý đầu tư công có nhiệm vụ tổ chức theo dõi, kiểm tra kế hoạch đầu tư công thuộc phạm vi quản lý; cơ quan chủ quản, chủ chương trình, chủ đầu tư, người có thẩm quyền quyết định đầu tư và cơ quan quản lý nhà nước về đầu tư công thực hiện việc theo dõi, kiểm tra toàn bộ quá trình đầu tư chương trình, dự án theo các nội dung và chỉ tiêu đã được phê duyệt nhằm bảo đảm mục tiêu và hiệu quả đầu tư. Cơ quan quản lý nhà nước về đầu tư công còn có thẩm quyền tổ chức kiểm tra chương trình, dự án theo kế hoạch định kỳ hoặc đột xuất. Bên cạnh đó, chủ chương trình và chủ đầu tư chịu trách nhiệm tổ chức theo dõi, kiểm tra và thực hiện đánh giá ban đầu, giữa kỳ và kết thúc chương trình, dự án. Đối với các nội dung đánh giá tác động và đánh giá đột xuất, cơ quan chủ quản, người quyết định đầu tư và cơ quan quản lý nhà nước về đầu tư công sẽ trực tiếp tổ chức thực hiện đối với các chương trình, dự án được giao quản lý. Quy định của Luật đầu tư công [3] về theo dõi, kiểm tra, đánh giá được tóm lược ở Bảng 1.

Bảng 1. Quy định về kiểm soát kế hoạch đầu tư công

| Mục                             | Nội dung chính                                                                                                            | Chủ thể thực hiện                                     | Tần suất/Thời điểm                                      | Mục tiêu                                    |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1. Theo dõi, kiểm tra kế hoạch  | - Thực hiện pháp luật<br>- Lập, phê duyệt, giao kế hoạch<br>- Triển khai dự án<br>- Kiểm soát lãng phí, thất thoát        | Cơ quan chuyên môn quản lý đầu tư công                | Theo kế hoạch hoặc đột xuất                             | Bảo đảm đúng quy định và hiệu quả           |
| 2. Đánh giá kế hoạch            | - Mức độ đạt mục tiêu<br>- Tác động KTXH<br>- Tính khả thi<br>- Quản lý đầu tư<br>- Thu, chi NSNN (trung hạn)             | Các cơ quan liên quan theo cấp kế hoạch               | - Trung hạn: Giữa kỳ, kết thúc<br>- Hằng năm: Quý, năm  | Rà soát, điều chỉnh và nâng cao hiệu quả    |
| 3. Theo dõi, kiểm tra dự án     | - Kiểm tra theo tiến độ<br>- Kiểm tra khi điều chỉnh<br>- Kiểm tra đột xuất                                               | Chủ đầu tư, người quyết định đầu tư, cơ quan QLNN     | Ít nhất 1 lần (>12 tháng), khi điều chỉnh hoặc đột xuất | Đảm bảo tiến độ, tránh sai phạm             |
| 4. Đánh giá chương trình, dự án | - Ban đầu<br>- Giữa kỳ<br>- Kết thúc<br>- Tác động<br>- Đột xuất                                                          | Chủ quản, chủ đầu tư, quyết định đầu tư, cơ quan QLNN | Tùy theo loại dự án (nhóm A, B, C...)                   | Đánh giá toàn diện và có điều chỉnh phù hợp |
| 5. Nội dung đánh giá            | - Mục tiêu đầu tư<br>- Khối lượng thực hiện<br>- Vấn đề phát sinh<br>- Tác động KTXH, môi trường<br>- Bài học kinh nghiệm | Như trên                                              | Theo từng loại đánh giá                                 | Rút kinh nghiệm, nâng cao hiệu quả đầu tư   |

Trong quản lý vốn đầu tư xây dựng CTGT, hoạt động kiểm soát là một quá trình liên tục, diễn ra xuyên suốt từ khâu lập kế hoạch đầu tư, tổ chức thực hiện đến khi kết thúc kế hoạch. Kiểm soát không chỉ mang tính hình thức mà còn đóng vai trò như một công cụ cốt lõi để điều chỉnh, giám sát và đảm bảo quá trình đầu tư diễn ra đúng định hướng, tiết kiệm và hiệu quả. Hoạt động này gắn chặt với từng giai đoạn triển khai của dự án và chịu ảnh hưởng bởi tính chất công việc, cơ cấu tổ chức thực hiện cũng như mục tiêu cụ thể của các chủ thể tham gia đầu tư công. Mỗi giai đoạn lại đòi hỏi các hình thức kiểm soát khác nhau, từ kiểm soát thủ tục pháp lý, tiến độ thi công đến hiệu quả sử dụng vốn. Đặc điểm quản lý đầu tư công có sự khác biệt giữa các quốc gia, phụ thuộc vào trình độ phát triển thể chế, mức độ minh bạch và khả năng điều hành của bộ máy quản lý. Tại Việt Nam, kiểm soát vốn đầu tư công cần tuân thủ chặt chẽ các quy định của pháp luật hiện hành về đầu tư công, pháp luật xây dựng, đầu thầu, quản lý tài chính công và các quy định liên quan đến ngân sách nhà nước.

Để đảm bảo kế hoạch vốn đầu tư công được thực hiện đúng mục tiêu, hiệu quả, tiết kiệm và hạn chế rủi ro, cơ quan chuyên môn quản lý đầu tư công có trách nhiệm tổ chức theo dõi, kiểm tra chặt chẽ kế hoạch vốn thuộc phạm vi quản lý (CT1). Đây là bước đầu tiên nhằm phát hiện kịp thời các bất cập ngay trong khâu lập, giao kế hoạch, tránh tình trạng lập kế hoạch thiếu căn cứ, không khả thi. Đồng thời, các cơ quan chủ quản, chủ chương trình, chủ đầu tư, người có thẩm quyền quyết định đầu tư và cơ quan quản lý nhà nước về đầu tư công cần phối hợp chặt chẽ để theo dõi, kiểm tra toàn bộ quá trình đầu tư theo các nội dung và chỉ tiêu vốn đã được phê duyệt. Việc phối hợp này nhằm đảm bảo không chỉ hiệu quả đầu tư, mà còn tính minh bạch, tuân thủ pháp luật và trách nhiệm giải trình (CT2). Ngoài ra, cần đặc biệt lưu ý đến công tác kiểm soát



tình trạng nợ đọng xây dựng cơ bản, lãng phí và thất thoát vốn đầu tư - những vấn đề gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến tính hiệu quả và bền vững của đầu tư công (CT3). Đây là một trong những biểu hiện rõ nhất của việc kiểm soát không hiệu quả, đòi hỏi phải có biện pháp phòng ngừa và can thiệp kịp thời.

Bên cạnh kiểm tra và giám sát, hoạt động đánh giá kế hoạch đầu tư công cũng đóng vai trò then chốt trong việc điều chỉnh chính sách và phân bổ nguồn lực phù hợp. Đánh giá kế hoạch trung hạn và hằng năm là cơ sở để xem xét mức độ hoàn thành mục tiêu đã đề ra, khả năng huy động thêm nguồn lực xã hội hóa, đồng thời phản ánh tác động của đầu tư công đối với tăng trưởng kinh tế - xã hội (CT4). Thông qua đánh giá, các cơ quan chức năng có thể phát hiện được những tồn tại, bất cập, nguyên nhân cốt lõi và từ đó đề xuất giải pháp sửa đổi về cơ chế quản lý, điều hành và tổ chức thực hiện đầu tư. Việc đánh giá không chỉ nhằm rút ra bài học kinh nghiệm mà còn phục vụ công tác lập kế hoạch cho giai đoạn tiếp theo, đảm bảo sử dụng vốn đầu tư công một cách hiệu quả, bền vững và phục vụ đúng mục tiêu phát triển hạ tầng giao thông quốc gia.

Mặt khác, cốt lõi của kiểm soát là quá trình theo dõi, giám sát, so sánh, phát hiện sai lệch giữa kế hoạch và thực tế, từ đó xác định nguyên nhân và đưa ra giải pháp điều chỉnh kịp thời [4]. Thông qua hoạt động theo dõi, giám sát để phát hiện ra các sai lệch giữa giữa thực tế so với kế hoạch vốn đầu tư công được phê duyệt, xác định nguyên nhân của các sai lệch, đề xuất/đưa ra các hành động can thiệp kịp thời để điều chỉnh, khắc phục, nhằm đưa tiến trình thực tế sai lệch theo chiều hướng xấu về với kế hoạch ban đầu hoặc đưa ra các giải pháp để hạn chế tối đa các rủi ro xảy ra (CT5). Kiểm soát đòi hỏi nhà quản lý phải thường xuyên đối chiếu hiệu quả thực tế với mục tiêu đã đề ra, đảm bảo hoạt động đầu tư diễn ra hiệu quả, đúng định hướng và kế hoạch ban đầu [5].

Từ những phân tích nêu trên, nghiên cứu đã xây dựng được 5 nhóm chỉ tiêu nhằm đánh giá hoạt động kiểm soát quá trình thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng CTGT, như thể hiện tại Bảng 2.

Bảng 2. Các chỉ tiêu đánh giá hoạt động kiểm soát kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng CTGT

| STT | Mã CT | Nội dung                                                                                                                                                                                                               |
|-----|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | CT1   | Mức độ phù hợp trong theo dõi, kiểm tra hoạt động lập, thẩm định, phê duyệt và triển khai kế hoạch vốn đầu tư công.                                                                                                    |
| 2   | CT2   | Mức độ phù hợp trong việc theo dõi, kiểm tra toàn bộ quá trình đầu tư chương trình, dự án theo nội dung và các chỉ tiêu vốn đầu tư đã được phê duyệt.                                                                  |
| 3   | CT3   | Mức độ phù hợp trong thực hiện theo dõi, kiểm tra tình hình nợ đọng xây dựng cơ bản, lãng phí, thất thoát trong đầu tư công.                                                                                           |
| 4   | CT4   | Mức độ phù hợp trong thực hiện công tác giám sát, đánh giá các dự án đầu tư công để phát hiện tồn tại, hạn chế; nguyên nhân của tồn tại, hạn chế trong việc thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công và các giải pháp xử lý. |
| 5   | CT5   | Mức độ phù hợp trong thực hiện các hành động, giải pháp xử lý đối với các tình huống sai lệch giữa thực tế triển khai so với kế hoạch vốn đầu tư công được phê duyệt.                                                  |

### 3. KẾT LUẬN

Dựa trên các nguyên tắc chung về quản lý và các nguyên tắc cụ thể trong kiểm soát vốn đầu tư công xây dựng CTGT tại Việt Nam, nghiên cứu đã đề xuất 5 nhóm chỉ tiêu đánh giá chất lượng hoạt động kiểm soát thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công trong lĩnh vực này. Những kết quả đạt được không chỉ góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận mà còn tạo nền tảng khoa học vững chắc cho các nghiên cứu tiếp theo trong việc phân tích, đánh giá thực trạng kiểm soát thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng CTGT tại Việt Nam.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ngô Lê Minh (2008), Công tác quản lý dự án đầu tư xây dựng, Tạp chí Xây dựng, số tháng 6.  
 [2]. Từ Quang Phương (2005), Quản lý dự án đầu tư, NXB. Lao động - Xã hội.  
 [3]. Quốc hội nước Cộng hòa XHCN Việt Nam, Luật Đầu tư công, số 58/2023/QH15 ngày 29/11/2025, 2024.  
 [4]. British Standard (1996), Project Management - Guide to project management, BS 6079-1996. Publisher BSI 1996.  
 [5]. PMBOK and Guide (2013), A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 5th Edition, Project Management Institute 2013, Inc.

# Thiết kế và xây dựng hệ thống quản lý bãi gửi xe thông minh trên nền tảng điện thoại thông minh

Design and development of a smart parking management system on a smartphone platform

> **TS PHÍ VĂN LÂM\*, TS TRẦN THỊ LAN, NGUYỄN CÔNG BÁCH**

Trường Đại học Giao thông vận tải

\*Email: pvlam@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Tại các thành phố lớn như Hà Nội và TP.HCM, nhu cầu gửi xe không ngừng tăng cao, đặc biệt là với các bãi đỗ xe lưu động. Tuy nhiên, nhiều bãi xe vẫn chưa được trang bị hệ thống quản lý và giám sát trực tuyến, gây ra mất an ninh, bất ổn trật tự và thất thoát nguồn thu cho Nhà nước. Các bãi đỗ xe truyền thống sử dụng thiết bị cố định, chi phí cao, không phù hợp với tính linh hoạt của bãi lưu động. Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu đề xuất một hệ thống quản lý thông minh, tự động nhận diện biển số, cấp vé qua thẻ RFID, hệ thống hỗ trợ thanh toán và lưu trữ dữ liệu trên nền tảng trực tuyến. Đặc biệt, toàn bộ quy trình vận hành và giám sát có thể thực hiện qua ứng dụng trên điện thoại thông minh, giúp tối ưu chi phí và nâng cao hiệu quả. Giải pháp này không chỉ hỗ trợ quản lý chặt chẽ, giảm thiểu sai sót và gian lận mà còn giúp cơ quan chức năng theo dõi trực tuyến, kịp thời xử lý sự cố. Đây là hướng đi tiềm năng, góp phần hiện đại hóa hạ tầng giao thông và nâng cao chất lượng dịch vụ đô thị.

**Từ khóa:** Bãi đậu xe thông minh; quản lý bãi đậu xe trực tuyến; nhận diện biển số xe (LPR); thẻ RFID bãi đậu xe; giám sát bãi đậu xe thời gian thực.

## ABSTRACT

In major cities such as Hanoi and Ho Chi Minh City, the demand for parking continues to rise, especially for mobile parking lots. However, many parking areas are still not equipped with online management and monitoring systems, leading to security issues, public order disturbances and revenue losses for the government. Traditional parking lots often rely on fixed equipment, which is costly and unsuitable for the flexible nature of mobile lots. To address this issue, this study proposes a smart management system featuring automatic license plate recognition, ticket issuance via RFID cards and a payment and data storage system based on an online platform. Notably, the entire operation and monitoring process can be carried out via a smartphone application, helping to optimize costs and improve efficiency. This solution not only supports strict management, reduces errors and fraud, but also enables authorities to monitor the system online and respond promptly to incidents. It presents a promising direction for modernizing transportation infrastructure and enhancing urban service quality.

**Keywords:** Smart parking lot, online parking management; license plate recognition (LPR); parking lot RFID card; real-time parking lot monitoring.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng tại các thành phố lớn như Hà Nội và TP.HCM, nhu cầu về bãi đỗ xe ngày càng tăng cao. Tuy nhiên, nhiều bãi đỗ xe hiện tại vẫn áp dụng phương thức quản lý thủ công, dẫn đến các vấn đề như mất an ninh, ùn tắc giao thông và thất thoát doanh thu. Việc triển khai hệ thống quản lý bãi đỗ xe thông minh [1, 2] trở thành một giải pháp cấp thiết, giúp nâng cao hiệu quả quản lý và đảm bảo an toàn cho cả người gửi xe và phương tiện.

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, việc tích hợp công nghệ nhận diện biển số và thẻ NFC có thể đơn giản hóa quy trình ra/

vào bãi xe, giảm thiểu thời gian chờ đợi và hạn chế sai sót trong quá trình nhận diện phương tiện [3]. Đặc biệt, việc sử dụng điện thoại thông minh để làm thiết bị đọc thẻ và ghi nhận dữ liệu giúp giảm đáng kể chi phí đầu tư ban đầu, đồng thời tăng tính linh hoạt trong quá trình vận hành hệ thống [5].

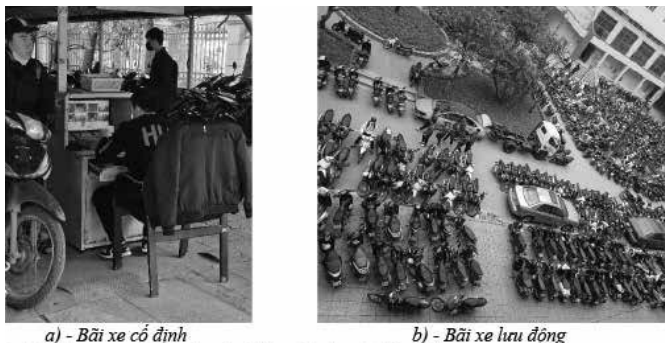
Việc phát triển ứng dụng di động cho phép giám sát và quản lý bãi xe theo thời gian thực đã chứng minh được hiệu quả trong thực tế, giúp các bãi xe nhỏ lẻ có thể ứng dụng công nghệ mà không cần đầu tư vào hệ thống phần cứng phức tạp [4]. Hơn nữa, các hệ thống tính phí tự động và lưu trữ dữ liệu trên nền tảng đám mây giúp tối

ưu hóa quy trình và hỗ trợ quản lý từ xa dễ dàng [6].

Trong khi nhiều hệ thống truyền thống yêu cầu phần cứng đắt đỏ và phức tạp, việc ứng dụng các công nghệ như RFID và NFC vào hệ thống quản lý bãi đỗ xe đã mở ra giải pháp tiết kiệm chi phí mà vẫn đảm bảo tính hiệu quả. Nhóm tác giả [7] đã nghiên cứu và chỉ ra rằng, việc tích hợp RFID và ứng dụng di động giúp tự động hóa quá trình ra/vào bãi đỗ, từ đó giảm thiểu sự phụ thuộc vào nhân lực và tăng cường độ chính xác trong việc nhận diện phương tiện.

Một nghiên cứu khác [8] cũng nhấn mạnh vai trò của NFC trong việc đơn giản hóa quy trình xác thực và truy cập bãi đỗ xe. Các tác giả đã trình bày mô hình hệ thống tích hợp NFC và điện thoại thông minh, cho phép người dùng dễ dàng kiểm tra và thanh toán phí đỗ xe, đồng thời giảm thiểu các lỗi nhập liệu và tăng cường bảo mật.

Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu [9] đã có một nghiên cứu tổng hợp về các hệ thống đỗ xe thông minh dựa trên IoT, đặc biệt là trong việc tối ưu hóa việc sử dụng không gian bãi đỗ và tối ưu hóa chi phí vận hành. Nghiên cứu này khẳng định rằng các hệ thống thông minh không chỉ giúp giám sát bãi đỗ mà còn có thể điều chỉnh số lượng phương tiện vào/ra để giảm thiểu tình trạng tắc nghẽn giao thông.



Hình 1. Tình trạng quá tải trên các bãi xe Trường Đại học GTVT

Trong bài báo [10] lại nhấn mạnh tính hiệu quả của các giải pháp đỗ xe dựa trên đám mây và IoT trong việc giúp các bãi xe kết nối và chia sẻ dữ liệu một cách trực tuyến. Hệ thống này không chỉ giúp các bãi đỗ xe hoạt động linh hoạt mà còn hỗ trợ công tác bảo trì, sửa chữa và giám sát từ xa, giúp tiết kiệm chi phí vận hành và tăng cường sự thuận tiện cho người sử dụng.

Một trong những đóng góp quan trọng của hệ thống được đề xuất là khả năng tích hợp xử lý ảnh nhằm hỗ trợ nhận diện biển số xe trong quá trình vào - ra bãi gửi. Thông qua việc sử dụng các mô hình học sâu kết hợp với thư viện xử lý ảnh mã nguồn mở như OpenCV và nền tảng TensorFlow Lite [11], hệ thống có thể trích xuất và phân tích biển số xe từ hình ảnh chụp bởi camera gắn tại cổng bãi. Dữ liệu biển số sau khi nhận dạng được liên kết trực tiếp với thông tin phương tiện trong cơ sở dữ liệu, giúp tự động hóa quá trình ghi nhận, kiểm tra và tra cứu xe gửi mà không cần thao tác thủ công. Cơ chế này không chỉ nâng cao hiệu quả vận hành và giảm thiểu sai sót trong quá trình quản lý mà còn tăng cường mức độ an toàn và minh bạch cho cả người gửi và đơn vị quản lý bãi xe. Việc tích hợp công nghệ nhận diện biển số xe trong một nền tảng di động linh hoạt cũng góp phần làm nổi bật tính khả thi và hiện đại của giải pháp trong các bối cảnh đô thị thông minh.

Tổng hợp lại, việc triển khai hệ thống quản lý bãi đỗ xe thông minh bằng thiết bị di động kết hợp thẻ NFC và nhận diện biển số là một giải pháp hiện đại, phù hợp với xu hướng phát triển đô thị

và đáp ứng linh hoạt nhu cầu quản lý bãi xe lưu động hiện nay, giải quyết tình trạng quá tải tại các bãi xe cố định (Hình 1a) cần các bãi lưu động trong thời gian ngắn (Hình 1b). Nghiên cứu này sẽ tập trung thiết kế và phát triển hệ thống phần mềm trên điện thoại thông minh, thử nghiệm thực tế và đánh giá hiệu suất hoạt động để đề xuất giải pháp khả thi nhất cho các bãi xe quy mô nhỏ và vừa.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Thẻ vé xe sử dụng công nghệ NFC

Công nghệ NFC tần số 13,56 MHz đang được ứng dụng rộng rãi trong thực tế như căn cước công dân, thẻ ngân hàng, và hệ thống quản lý bãi đỗ xe thông minh nhờ tính tiện lợi và hiệu quả cao (Hình 2a) NFC là công nghệ truyền dữ liệu không dây ở khoảng cách ngắn, cho phép trao đổi thông tin nhanh chóng và an toàn giữa thẻ và thiết bị đọc, cấu tạo bên trong thẻ bao gồm vòng từ và chip giao tiếp (Hình 2b).



Hình 2. Hình dạng bên ngoài và cấu tạo bên trong thẻ vé xe

Trong hệ thống bãi đỗ xe, mỗi thẻ vé sử dụng NFC sẽ chứa một mã định danh duy nhất (UID), được liên kết với thông tin phương tiện và chủ xe trong cơ sở dữ liệu. Khi xe vào bãi, nhân viên chỉ cần dùng điện thoại thông minh có hỗ trợ NFC để quét thẻ, hệ thống sẽ tự động truy xuất và ghi nhận thông tin. Khi xe ra khỏi bãi, nhân viên quét lại thẻ để đối chiếu và tính toán chi phí gửi xe, đảm bảo quá trình nhanh chóng và chính xác.

Ưu điểm của việc sử dụng thẻ NFC bao gồm:

- Tiện lợi và dễ sử dụng: Nhân viên không cần thiết bị đọc thẻ chuyên dụng mà chỉ cần điện thoại thông minh.
- Tốc độ xử lý nhanh: Quét và nhận diện tức thì, giảm thời gian chờ đợi.
- Tính bảo mật cao: Mã hóa thông tin giúp ngăn chặn việc làm giả thẻ.
- Chi phí thấp: Thẻ NFC phổ biến và dễ triển khai, giúp giảm chi phí đầu tư ban đầu.

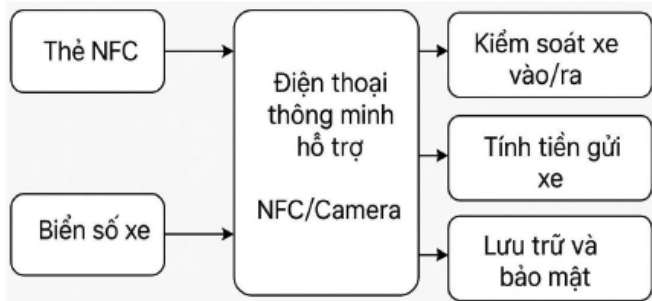
Nhờ những ưu điểm này, thẻ vé NFC 13.56 MHz trở thành lựa chọn lý tưởng cho các bãi đỗ xe lưu động, nơi cần sự linh hoạt, nhanh chóng và tiết kiệm chi phí vận hành.

### 2.2. Sơ đồ khối hệ thống

Hệ thống quản lý bãi đỗ xe thông minh hoạt động dựa trên sự kết hợp giữa thẻ NFC và camera, tất cả được tích hợp trên một ứng dụng di động. Khi xe vào bãi, nhân viên sử dụng điện thoại để quét thẻ NFC và chụp ảnh biển số xe. Thông tin thu thập được sẽ ngay lập tức truyền về máy chủ và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu. Khi xe ra, quy trình tương tự diễn ra để đối chiếu thông tin, tính toán chi phí gửi xe dựa trên thời gian lưu bãi và hiển thị số tiền cần thanh toán trên giao diện ứng dụng như Hình 3. Nhờ kết nối Internet, dữ liệu



luôn được cập nhật theo thời gian thực, giúp hệ thống vận hành linh hoạt và chính xác.



Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống quản lý và giám sát bãi gửi xe tự động

Sự kết hợp của các thành phần trên tạo nên một hệ thống đếm và quản lý bãi đỗ xe tự động có tính chính xác cao, dễ vận hành và phù hợp với các yêu cầu thực tế trong quản lý và giám sát. Hệ thống không chỉ giúp giảm tải cho nhân sự mà còn nâng cao hiệu suất và tính minh bạch trong quá trình vận hành.

Việc tính tiền trông giữ xe được thực hiện theo công thức (1) sau:

$$G = D \times (T_r - T_v) \quad (1)$$

Trong đó:

- G - Giá được lấy làm tròn và đơn vị nhỏ nhất của bước nhảy là 1.000 VNĐ;

- D - Đơn giá được tính dựa vào đơn giá do đơn vị trông giữ xe đưa ra theo quy định của pháp luật trên địa bàn (Quyết định số 44/2017/QĐ-UBND TP Hà Nội về ban hành giá dịch vụ trông giữ xe đạp, xe máy, xe ô tô trên địa bàn TP Hà Nội);

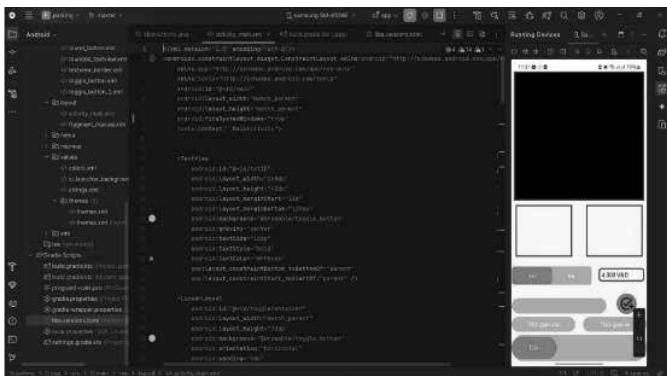
-  $T_r$  - Thời gian thực tế xe đi ra khỏi bãi xe, tính bằng phút;

-  $T_v$  - Thời gian thực tế xe đi vào bãi xe, tính bằng phút.

### 2.3. Thiết kế và xây dựng chương trình phần mềm hệ thống

Phần mềm quản lý bãi đỗ xe được phát triển dưới dạng ứng dụng di động, giúp nhân viên vận hành dễ dàng kiểm soát xe ra/vào chỉ với một thiết bị duy nhất. Ứng dụng này kết hợp ba thành phần chính: Quét thẻ NFC, nhận diện biển số qua camera và đồng bộ dữ liệu với máy chủ qua kết nối internet.

\* *Giao diện người dùng trên thiết bị di động (Hình 4):* Dựa trên phần mềm Android studio với ngôn ngữ lập trình java:



Hình 4. Lập trình giao diện trên thiết bị di động sử dụng Android Studio

Ứng dụng được thiết kế tối giản, trực quan, gồm các chức năng chính như:

- Quét thẻ NFC: Đọc mã định danh của thẻ xe.

- Chụp và nhận diện biển số: Dùng camera để ghi nhận và đối chiếu biển số.

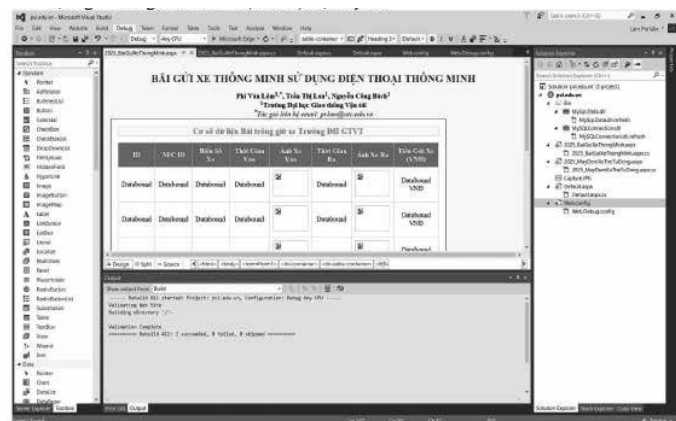
- Tính phí gửi xe: Tự động tính toán chi phí dựa trên thời gian gửi.

- Quản lý lịch sử xe ra/vào: Hiển thị và tìm kiếm thông tin xe theo thời gian thực.

\* *Thiết kế hệ quản trị cơ sở dữ liệu:* Được thực hiện trên server bởi MariaDB bao gồm các biến lưu trữ thông tin về phương tiện, hình ảnh phương tiện, thời gian... (Hình 5):

| # | Name        | Type        | Collation       | Attributes | Null | Default | Comments | Extra          | Action           |
|---|-------------|-------------|-----------------|------------|------|---------|----------|----------------|------------------|
| 1 | ID          | int(11)     |                 |            | No   | None    |          | AUTO_INCREMENT | Change Drop More |
| 2 | NFC_ID      | varchar(20) | utf8_general_ci |            | No   | None    |          |                | Change Drop More |
| 3 | BienSoXe    | varchar(20) | utf8_general_ci |            | No   | None    |          |                | Change Drop More |
| 4 | ThoiGianVao | datetime    |                 |            | No   | None    |          |                | Change Drop More |
| 5 | AnhXeVao    | mediumblob  |                 |            | No   | None    |          |                | Change Drop More |
| 6 | ThoiGianRa  | datetime    |                 |            | Yes  | NULL    |          |                | Change Drop More |
| 7 | AnhXeRa     | mediumblob  |                 |            | Yes  | NULL    |          |                | Change Drop More |
| 8 | TienGuiXe   | int(11)     |                 |            | Yes  | NULL    |          |                | Change Drop More |

Hình 5. Thiết kế bảng CSDL trên server



Hình 6. Thiết kế giao diện phần mềm website trực tuyến trên Visual Studio 2015\*

*Giao diện người dùng trên website (Hình 6) trực tuyến:*

Thêm vào đó, việc giám sát và thống kê chi tiết các vé xe trong CSDL để đơn vị quản lý vận hành đơn giản và hiệu quả hơn thông qua giao diện website bởi phần mềm Visual Studio 2015 ngôn ngữ C# ASP.NET.

Kiến trúc hệ thống: Ứng dụng sử dụng mô hình client-server:

- Client: Thiết bị di động chạy ứng dụng, đảm nhận việc thu thập dữ liệu từ thẻ NFC và camera.

- Server: Máy chủ lưu trữ cơ sở dữ liệu, xử lý logic nghiệp vụ và trả kết quả về ứng dụng.

Công nghệ tích hợp trong hệ thống:

- Ngôn ngữ lập trình trên thiết bị di động: Java/Kotlin.

- Ngôn ngữ lập trình trên website trực tuyến: C# ASP.NET.

- Thư viện nhận diện biển số xe: OpenCV kết hợp API chuyên dụng.

- Quản lý thẻ NFC: Sử dụng Android NFC API để đọc và ghi dữ liệu thẻ.

- Kết nối và đồng bộ dữ liệu: Trong hệ thống quản lý bãi gửi xe thông minh được đề xuất, việc kết nối và đồng bộ dữ liệu giữa ứng dụng di động và máy chủ cơ sở dữ liệu MariaDB được thực hiện thông qua JDBC (Java Database Connectivity). JDBC đóng vai trò là cầu nối tiêu chuẩn cho phép ứng dụng Android, được phát triển bằng ngôn ngữ Java/Kotlin, giao tiếp trực tiếp với cơ sở dữ liệu quan hệ. Tuy nhiên, do đặc thù của hệ thống hoạt động trên nền tảng mạng không dây và Internet công cộng, vấn đề bảo mật dữ liệu được đặc biệt chú trọng trong quá trình triển khai. Toàn bộ kết nối JDBC được thiết lập qua giao thức SSL/TLS nhằm mã hóa

dữ liệu truyền tải, bảo vệ thông tin khỏi các rủi ro như nghe lén (eavesdropping) hoặc giả mạo (spoofing). Bên cạnh đó, hệ thống sử dụng cơ chế xác thực người dùng kết hợp phân quyền truy cập ở mức cơ sở dữ liệu, chỉ cho phép thực hiện các thao tác cần thiết đối với tài khoản kết nối, đảm bảo tuân thủ nguyên tắc “quyền tối thiểu” (least privilege). Để tăng cường bảo mật, thông tin xác thực không được lưu trực tiếp trong mã nguồn ứng dụng mà được quản lý thông qua các giải pháp an toàn như Android Keystore hoặc token truy cập tạm thời do máy chủ cấp phát. Ngoài ra, việc truy cập vào máy chủ cơ sở dữ liệu được giới hạn thông qua tường lửa và có thể yêu cầu kết nối qua mạng riêng ảo (VPN) nhằm ngăn chặn truy cập trái phép. Những biện pháp bảo mật này góp phần đảm bảo tính toàn vẹn và an toàn của dữ liệu người dùng trong suốt quá trình vận hành hệ thống, đồng thời nâng cao độ tin cậy và khả năng triển khai thực tế của giải pháp bãi gửi xe thông minh trong các môi trường đô thị hiện đại.

Thiết kế này góp phần tối ưu hóa quy trình vận hành bãi đỗ xe bằng cách tự động hóa các tác vụ giám sát và quản lý, qua đó giảm thiểu sai sót do thao tác thủ công, đảm bảo độ chính xác của dữ liệu và đồng thời giúp tiết kiệm chi phí đầu tư bằng cách hạn chế sự phụ thuộc vào các hệ thống phần cứng phức tạp.

\* Nhận diện biển số xe thông qua mã code java:

Biển số xe có hai loại chính:

- Loại 1: Một chữ cái (VD: 29-A2 547.78).

- Loại 2: Hai chữ cái (VD: 29-AB 345.67).

Biển số có 1 chữ cái: Được nhận diện bằng biểu thức (2) chính quy sau:

$\backslash d\{2,3\}[-]?[A-Z]\backslash d\{3,5\}(\backslash d\{2\})?$  (2)

Trong đó:

-  $\backslash d\{2,3\}$  → 2-3 chữ số đầu (mã tỉnh/thành phố);

-  $[-]?$  → Dấu - có thể có hoặc không;

-  $[A-Z]$  → Một chữ cái (loại xe);

-  $\backslash d\{3,5\}$  → 3-5 chữ số (số thứ tự xe);

-  $(\backslash d\{2\})?$  → Số thứ tự xe.

Ví dụ hợp lệ:

- 29-A2 547.78;

- 30-Y2 314.78;

- 30-Y 234.22.

Biển số có 2 chữ cái: Được nhận diện bằng biểu thức (3) chính quy sau:

$\backslash d\{2,3\}[-]?[A-Z]\{2\}\backslash s? \backslash d\{3,5\}(\backslash d\{2\})?$  (3)

Trong đó:

-  $\backslash d\{2,3\}$  → 2-3 chữ số đầu (mã tỉnh/thành phố);

-  $[-]?$  → Dấu - có thể có hoặc không;

-  $[A-Z]\{2\}$  → Hai chữ cái;

-  $\backslash s?$  → Có thể có hoặc không có dấu cách giữa chữ cái và số;

-  $\backslash d\{3,5\}$  → 3-5 chữ số (số thứ tự xe);

-  $(\backslash d\{2\})?$  → Số thứ tự xe.

Ví dụ hợp lệ:

- 29-AB 345.67;

- 30-FA 435.78.

Định dạng biển số trước khi lưu vào cơ sở dữ liệu:

Quy tắc chuẩn hóa:

Nếu có dấu “-”: Tách biển số thành hai phần:

- Phần 1: Lấy 5 ký tự đầu (bao gồm dấu “-”);

- Phần 2: Phần còn lại sau 5 ký tự.

Xóa dấu “-” khỏi Phần 1.

Ghép Phần 1 và Phần 2 với một dấu cách (“ ”).

Ví dụ: 29-AB 345.67 thành 29AB 345.67

## 2.4. Thử nghiệm và đánh giá hệ thống

Quy trình vận hành hệ thống cho người trông xe như sau:

Bước 1: Khi xe vào (Hình 7) bãi gửi xe tại vị trí soát vé:

Nhân viên quét thẻ NFC đồng thời chụp ảnh biển số xe. Ứng dụng sẽ tự động nhận diện biển số và lưu trữ các thông tin sau vào hệ thống:

- Biển số xe;

- Hình ảnh xe;

- Thời gian xe vào.

Sau khi quét thẻ NFC và nhận diện biển số xong, nhân viên ấn nút “tích xanh” để hoàn tất lượt cho xe đó và tiếp tục thực hiện thao tác như vậy cho các xe tiếp theo.

Bước 2: Khi xe ra (Hình 8b) khỏi bãi gửi xe tại vị trí soát vé:

Nhân viên thực hiện lại thao tác quét thẻ và chụp biển số xe. Ứng dụng sẽ đối chiếu biển số và ID thẻ trên cơ sở dữ liệu (CSDL). Nếu thông tin trùng khớp, hệ thống sẽ tự động tính phí gửi xe và hiển thị trên ứng dụng để thanh toán.

Thời gian xe vào/ra và hình ảnh xe đều được hiển thị trên thiết bị giúp nhân viên dễ dàng đối chiếu và đảm bảo tính minh bạch với người dùng.

Sau khi quét thẻ NFC và nhận diện biển số xong, nhân viên ấn nút “tích xanh” để hoàn tất lượt cho xe đó và tiếp tục thực hiện thao tác như vậy cho các xe tiếp theo.

Trường hợp đặc biệt:

Nếu biển số xe quá cũ và không thể nhận diện bằng thiết bị, nhân viên có thể chủ động cho xe vào. Hình ảnh biển số xe vẫn được lưu vào cơ sở dữ liệu để đối chiếu khi xe ra, đảm bảo an toàn và chính xác.



a) - Chụp ảnh biển số xe vào



b) - Xử lý ảnh khi xe vào

Hình 7. Đọc thẻ RFID và nhận diện biển số xe của quy trình gửi xe

Chế độ hoạt động:

- Chế độ vào (Hình 8a): Quét thẻ NFC, chụp biển số xe và ấn nút hoàn tất.

- Chế độ ra (Hình 8b): Thao tác tương tự như chế độ vào.

Việc thao tác đơn giản và trực quan giúp nhân viên nhanh

chóng làm quen và sử dụng ứng dụng hiệu quả.

Việc cho xe vào bãi xe (Hình 8a), ra bãi xe (Hình 8b) được thực hiện trên giao diện điện thoại di động thân thiện và tiện dụng.



Hình 8. Màn hình giao diện trên điện thoại di động khi xe vào và xe ra

Thêm vào đó, công tác quản lý cơ sở dữ liệu về bãi xe được thực hiện trên cơ sở dữ liệu máy chủ và giao diện website trực tuyến của đơn vị quản lý như Hình 9. Trên đó hiển thị đầy đủ mã thẻ, biển số xe, thời gian xe vào, thời gian xe ra và số tiền thanh toán của từng xe. Từ giao diện này, đơn vị trông giữ xe có thể lọc được tiền thu trong ca trực, trong ngày, trong tháng và nhiều dịch vụ khác.



Hình 9. Giao diện phần mềm trên website ([https://www.pvl.edu.vn/2025\\_BaiGuiXeThongMinh.aspx](https://www.pvl.edu.vn/2025_BaiGuiXeThongMinh.aspx))

### 3. KẾT LUẬN

Việc thiết kế và triển khai hệ thống quản lý bãi đỗ xe thông

minh bằng thiết bị di động đã mang lại nhiều lợi ích thiết thực, giúp nâng cao hiệu quả vận hành và giảm thiểu các hạn chế của phương pháp quản lý truyền thống. Thông qua việc sử dụng thẻ NFC, camera nhận diện biển số và ứng dụng di động, hệ thống đảm bảo quy trình ra/vào bãi xe diễn ra nhanh chóng, chính xác và an toàn.

Ứng dụng di động đóng vai trò trung tâm, tích hợp đầy đủ các chức năng cần thiết như quét thẻ, nhận diện biển số, tính phí và lưu trữ thông tin vào cơ sở dữ liệu. Nhờ đó, nhân viên có thể quản lý toàn bộ quy trình chỉ với một thiết bị nhỏ gọn, loại bỏ nhu cầu đầu tư vào hạ tầng phức tạp và giảm thiểu chi phí vận hành.

Hệ thống này không chỉ phù hợp với các bãi đỗ xe quy mô nhỏ và vừa, mà còn có khả năng mở rộng và tích hợp thêm các tính năng nâng cao như phân tích lưu lượng xe, cảnh báo vi phạm hoặc kết nối với hệ thống thành phố thông minh. Điều này tạo tiền đề để phát triển các giải pháp giao thông hiện đại, góp phần giảm thiểu ùn tắc và tối ưu hóa không gian đô thị.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-DT-003.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen, T. H., & Le, M. D. (2021), Smart Parking Management Using NFC and License Plate Recognition, Vietnam Journal of Science and Technology, vol.12, no.2, pp.87-101.
- [2]. Brown, A., & Taylor, R. (2019), Mobile-Based Access Control Systems for Parking Lots. International Journal of IoT Applications, vol.8, no.4, pp.55-68.
- [3]. Lee, C. H., et al. (2018), Design and Implementation of RFID-Based Parking Management System, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.65, no.7, pp.5432-5440.
- [4]. Tran, V. K., & Pham, Q. D. (2022), Developing a Mobile App for Real-Time Parking Monitoring, Journal of Computer Science & Engineering, vol.10, no.1, pp.24-36.
- [5]. Miller, D. R. (2020), Near Field Communication (NFC) Technology for Secure Vehicle Access, Wireless Communication Journal, vol.14, no.5, pp.203-217.
- [6]. Choi, S. W., & Park, J. (2017), Cloud-Based Parking Fee Calculation Systems with Mobile Integration, Smart Systems and Applications Journal, vol.6, no.3, pp.98-112.
- [7]. Zhang, Y., & Liu, L. (2020), Vehicle Parking Management with RFID and Mobile Application Integration, Journal of Systems and Software Engineering, vol.15, no.2, pp.100-110.
- [8]. Smith, J., & Wang, H. (2019), Integration of NFC Technology in Vehicle Access Control Systems, International Journal of Vehicle Technology, vol.22, no.3, pp.112-125.
- [9]. Gupta, S., & Sharma, A. (2021), A Review on IoT-Based Smart Parking Systems, International Journal of Computer Science and Applications, vol.18, no.1, pp.45-60.
- [10]. Kim, T. Y., & Kim, S. S. (2021), Smart Parking System Based on Cloud Computing and IoT, Journal of Cloud Computing, vol.7, no.4, pp.123-134.
- [11]. Phi Van Lam, Tran Thi Lan, Ứng dụng học sâu để phân loại sản phẩm lỗi trong sản xuất linh kiện ô tô điện, Transport Magazine, special number, Received: 08/9/2023, Accepted: 20/10/2023, Published online: E-ISSN 2615-9791, ISSN 2354-0818, pp.18-22.



# Thiết kế hệ thống lái tự động tàu thủy sử dụng điều khiển dự báo dựa trên mô hình MLD có đầu vào bão hòa

Design of a ship automatic steering system using predictive control based on MLD model with saturated input

> THS PHẠM THANH TÙNG, THS ĐỖ THÁI GIANG\*

Viện Thiết kế tàu quân sự, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

\*Email: giangvt6666@gmail.com

## TÓM TẮT

Trong bài báo này, một thiết kế điều khiển dự báo hiệu quả cho hệ thống lái tự động của tàu được đề xuất kết hợp với mô hình động học logic hỗn hợp MLD (Mixed logic dynamic). Điều khiển chuyển động của tàu trên biển có các đặc tính quán tính lớn, tính phi tuyến mạnh và độ trễ lớn. Hơn nữa, nó thường xuyên chịu tác động của các nhiễu loạn bên ngoài, dẫn đến bài toán bất định phức tạp. Ngoài ra, biên độ của đầu vào điều khiển - bánh lái bị hạn chế. Với cơ chế tính toán trực tuyến và những ưu điểm của việc xử lý các ràng buộc, điều khiển dự báo là một trong những giải pháp thuận lợi nhất cho vấn đề này. Tuy nhiên, thách thức lớn của việc triển khai điều khiển dự báo truyền thống là cường độ tính toán lớn. Trong bài báo này, khả năng tính toán song song của mô hình MLD được sử dụng để tối ưu hóa hàm mục tiêu được xây dựng bằng phương pháp điều khiển dự báo truyền thống, nhằm nâng cao hiệu quả tính toán. Kết quả mô phỏng cho thấy tính đúng đắn của phương pháp.

**Từ khóa:** Điều khiển dự báo; tự động lái tàu thủy; mô hình động học logic hỗn hợp.

## ABSTRACT

In this paper, an effective predictive control design for the ship's autopilot system is proposed in combination with the mixed logic dynamic model (MLD). The motion control of ships at sea exhibits the characteristics of large inertia, strong nonlinearity and large delay. Moreover, it is often affected by external disturbances, leading to complex uncertainty problems. Also, the amplitude of the control input - rudder is limited. With the online computation mechanism and the advantages of handling constraints, predictive control is one of the most favorable solutions to this problem. However, the major challenge of traditional predictive control implementation is the high computational intensity. In this paper, the parallel computing ability of the MLD model is used to optimize the objective function built by the traditional predictive control method, in order to improve the computational efficiency. Results simulation show the correctness of methods.

**Keywords:** Predictive control; autopilot Ship; mixed logic dynamics MLD.

## 1. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC LOGIC HỖN HỢP (MLD)

Mô hình MLD là một công cụ mạnh mẽ để giải quyết bài toán động học có các biến trong miền thời gian rời rạc và liên tục. Nó dường như là một khuôn mẫu thích hợp, không chỉ để mô tả một số dạng của hệ thống động học mà còn để giải quyết bài toán điều khiển. Trên thực tế, nó chủ yếu được đặc trưng bởi khả năng chuyển đổi các mệnh đề logic thành các bất đẳng thức tuyến tính tương đương (Vlad, 2013).

Nguyên tắc để chuyển đổi các mệnh đề logic thành bất đẳng thức là giới thiệu một biến nhị phân  $d \in \{0,1\}$  với mệnh đề logic  $O$ , có thể đúng hoặc sai. Nếu  $O$  là đúng thì biến nhị phân nhận giá trị 1 và ngược lại.

$$O = \text{true} \leftrightarrow d = 1$$

Trên thực tế,  $O$  có thể được cấu tạo bởi một tập hợp các mệnh đề cơ bản được liên kết với nhau bằng các toán tử Boolean như: " $\wedge$ " (and), " $\vee$ " (or), " $\sim$ " (not), " $\rightarrow$ " (implies), " $\leftrightarrow$ " (if and only if), " $\oplus$ " (exclusive or). Đối với mỗi  $O_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  được liên kết với  $d_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  và  $O$  có thể được biểu thị dưới dạng bất đẳng thức phụ thuộc vào  $d_i$ . Do đó, các biểu thức logic sẽ được chuyển thành các bất đẳng thức tuyến tính tương đương. Có thể dễ dàng thấy các mệnh đề sau và các ràng buộc tuyến tính là tương đương.

$$O_1 \vee O_2 \leftrightarrow d_1 + d_2 \geq 1 \quad (2)$$

$$O_1 \wedge O_2 \leftrightarrow d_1 = d_2 = 1 \quad (3)$$

$$\sim O_1 \leftrightarrow d_1 = 0 \quad (4)$$

$$Q_1 \rightarrow Q_2 \leftrightarrow d_1 - d_2 \leq 0 \quad (5)$$

$$Q_1 \leftrightarrow Q_2 \leftrightarrow d_1 - d_2 = 0 \quad (6)$$

$$Q_1 \oplus Q_2 \leftrightarrow d_1 + d_2 = 1 \quad (7)$$

Do đó, phương pháp này có thể mô hình hóa phần rời rạc của hệ thống, chẳng hạn như: Công tắc đóng/mở, cơ chế rời rạc... Tuy nhiên, liên kết giữa phần liên tục và rời rạc của hệ thống sẽ được thiết lập bằng cách sử dụng bất đẳng thức tuyến tính.

Trên thực tế, mệnh đề  $f(x) \geq 0 \leftrightarrow [d - 1]$  có thể được biểu thị bằng các bất đẳng thức tuyến tính sau:

$$-md \leq f(x) - m \quad (8)$$

$$-(M + \varepsilon)d \leq -f(x) - \varepsilon \quad (9)$$

Trong đó:  $M = \max(f(x))$ ,  $m = \min(f(x))$  và  $\varepsilon$  - Một giá trị rất nhỏ không đáng kể.

Để chuyển đổi các biến logic, biến liên tục về dạng bất đẳng thức tuyến tính, điều này đòi hỏi một biến logic phụ trợ dạng  $d_3 = d_1 d_2$ , hay có thể viết dạng  $[d_3 - 1] \leftrightarrow [d_1 - 1] \wedge [d_2 - 1]$  và khi đó  $d_3 = d_1 d_2$  sẽ tương đương với bất đẳng thức sau:

$$\begin{cases} -d_1 + d_3 \leq 0 \\ -d_2 + d_3 \leq 0 \\ d_1 + d_2 - d_3 \leq 1 \end{cases} \quad (10)$$

Tiếp theo,  $df(x)$  có thể được thay thế bằng một biến liên tục phụ  $z = df(x)$  thỏa mãn điều kiện  $[d - 0] \rightarrow [z = 0]$ ,  $[d - 0] \rightarrow [z = f(x)]$ , khi đó  $z = df(x)$  sẽ tương đương với bất đẳng thức sau:

$$\begin{cases} z \leq Md \\ z \geq md \\ z \leq f(x) - m(1 - d) \\ z \geq f(x) - M(1 - d) \end{cases} \quad (11)$$

Mô hình này có thể được sử dụng để mô tả đặc điểm của các hệ thống giữa các biến liên tục, rời rạc có nhiều ràng buộc. Nó được gọi là mô hình MLD. Dạng chung của các mô hình MLD (Williams, 1993 [4]) trong thời gian rời rạc có dạng:

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) \quad (12)$$

$$y(k) = Cx(k) + Du(k) \quad (13)$$

$$E_2 d(k) + E_3 z(k) \leq E_4 \quad (14)$$

Trong đó:

-  $x = [x_1, x_2]^T$ ,  $x_i \in \mathbb{R}^{n_i}$ ,  $x_i = \{0, 1\}^{n_i}$ ,  $n = n_1 + n_2$  - Biến trạng thái của hệ thống bao gồm cả biến liên tục  $x_c$  và biến logic  $x_l$ .

-  $y = [y_1, y_2]^T$ ,  $y_i \in \mathbb{R}^{n_i}$ ,  $y_i = \{0, 1\}^{n_i}$ ,  $p = p_1 + p_2$  - Vector đầu ra.

-  $u = [u_1, u_2]^T$ ,  $u_i \in \mathbb{R}^{n_i}$ ,  $u_i = \{0, 1\}^{n_i}$ ,  $m = m_1 + m_2$  - Đầu vào điều khiển bao gồm cả đầu vào liên tục  $u_c$  và đầu vào logic (bật/tắt)  $u_l$ .

-  $d \in \{0, 1\}^s$ ,  $s \in \mathbb{R}^s$  - Tương ứng là biến logic phụ và biến liên tục phụ.

-  $B_1, \dots, B_s, D_1, \dots, D_s, E_1, \dots, E_s$  - Các ma trận có kích thước phù hợp.

## 2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC MÔ TẢ CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU THỦY

Mô hình toán học của tàu thủy chuyển động theo mặt phẳng ngang  $z \approx 0$ , có thể bỏ qua lắc ngang, lắc dọc và trượt đứng của tàu. Khi đó, động học chuyển động của tàu giảm từ sáu bậc tự do xuống còn ba bậc tự do với các vector trạng thái lần lượt là tọa độ trục  $x$ , tọa độ trục  $y$  và hướng tàu  $\Psi$ . Gọi  $\eta = [x, y, \Psi]^T$  là vector trạng thái và  $u = [x, u, r]^T$  là vector đặc trưng cho tốc độ trượt dọc, ngang, quay trở của tàu. Khi đó, chuyển động bậc ba tự do của tàu như sau:

$$\dot{\eta} = R(\psi)v \quad (15)$$

Trong đó:  $R(\psi)$  - Ma trận xoay được có dạng:

$$R(\psi) = \begin{bmatrix} \cos(\psi) & -\sin(\psi) \\ \sin(\psi) & \cos(\psi) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Theo định luật II Newton, phương trình chuyển động của vật rắn có thể được viết là:

$$M_{RB}\dot{v} + C_{RB}(v)v = \tau_R \quad (17)$$

Trong đó:  $M_{RB}$  - Ma trận quán tính của hệ vật rắn;  $C_{RB}(v)$  - Ma trận

hướng tâm Coriolis;  $\tau_{RB}$  - Một vector tổng hợp của lực và mô-men. Để đơn giản, ma trận  $M_{RB}$  và  $C_{RB}(v)$  có giả định 2 như sau:

Giả định rằng tàu đối xứng hai bên có sự phân bố khối lượng đồng nhất và trọng tâm nằm ở khoảng cách  $x_g$  dọc theo trục  $x$  và  $y_g = 0$ . Khi đó, ma trận  $M_{RB}$ :

$$M_{RB} = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & mx_g \\ 0 & mx_g & I_x \end{bmatrix}$$

Trong đó:  $m$  - Khối lượng của tàu;  $I_x$  - Mô-men quán tính theo trục  $Z$ , ma trận hướng tâm Coriolis  $C_{RB}(v)$  được viết lại như sau:

$$C_{RB}(v) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -m(x_g r + v) \\ 0 & 0 & mu \\ m(x_g r + v) & -mu & 0 \end{bmatrix}$$

Xét trong môi trường chất lỏng lý tưởng, có một số tác động động học như khối lượng được thêm vào, lực phục hồi và khả năng giảm thể năng do bức xạ gây ra. Ngoài ra, còn có ma sát, giảm trôi theo sóng và giảm thiếu dòng xoáy. Để đơn giản hóa mô hình ba bậc tự do, các tác động nhỏ này có thể được bỏ qua. Khi đó, phương trình (17) có thể được viết là:

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v = \tau$$

$$M = M_{RB} + M_A, C(v) = C_{RB}(v) + C_A(v) \quad (18)$$

$$D(v) = D_{NL}(v) + D_L$$

Với:

$$M_A = \begin{bmatrix} -X_{\dot{x}} & 0 & 0 \\ 0 & -Y_{\dot{v}} & -Y_{\dot{r}} \\ 0 & -N_{\dot{v}} & -N_{\dot{r}} \end{bmatrix}, C_A(v) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -c_{13}(v) \end{bmatrix}$$

$$c_{13}(v) = Y_{\dot{v}} + (Y_{\dot{r}} + N_{\dot{r}})r/2, c_{23}(v) = X_{\dot{u}}$$

$$D_L = \begin{bmatrix} -X_{\dot{u}} & 0 & 0 \\ 0 & -Y_{\dot{v}} & -Y_{\dot{r}} \\ 0 & -N_{\dot{v}} & -N_{\dot{r}} \end{bmatrix}$$

$$D_{NL}(v) = - \begin{bmatrix} X_{\dot{u}} |u| + X_{\dot{u}} u^2 & 0 & 0 \\ 0 & Y_{\dot{v}} |v| + Y_{\dot{r}} |r| & Y_{\dot{v}} |v| + Y_{\dot{r}} |r| \\ 0 & N_{\dot{v}} |v| + N_{\dot{r}} |r| & N_{\dot{v}} |v| + N_{\dot{r}} |r| \end{bmatrix}$$

Trong đó:  $X_{\dot{u}}, Y_{\dot{v}}, Z_{\dot{r}}$  - Các tham số động học. Đối với các tàu tốc độ thấp, bỏ qua ma trận giảm chấn phi tuyến và thay thế  $Nv$  bằng  $Yr$ , khi đó:

$$D(v) \approx D_L, c_{13}(v) = Y_{\dot{v}} + Y_{\dot{r}}r \quad (19)$$

Mô hình toán học được biểu diễn bằng phương trình (18), được đơn giản hóa khi giả sử tốc độ tàu là tiến và không đổi  $u = u_0$ . Động học quay trở có thể được tách ra khỏi mô hình bài toán, như vậy mô hình động học này có thể được viết lại như sau:

$$M_{TN}\dot{v}_{TN} + N_{u_0}v_{TN} = \tau_{TN} \quad (20)$$

Trong đó:  $v_{TN} = [v, r]^T$  - Vector trạng thái,  $\tau_{TN}$  là vector biểu thị mô-men theo các hướng và lệch hướng với:

$$M_{TN} = \begin{bmatrix} m - Y_{\dot{v}} & mx_g - Y_{\dot{r}} \\ mx_g - Y_{\dot{v}} & I_x - N_{\dot{r}} \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$N(u_0) = \begin{bmatrix} -Y_{\dot{v}} & -Y_{\dot{r}} + (m - X_{\dot{u}})u_0 \\ -N_{\dot{v}} + (X_{\dot{u}} - Y_{\dot{v}})u_0 & -N_{\dot{r}} + (mx_g - Y_{\dot{r}})u_0 \end{bmatrix} \quad (22)$$

Trong đó:  $N(u_0)$  được tính bằng tổng của ma trận Coriolis  $C_{vN}(u_0)$  và ma trận giảm chấn  $D_{vN}$

$$N(u_0) = C_{vN}(u_0) + D_{vN} \quad (23)$$

$$C_{vN}(u_0) = \begin{bmatrix} 0 & (m - X_{\dot{u}})u_0 \\ (X_{\dot{u}} - Y_{\dot{v}})u_0 & (mx_g - Y_{\dot{r}})u_0 \end{bmatrix},$$

$$D_{vN} = \begin{bmatrix} -Y_{\dot{v}} & -Y_{\dot{r}} \\ -N_{\dot{v}} & -N_{\dot{r}} \end{bmatrix} \quad (24)$$

Khi tàu được điều khiển bởi một bánh lái đơn thì:

$$\tau_{TN} = b\delta \quad (25)$$

$$b = \begin{bmatrix} -Y_\delta \\ -N_\delta \end{bmatrix} \quad (26)$$

$Y_\delta, N_\delta$  - Lăn lượt là mô-men xoay và quay.

Phương trình (20) là tuyến tính và nó có thể được viết dưới dạng Davidson và Schiff. Khi đó, mô hình này có thể được chuyển thành mô hình NOMOTO bằng cách loại bỏ vận tốc xoay như sau:

$$\frac{r(s)}{\delta(s)} = \frac{K(1+T_2s)}{(1+T_1s)(1+T_3s)} \quad (27)$$

Hàm truyền trên được gọi là hàm truyền NOMOTO, với các hằng số thời gian  $T_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) và hằng số  $K$  có liên quan đến các hệ số động học theo các phương trình sau:

$$T_1 T_2 = \frac{|M|}{|N|} \quad (28)$$

$$T_1 + T_2 = \frac{n_{11}m_{22} + n_{22}m_{11} - n_{12}m_{21} - n_{21}m_{12}}{|N|} \quad (29)$$

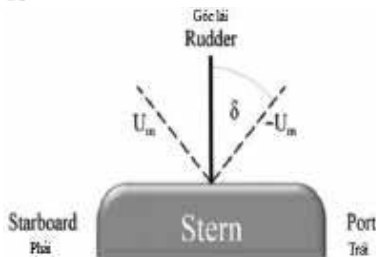
$$K = \frac{n_{11}b_2 - n_{12}b_1}{|N|} \quad (30)$$

$$T_3 = \frac{m_{11}b_2 - m_{21}b_1}{K|N|} \quad (31)$$

Trong đó:  $m_i, n_i, b_i$  - Lăn lượt là các phần tử của ma trận  $M, N, b$  trong phương trình (20); IMI. INI - Các định thức của ma trận  $M$  và  $N$ .

Đối với mô hình của NOMOTO ở phương trình (27), người ta cho rằng độ lệch dương  $\delta$  sẽ tỷ lệ với độ quay trở dương  $r$  và ngược lại. Theo đó, giá trị của  $K$  không thể âm và theo thực nghiệm các hằng số  $T_1, T_2$  gần như bằng nhau. Do đó, bậc của phương trình có thể giảm bằng cách đưa vào hằng số thời gian hiệu dụng  $T = T_1 + T_2 - T_3$ , như vậy thì:

$$\frac{r(s)}{\delta(s)} = \frac{K}{1+Ts} \quad (32)$$



Hình 1. Độ lệch bánh lái tối đa cả hai bên

Từ Hình 1, thấy được độ lệch bánh lái -  $U_m \leq \delta \leq U_m$ , trong đó  $U_m$  là góc bánh lái lớn nhất. Như vậy, tốc độ lệch hướng tối đa có thể được tính:

$$r_m = KU_m \quad (33)$$

Trong đó:  $r_m$  - Tốc độ lệch tối đa, phương trình (33) có thể được chia thành:

$$r_m = -KU_r \text{ lái sang trái} \quad (34)$$

$$r_m = KU_r \text{ lái sang phải} \quad (35)$$

Đặt  $r = \Psi$  và theo mô hình thứ nhất và thứ hai của NOMOTO trong phương trình (27) và (32) được viết lại theo dạng  $\Psi$  như sau:

$$\frac{\psi(s)}{\delta(s)} = \frac{K(1+T_2s)}{s(1+T_1s)(1+T_3s)} \approx \frac{K}{s(1+Ts)} \quad (36)$$

Mô hình trên thường được sử dụng trong các hệ thống lái tự động tàu thủy. Nó có thể được viết dưới dạng phương trình trạng thái với đầu vào bão hòa:

$$\begin{bmatrix} \dot{\psi} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} \text{sat}(\delta) \quad (37)$$

Với:

$$r = \frac{d\psi}{dt}, a = -\frac{1}{T}, b = \frac{K}{T} \quad (38)$$

$$\text{sat}(\delta) = \begin{cases} U_m, & \text{If } \delta > U_m \\ \delta, & \text{If } -U_m \leq \delta \leq U_m \\ -U_m, & \text{If } \delta < -U_m \end{cases} \quad (39)$$

### 3. MÔ HÌNH MLD CỦA TÀU THỦY

Để thiết kế mô hình MLD phương trình (37) có thể viết lại với đầu ra như sau:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu_s \\ y = Cx \end{cases} \quad (40)$$

Trong đó:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & a \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \psi \\ r \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$u_s = \text{sat}(u) = \text{sat}(\delta)$$

Mà theo Euler có thể thay thế  $x$  bằng  $x(k+1) - x(k)/T_s$  với  $T_s$  là thời gian lấy mẫu. Khi đó, phương trình (40) sẽ tương đương với:

$$\begin{cases} x(k+1) = (AT_s + 1)x(k) + BT_s u_s \\ y(k) = Cx(k) \end{cases} \quad (41)$$

Đặt,  $A_s = AT_s + 1 = \begin{bmatrix} 1 & T_s \\ 0 & aT_s + 1 \end{bmatrix}$ ,  $B_s = BT_s = \begin{bmatrix} 0 \\ bT_s \end{bmatrix}$ , khi đó hệ phương trình (41) trở thành như sau:

$$\begin{cases} x(k+1) = A_s x(k) + B_s u_s \\ y(k) = Cx(k) \end{cases} \quad (42)$$

Với:

$$u_s = \text{sat}(\delta) = \begin{cases} U_m, & \text{If } \delta > U_m \\ \delta, & \text{If } -U_m \leq \delta \leq U_m \\ -U_m, & \text{If } \delta < -U_m \end{cases}$$

Như phần 1 đã trình bày, ta giới thiệu các biến phụ logic thể hiện các điều kiện ràng buộc như sau:

$$\begin{aligned} [d_1 = 1] &\leftrightarrow [\delta > U_m] \\ [d_2 = 1] &\leftrightarrow [\delta < -U_m] \end{aligned} \quad (43)$$

Tiếp theo một số biến liên tục phụ được giới thiệu là  $z_i$  với  $i = \{1, 2, 3\}$ , khi đó có các trường hợp sau:

Trường hợp 1:  $[d_1 = 1] \leftrightarrow [\delta > U_m]$  thì  $u_s = U_m$  khi đó:

$$z_{11} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + b_{11}U_m \quad (44)$$

$$z_{12} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + b_{21}U_m \quad (45)$$

Trường hợp 2:  $[d_1 = 0] \& [d_2 = 0] \leftrightarrow [-U_m \leq \delta \leq U_m]$  thì  $u_s = \delta$ , khi đó:

$$z_{21} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + b_{11}\delta \quad (46)$$

$$z_{22} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + b_{21}\delta \quad (47)$$

Trường hợp 3:  $[d_2 = 1] \leftrightarrow [\delta < -U_m]$  thì  $u_s = -U_m$ , khi đó:

$$z_{31} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 - b_{11}U_m \quad (48)$$

$$z_{32} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 - b_{21}U_m \quad (49)$$

Lúc này, mô hình MLD được hình thành biểu diễn thông qua ngôn ngữ mô tả HYSDEL (Torrissi et al, 2002 [3]). Đây là ngôn ngữ cho phép mô hình hóa một lớp các hệ thống động lực học tuyến tính, mệnh đề if-then-else và các mệnh đề quy tắc logic. Như vậy, dạng mô hình MLD của bài toán được biểu diễn như sau:

$$x_1(k+1) = z_{11}(k) + z_{21}(k) + z_{31}(k)$$

$$x_2(k+1) = z_{12}(k) + z_{22}(k) + z_{32}(k)$$

$$y(k+1) = [x_1(k) \ x_2(k)]$$

$$E_2 d(k) + E_3 z(k) \leq E_1 u(k) + E_4 x(k) + E_5$$

### 4. ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO KẾT HỢP MÔ HÌNH MLD

Đối với bài báo này, điều khiển dự báo được xác định bằng cách tối ưu hóa thời gian thực, trong đó phương pháp quy hoạch số nguyên hỗn hợp được sử dụng (Bemporad và Morari, 1999 [2]). Hệ



thống được mô hình hóa ở dạng MLD (12), (13), (14) và một cửa sổ dự báo cho trước  $N$ , với trạng thái ban đầu  $x_0$ , bài toán tối ưu mong muốn tối thiểu hóa hàm mục tiêu.

$$J = \sum_{i=0}^{N-1} \|y(k+i/k) - y_{eq}\|_{Q_y}^2 + \|u(k+i) - u_{eq}\|_{Q_u}^2 + \|x(k+i/k) - x_{eq}\|_{Q_x}^2 + \|z(k+i/k) - z_{eq}\|_{Q_z}^2 + \|d(k+i/k) - d_{eq}\|_{Q_d}^2 \quad (50)$$

Với:

$$\begin{cases} x(k+i+1/k) = Ax(k+i/k) + Bu(k+i) + B_d d(k+i/k) + B_z z(k+i/k) \\ y(k+i+1/k) = Cx(k+i/k) + Du(k+i) + D_d d(k+i/k) + D_z z(k+i/k) \\ E_4 d(k+i/k) + E_5 z(k+i/k) \leq E_6 x(k+i/k) + E_7 u(k+i) + E_8 \\ x(k+N/k) = x_{eq} \\ x(k=0) = x_0 \\ y_{min} \leq y_{k+i} \leq y_{max} \\ u_{min} \leq u_{k+i} \leq u_{max} \end{cases} \quad (51)$$

- $Q_i$  - Các ma trận trọng số có kích thước phù hợp;
- $(x_{eq}, u_{eq}, y_{eq})$  - Tương ứng là trạng thái cân bằng, đầu vào, đầu ra;
- $(d_{eq}, z_{eq})$  - Hai biến logic và liên tục phụ;
- $y_{min}, y_{max}, u_{min}, u_{max}$  - Tương ứng lần lượt là giới hạn đầu ra và đầu vào.

Hệ thống ổn định theo MPC khi:

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow \infty} x(k) &= x_{eq} \\ \lim_{k \rightarrow \infty} u(k) &= u_{eq} \\ \lim_{k \rightarrow \infty} \|d(k) - d_{eq}\|_{Q_d} &= 0 \\ \lim_{k \rightarrow \infty} \|z(k) - z_{eq}\|_{Q_z} &= 0 \\ \lim_{k \rightarrow \infty} \|y(k) - y_{eq}\|_{Q_y} &= 0 \end{aligned}$$

## 5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Mục tiêu của bài toán là xác định hàm mục tiêu nhỏ nhất MPC cho phép của hệ thống sao cho góc bẻ lái bám theo một quỹ đạo đặt trước. Tham số điều khiển MPC thể hiện trong Bảng 1.

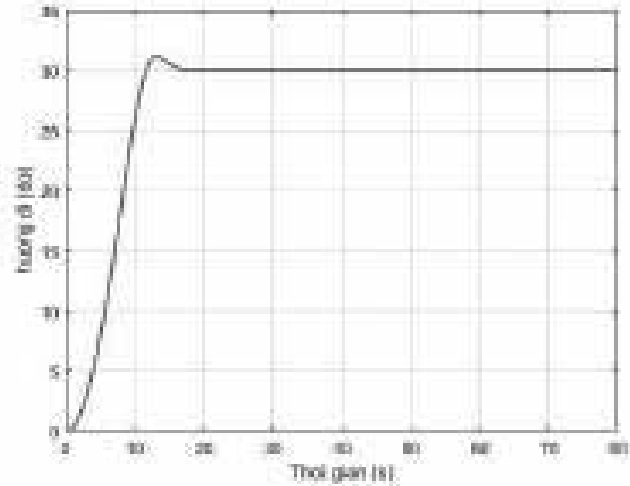
Bảng 1. Tham số MPC

| Tham số                     | Giá trị   |
|-----------------------------|-----------|
| Cửa sổ dự báo $N$           | 8         |
| Thời gian lấy mẫu $T$       | 0,5s      |
| Ma trận trọng số $Q_y$      | 1         |
| Ma trận trọng số $Q_u$      | 0,1       |
| Ma trận trọng số $Q_x, Q_z$ | Ma trận 0 |

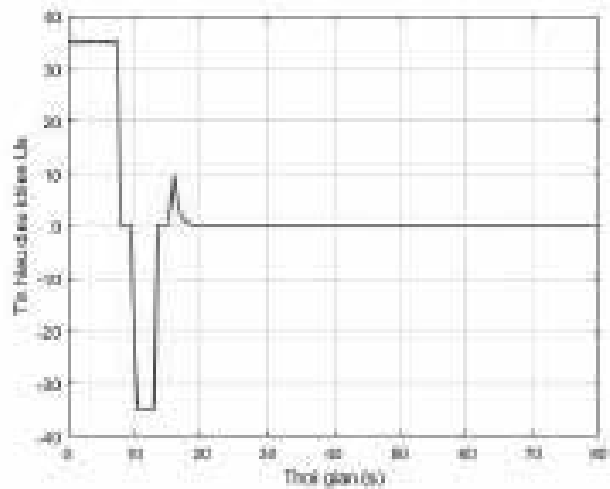
Kết quả mô phỏng thu được bằng cách sử dụng hộp công cụ Hybrid Toolbox (Bemporad, 2012b [1]). Với các điều kiện ràng buộc sau:

$$\begin{cases} -35 \leq u \leq 35 \\ -35 \leq x_1 \leq 35 \\ -10 \leq x_2 \leq 10 \end{cases} \quad (52)$$

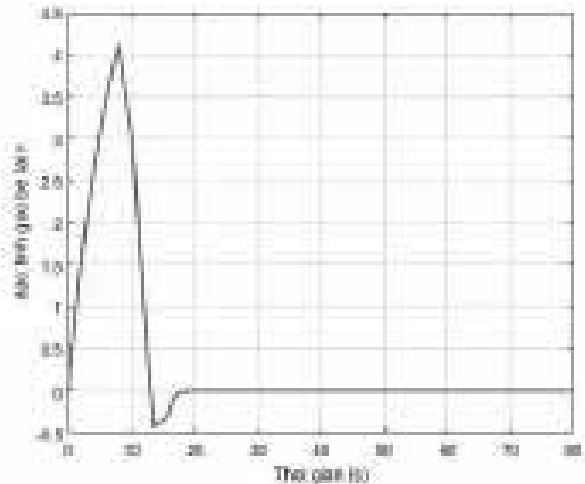
- Trường hợp 1: Thay đổi hướng đi của tàu từ  $0^\circ$  đến  $30^\circ$  được kết quả mô phỏng như Hình 2, 3, 4.



Hình 2. Thay đổi hướng đi  $\psi$  từ  $0^\circ$  lên  $30^\circ$

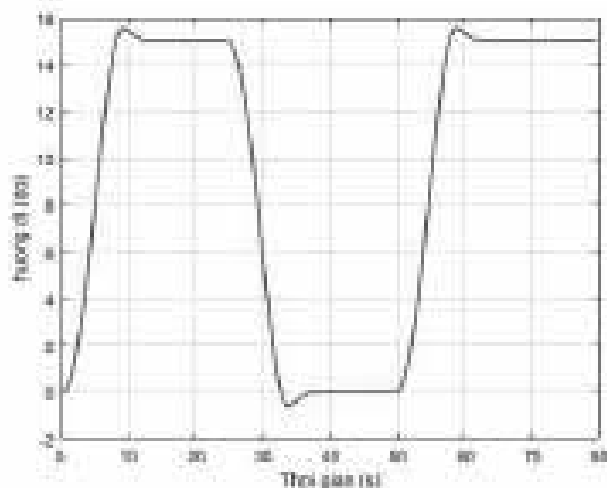


Hình 3. Tín hiệu điều khiển  $u_k = \text{sat}(\delta)$

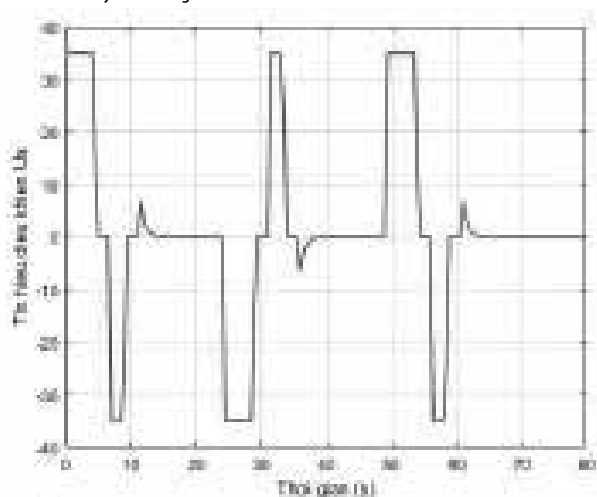


Hình 4. Đặc tính góc bẻ lái (quay trở)

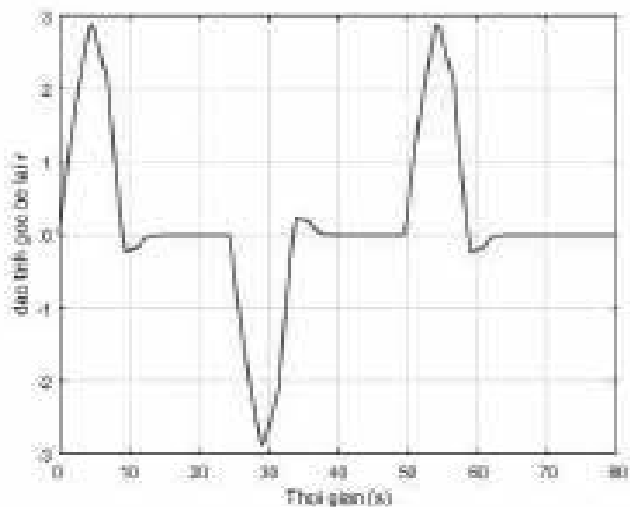
- Trường hợp 2: Thay đổi hướng đi của tàu từ  $0^0$  đến  $15^0$ , sau đó về  $0^0$  và cuối cùng trở lại hướng  $15^0$  được kết quả như Hình 5, 6, 7.



Hình 5. Thay đổi hướng đi  $\Psi$



Hình 6. Tín hiệu điều khiển  $u_c = \text{sat}(\delta)$



Hình 7. Đặc tính góc bề lái (quay trở)

## 6. KẾT LUẬN

Như vậy, bài báo đã trình bày một phương pháp nghiên cứu về mô hình động học của hệ thống lái tự động tàu thủy nhằm đưa ra một luật điều khiển mới để hướng tàu bám theo một hướng được đặt sẵn.

Việc sử dụng mô hình MLD để tiếp cận bài toán như một cách phù hợp để lập mô hình hệ thống. Mặt khác, điều khiển dự báo MPC được sử dụng để xác định hướng đi của tàu thủy bằng cách tối ưu hóa hàm mục tiêu, trong khi vẫn tuân theo các ràng buộc có sẵn. Kết quả mô phỏng đã thể hiện tính đúng đắn của phương pháp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bemporad, A. (2012b) Hybrid Toolbox - User's Guide.
- [2]. Bemporad, A. and Morari, M. (1999), Control of systems integrating logic, dynamics and constraints, *Automatica*, vol.35, no.3, pp.407-427.
- [3]. Torrisi, F., Bemporad, A., Bertini, G., Hertach, P., Jost, D. and Mignone, D. (2002), *HYSDel 2.0.5 - User Manual*, Automatic Control Laboratory, ETH, Zurich, Switzerland.
- [4]. Williams, H.P. (1993), *Model Building in Mathematical Programming*, 3rd ed., Wiley.

# Nghiên cứu, đánh giá an toàn và khả năng tiếp nhận tàu container trọng tải đến 250.000 DWT của cảng biển khu vực Cái Mép TP.HCM

Study and assessment of safety and feasibility for accommodating container vessels of up to 250.000 DWT at seaports in Cai Mep area, Hochiminh City

> LÊ VĂN THỨC

Cảng vụ Hàng hải TP. Hồ Chí Minh

Email: levanthuc.vinamarine@gmail.com

## TÓM TẮT

Để hình thành, phát triển cảng trung chuyển container quốc tế Cái Mép, từ năm 2024 đến nay, ngành Hàng hải Việt Nam đã tổ chức đưa hơn 166 lượt "siêu tàu" container trọng tải từ 200.000 DWT đến 230.000 DWT vào rời cảng an toàn, nâng cao hiệu quả khai thác và thương hiệu cho cảng Cái Mép. Tuy nhiên, hiện nay với chiến lược giảm chi phí khai thác, tăng tỷ suất lợi nhuận và tăng thị phần vận tải, các hãng tàu quốc tế đã đầu tư mạnh mẽ đóng mới và đưa ngày càng nhiều tàu container trọng tải đến 250.000 DWT vào khai thác trên tuyến Á - Âu và hãng tàu đang đề nghị thiết lập tuyến tàu 250.000 DWT ghé cảng Cái Mép. Xuất phát từ thực tiễn quản lý về hàng hải và nhu cầu của chủ tàu - doanh nghiệp cảng, bài báo phân tích các yếu tố an toàn và đánh giá khả năng đưa tàu container trọng tải đến 250.000 DWT vào cảng Cái Mép, góp phần nghiên cứu, hình thành hệ thống giải pháp phù hợp đưa cảng Cái Mép thành "Hub Port" trong tương lai gần.

**Từ khóa:** Cảng trung chuyển quốc tế; tàu container siêu lớn; cảng và cơ sở hạ tầng cảng.

## ABSTRACT

To establish and develop the Cai Mep International Container Transshipment Port, since 2024, the Vietnamese maritime sector has successfully facilitated the safe port calls and departures of over 140 "mega container vessels" with deadweight tonnage (DWT) ranging from 200,000 DWT to 230,000 DWT. This has significantly enhanced the operational efficiency and global positioning of Cai Mep Port. However, in light of the prevailing strategy to reduce operational costs, maximize profit margins and expand market share, international shipping lines have been aggressively investing in the construction and deployment of container vessels of up to 250,000 DWT on the Asia-Europe trade route. Furthermore, certain shipping lines are requesting to establish a 250,000 DWT vessel route to Cai Mep Port. Given the practical aspects of maritime management and the operational demands of shipowners and port operators, this article analyzes safety factors and assesses the feasibility of accommodating container vessels of up to 250,000 DWT at Cai Mep Port. The findings aim to contribute to the research and formulation of appropriate solutions to position Cai Mep as a "Hub Port" in the near future.

**Keywords:** Hub port; ultra large container vessel (ULCV); port and port infrastructure.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vận tải biển có vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu nhờ khả năng chuyên chở hàng hóa với khối lượng lớn,

giá thành cạnh tranh (hơn 70% giá trị thương mại hàng hóa toàn cầu được vận chuyển bằng đường biển). Để tận dụng lợi thế địa lý thuận lợi, hưởng lợi từ hoạt động cung ứng dịch vụ, hậu cần cho



hoạt động vận tải biển quốc tế, Việt Nam đã nỗ lực hình thành cảng trung chuyển container quốc tế tại cảng biển khu vực sông Cái Mép, TP.HCM (cảng Cái Mép), từng bước đưa Cái Mép thành “Hub” quan trọng trong chuỗi giá trị toàn cầu thông qua việc tổ chức đưa hơn 140 lượt tàu container trọng tải từ 200.000 DWT đến 230.000 DWT (giảm tải) thử nghiệm vào cảng Cái Mép an toàn từ năm 2024 đến nay.

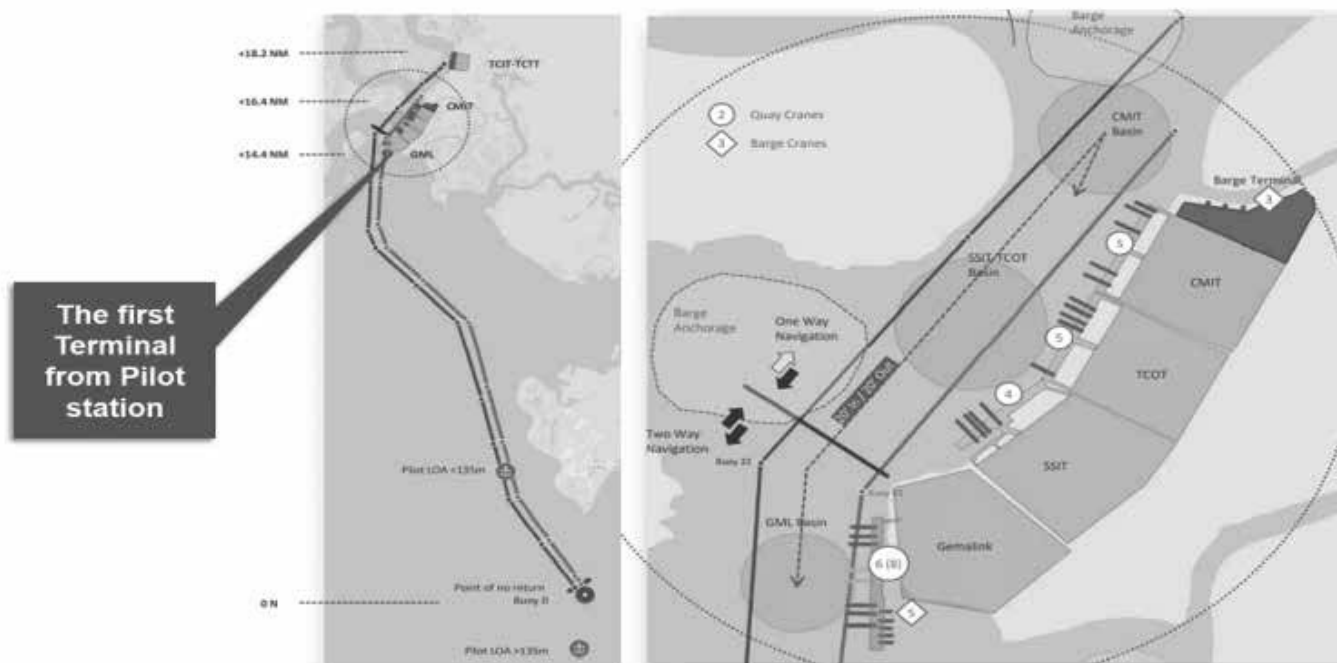
Tuy nhiên, hiện nay ngành vận tải biển đã, đang trải qua một cuộc cách mạng về đóng mới, đưa vào khai thác các siêu tàu container (ULCV) có trọng tải đến 250.000 DWT (chiều dài tàu tiêu chuẩn 400 m; chiều rộng 61,3 m; mớn nước 15 - 16,5 m; sức chở 24.000 - 25.000 teus). Theo báo cáo của các tổ chức hàng hải quốc tế như: Marine Insight, Alphaliner, Clarksons Research, Ship Technology, Lloyd's List thì xu thế tăng kích cỡ tàu ULCV ngày càng rõ rệt. Tính đến năm 2025 có khoảng 12 tàu container trọng tải xấp xỉ 250.000 DWT của các hãng tàu lớn như MSC (tàu: MSC Irina; MSC Tessa), Evergreen Marine (tàu: Ever Aria; Ever Ace), HMM (HMM Algeciras), CMA CGM... đang khai thác trên các tuyến vận tải hàng hóa quy mô lớn giữa châu Á - Âu, châu Á - Bắc Mỹ, châu Á - Trung Đông và ghé vào Hub port trung chuyển lớn tại châu Á như: Thượng Hải, Quảng Châu, Hồng Kông (Trung Quốc); Singapore; Busan (Hàn Quốc), kết nối trực tiếp với các cảng lớn tại châu Âu (Rotterdam, Hamburg, Antwerp) và Bắc Mỹ (Los Angeles, New York, Long Beach).

khu cảng Cái Mép với sản lượng hàng qua cảng năm 2024 đạt 10,98 triệu teus (6,1 triệu teus hàng xuất nhập khẩu, 0,8 triệu teus hàng container trung chuyển...) cũng không thể đứng ngoài cuộc chơi của những “người khổng lồ” về vận tải biển.

## 2. ĐÁNH GIÁ CÁC TIÊU CHÍ AN TOÀN VÀ KHẢ NĂNG TIẾP NHẬN TÀU 250.000 DWT CỦA CẢNG CÁI MÉP

### 2.1. Về luồng hàng hải, vũng quay tàu

Luồng hàng hải, đoạn luồng vào cảng Cái Mép đã được đầu tư, nâng cấp đến độ sâu -15,5 m, bề rộng luồng 350 m, bán kính cong nhỏ nhất đạt 1.800 m và đã thiết lập 2 vũng quay tàu có đường kính lần lượt là 600 m và 700 m. Như vậy, theo các tiêu chuẩn kỹ thuật thiết kế luồng hàng hải của Hiệp hội Quốc tế về cơ sở hạ tầng giao thông thủy (PIANC) thì điều kiện kỹ thuật luồng đáp ứng yêu cầu thiết kế cho tàu chiều dài lớn nhất đến 400 m có mớn nước phù hợp với độ sâu luồng. Tuy nhiên, về điều kiện vũng quay tàu cho tàu có L.O.A đến 400 m cần phải đáp ứng yêu cầu đường kính tối thiểu 650 m (có sự hỗ trợ của tàu lai công suất lớn, tính năng Azimuth...) và cần thiết phải tổ chức phân luồng giao thông hàng hải tại khu vực vịnh Gành Rái (khu vực có mật độ tàu biển hoạt động chiếm khoảng 60% mật độ tàu biển vào, rời cảng biển Việt Nam) và đoạn luồng hàng hải từ vịnh Gành Rái vào đến khu cảng cái Mép để giảm thiểu xung đột giao thông trên luồng.



Hình 1. Sơ đồ cụm cảng Cái Mép

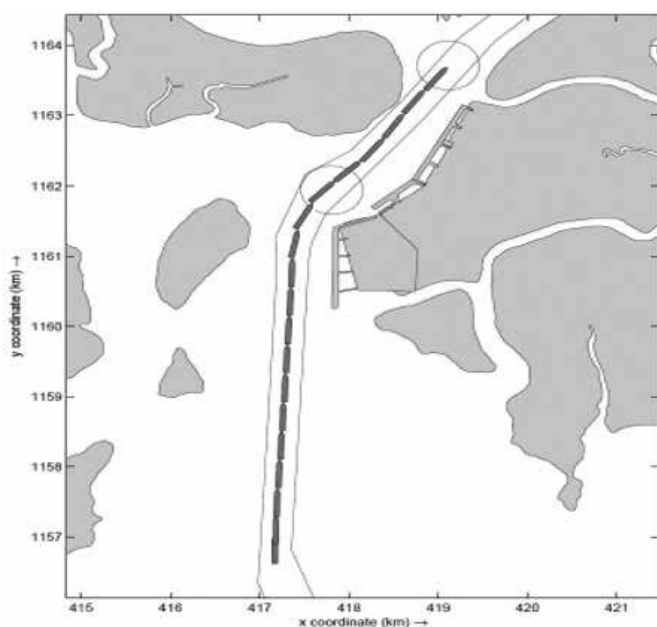
Đồng thời, hiện có 12 - 15 tàu kích cỡ tương tự đang được đóng tại các nhà máy đóng tàu lớn như Samsung Heavy Industries, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering, Hudong-Zhonghua Shipbuilding, Shanghai Waigaoqiao Shipbuilding và dự kiến trong năm 2025 MSC hạ thủy 1 tàu (MSC Celestino Maresca), Evergreen Marine: 2 tàu (Ever Ultra; Evergreen Quantum), CMA CGM: 1 tàu (CMA CGM Titan), OOCL: 2 tàu... Như vậy, để duy trì, phát triển thương hiệu cảng trung chuyển quốc tế trong chuỗi cung ứng toàn cầu, bảo đảm hiệu quả khai thác cảng biển buộc các quốc gia, doanh nghiệp cảng liên quan phải nghiên cứu đầu tư, hiện đại hóa cơ sở hạ tầng cảng biển nhằm đón đầu xu thế tất yếu khai thác cỡ tàu ULCV này và

Mặt khác, nghiên cứu này có sử dụng phần mềm mô phỏng toán Shipma để chạy mô hình tàu container chiều dài 399,9 m, sức chở 21.500 teus hành trình trên luồng (qua các đoạn có bán kính cong 1.800 m) trong điều kiện gió đến cấp 5 - 6 (gió theo 2 hướng: Đông Bắc và Tây Nam) và dòng chảy đến 1,5 knots, kết quả mô phỏng toán xác định vệt chạy tàu như sau:

### 2.2. Về kết cấu hạ tầng bến cảng

Tàu trọng tải đến 250.000 DWT thông thường thiết kế xếp khoảng 24 - 25 hàng container (row) và chiều cao container có thể cao tới 12 lớp (tier) trên boong, do đó ngoài việc cảng có chiều dài, độ sâu thủy diện cảng, kết cấu cầu cảng, năng lực quản lý - giải phóng hàng và mức độ ứng dụng công nghệ, tự động hóa trong quản lý, khai

thác cảng phải phù hợp với điều kiện đặc thù của tàu ULCV thì điều kiện kỹ thuật cầu bờ của cảng phải đáp ứng được yêu cầu phục vụ cơ tàu này (ví dụ, hiện tại cầu bờ cảng SSIT tầm vươn xếp dỡ được 23 row, cao 9 - 10 lớp; cảng Gemalink được 25 row, cao 11 lớp; cảng CMIT được 23 row, cao 7 - 8 lớp nên khi nghiên cứu tiếp nhận tàu trọng tải lớn, ngoài việc thống nhất với hãng tàu về xếp dỡ vị trí container trên tàu phù hợp với năng lực xếp dỡ của thiết bị thì chủ cảng cần xem xét, xác định lộ trình đầu tư thiết bị xếp dỡ phù hợp).



Hình 2. Vệt chạy tàu trên phần mềm Shipma khi gió hướng NE, SW

Để đánh giá tiêu chí an toàn, doanh nghiệp cảng cần chủ trì, phối hợp với chủ tàu, đơn vị tư vấn chuyên ngành tiến hành quan trắc, rà soát đánh giá cụ thể sự phù hợp của kết cấu hạ tầng bến cảng, độ sâu trước bến, trang thiết bị và nguồn lực quản lý, vận hành đối với việc tiếp nhận tàu 250.000 DWT vào cảng làm hàng. Mặt khác, phương án bảo đảm an toàn hàng hải cho các tàu trọng tải đến 230.000 DWT (giảm tải) vào rời khu vực cảng Cái Mép hiện nay quy định vận tốc tàu cập cầu không quá 0,08 m/s, nhưng thực tế trong tình huống tàu đang điều động cập cầu bất ngờ gặp điều kiện giông cục bộ địa phương với sức gió cấp 5 - 6, thổi vào và vuông góc với tuyến bến thì việc bảo đảm vận tốc cập cầu không quá 0,08 m/s như yêu cầu trên sẽ gặp khó khăn, do đó cần thiết đánh giá kết cấu cảng khi động năng va của tàu vào cầu với tốc độ tàu dịch chuyển đến 0,1 m/s (góc cập cầu không quá 60°).

### 2.3. Về kinh nghiệm, kỹ năng hoa tiêu dẫn tàu

Nghiên cứu này đã tổ chức thảo luận, đánh giá, xây dựng “Mẫu câu hỏi khảo sát” và triển khai lấy ý kiến của 20 hoa tiêu ngoại hạng có nhiều kinh nghiệm dẫn tàu container từ 200.000 DWT đến 230.000 DWT vào rời cảng Cái Mép trong thời gian qua. Ý kiến các hoa tiêu dẫn tàu cơ bản đề xuất phải sử dụng tàu lai hộ tổng tàu 250.000 DWT khi qua các khúc cua có bán kính cong 1.800 m, tăng cường công suất/số lượng tàu lai hộ trợ khi tàu cập, rời cầu (đặc biệt điều động trong điều kiện gió lớn thổi vuông góc với tuyến bến) và 100% ý kiến hoa tiêu đều cho rằng cần thiết phải nghiên cứu, xây dựng các kịch bản điều động tàu sát với tình hình thực tế về kết cấu hạ tầng hàng hải, mật độ giao thông và điều kiện hàng hải khu vực để tổ chức, cá nhân liên quan thực hành Mô phỏng buồng lái làm cơ sở đánh giá an toàn, kết hợp huấn luyện, đào tạo hoa tiêu kỹ năng

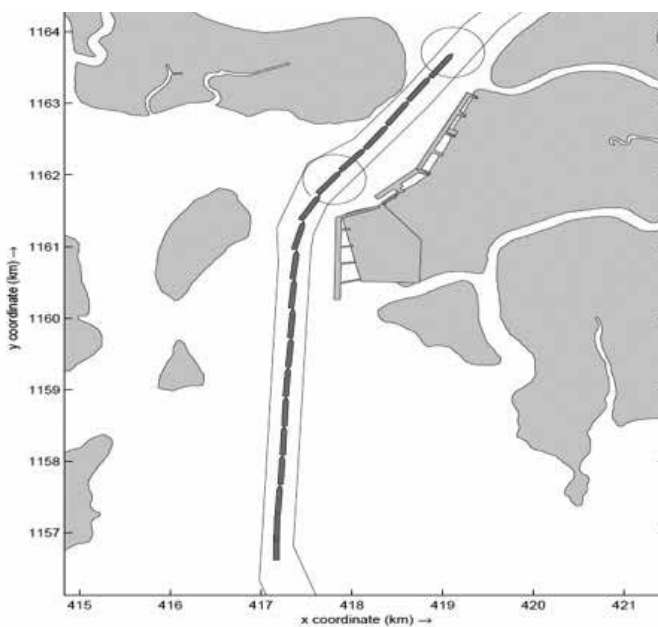
dẫn tàu trọng tải đến 250.000 DWT.

### 2.4. Về dịch vụ hỗ trợ khai thác liên quan khác

Hệ thống hỗ trợ VTS, tàu lai dắt hỗ trợ, hạ tầng giao thông kết nối... cơ bản đáp ứng yêu cầu an toàn.

### 2.5. Về năng lực cứu hộ, ứng phó tai nạn, sự cố với tàu ULCV tại cảng biển Việt Nam

Hiện đang rất hạn chế và thực tế cứu hộ với tàu ULCV là vô cùng phức tạp không chỉ Việt Nam mà đối với cả các nước phát triển trên thế giới.



## 3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này cung cấp thông tin, xác lập một số tiêu chí an toàn cơ bản để hỗ trợ chủ tàu, doanh nghiệp cảng, đơn vị tư vấn chuyên ngành phối hợp nghiên cứu một cách đầy đủ, khoa học và toàn diện hơn khả năng tiếp nhận tàu trọng tải đến 250.000 DWT của cảng biển khu vực Cái Mép, qua đó giúp doanh nghiệp xây dựng lộ trình, kế hoạch đầu tư, phát triển cảng phù hợp với xu thế đồng mới, khai thác tàu ULCV của các hãng tàu lớn trên thế giới, nâng cao thương hiệu và hiệu quả kinh doanh khai thác cảng trung chuyển quốc tế Cái Mép.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nam Kyu Park and Sang Cheol Sun, Tendency toward Mega Containerships and the Constraints of Container Terminals.
- [2]. Thông tin, báo cáo đăng trên ấn phẩm liên quan của Marine Insight, Alphaliner, Clarksons Research, Ship Technogogy, Lloyd's List.
- [3]. Báo cáo sản lượng hàng và tình hình tai nạn, sự cố hàng hải của Cảng vụ Hàng hải Vũng Tàu.
- [4]. Boullauazan, Y., Sys, C., & Vanelslander, T. (2023), Developing and demonstrating a maturity model for smart ports, Maritime Policy & Management, vol.50, Issue 4, pp.447-465.
- [5]. Lê Văn Thức (2023), Nghiên cứu, kiến nghị Mô hình phát triển cảng trung chuyển quốc tế tại khu bến Cái Mép, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, Tạp chí Khoa học công nghệ GTVT, tập 12, số 4, tr.8-14.
- [6]. Lê Văn Thức, Đồng Xuân Vương, Phạm Thị Duyên Anh (2023), Research and propose solutions to form and develop smart ports at Vungtau Seaport, STAIS 2023, pp.315-324.
- [7]. Lê Văn Thức, Phạm Thị Duyên Anh, Đặng Xuân Kiên, Study and Evaluation of the Use of Portable Pilot Units by Maritime Pilots and Propose Solutions for Managing and Guidance on the Use of PPU at Vietnamese Seaports, OCCOE 2024, pp.468-478.

# Nghiên cứu đánh giá các phương pháp thử nghiệm thâm nhập ion clo trong kết cấu bê tông cốt thép

Research and evaluation of chloride ion penetration testing methods in concrete structures

> THS LÊ QUỲNH NGÀ\*, PGS.TS ĐÀO VĂN DINH, TS TRẦN VIỆT HƯNG

Bộ môn Kết cấu, Trường Đại học Giao thông vận tải

\*Email: ngaketcau@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Các kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) trong môi trường biển theo thời gian sẽ bị suy thoái dẫn tới hư hỏng do ion clo thâm nhập vào bê tông tích lũy trên bề mặt cốt thép làm phá vỡ màng thụ động của cốt thép và gây ra ăn mòn thép. Để đánh giá tình trạng của các kết cấu này, trên thế giới có rất nhiều phương pháp thử nghiệm như thử nghiệm dài hạn, thử nghiệm ngắn hạn, các phương pháp thử nghiệm tại hiện trường và trong phòng. Bài báo trình bày đánh giá các phương pháp thử nghiệm thâm nhập của ion clo vào kết cấu BTCT.

**Từ khóa:** Bê tông cốt thép; thử nghiệm; clo; thâm nhập; ăn mòn.

## ABSTRACT

Reinforced concrete (RC) structures in marine environments will degrade over time, leading to damage due to chloride ions penetrating into the concrete, accumulating on the surface of the reinforcement, breaking the passive film of the reinforcement and causing steel corrosion. To assess the condition of these structures in the world, there are many testing methods such as long-term testing, short-term testing, field and laboratory testing methods. This paper presents the evaluation of testing methods for chloride ion penetration into reinforced concrete structures.

**Keywords:** Reinforced concrete; test methods; chloride; penetration; corrosion.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các kết cấu BTCT thường được kỳ vọng là sẽ tồn tại lâu dài mà không cần sửa chữa hoặc bảo trì. Tuy nhiên, khi chúng làm việc trong các môi trường ăn mòn như môi trường có ion clo sẽ bị suy giảm tính năng do ăn mòn thép gây mất an toàn cho kết cấu [2, 3, 6-9]. Đối với kết cấu BTCT, một trong những hình thức hư hỏng do môi trường chính là sự thâm nhập của clorua, dẫn đến ăn mòn cốt thép và làm giảm độ bền lâu, khả năng sử dụng và tính thẩm mỹ của kết cấu. Điều này có thể dẫn đến việc sửa chữa sớm hoặc thay thế

sớm kết cấu. Một phương pháp phổ biến để ngăn ngừa sự xuống cấp như vậy là ngăn clorua thâm nhập vào kết cấu đến thanh cốt thép bằng cách sử dụng bê tông có sức kháng thâm nhập ion clo cao. Khả năng ion clorua thâm nhập vào bê tông sau đó phải được biết đến để phục vụ cho mục đích thiết kế cũng như đánh giá tình trạng chất lượng. Đánh giá tình trạng của kết cấu cũ hoặc dự báo các suy giảm theo thời gian của kết cấu mới cần có được hồ sơ nồng độ ion clo theo chiều sâu của kết cấu hay hệ số khuếch tán ion clo trong bê tông. Để phục vụ các mục đích này, các phương pháp thử nghiệm thâm nhập clorua đã ra đời. Hiện nay, trên thế giới cũng như ở Việt Nam có nhiều phương pháp thử nghiệm đánh giá. Vấn đề đặt ra là cần phải hiểu biết đánh giá ưu, nhược điểm, phạm vi sử dụng và ứng dụng của các phương pháp này.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Sự hấp thụ mao quản, áp suất thủy tĩnh và sự khuếch tán là những cách mà các ion clo có thể thâm nhập vào bê tông. Phương pháp chủ đạo nhất là khuếch tán, là sự di chuyển của các ion clo khi có chênh lệch nồng độ. Để điều này xảy ra, bê tông phải có pha lỏng liên tục và phải có một gradient nồng độ ion clorua. Cơ chế thứ hai cho sự thâm nhập clorua là sự thẩm, được gây ra bởi các chênh lệch áp suất. Tuy nhiên, tình huống chênh lệch áp suất duy trì trên một kết cấu BTCT là không nhiều.

*Khuếch tán ion clo:*

Sự khuếch tán clorua vào bê tông, giống như bất kỳ quá trình khuếch tán nào, được kiểm soát bởi Định luật thứ nhất của Fick, trong tình trạng khuếch tán một chiều thông thường như bản hoặc tường được xem xét, định luật này đưa ra:

$$J = -D_{eff} \frac{dC}{dx} \quad (1)$$

Trong đó:  $J$  - Thông lượng ion clorua;  $D_{eff}$  - Hệ số khuếch tán hiệu dụng;  $C$  - Nồng độ ion clorua và  $x$  - Biến vị trí.

Trên thực tế, phương trình (1) chỉ hữu ích sau khi đạt được điều kiện trạng thái ổn định, tức là không có sự thay đổi nồng độ theo thời gian. Tuy nhiên, nó có thể được sử dụng để suy ra phương trình có liên quan cho điều kiện không ổn định (khi nồng độ thay đổi), thường được gọi là định luật thứ hai của Fick:

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} \quad (2)$$

Phương trình (2) gồm cả tác động của sự thay đổi nồng độ theo thời gian ( $t$ ). Điều này đã được giải quyết bằng cách sử dụng điều



kiện biên  $C_{(x=0,t>0)} = 0$  (nồng độ bề mặt không đổi tại  $C_0 = C_s$ ), điều kiện ban đầu  $C_{(x>0,t=0)} = 0$  (nồng độ ban đầu trong bê tông là 0) và điều kiện điểm vô hạn  $C_{(x=\infty,t>0)} = 0$  (đủ xa bề mặt, nồng độ sẽ luôn bằng 0).

Khi  $C_s$  và  $D_{eff}$  là không thay đổi theo thời gian, phương trình (2) được giải cho kết quả như sau:

$$\frac{C_{(x,t)}}{C_s} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4D_{eff}t}}\right) \quad (3)$$

Trong đó:  $\operatorname{erf}(y)$  - Hàm lỗi còn gọi là hàm lỗi Gauss.

### 3. CÁC PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM THÂM NHẬP ION CLO

#### 3.1. Thử nghiệm hồ muối

AASHTO T259: Phương pháp tiêu chuẩn thử nghiệm sức kháng của bê tông với thâm nhập ion clorua (thử nghiệm tạo bể muối: Salt Ponding Test) [4].

Thử nghiệm AASHTO T259 (thường được gọi là thử nghiệm đọng muối) là một thử nghiệm trung hạn để đo sự thâm nhập của clorua vào bê tông. Thử nghiệm yêu cầu ba tấm bê tông dày ít nhất 75 mm và có một diện tích bề mặt của 300 mm vuông. Các tấm trên là bảo dưỡng ẩm trong vòng 14 ngày, sau đó được lưu trữ trong một phòng làm khô độ ẩm tương đối là 50% trong 28 ngày. Các cạnh bên của tấm được dán kín. Sau đó, cho một dung dịch 3% NaCl trên mặt trên trong 90 ngày, trong khi mặt phía dưới tiếp xúc với môi trường khô (Hình 1). Sau đó, các tấm được lấy ra và xác định nồng độ clorua của từng lát dày 15 mm, ta có được hàm lượng clorua theo chiều sâu của tấm.

Thử nghiệm hồ muối cung cấp hồ sơ thâm nhập clorua thô theo một chiều, nhưng hồ sơ này không chỉ là một hàm của khuếch tán clorua. Từ khi mẫu thử được để khô trong 28 ngày, có tác dụng hấp thụ ban đầu khi tấm lần đầu tiên được tiếp xúc với các dung dịch. Dung dịch muối được rút ra một cách nhanh chóng trong các lỗ rỗng của bê tông. Mặt đáy tiếp xúc với một môi trường độ ẩm tương đối là 50% trong khi thí nghiệm làm cho clorua được hút vào bê tông thông qua một cơ chế khác hơn khuếch tán thuần khiết. Ngoài ra, có truyền hơi từ mặt trước ướt trong bê tông vào mặt bên ngoài trong không khí khô hơn, gây ra nước bị lôi kéo vào các bê tông và đưa ion clorua theo. Hiệu ứng này được gọi là thẩm hút.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm theo AASHTO T259 (salt ponding)

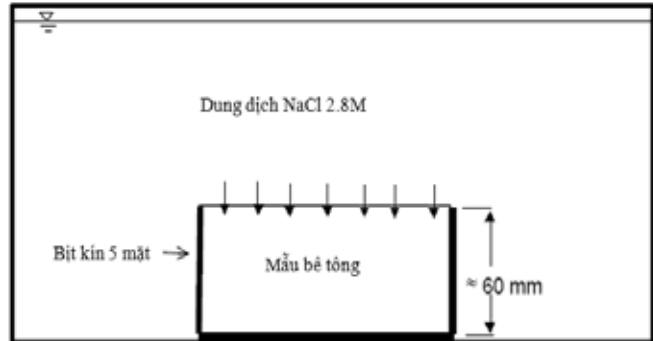
#### 3.2. Thử nghiệm khuếch tán khối - Bulk Diffusion Test

Một thử nghiệm khuếch tán số lượng lớn đã được phát triển để khắc phục một số thiếu sót của bài thử nghiệm hồ muối để đo khuếch tán. Mặc dù không phải là thử nghiệm tương tự đầu tiên phát triển, NordTest là phiên bản chính thức tiêu chuẩn đầu tiên của thử nghiệm khuếch tán số lượng lớn. Thay vì được sấy khô trong 28 ngày như với các thử nghiệm hồ muối, mẫu thử được bảo hòa với nước vôi. Điều này ngăn cản bất kỳ tác dụng hấp thụ ban đầu khi các dung dịch clorua được giới thiệu. Ngoài ra, lớp phủ 5 mặt của mẫu và chỉ để lại một mặt tiếp xúc với dung dịch NaCl 2.8 M (Hình 2). Nó được giữ trong vòng ít nhất 35 ngày trước khi đánh giá

(NordTest, NTBuild 443-94) [11].

Để đánh giá hàm lượng clorua của bê tông theo chiều sâu mẫu, người ta dùng máy khoan nghiền bột và lấy bột theo chiều các độ sâu. Hàm lượng clorua của bột sau đó được xác định theo AASHTO T260.

Trong khi Nordtest có khả năng mô hình hóa clorua khuếch tán vào bê tông, nó vẫn là một thử nghiệm trung hạn. Đối với bê tông chất lượng thấp, thời gian tiếp xúc tối thiểu là 35 ngày. Đối với bê tông chất lượng cao hơn, tuy nhiên, giai đoạn này phải được mở rộng đến 90 ngày hoặc lâu hơn, cũng giống như cho các thử nghiệm hồ muối.



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm Bulk Diffusion Test (NordTest NTBuild 443)

#### 3.3. ASTM C1202-22 -Thử nghiệm khả năng chống lại sự thâm nhập của ion clorua của bê tông

ASTM C1202 phiên bản đầu tiên ra đời năm 1990 có tên là "Rapid Chloride Permeability Test", đến năm 1997 nó được thay tên là "Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration".

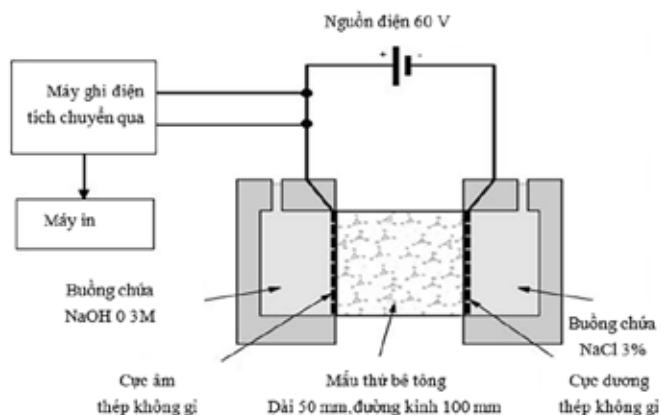
Trong thí nghiệm ASTM C1202-22, một mẫu bê tông có đường kính 100 mm, dày 50 mm, bảo hòa nước chịu dòng điện có điện áp một chiều 60 V trong 6 giờ bằng cách sử dụng thiết bị như trong Hình 3. Trong một bể chứa là một dung dịch 3,0% NaCl và trong bể chứa khác là dung dịch NaOH nồng độ 0,3 N (1,2% NaOH). Tổng điện tích thông qua được xác định và điều này được sử dụng để đánh giá mức độ bê tông theo các tiêu chí như trong Bảng 1. Thử nghiệm này, ban đầu được phát triển bởi Whiting [14], thường được gọi là "Thí nghiệm thẩm nhanh clorua" (RCPT). Tên này là không chính xác vì nó không phải là tính thẩm mà là đo chuyển động của ion. Ngoài ra, sự chuyển động của tất cả các ion, không chỉ các ion clorua, ảnh hưởng đến kết quả xét nghiệm (tổng điện tích thông qua).

Bảng 1. Mức độ thâm nhập ion clo dựa trên điện tích truyền qua

| Điện tích truyền qua (coulomb) (Charge Passed) | Khả năng thâm nhập ion clo (Chloride Ion Penetrability) |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| >4.000                                         | Cao                                                     |
| 2.000-4.000                                    | Trung bình                                              |
| 1.000-2.000                                    | Thấp                                                    |
| 100-1.000                                      | Rất thấp                                                |
| <100                                           | Không đáng kể                                           |

Đã có một số ý kiến phê bình của kỹ thuật này, nhưng thử nghiệm này vẫn được áp dụng là một thử nghiệm tiêu chuẩn, được sử dụng rộng rãi trong các tài liệu và đã được sử dụng để hạn chế thẩm trong Tiêu chuẩn CSA/S413-94. Những nhược điểm chính là: (a) dòng điện thông qua có liên quan đến tất cả các ion trong dung dịch lỗ rỗng không chỉ ion clorua, (b) các phép đo được thực hiện trước khi chuyển đổi trạng thái ổn định đạt được và (c) hiệu điện thế cao dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ, đặc biệt là đối với bê tông chất lượng thấp, làm tăng thêm điện tích thông qua như nhiều nhà nghiên cứu đã đề cập (Andrade, 1993; Zhang và Gjorv năm 1991;

Malek và Roy, 1996; Roy, 1989; Geiker, et al, 1990). Trong thử nghiệm này cần đo nhiệt độ mẫu thử để tính tới hiệu ứng Joule.



Hình 3. Sơ đồ thí nghiệm ASTM C1202-22

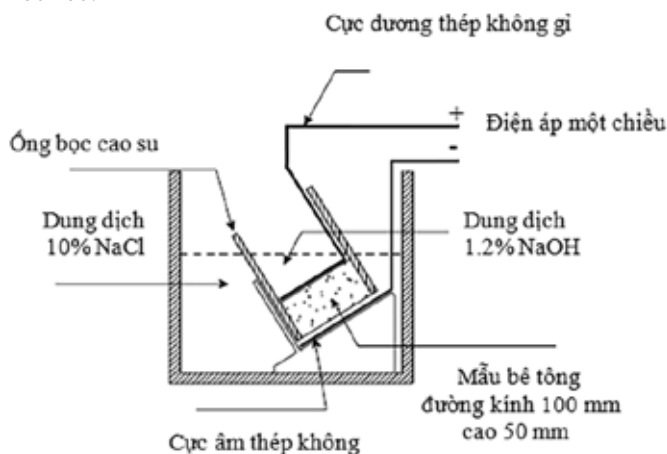
ASTM C1202 tuyên bố về độ chính xác, dựa trên công bố của Mobasher và Mitchell năm 1988 [10], nói rằng: Sai khác của một thử nghiệm vào khoảng 12,3% - 35%, trung bình khoảng 18,0%. Để giảm thiểu sự sai khác, một tổ mẫu cần có 3 mẫu và giá trị trung bình được báo cáo.

Mặc dù có những hạn chế và những giới hạn, tuy nhiên nhiều quốc gia trên thế giới cũng như ở Việt Nam [5] đều dựa trên kết quả thử nghiệm này để đánh giá chất lượng bê tông khi làm việc trong môi trường có ion clo.

### 3.4. Thí nghiệm điện di nhanh

Đây là thử nghiệm dùng để xác định hệ số điện di clorua trong bê tông, vữa hoặc vật liệu sửa chữa gốc xi măng từ các thí nghiệm điện di ở trạng thái không ổn định.

Tang và Nilsson năm 1992 [13] đề xuất một sự biến đổi của pin di trú truyền thống. Một pin di trú được thiết lập với một mẫu cao 50 mm, đường kính 100 mm và một điện áp 30 V, như thể hiện trong Hình 4. Thí nghiệm tiến hành như bình thường như một thí nghiệm điện di, ngoại trừ nồng độ clorua của dung dịch hạ nguồn là không được theo dõi. Thay vào đó, sau một thời gian xác định (Tang và Nilsson đã sử dụng 8 giờ). Các mẫu được lấy ra, tách đôi và xác định độ sâu của sự thâm nhập clorua trong một nửa của mẫu vật sử dụng một kỹ thuật đo màu bằng một dung dịch nitrat bạc. Khi một dung dịch nitrat bạc được phun trên mặt bê tông có chứa ion clorua, một phản ứng hóa học xảy ra. Các clorua liên kết với bạc để sản xuất clorua bạc, một chất màu trắng. Trong trường hợp không có clorua, bạc dính bám với các hydroxit hiện diện trong bê tông, tạo ra một màu nâu.



Hình 4. Sơ đồ thử nghiệm điện di nhanh (NordTest NTBuild 492), (AASHTO TP63-03)

Chiều sâu thâm nhập có thể được sử dụng để xác định hệ số khuếch tán clorua. Bằng cách sử dụng phương trình sau đây có nguồn gốc từ phương trình Nernst-Einstein (Tang và Nilsson, 1992) [13]:

$$D_{nssm} = \frac{RT}{zFE} \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \quad (m^2 / s) \quad (4)$$

$$E = \frac{U - 2}{L} \quad (5)$$

Trong đó:

$$\alpha = 2 \sqrt{\frac{RT}{zFE}} \operatorname{erf}^{-1} \left( 1 - \frac{2C_d}{C_0} \right) \quad (6)$$

Trong đó:  $x_d$  - Chiều sâu thâm nhập clorua (m); R - Hằng số khí, [8,314 J/mol/K]; T - Nhiệt độ trung bình trong dung dịch điện phân (°C); U - Điện áp (V); z - Hóa trị của ion clorua, z = 1; F - Hằng số Faraday, (9,6485x10<sup>4</sup> C/mol - cu-lông/mol); L - Chiều dài mẫu thử (m); t - Thời gian thí nghiệm (s);  $C_0$  - Nồng độ clorua mà tại đó thay đổi màu sắc (0,07N);  $C_d$  - Nồng độ clorua trong dung dịch điện phân cực âm (2N).

Thay vào ta được:

$$D_{nssm} = \frac{0.0239(273 + T)L}{(U - 2)t} \left( x_d - 0.0238 \sqrt{\frac{(273 + T)Lx_d}{U - 2}} \right) \quad (7)$$

- Ưu điểm:

Độ chính xác cao: Phương pháp này đo trực tiếp hàm lượng ion clo thâm nhập vào mẫu bê tông, cung cấp kết quả đánh giá độ bền thực tế, cho phép tính được hệ số khuếch tán ion clo trong bê tông; phù hợp với điều kiện thực tế: Phép thử được thiết kế để mô phỏng điều kiện ăn mòn thực tế do ion clo trong môi trường; tiêu chuẩn công nhận: Phương pháp này được công nhận và áp dụng rộng rãi tại các nước Bắc Âu cũng như ở Việt Nam như TCVN 13931:2024 [1].

- Nhược điểm:

Thời gian thực hiện dài: Quá trình thử nghiệm kéo dài khoảng 35 - 90 ngày, tùy thuộc vào loại bê tông. Yêu cầu mẫu lớn: Cần mẫu bê tông có kích thước lớn ((100x200)mm hoặc (150x300)mm) để đảm bảo độ chính xác. Phức tạp hơn: Phương pháp này phức tạp hơn so với đo điện trở suất bằng Ion Permeability Tester. Phá hủy mẫu: Quá trình thử nghiệm làm hư hại mẫu bê tông.

### 3.5. Thí nghiệm kỹ thuật đo điện trở suất

Thử nghiệm đo điện trở suất của bê tông có thể được sử dụng để ước lượng khả năng khuếch tán ion clo trong bê tông, nhưng không trực tiếp tính toán được hệ số khuếch tán ion clo. Tuy nhiên, điện trở suất có thể cung cấp thông tin hữu ích về tính thấm thấu và khả năng chống lại sự thâm nhập của ion clo.

Dựa trên kỹ thuật đo điện trở bề mặt đại học Queen's University Belfast đã phát triển và đưa ra thiết bị PERMIT Ion Permeability Tester như Hình 5. Điện trở suất của vật liệu phản ánh khả năng dẫn điện và điều này liên quan đến độ rỗng, kích thước lỗ rỗng và khả năng thấm thấu của vật liệu. Vật liệu có điện trở suất thấp thường có khả năng thấm thấu ion cao hơn.



Hình 5. Thiết bị Ion Permeability Tester

**- Ưu điểm:**

Đơn giản và nhanh chóng: Thiết bị này có cấu tạo đơn giản và dễ sử dụng, cho phép thực hiện các phép đo nhanh chóng so với các phương pháp thử nghiệm truyền thống.

Không phá hủy mẫu: Phép đo được thực hiện không làm hư hại mẫu thử, cho phép sử dụng lại mẫu sau khi đo.

Chính xác và tin cậy: Phương pháp đo điện trở suất đã được chứng minh là có độ chính xác và tin cậy cao trong việc đánh giá khả năng thấm thấu ion.

Ứng dụng rộng rãi: Thiết bị có thể sử dụng để đánh giá nhiều loại vật liệu xây dựng như bê tông, gạch, đá...

**- Nhược điểm:**

Giới hạn về độ sâu đo: Phép đo chỉ phản ánh khả năng thấm thấu ở bề mặt mẫu, không thể đánh giá toàn bộ chiều sâu của vật liệu.

Cần hiệu chuẩn định kỳ: Thiết bị cần được hiệu chuẩn thường xuyên để đảm bảo độ chính xác.

Giá thành: Thiết bị Ion Permeability Tester có giá thành tương đối cao so với một số phương pháp thử nghiệm truyền thống.

Bảng 2. Tổng kết các phương pháp thí nghiệm thẩm nhập clorua

| Phương pháp thí nghiệm |                                     | Thời gian thí nghiệm                              |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Thí nghiệm trung hạn   | Thí nghiệm salt ponding AASHTO T259 | 90 ngày sau khi bảo dưỡng 28 ngày                 |
|                        | Khuếch tán khối (NTBuild 443)       | 40 - 120 ngày sau khi bảo dưỡng                   |
| Thí nghiệm ngắn hạn    | ASTM C1202                          | 6 giờ sau khi bảo dưỡng 28 ngày                   |
|                        | NordTest NTBuild 492                | 18 giờ sau khi bảo dưỡng 28 ngày (AASHTO TP64-03) |
|                        | Điện trở suất                       | 30 hút                                            |

#### 4. KẾT LUẬN

Quá trình vận chuyển ion clorua vào bê tông là một hiện tượng phức tạp, đa cơ chế, nhưng chủ đạo ngoài hiện trường vẫn là cơ chế khuếch tán.

Để đánh giá sức kháng thâm nhập ion clo của kết cấu bê tông tất cả các phương pháp trên đều cho kết quả khá tốt.

Với mục đích xác định hệ số khuếch tán ion clo trong bê tông nên sử dụng phương pháp NordTest NTBuild 492 hay TCVN 13931:2024. Hệ số khuếch tán ion clo trong bê tông có thể cho phép chúng ta dự báo được thời gian khởi đầu ăn mòn cốt thép do ion clo gây ra đáng tin cậy.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Xây dựng (2024), TCVN 13931:2024-Bê tông - Phương pháp xác định hệ số dịch chuyển clorua, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [2]. NCHRP, National Cooperative Highway Research Program (2006), Manual on Service Life of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Bridge Superstructure Elements, NCHRP-Report 558, national cooperative highway research program, Washington, D.C.
- [3]. ACI 365.1R-17 (2017), Report on Service Life Prediction, Reported by ACI Committee 365.
- [4]. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., U.S.A (1980), Standard Method of Test for Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration, (T259-80).
- [5]. Bộ Xây dựng (2012), TCVN 9337:2012, Bê tông nặng - Xác định độ thấm ion clo bằng phương pháp đo điện lượng, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [6]. Đào Văn Đình (2013), Dự báo thời gian khởi đầu ăn mòn thép trong bê tông do phơi nhiễm Clo, Tạp chí khoa học GTVT, 41, tr.5-8.
- [7]. Đào Văn Đình (2015), Nghiên cứu các biện pháp kéo dài tuổi thọ sử dụng của các kết cấu BTCT phơi nhiễm clorua trong môi trường biển, Tạp chí Khoa học GTVT, 49, tr.46-51.
- [8]. Đào Văn Đình, Trần Việt Hưng (2022), Research corrosion propagation time of reinforced concrete structures considering load influence, Archives of civil engineering. LXVIII(2), pp.563-576.
- [9]. Life-365 (2020), Life-365 Service Life Prediction Model, 2.2.3, Version, chủ biên, Life-365™ Consortium III, The US.
- [10]. Mobasher, B. and Mitchell, T.M. (1988), Laboratory Experience with the Rapid Chloride Permeability Test, ACI SP-108: Permeability of Concrete, (ed. D. Whiting, A. Walitt), American Concrete Institute.
- [11]. Nordtest method (1995), NT BUILD 443, chủ biên, Tekniikantie 12, FIN-02150 Espoo, Finland.
- [12]. Nordtest method (1999-11), NT BUILD 492, chủ biên, NORDTEST P.O. Box 116 FIN-02151 Espoo Finland.
- [13]. Tang, L. and Nilsson, L.-O. (1992), Chloride Diffusivity in High Strength Concrete, Nordic Concrete Research. 11, pp.162-170.
- [14]. Whiting, D. (1981), Rapid Determination of the Chloride Permeability of Concrete, Final Report No. FHWA/RD-81/119, Federal Highway Administration.



# Các nhân tố ảnh hưởng tới việc phát triển tín dụng xanh của các đơn vị vận tải ở Việt Nam

## Factors affecting the development of green credit for transport enterprises in Vietnam

> THS LÊ THỊ THANH HẰNG

Trường Đại học Giao thông vận tải; Email: ltthang@utc.edu.vn

### TÓM TẮT

Nghiên cứu tìm hiểu về các dự án mua sắm, vận hành các phương tiện vận tải xanh để nhận cấp vốn từ nguồn tín dụng xanh trong thực tế đối với các đơn vị vận tải ở Việt Nam trong giai đoạn 2019 - 2024. Nghiên cứu sử dụng khảo sát các cán bộ quản lý và phòng kinh doanh của các đơn vị vận tải đã, đang hoặc sẽ có ý định phát triển phương tiện xanh và tiếp cận các nguồn tín dụng xanh, từ đó xác định được 5 nhóm nhân tố chính (gồm 16 biến độc lập) có ảnh hưởng đáng kể tới tính khả thi của việc nhận được nguồn tài trợ từ các gói tín dụng xanh. Các dữ liệu từ khảo sát sẽ được thông qua phân tích nhân tố khám phá EFA và kiểm định hồi quy để đánh giá mức độ ảnh hưởng và làm căn cứ để đưa ra 5 giải pháp trọng tâm.

**Từ khóa:** Tín dụng xanh; phương tiện vận tải xanh.

### ABSTRACT

The study investigates the establishment of green transport development and operation projects to receive funding from green credit sources in practice for transport businesses in Vietnam in the period of 2019 - 2024. The study uses a survey of managers and business departments of transport businesses that have intend to develop green vehicles and access green credit sources, thereby identifying 5 main groups of factors (including 16 independent variables) that significantly affect the feasibility of receiving funding from green credit programs. The survey data will be analyzed using Exploratory Factor Analysis (EFA) to evaluate the extent of influence of various factors. The findings will form the foundation for proposing five key solutions.

**Keywords:** Green credit; green transportation.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tín dụng xanh, theo Nguyên tắc tín dụng xanh (GLP 2018) của Hiệp hội Thị trường Tín dụng và Thị trường tín dụng châu Á - Thái Bình Dương là các khoản vay nhằm cấp vốn hoặc tái cấp vốn cho các dự án bảo vệ môi trường (BVMT). Danh mục GLP 2018 bao gồm năng lượng tái tạo, giao thông xanh, quản lý nước, sản phẩm thân

thiện với môi trường và xây dựng xanh. Trong GTVT, tín dụng xanh hỗ trợ chuyển đổi từ phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch sang phương tiện phát thải thấp như xe điện và xe chạy bằng nhiên liệu sinh học. Các dự án này giúp tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải khí nhà kính và ứng phó với biến đổi khí hậu.

Pháp lý liên quan bao gồm Luật BVMT (72/2020/QH14), các nghị định và quyết định quốc gia về tăng trưởng xanh, chuyển đổi năng lượng và biến đổi khí hậu. Phương tiện các-bon thấp được đánh giá dựa trên lượng phát thải CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC và tiêu chí sử dụng nhiên liệu sinh học. Tiêu chuẩn yêu cầu phát thải thấp hơn trung bình ngành hoặc đáp ứng lộ trình tiêu chuẩn khí thải hiện hành.

Nghiên cứu này nhằm tìm hiểu các nhân tố ảnh hưởng đến khả năng tiếp cận tín dụng xanh của công ty vận tải trong các dự án phương tiện các-bon thấp, đặc biệt là xe điện. Phương pháp khảo sát cán bộ quản lý và kinh doanh trong ngành vận tải được sử dụng để phân tích và xác định mức độ ảnh hưởng của các yếu tố.

Kết cấu của nghiên cứu: Phần 2 là tổng quan nghiên cứu, Phần 3 là phương pháp và dữ liệu nghiên cứu, Phần 4 là kết quả và Phần 5 là kiến nghị.

### 2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Nhiều nghiên cứu cho rằng, việc thiết lập một dự án sẽ có thể được tiếp cận từ nhiều nguồn khác nhau và đối với những chuyên viên tài chính kế toán và kinh doanh có trình độ, kinh nghiệm, năng lực, kỹ năng khác nhau thì sẽ thiết kế nên các phương án kinh doanh có mức độ hiệu quả, khả thi khác nhau. Càng là các dự án phức tạp thì càng cần đòi hỏi có sự tham gia của các chuyên gia tài chính, kỹ thuật... để bảo đảm sự an không gặp những rủi ro lớn gây ra do khác biệt quá lớn giữa thực tế và những gì được ghi nhận ở hồ sơ [1-3].

Các chính sách có thể thể hiện quan điểm của chính phủ và các tổ chức trong việc ủng hộ hay ngăn cản ở các mức độ khác nhau với các dự án, đặc biệt là các dự án đi vào các lĩnh vực mới hay đi vào phát triển bền vững sẽ thường được khuyến khích cao [4-6].

Mỗi dự án sẽ có những đặc thù khác nhau và các đặc thù đó sẽ quyết định biên lợi nhuận và các giá trị mà ngành đó mang lại khi thiết lập các dự án đầu tư. Khía cạnh lợi nhuận, khía cạnh môi trường, khía cạnh xã hội là các khía cạnh cần bàn là sẽ cần quan tâm khi thiết lập các dự án [7, 1, 8-11]. Đồng thời, một dự án xanh sẽ có thể nhận được sự tín nhiệm và đồng thuận tham gia từ nhiều bên về nhiều khía cạnh, thậm chí là chỉ một khía cạnh tài chính cũng có thể nhận được sự ủng hộ và tham gia của nhiều bên. Việc đồng thuận tham gia sẽ chia sẻ rủi ro và mang lại sự tín nhiệm tốt hơn đối với đơn vị cung cấp vốn tín dụng xanh [12, 13].

Công nghệ bao phủ khắp các nền kinh tế trên thế giới và sự có mặt của công nghệ sẽ giúp cho các dự án trở nên khả thi hơn hoặc

được theo dõi và bảo chứng về hiệu quả hoạt động dự án nhờ các công nghệ hiện đại hơn [14, 15].

3. PHƯƠNG PHÁP VÀ DỮ LIỆU NGHIÊN CỨU

- Phương pháp khảo sát: Phương án trả lời tuân theo thang đo likert 5 bậc.
- Đối tượng khảo sát: 112 cán bộ quản lý và cán bộ phòng kinh doanh tại các đơn vị vận tải ở Hà Nội.
- Nội dung khảo sát:  
Câu hỏi khảo sát 01: Các nhân tố nào ảnh hưởng tới việc nhận được các khoản tín dụng xanh đối với dự án về phương tiện vận tải xanh của đơn vị?

Bảng 1. Thực trạng các nhân tố ảnh hưởng tới việc nhận được các khoản tín dụng xanh đối với dự án về phương tiện vận tải xanh của đơn vị

| STT | Nhân tố                                                           | Đánh giá thực trạng nhân tố theo thang đo liker (1 là thấp nhất tương đương là mức tốt/ưu tiên/hiệu quả/rõ ràng/... thấp nhất và 5 là cao nhất |       |       | Nghiên cứu liên quan                                              |
|-----|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------|
|     |                                                                   | Nội dung đánh giá thực trạng nhân tố                                                                                                           | Mean  | Std   |                                                                   |
| I   | Nhân lực                                                          | NL                                                                                                                                             |       |       |                                                                   |
| 1   | Hiểu biết của nhân lực về tín dụng xanh                           | Mức độ hiểu biết của nhân lực tài chính trong công ty về tín dụng xanh (NL1)                                                                   | 2,502 | 1,594 | Souto and Rodriguez, 2015, Fahad et al., 2022, Orji et al. 2019   |
| 2   | Yêu thích của nhân lực về tín dụng xanh                           | Sự yêu thích của nhân lực tài chính trong công ty về tín dụng xanh (NL2)                                                                       | 3,122 | 1,059 |                                                                   |
| 3   | Đào tạo nội bộ về tín dụng xanh                                   | Sự thúc đẩy các chương trình đào tạo về tín dụng xanh trong công ty (NL3)                                                                      | 1,921 | 1,244 |                                                                   |
| II  | Môi trường chính sách về tín dụng xanh                            | CS                                                                                                                                             |       |       |                                                                   |
| 4   | Chính sách hỗ trợ từ chính phủ về tín dụng xanh                   | Sự rõ ràng trong các tiêu chí hỗ trợ (CS1)                                                                                                     | 1,243 | 0,401 | Jayaraman et al., 2023; Yu et al., 2017; Gupta and Barua, 2017    |
| 5   | Chính sách hỗ trợ từ ngân hàng/tổ chức tín dụng về tín dụng xanh  | Sự rõ ràng trong các tiêu chí hỗ trợ (CS2)                                                                                                     | 1,664 | 1,231 |                                                                   |
| 6   | Chính sách về quy trình, thủ tục được duyệt gói tín dụng xanh     | Sự rõ ràng trong các quy trình/thủ tục (CS3)                                                                                                   | 1,968 | 1,017 |                                                                   |
| 7   | Chính sách về quy trình, thủ tục giải ngân về tín dụng xanh       | Sự rõ ràng trong các quy trình/thủ tục (CS4)                                                                                                   | 1,805 | 1,161 |                                                                   |
| III | Đặc thù ngành tạo điều kiện nhận tín dụng xanh                    | ĐT                                                                                                                                             |       |       |                                                                   |
| 8   | Phương tiện hiện tại thuộc nhóm phát thải cao                     | Mức độ ưu tiên đối với ngành (ĐT1)                                                                                                             | 3,487 | 1,363 | Boudlaie et al., 2023 Fahad et al., 2022 ; Ghazilla et al. , 2015 |
| 9   | Đa phần doanh nghiệp trong ngành đều sử dụng nợ để đầu tư tài sản | Mức độ chấp nhận rủi ro của ngân hàng trong quá khứ với ngành (ĐT2)                                                                            | 3,204 | 1,757 |                                                                   |
| 10  | Phương tiện vận tải có thể làm tài sản đảm bảo                    | Mức độ chấp nhận tài sản đảm bảo là phương tiện vận tải (ĐT3)                                                                                  | 2,366 | 1,771 |                                                                   |
| IV  | Nguồn lực hỗ trợ từ bên ngoài                                     | BN                                                                                                                                             |       |       |                                                                   |
| 11  | Hỗ trợ tài chính từ các tổ chức phi lợi nhuận                     | Mức độ hỗ trợ tài chính từ các tổ chức phi lợi nhuận (BN1)                                                                                     | 2,432 | 1,581 | Marin et al.,2015 Urbaniec, 2015 Hrabynskyy et al.,2017           |
| 12  | Hỗ trợ tài chính từ các tổ chức vì môi trường                     | Mức độ hỗ trợ tài chính từ các tổ chức vì môi trường (BN2)                                                                                     | 3,756 | 1,374 |                                                                   |
| 13  | Hỗ trợ tài chính từ các tổ chức khác                              | Mức độ hỗ trợ tài chính từ các tổ chức khác (BN3)                                                                                              | 3,442 | 1,212 |                                                                   |
| V   | Môi trường công nghệ                                              | CN                                                                                                                                             |       |       |                                                                   |
| 14  | Công nghệ mới về phương tiện sử dụng nhiên liệu xanh              | Mức độ hiệu quả của công nghệ mới về phương tiện sử dụng nhiên liệu xanh (CN1)                                                                 | 3,211 | 1,342 | Song et al., 2023; Pinget et al., 2015                            |
| 15  | Công nghệ mới về hệ thống xả thải                                 | Mức độ hiệu quả của ồng nghệ mới về hệ thống xả thải (CN2)                                                                                     | 3,621 | 1,665 |                                                                   |
| 16  | Công nghệ về hệ thống khai thác vận tải hiệu quả                  | Mức độ hiệu quả của công nghệ về hệ thống khai thác vận tải hiệu quả (CN3)                                                                     | 3,834 | 1,885 |                                                                   |
|     | Biến độc lập                                                      |                                                                                                                                                |       |       |                                                                   |
|     | Tín dụng xanh                                                     | Mức độ khả thi của vay vốn tín dụng xanh (TDX)                                                                                                 | 3,243 | 0,023 |                                                                   |

Nguồn: Tác giả tổng hợp từ khảo sát

Câu hỏi khảo sát 02: Mức độ ảnh hưởng của các nhân tố tới nhận được các khoản tín dụng xanh đối với dự án về phương tiện vận tải xanh của đơn vị?  
- Phương pháp phân tích và phần mềm sử dụng: Thống kê mô tả, sử dụng phân tích nhân tố khám phá EFA và phần mềm sử dụng: Exel, SPSS.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Dựa trên tổng quan nghiên cứu kết hợp với khảo sát chuyên sâu đối với các đối tượng tham gia phỏng vấn, bảng sau mô tả các nhân tố ảnh hưởng tới việc nhận được các khoản tín dụng xanh.

Kết quả kiểm định phân tích nhân tố khám phá EFA trong bảng sau:  
Bảng 2. Kết quả kiểm định EFA

| A. Kiểm định sự phù hợp của mô hình      |       |       |       |       |                      |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| Kiểm định KMO                            |       |       |       |       | 0,773                |
| Bartlett's test                          |       |       |       |       | sig.= 0,001          |
| Lượng biến thiên dữ liệu được giải thích |       |       |       |       | %cumulative = 64,54% |
| B. Ma trận xoay                          |       | Nhóm  |       |       |                      |
| Biến                                     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5                    |
| CN2                                      | 0,886 |       |       |       |                      |
| CN1                                      | 0,733 |       |       |       |                      |
| CN3                                      | 0,716 |       |       |       |                      |
| BN2                                      |       | 0,873 |       |       |                      |
| BN1                                      |       | 0,812 |       |       |                      |
| BN3                                      |       | 0,784 |       |       |                      |
| CS1                                      |       |       | 0,768 |       |                      |
| CS2                                      |       |       | 0,741 |       |                      |
| CS3                                      |       |       | 0,709 |       |                      |
| CS4                                      |       |       | 0,664 |       |                      |
| ĐT1                                      |       |       |       | 0,726 |                      |
| ĐT2                                      |       |       |       | 0,706 |                      |
| ĐT3                                      |       |       |       | 0,702 |                      |
| NL1                                      |       |       |       |       | 0,815                |
| NL2                                      |       |       |       |       | 0,802                |
| NL3                                      |       |       |       |       | 0,774                |

Nguồn: Phần mềm SPSS

#### Phân tích ma trận xoay:

Hệ số Cronbach's Alpha đều lớn hơn 0,6; kiểm định KMO lớn hơn 0,6, kiểm định Bartlett's Test có Sig < 0,05 cho thấy mô hình phân tích nhân tố là phù hợp, cho và lượng biến thiên dữ liệu giải thích được 64,54% sự biến thiên của biến độc lập. Kết quả ma trận xoay cho thấy hệ số tải đều lớn hơn 0,6 và các nhóm nhân tố đều được giữ lại, mô hình lý thuyết hợp lý đã được chứng minh bằng thực tế.

Công nghệ được đánh giá cao nhất trong khi tiếp cận với các dự án, các dự án công nghệ mới, đặc biệt là các công nghệ liên quan đến xử thải gần với tiêu chí chấm điểm các dự án nhất. Bên cạnh đó, công nghệ là nhân tố quan trọng để kiểm soát, giảm rủi ro và tăng lợi nhuận một cách uy tín cho các gói vay, nếu là các tài sản được vay để mua có thể làm chính tài sản đảm bảo có công nghệ cao, giữ được giá trị và phù hợp với tiêu chí của dự án thì sẽ nhận được sự tín nhiệm của hệ thống ngân hàng nhiều hơn.

Nhóm thứ 2 là nguồn vốn hỗ trợ bên ngoài, nếu được hỗ trợ tài chính từ các tổ chức vì môi trường thì sẽ phần nào chứng minh được khía cạnh môi trường của dự án đã được một bên khách quan thứ 3 bảo chứng và sẽ mang lại cơ hội nhận được gói tín dụng cao hơn.

Nhóm thứ 3 tác động tới việc nhận được gói tín dụng xanh là môi trường chính sách, các chính sách về điều kiện vay vốn, phương thức đánh giá, phương thức giải ngân hiện tại đều rất thiếu rõ ràng.

Đặc thù ngành vận tải có thể sử dụng phương tiện vận tải làm tài sản đảm bảo cũng như ngành có lịch sử vay nợ ngân hàng để đầu tư vốn đều là những lợi thế ưu tiên cho ngành, nhưng không phải là điều kiện đảm bảo, vì vậy đặc thù ngành mới chỉ xếp thứ 4.

Nhân lực mặc dù quan trọng nhưng đối với hoạt động cấp tín dụng, sự ảnh hưởng của nhân lực tài chính trong doanh nghiệp không mạnh bằng những nhân tố khác và thứ tự ưu tiên sẽ là về hiểu biết, sự yêu thích, từ sự yêu thích sẽ dẫn tới việc tăng cường hiểu biết. Từ phía tác động bên ngoài, nếu công ty tăng cường các hoạt động đào tạo thì cũng sẽ càng tăng sự hiểu biết của nhân viên, gián tiếp tăng tính khả thi của việc vay vốn hơn.

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã khảo sát về khả năng tiếp cận các gói tín dụng xanh và thông qua kiểm định EFA để xác định được 5 nhóm ảnh hưởng tới mức độ hiệu quả của việc nhận các gói tín dụng xanh của các dự án phương tiện vận tải cac-bon thấp và đưa ra một số giải pháp như sau:

*Thứ nhất*, để tiếp cận các dự án tín dụng xanh với các phương tiện vận tải cac-bon thấp, các đơn vị cần ưu tiên chuẩn bị các hồ sơ giấy tờ liên quan đến các công nghệ gắn liền với các phương tiện, đặc biệt là các giấy tờ kỹ thuật về khí thải để làm hồ sơ bảo chứng về mặt kỹ thuật, đảm bảo tiêu chí chấm điểm.

*Thứ hai*, thông qua các tổ chức thứ ba, đặc biệt là các tổ chức vì môi trường để bảo chứng cho khía cạnh xanh của hoạt động của dự án để tăng độ tin nhiệm đối với các tổ chức tín dụng mục tiêu, đặc biệt là nếu xin được sự hỗ trợ đồng thời về mặt tài chính của các tổ chức thứ ba thì sẽ mang lại lợi thế rất lớn cho các doanh nghiệp trong việc xin vay vốn.

*Thứ ba*, tận dụng lợi thế đặc thù ngành có mức phát thải cao, có lịch sử vay vốn để mua sắm tài sản cũng như tận dụng tính chất tài sản có thể làm phương tiện đảm bảo để thuyết phục các tổ chức tài chính đưa ra các phương án vay vốn phù hợp như thay đổi về quy mô vốn vay so với vốn chủ, thay đổi thời gian giải ngân cho phù hợp.

*Thứ tư*, nhân lực của ngành cần quan tâm và tiếp cận dẫn với nguồn vốn tín dụng xanh trong dài hạn thông qua các chương trình đào tạo từ các cơ sở đào tạo, các khóa học chuyên sâu. Đồng thời, nhân lực cũng cần mở rộng hiểu biết với việc tiếp cận dẫn nguồn hỗ trợ từ nước ngoài.

Ngoài ra, hệ thống cơ sở chính sách nên được làm rõ từ phía Chính phủ đối với cả các tổ chức tín dụng nói chung và các doanh nghiệp có ý định chuyển đổi nói riêng. Việc này rất khó khăn, phức tạp và sẽ cần có lộ trình học hỏi từ kinh nghiệm từ nước ngoài để đưa ra các hệ thống chính sách phù hợp với Việt Nam.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-KT-012.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Shah Fahad and al. (2022), Adoption of green innovation practices in SMEs sector: evidence from an emerging economy, Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 35(1), pp.5486-5501.
- [2]. Ifeyinwa Juliet Orji and al. (2019), Evaluating challenges to implementing eco-innovation for freight logistics sustainability in Nigeria, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 129, pp.288-305.
- [3]. Jaime E. Souto và Angel Rodriguez (2015), The problems of environmentally involved firms: innovation obstacles and essential issues in the achievement of environmental innovation, Journal of Cleaner Production, 101, pp.49-58.
- [4]. Himanshu Gupta và Mukesh K. Barua (2017), Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS, Journal of Cleaner Production, 152, pp.242-258.
- [5]. Kalaivani Jayaraman, Sreenivasan Jayashree và Magiswary Dorasamy (2023), The Effects of Green Innovations in Organizations: Influence of Stakeholders, Sustainability.
- [6]. Wantao Yu, Ramakrishnan Ramanathan và Prithwiraj Nath (2017), Environmental pressures and performance: An analysis of the roles of environmental innovation strategy and marketing capability, Technological Forecasting and Social Change. 117(C), pp.160-169.
- [7]. Sinan Erdogan (2020), Analyzing the environmental Kuznets curve hypothesis: The role of disaggregated transport infrastructure investments, Sustainable Cities and Society, 61, pp.102338.
- [8]. Andreas Gassner and al. (2018), Extended ecological footprint for different modes of urban public transport: The case of Vienna, Austria, Land Use Policy, 72, pp.85-99.
- [9]. Raja Ariffin Raja Ghazilla and al. (2015), Drivers and Barriers Analysis for Green Manufacturing Practices in Malaysian SMEs: A Preliminary Findings, Procedia CRP, 26, pp.658-663.
- [10]. Himanshu Gupta và Mukesh Kumar Barua (2018), A framework to overcome barriers to green innovation in SMEs using BWM and Fuzzy TOPSIS, Science of The Total Environment, 633, pp.122-139.
- [11]. Irfan Khan and al. (2022), World energy trilemma and transformative energy developments as determinants of economic growth amid environmental sustainability, Energy Economics, 108, pp.105884.
- [12]. Marin Giovanni, Marzocchi Alberto và Zoboli Roberto (2015), SMEs and barriers to Eco-innovation in the EU: exploring different firm profiles, Journal of Evolutionary Economics. 25(3), pp.671-705.
- [13]. Ihor Hrabynskiy, Nataliya Horin và Lilia Ukrainets (2017), BARRIERS AND DRIVERS TO ECOINNOVATION: COMPARATIVE ANALYSIS OF GERMANY, POLAND AND UKRAINE, Ekonomicko-manažerske spektrum / Economic and Managerial Spectrum, 11, pp.13-24.
- [14]. Pinget Amandine, Bocquet Rachel và Mothe Caroline (2015), Barriers to Environmental Innovation in SMEs: Empirical Evidence from French Firms, HAL.
- [15]. Zhiting Song, Jianhua Zhu và Jianfeng Shi (2023), Evolution Analysis of Green Innovation in Small and Medium-Sized Manufacturing Enterprises, Systems.



# Đánh giá hiệu năng khai thác của kết cấu cầu dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực thi công theo phương pháp đúc hẫng cân bằng thông qua chương trình thử tải tĩnh và động

A comprehensive programme of static and dynamic load testing was conducted to evaluate the operational performance of prestressed reinforced-concrete box-girder structures constructed by the balanced-cantilever method

> **THS NGUYỄN HỮU ANH**

Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải; Email: anhn89@utt.edu.vn

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả đánh giá toàn diện hiệu năng khai thác của cầu Đồng Sơn, một công trình cầu dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực (BTCT DUL) nhiều nhịp được thi công bằng phương pháp đúc hẫng cân bằng. Mục tiêu của nghiên cứu là xác minh khả năng chịu lực thực tế của kết cấu nhịp chính (N4 và N5). Chương trình kiểm định bao gồm thử tải tĩnh với các sơ đồ đặt tải chính tâm và lệch tâm để đo ứng suất và độ võng, cùng với thử tải động để xác định các đặc trưng dao động của cầu. Kết quả thực nghiệm cho thấy ứng suất đo được nhỏ hơn ứng suất tính toán, độ võng đo được nhỏ hơn độ võng tính toán và độ võng cho phép được quy định trong Tiêu chuẩn 22TCN243-98 và TCVN 11823:2017. Các kết quả đo dao động khẳng định kết cấu có độ cứng lớn và không có nguy cơ xảy ra cộng hưởng trong quá trình khai thác. Nghiên cứu kết luận rằng cầu Đồng Sơn có đủ khả năng chịu tải an toàn theo thiết kế và còn một khoảng dự trữ an toàn đáng kể, đồng thời cung cấp một bộ dữ liệu cơ sở quan trọng cho công tác giám sát sức khỏe kết cấu (SHM) trong tương lai.

**Từ khóa:** Kiểm định cầu; dầm hộp bê tông dự ứng lực; đúc hẫng cân bằng; thử tải tĩnh; thử tải động; phân tích động lực học.

## ABSTRACT

This paper provides a thorough evaluation of the Dong Son Bridge's in-service performance. The bridge is a multi-span, prestressed concrete (PSC) box girder structure, constructed using the balanced cantilever method. The study aims to verify the load-carrying capacity of the main spans (N4 and N5). The assessment programme included static load tests with concentric and eccentric loading patterns to measure stress and deflection, as well as dynamic load tests to determine the bridge's vibrational characteristics. The results of the experiments show that the measured stresses and deflections are below the limits set out in the 22TCN243-98 and TCVN 11823:2017 standards. Dynamic measurements confirm the structure's high stiffness and indicate that there is no risk of resonance under operational traffic. The study concludes that the Dong Son Bridge is safe for its design load and has significant capacity reserves. The collected data also provide a crucial baseline for future structural health monitoring (SHM).

**Keywords:** Bridge load testing; prestressed concrete box girder; balanced cantilever construction; static load test; dynamic load test.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc kiểm định và đánh giá hiệu năng thực tế của các công trình cầu quy mô lớn sau khi xây dựng là một công tác quan trọng trong quản lý hạ tầng giao thông. Trong số các phương pháp đánh giá, thử tải tại hiện trường được xem là phương pháp có độ tin cậy cao để xác định khả năng chịu tải thực tế của công trình, kiểm

chứng các giả định thiết kế và đảm bảo an toàn khai thác [1]. Bài báo tập trung vào một loại hình kết cấu cầu hiện đại và phổ biến: Cầu dầm hộp BTCT DUL được thi công bằng phương pháp đúc hẫng cân bằng. Giải pháp kết cấu này đặc biệt hiệu quả cho các cầu có nhịp dài vượt sông hoặc thung lũng, giúp giảm thiểu việc sử dụng hệ đà giáo và đẩy nhanh tiến độ thi công [2]. Tuy nhiên,

công nghệ này cũng mang đến những thách thức đặc thù trong phân tích và thiết kế. Trạng thái ứng suất cuối cùng trong kết cấu là kết quả của một quá trình lịch sử phức tạp, bao gồm việc chất tải tuần tự theo từng đốt dầm, ảnh hưởng của các hiện tượng từ biến, co ngót của bê tông và sự chùng ứng suất của cáp DUL diễn ra ngay trong quá trình thi công [3]. Những yếu tố này làm cho việc dự báo chính xác ứng xử của kết cấu bằng các mô hình lý thuyết trở nên khó khăn, từ đó nâng cao vai trò của việc kiểm chứng thực nghiệm.

Công trình được lựa chọn cho nghiên cứu điển hình là cầu Đồng Sơn, thuộc dự án nâng cấp, mở rộng đường nối từ ĐT293 đến QL17, tỉnh Bắc Giang, Việt Nam. Đây là một công trình tiêu biểu cho kỹ thuật xây dựng cầu hiện đại tại Việt Nam, được thiết kế theo Tiêu chuẩn TCVN 11823:2017 [4], do đó, việc đánh giá cầu Đồng Sơn không chỉ có ý nghĩa đối với bản thân công trình mà còn cung cấp những dữ liệu giá trị về việc áp dụng các tiêu chuẩn thiết kế tiên tiến vào thực tiễn. Nghiên cứu này được thực hiện với các mục tiêu chính sau đây:

- Trình bày chi tiết và có hệ thống quy trình và kết quả thử tải tĩnh và động đối với các nhịp chính (N4, N5) của cầu Đồng Sơn;
- Đánh giá toàn diện về sự làm việc toàn khối, mức độ an toàn và sự tuân thủ các yêu cầu về trạng thái giới hạn sử dụng của cầu;
- Đưa ra các kiến nghị cho công tác đánh giá cầu trong tương lai, nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tích hợp dữ liệu hiện trường để phục vụ cho công tác quản lý cầu trong quá trình khai thác sau này.

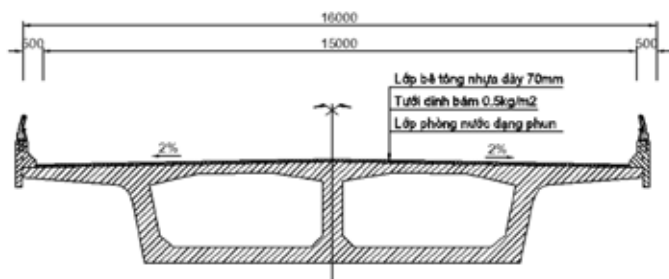
## 2. MÔ TẢ CÔNG TRÌNH

Cầu Đồng Sơn là một công trình cầu vĩnh cửu bằng BTCT và BTCT DUL. Các thông số kỹ thuật chính của cầu được tổng hợp trong Bảng 1.

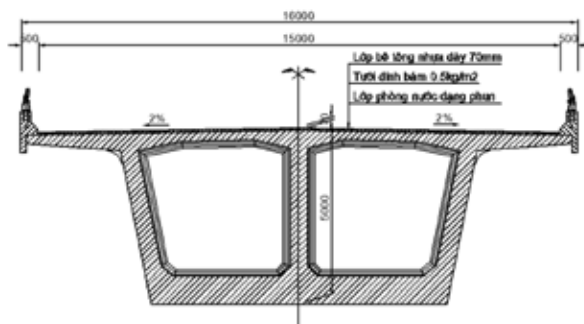
Bảng 1. Các thông số kỹ thuật chính của cầu Đồng Sơn

| Hạng mục           | Thông số                                                      |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|
| Chiều dài toàn cầu | 356,9 m                                                       |
| Sơ đồ nhịp chính   | Dầm liên tục (52 + 85 + 52) m                                 |
| Bề rộng mặt cầu    | 16,0 m (15 m phần xe chạy + 2x0,5 m gờ chắn)                  |
| Kết cấu nhịp chính | Dầm hộp BTCT DUL đúc hẫng, chiều cao thay đổi (2,0 m - 5,0 m) |
| Vật liệu           | Bê tông C35-C45 MPa, thép DUL                                 |
| Tải trọng thiết kế | Hoạt tải HL93, người đi bộ $3 \times 10^{-3}$ MPa             |

Kết cấu nhịp chính là dầm liên tục 3 nhịp (52+85+52)m bằng BTCT DUL được thi công theo phương pháp đúc hẫng cân bằng. Mặt cắt ngang dầm có dạng hộp thành xiên, với chiều cao thay đổi từ 5,0 m tại đỉnh trụ đến 2,0 m tại giữa nhịp và trụ biên, một đặc trưng của kết cấu đúc hẫng nhằm tối ưu hóa khả năng chịu lực và tiết kiệm vật liệu. Công trình được thiết kế theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 11823:2017 với hoạt tải thiết kế là HL93 và tải trọng người đi bộ.

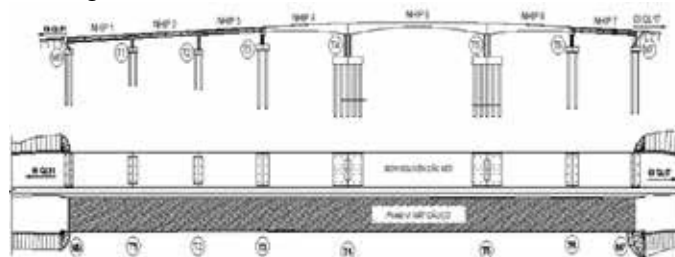


Hình 1. Tiết diện dầm hộp tại vị trí giữa nhịp N4, N5



Hình 2. Tiết diện dầm hộp tại vị trí đỉnh trụ

Bên cạnh kết cấu nhịp chính - đối tượng nghiên cứu của bài báo này là 4 nhịp dẫn sử dụng dầm SuperT BTCT DUL với sơ đồ bố trí chung như Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ bố trí chung cầu Đồng Sơn

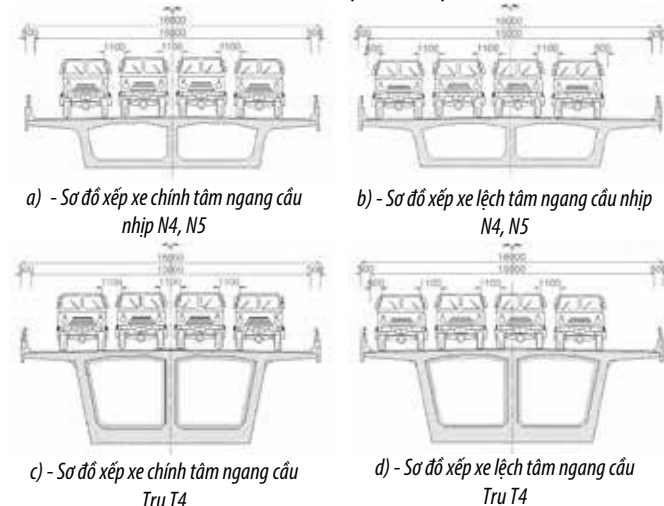
## 3. CHƯƠNG TRÌNH THỬ TẢI

Chương trình thử tải được thực hiện tuân thủ các quy định của Tiêu chuẩn ngành 22TCN 170-87 và 22TCN 243-98 [5].

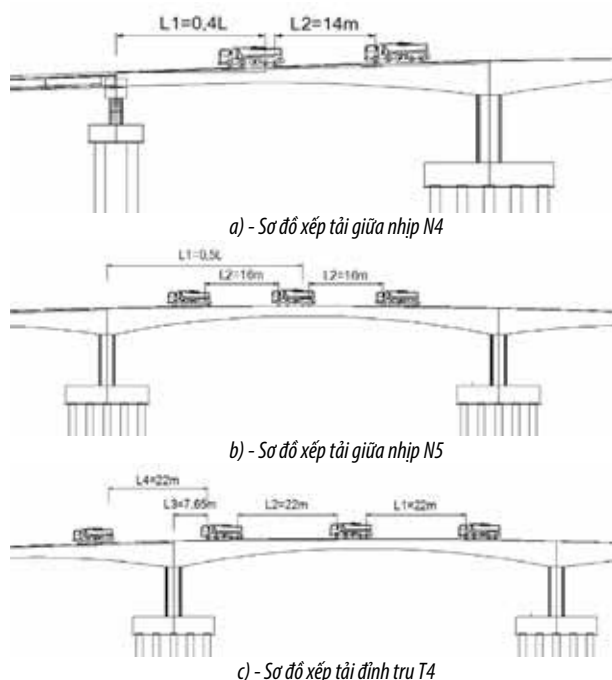
### 3.1. Thử tải tĩnh (sơ đồ I)

- Tải trọng thử: Sử dụng đoàn xe gồm 16 xe tải 4 trục, mỗi xe có tải trọng trung bình 32 tấn. Hiệu ứng do tải trọng thử gây ra được tính toán để đảm bảo không nhỏ hơn 80% hiệu ứng do tải trọng thiết kế HL93 (có xét xung kích) gây ra, thỏa mãn yêu cầu của quy trình.

- Các sơ đồ chất tải: Hình 4 thể hiện các sơ đồ chất tải trên mặt cắt ngang để đánh giá sự phân bố tải trọng ngang thông qua các trường hợp chất tải đúng tâm (Ia) và lệch tâm (Ib). Theo phương dọc cầu, các xe được xếp đặt theo các sơ đồ khác nhau để gây ra nội lực lớn nhất tại các mặt cắt quan trọng. Các sơ đồ được thiết kế để kiểm tra khả năng chịu mô-men dương lớn nhất tại giữa nhịp (N4, N5) và mô-men âm lớn nhất tại đỉnh trụ (T4) (Hình 5).



Hình 4. Sơ đồ chất tải đúng tâm (Ia) và lệch tâm (Ib)



Hình 5. Sơ đồ xếp tải theo phương dọc cầu

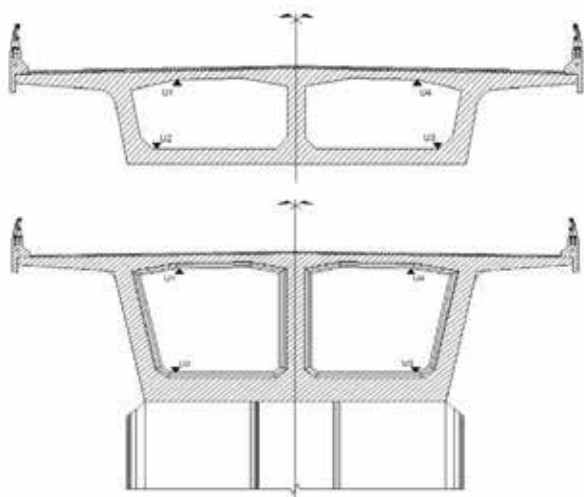
### 3.2. Thử tải động (sơ đồ tải trọng II)

Thử tải động được thực hiện bằng cách cho một xe tải trọng đoàn xe thử chạy qua cầu với các tốc độ không đổi là 20 km/h và 40 km/h. Mục đích của thử nghiệm này là để kích thích các dao động tự nhiên của kết cấu nhịp, từ đó xác định các đặc trưng động lực học như tần số và chu kỳ dao động riêng.

### 3.3. Phương pháp và thiết bị đo lường

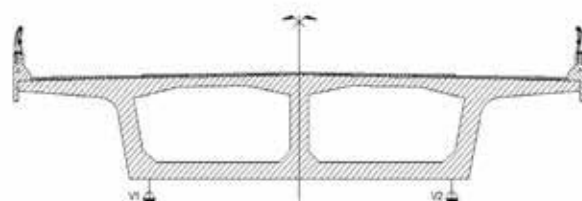
Hệ thống thiết bị đo lường được bố trí tại các mặt cắt trọng yếu để ghi nhận phản ứng của kết cấu:

- **Đo ứng suất:** Các lá điện trở đo biến dạng (strain gauges) được gắn tại các vị trí có sự thay đổi về chiều dày bản dầm trong vùng chịu nén hoặc kéo của mặt cắt dầm hộp cách đỉnh trụ bằng 0,4L đối với nhịp N4; 0,5L đối với nhịp N5 và đỉnh trụ T4 để đo biến dạng dọc cầu, từ đó tính toán giá trị ứng suất (Hình 6).



Hình 6. Sơ đồ bố trí điểm đo ứng suất cho dầm hộp nhịp N4, N5 và dầm hộp tại đỉnh trụ T4

- **Đo độ võng:** Các thiết bị đo chuyển vị điện tử (LVDT) được đặt tại đáy dầm ở các mặt cắt giữa nhịp N4 và N5 để đo độ võng thẳng đứng. Độ võng của kết cấu nhịp dầm được lấy bằng giá trị trung bình giữa 2 điểm đo trên cùng mặt cắt (Hình 7).



Hình 7. Sơ đồ bố trí điểm đo độ võng dầm hộp nhịp N4, N5

- **Đo dao động:** Đầu đo gia tốc 3 phương được lắp đặt tại giữa nhịp để ghi lại giá trị gia tốc theo ba phương: Thẳng đứng, dọc cầu và ngang cầu.



a) - Lắp đặt thiết bị đo ứng suất dầm hộp



b) - Lắp đặt thiết bị đo độ võng nhịp dầm hộp



c) - Sơ đồ xếp xe thử tải dọc cầu



d) - Bộ thiết bị đo dao động IMV5123/6

Hình 8. Công tác lắp đặt thiết bị đo tại hiện trường

## 4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

### 4.1. Phân tích kết quả đo ứng suất

Kết quả đo ứng suất tại các mặt cắt kiểm tra được tổng hợp trong Bảng 2. Ứng suất kéo lớn nhất đo được tại thớ dưới của dầm là 1,40 MPa (tại giữa nhịp N5, sơ đồ la), trong khi ứng suất nén lớn nhất là -0,86 MPa (tại thớ trên của dầm, giữa nhịp N5, sơ đồ la). Ngoài ra, sau khi dỡ tải, các giá trị đo biến dạng đều quay trở về gần như giá trị ban đầu, cho thấy kết cấu làm việc hoàn toàn trong miền đàn hồi và không có biến dạng dư.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả đo ứng suất dầm hộp

| Vị trí       | Sơ đồ tải    | Điểm đo  | Ứng suất đo (MPa) |
|--------------|--------------|----------|-------------------|
| 0,4L Nhịp N4 | Ia-Chính tâm | U2 (kéo) | 0,94              |
|              |              | U4 (nén) | -0,70             |
|              | Ib-Lệch tâm  | U2 (kéo) | 0,99              |
|              |              | U1 (nén) | -0,70             |
| 0,5L Nhịp N5 | Ia-Chính tâm | U2 (kéo) | 1,40              |
|              |              | U4 (nén) | -0,86             |
|              | Ib-Lệch tâm  | U3 (kéo) | 1,30              |
|              |              | U1 (nén) | -0,86             |
| Đỉnh trụ T4  | Ia-Chính tâm | U1 (kéo) | 0,47              |
|              |              | U2 (nén) | -0,52             |
|              | Ib-Lệch tâm  | U1 (kéo) | 0,47              |
|              |              | U3 (nén) | -0,52             |



#### 4.2. Phân tích kết quả đo độ võng

Độ võng lớn nhất ghi nhận được là 14,67 mm tại giữa nhịp N5 (chiều dài nhịp 85 m) trong trường hợp chất tải lệch tâm. Để đánh giá trạng thái giới hạn sử dụng, độ võng lớn nhất đo được được quy đổi về hoạt tải thiết kế và so sánh với độ võng giới hạn cho

Bảng 3. Tổng hợp kết quả đo độ võng nhịp dầm hộp

| Vị trí                  | Sơ đồ tải    | Độ võng đo (mm) | Độ võng quy đổi về tải trọng thiết kế (mm) | [L/800] (mm) | Đánh giá |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------------------|--------------|----------|
| 0,4L Nhịp N4<br>(L=52m) | Ia-Chính tâm | 6,83            | 6,90                                       | 65,00        | Đảm bảo  |
|                         | Ib-Lệch tâm  | 7,03            | 7,10                                       | 65,00        | Đảm bảo  |
| 0,5L Nhịp N5<br>(L=85m) | Ia-Chính tâm | 13,67           | 13,81                                      | 106,25       | Đảm bảo  |
|                         | Ib-Lệch tâm  | 14,67           | 14,82                                      | 106,25       | Đảm bảo  |

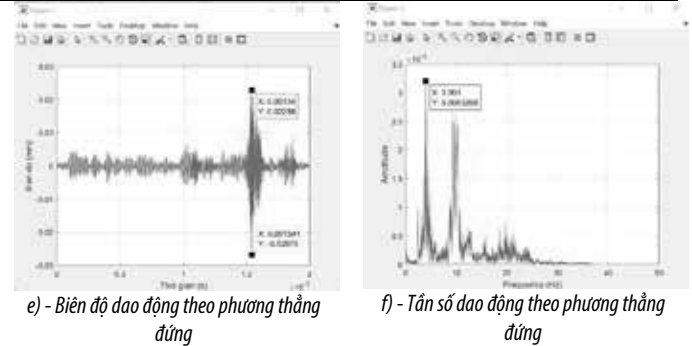
#### 4.3. Phân tích kết quả đo dao động kết cấu nhịp dầm hộp

Kết quả phân tích phổ từ dữ liệu gia tốc kế cho phép xác định các tần số và chu kỳ dao động riêng của các nhịp N4 và N5, được thể hiện trong các Hình 9, Hình 10 và tổng hợp trong Bảng 4. Theo quy định trong Phụ lục 3 của Quy trình 22TCN 243-98 [5], các kết cấu nhịp có chu kỳ dao động riêng theo phương thẳng đứng nằm trong khoảng 0,45s - 0,6s có nguy cơ xảy ra cộng hưởng với tải trọng xe cộ thông thường. Kết quả đo cho thấy chu kỳ dao động thẳng đứng của cả hai nhịp N4 (0,251s) và N5 (0,245s) đều nằm ngoài khoảng giá trị này. Bên cạnh đó, các tần số dao động theo phương ngang và phương dọc không phải là bội số của tần số dao động theo phương thẳng đứng nên khả năng xảy ra hiện tượng cộng hưởng phức hợp được loại trừ. Điều này khẳng định sự ổn định động lực học của cầu trong quá trình khai thác.

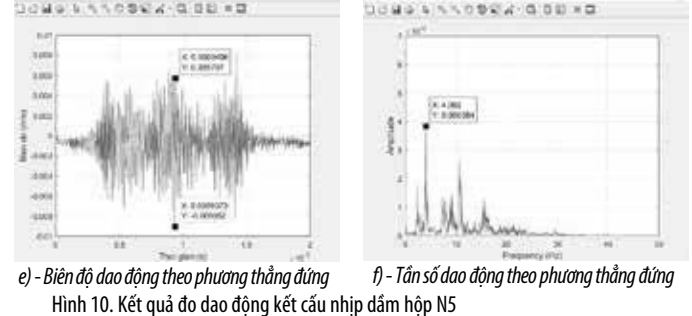
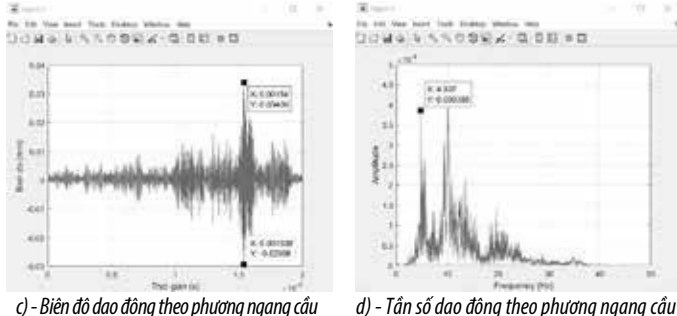
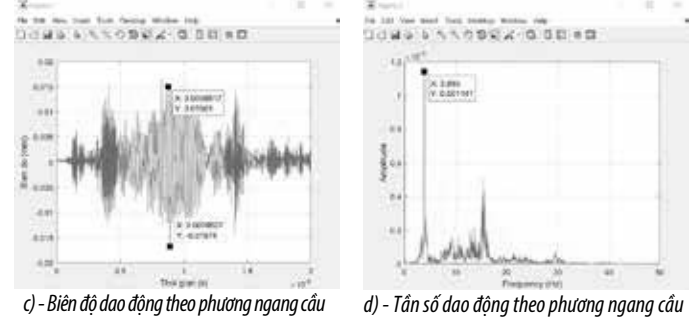
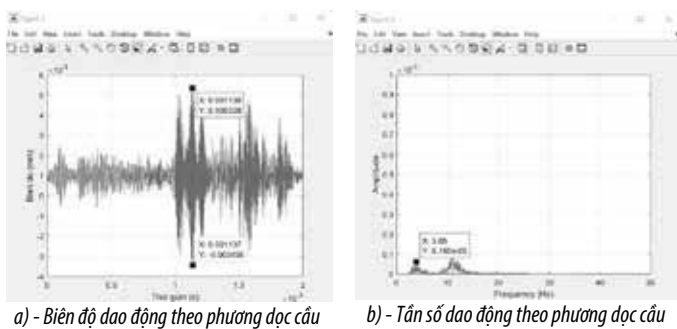
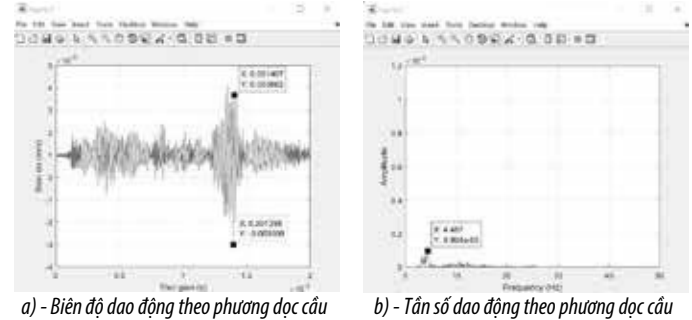
Bảng 4. Kết quả đo dao động kết cấu nhịp dầm

| Hạng mục       | Phương thẳng đứng | Phương dọc cầu | Phương ngang cầu |
|----------------|-------------------|----------------|------------------|
| <b>Nhịp N4</b> |                   |                |                  |
| Tần số f (Hz)  | 3,991             | 3,850          | 4,837            |
| Chu kỳ T (s)   | 0,251             | 0,260          | 0,207            |
| <b>Nhịp N5</b> |                   |                |                  |
| Tần số f (Hz)  | 4,082             | 4,457          | 3,895            |
| Chu kỳ T (s)   | 0,245             | 0,224          | 0,257            |

phép lấy bằng  $[L/800]$  đối với cầu bê tông theo TCVN 11823:2017 [4]. Kết quả đo độ võng nhịp dầm hộp tại cả nhịp N4, N5 cho thấy độ võng thực tế của cầu nhỏ hơn rất nhiều so với giới hạn cho phép, chứng tỏ kết cấu có độ cứng tốt và đảm bảo yêu cầu khai thác.



Hình 9. Kết quả đo dao động kết cấu nhịp dầm hộp N4



Hình 10. Kết quả đo dao động kết cấu nhịp dầm hộp N5

Các kết quả đo dao động không chỉ đơn thuần xác nhận sự ổn định của cầu mà còn mang những ý nghĩa sâu sắc hơn. Tần số dao động tự nhiên của một kết cấu tỷ lệ thuận với căn bậc hai của tỷ số độ cứng trên khối lượng [6]. Các giá trị tần số đo được tương đối cao (ví dụ tần số dao động riêng 3,991 Hz nhịp N4) cho thấy độ cứng thực tế của cầu lớn hơn so với dự kiến, hoàn toàn phù hợp kết quả thử tải tĩnh. Bộ dữ liệu thu được trong thí nghiệm đo dao động tạo thành một đường cơ sở (baseline) cho tình trạng sức khỏe của công trình tại thời điểm nghiệm thu. Đây là một khái niệm nền tảng trong lĩnh vực Giám sát sức khỏe kết cấu (SHM) [7]. Bằng cách thực hiện các thử nghiệm đo dao động định kỳ trong tương lai và so sánh với đường cơ sở này, các kỹ sư có thể phát hiện sớm những thay đổi bất lợi trong kết cấu. Ví dụ, một sự suy giảm đáng kể và không rõ nguyên nhân của tần số dao động tự nhiên có thể là một chỉ báo sớm về các hư hỏng như mất mát ứng suất DUL, sự phát triển của các vết nứt lớn hoặc xói lở móng trụ, trước khi có thể được phát hiện bằng mắt thường. Do đó, việc đo dao động của kết cấu không chỉ là một thủ tục nghiệm thu mà còn là bước đầu tiên trong một chiến lược quản lý tài sản chủ động dựa trên dữ liệu đáng tin cậy.

## 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Dựa trên các kết quả thử tải tĩnh và động tại hiện trường của cầu Đồng Sơn, có thể rút ra các kết luận chính sau đây:

- Chương trình thử tải tĩnh và động đã cho thấy kết cấu nhịp chính của cầu Đồng Sơn làm việc tốt trong giới hạn thiết kế. Kết cấu thể hiện ứng xử hoàn toàn đàn hồi dưới tải trọng thử tương đương 80% tải trọng thiết kế HL93, không có biến dạng dư sau khi dỡ tải.

- Các đặc trưng động lực học của cầu cho thấy kết cấu có độ cứng cao và ổn định. Các chu kỳ dao động riêng đo được nằm ngoài khoảng giá trị nguy hiểm có thể gây cộng hưởng với tải trọng giao thông thông thường, đảm bảo an toàn và tiện nghi khai thác.

- Với các kết quả thí nghiệm trên, có thể khẳng định cầu Đồng Sơn đủ điều kiện an toàn để khai thác dưới tải trọng thiết kế và sở hữu một khoảng dự trữ đáng kể về khả năng chịu lực. Bộ dữ liệu thu thập được là một tài liệu cơ sở tin cậy và có giá trị cho công tác giám sát sức khỏe kết cấu trong dài hạn.

Từ các kết luận trên, các kiến nghị sau được đề xuất:

- *Đối với thực hành quản lý cầu:* Các cơ quan quản lý đường bộ nên xem xét việc áp dụng chính sách, trong đó các chương trình thử tải nghiệm thu đối với các công trình cầu mới, quy mô lớn không chỉ dùng cho mục đích chấp thuận đưa vào sử dụng mà còn là bước bắt buộc đầu tiên để phục vụ cho công tác quản lý tài sản lâu dài.

- *Đối với nghiên cứu trong tương lai:* Cần có các nghiên cứu sâu hơn để định lượng một cách chính xác sự đóng góp về độ cứng của từng thành phần phi kết cấu trong các cầu dầm hộp BTCT DUL. Ngoài ra, việc thiết lập một chương trình giám sát sức khỏe kết cấu dài hạn cho công trình cầu nói chung, sử dụng các kết quả hiện tại làm đường cơ sở, sẽ cung cấp những dữ liệu giá trị cao về hiệu năng dài hạn của kết cấu cầu sử dụng giải pháp dầm đúc hẫng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Primer on Bridge Load Testing | Blurbs New | Blurbs | Publications, <https://www.trb.org/Publications/Blurbs/179887.aspx>.

[2]. Nguyễn Viết Trung, Hoàng Hà (2004), Công nghệ đúc hẫng cầu bê tông cốt thép, NXB. GTVT.

[3]. Patil, R. (2014), Talikoti: Seismic Analysis of Balanced Cantilever Bridge Considering Time Dependent Properties, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 3, 658-663.

[4]. TCVN11823\_Phan 4\_Phan-tich-va-danh-gia-ket-cau.pdf, [https://cokhicongtrinh.com.vn/upload/files/TCVN11823\\_Phan%204\\_Phan-tich-va-danh-gia-ket-cau.pdf](https://cokhicongtrinh.com.vn/upload/files/TCVN11823_Phan%204_Phan-tich-va-danh-gia-ket-cau.pdf).

[5]. Vanbanphapluat.co: Tiêu chuẩn ngành 22TCN 243:1998 về Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô - Yêu cầu kỹ thuật, <https://vanbanphapluat.co/22tcn-243-98-quy-trinh-kiem-dinh-cau-tren-duong-o-to-yeu-cau-ky-thuat>.

[6]. Best Practices for Dynamic Analysis of Bridges, <https://blog.technia.com/en/simulation/best-practices-for-dynamic-analysis-of-bridges>.

[7]. Hu, W.-H., Tang, D.-H., Teng, J., Said, S., Rohrmann, Rolf.G.: Structural Health Monitoring of a Prestressed Concrete Bridge Based on Statistical Pattern Recognition of Continuous Dynamic Measurements over 14 years. Sensors. 18, 4117 (2018), <https://doi.org/10.3390/s18124117>.

# Tiếp cận Hình thái học đô thị: Nghiên cứu khu vực Bến Bình Đông phát triển và bảo tồn giá trị không gian kiến trúc

Urban Morphological approach: A study of the Ben Binh Dong Area development and preservation of architectural spatial values

> PGS.TS LÊ ANH ĐỨC\*, PHAN CHÍ DŨNG, VŨ ĐỨC NGUYÊN

Khoa Kiến trúc, Trường Đại học Văn Lang

\*Email: duc.la@vlu.edu.vn

## TÓM TẮT

Bến Bình Đông là một không gian đô thị ven kênh đặc trưng, mang bề dày lịch sử, văn hóa và kiến trúc tại TP.HCM. Việc nhận diện giá trị không gian kiến trúc và đô thị có ý nghĩa quan trọng đối với công tác quy hoạch, thiết kế đô thị cũng như cải tạo, chỉnh trang; từ đó góp phần phát triển không gian đô thị hai bên bờ kênh Tàu Hủ. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tiếp cận hình thái học đô thị để phân tích và nhận diện giá trị không gian kiến trúc tại khu vực, như một hướng tiếp cận hợp lý, hiệu quả và giàu giá trị học thuật và thực tiễn. Thông qua việc khảo sát tiến trình phát triển hình thái không gian, nghiên cứu tiến hành: (1) đánh giá các yếu tố hình thái đặc trưng như cấu trúc lô đất, hình thái tuyến phố, tổ chức kiến trúc mặt đứng và các mối quan hệ không gian; (2) nhận diện các giá trị đặc trưng của không gian kiến trúc và đô thị; và trên cơ sở đó, (3) đề xuất một số giải pháp bảo tồn và phát triển bền vững không gian kiến trúc đô thị trong bối cảnh chuyển đổi và tái thiết đô thị hiện nay.

**Từ khóa:** Hình thái học đô thị, không gian kiến trúc, Bến Bình Đông, bảo tồn đô thị, phát triển bền vững.

## ABSTRACT

Ben Binh Dong - a distinctive canal-side urban space in Ho Chi Minh City, is rich in historical, cultural, and architectural values. Recognizing the architectural and urban spatial values of this area is crucial for urban planning, design, and regeneration efforts, contributing to the sustainable development of the urban fabric along the Tau Hu canal. This study adopts an urban morphological approach to analyze and identify the architectural spatial values of the area, a method that proves both academically rigorous and practically relevant. By examining the morphological evolution of the area, the research assesses (1) key morphological elements such as plot structure, street pattern, façade organization, and spatial relationships; (2) identifies the characteristic architectural and urban spatial values; and (3) proposes strategies for the preservation and sustainable development of the architectural landscape in the context of ongoing urban transformation and redevelopment.

**Key words:** Urban morphology, architectural space, Ben Binh Dong, urban conservation, sustainable development.

## 1. HÌNH THÁI HỌC ĐÔ THỊ

Hình thái học đô thị (Urban Morphology) là lĩnh vực nghiên cứu hình dạng, cấu trúc không gian, sự phát triển và biến đổi không gian của các đô thị qua tiến trình thời gian. Đây là một công cụ phân tích quan trọng trong quy hoạch và thiết kế đô thị, giúp nhận diện các yếu tố cấu thành không gian đô thị như hình dạng địa hình, mạng lưới đường phố, lô đất, công trình kiến trúc và không gian công cộng. Từ đó hiểu được quá trình phát triển lịch sử, logic hình thành, bản chất các hoạt động sống trong đô thị và xu hướng phát triển không gian của đô thị.

Tiếp cận về hình thái đô thị thường được phân chia theo các trường phái chính:

**Trường phái Anh (Conzenian School)** - do M.R.G. Conzen khởi xướng, nhấn mạnh việc phân tích ba yếu tố chính: pattern of streets (hình thái mạng lưới đường), plot pattern (hình thái lô đất), và building fabric (hình thái kiến trúc công trình), xem đây là "thể tam nguyên" của hình thái đô thị. Phương pháp này mang tính hệ thống, chú trọng phân tích các lớp lịch sử và quá trình chuyển đổi không gian qua thời gian. [2]

**Trường phái Ý (Muratori - Caniggia)** - nhấn mạnh đến "quá trình hình thành kiến trúc - đô thị như một ngôn ngữ", xem kiến trúc và đô thị là kết quả của các quá trình tiến hóa tổng thể của các đối tượng theo thời gian. Caniggia phát triển mô hình "typological process" trong đó các hình thái kiến trúc đô thị có thể được truy nguyên nguồn gốc và phân tích theo loại hình. [3]

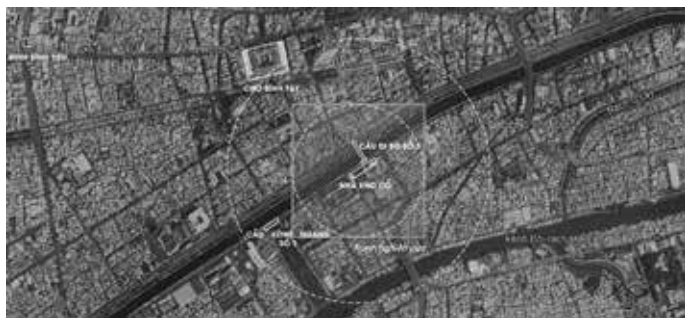


**Trường phái Pháp (Panerai - Castex)** - tiếp cận hình thái đô thị thông qua hệ hình không gian - chức năng - xã hội, coi đô thị là một thực thể tổng hợp có quan hệ giữa yếu tố vật thể và phi vật thể ví dụ như đời sống xã hội. Đây là phương pháp nhận diện cấu trúc đô thị dựa trên khối tích, không gian rỗng, đặc, và tính khả biến. [6]

Tóm lại, việc nghiên cứu hình thái học đô thị đóng vai trò quan trọng trong việc xác định các yếu tố đặc trưng và nhận diện giá trị không gian kiến trúc đô thị. Trên cơ sở đó, có thể đề xuất các giải pháp quy hoạch, bảo tồn hoặc phát triển bền vững một cách phù hợp, mà vẫn đảm bảo gìn giữ các giá trị truyền thống và bản sắc đô thị đặc thù của khu vực.

## 2. PHÂN TÍCH HÌNH THÁI KHU VỰC BẾN BÌNH ĐÔNG

Bến Bình Đông là khu vực ven kênh Tàu Hủ mang đậm dấu ấn giao thương, văn hóa, kiến trúc đô thị sông nước truyền thống của Sài Gòn - Chợ Lớn. Với giá trị lịch sử, không gian đặc trưng và tiềm năng phát triển du lịch. Đây là một trong những khu vực quan trọng trong chiến lược bảo tồn và phát triển đô thị TP.HCM. Hiện nay do quá trình đô thị hóa, khu vực này bị xuống cấp, lấn chiếm, hoạt động trên bến dưới thuyền không còn nữa, do vậy không gian đô thị mất dần các giá trị của nó. Phân tích hình thái đô thị khu vực Bến Bình Đông nhằm nhận diện các giá trị đặc trưng không gian từ đó xây dựng các giải pháp phát triển không gian một cách bền vững.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu theo khung ngẫu nhiên 500x500m, (Nguồn: Tác giả, [8])

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp phân tích hình thái học chủ yếu dựa trên công cụ đồ bản (mapping); phân tích tách lớp hình thái dựa trên tài liệu bản đồ lịch sử (bản đồ Sài Gòn thời Pháp, bản đồ quy hoạch 1/5.000, ảnh vệ tinh Google Earth); vẽ ghi và khảo sát thực địa. Phân tích dựa trên Khu vực nghiên cứu được lựa chọn với ranh bất kỳ (khung 500 x 500m) tại khu vực nhà kho Bến Bình Đông và Khu vực Cầu đi bộ số 7.

Việc lựa chọn theo khung bất kỳ nhằm xác định một cách ranh giới ngẫu nhiên phạm vi nghiên cứu, giúp phân tích một cách đầy đủ, khách quan, và nhận diện rõ đặc điểm hình thái khu vực mà không bị tác động bởi các ranh giới giao thông, địa giới hành chính và các quy định - quy chế quản lý của các khu vực khác nhau. Phân tích thời gian và tiến trình nghiên cứu tại khu vực có thể lựa chọn từ trước 1893 đến nay với các điểm mốc cơ bản (1893-1923-1950-1975-1995-2010-2025). Mục tiêu đánh giá xu hướng biến đổi hình thái không gian các lớp hình thái: Địa hình và tự nhiên, Mạng lưới đường, Lô đất, Kiến trúc (Hình 2)

### 2.2. Kết quả phân tích hình thái

Nhận diện theo tiến trình lịch sử: Trước năm 1893, khu vực ven kênh Tàu Hủ hầu như chưa được hình thành, giao thông đường thủy là chủ yếu và phục vụ vận chuyển hàng hóa vào khu vực trung tâm Sài Gòn. Giai đoạn 1893-1923, tuyến đường ven kênh Tàu Hủ (nay là

Bến Bình Đông) xuất hiện, phục vụ cho việc tiếp cận từ giao thông thủy vào các khu vực lân cận. Bắt đầu hình thành các khu vực ven sông với cấu trúc lô đất nông - dài, chạy vuông góc với bờ kênh, phù hợp cho nhà ở kết hợp kho (thương cảng dân sinh). Kiến trúc chủ yếu là nhà truyền thống Nam Bộ, nhà gỗ, mái ngói hoặc lá, mật độ thấp. Các công trình phục vụ thương mại và nhà ở theo phong cách thuộc địa tường gạch, mái ngói được xây dựng.

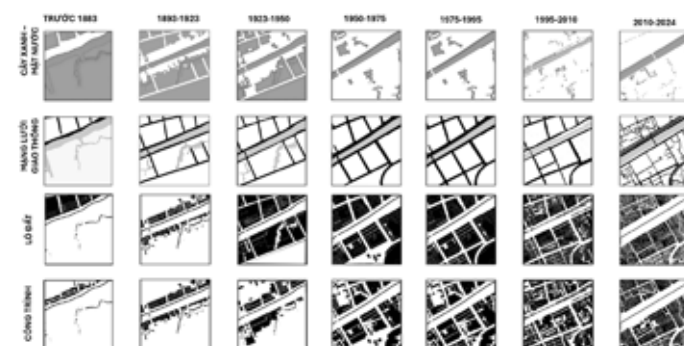
Giai đoạn từ năm 1923-1950, tuyến đường Bến Bình Đông phát triển, giao thông đường bộ gia tăng vai trò lưu thông. Bắt đầu định hình lô đất đô thị kiểu Pháp (hẹp - sâu); phân lô ngay ngắn theo các trục giao thông mới. Giao thông thủy vẫn chiếm vai trò quan trọng, các hoạt động buôn bán trên sông rất nhộn nhịp. Các công trình nhà kho và nhà ở trên mặt tiền được xây dựng ở ạt mang phong cách kiến trúc thuộc địa (façade tân cổ điển). Kiến trúc tường gạch mái ngói, có chiều cao 1-2 tầng được xây dựng thành dãy tạo ra một dạng hình thành một hình thái không gian đặc trưng. Khu vực dân cư phía sau lưng các khu vực mặt tiền bắt đầu hình thành,

Giai đoạn 1950-1975, vai trò giao thông thủy giảm dần nhường chỗ cho giao thông đường bộ, tuy nhiên hàng hóa vẫn được vận chuyển bằng đường thủy vào sâu trong trung tâm. Mật độ cư trú tăng lên, dân cư trở nên đông đúc hơn, một số lô đất bị chia nhỏ, chuyển mục đích sử dụng; xuất hiện dạng lô đất không có hình dáng và kích thước theo chuẩn. Mạng lưới hẻm mở rộng tự phát, hình thành nhiều tuyến đường kết nối bờ kênh với các khu dân cư nhưng thiếu quy hoạch đồng bộ. Chính quyền trước năm 1975 hầu như thiếu quản lý các khu nhà tự phát ở phía sau dãy mặt tiền.

Giai đoạn 1975-1995 là giai đoạn phát triển đô thị thiếu sự kiểm soát trong thời bao cấp. Dân nhập cư xây nhà lấn chiếm các khu vực kênh rạch tại Quận 8 (trước khi sáp nhập) hình thành nhiều khu ổ chuột. Nhà ở cấp 3-4 xây dựng tự phát, sử dụng vật liệu tạm; kiến trúc lộn xộn, thiếu kiểm soát. Do nhu cầu kết nối và tiếp cận nên đã hình thành nhiều tuyến hẻm nhỏ chật hẹp.

Giai đoạn 1995-2010 là giai đoạn bắt đầu mở cửa, đổi mới và bắt đầu có sự quản lý đầy đủ hơn về quy hoạch và trật tự xây dựng. Đường Bến Bình Đông được nâng cấp; mở rộng một số trục kết nối. Một số lô đất được hợp khối để xây nhà phố cao tầng; xuất hiện xu hướng thương mại hóa mặt tiền. Nhà ống 3-4 tầng, công trình bê tông cốt thép phổ biến với kiến trúc hiện đại hóa, mất dần yếu tố bản địa.

Từ 2010 đến 2024, áp lực giao thông tăng mạnh, đường ven kênh quá tải và xuất hiện tuyến xe buýt đường thủy. Quá trình tái cấu trúc bắt đầu, một số khu vực để làm chung cư/cao tầng và diện tích đất dân cư bị thu hẹp. Nhà ở phải được xây dựng theo giấy phép, xen kẽ với nhà tự phát cũ kỹ, dẫn đến thiếu tính đồng bộ về mặt thẩm mỹ. Cảnh quan ven kênh được cải tạo, không gian công cộng ven sông được mở rộng và định hướng phát triển các tuyến du lịch thủy.



Hình 2. Phân tích tách lớp hình thái theo tiến trình phát triển, (Nguồn: Tác giả, [8])

Bảng 1. Thống kê đặc điểm hình thái đô thị tại khu vực nghiên cứu (Nguồn: Tác giả)

| Giai đoạn  | Mạng đường                                                                                        | Lô đất                                           | Công trình                                                      |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Trước 1893 | Chưa hình thành, giao thông thủy                                                                  | Chưa định hình                                   | Chưa phát triển                                                 |
| 1893-1923  | Xuất hiện tuyến tính, theo bờ kênh, cầu Bình Tây kết nối 2 bờ kênh với Chợ Bình Tây xưa.          | Dài - hẹp                                        | Nhà truyền thống bám dọc kênh                                   |
| 1923-1950  | Quy hoạch định hình, các tuyến dọc kênh và một số tuyến vuông góc nối vào các khu dân cư phía sau | Phân lô kiểu Pháp, lô đất dài, vuông góc bờ kênh | Nhà ống, nhà kho kết hợp nhà ở, dạng kiến trúc tân cổ           |
| 1950-1975  | Mở rộng tự phát                                                                                   | Chia nhỏ, biến dạng                              | Mật độ dân cư gia tăng, nhà tạm, không đồng bộ                  |
| 1975-1995  | Hạ tầng hầu như không phát triển, không gia tăng giao thông                                       | Lấn chiếm, lộn xộn                               | Nhà tạm, cấp 3-4, lấn chiếm, kiến trúc tạm, lộn xộn             |
| 1995-2010  | Quá tải, nâng cấp từng phần                                                                       | Tái cấu trúc cục bộ, hợp khối, phân hóa          | Bê tông cốt thép, cao tầng nhỏ                                  |
| 2010-2024  | Cải tạo cảnh quan, khôi phục đường thủy, cầu đi bộ (số 7) kết nối khu vực Quận 6 (trước sáp nhập) | Cải tạo, chỉnh trang, hợp khối xen kẽ cũ mới     | Xuất hiện nhà cao tầng, xu hướng cải tạo chỉnh trang nhà kho cũ |

## 2.3. Nhận diện các giá trị không gian đô thị và đặc trưng kiến trúc

### 2.3.1. Đặc trưng hoạt động trên kênh rạch

Qua phân tích hình thái và tiến trình lịch sử có thể thấy các giá trị đặc trưng về hoạt động trên kênh rạch như sau:

(i) Hoạt động thương mại - giao thương đường thủy truyền thống Chợ nổi - ghe hàng: Đây là hoạt động mang giá trị lịch sử và tạo dựng hình ảnh đô thị. Từ lâu, Bến Bình Đông là nơi tập kết, buôn bán hàng hóa nông sản, trái cây, hoa kiểng... từ các tỉnh miền Tây qua đường thủy. Khu vực này hình thành các khu cảng dân sinh là điểm trung chuyển hàng hóa nhỏ lẻ, theo kiểu "nhà kho + thuyền + mặt tiền buôn bán". Khu vực này có đặc trưng giao thương nhộn nhịp theo mùa: Đặc biệt dịp Tết, khu vực này trở thành chợ hoa tết nổi trên kênh Tàu Hủ, một nét văn hóa độc đáo. Tuy nhiên hiện nay hoạt động này giảm dần do giao thông thủy bị hạn chế, nhà kho xưởng dọc kênh không còn. Hiện nay, chính quyền địa phương nỗ lực duy trì các hoạt động buôn bán dịp lễ, Tết nhằm khôi phục và gìn giữ các giá trị đặc trưng mang tính lịch sử của khu vực. Hình ảnh Cầu Bình Tây (xây dựng từ thế kỷ 19) là minh chứng rõ nét cho giá trị của hệ thống giao thông thủy, thể hiện khả năng kết nối hai bờ kênh đồng thời đáp ứng tốt yêu cầu về khoảng thông thủy cho hoạt động tàu thuyền tập nập trên kênh Tàu Hủ. Trong giai đoạn hiện nay, dù Cầu đi bộ số 7 đã được phục dựng và lồng ghép các hình ảnh lễ hội Tết truyền thống, công trình này vẫn chưa thể thay thế giá trị lịch sử, văn hóa độc đáo của Cầu Bình Tây trước đây.

(ii) Hoạt động sinh hoạt dân cư gắn liền với mặt nước: Giai đoạn trước 2010, nhiều hộ dân sinh sống ven kênh, trong các ngôi nhà mặt tiền Bến Bình Đông, lưng quay ra hẻm, mặt hướng ra sông. Trước khi đường bộ phát triển mạnh, thuyền là phương tiện đi lại chủ yếu. Đặc trưng không gian: Không gian "sống - buôn - vận chuyển" đan xen: Nhà ở, kho, điểm bán hàng và bến đỗ ghe thuyền kết hợp chung trong một lô đất. Hình 3, 4 và 5 cho thấy đặc trưng kiến trúc tại khu vực Bến Bình Đông, đặc biệt là khu vực cầu đi bộ, đây nhà kho kết hợp nhà ở vẫn tồn tại đến hiện nay.

(iii) Hoạt động tiểu thủ công - kho bãi truyền thống, kho chứa hàng, xưởng mộc, xưởng cơ khí nhỏ: Trước đây, một số công trình dạng nhà kho ven sông dùng chứa gạo, nông sản, gỗ, hoặc hoạt động gia công thủ công. Từ thập niên 1980-2000, có sự chuyển đổi thành cửa hàng vật liệu xây dựng, cửa hàng nông sản.

(iv) Hoạt động văn hóa - lễ hội đặc trưng miền Nam: Chợ hoa Tết trên Bến dưới Thuyền là sự kiện thường niên lớn nhất, thu hút người dân và du khách đến mua hoa, chụp ảnh, trải nghiệm. Bên cạnh đó, khu vực này cũng hình thành không gian văn hóa cộng đồng tự

phát: Các điểm tụ họp sinh hoạt nhỏ như quán nước, bàn cờ ven đường, hay các hoạt động tâm linh gần đình, miếu.

(v) Giao thông và hoạt động đô thị hiện đại (giai đoạn sau 2000): Tuyến đường Bến Bình Đông ngày nay là trục giao thông chính ở Quận 8 (trước khi sáp nhập), thường xuyên kẹt xe giờ cao điểm. Hình ảnh xe cộ đông đúc, áp lực giao thông trở thành đặc trưng không gian đô thị. Bên cạnh đó, hình ảnh đô thị với các công trình xen cài, cải tạo tự phát, nhà ở nhiều tầng, xen lẫn công trình cũ xuống cấp, đặc trưng của quá trình đô thị hóa "chen lấn". Một phần bờ kè đã được nâng cấp, cải tạo cảnh quan với vỉa hè, cây xanh và tuyến đường đi bộ ven kênh, từng bước hình thành không gian công cộng.



Hình 3. Cầu Bình Tây (thế kỷ 19) [1] và Cầu đi bộ số 7 tại khu vực Bến Bình Đông [10]

### 2.3.2. Hình thái kiến trúc và không gian đô thị

Trong phạm vi nghiên cứu, hình thái kiến trúc biểu hiện đặc trưng chủ yếu trên 2 trục đường chính là Bến Bình Đông (đoạn từ đường Nguyễn Văn Cừ đến đường Nguyễn Chế Nghĩa) và đường Nguyễn Văn Cừ. Thực tế trên đường Nguyễn Chế Nghĩa cũng có một số công trình có giá trị, cũng như dãy nhà cổ trên Bến Bình Đông (đoạn từ đường Nguyễn Chế Nghĩa đến đường Bùi Huy Bích) có nhiều giá trị nhưng trong khung nghiên cứu lựa chọn không bao gồm khu vực này.

Đối với hình thái kiến trúc trên 2 trục đường này, có 2 giai đoạn mang lại dấu ấn giá trị kiến trúc: **Giai đoạn 1923-1950 và giai đoạn sau 2010**



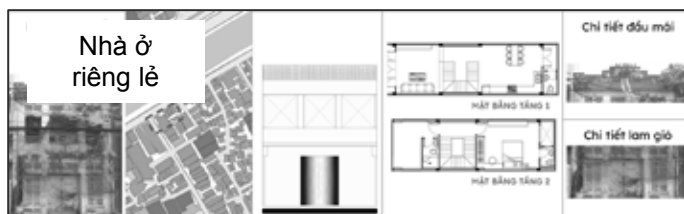
Hình 4. Hai trục đường có giá trị hình thái kiến trúc (Nguồn: Tác giả)



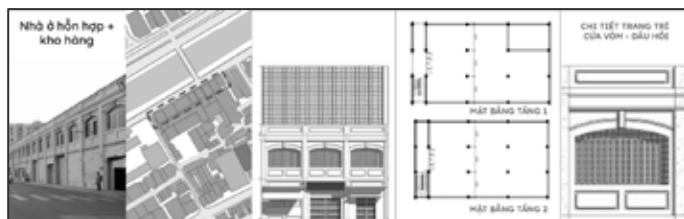
Hình 5. Dãy nhà kho kết hợp nhà ở trên Bến Bình Đông có giá trị hình thái đặc trưng, trước vào sau khi cải tạo năm 2025 (Nguồn: Tác giả)

+ **Giai đoạn 1923-1950**, công trình kiến trúc trên mặt tiền trục đường Bến Bình Đông được phát triển mạnh mẽ. Khu vực này có đặc trưng kiến trúc bao gồm các khu vực nhà ở và dãy nhà kho gạo kết nối khu nhà máy bên kia kênh Tàu Hủ. Khu vực này do người Hoa làm chủ nhưng việc xây dựng lại, được thực hiện bởi các nhà thầu Singapore. Kiến trúc thường được xây theo dạng nhà phố với bề ngang hẹp, nhằm tăng số lượng nhà mặt tiền và nhờ đó mau chóng thu hồi vốn đầu tư xây dựng. Tầng trệt là cơ sở kinh doanh, chành, và tầng trên là nhà ở. Chi tiết trang trí lại mang ảnh hưởng phương Tây với các cây cột được xây bằng gạch, lan can gạch hoặc bằng sắt, gờ chỉ làm bằng thạch cao hoặc vôi.

Cụm công trình được xây dựng theo hình thức nhà ống đặc trưng, chiều ngang hẹp, chiều sâu kéo dài. Tầng trệt thường dùng làm nơi kinh doanh hoặc kho chứa hàng, tầng trên để ở. Mặt tiền dãy nhà kho được xây dựng theo lối kiến trúc pha trộn giữa Đông - Tây, thể hiện qua các chi tiết như phù điêu thạch cao (hoặc đắp vôi), mái ngói, cửa gỗ lá sách. Một số nhà ở riêng lẻ cũng có hình thức kiến trúc tương tự nhưng chủ yếu tầng trệt để ở, hoặc thương mại nhỏ. Hình 4 và Hình 5 đã phân tích giá trị hình thái kiến trúc giai đoạn 1923-1950. Trong đó hình thái kiến trúc Indochina với sự kết hợp Đông - Tây thích ứng với điều kiện bản địa là một đặc trưng cho kiến trúc giai đoạn này.



Hình 6. Đánh giá hình thái kiến trúc nhà ở riêng lẻ giai đoạn 1923-1950 (Nguồn: Tác giả)



Hình 7. Hình thái kiến trúc nhà kho kết hợp nhà ở trên Bến Bình Đông (Nguồn: Nhóm tác giả)

Hình 6 và Hình 7 đã phân tích giá trị hình thái kiến trúc giai đoạn 1923-1950. Trong đó hình thái kiến trúc Indochina với sự kết hợp Đông - Tây thích ứng với điều kiện bản địa là một đặc trưng cho kiến

trúc giai đoạn này. Mặt bằng các công trình theo kiểu nhà ống thích hợp với việc phân chia quyền sử dụng cho các hộ gia đình cũng như kết hợp với phương thức buôn bán tư nhân. Mô hình nhà kho kết hợp nhà ở cũng là sự phát triển linh hoạt, phù hợp với hình thái sông rạch và hoạt động buôn bán trên bến dưới thuyền.

Đặc trưng chi tiết kiến trúc (Hình 8) với các chi tiết kiến trúc kết hợp Đông - Tây, giữa Pháp - Hoa - Việt cũng mang lại giá trị đặc sắc cho cụm công trình trên mặt tiền Bến Bình Đông.

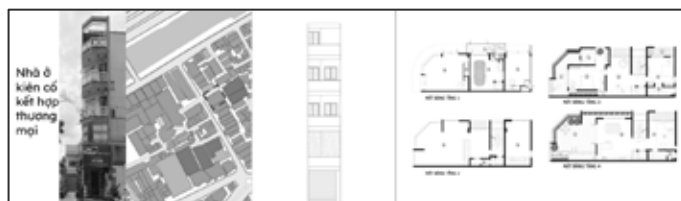
Hiện nay dãy nhà kho cổ có tuổi thọ hơn 100 năm đã được cải tạo chỉnh trang, mặt tiền công trình được sơn lại tạo bộ mặt đô thị khang trang hơn. Tuy nhiên các không gian trong nhà còn xuống cấp, vẫn chưa có giải pháp gia tăng giá trị sử dụng.



Hình 8. Chi tiết trang trí pha trộn kiến trúc Đông - Tây, bao gồm ban công họa tiết chữ "Thọ" (trái), phù điêu thạch cao đầu hồi (trên - phải), cửa sổ gỗ lá sách (dưới - phải) (Nguồn: Nhóm tác giả)

+ **Giai đoạn sau năm 2010** với quá trình chỉnh trang đô thị, việc xây dựng cho phép hình thành các công trình nhà ở với thiết kế nghiêm túc và bài bản. Nhà ở 3-4 tầng kết hợp thương mại dịch vụ, kết cấu bê tông cốt thép chi tiết hiện đại với cửa kính, lan can sắt, mặt tiền sơn nước hoặc ốp gạch.

Các công trình kiến trúc kết hợp nhà ở và chức năng thương mại dịch vụ ở tầng trệt (hoặc tầng trệt và lầu 1). Mặc dù các công trình riêng lẻ có các giá trị nhất định về mặt sử dụng và hình thức kiến trúc, tuy nhiên các kiến trúc nhà ở này thiếu sự nhất quán trong hình dáng, chi tiết kiến trúc. Các công trình này được xây xen kẽ với các công trình cấp 3-4 hình thành trong các giai đoạn 1950-1995 dẫn đến việc không tạo nên mặt đứng trục phố có giá trị thẩm mỹ hoặc bản sắc đô thị rõ rệt. Mặt đứng dọc trục đường Nguyễn Văn Cừ thể hiện sự thiếu đồng bộ về chiều cao, phong cách kiến trúc và vật liệu hoàn thiện, góp phần tạo nên cảm giác lộn xộn trong không gian đường phố. Đặc biệt, vào năm 2016, sự xuất hiện của chung cư Bình Đông Xanh (số 557 Bến Bình Đông) đã làm thay đổi hình thái kiến trúc trên trục đường Bến Bình Đông (Hình 10).



Hình 9. Hình thái kiến trúc nhà ở kết hợp thương mại trên đường Nguyễn Văn Cừ (Nguồn: Nhóm tác giả)



Hình 10. Mật độ kiến trúc đường Nguyễn Văn Cửa năm 2025 (Nguồn: Nhóm tác giả)

### 3. CÁC ĐỀ XUẤT ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN VÀ BẢO TỒN GIÁ TRỊ KHÔNG GIAN KIẾN TRÚC

#### 3.1. Gia tăng giá trị hình thái kiến trúc trên Bến Bình Đông

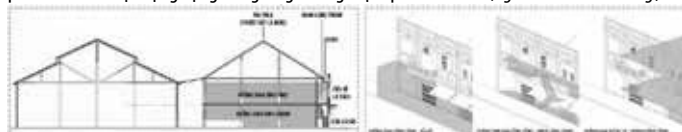
Đối với khu vực nhà kho và nhà ở trên trục đường Bến Bình Đông, các đánh giá đã chỉ ra rằng khu vực này sở hữu những giá trị nhất định về hình thái kiến trúc. Do vậy, việc phát huy các giá trị không gian kiến trúc tại Bến Bình Đông cần tập trung vào giữ gìn hình thái kiến trúc đặc trưng đồng thời phát triển và nâng cao giá trị sử dụng của các công trình.

Đề xuất này dựa trên trường hợp điển hình về việc cải tạo khu vực nhà kho kết hợp nhà ở, theo giải pháp bảo tồn bộ khung công trình, bao gồm giữ lại mái thép, tường gạch tróc sơn và hệ kết cấu khung dầm thép nhằm giữ gìn kỷ ức đô thị thời kỳ phát triển công nghiệp hóa đầu thế kỷ 20. Hình ảnh mật độ kiến trúc Đồng Dương được thể hiện rõ qua các chi tiết như vòm cửa, lan can và điểm mái. Tuy nhiên, hiện nay việc cải tạo và chỉnh trang mới chỉ dừng lại ở việc sơn lại mặt tiền, trong khi chưa có giải pháp cụ thể nhằm khai thác và phát huy hiệu quả sử dụng của công trình.

Do vậy, đối với dãy nhà kho và nhà ở mặt tiền đường, hướng nghiên cứu phát triển giá trị hình thái kiến trúc là đề xuất việc khai thác sử dụng công trình với không gian đa dạng. Trong giai đoạn hiện nay, việc khai thác sử dụng không gian còn được mở rộng về phía khu nhà kho phía sau trong khi khu vực này chưa có dự án khai thác và đầu tư (Hình 11). Gia tăng giá trị sử dụng bằng việc sử dụng đa năng không gian với nhiều công năng, gia tăng các không gian công cộng và bán công cộng (Hình 12) tại các công trình nhà kho kết hợp nhà ở. Có thể tích hợp quán cà phê, cửa hàng sáng tạo, hội chợ nghệ thuật, chợ nông sản tạo dòng tiền mang lại hiệu quả kinh doanh và duy trì hoạt động phi lợi nhuận và nghệ thuật.



Hình 11. Khu vực đề xuất nghiên cứu mở rộng không gian, sử dụng khu nhà kho tạm phía sau cho hoạt động cộng đồng và gia tăng hiệu quả khai thác (Nguồn: Phan Chí Dũng)



Hình 12. Đề xuất khai thác không gian sử dụng hiệu quả, kết hợp các không gian công cộng trên trục đường và gia tăng không gian bán công cộng bên trong công trình (Nguồn: Phan Chí Dũng)

Giải pháp không gian được cải tạo tối giản, sử dụng nghệ thuật thị giác ( tranh tường, sắp đặt, triển lãm) để kéo cộng đồng quay trở

lại không gian từng bị lãng quên. Việc cải tạo và sử dụng không gian bên trong công trình được kết nối với các không gian công cộng và bán công cộng trên trục đường Bến Bình Đông, kết nối toàn bộ không gian bên trong nhà với khu vực Cầu đi bộ số 7 tại khu vực hoạt động sống động.

Giải pháp không gian được đề xuất theo hướng cải tạo tối giản, kết hợp ứng dụng nghệ thuật thị giác như tranh tường, sắp đặt và triển lãm nhằm thu hút cộng đồng quay trở lại những không gian từng bị lãng quên. Việc cải tạo và tổ chức lại không gian bên trong công trình được định hướng kết nối với các không gian công cộng và bán công cộng dọc trục đường Bến Bình Đông, đồng thời mở rộng liên kết đến khu vực Cầu đi bộ số 7 nơi tập trung các hoạt động cộng đồng sôi động.

#### 3.2. Chỉnh trang không gian kiến trúc trục đường Nguyễn Văn Cửa

Quá trình phát triển không gian kiến trúc dọc tuyến đường Nguyễn Văn Cửa chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ giai đoạn 1950-1995, dẫn đến tình trạng phát triển thiếu kiểm soát, phân mảnh và lộn xộn. Nhiều công trình kiến trúc mang phong cách Đồng Dương, được xây dựng từ thập niên 1920, đã dần bị thay thế. Bên cạnh đó, một số nhà kho và công trình phụ trợ hiện đã xuống cấp nghiêm trọng, làm giảm giá trị cảnh quan kiến trúc khu vực.

Trong giai đoạn 1950-1995, kiến trúc khu vực phát triển một cách thiếu kiểm soát, dẫn đến tình trạng xây dựng tự phát. Các công trình nhà gạch và bê tông cốt thép cao từ 1 đến 3 tầng, mang phong cách hiện đại, được xây xen cài với các công trình kiến trúc Đồng Dương từ thập niên 1920. Sự pha trộn này tạo nên mặt tiền phố lộn xộn về kiểu dáng, màu sắc và vật liệu. Từ sau năm 1995, một số căn nhà đã được cải tạo, nâng cấp với việc ốp đá hoặc sử dụng kính cường lực, tuy nhiên vẫn thiếu sự đồng bộ về thiết kế mặt đứng, không tuân theo một định hướng quy hoạch tổng thể. Tầng trệt của nhiều ngôi nhà được chuyển đổi chức năng thành cửa hàng tạp hóa, tiệm cơ khí, sửa xe hoặc dịch vụ ăn uống. Không gian sống và kinh doanh thường đan xen trong cùng một công trình, theo mô hình shophouse truyền thống.

Một số nhà kho cũ liên quan đến hoạt động thương mại ven kênh vẫn còn hiện diện, tuy nhiên đã xuống cấp nghiêm trọng. Một phần trong số đó được cải tạo để phục vụ mục đích sử dụng mới, trong khi một số khác đang bị bỏ hoang. Những nhà kho này thường có kiểu mái ngói, kết cấu tường gạch dày và cửa sắt trượt lớn, đặc trưng cho kiến trúc nhà kho thời Pháp hoặc giai đoạn hậu thuộc địa. Hiện nay, hầu hết các công trình này đều xuống cấp nặng nề và chỉ còn lại rất ít giá trị sử dụng.

Năm 2016, Chung cư Bình Đông Xanh được xây dựng tại góc đường Bến Bình Đông và Nguyễn Văn Cửa, khiến không gian trục đường vốn đã lộn xộn càng mất đi đặc trưng kiến trúc của giai đoạn 1920-1950. Công trình cao tầng này có mặt đứng theo phong cách hiện đại, với các ô cửa vuông kết hợp phân vị đứng, tạo nên hình khối đồ sộ, tương phản rõ nét với đường nét hình thái truyền thống của trục đường.

Các đề xuất cho cải tạo chỉnh trang không gian kiến trúc trên trục đường Nguyễn Văn Cửa: Có 3 mức độ đề xuất

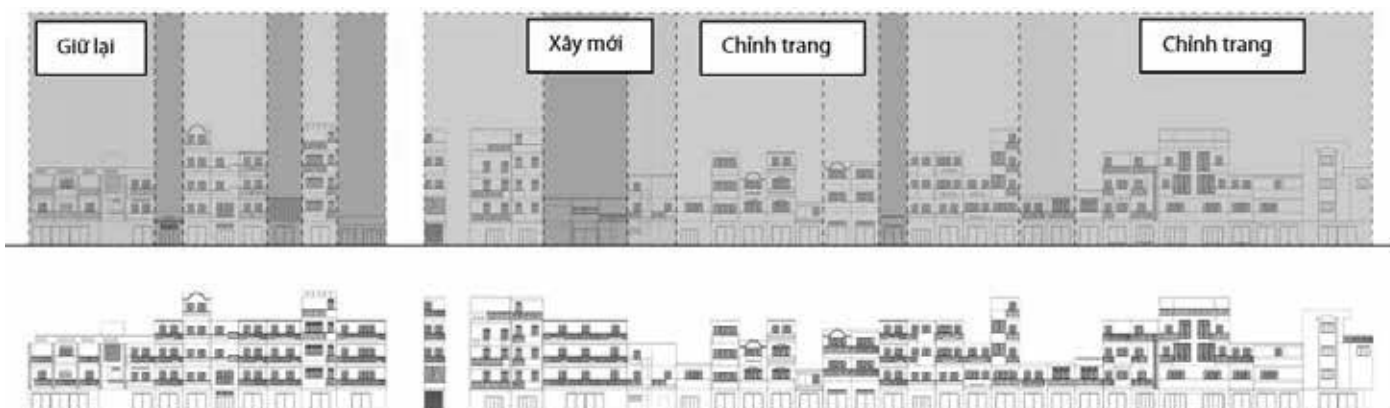
+ Giữ lại các công trình kiến trúc có giá trị về hình thái giai đoạn 1920-1950 (kiến trúc cổ - phong cách Đồng Dương) và sau 2010 (kiến trúc hiện đại)

+ Cải tạo chỉnh trang: gồm chỉnh trang mặt tiền, hoặc cải tạo chiều cao cục bộ đối với kiến trúc giai đoạn 1995-2010

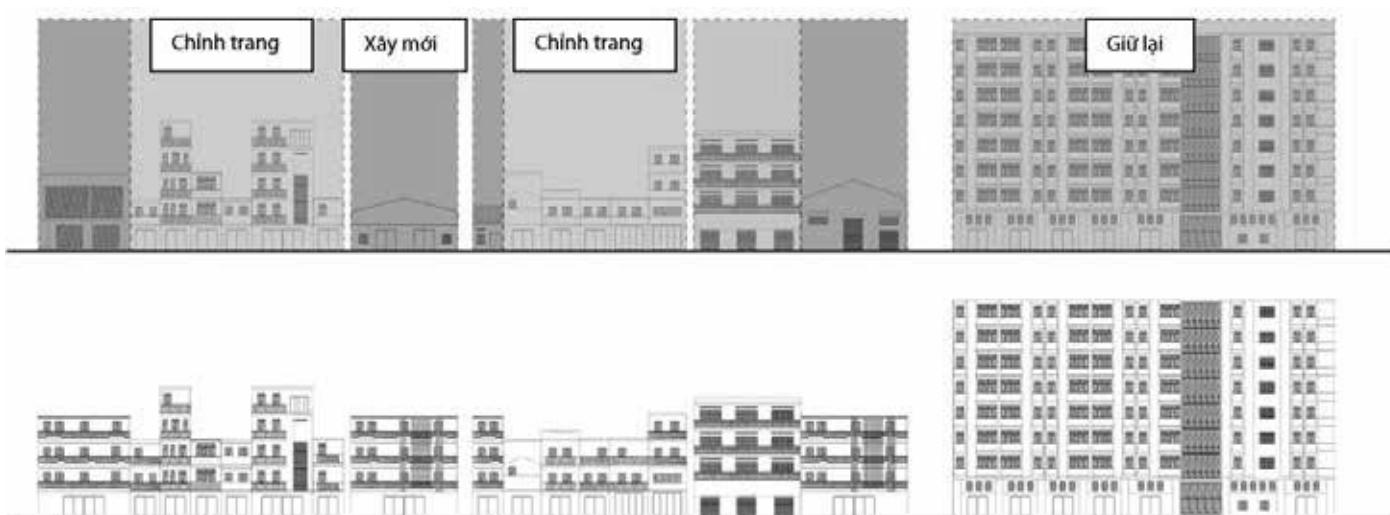
+ Thay thế và xây mới các kiến trúc kho xuống cấp không có khả năng cải tạo và sử dụng, các kiến trúc trong giai đoạn 1950-1995.

Kết quả đề xuất cải tạo chỉnh trang hình thái kiến trúc được mô phỏng như hình 13 và hình 14.





Hình 13. Đề xuất chỉnh trang mặt đường hướng phía Đông trục đường Nguyễn Văn Cù (Nguồn: Vũ Đức Nguyên)



Hình 14. Đề xuất chỉnh trang mặt đường hướng phía Tây trục đường Nguyễn Văn Cù (Nguồn: Vũ Đức Nguyên)

#### 4. KẾT LUẬN

Phương pháp Hình thái học đánh giá sâu hơn các yếu tố cấu thành không gian kiến trúc và đô thị thông qua phương pháp nghiên cứu tách lớp theo bối cảnh từng giai đoạn. Kết quả phân tích hình thái học giúp nhận diện một cách đầy đủ giá trị hình thái không gian, từ đó có những giải pháp đề xuất phù hợp.

Trường hợp Khu vực Bến Bình Đông là một trong những ví dụ điển hình cho một không gian đô thị giàu giá trị lịch sử - văn hóa, hình thành và phát triển theo trục giao thương thủy từ cuối thế kỷ 19. Cấu trúc đô thị dọc kênh Tàu Hủ, hệ thống lô đất dài - hẹp và sự đan xen giữa nhà ở, nhà kho, thương mại nhỏ lẻ đã tạo nên bản sắc hình thái độc đáo. Qua các thời kỳ, khu vực này chịu tác động mạnh mẽ của đô thị hóa nhưng vẫn lưu giữ nhiều lớp trầm tích kiến trúc quý giá. Tuy nhiên, sự xuống cấp và phát triển thiếu kiểm soát đang làm mai một bản sắc đó. Việc nghiên cứu hình thái học là cơ sở khoa học quan trọng để định hướng bảo tồn thích ứng.

Các giải pháp đề xuất của bài báo góp phần định hướng việc giữ gìn các giá trị không gian đô thị và phát triển giá trị hình thái kiến trúc một cách bền vững.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bến Bình Đông xưa và nay. (2005). Retrieved from <https://nld.com.vn/du-lich/ben-binh-dong-xua-va-nay-115569.htm>
- [2]. Conzen, M. R. G. (1960). Alnwick, Northumberland: A Study in Town-plan Analysis. Institute of British Geographers Publication, No. 27.

- [3]. Caniggia, G. & Maffei, G. L. (2001). Architectural Composition and Building Typology: Interpreting Basic Building. Alinea Editrice.
- [4]. Doling, T. (2014). Exploring Saigon-Cholon - Vanishing Heritage of Ho Chi Minh City. Thế giới Publishers.
- [5]. Hoàng Giám. (2022). Nhịp sống ở khu nhà xưởng cũ nát tại bến Bình Đông TPHCM. Retrieved from <https://dantri.com.vn/xa-hoi/nhip-song-o-khu-nha-xuong-cu-nat-tai-ben-binh-dong-tphcm-20220625132220984.htm#&gid=1&pid=4>
- [6]. Panerai, P., Castex, J., Depaule, J. C., & Samuels, I. (2004). Urban Forms: The Death and Life of the Urban Block. Architectural Press.
- [7]. Papin, P. (2001). La ville de Saigon: histoire et morphologie urbaine. Les Indes Savantes.
- [8]. Phan Chí Dũng, Vũ Đức Nguyên, Lê Thị Thúy Nga, Lê Cao Long, Đỗ Xuân Vũ (2025). Nghiên cứu Hình thái Khu vực Bến Bình Đông. Đồ án nghiên cứu tại Trường Đại học Văn Lang.
- [9]. Sở Quy hoạch - Kiến trúc TP.HCM. (2016). Đồ án quy hoạch phân khu tỷ lệ 1/2000 khu vực Quận 8, tuyến ven kênh Tàu Hủ. UBND TP.HCM.
- [10]. Sở Văn hóa - Thể thao TP.HCM. (2020). Đề xuất tuyến Bến Bình Đông là không gian du lịch - văn hóa - di sản.
- [11]. Whitehand, J. W. R. (2001). "British Urban Morphology: The Conzenian Tradition." Urban Morphology, 5(2), 103-109.
- [12]. Vnexpress. Tác giả: Minh Anh. Bến Bình Đông: Từ bến hoa Tết đến "điểm hẹn" đầu tư mới - <https://vnexpress.net/ben-binh-dong-tu-ben-hoa-tet-den-diem-hen-dau-tu-moi-4191674.html>
- [13]. Vnexpress. Tác giả: Quỳnh Trán - Đình Văn. Kho lương thực 100 tuổi - dấu ấn trung tâm lúa gạo miền Nam - <https://vnexpress.net/kho-luong-thuc-100-tuoi-dau-an-trung-tam-lua-gao-mien-nam-4843561.html>

# Quản lý phát triển các khu công nghiệp trên địa bàn tỉnh Hưng Yên theo hướng bền vững

## Managing the development of industrial parks in Hung Yen province in a sustainable direction

> TS TRẦN NGỌC PHÚ<sup>1</sup>, THS NGUYỄN NHƯ MẠNH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

<sup>2</sup>Ban Quản lý các khu công nghiệp tỉnh Hưng Yên

Email: Tranngoc\_phu2003@yahoo.com, Nguyennhumanh12ac@gmail.com

### TÓM TẮT

Tại Việt Nam, các khu công nghiệp (KCN) đã đóng góp tích cực cho tăng trưởng kinh tế, nhưng chưa đóng góp nhiều cho phát triển bền vững do những tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái. Trong bối cảnh phát triển bền vững và tăng trưởng xanh đang trở thành xu thế bao trùm trên toàn cầu, cùng với yêu cầu từ thực tiễn trong nước, việc chuyển đổi và phát triển các KCN theo hướng bền vững là tất yếu.

Nội dung bài viết này, trình bày thực trạng, cơ hội, thách thức, rào cản và giải pháp quản lý phát triển các KCN trên địa bàn tỉnh Hưng Yên theo hướng bền vững.

**Từ khóa:** Khu công nghiệp, khu công nghiệp bền vững, theo hướng bền vững, phát triển bền vững.

### ABSTRACT

In Vietnam, industrial zones have contributed positively to economic growth, but have not contributed much to sustainable development due to their impacts on the ecological environment. With the trend of sustainable development and green growth being the overarching trend in the world; stemming from the demands of domestic practice, the transformation and development of industrial zones in a sustainable direction is inevitable.

The content of this article presents the current situation, opportunities, challenges, barriers and solutions for managing the sustainable development of industrial parks in Hung Yen province.

**Keywords:** Industrial park, sustainable industrial park, in a sustainable way, sustainable development.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

#### 1.1. KCN bền vững trên thế giới và Việt Nam

Trên thế giới, nhiều quốc gia đã triển khai mô hình khu công nghiệp bền vững (KCNBV) dưới dạng các KCN sinh thái và KCN - đô thị - dịch vụ [4]; song ở Việt Nam mô hình này vẫn còn

khá mới mẻ, đã và đang thực hiện thí điểm ở một số KCN; Việt Nam hiện có khoảng 563 KCN nằm trong quy hoạch tại 34 tỉnh thành, với 397 khu đã được thành lập và 292 khu đang hoạt động, việc thúc đẩy phát triển KCN sinh thái sẽ đóng góp đáng kể vào nỗ lực ứng phó với biến đổi khí hậu, huy động nguồn lực từ khu vực tư nhân cho giải pháp công nghiệp xanh, đảm bảo an ninh năng lượng và phát triển bền vững (PTBV). Cách thức triển khai mô hình KCNBV ở Việt Nam là chuyển đổi từ các KCN truyền thống sang mô hình KCN sinh thái bằng cách chú trọng đến các tiêu chí của mô hình KCN sinh thái.

Đây là cách làm khác so với các quốc gia trên thế giới (hình thành và xây dựng KCN sinh thái ngay từ đầu); mô hình KCN của Việt Nam được coi là một trong những giải pháp thực hiện kinh tế tuần hoàn (quy định tại pháp luật về bảo vệ môi trường). Do đó, phải được lồng ghép vào 'Chiến lược thực hiện sản xuất và tiêu dùng bền vững đến năm 2030', 'Chiến lược tăng trưởng xanh quốc gia giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050', 'Đề án phát triển kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam', 'Đề án về những nhiệm vụ, giải pháp triển khai kết quả Hội nghị COP26'.

#### 1.2. Mục tiêu của việc xây dựng KCNBV tại Việt Nam

Mục tiêu của việc xây dựng KCNBV là nhằm tạo ra một môi trường sản xuất công nghiệp hài hòa với các yếu tố kinh tế, xã hội và môi trường, hướng tới PTBV và tăng trưởng xanh; bao gồm việc nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên, giảm thiểu ô nhiễm, tạo ra nhiều việc làm, nâng cao chất lượng cuộc sống cho người lao động, đồng thời thu hút đầu tư trong và ngoài nước [3]. Xây dựng KCNBV hướng tới các mục tiêu cụ thể sau:

a. Mục tiêu tăng trưởng kinh tế: (i) Thu hút đầu tư, tạo ra nhiều việc làm, tăng trưởng kinh tế cho địa phương và cả nước; (ii) Nâng cao năng lực cạnh tranh của các doanh nghiệp (DN) trong KCN, thúc đẩy đổi mới công nghệ và sản xuất sạch hơn; (iii) Phát triển các ngành công nghiệp hỗ trợ, công nghiệp công nghệ cao, công nghiệp bán dẫn;

b. Mục tiêu bảo vệ môi trường: (i) Giảm thiểu ô nhiễm môi trường (không khí, nước và đất); (ii) Sử dụng hiệu quả tài nguyên, năng lượng và nước; (iii) Xử lý chất thải công nghiệp một cách hiệu quả, hướng tới kinh tế tuần hoàn; (iv) Áp dụng các công nghệ xanh, thân thiện với môi trường trong sản xuất;

c. Mục tiêu phát triển xã hội: (i) Tạo ra nhiều việc làm, nâng cao chất lượng cuộc sống cho người lao động; (ii) Đảm bảo an sinh xã hội, cung cấp các dịch vụ, tiện ích cho người lao động và cộng đồng xung quanh; (iii) Nâng cao chất lượng nguồn nhân lực, đào tạo và phát triển kỹ năng cho người lao động.

### 1.3. Vai trò của việc xây dựng KCN bền vững tại Việt Nam

Vai trò của KCN BV nhìn nhận ở cả ba trụ cột, như sau:

a. Đối với kinh tế: Phát triển KCN BV tạo động lực cho tăng trưởng kinh tế địa phương và cả nước, đặc biệt là thúc đẩy phát triển công nghệ phụ trợ, nâng cao ứng dụng công nghệ trong DN vừa và nhỏ. Theo đó, các DN trong KCN BV sẽ gia tăng hiệu quả hoạt động nhờ tận dụng được lợi thế vốn có của KCN BV. Bởi, các DN trong KCN BV sẽ tiết kiệm chi phí trên cơ sở sản xuất mang tính liên kết và tuần hoàn với các DN khác;

b. Đối với xã hội: KCN BV thu hút dòng vốn đầu tư trong và ngoài nước, tạo việc làm mới trong các lĩnh vực công nghiệp và dịch vụ. Bên cạnh đó, KCN BV tạo động lực nâng cao chất lượng nguồn nhân lực của các địa phương trên cơ sở đòi hỏi cao về nguồn nhân lực lành nghề và chất lượng, trực tiếp đào tạo nguồn nhân lực này cả về trình độ chuyên môn và kỹ năng nghề nghiệp. Các dự án phát triển nhà ở, cải tạo và nâng cấp hệ thống cơ sở hạ tầng đảm bảo đời sống người lao động, đảm bảo an sinh xã hội [6];

c. Đối với môi trường: KCN BV có vai trò quan trọng đối với môi trường, giúp giảm nguồn gây ô nhiễm môi trường, giảm chất thải công nghiệp, tiết kiệm năng lượng, sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên, áp dụng hệ thống quản lý chất thải tiên tiến, sử dụng nguyên liệu tái tạo. Đồng thời, ứng dụng các công nghệ cao, thân thiện trong các hoạt động sản xuất và xử lý rác thải.

Tóm lại, việc xây dựng KCN BV là một xu hướng tất yếu, phù hợp với xu thế phát triển toàn cầu hướng tới tăng trưởng xanh và PTBV. Các KCN BV không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn góp phần quan trọng vào việc bảo vệ môi trường và nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân, của địa phương có KCN và cho cả nước.

Song mỗi địa phương lại có số lượng KCN khác nhau: (i) Miền Nam tập trung nhiều KCN lớn tại Bình Dương (nay thuộc TP.HCM), Đồng Nai, Long An (nay thuộc tỉnh Tây Ninh), TP.HCM; (ii) Miền Trung có các KCN tại Quảng Nam (nay thuộc Đà Nẵng), Quảng Ngãi, Bình Định (nay thuộc tỉnh Gia Lai), Thừa Thiên Huế, Nghệ An; (iii) Miền Bắc với nhiều KCN ở các tỉnh như Hà Nội, Bắc Ninh, Hải Phòng, Hưng Yên, Vĩnh Phúc (nay thuộc tỉnh Phú Thọ). Trong đó, Hưng Yên đang nổi lên như một điểm đến hấp dẫn của các nhà đầu tư.

Nội dung sau đây đề cập đến thực trạng, cơ hội, thách thức, rào cản và giải pháp quản lý phát triển các KCN trên địa bàn tỉnh Hưng Yên theo hướng bền vững.

## 2. THỰC TRẠNG, CƠ HỘI, THÁCH THỨC, RÀO CẢN TRONG QUẢN LÝ PHÁT TRIỂN CÁC KCN TẠI TỈNH HƯNG YÊN

### 2.1. Thực trạng các KCN tỉnh giai đoạn sáp nhập

a. Thực trạng quy hoạch, nguồn lực và định hướng KCN tỉnh:

Trên địa bàn tỉnh Hưng Yên (trước khi sáp nhập) có 35 KCN được quy hoạch phát triển, với diện tích 12.048,63 ha.

Tỉnh Thái Bình (trước khi sáp nhập) có 08 KCN (nằm ngoài Khu kinh tế tỉnh Thái Bình) được quy hoạch phát triển, với diện tích **1.477,48 ha**.

Quy hoạch KCN toàn tỉnh, đặc biệt là trong bối cảnh sáp nhập, có những diễn biến đáng chú ý. Tỉnh Hưng Yên (cũ) và tỉnh Thái Bình (cũ) đã có nhiều KCN được quy hoạch và phát triển. Tuy nhiên, việc sáp nhập mang lại những thay đổi trong quy hoạch tổng thể và định hướng phát triển của các KCN trong tỉnh mới. Quy hoạch tổng thể KCN mới cần lưu tâm đến địa điểm xây dựng (cần cân nhắc các yếu tố kết nối giao thông, tiếp cận nguồn lực và khả năng phát triển các cụm công nghiệp

phụ trợ). Công tác quy hoạch cần có tầm nhìn dài hạn cho sự phát triển của khu vực và vùng, đảm bảo sự hài hòa giữa tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường;

Ảnh hưởng của việc sáp nhập tới quy hoạch, nguồn lực và định hướng KCN:

- Quy hoạch tổng thể: Việc sáp nhập dẫn đến việc phải điều chỉnh quy hoạch các KCN, nhằm tối ưu hóa nguồn lực và tiềm năng của tỉnh mới.

- Phân bổ nguồn lực: Sau khi sáp nhập sẽ có sự phân bổ lại nguồn lực, đất đai, hạ tầng và tài chính để phát triển các KCN.

- Định hướng phát triển: Việc sáp nhập dẫn đến định hướng lại ngành nghề, lĩnh vực ưu tiên phát triển trong các KCN, nhằm tạo ra sự phát triển hài hòa và bền vững cho tỉnh mới.

b. Thực trạng quản lý và phát triển các KCN tại tỉnh Hưng Yên (trước khi sáp nhập):

Thực trạng quản lý và phát triển các KCN tại tỉnh Hưng Yên đang có những chuyển biến tích cực, với nhiều KCN đã đi vào hoạt động và thu hút đầu tư hiệu quả. Tuy nhiên, vẫn còn một số thách thức cần giải quyết, đặc biệt là trong việc phát triển công nghiệp hỗ trợ và quản lý môi trường. Điểm nổi bật:

- Phát triển mạnh mẽ: Tỉnh Hưng Yên (cũ) có 12 KCN đã được thành lập, trong đó 10 KCN đã đi vào hoạt động, với tổng diện tích hơn 2.773 ha. Tỉnh Thái Bình (cũ) có 06 KCN (nằm ngoài Khu kinh tế Thái Bình) đã được thành lập, đã đi vào hoạt động, với tổng diện tích **875,15 ha**. Bên cạnh đó, Khu kinh tế Thái Bình được quy hoạch 8.020 ha các KCN, KCN - đô thị - dịch vụ. Đến nay, trong đó có 5 KCN đã thành lập với diện tích 1.893 ha, trong đó có 4 KCN đi vào hoạt động.

- Thu hút đầu tư: Trong 10 KCN (tỉnh Hưng Yên cũ) đi vào hoạt động có 691 dự án đầu tư (387 FDI và 304 DDI) còn hiệu lực, với tổng vốn đầu tư vốn đăng ký khoảng 7.355 triệu USD và 53.484 tỷ đồng; trong đó, có 515 dự án đã đi vào hoạt động sản xuất kinh doanh (221 dự án DDI và 294 dự án FDI) với tổng vốn đầu tư thực hiện 5.073 triệu USD và 34.400 tỷ đồng. Trong 06 KCN (tỉnh Thái Bình cũ) đi vào hoạt động có 158 dự án đầu tư (71 dự án FDI và 87 DDI) còn hiệu lực, với tổng vốn đầu tư vốn đăng ký khoảng 801 triệu USD và 12.612 tỷ đồng; trong đó, có 114 dự án đang hoạt động sản xuất kinh doanh (66 dự án đầu tư DDI và 48 dự án FDI), với tổng vốn đầu tư đã thực hiện 591 triệu USD và 7.125 tỷ đồng. Bên cạnh đó, trong Khu kinh tế Thái Bình, có 232 dự án (62 dự án FDI và 170 dự án DDI), với tổng vốn đăng ký đầu tư khoảng 193.000 tỷ đồng.

- Tăng trưởng sản xuất: Các KCN đóng góp đáng kể vào tăng trưởng kinh tế của tỉnh, tạo việc làm và tăng thu ngân sách;

- Hoàn thiện hạ tầng: Tỉnh chú trọng đầu tư xây dựng hạ tầng KCN, đặc biệt là hệ thống xử lý nước thải tập trung, góp phần bảo vệ môi trường.

### 2.2. Cơ hội, thách thức, rào cản trong quản lý phát triển các KCN sau sáp nhập

a. Cơ hội phát triển các KCN

Tỉnh Hưng Yên (mới) có 43 KCN (nằm ngoài KKT) được quy hoạch phát triển, với diện tích 13.526,28 ha. Trong đó, có 18 KCN đã được thành lập, với quy mô diện tích 3.998,53 ha, với tổng vốn đầu tư đăng ký là 412,25 triệu USD và 21.846 tỷ đồng (không bao gồm vốn đầu tư của 3 KCN do nhà nước đầu tư).

Lũy kế đến hết Quý II/2025, trên địa bàn tỉnh có 16 KCN (ngoài KKT) được thành lập và đi vào hoạt động, đầu tư xây dựng hạ tầng được khoảng 3.224,03 ha. Tổng diện tích đất đã cho các dự án thứ cấp còn hiệu lực thuê lại là 1.731 ha.



Đến nay, các KCN (nằm ngoài KKT) của tỉnh Hưng Yên có 849 dự án đầu tư (458 FDI và 391 DDI) còn hiệu lực, với tổng vốn đầu tư vốn đăng ký khoảng 8.156 triệu USD và 66.096 tỷ đồng. Trong đó, đã có 629 dự án đang hoạt động sản xuất kinh doanh (gồm 287 dự án đầu tư trong nước và 342 dự án đầu tư nước ngoài), tổng vốn đầu tư đã thực hiện của các dự án trong KCN khoảng 5.664 triệu USD và 41.525 tỷ đồng.

Theo đánh giá của UNIDO, Việt Nam là một trong số ít quốc gia trên thế giới thành công trong việc thể chế hóa mô hình KCN sinh thái tại các văn bản quy phạm pháp luật (Nghị định số 82/2018/NĐ-CP và số 35/2022/NĐ-CP) [2]. Những thuận lợi cũng như các cơ hội khi triển khai xây dựng mô hình KCNBV gồm:

Đối với DN, phát triển hạ tầng KCN và DN thứ cấp, trên cơ sở hiểu rõ lợi ích và định hướng của Chính phủ, DN sẽ chủ động xây dựng lộ trình và thực hiện giải pháp chuyển đổi, xây dựng mới KCN sinh thái theo chiến lược sản xuất kinh doanh và tham gia các chuỗi giá trị toàn cầu.

Về dài hạn, chuyển đổi mô hình KCN thông thường sang mô hình KCN sinh thái giúp thu hút làn sóng đầu tư mới, chất lượng cao. KCN và DN sinh thái được ưu tiên hỗ trợ về thông tin, khoa học kỹ thuật, công nghệ, tạo điều kiện xuất khẩu hàng hóa, quảng bá thương hiệu và tham gia các chuỗi giá trị; ưu tiên tiếp cận các khoản vay ưu đãi từ các ngân hàng, tổ chức tài chính cũng như các ưu đãi đầu tư.

Việc chuyển đổi theo hướng kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn trong các KCN là giải pháp khắc phục những ảnh hưởng của hoạt động công nghiệp đến môi trường, giảm lãng phí tài nguyên và thúc đẩy tăng trưởng bền vững. Các DN trong KCN chủ động đầu tư, tìm kiếm và thực hiện các giải pháp sử dụng hiệu quả tài nguyên, sản xuất sạch hơn, hợp tác cộng sinh công nghiệp. Từ đó, giảm chi phí đầu vào thông qua tận dụng nguồn nguyên liệu giá rẻ, giảm chi phí vận hành, các sản phẩm đảm bảo chất lượng và có trách nhiệm với môi trường có lợi thế cạnh tranh cao hơn, đặc biệt đối với các thị trường phát triển.

#### *b. Thách thức trong quản lý phát triển các KCN*

Công nghiệp hỗ trợ còn chậm phát triển, quy mô DN còn nhỏ, công nghệ còn lạc hậu.

Sự liên kết giữa các nhà sản xuất, đặc biệt là các DN trong nước, chưa chặt chẽ; chưa phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý, DN và cộng đồng.

Vấn đề về quản lý môi trường tại một số KCN còn nhiều tồn tại, hạn chế, hoàn thiện hệ thống xử lý nước thải và các biện pháp bảo vệ môi trường được quan tâm nhiều nhất.

#### *c. Rào cản trong quản lý phát triển các KCN*

Việc chuyển đổi các KCN ở Việt Nam sang mô hình KCNBV còn một số rào cản về:

- Quy hoạch và phát triển hạ tầng KCN:

Để phát triển KCNBV, ngay từ đầu phải có quy hoạch tổng thể để chuẩn bị nguồn quỹ đất, nguồn lực và liên kết các cụm công nghiệp đảm bảo tính cộng sinh công nghiệp.

Nhưng với quan điểm xây dựng mô hình KCN phát triển theo hướng bền vững từ nền tảng các KCN có sẵn, như vậy phải điều chỉnh quy hoạch (phải có tầm nhìn tổng thể, dài hạn cho sự phát triển chung của một khu vực và một vùng) và kế hoạch đầu tư phát triển hạ tầng (với nguồn lực đầu tư được quản trị hiệu quả) với nhiều vấn đề phát sinh.

Hơn nữa, KCNBV cần phải nằm ở vị trí thuận lợi, tiện kết nối phát triển các cụm công nghiệp sản xuất phụ trợ, giảm chi phí vận chuyển trong liên kết, trao đổi, tái chế sản phẩm và thuận lợi trong việc khai thác các nguồn lực dịch vụ, năng lượng dùng chung.

- Khung khổ pháp lý (thể chế chính sách và cơ chế quản lý)

Thực tế triển khai, KCN phát triển theo hướng bền vững thông qua mô hình KCN sinh thái hay KCN - đô thị - dịch vụ liên quan tới nhiều lĩnh vực khác nhau của nền kinh tế.

Thiếu cơ chế tài chính ưu đãi cho các dự án PTBV, cơ chế quản lý KCN theo hướng bền vững đang vận hành, chịu sự quản lý và giám sát của nhiều cơ quan chức năng từ Trung ương đến địa phương. [1]

Tính pháp lý của Nghị định 35/2022/NĐ-CP của Chính phủ chưa đủ mạnh, do chưa cụ thể và chưa thống nhất các luật, nghị định chuyên ngành khác.

Khung khổ pháp lý này gây khó khăn cho hoạt động của các DN trong KCN, gây khó khăn cho triển khai thực hiện các hoạt động cộng sinh công nghiệp.

- Nguồn vốn và ý thức tham gia liên kết ngành của các DN trong KCN:

Để chuyển đổi theo hướng KCNBV, đòi hỏi các DN trong KCN phải có năng lực quản trị, dự báo tốt và cần có nguồn lực tài chính mạnh để đầu tư trang thiết bị máy móc, công nghệ hiện đại (đặc biệt là hệ thống xử lý chất thải công nghiệp tạo ra trong sản xuất). Trong khi, Việt Nam chưa có cơ chế tài chính ưu đãi riêng cho dự án đầu tư thực hiện các sáng kiến KCNBV, đây là rào cản lớn cho các DN trong quá trình chuyển đổi mô hình KCNBV.[5]

Chi phí cho việc thực hiện các giải pháp chuyển đổi hoặc xây dựng mới KCNBV đòi hỏi nguồn vốn đầu tư lớn, các giải pháp kỹ thuật tiên tiến trong khi nguồn lực của DN có hạn.

Ý thức tham gia, hợp tác liên kết cộng sinh và chuyển đổi công nghệ của một số DN đang tồn tại những rào cản vô hình, tâm lý e



ngại chuyển đổi do phải thực hiện nhiều quy trình phức tạp hơn so với việc không tham gia.

### 3. GIẢI PHÁP QUẢN LÝ PHÁT TRIỂN CÁC KCN THEO HƯỚNG BỀN VỮNG SAU SÁP NHẬP

#### 3.1. Các yếu tố quan trọng cần đạt được để phát triển bền vững KCN

- Quy hoạch tổng thể và dài hạn: Lựa chọn địa điểm phù hợp, có kết nối tốt với các khu vực sản xuất phụ trợ, giúp giảm chi phí vận chuyển và tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên. Có tầm nhìn chiến lược, quy hoạch bài bản, kết nối các khu, cụm công nghiệp và tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên.

- Quản lý hiệu quả nguồn lực: Đảm bảo sử dụng năng lượng, nước và nguyên vật liệu hiệu quả, đồng thời giảm thiểu chất thải và ô nhiễm. Quản lý tài nguyên hiệu quả (sử dụng hợp lý đất, nước, năng lượng và các nguồn tài nguyên khác, đồng thời giảm thiểu tiêu hao năng lượng và phát thải khí nhà kính).

- Đầu tư công nghệ hiện đại: Đầu tư công nghệ (vào công nghệ hiện đại, đặc biệt là hệ thống xử lý chất thải, để giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường). Ứng dụng công nghệ xanh, thân thiện môi trường và hệ thống xử lý chất thải tiên tiến.

- Hợp tác liên ngành: Khuyến khích sự hợp tác, chia sẻ kinh nghiệm và liên kết giữa các DN trong khu công nghiệp (gồm cả việc tái chế và trao đổi sản phẩm). Xây dựng cơ chế liên kết giữa các DN trong KCN, chia sẻ thông tin và nguồn lực để cùng nhau phát triển. Nghiên cứu và phát triển các KCN khoa học công nghệ, tập trung vào các ngành công nghệ cao, thân thiện với môi trường.

- Cơ chế tài chính hỗ trợ: Xây dựng các chính sách ưu đãi, hỗ trợ tài chính cho các DN đầu tư vào công nghệ xanh và các dự án PTBV. Cần có cơ chế tài chính ưu đãi để khuyến khích các DN đầu tư vào các sáng kiến PTBV.

- Ý thức và trách nhiệm của DN: Nâng cao nhận thức, trách nhiệm bảo vệ môi trường, tuân thủ quy định pháp luật và chủ động tham gia vào các hoạt động PTBV. Tăng cường tuyên truyền, giáo dục để nhận thức đúng về PTBV cho DN và cộng đồng.

#### 3.2. Giải pháp chung phát triển bền vững KCN tại Hưng Yên

- Ưu tiên phát triển công nghiệp hỗ trợ: Tỉnh cần có các chính sách, cơ chế hỗ trợ cụ thể để thúc đẩy sự phát triển của các ngành công nghiệp hỗ trợ, đặc biệt là các ngành có tiềm năng như cơ khí chế tạo, điện tử, dệt may, da giày.

- Tăng cường liên kết vùng: Tăng cường kết nối, hợp tác giữa các KCN trong tỉnh và với các địa phương lân cận để tạo thành chuỗi cung ứng hoàn chỉnh.

- Nâng cao năng lực quản lý môi trường: Tiếp tục đầu tư, nâng cấp hệ thống xử lý nước thải, thực hiện nghiêm các quy định về bảo vệ môi trường trong các KCN.

- Cải thiện môi trường đầu tư: Đẩy mạnh cải cách hành chính, tạo điều kiện thuận lợi cho các DN đầu tư vào Hưng Yên.

Hưng Yên nổi lên như một điểm đến hấp dẫn của các nhà đầu tư, đang có những bước tiến đáng kể trong phát triển các KCN; tuy nhiên, để đạt được mục tiêu PTBV, tỉnh cần tập trung giải quyết các thách thức hiện tại, đặc biệt là phát triển công nghiệp hỗ trợ và quản lý môi trường.

#### 3.3. Giải pháp thúc đẩy phát triển KCN tại Hưng Yên theo hướng bền vững

Để thúc đẩy phát triển KCNBT trong giai đoạn tới, Hưng Yên cần triển khai đồng bộ các giải pháp từ nhiều bên liên quan, đó là:

*Thứ nhất*, các cơ quan quản lý địa phương tham mưu cho UBND tỉnh hoạch định chính sách xây dựng và hoàn thiện khung khổ pháp lý để thúc đẩy phát triển nhanh các KCNBT. Trước tiên, tạo dựng khung thể chế pháp lý riêng về KCNBT để có hành lang pháp lý cho các bên

liên quan tham gia mô hình này. Cần có định hướng và lộ trình về phát triển KCNBT; có chính sách ưu đãi thu hút đầu tư cũng như các chính sách kinh tế, môi trường, xã hội liên quan. Cần có những cơ chế, chính sách khuyến khích và hỗ trợ các DN cải tiến công nghệ và dây chuyền sản xuất đảm bảo sạch hơn và sử dụng hiệu quả tài nguyên cũng như hình thành mối quan hệ cộng sinh công nghiệp giữa các DN trong các công đoạn sản xuất hướng tới PTBV.

*Thứ hai*, UBND tỉnh cần chỉ đạo xây dựng quy hoạch tổng thể phát triển KCNBT với tầm nhìn xa hơn, với quy mô vùng và liên vùng. Còn đối với chính quyền địa phương cần đánh giá khả năng chuyển đổi các KCN sang mô hình KCNBT để xây dựng lộ trình chuyển đổi cụ thể, tránh gây xáo trộn hoạt động sản xuất kinh doanh của các DN. Đồng thời, chuẩn bị đầy đủ nguồn lực về quỹ đất, hỗ trợ di dời và các dịch vụ khác. Cần lưu ý ưu tiên lựa chọn các DN có lĩnh vực, ngành nghề kinh doanh bổ trợ hoặc liên kết với nhau vào trong cùng một KCN dựa trên định hướng chuyển dịch cơ cấu ngành công nghiệp của địa phương.

*Thứ ba*, đẩy mạnh công tác thông tin, truyền thông, tuyên truyền, phổ biến đến các DN và người dân về phát triển KCNBT, những lợi ích của nó đối với tăng trưởng xanh và PTBV kinh tế. Nâng cao nhận thức, quyết tâm chính trị của các cấp trong việc thúc đẩy sử dụng hiệu quả tài nguyên, năng lượng, đổi mới công nghệ, thực hiện kinh tế tuần hoàn trong KCN; cam kết và hợp tác chặt chẽ của nhà đầu tư phát triển kết cấu hạ tầng KCN và các nhà đầu tư thứ cấp trong KCN.

Đồng thời, các cơ quan quản lý quản lý cần thường xuyên tiếp xúc, trao đổi với DN để nắm bắt kịp thời những vướng mắc mà DN gặp phải trong quá trình chuyển đổi sang mô hình KCNBT, từ đó có giải pháp chia sẻ và đồng hành cùng DN.

### 4. KẾT LUẬN

Quản lý phát triển các KCNBT nói chung và tại Hưng Yên nói riêng đòi hỏi sự kết hợp giữa quy hoạch tổng thể, quản lý hiệu quả nguồn lực, đầu tư công nghệ hiện đại và ý thức hợp tác giữa các DN. Việc này bao gồm lựa chọn địa điểm thuận lợi, đầu tư vào cơ sở hạ tầng đồng bộ, ứng dụng công nghệ xanh, xử lý chất thải, xây dựng cơ chế tài chính hỗ trợ và đặc biệt là thúc đẩy sự liên kết, hợp tác giữa các DN trong KCN.

Việc quản lý phát triển các KCN theo hướng bền vững là một quá trình dài và cần có sự chung tay của nhiều bên, bao gồm nhà nước, DN và cộng đồng. Quản lý phát triển các KCN theo hướng bền vững không chỉ giúp bảo vệ môi trường mà còn tạo ra môi trường đầu tư hấp dẫn, thu hút vốn đầu tư và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế. Phấn đấu Hưng Yên là một điểm đến hấp dẫn đối với các nhà đầu tư.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2022), Kỷ yếu Hội thảo "Phát triển khu công nghiệp sinh thái tại Việt Nam: Chính sách và giải pháp thực hiện".
- [2]. Chính phủ (2022). Nghị định số 35/2022/NĐ-CP ngày 28/5/2022 của Chính phủ về quản lý khu công nghiệp và khu kinh tế.
- [3]. Thu Duyên, 2024. Phát triển bền vững khu công nghiệp: Chuyển đổi theo hướng sinh thái, bền vững, Tạp chí Diễn đàn doanh nghiệp 03/2024.
- [4]. Huỳnh Phúc Nguyên Thịnh (2022), Kinh nghiệm quốc tế về phát triển các khu công nghiệp sinh thái và bài học cho Việt Nam, Luận án Tiến sĩ, Học viện Khoa học xã hội Việt Nam.
- [5]. Phạm Thị Tuyết Nhung và Phạm Thị Ninh (2022), Khu kinh tế, khu công nghiệp Việt Nam 2022: Khởi thông nguồn vốn đầu tư mới, truy cập từ <https://consosukien.vn/khu-kinh-te-khu-cong-nghiep-viet-nam-2022-khoi-thong-nguon-von-dau-tu-moi.htm>.
- [6]. Trần Thị Thanh Ý (2024), Thực trạng trong quá trình đầu tư nhà ở xã hội, nhà ở công nhân trong các khu công nghiệp, khu chế xuất. Tạp chí Quy hoạch xây dựng số 123.

# Tích hợp quy hoạch đô thị bền vững gắn với cải cách chính quyền hai cấp ở Việt Nam

## Integration of Sustainable Urban Planning with Two-Tier Government Reform in Vietnam

> PGS.TS.KTS NGUYỄN VŨ PHƯƠNG

Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng - ACST (Bộ Xây dựng)

### TÓM TẮT

Trong bối cảnh toàn cầu thúc đẩy mạnh mẽ các mục tiêu phát triển bền vững (SDGs), cũng như quá trình chuyển đổi xanh và chuyển đổi số, Việt Nam đứng trước yêu cầu cấp thiết phải đổi mới tư duy quy hoạch và quản trị đô thị. Song song với cải cách hành chính, mô hình chính quyền địa phương gồm hai cấp đang làm thay đổi sâu sắc cách thức điều hành và phân cấp quản lý không gian đô thị. Mô hình này góp phần nâng cao tính tự chủ ở cấp cơ sở, nhưng cũng đặt ra thách thức trong điều phối giữa các phường, xã và trong tổ chức quy hoạch tích hợp hiệu quả.

Trước thực tiễn đó, quy hoạch đô thị cần vượt khỏi giới hạn hành chính truyền thống, hướng tới tích hợp các tiêu chí xanh - thông minh - bền vững trong lập, quản lý và giám sát quy hoạch. Cách tiếp cận này giúp khắc phục tình trạng phân tán trong đầu tư và tăng cường khả năng thích ứng trước biến đổi khí hậu, đô thị hóa và công nghệ. Bài báo phân tích cơ sở lý luận, thực tiễn và kinh nghiệm quốc tế, đồng thời đề xuất Bộ chỉ số tích hợp đánh giá đô thị bền vững (KPI), có thể áp dụng linh hoạt ở cấp phường/xã hoặc vùng liên phường/xã, nhằm góp phần thúc đẩy quá trình quy hoạch, phân loại và quản lý đô thị theo hướng bền vững, hiện đại và hội nhập.

**Từ khóa:** Tích hợp quy hoạch, bộ chỉ số tích hợp (KPI), đô thị xanh, đô thị thông minh, phát triển bền vững, cải cách chính quyền địa phương.

### ABSTRACT

In the context of a global push to accelerate the Sustainable Development Goals (SDGs), green transition, and digital transformation, Vietnam faces an urgent need to innovate its approach to urban planning and governance. Alongside administrative reform, the two-tier local government model is fundamentally reshaping how urban spaces are managed and decentralized. While this model enhances grassroots autonomy, it also poses challenges in inter-communal coordination and the effective organization of integrated planning.

Given these realities, urban planning in Vietnam must go beyond traditional administrative boundaries and move toward the integration of green, smart, and sustainable criteria in the formulation, management, and monitoring of planning processes. This integrated approach helps address fragmented investment, while strengthening adaptability to climate change, urbanization, and technological advancement. This paper analyzes the theoretical foundations, practical context, and international experiences, and proposes a set of integrated Key Performance Indicators (KPIs) for evaluating sustainable urban development. These indicators can be flexibly applied at the ward/commune level or across inter-communal areas, contributing to improved planning, classification, and management of urban areas in a more sustainable, modern, and globally integrated direction.

**Keywords:** Integrated planning, integrated indicator framework (KPI), green city, smart city, sustainable development, Local government reform.

### 1. BỐI CẢNH PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ VÀ CẢI CÁCH QUẢN TRỊ THEO MÔ HÌNH HAI CẤP Ở VIỆT NAM

Quá trình đô thị hóa tại Việt Nam diễn ra nhanh và mở rộng về quy mô trong những thập niên gần đây. Đến năm 2023, tỷ lệ đô thị hóa cả nước đạt khoảng 43%, với tốc độ tăng gần 1% mỗi năm. Tuy nhiên, sự phát triển này diễn ra không đồng đều giữa các vùng miền và địa phương, tạo ra sự phân hóa rõ rệt về không gian đô thị và chất lượng hạ tầng. Bên cạnh đó, quá trình đô thị hóa còn bộc lộ nhiều bất cập: phát triển theo kiểu mở rộng tự phát, thiếu liên kết, chịu áp lực lớn về hạ tầng kỹ thuật - xã hội, và các vấn đề nghiêm trọng về môi trường, giao thông, nhà ở và dịch vụ công.

Trong bối cảnh đó, việc chuyển đổi mô hình tổ chức chính quyền địa phương từ ba cấp (tỉnh/thành phố - quận/huyện - phường/xã) sang hai cấp (tỉnh/thành phố trực thuộc trung ương và phường/xã), bắt đầu có hiệu lực từ ngày 01/7/2025, đã làm thay đổi sâu sắc cấu trúc hành chính đô thị. Việc loại bỏ cấp trung gian góp phần tinh gọn bộ máy, nâng cao hiệu quả quản lý; tuy nhiên, đồng thời cũng đặt ra nhiều thách thức mới trong tổ chức và quản lý không gian đô thị. Một trong những thách thức lớn là việc xác định tư cách và ranh giới đô thị trở nên kém rõ ràng. Nhiều đơn vị trước đây được xác lập là đô thị cấp quận/huyện nay trở thành tập hợp các phường/xã trực thuộc tỉnh, gây khó khăn trong việc định hướng phát triển, xác định

chức năng không gian và ưu tiên đầu tư. Bên cạnh đó, sự chênh lệch về hạ tầng và dân cư giữa các phường/xã trong cùng một đô thị cũng làm gia tăng nhu cầu đối với các công cụ điều phối liên kết vùng, phân bổ nguồn lực và cung cấp dịch vụ công một cách hợp lý.

Vì vậy, trong bối cảnh cải cách thể chế và áp lực đô thị hóa, cần xây dựng một cách tiếp cận mới trong tích hợp quy hoạch - phân loại - quản lý đô thị, dựa trên các tiêu chí xanh, thông minh và bền vững. Đây là nền tảng quan trọng để tối ưu hóa nguồn lực, nâng cao hiệu quả đầu tư công và phát triển đô thị hiện đại, đồng bộ theo xu thế toàn cầu.

## 2. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHÁP LÝ CỦA TÍCH HỢP QUY HOẠCH

**Tích hợp quy hoạch** hoặc Quy hoạch tích hợp (Integrated planning) là cách tiếp cận tổng thể, liên ngành và liên cấp trong việc lập và tổ chức thực hiện quy hoạch phát triển. Theo nghĩa rộng, tích hợp được hiểu là quá trình kết nối, nhất thể hóa các thành phần khác nhau (ngành, cấp, không gian, thời gian, nguồn lực) nhằm tạo nên một hệ thống phát triển đồng bộ, tránh trùng lặp, mâu thuẫn hoặc bỏ sót. Theo định nghĩa của UN-Habitat: “*Quy hoạch tích hợp (Integrated planning) là quá trình ra quyết định nhằm thực hiện các mục tiêu kinh tế, xã hội và môi trường thông qua phát triển tầm nhìn không gian*”. Các nguyên tắc cơ bản của tích hợp quy hoạch được đề cập trong “Our City Plan - In Action” của UN Habitat, gồm:

- **Tích hợp không gian - chức năng - chính sách:** quy hoạch sử dụng đất gắn với phát triển hạ tầng, kinh tế, xã hội, môi trường và khả năng chống chịu (tập trung vào phát triển bền vững).

- **Lồng ghép đa ngành:** giao thông, nhà ở, năng lượng, nước sạch, y tế, giáo dục... Áp dụng các công cụ pháp lý rõ ràng và thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng trong quá trình quy hoạch.

- **Tích hợp theo chiều ngang và chiều dọc:** giữa các cấp chính quyền (trung ương - địa phương - cộng đồng), giữa các khu vực chức năng (trung tâm - vùng ven - vùng rủi ro...). Tiếp cận liên ngành và đa cấp.

Những đặc điểm này giúp đảm bảo quy hoạch không bị phân mảnh và tăng tính kết nối giữa các vùng, lĩnh vực và cấp hành chính. Tại Việt Nam, bước ngoặt quan trọng là sự ra đời của Luật Quy hoạch số 21/2017/QH14, lần đầu tiên xác lập khái niệm “tích hợp quy hoạch” một cách chính thức, thay đổi căn bản tư duy quy hoạch từ “chia lẻ - phân ngành” sang “tích hợp - đồng bộ”. Theo điều 3, khoản 5: *Tích hợp quy hoạch là việc tổng hợp, lựa chọn, phân tích, đánh giá và sắp xếp hợp lý các yếu tố phát triển của ngành, lĩnh vực, địa phương vào quy hoạch tổng thể để đảm bảo sự đồng bộ và phù hợp trong quá trình lập, thẩm định, quyết định hoặc phê duyệt và tổ chức thực hiện quy hoạch*.

Ngoài Luật Quy hoạch, các văn bản pháp luật khác cũng tạo khung pháp lý đồng bộ cho tích hợp như: Luật Xây dựng 2014 (sửa đổi 2020): yêu cầu tích hợp các yếu tố bền vững trong thiết kế và xây dựng; Luật Bảo vệ môi trường 2020: yêu cầu tích hợp đánh giá môi trường chiến lược trong quy hoạch; Luật Đất đai (sửa đổi 2024): đảm bảo tính liên kết không gian và sử dụng tài nguyên hiệu quả.

Cách tiếp cận này tạo điều kiện để triển khai hiệu quả các mô hình tích hợp phát triển đô thị xanh - thông minh - bền vững, đặc biệt trong bối cảnh chính quyền địa phương tổ chức theo mô hình hai cấp.

## 3. TÍCH HỢP QUY HOẠCH ĐÔ THỊ THEO HƯỚNG XANH - THÔNG MINH - BỀN VỮNG

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và BĐKH ngày càng gia tăng, việc tích hợp quy hoạch đô thị theo hướng **xanh - thông minh - bền vững** trở thành định hướng tất yếu nhằm đảm bảo phát triển hài hòa, hiệu quả và thích ứng. Ba mô hình đô thị này không tồn tại riêng lẻ mà có mối quan hệ tương hỗ sâu sắc. **Đô thị xanh** nhấn mạnh bảo vệ môi trường, phát triển hạ tầng xanh, sử dụng năng lượng tái tạo và nâng cao khả năng chống chịu khí hậu. Trong khi đó, **Đô thị thông minh** ứng dụng các công nghệ số như IoT, dữ liệu lớn (Big Data), trí tuệ nhân tạo (AI), mô hình số đô thị (Digital Twin), kết hợp với hệ thống chính quyền số để nâng cao hiệu quả quản lý, tối ưu hóa hạ tầng và cải thiện chất lượng sống. **Đô thị bền vững** là mô hình tích hợp, đặt trọng tâm vào sự cân bằng giữa phát triển kinh tế, tiến bộ xã hội và bảo vệ môi trường, đồng thời chú trọng quản lý rủi ro và khả năng thích ứng biến đổi khí hậu.

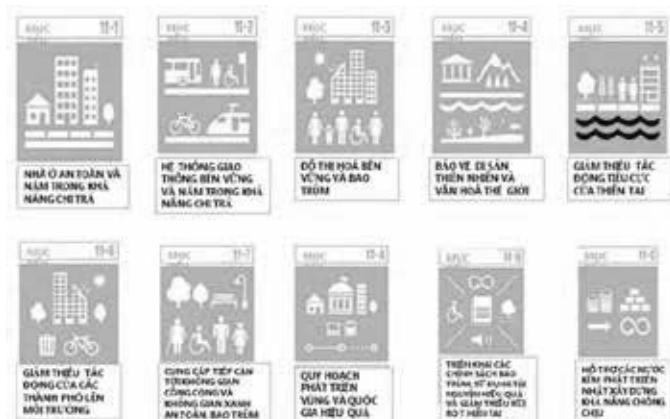


Hình 1. Các mô hình quốc tế về phát triển đô thị Bền vững - Xanh - Thông minh (bao gồm các khung chỉ số SDG, Green City Index và Smart City Wheel)

Tính tích hợp thể hiện rõ qua mối liên hệ giữa ba mô hình: đô thị xanh cần công nghệ thông minh để vận hành hiệu quả, đô thị thông minh phải phục vụ mục tiêu phát triển bền vững và lấy con người làm trung tâm, còn đô thị bền vững chính là khung tích hợp cả hai yếu tố trên. Việc tích hợp này được hỗ trợ bởi các công cụ hiện đại như GIS, BIM, hệ thống cơ sở dữ liệu tích hợp, cùng bộ chỉ số đánh giá (KPI) về đô thị bền vững.

Về mặt pháp lý, Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn (2024) đã quy định bắt buộc lồng ghép các yếu tố xanh, thông minh và bền vững trong tổ chức không gian, phân loại đô thị và xác định chỉ tiêu phát triển. Trên thực tiễn, định hướng này đã được thể chế hóa qua nhiều chính sách quan trọng như: Đề án phát triển đô thị thông minh bền vững đến 2025, tầm nhìn 2030 (QĐ 950/2018); Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh (QĐ 1658/2021); Thông tư 06/2023/TT-BTNMT của Bộ TN&MT về lồng ghép thích ứng với biến đổi khí hậu vào quy hoạch; và Nghị quyết 06-NQ/TW (2022) của Bộ Chính trị định hướng phát triển hệ thống đô thị theo hướng xanh, thông minh, chống chịu.

Đặc biệt, việc thành lập Tổ công tác liên ngành về đô thị thông minh vào ngày 16/7/2025 ngay sau cải cách hành chính, cho thấy cam kết chính trị rõ ràng trong thúc đẩy chuyển đổi số đô thị, xây dựng khung tiêu chí thống nhất và triển khai thí điểm từ cấp xã/phường, từng bước hiện thực hóa mô hình đô thị tích hợp tại Việt Nam.



Hình 2. Các mục tiêu nhỏ thuộc SDG 11 - Mục tiêu phát triển bền vững Số 11 (SDG 11 nằm trong 17 mục tiêu toàn cầu do Liên Hợp quốc đề xuất năm 2015)

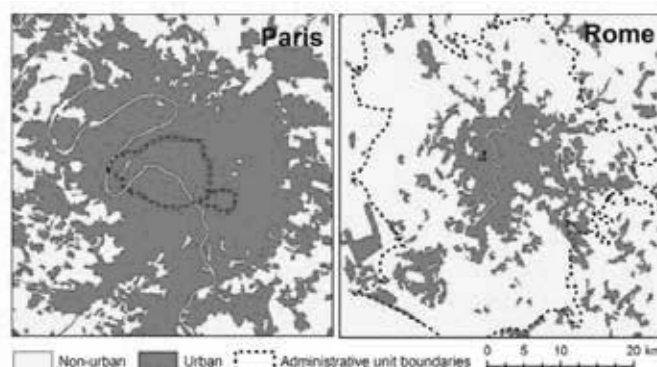
Trong những năm qua, Việt Nam cũng đã có những bước tiến vững chắc trong việc điều chỉnh chính sách quốc gia theo hướng phù hợp với các Mục tiêu phát triển bền vững (SDGs) của LHQ và Chương trình Nghị sự đô thị mới (NUA) - UN Habitat. Trong các báo cáo rà soát quốc gia tự nguyện (VNRs), Việt Nam đã ghi nhận nhiều kết quả tích cực đối với mục tiêu SDG 11, đặc biệt trong các lĩnh vực quy hoạch đô thị, phát triển nhà ở và tăng cường khả năng chống chịu. Việc nội địa hóa NUA hiện vẫn đang được triển khai, với một số đô thị như Đà Nẵng và TP.HCM tiên phong thí điểm các mô hình quy hoạch tích hợp, có sự tham gia của cộng đồng và ứng dụng đổi mới sáng tạo.

#### 4. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ QUY HOẠCH TÍCH HỢP TRONG MÔ HÌNH QUẢN TRỊ ĐÔ THỊ

Trong bối cảnh toàn cầu đối mặt với các thách thức như đô thị hóa nhanh, biến đổi khí hậu và bất bình đẳng xã hội, nhiều quốc gia đã áp dụng mô hình quy hoạch tích hợp đa ngành, đa cấp để xây dựng các đô thị xanh - thông minh - bền vững. Các kinh nghiệm quốc tế dưới đây cung cấp cơ sở tham khảo quan trọng cho Việt Nam khi đang triển khai mô hình chính quyền hai cấp (không còn cấp quận/huyện trung gian).

##### 4.1. Pháp - Quy hoạch tích hợp trong vùng đô thị chức năng (FUA)

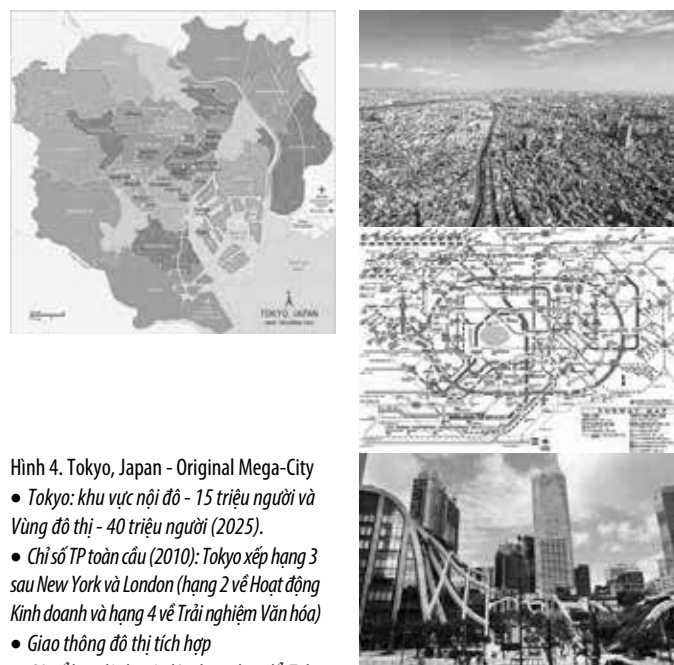
Pháp là quốc gia tiên phong trong việc thiết lập mô hình "Intercommunalité", liên kết các xã/phường (communes) trong một không gian đô thị chức năng để cùng phối hợp thực hiện quy hoạch hạ tầng, môi trường, giao thông, nhà ở xã hội và phát triển kinh tế địa phương. Đặc biệt, quy hoạch theo Vùng chức năng đô thị - FUA (Functional Urban Areas) do INSEE và OECD xây dựng, xác định trên cơ sở kết nối dân cư, giao thông và hạ tầng kinh tế/xã hội và được sử dụng làm cơ sở phân bổ đầu tư công và đánh giá phát triển vùng (OECD, 2012). Tích hợp dữ liệu không gian, môi trường và xã hội giúp xác định "đô thị xanh" gắn với phân bổ không gian hợp lý và phát triển giao thông công cộng - giảm phát thải và mở rộng không gian xanh.



Hình 3. Ranh giới hành chính và phạm vi đô thị thực tế của Paris và Rome (Nguồn: Ana I. Moreno Monroy, OECD/CFE/RDT - 2019)

Hình 3, cho thấy tại Paris và Rome, phạm vi đô thị thực tế đã mở rộng vượt ra ngoài ranh giới hành chính chính thức, phản ánh rõ sự không tương thích giữa không gian đô thị và đơn vị quản lý hành chính. Tình trạng này dẫn đến những bất cập trong quy hoạch, đầu tư và cung cấp dịch vụ công. Vì vậy, nhiều quốc gia đã chuyển sang quản lý theo Vùng chức năng đô thị, dựa trên kết nối thực tế về dân cư, hạ tầng và kinh tế thay vì theo địa giới hành chính cứng. Đây cũng là hướng tiếp cận phù hợp với Việt Nam trong bối cảnh xóa bỏ cấp hành chính trung gian, giúp tổ chức không gian và quản lý đô thị hiệu quả hơn, phù hợp với 6 đô thị đặc biệt trực thuộc trung ương.

##### 4.2. Nhật Bản - Mô hình đô thị phi địa giới và quản trị tích hợp



Hình 4. Tokyo, Japan - Original Mega-City

- Tokyo: khu vực nội đô - 15 triệu người và Vùng đô thị - 40 triệu người (2025).
- Chỉ số TP toàn cầu (2010): Tokyo xếp hạng 3 sau New York và London (hạng 2 về Hoạt động Kinh doanh và hạng 4 về Trải nghiệm Văn hóa)
- Giao thông đô thị tích hợp
- Các tổ hợp đô thị siêu lớn đang thay đổi Tokyo

Nhật Bản nổi bật với cách tiếp cận quy hoạch tích hợp không phụ thuộc ranh giới hành chính (borderless urbanism) trong quản lý các vùng đô thị lớn như Tokyo, Osaka hay Fukuoka. Các tỉnh đóng vai trò điều phối tổng thể, còn các chính quyền địa phương thực hiện theo chức năng. Trong bối cảnh Nhật Bản, "borderless urbanism" còn có thể được hiểu theo hai khái niệm chính: sự xóa nhòa ranh giới giữa không gian công cộng và không gian riêng tư, và sự tích hợp đa chức năng trong các khu vực đô thị. Điều này bao gồm cả không

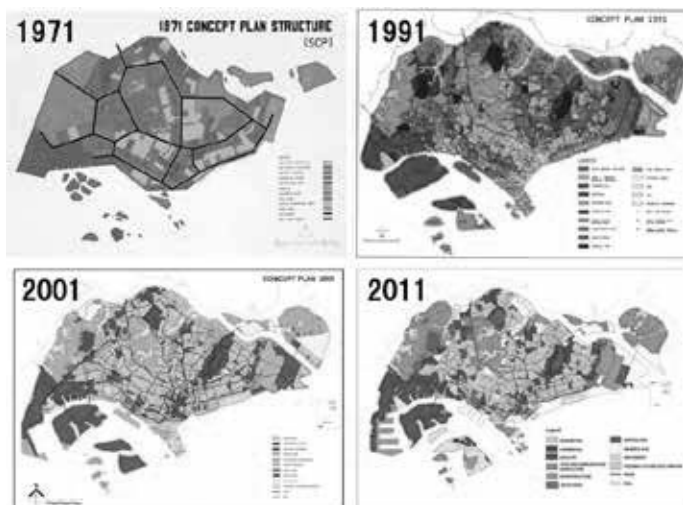


gian vật lý và cách con người tương tác với chúng, hướng tới một môi trường đô thị linh hoạt và thích ứng cao hơn.

Đặc biệt, Nhật Bản có chính sách đô thị carbon thấp gắn với tích hợp giao thông - không gian xanh - năng lượng tái tạo trong quy hoạch vùng (MLIT Japan, 2018). Các chương trình như “Eco-Model Cities” và “Smart City Strategy” lồng ghép mạnh mẽ giữa bảo vệ môi trường, sử dụng AI/IoT và đảm bảo khả năng chống chịu thiên tai - là mô hình điển hình về tích hợp xanh - thông minh - bền vững.

#### 4.3. Singapore - Quy hoạch thông minh tích hợp tập trung (One-plan, one-system)

Singapore là quốc gia đi đầu toàn cầu về phát triển đô thị thông minh và hướng tới trung hòa carbon (net-zero), với chiến lược quốc gia rõ ràng thông qua Smart Nation Plan và Green Plan 2030. Quy hoạch đô thị tại Singapore được thực hiện một cách tích hợp và tập trung bởi Urban Redevelopment Authority (URA) - cơ quan quy hoạch duy nhất, chịu trách nhiệm thống nhất từ quy hoạch sử dụng đất, hạ tầng giao thông, năng lượng, không gian xanh đến phân bố dân cư.



Hình 5. Tích hợp quy hoạch đô thị Singapore “Thinking Long-Term”

Nguồn: <https://www.sg101.gov.sg/infrastructure/urban-planning/longterm/>

Toàn bộ dữ liệu được số hóa trên nền tảng GIS và Digital Twin, cho phép mô phỏng các kịch bản phát triển dựa trên Big Data, AI và hệ thống chỉ số KPI bền vững. Cách tiếp cận này đảm bảo đạt ba mục tiêu: tăng trưởng kinh tế, chất lượng sống cao và quản trị minh bạch (World Bank, 2019). Ngoài ra, Singapore áp dụng các tiêu chí cụ thể như Green Mark Scheme (đánh giá công trình xanh) và phân cấp thực hiện Smart Nation đến từng khu dân cư, nhằm kiểm soát hiệu quả quy hoạch tích hợp xanh - thông minh - bền vững ngay từ cấp cơ sở.

### 5. ĐỊNH HƯỚNG ÁP DỤNG MÔ HÌNH QUY HOẠCH TÍCH HỢP TRONG BỐI CẢNH CẢI CÁCH CHÍNH QUYỀN Ở VIỆT NAM

#### 5.1. Thiết lập cơ chế điều phối liên cấp, liên ngành gắn với mô hình chính quyền 2 cấp

Trong bối cảnh cải cách hành chính, Việt Nam chuyển từ mô hình ba cấp (tỉnh - quận/huyện - xã/phường) sang chính quyền địa phương hai cấp (tỉnh - xã/phường), đòi hỏi thiết lập cơ chế điều phối liên cấp và liên ngành mới. Các cơ quan điều phối vùng đô thị chức năng (tương tự như Functional Urban Areas - FUAs) cần được hình thành để kết nối quản trị giữa tỉnh và các

phường/xã, thay thế vai trò trung gian của cấp quận/huyện trước đây. Mô hình này có thể học hỏi từ Intercommunalité của Pháp và Core City của Nhật Bản, giúp quản lý hiệu quả các vùng đô thị liên thông, liên tỉnh, liên ngành.

#### 5.2. Áp dụng mô hình quy hoạch tích hợp xanh - thông minh - bền vững

##### i. Mô hình tích hợp

Việc tích hợp ba yếu tố xanh - thông minh - bền vững không chỉ là xu hướng toàn cầu mà còn đã được thể chế hóa trong Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn 2024. Việt Nam cần phát triển các vùng đô thị tích hợp đa chức năng, dựa trên:

- Hạ tầng xanh: tỷ lệ cây xanh, diện tích thấm nước, phát triển nhà ở xã hội, tiết kiệm năng lượng....
- Hạ tầng thông minh: số hóa quy hoạch, giao thông thông minh, dữ liệu mở.
- Quản trị bền vững: quy hoạch có sự tham gia của người dân, tăng chỉ số hài lòng, khả năng chống chịu với BĐKH.

##### ii. Ba cấp độ tích hợp thực tiễn

- Về không gian: Kết nối liên vùng, liên phường/xã, tích hợp các chức năng sống - làm việc - di chuyển - giải trí trong không gian đô thị.
- Về nội dung: Lồng ghép giữa các loại quy hoạch (xây dựng, môi trường, hạ tầng), số hóa đô thị, đảm bảo hài hòa phát triển kinh tế - xã hội - môi trường.
- Về công cụ: Ứng dụng GIS, BIM, Big Data, Digital Twin, AI, và mô phỏng 3D để hỗ trợ phân tích, dự báo và tổ chức quy hoạch hiệu quả.

##### iii. Ưu tiên phát triển công nghệ số và nền tảng dữ liệu tích hợp

Gắn với cải cách hành chính, việc giảm cấp trung gian là cơ hội để đẩy mạnh quản lý số và tích hợp dữ liệu liên thông từ tỉnh đến xã/phường. Việt Nam cần xây dựng nền tảng đô thị số, ứng dụng GIS, Digital Twin, AI và mô phỏng 3D trong dự báo và điều hành đô thị. Hệ thống dữ liệu liên thông sẽ giúp tăng hiệu quả điều phối, minh bạch hóa thông tin và tránh trùng lặp trong đầu tư hạ tầng.

#### 5.3. Xây dựng bộ chỉ số tích hợp (KPI) đánh giá đô thị bền vững

Hiện nay, Việt Nam chưa có bộ chỉ số đánh giá đô thị bền vững tích hợp đầy đủ các nội hàm xanh - thông minh - bền vững. Do đó, việc xây dựng bộ chỉ số (KPI) đô thị bền vững là bước then chốt nhằm giám sát chất lượng phát triển đô thị và làm căn cứ phân loại đô thị theo mức độ phát triển trong mô hình quản trị hai cấp. Bộ chỉ số này cần được thiết kế để phản ánh năng lực phát triển thực chất của đô thị, thay vì chỉ dựa vào quy mô dân số hay ranh giới hành chính.

Bộ chỉ số KPI được tác giả xây dựng dựa trên tham khảo các khung quốc tế (Hình 1) như: **SDG 11** - Đô thị và cộng đồng bền vững (Mục tiêu phát triển bền vững của LHQ và Việt Nam đã cam kết), **Green City Index** - Chỉ số Thành phố xanh (khung đánh giá do Economist Intelligence Unit-EIU và Siemens phối hợp xây dựng nhằm đo lường hiệu suất môi trường của các đô thị xanh trên thế giới), **Smart City Wheel** - Bánh xe đô thị thông minh (Mô hình đô thị thông minh do Boyd Cohen phát triển năm 2012 gồm 6 trụ cột cốt lõi: Kinh tế thông minh, Giao thông thông minh, Môi trường thông minh, Người dân thông minh, Cuộc sống thông minh, Quản trị thông minh). Đồng thời điều chỉnh phù hợp với điều kiện Việt Nam để đảm bảo quản lý hiệu quả, và định hướng đầu tư công bằng giữa các đô thị.

**Bảng 1. Đề xuất Bộ chỉ số đánh giá đô thị bền vững (KPI)**

| I  | TRỤ CỘT MÔI TRƯỜNG                                                                                  | III | TRỤ CỘT XÃ HỘI – QUẢN TRỊ                                                                                                          |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Tỷ lệ cây xanh đô thị (m <sup>2</sup> /người) - <i>(Mức độ tiếp cận KG xanh của cư dân)</i>         | 11  | Tỷ lệ dân số tham gia quy trình quy hoạch (%) <i>(Mức độ dân chủ trong quản lý đô thị)</i>                                         |
| 2  | Tỷ lệ diện tích thấm nước/tổng diện tích đô thị (%)                                                 | 12  | Chỉ số hài lòng của người dân về dịch vụ đô thị. <i>(Đo hiệu quả phục vụ công)</i>                                                 |
| 3  | Chất lượng không khí (AQI trung bình/năm) <i>(Theo dõi mức độ ô nhiễm không khí khu vực đô thị)</i> | 13  | Tỷ lệ nhà ở xã hội trên tổng nguồn cung nhà ở ĐT (%) <i>(Đo khả năng cung ứng NOXH và tính công bằng, khả năng tiếp cận nhà ở)</i> |
| 4  | Tỷ lệ rác thải rắn được thu gom - xử lý đúng quy định (%)                                           | 14  | Chỉ số an toàn đô thị <i>(Camera an ninh đô thị, Số vụ phạm pháp/100.000 dân...)</i>                                               |
| 5  | Tỷ lệ năng lượng tái tạo trong tổng tiêu thụ năng lượng đô thị (%)                                  | 15  | Mức độ sẵn sàng thích ứng với thời tiết cực đoan, biến đổi khí hậu                                                                 |
| II | TRỤ CỘT KINH TẾ - HẠ TẦNG                                                                           | IV  | CHỈ SỐ TÍCH HỢP (CROSS-CUTTING KPI)                                                                                                |
| 6  | Tỷ lệ đầu tư công cho hạ tầng xanh – thông minh trên tổng đầu tư đô thị (%)                         | 16  | Mức độ thực hiện SDG 11 tại địa phương <i>(Theo 10 mục tiêu con của SDG 11)</i>                                                    |
| 7  | Mật độ mạng lưới giao thông công cộng (km/km <sup>2</sup> )                                         | 17  | Tỷ lệ quy hoạch có lồng ghép tiêu chí xanh – thông minh – bền vững (%)                                                             |
| 8  | Tỷ lệ dân cư sử dụng phương tiện GT công cộng/thân thiện môi trường (%)                             | 18  | Số hóa quản lý đô thị tổng thể (Digital Twin, nền tảng quản lý số cấp đô thị)                                                      |
| 9  | Số hóa công tác quy hoạch và quản lý đô thị <i>(Ứng dụng công nghệ BIM, GIS, IoT)</i>               | 19  | Tỷ lệ ngân sách cho phát triển đô thị bền vững (%) <i>(Cam kết chính sách và tài chính)</i>                                        |
| 10 | Tỷ lệ khu dân cư tiếp cận hạ tầng cơ bản <i>(điện/nước/viễn thông/công viên)</i>                    | 20  | Xếp hạng chỉ số đô thị bền vững quốc gia <i>(Bảng xếp hạng minh bạch hàng năm)</i>                                                 |

Bộ chỉ số đánh giá đô thị bền vững (KPI) không chỉ là công cụ đánh giá chất lượng và năng lực phát triển thực tế, khả năng chống chịu và mức độ bền vững của từng đô thị, giúp định hướng quy hoạch và nâng cao năng lực quản trị trong mô hình chính quyền hai cấp. Cụ thể, bộ chỉ số giúp:

- **Hỗ trợ quy hoạch không gian và hạ tầng:** Bộ tiêu chí cung cấp căn cứ khoa học để định hướng sử dụng đất, phân bổ hạ tầng kỹ thuật - xã hội và phát triển dịch vụ công dựa trên mức độ phát triển thực tế, thay vì chỉ theo địa giới hành chính.

- **Cơ sở phân loại và xếp hạng đô thị mới:** Giúp thay thế phương pháp phân loại đô thị truyền thống dựa vào dân số và đơn vị hành chính trung gian, bằng tiêu chí phản ánh năng lực phát triển chất lượng.

- **Nâng cao quản trị và minh bạch:** Tạo điều kiện ứng dụng công nghệ số trong giám sát, đánh giá và công khai tiến trình phát triển đô thị, qua đó tăng cường sự tham gia của cộng đồng và trách nhiệm giải trình.

• **Phù hợp với chiến lược quốc gia và xu hướng Hội nhập quốc tế:** Đặt nền tảng tiếp cận các chương trình và tiêu chuẩn quốc tế về đô thị xanh, thông minh và bền vững, đồng thời phù hợp với các chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh, chuyển đổi số và đô thị hóa bền vững.

## 6. KẾT LUẬN

**Tích hợp quy hoạch** được xem là chìa khóa để phát triển các đô thị hiện đại, xanh và bền vững, phù hợp với các yêu cầu mới về môi trường, công nghệ và chất lượng sống. Trong bối cảnh cải cách hành chính theo mô hình chính quyền hai cấp, nếu được tổ chức và vận hành hiệu quả, mô hình này có thể trở thành công cụ quan trọng để tăng cường phối hợp quy hoạch liên ngành, liên cấp và phù hợp với điều kiện đặc thù của từng địa phương. Để hiện thực hóa mục tiêu này, Việt Nam cần đầu tư đồng bộ vào thể chế pháp lý, hạ tầng công nghệ số và nâng cao năng lực cán bộ - ba yếu tố nền tảng để triển khai hiệu quả quy hoạch tích hợp trong giai đoạn phát triển mới.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Luật Quy hoạch số 2017. Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn 2024; Luật Xây dựng 2014 (sửa đổi 2020); Luật Bảo vệ môi trường 2020; Luật Đất đai (sửa đổi 2024).
- [2]. Nghị quyết số 1211/2016/UBTVQH13 về phân loại đô thị.
- [3]. UN-Habitat (2015). Urban Governance and the New Urban Agenda.
- [4]. UN-Habitat (2023). Our City Plan - In Action.
- [5]. MLIT Japan (2024), The National Spatial Strategy.
- [6]. URA Singapore, Master Plan - Singapore and Smart Nation Strategy.
- [7]. URA Singapore, Urban digital twin applications as a virtual platform of smart city.
- [8]. World Bank, Transforming the Urban Space through Transit-Oriented Development - The 3V Approach.
- [9]. Eurostat (2025). Applying the degree of urbanisation manual - The legal and policy framework.
- [10]. Madan B. Regmi (2021), A Review of Transport Policies in Support of Climate Actions in Asian Cities and Countries.
- [11]. Santosh Kumar Bhoda (2024), Smart Cities and the Role of Digital Twins in Sustainable Urban Development.
- [12]. Nguyễn Vũ Phương (TCXD 7/2025), Đổi mới phân loại đô thị sau cải cách hành chính: Đề xuất khung tiêu chí Xanh - Thông minh - Bền vững.

# Đề xuất quy hoạch sử dụng đất carbon thấp tại làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt

Proposal for low carbon land-use planning in Van Thanh Flower Village, Da Lat

> **NGUYỄN THỊ HƯƠNG TRUNG<sup>1,2,\*</sup>, LÝ AN<sup>1,2</sup>, HỒ TRẦN CHINH<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Bộ môn Kiến trúc, Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Bách khoa TP.HCM

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia TP.HCM (VNU-HCMC),

\*Email: trung.bmkt@hcmut.edu.vn

## TÓM TẮT

Chuyển đổi đất nông nghiệp và tự nhiên sang mục đích đô thị là một trong những nguồn phát thải carbon lớn trên toàn cầu, đặc biệt ở các khu vực đô thị hóa nhanh. Nghiên cứu này tập trung tính toán, so sánh phát thải carbon từ hai kịch bản sử dụng đất năm 2023 và quy hoạch sử dụng đất đề xuất 2025-2050 tại Làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt. Kết quả cho thấy lượng phát thải carbon hàng tháng giảm hơn 50% nhờ thay đổi cách làm nông nghiệp, cách tăng diện tích không gian xanh và mặt nước và trồng rừng thông trong khu vực nghiên cứu để đạt được mục tiêu trung hòa carbon.

**Từ khóa:** Quy hoạch sử dụng đất, phát thải carbon, carbon thấp, trung hòa carbon, rừng thông.

## ABSTRACT

Land-use change of agricultural and natural land to urban use is a major source of carbon emissions globally, especially in rapidly urbanizing areas. This study focuses on calculating and comparing carbon emissions from two land use scenarios in 2023 and the proposed land use plan for 2025-2050 in Van Thanh Flower Village, Da Lat. The results show that monthly carbon emissions are reduced by more than 50% due to changes in agricultural practices, increased green space and water surface, and pine forest planting in the study area to achieve carbon neutrality.

**Keywords:** Land-use planning, carbon emissions, low-carbon, carbon neutrality, pine forest.

## 1. GIỚI THIỆU

Chuyển đổi đất nông nghiệp và tự nhiên sang mục đích đô thị là nguồn phát thải carbon lớn trên toàn cầu. Phát thải carbon từ chuyển đổi mục đích sử dụng đất phát sinh chủ yếu từ mất lớp thảm thực vật và carbon trong đất, gia tăng hoạt động xây dựng công trình, giao thông, tiêu thụ năng lượng, và thay đổi tính chất hấp thụ và lưu giữ carbon của đất. Quy hoạch đô thị tích hợp chiến lược carbon thấp là giải pháp quan trọng để giảm thiểu biến đổi khí hậu.

Làng hoa Vạn Thành, TP Đà Lạt đang chịu áp lực chuyển đổi sử dụng đất do đô thị hóa. Mục tiêu nghiên cứu trong phạm vi bài báo này (i) Tính toán phát thải carbon hai kịch bản sử dụng đất, (ii) Đề xuất giải pháp quy hoạch sử dụng đất (QHSDĐ) carbon thấp, quy định quản lý kiến trúc đô thị, quy định sử dụng vật liệu xây dựng (VLXD) carbon thấp hướng tới trung hòa carbon (THCB), (iii) Đề xuất giải pháp trồng rừng để đạt mục tiêu THCB tại Làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt.

## 2. CƠ SỞ LÝ LUẬN

### 2.1. Quy hoạch sử dụng đất carbon thấp và trung hòa carbon

QHSDĐ carbon thấp là công cụ quan trọng để giảm thiểu phát thải khí nhà kính trong bối cảnh đô thị hóa nhanh. Mỗi loại hình sử dụng đất đều có hệ số phát thải và hấp thụ CO<sub>2</sub> khác nhau [4],[5], do đó việc tổ chức không gian hợp lý có thể giúp THCB ở cấp độ khu vực. THCB là trạng thái mà tại đó tổng lượng CO<sub>2</sub> phát thải được bù đắp hoàn toàn bằng lượng CO<sub>2</sub> hấp thụ hoặc loại bỏ thông qua các giải pháp như (i) mở rộng không gian xanh và mặt nước; (ii) sử dụng VLXD carbon thấp; (iii) trồng rừng để gia tăng hấp thụ CO<sub>2</sub>.

### 2.2. Kinh nghiệm quốc tế và bối cảnh Việt Nam

Nhiều quốc gia đã áp dụng quy hoạch carbon thấp: Trung Quốc với các đô thị thử nghiệm "low-carbon city" [13], châu Âu với các mô hình phát triển đô thị nén và tăng cường giao thông công cộng [2]. Tại Việt Nam, một số thành phố tiên phong như Huế (phát triển đô thị xanh - carbon thấp với mục tiêu giảm phát thải năng lượng), Đà Nẵng (lồng ghép phân tích phát thải trong quy hoạch không gian [10]); và TP.HCM (đẩy mạnh quy hoạch giao thông công cộng và đô thị nén để giảm phát thải), cùng các nghiên cứu khác từ của Trường Đại học Bách khoa TP.HCM về hiệu quả của việc lồng ghép mục tiêu THCB vào quy hoạch đô thị [8][9]. Tuy nhiên, nghiên cứu ứng dụng tại các vùng đô thị - nông nghiệp như Đà Lạt còn hạn chế.

### 2.3. Liên hệ trường hợp làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt

Tại Đà Lạt, đặc biệt là khu vực làng hoa Vạn Thành, một trong những vùng trồng hoa trọng điểm, đang xuất hiện xu hướng chuyển đổi mạnh mẽ 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 CO<sub>2</sub> do phá vỡ lớp đất canh tác hữu cơ (giàu carbon), xây dựng hạ tầng bê tông hóa đã thay đổi mục đích sử dụng đất từ hấp thụ sang phát thải CO<sub>2</sub>. Việc ứng dụng quy hoạch carbon thấp tại làng hoa Vạn Thành là cần thiết, thông qua việc tính toán phát thải của quá trình chuyển đổi sử dụng đất, đề xuất giải pháp quy hoạch không gian và kỹ thuật hạ carbon thấp, và lựa chọn mô hình phát triển bền vững phù hợp với cảnh quan sinh thái và chức năng nông nghiệp - đô thị đặc thù của Đà Lạt.

### 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tích hợp Đánh giá Vòng đời (Life Cycle Assessment - LCA) để lượng hóa phát thải CO<sub>2</sub> theo từng loại hình sử dụng đất với Đánh giá Môi trường Chiến lược (Strategic Environmental Assessment - SEA) nhằm dự báo tác động phát thải

CO<sub>2</sub> khi thực hiện QHSDĐ và đề xuất các giải pháp giảm nhẹ hợp lý, so sánh các kịch bản QHSDĐ theo tiêu chí carbon.

#### 3.2. Quy trình nghiên cứu

(i) Thu thập số liệu: Sử dụng dữ liệu hiện trạng (hình ảnh vệ tinh, báo cáo địa phương) và hệ số phát thải CO<sub>2</sub> địa phương (bảng 3.2.1).

Bảng 3.2.1. Hệ số phát thải CO<sub>2</sub> địa phương làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt. Nguồn tổng hợp từ EGDE

| Chưa áp dụng giải pháp |                                                               | Đã áp dụng giải pháp |                                                               | Đất cây xanh, rừng và nông nghiệp |                                                               |
|------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Loại đất               | Hệ số phát thải CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e/tháng/ha) | Loại đất             | Hệ số phát thải CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e/tháng/ha) | Loại đất                          | Hệ số phát thải CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e/tháng/ha) |
| Đất ở (MĐXD cao)       | 28,03                                                         | Đất ở (MĐXD cao)     | 19,21                                                         | Đất cây xanh ven suối, vĩa hè     | -10,80                                                        |
| Đất ở (MĐXD thấp)      | 24,37                                                         | Đất ở (MĐXD thấp)    | 11,22                                                         | Đất công viên                     | -20,40                                                        |
| Đất CTCC               | 92,26                                                         | Đất CTCC             | 66,93                                                         | Đất rừng                          | -30,00                                                        |
| Đất TMDV               | 90,56                                                         | Đất TMDV             | 74,86                                                         | Đất nông nghiệp nhà màng          | 2,36                                                          |
| Đất tôn giáo           | 80,48                                                         | Đất tôn giáo         | 63,37                                                         | Đất nông nghiệp hữu cơ            | 0,02                                                          |
| Đất bến bãi            | 54,02                                                         | Đất du lịch hỗn hợp  | 13,26                                                         |                                   |                                                               |

(ii) Mô hình hóa kịch bản: Xây dựng và mô phỏng 2 kịch bản QHSDĐ.

(iii) Tính toán phát thải:

- Tính toán phát thải CO<sub>2</sub> theo từng loại đất (tCO<sub>2</sub>e/ha/tháng).
- So sánh phát thải giữa các kịch bản chuyển đổi.
- Xác định các khu vực, loại đất có nguy cơ phát thải cao.
- Tính toán tổng phát thải bổ sung từ chuyển đổi sử dụng đất.

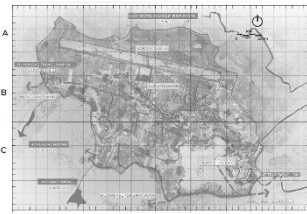
(iv) Tham vấn chuyên gia và cộng đồng: Phòng vấn chuyên sâu để lồng ghép yếu tố xã hội - kinh tế vào quy hoạch.

(v) Đề xuất giải pháp:

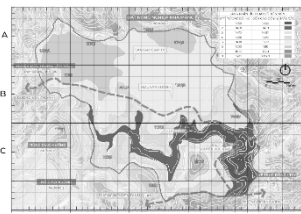
- Giảm diện tích đất có hệ số phát thải cao (như xây dựng không bền vững).
- Bổ sung cây xanh đô thị, hành lang sinh thái, khu vực hấp thụ carbon.
- Xây dựng công trình carbon thấp bằng vật liệu thân thiện môi trường.
- Trồng rừng.

**3.3. Các công cụ hỗ trợ:** IPCC Guidelines (2006, 2019); InVEST - Land Use Carbon Storage model; OpenLCA; EGDE; GIS (ArcGIS, QGIS) để phân tích không gian; Hệ số phát thải địa phương làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt.

### 4. TỔNG QUAN VỀ LÀNG HOA VẠN THÀNH



Hình 4.1. Sơ đồ mối liên hệ khu vực làng hoa Vạn Thành



Hình 4.2. Sơ đồ địa hình khu vực nghiên cứu 170 ha. Nguồn: Bản đồ địa hình kỹ thuật số một phần phường 5 (nay thuộc phường Cam Ly) TP Đà Lạt được cung cấp bởi Sở Xây dựng tỉnh Lâm Đồng

Khu vực nghiên cứu có diện tích khoảng 170ha là nơi sinh sống của 4.212 người, thuộc địa phận phường 5 (nay thuộc

phường Cam Ly), TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng trong khu vực có suối Cam Ly chảy qua, sân bay quân sự Cam Ly, đối Lăng Nguyễn Hữu Hào, và khu du lịch Vạn Thành, đặc biệt có tuyến giao thông liên vùng Nguyễn Đình Quân hướng ra tỉnh lộ 725 và tuyến giao thông Hoàng Văn Thụ - Vạn Thành kết nối được với trục Đông Tây, Đà Lạt, Quốc lộ 20, về hướng TP.HCM (hình 4.1). Sân bay Cam Ly đang không sử dụng, đường băng là đường giao thông nội bộ khu vực. Rừng và hồ Giao Hưởng là nguồn nước tưới chính cho làng hoa Vạn Thành và khu vực nông nghiệp nhà màng phía bắc (hình 4.2)

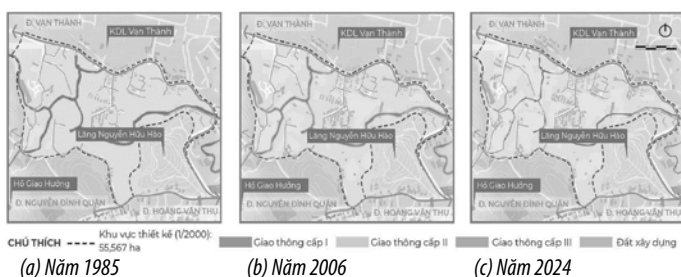
Hiện trạng sử dụng đất khu vực thiết kế 55,6 ha, có khoảng 32,4 ha đất nông nghiệp chiếm tỷ trọng 58,3%. Hệ thống mặt nước tự nhiên và nhân tạo gồm các con kênh trong khu vực, dẫn nước tưới từ Hồ Giao Hưởng, chảy hướng ra suối Cam Ly. Từ năm 1985 đến năm 2024, diện tích cây xanh giảm mạnh từ khoảng 43% xuống còn 7,5%. Diện tích mặt nước cũng bị thu hẹp từ khoảng 4,9% xuống còn 2,5% (hình 4.3).



Hình 4.3. Phân bố cây xanh và mặt nước khu vực làng hoa Vạn Thành qua thời gian từ 1985 đến 2024. Nguồn: Dữ liệu từ hình ảnh vệ tinh

Dân số tăng từ khoảng 450 người (trên 5.757 người của phường 5) lên 1.296 người (trên 16.578 người của phường 5), tăng 187,9% trong 30 năm (hình 4.4). Mật độ xây dựng tăng mạnh do sự phát triển du lịch của địa phương, từ khoảng 13,8% (7,67 ha), tăng đến khoảng 72,9% (40,51 ha). Mật độ xây dựng nhà ở, nhà màng tăng đều qua thời gian dẫn đến giảm tốc độ và giảm khả năng thấm hút nước của đất, tăng tình trạng ngập cục bộ trong thời gian dài. Việc xây dựng còn xâm lấn vào không gian mặt nước và lan rộng lên các sườn dốc, tăng nguy cơ sạt lở.



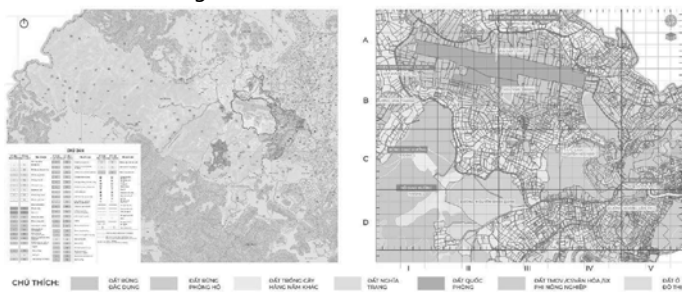


Hình 4.4. Quá trình đô thị hóa khu vực làng hoa Vạn Thành qua thời gian 1985, 2006, 2024. Nguồn: Dữ liệu từ hình ảnh vệ tinh

## 5. ĐÁNH GIÁ PHÁT THẢI CỦA CÁC KỊCH BẢN QUY HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT

### 5.1. Tính toán phát thải QHSDĐ phường 5, Đà Lạt năm 2023 [12]

Theo Điều chỉnh Quy hoạch chung TP Đà Lạt và vùng phụ cận năm 2023, Đà Lạt sẽ không chỉ là một trung tâm du lịch nghỉ dưỡng mà còn trở thành một cực tăng trưởng kinh tế, văn hóa, khoa học kỹ thuật, và sinh thái của vùng. Đặc biệt xét đến phường 5, Đà Lạt (hình 4.2.1), được quy hoạch trong lòng một không gian cây xanh cảnh quan đa chức năng bao gồm chức năng bảo vệ không gian mặt nước suối Cam Ly, kết hợp chức năng công viên bán ngập, là vùng chuyển tiếp giữa cảnh quan tự nhiên, cảnh quan nông nghiệp và cảnh quan cây xanh mặt nước trong đô thị. Và khu vực làng hoa Vạn Thành sẽ thuộc tuyến du lịch canh nông với các điểm đến Trang trại Rau và Hoa, Trà và Rượu Vang, Nhà dầu Đà Lạt, Làng Nấm. Tuy nhiên khi đánh giá theo tiêu chí carbon, tổng lượng phát thải carbon từ các nhóm công trình dân dụng và ngoài dân dụng quy hoạch là 1.023,4 tCO<sub>2</sub>e/ tháng/ha, trong khi đó lượng hấp thụ carbon dựa vào số lượng cây xanh được quy hoạch ít ỏi, hấp thụ chỉ được khoảng 4,6 tCO<sub>2</sub>e/tháng/ha (bảng 5.3.1 cột 7). Sự chênh lệch hơn 1.000 tCO<sub>2</sub>e/ tháng/ha là con số quá lớn để có thể sử dụng bất kỳ giải pháp hay công nghệ bền vững nào trong đô thị để khu vực làng hoa Vạn Thành có thể hướng tới THCB.



Hình 4.2.1. QHSDĐ phường 5 (nay thuộc phường Cam Ly), Đà Lạt năm 2030

Hình 4.2.2. QHSDĐ làng hoa Vạn Thành năm 2023

Nguồn: Quyết định Số: 2199/QĐ-UBND tỉnh Lâm Đồng

### 5.2. Vấn đề và mục tiêu thiết kế QHSDĐ đề xuất 2025-2050

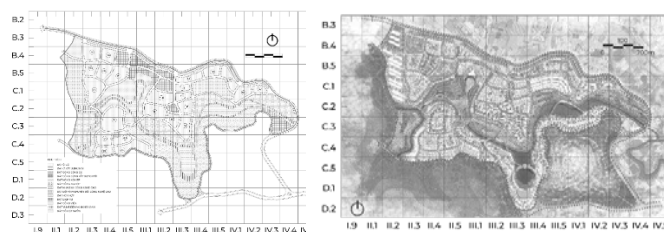
- **Vấn đề:** (i) QHSDĐ làng hoa Vạn Thành năm 2023 chưa hướng đến mục đích THCB [13]. Nhiều đất trống chưa được khai thác đúng mục đích sử dụng đất, tình trạng ngập lụt cục bộ ngày càng tăng, không gian cảnh quan mặt nước suối Cam Ly ngày càng bị thu hẹp và chưa được khai thác cảnh quan hiệu quả. (ii) Nhà màng, nhà ở phát triển mật độ tăng dần, không có định hướng, chưa có quy định quản lý kiến trúc đô thị (QĐQLKTĐT) và công trình nông nghiệp (NN).

- **Mục tiêu:** (i) Về Quy hoạch: QHSDĐ carbon thấp và định hướng tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan làng hoa Vạn Thành, TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng trở thành đô thị loại 5 (khu vực miền núi), bảo vệ

và khai thác không gian cảnh quan mặt nước suối Cam Ly, giảm ngập lụt cục bộ, định hướng phát triển kinh tế đô thị gắn với NN hữu cơ, du lịch nghỉ dưỡng sinh thái và hướng đến mục tiêu THCB. (ii) Về QĐQLKTĐT: đề xuất quy định về kiến trúc trong quy hoạch phân lô xây dựng và vật liệu xây dựng có hàm lượng carbon thấp đối với xây dựng công trình kiến trúc nhà ở, công trình công cộng (CTCC) và NN hướng tới THCB. Và (iii) Giải pháp THCB.

### 5.3. Tính toán phát thải QHSDĐ đề xuất 2025-2050

QHSDĐ khu vực làng hoa Vạn Thành (hình 5.3.1) và giải pháp tổ chức không gian kiến trúc cảnh quan (hình 5.3.2) được đề xuất cho năm 2025-2050 đáp ứng tiện ích đô thị loại 5 (khu vực miền núi) cho 2 đơn vị ở khoảng 5.700 người hướng đến đáp ứng mục tiêu.



Hình 5.3.1. Mặt bằng QHSDĐ tỉ lệ 1/2.000 khu vực làng hoa Vạn Thành

Hình 5.3.2. Sơ đồ tổ chức không gian kiến trúc và cảnh quan khu vực làng hoa Vạn Thành

Tổng lượng phát thải carbon của QHSDĐ đề xuất 2025-2050 (bảng 5.3.1 cột 11) dự báo giảm 512,59 tCO<sub>2</sub>e mỗi tháng (50,3%) so với QHSDĐ năm 2023. Các 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 nhóm giải pháp nên bắt buộc thực hiện (\*) và khuyến khích thực hiện (\*\*) như sau:

(i\*). QHSDĐ carbon thấp: Đề xuất giảm 28 ha diện tích nhà màng/ các công trình đang bị bỏ hoang hoặc hoạt động kém hiệu quả, chuyển đổi sang sản xuất NN hữu cơ. Bảo vệ không gian suối Cam Ly và khai thác du lịch sinh thái, kết hợp các yếu tố cảnh quan - sinh thái hấp thụ carbon hiệu quả hơn bằng cách quy định chiều rộng mặt nước nhỏ nhất 4m, hành lang cây xanh bảo vệ mặt nước 2 bên tối thiểu 5m và kéo dài hơn 2km dọc suối, kết nối với hệ thống 3 hồ điều tiết (tổng diện tích 3,7ha) phục vụ hoạt động tưới tiêu và trải nghiệm du lịch nghỉ dưỡng sinh thái của du khách, giảm ngập lụt cục bộ;

(ii\*). Quy định quản lý kiến trúc đô thị: quy định chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật đối với 6 loại đất xây dựng công trình (đất ở MĐXD cao thấp, đất CTCC), đất thương mại dịch vụ (TMDV), đất NN hữu cơ và đất du lịch hỗn hợp (DLHH); yêu cầu đối với mặt đứng, mái, tầng 1 công trình tạo sự thoáng cho mặt đứng đô thị đảm bảo tầm nhìn an toàn, thông gió vi khí hậu và giảm hiện tượng đảo nhiệt (bảng 5.3.2);

(iii\*). Phát triển kinh tế khu vực theo hướng NN hữu cơ và du lịch sinh thái, nghỉ dưỡng là định hướng cho một nền kinh tế tuần hoàn bền vững, phù hợp với giá trị văn hóa, cảnh quan của khu vực làng hoa Vạn Thành.

(iv\*). Xen cài các mảng xanh vào các khu dân cư theo đặc trưng địa hình đồi dốc, tăng độ thấm hút cho khu vực, giảm ngập lụt, xói mòn đất và đảo nhiệt đô thị, đồng thời cải thiện điều kiện sống của dân cư.

(v\*). Đề xuất sử dụng VLXD carbon thấp, màu sắc hài hòa cảnh quan thiên nhiên, cải thiện mỹ quan đô thị (bảng 5.3.3).

Hiệu quả giảm phát thải của nhóm giải pháp QHSDĐ carbon thấp (\*) và Phát triển kinh tế theo hướng NN hữu cơ (iii\*) là thấp hơn so với các nhóm giải pháp khác (hình 5.3.5, 5.3.6), nhưng cần được ưu tiên thực hiện vì là điều kiện tiên quyết để thực hiện hiệu quả các nhóm giải pháp tiếp theo.

Bảng 5.3.1. Bảng so sánh lượng phát thải carbon giữa QHSDĐ năm 2023 và QHSDĐ đề xuất 2025-2050.

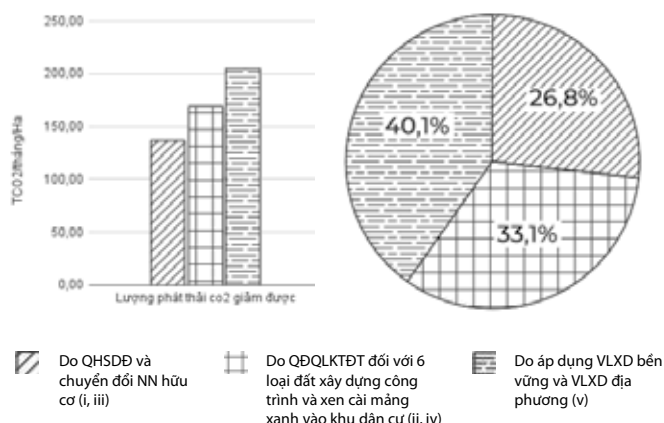
| Stt      | Loại đất                  | Hiện trạng   | QHSDĐ năm 2023 |              |                              |                             | QHSDĐ đề xuất 2025-2050 |              |                         |                             |
|----------|---------------------------|--------------|----------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|-----------------------------|
|          |                           | Diện tích    | Tỉ lệ          | Diện tích    | Hệ số chưa áp dụng giải pháp | Phát thải                   | Tỉ lệ                   | Diện tích    | Hệ số áp dụng giải pháp | Phát thải                   |
|          |                           | (ha)         | (%)            | (ha)         |                              | tCO <sub>2</sub> e/ha/tháng | (%)                     | (ha)         |                         | tCO <sub>2</sub> e/ha/tháng |
| 1        | 2                         | 3            | 4              | 5            | 6                            | 7                           | 8                       | 9            | 10                      | 11                          |
| <b>A</b> | <b>Đất dân dụng</b>       | <b>22,57</b> | <b>42,35</b>   | <b>23,53</b> |                              |                             | <b>55,92</b>            | <b>31,08</b> |                         |                             |
| 1        | Đất ở (MĐXD cao)          | 10,87        | 24,84          | 13,81        | 28,03                        | 386,95                      | 22,60                   | 12,56        | 19,21                   | 241,28                      |
| 2        | Đất ở (MĐXD thấp)         |              | 5,93           | 3,29         | 24,37                        | 80,25                       | 9,01                    | 5,01         | 11,22                   | 56,18                       |
| 3        | Đất CTCC                  | 4,16         | 3,90           | 2,17         | 92,26                        | 200,20                      | 3,90                    | 2,17         | 66,93                   | 144,90                      |
| 4        | Đất TMDV                  | 5,19         | 2,88           | 1,60         | 90,56                        | 144,90                      | 1,80                    | 1,00         | 74,86                   | 74,86                       |
| 5        | Đất CX ven suối           | 0,79         | 0,77           | 0,43         | -10,80                       | -4,64                       | 4,14                    | 2,30         | -10,80                  | -24,84                      |
| 6        | Đất CX công viên          | --           | --             | --           | -20,40                       | -                           | 9,55                    | 5,31         | -20,40                  | -108,32                     |
| 7        | Đất tôn giáo              | 0,44         | 0,78           | 0,44         | 80,48                        | 35,09                       | 0,78                    | 0,44         | 63,37                   | 27,63                       |
| 8        | Đất hạ tầng GT            | 1,12         | 3,24           | 1,80         | --                           | --                          | 4,14                    | 2,30         | --                      | --                          |
| <b>B</b> | <b>Đất ngoài dân dụng</b> | <b>33,00</b> | <b>57,65</b>   | <b>32,04</b> |                              |                             | <b>44,08</b>            | <b>24,50</b> |                         |                             |
| 9        | Đất NN hữu cơ             | --           | --             | --           | 0,02                         | --                          | 27,42                   | 15,24        | 0,02                    | 0,30                        |
| 10       | Đất NN nhà màng           | 30,94        | 52,65          | 29,26        | 2,36                         | 69,05                       | 0,68                    | 0,38         | 2,36                    | 0,90                        |
| 11       | Mặt nước                  | 0,56         | 1,44           | 0,80         | --                           | --                          | 5,94                    | 3,30         | --                      | --                          |
| 12       | Đất DL HH                 | --           | --             | --           | --                           | --                          | 9,18                    | 5,10         | 13,26                   | 67,63                       |
| 13       | Đất kho, bãi              | 1,50         | 3,56           | 1,98         | 54,02                        | 106,96                      | 0,85                    | 0,48         | 54,02                   | 25,66                       |
| <b>C</b> | <b>Tổng cộng</b>          | <b>55,57</b> | <b>100,00</b>  | <b>55,57</b> |                              | <b>1.018,76</b>             | <b>100,00</b>           | <b>55,57</b> |                         | <b>506,18</b>               |

Bảng 5.3.2. Bảng chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật các loại đất xây dựng công trình khu vực làng Hoa Vạn Thành

| Stt | Loại đất            | Loại công trình                        | Hệ số SĐĐ | Số tầng cao | Mật độ xây dựng (%) | Khoảng lùi xây dựng (m) |
|-----|---------------------|----------------------------------------|-----------|-------------|---------------------|-------------------------|
| 1.1 | Đất ở (mật độ cao)  | Nhà ở song lập                         | 2,40      | 3           | 80                  | 2                       |
| 1.2 |                     | Nhà phố thương mại                     | 3,00      | 3           | 90                  | 0                       |
| 2.1 | Đất ở (mật độ thấp) | Nhà ở biệt lập                         | 1,00      | 2           | 50                  | 2                       |
| 2.2 |                     | Nhà vườn                               | 0,70      | 2           | 30                  | 2                       |
| 3   | Đất CTCC            | CTCC (hành chính, y tế, giáo dục, ...) | 0,50      | 2           | 50                  | 4                       |
| 4   | Đất TMDV            | Chợ, siêu thị, TMDV                    | 2,40      | 4           | 60                  | 4                       |
| 5   | Đất NN hữu cơ       | Nhà kính CNC                           | 0,70      | 1           | 70                  | 2                       |
| 6   | Đất DL HH           | Khu nghỉ dưỡng                         | 0,70      | 2           | 40                  | 4                       |

Bảng 5.3.3. Bảng đề xuất VLXD công trình khu vực làng hoa Vạn Thành

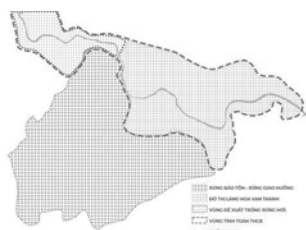
| Stt | Cấu kiện             | Vật liệu bền vững                | Vật liệu địa phương | Ưu điểm                                           |
|-----|----------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|
| 1   | Cửa (đi - số)        | Tre ép, nhôm tái chế             | Gỗ thông            | Cách nhiệt tốt, thẩm mỹ bản địa                   |
| 2   | Sàn                  | Tre ghép, terrazzo,              | Tấm gỗ, đất nện     | Giữ ấm, bền, tái chế                              |
| 3   | Tường ngoài - trong  | Bê tông dầu gai, xi măng tái chế | Đất nện             | Cách âm, điều hòa nhiệt độ, có tính địa phương    |
| 4   | Dầm - cột            | Thép tái chế                     | Gỗ sồi              | Xây dựng nhanh, tiết kiệm                         |
| 5   | Mái                  | Tre đan, tôn sinh thái           | Ngói địa phương     | Điều tiết nhiệt độ, thẩm mỹ bản địa               |
| 6   | Vách nội thất        | Gỗ tái chế, tre đan              | Gỗ thông            | Tiết kiệm vật liệu, thẩm mỹ, linh hoạt không gian |
| 7   | Lát sàn - lối đi     | Sỏi vữa sinh thái, terrazzo      | Đá bazan            | Thấm hút tốt, tránh trơn trượt                    |
| 8   | Nội thất - trang trí | Nhựa tái chế, tre, gỗ tái chế    | Gỗ thông, đá bazan  | Thẩm mỹ phù hợp bản địa                           |



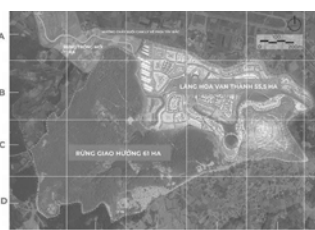
Hình 5.3.5. Lượng phát thải CO<sub>2</sub> giảm được giữa các nhóm giải pháp.      Hình 5.3.6. Tỷ lệ lượng phát thải CO<sub>2</sub> giảm được giữa các nhóm giải pháp.

#### 5.4. Giải pháp THCB phương án QHSDĐ đề xuất 2025-2050

Tổng lượng phát thải CO<sub>2</sub> của phương án QHSDĐ đề xuất ước tính 506,18 tCO<sub>2</sub>e/tháng. Nhóm tác giả đề xuất để có thể trung hòa cần khoảng 16,87 ha rừng với hệ số hấp thụ CO<sub>2</sub>e của rừng thông ba lá lên tới 30 tCO<sub>2</sub>e/tháng/ha. Đồng thời đề xuất nghiên cứu lựa chọn vị trí thích hợp trồng rừng thông ba lá trong khu vực nghiên cứu như trồng xen vào các vùng đất NN nhà màng kém hiệu quả, vùng đất dốc không phù hợp xây dựng hay trồng trọt, tuyến không gian mở ven suối, ven đường giao thông, các khu chức năng du lịch sinh thái. Việc lựa chọn vị trí trồng rừng thông ba lá nhằm mục tiêu hấp thụ CO<sub>2</sub>e và đóng góp vào mục tiêu trung hòa carbon cần tuân thủ các nhóm tiêu chí về tự nhiên- sinh thái (độ cao, độ dốc, loại đất, khí hậu), phù hợp quy hoạch- sử dụng đất, và đảm bảo khả năng quản lý kỹ thuật (khả năng tiếp cận, không gian liên vùng, phòng cháy, chữa cháy và có chủ quyền rõ ràng) [1],[3],[5],[7]. Trong khu vực nghiên cứu làng hoa Vạn Thành, việc lựa chọn và đề xuất vị trí đất rừng chủ yếu dựa vào nhóm tiêu chí chính là quy hoạch - sử dụng đất. Vùng đất phía Đông Bắc đô thị làng hoa Vạn Thành, hiện trạng ngập lụt cục bộ và nhiều đất trống, có thể khai thác thành đất rừng trồng mới để hướng tới THCB và bảo tồn cảnh quan mặt nước (hình 5.4.1 và hình 5.4.2). Khoảng từ năm thứ 11 sau khi bắt đầu trồng, dự báo rừng thông đủ khả năng trung hòa lượng phát thải CO<sub>2</sub>e của dự án. Để tăng hiệu quả hấp thụ CO<sub>2</sub> trong giai đoạn đầu (0-10 năm), cần kết hợp các giải pháp hấp thụ ngắn hạn với rừng thông dài hạn [6].



Hình 5.4.1. Sơ đồ vị trí đất trồng rừng



Hình 5.4.2. Sơ đồ tổ chức không gian cảnh quan làng hoa Vạn Thành, TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng năm 2035 (đạt THCB sau 10 năm trồng rừng)

#### 6. KẾT LUẬN

Phương án QHSDĐ carbon thấp đề xuất năm 2025-2050 tại làng hoa Vạn Thành dự báo giảm được 50,3% lượng phát thải CO<sub>2</sub> so với QHSDĐ năm 2023. Kết quả này đạt được nhờ bộ giải pháp QHSDĐ

carbon thấp, Quy định quản lý kiến trúc đô thị, Phát triển kinh tế khu vực theo hướng NN hữu cơ và du lịch sinh thái, Xen cài các mảng xanh vào các khu dân cư theo đặc trưng địa hình đồi dốc, và sử dụng VLXD carbon thấp.

Điểm khác biệt của nghiên cứu tại Làng hoa Vạn Thành, Đà Lạt so với các nghiên cứu tại Huế và Đà Nẵng [10], và với các nghiên cứu tại các địa điểm khác của tác giả [8][9] là tập trung vào khu vực đô thị - nông nghiệp vùng cao nguyên, nơi có điều kiện địa hình và khí hậu đặc thù, và giải pháp trồng xen rừng thông ba lá, loài cây bản địa với khả năng hấp thụ CO<sub>2</sub> cao, trong khu vực nghiên cứu là yếu tố then chốt để dự báo được khả năng đạt trung hòa carbon trong vòng 10 năm.

Mặc dù vậy, nghiên cứu còn tồn tại một số hạn chế như chưa phân tích đầy đủ vòng đời phát thải của chuỗi cung ứng vật liệu và chưa đánh giá sâu tác động xã hội - kinh tế của chuyển đổi đất. Trong tương lai, cần tích hợp cơ chế tín chỉ carbon và hệ thống giám sát (MRV) để đảm bảo hiệu quả hấp thụ lâu dài.

Nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học cho việc lồng ghép mục tiêu trung hòa carbon vào quy hoạch đô thị. Mô hình đề xuất không chỉ phù hợp với đặc điểm sinh thái và sản xuất của làng hoa Vạn Thành, mà còn có tiềm năng nhân rộng cho các làng hoa khác tại Đà Lạt như Thái Phiên, Hà Đông, cũng như các khu vực nông nghiệp đô thị tương tự tại Việt Nam.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ NN&PTNT. (2014). Hướng dẫn kỹ thuật trồng rừng thông ba lá tại Tây Nguyên. NXB Nông nghiệp.
- [2]. European Environment Agency. (2022). Urban sustainability in Europe: A stakeholder-led process. EEA Report No 30/2022. Bài "Bảo cáo các mô hình đô thị nên kết hợp xanh tại châu Âu", 47.
- [3]. FAO. (2015). Manual on Guidelines for Soil Description (4th ed.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [4]. FAO. (2010). 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]. IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [6]. Nguyễn Thế Hùng & cộng sự. (2021). Nghiên cứu khả năng hấp thụ cacbon của rừng thông ba lá tại Tây Nguyên. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, (1), 34-45.
- [7]. Nguyễn Văn Hòa. (2020). Quy hoạch phục hồi rừng thông Đà Lạt theo hướng sinh thái. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, (2), 12-21;
- [8]. Nguyễn Thị Hương Trung & cộng sự. (2024). 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, ISSN 2734-9888, số 678, tháng 11/2024, 51.
- [9]. Nguyễn Thị Hương Trung & cộng sự. (2025). Định hướng sử dụng đất hướng tới trung hòa carbon, trường hợp phường Đô Vinh, TP Phan Rang-Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận (nay là Khánh Hòa). Tạp chí Xây dựng Việt Nam, ISSN 2734-9888, số tháng 7/2025, 139.
- [10]. UN-Habitat Vietnam. (2018). Da Nang Low-Carbon Planning. Tài liệu Chiến lược tăng trưởng xanh & quy hoạch đô thị Đà Nẵng.
- [11]. UBND tỉnh Lâm Đồng. (2024). Báo cáo Tổng hợp quy hoạch tỉnh Lâm Đồng, thời kỳ 2021- 2030, tầm nhìn đến năm 2050, 2/4/2024.
- [12]. UBND tỉnh Lâm Đồng. (2023). Quyết định số 2199/QĐ-UBND về Phê duyệt quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030 TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng, 09/11/2023;.
- [13]. Wang, X., Li, Y., & Zhou, Z. (2021). Evaluation of China's low-carbon city pilot policy. Energy Policy, "In recent years, the low-carbon city pilot policy has been important work in China. ...", Bài "Nghiên cứu hiệu quả chính sách thành phố thí điểm carbon thấp tại Trung Quốc", 156.

# Tương quan giữa quá trình biến đổi thích ứng với hạn của cấu trúc không gian đô thị và các chỉ số viễn thám NDVI và LST: Trường hợp TP Phan Rang-Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận (nay thuộc tỉnh Khánh Hòa)

Correlation between the drought-adaptive transformation of urban spatial structure and remote sensing indices NDVI and LST. A case of Phan Rang-Thap Cham City, Ninh Thuan, (Province currently Khanh Hoa)

> NGUYỄN QUỐC VINH<sup>1,2\*</sup>, NGUYỄN ANH VŨ<sup>1,2</sup>, PHẠM LINH ĐAN<sup>1,2</sup>, TRẦN LÊ THANH AN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Bách khoa TP.HCM (HCMUT)

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia TP.HCM (VNU-HCMC); \*Email: vinh.bmkt@hcmut.edu.vn

## TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa đã làm thay đổi mục đích sử dụng đất, tác động đến cảnh quan và góp phần gia tăng biến đổi khí hậu, dẫn đến các hiện tượng thời tiết ngày càng cực đoan. Nghiên cứu tiếp cận đô thị dưới lăng kính của khoa học sinh thái, xem chúng là một hệ sinh thái tự nhiên-xã hội. Bằng việc sử dụng công nghệ GIS và viễn thám để phân tích mối tương quan giữa quá trình biến đổi thích ứng với hạn của cấu trúc không gian đô thị Phan Rang - Tháp Chàm và các chỉ số NDVI và LST. Hình ảnh viễn thám đa thời điểm được thu thập, xử lý để xây dựng hệ thống bản đồ lớp phủ không gian, bản đồ phân bố nhiệt độ và chỉ số khác biệt chuẩn hóa thực vật. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng quá trình chuyển đổi chức năng lớp phủ của cấu trúc không gian đô thị ảnh hưởng mạnh đến biến động nhiệt độ bề mặt, trong khi các yếu tố hình thể và mạng lưới ít tác động hơn. Sự thiếu tương thích với điều kiện tự nhiên trong cấu trúc không gian đô thị qua quá trình biến đổi, đặc biệt là việc chuyển đổi sử dụng đất từ thực vật sang đất xây dựng làm gia tăng nhiệt độ đáng kể, dẫn đến mức hạn tăng rõ rệt.

**Từ khóa:** NDVI, LST, chuyển đổi thích ứng với hạn, cấu trúc không gian đô thị, hạn, Phan Rang-Tháp Chàm.

## ABSTRACT

Urbanization has transformed land use, impacted landscapes, and increased climate change, leading to increasingly extreme weather events. The study of urban approaches under the lens of ecological science, seeing it as a Socio-Ecological System (SES). The study uses GIS technology and remote sensing to analyze the correlation between the drought-adaptive transformation process of the Phan Rang - Thap Cham urban spatial structure and the NDVI and LST indicators. Multi-time remote sensing images are collected and processed to build a system of spatial overlay maps, temperature distribution maps and plant standardization difference indexes. The results show that the transition of the mantle function of the urban spatial structure strongly affects the fluctuation of surface temperature, while the physical and network elements have less impact. The lack of adaptability with natural conditions in the urban spatial structure through the process of transformation, especially the conversion of land use from plants to construction land, significantly increases the temperature, leading to a marked increase in drought.

**Keywords:** NDVI, LST, drought-adaptive transformation, urban spatial structure, drought, Phan Rang-Thap Cham.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và biến đổi khí hậu ngày càng nghiêm trọng, các nhà quy hoạch đô thị đang đối mặt với thách thức cân bằng giữa phát triển kinh tế-xã hội và bảo vệ môi trường. Việc thiết kế cấu trúc không gian (CTKG) theo hướng

thích ứng với tự nhiên, đặc biệt là trước các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, đang được xem là một giải pháp toàn diện hơn so với mô hình quy hoạch truyền thống. Thành phố, theo đó, được nhìn nhận như một hệ sinh thái xã hội-tự nhiên tích hợp, đòi hỏi phát triển hài hòa giữa con người và môi trường tự nhiên. [1].



Bảng 1. Đặc điểm chi tiết của hình ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng trong nghiên cứu

| Đường dẫn/hàng | Ngày xác định | Tập dữ liệu | Nhà sản xuất | Thuộc tính     | Kiểu    |
|----------------|---------------|-------------|--------------|----------------|---------|
| 123052         | 26/03/1988    | TM          | USGS         | Ortho, GLS2000 | Geotiff |
| 123052         | 29/03/2005    | TM          | USGS         | Ortho, GLS2000 | Geotiff |
| 123052         | 11/04/2021    | OLI-TIRS    | USGS         | Ortho, GLS2000 | Geotiff |

(Nguồn: USGS)

Tuy nhiên, việc đánh giá định lượng khả năng thích ứng (KNTU) của CTKG còn hạn chế. Sự phát triển của công nghệ GIS và viễn thám (RS- Remote Sensing) đã mở ra cơ hội mới trong phân tích và giám sát quá trình biến đổi không gian đô thị theo thời gian. TP Phan Rang-Tháp Chàm với đặc điểm tự nhiên khắc nghiệt và quá trình đô thị hóa nhanh chóng, được lựa chọn làm trường hợp nghiên cứu điển hình. Không gian đô thị (KGĐT) tại đây đang được cấu trúc dần thiếu thích ứng với các hệ sinh thái tự nhiên, dẫn đến gia tăng nhiệt độ bề mặt và mức độ hạn.

Nghiên cứu sử dụng ảnh viễn thám để phân tích quá trình biến đổi các lớp phủ bề mặt không gian (LULC- Land Uses and Land Covers), chỉ số khác biệt chuẩn hoá thực vật (NDVI- Normalized Difference Vegetation Index) và nhiệt độ bề mặt (LST- Land Surface Temperature), từ đó chồng lớp dữ liệu và đánh giá tương quan theo thời gian.

Nội dung nghiên cứu được trình bày trong năm phần: (i) Giới thiệu chung, (ii) Các khái niệm liên quan, (iii) Phương pháp luận và phương pháp nghiên cứu, (iv) Bối cảnh và kết quả nghiên cứu, (v) Kết luận.

## 2. CÁC KHÁI NIỆM LIÊN QUAN

### 2.1. Hạn và CTKG đô thị thích ứng với hạn

- Hạn

Hạn là một hiện tượng xuất phát không chỉ từ tự nhiên bao gồm các yếu tố khí tượng, thủy văn, mà còn từ xã hội, như nông nghiệp và kinh tế-xã hội [2].

- CTKG đô thị thích ứng với hạn

KGĐT bao gồm hai thành phần chính: tự nhiên và nhân tạo, mỗi thành phần lại được phân thành các lớp như mặt nước, thảm thực vật, đất trống, đất xây dựng (công trình, giao thông), vv. [3]. Cấu trúc không gian đô thị (CTKGĐT) là cách tổ chức và sắp xếp các lớp phủ của hai thành phần không gian tự nhiên và nhân tạo, thông qua ba yếu tố: chức năng, mạng lưới, hình thể.

- Khả năng thích ứng (KNTU) của không gian

KNTU của không gian là kết quả của quá trình biến đổi nó, là năng lực phản ứng trước các tác động bên ngoài mà không tổn hại đến các cấp độ không gian cao hơn [4]. CTKG thích ứng với hạn phụ thuộc vào sự biến đổi của các yếu tố cấu thành trong mối quan hệ với nhiệt độ, gồm: - Biến đổi nội sinh: cách tổ chức các thành phần không gian theo quy mô, tính chất, hình thể; - Biến đổi ngoại sinh: tác động của bối cảnh, khả năng kết nối và các động lực liên vùng hoặc xuyên cấp [5].

### 2.2. Các chỉ số viễn thám trong quy hoạch đô thị

Hình ảnh vệ tinh, với khả năng quan sát lặp lại, đa phổ và bao quát không gian rộng, là công cụ hiệu quả trong việc phân tích sự biến đổi môi trường đô thị thông qua dữ liệu không gian địa lý [6][7]. Trong nghiên cứu này, CTKGĐT được đánh giá dựa trên bản đồ sử dụng và lớp phủ đất (LULC) được trích xuất từ ảnh viễn thám.

Hai chỉ số viễn thám chính dùng để đánh giá hạn là nhiệt độ bề mặt đất (LST) và chỉ số thực vật chuẩn hóa (NDVI). Theo các nghiên cứu trước, chúng có mối quan hệ nghịch: NDVI càng cao thì LST càng thấp và ngược lại [8]. Do đó, thảm thực vật và cách tổ chức không gian của nó là yếu tố quan trọng trong CTKGĐT thích ứng với hạn.

## 3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ các nguồn uy tín như Web of Science, ResearchGate, Trung tâm nghiên cứu văn hoá Chăm, Sở Xây dựng và Cục Thống kê tỉnh Ninh Thuận (nay thuộc tỉnh Khánh Hòa). Tác động từ yếu tố tự nhiên (hạn) được tổng hợp từ tài liệu của các cơ quan chuyên môn khí tượng - thủy văn; trong khi đó, tác động từ xã hội như xây dựng đập, hồ chứa, hệ thống dẫn thủy được thu thập từ báo cáo dự án và tài liệu địa phương. Các dữ liệu này được sử dụng để xác định mốc thời gian nghiên cứu và được xử lý thông qua phân tích, đối sánh, loại trừ và hệ thống hóa.

Nghiên cứu tập trung vào hai cấp độ không gian, là TP Phan Rang-Tháp Chàm và các khu vực khác nhau trong thành phố. Bên cạnh đó, nghiên cứu bóc tách các thành phần không gian có vai trò cốt lõi trong thích ứng với hạn, đặc biệt là không gian đất xây dựng và không gian xanh [9][10]. Sự biến đổi của các thành phần không gian được khảo sát trong giai đoạn 1988-2021, để phân tích và đánh giá mối tương quan giữa chúng, nhằm xác định các yếu tố tác động mạnh đến gia tăng nhiệt độ bề mặt và mức hạn.

- RS và GIS trong nghiên cứu LULC, LST và NDVI

Bản đồ LULC của TP Phan Rang-Tháp Chàm tại ba thời điểm (1990, 2005 và 2021) lần đầu tiên được kiểm tra thông qua hình ảnh RS để khám phá độ che phủ đất tổng thể. Dựa trên đó, các bản đồ LST, NDVI được trích xuất để thu thập những số liệu quan trọng về nhiệt, về mức che phủ thực vật chuẩn hoá qua các thời điểm nghiên cứu.

- LULC

Nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh Landsat đa quang phổ (với độ phân giải 30m, hệ tọa độ UTM- Universal Transverse Mercator vùng 49N, WGS84) được chọn theo nguyên tắc đồng mùa để đảm bảo độ chính xác (Bảng 1). Dữ liệu này là nền tảng để phân tích sự biến đổi LULC phục vụ đánh giá CTKG thích ứng với hạn tại Phan Rang-Tháp Chàm. Ngày của các hình ảnh Landsat được chọn gần cùng một mùa trong năm. Quy trình xử lý gồm: tiền xử lý ảnh, xây dựng sơ đồ phân loại, phân loại ảnh, đánh giá độ chính xác và phân tích biến động không gian theo thời gian. Kết quả hỗ trợ việc xác định các khu vực có sự thay đổi NDVI và mối liên hệ với biến động LST.

Quy trình xử lý ảnh viễn thám bao gồm các bước: che mây, xếp lớp, và cắt theo ranh giới hành chính Phan Rang-Tháp Chàm. Sơ đồ phân loại trước tiên sử dụng bốn lớp chính, tạm gọi là các lớp cấp 1, bao gồm: đô thị-xây dựng, nước, đất trống cằn cỗi, và thảm thực vật. Sau đó, các lớp cấp 2 được tiếp tục sử dụng ở mức độ chi tiết hơn. Phân loại hình ảnh dựa trên thuật toán phân loại xác suất tối đa (MLC- Maximum Likelihood Classifier), với dữ liệu lấy từ ảnh tổng hợp màu, chỉ số phổ (NDVI, MNDWI, NDBI), bản đồ địa hình và Google Earth. Độ chính xác của bản đồ LULC được đánh giá thông qua ma trận lỗi, sử dụng các chỉ số tổng thể và hệ số Kappa. Phân tích này là nền tảng để xác định cấu trúc không gian thích ứng và mối quan hệ giữa NDVI và LST trong đánh giá mức độ hạn hán tại khu vực nghiên cứu.

- NDVI

NDVI được sử dụng để định lượng mức độ che phủ thực vật bằng cách đo sự khác biệt của cận hồng ngoại (thảm thực vật phản xạ) và ánh sáng đỏ (thảm thực vật hấp thụ) [11]. Thuật toán NDVI trừ đi các giá trị phản xạ màu đỏ từ cận hồng ngoại và chia nó cho tổng của dải cận hồng ngoại và dải đỏ.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (1)$$

Các giá trị NDVI được biểu thị dưới dạng tỷ lệ từ -1 đến +1, giá trị âm đại diện cho nước, khoảng 0 là đất trống, khu vực xây dựng, từ 0,2 đến 0,5 là cây bụi, đồng cỏ và trên 0,6 là thảm thực vật xanh rậm rạp.

- LST

Nhiệt độ tại giao diện bề mặt trái đất lên đến độ cao 2-3 m của không khí. Các bước để tính LST cuối cùng như sau: 1) Chuyển đổi kỹ thuật số vệ tinh (DN) thành giá trị Radiance; 2) Chuyển đổi bức xạ sang nhiệt độ cảm biến; 3) Chuyển đổi nhiệt độ độ sáng vệ tinh thành LST.

#### 4. BỐI CẢNH VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

##### 4.1. Bối cảnh nghiên cứu

- Bối cảnh tự nhiên

Phan Rang-Tháp Chàm, nằm trong khu vực có điều kiện tự nhiên khắc nghiệt, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng hình thành CTKGĐT thích ứng với hạn. Địa hình bao quanh bởi núi cao trên 1.000m, độ dốc lớn, đặc biệt khu vực nội đô dao động từ 1-30%.

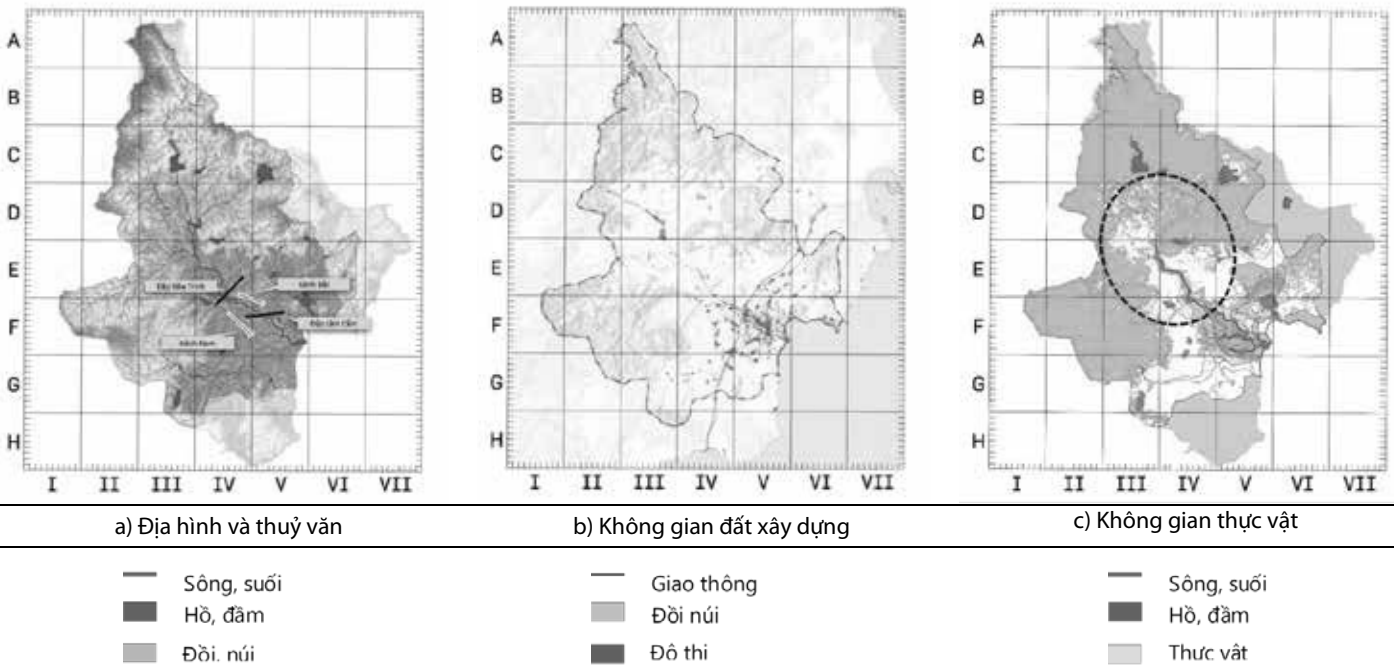
Thành phố chịu chi phối bởi hệ thống sông Dinh với lưu vực chiếm gần toàn bộ diện tích tỉnh. Chế độ thủy văn chịu ảnh hưởng kết hợp của lũ mùa mưa và triều biển, trong khi dòng chảy mùa khô phụ thuộc vào thủy điện Đa Nhim.

Về khí hậu, khu vực có đặc điểm khô nóng quanh năm, gió mạnh, độ ẩm thấp, bốc hơi cao và lượng mưa thấp (500-800 mm/năm). Những điều kiện này làm gia tăng LST, đồng thời khiến NDVI kém phát triển. Đây là những yếu tố nền tảng để phân tích khả năng thích ứng hạn thông qua tổ chức lại cấu trúc không gian đô thị.

- Bối cảnh phát triển đô thị

Sự phát triển đô thị tại Phan Rang-Tháp Chàm chịu ảnh hưởng trực tiếp từ chính sách thủy lợi cấp vùng, khởi đầu từ hệ thống đập Nha Trinh và Lâm Cẩm (thế kỷ XII) [12] (Hình 1-a). Sau đó là hai tuyến kênh Bắc - Nam, phục vụ tưới tiêu tại các vùng nông nghiệp trọng điểm, đặc biệt là khu vực sinh sống của người Chăm. Những công trình này góp phần hình thành cấu trúc không gian mặt nước có khả năng thích ứng hạn.

Tuy nhiên, quá trình đô thị hóa tăng tốc, nhất là tại Phan Rang-Tháp Chàm, đã làm thay đổi CTKG đất xây dựng (Hình 1-b). Mật độ xây dựng cao, thiếu kiểm soát về hạ tầng kỹ thuật và suy giảm không gian xanh (Hình 1-c) đã góp phần làm tăng LST giảm NDVI, làm giảm KNTU của CTKGĐT trước các đợt hạn ngày càng nghiêm trọng.



Hình 1. Bối cảnh tự nhiên và không gian đất xây dựng, thực vật tại lưu vực các sông tỉnh Ninh Thuận năm 2021 (Nguồn: USGS)

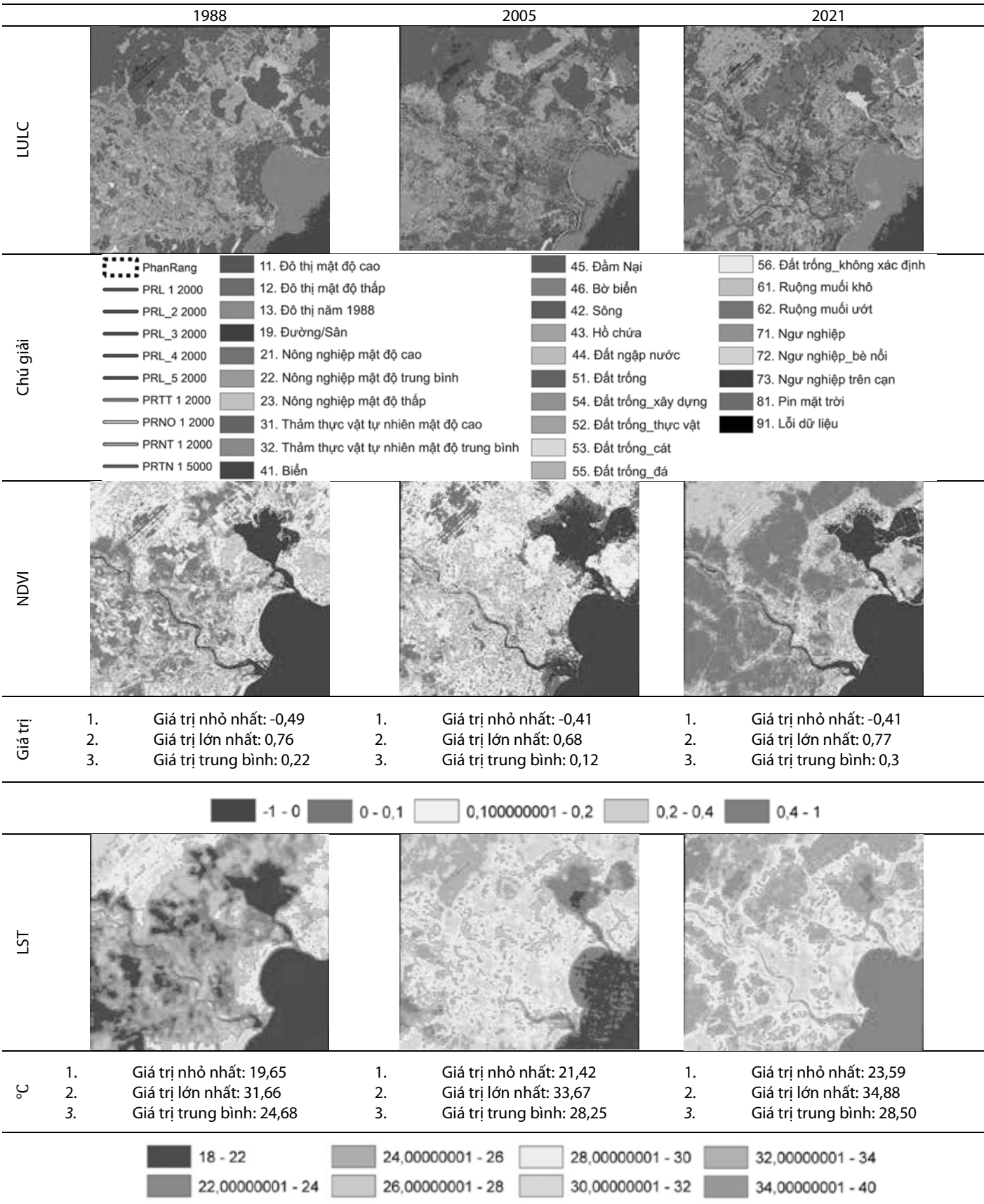
##### 4.2. Kết quả nghiên cứu

- Quá trình biến đổi CTKGĐT Phan Rang-Tháp Chàm và tương quan với các chỉ số LST, NDVI

Phân tích quá trình biến đổi CTKGĐT Phan Rang-Tháp Chàm cho thấy *chức năng, mạng lưới và hình thể* đều có sự biến chuyển rõ rệt. Lấn lượt là sự gia tăng quy mô lớp phủ đất xây dựng và giảm quy mô thảm thực vật, đặc biệt tại khu vực trung tâm mở rộng và ven

mặt nước; mạng lưới giao thông đường bộ, mạng lưới hạ tầng xanh cũng có nhiều cải thiện. Hình thể công trình tăng mạnh từ sau làn sóng đô thị hoá những năm 1990.

Cụ thể, sự chuyển đổi *chức năng* lớp phủ từ thảm thực vật sang đô thị làm giảm NDVI, kéo theo gia tăng LST, ảnh hưởng tiêu cực đến KNTU của CTKGĐT với hạn (Hình 2).



Hình 2. Quá trình biến đổi không gian đô thị và NDVI, LST tại TP Phan Rang-Tháp Chàm (Nguồn: Cục Khảo sát Địa lý Hoa Kỳ- USGS)



Tuyến đường 16/4 (xây dựng năm 2005)



Tuyến đường Phan Bội Châu (xây dựng từ 2017)



Hồ sinh thái Mỹ Bình (xây dựng năm 2017)

Hình 3. Mạng lưới giao thông và hạ tầng xanh được cải thiện đáng kể sau làn sóng đô thị hoá 1990

Về *mạng lưới*, giao thông được cải thiện nhờ các tuyến huyết mạch như đường 16/4 và ven biển Ninh Chữ - Bình Sơn, hạ tầng xanh vẫn chưa đồng bộ. Ba hồ điều hòa lớn (Ông Kinh, Thành Sơn, Cà Đú) góp phần điều tiết lũ và cung cấp nước, hỗ trợ CTKG thích ứng với hạn (Hình 3).

Về *hình thể*, các giai đoạn phát triển kiến trúc thể hiện xu hướng tăng dần khối tích và chiều cao công trình (Bảng 1):

- 2005-2010: Phát triển tự phát, nhà ở thấp tầng, NDVI cao, LST thấp;
- 2010-2020: Gia tăng công trình công cộng, dịch vụ và nhà ở phân lô; giảm NDVI, tăng LST;
- 2020-2023: Xu hướng kiến trúc bền vững, công trình cao tầng, chỉnh trang đô thị; một số dự án bắt đầu lồng ghép yếu tố kiến trúc xanh nhằm cải thiện KNTU.

Bảng 1. Tổng hợp tình hình đầu tư xây dựng công trình trên địa bàn TP Phan Rang-Tháp Chàm từ năm 2005 đến nay

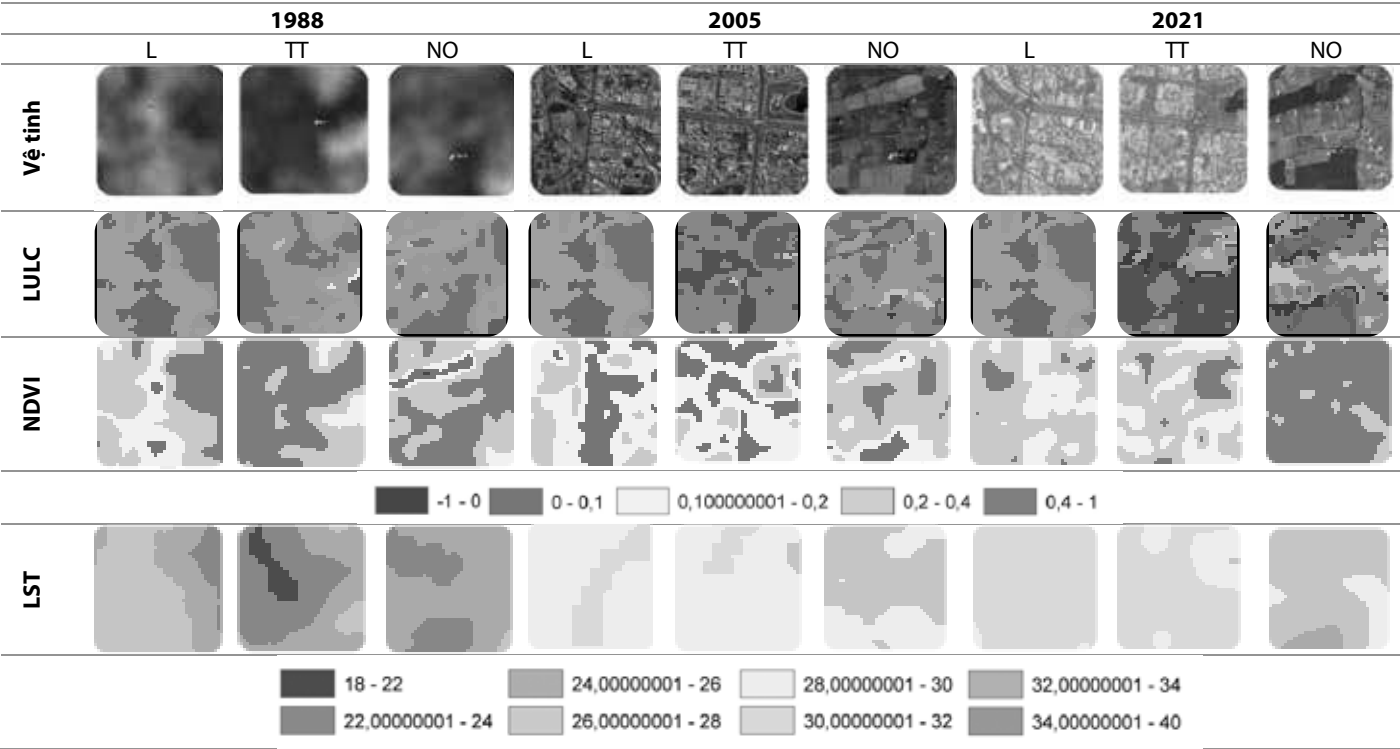
| Giai đoạn | % ↑/năm | % kiên cố | Số tầng  | Các công trình nổi bật |                |
|-----------|---------|-----------|----------|------------------------|----------------|
| 2005-2010 | ~2,2%   | ~55%      | 1-2 tầng |                        |                |
|           |         |           |          | Nhà dân tự xây         | Nhà dân tự xây |
| 2010-2020 | ~3,5–4% | ~72%      | 2-5 tầng |                        |                |
|           |         |           |          | Văn phòng              | Khu đô thị mới |



| Giai đoạn | % ↑/năm | % kiên cố | Số tầng                                 | Các công trình nổi bật                                                             |                                                                                     |
|-----------|---------|-----------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 2020-2023 | ~3,8%   | >80%      | 3-6 tầng (nhà ở); 9-15 tầng (công cộng) |  |  |
|           |         |           |                                         | Trung tâm hành chính, bệnh viện                                                    | Khách sạn ven biển                                                                  |

Như vậy, tại cấp đô thị, chuyển đổi chủ yếu là **chức năng** không gian, từ thực vật, đất trống thành đất xây dựng, để lấp đầy không gian trống còn lại trong khu vực; **Mạng lưới** giao thông và hạ tầng xanh đều phát triển mạnh; **Khối tích** công trình tăng đáng kể. Tương quan giữa NDVI và LST và CTKGĐT là tương quan nghịch, chuyển biến **trung bình**. Như vậy có thể nhận định rằng, yếu tố cốt yếu

trong tương quan là chuyển đổi **QUY MÔ - TÍNH CHẤT** của phủ không gian, mức **TRUNG BÌNH**.  
– Quá trình biến đổi CTKG các khu vực tại TP Phan Rang-Tháp Chàm và tương quan các chỉ số NDVI và LST  
Phân tích quá trình biến đổi CTKG các khu vực tại TP Phan Rang-Tháp Chàm (Hình 4) cũng cho thấy chức năng, mạng lưới và hình thể đều có sự biến chuyển, tuy không lớn như ở cấp đô thị.



Hình 4. Quá trình biến đổi không gian các khu vực và NDVI, LST tại TP Phan Rang-Tháp Chàm

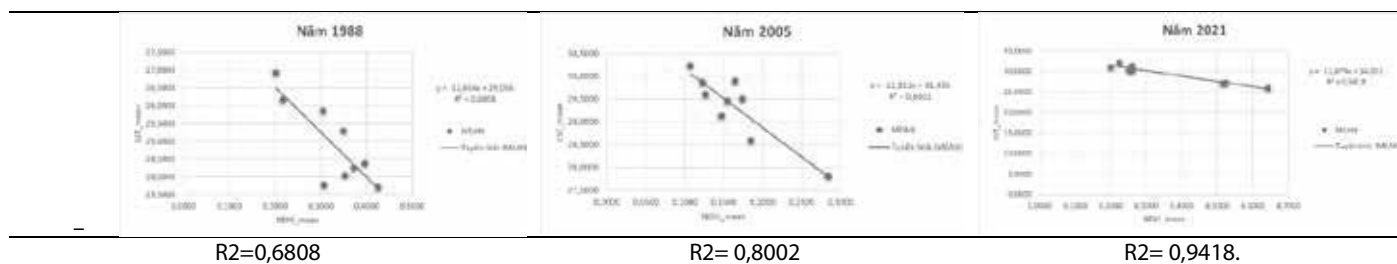
Cụ thể, với các khu vực lõi và trung tâm (**L- Lõi trung tâm**), chuyển đổi chủ yếu vẫn là **chức năng** không gian, từ thực vật, đất trống thành đất xây dựng, để lấp đầy không gian trống còn lại trong khu vực; **Mạng lưới** giao thông đã ổn định nên không có sự biến đổi lớn; **Khối tích** công trình tăng đáng kể. Tương quan giữa NDVI và LST và CTKGĐT là tương quan nghịch, chuyển biến trung bình. Như vậy có thể nhận định rằng, yếu tố cốt yếu trong tương quan là chuyển đổi **QUY MÔ - TÍNH CHẤT** của lớp phủ không gian, mức **TRUNG BÌNH**.

Với các ô khu vực trung tâm mở rộng (**TT- Trung tâm mở rộng**), chuyển đổi chủ yếu là **chức năng** không gian, từ thực vật hoặc đất trống thành đất xây dựng; **Mạng lưới** giao thông hoàn toàn mới;

**Khối tích** công trình tăng đáng kể. Tương quan giữa NDVI và LST và CTKGĐT là nghịch, và chuyển biến mạnh. Như vậy có thể nhận định, yếu tố cốt yếu trong tương quan là chuyển đổi **QUY MÔ - TÍNH CHẤT** không gian, mức **CAO**.

Với ô tại khu vực ngoại ô (**NO- Ngoại ô**), chuyển đổi chủ yếu là **chức năng** không gian, từ thực vật hoặc đất trống thành đất xây dựng; **Mạng lưới** giao thông hoàn toàn mới; **Khối tích** công trình tăng nhẹ; Tương quan giữa NDVI và LST và CTKGĐT là nghịch, nhưng chuyển biến nhẹ. Như vậy có thể nhận định, yếu tố cốt lõi trong tương quan là chuyển đổi **QUY MÔ - TÍNH CHẤT** không gian, mức **THẤP**.

– Tương quan các chỉ số NDVI và LST tại các khu vực đô thị giai đoạn nghiên cứu (1988-2005-2021)



Biểu đồ 1. Tương quan giữa các chỉ số NDVI và LST tại các khu vực đô thị Phan Rang-Tháp Chàm

Tương quan giữa NDVI và LST tại các khu vực đô thị (Biểu đồ 1) cho thấy mối quan hệ NGHỊCH BIẾN rõ ràng giữa NDVI\_mean và LST\_mean. Khi NDVI\_mean tăng (thảm thực vật xanh tốt hơn), LST\_mean có xu hướng giảm. Trong mối quan hệ NDVI-LST, hệ số R<sup>2</sup> cho biết mức độ phù hợp của mô hình hồi quy tuyến tính. Khi giá trị của R<sup>2</sup> càng tiến gần về 1 thì phần lớn sự biến thiên của biến phụ thuộc được giải thích bởi biến độc lập, nghĩa là sự thay đổi nhiệt độ bề mặt LST\_mean chủ yếu được quyết định bởi NDVI\_mean.

#### - Tổng kết

Tóm lại, kết quả khảo sát quá trình chuyển đổi sử dụng đất có mối tương quan chặt chẽ với các chỉ số viễn thám, đặc biệt rõ nét tại khu vực trung tâm đô thị.

- Đô thị: Tương quan là chuyển đổi QUY MÔ - TÍNH CHẤT của lớp phủ không gian, mức TRUNG BÌNH.

- Lõi trung tâm: Tương quan là chuyển đổi QUY MÔ - TÍNH CHẤT của lớp phủ không gian, mức TRUNG BÌNH.

- Trung tâm mở rộng: tương quan là chuyển đổi QUY MÔ - TÍNH CHẤT không gian, mức CAO.

- Ngoại ô: tương quan là chuyển đổi QUY MÔ - TÍNH CHẤT không gian, mức THẤP.

Như vậy, việc định hướng sử dụng đất tương thích với điều kiện tự nhiên, cân đối giữa tính chất các lớp phủ là cực kỳ quan trọng trong cấu trúc KGDĐ thích ứng với hạn trong tương lai.

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ mối tương quan giữa quá trình chuyển đổi CTKGDĐ và các chỉ số viễn thám NDVI, LST trong bối cảnh hạn hán gia tăng tại TP Phan Rang-Tháp Chàm. Kết quả cho thấy, sự suy giảm thảm thực vật do chuyển đổi đất sang mục đích xây dựng là nguyên nhân chính dẫn đến gia tăng nhiệt độ bề mặt và làm giảm khả năng thích ứng với hạn. Tương quan nghịch giữa NDVI và LST được ghi nhận rõ rệt, đặc biệt tại các khu vực trung tâm mở rộng, nơi quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ nhất. Qua đó, nghiên cứu khẳng định vai trò then chốt của quy mô, tính chất lớp phủ không gian trong việc cấu trúc đô thị thích ứng với điều kiện tự nhiên. Việc lồng ghép công cụ viễn thám - GIS và các chỉ số sinh thái vào quy hoạch không gian là hướng tiếp cận cần thiết để hướng tới phát triển đô thị bền vững và có khả năng chống chịu với BĐKH.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. B. M. S.T.A Pickett, M.L. Cadenasso, "Ecology of the city as a Bridge to Urban Design," in Resilience in Ecology and Urban Design, Springer, 2013, ch. 1, pp. 7-28. doi: 10.1007/978-94-007-5341-9.
- [2]. D. A. Wilhite, "Drought as a natural hazard: Concepts and definitions," Drought: A Global Assessment, pp. 3-18, 2000.

[3]. S. T. A. Pickett, J. M. Grove, S. T. A. P. J. M. Grove, S. T. A. Pickett, and J. M. Grove, "Urban ecosystems: What would Tansley do?," Urban Ecosyst, vol. 12, no. 1, pp. 1-8, 2009, doi: 10.1007/s11252-008-0079-2.

[4]. M. Nyström and C. Folke, "Spatial resilience of coral reefs," 2001. doi: 10.1007/s10021-001-0019-y.

[5]. M. da Costa, "Framework and Indicators To Measure Urban Resilience: Essay in Caldas Da Rainha and Évora Urban Systems," no. July 2013, 2014.

[6]. M. Jhawar, N. Tyagi, and V. Dasgupta, "Urban planning using remote sensing," Int J Innov Res Sci Eng Technol, vol. 1, no. 1, pp. 42-57, 2012.

[7]. R. Verma, K. Kumari, and R. Tiwary, "Application of Remote Sensing and GIS technique for efficient Urban planning in India," Geomatrix Conference Proceedings, no. October 2016, pp. 1-23, 2009.

[8]. N. Q. Vinh, N. T. Khanh, and P. T. Anh, "The Inter-relationships between LST, NDVI, NDBI in Remote Sensing to Achieve Drought Resilience in Ninh Thuan, Vietnam," in ICSCEA 2019, Ho Chi Minh: Springer, 2020, pp. 201-209. doi: 10.1007/978-981-15-5144-4\_94.

[9]. N. M. Ní'mah and S. Lenonb, "Urban greenspace for resilient city in the future: Case study of Yogyakarta City," in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017, pp. 0-8. doi: 10.1088/1755-1315/70/1/012058.

[10]. N. Q. Vinh, "Hạ tầng Xanh cho Đô thị Thích ứng với Hạn hán. Trường hợp tỉnh Ninh Thuận, Việt Nam," Quy hoạch xây dựng, pp. 56-60, 2019.

[11]. W. Rouse, R. H. Haas, and D. W. Deering, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, NASA SP-351. 1974.

[12]. Đồng Thành Danh và Nguyễn Ngọc Ánh, "Biến đổi khí hậu và Tiềm năng thích ứng dựa vào Tri thức, Thực hành Bản địa của người Chăm và Raglai ở Ninh Thuận," 2021.

# Cải thiện quy trình đầu tư công nhóm C tại địa phương trong bối cảnh cải cách hành chính

## Improving the Public Investment Process for Group-C Projects at the Local Level in the Context of Administrative Reform

> **NGUYỄN HẢI QUANG, LÊ THANH TOÀN**

Khoa Cơ khí - Ô tô và Xây dựng, Trường Đại học Điện lực

### TÓM TẮT

Giai đoạn thực hiện đầu tư đóng vai trò then chốt trong chu trình đầu tư xây dựng các dự án nhóm C sử dụng vốn nhà nước, đặc biệt tại cấp xã và các đơn vị hành chính địa phương sau sáp nhập. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai tại địa phương hiện nay còn tồn tại nhiều bất cập như thủ tục hành chính phức tạp, giám sát hình thức, chất lượng công trình chưa đảm bảo và năng lực tổ chức còn hạn chế. Bối cảnh cải cách hành chính và sáp nhập đơn vị hành chính cấp xã, huyện càng làm gia tăng các rủi ro tổ chức và pháp lý trong quá trình triển khai. Trên cơ sở phân tích thực trạng, bài báo đề xuất một mô hình quy trình thực hiện đầu tư gồm 5 bước tích hợp, ứng dụng công nghệ thông tin, tăng cường minh bạch và giám sát cộng đồng. Đồng thời, nhóm tác giả kiến nghị các giải pháp về thể chế, công nghệ, đào tạo và triển khai thí điểm nhằm đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của mô hình trong điều kiện quản lý mới.

**Từ khóa:** Đầu tư công, dự án nhóm C, giai đoạn thực hiện đầu tư, cải cách hành chính, sáp nhập đơn vị hành chính, công nghệ thông tin, quản lý dự án địa phương, giám sát cộng đồng.

### ABSTRACT

The implementation stage plays a decisive role in the investment cycle of Category C public-funded construction projects, especially at the commune level and sub-national units after administrative mergers. However, practical execution at the local level reveals numerous limitations, including cumbersome administrative procedures, superficial supervision, substandard construction quality, and weak organizational capacity. The ongoing administrative reform and merger of sub-national units further exacerbate institutional and legal risks during project execution. Based on an in-depth analysis of the current situation, this paper proposes a five-step integrated implementation process that incorporates digital tools, enhances transparency, and strengthens community oversight. The study also recommends institutional, technological, and capacity-building solutions, along with pilot deployment strategies to ensure the feasibility and effectiveness of the proposed model under the new administrative context.

**Keywords:** Public investment, category C projects, implementation stage, administrative reform, sub-national merger, information technology, local project management, community monitoring.

### 1. GIỚI THIỆU

Trong hệ thống đầu tư công tại Việt Nam, các dự án xây dựng nhóm C, tuy có quy mô vốn đầu tư nhỏ, nhưng lại chiếm tỷ trọng lớn về số lượng và đóng vai trò trực tiếp trong việc cải thiện điều kiện sống tại địa phương. Đối tượng phổ biến của nhóm dự án này gồm trường học, trạm y tế, đường giao thông nông thôn, công trình hạ tầng cấp xã... Đặc biệt, tại các địa phương miền núi và nông thôn, nhóm C được xem là công cụ hữu hiệu để thu hẹp chênh lệch phát triển giữa các vùng miền [1].

Trong chu trình quản lý đầu tư, giai đoạn thực hiện đầu tư đóng vai trò then chốt quyết định chất lượng, tiến độ và hiệu quả của dự án. Đây là giai đoạn triển khai thực tiễn, từ lập thiết kế, thi công đến nghiệm thu và thanh toán, đòi hỏi sự phối hợp hiệu quả giữa các chủ thể tham gia. Tuy nhiên, thực tế cho thấy quy trình thực hiện đầu tư ở cấp cơ sở còn gặp nhiều khó khăn đặc biệt trong bối cảnh nhiều huyện đã được sáp nhập hoặc chuyển đổi mô hình tổ chức, thủ tục hành chính rườm rà, cán bộ kiêm

nhiệm thiếu chuyên môn, công tác giám sát thi công và nghiệm thu còn hình thức, nhiều dự án chậm tiến độ hoặc phát sinh chi phí vượt dự toán ban đầu [2], [3].

Thêm vào đó, bối cảnh cải cách hành chính mạnh mẽ thời gian qua, đặc biệt là việc sáp nhập các đơn vị hành chính cấp xã và cấp huyện theo Nghị quyết 37/NQ-CP và các quyết định thực hiện từ năm 2020 đến nay, đã tạo ra nhiều thay đổi căn bản trong bộ máy quản lý đầu tư công tại địa phương. Các cơ quan chủ trì dự án bị sáp nhập, hợp nhất hoặc giải thể; quy trình nội bộ thay đổi, trong khi cán bộ mới chưa được đào tạo đầy đủ, dẫn đến nguy cơ gián đoạn, thiếu nhất quán trong thực hiện dự án nhóm C [4], [5].

Bài báo được thực hiện với mục tiêu:

- Phân tích thực trạng quy trình thực hiện đầu tư các dự án nhóm C sử dụng vốn nhà nước tại cấp địa phương;
- Đánh giá tác động của quá trình sáp nhập đơn vị hành chính đến hoạt động đầu tư công;

- Đề xuất mô hình quy trình tối ưu và các nhóm giải pháp hỗ trợ nhằm đảm bảo hiệu quả đầu tư trong điều kiện tổ chức bộ máy mới.

Nghiên cứu hướng đến việc cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc hoàn thiện chính sách, quy trình và cơ chế triển khai đầu tư xây dựng nhóm C tại các địa phương trong giai đoạn chuyển đổi hành chính, góp phần thúc đẩy phân cấp quản lý đầu tư và nâng cao hiệu quả sử dụng vốn nhà nước.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHÁP LÝ VỀ GIAI ĐOẠN THỰC HIỆN ĐẦU TƯ

### 2.1. Quy trình thực hiện đầu tư theo pháp luật hiện hành

Giai đoạn thực hiện đầu tư là một phần quan trọng trong chu trình đầu tư xây dựng cơ bản, bắt đầu từ thời điểm dự án được phê duyệt đến khi hoàn tất bàn giao, thanh toán và quyết toán vốn. Theo Luật Đầu tư công năm 2019 [6], quy trình này phải tuân thủ các bước và nguyên tắc đã được quy định nhằm đảm bảo sử dụng hiệu quả vốn nhà nước và đúng tiến độ thực hiện dự án.

Các văn bản pháp lý chính điều chỉnh quy trình này bao gồm:

- Luật Đầu tư công số 39/2019/QH14 của Quốc hội: xác lập vai trò, trách nhiệm của các chủ thể trong quản lý đầu tư công và phân loại dự án theo nhóm A, B, C [6].
- Nghị định 40/2020/NĐ-CP của Chính phủ: quy định chi tiết về quản lý thực hiện dự án đầu tư xây dựng sử dụng vốn nhà nước, từ lập thiết kế kỹ thuật đến nghiệm thu công trình [7].
- Nghị định 15/2021/NĐ-CP của Chính phủ: hướng dẫn về quản lý chất lượng và bảo trì công trình xây dựng, nhấn mạnh các yêu cầu trong khâu giám sát, kiểm tra chất lượng và công tác nghiệm thu [8].

Trên thực tế, quy trình thực hiện đầu tư nhóm C thường được triển khai qua 6 bước cơ bản:

1. Lập thiết kế - dự toán xây dựng;
2. Thẩm định thiết kế và dự toán;
3. Phê duyệt hồ sơ thiết kế - dự toán;
4. Tổ chức lựa chọn nhà thầu và thi công xây dựng;
5. Giám sát kỹ thuật, tiến độ và chất lượng công trình;
6. Nghiệm thu, thanh toán và bàn giao công trình.

Tuy được quy định đầy đủ, nhưng trong triển khai thực tế, các bước này tại cấp xã và các đơn vị hành chính địa phương sau sáp nhập thường bị rút gọn hoặc thực hiện không đồng đều do hạn chế về nhân lực và điều kiện tổ chức [9].

### 2.2. Các nguyên tắc trong quản lý đầu tư công

Quản lý đầu tư công phải bảo đảm tuân thủ các nguyên tắc cơ bản sau:

- Hiệu quả: dự án cần đáp ứng mục tiêu đề ra, tránh đầu tư dàn trải, thất thoát hoặc lãng phí.
- Minh bạch: toàn bộ quá trình thực hiện phải có hồ sơ rõ ràng, công khai tiến độ và nguồn vốn.
- Tiết kiệm: kiểm soát chi phí chặt chẽ từ khâu thiết kế đến nghiệm thu, tránh phát sinh không hợp lý.
- Đúng tiến độ: đảm bảo hoàn thành công trình theo thời gian cam kết nhằm phát huy hiệu quả sử dụng vốn.
- Kiểm soát chất lượng: giám sát chặt từ vật liệu đến thi công, nghiệm thu, đặc biệt là đối với công trình dân sinh phục vụ lâu dài.

Những nguyên tắc này đã được cụ thể hóa tại Điều 6 và Điều 66 của Luật Đầu tư công, đồng thời phù hợp với các khuyến nghị quản trị đầu tư của các tổ chức quốc tế như ADB, OECD và World Bank [10].

### 2.3. Tính đặc thù của dự án nhóm C tại cấp xã và các đơn vị địa phương sau sáp nhập

Dự án nhóm C có tổng mức đầu tư nhỏ (dưới 15 tỷ đồng với công trình dân dụng) và thường do UBND cấp xã hoặc đơn vị

hành chính trực tiếp quản lý làm chủ đầu tư. Các công trình phổ biến bao gồm: trường tiểu học, đường giao thông nông thôn, nhà văn hóa, kè mương nội đồng, trạm y tế, v.v. [11].

Tính đặc thù của loại dự án này thể hiện ở các điểm:

- Quy mô nhỏ, thời gian thực hiện ngắn (thường dưới 12 tháng).
- Nguồn nhân lực tại chỗ hạn chế, cán bộ địa phương kiêm nhiệm, thiếu chuyên môn sâu về xây dựng - quản lý dự án.
- Dễ bị rút gọn quy trình: do áp lực giải ngân, nhiều bước bị lược bỏ hoặc làm "chiều lệ", ảnh hưởng đến chất lượng công trình.
- Vai trò giám sát cộng đồng chưa rõ ràng: nhiều dự án không có hoặc có nhưng hình thức, thiếu tính phản biện độc lập.

Trong bối cảnh hiện nay, khi nhiều xã, huyện bị sáp nhập, những đặc điểm này càng dễ làm phát sinh rủi ro tổ chức và giám sát dự án, cần có quy trình riêng phù hợp hơn với thực tiễn quản lý mới [12].

## 3. PHÂN TÍCH THỰC TRẠNG QUY TRÌNH THỰC HIỆN ĐẦU TƯ

### 3.1. Mô tả quy trình hiện hành tại địa phương

Tại cấp địa phương, đặc biệt ở cấp xã và các đơn vị hành chính được giao quản lý đầu tư nhóm C, quy trình thực hiện đầu tư đối với các dự án nhóm C thường được triển khai theo trình tự đã được quy định trong Luật Đầu tư công và các văn bản hướng dẫn kèm theo. Về cơ bản, trình tự bao gồm các bước: lập thiết kế và dự toán, thẩm định thiết kế - dự toán, phê duyệt hồ sơ, lựa chọn nhà thầu, tổ chức thi công, giám sát thi công, nghiệm thu và thanh toán hợp đồng.

Các cơ quan chủ trì trước đây là Ban quản lý dự án cấp huyện (nếu còn), hoặc phòng ban chuyên môn thuộc đơn vị hành chính sau sáp nhập, hoặc Phòng Kinh tế - Hạ tầng, tùy theo phân cấp của từng địa phương. UBND cấp xã có thể làm chủ đầu tư đối với các dự án rất nhỏ (thường dưới 5 tỷ đồng), song năng lực tổ chức và hồ sơ pháp lý thường không được đảm bảo đầy đủ [13].

Trung bình, thời gian thực hiện toàn bộ quy trình đối với dự án nhóm C dao động từ 12 đến 18 tháng, bao gồm cả thời gian lập hồ sơ, phê duyệt, thi công và nghiệm thu. Tuy nhiên, thực tế ở nhiều địa phương cho thấy quy trình này thường kéo dài hơn dự kiến do tồn tại nhiều điểm nghẽn trong phối hợp và giải ngân [14].

### 3.2. Các vấn đề phổ biến

Phân tích các báo cáo giám sát đầu tư công tại địa phương và kết quả khảo sát thực tiễn cho thấy một số vấn đề phổ biến sau:

- Thủ tục hành chính phức tạp, kéo dài: Các khâu thẩm định và phê duyệt thiết kế, dự toán còn mang tính hình thức hoặc yêu cầu quá nhiều tài liệu trùng lặp. Việc thực hiện qua nhiều phòng, ban gây chậm trễ trong xử lý hồ sơ [15].
- Giải ngân vốn chậm: Do quy trình thanh toán vốn đầu tư công vẫn còn phân tán và lệ thuộc nhiều vào tiến độ thủ tục, nhiều dự án nhóm C phải chờ duyệt tạm ứng hoặc quyết toán trong thời gian dài, dẫn đến chậm triển khai và đội chi phí [16].

- Chất lượng thi công chưa đảm bảo: Việc thiếu giám sát kỹ thuật, năng lực nhà thầu thấp và thiếu nhật ký thi công điện tử dẫn đến sai lệch thiết kế, vật liệu không đúng chủng loại, ảnh hưởng đến tuổi thọ công trình [17].

- Giám sát và nghiệm thu mang tính hành chính, chưa phản ánh đúng chất lượng thực tế. Giám sát cộng đồng ở nhiều nơi không được tổ chức hoặc không có quyền hạn rõ ràng [18].



### 3.3. Năng lực cán bộ quản lý còn hạn chế

Một điểm yếu có tính hệ thống tại nhiều địa phương là thiếu đội ngũ cán bộ chuyên trách về quản lý dự án đầu tư xây dựng. Phần lớn cán bộ tại UBND cấp xã hoặc Phòng Kinh tế - Hạ tầng đều kiêm nhiệm nhiều mảng khác nhau, thiếu kiến thức chuyên sâu về thiết kế, thi công, và đặc biệt là pháp luật đầu tư công [19].

Hậu quả là nhiều hồ sơ thiết kế hoặc báo cáo giám sát không đạt yêu cầu, dẫn đến việc phải chỉnh sửa nhiều lần, làm chậm toàn bộ tiến độ. Ngoài ra, năng lực đàm phán hợp đồng, kiểm soát tiến độ và phối hợp với nhà thầu của cán bộ quản lý dự án còn hạn chế, ảnh hưởng đến hiệu quả triển khai [20].

### 3.4. Ảnh hưởng của cải cách hành chính và sáp nhập đơn vị

Từ năm 2020 đến nay, theo tinh thần Nghị quyết số 37/NQ-CP của Chính phủ và Nghị quyết số 117/2023/QH15 của Quốc hội, nhiều địa phương đã tiến hành sáp nhập các đơn vị hành chính cấp xã và cấp huyện, dẫn đến những thay đổi sâu sắc trong hệ thống tổ chức và phân cấp quản lý đầu tư công.

Một số ảnh hưởng cụ thể có thể kể đến như sau:

- Xáo trộn tổ chức bộ máy: Nhiều Ban Quản lý Dự án (BQLDA) cấp huyện bị giải thể hoặc hợp nhất với các phòng ban khác, dẫn đến mất ổn định nhân sự và thiếu đầu mối phụ trách rõ ràng cho từng dự án.

- Giao thẩm quyền chưa rõ ràng sau thay đổi địa giới: Một số dự án được phê duyệt trước khi sáp nhập thì do UBND xã cũ làm chủ đầu tư, nhưng sau khi địa giới thay đổi, thẩm quyền quyết định và giám sát không còn phù hợp, gây lúng túng trong xử lý [21].

- Hồ sơ dự án bị “treo”: Có tình trạng hồ sơ chuyển tiếp giữa hai cấp chính quyền mới - cũ bị thiếu sót, thất lạc, hoặc chờ cập nhật cơ sở pháp lý mới để tiếp tục thực hiện.

- Gián đoạn do thiếu nhân sự tiếp quản: Ở một số địa phương, các cán bộ có kinh nghiệm đã nghỉ hưu hoặc chuyển công tác sau sáp nhập, trong khi đội ngũ mới chưa kịp nắm quy trình hoặc được đào tạo phù hợp [22].

Tình trạng này đòi hỏi cần có một quy trình thực hiện đầu tư linh hoạt hơn, vừa đảm bảo tính pháp lý, vừa thích ứng với thay đổi tổ chức hành chính trong giai đoạn cải cách.

## 4. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH CẢI TIẾN QUY TRÌNH THỰC HIỆN ĐẦU TƯ

### 4.1. Mục tiêu cải tiến

Trên cơ sở phân tích thực trạng và các hạn chế đã nêu ở mục trước, bài báo đề xuất một mô hình cải tiến quy trình thực hiện đầu tư dự án nhóm C nhằm đáp ứng các mục tiêu cụ thể sau:

- Rút gọn thủ tục hành chính: loại bỏ hoặc tích hợp các bước trung gian không cần thiết, đặc biệt với các dự án quy mô nhỏ tại địa phương;

- Tăng cường tính minh bạch và giám sát cộng đồng: áp dụng công nghệ số và cơ chế công khai thông tin dự án để người dân có thể theo dõi;

- Phân rõ trách nhiệm giữa các cấp: đảm bảo tính thống nhất trong chỉ đạo, đặc biệt trong bối cảnh có sự thay đổi do sáp nhập hành chính;

- Phù hợp với điều kiện thực tiễn sau sáp nhập: mô hình linh hoạt, dễ áp dụng cả ở cấp xã lẫn huyện trong hệ thống tổ chức mới [23].

### 4.2. Mô hình đề xuất gồm 5 bước chính

Bước 1: Chuẩn bị hồ sơ thiết kế - dự toán theo mẫu chuẩn hóa.

Các địa phương sử dụng mẫu hồ sơ thiết kế - dự toán rút gọn, có hướng dẫn chi tiết kèm phụ lục theo từng loại công trình thông dụng (trường học, đường, nhà văn hóa...). Mẫu này được

xây dựng theo định dạng điện tử, dễ nhập liệu và kiểm tra trên phần mềm quản lý đầu tư công của cấp tỉnh hoặc đơn vị hành chính được phân quyền.

Việc chuẩn hóa giúp hạn chế sai sót và rút ngắn thời gian xử lý hồ sơ kỹ thuật, đồng thời hỗ trợ tốt hơn cho cán bộ không chuyên sâu [24].

Bước 2: Thẩm định - phê duyệt điện tử qua phần mềm quản lý đầu tư.

Các khâu thẩm định và phê duyệt được thực hiện qua phần mềm PMIS hoặc hệ thống “một cửa điện tử”, giúp rút ngắn quy trình truyền thống từ 7-10 ngày xuống còn 3-5 ngày.

Đồng thời, kết quả thẩm định được số hóa và lưu trữ ngay trên hệ thống, giúp tra cứu dễ dàng sau này, giảm nguy cơ thất lạc hoặc trùng lặp hồ sơ khi thay đổi nhân sự [25].

Bước 3: Tổ chức thi công với giám sát cộng đồng và nhật ký điện tử.

Nhà thầu được yêu cầu cập nhật nhật ký công trường định kỳ (theo ngày hoặc tuần) trên phần mềm dùng chung với chủ đầu tư và phòng Ban Quản lý dự án. Giám sát cộng đồng cũng được thiết lập từ đầu và có quyền tiếp cận thông tin thi công theo thời gian thực.

Điều này giúp đảm bảo tính minh bạch, phát hiện sớm các sai lệch kỹ thuật và tăng tính đồng thuận xã hội đối với công trình [26].

Bước 4: Nghiệm thu kỹ thuật - chất lượng - khối lượng theo tiêu chí rõ ràng.

Thay vì nghiệm thu toàn bộ một lần, quá trình được chia thành các đợt nghiệm thu theo giai đoạn thi công, với từng bước có tiêu chí định lượng cụ thể: độ dày kết cấu, chủng loại vật liệu, khối lượng hoàn thành...

Hội đồng nghiệm thu gồm đại diện chủ đầu tư, giám sát kỹ thuật, cán bộ tài chính - kế hoạch, và cộng đồng dân cư - nhằm tạo sự kiểm soát đa chiều [27].

Bước 5: Thanh toán và lưu trữ hồ sơ theo định dạng số.

Sau nghiệm thu, việc thanh toán được thực hiện trực tiếp qua cổng thanh toán điện tử nội bộ của kho bạc hoặc Sở Tài chính, tránh giao dịch thủ công và đảm bảo theo dõi dòng tiền minh bạch.

Toàn bộ hồ sơ dự án được lưu trữ dưới định dạng số có mã hóa trên hệ thống lưu trữ tập trung của cấp tỉnh hoặc đơn vị hành chính được giao quản lý, phục vụ công tác kiểm toán - thanh tra sau này [28].

### 4.3. So sánh quy trình hiện hành và đề xuất

| Tiêu chí                  | Quy trình hiện hành                   | Mô hình đề xuất                                    |
|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Số bước thực hiện         | 6-7 bước                              | 5 bước tích hợp                                    |
| Thời gian trung bình      | 12-18 tháng                           | 6-10 tháng                                         |
| Tính tích hợp             | Thấp (thực hiện rời rạc giữa các bên) | Cao (qua phần mềm dùng chung và cơ chế liên thông) |
| Ứng dụng công nghệ        | Hạn chế                               | Cao (PMIS, nhật ký điện tử, hồ sơ số hóa)          |
| Giám sát cộng đồng        | Yếu hoặc không có                     | Có, được phân quyền rõ ràng trong từng giai đoạn   |
| Tính phù hợp sau sáp nhập | Gặp vướng mắc tổ chức và nhân sự      | Linh hoạt, phù hợp mô hình tổ chức mới             |

Mô hình này không chỉ tối ưu hóa quy trình đầu tư tại cấp xã và các đơn vị hành chính địa phương sau sáp nhập, mà còn hướng đến chuẩn hóa và số hóa toàn bộ vòng đời dự án nhóm C, tạo nền tảng cho việc hiện đại hóa hệ thống đầu tư công ở địa phương.

## 5. GIẢI PHÁP HỖ TRỢ TRIỂN KHAI MÔ HÌNH

Để mô hình cải tiến quy trình thực hiện đầu tư các dự án nhóm C đi vào thực tiễn, cần có hệ thống giải pháp đồng bộ về thể chế, công nghệ, nhân lực và minh bạch hóa giám sát. Việc hỗ trợ này càng trở nên cấp thiết trong bối cảnh các địa phương đang điều chỉnh bộ máy hành chính sau sáp nhập.

### 5.1. Về thể chế

Việc ban hành hướng dẫn khung quy trình thực hiện đầu tư cho các địa phương sau sáp nhập là yếu tố tiên quyết nhằm tạo sự thống nhất trong tổ chức và vận hành dự án nhóm C.

Trước hết, Bộ Kế hoạch và Đầu tư phối hợp Bộ Xây dựng cần xây dựng tài liệu hướng dẫn kỹ thuật ngắn gọn, rõ ràng, phù hợp với cấp xã và các đơn vị hành chính sau sáp nhập, đồng thời ban hành theo dạng tài liệu áp dụng linh hoạt tùy theo quy mô dự án và điều kiện nhân sự [29].

Bên cạnh đó, cần giao thẩm quyền rõ ràng giữa đơn vị hành chính được sáp nhập và UBND xã cũ. Đối với các dự án có chủ trương đầu tư trước khi sáp nhập, cần có cơ chế 'chuyển tiếp thẩm quyền' để UBND cấp mới có thể tiếp nhận và tiếp tục thực hiện mà không phải làm lại toàn bộ thủ tục [30].

### 5.2. Về công nghệ thông tin

Công nghệ là công cụ then chốt trong việc đơn giản hóa thủ tục và minh bạch hóa quy trình thực hiện đầu tư. Các giải pháp cụ thể gồm:

- Triển khai hệ thống PMIS (Project Management Information System) đồng bộ từ cấp xã hoặc đơn vị hành chính cơ sở lên cấp tỉnh, hỗ trợ quản lý tiến độ, hồ sơ, nhật ký công trường và chi phí dự án theo thời gian thực [31].
- Áp dụng nhật ký thi công điện tử thay cho sổ giấy, cho phép chủ đầu tư, đơn vị giám sát, cộng đồng và Kho bạc nhà nước có thể theo dõi được toàn bộ chuỗi hoạt động của dự án.
- Kết nối hệ thống này với cơ chế "một cửa điện tử" hiện hành tại địa phương, giúp xử lý các thủ tục phê duyệt, tạm ứng, thanh toán, quyết toán thuận tiện, hạn chế tiếp xúc trực tiếp và giảm thời gian xử lý [32].

Những mô hình như tại Quảng Ninh, Bình Dương hay Đồng Tháp đã cho thấy việc tích hợp phần mềm quản lý đầu tư công với hệ thống hành chính mang lại hiệu quả rõ rệt về thời gian và chất lượng [33].

### 5.3. Về năng lực cán bộ

Sau sáp nhập, nhiều địa phương gặp tình trạng thiếu cán bộ có chuyên môn sâu về quản lý đầu tư. Do đó, nâng cao năng lực là giải pháp bắt buộc để đảm bảo vận hành hiệu quả mô hình mới.

Cần tổ chức các chương trình tập huấn chuyên đề, tập trung vào quy trình đầu tư nhóm C, sử dụng phần mềm PMIS, kỹ năng thẩm định hồ sơ, giám sát thi công và nghiệm thu - thanh toán. Các lớp học nên tổ chức linh hoạt kết hợp trực tuyến và trực tiếp, phù hợp với điều kiện địa phương [34].

### 5.4. Về giám sát - minh bạch

Tăng cường giám sát là yếu tố bảo đảm chất lượng, phòng chống thất thoát và tăng niềm tin của người dân với đầu tư công. Một số giải pháp thiết thực gồm:

- Công khai tiến độ và kết quả dự án trên cổng thông tin điện tử cấp tỉnh hoặc trang thông tin của đơn vị hành chính được

phân quyền, hoặc thông qua bảng thông báo tại UBND xã. Mỗi dự án có mã số riêng, hiển thị trạng thái thực hiện, khối lượng hoàn thành và ngân sách đã sử dụng.

- Thành lập Ban giám sát cộng đồng có vai trò rõ ràng, gồm đại diện Ủy ban Mặt trận Tổ quốc, Hội Cựu chiến binh, Hội Phụ nữ... có quyền tham dự các cuộc họp nghiệm thu, kiểm tra thực tế công trình, báo cáo độc lập lên HĐND cấp xã hoặc đơn vị hành chính địa phương có thẩm quyền [35].

Mô hình "giám sát từ dưới lên" này sẽ khắc phục điểm yếu giám sát hình thức hiện nay, đồng thời nâng cao chất lượng và hiệu quả đầu tư công ở cấp cơ sở.

## 6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 6.1. Kết luận

Qua phân tích cơ sở lý thuyết, thực trạng triển khai và ảnh hưởng của bối cảnh sáp nhập hành chính, có thể nhận diện rõ các điểm nghẽn chủ yếu trong quy trình thực hiện đầu tư các dự án nhóm C tại địa phương hiện nay:

- Thủ tục hành chính còn rườm rà, thiếu tích hợp giữa các bước và các bên liên quan.
- Giám sát - nghiệm thu mang tính hình thức, không đảm bảo kiểm soát chất lượng đầu ra.
- Năng lực cán bộ tại cấp xã và các đơn vị hành chính mới còn hạn chế, đặc biệt là sau khi tổ chức bộ máy bị sáp nhập hoặc thay đổi.

- Việc áp dụng công nghệ trong quản lý đầu tư vẫn chưa đồng đều, dẫn đến thiếu minh bạch và giảm hiệu quả phối hợp.

Quá trình cải cách hành chính và sáp nhập đơn vị hành chính thời gian gần đây đã tạo ra nhiều thách thức mới: thay đổi chủ đầu tư, phân cấp thẩm quyền chưa rõ ràng, thiếu đội ngũ tiếp quản hồ sơ dự án, và gián đoạn trong quy trình xử lý công việc.

Đặc biệt, trong bối cảnh một số địa phương đã chuyển đổi hoàn toàn mô hình quản lý, không còn tồn tại cấp huyện theo đơn vị hành chính cũ, các mô hình quản lý đầu tư nhóm C cần điều chỉnh theo hướng phân cấp trực tiếp cho cấp tỉnh hoặc các cụm liên xã, đảm bảo tính liên thông và minh bạch.

Trong bối cảnh đó, mô hình quy trình đề xuất với 5 bước tích hợp - áp dụng công nghệ, rút gọn thủ tục và tăng cường giám sát cộng đồng - đã thể hiện tính khả thi cao, đồng thời đáp ứng được yêu cầu về pháp lý, kỹ thuật và thực tiễn tổ chức sau sáp nhập.

### 6.2. Kiến nghị

Để mô hình có thể triển khai hiệu quả và lan tỏa trong thực tế, bài báo kiến nghị các định hướng hành động sau:

#### (1) Hoàn thiện khung pháp lý và hướng dẫn triển khai

- Bộ Kế hoạch và Đầu tư, Bộ Xây dựng cần phối hợp ban hành văn bản hướng dẫn khung quy trình thực hiện đầu tư nhóm C tại các địa phương sau sáp nhập.

- Hướng dẫn cần cho phép linh hoạt điều chỉnh theo quy mô, điều kiện nhân sự và năng lực quản lý địa phương, không áp dụng máy móc quy trình cũ.

#### (2) Đầu tư bài bản cho công nghệ và đào tạo cán bộ

- Địa phương cần được hỗ trợ kinh phí triển khai các phần mềm quản lý đầu tư (PMIS, nhật ký điện tử, tích hợp cổng một cửa), đồng thời chuẩn hóa dữ liệu số hóa toàn bộ vòng đời dự án.

- Tổ chức các chương trình đào tạo định kỳ cho cán bộ cấp xã và các đơn vị hành chính địa phương sau sáp nhập về quy trình đầu tư, ứng dụng phần mềm, kỹ năng giám sát và đánh giá dự án.

#### (3) Triển khai thí điểm tại một số tỉnh đại diện

- Lựa chọn 3-5 địa phương đại diện cho các vùng miền (trung du, đồng bằng, miền núi) có điều kiện khác nhau về tổ chức, nhân lực và công nghệ.

• Sau quá trình thí điểm, cần tổng kết đánh giá, hoàn thiện mô hình và kiến nghị chính thức để nhân rộng trên toàn quốc.

Bài viết kỳ vọng mô hình quy trình và các nhóm giải pháp đã đề xuất sẽ góp phần thiết thực vào việc nâng cao hiệu quả đầu tư công tại địa phương, đặc biệt trong giai đoạn chuyển đổi tổ chức và đổi mới quản lý hiện nay. Việc hiện đại hóa quy trình thực hiện đầu tư nhóm C không chỉ là yêu cầu về kỹ thuật, mà còn là bước đi chiến lược trong lộ trình xây dựng nền hành chính hiện đại, minh bạch và hướng đến người dân.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Quốc hội nước CHXHCN Việt Nam, Luật Đầu tư công số 39/2019/QH14, Hà Nội: NXB Tư pháp, 2020.
- [2]. T. V. Minh và N. Q. Hạnh, "Thực trạng và giải pháp nâng cao hiệu quả đầu tư công tại Việt Nam," Tạp chí Quản lý Nhà nước, vol. 5, no. 12, pp. 12-20, 2023.
- [3]. M. S. Phạm, "Phân tích nguyên nhân chậm tiến độ trong đầu tư công," Tạp chí Khoa học Xây dựng, vol. 40, no. 7, pp. 25-33, 2021.
- [4]. Ủy ban Cải cách Hành chính Quốc gia, "Báo cáo tác động cải cách hành chính năm 2023," 2023.
- [5]. H. Q. Trần, "Ảnh hưởng của cải cách hành chính tới quản lý đầu tư công," Tạp chí Hành chính và Chính sách công, vol. 11, no. 6, pp. 30-38, 2023.
- [6]. Quốc hội nước CHXHCN Việt Nam, Luật Đầu tư công số 39/2019/QH14, Hà Nội: Nhà xuất bản Tư pháp, 2020.
- [7]. Chính phủ, Nghị định số 40/2020/NĐ-CP về quản lý dự án đầu tư xây dựng sử dụng vốn nhà nước, Hà Nội, 2020.
- [8]. Chính phủ, Nghị định số 15/2021/NĐ-CP về quản lý chất lượng công trình xây dựng, Hà Nội, 2021.
- [9]. T. N. Phương, "Đơn giản hóa thủ tục hành chính trong đầu tư công," Tạp chí Quản lý Nhà nước, vol. 13, no. 2, pp. 34-40, 2023.
- [10]. OECD, Good Practices for Public Investment across Levels of Government, Paris: OECD Publishing, 2021.
- [11]. Bộ Xây dựng, Thông tư số 09/2020/TT-BXD hướng dẫn phân loại dự án đầu tư xây dựng theo nhóm, Hà Nội, 2020.
- [12]. V. H. Lê, "Vai trò của dự án nhóm C trong phát triển hạ tầng địa phương," Tạp chí Quản lý Xây dựng, vol. 10, no. 3, pp. 56-64, 2022.
- [13]. Bộ Xây dựng, "Hướng dẫn quy trình thực hiện đầu tư xây dựng công trình nhóm C," 2023.
- [14]. Ủy ban Quản lý vốn Nhà nước tại Doanh nghiệp, "Báo cáo tổng kết tiến độ và chất lượng dự án nhóm C," 2024.
- [15]. L. Q. Hòa, "Vấn đề thủ tục hành chính trong quản lý đầu tư công," Tạp chí Quản lý Nhà nước, vol. 18, no. 3, pp. 15-23, 2023.
- [16]. T. M. Linh, "Chậm giải ngân trong đầu tư công: Nguyên nhân và giải pháp," Tạp chí Kinh tế và Phát triển, vol. 22, no. 2, pp. 45-52, 2023.
- [17]. H. M. Duy, "Đánh giá chất lượng thi công công trình nhóm C," Tạp chí Xây dựng, vol. 29, no. 5, pp. 22-29, 2023.
- [18]. L. T. Hằng, "Minh bạch và sự tham gia cộng đồng trong đầu tư công," Tạp chí Quản lý Đầu tư, 2024.
- [19]. N. T. Phương, "Năng lực quản lý dự án nhóm C tại các địa phương," Luận văn Thạc sỹ, Đại học Xây dựng, 2023.
- [20]. V. M. Sơn, "Nâng cao năng lực cán bộ quản lý dự án xây dựng," Tạp chí Xây dựng Việt Nam, 2023.
- [21]. Bộ Nội vụ, "Hướng dẫn xử lý hồ sơ đầu tư sau sáp nhập đơn vị hành chính," Công văn số 872/BNV-PTTCC, 2023.
- [22]. P. H. Sơn, "Tác động của sáp nhập huyện đến quản lý đầu tư công," Tạp chí Hành chính và Chính sách công, 2024.
- [23]. D. T. Minh, "Quản lý đầu tư công trong bối cảnh cải cách hành chính," Tạp chí Khoa học Quản lý, vol. 9, no. 2, pp. 20-28, 2023.
- [24]. P. H. Sơn, "Thiết kế mẫu hồ sơ chuẩn cho dự án nhóm C," Tạp chí Quản lý công, vol. 14, no. 4, pp. 33-40, 2023.
- [25]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, "Hướng dẫn triển khai hệ thống PMIS trong quản lý đầu tư công," 2022.

- [26]. L. T. Mai, "Giám sát cộng đồng trong đầu tư xây dựng cơ sở," Tạp chí Phát triển Bền vững, 2023.
- [27]. V. H. Bình, "Biểu mẫu nghiệm thu và kiểm soát chất lượng công trình," Tạp chí Xây dựng Việt Nam, 2022.
- [28]. Sở Tài chính Hà Nội, "Báo cáo thí điểm thanh toán điện tử và số hóa hồ sơ dự án đầu tư nhóm C," 2023.
- [29]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, "Hướng dẫn mẫu hóa quy trình đầu tư công sau cải cách hành chính," 2024.
- [30]. Bộ Nội vụ, "Công văn hướng dẫn xử lý thẩm quyền đầu tư khi thay đổi địa giới hành chính," Số 872/BNV-PTTCC, 2023.
- [31]. A. H. Trần và B. Q. Hoàng, "Ứng dụng CNTT trong quản lý dự án đầu tư xây dựng," Tạp chí Khoa học Công nghệ, vol. 9, no. 4, pp. 66-74, 2022.
- [32]. Sở Kế hoạch và Đầu tư Quảng Ninh, "Báo cáo kết quả tích hợp PMIS và một cửa điện tử," 2023.
- [33]. World Bank, Vietnam Public Investment Review: Improving Efficiency and Equity, Washington, DC: World Bank, 2019.
- [34]. D. T. Minh, "Đào tạo nâng cao năng lực quản lý dự án đầu tư công," Tạp chí Quản lý Xây dựng, vol. 18, no. 1, pp. 25-32, 2023.
- [35]. L. T. Hằng, "Minh bạch và sự tham gia cộng đồng trong đầu tư công," Tạp chí Quản lý Đầu tư, 2024.

# Sự lựa chọn của nhà đầu tư: Các yếu tố trọng yếu ảnh hưởng quyết định tham gia dự án PPP

Investor's choice: key factors influencing the decision to participate in PPP projects

> NGUYỄN MINH NHẤT

Viện Đào tạo và Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Email: nhatnm@hau.edu.vn

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn dự án đối tác công tư (PPP) từ góc nhìn của khu vực tư nhân, một hướng tiếp cận vẫn chưa được quan tâm đúng mức tại Việt Nam. Trong bối cảnh nhu cầu đầu tư phát triển hạ tầng ngày càng gia tăng, nhưng mức độ tham gia thực tế của khối tư nhân vẫn còn hạn chế, việc nhận diện rõ ràng các rào cản cũng như các động lực thúc đẩy đầu tư trở nên đặc biệt cần thiết. Khác với các nghiên cứu thiên về quản lý nhà nước, bài báo này tiếp cận từ quan điểm nhà đầu tư tư nhân, trên cơ sở tổng hợp tài liệu quốc tế và phân tích dữ liệu thực tiễn trong nước. Nghiên cứu xác định 5 nhóm yếu tố tác động chính đến hành vi lựa chọn dự án PPP của doanh nghiệp: (i) tài chính và khả năng sinh lợi; (ii) khung pháp lý và thể chế; (iii) uy tín và năng lực của đối tác công; (iv) đặc điểm kỹ thuật - quy mô dự án; và (v) môi trường đầu tư cùng các chính sách ưu đãi. Các yếu tố này phản ánh mối quan tâm thực tiễn về hiệu quả tài chính, rủi ro và ổn định dài hạn, từ đó góp phần định hướng chính sách thu hút đầu tư tư nhân vào hạ tầng tại Việt Nam.

**Từ khoá:** Yếu tố ảnh hưởng, dự án PPP, đối tác tư nhân, quyết định đầu tư, hợp tác công - tư.

## ABSTRACT

This study focuses on analyzing the factors influencing private investors' decisions in selecting public-private partnership (PPP) projects - an approach that remains underexplored in the Vietnamese context. While infrastructure development demand continues to grow, actual private sector participation remains limited, highlighting the urgent need to identify key barriers and investment drivers from the enterprise perspective. Unlike previous research that primarily adopts a state-centric or policy-focused lens, this paper approaches the issue from the viewpoint of private investors, based on a synthesis of international literature and an analysis of domestic empirical data. The study identifies five major factor groups affecting private sector decision-making in PPP project selection: (i) financial aspects and expected returns; (ii) legal framework and institutional environment; (iii) reputation and capacity of public partners; (iv) technical characteristics and project scale; and (v) investment climate and incentive policies. These factors reflect investors' core concerns regarding financial viability, risk control, transparency, and long-term regulatory stability. The findings not only contribute to the theoretical understanding of investment behavior in PPPs but also provide practical implications for shaping policies aimed at improving the effectiveness of private capital mobilization for infrastructure development in Vietnam.

**Keywords:** Influencing factors, PPP projects, Private partners, investment decisions, public-private partnership.

## 1. TỔNG QUAN

Mô hình đối tác công - tư (PPP) ngày càng được áp dụng rộng rãi trên thế giới nhằm huy động nguồn lực tư nhân cho phát triển hạ tầng và dịch vụ công. Theo OECD, giai đoạn 2010-2020, tổng giá trị các dự án PPP toàn cầu đạt 2.500 tỷ USD, chủ yếu tại các quốc gia G20, với sự đóng góp của khu vực tư nhân dao động từ 30% đến 70% tùy lĩnh vực [22]. Các nước như Anh, Úc, Hàn Quốc đã ban hành luật chuyên biệt và thiết lập cơ chế quản lý riêng nhằm kiểm soát rủi ro và bảo đảm tính ổn định dài hạn [32].

Ở Đông Nam Á, PPP đóng vai trò quan trọng trong thu hút đầu tư hạ tầng. Indonesia đã huy động hơn 30 tỷ USD qua PPP

từ 2015-2020, tập trung vào giao thông và năng lượng [1]. Philippines, Thái Lan cũng ban hành luật PPP và thành lập cơ quan điều phối Trung ương, với mục tiêu tăng độ tin cậy đối với nhà đầu tư tư nhân. Nhiều nghiên cứu nhấn mạnh rằng tính ổn định thể chế, cơ chế chia sẻ rủi ro rõ ràng và cam kết chính trị mạnh mẽ là những yếu tố then chốt ảnh hưởng đến quyết định tham gia PPP của khu vực tư nhân [24; 17].

Tại Việt Nam, nhu cầu đầu tư hạ tầng kỹ thuật giai đoạn 2021-2030 lên đến 595 tỷ USD, trong đó khu vực tư nhân dự kiến đóng góp 20-25% qua hình thức PPP [19]. Tuy nhiên, đến cuối 2024, tỷ trọng vốn đầu tư PPP vẫn dưới 5% tổng vốn đầu tư xã hội, cho thấy mức độ tham gia của khu vực tư nhân còn hạn chế [28].



Theo Bộ Tài chính, số hợp đồng PPP chỉ tăng nhẹ từ 298 (2023) lên 306 (2024), tương ứng tăng 2,7% [6; 7].

Để thúc đẩy môi trường đầu tư, Luật PPP 64/2020/QH14 của Quốc hội đã có hiệu lực từ 2021, tạo khung pháp lý chuyên biệt cho PPP. Nợ công năm 2024 được duy trì ở mức 34,7% GDP, tạo dư địa cho cơ chế bảo lãnh và chia sẻ rủi ro [7]. Đồng thời, GDP tính theo sức mua tương đương đạt 1.559 tỷ USD, tăng trưởng 6% [12]. Các gói tín dụng ưu đãi cũng được triển khai, nổi bật là cam kết 8 tỷ USD từ Quỹ Phát triển Việt Nam cho các dự án giao thông PPP giai đoạn 2024-2027 [29]. Nghị quyết số 68-NQ/TW năm 2024 tiếp tục xác định PPP là công cụ chiến lược trong phát triển hạ tầng quốc gia.

Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy các nhà đầu tư vẫn thận trọng và chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như lợi nhuận kỳ vọng, khung pháp lý, mức độ minh bạch, rủi ro từ phía nhà nước, và đặc điểm kỹ thuật của dự án. Do đó, việc nhận diện đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi lựa chọn dự án PPP của khu vực tư nhân là cần thiết nhằm nâng cao hiệu quả thu hút đầu tư ngoài ngân sách cho phát triển hạ tầng bền vững.

## 2. CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích - tổng hợp tài liệu để xác định các yếu tố tác động đến quyết định lựa chọn dự án PPP của doanh nghiệp tư nhân. Dữ liệu được thu thập từ văn bản pháp luật, chính sách PPP, các báo cáo chuyên môn trong nước và tài liệu quốc tế từ OECD, ADB, World Bank, cũng như các công trình nghiên cứu đăng trên tạp chí học thuật. Việc kết hợp giữa dữ liệu chính sách và khung lý thuyết quốc tế nhằm đảm bảo tính toàn diện, nâng cao độ tin cậy trong phân tích hành vi đầu tư tư nhân vào dự án PPP.

## 3. KHU VỰC TƯ NHÂN TRONG CÁC DỰ ÁN PPP

Khu vực tư nhân đóng vai trò then chốt trong mô hình PPP, không chỉ bổ sung nguồn lực tài chính mà còn nâng cao hiệu quả quản trị và chia sẻ rủi ro với khu vực công. Trong bối cảnh ngân sách nhà nước hạn chế, sự tham gia chủ động của doanh nghiệp tư nhân quyết định mức độ thành công của dự án [22].

Một trong những đóng góp lớn nhất của khối tư nhân là khả năng huy động vốn linh hoạt, vượt giới hạn tài khóa. Doanh nghiệp có thể tiếp cận vốn từ các kênh thương mại, phát hành trái phiếu hoặc gọi vốn từ các quỹ đầu tư trong và ngoài nước [5; 30], giúp dự án triển khai đúng tiến độ.

Ngoài ra, khu vực tư nhân còn mang lại giá trị gia tăng thông qua áp dụng công nghệ tiên tiến, phương pháp quản trị hiện đại và động lực tối ưu hóa chi phí. Chính sự chuyên nghiệp và hiệu quả vận hành từ phía tư nhân là nhân tố quan trọng nâng cao chất lượng dịch vụ công trong các dự án PPP [4; 34].

Một điểm nổi bật khác là khả năng chia sẻ và kiểm soát rủi ro. Với thiết kế hợp đồng hợp lý, nhà đầu tư tư nhân có thể chủ động xử lý các rủi ro kỹ thuật, thương mại, trong khi Nhà nước gánh các rủi ro pháp lý và chính sách như giải phóng mặt bằng hoặc thay đổi thể chế [13].

Hơn thế, sự hiện diện của tư nhân còn góp phần thúc đẩy cải cách thể chế, gia tăng tính bền vững xã hội và khả năng chống chịu trước biến động. PPP, nếu được triển khai hiệu quả, sẽ không chỉ tiết kiệm chi phí mà còn giải quyết các thách thức dài hạn như bất bình đẳng, biến đổi khí hậu và quản trị đô thị [23; 27; 25].

Tóm lại, khu vực tư nhân không chỉ là nguồn lực tài chính, mà còn là tác nhân đổi mới trong mô hình PPP. Nhận diện đầy đủ vai trò của tư nhân sẽ giúp Nhà nước ban hành chính sách khuyến khích hiệu.

## 4. CÁC YẾU TỐ TÁC ĐỘNG TỚI QUYẾT ĐỊNH LỰA CHỌN DỰ ÁN PPP CỦA ĐỐI TÁC TƯ NHÂN

### 4.1. Tài chính và khả năng sinh lời

#### (1) Tính ổn định và khả năng duy trì dòng tiền

Một trong những tiêu chí quan trọng hàng đầu mà nhà đầu tư tư nhân quan tâm là dòng tiền ổn định và có thể dự báo. Các dự án có doanh thu trực tiếp từ người sử dụng (user-pay) như giao thông, cấp nước, xử lý rác hay điện lực được đánh giá cao nhờ tạo dòng tiền rõ ràng, ít phụ thuộc vào trợ giá công. Khi thị trường đầu ra minh bạch và giá dịch vụ ổn định, nhà đầu tư dễ dàng lập mô hình tài chính và tính toán khả năng thu hồi vốn [30].

Ngược lại, các dự án thiếu cam kết đầu ra, phụ thuộc vào trợ cấp ngân sách hoặc dễ bị ảnh hưởng bởi thay đổi chính sách thường bị xem là rủi ro cao. Trong những trường hợp này, nhà đầu tư thường yêu cầu bảo lãnh từ phía Nhà nước hoặc nâng chi phí sử dụng vốn, từ đó làm giảm hiệu quả kinh tế của dự án [8].

#### (2) Tỷ suất sinh lợi kỳ vọng

Tỷ suất hoàn vốn nội bộ (IRR) là công cụ phổ biến được sử dụng để đánh giá hiệu quả tài chính của dự án. IRR cao hơn chi phí sử dụng vốn đồng nghĩa với triển vọng tài chính tốt. Ngược lại, IRR thấp trong điều kiện thị trường biến động sẽ khiến dự án kém hấp dẫn [15]. Mức sinh lời kỳ vọng còn phụ thuộc vào lĩnh vực dự án. Các ngành có lợi nhuận thấp và thời gian hoàn vốn dài như y tế, giáo dục, môi trường thường không hấp dẫn nếu không có cơ chế hỗ trợ. Trong khi đó, các dự án hạ tầng giao thông, năng lượng hay logistics, vốn có dòng doanh thu ổn định, thường được ưa chuộng hơn. Nhà đầu tư cũng đánh giá kỹ yếu tố như chính sách giá, quyền thu phí, và mức độ cạnh tranh trước khi ra quyết định [11].

#### (3) Chi phí huy động vốn và mức độ tín nhiệm tài chính

Chi phí sử dụng vốn phụ thuộc vào môi trường tài chính vĩ mô và mức độ tín nhiệm của doanh nghiệp hoặc dự án. Các dự án có hồ sơ tài chính minh bạch và được bảo lãnh bởi Nhà nước sẽ dễ tiếp cận nguồn vốn với chi phí thấp. Trong khi đó, dự án không rõ ràng về nguồn thu hoặc tiềm ẩn rủi ro sẽ đối mặt với chi phí vốn cao hơn và điều kiện vay ngặt nghèo [32]. Năng lực tài chính và kinh nghiệm triển khai các dự án tương tự cũng là yếu tố quyết định khả năng tiếp cận vốn. Một mô hình tài chính vững chắc và minh chứng được dòng tiền ổn định sẽ giúp doanh nghiệp nâng cao uy tín và khả năng đàm phán với các tổ chức tài chính [2].

#### (4) Tiềm năng tạo giá trị tái đầu tư

Bên cạnh dòng tiền từ hoạt động chính, nhà đầu tư thường quan tâm đến các cơ hội sinh lời phụ trợ như khai thác mặt bằng, dịch vụ hậu cần, cho thuê không gian thương mại hoặc mở rộng hạ tầng liên quan. Các dòng doanh thu bổ sung này giúp rút ngắn thời gian thu hồi vốn và củng cố quan hệ hợp tác dài hạn giữa doanh nghiệp và dự án [18]. Tuy nhiên, tiềm năng này có thể bị hạn chế nếu pháp luật cản trở quyền khai thác tài sản công hoặc kiểm soát giá dịch vụ quá chặt chẽ. Trong các trường hợp đó, doanh nghiệp sẽ khó tạo ra giá trị gia tăng và giảm động lực tái đầu tư [9].

#### (5) Quy mô tài chính và cơ cấu chi phí đầu tư ban đầu

Tổng mức đầu tư và cơ cấu phân bổ chi phí là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quyết định tham gia. Nếu quy mô dự án vượt quá khả năng tài chính của doanh nghiệp, đặc biệt khi thiếu chính sách hỗ trợ (như vốn đối ứng hoặc giải ngân theo tiến độ), nhà đầu tư có thể từ chối tham gia. Các điều kiện như yêu cầu vốn chủ sở hữu cao, bảo lãnh lớn hoặc thanh toán kém linh hoạt cũng làm tăng chi phí và giảm tính hấp dẫn của dự án [10]. Cấu

trúc chi phí cũng cần hợp lý, nếu chi phí tập trung quá nhiều vào giai đoạn đầu trong khi nguồn thu đến chậm, doanh nghiệp sẽ gặp khó khăn tài chính kéo dài. Điều này khiến chỉ những doanh nghiệp lớn, có năng lực tài chính mạnh mới đủ khả năng tham gia, trong khi đa số nhà đầu tư trong nước khó đáp ứng yêu cầu đó [34].

## 4.2. Khung pháp lý và môi trường thể chế

### (1) Sự đầy đủ và đồng bộ của khung pháp lý về PPP

Một khung pháp lý rõ ràng và nhất quán là nền tảng tạo dựng niềm tin cho nhà đầu tư. Khi phạm vi điều chỉnh, nguyên tắc chia sẻ rủi ro, cơ chế bảo lãnh, quy trình lựa chọn nhà đầu tư và quyền - nghĩa vụ các bên được quy định rõ, môi trường đầu tư sẽ trở nên minh bạch và dự báo được. Ngược lại, sự mâu thuẫn, thiếu chi tiết hoặc không đồng bộ giữa các văn bản pháp luật làm tăng rủi ro pháp lý, khiến nhà đầu tư nâng hệ số an toàn tài chính, qua đó giảm sức hấp dẫn của dự án [33]. Nhiều quốc gia đã ban hành luật riêng về đối tác công tư (PPP) và thường xuyên cập nhật nhằm đảm bảo sự đồng bộ với các luật chuyên ngành như đầu tư công, đất đai, đầu thầu, môi trường,... Nhờ đó, họ đạt được hiệu quả cao hơn trong việc thu hút khu vực tư nhân tham gia vào các dự án hạ tầng. Tại Việt Nam, mặc dù Luật PPP đã được ban hành từ năm 2020, nhưng vẫn tồn tại sự thiếu thống nhất giữa luật này với các quy định pháp lý liên quan, gây khó khăn trong quá trình thẩm định, giải ngân và thực hiện hợp đồng. Việc hoàn thiện khung pháp lý một cách đồng bộ là hết sức cần thiết nhằm nâng cao tính minh bạch, khả năng dự báo và tạo điều kiện thuận lợi hơn cho môi trường đầu tư PPP [22].

### (2) Hiệu lực thực thi của hệ thống pháp luật

Một hệ thống pháp luật không chỉ cần đầy đủ về nội dung mà còn phải khả thi trong thực tiễn. Nếu các quy định mang nặng tính hành chính, thiếu minh bạch hoặc đi kèm với cơ chế thực thi yếu kém, môi trường đầu tư sẽ bị doanh nghiệp đánh giá là có mức độ rủi ro cao. Tình trạng quy định pháp lý mơ hồ, chồng chéo và thủ tục hành chính phức tạp thường dẫn đến sự chậm trễ trong quá trình triển khai, làm giảm tính khả thi về tài chính của dự án. Hệ quả là các nhà đầu tư có xu hướng yêu cầu mức lợi nhuận cao hơn nhằm bù đắp cho các rủi ro phát sinh. [27].

Ngoài ra, việc thực thi hợp đồng, từ xử lý tranh chấp, cưỡng chế thanh toán đến thực hiện nghĩa vụ, cũng là yếu tố then chốt. Nếu hệ thống tư pháp không độc lập, yếu năng lực xét xử hoặc phán quyết không được thực thi nghiêm túc, nhà đầu tư sẽ nghi ngại về khả năng bảo vệ quyền lợi của họ [5].

### (3) Tính minh bạch trong lựa chọn và phê duyệt dự án

Minh bạch trong quy trình lựa chọn và phê duyệt dự án là điều kiện tạo dựng lòng tin. Các thông tin như danh mục dự án ưu tiên, tiêu chí lựa chọn, yêu cầu kỹ thuật, tài chính và hồ sơ mời thầu cần được công khai, dễ tiếp cận. Thiếu minh bạch, hoặc tồn tại "sân sau", lợi ích nhóm sẽ khiến nhà đầu tư đánh giá cao rủi ro thể chế và giảm hứng thú tham gia [24]. Một số quốc gia đã áp dụng công thông tin điện tử công khai đầy đủ tiến độ thực hiện, danh sách trúng thầu, báo cáo tài chính,... qua đó tăng cạnh tranh và phòng ngừa gian lận. Bài học từ Philippines, Brazil hay Nam Phi cho thấy tính minh bạch là điều kiện thiết yếu để nâng cao sức hấp dẫn PPP [25].

### (4) Khả năng dự báo và sự ổn định pháp lý dài hạn

PPP là mô hình có vòng đời dài, đòi hỏi sự ổn định trong chính sách và pháp luật. Những thay đổi bất ngờ về thuế, giá dịch vụ, phương thức thanh toán hoặc phân chia rủi ro có thể phá vỡ mô hình tài chính ban đầu, ảnh hưởng lớn đến lợi nhuận kỳ vọng của nhà đầu tư [18]. Nếu môi trường pháp lý thường

xuân biến động, nhà đầu tư sẽ ưu tiên lựa chọn các lĩnh vực ít rủi ro hoặc yêu cầu đưa điều khoản ổn định pháp luật vào hợp đồng. Nếu không được đảm bảo, họ sẽ yêu cầu lợi nhuận cao hơn hoặc rút lui khỏi các dự án có nguy cơ chính sách cao [11].

### (5) Cơ chế giải quyết tranh chấp minh bạch và khả thi

Tranh chấp là điều khó tránh trong hợp đồng PPP phức tạp và kéo dài. Vì vậy, cần thiết lập cơ chế trọng tài độc lập, quy trình rõ ràng, chi phí hợp lý và khả năng thi hành cao để bảo vệ quyền lợi của các bên [34].

Tại nhiều nước phát triển, việc sử dụng các trung tâm trọng tài quốc tế như ICC, UNCITRAL hay SIAC đã trở thành thông lệ. Trong khi đó, việc một số quốc gia đang phát triển áp đặt việc giải quyết tranh chấp tại tòa án trong nước và không cho phép sử dụng cơ chế trọng tài quốc tế đã làm dấy lên lo ngại về tính công bằng và khách quan trong quá trình xử lý tranh chấp. Một cơ chế trung lập, minh bạch sẽ giúp nhà đầu tư yên tâm tham gia dài hạn [31].

### (6) Năng lực thể chế và sự phối hợp giữa các cơ quan nhà nước

Hiệu quả triển khai PPP phụ thuộc đáng kể vào năng lực và khả năng phối hợp của các cơ quan nhà nước. Các giai đoạn từ lập kế hoạch, thẩm định, đấu thầu đến giải phóng mặt bằng và giám sát vận hành đòi hỏi bộ máy hành chính chuyên nghiệp và phối hợp tốt giữa Trung ương và địa phương. Sự thiếu đồng bộ hoặc phân quyền không rõ ràng sẽ làm phát sinh rủi ro ngoài hợp đồng, kéo dài tiến độ và tăng chi phí [3].

Báo cáo của Kelkar Committee chỉ ra rằng, tại nhiều quốc gia đang phát triển, cơ quan nhà nước còn thiếu nhân lực chuyên trách và kỹ năng đàm phán, dẫn đến hợp đồng kém chặt chẽ, giám sát yếu, phê duyệt chậm và nhiều dự án bị đội vốn, đình trệ hoặc thất bại, gây mất niềm tin vào mô hình PPP [14].

## 4.3. Uy tín và năng lực của đối tác công

### (1) Độ tin cậy và mức độ cam kết của cơ quan nhà nước

Niềm tin vào cơ quan công là yếu tố then chốt trong quyết định đầu tư PPP. Những cơ quan từng triển khai thành công, thực hiện đúng cam kết hợp đồng, đảm bảo tiến độ và duy trì sự ổn định thường được nhà đầu tư đánh giá cao. Ngược lại, cơ quan công có tiền lệ vi phạm nghĩa vụ hoặc can thiệp quá sâu vào quá trình giám sát dễ khiến nhà đầu tư tăng hệ số rủi ro trong mô hình tài chính, làm giảm sức hấp dẫn của dự án [24].

Tại nhiều quốc gia, các Bộ, ngành có "thương hiệu thực thi tốt", đặc biệt trong lĩnh vực giao thông và năng lượng, luôn là đầu mối của những dự án thu hút đầu tư mạnh mẽ nhờ vào sự ổn định trong tổ chức và hành động [11].

### (2) Trình độ chuyên môn và năng lực điều phối dự án PPP

Năng lực chuyên môn của cơ quan công đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát rủi ro kỹ thuật, tối ưu chi phí hành chính và duy trì sự phối hợp hiệu quả với khu vực tư nhân. Cơ quan có đội ngũ chuyên trách, hiểu biết sâu về tài chính, kỹ thuật, pháp lý sẽ điều hành tốt toàn bộ chu trình dự án, từ hồ sơ mời thầu đến giám sát vận hành, đặc biệt trong các dự án phức tạp có nhiều lớp hợp đồng [30].

Trái lại, tại nhiều địa phương thiếu năng lực, hồ sơ bị thiếu sót, quy trình đấu thầu sai lệch hoặc hợp đồng không phù hợp dẫn đến tranh chấp, đình trệ. Trong khi đó, những địa phương có bộ phận PPP chuyên trách, được đào tạo bài bản, thường triển khai dự án nhanh hơn, minh bạch hơn và tạo được lòng tin từ nhà đầu tư [14].

### (3) Khả năng điều phối liên ngành và giải phóng mặt bằng

Các dự án PPP thường liên quan đến nhiều ngành, đòi hỏi sự phối hợp giữa nhiều cơ quan: từ cấp phép đất đai, môi trường, chính quyền địa phương đến đơn vị hạ tầng công ích. Sự thiếu

phối hợp đồng bộ sẽ gây chậm trễ, phát sinh chi phí không lường trước và làm tăng cảm nhận rủi ro từ phía nhà đầu tư [32].

Đặc biệt, giải phóng mặt bằng là chỉ báo thực tế của năng lực hành động phía công. Những dự án có quỹ đất sẵn hoặc kế hoạch bồi thường minh bạch sẽ dễ dàng thu hút đầu tư hơn. Ngược lại, nếu đất chưa rõ ràng, vướng phản đối từ dân cư hoặc chính sách đền bù không rõ ràng, dù dự án có khả thi về tài chính cũng dễ bị loại khỏi danh mục ưu tiên của nhà đầu tư [1].

#### (4) Mức độ thực thi các nghĩa vụ hợp đồng

Việc cơ quan công tuân thủ đúng các cam kết sau khi ký hợp đồng, như thanh toán định kỳ, bàn giao tài sản đúng hạn, hỗ trợ pháp lý hoặc đảm bảo cung cấp dịch vụ công, là nền tảng duy trì ổn định trong quan hệ PPP. Nếu các nghĩa vụ này bị vi phạm hoặc thực hiện chậm, dòng tiền của nhà đầu tư sẽ bị gián đoạn, gây ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả vận hành [34]. Nghiên cứu cho thấy nhà đầu tư có xu hướng tăng dự phòng tài chính nếu nhận thấy phía công thiếu cơ chế giám sát nội bộ hoặc không bố trí bộ phận chuyên trách để thực thi hợp đồng. Điều này khiến các địa phương yếu năng lực hậu kiểm bị đánh giá rủi ro cao, dù các điều kiện đầu thầu ban đầu thuận lợi [27].

#### (5) Tính minh bạch và trách nhiệm giải trình của khu vực công

Minh bạch trong công bố thông tin, từ báo cáo định kỳ, tiến độ thực hiện, chi phí tài chính đến điều chỉnh hợp đồng là biểu hiện của trách nhiệm giải trình và sự hợp tác từ phía công. Nhà đầu tư đánh giá cao những cơ quan minh bạch vì điều đó tạo cơ sở tin tưởng và giúp quản trị dự án hiệu quả hơn, đồng thời hạn chế tranh chấp [18]. Tại các nước có minh bạch thể chế thấp, nhà đầu tư thường phải dùng công cụ bảo hiểm chính trị hoặc đàm phán điều khoản giám sát quốc tế để tự bảo vệ. Kéo theo chi phí đầu tư tăng. Như vậy, minh bạch không chỉ là yếu tố quản trị mà còn là yếu tố kinh tế cốt lõi ảnh hưởng trực tiếp đến quyết định đầu tư [20].

### 4.4. Kỹ thuật và đặc thù của dự án

#### (1) Quy mô, độ phức tạp và thời gian triển khai

Quy mô và độ phức tạp kỹ thuật là yếu tố quan trọng khi đánh giá mức độ phù hợp với năng lực của khu vực tư nhân. Dự án lớn, công nghệ hiện đại, yêu cầu kỹ thuật cao thường đòi hỏi đội ngũ chuyên môn vững, thời gian triển khai dài, chi phí đầu tư cao và rủi ro lớn, trở thành rào cản với nhà đầu tư thiếu nền tảng kỹ thuật mạnh [30]. Ngược lại, các dự án tiêu chuẩn, thời gian thi công ngắn, thiết kế rõ ràng và ít biến động sẽ hấp dẫn hơn. Vì vậy, các dự án quy mô vừa như giao thông nội đô hay hệ thống cấp thoát nước thường thu hút nhà đầu tư trong nước và các doanh nghiệp mới tham gia [10].

#### (2) Mức độ chuẩn bị kỹ thuật và hoàn chỉnh hồ sơ

Hồ sơ đầy đủ gồm: thiết kế sơ bộ, đánh giá môi trường, khảo sát địa chất và báo cáo khả thi, giúp giảm chi phí chuẩn bị và rút ngắn thời gian thẩm định. Điều này cho thấy mức độ sẵn sàng của phía công và tạo niềm tin cho nhà đầu tư [8]. Ngược lại, dự án thiếu thông tin mặt bằng, dữ liệu kỹ thuật không rõ ràng, hoặc chưa xác định được kết nối hạ tầng sẽ khiến nhà đầu tư phải đánh giá lại từ đầu, làm phát sinh rủi ro chi phí và kéo dài quy trình ra quyết định [9].

#### (3) Mức độ tích hợp với hạ tầng liên quan

Tính tích hợp vào hệ thống hạ tầng hiện có là yếu tố then chốt đảm bảo hiệu quả vận hành và khả năng thu hồi vốn. Ví dụ, tuyến đường cao tốc thiếu kết nối với khu dân cư, khu công nghiệp hay mạng lưới logistics sẽ làm giảm giá trị khai thác, bất chấp tiềm năng tài chính [32]. Vị trí thuận lợi, khả năng kết nối và đồng bộ với công trình hiện hữu là tiêu chí kỹ thuật quan trọng được nhà đầu tư đặc biệt quan tâm [13].

#### (4) Tính linh hoạt công nghệ và khả năng thích ứng

Với vòng đời dài, công nghệ sử dụng trong dự án PPP cần có khả năng nâng cấp, tích hợp hoặc thay thế khi cần. Các giải pháp lạc hậu hoặc đặc thù sẽ làm tăng chi phí bảo trì và rủi ro kỹ thuật, giảm hiệu quả vận hành và sức hút đầu tư. Ngược lại, công nghệ mở, phù hợp chuẩn quốc tế được đánh giá là bền vững hơn [31]. Đặc biệt, các công nghệ thân thiện môi trường và tiết kiệm năng lượng còn giúp dự án tiếp cận nguồn vốn quốc tế, nâng cao sức cạnh tranh [4].

#### (5) Khả năng kiểm soát rủi ro kỹ thuật trong khai thác

Rủi ro kỹ thuật như sự cố thiết bị, thiên tai hoặc thiếu vật liệu có thể làm gián đoạn vận hành, ảnh hưởng đến dòng tiền và khả năng hoàn vốn. Các dự án có kế hoạch bảo trì định kỳ, hệ thống dự phòng và chính sách bảo hiểm hợp lý sẽ được ưu tiên hơn [34]. Ngược lại, nếu thiếu thông tin kỹ thuật, biện pháp kiểm soát chất lượng sơ sài hoặc không rõ cơ chế chia sẻ chi phí khi sự cố xảy ra, nhà đầu tư sẽ đánh giá đây là dự án rủi ro cao và có thể loại bỏ từ vòng sơ tuyển [23].

### 4.5. Môi trường đầu tư và chính sách ưu đãi

#### (1) Sự ổn định của kinh tế vĩ mô và thị trường tài chính

Kinh tế vĩ mô ổn định là điều kiện tiên quyết để nhà đầu tư tư nhân tin tưởng tham gia PPP. Tăng trưởng ổn định, lạm phát kiểm soát tốt, tỷ giá ít biến động và hệ thống tài chính hiệu quả sẽ giúp nhà đầu tư dễ dàng xây dựng mô hình tài chính tin cậy. Nếu lãi suất hợp lý và chính sách tiền tệ rõ ràng, doanh nghiệp sẽ tiếp cận vốn dài hạn với chi phí thấp hơn [12]. Ngược lại, kinh tế bất ổn như lạm phát cao, tỷ giá biến động mạnh hoặc chính sách tài khóa thay đổi đột ngột, sẽ làm tăng cảm nhận rủi ro. Khi đó, nhà đầu tư đòi hỏi lợi nhuận cao hơn hoặc rút khỏi dự án, nhất là với các dự án quy mô lớn phụ thuộc vào bảo lãnh từ Nhà nước [22].

#### (2) Minh bạch thể chế và hỗ trợ đầu tư

Minh bạch trong công bố thông tin, từ danh mục dự án, tiêu chí lựa chọn, tiến độ, đến mẫu hợp đồng, giúp nhà đầu tư đưa ra quyết định hiệu quả và giảm chi phí đánh giá rủi ro. Đồng thời, điều này tạo tiền đề cho giám sát độc lập và phòng ngừa gian lận, nâng cao cạnh tranh [24]. Ngoài ra, các cơ quan hỗ trợ kỹ thuật như đơn vị PPP chuyên trách, nền tảng dữ liệu số, hoặc trung tâm tư vấn pháp lý sẽ giúp quá trình tham gia dự án thuận lợi hơn. Kinh nghiệm từ Hàn Quốc, Philippines, Thái Lan cho thấy hệ thống hỗ trợ đầu tư bài bản tỉ lệ thuận với mức độ tham gia của khu vực tư nhân [32].

#### (3) Mức độ cạnh tranh và sự ổn định trong đầu tư

Môi trường đầu tư công bằng, đánh giá minh bạch và lựa chọn dựa trên năng lực thực tế giúp nhà đầu tư yên tâm và đưa ra phương án tốt nhất. Điều này thúc đẩy chất lượng dự án, sáng tạo và tối ưu hóa nguồn lực [20]. Ngược lại, nếu xuất hiện lợi ích nhóm, cơ chế "xin - cho" hay thiếu minh bạch trong đấu thầu, nhà đầu tư sẽ lo ngại rủi ro chính sách, dẫn đến rút lui. Về lâu dài, điều này làm giảm cạnh tranh, ảnh hưởng đến chất lượng công trình và hiệu quả quản lý vốn công [25].

#### (4) Tác động môi trường - xã hội và sự đồng thuận cộng đồng

Yếu tố xã hội và môi trường cũng tác động mạnh đến quyết định đầu tư. Dự án thiếu đánh giá môi trường, đền bù không minh bạch, hoặc không có kế hoạch tái định cư thường gặp phản đối, tranh chấp, gây trì hoãn và tăng chi phí [30].

Ngược lại, nếu được cộng đồng ủng hộ và chuẩn bị kỹ lưỡng, đặc biệt là những sáng kiến thân thiện môi trường, tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải,... dự án sẽ có ưu thế cạnh tranh. Những yếu tố này còn giúp doanh nghiệp tiếp cận các nguồn vốn ưu đãi quốc tế, cải thiện hiệu quả tài chính tổng thể [4].

## 5. KẾT LUẬN

Sự tham gia của khu vực tư nhân vào các dự án hợp tác công - tư (PPP) đóng vai trò then chốt trong chiến lược phát triển hạ tầng bền vững, đặc biệt tại Việt Nam. Dù chủ trương PPP được thúc đẩy mạnh mẽ, tỷ lệ tham gia thực tế của khối tư nhân vẫn còn hạn chế, phản ánh nhiều rào cản trong quá trình ra quyết định đầu tư. Nghiên cứu đã xác định 5 nhóm yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hành vi lựa chọn dự án PPP của nhà đầu tư tư nhân: (i) tài chính và khả năng sinh lời; (ii) khung pháp lý và năng lực thể chế; (iii) uy tín và hiệu quả thực thi của cơ quan công; (iv) đặc điểm kỹ thuật của dự án; và (v) môi trường đầu tư cùng các chính sách hỗ trợ. Những yếu tố này phản ánh mối quan tâm cốt lõi của nhà đầu tư về hiệu quả kinh tế, khả năng kiểm soát rủi ro và sự ổn định dài hạn. Việc nhận diện đúng sẽ giúp cơ quan quản lý xây dựng chính sách phù hợp và thiết kế các dự án khả thi, qua đó nâng cao sức hút đầu tư và phát huy hiệu quả mô hình PPP một cách cân bằng và bền vững.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ADB (2021), Public-Private Partnership Monitor: Indonesia, Asian Development Bank.
- [2]. Al Saadi, R., Abdou, A. & Alkass, S. (2024), Quantitative Analysis of Critical Success Factors in the Development of PPP Project Briefs in the UAE, Buildings.
- [3]. Alfen, H. W. van (2014), Factors Attracting Private Sector Investments in Public-Private Partnerships in Developing Countries: A Survey of International Experts, International Journal of Project Management.
- [4]. Alghamdi, F., Tatari, O. & Alghamdi, L. (2022), Enhancing the decision-making process for PPP infrastructure projects: a socio-economic system dynamic approach, Journal of Engineering and Applied Science.
- [5]. Asian Development Bank (2008), Public-Private Partnership (PPP) Handbook, ADB.
- [6]. Bộ Tài chính (2023), Báo cáo tình hình triển khai dự án PPP năm 2023, Hà Nội.
- [7]. Bộ Tài chính (2024), Báo cáo tình hình triển khai dự án PPP năm 2024, Hà Nội.
- [8]. De Matteis, F., Borgonovi, E. & Notaristefano, G. (2023), Factors Influencing the Choice of Public-Private Partnership for the Provision of Social Services, Journal of Public Administration Finance and Law.
- [9]. Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K. & Buhl, S. L. (2013), Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie?, Transport Reviews.
- [10]. Gonzalez, P. & Lee, H. (2023), Value for Money assessments for Public-Private Partnerships, Resources, Conservation & Recycling.
- [11]. Hodge, G. & Greve, C. (2024), Effective Criteria in Public-Private Partnership in Developing Countries, Development Studies Review.
- [12]. IMF (2024), World Economic Outlook Database April 2024, International Monetary Fund.
- [13]. Iossa, E. & Martimort, D. (2012), Risk allocation and the costs and benefits of public-private partnerships, The RAND Journal of Economics.
- [14]. Kelkar Committee (India) (2015), Report on PPP Framework Overhaul, Chính phủ Ấn Độ.
- [15]. Kopańska, A., Osinski, R. & Korbus, B. (2024), Private entities motivations to participate in public-private partnerships, Socio-Economic Planning Sciences.
- [16]. Kumah, K. (2023), Motivations for Engaging in PPP Power Projects in Ghana, International Journal of Energy Sector Management.
- [17]. Li, B. & Smith, T. (2024), Private Participation in PPPs in Southeast Asia: Lessons and Challenges, Journal of Infrastructure Policy.
- [18]. Li, Y. & Smith, J. (2024), Public-private or public-public? Exploring factors affecting private participation in China's PPP, Regional Studies.
- [19]. MPI (2021), Chiến lược phát triển hạ tầng giai đoạn 2021–2030, Bộ Kế hoạch và Đầu tư.
- [20]. Nature-article team (2023), Does government support affect private partners' profitability in PPP?, Palgrave Communications.
- [21]. OECD (2012), Recommendation of the Council on Principles for Public Governance of Public-Private Partnerships, OECD Publishing.
- [22]. OECD (2021), Global Outlook on Financing for Sustainable Development 2021, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- [23]. Roehrich, J. K., Lewis, M. A. & George, G. (2017), Social Value Creation and Relational Coordination in Public-Private Collaborations, Journal of Management Studies.
- [24]. Roehrich, J.K., Lewis, M.A. & George, G. (2020), Are public-private partnerships a healthy option? A systematic literature review, Journal of Management.
- [25]. Srivarathan, A. (2023), Opportunities and Challenges in PPPs to Reduce Social Inequality in Health, BMJ Open.
- [26]. U.S. Government Accountability Office (2001), Public-Private Partnerships: Factors to Consider When Deliberating Governmental Use as a Real Property Management Tool, GAO-02-46T.
- [27]. UNECE (2024), Standard on Public-Private Partnerships / Concession Legal Framework in support of the Sustainable Development Goals, UNECE.
- [28]. VCCI (2023), Khảo sát môi trường đầu tư kinh doanh tại Việt Nam năm 2023, Phòng Thương mại và Công nghiệp Việt Nam.
- [29]. VDB-Deo Ca (2024), Thông cáo báo chí về hợp tác tín dụng PPP giữa VDB và Tập đoàn Đèo Cả, Quỹ Phát triển Việt Nam.
- [30]. Vu, H., Sandanayake, M. & Zhang, G. (2023), Factors Affecting the Readiness of User-Pay Public-Private Partnership Procurement for Infrastructure Projects: A Comparison between Developed and Emerging Economies, Knowledge.
- [31]. Wang, S. & Brown, R. (2025), Review of Studies on Risk Allocation and Sharing in Public-Private Partnerships, Frontiers in Built Environment.
- [32]. World Bank (2022), Enabling Private Investment in Infrastructure, The World Bank.
- [33]. World Bank (2022), Guidance on PPP Legal Frameworks, World Bank Publications.
- [34]. Zhang, X. et al. (2024), Private entities motivations to participate in public-private partnerships, World Development.



# Nghiên cứu rào cản trong quá trình thực hiện (rào cản đầu ra) tác động đến các dự án PPP giao thông đường bộ

Exploring implementation barriers at the output stage in public-private partnership PPP road transport projects

> **THS NGUYỄN THỊ THANH PHƯƠNG**

Giám đốc BQL dự án đầu tư xây dựng công trình DD&CN tỉnh Đồng Tháp

## TÓM TẮT

Trong thời gian vừa qua, và dự kiến cả trong nhiều năm tới, đầu tư theo hình thức PPP vào các lĩnh vực giao thông nói chung, giao thông đường bộ nói riêng, tiếp tục được mở rộng với nhu cầu đầu tư ngày càng lớn. Mặc dù đã đạt được một số thành tựu, nhưng nhìn chung, việc triển khai các dự án PPP trong lĩnh vực giao thông đường bộ vẫn chưa đạt được kỳ vọng, còn tồn tại nhiều bất cập và hạn chế, ảnh hưởng đến hiệu quả của dự án do vướng mắc từ nhiều rào cản.

Đã có một số nghiên cứu về các dự án PPP trong lĩnh vực giao thông đường bộ, cũng như một số nghiên cứu về rào cản ảnh hưởng đến các dự án này. Tuy nhiên các nghiên cứu chủ yếu dừng lại ở các rào cản nói chung hoặc là các rào cản trong quá trình chuẩn bị triển khai dự án (rào cản đầu vào) mà rất ít các nghiên cứu đi sâu vào các rào cản trong quá trình thực hiện dự án (rào cản đầu ra) mà trong thực tế các rào cản đầu ra chính là các rào cản cụ thể ảnh hưởng trực tiếp đến việc triển khai dự án PPP giao thông đường bộ có hiệu quả.

Nội dung bài báo nhằm nghiên cứu các rào cản trong quá trình thực hiện (rào cản đầu ra) đối với các dự án PPP trong lĩnh vực giao thông đường bộ bao gồm: (i) Hệ thống hóa các nghiên cứu trong và ngoài nước về rào cản đầu ra trong dự án PPP giao thông đường bộ; (ii) Phân loại, luận giải các nhóm rào cản ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng, chi phí, tiến độ và hiệu quả vận hành; (iii) Đề xuất mô hình nghiên cứu định lượng nhằm đo lường mối quan hệ giữa rào cản đầu ra và hiệu quả dự án, qua đó định hướng các khuyến nghị chính sách phù hợp với thực tiễn Việt Nam.

**Từ khóa:** PPP, rào cản đầu ra, giao thông đường bộ, tiến độ, chi phí, hiệu quả vận hành, mô hình nghiên cứu.

## ABSTRACT

In recent years, and for the foreseeable future, investment in the transport sector-particularly in road transport-under the Public-Private Partnership (PPP) model has continued to expand in response to growing infrastructure demands. While notable achievements have been recorded, the implementation of PPP road transport projects has generally fallen short of expectations. Numerous structural and operational shortcomings persist, undermining project outcomes due to the presence of multiple barriers.

Existing research on PPP road transport projects has addressed various constraints, yet the majority has concentrated either on broad, overarching issues or on challenges arising during the preparatory phase (input barriers). By contrast, relatively little attention has been devoted to barriers emerging during the implementation phase (output barriers)-those specific, operational obstacles that most directly influence project delivery effectiveness. This study focuses on identifying and analyzing output barriers in the execution of PPP road transport projects. Specifically, it aims to: (i) synthesize domestic and international literature on output barriers in PPP road transport; (ii) classify and critically examine groups of barriers that exert direct impacts on quality, cost, schedule, and operational performance; and (iii) propose a quantitative research framework to measure the relationship between output barriers and project performance, thereby informing evidence-based policy recommendations suited to the Vietnamese context.

**Keywords:** Public-Private Partnership (PPP), output barriers, road transport, schedule performance, cost efficiency, operational effectiveness, research framework.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong điều kiện các dự án PPP lĩnh vực giao thông đường bộ được coi là một giải pháp chiến lược để thu hút nguồn lực đầu tư tư nhân nhằm phát triển kết cấu hạ tầng giao thông, nhiều dự án PPP giao thông đường bộ đã được triển khai, đặc biệt là các dự án BOT (Build-Operate-Transfer) và BT (Build-Transfer). Tuy nhiên, số lượng dự án thành công vẫn còn hạn chế.

Theo Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2023), hơn 60% các dự án PPP giao thông đường bộ đều gặp các vấn đề như chậm tiến độ, chi phí đầu tư vượt dự toán ban đầu, chất lượng thi công chưa đạt yêu cầu và thời gian hoàn vốn kéo dài. Nhiều nhà đầu tư tư nhân đã rút lui, nhiều chủ thể có liên quan đến quá trình triển khai thực hiện dự án như các nhà thầu, các cơ quan quản lý nhà nước ở Trung ương và địa phương, chính quyền các địa phương nơi dự án đi qua, các nhà cung cấp vật liệu, v.v... bị ảnh hưởng bởi các rào cản trong quá trình thực hiện, bao gồm cả rào cản đầu vào và rào cản đầu ra.

Phân tích thực tiễn cho thấy, nguyên nhân không chỉ đến từ những khó khăn ban đầu (thủ tục đầu tư, đàm phán hợp đồng) mà còn nằm ở giai đoạn thực hiện và đầu ra của dự án, nơi các rào cản về kỹ thuật, phối hợp, pháp lý và vận hành bộc lộ rõ rệt.

Mặc dù vậy, phần lớn các nghiên cứu hiện nay tại Việt Nam vẫn tập trung vào việc phân tích các rào cản đầu vào (*input-related barriers*), trong khi còn thiếu các công trình nghiên cứu chuyên sâu về rào cản đầu ra (*output-related barriers*), tức các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng, chi phí, tiến độ, hiệu quả tài chính và xã hội của dự án trong giai đoạn thực hiện và vận hành. Việc xác định, đo lường và phân tích các rào cản đầu ra có ý nghĩa đặc biệt quan trọng, không chỉ góp phần nâng cao hiệu quả triển khai các dự án PPP, mà còn hỗ trợ quá trình hoàn thiện thể chế, hệ thống tiêu chuẩn, cũng như công tác giám sát và đánh giá dự án.

## 2. KHÁI NIỆM VỀ RÀO CẢN ĐẦU RA

**Khái niệm “rào cản đầu ra”**, được sử dụng để chỉ những yếu tố cản trở quá trình thực hiện, hoàn thành và vận hành một dự án PPP sau khi hợp đồng đã được ký kết. Các rào cản này không còn mang tính đầu vào (như pháp lý chưa đầy đủ, khó lựa chọn nhà đầu tư...) mà thường phát sinh trong quá trình thi công, giám sát, giải ngân, nghiệm thu, vận hành khai thác. Một số rào cản thường gặp trong thực tế bao gồm:

- Các rào cản ảnh hưởng đến chất lượng kỹ thuật của dự án (thiếu công nghệ, vật liệu, nhân lực chất lượng cao);
- Các rào cản về pháp lý trong quá trình thực hiện (hợp đồng mơ hồ, thay đổi chính sách);
- Các rào cản về tài chính (giải ngân chậm, chi phí vượt mức);
- Các rào cản về vận hành (bất đồng về bảo trì, quyền khai thác...);
- Các rào cản phối hợp (giữa chủ đầu tư, nhà thầu, cơ quan Nhà nước và người dân).
- Các rào cản về chia sẻ rủi ro không rõ ràng giữa Nhà nước và nhà đầu tư, nhất là khi doanh thu thực tế thấp hơn dự kiến hoặc điều chỉnh phí sau khi ký hợp đồng, dẫn đến tranh chấp hoặc đình trệ dòng vốn (VCCI-USAID, 2022; tapchitaichinh, 2023).

- Các rào cản có liên quan đến giải phóng mặt bằng chậm trễ gây đình hoãn tiến độ, làm tăng chi phí vận hành và giảm năng lực thu phí khai thác (Trần Chung - VARSI, 2022).

Hiệu quả đầu ra của dự án PPP giao thông bao gồm sự hoàn thành đúng tiến độ, chất lượng kỹ thuật đạt chuẩn, khả năng thu phí và khai thác lâu dài ổn định về tài chính, cũng như năng

lực duy trì vận hành lâu dài. Những hiệu quả này thể hiện tính khả thi và bền vững về tài chính, kỹ thuật và xã hội của dự án.

Trên thực tế, nhiều dự án PPP giao thông đã giải quyết phần nào các vấn đề lớn của các dự án đầu tư công (chậm tiến độ, đội vốn, chất lượng) nhưng lại chưa thực sự đạt hiệu suất kỳ vọng do ảnh hưởng của rào cản đầu ra (Trần Chung - VARSI, 2022). Các chuyên gia OECD đánh giá Việt Nam đang ở vị trí rủi ro cao trong cấp độ ổn định chính sách (mức 5/7), chỉ sau Lào và Campuchia trong ASEAN.

Rõ ràng, nếu rào cản đầu ra không được phát hiện, đánh giá và xử lý kịp thời, dự án dù được phê duyệt và đầu tư lớn vẫn có thể thất bại ở khâu vận hành hoặc thu hồi vốn, khiến mô hình PPP mất sức hấp dẫn (VCCI-USAID, 2022; VCCI Ban Pháp chế, 2023).

Việc phân tích khái niệm rõ ràng các nội dung có liên quan, mối liên hệ giữa: PPP giao thông đường bộ, rào cản đầu ra và hiệu quả đầu ra của dự án sẽ giúp nghiên cứu hệ thống đánh giá và đề xuất giải pháp giảm thiểu rủi ro nhằm cải thiện hiệu quả vận hành và thu hồi vốn tại các dự án PPP giao thông đường bộ Việt Nam.

## 3. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

### 3.1. Các nghiên cứu quốc tế

Trên thế giới, một số nghiên cứu đã khảo sát các rào cản đầu ra và các nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành dự án PPP, nhất là trong lĩnh vực giao thông tại các nền kinh tế đang phát triển và chuyển đổi (Sy et al., 2016). Các nghiên cứu hệ thống ở nhiều quốc gia cho thấy các nguy cơ phổ biến bao gồm: yếu tố thể chế, rủi ro chính trị, quy trình đấu thầu, thị trường tài chính chưa phát triển, và đổi mới luật pháp liên tục (Li et al., 2005; Al-Hanawi et al., 2020).

• Zhang (2005) đề xuất về việc phân chia không rõ ràng trách nhiệm giữa các bên và chất lượng hợp đồng kém là nguyên nhân chính dẫn đến các kết quả không mong đợi trong giai đoạn thực hiện dự án.

• Hwang et al. (2013) tại Singapore xác định nhóm rào cản thi công bao gồm: thiếu nhân lực lành nghề, thiếu công nghệ thi công hiện đại, và xung đột lợi ích trong quá trình giám sát.

• Roumboutsos & Anagnostopoulos (2008) nhấn mạnh yếu tố “môi trường chính sách bất ổn” có thể gây trễ tiến độ, khiến mô hình tài chính trở nên không khả thi khi vận hành.

• Li et al. (2020) tại Trung Quốc đã đưa ra mô hình định lượng đo lường mối quan hệ giữa rào cản thi công (Construction-phase barriers) với tiến độ và chi phí, sử dụng SEM (Structural Equation Modeling).

• Akintoye et al. (2016) tổng hợp hơn 25 dự án PPP giao thông tại châu Âu, cho thấy các rào cản kỹ thuật và vận hành chiếm hơn 40% nguyên nhân khiến dự án vượt chi phí hoặc bị đình trệ.

Ngoài ra, báo cáo toàn diện phân tích 25 bài viết về PPP từ nhiều quốc gia (Malaysia, Trung Quốc, Ghana...) đã nhóm các rào cản theo các khung lý thuyết như: lý thuyết thể chế, lý thuyết quản trị rủi ro, quản trị cộng tác, cho thấy tính toàn diện trong tiếp cận phân tích PPP (Ibrahim & Jantan, 2024).

Các nghiên cứu quốc tế còn chỉ rõ rằng chi phí vốn tư nhân cao, chi phí giao dịch lớn, thiếu minh bạch và tính linh hoạt hợp đồng thấp làm giảm khả năng thu hút đầu tư tư nhân cho các dự án PPP (2025). Báo cáo của The Financial Times cũng nhấn mạnh rằng các định chế tài chính phát triển (DFIs) thường không kích hoạt được dòng vốn hiệu quả vì thiếu dữ liệu minh bạch và môi trường pháp lý ổn định (FT, 2024).

### 3.2. Các nghiên cứu tại Việt Nam

Trong bối cảnh Việt Nam, nghiên cứu của Sy et al. (2016) là điểm khởi đầu quan trọng khi sáng tạo danh mục rào cản đầu ra trong các dự án giao thông PPP tại Việt Nam, từ các vấn đề GPMB, thủ tục hành chính, pháp luật, đến rủi ro thị trường tài chính (Sy et al., 2016).

Tiếp đó, nghiên cứu mở rộng bởi Dung (2024) đã bổ sung yếu tố như lợi nhuận thấp, luật pháp chưa hoàn thiện chiếm gần 30% nguyên nhân khiến nhà đầu tư tránh tham gia các dự án PPP (Dung, 2024). Báo cáo của Emerald (2025) kết hợp cả phân tích định lượng và tham vấn chuyên gia, đưa ra danh sách các rào cản trọng yếu nhất và các CSFs cần thiết để nâng cao hiệu quả thực hiện PPP gắn với hoàn thiện chính sách (Emerald case, 2025).

Thêm vào đó, báo cáo tổng hợp của VCCI-USAID và các nghiên cứu thực địa đã phản ánh những rào cản như vướng mắc trong tín dụng, bất ổn pháp lý, và năng lực đàm phán hợp đồng còn yếu ở bên đối tác tư nhân (VCCI & USAID, 2023; VCCI Ban Pháp chế, 2023). Các vấn đề về minh bạch, trách nhiệm giải trình, và rủi ro chính sách tiếp tục là điểm nghẽn lớn trong nhiều dự án BOT/BTO (VCCI-USAID, 2023; VCCI Ban Pháp chế, 2023).

Một nghiên cứu từ Việt Nam phối hợp chuyên gia sử dụng khảo sát và phân tích ANOVA đã xác định một danh sách các rào cản chính như: quy trình đấu thầu không minh bạch, vấn đề pháp luật, thiếu khả năng tài chính và rủi ro thực thi (Sy et al., 2016; Dung, 2024). Đặc biệt, nghiên cứu cập nhật vào năm 2025 tại Việt Nam tiến hành khảo sát 250 chuyên gia trong ngành Xây dựng đã xác định các “critical barriers” và “critical success factors (CSFs)”, trong đó những rào cản như tài chính, pháp lý, và chia sẻ rủi ro được đánh giá ảnh hưởng mạnh nhất đến hiệu quả dự án PPP (Emerald case, 2025).

Tổng hợp các nghiên cứu tổng quan quốc tế và trong nước cho thấy rào cản đầu ra không chỉ là vấn đề kỹ thuật hay tài chính mà còn là kết quả của sự tương tác chống chéo giữa thể chế, chính sách, và thị trường tài chính chưa đủ mạnh, dẫn đến thiếu hụt hiệu quả đầu ra dù các dự án có quy mô lớn và được phê duyệt qua quá trình PPP. Rào cản vẫn còn tồn tại qua quá trình vận hành, khai thác và thu hồi vốn.

#### 4. MỘT SỐ MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN

Để chọn được mô hình nghiên cứu về rào cản đầu ra đối với các dự án PPP lĩnh vực giao thông đường bộ cần phải nghiên cứu một số mô hình có liên quan. Nghiên cứu về rào cản đầu ra và hiệu quả vận hành dự án PPP thường xây dựng trên nền tảng các khung mô hình lý thuyết liên quan đến quản trị rủi ro, cơ chế thể chế và quản trị hợp tác. Dưới đây là một số mô hình nghiên cứu nổi bật quốc tế và được áp dụng hoặc điều chỉnh trong bối cảnh Việt Nam.

##### 4.1. Mô hình nghiên cứu quốc tế

Một mô hình lý thuyết trung gian (mediation model) được Tang (2010) đề xuất giải thích mối liên hệ giữa hợp đồng PPP, chia sẻ rủi ro và hiệu quả dự án PPP: các yếu tố hợp đồng và quản trị ảnh hưởng đến đầu ra thông qua cơ chế chia sẻ rủi ro. Mô hình SLEEPT (Social, Legal, Economic, Environmental, Political, Technological) được sử dụng trong nhiều nghiên cứu để phân loại rào cản PPP theo sáu chiều ảnh hưởng khác nhau, có thể áp dụng để giải thích rào cản đầu ra.

Ibrahim và Jantan (2024) thực hiện tổng hợp hệ thống (systematic review) 25 bài quốc tế, gợi ý một khung lý thuyết tổng hợp gồm: Lý thuyết thể chế, Quản trị rủi ro và Quản trị hợp tác, cho phép phân tích sâu các rào cản, giải pháp và mối liên hệ giữa chúng.

Loại mô hình Life-Cycle approach (Bao et al., Xiong et al.)

phân chia chu trình dự án PPP theo giai đoạn chuẩn bị, xây dựng, vận hành, trong đó rào cản đầu ra xuất hiện chủ yếu ở giai đoạn vận hành và khai thác, ảnh hưởng đến thu phí, tài chính và ổn định hợp đồng.

##### 4.2. Mô hình nghiên cứu tại Việt Nam

Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đã áp dụng hoặc tùy chỉnh mô hình quốc tế để phù hợp thực trạng địa phương. Sy et al. (2016) phát triển một mô hình lý thuyết gắn rủi ro đầu ra (GPMB, pháp lý, tài chính, chính sách điều chỉnh) với hiệu quả vận hành trên cơ sở khảo sát chuyên gia và mô hình hồi quy/bảng điều khiển.

Nghiên cứu của Dung (2024) bổ sung thêm các biến như lợi nhuận thấp, thị trường tài chính chưa hoàn thiện... và đề xuất mô hình PLS-SEM để kiểm định các nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả dự án PPP tại Việt Nam.

Mô hình xác định giá trị hiệu quả (Value-for-Money, VfM) theo Li & Akintoye (2003) và Yescombe (2017) được một số báo cáo tại Việt Nam tiếp thu, trong đó đánh giá VfM dựa trên ba yếu tố: chi phí vòng đời, phân bổ rủi ro và mức độ đổi mới dịch vụ. Mô hình này cho phép kết nối rào cản đầu ra (như bất ổn pháp lý, chia sẻ rủi ro thiếu minh bạch) với hiệu quả tài chính dài hạn và khả năng thu hút đầu tư tư nhân.

VCCI-USAID (2022; 2023) đã đề xuất một khung mô hình đặc thù cho Việt Nam, kết hợp phân tích các nhóm rào cản (thể chế, pháp lý, tín dụng, GPMB), đánh giá tác động từng nhóm qua khảo sát, từ đó xây dựng mô hình phân tích đa biến (multi-variable regression) để đề xuất giải pháp chính sách cụ thể.

##### 4.3. Tổng hợp các mô hình

| Nguồn nghiên cứu              | Phương pháp / Khung mô hình                                | Ứng dụng trong nghiên cứu PPP                        |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Tang (2010)                   | Mediation model với hợp đồng và chia sẻ rủi ro             | Giải thích ảnh hưởng đến hiệu quả đầu ra             |
| Ibrahim & Jantan (2024)       | SLR kết hợp Institutional, Risk & Collaborative Governance | Phân loại rào cản và xác định giải pháp              |
| Sy et al. (2016), Dung (2024) | Khảo sát chuyên gia, hồi quy/PLS-SEM                       | Xác định rào cản trọng yếu tại Việt Nam              |
| Li & Akintoye / VCCI-USAID    | VfM & phân tích hồi quy chính sách                         | Đánh giá tác động rủi ro tới hiệu quả và thu hút vốn |

Các mô hình trên đều nhấn mạnh rằng rào cản đầu ra không phải yếu tố riêng lẻ mà là kết quả của sự tương tác giữa yếu tố thể chế, pháp lý, tài chính, hành chính và thị trường. Việc vận dụng hoặc điều chỉnh các khung lý thuyết này trong nghiên cứu của bạn sẽ giúp hệ thống hóa vấn đề, xây dựng các giả thuyết kiểm định cụ thể và đề xuất giải pháp chính sách khả thi cho bối cảnh Việt Nam.

Dù các mô hình này mang lại đóng góp quan trọng, nhưng điểm hạn chế là:

- Chưa có mô hình tổng hợp đo lường toàn diện các rào cản đầu ra.
- Nhiều nghiên cứu chưa phân biệt biến trung gian, điều tiết.
- Thiếu mô hình kiểm định mối quan hệ giữa rào cản đầu ra và hiệu quả tổng thể của dự án (cả kỹ thuật - tài chính - xã hội).

##### 4.4. Khoảng trống nghiên cứu và đề xuất hướng tiếp theo

###### 4.1.1. Khoảng trống nghiên cứu

Mặc dù đã có nhiều công trình phân tích rào cản đầu ra trong các dự án PPP giao thông đường bộ tại Việt Nam, nhưng tồn tại

một số khoảng trống nghiên cứu cần được khai thác sâu hơn:

- Thiếu dữ liệu dài hạn và theo chu trình vận hành dự án: Hiện tại các nghiên cứu (Sy et al., 2016; Dung, 2024; VCCI & USAID, 2023) tập trung nhiều vào khảo sát hiện trạng hoặc phân tích hiện tại, nhưng chưa có các nghiên cứu theo dõi dài hạn giai đoạn vận hành, khai thác và thu phí của từng dự án cụ thể để theo dõi biến động rào cản theo thời gian.

- Chưa có phân tích so sánh giữa các loại hợp đồng PPP (BOT, BTO, BT, BLT...): Các rào cản đầu ra có thể khác nhau tùy loại hợp đồng và cơ chế chia sẻ rủi ro (Liu et al., 2021), nhưng trong bối cảnh Việt Nam hiện tại, chưa có nghiên cứu nào đánh giá một cách so sánh rào cản theo loại hình hợp đồng này.

- Hạn chế về tính hệ thống của yếu tố tác động: Các nghiên cứu chủ yếu dựa vào mô hình PLS-SEM, hồi quy đa biến hay mediation model (Tang, 2010; Sy et al., 2016). Tuy nhiên, các yếu tố như thay đổi chính sách, biến động kinh tế vĩ mô, tác động xã hội vẫn chưa được tích hợp đầy đủ trong một khung mô hình tổng thể.

- Thiếu nghiên cứu định lượng kết hợp định tính sâu: Hầu hết nghiên cứu đang dựa vào khảo sát và mô hình thống kê. Việc thiếu phỏng vấn chuyên sâu, phân tích trường hợp cụ thể khiến thiếu chiều sâu về cách thức rào cản thực tế phát sinh và lan truyền ảnh hưởng.

- Chưa khai thác tác động lan tỏa xã hội và kinh tế: Rào cản đầu ra không chỉ ảnh hưởng đến hiệu quả tài chính và kỹ thuật mà còn tạo ra tác động xã hội (niềm tin cộng đồng, quan hệ công tư). Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện nay chưa bao gồm phân tích mạng lưới tác động này.

#### 4.4.2. Hướng nghiên cứu đề xuất

Để khắc phục các khoảng trống trên, nghiên cứu đề xuất một số hướng tiếp theo khả thi và thiết thực:

- Nghiên cứu theo chu trình dài hạn (longitudinal study): Theo dõi một số dự án PPP giao thông cụ thể từ giai đoạn vận hành đầu tiên đến khi thu hồi vốn đầy đủ, ghi nhận tiến độ thu phí, thay đổi pháp lý, chi phí phát sinh theo thời gian.

- So sánh theo loại hợp đồng PPP: Xây dựng khung phân tích so sánh giữa hợp đồng BOT, BTO, BT hoặc BLT để phân tích xem rào cản đầu ra khác nhau như thế nào theo cơ chế chia sẻ rủi ro và điều khoản hợp đồng.

- Khung phân tích toàn diện tích hợp đa chiều: Phát triển mô hình tổng thể như một loại SLEET-Life-Cycle mediation model, kết hợp yếu tố xã hội, luật, tài chính, môi trường, chính trị và công nghệ với các giai đoạn dự án qua thời gian để đánh giá toàn diện tác động rào cản đầu ra đến hiệu quả.

- Kết hợp nghiên cứu định lượng và định tính sâu: Ngoài mô hình PLS-SEM/PLS-SEM, bổ sung phỏng vấn chuyên sâu với nhà đầu tư, ngân hàng, cơ quan quản lý và cộng đồng địa phương. Phân tích case study một số dự án tiêu biểu như cao tốc Bắc - Nam, để hiểu rõ các rào cản thực tế phát sinh và tác động lan truyền.

- Phân nhóm rào cản đầu ra thành: kỹ thuật-pháp lý-tài chính-vận hành-phối hợp.

- Xây dựng mô hình nghiên cứu với các biến:

- + Biến độc lập: Nhóm rào cản đầu ra

- + Biến trung gian: Năng lực quản trị và phối hợp

- + Biến phụ thuộc: Tiến độ, chi phí, chất lượng, thời gian hoàn vốn, sự chấp nhận xã hội.

- Sử dụng phương pháp SEM hoặc PLS-SEM để kiểm định mối quan hệ giữa các biến.

- Triển khai khảo sát với quy mô  $\geq 30$  dự án PPP giao thông đường bộ tại Việt Nam (hoặc  $\geq 15$  nếu nghiên cứu chuyên sâu dạng case study).

- Phân tích tác động lan tỏa xã hội và môi trường: Mở rộng phạm vi nghiên cứu không chỉ giới hạn trong hiệu quả tài chính - kỹ thuật mà còn cả tác động xã hội, niềm tin cộng đồng, sự hài lòng của người dân. Những yếu tố này có thể hỗ trợ cho sức bền của hợp đồng và tính ổn định dài hạn.

- Đề xuất cơ chế cập nhật và phản hồi chính sách: Xây dựng một khung tư vấn chính sách có khả năng điều chỉnh linh hoạt theo từng thời điểm vận hành, kết hợp phản hồi từ nhà đầu tư, ngân hàng và cộng đồng - nhằm giảm thiểu rủi ro bất ngờ và cải thiện niềm tin trong hệ sinh thái PPP.

Tổng hợp lại, hướng nghiên cứu đề xuất trên không chỉ giúp lấp đầy các khoảng trống lý thuyết và thực nghiệm, mà còn hướng tới việc xây dựng khung đánh giá khả thi và giải pháp chính sách cụ thể cho Việt Nam. Nghiên cứu này hy vọng sẽ hỗ trợ tạo ra các đề xuất chính sách khả thi, góp phần tăng cường hiệu quả mô hình PPP giao thông đường bộ trên thực tế.

## 5. MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT

### 5.1. Khung lý thuyết và luận cứ mô hình

Mô hình nghiên cứu đề xuất dựa trên nền tảng các khung lý thuyết về quản trị rủi ro, cấu trúc thể chế, và vai trò của năng lực quản trị phối hợp (Tang, 2010; Ibrahim & Jantan, 2024). Các rào cản đầu ra (technical, legal, financial, institutional/coordination, operational) được xem là biến độc lập (IV) tác động trực tiếp và gián tiếp đến hiệu quả đầu ra của dự án PPP (DV), thông qua năng lực quản trị phối hợp (MV) như một biến trung gian (project governance and coordination capacity).

- Rào cản kỹ thuật (Technical Barriers) có thể gây chậm tiến độ và giảm chất lượng đầu ra, bởi thiếu tiêu chuẩn, công nghệ lạc hậu, biến động giá vật liệu (Sy et al., 2016).

- Rào cản pháp lý (Legal Barriers) như hợp đồng thiếu linh hoạt, quy định chưa rõ ràng, chuyển đổi pháp luật chậm ảnh hưởng đến chi phí và điều chỉnh vận hành (VCCI & USAID, 2023).

- Rào cản tài chính (Financial Barriers) gồm giải ngân chậm, cơ chế thanh toán không nhất quán, điều chỉnh tài chính sau hợp đồng chậm kéo dài thời gian thu hồi vốn (Dung, 2024).

- Rào cản tổ chức và phối hợp (Institutional/Coordination Barriers) như chồng chéo vai trò, phối hợp liên ngành yếu làm giảm năng lực triển khai và kiểm soát tiến độ (VCCI Ban Pháp chế, 2023).

- Rào cản vận hành và khai thác (Operational Barriers) như không có quy trình nghiệm thu rõ ràng, sai số dự báo lưu lượng, cơ chế điều chỉnh phí cứng nhắc ảnh hưởng đến thời gian vận hành và khai thác hiệu quả.

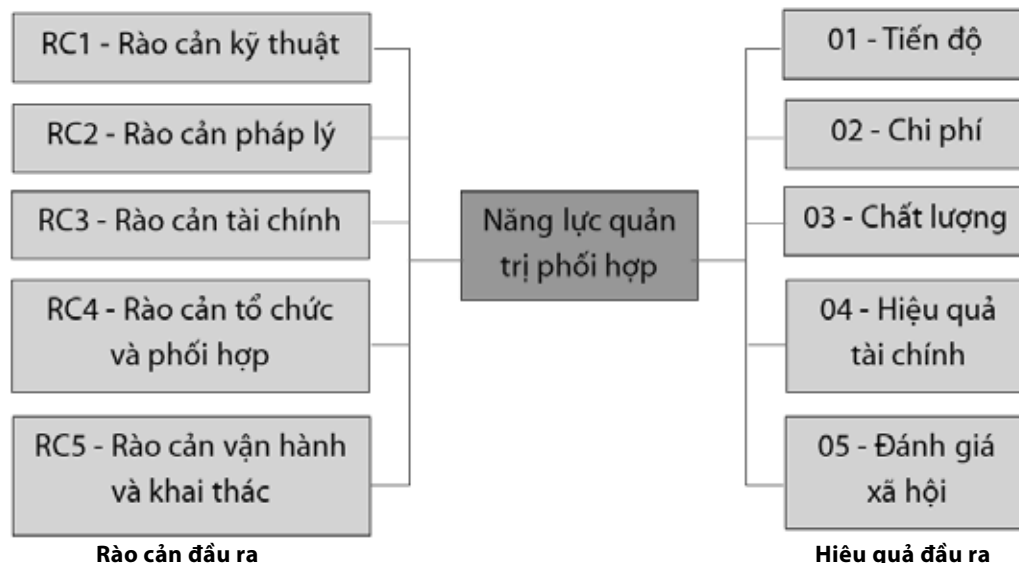
Năng lực quản trị phối hợp (Governance Capacity) đóng vai trò trung gian giảm thiểu tác động tiêu cực từ các rào cản, thông qua khả năng kiểm soát tiến độ, giải quyết tranh chấp và phối hợp giữa các bên liên quan (Tang, 2010).

Biến phụ thuộc (DV) được định nghĩa bao gồm: Tiến độ thực hiện, Chi phí thực hiện, Chất lượng kỹ thuật đầu ra, Thời gian vận hành thu phí, và Hiệu quả tổng thể (tài chính - xã hội). Mô hình xây dựng dưới dạng mediation để kiểm định tác động gián tiếp và trực tiếp giữa các nhóm rào cản và hiệu quả đầu ra.



## 5.2. Sơ đồ mô hình nghiên cứu

### Mô hình nghiên cứu



Mô hình nghiên cứu về rào cản đầu ra ảnh hưởng đến hiệu quả thực hiện dự án PPP giao thông đường bộ (Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Trong các bài viết tiếp theo tác giả sẽ nghiên cứu tổng hợp các chỉ báo đối với từng giả thuyết, khảo sát thực tế để đánh giá mức độ tác động của các giả thuyết và các chỉ báo về các rào cản đầu ra ảnh hưởng đến hiệu quả thực hiện dự án PPP giao thông đường bộ.

## 6. KẾT LUẬN

Việc nghiên cứu các rào cản trong quá trình thực hiện dự án (rào cản đầu ra) đối với các dự án PPP giao thông đường bộ, trên cơ sở vận dụng mô hình nghiên cứu nhằm xác định mức độ tác động và các chỉ báo liên quan, sẽ giúp các cơ quan quản lý nhà nước, nhà nghiên cứu, nhà đầu tư và các bên liên quan có cái nhìn toàn diện hơn. Qua đó, có thể đề ra các giải pháp nhằm hạn chế những rào cản này, góp phần nâng cao hiệu quả thực hiện các dự án PPP giao thông đường bộ tại Việt Nam trong thời gian tới.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đại biểu Nhân dân (2025) Giới hạn dư nợ cấp tín dụng đang là rào cản với các dự án PPP giao thông, 6 Jun 2025.
- [2]. Dung, N.T.T. (2024) 'Research on Public-Private Partnership (PPP) Investment...', Open Transportation Journal, 18, pp. ...
- [3]. Frontiers in Built Environment (2025) 'Review of studies on risk allocation and sharing in public-private partnerships', Frontiers in Built Environment, 10.
- [4]. FT (2024) The magic pony of private finance fails to fund the global green transition. Financial Times.
- [5]. Ibrahim, F.B. & Jantan, A.H.B. (2024) 'Challenges, barriers, and solutions in public-private partnerships (PPP): A comprehensive review', International Journal of Professional Business Review, 9(10), pp. 1 - 40.
- [6]. kinhtevadubao.vn (2022) Tháo gỡ rào cản để thực hiện tốt Luật PPP, 13 Jul 2022.
- [7]. Lê Thanh Tuấn (2025) Giải pháp hoàn thiện khung pháp lý để thu hút vốn tư nhân vào các dự án PPP giao thông tại Việt Nam, Quanlynhanuoc.vn, 23 Jul 2025.
- [8]. Liên đoàn Thương mại và Công nghiệp Việt Nam - VCCI (2023) Đầu tư theo phương thức đối tác công tư tại Việt Nam hiện nay: rào cản và giải pháp.
- [9]. Nhân dân (2022) Sớm gỡ vướng cho các dự án PPP giao thông, 31 Oct 2022.

public-private partnership transportation projects in Vietnam', MPRA Paper 96583.

[11]. Tang, L.Y. (2010) 'A theoretical model explaining PPP project performance via contract and risk sharing', International Journal of PPP Studies, 5(1), pp. 45 - 60.

[12]. Tapchiconsan.org.vn (2018) Hợp tác công-tư cho phát triển hạ tầng giao thông tại Việt Nam.

[13]. tapchitaichinh.vn (2023) Vì sao nhà đầu tư thiếu mặn mà với dự án PPP?, 15 Nov 2023.

[14]. tinhtrunguoc.vn (2023) Vai trò của đầu tư theo phương thức hợp tác công-tư PPP trong phát triển kinh tế-xã hội.

[15]. Trần Chung - VARS (2022) Vì sao phương thức PPP trong lĩnh vực hạ tầng giao thông đường bộ chưa hấp dẫn nhà đầu tư?

[16]. Văn phòng PPP, Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2023) Phân tích thực trạng và vướng mắc trong thực hiện Luật PPP, Tạp chí Tài chính.

[17]. VCCI & USAID (2022) Báo cáo Dòng chảy pháp luật kinh doanh và vướng mắc thực hiện PPP.

[18]. VCCI & USAID (2023) Đầu tư theo phương thức đối tác công tư tại Việt Nam hiện nay: rào cản và giải pháp.

[19]. VCCI & USAID (2023) Đầu tư theo phương thức PPP tại Việt Nam: rào cản và giải pháp.

[20]. VCCI Ban Pháp chế (2023) Phân tích thực trạng và vướng mắc trong thực hiện Luật PPP, Tạp chí Tài chính.

[21]. VIB Online (2022) Báo cáo đầu tư PPP tại Việt Nam: rào cản và giải pháp pháp lý.

[22]. Vneconomy (2023) Bế tắc thu hút doanh nghiệp đầu tư dự án PPP giao thông, 15 Nov 2023.

[23]. Yescombe, E. (2017) 'Value for Money in PPP: Theory and Practice', PPP Journal, 14(2), pp. 123 - 142.

# Nâng cao vai trò và trách nhiệm của Văn phòng Quản lý Dự án (PMO) trong các dự án phát triển bất động sản tại Việt Nam: Nghiên cứu điển hình dự án cao tầng RSR

Enhancing project management office (PMO) roles and responsibilities in real estate development projects in Vietnam: A case study of the RSR high-rise project

> **THS.KS PHẠM ANH TUẤN**

Công ty TNHH Tập đoàn Thiên Thanh; Email: project.tuanpham@gmail.com

## TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu về vai trò và trách nhiệm của Văn phòng Quản lý Dự án (Project Management Office - PMO) trong các doanh nghiệp bất động sản tại Việt Nam. Nghiên cứu kết hợp hai phương pháp: (1) khảo sát 30 nhân sự tại các dự án bất động sản đang áp dụng mô hình PMO và (2) nghiên cứu tình huống chuyên sâu tại dự án cao tầng RSR. Dữ liệu được phân tích theo phương pháp phân tích chủ đề kết hợp với thống kê mô tả. Kết quả cho thấy, PMO đóng vai trò then chốt trong việc kiểm soát tiến độ (Mean = 4.53), chi phí (Mean = 4.37), và rủi ro pháp lý (Mean = 4.10); đồng thời góp phần nâng cao tính minh bạch và hiệu quả phối hợp nội bộ. Tuy nhiên, PMO vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức như: quyền hạn còn hạn chế, thiếu hệ thống số hóa tích hợp, sự phối hợp giữa các phòng ban chưa rõ ràng, và chi phí vận hành cao. Bài báo đề xuất hệ thống giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của PMO, bao gồm: tăng quyền hạn, chuẩn hóa quy trình phối hợp theo mô hình RACI, triển khai hệ thống PMIS, và tối ưu hóa nguồn lực. Hướng nghiên cứu tương lai sẽ tập trung vào việc xây dựng mô hình mô phỏng hệ sinh thái phát triển dự án và ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm hỗ trợ PMO ra quyết định tối ưu trong bối cảnh thị trường biến động.

**Từ khóa:** PMO, bất động sản, dự án RSR, khảo sát chuyên gia, mô hình hai cấp, KPI, RACI, số hóa, AI, mô phỏng.

## ABSTRACT

This paper presents a study on the roles and responsibilities of the Project Management Office (PMO) in real estate development enterprises in Vietnam. The research employs a dual-method approach: (1) a survey of 30 professionals involved in real estate projects that have adopted the PMO model, and (2) an in-depth case study of the high-rise RSR project. Data were analyzed using thematic analysis in combination with descriptive statistics. The results indicate that the PMO plays a critical role in schedule control (Mean = 4.53), cost management (Mean = 4.37), and legal risk mitigation (Mean = 4.10), while also enhancing transparency and interdepartmental coordination. However, PMOs still face challenges such as limited authority, lack of integrated digital systems, unclear interdepartmental coordination mechanisms, and high operational costs. The paper proposes a system of solutions to improve PMO effectiveness, including empowerment, standardization of coordination processes using the RACI model, implementation of PMIS systems, and optimization of resources. Future research will focus on developing a simulation-based ecosystem model for project development and applying artificial intelligence (AI) to support PMOs in making optimal decisions amid market uncertainties.

## 1. GIỚI THIỆU

Ngành bất động sản Việt Nam đang bước vào giai đoạn phát triển mạnh mẽ, trở thành trụ cột quan trọng trong tăng trưởng kinh tế và phát triển đô thị. Tuy nhiên, đặc thù thị trường mới nổi với các dự án phức tạp, quy mô lớn, đa dạng về chức năng và yêu cầu pháp

lý đã đặt ra thách thức to lớn cho các doanh nghiệp phát triển dự án [1][2]. Các vấn đề như chậm tiến độ, vượt chi phí, kiểm soát chất lượng kém và rủi ro pháp lý kéo dài là hiện tượng phổ biến.

Trong bối cảnh Việt Nam đang bước vào giai đoạn tăng trưởng kinh tế nhanh chóng và đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ, ngành bất

động sản ngày càng khẳng định vai trò là một lĩnh vực then chốt trong chiến lược phát triển hạ tầng và mở rộng đô thị quốc gia. Sự gia tăng dân số cùng với tốc độ đô thị hóa cao đã tạo ra áp lực lớn về nhà ở và các tiện ích đô thị, kéo theo nhu cầu phát triển các dự án chung cư, trung tâm thương mại, văn phòng và dịch vụ đô thị hiện đại.

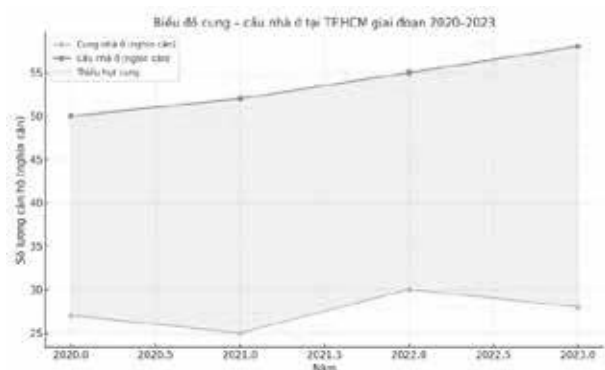
Theo số liệu của Cục Thống kê Việt Nam và Ngân hàng Thế giới (World Bank), dân số Việt Nam đã tăng ổn định từ năm 2015 đến năm 2023, và vượt mốc 100 triệu người vào năm 2023. Mỗi năm, dân số trung bình tăng thêm khoảng 900.000 đến 1 triệu người.

Đồng thời, tỷ lệ đô thị hóa cũng tăng mạnh, từ mức 34% (2015) lên 41,7% (2023), với dự báo tiếp tục tăng nhanh trong thập kỷ tới. Hình 1 trình bày xu hướng tăng trưởng dân số Việt Nam trong giai đoạn 2015-2023:



Hình 1. Tăng trưởng dân số Việt Nam giai đoạn 2015-2023 (Nguồn: Cục Thống kê Việt Nam, World Bank)

Bên cạnh yếu tố dân số, thị trường bất động sản Việt Nam hiện nay đang ghi nhận **sự mất cân đối nghiêm trọng giữa cung và cầu nhà ở** (Hình 2). Theo thống kê từ Bộ Xây dựng, cả nước đang thiếu khoảng 1 triệu căn hộ nhà ở xã hội. Riêng tại TP.HCM, giai đoạn 2020-2023 chỉ có khoảng 25.000-30.000 căn hộ được mở bán mỗi năm, trong khi nhu cầu thực tế được ước tính dao động từ 50.000-60.000 căn/năm. Tình trạng này dẫn đến **thiếu hụt nguồn cung trầm trọng**, gia tăng áp lực lên các chủ đầu tư trong việc đảm bảo tiến độ, kiểm soát pháp lý, và tối ưu chi phí.



Hình 2. Biểu đồ cung - cầu nhà ở tại TP.HCM giai đoạn 2020-2023

Trước bối cảnh đó, việc thiết lập và phát triển Văn phòng Quản lý Dự án (Project Management Office - PMO) đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao hiệu quả triển khai dự án, đảm bảo tiến độ, kiểm soát chi phí và rủi ro toàn diện. Trong khi mô hình PMO đã được nghiên cứu và ứng dụng phổ biến tại các quốc gia phát triển, thì tại Việt Nam, đặc biệt trong lĩnh vực bất động sản - PMO vẫn là một khái

niệm tương đối mới mẻ và chưa được chuẩn hóa hoặc đánh giá đầy đủ về hiệu quả.

Do đó, bài báo nhằm nghiên cứu chuyên sâu vai trò, trách nhiệm và hiệu quả của PMO trong doanh nghiệp phát triển dự án bất động sản tại Việt Nam, thông qua nghiên cứu điển hình tại dự án cao tầng hỗn hợp RSR. Trên cơ sở phân tích định tính và kết quả khảo sát chuyên gia, bài báo đề xuất mô hình PMO cải tiến theo hai cấp độ, kết hợp KPI, RACI và hệ thống số hóa, từ đó đưa ra các khuyến nghị thực tiễn nhằm nâng cao hiệu quả quản trị dự án trong ngành bất động sản Việt Nam.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

### 2.1. Các khái niệm và mô hình PMO

Văn phòng Quản lý Dự án (Project Management Office - PMO) là một bộ phận hoặc đơn vị chuyên trách trong tổ chức có chức năng quản lý, giám sát, hỗ trợ và tối ưu hóa việc thực hiện các dự án. Theo định nghĩa của Viện Quản lý Dự án PMI (2021), PMO được xem là trung tâm điều phối toàn bộ hoạt động dự án, đảm bảo sự liên kết giữa chiến lược doanh nghiệp và thực thi dự án.

PMI phân loại PMO thành ba cấp độ:

- PMO hỗ trợ (Supportive PMO): cung cấp hướng dẫn, biểu mẫu và quy trình.
- PMO kiểm soát (Controlling PMO): giám sát và đảm bảo tuân thủ quy chuẩn.
- PMO chỉ đạo (Directive PMO): trực tiếp quản lý và triển khai các dự án.

Tùy thuộc vào quy mô, mức độ trưởng thành dự án và lĩnh vực hoạt động, các tổ chức có thể lựa chọn mô hình PMO phù hợp nhằm đạt được mục tiêu tối ưu hóa hiệu quả quản lý dự án.

### 2.2. Vai trò và chức năng của PMO

PMO đóng vai trò quan trọng trong quản trị tiến độ, chi phí, chất lượng, rủi ro và các nguồn lực dự án. Các chức năng điển hình của PMO bao gồm:

- Lập kế hoạch và theo dõi thực hiện chiến lược danh mục dự án.
- Xây dựng quy trình, tiêu chuẩn và KPI quản lý dự án.
- Kiểm soát tiến độ, ngân sách, thay đổi và rủi ro dự án.
- Quản lý thông tin, báo cáo và phối hợp các bên liên quan.
- Đào tạo, nâng cao năng lực cho đội ngũ quản lý dự án.

Nhiều nghiên cứu quốc tế đã khẳng định vai trò then chốt của PMO trong thành công dự án. Hobbs và Aubry (2008) cho rằng mô hình PMO đa cấp giúp doanh nghiệp kiểm soát tốt hơn danh mục dự án và giảm xung đột tổ chức. Unger et al. (2012) nhấn mạnh rằng PMO giúp tăng cường khả năng liên kết giữa chiến lược và thực thi, đồng thời nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên.

### 2.3. Nghiên cứu liên quan và khoảng trống tại Việt Nam

Trên thế giới, các nghiên cứu về PMO đã được thực hiện trong nhiều lĩnh vực như công nghệ thông tin, công nghiệp, xây dựng. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu về PMO vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt trong lĩnh vực bất động sản.

Các dự án bất động sản tại Việt Nam thường có quy mô lớn, thủ tục pháp lý phức tạp, thời gian kéo dài và liên quan đến nhiều bên liên quan, đòi hỏi một cơ chế quản lý chuyên nghiệp, đồng bộ và minh bạch. Tuy nhiên, PMO tại các doanh nghiệp bất động sản Việt Nam phần lớn mới chỉ dừng ở mức hỗ trợ tác nghiệp, thiếu quyền hạn ra quyết định, thiếu hệ thống số hóa và chưa được chuẩn hóa chức năng.

Do đó, việc nghiên cứu chuyên sâu về PMO trong bối cảnh dự án bất động sản tại Việt Nam là cần thiết, nhằm lấp đầy khoảng trống học thuật và đóng góp vào việc cải tiến mô hình PMO phù hợp hơn với điều kiện thực tiễn trong nước.

### 3. CÁC GIAI ĐOẠN PHÁT TRIỂN DỰ ÁN BẤT ĐỘNG SẢN

Một dự án bất động sản điển hình tại Việt Nam thường trải qua bốn giai đoạn chính:

#### (1) Giai đoạn chuẩn bị đầu tư

Thực hiện các công tác chuẩn bị như nghiên cứu thị trường, đánh giá vị trí, khảo sát pháp lý, xin phê duyệt chủ trương đầu tư, quy hoạch chi tiết 1/500, lập báo cáo nghiên cứu khả thi và hoàn tất hồ sơ đất đai.

#### (2) Giai đoạn triển khai đầu tư

Bao gồm: huy động vốn, lựa chọn nhà thầu, ký hợp đồng thi công, hoàn thiện các giấy phép còn lại và chuẩn bị triển khai công trình. Giai đoạn này đặc biệt nhấn mạnh vai trò kiểm soát pháp lý, tiến độ hồ sơ và kế hoạch tổng thể.

#### (3) Giai đoạn thi công

Thực hiện thi công xây dựng phần móng, kết cấu, hoàn thiện và hệ thống kỹ thuật. PMO cần giám sát tiến độ hàng tuần, quản lý chất lượng công trình, điều phối thay đổi thiết kế và đảm bảo an toàn thi công.

#### (4) Giai đoạn bàn giao và vận hành

Tiến hành nghiệm thu công trình, bàn giao cho khách hàng, phối hợp với đơn vị vận hành và thực hiện các nghĩa vụ hậu mãi. Đây là giai đoạn liên quan mật thiết đến sự hài lòng của khách hàng và danh tiếng doanh nghiệp.

Việc phân chia rõ các giai đoạn phát triển là cơ sở nền tảng để xác định vai trò và trách nhiệm của PMO trong từng giai đoạn cụ thể, từ đó xây dựng mô hình PMO phù hợp với chuỗi hoạt động trong toàn bộ vòng đời dự án bất động sản.

### 4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

**Thiết kế nghiên cứu.** Nghiên cứu này áp dụng **phương pháp định tính khám phá** nhằm tìm hiểu sâu các vai trò, trách nhiệm, hiệu quả và thách thức của PMO trong doanh nghiệp phát triển bất động sản tại Việt Nam. Theo Yin (2018), nghiên cứu định tính khám phá là phù hợp khi vấn đề nghiên cứu còn mới, chưa có nhiều nghiên cứu sâu tại bối cảnh địa phương, đặc biệt hiệu quả trong các lĩnh vực phức tạp, yêu cầu hiểu rõ "cách thức" và "tại sao" các hiện tượng xảy ra. Nghiên cứu sử dụng **phương pháp nghiên cứu trường hợp điển hình (Case study)** kết hợp phỏng vấn bán cấu trúc, quan sát và phân tích tài liệu nội bộ để thu thập dữ liệu sâu sắc, đa chiều.

Dữ liệu thu thập được phân tích theo **phương pháp phân tích chủ đề (Thematic analysis)** do Braun và Clarke (2006) đề xuất, gồm các bước: mã hóa dữ liệu mở, trích xuất chủ đề chính, phân loại theo từng lĩnh vực quản lý dự án. Để tăng tính thuyết phục và mô tả định lượng cơ bản mức độ đồng thuận giữa các chuyên gia, nghiên cứu áp dụng **thống kê mô tả (Descriptive Statistics)** với các chỉ số trung bình (Mean) và độ lệch chuẩn (SD) thông qua phần mềm Excel.

### 5. CÔNG CỤ VÀ QUY TRÌNH PHÂN TÍCH DỮ LIỆU

#### a. Công cụ phân tích sử dụng

Dữ liệu thu thập từ 30 cuộc phỏng vấn bán cấu trúc và 5 cuộc họp điều phối được xử lý bằng hai nhóm công cụ phân tích: (1) phân tích chủ đề (thematic analysis) và (2) thống kê mô tả (descriptive statistics).

#### ❖ Phân tích chủ đề

Nội dung phỏng vấn được xử lý theo phương pháp phân tích chủ đề do Braun và Clarke (2006) đề xuất, gồm các bước:

- Mã hóa mở (open coding) để xác định các ý chính.
- Nhóm các mã tương đồng thành chủ đề (themes).
- Xác định các mô hình lặp lại trong phát biểu của chuyên gia.

- Tổng hợp thành nhóm chủ đề lớn (ví dụ: vai trò, điểm mạnh, điểm yếu của PMO).

Việc phân tích được thực hiện thủ công có kiểm chứng chéo, với hỗ trợ từ Microsoft Excel để gán mã, nhóm nội dung và hệ thống hóa chủ đề.

#### ❖ Thống kê mô tả

Sau khi phân loại chủ đề, các phát biểu định tính được lượng hóa bằng thang đo Likert 5 điểm (1: Rất không đồng ý đến 5: Rất đồng ý), nhằm phục vụ cho việc thống kê mô tả mức độ đồng thuận.

Hai chỉ số thống kê chính được sử dụng là:

#### • Giá trị trung bình (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Trong đó:

$\bar{X}$  là điểm trung bình,

$x_i$  là điểm đánh giá của người tham gia,

$n$  là số lượng chuyên gia

#### • Độ lệch chuẩn (Standard Deviation - SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Trong đó:

$x_i$  là điểm số từng người,

$\bar{X}$  là điểm trung bình cộng,

$n$  là số người tham gia khảo sát

Công cụ sử dụng là **Microsoft Excel**, với các hàm:

|   |                 |                           |
|---|-----------------|---------------------------|
| • | =AVERAGE(range) | để tính Mean.             |
| • | =STDEV.S(range) | Để tính độ lệch chuẩn SD. |

#### Quy trình phân tích dữ liệu

#### ❖ Bước 1 - Mã hóa dữ liệu phỏng vấn, biên bản họp

- Sử dụng mã hóa mở (Open coding) để trích xuất các ý chính, cụm chủ đề liên quan đến vai trò, điểm mạnh, điểm yếu của PMO.

- Các ý kiến được phân nhóm theo lĩnh vực quản lý dự án (tiến độ, chi phí, chất lượng, rủi ro, pháp lý...).

#### ❖ Bước 2 - Trích xuất chủ đề chính (Theme extraction)

- Sử dụng phương pháp phân tích chủ đề theo Braun & Clarke (2006).

- Tổng hợp các chủ đề và xác định các thách thức trọng tâm.

#### ❖ Bước 3 - Thống kê mô tả kết quả khảo sát (Descriptive Statistics)

- Tính giá trị trung bình (Mean) và độ lệch chuẩn (SD) cho từng vấn đề khảo sát.

- Phân tích mức độ đồng thuận của các chuyên gia và nhóm tham gia khảo sát.

- Ví dụ: Vấn đề "Thiếu quyền hạn PMO" được đánh giá với mean = 4.6, SD = 0.5; "Thiếu số hóa hỗ trợ" mean = 4.5, SD = 0.5.

#### ❖ Bước 4 - Kiểm chứng kết quả phân tích

- Tổ chức các buổi phản hồi kết quả với nhóm chuyên gia PMO và giám đốc dự án để xác nhận các phát hiện, điều chỉnh, đảm bảo tính chính xác và phù hợp thực tiễn.



6. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

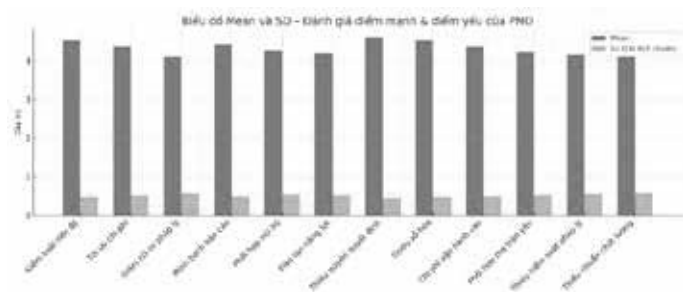
6.1. Kết quả khảo sát về điểm mạnh và điểm yếu của PMO trong các dự án bất động sản tại TP.HCM

Nghiên cứu đã khảo sát 30 nhân sự thuộc các vị trí như giám đốc dự án, chuyên viên PMO, trưởng nhóm kỹ thuật và cán bộ pháp lý đang làm việc tại các doanh nghiệp bất động sản tại TP.HCM có áp dụng mô hình PMO ở nhiều mức độ khác nhau. Các câu hỏi khảo sát được chia thành hai nhóm: đánh giá điểm mạnh và điểm yếu của PMO trong quá trình triển khai dự án. Bảng 1, trình bày kết quả thống kê mô tả (Mean) mức độ đồng thuận của các nhóm đối tượng khảo sát đối với các tiêu chí được đưa ra (Thang đo Likert 5 điểm).

Bảng 1. Kết quả khảo sát điểm mạnh và điểm yếu của PMO trong các dự án bất động sản tại TP.HCM

| Nhóm đánh giá | Nội dung khảo sát                                       | Mean | SD   |
|---------------|---------------------------------------------------------|------|------|
| Điểm mạnh     | PMO hỗ trợ kiểm soát tiến độ chặt chẽ                   | 4.53 | 0.48 |
|               | PMO giúp tối ưu chi phí quản lý dự án                   | 4.37 | 0.51 |
|               | PMO giúp giảm thiểu rủi ro pháp lý                      | 4.10 | 0.56 |
|               | PMO tăng tính minh bạch trong báo cáo và thông tin      | 4.43 | 0.49 |
|               | PMO tạo cơ chế phối hợp giữa các bộ phận                | 4.27 | 0.54 |
|               | PMO hỗ trợ đào tạo và phát triển năng lực quản lý       | 4.20 | 0.52 |
| Điểm yếu      | PMO chưa có quyền ra quyết định độc lập                 | 4.60 | 0.45 |
|               | Thiếu hệ thống số hóa hỗ trợ quản trị dự án toàn diện   | 4.53 | 0.47 |
|               | PMO vận hành tốn kém, chi phí cao                       | 4.37 | 0.50 |
|               | PMO khó phối hợp ma trận với các phòng, ban             | 4.23 | 0.52 |
|               | PMO thiếu khả năng kiểm soát pháp lý theo tiến độ       | 4.17 | 0.55 |
|               | Thiếu tiêu chuẩn hóa trong quản lý chất lượng & an toàn | 4.10 | 0.57 |
|               |                                                         |      |      |

Chú thích: Giá trị **Mean** thể hiện mức độ đồng thuận trung bình; **SD** thể hiện độ phân tán trong đánh giá - SD càng thấp → mức độ đồng thuận càng cao.



Hình 3. Biểu đồ Mean và Độ lệch chuẩn (SD) về đánh giá vai trò PMO trong các dự án bất động sản tại TP.HCM (Nguồn: Khảo sát 30 chuyên gia tại các dự án bất động sản 2024)

❖ Nhận xét từ kết quả khảo sát

Kết quả khảo sát cho thấy, điểm mạnh nổi bật nhất của PMO là năng lực kiểm soát tiến độ chặt chẽ (Mean = 4.53), cho thấy vai trò giám sát và điều phối lịch trình dự án của PMO được đánh giá rất cao. Ngoài ra, các tiêu chí như tăng tính minh bạch trong báo cáo (Mean = 4.43) và tối ưu chi phí (Mean = 4.37) cũng nhận được sự đồng thuận cao từ các nhóm tham gia khảo sát.

Ở chiều ngược lại, điểm yếu lớn nhất được ghi nhận là việc PMO chưa có quyền ra quyết định độc lập (Mean = 4.60), phản ánh hạn chế phổ biến trong các tổ chức theo mô hình tập trung quyền lực tại Ban Điều hành. Bên cạnh đó, thiếu ứng dụng số hóa toàn diện (Mean = 4.53) cũng là vấn đề đáng chú ý, cho thấy nhu cầu nâng cấp hệ thống công nghệ phục vụ quản trị dự án trong bối cảnh số hóa hiện nay.

Nhìn chung, khảo sát cho thấy PMO được đánh giá tích cực ở vai trò giám sát tiến độ, tối ưu chi phí và minh bạch thông tin, nhưng vẫn tồn tại những hạn chế đáng kể liên quan đến quyền hạn, công nghệ và tiêu chuẩn hóa.

6.2. Phân tích cho dự án cụ thể RSR (case study)

Những điểm mạnh và điểm yếu của PMO được ghi nhận từ khảo sát 30 nhân sự tại TP.HCM ở mục 4.1 phản ánh một bức tranh tổng quan về hiệu quả vận hành PMO trong ngành bất động sản hiện nay. Để kiểm chứng và phân tích sâu hơn các vấn đề đã nêu, nghiên cứu tiếp tục thực hiện phân tích trường hợp cụ thể tại dự án RSR - một dự án cao tầng đang áp dụng mô hình PMO hai cấp độ. Mục 4.2 trình bày chi tiết tình hình thực tế, kết quả phỏng vấn chuyên gia và các giải pháp được đề xuất riêng cho trường hợp này.

6.3. Mô tả dự án RSR

Dự án cao tầng hỗn hợp RSR là một dự án bất động sản được triển khai tại phường Thạnh Mỹ Tây (phường 25 cũ), TP.HCM, với quy mô gồm 20 tầng nổi và 2 tầng hầm, tổng diện tích đất 2.165 m<sup>2</sup> và tổng diện tích sàn xây dựng 18.409 m<sup>2</sup>. Tổng vốn đầu tư của dự án đạt 860 tỷ VND, và thời gian thực hiện kéo dài 736 ngày (khoảng 24 tháng).

Để đảm bảo hiệu quả triển khai trong điều kiện môi trường pháp lý phức tạp và yêu cầu kiểm soát tiến độ chặt chẽ, chủ đầu tư đã thành lập hệ thống quản lý dự án theo mô hình PMO hai cấp độ. Trong đó, PMO cấp Công ty đóng vai trò chiến lược, thiết lập quy trình quản lý, quản trị danh mục đầu tư, và phê duyệt nguồn lực. Cùng lúc, một PMU (Project Management Unit) được thiết lập tại hiện trường để trực tiếp vận hành dự án, chịu trách nhiệm điều phối thi công, giám sát tiến độ - chi phí - chất lượng và phối hợp với nhà thầu, đơn vị tư vấn.

PMO tại dự án RSR được thành lập theo Quyết định số 78/QĐ-CTY ngày 02/01/2022 của Tổng giám đốc Công ty, trong đó quy định cụ thể chức năng, nhiệm vụ và quyền hạn của PMO cấp Công ty cũng như PMU cấp dự án. Mô hình tổ chức này giúp kết nối hiệu quả giữa định hướng chiến lược và vận hành thực tiễn tại công trường.

#### 6.4. Mô tả đối tượng khảo sát/phỏng vấn

Nhằm đánh giá cụ thể vai trò, điểm mạnh và điểm yếu của PMO trong dự án RSR, nhóm nghiên cứu đã tiến hành **phỏng vấn bán cấu trúc với 06 nhân sự chủ chốt** tham gia quản lý và điều hành dự

án. Các đối tượng này đến từ PMO cấp Công ty, PMU dự án, ban điều hành cấp cao, và các phòng, ban chuyên môn như pháp lý, kỹ thuật.

Tiêu chí lựa chọn đối tượng là có trực tiếp tham gia triển khai dự án RSR và nắm rõ vai trò, cơ chế vận hành của PMO. Thông tin cụ thể được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Thông tin đối tượng phỏng vấn tại dự án RSR

| STT | Chức danh                  | Đơn vị                    | Năm kinh nghiệm | Vai trò trong dự án RSR                    |
|-----|----------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| 1   | Chuyên gia PMO cấp Công ty | PMO Corporate             | 12 năm          | Giám sát KPI PMO, theo dõi danh mục dự án  |
| 2   | Giám đốc dự án             | PMU RSR                   | 15 năm          | Quản lý toàn bộ triển khai tại hiện trường |
| 3   | Thành viên Ban Điều hành   | Tổng công ty              | 18 năm          | Định hướng chiến lược, phê duyệt cấp cao   |
| 4   | Trưởng phòng Pháp lý       | Phòng Pháp lý             | 10 năm          | Giám sát hồ sơ pháp lý và thủ tục dự án    |
| 5   | Trưởng phòng Kỹ thuật      | Phòng Thiết kế & Kỹ thuật | 9 năm           | Quản lý thiết kế, điều phối kỹ thuật dự án |
| 6   | Cán bộ quản lý tiến độ     | PMU RSR                   | 7 năm           | Giám sát tiến độ, cập nhật MS Project      |

Mục tiêu phỏng vấn là xác định rõ các **điểm mạnh** và **điểm yếu** trong cơ chế vận hành PMO tại dự án RSR thông qua trải nghiệm thực tế của người trong cuộc.

#### 6.5. Kết quả khảo sát/phỏng vấn chuyên gia

Kết quả phỏng vấn ghi nhận sự đồng thuận cao về vai trò tích cực của PMO trong các khía cạnh then chốt của dự án RSR. PMO được đánh giá cao ở khả năng kiểm soát tiến độ (thông qua MS Project và hợp định kỳ), quản lý chi phí, giám sát rủi ro pháp lý và tăng cường minh bạch thông tin trong nội bộ. Tuy nhiên, các chuyên gia cũng nêu ra nhiều **hạn chế thực tiễn** của PMO trong dự án RSR như sau:

- PMU thiếu quyền ra quyết định tại hiện trường, nhiều đề xuất bị chậm do chờ phê duyệt từ cấp trên.

- Hệ thống công nghệ chưa đồng bộ, chỉ có các công cụ riêng lẻ, chưa có nền tảng tích hợp (PMIS).

- Quy trình phối hợp giữa PMO và các phòng, ban chưa có quy chế chuẩn, trách nhiệm chồng chéo.

- Bộ máy PMO có chi phí vận hành lớn, chiếm khoảng 50% chi phí quản lý dự án.

Để cải thiện hiệu quả vận hành, các chuyên gia đề xuất 3 nhóm giải pháp chính và đánh giá mức độ khả thi như bảng 3.

Bảng 3. Đánh giá mức độ khả thi của các nhóm giải pháp chính khắc phục hạn chế PMO tại RSR

| Nhóm giải pháp chính                         | Mô tả tóm tắt                                                                                                                                                                                                                      | Mức độ khả thi |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tăng cường quyền hạn cho PMO dự án           | Trao thêm thẩm quyền ra quyết định cho PMO ở cấp dự án, giảm bớt các bước phê duyệt tầng nấc. Điều chỉnh cơ cấu tổ chức để PMO dự án có tiếng nói quyết định trong phạm vi ngân sách hoặc thay đổi kỹ thuật nhỏ.                   | Trung bình     |
| Áp dụng số hóa trong quản lý dự án           | Triển khai các công cụ và phần mềm quản lý dự án tích hợp (PMIS, BIM, dashboard) để số hóa quy trình. Nhằm tạo kênh thông tin thời gian thực về tiến độ, chi phí, khối lượng công việc, giúp ra quyết định nhanh và chính xác hơn. | Cao            |
| Chuẩn hóa quy trình phối hợp liên phòng, ban | Xây dựng bộ quy trình phối hợp chuẩn giữa PMO với các phòng ban và nhà thầu (ví dụ: áp dụng ma trận RACI). Làm rõ vai trò, tránh chồng chéo trách nhiệm, thiết lập kênh thông tin thống nhất để giải quyết công việc hiệu quả hơn. | Rất cao        |

#### 6.6. Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả PMO

Trên cơ sở khảo sát và kết quả phân tích ở trên, bài báo đề xuất một số giải pháp cụ thể, gắn với vai trò đề xuất cho PMO và mức độ ưu tiên triển khai thực tế.

Bảng 4. Đề xuất giải pháp cụ thể nâng cao hiệu quả PMO (áp dụng cho dự án BDS)

| Vấn đề                                                        | Hướng cải thiện                                                                                                                                                                                                                             | Vai trò PMO (đề xuất)                                                                                                                                                                     | Mức độ ưu tiên |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Quyền hạn PMO hạn chế, ra quyết định chậm                     | Phân cấp, ủy quyền nhiều hơn cho PMO dự án trong phạm vi ngân sách, kỹ thuật cho phép. Điều chỉnh quy định nội bộ để PMO dự án có thể tự quyết một số vấn đề mà không cần chờ lãnh đạo cấp cao.                                             | PMO dự án trở thành đầu mối <b>quyết định trực tiếp</b> ở hiện trường trong phạm vi được giao. Chủ động xử lý các thay đổi nhỏ và báo cáo lên trên sau.                                   | Cao            |
| Cơ chế phối hợp ma trận chưa hiệu quả, chồng chéo trách nhiệm | Xây dựng <b>quy trình phối hợp chuẩn</b> giữa PMO và các phòng ban theo mô hình ma trận. Áp dụng <b>ma trận RACI</b> để làm rõ ai chịu trách nhiệm chính, ai phê duyệt, ai cần tham vấn và ai nhận thông tin trong mỗi quy trình công việc. | PMO đóng vai trò <b>nhạc trưởng điều phối</b> , chủ trì soạn thảo và thực thi quy chế phối hợp. PMO giám sát việc tuân thủ quy trình, đảm bảo mọi bên liên quan hiểu rõ vai trò của mình. | Cao            |

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Thiếu tích hợp hệ thống số hóa trong quản lý dự án | Đầu tư phát triển <b>hệ thống quản lý dự án tích hợp</b> (PMIS) hoặc ứng dụng các công cụ số (BIM, dashboard) kết nối dữ liệu từ hiện trường đến văn phòng. Từng bước chuyển các quy trình quản lý thủ công sang nền tảng số hóa.                  | PMO đóng vai trò <b>chủ trì chuyển đổi số</b> trong quản lý dự án: đề xuất lựa chọn phần mềm, quản lý việc triển khai hệ thống mới, đào tạo các bên sử dụng và cập nhật dữ liệu dự án tập trung. | Trung bình |
| Chi phí vận hành PMO cao                           | <b>Tinh giản bộ máy PMO</b> , tối ưu hóa nguồn lực: xác định quy mô nhân sự PMO phù hợp với từng giai đoạn dự án, loại bỏ các khâu trung gian không cần thiết. Tăng cường đào tạo để một nhân sự PMO có thể làm đa nhiệm, giảm số lượng nhân viên. | PMO đóng vai trò <b>đánh giá và cải tổ nội bộ</b> : định kỳ rà soát hiệu quả chi tiêu, đề xuất phương án cắt giảm chi phí quản lý nhưng vẫn đảm bảo chức năng quan trọng.                        | Thấp       |

Các giải pháp này nhằm giúp PMO không chỉ là bộ phận hỗ trợ, mà trở thành **trung tâm điều phối chiến lược và tác nghiệp**, đóng vai trò quyết định trong việc nâng cao hiệu quả triển khai các dự án bất động sản có quy mô lớn và tính chất phức tạp như RSR.

## 7. KẾT LUẬN

Bài báo này đã thực hiện đánh giá vai trò, hiệu quả và những điểm hạn chế của Văn phòng Quản lý Dự án (PMO) trong các doanh nghiệp phát triển dự án bất động sản tại Việt Nam. Trên cơ sở khảo sát 30 nhân sự tại các dự án có áp dụng PMO và nghiên cứu điển hình tại dự án cao tầng RSR, nghiên cứu đã chỉ ra rằng PMO có vai trò tích cực trong việc kiểm soát tiến độ, chi phí, pháp lý và tăng cường khả năng phối hợp nội bộ.

Tuy nhiên, một số hạn chế đáng lưu ý vẫn tồn tại như: quyền hạn ra quyết định của PMO chưa rõ ràng, thiếu hệ thống số hóa tích hợp, quy trình phối hợp liên phòng ban chưa được chuẩn hóa, và chi phí vận hành PMO còn cao. Từ những phân tích này, bài báo đã đề xuất hệ thống giải pháp cải thiện cụ thể, bao gồm việc phân cấp thẩm quyền cho PMO dự án, chuẩn hóa quy trình phối hợp theo ma trận RACI, ứng dụng hệ thống quản lý số hóa và tối ưu hóa nguồn lực PMO theo từng giai đoạn.

Hướng nghiên cứu tương lai sẽ tập trung vào việc xây dựng các mô hình mô phỏng hệ sinh thái phát triển dự án bất động sản, nhằm lượng hóa tác động của từng giải pháp nâng cao PMO đến hiệu quả triển khai dự án. Bên cạnh đó, việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để hỗ trợ PMO ra quyết định chiến lược theo thời gian thực cũng là một hướng đi tiềm năng, đặc biệt trong bối cảnh thị trường liên tục biến động. Các công cụ mô phỏng và thuật toán dự báo sẽ giúp PMO đánh giá các kịch bản khác nhau. Từ đó lựa chọn phương án tối ưu và phù hợp với điều kiện thực tế, góp phần nâng cao năng lực quản trị và khả năng thích ứng của doanh nghiệp bất động sản trong tương lai.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. PMI, \*A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)\*, 7th ed., Project Management Institute, 2021.
- [2]. V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology," \*Qualitative Research in Psychology\*, vol. 3, no. 2, pp. 77-101, 2006.
- [3]. R. K. Yin, \*Case Study Research and Applications: Design and Methods\*, 6th ed., Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.
- [4]. B. Hobbs and M. Aubry, "A multi-phase research program investigating project management offices (PMOs): The results of phase 1," \*Project Management Journal\*, vol. 39, no. 1, pp. 74-86, 2008.
- [5]. B. N. Unger, M. Gemünden, and E. Schmid, "The professionalization of project management: The role of project management offices," \*International Journal of Project Management\*, vol. 30, no. 1, pp. 92-103, 2012.
- [6]. H. Kerzner, \*Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling\*, 12th ed., Wiley, 2017.

- [7]. W. B. Brueggeman and J. D. Fisher, \*Real Estate Finance and Investments\*, McGraw-Hill Education, 2015.
- [8]. D. Geltner, N. G. Miller, J. Clayton, and P. Eichholtz, \*Commercial Real Estate Analysis & Investments\*, 3rd ed., OnCourse Learning, 2018.
- [9]. M. E. Miles, G. L. Berens, and M. A. Weiss, \*Real Estate Development: Principles and Process\*, 5th ed., Urban Land Institute, 2015.
- [10]. R. B. Peiser and D. Hamilton, \*Real Estate Development: A Comprehensive Approach\*, Urban Land Institute, 2012.
- [11]. Urban Land Institute, \*Professional Real Estate Development: The ULI Guide to the Business\*, 3rd ed., ULI, 2016.
- [12]. A. Fisher and A. Collins, \*Routledge Companion to Real Estate Development\*, Routledge, 2022.
- [13]. D. Lock, \*Practical Project Management for Building and Construction\*, 2nd ed., Routledge, 2013.
- [14]. Association for Project Management, \*Code of Practice for Project Management for Construction and Development\*, 4th ed., Blackwell Publishing, 2006.
- [15]. R. Keith, \*Construction Extens: Project Management Strategies\*, Wiley-Blackwell, 2009.
- [16]. Prof. B. H. W. Hadikusumo, \*Organizational Management in Construction\*, Lecture Notes, School of Engineering and Technology, AIT, 2011.
- [17]. Tổng cục Thống kê Việt Nam, "Niên giám thống kê 2023." [Online]. Available: <https://www.gso.gov.vn>
- [18]. World Bank, "Population, total - Vietnam," 2023. [Online]. Available: <https://data.worldbank.org>
- [19]. Ministry of Construction, "Đánh giá về quy mô đô thị hóa," \*Tạp chí Xây dựng\*, 2020. [Online]. Available: <https://tapchixaydung.vn/danh-gia-ve-quy-mo-do-thi-hoa-20201224000019171.html>

# Các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách tại TP.HCM

Risk factors of public-funded Healthcare construction investment projects in Ho Chi Minh City

> PHAN THANH PHƯƠNG<sup>1,2</sup>, NGUYỄN THANH PHONG<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Quản lý xây dựng, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Nhóm nghiên cứu liên ngành về Quản lý dự án & Tri thức Chuyên nghiệp (K2P), Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

\*Corresponding author, Email: phong.nt@ou.edu.vn

## TÓM TẮT

Các dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại TP.HCM đang phải đối mặt với nhiều thách thức và rủi ro phức tạp, từ khâu lập kế hoạch đến quá trình triển khai thực hiện trong thực tế. Bài báo này trình bày các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế sử dụng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại khu vực TP.HCM. Thông qua việc khảo cứu tài liệu trong và ngoài nước, kết hợp phỏng vấn chuyên gia và khảo sát bằng bảng câu hỏi, 31 yếu tố rủi ro của các dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế đã được xác định. Các yếu tố rủi ro này bao gồm 5 nhóm chính như sau: (i) Nhóm yếu tố chính sách và pháp luật; (ii) Nhóm yếu tố tài chính - kinh tế; (iii) Nhóm yếu tố kỹ thuật và công nghệ; (iv) Nhóm yếu tố tổ chức - quản lý; và (v) Nhóm yếu tố môi trường và xã hội. Kết quả phân tích thống kê mô tả dựa trên giá trị trung bình cho thấy 3 yếu tố rủi ro xếp hạng cao nhất là: (1) Thủ tục xin chủ trương đầu tư công phức tạp; (2) Thời gian thẩm định dự án đầu tư công kéo dài; và (3) Điều kiện triển khai xây dựng dự án y tế phức tạp.

**Từ khóa:** Dự án xây dựng ngành Y tế, đầu tư công, phân tích thống kê, yếu tố rủi ro, TP.HCM.

## ABSTRACT

Public-funded healthcare construction investment projects in Ho Chi Minh City face numerous challenges and complex risks, spanning from the planning phase to actual implementation. This paper presents the risk factors associated with public-funded healthcare construction investment projects in Ho Chi Minh City. Based on a review of domestic and international literature, expert interviews, and a questionnaire survey, 31 risk factors have been identified for these projects. These risk factors are categorized into five main groups: (i) Policy and legal factors; (ii) Financial and economic factors; (iii) Technical and technological factors; (iv) Organizational and managerial factors; and (v) Environmental and social factors. Descriptive statistical analysis based on mean values reveals that the three highest-ranked risk factors are: (1) Complex procedures for obtaining public investment approval; (2) Prolonged appraisal time for public investment projects; and (3) Complicated conditions for implementing healthcare construction projects.

**Keywords:** Healthcare construction projects, public investment, statistical analysis, risk factors, Ho Chi Minh City.

## 1. GIỚI THIỆU

Mặc dù Việt Nam đã ban hành hệ thống văn bản pháp lý và các quy định tương đối chặt chẽ về quy trình phê duyệt, giám sát và nghiệm thu đối với các dự án đầu tư công sử dụng nguồn vốn ngân sách, tuy nhiên khoảng cách giữa quy định và thực tiễn tại TP.HCM vẫn còn khá lớn. Điều này thể hiện rõ qua tỷ lệ giải ngân vốn đầu tư công thấp, chỉ đạt 62,3% trong giai đoạn 2020 - 2024, và có tới 47% dự án bị chậm tiến độ, theo báo cáo của Sở Kế hoạch và Đầu tư TP.HCM. Mặt khác, các dự án đầu tư xây dựng trong ngành Y tế nói chung, đặc biệt là các hạng mục công trình bệnh viện, là loại hình công trình xây dựng đặc thù do liên quan trực tiếp đến sức khỏe và tính mạng của người dân. Do đó, công tác quản lý xây dựng từ khâu lập báo cáo đề xuất chủ trương đầu tư cho đến khi dự án hoàn thành

và đưa vào sử dụng cần đảm bảo chặt chẽ cả về chất lượng xây dựng lẫn yêu cầu chuyên môn y tế, nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư dự án và phục vụ tốt nhu cầu khám chữa bệnh.

Để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong quản lý đầu tư các dự án y tế, các nhà đầu tư và nhà quản lý cần chủ động dự báo rủi ro và tiên liệu trước những hậu quả có thể xảy ra, từ đó đề xuất các giải pháp ứng phó phù hợp với từng tình huống. Có thể nói, việc nghiên cứu các yếu tố rủi ro trong các dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại TP.HCM có ý nghĩa quan trọng trong việc nhận diện và kiểm soát rủi ro xuyên suốt các giai đoạn thực hiện dự án. Qua đó, các nhà quản lý có cơ sở để xây dựng các giải pháp hoặc chiến lược ứng phó rủi ro phù hợp, góp phần nâng cao hiệu quả đầu tư và thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội.



## 2. TỔNG QUAN

Để xác định các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại TP.HCM, các tác giả khảo lược một số các tài liệu nghiên cứu trong và ngoài nước trước đây [1-20] và kết hợp phỏng vấn sâu với các chuyên gia giàu kinh nghiệm. Sau đây là bảng tổng hợp 31 yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại TP.HCM:

Bảng 1. Các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại TP.HCM

| STT                                           | Yếu tố                                                                                                    | Mã hóa      |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>I. Nhóm yếu tố chính sách và pháp luật</b> |                                                                                                           | <b>CSPL</b> |
| 1                                             | Thay đổi chính sách pháp luật của Nhà nước                                                                | CSPL1       |
| 2                                             | Sự thay đổi về quy hoạch xây dựng                                                                         | CSPL2       |
| 3                                             | Thủ tục xin chủ trương đầu tư công phức tạp và kéo dài                                                    | CSPL3       |
| 4                                             | Chậm trễ bù giải phóng mặt bằng và tái định cư                                                            | CSPL4       |
| 5                                             | Thời gian thẩm định dự án đầu tư công kéo dài                                                             | CSPL5       |
| <b>II. Nhóm yếu tố tài chính - kinh tế</b>    |                                                                                                           | <b>TCKT</b> |
| 6                                             | Kế hoạch cấp vốn không phù hợp                                                                            | TCKT1       |
| 7                                             | Chi phí đền bù giải phóng mặt bằng & tái định cư không phù hợp                                            | TCKT2       |
| 8                                             | Thiếu thẩm định của hội đồng chuyên môn danh mục trang thiết bị y tế đi kèm trước khi đầu tư              | TCKT3       |
| 9                                             | Thiếu thẩm định giá trang thiết bị y tế đi kèm                                                            | TCKT4       |
| 10                                            | Thiết bị y tế đi kèm không phù hợp với chuyên môn do không đủ nguồn vốn                                   | TCKT5       |
| 11                                            | Chi phí dự án tăng do điều chỉnh giá trang thiết bị nhập khẩu                                             | TCKT6       |
| 12                                            | Điều chỉnh chi phí dự án ở bước chuẩn bị thực hiện dự án kéo dài phức tạp                                 | TCKT7       |
| 13                                            | Thời gian nghiệm thu, quyết toán dự án chậm và kéo dài, chậm đưa công trình vào khai thác và sử dụng      | TCKT8       |
| <b>III. Nhóm yếu tố kỹ thuật và công nghệ</b> |                                                                                                           | <b>KTCN</b> |
| 14                                            | Thiếu hụt lực lượng lao động                                                                              | KTCN1       |
| 15                                            | Điều kiện triển khai xây dựng phức tạp                                                                    | KTCN2       |
| 16                                            | Điều kiện địa chất công trình phức tạp                                                                    | KTCN3       |
| 17                                            | Tiến độ xây dựng bệnh viện chậm                                                                           | KTCN4       |
| 18                                            | Cơ sở hạ tầng trong khu vực không đồng bộ                                                                 | KTCN5       |
| 19                                            | Trang thiết bị y tế nhập khẩu về chậm tiến độ                                                             | KTCN6       |
| 20                                            | Dùng thi công do thay đổi thiết kế bản vẽ kỹ thuật thi công khi phải bắt buộc điều chỉnh dự án            | KTCN7       |
| <b>IV. Nhóm yếu tố tổ chức - quản lý</b>      |                                                                                                           | <b>TCQL</b> |
| 21                                            | Mục tiêu đầu tư, phương án đầu tư của dự án không phù hợp với tình hình thực tế                           | TCQL1       |
| 22                                            | Thay đổi cơ cấu tổ chức                                                                                   | TCQL2       |
| 23                                            | Cấu trúc, sơ đồ tổ chức phức tạp, chồng chéo                                                              | TCQL3       |
| 24                                            | Các bên phối hợp, giao tiếp thông tin không hiệu quả                                                      | TCQL4       |
| 25                                            | Quản lý các hợp đồng tư vấn kém (Tư vấn: Khảo sát, lập báo cáo nghiên cứu khả thi, thiết kế, giám sát...) | TCQL5       |
| 26                                            | Năng lực các đơn vị tư vấn thiết kế, tư vấn lập đầu tư và Ban QLDA không đáp ứng yêu cầu                  | TCQL6       |
| <b>V. Nhóm yếu tố môi trường và xã hội</b>    |                                                                                                           | <b>MTXH</b> |
| 27                                            | Các vấn đề về ô nhiễm môi trường (Nước thải, khói bụi, tiếng ồn...)                                       | MTXH1       |
| 28                                            | Biến đổi khí hậu                                                                                          | MTXH2       |
| 29                                            | Thiên tai, dịch bệnh                                                                                      | MTXH3       |
| 30                                            | An ninh và tình trạng xã hội của dự án                                                                    | MTXH4       |
| 31                                            | Các vấn đề liên quan đến điều kiện làm việc, sức khỏe, an toàn lao động và vệ sinh môi trường             | MTXH5       |

## 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bảng câu hỏi được thiết kế gồm Phần mở đầu, Phần thông tin chung, Phần các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước. Phần thông tin về người trả lời, bảng câu hỏi sơ bộ được điều chỉnh dựa trên nghiên cứu thử nghiệm thông qua thảo luận với chuyên gia trong ngành. Sau điều chỉnh, bảng câu hỏi chính thức, được sử dụng để thu thập dữ liệu chính thức. Bảng hỏi được được phân phối theo phương pháp thuận tiện đến người tham trả lời, thông qua việc phát bảng khảo sát trực tiếp bằng bản in và qua mạng sử dụng công cụ google biểu mẫu.

Nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê mô tả và suy luận để phân tích dữ liệu. Bên cạnh đó, điểm của các yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước được mô tả thông qua các giá trị trung bình, phương sai, độ lệch chuẩn, thể hiện bằng công thức (1-3).

$$\text{Giá trị trung bình: } \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\text{Phương sai: } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2)$$

$$\text{Độ lệch chuẩn: } s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Trong đó:

$\bar{x}$  là giá trị trung bình.

$x_i$  là giá trị của biến.

$n$  là kích thước của mẫu

$s$  là độ lệch chuẩn.

## 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Bảng 2 sau đây cho thấy tỷ lệ đáp viên là Giám đốc/phó giám đốc chiếm 9%; Trưởng/phó phòng chiếm 16%; Chủ trì/chủ nhiệm dự án chiếm 23%; Chỉ huy trưởng/ giám sát công trường chiếm 28%; và Kỹ sư/ kiến trúc sư tham gia vào dự án chiếm 24%. Đáp viên tương đối đa dạng ngụ ý nghiên cứu góc nhìn của những người tham gia vào quản lý dự án.

Bảng 2. Vị trí công việc hiện tại của đáp viên

| Nhóm | Vị trí                              | Số lượng | Tỉ lệ |
|------|-------------------------------------|----------|-------|
| 1    | Giám đốc/Phó giám đốc               | 15       | 9%    |
| 2    | Trưởng/ phó phòng                   | 25       | 16%   |
| 3    | Chủ trì/Chủ nhiệm dự án             | 37       | 23%   |
| 4    | Chỉ huy trưởng/Giám sát công trường | 45       | 28%   |
| 5    | Kỹ sư/KTS tham gia vào dự án        | 38       | 24%   |
| Tổng |                                     | 160      | 100%  |

Bảng 3 sau đây trình bày đơn vị công tác của những người tham gia khảo sát. Cụ thể là đáp viên ở Sở/ ban/ ngành có tỷ lệ là 11%; Tư vấn thiết kế/ lập dự án là 16%; Chủ đầu tư/ Ban QLDA là 26%; Tư vấn giám sát là 12%; Tổng thầu thi công/ thầu phụ 28%; và đơn vị khác là 11%. Vì vậy, kết quả nghiên cứu phản ánh góc nhìn của người khảo sát đã từng làm việc cho các bên liên quan như Chủ đầu tư/ Ban QLDA và tư vấn thiết kế. Các ứng viên này phù hợp với nội dung nghiên cứu của đề tài này.

Bảng 3. Vị trí công tác đơn vị công tác

| Nhóm | Đơn vị công tác             | Số lượng | Tỉ lệ |
|------|-----------------------------|----------|-------|
| 1    | Sở/ban/ngành                | 17       | 11%   |
| 2    | Tư vấn thiết kế/lập dự án   | 25       | 16%   |
| 3    | Chủ đầu tư/Ban QLDA         | 42       | 26%   |
| 4    | Tư vấn giám sát             | 20       | 12%   |
| 5    | Tổng thầu thi công/Thầu phụ | 45       | 28%   |
| 6    | Khác                        | 11       | 7%    |
| Tổng |                             | 160      | 100%  |

Về số năm công tác, phân tích thống kê mô tả cho thấy đáp viên dưới 5 năm kinh nghiệm chiếm 13%; Từ 5 đến 10 năm chiếm 35%; Từ 10 đến 20 năm chiếm 30%; và Trên 20 năm là 22%. Kết quả nghiên cứu phản ánh góc nhìn của người khảo sát đã từng làm việc có kinh nghiệm từ 5 năm trở lên và các đáp viên này phù hợp với nội dung nghiên cứu của đề tài này.

Sau khi phân tích thống kê mô tả dựa trên tính toán giá trị trung bình (bảng 4), kết quả cho thấy có 10 yếu tố rủi ro có giá trị trung bình (mean) < 3.0, nghĩa là đáp viên không đồng ý với quan điểm của yếu tố rủi ro đưa ra. Do đó loại 10 yếu tố rủi ro này và còn lại 21 yếu tố rủi ro để đưa vào phân tích độ tin cậy thang đo. Kết quả phân tích độ tin cậy thang đo, hệ số Cronbach's Alpha của tất cả các nhóm yếu tố rủi ro đều lớn hơn 0,7. Nhóm yếu tố rủi ro có giá trị Cronbach's Alpha nhỏ nhất là 0,71. Vì vậy thang đo đã chọn là thích hợp.

Bảng 4. Kết quả phân tích thống kê mô tả

| Các yếu tố rủi ro                                                                                            | Giá trị trung bình | Xếp hạng |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|
| Thủ tục xin chủ trương đầu tư công phức tạp và kéo dài (CSPL3)                                               | 3,8375             | 1        |
| Thời gian thẩm định dự án đầu tư công kéo dài (CSPL5)                                                        | 3,7875             | 2        |
| Điều kiện triển khai xây dựng phức tạp (KTCN2)                                                               | 3,7563             | 3        |
| Chậm trễ bù giải phóng mặt bằng và/hoặc tái định cư (CSPL4)                                                  | 3,7375             | 4        |
| Trang thiết bị y tế nhập khẩu về chậm tiến độ (KTCN6)                                                        | 3,6375             | 5        |
| Kế hoạch cấp vốn không phù hợp (TCKT1)                                                                       | 3,6063             | 6        |
| Tiến độ xây dựng cơ sở hạ tầng chậm (KTCN4)                                                                  | 3,6062             | 7        |
| Dừng thi công do thay đổi thiết kế bằng vẽ kỹ thuật thi công khi phải bắt buộc điều chỉnh dự án (KTCN7)      | 3,6060             | 8        |
| Thiếu thẩm định của hội đồng chuyên môn danh mục trang thiết bị y tế đi kèm trước khi đầu tư (TCKT3)         | 3,5375             | 9        |
| Thiếu thẩm định giá trang thiết bị y tế đi kèm (TCKT4)                                                       | 3,5001             | 10       |
| Chi phí dự án tăng do điều chỉnh giá trang thiết bị nhập khẩu (TCKT6)                                        | 3,5000             | 11       |
| An ninh và tình trạng xã hội của dự án (MTXH4)                                                               | 3,4688             | 12       |
| Các vấn đề liên quan đến điều kiện làm việc, sức khỏe, an toàn lao động và vệ sinh môi trường (MTXH5)        | 3,4125             | 13       |
| Thiết bị y tế đi kèm không phù hợp với chuyên môn do không đủ nguồn vốn (TCKT5)                              | 3,4000             | 14       |
| Thời gian nghiệm thu, quyết toán dự án chậm và kéo dài, chậm đưa công trình vào khai thác và sử dụng (TCKT8) | 3,3875             | 15       |
| Các vấn đề về ô nhiễm môi trường (Nước thải, khói bụi, tiếng ồn...) (MTXH1)                                  | 3,3750             | 16       |
| Điều chỉnh chi phí dự án (lạm phát) bước chuẩn bị thực hiện dự án kéo dài phức tạp (TCKT7)                   | 3,3500             | 17       |
| Cấu trúc/ Sơ đồ tổ chức phức tạp, chồng chéo (TCQL3)                                                         | 3,2938             | 18       |
| Các bên phối hợp, giao tiếp thông tin không hiệu quả (TCQL4)                                                 | 3,2125             | 19       |
| Năng lực các đơn vị tư vấn thiết kế, tư vấn lập đầu tư và Ban QLDA không đáp ứng yêu cầu (TCQL6)             | 3,1938             | 20       |
| Mục tiêu đầu tư, phương án đầu tư của dự án không phù hợp với tình hình thực tế (TCQL1)                      | 3,1688             | 21       |

Kết quả nghiên cứu cho thấy TOP 5 yếu tố rủi ro của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại khu vực TP.HCM gồm: (i) Thủ tục xin chủ trương đầu tư công phức tạp kéo dài (CSPL3); Thời gian thẩm định dự án đầu tư công kéo dài (CSPL5); Điều kiện triển khai xây dựng phức tạp (KTCN2);

Chậm trễ bù giải phóng mặt bằng và/hoặc tái định cư (CSPL4); và Trang thiết bị y tế nhập khẩu về chậm tiến độ (KTCN6).

Thứ nhất, thủ tục xin chủ trương đầu tư công đối với các dự án bệnh viện thường khá phức tạp, và thời gian thẩm định dự án đầu tư công cũng thường bị kéo dài. Nguyên nhân chủ yếu là do quá trình chuẩn bị hồ sơ, lập báo cáo đầu tư và thực hiện thẩm định yêu cầu nhiều loại giấy tờ, cùng với sự phối hợp giữa nhiều cơ quan chức năng, sở, ban, ngành liên quan. Trong nhiều trường hợp, các dự án ngành Y tế phải trải qua nhiều cấp phê duyệt, đánh giá và góp ý, từ cấp sở (như Sở Xây dựng, Sở Y tế, Sở Tài chính, Sở Kế hoạch và Đầu tư) đến UBND, HĐND thành phố, và thậm chí là các bộ ngành Trung ương như Bộ Y tế, cũng như các đơn vị chuyên môn về phòng cháy chữa cháy, cấp điện, cấp nước và môi trường. Thực tế cho thấy, nhiều dự án cơ sở y tế tại TP.HCM đã bị kéo dài thời gian khởi công. Đơn cử như dự án mở rộng khoa phẫu thuật tại Bệnh viện Từ Dũ, khởi động từ năm 2019 nhưng đến năm 2022 mới được triển khai. Ngoài ra, thời gian thẩm định kéo dài còn do thiếu đội ngũ chuyên gia đủ năng lực, quy trình thẩm tra còn chồng chéo, và hồ sơ dự án thường thiếu chính xác hoặc chưa hoàn chỉnh.

Thứ hai, điều kiện triển khai xây dựng các dự án y tế thường phức tạp, một phần do nhiều dự án cải tạo, sửa chữa nằm trong khuôn viên bệnh viện hiện hữu, phải vừa thi công vừa đảm bảo hoạt động khám chữa bệnh diễn ra song song. Những công trình này đòi hỏi phải đáp ứng nhiều tiêu chuẩn kỹ thuật nghiêm ngặt như: phòng chống nhiễm khuẩn, đảm bảo an toàn sinh học, quy chuẩn phòng mổ, phòng xét nghiệm, v.v. Tại TP.HCM, các công trình y tế mới hoặc dự án cải tạo, nâng cấp thường nằm trong khu vực đô thị đông dân cư, không gian chật hẹp hoặc có yêu cầu kỹ thuật cao (như móng sâu, kết cấu đặc thù...). Điều này gây khó khăn trong việc bố trí mặt bằng thi công, ảnh hưởng đến giao thông công cộng và sinh hoạt của cộng đồng xung quanh. Ngoài ra, việc thi công trong điều kiện như vậy còn tiềm ẩn nguy cơ tai nạn lao động, ô nhiễm tiếng ồn và phát sinh bụi, tác động tiêu cực đến môi trường.

Yếu tố rủi ro quan trọng tiếp theo là việc chậm trễ bù, giải phóng mặt bằng. Đây là một trong những rào cản lớn đối với các dự án đầu tư công, trong đó có các dự án thuộc ngành Y tế. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến rủi ro này, trong đó bao gồm: thủ tục hành chính, pháp lý liên quan đến công tác bồi thường, hỗ trợ, tái định cư còn thiếu đồng bộ và chưa thực sự minh bạch; công tác bồi thường thường vướng phải tranh chấp đất đai hoặc thiếu quỹ đất tái định cư, v.v. Tại TP.HCM, có tới 57% dự án y tế giai đoạn 2015-2025 gặp vướng mắc về giải phóng mặt bằng, đặc biệt tại các quận trung tâm như Quận 1 và Quận 3. Dự án Bệnh viện Đa khoa 2000 giường tại Quận 2 bị chậm tiến độ tới 34 tháng do tranh chấp đền bù với 127 hộ dân, làm phát sinh chi phí lên tới 322 tỷ đồng. Để hạn chế tình trạng này, các cơ quan quản lý cần minh bạch thông tin về giá đền bù thông qua việc ban hành khung giá đền bù hợp lý, sát với giá thị trường. Đồng thời, cần thống nhất và công khai các chế độ hỗ trợ, phương án bố trí tái định cư, cũng như tăng cường truyền thông, giải thích rõ lợi ích của dự án y tế nhằm nâng cao nhận thức của người dân khu vực bị giải tỏa, từ đó hạn chế các khiếu nại không cần thiết.

Cuối cùng, trang thiết bị y tế nhập khẩu về chậm tiến độ là một trong những rủi ro thường gặp của các dự án y tế sử dụng nguồn vốn ngân sách. Thật vậy, hầu hết các dự án xây dựng bệnh viện, cơ sở hạ tầng hoặc trung tâm y tế đều cần đến các loại máy móc, thiết bị y tế hiện đại được nhập khẩu, như: thiết bị xét nghiệm, máy chụp X-quang, MRI, CT Scanner, thiết bị phẫu thuật... mà các thủ tục nhập khẩu, kiểm định chất lượng, thông

quan thường bị kéo dài dẫn đến chậm tiến độ dự án. Ngoài ra, tình hình chiến tranh thương mại trên thị trường quốc tế, dịch bệnh, tắc nghẽn logistics cũng ảnh hưởng không nhỏ đến tiến độ nhập khẩu này. Ở TP.HCM, thủ tục đấu thầu và nhập khẩu trang thiết bị y tế phức tạp do yêu cầu kỹ thuật cao và kiểm định nghiêm ngặt, chẳng hạn như dự án Bệnh viện Nhi đồng 1 chậm 8 tháng do thiết bị MRI không đạt chuẩn FDA.

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo này nhận diện các yếu tố rủi ro quan trọng của việc thực hiện các dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại TP.HCM. Thông qua phân tích thống kê mô tả dựa trên giá trị trung bình của từng yếu tố rủi ro, kết quả nghiên cứu cho thấy 5 yếu tố rủi ro hàng đầu của dự án đầu tư xây dựng ngành Y tế bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước tại khu vực TP.HCM gồm: (i) Thủ tục xin chủ trương đầu tư công phức tạp kéo dài; (ii) Thời gian thẩm định dự án đầu tư công kéo dài; (iii) Điều kiện triển khai xây dựng phức tạp; (iv) Chậm trễ bù giải phóng mặt bằng và/hoặc tái định cư; và (v) Trang thiết bị y tế nhập khẩu về chậm tiến độ. Kết quả nghiên cứu được kỳ vọng sẽ là tài liệu hữu ích hỗ trợ cho các nhà quản lý nhà nước, người quản lý dự án tham khảo khi thực hiện các dự án đầu tư xây dựng cho ngành Y tế tại TP.HCM nhằm đảm bảo đạt tiến độ, chất lượng và hiệu quả dự án, góp phần nâng cao năng lực hệ thống y tế công lập, phục vụ tốt hơn nhu cầu chăm sóc sức khỏe cho người dân.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh và ThS Huỳnh Công Anh (Công ty TNHH Anhuyncons) đã hỗ trợ bài báo khoa học này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. F. E. M. Ghazali và M. Jaafar, "Thực hành quản lý rủi ro trong dự án xây dựng: Nghiên cứu điển hình về dự án bệnh viện NHS PFI/PPP tại Vương quốc Anh," trong Quản lý rủi ro trong kỹ thuật và xây dựng: Công cụ và kỹ thuật, CRC Press, 2019, tr. 306-324.
- [2]. J. Jiang và C. X. Xu, "Nghiên cứu về quản lý rủi ro tích hợp của dự án bệnh viện công theo mô hình PPP dựa trên cấu trúc ba chiều Hall," trong Kỷ yếu Hội nghị Chuyên đề Quốc tế lần thứ 5 về Quản lý Dự án, ISPM 2017, 2017, tr. 1090-1097.
- [3]. A. Abdou, S. Alzarooni và J. Lewis, "Xác định và xếp hạng rủi ro đối với các dự án y tế công cộng tại Các Tiểu vương quốc Ả Rập Thống nhất," trong Hội nghị Quốc tế về Tuần lễ Nghiên cứu tại Đại học Công nghệ Queensland, 2005.
- [4]. M. S. Islam, M. Salem, M. Tantawy và M. Salah, "Đánh giá rủi ro đội vốn trong các dự án y tế: Phương pháp ra quyết định nhóm mờ cải tiến," Tạp chí Quản lý kỹ thuật xây dựng-ASCE, vol. 150, no. 12, 2024, Art no. 04024168.
- [5]. D. P. Sari, D. Pujotomo và N. K. Wardani, "Phân tích rủi ro bằng AS/NZS 4360:2004, sơ đồ Bow-Tie và ALARP trong các dự án xây dựng Bệnh viện Banyumanik," trong Kỷ yếu Hội nghị AIP, 2017, vol. 1902, doi: 10.1063/1.5010630.
- [6]. F. H. Tanojo, S. Hidayat và S. Azis, "Phân tích thực hiện quản lý rủi ro trong dự án xây dựng bệnh viện," Tạp chí Quốc tế về Kỹ thuật Xây dựng và Công nghệ, vol. 9, no. 7, tr. 574-583, 2018.
- [7]. R. Z. Doulabi và E. Asnaashari, "Xác định các yếu tố thành công của dự án xây dựng cơ sở y tế tại Iran," Procedia Engineering, vol. 164, tr. 409-415, 2016.
- [8]. M. Poursoltan, M. Masmoudi và P. Albert, "Ứng dụng quản lý rủi ro trong các dự án mô phỏng sự kiện rời rạc của hệ thống y tế," Tạp chí Quản lý Kỹ thuật, vol. 34, no. 1, tr. 24-36, 2022.
- [9]. M. A. Fathullah, A. Subbarao, S. Muthaiyah và D. Taralunga, "Phân loại rủi ro của dự án điện toán đám mây trong y tế: Tổng quan về báo cáo kỹ thuật và tiêu chuẩn," Tạp chí Nghiên cứu nâng cao trong Khoa học Ứng dụng và Công nghệ Kỹ thuật, vol. 44, no. 1, tr. 169-180, 2025.
- [10]. R. Lotfi, E. Haqiqat, M. Sadra Rajabi và A. Hematyar, "Phân bổ ngân sách bền vững và chống chịu rủi ro cho các dự án y tế: Nghiên cứu điển hình," Tạp chí Kỹ thuật Công nghiệp và Máy tính, vol. 176, 2023, Art no. 108948.

- [11]. X. Shi, C. Liu, W. Liu, F. Shen, J. Chen và K. Ma, "Phân tích rủi ro tiến độ của công trình lắp ghép dựa trên ISM và nghiên cứu con đường chuyển giao," Tạp chí Kỹ thuật Xây dựng, vol. 8, tr. 134-144, 2022.
- [12]. D. B. Nugroho, Y. Latief, M. A. Wibowo, R. Arifuddin, F. Lestari và M. N. Akram, "Phát triển khung kiểm toán an toàn tích hợp dựa trên rủi ro nhằm nâng cao hiệu suất an toàn xây dựng," Tạp chí Kỹ thuật xây dựng, vol. 10, no. 3, tr. 779-795, 2024.
- [13]. Z. Ghamarimajd, A. Ghanbaripour, R. J. Tumpa, T. Watanabe, J. Mbachu và M. Skitmore, "Ứng dụng tư duy hệ thống và động lực học hệ thống trong quản lý rủi ro và các bên liên quan trong xây dựng: Tổng quan tài liệu có hệ thống," Tạp chí Nghiên cứu Hệ thống và Khoa học hành vi, 2024.
- [14]. M. A. Rehman và M. S. B. Ishak, "Đánh giá mức độ rủi ro trong quản lý rủi ro xây dựng của các nhà thầu tại Ả Rập Xê Út," trong Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 384, tr. 3-29, 2024.
- [15]. H. Q. Kong và N. Zhang, "Đánh giá rủi ro sự cố thấm nước trong thi công đường hầm dựa trên FAHP-I-TOPSIS," Tạp chí Sản xuất Sạch hơn, vol. 449, 2024, Art no. 141744.
- [16]. Z. Wang, T. Jiang và Z. Li, "Đánh giá rủi ro trong kỹ thuật đường hầm ngầm dựa trên tập hợp mờ Pythagorean và mạng Bayesian," Tạp chí Buildings, vol. 14, no. 9, 2024, Art no. 2897.
- [17]. Y. Zhao, Y. Li và Q. Li, "Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến an toàn thi công công trình lắp ghép dựa trên Fuzzy-ISM và MICMAC," trong Kỷ yếu Hội nghị SPIE - Hiệp hội Quốc tế về Kỹ thuật Quang học, X. Yao và N. Kumar, Eds., 2024, vol. 13160.
- [18]. W. Collins, P. Holley, A. Chavan và A. Sattineni, "Nhận thức của nhà thầu chính về yêu cầu kiểm soát nhiễm khuẩn trong các dự án cải tạo bệnh viện," trong Tiến bộ trong Khoa học, Công nghệ và Đổi mới, 2021, tr. 63-67.
- [19]. H. M. Sý, "Nghiên cứu, đánh giá và kiểm soát rủi ro khi thực hiện xây dựng các công trình nhà dân dụng sử dụng vốn ngân sách trên địa bàn tỉnh Sơn La," Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2024.
- [20]. L. H. Vy, "Nhận diện các nhân tố gây rủi ro trong các điều khoản ký kết và thực hiện hợp đồng thi công xây dựng trong điều kiện ở Việt Nam," Tạp chí Vật liệu Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2022.

# Tiêu chí đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của nhà thầu xây dựng: Tổng quan tài liệu có hệ thống

Evaluation criteria for the bidding readiness of construction contractors: A systematic literature review

> **VÕ TÀI TOÀN<sup>1</sup>, TS LÊ HOÀI LONG<sup>2</sup>, TS ĐẶNG NGỌC CHÂU<sup>3</sup>, TS VÕ ĐĂNG KHOA<sup>4\*</sup>**

<sup>1</sup>HVCH Ngành Quản lý xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM

<sup>3</sup>Khoa Xây dựng, Trường Công nghệ Văn Lang (VLTech), Trường Đại học Văn Lang

<sup>4</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

\*Email: khoa.vd@ou.edu.vn

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày một tổng quan tài liệu có hệ thống theo quy trình PRISMA nhằm xác định các yếu tố cốt lõi để đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của các nhà thầu xây dựng. Quá trình nghiên cứu sử dụng các từ khóa liên quan đến sự sẵn sàng của tổ chức, đấu thầu và xây dựng. Một quy trình sàng lọc đã được áp dụng để lựa chọn các nghiên cứu phù hợp, sau đó tiến hành trích xuất dữ liệu và tổng hợp các yếu tố. Nghiên cứu đã xác định bốn lĩnh vực cốt lõi ảnh hưởng đến mức độ sẵn sàng đấu thầu của nhà thầu xây dựng từ 39 tài liệu nghiên cứu. Bốn lĩnh vực này bao gồm sự sẵn sàng về quản lý, sự sẵn sàng về con người, sự sẵn sàng về quy trình và sự sẵn sàng về công nghệ. Về mặt thực tiễn, bốn lĩnh vực cốt lõi này có thể cung cấp một công cụ tự đánh giá nội bộ, giúp các nhà thầu xác định điểm mạnh và điểm yếu, từ đó nâng cao năng lực cạnh tranh. Về mặt lý thuyết, nghiên cứu đóng góp vào nền tảng tri thức chung thông qua việc đề xuất một khung lý thuyết có thể được sử dụng để phát triển mô hình đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu trong tương lai. Khung đánh giá này đóng vai trò như một giải pháp hỗ trợ các nhà thầu cải thiện năng lực đấu thầu tổng thể và tăng cường khả năng cạnh tranh.

**Từ khóa:** Sẵn sàng đấu thầu, mức độ sẵn sàng của tổ chức, PRISMA, SLR.

## ABSTRACTS

This study presents a systematic literature review following the PRISMA process to identify the key factors for evaluating the bidding readiness of construction contractors. It utilized keywords related to organizational readiness, bidding and construction. A screening process was employed to select appropriate studies, followed by data extraction and synthesis of the factors.

The study identified four domains influencing construction contractors' bidding readiness from 39 research documents. These four domains include: management readiness, people readiness, process readiness and technology readiness.

From a practical perspective, these four domains can provide an internal self-assessment tool, enabling contractors to identify their strengths and weaknesses, thereby enhancing their competitive capabilities. From a theoretical perspective, the study provides a framework that could help to develop future models of bidding readiness. This evaluation framework is a solution for contractors to improve their overall bidding capacity and increase their competitiveness.

**Keywords:** Bidding readiness, organizational readiness, PRISMA, SLR.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nền kinh tế Việt Nam đang ngày càng hội nhập sâu rộng vào nền kinh tế toàn cầu. Trong bối cảnh đó, ngành Xây dựng đóng vai trò quan trọng, không chỉ góp phần lớn vào GDP quốc gia mà còn tạo điều kiện thuận lợi để thu hút đầu tư. (Cục thống kê, 2024; WorldBank, 2025).

Ngành xây dựng đang có sự gia tăng đáng kể số lượng và quy mô các dự án, dẫn đến mức độ cạnh tranh trong ngành ngày càng gay gắt hơn. Trong bối cảnh các dự án xây dựng tại Việt Nam, bên cạnh các yếu tố truyền thống như giá dự thầu, tiềm lực tài chính, nguồn nhân lực và thiết bị (Vo và cộng sự, 2024), các nhà thầu hiện nay còn phải thể hiện năng lực quản lý, khả năng áp dụng quy trình



hiệu quả và sự cập nhật các công nghệ mới trong xây dựng (Quốc Hội, 2023; Vo và cộng sự, 2024).

Trong môi trường cạnh tranh gay gắt nên việc tự đánh giá mức độ sẵn sàng nội bộ của các nhà thầu là cần thiết để có lợi thế trước mỗi cuộc đấu thầu. Tuy nhiên, thực tế thì vẫn chưa có công cụ tự đánh giá mức độ sẵn sàng của các nhà thầu trước khi tham gia đấu thầu (Vo và cộng sự, 2024). Theo nghiên cứu của Phung và cộng sự (2021) cùng với Vo và cộng sự (2024), sự thiếu vắng này đã gây khó khăn cho doanh nghiệp trong việc xác định rõ điểm mạnh và điểm yếu của mình. Từ đó, dẫn đến cạnh tranh thiếu hiệu quả, tăng chi phí trong hoạt động đấu thầu, giảm khả năng thắng thầu và tăng rủi ro trong quá trình thực hiện dự án. Chính vì vậy, nghiên cứu khám phá các yếu tố cốt lõi nhằm đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu trở nên cấp thiết.

Mục tiêu của nghiên cứu là trình bày phương pháp và các kết quả của một tổng quan tài liệu có hệ thống theo quy trình PRISMA, để xác định các lĩnh vực then chốt nhằm tổng quan các tài liệu liên quan đến việc đánh giá mức độ sẵn sàng trong hoạt động xây dựng, cụ thể là đấu thầu.

## 2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khái niệm và bản chất của đấu thầu xây dựng

Đấu thầu xây dựng là quy trình lựa chọn nhà thầu đáp ứng đầy đủ nhất các yêu cầu do chủ đầu tư hay bên mời thầu đề ra. Quá trình này tiến hành trên cơ sở cạnh tranh, công bằng, minh bạch và hiệu quả kinh tế theo đúng quy định Luật đấu thầu (Quốc hội, 2023). Từ góc nhìn của nhà thầu, đấu thầu là một quá trình các nhà thầu cạnh tranh với nhau để giành lấy hợp đồng thi công. Bản chất của đấu thầu không chỉ là chọn giá thấp nhất, mà còn là một quá trình đánh giá đầy đủ về năng lực tài chính, kỹ thuật, kinh nghiệm và uy tín để đảm bảo lựa chọn được đơn vị phù hợp nhất cho dự án (DauThau.info, 2023). Vì thế, hoạt động đấu thầu đóng vai trò quan trọng đối với sự phát triển kinh tế xã hội, góp phần minh bạch trong sử dụng vốn đầu tư và nâng cao hiệu quả thực hiện các dự án xây dựng (DauThau.info, 2023).

### 2.2. Tổng quan về sự sẵn sàng và sự sẵn sàng đấu thầu nhà thầu

Sự sẵn sàng của tổ chức là một khái niệm trong lĩnh vực quản lý thay đổi và triển khai công nghệ số. Theo Weiner (2020), sự sẵn sàng của tổ chức là trạng thái chung, thể hiện quyết tâm thay đổi và tin tưởng thực hiện thay đổi của tổ chức. Ngoài ra, mức độ sẵn sàng của tổ chức là khả năng và mức độ chuẩn bị thực hiện các mục tiêu chiến lược (Falk, 2017). Mức độ sẵn sàng thể hiện qua các lĩnh vực như quản lý, con người, quy trình, công nghệ.

Theo nghiên cứu của Vo và cộng sự (2024) thì mức độ sẵn sàng của tổ chức là yếu tố quan trọng để triển khai chuyển đổi số và đổi mới thành công. Nghiên cứu dựa vào hai khía cạnh như sau: (1) khả năng về nguồn lực tài chính, kỹ thuật, nhân sự và kiến thức; (2) sự chuẩn bị, cam kết, niềm tin và sự sẵn lòng của tổ chức trước khi thực hiện thay đổi. Tóm lại, khái niệm mức độ sẵn sàng trong đấu thầu là mức độ chuẩn bị và năng lực sẵn có của nhà thầu trong bốn lĩnh vực, đó là quản lý, con người, quy trình và công nghệ. Đây là cơ sở để nhà thầu sẵn sàng tham gia và thắng thầu giành lấy một dự án.

### 2.3. Độ trưởng thành của tổ chức

Độ trưởng thành là cấp độ phát triển và năng lực của tổ chức trong các lĩnh vực hoạt động (McCormack và cộng sự, 2001; Carbonara và cộng sự, 2023). Việc áp dụng các mô hình trưởng thành để xác định mức độ năng lực hiện tại của một tổ chức là một phương pháp hiệu quả. Dựa vào kết quả này, lãnh đạo có thể xây dựng chiến lược cải thiện phù hợp, nhằm nâng cao năng lực tổng thể của tổ chức (McCormack và cộng sự, 2001; Rohloff, 2009; Carbonara và cộng sự, 2023).

Trong ngành Xây dựng ngày nay, các nghiên cứu đã điều chỉnh mô hình Capability Maturity Model (CMM) của Paulk và cộng sự (1993) nhằm đánh giá năng lực quản lý dự án và khả năng áp dụng quy trình phù hợp hơn. CMM phân loại các tổ chức thành 5 cấp độ trưởng thành: cấp 1 = bắt đầu, cấp 2 = có thể lặp lại, cấp 3 = được định nghĩa, cấp 4 = được quản lý và cấp 5 = tối ưu. Mỗi mức độ thể hiện độ chuẩn của quy trình và kiểm soát rủi ro (Sarshar và cộng sự, 2000). Do đó, có thể xem là mức độ sẵn sàng đấu thầu biểu hiện sự trưởng thành của tổ chức.

## 2.4. Tổng quan về SLR và PRISMA

Theo Rother (2007), tổng quan tài liệu là phương pháp tìm kiếm dữ liệu với mục tiêu cụ thể về chủ đề nào đó. Các nghiên cứu thường sử dụng hai loại là tổng quan hệ thống và tổng quan tường thuật (Rother, 2007). Nghiên cứu lựa chọn phương pháp tổng quan tài liệu hệ thống (SLR) vì muốn thực hiện tìm kiếm các yếu tố có hệ thống, đầy đủ, có cơ sở và tin cậy. Tổng quan tài liệu hệ thống là một tổng quan sử dụng phương pháp luận có hệ thống và rõ ràng để xác định, lựa chọn và đánh giá mục tiêu nghiên cứu (Rother, 2007). Đồng thời, áp dụng SLR theo quy trình PRISMA nhằm nâng cao tính minh bạch và giảm sự trùng lặp (Ahmed và cộng sự, 2024).

## 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quy trình tổng quan tài liệu hệ thống PRISMA gồm các bước cụ thể.

### Bước 1. Xác định mục tiêu và câu hỏi nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu và câu hỏi nghiên cứu là các lĩnh vực, yếu tố nội bộ nào trong tài liệu học thuật chuyên ngành, ảnh hưởng đến mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của nhà thầu xây dựng? Mục đích là tìm kiếm và trích dẫn dữ liệu liên quan đến các yếu tố năng lực trong nội bộ tổ chức.

### Bước 2. Xây dựng chiến lược tìm kiếm tài liệu

Công cụ tìm kiếm: Nghiên cứu sử dụng nhiều công cụ tìm kiếm từ các cơ sở dữ liệu học thuật, nhằm bảo đảm phạm vi bao phủ đủ rộng. Cụ thể gồm: Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, Emerald Publishing, ASCE Library, Taylor & Francis, IEEE Xplore và SpringerLink. Ngoài ra, cũng sử dụng các công cụ AI như Perplexity.ai và Scholar GPT, Consensus, SciSpace để hỗ trợ tìm kiếm ban đầu và mở rộng từ khóa.

Từ khóa tìm kiếm: Kết hợp của các từ khóa tiếng Anh và tiếng Việt, các từ khóa là các khái niệm liên quan đến sự sẵn sàng của tổ chức, quy trình đấu thầu và ngành Xây dựng bao gồm: "Sự sẵn sàng của tổ chức/Organizational Readiness", "Readiness scale/Thang đo sự sẵn sàng", "Phân tích đánh giá sự sẵn sàng của tổ chức/Analysis of assessments organizational readiness", "Công cụ đánh giá sự sẵn sàng/Tools for evaluation in readiness", "Readiness competitiveness/Sẵn sàng cạnh tranh", "E-readiness in construction/Sẵn sàng công nghệ trong xây dựng", "Đấu thầu/Construction bidding", "Đánh giá HSMT/Evaluation of bidding", "Lựa chọn nhà thầu/Constructors selection", "Mô hình năng lực trưởng thành/CMM", "Quy mô doanh nghiệp/Scale enterprises".

Khoảng thời gian tìm kiếm là khoảng thời gian các tài liệu xuất bản, từ khoảng năm 1985 đến tháng 5/2025 để bảo đảm tính thời sự của nghiên cứu.

Bảng 1. Các trang web và các công cụ tìm kiếm

| STT | Các website và các công cụ tìm kiếm                                                                                       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a> ;                                                   |
|     | <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a> ;                                                     |
|     | <a href="https://ascelibrary.org/">https://ascelibrary.org/</a> ;                                                         |
|     | <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a> ;                                                           |
|     | <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a> ;                                             |
| 2   | <a href="https://ieeexplore.ieee.org/browse/periodicals/title">https://ieeexplore.ieee.org/browse/periodicals/title</a> ; |
|     | <a href="https://www.tandfonline.com/action/">https://www.tandfonline.com/action/</a> ;                                   |
|     | <a href="https://www.emerald.com/insight/">https://www.emerald.com/insight/</a> ;                                         |
|     | <a href="https://www.perplexity.ai/search">https://www.perplexity.ai/search</a> ;                                         |
|     | <a href="https://chatgpt.com/gpts">https://chatgpt.com/gpts</a> : Scholar GPT                                             |

### Bước 3. Tiêu chí lựa chọn

Các tiêu chí cụ thể để lựa chọn các nghiên cứu là: các bài báo trên tạp chí, các bài báo hội nghị và các luận văn/luận án; các nghiên cứu được xuất bản bằng tiếng Anh hoặc tiếng Việt; các nghiên cứu có sự sẵn sàng, năng lực tổ chức, sự trưởng thành của tổ chức trong đấu thầu hoặc lựa chọn nhà thầu xây dựng và các yếu tố năng lực nội bộ của nhà thầu.

Các nghiên cứu chỉ có các yếu tố thị trường bên ngoài, ảnh hưởng kinh tế vĩ mô đến đấu thầu, đánh giá rủi ro của dự án mà không có phần sẵn sàng của tổ chức thì sẽ bị loại trừ.

### Bước 4. Quy trình sàng lọc và đánh giá nghiên cứu

Nghiên cứu thực hiện quy trình sàng lọc và đánh giá chi tiết như sau:

Giai đoạn xác định và sàng lọc sơ bộ: Kết quả tìm kiếm ban đầu là 253 tài liệu. Chúng được sàng lọc dựa trên tiêu đề và tóm tắt để loại bỏ trùng lặp và các nghiên cứu không liên quan.

Giai đoạn sàng lọc đủ điều kiện: Tiến hành đọc tóm tắt để sàng lọc sơ bộ tài liệu. Lựa chọn tài liệu có liên quan đến mục tiêu. Loại các tài liệu không liên quan đến đấu thầu và đánh giá năng lực tổ chức. Kết quả còn lại là 128 tài liệu.

Giai đoạn lựa chọn: Đọc tất cả các tài liệu và tổng hợp tài liệu, cụ thể như đọc tóm tắt và chi tiết nội dung từng tài liệu. Sau đó, chọn tài liệu có các yếu tố quy mô tổ chức, ảnh hưởng đấu thầu, quyết định đấu thầu; khung đánh giá năng lực, đánh giá sự sẵn sàng. Kết quả chọn ra 39 tài liệu.

### Bước 5. Trích dẫn và tổng hợp dữ liệu

Dựa vào kết quả tổng hợp từ 39 tài liệu, nghiên cứu đã xác định được các khía cạnh cấu thành mức độ sẵn sàng đấu thầu của nhà thầu. Những khía cạnh này đóng vai trò then chốt trong việc chuẩn bị năng lực nội bộ của nhà thầu trước khi tham gia đấu thầu. Cụ thể, các khía cạnh được phân loại thành bốn lĩnh vực chính trong nội bộ tổ chức, bao gồm: (1) Sự sẵn sàng về quản lý. (2) Sự sẵn sàng về con người. (3) Sự sẵn sàng về quy trình. (4) Sự sẵn sàng về công nghệ.

### Bước 6. Tham khảo ý kiến chuyên gia

Sau khi tổng hợp tài liệu, danh sách các lĩnh vực được các chuyên gia trong lĩnh vực đấu thầu và quản lý xây dựng đánh giá sự liên quan, tính rõ ràng và phù hợp từ kết quả tổng quan tài liệu. Sự kết hợp tổng quan tài liệu có hệ thống PRISMA cùng với tham khảo ý kiến chuyên gia để nâng cao tính hợp lệ và thực tiễn của các lĩnh vực sẵn sàng đấu thầu.

### Bước 7. Kết quả chi tiết của PRISMA

Nghiên cứu thể hiện mô tả tóm tắt về 39 tài liệu đã tổng hợp.

## 4. KẾT QUẢ CỦA TỔNG QUAN TÀI LIỆU HỆ THỐNG

### 4.1. Lựa chọn tài liệu nghiên cứu và sơ đồ PRISMA

Theo Hình 1. Sơ đồ dòng chảy PRISMA (PRISMA, 2020) sẽ giải thích quá trình các bước thực hiện của phần tổng quan.

Giai đoạn xác định: Kết quả có 253 tài liệu qua tìm kiếm cơ sở dữ liệu học thuật.

Giai đoạn sàng lọc: Sau khi loại bỏ trùng lặp và sàng lọc tiêu đề và tóm tắt, còn lại 128 tài liệu.

Giai đoạn xem xét đủ điều kiện: Các tài liệu được tóm tắt chi tiết, đánh giá tính đủ điều kiện, kết quả là được 39 tài liệu nghiên cứu. Lý do loại là không liên quan đến mức độ sẵn sàng đấu thầu, tập trung vào các yếu tố bên ngoài, được tóm tắt trong sơ đồ.

Kết quả của quá trình sàng lọc tài liệu theo phương pháp PRISMA, là từ 253 tài liệu ban đầu xuống còn 39 tài liệu. Điều này khẳng định rằng các lĩnh vực được xác định từ 39 tài liệu này có mức độ liên quan và phù hợp cao với mục tiêu của nghiên cứu hiện tại.

### 4.2. Thống kê đặc điểm các nghiên cứu được chọn

Nghiên cứu sẽ tóm tắt mô tả về 39 nghiên cứu đã được lựa chọn từ PRISMA. Như trong Bảng 2, các đặc điểm được liệt kê gồm:

Xu hướng xuất bản: Là sự phân bố các nghiên cứu theo năm xuất bản. Sự gia tăng nghiên cứu trong thời gian gần đây như trong các năm 2021, 2022 và 2024, có tổng cộng 14 bài.

Trọng tâm địa lý: Thống kê các quốc gia hoặc khu vực có nhiều nghiên cứu được công bố. Từ bảng 2 cho thấy các nghiên cứu từ Việt Nam, Anh, Ấn Độ, Nigeria, Ai Cập và quốc tế. Từ đây, có thể kết luận rằng các nghiên cứu có bối cảnh rộng.

Loại hình nghiên cứu: Phân loại theo loại hình xuất bản, kết quả chủ yếu là trên các tạp chí học thuật.

Phương pháp nghiên cứu: Các phương pháp được sử dụng là khảo sát định lượng, tổng quan tài liệu, phát triển mô hình lý thuyết, công cụ đánh giá, phân tích thống kê (EFA, CFA, CB-SEM, PLS-SEM).

Các lĩnh vực chính: Các chủ đề liên quan đến mức độ sẵn sàng đấu thầu như các mô hình sẵn sàng điện tử, các yếu tố thành công, thay đổi tổ chức, sẵn sàng áp dụng công nghệ.

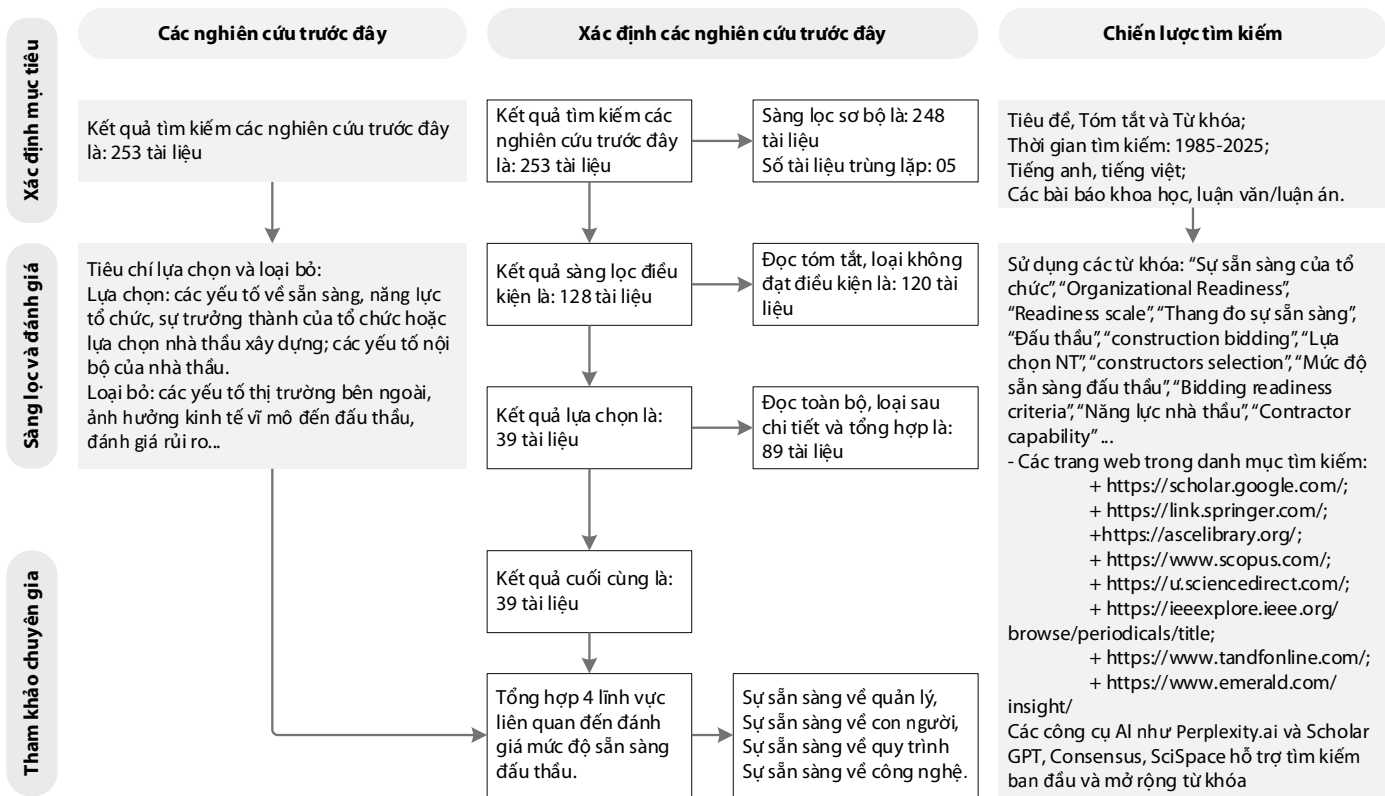
### 4.3. Xác định các lĩnh vực sẵn sàng đấu thầu

Nghiên cứu này đã xác định và tổng hợp có hệ thống bốn lĩnh vực quan trọng từ 39 tài liệu nghiên cứu trước đó, nhằm đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của các nhà thầu xây dựng. Cụ thể, bốn lĩnh vực này bao gồm: Lĩnh vực 1 là sự sẵn sàng về quản lý; Lĩnh vực 2 là sự sẵn sàng về con người; Lĩnh vực 3 là sự sẵn sàng về quy trình; Lĩnh vực 4 là sự sẵn sàng về công nghệ.

Bảng 2. Tóm tắt đặc điểm của các tài liệu trong tổng quan tài liệu PRISMA.

| Đặc điểm    | Danh mục                  | Số lượng | Tỷ lệ  | Ghi chú                                                                                     |
|-------------|---------------------------|----------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Xu hướng    | Giai đoạn trước 2018      | 17       | 43.59% | Rải rác, ít quan tâm đến sẵn sàng, sẵn sàng năng lực đấu thầu.                              |
|             | Giai đoạn 2018-2024       | 22       | 56.41% | Sự gia tăng nghiên cứu trong thời gian gần đây, các năm 2021, 2022 và 2024 với tổng 14 bài. |
| Địa lý      | Quốc tế                   | 24       | 61.54% | Có thể áp dụng các khái niệm rộng rãi.                                                      |
|             | Việt Nam                  | 9        | 23.08% | Nhấn mạnh tính phù hợp với địa phương.                                                      |
|             | Các quốc gia/khu vực khác | 18       | 46.15% | Anh, Ấn Độ, Nigeria, Ai Cập, Trung Đông.                                                    |
| Loại hình   | Tạp chí học thuật         | 36       | 92.31% | Đây là loại hình phổ biến xuất bản trên các tạp chí khoa học.                               |
|             | Luận án tiến sĩ           | 2        | 5.13%  | Connie F. Walker-Egea (2014), Kirti Ruikar (2004).                                          |
|             | Kỷ yếu hội nghị           | 1        | 2.56%  | Phạm Hồng An, Nguyễn Quốc Toàn, Nguyễn Văn Tâm (2021).                                      |
| Phương pháp | Khảo sát định lượng       | 18       | 46.15% | Phương pháp thu thập dữ liệu.                                                               |
|             | Tổng quan tài liệu        | 24       | 61.54% | Phương pháp tổng hợp kiến thức trước đó.                                                    |

| Đặc điểm   | Danh mục                                       | Số lượng | Tỷ lệ  | Ghi chú                                                      |
|------------|------------------------------------------------|----------|--------|--------------------------------------------------------------|
| nghiên cứu | Phân tích thống kê (EFA, CFA, CB-SEM, PLS-SEM) | 16       | 41.03% | Thường kết hợp với khảo sát định lượng để kiểm định mô hình. |
|            | Xây dựng mô hình                               | 10       | 25.64% | Liên quan đến các nghiên cứu phát triển công cụ, mô hình.    |
|            | Công cụ đánh giá                               | 7        | 17.95% | Liên quan đến các nghiên cứu phát triển công cụ, mô hình.    |
|            | Phỏng vấn sâu/Định tính                        | 4        | 10.26% | Cung cấp góc nhìn từ thực tiễn.                              |
|            | Nghiên cứu tình huống                          | 3        | 7.69%  | Nghiên cứu sâu về một vài trường hợp để hiểu biết chi tiết.  |
|            | Phương pháp Delphi, FS                         | 2        | 5.13%  | Các phương pháp khác.                                        |



Hình 1. Sơ đồ tiến trình thực hiện PRISMA

## 5. THẢO LUẬN

### 5.1. Diễn giải bốn lĩnh vực của mức độ sẵn sàng đấu thầu

Kết quả nghiên cứu đã xác định bốn lĩnh vực năng lực nội bộ quan trọng, được tổng hợp từ các mô hình năng lực và sự trưởng thành của tổ chức (Ruikar, 2004). Các lĩnh vực này được diễn giải như sau:

Lĩnh vực 1: Sự sẵn sàng về quản lý là sự cam kết hỗ trợ của lãnh đạo cho đấu thầu. Lãnh đạo có tầm nhìn chiến lược, sẵn sàng đầu tư nguồn lực và tạo môi trường đổi mới. Lãnh đạo điều phối giữa con người, quy trình và công nghệ (Ruikar, 2004) để hoạt động đấu thầu tổ chức được hiệu quả. Lĩnh vực quản lý còn là cơ cấu tổ chức rõ ràng, phân công trách nhiệm trong đấu thầu.

Lĩnh vực 2: Sự sẵn sàng về con người là trình độ, kỹ năng và thái độ của nhân sự tham gia đấu thầu. Đây là yếu tố trung tâm, vì con người thực hiện lập hồ sơ dự thầu. Đào tạo và kinh nghiệm của nhân sự sẽ thực hiện Hồ sơ dự thầu bảo đảm chất lượng. Lĩnh vực con người còn là thái độ sẵn sàng thay đổi và học hỏi. Môi trường văn

hóa khuyến khích sáng tạo, chia sẻ kiến thức cũng quan trọng không kém trong tổ chức.

Lĩnh vực 3: Sự sẵn sàng về quy trình là sự hiệu quả của các quy trình liên quan đến hoạt động đấu thầu, gồm các giai đoạn từ việc lập cho đến kiểm tra chất lượng Hồ sơ dự thầu. Các quy trình quan trọng này là quy trình phân tích Hồ sơ mời thầu, quy trình khảo sát hiện trường, quy trình xây dựng giá thầu, quy trình kiểm soát hồ sơ dự thầu và quy trình rút kinh nghiệm. Sự sẵn sàng quy trình còn là sự linh hoạt và cải tiến liên tục.

Lĩnh vực 4: Sự sẵn sàng về công nghệ để cập đến mức độ sẵn sàng về hạ tầng CNTT và khả năng áp dụng phần mềm trong đấu thầu. Trong kỷ nguyên số hóa hiện nay, việc triển khai công nghệ là yếu tố then chốt để nâng cao hiệu quả và rút ngắn thời gian chuẩn bị Hồ sơ dự thầu. Bên cạnh đó, chính sách về CNTT và mức độ đầu tư vào công nghệ cần được đánh giá trong sự sẵn sàng về công nghệ.

Bảng 3. Phân tích so sánh với các nghiên cứu trước đây.

| Mô hình                         | SPICE<br>(Sarshar và cộng<br>sự, 2000)       | BEACON<br>(Khalfan, 2001)                    | VERDICT<br>(Ruikar, 2004)                      | e-TRM<br>(Al Yahya và cộng sự, 2018)                                             | Nghiên cứu này                                   |
|---------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Nội dung                        |                                              |                                              |                                                |                                                                                  |                                                  |
| Mục đích mô<br>hình             | Đánh giá mức độ<br>trưởng thành quy<br>trình | Đánh giá triển khai<br>kỹ thuật đồng thời    | Đánh giá sẵn sàng<br>thương mại điện tử        | Đánh giá sự sẵn sàng triển khai<br>đầu thầu điện tử                              | Đánh giá mức độ<br>sẵn sàng tham gia<br>đầu thầu |
| Các yếu tố<br>đánh giá<br>chính | Quy trình xây<br>dựng: 5 cấp trưởng<br>thành | Quy trình, con<br>người, dự án, công<br>nghệ | Quản lý, con người,<br>quy trình, công<br>nghệ | Con người, quy trình, môi<br>trường làm việc, công nghệ,<br>nhà cung cấp dịch vụ | Quản lý, con người,<br>quy trình, công<br>nghệ   |
| Ứng dụng                        | Xây dựng, quy<br>trình                       | Xây dựng, CE                                 | Xây dựng, e-<br>Readiness                      | Xây dựng, e-Tendering                                                            | Xây dựng, Bidding<br>Readiness                   |

5.2. Phân tích so sánh với các nghiên cứu trước

Nghiên cứu đã tiến hành phân tích so sánh chi tiết với các khung lý thuyết đã công bố trước đây để xác nhận sự phù hợp và có cơ sở khoa học của bốn lĩnh vực được xác định. Mục đích của việc so sánh này là để làm rõ những điểm tương đồng, khác biệt và những đóng góp mới mà nghiên cứu mang lại. Từ kết quả phân tích ở Bảng 3, nghiên cứu này có những ưu điểm như: bốn lĩnh vực trên có thể kết hợp để đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của nhà thầu. Điều này bao gồm các khía cạnh từ năng lực tổ chức, tầm nhìn và vai trò lãnh đạo, uy tín và kinh nghiệm, năng lực nhân sự và văn hóa đổi mới, cho đến quy trình thực hiện hồ sơ dự thầu và ứng dụng công nghệ trong đấu thầu.

5.3. Xu hướng mới và các phát hiện từ tài liệu

Một trong những phát hiện chính từ quá trình tổng hợp 39 tài liệu là sự đánh giá cao vai trò công nghệ trong xác định mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu. Những năm gần đây đã có sự thay đổi trong các nghiên cứu gần đây về công nghệ đã tiến hành sâu hơn. Cụ thể là chiến lược áp dụng công nghệ để hỗ trợ quy trình đấu thầu, là một phần của chiến lược kinh doanh tổng thể. Kết quả từ phương pháp PRISMA cho thấy xu hướng công nghệ số hóa, giúp các nhà thầu xây dựng nhận thấy rằng đầu tư vào công nghệ là chiến lược phát triển năng lực cạnh tranh của tổ chức mình.

5.4. Ý nghĩa thực tiễn và lý thuyết

Mặc dù phương pháp nào cũng có mặt còn hạn chế, nhưng phương pháp tổng quan tài liệu hệ thống trong nghiên cứu này vẫn mang lại những ý nghĩa cho thực tiễn và học thuật. Bốn lĩnh vực cốt lõi có thể như công cụ tự đánh giá nội bộ. Nhà thầu có thể kiểm tra các lĩnh vực năng lực trong đấu thầu, từ đó xây dựng chiến lược và nâng cao năng lực cạnh tranh. Đồng thời, nghiên cứu đóng góp vào kho kiến thức, có thể làm cơ sở để phát triển mô hình định lượng về mức độ sẵn sàng đấu thầu trong tương lai.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã thực hiện một tổng quan tài liệu hệ thống theo quy trình PRISMA, với mục tiêu xác định khoảng trống trong lý thuyết và thực tiễn liên quan đến các yếu tố cốt lõi đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của các nhà thầu xây dựng. Dựa vào kết quả tổng hợp từ 39 tài liệu và tham khảo ý kiến đánh giá chuyên gia, nghiên cứu đã xác định bốn lĩnh vực cốt lõi, bao gồm: sự sẵn sàng về quản lý, sự sẵn sàng về con người, sự sẵn sàng về quy trình và sự sẵn sàng về công nghệ.

Trong tương lai, có thể phát triển nghiên cứu này thành một mô hình định lượng bao gồm bộ tiêu chí và thang đo cụ thể để đánh giá mức độ sẵn sàng tham gia đấu thầu của các nhà thầu xây dựng. Thêm nữa, có thể áp dụng phương pháp AHP để xác định trọng số của từng tiêu chí đánh giá. Sau đó, ứng dụng SEM để kiểm định mô hình trong các bối cảnh khác nhau nhằm khám phá mối quan hệ và

mức độ ảnh hưởng của các tiêu chí, từ đó tăng tính ứng dụng và độ tin cậy của mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ahmed, M.O., El-adaway, I.H., Caldwell, A. (2024), "Comprehensive understanding of factors impacting competitive construction bidding", *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(4). doi:10.1061/jcemd4.Coeng-14090.

[2]. Al Yahya, M., Skitmore, M., Bridge, A., Nepal, M., Cattell, D. (2018), "e-Tendering readiness in construction: The posterior model", *Construction Innovation*, 18(2), 183-205.

[3]. Carbonara, N., Scozzi, B., Pellegrino, R. (2023), "Organizational readiness for smart working: A model and assessment tool", *Journal of Workplace Learning*, 35(6), 540-561.

[4]. DauThau.info. (2023). Đấu thầu xây dựng là gì? Các quy định về đấu thầu xây dựng.

[5]. Falk, L.H. (2017), "Organizational improvement readiness assessment (OIRA) tool evaluation", Boise State University, School of Nursing.

[6]. Khalfan, M.M.A. (2001), "Benchmarking and readiness assessment for concurrent engineering in construction (BEACON)", Loughborough University.

[7]. McCormack, K.P., Johnson, W.C. (2001), "Business process orientation: Gaining the e-business competitive advantage", Crc Press.

[8]. Paulk, M.C., Curtis, B., Chrissis, M.B., Weber, C.V. (1993), "Capability maturity model", Version 1.1, IEEE Software, 10(4), 18-27.

[9]. Phung, Q., Tong, N. (2021), "Developing an organizational readiness framework for BIM implementation in large design companies", *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(3), 57-67.

[10]. PRISMA 2020. <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020>.

[11]. Quốc hội (2023), "Luật Đấu thầu (số 22/2023/QH15)", <https://vanban.chinhphu.vn/>

[12]. Rother, E.T. (2007), "Systematic literature review X narrative review", *Acta Paulista de Enfermagem*, 20, v-vi.

[13]. Rohloff, M. (2009). Case study and maturity model for business process management implementation. *Business Process Management* (pp. 128-142). Springer Berlin Heidelberg.

[14]. Ruikar, K. (2004), "Business process implications of e-commerce in construction organisations", Ph.D. Thesis, Loughborough University, Centre for Innovative Construction Engineering.

[15]. Sarshar, M., Haigh, R., Finnemore, M., Aouad, G., Barrett, P., Baldry, D., Sexton, M. (2000), "SPICE: a business process diagnostics tool for construction projects", *Engineering, Construction and Architectural Management*, 7(3), 241-250.

[16]. Vo, H.T., Nguyen, P.V., Nguyen, S.T.N., Vrontis, D., Bianco, R. (2024), "Unlocking digital transformation in Industry 4.0: Exploring organizational readiness, innovation and firm performance in Vietnam", *European Journal of Innovation Management*, <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2024-0273>.

[17]. Weiner, B.J. (2020), "A theory of organizational readiness for change", In *Handbook on Implementation Science*, Edward Elgar Publishing, 215-232.



# Đánh giá hiệu quả xử lý bụi của hệ thống lọc không khí kết hợp HEPA và hấp thụ dạng phun nước

Evaluation of dust removal efficiency of an air filtration system combined with HEPA and water spray absorption

> TS NGUYỄN ĐÌNH HUẤN, TS NGUYỄN PHƯỚC QUÝ AN

Khoa Môi trường, Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Email: huanbachkhoa@gmail.com, npqan@dut.udn.vn

## TÓM TẮT

Hệ thống phun sương để làm mát không khí được áp dụng để giảm năng lượng điều hòa không khí. Ngoài việc giảm nhiệt độ hệ thống có khả năng giảm thiểu bụi hô hấp giúp bảo vệ sức khỏe con người. Nghiên cứu này nhằm đánh giá hiệu quả loại bỏ bụi hô hấp trong không khí của hệ thống xử lý không khí sử dụng hai công nghệ chính: lọc HEPA và hấp thụ bằng nước dạng phun sương. Thí nghiệm được thực hiện để đánh giá hiệu suất của từng thiết bị đơn lẻ và hiệu suất tổng khi cả 2 hoạt động đồng thời. Kết quả cho thấy đối với bụi hô hấp, các thiết bị đều đạt hiệu suất trên 80%, cả 2 thiết bị hoạt động đồng thời cho hiệu suất trên 90%. Đây là cơ sở thực nghiệm để phát triển các thiết bị lọc không khí có chi phí thấp và thân thiện với môi trường phù hợp cho các phòng làm việc của con người.

**Từ khóa:** Lọc bụi hô hấp, HEPA, hấp thụ phun nước, xử lý không khí, hiệu suất lọc.

## ABSTRACT

The misting system for cooling air is applied to reduce air conditioning energy consumption. In addition to lowering the temperature, the system is capable of minimizing respiratory dust, helping to protect human health. This study aims to evaluate the effectiveness of respiratory dust removal in the air by an air treatment system using two main technologies: HEPA filtration and water mist absorption. Experiments were conducted to assess the performance of each individual device and the overall performance when both devices operate simultaneously. The results show that for respiratory dust, both devices achieved performance over 80%, and when both devices operated together, the efficiency exceeded 90%. This provides an experimental basis for developing low-cost and environmentally friendly air filtration devices suitable for human workspaces.

**Keywords:** Respiratory dust filtration, HEPA, water spray absorption, air treatment, filtration efficiency.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ô nhiễm không khí, đặc biệt là ô nhiễm bụi hô hấp, đang trở thành một trong những mối đe dọa hàng đầu đến sức khỏe cộng đồng tại các khu vực đô thị đông dân cư. Bụi hô hấp, bao gồm PM<sub>10</sub> và đặc biệt là PM<sub>2.5</sub> (các hạt có đường kính khí động học nhỏ hơn hoặc bằng 2,5  $\mu$ m), có thể dễ dàng xâm nhập sâu vào hệ thống hô hấp, đi vào phế nang và thậm chí lan truyền qua hệ tuần hoàn đến các cơ quan khác trong cơ thể. Nhiều nghiên cứu dịch tễ đã chỉ ra mối liên hệ chặt chẽ giữa nồng độ bụi hô hấp trong không khí với các bệnh lý như hen suyễn, viêm phổi mãn tính, đột quỵ, tim mạch và thậm chí là ung thư phổi.

Tại Việt Nam, tốc độ đô thị hóa nhanh chóng cùng với lưu lượng giao thông lớn, hoạt động xây dựng và đốt nhiên liệu hóa thạch là những nguyên nhân chủ yếu góp phần làm gia tăng nồng độ bụi hô hấp trong không khí. Trong bối cảnh đó, việc kiểm soát

chất lượng không khí trong nhà (Indoor Air Quality - IAQ) trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết, bởi con người dành trên 80% thời gian sống và làm việc trong các không gian kín. Do đó, nhu cầu phát triển các thiết bị xử lý không khí hiệu quả, chi phí hợp lý, dễ lắp đặt và vận hành trong điều kiện sinh hoạt dân dụng là hết sức cần thiết.

Trên thị trường hiện nay, nhiều thiết bị lọc không khí sử dụng các công nghệ cao như UV-C, ion âm, ozone, hay màng lọc nhiều lớp. Tuy nhiên, chi phí cao, yêu cầu bảo trì phức tạp, hoặc rủi ro phát sinh khí độc thứ cấp khiến các giải pháp này chưa thực sự phù hợp với hộ gia đình có thu nhập trung bình hoặc các không gian cộng đồng như nhà trẻ, trường học, bệnh viện nhỏ. Trước thực tế đó, việc nghiên cứu phát triển các thiết bị xử lý không khí dựa trên các công nghệ đơn giản nhưng hiệu quả và thân thiện với môi trường là xu hướng được nhiều nhóm khoa học quan tâm.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung vào việc thiết kế, chế tạo và đánh giá hiệu quả xử lý bụi hô hấp của một hệ thống lọc không khí kết hợp hai phương pháp chủ đạo:

- **Bộ lọc HEPA (High Efficiency Particulate Air):** Là công nghệ lọc bụi có độ tin cậy cao, khả năng giữ lại các hạt bụi có kích thước từ 0,3  $\mu\text{m}$  trở lên với hiệu suất cao. Phương pháp này chủ yếu dựa vào cơ chế va chạm quán tính, khuếch tán và sàng lọc cơ học.

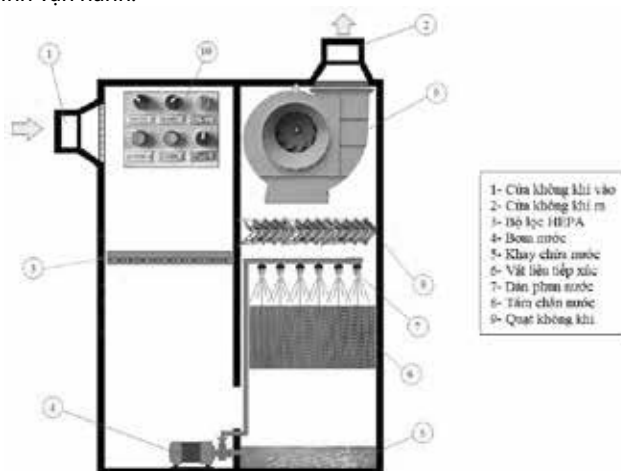
- **Buồng hấp thụ dạng phun nước:** Là một giải pháp xử lý khí ướt sử dụng nước dạng sương để bắt giữ bụi thông qua va đập trực tiếp và ngưng tụ. Ưu điểm của phương pháp này là chi phí thấp, vận hành đơn giản, dễ chế tạo và có thể đồng thời giảm bớt một phần khí độc, mùi khó chịu.

Việc kết hợp hai công nghệ trên nhằm tận dụng ưu điểm xử lý sơ cấp của hấp thụ phun nước, từ đó kéo dài tuổi thọ thiết bị, tăng hiệu suất xử lý và giảm chi phí vận hành. Mục tiêu cuối cùng của nghiên cứu là tạo ra một thiết bị lọc không khí phù hợp với điều kiện thực tế, có thể ứng dụng rộng rãi trong không gian sống và làm việc thường ngày. Nghiên cứu này trình bày chi tiết thiết kế, phương pháp thử nghiệm và kết quả đánh giá hiệu quả xử lý bụi của thiết bị nói trên.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Cấu tạo thiết bị

Nghiên cứu này đề xuất một thiết bị xử lý không khí tích hợp đa chức năng, kết hợp nhiều phương pháp xử lý khác nhau để xử lý hầu hết các tác nhân ô nhiễm không khí có trong không gian sống của con người. Công suất quạt của thiết bị tối đa 520 $\text{m}^3/\text{h}$ , cột áp 328Pa nhưng có thể điều chỉnh được các thông số này trong quá trình vận hành.



Hình 1. Cấu tạo thiết bị xử lý không khí

Thiết bị được tích hợp thiết bị đo tự động và điều khiển từ xa bằng điện thoại. Có khả năng theo dõi và kiểm soát các thông số không khí để có thể điều khiển và cài đặt chế độ vận hành theo ý muốn.

#### 1.1.1. Lọc bụi bằng tấm lọc HEPA

Bộ lọc HEPA hoạt động dựa trên ba cơ chế chính:

+ Chặn bằng quán tính: Các hạt lớn hơn có xu hướng tiếp tục di chuyển theo quán tính và va chạm vào sợi lọc.

+ Chặn bằng khuếch tán: Các hạt nhỏ hơn bị ảnh hưởng bởi chuyển động Brown, làm tăng khả năng chúng tiếp xúc và bám vào sợi lọc.

+ Chặn bằng bám dính: Khi một hạt di chuyển gần sợi lọc, nó có thể chạm vào và dính lại nhờ lực Van der Waals.

Nghiên cứu của nhà khoa học đoạt giải Nobel, Irving Langmuir chỉ ra rằng các hạt có đường kính khoảng 0,3 micromet ( $\mu\text{m}$ ) là khó

lọc nhất, vì vậy bộ lọc HEPA được thiết kế để có hiệu suất tối thiểu 99,97% với các hạt kích thước này.

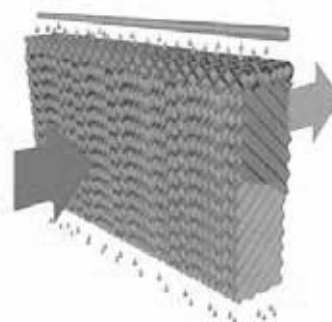
Trong mô hình thiết bị xử lý khí thải, bộ lọc HEPA được sử dụng có kích thước: 310x285x25mm. Được kiểm chứng hiệu suất xử lý đối với tác nhân bụi PM2.5 và PM10.



Hình 2. Thiết bị lọc bụi HEPA

#### 1.1.2. Hệ thống phun nước làm mát

Hệ thống phun nước làm mát không khí có tác dụng giảm nhiệt độ không khí về mùa hè, được thiết kế tương tự thiết bị hấp thụ, có thể linh hoạt sử dụng các chất lỏng khác nhau, ngoài việc làm mát không khí còn có khả năng hấp thụ các khí ô nhiễm và giảm bụi.



Hình 3. Thiết bị hấp thụ - làm mát

Thiết bị bao gồm tấm làm mát cooling pad để tăng quá trình trao đổi nhiệt giữa nước và không khí. Nước được cung cấp bởi bơm DC 12V, lưu lượng 8L/phút với áp lực 4-5m, có thể điều chỉnh các thông số làm việc khi vận hành.

### 2.2. Thiết lập thí nghiệm

Mô hình thiết bị xử lý khí thải được đặt trong một căn phòng kín có diện tích 12 $\text{m}^2$ , cao 3.3m, tương đương 40 $\text{m}^3$ . Trước khi thiết bị được khởi động, nồng độ các thông số ô nhiễm trong không khí sẽ được đo và ghi nhận để làm cơ sở đánh giá.

Thiết bị sẽ được bật và vận hành liên tục trong suốt quá trình thử nghiệm. Dữ liệu về chất lượng không khí, bao gồm nồng độ bụi hô hấp (PM2.5, PM10) được ghi lại theo chu kỳ 3 phút/lần. Quá trình này giúp theo dõi sự thay đổi của các chỉ số ô nhiễm theo thời gian, từ đó đánh giá chính xác hiệu quả làm sạch không khí của thiết bị.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Nồng độ bụi ban đầu

Trong tất cả các thử nghiệm, nồng độ bụi được thiết lập ban đầu nhằm mô phỏng tình huống ô nhiễm không khí nghiêm trọng trong không gian kín. Giá trị trung bình đo được tại thời điểm  $T_0$  (trước khi thiết bị vận hành) là:

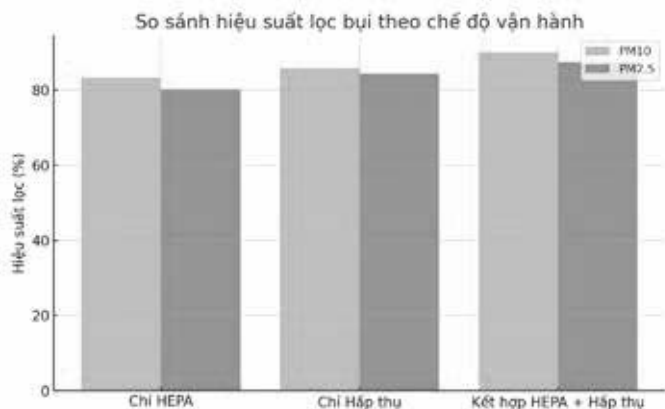
- PM10: 684  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- PM2.5: 552  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Mức nồng độ này cao hơn rất nhiều so với các tiêu chuẩn khuyến nghị của WHO (PM2.5 < 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM10 < 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  trong 24 giờ), cho phép đánh giá rõ ràng hiệu quả của thiết bị trong điều kiện khắc nghiệt.

### 3.2. Kết quả sau 30 phút vận hành

| Chế độ hoạt động         | PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Hiệu suất PM10 (%) | Hiệu suất PM2.5 (%) |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Chỉ sử dụng HEPA         | 115.7                             | 109.3                              | 83.08%             | 80.20%              |
| Chỉ sử dụng hấp thụ nước | 96.5                              | 86.7                               | 85.89%             | 84.29%              |
| Kết hợp HEPA + hấp thụ   | 68.2                              | 70.1                               | 90.03%             | 87.30%              |



Hình 4. Biểu đồ so sánh hiệu suất lọc bụi PM10 và PM2.5 theo các chế độ vận hành

### 3.3. Đánh giá kết quả

#### - Trường hợp 1, chỉ sử dụng bộ lọc HEPA

Khi vận hành thiết bị với chỉ một mình bộ lọc HEPA, nồng độ bụi PM10 giảm còn  $115.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  và PM2.5 còn  $109.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tương ứng hiệu suất loại bỏ là 83.08% và 80.20%. Đây là mức hiệu quả tương đối cao, cho thấy khả năng xử lý bụi siêu mịn của màng lọc cơ học. Tuy nhiên, hệ thống này không có khả năng xử lý các hạt bụi ẩm, dính, hoặc những hạt lớn vốn có thể gây tắc nghẽn bề mặt lọc, làm giảm thông khí và tuổi thọ của thiết bị.

#### - Trường hợp 2, chỉ sử dụng buồng hấp thụ phun nước

Với chế độ này, nồng độ PM10 sau xử lý giảm xuống còn  $96.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  và PM2.5 còn  $86.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tương ứng hiệu suất lọc là 85.89% và 84.29%. Phương pháp sử dụng sương nước cho thấy hiệu quả bắt giữ bụi tốt hơn HEPA khi xử lý riêng lẻ, đặc biệt là bụi có kích thước lớn hơn và bụi ẩm. Tuy nhiên, khả năng giữ lại các hạt siêu mịn không cao bằng HEPA do cơ chế vật lý hạn chế.

#### - Trường hợp 3, kết hợp HEPA và hấp thụ

Khi hai công nghệ được sử dụng đồng thời, kết quả cho thấy hiệu suất lọc được nâng lên đáng kể. Cụ thể, nồng độ PM10 chỉ còn  $68.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  và PM2.5 là  $70.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hiệu suất xử lý lần lượt là 90.03% và 87.30%. Điều này chứng minh rõ ràng tính cộng hưởng giữa hai phương pháp: bụi siêu mịn dễ xâm nhập vào cơ thể người gây bệnh tật, một thiết bị xử lý khó an toàn trong sử dụng khi hiệu quả lọc sẽ giảm dần theo thời gian; hai thiết bị lắp nối tiếp sẽ giải quyết được bất cập này nhằm làm sạch không khí trong môi trường sống của con người.

## 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đánh giá một cách có hệ thống hiệu quả xử lý bụi hô hấp trong không khí của thiết bị lọc kết hợp giữa bộ lọc HEPA và buồng hấp thụ phun nước. Kết quả cho thấy hệ thống có khả năng loại bỏ bụi PM2.5 và PM10 ở mức hiệu suất cao, lần lượt đạt 87,3% và 90,1% sau 30 phút vận hành trong buồng mô phỏng kín. So với từng bộ phận hoạt động riêng lẻ, sự kết hợp đồng thời hai công nghệ cho thấy hiệu quả tổng hợp rõ rệt, đặc biệt trong

việc giảm tải cho bộ lọc HEPA, giúp tăng độ bền và ổn định hiệu suất theo thời gian.

Một ưu điểm quan trọng khác là thiết bị có thiết kế gọn nhẹ, đơn giản, không yêu cầu sử dụng hóa chất hay linh kiện phức tạp. Việc vận hành chỉ cần nguồn điện thấp, lưu lượng nước tuần hoàn nhỏ, do đó chi phí sử dụng hàng tháng rất thấp. Thiết bị này đặc biệt phù hợp với nhu cầu thực tế của các hộ gia đình, trường học, nhà trẻ, văn phòng nhỏ, nơi chất lượng không khí trong nhà đang trở thành mối quan tâm hàng đầu.

Ngoài khả năng xử lý bụi hô hấp, hệ thống này còn có tiềm năng trong việc hấp thụ một phần các khí độc hòa tan trong nước và cải thiện độ ẩm không khí trong môi trường sử dụng máy lạnh thường xuyên. Với những ưu điểm kể trên, thiết bị lọc không khí tích hợp HEPA và buồng hấp thụ dạng phun nước là một hướng đi triển vọng trong việc phát triển các giải pháp công nghệ xanh, thân thiện và phù hợp với điều kiện của các nước đang phát triển.

## 5. KIẾN NGHỊ

Để nâng cao hiệu quả ứng dụng, nhóm nghiên cứu đề xuất: Mở rộng thử nghiệm thiết bị trong môi trường thực tế như phòng ngủ, lớp học, văn phòng; Đánh giá thêm khả năng xử lý các khí ô nhiễm như  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , formaldehyde và VOCs; Tối ưu thiết kế nhằm nâng hiệu suất lọc bụi, tiết kiệm điện và nước; Tích hợp cảm biến và điều khiển thông minh (IoT) để thiết bị vận hành linh hoạt, phù hợp xu hướng nhà thông minh.

Những cải tiến này sẽ giúp thiết bị tiến gần hơn đến ứng dụng thực tế, góp phần cải thiện chất lượng không khí và sức khỏe cộng đồng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. González-Martín, J., et al., A state-of-the-art review on indoor air pollution and strategies for indoor air pollution control. *Chemosphere*, 2021. 262: p. 128376.
- [2]. Sharma, B., K. Munawar, and H. Kozman, 1177: BROKEN HEART AFTER BROKEN LUNGS-ALBUTEROL INDUCED CARDIOMYOPATHY. *Critical Care Medicine*, 2013. 41(12): p. A299-A300.
- [3]. Raju, S., T. Siddharthan, and M.C. McCormack, Indoor air pollution and respiratory health. *Clinics in chest medicine*, 2020. 41(4): p. 825.
- [4]. Al Horr, Y., et al., Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and environment*, 2016. 105: p. 369-389.
- [5]. Tran, V.V., D. Park, and Y.-C. Lee, Indoor air pollution, related human diseases, and recent trends in the control and improvement of indoor air quality. *International journal of environmental research and public health*, 2020. 17(8): p. 2927.
- [6]. Arif, M., et al., Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2016. 5(1): p. 1-11.
- [7]. Frontczak, M. and P. Wargocki, Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and environment*, 2011. 46(4): p. 922-937.
- [8]. Schweizer, C., et al., Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 2007. 17(2): p. 170-181.
- [9]. Cincinelli, A. and T. Martellini, Indoor air quality and health. 2017, MDPI. p. 1286.
- [10]. Colbeck, I. and Z.A. Nasir, Indoor air pollution. Human exposure to pollutants via dermal absorption and inhalation, 2010: p. 41-72.
- [11]. Luengas, A., et al., A review of indoor air treatment technologies. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2015. 14: p. 499-522.

# Giải pháp xử lý chất thải rắn sinh hoạt bằng công nghệ thiêu đốt thu hồi năng lượng tại Việt Nam: Cơ hội, tiềm năng và thách thức

Municipal solid waste treatment solutions using waste-to-energy incineration technology in Vietnam: Opportunities, potential and challenges

> PGS.TS NGUYỄN LÂM QUẢNG<sup>1,2</sup>, PGS.TS NGHIÊM VĂN KHANH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Môi trường Đô thị và Công nghiệp Việt Nam, Nguyên giảng viên, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Email: qnguyenlam@gmail.com

<sup>2</sup>Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa KTHT&MTĐT, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Email: khanhvn@hau.edu.vn

## TÓM TẮT

Việt Nam đang đối mặt với áp lực ngày càng gia tăng trong việc xử lý chất thải rắn sinh hoạt, xuất phát từ tốc độ đô thị hóa nhanh chóng. Theo Bộ Nông nghiệp và Môi trường, trong năm 2023, lượng chất thải rắn sinh hoạt phát sinh tại khu vực đô thị đạt trung bình khoảng 38.000 tấn/ngày, với tốc độ tăng khoảng 10% mỗi năm. Trong bối cảnh đó, công nghệ chôn lấp rác truyền thống ngày càng bộc lộ nhiều hạn chế, như tiêu tốn quỹ đất, gây ô nhiễm môi trường (mùi, đất, nguồn nước) và lãng phí tài nguyên. Trước thực trạng này, việc phát triển các nhà máy đốt rác phát điện (Waste-to-Energy - WTE) đang được xem là một giải pháp chiến lược, không chỉ nhằm giải quyết hiệu quả vấn đề rác thải đô thị, mà còn tạo ra nguồn năng lượng tái tạo, góp phần giảm ô nhiễm và thúc đẩy sử dụng tài nguyên một cách hiệu quả hơn. Tuy nhiên, để các dự án đốt rác phát điện có thể triển khai thành công, cần có sự hỗ trợ mạnh mẽ từ các cơ chế, chính sách. Đặc biệt là việc tháo gỡ các vướng mắc về thủ tục hành chính trong đầu tư, xác định giá bán điện, đơn giá xử lý rác, cũng như quy hoạch ổn định vùng nguyên liệu cho các nhà máy điện rác.

**Từ khóa:** Công nghệ điện rác Việt Nam, cơ hội, thách thức, cơ chế chính sách, thủ tục hành chính.

## ABSTRACT

Vietnam is facing increasing pressure in managing municipal solid waste due to rapid urbanization. According to the Ministry of Agriculture and Environment, in 2023, the average amount of municipal solid waste generated in urban areas reached 38,000 tons per day, with an annual growth rate of 10%. Traditional landfill technology is no longer suitable due to land consumption, odor pollution, soil and water contamination, and resource wastage.

In response to this situation, the development of Waste-to-Energy (WTE) plants is considered a strategic solution to address urban waste issues while generating renewable energy, contributing to environmental pollution reduction, and optimizing resource use. However, WTE projects require substantial policy support, including resolving administrative procedure bottlenecks in investment, determining electricity selling prices and waste treatment fees, and planning feedstock zones for waste-to-energy plants.

**Keywords:** Waste-to-energy technology, Vietnam, opportunities, challenges, policy mechanisms, administrative procedures.

## 1. BỐI CẢNH

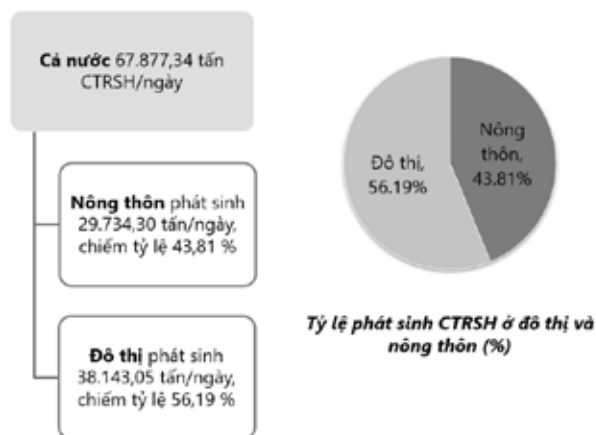
Theo số liệu thống kê của Cục Kiểm soát ô nhiễm (nay là Cục Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường) khối lượng chất thải rắn phát sinh trên toàn bộ Việt Nam khoảng 25 triệu tấn trong năm 2023 và khối lượng chất thải rắn sinh hoạt phát sinh 67.877 tấn/ngày; đô thị phát sinh 38.143 tấn/ngày, chiếm tỷ lệ 56,2 %; nông thôn phát sinh 29.734 tấn/ngày ~ 43,8%. Các số liệu này có thể được sơ đồ hóa như hình 1:

Khối lượng chất thải rắn phát sinh hàng ngày rất lớn như vậy đã tạo nên những khó khăn lớn không chỉ trong thu gom, vận chuyển mà cả trong xử lý. Cũng theo số liệu của Cục kiểm soát ô nhiễm môi trường năm 2023, số lượng các công nghệ xử lý trên toàn bộ Việt Nam được thống kê như sau:

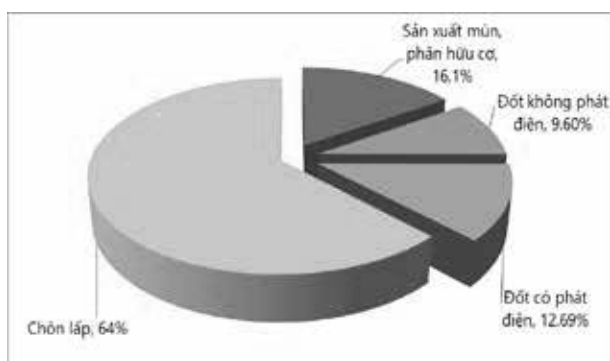
- Chôn lấp chiếm tỷ lệ 62,98%; - Đốt có phát điện chiếm tỷ lệ 10,09%; - Đốt không phát điện chiếm tỷ lệ 14,08%; - Mùn/phân



hữu cơ chiếm tỷ lệ 12,85%. Số lượng các loại hình công nghệ trên đây được sơ đồ hóa như Hình 2.



Hình 1. Sơ đồ khối lượng chất thải rắn sinh hoạt phát sinh ở đô thị và nông thôn [8]



Hình 2. Sơ đồ tổng hợp tỷ lệ các loại hình công nghệ xử lý chất thải rắn sinh hoạt [8]

Ghi chú: Số lượng lò đốt thống kê trên đây không kể đến các lò đốt chất thải bệnh viện, chất thải nguy hại.

Cho đến thời điểm hiện tại, nhiều địa phương không còn khả năng tiếp tục áp dụng phương pháp xử lý chất thải rắn sinh hoạt bằng chôn lấp do chiếm nhiều diện tích đất và tiềm ẩn rủi ro môi trường cao, đặc biệt là ô nhiễm mùi, ô nhiễm đất, nguồn nước mặt và nước ngầm. Hậu quả là nhiều địa phương đang tồn đọng hàng nghìn tấn chất thải rắn chưa được xử lý. Trong bối cảnh này, chôn lấp không còn là lựa chọn khả thi, và giải pháp xử lý bằng công nghệ đốt được xem là hướng đi duy nhất. Tuy nhiên, cần xác định rõ mục tiêu: đốt thuần túy để tiêu hủy, hay đốt nhằm thu hồi năng lượng? Nếu chỉ đốt để tiêu hủy mà không thu hồi năng lượng thì sẽ dẫn đến lãng phí tài nguyên. Bởi lẽ, một trong những nguyên tắc cốt lõi trong quản lý chất thải rắn hiện đại là coi chất thải như nguồn tài nguyên; việc xử lý và tái sử dụng chất thải phải hướng đến xây dựng một nền kinh tế tuần hoàn và phát triển xanh.

Mặt khác, các địa phương cần thực hiện lộ trình giảm thiểu tỷ lệ chôn lấp trực tiếp chất thải rắn sinh hoạt đô thị theo Quyết định 450/QĐ-TTg ngày 13/4/2022 của Thủ tướng Chính phủ quy định về tỷ lệ chất thải rắn sinh hoạt đô thị được xử lý bằng phương pháp chôn lấp trực tiếp trên tổng lượng chất thải thu gom được tính đến năm 2025 là dưới 30%, đến năm 2030 sẽ là dưới 10%. Chính vì lý do đó, khi các địa phương tiến hành đầu tư mới hoặc bắt đầu vận hành những cơ sở xử lý chất thải rắn sinh hoạt cần phải ưu tiên đầu tư vào công nghệ hiện đại, an toàn và thân thiện với môi trường.

## 2. THỰC TRẠNG VỀ CÔNG NGHỆ THIÊU ĐỐT CHẤT THẢI RẮN THU HỒI NĂNG LƯỢNG TẠI VIỆT NAM

### 2.1. Giới thiệu chung về công nghệ đốt chất thải rắn thu hồi năng lượng

a. Các khái niệm: Công nghệ đốt rác là quá trình chuyển đổi rác thành năng lượng thông qua quá trình đốt cháy. Khi rác được đốt cháy ở nhiệt độ cao, các chất hữu cơ trong rác sẽ phân hủy thành khí, chất rắn và chất lỏng, tạo ra nhiên liệu đốt. Năng lượng được tạo ra từ quá trình đốt cháy này có thể được sử dụng để sản xuất điện hoặc nhiên liệu cho công nghiệp.

Công nghệ đốt rác phát điện (Waste-to-Energy - WtE) là phương pháp chuyển đổi năng lượng từ rác thải thành điện năng thông qua quá trình xử lý rác thải bằng công nghệ đốt rác. Điện năng được tạo ra bằng cách sử dụng nhiệt độ cao được tạo ra trong quá trình đốt rác để biến nước thành hơi nước và sinh ra hơi nước này để đẩy một cặp bánh xe của máy phát điện tạo ra điện năng.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống đốt rác phát điện là dựa trên quá trình đốt cháy các thành phần hữu cơ trong rác tại nhiệt độ cao (thường từ 850÷1200°C), với sự hỗ trợ của khí oxy. Quá trình này giải phóng nhiệt lượng, được chuyển hóa thành hơi nước để chạy tua-bin phát điện, đồng thời giảm đến 90% thể tích và 70% khối lượng rác ban đầu. Sản phẩm chính sau quá trình đốt rác gồm: (i) Điện năng hoặc nhiệt năng; (ii) Tro đáy (bottom ash), chiếm khoảng 5÷7% khối lượng ban đầu; (iii) Tro bay (fly ash), khoảng 1÷2%; (iv) Khí thải, được xử lý nghiêm ngặt trước khi thải ra môi trường. Lưu ý thêm rằng tỷ lệ % tro xỉ tạo thành sau khi đốt phụ thuộc rất nhiều thành phần của rác đầu vào, chẳng hạn rác có được sơ loại trước khi đưa vào đốt hay không, thành phần cháy được và không cháy được có trong rác đầu vào hay không?

Các loại hình công nghệ lò đốt chất thải rắn sinh hoạt: Có ba công nghệ lò đốt chất thải được sử dụng nhiều nhất trong các nhà máy đốt chất thải phát điện hiện nay, đó là: Công nghệ lò đốt buồng lửa có ghi (stocker incinerators), công nghệ lò đốt thùng quay (Rotary Kiln incinerators) và công nghệ lò đốt tầng sôi (Fluidized Bed Incinerators) [2].

#### b. Các ưu điểm công nghệ đốt rác phát điện

Công nghệ đốt rác thu hồi năng lượng hay công nghệ điện rác có những ưu điểm nổi trội so với công nghệ chôn lấp hoặc các loại hình công nghệ xử lý chất thải rắn khác. Bao gồm các ưu điểm sau đây:

- Công nghệ xử lý chất thải rắn bằng thiêu đốt có khả năng giảm tới 90% thể tích và 70% khối lượng chất thải ban đầu.
- Giảm áp lực lên quỹ đất chôn lấp - một tài nguyên ngày càng khan hiếm, đặc biệt tại các đô thị lớn.
- Chuyển hóa năng lượng nhiệt từ rác thải thành điện năng đóng góp vào lưới điện quốc gia. Mỗi tấn rác có thể tạo ra từ 300 - 600 kWh điện, tùy công nghệ và thành phần cháy được (nhiệt trị) của rác cũng như độ ẩm của rác đầu vào.

Tại Việt Nam, một số nhà máy điển hình như: Nhà máy điện rác Sóc Sơn (Hà Nội): Công suất xử lý 4.000 tấn/ngày, tổng vốn đầu tư lên tới 7.000 tỷ đồng, phát điện 75 MWh, Nhà máy điện rác Cần Thơ có công suất xử lý 400 tấn/ngày; công suất phát điện 7,5MWh; vốn đầu tư 1.054 tỷ đồng

- Góp phần giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch, phù hợp mục tiêu giảm phát thải CO<sub>2</sub>.
- Tiết kiệm diện tích đất. Một nhà máy đốt rác có thể xử lý tương đương lượng rác của hàng trăm hecta bãi chôn lấp.
- Giảm áp lực tìm kiếm đất xây dựng bãi rác mới, một vấn đề nan giải tại các thành phố đông dân.

- Hạn chế phát thải khí nhà kính - quá trình chôn lấp hữu cơ sinh ra methane (CH<sub>4</sub>) - loại khí nhà kính mạnh hơn CO<sub>2</sub> tới 25 lần. Trong khi đó, lò đốt nếu vận hành tốt gần như loại bỏ hoàn toàn CH<sub>4</sub>, góp phần thực hiện mục tiêu Net-Zero và các cam kết quốc tế như COP26.

- Đốt rác giúp phân hủy chất hữu cơ nhanh, tránh hình thành  $CH_4$ .

- Có thể kết hợp thu hồi vật liệu thứ cấp - tro đáy có thể tái sử dụng làm cốt liệu xây dựng, vật liệu nền đường,... Đây là hướng đi quan trọng trong kinh tế tuần hoàn nhằm biến chất thải thành tài nguyên.

- Rút ngắn thời gian xử lý - một tấn rác để được xử lý chỉ trong vài giờ, trong khi chôn lấp kéo dài nhiều năm đến vài chục năm để phân hủy.

c. Các nhược điểm của giải pháp công nghệ xử lý rác bằng đốt rác phát điện

- Chi phí đầu tư và vận hành rất cao

+ Suất đầu tư trung bình cho 1 MW điện tại Việt Nam: 100÷130 tỷ đồng (~4÷5 triệu USD/MW); Tính theo công suất xử lý: 2÷3 tỷ đồng/tấn rác/ngày.

+ Chi phí vận hành cao, trung bình từ 20÷30 USD/tấn rác, chưa bao gồm khấu hao thiết bị xử lý khí thải độc hại.

- Nguy cơ phát sinh ô nhiễm thứ cấp, nếu không xử lý đúng chuẩn, khí thải từ lò đốt có thể chứa: Dioxin và furan - những chất cực độc; Khí acid ( $SO_2$ , HCl); Kim loại nặng trong tro bay. Hiện nay, việc giám sát phát thải dioxin/furan ở Việt Nam còn khó khăn do chi phí quan trắc cao và thiếu thiết bị chuyên dụng.

- Yêu cầu kỹ thuật cao, quản lý nghiêm ngặt. Để đảm bảo hiệu quả, hệ thống lò đốt cần: Kiểm soát nhiệt độ ổn định từ 850÷1100°C; Vận hành liên tục 24/7; Xử lý tro, khói, nước thải bằng nhiều công đoạn và kỹ thuật khác nhau; Đội ngũ kỹ thuật được đào tạo chuyên sâu.

## 2.2. Thực trạng về triển khai các dự án đốt rác thu hồi năng lượng

Trong bối cảnh như đã trình bày ở trên các địa phương không còn sự lựa chọn nào khác là đốt rác để tiêu hủy không thu hồi năng lượng hoặc đốt rác để tiêu hủy và thu hồi năng lượng. Nhiều địa phương (theo tên địa danh trước khi sáp nhập) đã áp dụng cả hai phương thức trên như tại Bắc Ninh, Ninh Bình, Thanh Hóa, Cần Thơ, TP.HCM, ...

Tại Hà Nội, dự án Nhà máy điện rác Sóc Sơn được UBND TP Hà Nội chấp thuận chủ trương từ cuối năm 2017, tổng đầu tư 7.000 tỷ đồng. Đây được xem là nhà máy đốt rác lớn nhất Việt Nam với công suất xử lý 4.000 tấn rác khô/ngày, công suất phát điện 75MWh, chủ đầu tư là Công ty Cổ phần Năng lượng Môi trường Thiên Ý. Nhà máy có 5 lò đốt với 3 tổ máy phát. Được triển khai theo 3 giai đoạn. Giai đoạn 1 có một lò đốt và một tổ máy vận hành với công suất xử lý đốt rác là 1.000 tấn/ngày đêm. Giai đoạn 2 và giai đoạn 3 tiếp tục có thêm 4 lò đốt và hai tổ máy phát điện, vận hành trong năm 2022.



Hình 3. Toàn cảnh Nhà máy điện rác Sóc Sơn TP Hà Nội [9]

Ngày 01/5/2025, tại Khu xử lý rác Xuân Sơn (Sơn Tây, TP Hà Nội), Nhà máy điện rác Seraphin bắt đầu tiếp nhận hơn 400 tấn rác để xử lý, đốt rác phát điện vận hành thử nghiệm. Dự án Nhà máy điện rác Seraphin do Công ty Cổ phần Công nghệ môi trường xanh

Seraphin (thuộc Tập đoàn Amacao) làm chủ đầu tư, vị trí tại Khu xử lý chất thải rắn Xuân Sơn, trên địa bàn khu vực Sơn Tây và Ba Vì. Dự án có công suất xử lý rác thải sinh hoạt 2.250 tấn/ngày đêm; nhà máy ứng dụng công nghệ đốt rác phát điện Martin của Cộng hòa Liên bang Đức công suất phát điện 37Mw. Tổng mức đầu tư của dự án trên 4,8 nghìn tỷ đồng.



Hình 4. Phòng điều hành trung tâm của Nhà máy điện rác Seraphin được trang bị công nghệ cao, công nghệ số hóa, tự động hóa tiên tiến [9]

Đến nay (2025), tỉnh Bắc Ninh đã đưa vào vận hành 3 nhà máy xử lý chất thải, bao gồm nhà máy công nghệ cao tại xã Ngũ Thái (thị xã Thuận Thành), nhà máy đốt rác phát điện tại xã An Thịnh (huyện Lương Tài) và khu liên hợp xử lý chất thải tại thị xã Quế Võ. Nhà máy điện rác Thăng Long được xây dựng trên diện tích 5ha, có khả năng xử lý 600 tấn rác mỗi ngày đêm và sản xuất 11MW. Tổng mức đầu tư cho dự án này lên tới 1.400 tỷ đồng, tương đương 58,3 triệu USD. Các nhà máy này đã góp phần đáng kể vào việc cải thiện tình hình xử lý rác thải trên địa bàn tỉnh.

Tại TP Huế, Dự án Nhà máy điện rác Phú Sơn được xây dựng vào tháng 11/2021 trên diện tích quy hoạch khoảng 11,234 ha (bao gồm bãi chôn lấp tro bay, trạm phát điện và các công trình phụ trợ khác) tại xã Phú Sơn, thị xã Hương Thủy, tỉnh Thừa Thiên Huế do Công ty TNHH Năng lượng môi trường EB (Thừa Thiên - Huế; thuộc tập đoàn Everbright Environment) làm chủ đầu tư, thời gian vận hành là 25 năm (bao gồm cả thời gian xây dựng).

Nhà máy được trang bị lò ghi cơ khí công suất 500 tấn/ngày và tổ máy phát điện tua bin hơi nước áp suất cao 12 MW. Hệ thống khí thải áp dụng "SNCR + khử axit bán khô + khử axit khô + Hệ thống phun than hoạt tính + Bộ lọc bụi túi vải", công suất xử lý nước rỉ rác là 250 tấn/ngày, sử dụng quy trình "tiền xử lý + IOC kỵ khí + hệ thống O/A + siêu lọc UF + lọc nano NF + thẩm thấu ngược RO + thẩm thấu ngược kiểu đĩa DTRO". Nhà máy vận hành theo mô hình nhà máy đốt rác - phát điện; sử dụng công nghệ đốt rác bằng lò ghi đa cấp, phát điện phù hợp với Quy chuẩn QCVN 61MT/2016/BTNMT, tiêu chuẩn khí thải đáp ứng theo tiêu chuẩn châu Âu.



Hình 5. Toàn cảnh Nhà máy điện rác Phú Sơn, TP Huế [9]

Tại Đà Nẵng, Sở Nông nghiệp và Môi trường TP Đà Nẵng đã có thông báo mời các nhà đầu tư đăng ký quan tâm dự án Nhà máy xử lý chất thải rắn sinh hoạt 1.000 tấn, theo phương thức PPP (đối tác công tư) tại Khu liên hợp xử lý chất thải rắn tại bãi rác Khánh Sơn. Dự án dự kiến khởi công trong giai đoạn 2025-2028 và vận hành liên tục trong vòng 25 năm (không bao gồm thời gian lập, thẩm định, phê duyệt báo cáo nghiên cứu khả thi, lựa chọn nhà đầu tư và thi công xây dựng). Tổng mức đầu tư sơ bộ của dự án vào hơn 2.777 tỷ đồng, toàn bộ nguồn vốn do nhà đầu tư và doanh nghiệp dự án PPP chịu trách nhiệm thu xếp. Việc thanh toán cho doanh nghiệp dự án PPP sẽ được cụ thể hóa sau khi hợp đồng dự án được phê duyệt. Thành phố cũng bố trí ngân sách để thanh toán cho nhà đầu tư cung cấp dịch vụ xử lý chất thải rắn sinh hoạt theo hợp đồng. Đơn giá xử lý dự kiến 19,5 USD/tấn (hơn 500.000 đồng/tấn, theo tỷ giá hiện hành), đã bao gồm thuế VAT, chi phí xử lý các chất thải thứ cấp phát sinh.

Dự án Nhà máy điện rác Vĩnh Tân, Bình Thuận (nay thuộc tỉnh Lâm Đồng), với công suất 600 tấn rác/ngày, công suất phát điện 30 MW; Dự án Nhà máy điện rác Phù Ninh, Phú Thọ, với công suất 500 tấn rác/ngày, công suất phát điện 25 MW.

Tại Cần Thơ, Nhà máy đốt rác phát điện Cần Thơ chính thức hoạt động từ tháng 12/2018, thuộc sở hữu của Tập đoàn China Everbright International (Trung Quốc). Theo đại diện Công ty TNHH Năng lượng Môi trường EB Cần Thơ (đơn vị đầu tư xây dựng và quản lý Nhà máy đốt rác phát điện Cần Thơ): Nhà máy có diện tích 5,3ha, lượng rác trung bình tiếp nhận mỗi ngày hơn 453 tấn (chiếm khoảng 70%) lượng rác sinh hoạt thải ra hằng ngày của TP Cần Thơ.

Tại TP.HCM, thống kê năm 2023, lượng rác thải sinh hoạt lên đến 9.800 tấn/ngày, trong những ngày cao điểm như Lễ, Tết, lượng rác thải tăng lên hơn 11.000 tấn/ngày. Trong khi đó, mục tiêu xử lý, tái chế rác thải kết hợp thu hồi năng lượng đạt 80% vào năm 2025 và 100% vào năm 2030 mà HĐND TP.HCM đặt ra, có thể coi là không đạt được. Hiện nay, Tập đoàn BCG Energy đang triển khai xây dựng Nhà máy điện rác tại Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Tây Bắc, Củ Chi với đoạn 1 có công suất xử lý rác là 2.000 tấn/ngày và công suất phát điện 70 MW, dự kiến hoàn thành cuối năm 2025. Giai đoạn 2 với công suất xử lý 5.200 tấn rác/ngày và công suất phát điện lên tới 130 MW dự kiến hoàn thành trong năm 2026. Trong khi đó, theo báo cáo kết quả thực hiện Nghị quyết số 98/2023/QH15 của Quốc hội về thí điểm một số cơ chế, chính sách đặc thù phát triển TP.HCM của UBND thành phố về chuyển đổi công nghệ xử lý chất thải rắn sinh hoạt có thu hồi năng lượng, tính đến cuối năm 2024 đã có 5 đơn vị đăng ký thực hiện chuyển đổi công nghệ đốt rác phát điện với 5 nhà máy gồm Công ty Cổ phần Vietstar, Công ty Cổ phần đầu tư Tâm Sinh Nghĩa, Công ty TNHH xử lý chất thải Việt Nam (VWS), Công ty Cổ phần Tasco, Công ty TNHH MTV môi trường đô thị TP.HCM (Citenco).

### 3. NHỮNG THUẬN LỢI VÀ KHÓ KHĂN, RÀO CẢN ĐỐI VỚI CÁC DỰ ÁN ĐỐT RÁC THU HỒI NĂNG LƯỢNG

#### 3.1. Những thuận lợi và tiềm năng cho các dự án đốt rác thu hồi năng lượng

Việc xử lý chất thải rắn sinh hoạt theo Điều 78 Luật Bảo vệ Môi trường 2020 đã quy định: “Nhà nước khuyến khích và có chính sách ưu đãi đối với tổ chức, cá nhân tham gia đầu tư và cung cấp dịch vụ xử lý chất thải rắn sinh hoạt; khuyến khích đồng xử lý chất thải rắn sinh hoạt”. Do vậy, việc đầu tư vào các dự án điện rác tại Việt Nam đang ngày càng thu hút sự quan tâm của cả nhà đầu tư trong nước và quốc tế, Cụ thể là nhờ vào những thuận lợi và tiềm năng như sau đây:

#### a. Chính sách ưu đãi đầu tư các dự án điện rác

- Chính sách hỗ trợ từ Nhà nước: Luật Điện lực 2024 và các thông tư như Thông tư 20/2024/TT-BCT của Bộ Công thương đã đưa ra cơ chế giá mua điện ưu đãi kéo dài 20 năm cho điện rác Chính phủ khuyến khích xử lý rác bằng công nghệ hiện đại, giảm chôn lấp, hướng tới phát triển bền vững và kinh tế tuần hoàn.

- Hạ tầng và công nghệ đang được cải thiện: Nhiều nhà máy điện rác đã đi vào hoạt động như Sóc Sơn (Hà Nội), Vĩnh Tân (Bình Thuận nay thuộc tỉnh Lâm Đồng), Phù Ninh (Phú Thọ)... với công suất xử lý hàng nghìn tấn rác/ngày.

- Quan tâm mạnh mẽ từ nhà đầu tư quốc tế: Các tập đoàn lớn từ Trung Quốc, Đức, Đài Loan... đã và đang đầu tư vào các dự án điện rác tại Việt Nam, như Everbright Environment, Thiên Doanh, Asia New Generation.

- Điện rác thuộc lĩnh vực ưu đãi đầu tư theo quy định pháp luật Việt Nam, được hưởng các chính sách như: (i) Miễn, giảm thuế thu nhập doanh nghiệp; (ii) Miễn thuế nhập khẩu đối với thiết bị, công nghệ xử lý rác hiện đại; (iii) Hỗ trợ tiếp cận đất đai, giảm tiền thuê đất trong thời gian đầu tư.

#### b. Ưu đãi về giá điện

- Cơ chế giá điện FIT (Feed-in Tariff) cho điện rác đã được ban hành, đảm bảo mức giá mua điện ổn định trong 20 năm.

- Quyết định số 1251/QĐ-BCT ngày 06/5/2025 của Bộ Công Thương về việc phê duyệt khung giá phát điện nhà máy điện chất thải năm 2025. Theo đó, mức giá tối đa của khung giá phát điện năm 2025 áp dụng cho loại hình nhà máy điện rác (chất thải rắn) quy định tại điểm a khoản 2 Điều 1 Thông tư số 09/2025/TT-BCT ngày 01/02/2025 của Bộ trưởng Bộ Công Thương quy định hồ sơ, trình tự, thủ tục, phương pháp xác định, phê duyệt khung giá phát điện; quy định hồ sơ, trình tự, thủ tục xây dựng, phê duyệt khung giá nhập khẩu điện là 2.575,18 đồng/kWh (chưa bao gồm thuế giá trị gia tăng). Mức giá này thay thế mức giá cố định 10,05 cent Mỹ/kWh từng được quy định tại Quyết định 31/2014/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ từ năm 2014.

Việc điều chỉnh khung giá điện và cập nhật Quy hoạch điện VIII đã đưa điện rác vào danh mục các loại hình cần ưu tiên phát triển. Bởi lẽ, bên cạnh việc tạo ra nguồn năng lượng tái tạo, điện rác còn góp phần giải quyết bài toán ô nhiễm môi trường đô thị, một vấn đề đang ngày càng trở nên bức xúc tại nhiều địa phương.

#### c. Hình thức đầu tư linh hoạt

Có thể triển khai dự án điện rác theo các hình thức:

- Đấu thầu lựa chọn nhà đầu tư: Đối tác công tư (PPP),
- Chuyển đổi công nghệ với các dự án xử lý rác hiện có.

#### d. Tiềm năng phát triển

- Nguồn rác thải dồi dào và tăng nhanh: Việt Nam phát sinh hàng triệu tấn rác thải sinh hoạt mỗi năm, đặc biệt tại các đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng... Đây là nguồn nguyên liệu ổn định cho các nhà máy điện rác.

- Giải quyết đồng thời vấn đề môi trường và năng lượng: Điện rác giúp giảm lượng rác chôn lấp, giảm phát thải khí nhà kính, đồng thời tạo ra nguồn điện tái tạo.

- Thị trường rộng mở: Với hơn 20 dự án điện rác đang được triển khai hoặc vận hành, tiềm năng mở rộng là rất lớn, đặc biệt tại các tỉnh thành chưa có nhà máy xử lý hiện đại.

- Công nghệ tiên tiến: Các công nghệ như nhiệt phân, khí hóa... đang được áp dụng, giúp xử lý rác không cần phân loại, giảm khí thải độc hại.

- Hướng tới mục tiêu phát triển xanh: Điện rác là một phần trong chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh, giúp Việt Nam đạt các cam kết về môi trường và năng lượng tái tạo.

### 3.2. Những khó khăn và rào cản đối với những dự án điện rác

Dù có tiềm năng lớn, các dự án điện rác tại Việt Nam vẫn đang đối mặt với nhiều khó khăn và rào cản, khiến quá trình triển khai bị chậm hoặc đình trệ. Dưới đây là tổng hợp những thách thức chính:

#### a. Rào cản pháp lý và thủ tục hành chính

- Thiếu hành lang pháp lý rõ ràng: Hiện chưa có cơ chế riêng cho việc lựa chọn nhà đầu tư và ký kết hợp đồng dịch vụ xử lý chất thải rắn sinh hoạt, vốn là đặc thù của điện rác.

- Quy trình đầu thầu phức tạp: Nhiều dự án bị hủy do quy trình đầu thầu kéo dài hoặc không thể thực hiện theo hình thức đặt hàng do chưa đủ cơ sở pháp lý.

- Chưa phân cấp đủ cho địa phương: Việc phê duyệt dự án, cấp phép môi trường, xây dựng... vẫn phụ thuộc nhiều vào Trung ương, gây chậm trễ.

- Sự phức tạp trong các thủ tục hành chính là một trong những nguyên nhân chính khiến các dự án điện rác kéo dài từ 5-8 năm hoặc lâu hơn. Có thể nêu ra đây một vài ví dụ điển hình:

Tại TP.HCM, mặc dù áp lực xử lý rác thải sinh hoạt là rất lớn, các dự án điện rác do Tâm Sinh Nghĩa, Vietstar, Tasco... đầu tư đều bị kéo dài tiến độ đáng kể so với kế hoạch ban đầu, chủ yếu do vướng mắc trong thủ tục đầu tư và phê duyệt. Tương tự, tại TP Đà Nẵng, bãi rác Khánh Sơn đang trong tình trạng quá tải nghiêm trọng, nhu cầu xây dựng một nhà máy điện rác là cấp thiết. Tuy nhiên, dù đã mời gọi các nhà đầu tư trong nhiều năm, đến nay thành phố vẫn chưa ký kết được dự án nào. Nhà máy điện rác Phú Thọ tại xã Trạm Thôn đã kéo dài suốt 8 năm nhưng vẫn chưa hoàn thành xây dựng. Tại Thanh Hóa, dự án điện rác Bim Sơn đã xin gia hạn nhiều lần trong 7 năm qua, song vẫn

chưa thể đưa vào vận hành. Riêng tại Hà Nội, đa số các dự án điện rác đều chậm tiến độ, trong đó điển hình là Dự án xử lý rác thải Đông Anh, được đầu tư xây dựng tại xã Việt Hùng, huyện Đông Anh. Dự án này hướng đến xử lý rác thải sinh hoạt, công nghiệp, y tế và các loại rác thải khác bằng công nghệ đốt plasma, một công nghệ tiên tiến, nhưng cũng đòi hỏi nguồn lực lớn và năng lực kỹ thuật cao. Nhà máy có công suất 500 tấn/ngày-đêm, tổng mức đầu tư 768,438 tỉ đồng. Mặc dù đã được triển khai từ năm 2011, nhưng đến nay, dự án vẫn chưa hoàn thành, gây lãng phí tài nguyên đất đai và vốn đầu tư. ...

Tuy nhiên, cũng cần lưu ý thêm rằng việc kéo dài thời gian của các dự án điện rác không chỉ vì các lý do như đã kể trên mà còn phải kể đến các lý do khác từ phía nhà đầu tư như năng lực tài chính, khả năng về công nghệ, trình độ chuyên môn quản lý của doanh nghiệp .... và các nguyên nhân khác.

#### b. Chi phí đầu tư cao

- Chi phí xây dựng nhà máy điện rác rất lớn, đặc biệt là hệ thống xử lý khí thải, nước rỉ rác, tro bay... khiến thời gian hoàn vốn kéo dài.

- Khó tiếp cận vốn vay ưu đãi: Do chưa có cơ chế tín dụng xanh rõ ràng cho điện rác, nhiều doanh nghiệp gặp khó khăn trong huy động vốn.

- Chi phí về quan trắc môi trường. Nhiều chuyên gia môi trường cho biết, việc đo giám sát tổng dioxin/furan có thể phát sinh từ lò đốt rác ở Việt Nam hiện nay rất khó khăn do thiếu trang thiết bị và đắt đỏ (khoảng 23 triệu đồng/mẫu khí thải với điều kiện quan trắc nhiều mẫu cùng lúc và thường xuyên); đa số nơi chỉ định kỳ đo 1 năm/lần.

Sau đây là tổng hợp ý kiến của các chuyên gia về thủ tục hành chính liên quan đến các dự án đầu tư phát triển điện rác.

| Khía cạnh                          | Vấn đề rào cản chính                                                                                                      | Hệ quả                                                                                  |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Quy hoạch điện                     | Dự án phải nằm trong Quy hoạch điện. Trước tháng 12/2024 chưa có cơ sở triển khai do chưa có quy hoạch điện VIII bổ sung. | Không có trong quy hoạch → không được cấp chủ trương đầu tư → đình trệ toàn bộ thủ tục. |
| Quy hoạch chống chéo               | Bất đồng giữa quy hoạch đất đai, môi trường, xây dựng, điện... gây cản trở triển khai.                                    | Quy trình kéo dài, thiếu đồng bộ, phải điều chỉnh liên tục.                             |
| Thủ tục quy hoạch chi tiết 1/500   | Mất 6 tháng - 2 năm (do lấy ý kiến cộng đồng 2 vòng, mỗi vòng 40 ngày).                                                   | Chậm tiến độ toàn dự án.                                                                |
| Đánh giá tác động môi trường (ĐTM) | Mất thêm 6 tháng - 1 năm sau quy hoạch chi tiết.                                                                          | Thêm chậm trễ, kéo dài thời gian hoàn tất hồ sơ kỹ thuật.                               |
| Chi phối bởi nhiều luật            | Bị ràng buộc bởi Luật Môi trường, Đất đai, Đầu tư công, Đầu tư, Xây dựng, Quy hoạch, Điện lực, Ngân sách...               | Thủ tục phức tạp, chống chéo, không rõ đầu mối xử lý.                                   |
| Quy chuẩn, tiêu chuẩn lỗi thời     | Không phù hợp công nghệ mới (đốt rác hiện đại, khí thải chuẩn EU); QCVN 07-9:2023 không còn phù hợp về lò đốt.            | Gây khó khăn khi thẩm định thiết kế, công nghệ, yêu cầu điều chỉnh quy chuẩn.           |
| Phân cấp thẩm quyền chưa rõ        | Địa phương duyệt đầu tư, nhưng trung ương quản lý môi trường, xây dựng...                                                 | Gây chống chéo, mâu thuẫn trách nhiệm, kéo dài thời gian xử lý hồ sơ.                   |
| Thủ tục kén cho điện rác           | Phải thực hiện đủ thủ tục của nhà máy điện + nhà máy xử lý môi trường.                                                    | Thời gian kéo dài gấp 1.5-2 lần so với điện than/nhiệt điện.                            |
| Thỏa thuận đặc thù phức tạp        | Nhiều thủ tục: tỉnh không (Bộ Quốc phòng), cấp nước/xả thải (Sở NN&MT), đấu nối điện, đào đường...                        | Mất nhiều thời gian, phụ thuộc nhiều cơ quan.                                           |
| Dự án thành phần phụ trợ           | Đường dây điện, trạm bơm, cấp nước làm mát... mỗi phần phải có thủ tục riêng: quy hoạch 1/500, ĐTM, thẩm định, cấp phép.  | Dự án chính bị kéo dài theo từng dự án phụ.                                             |
| Thủ tục lựa chọn nhà đầu tư        | Phải qua 2 vòng: chọn nhà đầu tư dự án và chọn đơn vị xử lý rác (đầu thầu/đặt hàng).                                      | Kéo dài, gây tâm lý ngại đầu tư, không chắc chắn về đầu ra.                             |
| Đặc thù cung cầu rủi ro            | Địa phương là nơi cung cấp rác và trả phí xử lý nhưng vẫn phải đầu thầu nguồn rác.                                        | Nhà đầu tư lo ngại không có vùng nguyên liệu ổn định, rủi ro cao, không dám đầu tư lớn. |
| Thiếu hợp đồng dịch vụ dài hạn     | UBND tỉnh không cam kết khối lượng rác và giá xử lý → không thể vay vốn, triển khai.                                      | Dự án không khả thi về tài chính, không được ngân hàng tài trợ.                         |



Hiện nay, suất đầu tư cho nhà máy điện rác tại Việt Nam dao động khá lớn tùy theo quy mô, công nghệ sử dụng, địa điểm triển khai và đặc tính của rác thải. Các yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến suất đầu tư gồm: Công nghệ đốt (RDF, plasma, lò ghi ...), hệ thống xử lý khí thải, mức độ tự động hóa, vị trí địa lý và chi phí giải phóng mặt bằng .... Dựa theo công bố của một số dự án nhà máy điện rác như Nhà máy điện rác Thăng Long (Bắc Ninh), điện rác Củ Chi (TP.HCM) - BCG Energy, điện rác Tâm Sinh Nghĩa (TP.HCM) .... thì suất đầu tư trung bình cho nhà máy điện rác tại Việt Nam hiện nay thường nằm trong khoảng: 100-130 tỷ đồng/MW điện, 2÷3 tỷ đồng/tấn rác/ngày.

#### c. Công nghệ và kỹ thuật

- Yêu cầu công nghệ cao: Điện rác đòi hỏi công nghệ hiện đại để xử lý triệt để rác hỗn hợp mà không cần phân loại, đồng thời đảm bảo tiêu chuẩn môi trường, đặc biệt trong xử lý khí thải của nhà máy.

- Hiệu suất chuyển đổi năng lượng còn thấp: Dù tiên tiến, hiệu suất điện rác hiện chỉ đạt khoảng 25÷30%, thấp hơn so với các nguồn năng lượng khác.

#### d. Vấn đề về nguồn rác và phân loại

- Rác thải chưa được phân loại tại nguồn: Điều này làm tăng chi phí xử lý và ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành nhà máy.

- Chất lượng rác không ổn định: Thành phần rác thay đổi theo mùa, khu vực... gây khó khăn cho thiết kế và vận hành công nghệ. Đặc biệt rác có độ ẩm lớn, tỷ lệ nhiệt trị thấp điều này ảnh hưởng đến khả năng sinh nhiệt, công suất phát điện.

#### e. Thiếu cơ chế đảm bảo đầu ra

- Chưa có cam kết dài hạn về lượng rác cung cấp từ phía địa phương, khiến nhà đầu tư lo ngại về tính ổn định của nguyên liệu đầu vào.

- Giá mua điện chưa hấp dẫn: Mức giá FIT theo Quyết định số 1251/QĐ-BCT ngày 6/5/2025 của Bộ Công Thương về việc phê duyệt khung giá phát điện nhà máy điện chất thải năm 2025 hiện hành chưa đủ để đảm bảo lợi nhuận cho nhà đầu tư, nhất là với chi phí vận hành cao, (theo các chuyên gia tại Trung Quốc, mức giá 6 nhân dân tệ/kWh tương đương 10,05 UScents/kWh được ban hành từ những năm 1980, đến nay đã hơn 40 năm vẫn ổn định theo giá FIT, không thay đổi. Nhờ vậy, Trung Quốc trong 40 năm qua đã giải quyết được cơ bản vấn đề môi trường trong xử lý rác thải sinh hoạt và đã đầu tư được hơn 1.500 nhà máy đốt rác phát điện trên toàn quốc)

- Để các dự án điện rác đạt được điểm hòa vốn và vận hành hiệu quả, cần có chính sách giá điện hỗ trợ kết hợp với cơ chế ưu đãi về giá xử lý rác thải.

### 4. KẾT LUẬN

Giải pháp công nghệ thiêu đốt chất thải rắn thu hồi năng lượng hay công nghệ điện rác là lựa chọn tối ưu trong giai đoạn hiện nay, khi mà các loại hình công nghệ xử lý khác không đạt hiệu quả hoặc đạt hiệu quả thấp cả về kinh tế lẫn môi trường. Giải pháp công nghệ đốt rác phát điện phù hợp với việc coi rác là tài nguyên, thực hiện nền kinh tế tuần hoàn, kinh tế xanh. Đầu tư phát triển công nghệ điện rác cũng là xu thế phổ biến hiện nay ở các nước trên thế giới. Tại Việt Nam, tiềm năng phát triển các dự án đốt rác phát điện là rất lớn nhờ vào khối lượng chất thải rắn sinh hoạt ổn định, có xu hướng gia tăng hàng năm, cùng với chính sách ưu tiên từ Nhà nước đối với lĩnh vực xử lý chất thải rắn nói chung và công nghệ điện rác nói riêng. Tuy nhiên, trên thực tế, việc triển khai các dự án điện rác vẫn còn gặp nhiều rào cản, đặc biệt là những vướng mắc liên quan đến cơ chế chính sách và thủ tục hành chính, như đã được nhóm tác giả phân tích ở phần trên.

Sau đây, nhóm tác giả xin đúc kết một số khuyến nghị chính nhằm tháo gỡ những trở ngại này và thúc đẩy phát triển công nghệ điện rác tại Việt Nam:

- Nhiều chính sách ưu đãi trong lĩnh vực điện rác còn phân tán, thiếu cụ thể nên khó thực hiện tại các địa phương như đầu nối vào lưới điện, quy trình miễn giảm thuế đất, thuế thu nhập doanh nghiệp, vay vốn ưu đãi ....

- Bổ sung các điều kiện chi tiết về áp dụng hình thức đặt hàng, thời điểm và thời hạn đặt hàng, các nguyên tắc về điều chỉnh giá dịch vụ xử lý chất thải rắn sinh hoạt ... áp dụng riêng cho dự án điện rác.

- Ban hành cơ chế đặc thù và văn bản quy phạm quy định về các hình thức mà cơ quan quản lý địa phương có thể cam kết về việc cung cấp khối lượng rác đầu vào cho các dự án điện rác đã được phê duyệt phù hợp với các quy định có liên quan.

Ban hành danh mục kỹ thuật hiện có tốt nhất và xây dựng hướng dẫn về xử lý tro đáy, tro bay của lò đốt chất thải;

Phân cấp cho địa phương thực hiện thủ tục hành chính trong lĩnh vực xây dựng và môi trường; thiết kế lại Bảng danh mục dự án điện rác trong Kế hoạch thực hiện Quy hoạch điện VIII theo hướng mới, không phần bổ trước công suất cho từng địa phương...

- Rà soát và hoàn thiện quy hoạch quản lý chất thải ở cấp tỉnh, vùng và liên vùng, nhằm phân bổ hợp lý các cơ sở xử lý và đảm bảo luồng thu gom, vận chuyển rác đến các khu xử lý tập trung. Điều này đảm bảo các dự án điện rác được phân bổ đúng trong quy hoạch tổng thể và phù hợp với quy hoạch quản lý chất thải rắn sinh hoạt, bài toán về đảm bảo đầu vào cho nhà máy sẽ được giải quyết bền vững.

- Rà soát lại các văn bản liên quan đến công nghệ điện rác để điều chỉnh cho phù hợp với mô hình cơ cấu tổ chức chính quyền địa phương theo 2 cấp được thực hiện từ 1/7/2025.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Chính trị (2024), Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 về Đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số Quốc gia. Hà Nội.
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2020). Luật số 72/2020/QH14, Luật Bảo vệ môi trường. Hà Nội.
- [3]. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2021. Một số công nghệ lò đốt chất thải rắn phát điện Trung tâm Thông kê dữ liệu và Phân tích sáng chế, Viện Nghiên cứu sáng chế và Khai thác công nghệ.
- [4]. Chính phủ (2022), Nghị định 08/2022/NĐ-CP Quy định chi tiết một số điều của Luật Bảo vệ môi trường số 72/2020/QH14, Hà Nội.
- [5]. Phạm Ngọc Đăng & Trần Thị Minh Nguyệt. (2024). Kinh nghiệm đốt rác phát điện trên thế giới và đề xuất giải pháp cho Việt Nam. Tạp chí Môi trường, số 8/2024.
- [6]. Cao Tiến Phú và cộng sự. (2022). Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu sử dụng tro, xỉ của lò đốt chất thải rắn sinh hoạt làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng
- [7]. Nguyễn Quang. (2018). Quản lý chất thải rắn: Vấn đề nóng của đô thị Việt Nam. Tạp chí Nhịp cầu và Đầu tư
- [8]. Dương Thị Thanh Xuyên (2024). Công tác quản lý chất thải rắn sinh hoạt theo Luật Bảo vệ Môi trường năm 2020. Hội thảo khoa học: Công nghệ thu gom, phân loại, vận chuyển và xử lý chất thải rắn sinh hoạt hướng tới phát triển xanh. TP.HCM tháng 11/2024.
- [9]. Thông tin, hình ảnh trên báo: Kinh tế Sài Gòn online, Lao động, Dân trí, Công Thương, Xây dựng, mạng Internet.

# Nghiên cứu ứng dụng giải pháp tunnel thấm ngầm nước xuống lòng đất nhằm cải thiện và bổ cập nước ngầm trong các khu vực đô thị Việt Nam

Research on the application of underground water infiltration tunnel solutions to improve and replenish groundwater in urban areas of Vietnam

> THS NGUYỄN THẾ LỮ

Ban Quản lý các Dự án đầu tư cơ sở hạ tầng ưu tiên TP Đà Nẵng

Email: nguyenthelu1@gmail.com

## TÓM TẮT

Tại Việt Nam hiện nay, tình trạng suy giảm mực nước ngầm ở các đô thị đang trở thành vấn đề nghiêm trọng, do tốc độ đô thị hóa cao, bê tông hóa bề mặt đất và khai thác nước ngầm quá mức. Điều này dẫn đến nhiều hệ lụy như sụt lún đất, ô nhiễm nguồn nước và giảm khả năng chống chịu thiên tai. Bài báo nghiên cứu và đề xuất giải pháp ứng dụng tunnel thấm ngầm là một dạng công trình ngầm có khả năng thu gom, thấm lọc và bổ sung nước mưa vào tầng chứa nước ngầm, nhằm cải thiện mực nước ngầm tại các đô thị.

Để đánh giá hiệu quả và tính khả thi của ứng dụng tunnel thấm ngầm trong cải tạo mực nước ngầm tại đô thị, cần phương pháp nghiên cứu kết hợp: Khảo sát thu thập dữ liệu, nghiên cứu tài liệu, dự báo, mô phỏng và tính toán kỹ thuật, đánh giá hiệu quả kinh tế - môi trường... Nghiên cứu hướng đến việc cải thiện đáng kể khả năng bổ cập nước ngầm tại các đô thị được triển khai. Góp phần giảm nguy cơ ngập úng cục bộ do tăng khả năng thấm nước tự nhiên, ổn định nền đất, hạn chế sụt lún đô thị, đồng thời mở ra hướng tiếp cận mới trong quy hoạch hạ tầng kỹ thuật ngầm theo hướng bền vững và thích ứng với biến đổi khí hậu.

**Từ khóa:** Smart tunnel, tunnel thấm ngầm.

## ABSTRACT

In Vietnam today, the decline in groundwater levels in urban areas is becoming a serious problem, due to high urbanization rates, concreting of land surfaces and excessive exploitation of groundwater. This leads to many consequences such as land subsidence, water pollution, and reduced resilience to natural disasters. The research topic and proposed solution for applying Infiltration Tunnel is a type of underground structure that can collect, filter and add rainwater to the underground aquifer, to improve groundwater levels in urban areas.

To evaluate the effectiveness and feasibility of applying Infiltration Tunnel in improving urban groundwater levels, a combined research method is required: Document research, field investigation and survey, simulation and technical calculation, economic and environmental efficiency assessment, etc.

The research aims to significantly improve groundwater recharge in urban areas. Reduce the risk of local flooding due to increased natural water permeability. Contribute to stabilizing the ground and limiting urban subsidence. Open up a new approach to planning underground technical infrastructure in a sustainable and climate change-adaptive direction.

**Keywords:** Smart tunnel, Permeable tunnel.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

### 1.1. Giới thiệu

Hiện nay, quá trình đô thị hóa nhanh chóng tại các đô thị ở Việt Nam và trên thế giới đang gây ra nhiều hệ lụy đối với tài nguyên nước ngầm, một nguồn tài nguyên quan trọng phục vụ cho sinh hoạt, sản xuất và cân bằng sinh thái đô thị. Một số vấn đề phát sinh

trong đô thị bao gồm: suy giảm nghiêm trọng mực nước ngầm, gia tăng hiện tượng sụt lún đất và sạt lở nền móng, giảm khả năng tiêu thoát nước, và thiếu các giải pháp tái tạo nước ngầm. Trước những vấn đề này, việc nghiên cứu và ứng dụng giải pháp tunnel thấm ngầm, một mô hình công trình ngầm đa chức năng có khả năng thu gom, xử lý và dẫn truyền nước mưa vào tầng chứa nước,

được xem là một hướng đi mới đầy tiềm năng trong việc khôi phục và cải thiện mực nước ngầm tại các đô thị. [1]

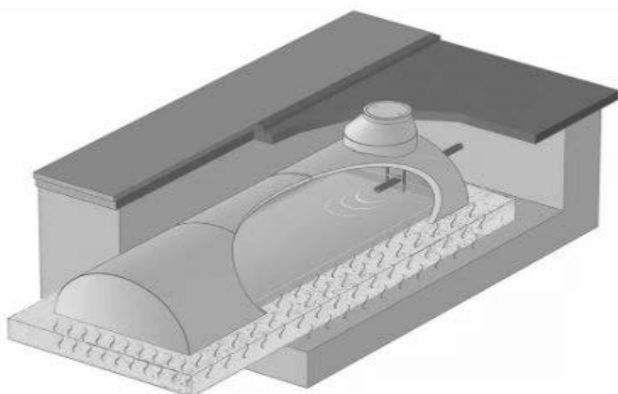
Trong bối cảnh hiện nay tại các đô thị lớn của Việt Nam như Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng..., quá trình bê tông hóa bề mặt đang làm giảm khả năng thấm nước tự nhiên; tình trạng ngập úng cục bộ ngày càng gia tăng; mực nước ngầm suy giảm dẫn đến hiện tượng sụt lún đất; đồng thời, biến đổi khí hậu làm tăng tần suất các đợt mưa cực đoan. Từ thực trạng đó, việc nghiên cứu và ứng dụng các giải pháp hạ tầng mềm, xanh, thông minh và linh hoạt trở nên cấp thiết, nhằm hướng tới phát triển đô thị bền vững trong tương lai. [2]

## 1.2. Tổng quan

### 1.2.1. Tổng quan về các công trình nghiên cứu quốc tế

#### a) Tunnel thấm nước mưa ở các khu đô thị - Đức

Thiết kế và xây dựng: Hệ thống tunnel modular được đặt ngay dưới lòng đường, vỉa hè hoặc bãi đậu xe. Có thể mở rộng dài theo tuyến, định vị linh hoạt. Quy trình vận hành: Nước chảy vào tunnel sau khi lọc sơ qua bề mặt cứng, giữ lại cặn bẩn, sau đó ngấm dần qua đá rỗng và đất nền. Kiểm soát và bảo trì: ít phải vệ sinh thường xuyên, chủ yếu duy trì bộ lọc. Hiệu quả thực tế: hệ thống đã giúp ổn định và cải thiện mực nước ngầm, hỗ trợ cung cấp nước sạch và giảm thiểu ngập lụt.



Hình 1. Hệ thống tunnel modular

Hệ thống tunnel thấm nước mưa tại Đức là một phần quan trọng và hiệu quả của giải pháp quản lý nước đô thị hiện đại: vừa chống ngập úng, vừa bổ sung mực nước ngầm, vừa cải thiện chất lượng nước và môi trường. [3]

#### b) Các giải pháp công trình thấm nước xuống lòng đất trong đô thị tại Hà Lan

Hà Lan là một trong những quốc gia có nhiều kinh nghiệm nhất trong việc quản lý nước và chống ngập lụt, do khoảng 1/3 diện tích lãnh thổ nằm dưới mực nước biển. Các giải pháp của quốc gia này mang tính toàn diện, bao gồm cả các công trình quy mô lớn và các biện pháp quản lý đô thị hiệu quả. Trong các khu vực đô thị, Hà Lan tập trung vào việc quản lý nước mưa ngay tại chỗ và cho phép nước thấm dần vào lòng đất, giảm tải cho hệ thống thoát nước truyền thống. Các giải pháp nổi bật nhất của Hà Lan: Vườn mưa, vỉa hè và bề mặt thấm nước, hồ điều hòa và kênh thoát nước tự nhiên...

Tại Hà Lan, việc triển khai các giải pháp quản lý nước trong thực tế vẫn đang đối mặt với nhiều hạn chế và thách thức, như: không gian ngầm bị giới hạn, mực nước ngầm cao tiềm ẩn nguy cơ quá tải hệ thống; chất lượng nước mặt ảnh hưởng đến nguy cơ ô nhiễm đất; chi phí đầu tư và bảo trì cao; khó khăn trong việc tích hợp với quy hoạch đô thị cũ.

Việc đánh giá khả năng áp dụng mô hình tunnel thấm nước xuống lòng đất trong đô thị vào Việt Nam là một nghiên cứu có

tính thực tiễn cao, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đô thị hóa nhanh và gia tăng các hiện tượng ngập úng tại các thành phố lớn ở Việt Nam. [4] [5]



Hình 2. Kênh thoát nước tự nhiên trong đô thị Hà Lan

### 1.2.2. Tổng quan các đô thị tại Việt Nam

Thực trạng các vấn đề liên quan đến nước ngầm các đô thị Việt Nam hiện nay gặp phải như TP Hà Nội, tại khu vực nội thành mực nước ngầm đã giảm 5 - 10 m trong 20 năm qua, một số giếng khoan ở quận Cầu Giấy từng có mực nước ở độ sâu 15 - 20 m, nay đã tụt xuống trên 30 m, sụt lún cục bộ xảy ra ở nhiều khu vực do khai thác nước ngầm kết hợp với nền đất yếu. Đối với TP.HCM theo số liệu của Sở TN&MT TP.HCM (2022), có tới hơn 80% nước sinh hoạt ở các quận ngoại thành đến từ nguồn nước ngầm. Mực nước ngầm giảm trung bình 1 - 1,5 m/năm tại các khu vực đang có hiện tượng sụt lún nền đất từ 0,5 - 1,5 cm/năm ở nhiều nơi và một phần do khai thác nước ngầm quá mức. Ngoài ra, đối với các tỉnh, thành thuộc ĐBSCL phụ thuộc đến 90% vào nguồn nước ngầm do ô nhiễm nguồn nước mặt và xâm nhập mặn, nhiều khu vực ghi nhận tụt mực nước ngầm từ 10 - 25 m trong 10 năm, sụt lún nền đất diễn ra trên diện rộng có nơi đạt tới 2,5 - 3 cm/năm. [17]

Việt Nam hiện nay đã có một số công trình ngầm như hầm giao thông, đường metro, và tunnel kỹ thuật, nhưng tất cả đều không kết hợp chức năng thấm nước ngầm như giải pháp ở châu Âu hay Mỹ. Các ứng dụng hiện tại tập trung vào đường metro Thủ Thiêm, hệ thống đường hầm Tô Lịch để xuất, và hạ ngầm hạ tầng kỹ thuật đô thị, nhưng không có chức năng thu lưu và thấm nước mưa xuống đất; [6] [7]



Hình 3. Giải pháp đường hầm Tô Lịch để xuất TP Hà Nội



Hình 4. Đường hầm Thủ Thiêm TP.HCM hiện nay

Hiện chưa có giải pháp tunnel chuyên dụng thấm nước ngầm ở đô thị tại Việt Nam. Tuy nhiên, với xu hướng hạ tầng xanh, chống ngập đô thị và phát triển không gian ngầm đa chức năng, mô hình này hoàn toàn có khả năng áp dụng trong tương lai.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng và vật liệu cần nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu phù hợp để ứng dụng giải pháp tunnel thấm nước xuống lòng đất trong điều kiện đô thị vùng đồng bằng, vùng biển, vùng đồi núi tại Việt Nam.

Các vật liệu cần nghiên cứu khi ứng dụng giải pháp tunnel thấm nước xuống lòng đất trong đô thị tại Việt Nam: Vật liệu kết cấu module tunnel (nhựa tái chế, bê tông rỗng, geopolimer); Vật liệu lọc nước sơ cấp và lớp đệm. [8]



Hình 5. Bê tông rỗng

### 2.2. Cơ sở khoa học và khái niệm về các phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Cơ sở khoa học [18]

- Cơ sở thủy học và địa chất thủy văn: Để cập đến các lĩnh vực khoa học kỹ thuật về nguyên lý tái nạp tầng chứa nước, mô hình cân bằng thủy văn đô thị, đặc tính địa chất - thủy văn;

- Cơ sở về kỹ thuật công trình xây dựng và về công nghệ tái nạp nước ngầm: các cơ sở để thiết kế tunnel, các công nghệ xử lý trước khi thấm như về kỹ thuật lọc sinh học, hệ thống lọc tầng, bể lắng;

- Cơ sở về mô hình hóa và giám sát thông minh: cụ thể về mô hình số mô phỏng quá trình nạp lại nước ngầm như phần mềm SWMM, MODFLOW, MIKE SHE, HEC-HMS... Hệ thống quan trắc mực nước ngầm;

- Cơ sở đô thị học và nguyên lý về hạ tầng xanh: hướng đến các cơ sở đô thị thấm (tích hợp công nghệ thấm nước qua đường hầm, bể ngầm và vật liệu thấm) kết hợp hạ tầng xanh;

- Cơ sở về chính sách và quản lý nguồn nước đô thị từ các khung chính sách và khuyến nghị từ tổ chức quốc tế như: World Bank, UNESCO-IHP... tại Việt Nam trên cơ sở quy hoạch Tài nguyên nước Quốc gia.

#### 2.2.2. Phương pháp về khảo sát và thu thập dữ liệu

Áp dụng các phương pháp bao gồm các nội dung như: Hiện trạng đô thị cần nghiên cứu áp dụng, địa chất thủy văn khu vực đô thị, đo lượng mưa và dòng chảy trong phạm vi đô thị nghiên cứu, dữ liệu liên quan đến hạ tầng ngầm. Phương pháp hướng đến việc xác định các khu vực có tiềm năng thu nhận nước mưa, đánh giá hiện trạng hệ thống thoát nước và nguồn nước ngầm, phân tích đặc điểm địa chất, thủy văn, và thổ nhưỡng để thiết kế tunnel thấm, ước tính khả năng phục hồi mực nước ngầm nhờ ứng dụng công nghệ tunnel thấm nước. [15]

#### 2.2.3. Phương pháp về nghiên cứu tài liệu

Thu thập, phân tích các tài liệu khoa học, báo cáo kỹ thuật, quy chuẩn, tiêu chuẩn trong và ngoài nước liên quan đến: Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các loại tunnel thấm nước; Hiện trạng khai thác, suy giảm và ô nhiễm mực nước ngầm tại đô thị; các công nghệ bổ cập nước ngầm đang được áp dụng trên thế giới. [9]

#### 2.2.4. Phương pháp về dự báo

Áp dụng các phương pháp bao gồm các nội dung như: Phân tích đa yếu tố đô thị cần nghiên cứu áp dụng, mô hình hóa thủy văn địa chất khu vực đô thị nghiên cứu, phân tích chuỗi thời gian, sử dụng ảnh vệ tinh, hệ thống chỉ số nguy cơ. Phương pháp hướng đến việc xác định các vùng đô thị đang hoặc có nguy cơ bị suy giảm nghiêm trọng mực nước ngầm, phân vùng ưu tiên cho việc triển khai các công nghệ tăng cường thấm nước mưa xuống lòng đất, hướng tới xây dựng hệ thống cảnh báo sớm và quy hoạch hạ tầng nước ngầm thông minh. [16]

#### 2.2.5. Phương pháp về mô phỏng

Xây dựng mô hình mô phỏng dòng thấm và sự di chuyển của nước từ tunnel vào tầng chứa nước ngầm bằng phần mềm (ví dụ: MODFLOW, HYDRUS...). Tính toán khả năng thấm ngầm, hiệu suất bổ cập nước ngầm và khả năng giảm dòng chảy bề mặt. Cấu trúc mô hình như sau:

- Không gian mô hình phân tầng theo chiều sâu:

+ Lớp 1: đất bề mặt (mềm, chưa bão hòa)

+ Lớp 2: lớp chứa tunnel thấm nước

+ Lớp 3: tầng chứa nước ngầm chính

Phần mềm MODFLOW hoàn toàn phù hợp để mô phỏng dòng thấm từ tunnel xuống tầng chứa nước ngầm. Mô hình này giúp: Tối ưu thiết kế hệ thống thấm; Dự báo ảnh hưởng thủy văn vùng lân cận; Xác định khả năng phục hồi tầng chứa nước; Kiểm soát nguy cơ ô nhiễm và quá tải bão hòa đất. [10] [11]

#### 2.2.6. Phương pháp về phân tích và thiết kế kỹ thuật

- Để xuất thiết kế tunnel thấm ngầm phù hợp với đặc điểm đô thị: vật liệu (vật liệu thấm lọc, cốt liệu nhẹ, vải địa kỹ thuật...), kích thước, độ sâu chôn lấp và khả năng tích trữ nước. Phân tích phương án tích hợp với hệ thống hạ tầng hiện hữu như vỉa hè, công viên, bãi xe ngầm... Nguyên tắc cơ bản trong phương pháp phân tích: [12]



- + Tăng cường khả năng thấm: Mục tiêu chính là khuyến khích nước mưa thấm trở lại lòng đất thay vì chảy tràn trên bề mặt hoặc đổ trực tiếp vào hệ thống thoát nước truyền thống;
- + Giảm tải cho hệ thống cống thoát nước hiện hữu: Giúp giảm nguy cơ ngập lụt cục bộ và quá tải hệ thống xử lý nước thải;
- + Bổ sung nước ngầm: Góp phần duy trì mực nước ngầm, chống sụt lún đất và bảo vệ nguồn nước sạch;
- + Cải thiện chất lượng nước: Quá trình thấm qua đất tự nhiên giúp lọc bỏ một số chất ô nhiễm trong nước mưa;
- + Tạo cảnh quan và giá trị sinh thái: Nhiều giải pháp còn tích hợp yếu tố cảnh quan xanh, mang lại lợi ích về môi trường và thẩm mỹ.
- Giải pháp đề xuất điển hình các lớp thiết kế kỹ thuật giải pháp tập trung vào việc tạo ra một kết cấu đa lớp dưới đáy tunnel:
  - + Lớp lọc và phân phối nước
  - + Lớp chứa và thấm nước
  - + Lớp bảo vệ và ổn định;
  - Cấu tạo điển hình:

Đáy tunnel (bê tông thấm hoặc rỗng)

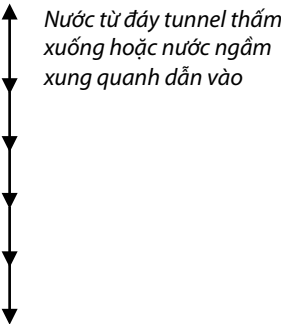
Lớp vải địa kỹ thuật lọc (ngăn bùn đất)

Lớp cát thô, sỏi nhỏ (lọc và phân phối)

Lớp đất dăm hoặc vật liệu rỗng (chứa và thấm)

Lớp vải địa kỹ thuật hoặc địa lưới (bảo vệ và ổn định)

Đất nền tự nhiên (khả năng thấm)



**2.3. Kinh nghiệm thực tế trên thế giới**

- Các quốc gia dẫn đầu về giải pháp này gồm: Đức, Singapore, Nhật Bản, Mỹ, Trung Quốc, Đan Mạch:

Bảng 1. Thống kê các kết quả nghiên cứu đã thực hiện trên thế giới

| STT | Nội dung nghiên cứu                              | Kết quả thực hiện                                                                                                                                                     | Đánh giá                                                                                                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Khả năng giảm ngập úng đô thị                    | - Copenhagen: lưu trữ 22.000 m <sup>3</sup> nước tại Enghaveparken trong mỗi trận mưa lớn.<br>- Singapore (Bishan Park): giảm 30-40% lưu lượng đổ vào hệ thống chính. | Tunnel giúp giảm áp lực đột ngột lên cống ngầm và thoát nước bề mặt. Cần kết hợp với hệ thống trữ nước mặt & cây xanh để tối ưu hiệu quả. |
| 2   | Khả năng bổ cập tầng nước ngầm                   | - Tokyo: bổ cập 4.000 m <sup>3</sup> /ngày tại khu Shinjuku.<br>- Los Angeles: thu hồi 10-30 triệu m <sup>3</sup> nước mưa mỗi năm.                                   | Là giải pháp dài hạn chống suy giảm mực nước ngầm. Tuy nhiên cần kiểm soát ô nhiễm để không gây ảnh hưởng tầng chứa nước.                 |
| 3   | Hiệu quả vận hành - bảo trì                      | - Berlin: hệ thống cảm biến cảnh báo tắc nghẽn sớm tại 3 điểm tunnel.<br>- Singapore: chi phí bảo trì giảm ~20% so với hệ thống cống truyền thống.                    | Giải pháp tiết kiệm chi phí dài hạn nếu kết hợp với IoT và thiết kế mô đun dễ tiếp cận. Bảo trì định kỳ là bắt buộc.                      |
| 4   | Chất lượng nước mưa thấm                         | - Nhật: sử dụng lớp lọc đa tầng (sỏi - cát - than hoạt tính) giúp loại bỏ >90% dầu mỡ, kim loại nặng.<br>- Đức: lớp bio-reactor xử lý nitrate hiệu quả.               | Nghiên cứu lớp lọc sinh học rất quan trọng để bảo vệ nước ngầm. Nên có quy chuẩn xử lý sơ bộ nước mưa trước khi thấm.                     |
| 5   | Khả năng kết hợp với không gian xanh - cảnh quan | - Đan Mạch, Mỹ: công viên tích hợp tunnel ngầm (multi-functional landscape).<br>- Trung Quốc: sponge cities kết hợp hồ sinh thái + tunnel.                            | Tunnel thấm nước là một phần của hệ sinh thái đô thị xanh. Thiết kế cần tích hợp đa chức năng (chống ngập - sinh thái - thẩm mỹ).         |

**2.4. Đề xuất quy trình thực hiện giải pháp tại đô thị Việt Nam [13]**

- 2.4.1. Nghiên cứu và đánh giá nội dung chính hiện trạng đô thị được lựa chọn
- Lượng mưa trung bình và tần suất mưa lớn;
  - Đặc điểm địa chất, thủy văn và khả năng thấm nước của lớp đất nền;
  - Hiện trạng thoát nước đô thị và điểm thường xuyên ngập úng;
  - Mức độ khai thác và suy giảm tầng nước ngầm;
  - Vị trí phù hợp để đặt tunnel (khu đô thị, công viên, khu vực thấp trũng...).
- 2.4.2. Giải pháp thiết kế hệ thống tunnel thấm nước
- Đường hầm hoặc ống ngầm có cấu tạo từ vật liệu thấm nước hoặc được thiết kế để nước mưa có thể ngấm qua (như bê tông rỗng, gạch thấm nước, cấu kiện đục lỗ...);
  - Các giếng thu nước và lớp lọc để ngăn rác, cặn bẩn;
  - Hệ thống cảm biến đo lưu lượng, độ thấm, mực nước ngầm;
  - Có thể kết hợp với hệ thống bể dầm/mở hoặc xử lý sơ bộ nước mưa.
- 2.4.3. Thử nghiệm mô hình & đánh giá tác động môi trường

- Đo hiệu quả thấm nước, tốc độ bổ cập mạch ngầm;
  - Mô phỏng qua phần mềm (SWMM, MIKE URBAN, InfoWorks) để đánh giá khả năng ứng phó mưa lớn;
  - Đánh giá tác động môi trường và xã hội: ảnh hưởng đến nước ngầm, sụt lún, ô nhiễm...
- 2.4.4. Triển khai giải pháp tổ chức xây dựng
- Thi công đào hầm ngầm theo kỹ thuật khoan kích hoặc hở;
  - Lắp đặt các ống/hầm và lớp vật liệu thấm;
  - Kết nối với hệ thống thoát nước mặt và giếng thu nước;
  - Cải tạo cảnh quan bề mặt (công viên, đường phố) để giữ mỹ quan đô thị.
- 2.4.5. Quản lý vận hành & giám sát thông minh
- Gắn cảm biến đo lưu lượng, mực nước, chất lượng nước;
  - Tích hợp hệ thống SCADA hoặc IoT để giám sát từ xa;
  - Lập kế hoạch bảo trì định kỳ: hút bùn, làm sạch lớp lọc, kiểm tra kết cấu.
- 2.4.6. Đánh giá tính khả thi áp dụng quy trình
- Việt Nam có địa hình và điều kiện địa chất - thủy văn rất đa dạng, nên tính khả thi thực hiện được quy trình này cần đánh giá theo vùng:

- Đô thị đồng bằng tính chất về địa hình thấp, bằng phẳng, cao độ thấp hơn mực nước biển như TP.HCM trung bình từ 1.5 - 2m. Về địa chất lớp bề mặt thường là sét pha bùn, sét dẻo cứng, lớp cát mịn xen kẽ ở tầng sâu từ 10 - 30 m. Về thủy văn có tầng chứa nước chính ở độ sâu 10 - 50 m, bị khai thác nhiều → dễ bị sụt lún và xâm nhập mặn. Do vậy, tunnel thăm có thể áp dụng nếu thiết kế hệ thống lọc và dẫn nước đến tầng thấm tốt (ví dụ tầng cát dưới lớp sét); tuy nhiên, cần xử lý lớp sét chắn bề mặt và chống lún/sụt cho hầm ngầm. Cần kiểm tra kỹ nguy cơ ô nhiễm tầng chứa nước; mực nước ngầm thấp nên cần thiết kế để tăng thời gian lưu nước và điều tiết dòng thấm.

- Đô thị trung du và miền núi: Về địa hình đồi dốc, độ cao lớn, nước mưa thoát nhanh; địa chất chủ yếu là đá bazan, đá mẹ phong hóa, cát kết; về thủy văn có tầng thấm tự nhiên tốt nhờ nứt nẻ của đá và độ dốc lớn. Do vậy, sẽ phù hợp để xây dựng tunnel thăm cắt ngang các lớp đất đá có khả năng dẫn nước, khả năng bổ cập tầng nước ngầm tốt, ít bị ô nhiễm nhưng cần chống sạt lở, ổn định mái hầm trong mùa mưa;

- Đô thị ven biển: Về địa hình bán bằng phẳng, đối thấp xen kẽ cát ven biển về địa chất lớp cát, cát pha sét, gần tầng chứa nước ngầm ven biển; về thủy văn tầng chứa nước ngầm thường bị xâm nhập mặn nếu khai thác quá mức. Do vậy, cần thận trọng, vì tunnel thăm nếu không kiểm soát chất lượng nước mưa sẽ gây xâm nhập mặn sâu hơn; có thể triển khai ở khu vực cát kết, cách xa mép biển, dùng để tạo đệm thủy lực, đẩy lùi mặn; cần hệ thống tiền xử lý, lọc nước trước khi cho thấm.

## 2.5. Công cụ thiết bị đề xuất thực hiện giải pháp [14].

### 2.5.1. Khảo sát, đánh giá địa chất thủy văn

- Thiết bị khảo sát địa chất:

+ Máy khoan khảo sát;

+ Thiết bị xuyên tiêu chuẩn (SPT);

+ Thiết bị CPT xác định khả năng thấm và sức kháng đất;

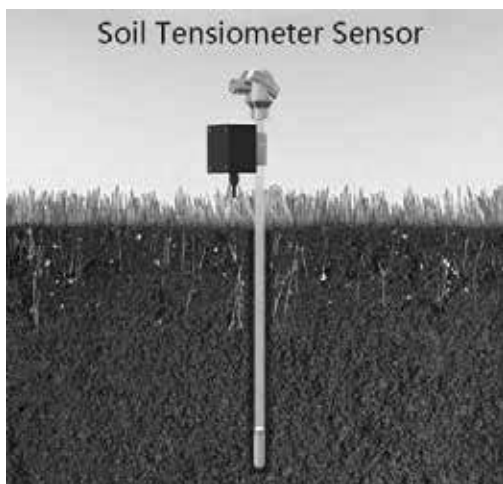
+ Máy đo độ rỗng và độ ẩm đất;

- Thiết bị đánh giá mực nước ngầm và khả năng thấm nước:

+ Thiết bị đo mực nước ngầm;

+ Thiết bị đo tốc độ thấm nước;

+ Radar xuyên đất (GPR): để khảo sát vị trí tiện ích ngầm và kết cấu đất.



Hình 6. Cảm biến đo độ ẩm của đất

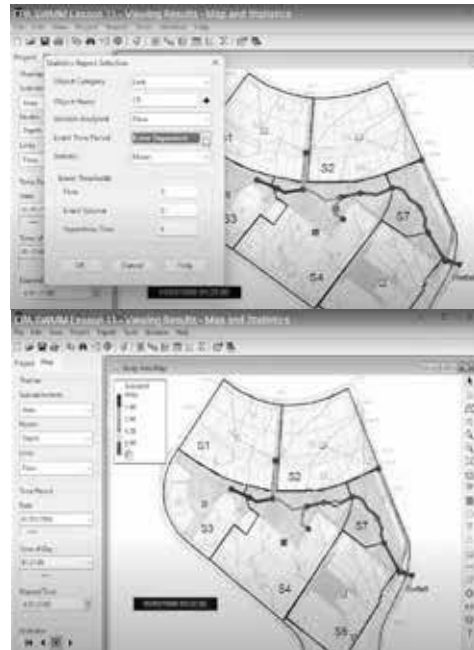
### 2.5.2. Phần mềm thiết kế và mô phỏng

- AutoCAD Civil 3D: thiết kế mặt cắt tunnel và hệ thống ống ngầm;

- SWMM (Storm Water Management Model - USEPA): mô phỏng dòng chảy nước mưa và thấm;

- InfoWorks ICM/MIKE URBAN: mô hình thủy lực - thủy văn cho hệ thống đô thị;

- Bentley OpenFlows/StormCAD: mô hình hóa và phân tích hệ thống thoát nước và thấm nước.



Hình 7. Mô phỏng dòng chảy nước mưa và thấm phần mềm SWMM

### 2.5.3. Thi công và lắp đặt

- Máy móc thi công hầm và giếng thăm:

+ Máy khoan hầm TBM;

+ Máy khoan định hướng ngang;

+ Thiết bị lắp đặt ống dẫn và cấu kiện tiền chế thấm nước;

- Vật liệu và cấu kiện dùng trong tunnel thăm nước:

+ Hộp rỗng ngầm;

+ Ống dẫn đục lỗ;

+ Vật liệu lọc và bảo vệ: cát lọc, đá cuội, vải địa kỹ thuật không dệt;

+ Bê tông thấm;

### 2.5.4. Giám sát và vận hành hệ thống

- Thiết bị đo đạc và giám sát thông minh:

+ Cảm biến lưu lượng (flow meter) trong tunnel;

+ Cảm biến độ ẩm và độ bão hòa đất xung quanh tunnel;

+ Cảm biến đo mực nước trong giếng hoặc hầm thăm;

+ Thiết bị đo chất lượng nước (pH, độ đục, COD, TSS).

- Hệ thống điều khiển và giám sát từ xa (IoT + SCADA):

+ Hệ thống thu thập dữ liệu từ cảm biến (Data Logger);

+ Thiết bị truyền dữ liệu không dây (LoRa, NB-IoT);

+ Hệ thống hiển thị dữ liệu thời gian thực (Dashboard quản lý);

+ Phần mềm cảnh báo sớm sự cố (ví dụ: quá tải nước, nghẹt rác).

### 2.5.5. Bảo trì và vệ sinh định kỳ

- Xe hút bùn - hút nước;

- Máy phun rửa đường ống;

- Robot kiểm tra đường ống ngầm;

- Bộ dụng cụ lấy mẫu đất và nước để kiểm tra định kỳ.

## 3. ỨNG DỤNG KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TẠI MỘT SỐ ĐÔ THỊ Ở VIỆT NAM

### 3.1. Kết quả nghiên cứu đạt được và bàn luận ứng dụng cho các đô thị tại Việt Nam

Kết quả nghiên cứu mang lại:

- Giảm ngập đô thị;

- Bổ cập nước ngầm;

- Lọc sơ bộ nước mưa;

- Tạo cân bằng thủy văn đô thị.

Bảng 2. Ứng dụng các vùng đô thị tại Việt Nam

| Vùng đồng bằng                                                                                                                                                                                                                                                                   | Vùng miền núi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Vùng ven biển                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Xây tunnel dạng nông và trung bình (2-6m) kết hợp với hệ thống lọc cát-sỏi than hoạt tính.<br>- Kết nối tunnel với miệng thu nước mưa trên đường phố và quảng trường.<br>- Ưu tiên triển khai tại: Cần Thơ, Long An, Vĩnh Long, Hải Phòng, Thái Bình (nay thuộc tỉnh Hưng Yên) | - Tunnel nhỏ và sâu tại các thung lũng hoặc bãi bằng trung du, nơi có đất đá phân lớp.<br>- Tận dụng hệ thống địa chất đứt gãy có khả năng dẫn nước.<br>- Thiết kế kèm hệ thống bể lọc đầu nguồn và rãnh gom dẫn nước từ mái dốc.<br>- Ưu tiên triển khai tại: Hòa Bình (nay thuộc tỉnh Phú Thọ), Thái Nguyên, Lâm Đồng, Kon Tum (nay thuộc tỉnh Quảng Ngãi) | - Tunnel có lớp ngăn mặn: chỉ cho thấm ở tầng nông (trước tầng chứa mặn).<br>- Kết hợp giếng kiểm tra mực nước mặn và mực nước ngọt.<br>- Áp dụng thiết kế module ngầm để lắp đặt tại các khu dân cư dày đặc.<br>- Ưu tiên triển khai tại: Đà Nẵng, TP Nha Trang (Khánh Hòa), Bà Rịa-Vũng Tàu (nay thuộc TP.HCM), TP.HCM. |

Bảng 3. Kết quả nghiên cứu thông số để xuất điển hình cho 1 modul

| Hạng mục                   | Thông số                                                    |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Chiều rộng tunnel          | 0.6 - 2.0 m (nếu dạng hầm hình hộp)                         |
| Chiều cao tunnel           | 0.8 - 2.0 m                                                 |
| Độ sâu đặt tunnel          | 1.2 - 3.0 m dưới mặt đất                                    |
| Độ dốc đáy                 | 1 - 3‰ (đảm bảo thoát nước khi cần)                         |
| Hệ số rỗng lớp sỏi         | ~30-40%                                                     |
| Hệ số thấm yêu cầu đất nền | $K_s \geq 10^{-5}$ m/s (nếu thấp hơn cần hệ thống overflow) |
| Vải lọc địa kỹ thuật       | Khả năng giữ hạt >85%, độ thấm $\geq 10^{-4}$ m/s           |
| Tuổi thọ thiết kế          | $\geq 25 - 50$ năm tùy vật liệu                             |

3.2. Các vấn đề cần bàn luận

- Hiện tại ở Việt Nam chưa có hệ thống tunnel thấm nước đô thị quy mô lớn như các thành phố tiên tiến (Tokyo G-Cans, Singapore ABC Waters...) mà mới chỉ có dạng pilot hầm/bể ngầm nhỏ lẻ kết hợp lưu trữ hoặc điều tiết nước mưa;
- Các mô hình như Managed Aquifer Recharge (MAR) đang được nghiên cứu và mô phỏng hiệu quả qua phần mềm thủy văn, nhưng cần thực nghiệm thực địa để đánh giá tác động thực tế;
- Thiếu dữ liệu đo đạc hiện trạng: mực nước ngầm, tốc độ thấm, và địa chất đô thị cần được khảo sát chi tiết trước khi thiết kế tunnel;
- Tại Việt Nam, giải pháp tunnel thấm nước xuống lòng đất đang trong giai đoạn sơ khai, chủ yếu là hầm điều tiết dung tích nhỏ, với tiềm năng lớn nhưng chưa có kết quả đo lường hiệu suất rõ ràng. Để nâng cấp bước tiến này, cần: Xây dựng tiêu chuẩn thiết kế, quy trình kiểm tra, và chính sách khuyến khích. Kết hợp công nghệ IoT, giám sát, mô phỏng thủy văn và tương tác cộng đồng.

4. KẾT LUẬN

Tunnel thấm nước là một thành phần thiết yếu trong giải pháp quản lý nước mưa hiện đại. Các nước phát triển và đang phát triển đã chứng minh hiệu quả rõ rệt trong việc chống ngập, bổ cập nước ngầm và nâng cao khả năng thích ứng đô thị. Việt Nam hoàn toàn có thể áp dụng mô hình này nếu thực hiện từng bước, phù hợp với điều kiện địa chất - khí hậu và quy hoạch đô thị, sau đây là các nội dung đề xuất trong nghiên cứu tiếp theo, cụ thể:

Bảng 4. Các đề xuất nghiên cứu có thể thực hiện tiếp theo

| Nhóm lĩnh vực                | Đề xuất nghiên cứu                                                  |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Kỹ thuật - Vật liệu          | Vật liệu thấm mới, mô hình dòng thấm 3D                             |
| Địa kỹ thuật - Thăm đất      | Tác động sụt lún, ổn định địa chất                                  |
| Công nghệ số - Giám sát      | IoT, Digital Twin, GIS 3D, mô hình AI                               |
| Địa chất & Thủy văn đô thị   | Khảo sát địa tầng; xác định vùng phù hợp cho tunnel thấm            |
| Kỹ thuật công trình          | Thiết kế tunnel mô-đun phù hợp khí hậu & địa chất Việt Nam          |
| Môi trường - Chất lượng nước | Phân tích nước thấm; lớp lọc biochar, xử lý ô nhiễm                 |
| Kinh tế - chính sách         | Phân tích chi phí vòng đời; chính sách ưu đãi đầu tư; TCVN thiết kế |

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nghị quyết 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 về Quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2023, tầm nhìn đến năm 2045, Bộ Chính trị.

[2]. TS.KTS Nguyễn Vinh Quang” Hạ tầng xanh đô thị Nền tảng để phát triển đô thị bền vững ở Việt Nam” Tạp chí Kiến trúc số 7/ 2024.

[3]. Truy cập website:[https://neuelandschaft.de/artikel/unterirdische-versickerung-von-regenwasser-8713?utm\\_source=chatgpt.com](https://neuelandschaft.de/artikel/unterirdische-versickerung-von-regenwasser-8713?utm_source=chatgpt.com).

[4]. A.S. Beenen, F.C. Boogaard. “Lessons from ten years storm water infiltration in the Dutch Delta” Novatech 2007.

[5]. Rijkswaterstaat Ministry of Infrastructure and Water Management “Water management in the Netherlands”; April 2019.

[6]. Công ty Cổ phần Tập đoàn Môi trường Nhật - Việt JVE (JVE Group)” hệ thống hầm ngầm chống ngập kết hợp cao tốc ngầm sông Tô Lịch”; truy cập: <https://laodongvaphapluat.laodongthudo.vn/can-canh-mo-phong-duong-ham-chong-ngap-ket-hop-cao-toc-ngam-doc-song-to-lich-774.html>.

[7]. Quyết định số 3783/QĐ-UBND ngày 26/8/2010 của UBND TP.HCM về thành lập Trung tâm quản lý đường hầm Thủ Thiêm vượt sông Sài Gòn.

[8]. Lê Văn Lộc, Nguyễn Huy Cường, Huỳnh Phú Hào, Trần Văn Mom, Trương Văn An, Trần Văn Bình, Cao Hồng Hải, Trần Lý Trường Giang, Hồ Văn Pha, Tăng Phước Lộc, Lê Ngọc Đình, Hồ Trung Tinh “Nghiên cứu chế tạo bê tông rỗng”; Tạp chí Vật liệu và Xây dựng T. 14 S. 04 (2024).

[9]. Đàm Ngọc Linh, Bùi Khánh Linh, Phí Thị Thu Thảo, Ngô Nhật Linh, Nguyễn Hữu Đức, Nguyễn Thị Thương, Lại Thị Hương Ly “Phương pháp nghiên cứu tài liệu”. Truy cập: <https://www.scribd.com/presentation/>.

[10]. Mary P.Anderson, William W.Woessner, Randall J.Hunt “Applied groundwater modeling Simulation of flow and advective transport”, Elsevier- 2015.

[11]. Jacob Zaidel, Bradley Markham, David Bleiker “Simulating Seepage into Mine Shafts and Tunnels with MODFLOW”, Ground WATER- 2010.

[12]. Davide Sartirana, Chiara Zanotti, Marco Rotiroti, Mattia De Amicis, Mariachiara Caschetto, Agnese Redaelli, Letizia Fumagalli and Tullia Bonomi “Quantifying Groundwater Infiltrations into Subway Lines and Underground Car Parks Using MODFLOW-USG”; WATER-2022; truy cập: <https://www.mdpi.com/journal/water>.

[13]. Lifei Zheng, Xingwei Lian, Dan Huang, Xiaoping Li, Jinzhou Zou “Research on Seepage of Jointed Rock Mass of Tunnel and Limited Discharge of Grouting”; WATER-2022; truy cập: <https://www.mdpi.com/journal/water>.

[14]. Ougan group “Engineering monitoring IoT solution”; truy cập: [www.geositter.com](http://www.geositter.com).

[15]. National Research Council of the National Academies (Committee on Reducing Stormwater Discharge Contributions to Water Pollution) “Urban Stormwater Management in the United States”; National Academies Press, Washington, DC, năm 2009.

[16]. World Bank “Deep Wells and Prudence: Towards Pragmatic Action for Addressing Groundwater Overexploitation in India”; World Bank, năm 2010.

[17]. Bộ Tài nguyên và Môi trường “Bảo cáo Môi trường Quốc gia - Chuyên đề Tài nguyên nước ngầm; năm 2021.

[18]. UNESCO-IHP “Urban Groundwater Use and Management in Asia”; UNESCO-IHP năm 2018.

# Phân tích tác động của phát thải xe máy đến chất lượng không khí tại các đô thị lớn Việt Nam

Analyzing the impact of motorcycle emissions on air quality in major Vietnamese Cities

> THS CAO QUANG KHẢI, PGS.TS NGUYỄN HỒNG THÁI

Trường Đại học Giao thông vận tải

## TÓM TẮT

Bài viết này trình bày phân tích chuyên sâu về vai trò và mức độ tác động của phát thải từ phương tiện xe máy cá nhân đối với chất lượng không khí đô thị tại Việt Nam, với trọng tâm là Hà Nội và TP.HCM. Dựa trên các số liệu định lượng về số lượng phương tiện, thành phần và tỷ lệ đóng góp của các chất ô nhiễm (PM2.5, NO<sub>x</sub>, CO, HC) từ xe máy, đặc biệt là xe máy cũ, bài viết làm rõ mối liên hệ giữa hoạt động giao thông xe máy và tình trạng ô nhiễm không khí cục bộ. Các hệ lụy về sức khỏe cộng đồng và môi trường đô thị cũng được thảo luận. Từ đó, bài viết đề xuất một số giải pháp đồng bộ và định hướng chính sách nhằm kiểm soát hiệu quả phát thải từ xe máy, góp phần cải thiện môi trường không khí và hướng tới sự phát triển đô thị bền vững.

**Từ khóa:** Xe máy, phát thải giao thông, ô nhiễm không khí đô thị, giải pháp môi trường.

## ABSTRACT

This paper presents an in-depth analysis of the role and impact of personal motorcycle emissions on urban air quality in Vietnam, with a focus on Hanoi and Ho Chi Minh City. Drawing on quantitative data regarding vehicle numbers, composition, and the proportional contribution of pollutants (PM2.5, NO<sub>x</sub>, CO, HC) from motorcycles, particularly older models, the article clarifies the correlation between motorcycle traffic activity and localized air pollution. The resulting implications for public health and the urban environment are also discussed. Consequently, the paper proposes a set of synchronized solutions and policy orientations to effectively control motorcycle emissions, thereby contributing to improved air quality and fostering sustainable urban development.

**Keywords:** Motorcycles, traffic emissions, urban air pollution, environmental solutions.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình đô thị hóa nhanh chóng tại Việt Nam đã kéo theo sự gia tăng vượt bậc về dân số và nhu cầu di chuyển, đặt ra áp lực lớn lên hệ thống giao thông và môi trường đô thị. Trong bối cảnh này, phương tiện xe máy cá nhân đã trở thành hình thức di chuyển chủ đạo, đáp ứng tính linh hoạt và hiệu quả trong không gian đô thị phức tạp. Tuy nhiên, sự phát triển không ngừng của xe máy tại hai đô thị lớn nhất cả nước là Hà Nội và TP.HCM, đang ẩn chứa một thách thức nghiêm trọng: tác động tiêu cực đến chất lượng không khí.

Bài viết nhằm phân tích một cách có hệ thống tác động của phát thải từ xe máy đến chất lượng không khí đô thị tại Việt Nam, với dữ liệu minh họa từ Hà Nội và TP.HCM. Đồng thời, bài viết thảo luận các hệ lụy về sức khỏe cộng đồng và đề xuất các nhóm giải pháp toàn diện nhằm kiểm soát vấn đề này, hướng tới một môi trường đô thị trong lành và phát triển bền vững.

## 2. TỔNG QUAN VỀ PHÁT THẢI TỪ XE MÁY VÀ THỰC TRẠNG TẠI ĐÔ THỊ VIỆT NAM

Xe máy, với động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu hóa thạch, là nguồn phát thải chính của nhiều chất gây ô nhiễm không khí nguy hại. Các chất này bao gồm:

- Bụi mịn (Particulate Matter - PM2.5 và PM10):** Các hạt có kích thước nhỏ, có khả năng xâm nhập sâu vào hệ hô hấp và máu, gây ra các bệnh tim mạch và phổi nghiêm trọng (WHO, 2021). Xe

máy cũ, không được bảo dưỡng hoặc sử dụng nhiên liệu kém chất lượng, có xu hướng phát thải PM cao hơn.

- Oxit Nitơ (NO<sub>x</sub>):** Góp phần hình thành sương mù quang hóa và mưa axit, ảnh hưởng xấu đến hệ hô hấp.

- Carbon Monoxide (CO):** Một loại khí không màu, không mùi, có độc tính cao, làm giảm khả năng vận chuyển oxy của hồng cầu.

- Hydrocarbon chưa cháy (HC)/ Hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs):** Góp phần hình thành ôzôn tầng mặt đất (ozone mặt đất - O<sub>3</sub>), một chất ô nhiễm thứ cấp nguy hại, và gây kích ứng.

### 2.1. Mật độ phương tiện và đặc điểm đội xe máy tại Hà Nội và TP.HCM

Hà Nội và TP.HCM là hai trung tâm kinh tế - xã hội lớn nhất cả nước, đồng thời cũng là nơi có mật độ phương tiện giao thông cá nhân cao nhất. Tại Hà Nội, số lượng xe mô tô, xe gắn máy hiện vào khoảng **5,6 triệu chiếc** (Báo Lao Động, 2024). Mật độ xe máy trên mỗi km đường tại các quận nội thành là cực kỳ cao, đặc biệt trong giờ cao điểm. Trong khi đó, tại TP.HCM, con số này còn lớn hơn, với khoảng **8,6 triệu xe** mô tô, xe gắn máy (Báo Lao Động, 2024). Tình trạng ùn tắc giao thông thường xuyên tại các nút giao và cửa ngõ thành phố là minh chứng rõ nét cho áp lực quá tải từ lưu lượng phương tiện.

Ngoài số lượng tuyệt đối, chất lượng và tuổi thọ của đội xe máy hiện hữu là yếu tố then chốt quyết định mức độ phát thải. Việt Nam



là thị trường xe máy lớn thứ tư thế giới, và đặc trưng là sự tồn tại của một lượng lớn xe đã qua sử dụng nhiều năm.

**Một là, tuổi thọ xe và công nghệ phát thải:**

○ Thống kê tại TP.HCM cho thấy, số lượng xe máy đã sử dụng **trên 10 năm chiếm tới gần 68%** tổng lượng xe đang lưu hành (báo Tuổi Trẻ, 2024). Đây là một tỷ lệ rất cao, đặc biệt khi xét đến việc phần lớn các xe này thuộc thế hệ công nghệ cũ.

○ Xe máy được sản xuất trước năm 2007 (thời điểm QCVN 04:2009/BGTVT về khí thải xe mô tô, xe gắn máy bắt đầu có hiệu lực và được áp dụng rộng rãi cho xe sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu mới từ năm 2007-2008) thường chỉ tuân thủ tiêu chuẩn khí thải Euro 1 hoặc thấp hơn, hoặc thậm chí không có tiêu chuẩn rõ ràng. Các xe này sử dụng công nghệ động cơ cũ, chưa có hệ thống xử lý khí thải hiệu quả (ví dụ: bộ chuyển đổi xúc tác - catalytic converter), dẫn đến tỷ lệ phát thải các chất ô nhiễm cao.

○ Các xe máy đời mới hơn (sản xuất sau 2007-2008) tuân thủ tiêu chuẩn Euro 2, 3 và một số ít là Euro 4. Mặc dù có cải thiện về công nghệ, nhưng hiệu quả xử lý khí thải của chúng vẫn phụ thuộc vào việc bảo dưỡng định kỳ và chất lượng nhiên liệu sử dụng.

**Hai là, mức độ phát thải của xe cũ so với xe mới:**

○ Nhiều nghiên cứu trong nước (ví dụ từ Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông vận tải) đã chỉ ra rằng, một chiếc xe máy cũ (ví dụ trên 10 năm tuổi, không được bảo dưỡng tốt) có thể phát thải lượng CO, HC, và NOx **cao gấp 2-5 lần** hoặc thậm chí hơn so với một chiếc xe máy đời mới đáp ứng tiêu chuẩn.

○ Đối với bụi mịn PM2.5, xe máy cũ, đặc biệt là xe 2 thì (mặc dù không còn phổ biến nhưng vẫn còn lưu hành một số lượng nhỏ), thải ra lượng hạt vật chất lớn hơn đáng kể do quá trình đốt cháy không hoàn toàn và sử dụng dầu pha xăng. Ngay cả xe 4 thì cũ cũng có thể phát thải PM2.5 cao do hao mòn động cơ, hệ thống bôi trơn kém và rò rỉ dầu.

**Ba là, tỷ lệ xe xăng trong tổng số phương tiện:**

○ Hiện tại, gần như **100%** trong số hơn 14 triệu xe máy đang lưu hành tại Hà Nội và TP.HCM là xe sử dụng động cơ đốt trong chạy xăng. Mặc dù xe máy điện đang có xu hướng phát triển, nhưng tỷ lệ

Bảng 1. So sánh tác động phát thải đến chất lượng không khí tại đô thị Việt Nam

| Tiêu chí so sánh                                           | Xe máy                                                                                                                                          | Ô tô cá nhân                                                                                                       | Phương tiện xe buýt công cộng                                                          |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Số lượng phương tiện (ước tính)                            | <b>Áp đảo:</b> 5,6 triệu (HN), 8,6 triệu (TP.HCM) vào 2025. Tổng >14 triệu.                                                                     | <b>Thấp hơn đáng kể:</b> Vài trăm nghìn đến ~1 triệu/thành phố.                                                    | <b>Rất thấp:</b> Vài nghìn chiếc/thành phố.                                            |
| Tỷ lệ xe cũ/tuổi thọ công nghệ                             | <b>Rất cao:</b> Gần 68% xe trên 10 năm tuổi (TP.HCM), công nghệ Euro 1 hoặc thấp hơn.                                                           | <b>Trung bình - thấp:</b> Tỷ lệ xe đời mới hơn, tuân thủ Euro 4, 5 cao hơn.                                        | <b>Trung bình - cao:</b> Tùy thuộc vào việc thay thế đội xe cũ bằng xe mới/xe điện.    |
| Phát thải trên mỗi phương tiện (Emissions per vehicle)     | <b>Thấp</b> (xe mới); <b>Rất cao</b> (xe cũ, không bảo dưỡng, xe 2 thì).                                                                        | <b>Cao</b> (đặc biệt NOx, PM từ diesel); <b>Trung bình</b> (xe xăng đời mới).                                      | <b>Cao</b> (đặc biệt NOx, PM từ diesel) nhưng giảm đáng kể nếu dùng CNG/LPG/Điện.      |
| Tổng lượng phát thải tại đô thị                            | <b>Rất cao, chiếm ưu thế:</b> (Xe máy chiếm trên 75% trong khí thải từ giao thông đường bộ).                                                    | <b>Trung bình:</b> Tổng lượng thấp hơn xe máy do số lượng ít hơn, dù phát thải trên mỗi xe có thể cao.             | <b>Thấp:</b> Tổng lượng thấp nhất trong 3 loại do số lượng ít và hiệu quả vận chuyển.  |
| Tác động đến môi trường không khí (Các chất ô nhiễm chính) | <b>CO, HC:</b> Nguồn chính do đốt cháy không hoàn toàn, đặc biệt xe cũ. Tạo ozone tầng mặt đất. <b>PM2.5, PM10:</b> Lượng lớn từ xe cũ, động cơ | <b>NOx, PM2.5:</b> Nguồn chính từ động cơ diesel (xe tải, xe khách, một số ô tô con). Góp phần sương mù quang hóa. | <b>NOx, PM2.5:</b> Chủ yếu từ xe buýt diesel cũ. Có thể rất cao nếu công nghệ lạc hậu. |

thâm nhập thị trường của chúng còn rất nhỏ so với xe xăng truyền thống.

○ Sự thống trị của xe máy xăng đồng nghĩa với việc toàn bộ lượng phát thải từ nhóm phương tiện này trực tiếp ảnh hưởng đến môi trường không khí đô thị. Điều này càng làm nổi bật sự cấp bách của các giải pháp kiểm soát khí thải và thúc đẩy chuyển đổi sang phương tiện điện.

**2.2. Đóng góp của phát thải xe máy vào ô nhiễm không khí đô thị**

Các nghiên cứu chuyên sâu đã chỉ ra rằng, xe máy đóng vai trò chủ đạo trong tổng lượng phát thải của các phương tiện giao thông đường bộ tại Việt Nam.

● **Về khí CO và HC:** Tại TP.HCM, các phân tích cho thấy xe máy là nguồn phát thải chính trong tổng lượng phát thải của các loại xe cơ giới (PGS.TS Hồ Quốc Bằng, 2023). Điều này cho thấy xe máy, mặc dù chỉ tiêu thụ một phần nhiên liệu, nhưng với số lượng áp đảo và đặc điểm vận hành (thường xuyên khởi động/dừng, di chuyển tốc độ thấp trong đô thị), đã tạo ra một lượng lớn các chất ô nhiễm này.

● **Về NOx và PM2.5:** Tại Hà Nội, hoạt động giao thông đường bộ sản sinh ra một lượng lớn NOx. Đây là một trong những tác nhân gây ô nhiễm không khí, nguy hiểm nhất. Giao thông - vận tải là nguồn phát thải PM2.5 lớn nhất, chiếm từ 50% - 70% tổng lượng phát thải PM2.5 tại Hà Nội. Trong đó, xe máy cũng là nguồn phát thải bụi mịn quan trọng, đóng góp khoảng 74% tổng lượng PM2.5 từ giao thông. Nồng độ PM2.5 trung bình năm tại Hà Nội thường xuyên vượt chuẩn quốc gia, thậm chí gấp 2-3 lần mức an toàn của WHO.

So với ô tô, mặc dù xe ô tô có thể phát thải lượng khí lớn hơn trên mỗi phương tiện, nhưng do số lượng xe máy lớn vượt trội và tỷ lệ xe cũ kỹ cao, tổng lượng phát thải từ xe máy vẫn chiếm ưu thế đối với nhiều loại chất ô nhiễm. Hơn nữa, phát thải từ xe máy thường tập trung ở độ cao thấp, gần với đường hô hấp của người dân, đặc biệt trong các khu vực tắc nghẽn giao thông, làm tăng mức độ phơi nhiễm trực tiếp.

|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        | hao mòn, dầu bôi trơn. Ảnh hưởng nghiêm trọng hô hấp. <b>NOx, SO<sub>2</sub></b> : Mức độ ít hơn so với CO, HC nhưng vẫn góp phần.                                                                                                                                                                                                         | <b>CO, HC</b> : Từ xe xăng. <b>SO<sub>2</sub></b> : Từ nhiên liệu diesel có hàm lượng lưu huỳnh. <b>Bụi từ lốp/phanh</b> : Góp phần vào PM.                                                                                                                                                                                                              | <b>CO, HC</b> : Từ xe chạy xăng/diesel. <b>SO<sub>2</sub></b> : Từ nhiên liệu diesel. Tuy nhiên, các dòng xe buýt CNG/LPG hoặc điện có phát thải giảm đáng kể hoặc bằng 0 tại chỗ.                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Hiệu quả vận chuyển (Passengers per vehicle)</b>    | <b>Rất thấp</b> : Trung bình 1-2 người/xe.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Thấp</b> : Trung bình 1-3 người/xe.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Rất cao</b> : Hàng chục đến trăm người/xe.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Vị trí phát thải và mức độ phơi nhiễm trực tiếp</b> | <b>Thấp, gần đường hô hấp</b> : Gây phơi nhiễm trực tiếp cao nhất cho người dân (đặc biệt trong tắc nghẽn).                                                                                                                                                                                                                                | <b>Trung bình</b> : Cao hơn xe buýt, thấp hơn xe máy. Phát thải thường phân tán ở độ cao tương đối hơn.                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Cao</b> : Thường ở độ cao hơn, ít phơi nhiễm trực tiếp hơn cho cá nhân.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Khả năng kiểm soát phát thải</b>                    | <b>Rất khó</b> : Hàng triệu xe phân tán, khó quản lý, khó kiểm định định kỳ.                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Dễ hơn xe máy</b> : Đa phần có kiểm định, công nghệ xử lý tốt hơn (bộ lọc hạt dies - DPF, bộ chuyển đổi xúc tác - Catalytic Converter).                                                                                                                                                                                                               | <b>Dễ nhất</b> : Thuộc quản lý đơn vị vận tải, dễ áp dụng công nghệ sạch, bảo dưỡng định kỳ và chuyển đổi toàn bộ đội xe (VD: sang xe buýt điện/CNG).                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Khuyến nghị chính sách/Giải pháp</b>                | <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Kiểm định khí thải bắt buộc</b> định kỳ.</li><li>- Xây dựng <b>lộ trình loại bỏ xe cũ</b>, không đạt chuẩn</li><li>- <b>Ưu đãi mạnh mẽ cho xe máy điện</b> (giảm thuế, phí, hạ tầng sạc).</li><li>- <b>Tuyên truyền, nâng cao nhận thức</b> về tác hại xe cũ và lợi ích xe điện/GTCC.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Áp dụng tiêu chuẩn khí thải cao hơn</b> cho ô tô nhập khẩu/sản xuất mới.</li><li>- <b>Thắt chặt kiểm định khí</b> thải định kỳ, phạt nặng vi phạm.</li><li>- <b>Khuyến khích xe điện</b>, xe hybrid bằng ưu đãi.</li><li>- <b>Phí tắc nghẽn, phí đỗ xe cao hơn</b> tại khu trung tâm để hạn chế xe.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Đẩy nhanh đầu tư phát triển GTCC</b> (metro, BRT, xe buýt điện/CNG).</li><li>- <b>Nâng cao chất lượng dịch vụ</b> GTCC (đúng giờ, tiện nghi, an toàn).</li><li>- <b>Ưu tiên làn đường, tín hiệu</b> cho GTCC để tăng tốc độ và hấp dẫn.</li><li>- <b>Có chính sách hỗ trợ chuyển đổi</b> toàn bộ đội xe buýt sang công nghệ sạch.</li></ul> |

Nguồn: Tổng hợp và phân tích của tác giả

**3. TÁC ĐỘNG CỦA Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TỪ XE MÁY ĐẾN SỨC KHỎE CỘNG ĐỒNG VÀ MÔI TRƯỜNG ĐÔ THỊ**

**Thực trạng chất lượng không khí:** Các hệ thống theo dõi chất lượng không khí như IQAir thường xuyên ghi nhận cả hai thành phố (Hà Nội, TP.HCM) nằm trong **top 10 thành phố có mức độ ô nhiễm không khí cao nhất thế giới** vào nhiều thời điểm trong năm (Môi trường và Đô thị, 2024). Chẳng hạn, vào sáng 05/01/2024, Hà Nội có mức PM2.5 đạt **176 µg/m<sup>3</sup>** (xếp thứ 6 thế giới), TP.HCM đạt **164 µg/m<sup>3</sup>** (xếp thứ 10 thế giới) (Môi trường và Đô thị, 2024). Các chỉ số này vượt xa quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh (QCVN 05:2013/BTNMT quy định nồng độ bụi mịn trung bình năm là 25 µg/m<sup>3</sup>) và khuyến cáo của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO). Nồng độ bụi PM2.5 trung bình năm tại 12 quận nội thành Hà Nội trong giai đoạn 2019 - 2020 dao động từ **31.5 µg/m<sup>3</sup> đến 32.9 µg/m<sup>3</sup>**, khẳng định mức độ ô nhiễm đáng báo động (VnExpress, 2020).

**Tác động sức khỏe:** Tiếp xúc lâu dài hoặc ngắn hạn với các chất ô nhiễm từ xe máy gây ra nhiều vấn đề sức khỏe nghiêm trọng:

○ **Bệnh hô hấp:** Gây kích ứng đường hô hấp, làm tăng nguy cơ mắc hen suyễn, viêm phế quản, phổi tắc nghẽn mãn tính (COPD), và

ung thư phổi. Trẻ em và người già là đối tượng đặc biệt dễ bị tổn thương.

○ **Bệnh tim mạch:** PM2.5 có thể xâm nhập vào máu, gây viêm nhiễm toàn thân, làm tăng nguy cơ đau tim, đột quỵ, và các vấn đề tim mạch khác.

○ **Các vấn đề thần kinh và phát triển:** Ô nhiễm không khí có thể ảnh hưởng đến sự phát triển não bộ ở trẻ em và tăng nguy cơ mắc các bệnh thoái hóa thần kinh ở người lớn tuổi (WHO, 2021).

○ **Giảm chất lượng sống:** Gây kích ứng mắt, mũi, họng, da, và làm giảm đáng kể tuổi thọ trung bình của người dân đô thị. Thực tế tại các bệnh viện ở Hà Nội và TP.HCM, số lượng bệnh nhân mắc các bệnh hô hấp nhập viện vào mùa ô nhiễm tăng cao là minh chứng rõ ràng cho mối liên hệ giữa ô nhiễm không khí và sức khỏe cộng đồng.

**4. GIẢI PHÁP VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHÍNH SÁCH NHẪM GIẢM THIỂU PHÁT THẢI TỪ XE MÁY**

Để giải quyết vấn đề phát thải từ xe máy và cải thiện chất lượng không khí đô thị, cần có một chiến lược đa chiều, kết hợp đồng bộ và hiệu quả các giải pháp kỹ thuật, chính sách và xã hội:

**4.1. Giải pháp kỹ thuật và hạ tầng**

- **Kiểm định khí thải định kỳ và bắt buộc:** Triển khai chương trình kiểm định khí thải bắt buộc, thực hiện định kỳ đối với tất cả xe máy, đặc biệt ưu tiên kiểm soát chặt chẽ các xe máy cũ. Cần thiết lập hệ thống trạm kiểm định đạt chuẩn, xây dựng quy trình kiểm định minh bạch và áp dụng chế tài đủ mạnh nhằm đảm bảo sự tuân thủ.

- **Nâng cấp tiêu chuẩn khí thải cho xe mới:** Đẩy nhanh việc áp dụng các tiêu chuẩn khí thải Euro 4, Euro 5 hoặc cao hơn cho xe máy sản xuất và nhập khẩu mới.

- **Phát triển hạ tầng giao thông phi cơ giới:** Mở rộng và cải thiện mạng lưới làn đường dành riêng cho xe đạp, xây dựng vỉa hè rộng rãi, an toàn, có bóng mát. Đầu tư vào các hệ thống xe đạp công cộng hiệu quả (ví dụ như mô hình Seoul Bike của Hàn Quốc) để khuyến khích di chuyển bằng phương tiện sạch cho các quãng đường ngắn.

- **Ứng dụng hệ thống giao thông thông minh (ITS):** Sử dụng công nghệ để tối ưu hóa điều khiển đèn tín hiệu giao thông, quản lý luồng xe, giảm thiểu tắc nghẽn và thời gian xe chạy không tải, từ đó giảm phát thải khí ô nhiễm.

#### 4.2. Giải pháp chính sách

- **Xây dựng lộ trình loại bỏ xe máy cũ và không đạt chuẩn:** Triển khai lộ trình cụ thể và có tính khả thi để hạn chế, tiến tới loại bỏ xe máy quá niên hạn sử dụng hoặc không đạt tiêu chuẩn khí thải vào các khu vực trung tâm đô thị. Các biện pháp có thể bao gồm: Áp dụng quy định hạn chế lưu thông theo khu vực hoặc khung giờ; Đề xuất các gói hỗ trợ tài chính, khuyến khích chuyển đổi sang xe máy điện hoặc phương tiện giao thông công cộng (GTCC) cho chủ sở hữu xe cũ.

- **Chính sách ưu đãi cho phương tiện xe máy Điện (XMD):** Giảm thuế, phí trước bạ, phí cấp biển số và các ưu đãi khác để giảm chi phí sở hữu XMD; Đầu tư mạnh vào việc phát triển hạ tầng trạm sạc công cộng rộng khắp và tiện lợi trong đô thị; Có chính sách hỗ trợ phát triển ngành công nghiệp sản xuất XMD nội địa, tận dụng lợi thế công nghệ của các doanh nghiệp Việt Nam.

- **Ưu tiên phát triển GTCC và hạn chế xe cá nhân:** Đẩy nhanh tiến độ hoàn thành và đưa vào khai thác các tuyến đường sắt đô thị (metro), xe buýt nhanh (BRT), đồng thời nâng cao chất lượng dịch vụ của hệ thống xe buýt để tăng tính hấp dẫn của GTCC; Nghiên cứu áp dụng các chính sách như phí tắc nghẽn, phí đỗ xe cao hơn tại các khu vực trung tâm để giảm lượng xe cá nhân vào nội đô, đồng thời bổ sung các lựa chọn GTCC thay thế hiệu quả.

#### 4.3. Giải pháp xã hội và nâng cao nhận thức

- **Tăng cường tuyên truyền và giáo dục:** Tổ chức các chiến dịch truyền thông đa dạng, liên tục về tác hại của ô nhiễm không khí và lợi ích của việc sử dụng GTCC, xe điện, đi bộ, xe đạp. Tập trung vào các lợi ích trực tiếp về sức khỏe, kinh tế và môi trường.

- **Khuyến khích lối sống xanh:** Xây dựng các chương trình khuyến khích cộng đồng tham gia vào các hoạt động di chuyển bền vững và thúc đẩy thay đổi thói quen sử dụng phương tiện cá nhân.

- **Nâng cao trách nhiệm của cộng đồng và doanh nghiệp:** Khuyến khích các doanh nghiệp chuyển đổi xe sử dụng nguyên liệu hóa thạch sang xe điện. Nâng cao ý thức của người dân trong việc bảo dưỡng xe định kỳ và thay thế xe cũ, không đạt chuẩn.

### 5. KẾT LUẬN

Phát thải từ phương tiện xe máy cá nhân đã và đang là một trong những nguyên nhân chính gây suy giảm chất lượng không khí tại các đô thị lớn của Việt Nam, điển hình là Hà Nội và TP.HCM. Mức độ ô nhiễm bụi mịn PM2.5 và các khí độc hại khác từ xe máy không chỉ ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe cộng đồng mà còn làm suy giảm chất lượng môi trường sống đô thị. Để giải quyết triệt để

thách thức này, cần có một chiến lược toàn diện, bao gồm các giải pháp kỹ thuật như kiểm định khí thải và nâng cấp tiêu chuẩn; các chính sách khuyến khích chuyển đổi sang xe điện và hạn chế xe cũ; cùng với việc phát triển mạnh mẽ GTCC và hạ tầng giao thông phi cơ giới. Hơn hết, sự thay đổi trong nhận thức và hành vi của mỗi người dân là yếu tố then chốt để hướng tới một tương lai đô thị xanh, thông minh và bền vững, nơi bầu không khí trong lành là tài sản chung của mọi cư dân.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2023). Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2022: Chuyên đề Chất lượng không khí. Hà Nội, Việt Nam: NXB Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- [2]. Bộ Xây dựng. (2020). Báo cáo hiện trạng phát triển đô thị Việt Nam 2019 - 2020. Hà Nội, Việt Nam: NXB Xây dựng.
- [3]. Hồ Quốc Bằng, Đào Mạnh Tiến, & Trương Thanh Tùng. (2020). Phân tích phát thải khí nhà kính từ giao thông đô thị và đề xuất giải pháp tại TP.HCM. Tạp chí Môi trường.
- [4]. IQAir AirVisual. (2024). World Air Quality Report 2023. IQAir. <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities>
- [5]. Lao Động. (2024, 24 tháng 5). Hà Nội có 5,6 triệu xe máy, TP.HCM 8,6 triệu xe máy. Báo Lao Động. <https://laodong.vn/xa-hoi/ha-noi-co-56-trieu-xe-may-tp-hcm-86-trieu-xe-may-1344445.ldo>
- [6]. 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.
- [7]. Phạm, T. D., & Trần, Q. H. (2019). Nghiên cứu đánh giá mức độ phát thải ô nhiễm từ xe máy và đề xuất giải pháp kiểm soát tại Hà Nội. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải.
- [8]. UNEP (Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc). (2020). Emissions Gap Report 2020. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2020>
- [9]. VnExpress. (2020, 10/12). Hà Nội ô nhiễm bụi mịn nhất nước. VnExpress. <https://vnexpress.net/ha-noi-o-nhiem-bui-min-nhat-nuoc-4204561.html>
- [10]. World Health Organization (WHO). (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

# Đánh giá sự phát thải khí nhà kính từ hoạt động của Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai

## Assessment of greenhouse gas emissions from activities at Xuan Mai Animal Feed processing Factory

> NGUYỄN PHƯƠNG TÚ, LƯƠNG THANH TÂM, PHẠM ĐỨC TIẾN\*

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

\*Email: pdtien@hunre.edu.vn

### TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm phân tích phát thải khí nhà kính từ hệ thống lò hơi và hệ thống xử lý nước thải tại Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai. Nghiên cứu sử dụng hướng dẫn của Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu để định lượng khí thải từ các nguồn khác nhau trong hệ thống xử lý nước thải của nhà máy. Dữ liệu đầu vào cho tính toán được thu thập trong hai năm 2022 và 2023. Kết quả tính toán cho thấy, tổng lượng khí nhà kính phát sinh là gần 15.000 tấn CO<sub>2e</sub> hàng năm. Trong đó, lượng phát thải khí nhà kính từ lò hơi rất lớn (14.804,28 tấn CO<sub>2e</sub> /năm). Lượng phát thải khí nhà kính từ hệ thống xử lý nước thải chiếm một phần không đáng kể, chỉ 15.714,09 kg CO<sub>2e</sub> /năm. Bài báo cũng đề xuất một số biện pháp mà Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai có thể thực hiện để giảm lượng phát thải khí nhà kính từ hệ thống lò hơi cũng như hệ thống xử lý nước thải.

**Từ khóa:** Phát thải khí nhà kính, hệ thống xử lý nước thải, hệ thống lò hơi, nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai

### ABSTRACT

The research was conducted to analyze greenhouse gas emissions from the wastewater treatment system at Xuan Mai Animal Feed Processing Plant. The research used the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) guidelines to quantify emissions from different sources in the wastewater treatment system. Data were collected in 2022 and 2023. The calculation results showed that the wastewater treatment system emitted approximately 15.000 tons CO<sub>2e</sub> annually. Of which, the figure for the amount of greenhouse gas emissions from the boiler is high (14,804.28 tons CO<sub>2e</sub>/year). The amount of greenhouse gas emissions from the wastewater treatment system accounts for a negligible part, contributing only 15,714.09 kg CO<sub>2e</sub>/year. The paper proposed several measures that Xuan Mai Animal Feed Processing Plant can take to reduce greenhouse gas emissions from its boiler system as well as from its wastewater treatment system.

**Keywords:** Greenhouse gas emissions, wastewater treatment system, boiler system, Xuan Mai animal feed processing plant

### 1. GIỚI THIỆU

Việc tính toán phát thải khí nhà kính từ hoạt động sản xuất công nghiệp tại Việt Nam đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá tác động của ngành công nghiệp đến môi trường và khí hậu. Việt Nam đang trải qua một giai đoạn phát triển công nghiệp mạnh mẽ, với sự tăng trưởng nhanh chóng của các ngành công nghiệp như dầu khí, thép, xi măng, và điện. Việc tính toán phát thải khí nhà kính từ những hoạt động này giúp xác định mức độ ảnh hưởng của chúng đến biến đổi khí hậu và môi trường sống. Thông qua việc tính toán phát thải, chúng ta có thể đánh giá được lượng khí thải được sinh ra từ sản xuất công nghiệp, từ đó đưa ra các biện pháp giảm thiểu và kiểm soát tốt hơn. Điều này không chỉ giúp bảo vệ môi trường và sức khỏe cộng đồng mà còn góp phần vào việc thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành công nghiệp. Ngoài ra, việc tính toán phát thải cũng giúp Việt Nam thực hiện cam kết với cộng đồng quốc tế về giảm thiểu tác động của ngành công nghiệp đến biến đổi khí hậu.

Theo kết quả thống kê và ước tính của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020) [2], đến năm 2030, lượng phát thải khí nhà kính ở ba lĩnh vực

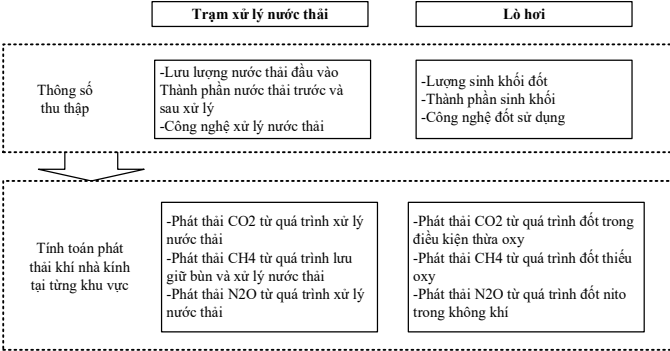
năng lượng, nông nghiệp và các hoạt động công nghiệp chiếm gần 95,3% tổng lượng phát thải khí nhà kính tại Việt Nam. Trong đó, kết quả kiểm kê khí nhà kính cho thấy ngành chăn nuôi hàng năm thải ra khoảng 18,5 triệu tấn khí nhà kính, chiếm 19% lượng phát thải trong nông nghiệp [3]. Với sự phát triển mạnh mẽ để đáp ứng nhu cầu cung cấp thịt, sữa,... ngành chăn nuôi của Việt Nam kéo theo cùng với đó là nhu cầu tiêu thụ thức ăn chăn nuôi có chất lượng, đầy đủ dinh dưỡng để đảm bảo tăng trưởng và năng suất. Trong bài báo này, chúng tôi tập trung nghiên cứu toán lượng khí nhà kính phát sinh từ quá trình hoạt động của Nhà máy sản xuất thức ăn gia súc Xuân Mai. Trong hoạt động của nhà máy, khí nhà kính phát sinh từ các hoạt động chính là hoạt động của lò hơi, hoạt động của trạm xử lý nước thải, hoạt động của các phương tiện vận chuyển và điện tiêu thụ trong nhà máy. Trong các nguồn phát sinh này thì nguồn phát sinh do hoạt động vận chuyển và điện tiêu thụ là các hoạt động nằm ngoài phạm vi sản xuất trực tiếp của nhà máy. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung vào hoạt động thường xuyên tại nhà máy góp phần tạo ra khí nhà kính là hoạt động của lò hơi, hoạt động của trạm xử lý nước thải trong nhà máy.



2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

**Đối tượng nghiên cứu:** đối tượng nghiên cứu là các loại khí nhà kính phát sinh từ quá trình hoạt động của trạm xử lý nước thải và lò hơi tại Nhà máy sản xuất thức ăn chăn nuôi Xuân Mai.

**Phương pháp nghiên cứu:** nghiên cứu này sử dụng công thức tính toán phát thải khí nhà kính theo hướng dẫn của IPCC. Hình 1 thể hiện sơ đồ khung tính toán phát thải của Trạm xử lý nước thải và lò hơi. Các số liệu sử dụng trong nghiên cứu là các số liệu được thu thập từ Báo cáo đề xuất cấp giấy phép môi trường của cơ sở Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai, trong đó thông số nước thải tại trạm xử lý nước thải được thu thập trong hai năm 2022 và 2023.



Hình 1. Sơ đồ tính toán phát thải khí nhà kính từ trạm xử lý nước thải và lò hơi

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ TÍNH TOÁN

a. Hiện trạng hoạt động của nhà máy

Hiện tại, nhà máy đang hoạt động với số lượng nhân viên là 196 người và hoạt động công suất đạt khoảng 73 % so với công suất thiết kế. Cụ thể như sau:

Bảng 1. Công suất hoạt động của cơ sở

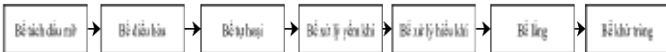
| STT | Tên sản phẩm      | Công suất hiện tại (tấn/ tháng) | Công suất thiết kế (tấn/ tháng) |
|-----|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1   | Cám gà            | 17.213                          | 26.723                          |
| 2   | Cám lợn           | 28.045                          | 35.950                          |
| 3   | Cám vịt           | 4.479                           | 5.509                           |
| 4   | Các loại cám khác | 868                             | 1.819                           |
|     | Tổng              | 50.605                          | 70.000                          |

Nguồn [1]

**Hiện trạng hệ thống lò hơi:** Trong quá trình hoạt động, cơ sở sử dụng 02 lò hơi (đốt bằng phoi bào, mùn cưa) để làm nguồn cung cấp nhiệt, hơi trong quá trình sản xuất.

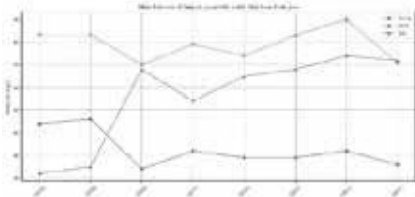
**Hiện trạng hệ thống xử lý nước thải**

Nước thải được thu gom từ các khu vực trong nhà máy về trạm xử lý nước thải tập trung với công suất 70 m<sup>3</sup>/ngày đêm. Nước thải sau khi xử lý đạt Cột B QCTĐHN 02 :2014/BTNMT, sẽ được xả ra nguồn tiếp nhận là sông Bùi.



Hình 2. Hệ thống xử lý nước thải của nhà máy với công suất 70 m<sup>3</sup>/ngày đêm

Dữ liệu về các thông số trong nước thải được thu thập trong hai năm 2022 và 2023 và được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Diễn biến các thông số nước thải năm 2022 và 2023. Nguồn [1]

b. Kết quả tính toán tổng lượng khí thải nhà kính

Có ba nguồn phát thải khí nhà kính chính từ Nhà máy: Phát thải từ xử lý nước thải (bao gồm cả phát thải từ xử lý bùn của hệ thống xử lý nước thải), phát thải từ hệ thống lò hơi. Các khí nhà kính chính được tính toán ở đây là CH<sub>4</sub> (mê tan) và N<sub>2</sub>O (đinitơ monoxit), sau đó được quy đổi sang CO<sub>2</sub>e (đơn vị đo lường khí nhà kính tương đương CO<sub>2</sub>), được sử dụng để so sánh tác động của các khí nhà kính khác nhau)

\*) Phát thải khí nhà kính từ hệ thống xử lý nước thải

• **Phát thải khí nhà kính từ quá trình xử lý nước thải**

+ **Phát thải CH<sub>4</sub>:**

Hệ số phát thải: EF<sub>f</sub> = Bo × MCF<sub>f</sub> = 0,25 (kg CH<sub>4</sub>/kg BOD) × 0,3 = 0,2 [4]  
Trong đó:

Bo: công suất phát thải CH<sub>4</sub> tối đa (kg CH<sub>4</sub>/kg COD); Bo = 0,25 (kgCH<sub>4</sub>/kg COD);

MCF<sub>f</sub>: hệ số hiệu chỉnh metan, MCF<sub>f</sub> = 0,8;

Tải lượng COD trong 1 năm (lấy theo thông số quan trắc hàm lượng COD đạt giá trị cao nhất vào quý 3/2023: 90 mg/l = 0,09 kg/ m<sup>3</sup>)

S = 0,09 (kg COD/ m<sup>3</sup>) × 70 (m<sup>3</sup>/ngđ) × 365 (ngày/năm) = 2299,5 (kg COD/năm)

Hàm lượng CH<sub>4</sub> phát sinh từ nước thải công nghiệp:

CH<sub>4</sub> phát thải = Σ<sub>i</sub> [(TOW<sub>i</sub> - S<sub>i</sub>) EF<sub>f</sub> - R<sub>i</sub>]

Trong đó:

TOW<sub>i</sub>: tổng lượng chất hữu cơ được phân hủy trong nước thải (kgCOD/năm)

TOW<sub>i</sub> = P<sub>i</sub> × W<sub>i</sub> × COD<sub>i</sub> = 2300,1 kg COD/ năm

P<sub>i</sub>: tổng công suất (tấn sản phẩm/năm)

W<sub>i</sub>: lượng nước thải tạo thành: 0,0421 m<sup>3</sup>/tấn sản phẩm

i: hệ số công nghiệp

S<sub>i</sub>: thành phần hữu cơ được loại bỏ dưới dạng bùn, kg BOD/năm

EF<sub>f</sub>: hệ số phát thải kg CH<sub>4</sub>/kg COD

R<sub>i</sub>: lượng CH<sub>4</sub> thu hồi trong năm, kg CH<sub>4</sub>/ năm.

(2300,1 - 2299,5) × 0,2 = 0,6 × 0,2 = 0,12 (kg CH<sub>4</sub>/năm)

- Lượng phát thải quy đổi tương đương CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e):

Esh = 24 × CH<sub>4</sub>sh = 24 × 0,12 = 2,88 (kgCO<sub>2</sub>e /năm)

Trong đó:

Esh: lượng phát thải CO<sub>2</sub>e từ quá trình xử lý nước thải, kg;

CH<sub>4</sub>sh : lượng phát thải khí CH<sub>4</sub>, kg CH<sub>4</sub>/năm;

24 : hệ số quy đổi khí CH<sub>4</sub> theo CO<sub>2</sub>e.

+ **Phát thải N<sub>2</sub>O:**

N<sub>2</sub>O phát thải = N<sub>eff</sub> × EF<sub>eff</sub> [4]

Trong đó:

N<sub>2</sub>O phát thải: lượng phát thải N<sub>2</sub>O trong năm, kg N<sub>2</sub>O/ năm

N<sub>eff</sub>: ni tơ thải ra môi trường nước, kg N/ năm

EF<sub>eff</sub>: hệ số phát thải N<sub>2</sub>O trong nước thải, kg N<sub>2</sub>O-N/kg N

Hệ số 44/28 là hệ số chuyển đổi từ số kg N<sub>2</sub>O-N sang số kg N<sub>2</sub>O

N<sub>2</sub>O phát thải = 0,0276 × 70 × 365 × 0,005 × 44/28 = 0,1518 kg N<sub>2</sub>O /năm

- Lượng phát thải quy đổi tương đương CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) :

298 × N<sub>2</sub>O<sub>bùn</sub> = 45,236 (kgCO<sub>2</sub>e /năm)

+ **Phát thải CO<sub>2</sub>:**

CO<sub>2</sub> = Q × BOD<sub>influent</sub> × EF<sub>CO2</sub> = 15238,02 (kg/năm)

Trong đó:

Q: Q<sub>tb</sub> : lưu lượng nước thải của nhà máy, Q = 70 m<sup>3</sup>/ngđ = 25550 m<sup>3</sup>/năm

BOD<sub>influent</sub>: Nồng độ BOD trong nước thải đầu vào: 0,35 kg/m<sup>3</sup>

EF<sub>CO2</sub>: hệ số phát thải CO<sub>2</sub>: 1,704

• **Phát thải khí nhà kính từ quá trình xử lý bùn:**

+ **Phát thải CH<sub>4</sub>:**

- Tổng lượng bùn dư sinh ra mỗi ngày:

P<sub>x</sub> = Y<sub>obs</sub>.VSS × Q<sub>tb</sub> × (COD<sub>i</sub> - COD<sub>e</sub>) = 0,4 (gVSS/ gBOD) × 70 (m<sup>3</sup>/ngđ) × (500 - 150) (g/m<sup>3</sup>) × 10<sup>-3</sup> (kg/g) = 9,8 (kgVSS/ngđ) = 3577 (kgVSS/năm)

Trong đó:

Px : lượng bùn dư sinh ra mỗi ngày, kgVSS/ngđ;

Yobs.VSS : hệ số sản lượng quan sát dựa trên TSS, gVSS/ gCOD;  
(Metcalf & Eddy)

Qtb : lưu lượng nước thải của nhà máy, Q = 70 m<sup>3</sup>/ngđ;

CODi : COD đầu vào, CODi = 500 mg/l;

- Lượng bùn dư cần xử lý mỗi ngày:

$$M_i = P_x - Q_{tb} \times S_{Se} = 9,8 \text{ (kg VSS/ngđ)} - 70 \text{ (m}^3\text{/ngđ)} \times 100 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 10^{-3} \text{ (kg/g)} = 2,8 \text{ (kg VSS/ngđ)} = 1022 \text{ (kg VSS/năm)}$$

Trong đó:

Px : lượng bùn dư sinh ra mỗi ngày, kgVSS/ngđ;

Qtb : lưu lượng nước thải của nhà máy, Q = 70 m<sup>3</sup>/ngđ;

S<sub>Se</sub> : hàm lượng TSS đầu ra (mg/l), TSS = 100mg/l.

- Lượng CH<sub>4</sub> phát thải từ quá trình xử lý bùn (trên một trọng lượng khô):

$$CH_4 \text{ bùn} = \Sigma(M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R = 1022 \text{ (kg/năm)} \times 10 \text{ (g CH}_4\text{/kg)} - 0 \text{ (kg CH}_4\text{)} = 10,22 \text{ (kg CH}_4\text{/năm)}$$

Trong đó:

CH<sub>4</sub> bùn: tổng lượng CH<sub>4</sub> phát thải, kg CH<sub>4</sub>/năm;

M<sub>i</sub>: khối lượng chất thải hữu cơ được xử lý bằng xử lý sinh học, kg/năm;

EF: hệ số phát thải, g CH<sub>4</sub>/kg, EF<sub>i</sub> = 10 g CH<sub>4</sub>/kg (Bảng 4.1 IPCC, 2006);

R: tổng lượng CH<sub>4</sub> được thu hồi, Gg CH<sub>4</sub>, R=0.

- Lượng phát thải quy đổi tương đương CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e):

$$Ebùn = 24 \times CH_4 \text{ bùn} = 24 \times 10,22 = 245,28 \text{ (kg CO}_2\text{e /năm)}$$

Trong đó:

E<sub>bùn</sub>: lượng phát thải CO<sub>2</sub>e từ quá trình xử lý bùn, kg;

CH<sub>4</sub> bùn: lượng phát thải khí CH<sub>4</sub> từ quá trình xử lý bùn, kg CH<sub>4</sub>/năm;

24: hệ số quy đổi khí CH<sub>4</sub> theo CO<sub>2</sub>e

#### + Phát thải N<sub>2</sub>O:

$$N_2O \text{ bùn} = \Sigma(M_i \times EF_i) \times 10^{-3} = 1022 \text{ (kg/năm)} \times 0,6 \text{ (g N}_2\text{O/kg)} \times 10^{-3} = 0,613 \text{ (kg N}_2\text{O/năm)}$$

N<sub>2</sub>O phát thải: tổng lượng N<sub>2</sub>O phát thải, kg N<sub>2</sub>O/năm;

M<sub>i</sub>: khối lượng chất thải hữu cơ được xử lý bằng xử lý sinh học, kg/năm;

EF = hệ số phát thải, gN<sub>2</sub>O/kg, EF = 0,6 gN<sub>2</sub>O/kg (lấy trong bảng 4.1 IPCC, 2006);

$$\text{- Lượng phát thải quy đổi tương đương CO}_2 \text{ (CO}_2\text{e): } Ebùn = 298 \times N_2Obùn = 298 \times 0,613 = 182,674 \text{ (kgCO}_2\text{e /năm)}$$

Trong đó:

E<sub>bùn</sub>: lượng phát thải CO<sub>2</sub>e từ quá trình xử lý bùn, kg;  
N<sub>2</sub>O<sub>bùn</sub>: lượng phát thải khí N<sub>2</sub>O từ quá trình xử lý bùn, kgN<sub>2</sub>O/năm;  
298: hệ số quy đổi khí N<sub>2</sub>O theo CO<sub>2</sub>e.

$$\bullet \text{ Tổng hàm lượng khí nhà kính sinh ra từ hệ thống xử lý nước thải: } 2,88 + 45,236 + 15,238,02 + 245,28 + 182,674 = 15.714,09 \text{ (kgCO}_2\text{e /năm)}$$

#### \*) Phát thải khí nhà kính từ hệ thống lò hơi

Để tính toán khí nhà kính từ quá trình đốt lò hơi của Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai, chúng ta cần sử dụng dữ liệu về lượng nhiên liệu tiêu thụ, cùng với các hệ số phát thải tương ứng. Theo khảo sát, nhà máy sử dụng 02 lò hơi đốt bằng phoi bào và mùn cưa. Lượng phoi bào: 634 tấn/tháng và Củi băm: 63 tấn/tháng. Như vậy tổng cộng lượng sinh khối sử dụng là 697 tấn/tháng. Theo hướng dẫn của IPCC [4] thì nhiệt lượng trung bình sinh ra khi đốt sinh khối là 15,6 TJ/Gg và lượng khí nhà kính phát sinh là 112.000 kgCO<sub>2</sub>/TJ, 30 kgCH<sub>4</sub>/TJ, 4 kg N<sub>2</sub>O/TJ thì ta có thể tính toán lượng khí nhà kính quy đổi là 1,77 Kg CO<sub>2</sub>e /kg nguyên liệu.

Vậy lượng khí nhà kính phát thải từ lò hơi là 1.233,69 Tấn CO<sub>2</sub>e /tháng hay 14.804,28 tấn CO<sub>2</sub>e trong một năm

Tổng hàm lượng phát thải khí nhà kính quy đổi ra CO<sub>2</sub> của nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai

$$15.714,09 + 14.804,280 = 14.819.994,09 \text{ (kg CO}_2\text{e /năm)} = 14.819,99409 \text{ (tấn CO}_2\text{e /năm)}$$

Nghiên cứu đã tiến hành kiểm kê khí nhà kính cho hệ thống xử lý nước thải và hoạt động lò hơi của Nhà máy chế biến thức ăn gia súc

Xuân Mai. Tổng lượng khí nhà kính phát sinh gần 15.000 tấn CO<sub>2</sub>e hằng năm. Nhìn một cách tổng thể, việc nhà máy sử dụng biomass làm nhiên liệu cho lò hơi, giúp giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch. Biomass được coi là nguồn năng lượng tái tạo, có thể giúp giảm tác động tổng thể đến môi trường so với việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Tuy nhiên mặc dù sử dụng biomass, lượng phát thải khí nhà kính từ lò hơi vẫn rất lớn (14.804,28 tấn CO<sub>2</sub>e /năm) chiếm 99,9% tổng lượng phát thải. Lượng phát thải khí nhà kính từ hệ thống xử lý nước thải chiếm một phần không đáng kể, chỉ 15.714,09 kg CO<sub>2</sub>e /năm. Lý do có thể do công suất của trạm xử lý nước thải khá nhỏ (70 m<sup>3</sup>/ngày đêm). Vì vậy, để giảm thiểu phát thải khí nhà kính, các giải pháp cần được xem xét để đưa ra các cải tiến cho quá trình đốt nhiên liệu của lò hơi. Bên cạnh đó, bài báo cũng đề xuất việc thu hồi khí mê tan từ hệ thống xử lý nước thải để vừa làm giảm lượng khí nhà kính, vừa có thể sử dụng làm nhiên liệu.

Đối với lò hơi, việc đốt biomass (phoi bào, mùn cưa) đốt hàm lượng carbon đã có trong chu trình carbon tự nhiên vì vậy tác động ròng là không có thêm CO<sub>2</sub> mới được thêm vào bầu khí quyển, miễn là các khu rừng tạo ra nhiên liệu biomass phải được khai thác và quản lý bền vững. Tuy nhiên, nhà máy vẫn cần tối ưu hóa hiệu suất lò hơi để giảm lượng biomass cần thiết. Các giải pháp có thể xem xét gồm có cải tiến buồng đốt, thiết lập hệ thống điều khiển tự động, xây dựng hệ thống thu hồi nhiệt dư, cải thiện chất lượng nhiên liệu đầu vào. Nếu có thể, cần mở rộng nguồn nhiên liệu, tìm kiếm nguồn biomass bền vững và có hệ số phát thải thấp hơn.

Để thực hiện các vấn đề trên, doanh nghiệp cần xây dựng kế hoạch giảm phát thải dài hạn, đặt mục tiêu cụ thể cho từng năm và bên cạnh đó cần thực hiện kiểm toán năng lượng định kỳ để xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải.

#### 4. KẾT LUẬN

Hoạt động kiểm kê khí nhà kính cho phép doanh nghiệp đo lường chính xác lượng khí thải từ các quá trình sản xuất, vận tải và tiêu dùng, giúp doanh nghiệp đánh giá được tác động của mình đối với biến đổi khí hậu. Thông qua việc xác định chính xác nguồn và lượng phát thải, doanh nghiệp có thể quản lý rủi ro hiệu quả và xây dựng các giải pháp giảm thiểu phù hợp. Tại Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai, nghiên cứu đã áp dụng phương pháp của IPCC để định lượng khí thải từ các nguồn trong giai đoạn 2022-2023. Kết quả cho thấy tổng lượng khí nhà kính phát sinh hàng năm là gần 15.000 tấn CO<sub>2</sub>e /năm.

Để giảm thiểu lượng khí nhà kính, nhà máy có thể thực hiện các giải pháp như phát triển không gian xanh bằng cách trồng thêm cây có khả năng hấp thụ CO<sub>2</sub> cao, hiện đại hóa thiết bị với việc lắp đặt các hệ thống tối ưu cho quá trình đốt nhiên liệu tại lò hơi, tái sử dụng nước thải và thu hồi khí mê tan từ quá trình xử lý nước thải. Các biện pháp này không chỉ giúp cải thiện hiệu suất sản xuất mà còn góp phần tích cực vào nỗ lực giảm thiểu biến đổi khí hậu toàn cầu.

Việc kiểm kê không chỉ giúp tuân thủ các quy định pháp lý về môi trường mà còn mang lại lợi ích kinh tế thông qua việc cải thiện hiệu suất năng lượng và giảm chi phí vận hành. Đồng thời, công bố kết quả kiểm kê thể hiện cam kết phát triển bền vững của doanh nghiệp, tăng cường giá trị thương hiệu và khả năng thu hút đối tác quốc tế.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Báo cáo đề xuất cấp giấy phép môi trường của cơ sở Nhà máy chế biến thức ăn gia súc Xuân Mai, 2024.
- [2]. Giảm phát thải khí nhà kính trong chăn nuôi: Thách thức và Cơ hội. Báo điện tử Quân đội nhân dân.
- [3]. Nguyễn Thị Hồng Diệp, Phan Kiều Diễm, Nguyễn Kiều Diễm, Phạm Thị Bích Thảo, Hồ Ngọc Linh, Nguyễn Minh Nghĩa và Nguyễn Trọng Nguyễn. Đánh giá sự phát thải khí nhà kính tại TP Cần Thơ - Trường hợp nghiên cứu tại ba quận Ninh Kiều, Cái Răng và Bình Thủy. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Tập 59, Số Chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (2023): 21-30.
- [4]. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, Chapter 6.

# Ứng dụng radar xuyên đất trong chẩn đoán kết cấu bê tông

## Application of Ground Penetrating Radar in Concrete Structure Diagnostics

> NGUYỄN SƠN TÙNG<sup>1</sup>, LƯƠNG MINH CHÍNH<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Công ty TNHH Chodai & KisoJiban Việt Nam; Email: tung.ns01@ckjvn.vn

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy lợi; \*Corresponding author, Email: chinhlm@tlu.edu.vn

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày các khía cạnh lý thuyết và ứng dụng thực tiễn của radar xuyên đất (GPR) trong chẩn đoán kết cấu bê tông cốt thép. Nội dung bao gồm nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng, ưu điểm và hạn chế của GPR, đặc biệt trong đánh giá kết cấu bê tông. Các vấn đề về lựa chọn anten, quy trình khảo sát và phương pháp trực quan hóa dữ liệu cũng được thảo luận. Mặc dù không đi sâu vào xử lý dữ liệu chi tiết, bài báo đề cập các bước cơ bản kèm theo ví dụ từ thử nghiệm trên cầu và công trình công nghiệp. Ngoài ra, khả năng đánh giá độ ẩm và hàm lượng chloride trong bê tông thông qua phân tích sóng phản xạ cũng được đề cập.

**Từ khóa:** Kết cấu bê tông, chẩn đoán, radar xuyên đất (GPR), thử nghiệm không phá hủy (NDT).

### ABSTRACT

This paper summarizes the principles and practical use of Ground Penetrating Radar (GPR) in diagnosing reinforced concrete structures. It discusses GPR's operation, applications, strengths, and limitations, especially for concrete assessment. Antenna selection, testing procedures, and result visualization are outlined. While detailed data processing is not covered, key interpretation steps are included. Case studies on bridges and industrial structures illustrate material detection and field challenges. The paper also highlights moisture and chloride evaluation using reflected wave analysis.

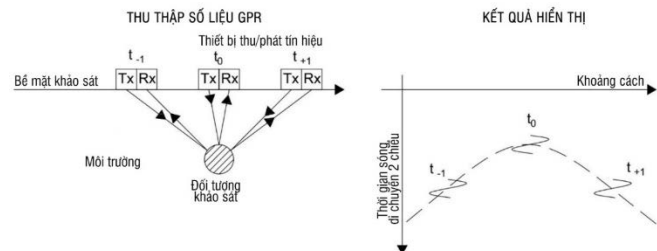
**Keywords:** Concrete structure, diagnostics, ground penetrating radar (GPR), non-destructive testing (NDT).

### 1. GIỚI THIỆU

Radar xuyên đất (GPR) là phương pháp không phá hủy (NDT) sử dụng sóng điện từ để khảo sát các đặc điểm nội tại của bê tông mà không gây hư hại kết cấu. Được phát triển từ công nghệ radar đầu thế kỷ 20, GPR đã trở thành công cụ chẩn đoán quan trọng cho bê tông cốt thép và bê tông dự ứng lực từ cuối thế kỷ 20 [1]. Nhờ tiến

bộ trong thiết bị và phân tích dữ liệu, GPR có thể phát hiện cốt thép, lỗ rỗng, độ ẩm và đánh giá chất lượng vật liệu.

Về nguyên lý, GPR phát sóng điện từ vào môi trường và ghi nhận tín hiệu phản xạ từ ranh giới vật liệu như giữa bê tông và cốt thép (Hình 1). Các tham số như thời gian lan truyền và biên độ phản xạ cho phép xác định vị trí và đặc điểm của các cấu trúc bên trong mà không cần phá hoại [16, 17]. Bài báo sẽ trình bày nguyên lý hoạt động, ứng dụng thực tiễn, so sánh với các phương pháp NDT khác, cùng các hạn chế và hướng phát triển của GPR trong chẩn đoán kết cấu bê tông.



Hình 1. Nguyên lý đo lường GPR

### 2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA GPR

Radar xuyên đất (GPR) phát xung sóng điện từ bằng rộng tần số cao từ ăng-ten phát (T) xuống đất. Sóng phản xạ từ các đối tượng hoặc lớp vật chất ngầm được ăng-ten thu (R) ghi lại. Thời gian lan truyền được tính theo phương trình sau:

$$t = \frac{\sqrt{(4z^2 + x^2)}}{v} \quad (1)$$

Trong đó:  $t$  là thời gian truyền hai chiều;  $z$  là độ sâu vật phản xạ;  $x$  là khoảng cách giữa hai anten;  $v$  là vận tốc sóng trong môi trường. Vận tốc  $v$  có thể suy ra từ dữ liệu hoặc tính theo phương trình sau:

$$v = \left\{ \frac{\mu \epsilon}{2} \left[ \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \right)^2} + 1 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Trong đó:  $\mu$  là độ từ thẩm,  $\epsilon$  là hằng số điện môi,  $\sigma$  là độ dẫn điện,  $\omega$  là tần số góc. Với đá và đất (môi trường phi từ, gần như không dẫn điện), điều kiện  $\sigma/\omega \epsilon \ll 1$  được thỏa mãn, nên công thức (2) rút gọn thành:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

Trong đó:  $c$  là vận tốc sóng điện từ trong chân không ( $c = 0,3$  m/ns),  $\epsilon_r$  là hằng số điện môi tương đối. Hình ảnh radar thường ghi lại dưới dạng sóng xung phản xạ, hiển thị bằng mức xám hoặc màu để làm rõ các bề mặt hoặc vật thể ngầm qua các sự kiện phản xạ, đường đồng xám hay đồng sắc [17].

Khả năng phát hiện đối tượng của GPR phụ thuộc vào độ tương phản hằng số điện môi tương đối ( $\epsilon_r$ ) giữa vật liệu và vật thể. Độ tương phản  $\epsilon_r$  càng lớn, tín hiệu phản xạ càng rõ. Ví dụ: bê tông ( $\epsilon_r = 9-12$ ), không khí (1), nước (81), thép ( $\infty$ ) - cho phép dễ phát hiện lỗ rỗng, nước, cốt thép. Ngược lại, khi  $\epsilon_r$  gần nhau, tín hiệu yếu rất khó phát hiện.

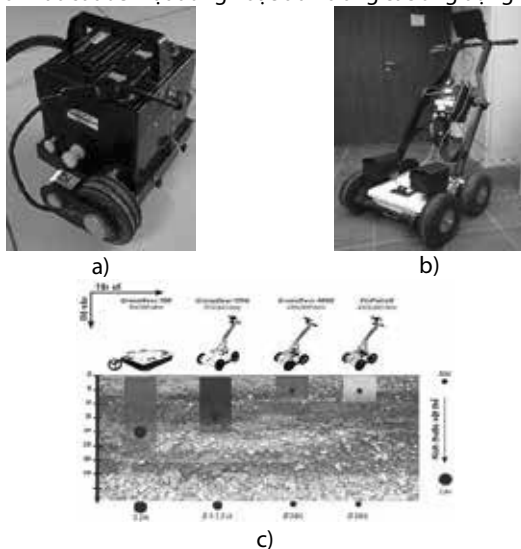
GPR là công cụ hiệu quả để phát hiện không phá hủy các bất liên tục trong kết cấu bê tông nhờ vào độ tương phản hằng số điện môi ( $\epsilon_r$ ). Phương pháp này cho phép nhận diện lỗ rỗng chứa không khí hoặc nước, vết nứt [19], ăn mòn cốt thép [20, 21], độ ẩm [22-24], cũng như các thành phần kết cấu như cốt thép và dây cáp ứng lực trước [25, 26]. Nhờ đó, GPR đóng vai trò quan trọng trong đánh giá tính toàn vẹn kết cấu và hỗ trợ bảo trì. Tuy nhiên, hiệu quả giảm khi độ tương phản  $\epsilon_r$  thấp, chẳng hạn giữa hai lớp bê tông có đặc tính tương tự - một yếu tố cần cân nhắc trong quá trình nghiên cứu.

Bảng 1. Hằng số điện môi của một số vật liệu được chọn [18]

| Vật liệu     | Không khí    | Granite         | Cát khô | Cát ướt  |
|--------------|--------------|-----------------|---------|----------|
| $\epsilon_r$ | 1            | 9               | 4-6     | 30       |
| Vật liệu     | Bê tông nhựa | Bê tông xi măng | Nước    | Thép     |
| $\epsilon_r$ | 3-6          | 9-12            | 81      | $\infty$ |

### 3. LỰA CHỌN ANTEN VÀ TẦN SỐ

Việc lựa chọn Anten của radar xuyên đất (GPR) phụ thuộc vào mục tiêu khảo sát, trong đó tần số Anten quyết định độ phân giải và độ sâu xuyên thấu [27]. GPR thường sử dụng Anten từ 10 MHz đến 6 GHz [1]. Anten tần số cao (>1 GHz) cho độ phân giải tốt nhưng độ xuyên thấu thấp; chẳng hạn, Anten 1 GHz có thể phát hiện đối tượng nhỏ cỡ 1 cm ở độ sâu 1-2 m. Trong chẩn đoán kết cấu bê tông, Anten cao tần được ưu tiên để phát hiện chi tiết nhỏ như cốt thép hoặc lỗ rỗng gần nhau. Với kích thước nhỏ gọn và trọng lượng nhẹ (Hình 2a), các Anten này phù hợp cho khảo sát bề mặt đường hoặc trần trong các ứng dụng thực tế.



Hình 2. (a) Anten 2 GHz dùng cho kết cấu bê tông, (b) Bộ thiết bị để quét các bề mặt ngang lớn, (c) các loại tần số Anten, độ phân giải, và độ sâu xuyên thấu



Hình 3. Thu thập dữ liệu GPR: (a) Trên bề mặt thẳng đứng bằng Anten tần số cao, (b) Quét mặt cầu bằng Anten tần số trung bình

## 4. PHƯƠNG PHÁP THU THẬP VÀ TRỰC QUAN HÓA DỮ LIỆU

### 4.1. Biểu đồ A-scan và B-scan

Dữ liệu radar xuyên đất (GPR) thường được ghi dưới dạng A-scan - biểu đồ biên độ sóng điện từ phản xạ theo thời gian lan truyền từ Anten phát đến vật thể và quay về Anten thu (Hình 4a) [15]. Tuy hữu ích cho phân tích tại điểm đơn lẻ, A-scan thiếu thông tin không gian để diễn giải kết cấu vật liệu. Do đó, các A-scan được xếp cạnh nhau (Hình 4b) và hiển thị bằng thang màu để tạo thành B-scan (Hình 4c) - mặt cắt hai chiều thể hiện rõ các đặc điểm như lỗ rỗng, cốt thép hay khuyết tật bên trong bê tông. Trong B-scan, trục ngang là đường di chuyển Anten, trục dọc là thời gian lan truyền sóng, có thể quy đổi thành độ sâu nếu biết tốc độ sóng trong môi trường (như bê tông). Biên độ sóng mã hóa bằng màu, phản ánh các đặc điểm như lỗ rỗng, vết nứt hoặc cốt thép. Đặc trưng thường gặp là các hyperbola đảo ngược (Hình 4c), do phản xạ từ đối tượng điểm như thanh cốt thép, giúp nhận diện cấu kiện trong bê tông.

### 4.2. Trực quan hóa 3D và biểu đồ C-scan

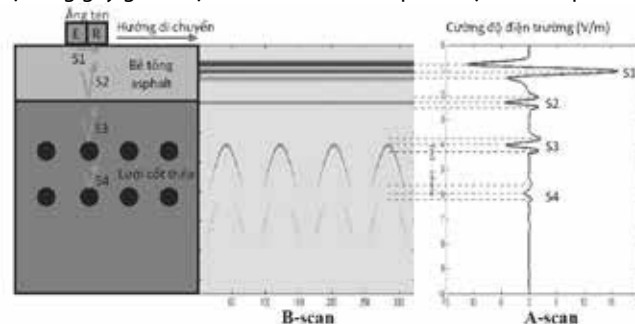
Một phương pháp trình bày dữ liệu GPR tiên tiến là trực quan hóa 3D, kết hợp các B-scan từ các đường quét song song để tái tạo mô hình ba chiều lớp dưới bề mặt (Hình 4d) [28]. Cách này cho phép lập bản đồ chi tiết cốt thép hoặc lỗ rỗng, nhưng đòi hỏi mật độ đo cao, tốn thời gian và chi phí. Kỹ thuật khác là C-scan (mặt cắt thời gian), cung cấp lát cắt ngang tại độ sâu xác định, giúp xác định phân bố đối tượng dưới bề mặt. Tuy nhiên, dù ở dạng B-scan, C-scan hay 3D, dữ liệu GPR thường nhiễu và phản xạ phức tạp, gây khó khăn trong diễn giải trực tiếp.

Để nâng cao chất lượng dữ liệu GPR, các kỹ thuật xử lý như hiệu chỉnh thời gian 0 (loại bỏ ảnh hưởng bề mặt), di chuyển (tập trung phản xạ), giải tích (làm rõ tín hiệu) và lọc f-k (loại nhiễu) thường được áp dụng [1, 29]. Những bước này giúp tăng độ rõ nét tín hiệu, hỗ trợ diễn giải chính xác đặc điểm bên trong kết cấu.

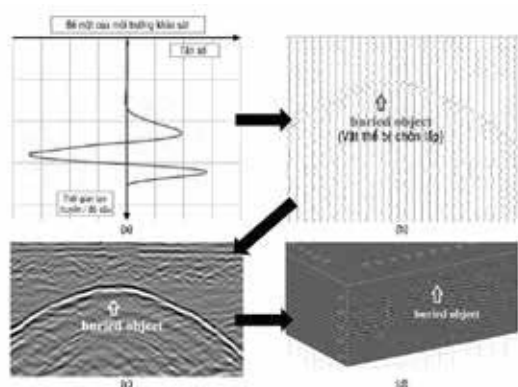
## 5. ỨNG DỤNG THỰC TẾ TRONG CHẨN ĐOÁN KẾT CẤU BÊ TÔNG

GPR được ứng dụng hiệu quả trong kiểm tra kết cấu bê tông cốt thép và bê tông dự ứng lực, đặc biệt trong khảo sát mặt cầu tại Mỹ để phát hiện ăn mòn cốt thép và đo chiều dày lớp phủ bê tông. Dữ liệu GPR thường trình bày dưới dạng B-scan (Hình 5a), giúp xác định chiều sâu và đánh giá chất lượng lớp vật liệu. Biên độ phản xạ từ cốt thép là chỉ số chính: phản xạ mạnh cho thấy bê tông còn tốt, phản xạ yếu cho thấy khả năng suy giảm do ẩm, muối hoặc ăn mòn. Dữ liệu được chuẩn hóa theo độ sâu và hiệu chỉnh sai số hình học để phân loại vùng nghi ngờ, sau đó kiểm chứng bằng khoan hoặc phương pháp NDT khác [3].

Hình 5 minh họa B-scan thu bằng Anten 2 GHz quét dọc trục cầu [3, 8, 9]. Các hyperbola đảo ngược thể hiện phản xạ từ cốt thép, cho thấy rõ vị trí và biến dạng lưới cốt thép, cũng như độ dày lớp phủ. Ranh giới giữa lớp lát, bản cầu và đáy bản cũng được nhận diện nhờ tương phản điện môi mạnh. Tuy nhiên, ở độ sâu lớn, suy giảm và tán xạ sóng gây giảm độ chính xác, làm khó phát hiện cốt thép sâu.







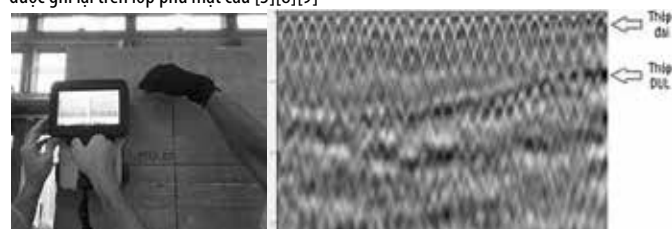
Hình 4. Trực quan hóa dữ liệu GPR: a) A-scan, b) Tập hợp các A-scan (chế độ wiggle), c) B-scan, d) 3D [5]

GPR cho thấy tiềm năng lớn trong chẩn đoán kết cấu bê tông [6]. Hình 5 là B-scan từ mặt cầu thu bằng anten 2 GHz, cho thấy các hyperbola đảo ngược do phản xạ từ cốt rào kim loại bên ngoài - không phải từ cấu kiện bên trong, dù anten đã được che chắn. Điều này nhấn mạnh vai trò của các yếu tố ngoại vi gây nhiễu trong khảo sát và phân tích kết quả GPR [10-12].

GPR cũng được dùng để khảo sát dầm cầu bê tông dự ứng lực căng sau [13, 30], nhằm xác định vị trí tuyến cáp, lỗ rỗng, ăn mòn và ước tính lực căng cáp. Hình 6 là B-scan mặt bên dầm cầu thu bằng anten 2 GHz: các hyperbola ở trên là cốt đai, còn các tín hiệu sâu hơn là tuyến cáp, thay đổi hướng gần trụ đỡ. Tuy nhiên, khả năng phát hiện cáp phụ thuộc vào vật liệu ống và mật độ cốt thép. Khu vực gối cầu có cốt đai dày làm tán xạ mạnh, giảm độ xuyên sâu. Ngoài ra, anten 2 GHz có độ phân giải cao nhưng chỉ xuyên sâu khoảng 0,5 m - giới hạn cho các dầm lớn [15-16].

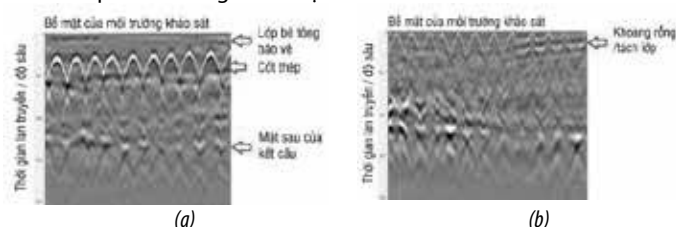


Hình 5. (a) Thu thập dữ liệu trên bản mặt cầu bằng thiết bị GPR. (b) Dữ liệu GPR mẫu được ghi lại trên lớp phủ mặt cầu [3][8][9]



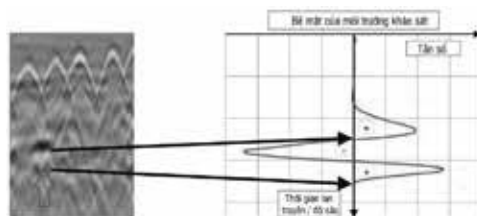
Hình 6. Ứng dụng GPR với antenna 2 GHz nhằm phát hiện tuyến cáp trong dầm cầu bê tông ứng lực căng sau [30]

GPR cho phép đo chiều dày và phát hiện khuyết tật trong kết cấu bê tông tiếp cận từ một phía. Nghiên cứu [12] khảo sát một bể thử nghiệm lớn (10,0 m × 2,1 m × 2,6 m) bằng GPR, xác định vị trí, bố trí và độ sâu cốt thép, đồng thời lập bản đồ vùng rỗng tiềm năng mà không gây hư hại. Hình 7a là B-scan lớp vỏ bể cho thấy chiều dày khoảng 25 cm. Hình 7b làm rõ tín hiệu phân lớp tại vị trí cốt thép, có thể liên quan đến ứng suất hoặc ăn mòn.



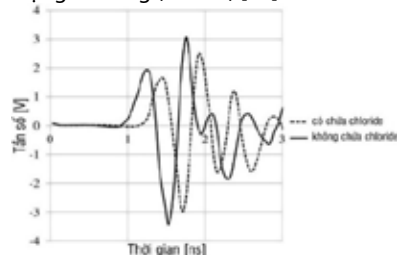
Hình 7. Các B-scan mẫu được ghi lại trong quá trình quét bể chứa bê tông cốt thép [12]

Mặc dù GPR không xác định trực tiếp vật liệu của đối tượng, phân tích cực tính sóng phản xạ cung cấp manh mối về hằng số điện môi ( $\epsilon_r$ ) so với bê tông ( $\epsilon_r = 9-12$ , theo Bảng 1). Hình 8 minh họa B-scan với biên độ âm (cực tính +/-/-+), cho thấy đối tượng có  $\epsilon_r$  thấp hơn bê tông, như lỗ rỗng chứa không khí ( $\epsilon_r = 1$ ). Ngược lại, biên độ dương (cực tính -/+/-) gợi ý vật liệu có  $\epsilon_r$  cao hơn, như lỗ rỗng chứa nước ( $\epsilon_r = 81$ ), giúp thu hẹp khả năng nhận diện vật liệu. Tuy nhiên, các quan hệ cực tính này phụ thuộc vào hệ thống GPR cụ thể (thiết kế anten, xử lý tín hiệu) nên không mang tính phổ quát. Nước trong bê tông ảnh hưởng rõ rệt đến tính chất điện môi, đặc biệt là  $\epsilon_r$  và độ dẫn điện. Khi hàm lượng nước tăng, cả hai thông số này đều tăng, khiến sóng phản xạ bị hấp thụ mạnh hơn và biên độ giảm. Mức độ bão hòa cao còn gây hiện tượng phân cực lưỡng cực, khi các phân tử nước sắp xếp theo trường điện từ, tiếp tục làm giảm biên độ phản xạ.



Hình 8. Nguyên lý phát hiện lỗ rỗng trong bê tông [12]

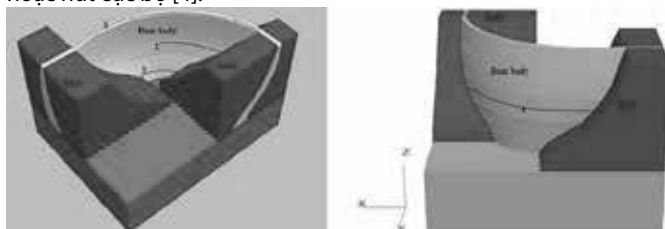
Các ion chloride làm tăng độ dẫn điện của bê tông, đặc biệt khi có nước, khiến tín hiệu GPR bị hấp thụ và tán xạ mạnh, làm suy giảm sóng phản xạ. Đồng thời ion chloride thúc đẩy ăn mòn cốt thép, gây biến dạng tín hiệu và gây khó khăn trong đánh giá kết cấu. GPR có thể ước tính độ ẩm, hàm lượng chloride (NaCl) và hằng số điện môi ( $\epsilon_r$ ) của bê tông [31, 32]. Khi độ ẩm và chloride tăng, nhất là trong điều kiện bão hòa, biên độ sóng giảm mạnh do phân cực lưỡng cực và tăng dẫn điện - rõ nét hơn ở tần số cao. Phân tích biên độ giúp phát hiện vùng ẩm hoặc bị ăn mòn. Giá trị  $\epsilon_r < 5$  thường chỉ ra ăn mòn nặng, còn  $\epsilon_r > 10$  cho thấy độ ẩm cao. Khi hàm lượng nước và chloride tăng, tốc độ và biên độ sóng đều giảm, là chỉ báo quan trọng về chất lượng bê tông (Hình 9) [33].



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng nước và chloride đến các tham số sóng phản xạ

Trong thực tế, phân tích sóng phản xạ từ radar xuyên đất (GPR) cho phép đánh giá lớp phủ bê tông, lớp bảo vệ cốt thép, mà không cần phá hủy. Sóng phản xạ từ cốt thép giúp xác định nguy cơ suy thoái do ăn mòn. Đặc biệt, hằng số điện môi ( $\epsilon_r$ ) suy ra từ tín hiệu phản xạ phản ánh chất lượng bê tông:  $\epsilon_r < 5$  thường cho thấy ăn mòn nghiêm trọng, trong khi  $\epsilon_r > 10$  cho thấy bê tông có độ ẩm cao. Thông tin này rất quan trọng trong việc lên kế hoạch bảo trì và đảm bảo an toàn kết cấu.

GPR cũng được ứng dụng để đánh giá độ ẩm và phát hiện vết nứt trên các công trình lớn, như đập bê tông dạng vòm đá đổ Sanqingting (Trung Quốc, cao 52,2 m, dung tích 2,08 triệu m<sup>3</sup>, Hình 10). Trong nghiên cứu, bốn tuyến đo được thực hiện trên đỉnh và thân đập bằng Anten 100 MHz và 400 MHz. Tuyến đo 1 (trên đỉnh) cho thấy cấu trúc tổng thể tốt, với ba dị thường có thể là vết nứt nhỏ ở độ sâu 3-20 m. Tuyến đo 2-4 (thân đập) cho thấy phần lớn ổn định, song cũng ghi nhận một số dị thường nhỏ, có thể do đá đổ rời rạc hoặc nứt cục bộ [4].



Hình 10. Sơ đồ các tuyến đo bằng GPR trên đập Sanqingting (Trung Quốc) [4]

Trong nghiên cứu [34], GPR sử dụng Anten tần số 1.5 GHz và 2.6 GHz kết hợp với cảm biến điện trở sửa đổi để đánh giá hàm lượng chloride và độ ẩm trong cầu bê tông chịu ảnh hưởng môi trường biển. GPR thu liên tục tín hiệu phản xạ (A-scan) theo miền thời gian, bao gồm: thời gian truyền (travel time), biên độ và phổ tần số (peak frequencies), sau đó phân tích bằng biến đổi Fourier ngắn hạn (STFT). Kết quả cho thấy vùng có biên độ sóng giảm mạnh ở độ sâu 5-10 cm, tương ứng khu vực có độ ẩm cao và hàm lượng chloride lớn do xâm nhập muối biển, cảnh báo nguy cơ ăn mòn cốt thép. Dữ liệu GPR được hiệu chuẩn bằng đo điện trở tại hiện trường, góp phần tăng độ tin cậy của kết quả đánh giá [34].

## 6. SO SÁNH GPR VỚI CÁC PHƯƠNG PHÁP NDT KHÁC

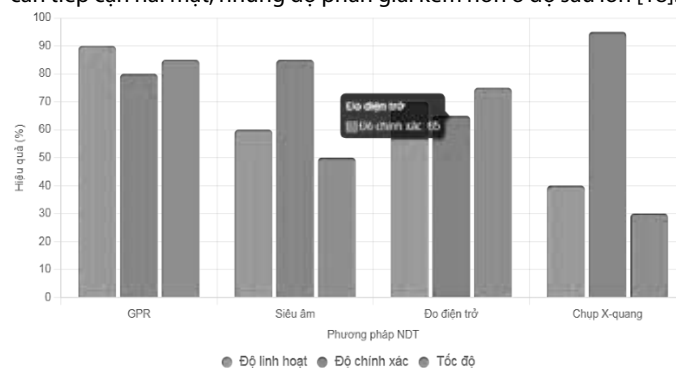
GPR là một trong nhiều phương pháp NDT để chẩn đoán bê tông. Dưới đây là so sánh với siêu âm (Ultrasonic Pulse Echo), đo điện trở (Electrical Resistivity), và chụp X-quang (Radiography) [7, 18].

- Siêu âm (Ultrasonic Pulse Echo): Dùng sóng siêu âm để phát hiện lỗ rỗng, vết nứt hoặc kim loại trong bê tông [18]. Ưu điểm: phát hiện khuyết tật nhỏ chính xác, không yêu cầu an toàn bức xạ. Nhược điểm: cần tiếp xúc trực tiếp, tốc độ chậm, khó áp dụng trên bề mặt gồ ghề. So với GPR, siêu âm kém linh hoạt và không tạo hình ảnh trực quan như B-scan [7].

- Đo điện trở (Electrical Resistivity - ER): Đánh giá nguy cơ ăn mòn cốt thép qua khả năng chống dòng điện của bê tông [7]. Thiết bị nhẹ, dễ dùng, hiệu quả trong xác định vùng có độ ẩm hoặc chloride cao. Tuy nhiên, ER chỉ cung cấp dữ liệu gián tiếp, không xác định được vị trí cốt thép hay lỗ rỗng và dễ bị ảnh hưởng bởi điều kiện môi trường. GPR vượt trội hơn nhờ khả năng lập bản đồ và phát hiện khuyết tật đa dạng [14].

- Chụp X-quang (Radiography): Dùng tia X hoặc gamma để tạo ảnh 2D bên trong bê tông, hiệu quả cao trong phát hiện cốt thép và ống dẫn [2]. Ưu điểm: hình ảnh độ phân giải cao. Nhược điểm: cần tiếp cận hai mặt kết cấu, thiết bị cồng kềnh, chi phí cao, và yêu cầu an toàn bức xạ nghiêm ngặt. GPR nhanh hơn, an toàn hơn, không

cần tiếp cận hai mặt, nhưng độ phân giải kém hơn ở độ sâu lớn [18].



Hình 11. Biểu đồ so sánh các phương pháp NDT trong chẩn đoán bê tông

Từ Hình 11 cho thấy GPR nổi bật về độ linh hoạt và tốc độ, trong khi chụp X-quang vượt trội về độ chính xác, theo đánh giá định tính từ [7, 18]. Tổng hợp so sánh các phương pháp như sau:

- GPR: Linh hoạt, nhanh, an toàn, phù hợp quét diện rộng, nhưng hạn chế về độ sâu và dễ bị nhiễu môi trường [7].
  - Siêu âm: Chính xác trong phát hiện khuyết tật nhỏ, nhưng tốc độ chậm và yêu cầu bề mặt tiếp xúc phẳng [18].
  - Đo điện trở (ER): Hiệu quả trong đánh giá nguy cơ ăn mòn, nhưng không cung cấp hình ảnh trực quan [14].
  - Chụp X-quang: Độ phân giải cao, phát hiện chi tiết tốt, nhưng chi phí lớn, thiết bị cồng kềnh và yêu cầu an toàn bức xạ [2].
- Việc kết hợp GPR với các phương pháp khác (như ER hoặc siêu âm) giúp tăng độ tin cậy, đặc biệt trong đánh giá ăn mòn [7].

## 7. KẾT LUẬN

Từ đầu thế kỷ 20, công nghệ radar đã được ứng dụng rộng rãi, với GPR trở nên nổi bật trong chẩn đoán không phá hủy kết cấu xây dựng từ cuối thế kỷ 20 [1]. Nhờ cải tiến thiết bị và phân tích dữ liệu, GPR ngày càng được ứng dụng hiệu quả trong đánh giá kết cấu bê tông, với các ứng dụng chính sau:

- Lập bản đồ cấu trúc bên trong bê tông (cốt thép, lỗ rỗng) bằng sóng phản xạ điện từ.
- Phát hiện phụ thuộc độ tương phản điện môi ( $\epsilon_r$ ) giữa bê tông và đối tượng.
- Định vị chính xác cốt thép, cấp ứng lực trước, và lỗ rỗng nhờ tương phản điện môi cao.
- Phân tích cực tính sóng (+/-/+ với  $\epsilon_r$  thấp hơn, -/+/- với  $\epsilon_r$  cao hơn) giúp suy đoán loại vật liệu.
- Phát hiện vết nứt, phân lớp trong bê tông, hỗ trợ xác định khuyết tật kết cấu.
- Ước tính các tính chất vật lý, như độ ẩm, hàm lượng chloride, từ các tham số sóng.

- Ưu điểm vượt trội về tốc độ và linh hoạt, phù hợp kiểm tra diện rộng, nhưng cần lưu ý giới hạn độ sâu (khoảng 0,5 m với Anten tần số cao) và nhiễu từ vật thể kim loại.

Hạn chế: GPR suy giảm hiệu quả ở độ sâu lớn, dễ bị nhiễu từ kim loại, và phụ thuộc vào hệ thống thiết bị. So với siêu âm, đo điện trở và chụp X-quang, GPR nhanh và linh hoạt hơn, nhưng để tăng độ tin cậy cần kết hợp nhiều phương pháp [7]. Các hướng phát triển chính gồm:

- Sử dụng Anten tần số kép để cân bằng độ sâu và độ phân giải [17].
- Ứng dụng thuật toán xử lý tín hiệu nhằm giảm nhiễu [14].
- Kết hợp GPR với siêu âm hoặc ER để xác minh ăn mòn [7].
- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo để tự động phân tích và diễn giải dữ liệu [3].

GPR tiếp tục là công cụ chẩn đoán quan trọng trong giám sát và bảo trì kết cấu bê tông, góp phần nâng cao độ bền và an toàn công trình.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J. Karczewski, Ł. Ortyl and M. Pasternak, Outline of the GPR method [in Polish]. Kraków: AGH Publishing House, 2011.
- [2]. J. Francke, "A review of selected ground penetrating radar applications to mineral resource evaluations", *Journal of Applied Geophysics*, vol. 81, pp. 29-37, 2012.
- [3]. Hoda Azari, "Condition Assessment of Concrete Bridge Deck Using GPR" (Volume 6, 9/2016, FHWA)
- [4]. Li Huia, Ma Haitao, "Application of Ground Penetrating Radar in Dam body detection", *Procedia Engineering* 26 (2011) 1820 - 1826.
- [5]. Mai Tiến Chinh, "Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá không phá hủy kết cấu bê tông bằng thiết bị GPR-Noggin 1000". *Tạp chí Giao thông vận tải*, ISSN:2354-0818, 2024.
- [6]. S. Lee, H. J. Oh and B. H. Cho, "Decision-making process for maintenance of concrete bridge deck with asphalt overlays using automated digital road scanner", *Developments in the Built Environment*, vol. 12, 100103, 2022.
- [7]. D. Beben, A. Mordak and W. Anigacz, "Ground penetrating radar application to testing of reinforced concrete beams", *Procedia Engineering*, vol. 65, pp. 242-247, 2013.
- [8]. H. Liu, Z. Jang, Y. Yue, X Meng, C. Liu and J. Cui, "Asphalt pavement characterization by GPR using an air-coupled antenna array", *NDT and E International*, vol. 133, 102726, 2023.
- [9]. Z. Liu, J. K. W. Jeoh, X. Gu, Q. Dong, Y. Chen, W. Wu, L. Wang and D. Wang, "Automatic pixel-level detection of vertical cracks in asphalt pavement based on GPR investigation and improved mask R-CNN", *Automation in Construction*, vol. 146, 104689, 2023.
- [10]. B. Zhang, H. Cheng, Y. Zhong, X. Tao, G. Li and S. Xu, "Automatic quantitative recognition method for vertical concealed cracks in asphalt pavement based on feature pixel points and 3D reconstructions", *Measurement*, vol. 220, 113296, 2023.
- [11]. Ł. Ortyl, "Study of the usefulness of the ground-penetrating radar method in the geodetic inventory of subsurface structures and objects" [in Polish], PhD thesis, AGH University, Kraków, 2006.
- [12]. L. Guireli Netto, V.L. Galli and P. Del Gaudio Orlando, "3D Ground Penetrating Radar for Non-Invasive Large-Scale Tank Investigation", *NSG2021 2nd Conference on Geophysics for Infrastructure Planning, Monitoring and BIM*, Aug 2021, Volume 2021, p.1 - 5.
- [13]. J. Hugenschmidt and R. Mastrangelo, "GPR inspection of concrete bridges", *Cement & Concrete Composites*, vol. 28, pp. 384-392, 2006.
- [14]. D. Huston., P. Fuhr, K. Maser and W. Weedon, "Nondestructive testing of reinforced concrete bridges using radar imaging techniques", *The New England Transportation Consortium Report*, Project 94-2, July 2002.
- [15]. Ł. Topczewski, "Guidelines for the application of ground penetrating radar (GPR) to inspection of concrete bridges - reflection mode", *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, vol. 11, pp. 329-343, 2012.
- [16]. A. P. Annan, *Ground Penetrating Radar*, Workshop Notes, Sensors & Software, 2001.
- [17]. H. M. Jol, Ed. *Ground penetrating radar theory and applications*. Elsevier, 2009.
- [18]. OYO Georadar I Manual. Oyo Corporation, Tsukuba, 1988.
- [19]. L. Jiao, Q. Ye, X. Cao, D. Huston and T. Xia, "Identifying concrete structure defects in GPR image", *Measurement*, vol. 160, 107839, 2020.
- [20]. S. Hong, W. W. L. Lai, G. Wilsch, R. Helmerich, R. Helmerich, T. Günther and H. Wiggemhauser, "Periodic mapping of reinforcement corrosion in intrusive chloride contaminated concrete with GPR", *Construction and Building Materials*, vol. 66, pp. 671-684, 2014.
- [21]. K. Tesic, A. Baricevic, M. Serdar and N. Gucunski, "Characterization of ground penetrating radar signal during simulated corrosion of concrete reinforcement", *Automation in Construction*, vol. 143, 104548, 2022.
- [22]. G. Klysz, J. P. Balayssac, "Determination of volumetric water content of concrete using ground-penetrating radar", *Cement and Concrete Research*, vol. 37, pp. 1164-1171, 2007.
- [23]. R. du Plooy, G. Villain, S. Palma Lopes, A. Ihamouten, X. Dérobert and B. Thauvin, "Electromagnetic non-destructive evaluation techniques for the monitoring of water and chloride ingress into concrete: a comparative study", *Materials and Structures*, vol. 48, pp. 369-386, 2015.
- [24]. W. Chen, P. Shen and Z. Shui, "Determination of water content in fresh concrete mix based on relative dielectric constant measurement", *Construction and Building Materials*, vol. 34, pp. 306-312, 2012.
- [25]. C. Maierhofer, "Nondestructive evaluation of concrete infrastructure with ground penetrating radar", *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 15(3), pp. 287-297, 2003.
- [26]. W. Wcislik, "GPR survey of a composite bridge with prestressed concrete beams" [in Polish], in *Proceedings of the 56th Scientific Conference of the Committee of Civil and Water Engineering of the Polish Academy of Sciences and the Science Committee of the Polish Association of Engineers and Technicians*, Krynica, Kielce University of Technology Publishing House, 2010, pp. 459-465.
- [27]. H. Liu, Y. Yue, S. Lsai, X. Meng, Y. Du, J. Cui and B. F. Spencer, "Evaluation of the antenna parameters for inspection of hidden defects behind a reinforced shield tunnel using GPR", *Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research*, vol. 140, 105265, 2023.
- [28]. J. Lachowicz and M. Rucka, "Application of GPR method in diagnostics of reinforced concrete structures", *Diagnostyka*, vol. 16(2), pp. 31-36, 2015.
- [29]. Y. Lei, B. Jiang, G. Su, Y. Zou, F. Qi, B. Li, F. Jia, T. Tian and Q. Qu, "Application of air-coupled ground penetrating radar based on f-k filtering and BP migration in high-speed railway tunnel detection", *Sensors*, vol. 23, 4343, 2023.
- [30]. I. Mazzatura, W. Salvatore, S. Caprili, S. Celati, M. Mori and M. Gammino, "Damage detection, localization, and quantification for steel cables of post-tensioned bridge decks", *Structures*, vol. 57, 105314, 2023.
- [31]. R. He, T. Nantung, J. Olek and N. Lu, "Field study of the dielectric constant of concrete: A parameter less sensitive to environmental variations than electrical resistivity", *Journal of Building Engineering*, vol. 74, 106938, 2023.
- [32]. R. He and N. L. Lu, "Unveiling the dielectric property change of concrete during hardening process by ground penetrating radar with the antenna frequency of 1.6 GHz and 2.6 GHz", *Cement and Concrete Composites*, vol. 144, 105279, 2023.
- [33]. S. F. Senin and R. Hamid, "Ground penetrating radar wave attenuation models for estimation of moisture and chloride content in concrete slab", *Construction and Building Materials*, vol. 106, pp. 659-69, 2016.
- [34]. N. Faris, T. Zayed, E. M. Abdelkader, A. Fares, "Corrosion assessment using ground penetrating radar in reinforced concrete structures: Influential factors and analysis methods", *Automation in Construction*, Volume 156, December 2023, 105130.

# Ứng dụng phương pháp half-range function trong tính toán độ võng dầm chịu tải trọng bất liên tục

Application of the half-range function method to calculate the deflection of beam under discontinuous loads

> ĐỖ NGUYỄN DUY MINH, NGUYỄN NGỌC THẮNG\*

Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn, tỉnh Gia Lai

\*Email: nguyennngocthang@qnu.edu.vn

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày ứng dụng phương pháp half-range function (HRF) trong tính toán độ võng của dầm Euler-Bernoulli chịu tải trọng bất liên tục. Phương pháp cho phép mô tả toàn bộ biểu đồ mô-men uốn bằng một biểu thức duy nhất, thay vì phải chia dầm thành nhiều đoạn với các công thức riêng biệt. Biểu thức mô-men sau đó được tích phân hai lần để thu được công thức giải tích cho độ dốc và độ võng, với các hằng số tích phân được xác định từ điều kiện biên. Độ chính xác của phương pháp được kiểm chứng thông qua so sánh với phương pháp chuỗi Fourier và phương pháp độ dốc-độ lệch. Kết quả cho thấy đường cong độ võng thu được bằng HRF gần trùng khớp với các phương pháp còn lại, trong khi quy trình tính toán được rút gọn đáng kể. Nhờ tính đơn giản, chính xác và dễ lập trình, HRF là một công cụ hiệu quả trong phân tích dầm chịu tải trọng bất liên tục và có tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong phân tích kết cấu.

**Từ khóa:** Half-range function (HRF), dầm Euler-Bernoulli, tải trọng bất liên tục; độ võng dầm, phương pháp chuỗi Fourier, phương pháp chuỗi Fourier, phương pháp độ dốc-độ lệch.

## ABSTRACT

This paper applies the half-range function (HRF) method to calculate the deflection of Euler-Bernoulli beams under discontinuous loads. By representing the entire bending-moment diagram with a single closed-form expression, the method eliminates the need to segment the beam and write separate equations for each span. The resulting moment function is integrated twice to obtain analytical formulas for slope and deflection; the integration constants are then determined from the boundary conditions. Accuracy is verified by comparison with the Fourier-series approach and the classical slope-deflection method. The HRF deflection curve agrees closely with those obtained from the other two methods while requiring substantially fewer computational steps. Owing to its simplicity, precision, and ease of implementation, the HRF method is an efficient tool for analyzing beams under discontinuous loads and shows strong potential for wider use in structural analysis.

**Keywords:** Half-range function (HRF), Euler-Bernoulli beam, discontinuous loads, beam deflection, Fourier series method, slope-deflection method, structural analysis.

## 1. GIỚI THIỆU

Trong kỹ thuật xây dựng, phân tích độ võng của dầm là một nhiệm vụ quan trọng để đảm bảo tính an toàn và khả năng làm việc của kết cấu. Dầm Euler-Bernoulli, mô hình cơ bản nhất của lý thuyết dầm, thường được sử dụng để phân tích trạng thái uốn của kết cấu với giả thiết tiết diện phẳng vẫn phẳng sau khi biến dạng [1,2]. Khi tải trọng tác dụng lên dầm có tính chất bất liên tục, ví dụ như tải trọng tập trung, tải trọng phân bố từng đoạn, hoặc tải trọng thay đổi đột ngột về độ lớn, biểu đồ mô-men uốn thu được sẽ có dạng gián đoạn hoặc dạng từng đoạn không liên tục. Việc xác định độ võng của dầm trong các trường hợp này theo phương pháp truyền thống thường gặp khó khăn do phải chia kết cấu thành nhiều đoạn nhỏ, giải riêng biệt rồi ghép lại để

thỏa mãn điều kiện liên tục tại các điểm nối [3]. Điều này khiến cho quá trình tính toán trở nên dài dòng, phức tạp, và dễ mắc sai sót nếu số đoạn phân chia quá nhiều.

Để khắc phục hạn chế này, nhiều kỹ thuật khác nhau đã được đề xuất nhằm đơn giản hóa quy trình tính toán, chẳng hạn như phương pháp chuỗi Fourier toàn khoảng, phương pháp hàm Green, phương pháp độ dốc-độ lệch (*slope-deflection method*), hoặc các phương pháp số như phần tử hữu hạn (FEM) [3-5]. Trong đó, phương pháp độ dốc-độ lệch tuy hiệu quả nhưng vẫn yêu cầu xử lý từng đoạn riêng biệt đối với các dạng tải trọng phức tạp, dẫn đến những phép toán chồng chéo. Các phương pháp số lại đòi hỏi các phần mềm chuyên dụng hoặc kỹ năng lập trình cao cấp, đôi khi làm giảm tính linh hoạt trong các ứng dụng kỹ thuật thông thường.

Phương pháp HRF, vốn được phát triển từ khai triển chuỗi Fourier nửa khoảng, cung cấp một lựa chọn hiệu quả để khắc phục những hạn chế kể trên [6]. Về mặt lý thuyết, phương pháp HRF có thể mô tả những hàm gián đoạn trên một khoảng bất kỳ dưới dạng một biểu thức duy nhất, liên tục và có dạng hàm lượng giác đơn giản [6, 7]. Việc áp dụng HRF vào phân tích kết cấu cho phép chuyển đổi các tải trọng và biểu đồ mô-men uốn bất liên tục thành một hàm duy nhất, từ đó dễ dàng tích phân để thu được công thức giải tích trực tiếp về độ dốc và độ võng của dầm. Quá trình này loại bỏ hoàn toàn nhu cầu chia nhỏ dầm thành các đoạn riêng biệt, giảm đáng kể thời gian tính toán và nguy cơ phát sinh sai số.

Một số nghiên cứu đã ghi nhận tiềm năng to lớn của phương pháp HRF trong các ứng dụng kỹ thuật và công nghiệp. Chẳng hạn, HRF đã được áp dụng để giải các bài toán về truyền nhiệt với điều kiện biên không đối xứng hoặc gián đoạn [8], và đã được sử dụng để giải các mô hình dòng khí loãng theo phương trình Boltzmann [9]. Trong lĩnh vực cơ học kết cấu, tuy nhiên, việc sử dụng HRF trong phân tích dầm Euler-Bernoulli chịu tải trọng bất liên tục vẫn chưa được nghiên cứu và khai thác một cách đầy đủ. Điều này tạo ra khoảng trống nghiên cứu mà bài báo này mong muốn bổ sung và hoàn thiện.

Trên cơ sở đó, bài báo trình bày một cách chi tiết quy trình ứng dụng phương pháp HRF trong việc xây dựng công thức tính toán độ võng của dầm Euler-Bernoulli chịu tải trọng bất liên tục. Kết quả phân tích sẽ được đối chiếu với hai phương pháp truyền thống là phương pháp chuỗi Fourier và phương pháp độ dốc-độ lệch để kiểm chứng độ chính xác và độ tin cậy của phương pháp mới này. Qua đó, bài báo không chỉ giới thiệu một kỹ thuật tính toán mới hiệu quả hơn, mà còn góp phần mở rộng cơ sở lý thuyết cho các nghiên cứu và ứng dụng kỹ thuật kết cấu trong tương lai.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1. Định nghĩa hàm số

Trong các bài toán phân tích dầm chịu tải trọng phân bố, tải trọng tập trung và mô-men tập trung, việc xác định độ võng của dầm bằng phương pháp tích phân trực tiếp (phương pháp truyền thống) thường gặp nhiều khó khăn. Nguyên nhân chủ yếu là do mô-men uốn xuất hiện trên dầm trong trường hợp này thường có dạng không liên tục hoặc dạng từng đoạn phức tạp. Các phương pháp truyền thống yêu cầu chia nhỏ dầm thành nhiều đoạn riêng biệt và thực hiện tích phân từng đoạn, dẫn đến quá trình tính toán cồng kềnh và khó khăn trong việc xác định các hằng số tích phân.

Để khắc phục vấn đề này, phương pháp half-range function, còn gọi là phương pháp hàm số gián đoạn hoặc phương pháp hàm Macaulay, lần đầu tiên được Macaulay giới thiệu vào năm 1919 [6]. Điểm mạnh của phương pháp này là toàn bộ biểu đồ mô-men uốn của dầm có thể được biểu diễn bằng một biểu thức duy nhất thông qua việc sử dụng các hàm số. Từ đó, việc tính toán độ võng trở nên đơn giản và dễ dàng hơn nhiều.

Hàm số phương pháp half-range function được định nghĩa như sau:

$$\langle x-a \rangle^n = \begin{cases} 0 & \text{khi } (x-a) < 0 \text{ hay } x < a \\ (x-a)^n & \text{khi } (x-a) \geq 0 \text{ hay } x \geq a \end{cases} \quad (1)$$

trong đó:

- $x$  là tọa độ của một điểm bất kỳ trên chiều dài dầm.
- $a$  là vị trí dọc theo dầm tại đó xuất hiện điểm không liên tục (do tác dụng của tải trọng hoặc mô-men tập trung).

- $n$  là số mũ đặc trưng của hàm, luôn luôn lớn hơn hoặc bằng 0.

Ý nghĩa vật lý của hàm này là nó sẽ có giá trị bằng 0 tại các vị trí nhỏ hơn điểm gián đoạn ( $x < a$ ), và bằng  $(x-a)^n$  tại các điểm lớn hơn hoặc bằng vị trí gián đoạn ( $x \geq a$ ). Vì thế, hàm số đặc biệt là một công

cụ lý tưởng để mô tả các tải trọng hoặc mô-men xuất hiện đột ngột trên dầm tại các vị trí xác định.

### 2.2. Các bước tính toán độ võng dầm bằng phương pháp half-range function

Phương pháp half-range function để phân tích độ võng của dầm bao gồm các bước sau [6]:

- Bước 1: Vẽ biểu đồ vật thể tự do (free-body diagram) của dầm và thiết lập hệ tọa độ  $x$  và  $y$ .

- Bước 2: Xác định các phản lực gối tựa, sau đó viết phương trình biểu diễn mô-men uốn  $M(x)$  như một hàm theo tọa độ  $x$ . Chú ý sử dụng đúng quy ước dấu cho mô-men uốn (thường quy ước tương tự như các phương pháp cơ bản trong cơ học kết cấu).

- Bước 3: Thay biểu thức mô-men  $M(x)$  vào tìm được vào phương trình đường đàn hồi của dầm Euler-Bernoulli:

$$EI \frac{d^2 w(x)}{dx^2} = -M(x) \quad (2)$$

Trong đó:

- $E$  là mô đun đàn hồi của vật liệu dầm (hằng số).
- $I$  là mô men quán tính của mặt cắt ngang dầm (hằng số).
- $EI$  là độ cứng chống uốn của dầm.
- $w(x)$  là độ võng của dầm tại vị trí  $x$ .
- $M(x)$  là mô men của dầm tại vị trí  $x$ .

Tích phân một lần để tìm biểu thức độ dốc  $\theta(x) = \frac{dw(x)}{dx}$ , sau

đó tích phân thêm lần nữa để tìm biểu thức độ võng  $w(x)$ .

- Bước 4: Áp dụng các điều kiện biên tại các vị trí liên kết để tìm các hằng số tích phân xuất hiện từ bước trên. Quy ước dấu thường được áp dụng như sau:

- Độ dốc dương nếu xoay cùng chiều kim đồng hồ, âm nếu ngược chiều kim đồng hồ.

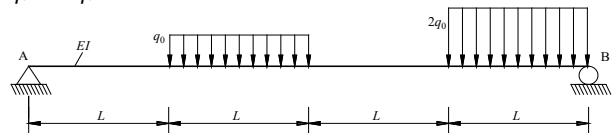
- Độ võng dương nếu hướng xuống dưới, âm nếu hướng lên trên.

- Bước 5: Khi tính toán độ dốc và độ võng tại các điểm bất kỳ trên dầm, phương pháp half-range function sẽ tự động loại bỏ các phần không liên quan (giá trị âm). Cụ thể, khi biểu thức  $(x-a)$  âm, ta loại bỏ thành phần này ra khỏi phương trình, nếu dương thì giữ lại nguyên trong phương trình tích phân.

Thông qua việc sử dụng phương pháp half-range function, việc tích phân và xác định độ võng trở nên dễ dàng hơn nhiều, đồng thời giảm bớt đáng kể các bước tính toán phức tạp.

## 3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Trong phần này, một bài toán minh họa được trình bày nhằm làm rõ cách ứng dụng phương pháp half-range function để xác định độ võng của dầm Euler-Bernoulli chịu tải trọng phân bố bất liên tục, đồng thời sử dụng phương pháp chuỗi Fourier và phương pháp độ dốc-độ lệch để tính toán so sánh. Hình 1 mô tả sơ đồ kết cấu của dầm có tổng chiều dài  $4L$ , liên kết bằng gối cố định tại đầu trái (điểm A) và gối di động tại đầu phải (điểm B). Dầm có độ cứng uốn không đổi  $EI$ . Trên dầm chịu tải trọng phân bố đều bất liên tục với cường độ  $q_0$  và  $2q_0$ .



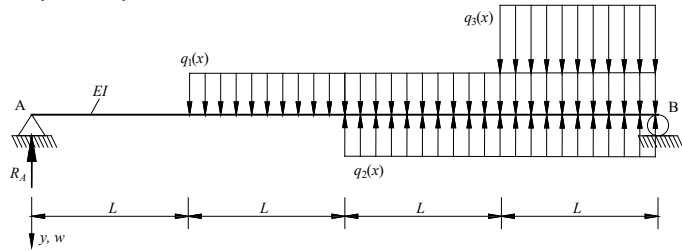
Hình 1. Sơ đồ kết cấu dầm Euler-Bernoulli chịu tải trọng phân bố bất liên tục

### 3.1. Phương pháp half-range function

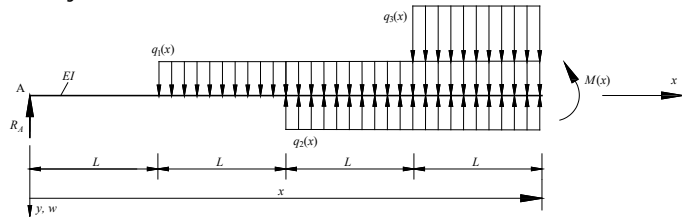
Để sử dụng phương pháp half-range function, tải phân bố trên



dầm  $q(x)$  thể hiện ở Hình 1 cần được biến đổi thành các tải  $q_1(x)$ ,  $q_2(x)$  và  $q_3(x)$  như minh họa trong Hình 2. Trong đó:  $q_1(x) = q_0$ ,  $q_2(x) = q_0$  và  $q_3(x) = 2q_0$ .



Hình 2. Thể hiện quá trình quy đổi tải ban đầu thành ba hàm thành phần  $q_1(x)$ ,  $q_2(x)$  và  $q_3(x)$  để thuận tiện cho việc thiết lập biểu thức mô-men uốn tổng quát bằng phương pháp half-range function



Hình 3. Mô-men uốn tại vị trí x sau khi quy đổi tải bằng phương pháp half-range function

Trước tiên tính phản lực tại vị trí gối cố định A như sau:

$$\sum M_B = 0 \Leftrightarrow R_A = \frac{1}{4L} \left[ \frac{5}{2} q_0 L^2 + q_0 L^2 \right] = \frac{7}{8} q_0 L \quad (3)$$

Sử dụng phương pháp half-range function để tính mô-men tại vị trí x như thể hiện Hình 3 như sau:

$$M = -EIw''(x) = R_A \langle x-0 \rangle - \frac{1}{2} q_1 \langle x-L \rangle^2 + \quad (4)$$

$$+ \frac{1}{2} q_2 \langle x-2L \rangle^2 - \frac{1}{2} q_3 \langle x-3L \rangle^2$$

$$\Leftrightarrow -EIw''(x) = R_A \langle x-0 \rangle - \frac{1}{2} q_0 \langle x-L \rangle^2 + \quad (5)$$

$$+ \frac{1}{2} q_0 \langle x-2L \rangle^2 - q_0 \langle x-3L \rangle^2$$

Tích phân lần thứ nhất theo x để thu được biểu thức góc xoay:

$$-EIw'(x) = \frac{R_A}{2} \langle x-0 \rangle^2 - \frac{q_0}{6} \langle x-L \rangle^3 + \quad (6)$$

$$+ \frac{q_0}{6} \langle x-2L \rangle^3 - \frac{q_0}{3} \langle x-3L \rangle^3 + A$$

Tiếp tục tích phân lần thứ hai để xác định phương trình độ võng:

$$-EIw(x) = \frac{R_A}{6} \langle x-0 \rangle^3 - \frac{q_0}{24} \langle x-L \rangle^4 + \frac{q_0}{24} \langle x-2L \rangle^4 - \quad (7)$$

$$- \frac{q_0}{24} \langle x-3L \rangle^4 + Ax + B$$

Áp dụng các điều kiện biên theo sơ đồ kết cấu Hình 1, ta thu được:

$$\begin{cases} w(0) = 0 \\ w(4L) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$w(0) = 0 \Rightarrow B = 0 \quad (9)$$

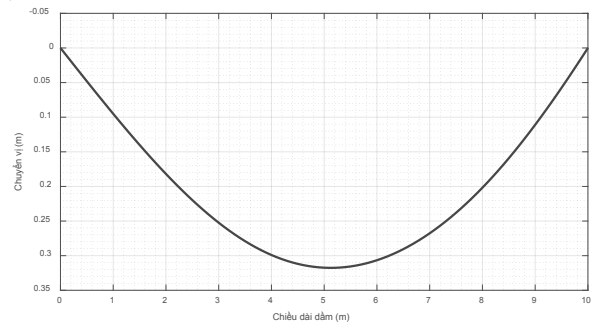
$$w(4L) = 0 \Leftrightarrow \frac{R_A}{6} \langle 4L \rangle^3 - \frac{q_0}{24} \langle 3L \rangle^4 + \frac{q_0}{24} \langle 2L \rangle^4 - \frac{q_0}{24} \langle L \rangle^4 + A4L = 0 \quad (10)$$

$$\Rightarrow A = -\frac{79}{48} q_0 L^3$$

Do đó độ võng của dầm được xác định qua biểu thức sau:

$$w(x) = -\frac{1}{EI} \left[ \frac{7}{48} q_0 L \langle x-0 \rangle^3 - \frac{q_0}{24} \langle x-L \rangle^4 + \frac{q_0}{24} \langle x-2L \rangle^4 - \frac{q_0}{24} \langle x-3L \rangle^4 - \frac{79}{48} q_0 L^3 x \right] \quad (11)$$

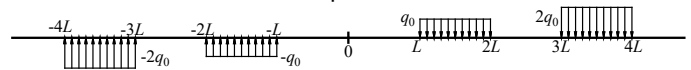
Cho các số liệu tính toán của dầm Hình 1 như sau: chiều dài dầm  $L = 2.5$  m, tiết diện chữ nhật  $A = b \times h = 0.1 \times 0.2 = 0.02$  m<sup>2</sup>,  $I = 6.667 \times 10^{-5}$  m<sup>4</sup>, mô đun đàn hồi  $E = 2e^{11}$  N/m<sup>2</sup>, tải trọng phân bố đều  $q_0 = 5 \times 10^4$  N/m. Kết quả chuyển vị của dầm thu được ở Hình 4.



Hình 4. Kết quả chuyển vị dầm bằng phương pháp half-range function

### 3.2. Phương pháp chuỗi Fourier

Để kiểm chứng và so sánh kết quả bằng phương pháp half-range function, phương pháp chuỗi Fourier được sử dụng nhằm biểu diễn tải trọng phân bố bất liên tục dưới dạng tổ hợp các hàm điều hòa. Trong phương pháp này, hàm tải trọng  $q(x)$  được mở rộng tuần hoàn và mô tả bằng chuỗi Fourier trên đoạn xác định. Hình 5 minh họa sơ đồ phân bố tải được giả định, trong đó tải trọng được định nghĩa theo các đoạn khác nhau, bao gồm đoạn không tải, đoạn tải  $q_0$  và đoạn tải  $2q_0$ . Hàm tải trọng  $q(x)$  được mô tả chi tiết theo từng khoảng, như biểu thức (12). Để đảm bảo điều kiện tuần hoàn khi phát triển chuỗi Fourier, tải trọng  $q(x)$  được mở rộng thêm về phía âm trên đoạn từ 0 đến  $-4L$ . Việc mở rộng này giúp biến hàm tải trọng gốc thành một hàm lẻ, tuần hoàn, nhờ đó cuối cùng chỉ còn các hệ số sin (tức các thành phần  $A_n$ ) tồn tại trong khai triển Fourier, còn hệ số cos ( $B_n$ ) triệt tiêu. Cách làm này đơn giản hóa tính toán và bảo đảm tính chính xác của biểu thức xấp xỉ.



Hình 5. Sơ đồ phân bố tải trọng mở rộng dùng cho phương pháp chuỗi Fourier  
Hàm tải trọng phân bố  $q(x)$  được biểu diễn chi tiết theo từng đoạn như sau:

$$q(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq L, -L \leq x \leq 0, \\ q_0 & L \leq x \leq 2L, -2L \leq x \leq -L \\ 0 & 2L \leq x \leq 3L, -3L \leq x \leq -2L \\ 2q_0 & 3L \leq x \leq 4L, -4L \leq x \leq -3L \end{cases} \quad (12)$$

Biểu thức chuỗi Fourier của tải trọng được xác định:

$$q(x) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ A_n \sin \left( \frac{n\pi}{4L} x \right) + B_n \cos \left( \frac{n\pi}{4L} x \right) \right] \quad (13)$$

Trong đó:

$A_0$  là hệ số trung bình, xác định theo biểu thức:

$$A_0 = \frac{1}{8L} \int_{-4L}^{4L} q_0 dx = \frac{1}{8L} \left[ \int_{-4L}^{-2L} (-2q_0) dx + \int_{-2L}^{-L} (-q_0) dx + \int_L^{2L} q_0 dx + \int_{3L}^{4L} 2q_0 dx \right] = 0 \quad (14)$$

$B_n$  là hệ số thành phần hàm cos, được tính bằng:

$$B_n = \frac{1}{4L} \int_{-4L}^{4L} q(x) \cos\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx$$

$$= \frac{1}{4L} \left[ \int_{-4L}^{-2L} (-q_0) \cos\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx + \int_{-2L}^{-L} (-q_0) \cos\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx + \int_L^{2L} q_0 \cos\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx + \int_{3L}^{4L} 2q_0 \cos\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx \right] = 0 \quad (15)$$

$A_n$  là hệ số thành phần hàm sin, xác định qua:

$$A_n = \frac{1}{4L} \int_{-4L}^{4L} q(x) \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx \quad (16)$$

$$A_n = \frac{1}{4L} 2 \int_0^{4L} q(x) \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx \quad (17)$$

Dựa trên tính chất tải trọng (chỉ khác không trên các đoạn  $L \leq x \leq 2L$  và  $3L \leq x \leq 4L$ ), tích phân được rút gọn:

$$A_n = \frac{1}{2L} \left[ \int_L^{2L} q_0 \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx + \int_{3L}^{4L} 2q_0 \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) dx \right] \quad (18)$$

Tiếp tục, tích phân từng đoạn được thực hiện cụ thể, thu được:

$$A_n = \frac{2q_0}{n\pi} \left[ -\cos\left(\frac{n\pi}{2}\right) + \cos\left(\frac{n\pi}{4}\right) - 2\cos(n\pi) + 2\cos\left(\frac{3n\pi}{4}\right) \right] \quad (19)$$

Độ võng  $w(x)$  của dầm được xác định bằng cách tích phân trực tiếp từ phương trình cơ bản của dầm Euler-Bernoulli như sau:

$$EIw^{(4)} = q(x) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) \quad (20)$$

Thực hiện tích phân lần thứ nhất, ta nhận được biểu thức đạo hàm bậc ba của độ võng:

$$EIw''' = -\sum_{n=1}^{\infty} A_n \left(\frac{4L}{n\pi}\right) \cos\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) + C_1 \quad (21)$$

Tích phân thêm lần thứ hai, thu được biểu thức đạo hàm bậc hai:

$$EIw'' = -\sum_{n=1}^{\infty} A_n \left(\frac{4L}{n\pi}\right)^2 \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) + C_1x + C_2 \quad (22)$$

Tiếp tục tích phân lần thứ ba, ta có được biểu thức độ dốc của dầm:

$$EIw' = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \left(\frac{4L}{n\pi}\right)^3 \cos\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) + \frac{1}{2}C_1x^2 + C_2x + C_3 \quad (23)$$

Tích phân lần thứ tư, cuối cùng ta nhận được công thức tổng quát xác định độ võng của dầm dưới dạng:

$$EIw = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \left(\frac{4L}{n\pi}\right)^4 \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) + \frac{1}{6}C_1x^3 + \frac{1}{2}C_2x^2 + C_3x + C_4 \quad (24)$$

Tiếp theo, các điều kiện biên sẽ được áp dụng để xác định các hằng số tích phân  $C_1, C_2, C_3$  và  $C_4$ . Các điều kiện biên cụ thể được xác định như sau:

$$\begin{cases} w(0) = 0 \\ w''(0) = 0 \\ w(4L) = 0 \\ w''(4L) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C_4 = 0 \\ C_2 = 0 \\ C_3 = 0 \\ C_1 = 0 \end{cases} \quad (25)$$

Thay các hằng số tích phân đã xác định vào phương trình (24), ta được công thức cuối cùng tính độ võng của dầm Euler-Bernoulli theo phương pháp chuỗi Fourier dưới dạng:

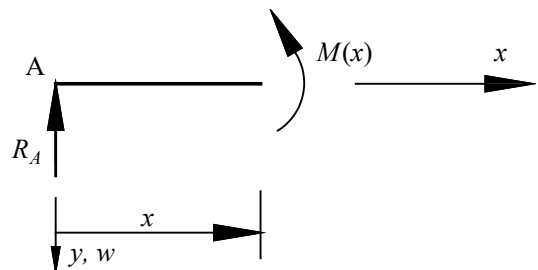
$$w(x) = \frac{1}{EI} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} A_n \left(\frac{4L}{n\pi}\right)^4 \sin\left(\frac{n\pi}{4L}x\right) \right] \quad (26)$$

Trong đó hệ số  $A_n$  được xác định theo công thức (19).

### 3.3. Phương pháp độ dốc-độ lệch

Dựa vào Hình 1, ta chia dầm thành 4 đoạn và lần lượt xem xét từng đoạn.

+ Trường hợp 1:  $0 \leq x \leq L$  (Hình 6)



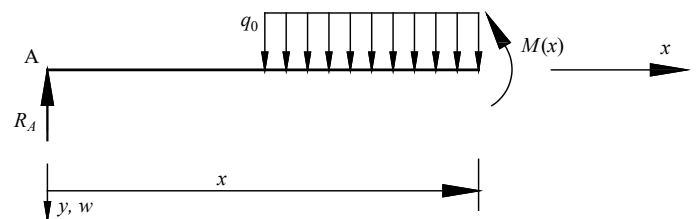
Hình 6. Sơ đồ tính độ võng đoạn 1 ( $0 \leq x \leq L$ )

$$-EIw_1'' = M(x) = \frac{7}{8}q_0Lx, \text{ trong đó } R_A = \frac{7}{8}q_0L \quad (27)$$

$$-EIw_1' = -EI\theta_1 = \frac{7}{16}q_0Lx^2 + A_1 \quad (28)$$

$$-EIw_1 = \frac{7}{48}q_0Lx^3 + A_1x + B_1 \quad (29)$$

+ Trường hợp 2:  $L \leq x \leq 2L$  (Hình 7)



Hình 7. Sơ đồ tính độ võng đoạn 2 ( $L \leq x \leq 2L$ )

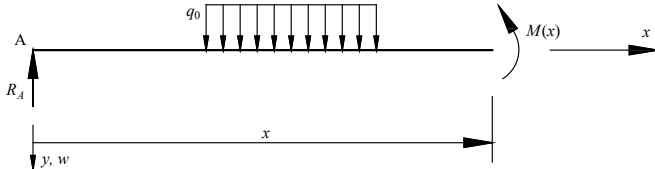
$$-EIw_2'' = M(x) = \frac{7}{8}q_0Lx - \frac{1}{2}q_0(x-L)^2 =$$

$$= -\frac{1}{2}q_0x^2 + \frac{15}{8}q_0Lx - \frac{1}{2}q_0L^2 \quad (30)$$

$$-EIw_2' = -EI\theta_2 = -\frac{1}{6}q_0x^3 + \frac{15}{16}q_0Lx^2 - \frac{1}{2}q_0L^2x + A_2 \quad (31)$$

$$-EIw_2 = -\frac{1}{24}q_0x^4 + \frac{15}{48}q_0Lx^3 - \frac{1}{4}q_0L^2x^2 + A_2x + B_2 \quad (32)$$

+ Trường hợp 2:  $2L \leq x \leq 3L$  (Hình 8)



Hình 8. Sơ đồ tính độ võng đoạn 3 ( $2L \leq x \leq 3L$ )

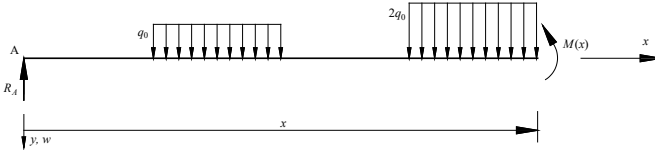
$$-EIw_3'' = M(x) = \frac{7}{8}q_0Lx - q_0L\left(x - \frac{3}{2}L\right) =$$

$$= -\frac{1}{8}q_0Lx + \frac{3}{2}q_0L^2 \quad (33)$$

$$-EIw_3' = -EI\theta_3 = -\frac{1}{16}q_0Lx^2 + \frac{3}{2}q_0L^2x + A_3 \quad (34)$$

$$-EIw_3 = -\frac{1}{48}q_0Lx^3 + \frac{3}{4}q_0L^2x^2 + A_3x + B_3 \quad (35)$$

+ Trường hợp 4:  $3L \leq x \leq 4L$  (Hình 9)



Hình 9. Sơ đồ tính độ võng đoạn 4 ( $3L \leq x \leq 4L$ )

$$-EIw_4'' = M(x) = \frac{7}{8}q_0Lx - q_0L\left(x - \frac{3}{2}L\right) - \frac{1}{2}2q_0(x-3L)^2 =$$

$$= -q_0x^2 + \frac{47}{8}q_0Lx - \frac{15}{2}q_0L^2 \quad (36)$$

$$-EIw_4' = -EI\theta_4 = -\frac{1}{3}q_0x^3 + \frac{47}{16}q_0Lx^2 - \frac{15}{2}q_0L^2x + A_4 \quad (37)$$

$$-EIw_4 = -\frac{1}{12}q_0x^4 + \frac{47}{48}q_0Lx^3 - \frac{15}{4}q_0L^2x^2 + A_4x + B_4 \quad (38)$$

Áp dụng các điều kiện biên tương ứng với sơ đồ dầm trong Hình 1, ta có:

$$\begin{cases} w_1(0) = 0 \\ \theta_1(L) = \theta_2(L) \\ w_1(L) = w_2(L) \\ \theta_2(2L) = \theta_3(2L) \\ w_2(2L) = w_3(2L) \\ \theta_3(3L) = \theta_4(3L) \\ w_3(3L) = w_4(3L) \\ w_4(4L) = 0 \end{cases} \quad (39)$$

+ Điều kiện độ võng tại  $x=0$ :  $w_1(0) = 0$

Áp dụng phương trình (29) ta thu được:

$$\frac{7}{48}q_0L^3 + A_1 \cdot 0 + B_1 \Rightarrow B_1 = 0 \quad (40)$$

+ Điều kiện góc xoay tại  $x=L$ :  $\theta_1(L) = \theta_2(L)$

Áp dụng phương trình (28) và (31), ta có:

$$\frac{7}{16}q_0L^3 + A_1 = -\frac{1}{6}q_0L^3 + \frac{15}{16}q_0LL^2 - \frac{1}{2}q_0L^2L + A_2 \quad (41)$$

$$\Leftrightarrow A_1 - A_2 = -\frac{1}{6}q_0L^3 \quad (42)$$

+ Điều kiện độ võng tại  $x=L$ :  $w_1(L) = w_2(L)$

Áp dụng phương trình (29) và (32), ta có:

$$\frac{7}{48}q_0LL^3 + A_1L =$$

$$= -\frac{1}{24}q_0L^4 + \frac{15}{48}q_0LL^3 - \frac{1}{4}q_0L^2L^2 + A_2L + B_2 \quad (43)$$

$$\Leftrightarrow (A_1 - A_2)L - B_2 = -\frac{1}{8}q_0L^4 \quad (44)$$

Thay phương trình (42) vào phương trình (44) ta thu được:

$$B_2 = \frac{1}{8}q_0L^4 - \frac{1}{6}q_0L^4 = -\frac{1}{24}q_0L^4 \quad (45)$$

+ Điều kiện góc xoay tại  $x=2L$ :  $\theta_2(2L) = \theta_3(2L)$

Áp dụng phương trình (31) và (34), ta có:

$$-\frac{1}{6}q_0(2L)^3 + \frac{15}{16}q_0L(2L)^2 - \frac{1}{2}q_0L^2(2L) + A_2 =$$

$$= -\frac{1}{16}q_0L(2L)^2 + \frac{3}{2}q_0L^2(2L) + A_3 \quad (46)$$

$$\Rightarrow A_2 - A_3 = \frac{4}{3}q_0L^3 \quad (47)$$

+ Điều kiện độ võng tại  $x=2L$ :  $w_2(2L) = w_3(2L)$

Từ các phương trình (32) và (35):

$$-\frac{1}{24}q_0(2L)^4 + \frac{15}{48}q_0L(2L)^3 - \frac{1}{4}q_0L^2(2L)^2 + A_2(2L) + B_2 =$$

$$= -\frac{1}{48}q_0L(2L)^3 + \frac{3}{4}q_0L^2(2L)^2 + A_3(2L) + B_3 \quad (48)$$

$$\Leftrightarrow (A_2 - A_3)2L - B_3 = \frac{49}{24}q_0L^4 \quad (49)$$

Thay phương trình (47) vào phương trình (49) ta thu được:

$$B_3 = \frac{5}{8}q_0L^4 \quad (50)$$

+ Điều kiện góc xoay tại  $x=3L$ :  $\theta_3(3L) = \theta_4(3L)$

Từ phương trình (34) và (37):

$$-\frac{1}{16}q_0L(3L)^2 + \frac{3}{2}q_0L^2(3L) + A_3 =$$

$$= -\frac{1}{3}q_0(3L)^3 + \frac{47}{16}q_0L(3L)^2 - \frac{15}{2}q_0L^2(3L) + A_4 \quad (51)$$

$$\Rightarrow A_3 - A_4 = -9q_0L^3 \quad (52)$$

+ Điều kiện độ võng tại  $x=3L$ :  $w_3(3L) = w_4(3L)$

Từ phương trình (35) và (38):

$$-\frac{1}{48}q_0L(3L)^3 + \frac{3}{4}q_0L^2(3L)^2 + A_3(3L) + B_3 =$$

$$= -\frac{1}{12}q_0(3L)^4 + \frac{47}{48}q_0L(3L)^3 - \frac{15}{4}q_0L^2(3L)^2 + A_4(3L) + B_4 \quad (53)$$

$$\Leftrightarrow (A_3 - A_4)3L - B_4 = -\frac{167}{8}q_0L^4 \quad (54)$$

Thay phương trình (52) vào phương trình (54) ta thu được:

$$B_4 = -\frac{49}{8}q_0L^4 \quad (55)$$

+ Điều kiện độ võng tại  $x = 4L$ :  $w_4(4L) = 0$

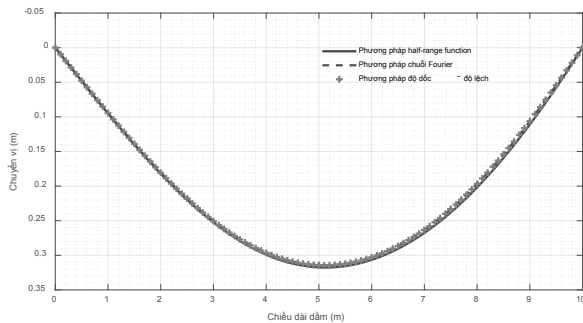
Từ phương trình (38), ta có:

$$-\frac{1}{12}q_0(4L)^4 + \frac{47}{48}q_0L(4L)^3 -$$

$$-\frac{15}{4}q_0L^2(4L)^2 + A_4(4L) + B_4 = 0 \quad (56)$$

$$w(x) = -\frac{1}{EI} \begin{cases} \frac{7}{48}q_0Lx^3 - \frac{157}{96}q_0L^3x & 0 \leq x \leq L \\ -\frac{1}{24}q_0x^4 + \frac{15}{48}q_0Lx^3 - \frac{1}{4}q_0L^2x^2 - \frac{47}{32}q_0L^3x - \frac{1}{24}q_0L^4 & L \leq x \leq 2L \\ -\frac{1}{48}q_0Lx^3 + \frac{3}{4}q_0L^2x^2 - \frac{269}{96}q_0L^3x + \frac{5}{8}q_0L^4 & 2L \leq x \leq 3L \\ -\frac{1}{12}q_0x^4 + \frac{47}{48}q_0Lx^3 - \frac{15}{4}q_0L^2x^2 + \frac{595}{96}q_0L^3x - \frac{49}{8}q_0L^4 & 3L \leq x \leq 4L \end{cases} \quad (61)$$

Dựa trên các kết quả thu được từ ba phương pháp khác nhau, bao gồm phương pháp half-range function, phương pháp chuỗi Fourier và phương pháp độ dốc-độ lệch, Hình 10 minh họa sự thay đổi chuyển vị của dầm theo chiều dài. Số liệu tính toán được thực hiện theo nội dung trình bày trong Mục 3.1, dựa trên các phương trình (11), (26) và (61) thể hiện sự chuyển vị của dầm qua đồ thị Hình 10.



Hình 10. So sánh kết quả chuyển vị của dầm qua ba phương pháp

Nhận xét: Quan sát Hình 10 cho thấy đường cong độ võng thu được bằng ba phương pháp hầu như trùng khớp. Do đó, có thể chọn bất kỳ phương pháp nào để tính độ võng của dầm; tuy nhiên, phương pháp dùng hàm nửa khoảng có quy trình tính toán đơn giản nhất.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày ứng dụng hiệu quả của phương pháp half-range function trong phân tích độ võng của dầm Euler-Bernoulli chịu tải trọng bất liên tục. Bằng cách biểu diễn toàn bộ biểu đồ mô-men uốn thông qua một hàm duy nhất dạng lượng giác, phương pháp HRF đã loại bỏ hoàn toàn nhu cầu chia nhỏ dầm thành các đoạn riêng biệt, một bước vốn phức tạp và dễ gây sai số trong các

$$\Rightarrow A_4 = \frac{595}{96}q_0L^3 \quad (57)$$

Thế phương trình (57) vào phương trình (52), thu được:

$$A_3 = -9q_0L^3 + \frac{595}{96}q_0L^3 = -\frac{269}{96}q_0L^3 \quad (58)$$

Thế (58) vào (47):

$$A_2 = \frac{4}{3}q_0L^3 - \frac{269}{96}q_0L^3 = -\frac{47}{32}q_0L^3 \quad (59)$$

Tiếp tục thế tiếp (59) vào (42), ta thu được:

$$A_1 = -\frac{1}{6}q_0L^3 - \frac{47}{32}q_0L^3 = -\frac{157}{96}q_0L^3 \quad (60)$$

Như vậy, sau khi ghép tất cả các điều kiện biên và giải hệ hằng số tích phân, hàm độ võng  $w(x)$  của dầm Euler-Bernoulli chịu tải phân bố bất liên tục được xác định từng đoạn như sau:

phương pháp truyền thống.

Kết quả so sánh với hai phương pháp phổ biến là chuỗi Fourier toàn khoảng và độ dốc-độ lệch cho thấy độ chính xác của HRF hoàn toàn tương đương, với sai số không đáng kể. Đồng thời, quá trình tính toán được đơn giản hóa đáng kể, phù hợp với các ứng dụng kỹ thuật và giảng dạy. Phương pháp HRF cũng cho phép dễ dàng tích hợp vào các công cụ tính toán số và lập trình, mở rộng tiềm năng ứng dụng trong các hệ thống tính toán tự động hóa. Từ các phân tích và kết quả thực nghiệm, có thể kết luận rằng HRF là một công cụ mạnh và hiệu quả trong phân tích dầm chịu tải trọng bất liên tục. Bài báo góp phần khẳng định tiềm năng ứng dụng rộng rãi của HRF trong lĩnh vực cơ học kết cấu và khuyến nghị mở rộng nghiên cứu áp dụng phương pháp này cho các hệ kết cấu phức tạp hơn như khung không gian.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Timoshenko, S. P., & Young, D. H. (1965). Theory of structures. New York: McGraw-Hill.
- [2]. Hibbeler, R. C., & Tan, K. H. (2006). Structural analysis (pp. 6-4). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- [3]. Failla, G., & Santini, A. (2007). On Euler-Bernoulli discontinuous beam solutions via uniform-beam Green's functions. International Journal of Solids and Structures, 44(22-23), 7666-7687.
- [4]. Ermopoulos, J. C. (1988). Slope-deflection method and bending of tapered bars under stepped loads. Journal of Constructional Steel Research, 11(2), 121-141.
- [5]. Weaver, W., & Gere, J. M. (2012). Matrix analysis framed structures. Springer science & business media.
- [6]. Macaulay, W. H. (1919). Note on the deflection of beams. The Messenger of Mathematics, 48, 129-130.
- [7]. Churchill, R. V., & Brown, J. W. (1978). Fourier series and boundary value problems (Vol. 1963). New York: McGraw-Hill.
- [8]. Carslaw, H. S. (1906). Introduction to the Mathematical Theory of the Conduction of Heat in Solids. Macmillan and Company, limited.
- [9]. Tatsios, G., Tsimpoukis, A., & Valougeorgis, D. (2021). The half-range moment method in harmonically oscillating rarefied gas flows. Fluids, 6(1), 17.

# Tính toán sụp đổ lũy tiến kết cấu nhà bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn SP385.1325800.2018

Progressive collapse analysis of reinforced concrete building structures according to standard SP 385.1325800.2018

> TS PHẠM THANH BÌNH\*, TS MAI VIỆT CHINH, TS NGUYỄN HỮU THẾ

Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội

\*Email: ptb@lqdtu.edu.vn

## TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thực hiện việc tổng hợp khái quát tài liệu tiêu chuẩn hiện hành cho việc tính toán sụp đổ lũy tiến kết cấu nhà và công trình. Phương pháp phân tích nửa tĩnh và phân tích động theo lịch sử thời gian được áp dụng cho kết cấu khung bê tông cốt thép bằng phần mềm phân tích kết cấu LIRA-SAPR 2022. Kết quả phân tích cho thấy chuyển vị, nội lực trong kết cấu khung thu được từ phân tích nửa tĩnh với hệ số động  $K_d=2$  gần với các giá trị thu được từ phân tích động. Điều này cho thấy sự cần thiết của các hiệu ứng động trong phân tích sụp đổ lũy tiến. Tuy nhiên để thu được kết quả một cách chính xác nhất, khi sử dụng phương pháp nửa tĩnh, cần có nghiên cứu thêm về hệ số động. Giá trị nội lực tính toán của các cấu kiện trên cấu kiện bị hư hỏng cục bộ (loại bỏ) cần được xem xét để thiết kế một cách đầy đủ cho kết cấu.

**Từ khóa:** Sụp đổ lũy tiến, hư hỏng cục bộ, phân tích nửa tĩnh, phân tích động.

## ABSTRACT

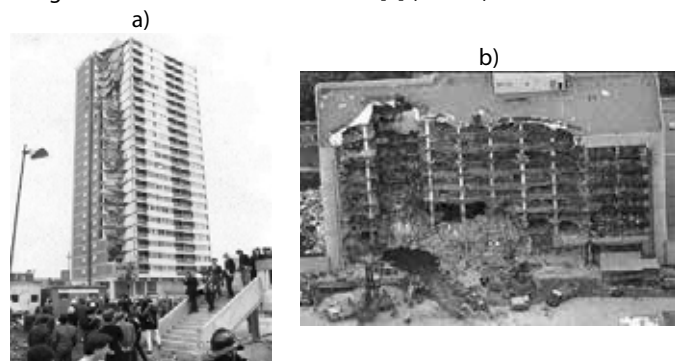
In this study, the authors present a general synthesis of current standards for the calculation of progressive collapse in building structures. The quasi-static analysis method and time history dynamic analysis were applied to reinforced concrete frame structures using the structural analysis software LIRA-SAPR 2022. The analysis results indicate that the displacements and internal forces in the frame obtained from quasi-static analysis with a dynamic amplification factor  $K_d=2$  are close to those obtained from dynamic analysis. This highlights the necessity of accounting for dynamic effects in the analysis of progressive collapse. However, to achieve the most accurate results using the quasi-static method, further research on the appropriate value of the dynamic factor is required. The internal forces in structural members located above the locally damaged (removed) element should be carefully considered to ensure a comprehensive and reliable structural design.

**Keywords:** Progressive collapse, local failure, quasi-static analysis, dynamic analysis.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sụp đổ lũy tiến là một dạng phá hoại kết cấu thảm khốc, trong đó một hư hỏng cục bộ ban đầu trong một tòa nhà lan rộng một cách không tương xứng, dẫn đến sự sụp đổ của toàn bộ kết cấu hoặc một phần đáng kể của nó [1]. Loại sụp đổ này xảy ra khi một tòa nhà mất đi một hoặc nhiều cấu kiện chịu tải trọng thẳng đứng của nó, và hư hỏng ban đầu có thể lan truyền đến mức độ phá hủy cao hơn [13]. Những phá hoại như vậy không tương xứng với hư hại cục bộ ban đầu, hay nói cách khác, hư hỏng cục bộ ban đầu có thể rất nhỏ, không đáng kể, nhưng hậu quả của nó đối với toàn bộ kết cấu công trình thì rất lớn, mối tương quan giữa hư hỏng ban đầu đó với hư hỏng của toàn hệ kết cấu được đánh giá là không tương xứng [1][12]. Do đó, nhu cầu loại trừ sự sụp đổ của tòa nhà do hư hỏng cục bộ đối với cấu kiện chịu lực được thúc đẩy bởi nguy cơ gây thương vong về người, thiệt hại vật chất đáng kể, hoặc hậu quả nghiêm trọng, đặc biệt đối với các cơ sở hạ tầng quan trọng, cơ sở sản xuất nguy hiểm, hoặc nơi lưu trữ các chất độc hại [1], [9], [13].

Vấn đề sụp đổ lũy tiến trở thành một mối quan tâm cấp bách trong kỹ thuật kết cấu công trình sau các sự cố như vụ nổ khí ở tháp Ronan Point vào năm 1968 và sự sụp đổ một phần của Tòa nhà Liên bang Alfred P. Murrah vào năm 1995 [9] (Hình 1).



Hình 1. Sụp đổ lũy tiến: a) Tòa nhà Ronan Point; b) Tòa nhà liên bang Alfred P. Murrah



Bên cạnh những công trình nghiên cứu về sụp đổ lũy tiến [1, 2, 7], xem xét hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam hiện nay, có thể thấy rằng, so với thế giới, các tiêu chuẩn tiên tiến [10, 11, 12] đã tích hợp bài bản, chi tiết hiện tượng sụp đổ lũy tiến vào quy trình thiết kế - kiểm tra kết cấu công trình, thì hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam còn đang rất thiếu sót. Cụ thể, các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu TCVN 5574:2018, TCVN 5575:2024, không đề cập trực tiếp đến sụp đổ lũy tiến, chỉ quy định yêu cầu chung về độ bền, ổn định và độ cứng; tiêu chuẩn tải trọng và tác động TCVN 2737:2023 không có mục riêng về tải trọng sự cố hay giả định mất cấu kiện đột ngột, bất thường. TCVN 9386:2012 về thiết kế chống động đất có đề cập đến yêu cầu cấp dẽo và dự phòng phá hoại lan truyền, nhưng cũng không nhắc đến sụp đổ lũy tiến. Điều này dẫn tới nguy cơ các công trình tại Việt Nam, đặc biệt là nhà cao tầng, các công trình công cộng.. có thể không có đủ khả năng chống sụp đổ lũy tiến nếu xảy ra sự cố/hư hỏng cục bộ (như nổ ga, đâm xe, va chạm, khủng bố...). TCVN 5574:2018 được biên soạn trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn của Liên bang Nga SP 63.13330.2012 và các sửa đổi năm 2016. Do đó về nguyên lý thiết kế kết cấu bê tông cốt thép, các đặc trưng về vật liệu bê tông, cốt thép, cơ bản theo triết lý của LB Nga. Đây là cơ sở và cũng là điểm thuận lợi cho, nhóm tác giả thực hiện thử nghiệm áp dụng các nguyên tắc thiết kế của tiêu chuẩn SP 385.1325800.2018 vào việc tính toán sụp đổ lũy tiến kết cấu nhà bê tông cốt thép.

## 2. TÍNH TOÁN KẾT CẤU NHÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP SỤP ĐỔ LŨY TIẾN THEO SP 385.1325800.2018

Việc tính toán kết cấu chống sụp đổ lũy tiến được thực hiện với các sơ đồ tính toán thứ cấp được xây dựng từ việc loại bỏ một cấu kiện của một phần của hệ kết cấu nhà hoặc công trình trong sơ đồ tính toán sơ cấp (sơ đồ tính toán ban đầu còn toàn vẹn). Xây dựng sơ đồ tính toán thứ cấp xuất phát từ việc xác định các vùng phá hoại cục bộ có thể xảy ra.

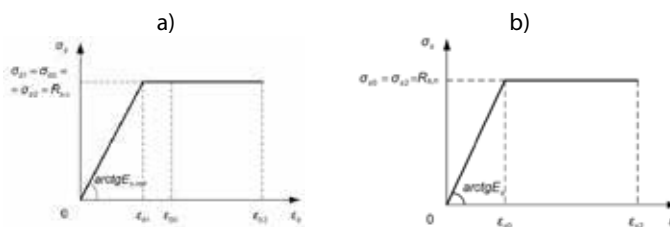
### 2.1. Vùng phá hoại cục bộ

Điều 4.5 [15] quy định rõ phá hoại cục bộ có thể chỉ định ở bất kỳ vị trí nào của nhà hoặc công trình và không được dẫn tới sụp đổ lũy tiến. Đối với các tòa nhà nhiều tầng, cần xem xét phá hoại cục bộ ở các đoạn tường giao nhau, tường độc lập, cột (trụ), lõi cứng, hoặc cột với các đoạn tường tiếp giáp, thường chiều dài không quá 6 mét. Đối với các tòa nhà công nghiệp một tầng, cần xem xét sự phá hủy hoặc loại bỏ một cấu kiện chịu lực hoặc một cấu kiện của kết cấu mái. Đối với các tòa nhà nhíp lớn, việc loại bỏ một cấu kiện chịu lực hoặc một cấu kiện giằng nó được xem xét.

### 2.2. Đặc trưng vật liệu

SP 385.1325800.2018 quy định rằng, khi tính toán bảo vệ cho nhà và công trình chống sụp đổ lũy tiến, các đặc trưng cường độ vật liệu được lấy bằng các giá trị tiêu chuẩn. Theo đó, khi áp dụng tại Việt Nam, các đặc trưng cường độ vật liệu kết cấu bê tông cốt thép được lấy tương thích với TCVN 5574:2018. 5.3. Giá trị cường độ tiêu chuẩn của vật liệu đối với kết cấu bê tông, bê tông cốt thép, khi thỏa mãn mức kiểm soát chất lượng của chúng, có thể đến xác suất nhỏ tác động sự cố, sự gia tăng cường độ của bê tông theo thời gian, việc sử dụng cốt thép ngoài giới hạn chảy của vật liệu, cho phép nhân với hệ số điều kiện làm việc bổ sung đối với trạng thái giới hạn đặc biệt, lấy bằng 1,15 đối với kết cấu bê tông và bê tông cốt thép [15].

Các đặc trưng biến dạng cần lấy, có kể đến trạng thái giới hạn đặc biệt (Hình 2). Cụ thể như sau:



Hình 2. Biểu đồ để xác định biến dạng giới hạn bê tông (a) và cốt thép (b)

- Giới hạn biến dạng bê tông chịu nén bằng các giá trị  $\epsilon_{b2}$ , được xác định bằng sơ đồ tính toán hoặc biểu đồ đường cong trạng thái khi biến dạng ngắn hạn và các giá trị ứng suất bằng  $\varphi_b R_{b,ser}$ . Giá trị biến dạng nén của bê tông nặng, hạt nhỏ, bê tông dự ứng lực cấp độ bền B60 trở xuống cần lấy bằng 0,0035, đối với bê tông cường độ cao B70-B100 - lấy theo nội suy tuyến tính trong khoảng giá trị từ 0,0033 ứng với B70 đến 0,0028 ứng với B100 [4]. Khi đó, cho phép kể đến sự gia tăng cường độ bê tông dưới tác dụng của tải trọng động bằng hệ số  $\varphi_b$ , bằng 1,15; và khi có đặc điểm phá hoại dẻo tiết diện (do chảy cốt thép) cần lấy giá trị  $\varphi_b$  bằng 1 [15];

- Giới hạn biến dạng cốt thép chịu kéo bằng các giá trị giới hạn biến dạng tương đối  $\epsilon_{s2}$ , lấy bằng 0,033 đối với thép có giới hạn chảy vật lý, còn đối với thép có giới hạn chảy quy ước - 0,02. Khi đó, trong cả 2 trường hợp, các giá trị ứng suất lấy bằng  $R_{s,ser}$ . Hệ số gia tăng cường độ động của thép  $\varphi_s$  cần lấy bằng 1,15 [15].

### 2.3. Tải trọng

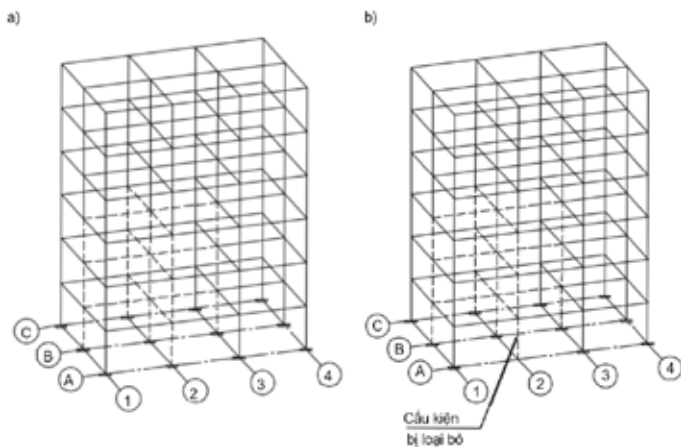
SP 385.1325800.2018 trình bày các yêu cầu tính toán nhà và công trình trong trường hợp loại bỏ một trong các cấu kiện chịu lực từ hệ kết cấu nhà (công trình) và không xác định loại và giá trị tải trọng và tác động đặc biệt và sự cố. Việc tính toán bảo vệ nhà và công trình chống sụp đổ lũy tiến được thực hiện với tổ hợp tải trọng đặc biệt, bao gồm tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn, trong đó có các giá trị suy giảm của tải trọng ngắn hạn, có kể đến sự thay đổi sơ đồ tính toán công trình do phá hoại cục bộ. Điều này phù hợp với TCVN 2737:2023 [3]. Hệ số độ tin cậy tải trọng lấy bằng  $\gamma_f=1,0$ ; hệ số tổ hợp tải trọng lấy bằng 1,0. Hệ số độ tin cậy tầm quan trọng lấy bằng  $\gamma_n=1,0$ .

### 2.4. Phương pháp tính toán

Tính toán bảo vệ nhà chống sụp đổ lũy tiến có thể được thực hiện bằng ba phương pháp: tĩnh, nửa tĩnh và động. Phương pháp tĩnh đơn giản và nhanh chóng nhưng không thể mô hình hóa chính xác các tình huống loại bỏ cấu kiện một cách đột ngột (điều này gây ra các ảnh hưởng động đáng kể đến hệ kết cấu). Phương pháp nửa tĩnh bao gồm phân tích pulldown và phân tích pushdown [13]. Trong phân tích pulldown, nội lực từ cấu kiện bị loại bỏ được đặt vào nút trên của chính phần tử đó với dấu ngược lại, nhân với một hệ số động (ngầm định là 2,0). Phân tích pushdown mô hình hóa tác động của loại bỏ đột ngột cấu kiện bằng cách nhân đối tải trọng lên các cấu kiện liên kế hoặc nằm trên cấu kiện bị loại bỏ. Phương pháp động lực thực hiện tích phân trực tiếp các phương trình chuyển động, có tính đến phi tuyến hình học và vật lý, đảm bảo mô hình hóa chính xác nhưng phức tạp và tốn nhiều công sức tính toán. Quy trình tính toán theo phương pháp tĩnh có thể tổng hợp như sau:

- Theo sơ đồ tính toán sơ cấp đã lựa chọn tại bước đầu (hình 3,a), xác định trạng thái ứng suất - biến dạng trong các cấu kiện hệ kết cấu trong điều kiện làm việc bình thường;

- Trong sơ đồ tính toán sơ cấp lần lượt loại bỏ một trong các cấu kiện chịu lực đứng hoặc ngang (Hình 3,b). Khi đó các đặc trưng cường độ và biến dạng của vật liệu, tải trọng được lấy theo trạng thái giới hạn đặc biệt (mục 2.2, 2.3);



Hình 3. Sơ đồ tính toán sơ cấp (a) và thứ cấp (b)

- Tính toán các sơ đồ tính toán thứ cấp và xác định trạng thái ứng suất-biến dạng trong các cấu kiện khi có phá hoại cục bộ. Lưu ý trong tính toán này cần kể đến tuần tự xây dựng (chất tải);

- Kiểm tra tiêu chí khả năng chịu lực và biến dạng của cấu kiện hệ kết cấu đối với trạng thái giới hạn đặc biệt. Trong đó lưu ý về tiêu chí độ võng cấu kiện chịu uốn của hệ kết cấu không được vượt quá 1/30 chiều dài nhịp, trừ kết cấu bê tông cốt thép được đặt thép cường độ cao với giới hạn chảy quy ước, thì độ võng không được vượt quá 1/50 chiều dài nhịp.

Quy trình tính toán động lực được thực hiện qua 3 bước:

- Bước 1: Xác định trạng thái ứng suất-biến dạng chính xác của kết cấu tại thời điểm trước khi phần tử bị hỏng. Tính toán được thực hiện theo phương pháp tĩnh hoặc bằng phương pháp động phi tuyến với việc chất tải tăng tuyến tính trong khoảng thời gian đủ để loại bỏ các hiệu ứng động hoặc độ cản cao;

- Bước 2: Loại bỏ cấu kiện trong bài toán động phi tuyến trong khoảng thời gian bằng 1/10 chu kỳ dao động cơ bản của hệ kết cấu;

- Bước 3: Tính toán động lực của kết cấu với phần tử đã loại bỏ trong bài toán phi tuyến bằng các phương pháp tích phân trực tiếp phương trình động lực theo thời gian.

### 3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

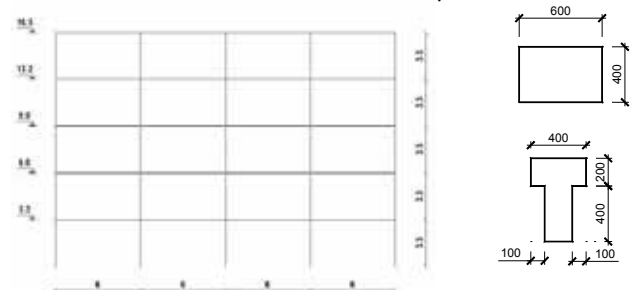
Trên cơ sở lý thuyết tính toán đã được tổng hợp tại mục 2, tác giả thực hiện bài toán ví dụ về việc tính toán sụp đổ lũy tiến cho kết

cấu khung bê tông cốt thép. Việc mô phỏng được tiến hành bằng phần mềm chuyên dụng LIRA-SAPR 2022. Để phù hợp với thực tiễn tại Việt Nam, trong ví dụ, nhóm tác giả đã chỉnh sửa một số đặc trưng vật liệu cho phù hợp với TCVN 5574:2018. Các đặc trưng tải trọng được giả định cho quá trình mô phỏng, không làm mất đi mục đích của ví dụ. Ở giai đoạn đầu tiên, tính toán được thực hiện trong sơ đồ tính toán sơ cấp, thiết lập tuyến tính cho các tải trọng tương ứng với giai đoạn sử dụng của tòa nhà. Việc lựa chọn diện tích cốt thép và tạo các loại cốt thép đã định được thực hiện bởi mô đun thiết kế kết cấu bê tông cốt thép (RC) của phần mềm. Ở giai đoạn thứ hai, tính toán được thực hiện trong thiết lập nửa tĩnh phi tuyến vật lý cho các tải trọng tương ứng với hư hỏng cục bộ. Tính toán ở giai đoạn thứ ba cũng được thực hiện trong thiết lập động tuyến tính. Trạng thái ban đầu cho giai đoạn thứ ba là trạng thái ứng suất-biến dạng của kết cấu được xác định ở giai đoạn đầu tiên.

#### 3.1. Dữ liệu ban đầu

##### a) Mô hình:

Kết cấu khung bê tông cốt thép 5 tầng, mỗi tầng cao 3,3m, 4 nhịp, mỗi nhịp dài 6m. Kết cấu khung được tạo thành bởi các cấu kiện cột và dầm liên kết cứng với nhau, liên kết giữa cột và móng là liên kết ngàm. Cột có tiết diện hình chữ nhật với kích thước 60x40cm, dầm chữ T có các kích thước tiết diện như trên Hình 4.



Hình 4. Mặt đứng khung và kích thước tiết diện

##### b) Vật liệu:

Các đặc trưng vật liệu bê tông và cốt thép, có kể đến các hệ số điều kiện làm việc của cấu kiện và hệ số kể đến ảnh hưởng của tác động sự cố/ đặc biệt trong trạng thái giới hạn đặc biệt (khi xảy ra phá hoại cục bộ) được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc trưng vật liệu

| Vật liệu |      | Cấp     | R <sub>b,n</sub><br>(MPa) | R <sub>b,ser</sub><br>(MPa) | R <sub>s,n</sub><br>(MPa) | Trạng thái giới hạn đặc biệt |                 |                |                 | Trạng thái giới hạn đặc biệt |                 |
|----------|------|---------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
|          |      |         |                           |                             |                           | γ <sub>b3</sub>              | γ <sub>ad</sub> | φ <sub>b</sub> | ε <sub>b2</sub> | φ <sub>s</sub>               | ε <sub>s2</sub> |
| Bê tông  | Cột  | B25     | 18,5                      | 18,5                        | -                         | 0,85                         | 1,15            | 1,15           | 0,0035          | -                            | -               |
|          | Dầm  | B25     | 18,5                      | 18,5                        | -                         | 1,0                          | 1,15            | 1,15           | 0,0035          | -                            | -               |
| Cốt thép | f≥10 | CB400-V | -                         | -                           | 400                       | -                            | 1,15            | -              | -               | 1,15                         | 0,033           |
|          | f<10 | CB240-T | -                         | -                           | 240                       | -                            | 1,15            | -              | -               | 1,15                         | 0,033           |

##### c) Tải trọng:

Tải trọng thẳng đứng và tải trọng ngang tác dụng lên khung (tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời) được thể hiện trên Bảng 2, Bảng 3.

Bảng 2. Tải trọng thẳng đứng

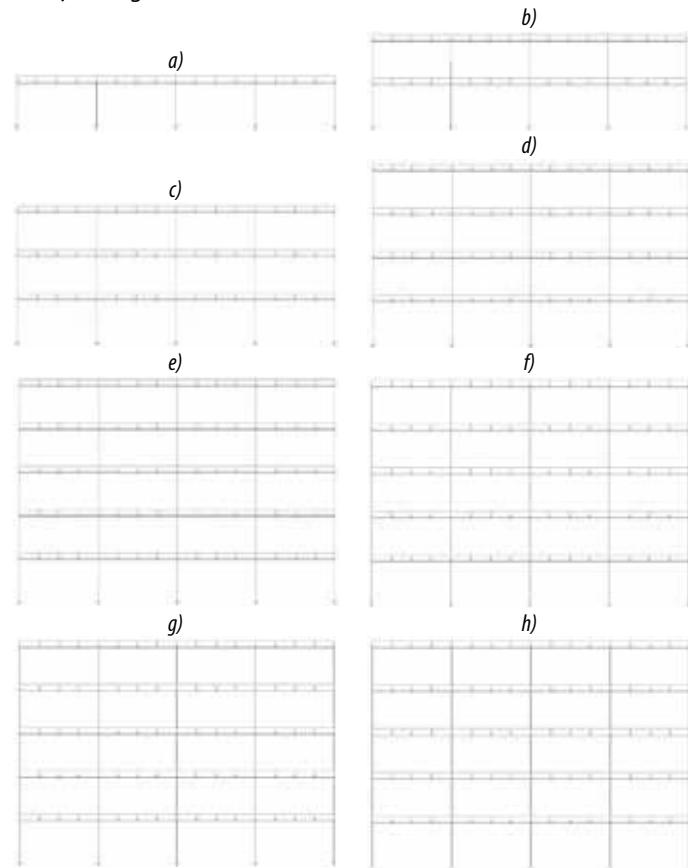
| TT | Tải trọng                     | Giá trị tiêu chuẩn<br>kN/m | Hệ số độ tin cậy | Giá trị tính toán<br>kN/m |
|----|-------------------------------|----------------------------|------------------|---------------------------|
|    | <b>Tải trọng thường xuyên</b> |                            |                  |                           |
| 1  | Kết cấu sàn                   | 19,8                       | 1,1              | 21,8                      |
| 2  | Hoàn thiện sàn                | 4,74                       | 1,2              | 5,86                      |
| 3  | Tường                         | 11,9                       | 1,1              | 13,35                     |
|    | <b>Tải trọng tạm thời</b>     |                            |                  |                           |
| 1  | Sử dụng (Căn hộ nhà ở)        | 9,0                        | 1,3              | 11,7                      |

Bảng 3. Tải trọng ngang

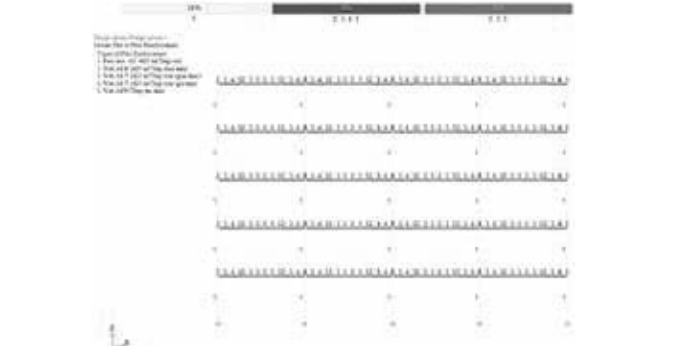
| TT | Tầng   | Cao độ | Giá trị tiêu chuẩn<br>kN | Hệ số độ tin cậy | Giá trị tính toán<br>kN |
|----|--------|--------|--------------------------|------------------|-------------------------|
| 1  | Tầng 5 | 16,5   | 8,9                      | 2,1              | 18,7                    |
| 2  | Tầng 4 | 13,2   | 17,8                     | 2,1              | 37,4                    |
| 3  | Tầng 3 | 9,9    | 16,0                     | 2,1              | 33,6                    |
| 4  | Tầng 2 | 6,6    | 14,7                     | 2,1              | 30,9                    |
| 5  | Tầng 1 | 3,3    | 14,4                     | 2,1              | 30,2                    |

d) Mô hình:

Việc thiết kế kết cấu khung với sơ đồ tính toán sơ cấp được thực hiện bởi mô đun RC trong phần mềm. Tuần tự xây dựng được kể đến thông qua mô đun Assemblage, trong đó thể hiện việc xây dựng các tầng 1-5 và chất tải tường, hoàn thiện sàn và tải trọng sử dụng lên khung (Hình 5). Kết quả lựa chọn cốt thép cho cấu kiện khung được thể hiện trong Hình 6.



a-e: Tầng 1-5; f: tải trọng tường; g: tải trọng hoàn thiện sàn; h: tải trọng sử dụng  
Hình 5. Xây dựng tuần tự kết cấu khung

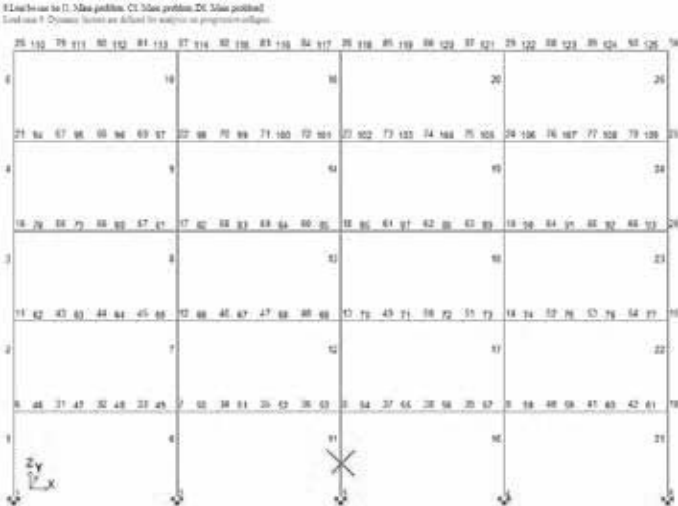


Hình 6. Sơ đồ bố trí cốt thép khung

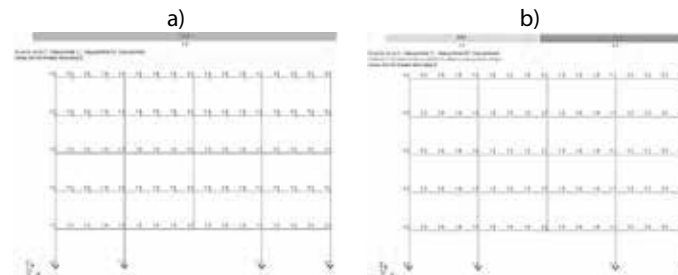
3.2. Tính toán sụp đổ lũy tiến khung

Việc tính toán sụp đổ lũy tiến khung được thực hiện với sơ đồ tính toán thứ cấp, được xác định từ việc loại bỏ cột giữa tầng 1 từ sơ đồ tính toán sơ cấp.

Tính toán nửa tĩnh được thực hiện bằng cách thiết lập bổ sung một trường hợp tải trọng - “Loại bỏ cục bộ” nhằm mô phỏng việc loại bỏ đột ngột cấu kiện cột giữa tầng 1 (Hình 7). Trong trường hợp tải trọng này, cấu kiện bị loại bỏ - phần tử số 11 được khai báo trong mô đun Progressive collapse của phần mềm. Tác giả thực hiện khảo sát ảnh hưởng của hệ số động (khuếch tán động  $K_d=1$  và  $K_d=2$ ) đến ứng xử của hệ kết cấu khi mô phỏng hư hỏng cục bộ. Việc thực hiện gán hệ số động chỉ áp dụng cho nút trên (nút số 8) của phần tử số 11, do áp dụng cho các nút của cột, dầm lân cận hoặc toàn bộ nút của hệ kết cấu không ảnh hưởng đến kết quả phân tích [13].



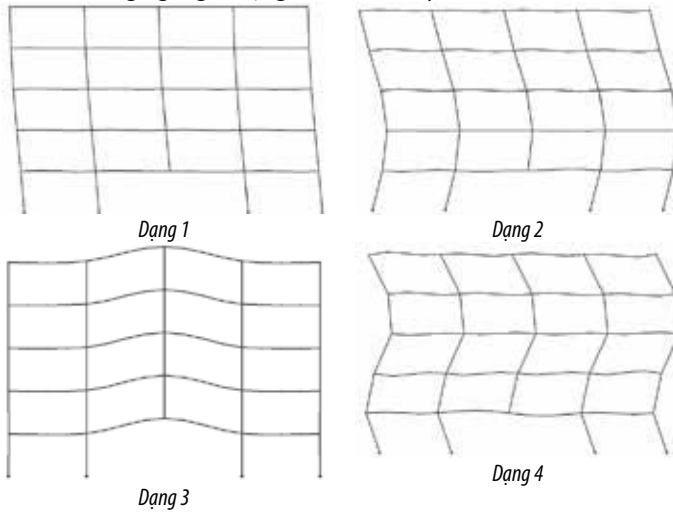
Hình 7. Trường hợp tải trọng “Loại bỏ cục bộ”



Hình 8. Biểu đồ gán hệ số động a)  $K_d=1$ ; b)  $K_d=2$

Tính toán động được thực hiện bằng mô đun Time History Analysis bằng cách tích phân trực tiếp phương trình chuyển động. Việc lựa chọn cột bị loại bỏ được thực hiện bằng lệnh Local Failure. Thời gian loại bỏ - là thời gian các lực tương tác của cấu kiện bị loại bỏ với toàn bộ hệ kết cấu còn lại, giảm dần xuống 0. Trong nghiên cứu này, thời gian loại bỏ cấu kiện được lấy bằng  $dT=0,1T$  theo khuyến cáo của GSA [12] và  $dT=0,01s$  để thể hiện tính đột ngột của phá hoại cục bộ. Chu kỳ  $T$  được xác định bằng cách phân tích dao

động của sơ đồ tính toán thứ cấp. Kết quả phân tích được thể hiện trên hình 9, trong đó dạng dao động theo phương đứng phù hợp nhất với khung ngang là dạng số 3 với chu kỳ  $T=0,29s$ .



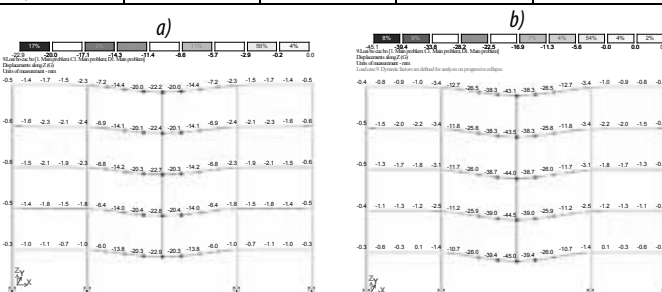
Hình 9. Dạng dao động của khung

### 3.3. Kết quả phân tích

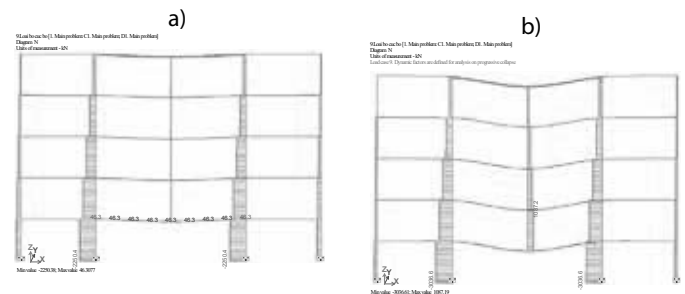
Kết quả phân tích nửa tĩnh phản ứng của hệ kết cấu dưới tác dụng của hư hỏng cục bộ được thể hiện trên Bảng 4. Trong đó có thể dễ dàng nhận thấy sự chênh lệch đáng kể về chuyển vị nút trên của cột, mô men tại dầm ngay trên cột bị loại bỏ và lực dọc tại cột liền kề cột bị loại bỏ. Về chuyển vị, khi áp dụng hệ số khuếch tán động  $K_d=2$ , chuyển vị nút số 8 tăng 94% lần so với áp dụng hệ số  $K_d=1,0$ ; lực dọc tại cột liền kề tăng 35%; mô men tại dầm trên cột bị loại bỏ tăng 138%. Ngoài ra, có thể nhận thấy tại cột ngay trên cột bị loại bỏ xuất hiện lực kéo với giá trị  $N=1068,8kN$ . Các biểu đồ chuyển vị nút khung, lực dọc trong tiết diện cột, mô men trên tiết diện dầm khung được thể hiện trên các Hình 10,11,12.

Bảng 4. Kết quả phân tích nửa tĩnh

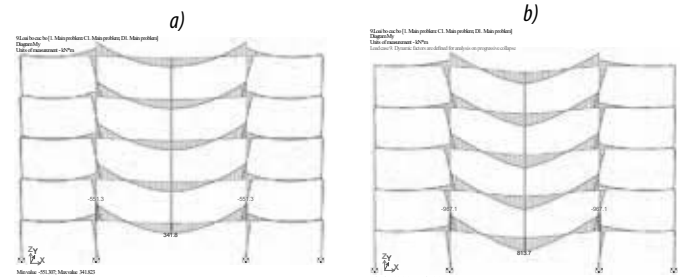
| Phương pháp tính toán | Chuyển vị nút trên cột bị loại bỏ (nút 8), mm | Lực dọc tại cột liền kề, kN | Lực dọc trên cột bị loại bỏ | Mô men tại dầm trên cột bị loại bỏ, kNm |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Nửa tĩnh ( $K_d=1$ )  | -22,9                                         | -2250,4                     | -34,3                       | 341,8                                   |
| Nửa tĩnh ( $K_d=2$ )  | -45,0                                         | -3036,6                     | 1087,2                      | 813,7                                   |
| Chênh lệch (%)        | 94                                            | 35%                         | -                           | 138%                                    |



Hình 10. Biểu đồ chuyển vị nút khung (phân tích nửa tĩnh) a)  $K_d=1$ ; b)  $K_d=2$



Hình 11. Biểu đồ lực dọc khung (phân tích nửa tĩnh) a)  $K_d=1$ ; b)  $K_d=2$



Hình 12. Biểu đồ mô men khung (phân tích nửa tĩnh) a)  $K_d=1$ ; b)  $K_d=2$

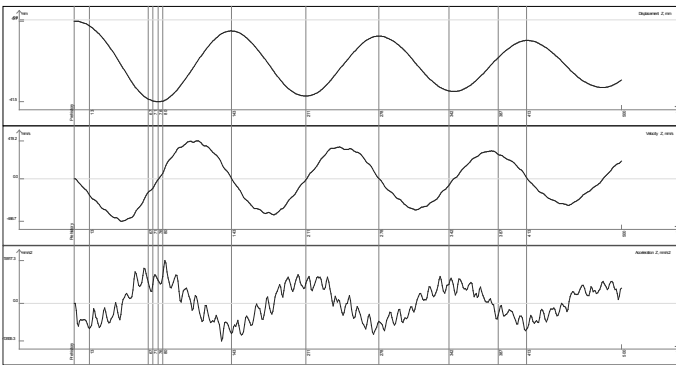
Kết quả phân tích động kết cấu khung chịu hư hỏng cục bộ với các trường hợp thời gian loại bỏ được trình bày trong bảng 5. Biểu đồ phụ thuộc chuyển vị nút 8 theo thời gian được thể hiện trên Hình 13; Biểu đồ chuyển vị nút, lực dọc và mô men xuất hiện trong khung với thời gian loại bỏ  $dT=0,1T$ , tại các thời điểm đạt cực đại khác nhau được thể hiện trên Hình 14. Căn cứ theo kết quả phân tích có thể nhận thấy một số điều sau:

- Kết quả phân tích giữa hai trường hợp lựa chọn thời gian loại bỏ cột chênh lệch không đáng kể (chuyển vị nút số 8 chênh 1,2%, lực dọc tại chân cột liền kề chênh 4,1%, mô men tại dầm trên cột bị loại bỏ chênh 9,8%);
- Trong cột trên cột bị loại bỏ xuất hiện lực kéo. Điều này có thể lý giải bằng hiện tượng cấu kiện cột đó đã chuyển thành cấu kiện dạng treo. Khi đó cần lưu ý đối chiếu giữa các trường hợp phân tích, để thiết kế đảm bảo lực kéo xuất hiện trong cột. Điều này tương tự như với phân tích nửa tĩnh ( $K_d=2$ ).
- Kết quả phân tích động tương đối sát với phân tích nửa tĩnh ( $K_d=2$ ). Khi chọn thời gian loại bỏ cột là 0,01s, chuyển vị nút 8 giữa phân tích động và phân tích nửa tĩnh ( $K_d=2$ ) chênh -7,1%, lực dọc xuất hiện trong cột liền kề cột bị loại bỏ chênh 7,7%, mô men trong dầm trên cột bị loại bỏ chênh -7,1%.

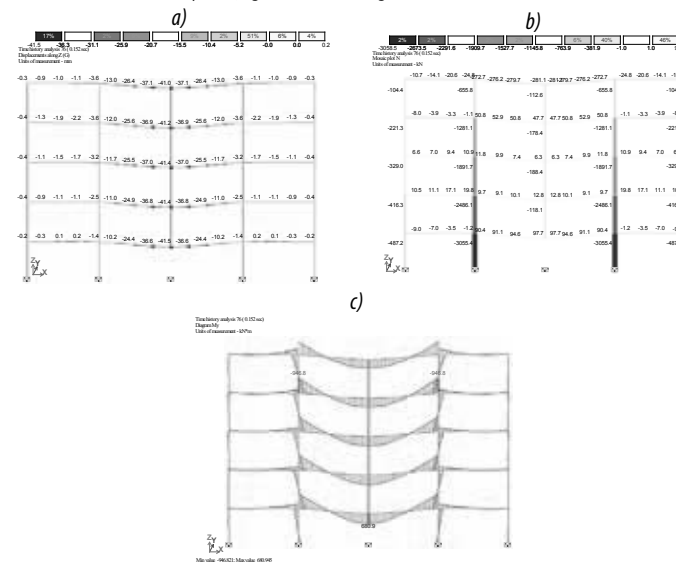
Bảng 5. Kết quả phân tích động

| Phương pháp tính toán                         | Chuyển vị nút trên cột bị loại bỏ (nút số 8), mm | Lực dọc tại cột liền kề, kN | Lực dọc trên cột bị loại bỏ | Mô men tại dầm trên cột bị loại bỏ, kNm |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Động với thời gian loại bỏ $dT=0,1T$ (0,029s) | -41,5 (0,152s)                                   | -3141,6 (0,142s)            | 60,4                        | 689,7 (0,160s)                          |
| Động với thời gian loại bỏ $dT=0,01s$         | -42,0 (0,144s)                                   | -3270,3 (0,122)             | 211,8                       | 757,3 (0,146s)                          |
| Chênh lệch (%)                                | 1,2                                              | 4,1                         | -                           | 9,8%                                    |

| Phương pháp tính toán                                     | Chuyển vị nút trên cột bị loại bỏ (nút số 8), mm | Lực dọc tại cột liên kề, kN | Lực dọc trên cột bị loại bỏ | Mô men tại dầm trên cột bị loại bỏ, kNm |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Chênh lệch ( $dT=0,1T$ ) so với nửa tĩnh ( $K_d=2$ ) (%)  | -8,2                                             | 3,5%                        | -                           | -15,2                                   |
| Chênh lệch ( $dT=0,01s$ ) so với nửa tĩnh ( $K_d=2$ ) (%) | -7,1                                             | 7,7%                        | -                           | -7,1                                    |



Hình 13. Biểu đồ chuyển động nút 8 theo thời gian với  $dt=0,1T$



Hình 14. Biểu đồ: a) chuyển vị nút khung (cực đại), b) lực dọc cột liên kề, c) mô men dầm trên cột bị loại bỏ ( $dT=0,1T$ ) tại thời điểm  $t=0,152s$

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã làm rõ vấn đề sụp đổ lũy tiến như một dạng phá hoại kết cấu thảm khốc, nơi hư hỏng cục bộ ban đầu lan rộng một cách không tương xứng, dẫn đến sự sụp đổ toàn bộ hoặc một phần đáng kể của công trình. Trong bối cảnh hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành còn thiếu sót trong việc tích hợp trực tiếp các quy định về sụp đổ lũy tiến, việc nghiên cứu áp dụng tiêu chuẩn SP

385.1325800.2018 của Liên bang Nga được đánh giá là phù hợp và thuận lợi do tính tương thích với nền tảng thiết kế bê tông cốt thép hiện hành của Việt Nam. Thông qua ví dụ tính toán cụ thể cho khung bê tông cốt thép 5 tầng bằng phần mềm LIRA-SAPR 2022, rút ra một số kết luận sau:

- Kết quả phân tích nửa tĩnh cho thấy sự khác biệt đáng kể về chuyển vị nút, lực dọc và mô men khi áp dụng hệ số khuếch đại động ( $K_d=2$ ) so với  $K_d=1$ . Điều này khẳng định tầm quan trọng của việc xét đến các hiệu ứng động trong phân tích.

- Phân tích động cung cấp kết quả tương đối sát với phân tích nửa tĩnh có sử dụng hệ số  $K_d=2$ , cho thấy sự cần thiết xem xét các hiệu ứng động, việc sử dụng hệ số động trong phương pháp nửa tĩnh để đơn giản hóa quá trình tính toán.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Bộ Xây dựng cho nhiệm vụ KHCN "Nghiên cứu xây dựng hướng dẫn tính toán sụp đổ lũy tiến kết cấu nhà bê tông cốt thép" mã số RD28-24.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cao Duy Khôi (2010). Động lực học phá hủy dầm chuyển của khung nhiều tầng bê tông cốt thép liên khối bằng phương pháp phân tích động phi tuyến. Luận án Tiến sỹ kỹ thuật.
- [2]. Lê Nguyễn Khương, Cao Minh Quyên, Trịnh Thị Hoa (2022). "Mô phỏng ứng xử động phi tuyến của nút khung góc tại vị trí cốt chịu lực bị phá hủy. Tạp chí Xây dựng IBST, số 1-2022.
- [3]. TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động.
- [4]. TCVN 5574:2018. Thiết kế kết cấu Bê tông và Bê tông cốt thép.
- [5]. TCVN 5575:2024. Thiết kế kết cấu thép.
- [6]. Trung, P.T., Bảo, N.Q. và Hoàng, V.V. 2021. Nghiên cứu sự sụp đổ lũy tiến của khung bê tông cốt thép toàn khối chịu tải trọng nổ tiếp xúc và đề xuất một số giải pháp kháng sập. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng. 3 (tháng 6, 2021), Trang 30 - Trang 40.
- [7]. Phan Thành Trung (2021). Nghiên cứu sụp đổ lũy tiến của khung bê tông cốt thép toàn khối chịu tác dụng nổ và đề xuất một số giải pháp kháng sập. Luận án Tiến sỹ kỹ thuật.
- [8]. Abdelwahed, B. (2019). A review on building progressive collapse, survey and discussion. Case Studies in Construction Materials, 11, e00264. DOI: 10.1016/j.cscm.2019.e00264.
- [9]. Careda, G., Makoond, N., Buitrago, M., Sagaseta, J., Chrysanthopoulos, M., & Adam, J.M. (2023). Learning from the progressive collapse of buildings. Developments in the Built Environment, 15, 100194. ISSN: 2666-1659. DOI: 10.1016/j.dibe.2023.100194.
- [10]. Department of Defense (DoD), Design of Building to Resist Progressive Collapse, UFC 4-023-03, Washington, DC, 2010.
- [11]. EN 1991-1-7, Eurocode 1: Actions on Structures - Part 1-7: General Actions - Accidental Actions, (2006).
- [12]. General Services Administration (GSA). (2016). GENERAL SERVICES ADMINISTRATION ALTERNATE PATH ANALYSIS & DESIGN GUIDELINES FOR PROGRESSIVE COLLAPSE RESISTANCE (Revision 1). Washington, DC, USA..
- [13]. Семашкин, А.Д., Туснин, А.Р., & Бергер, М.П. (2023). Способы расчета несущих конструкций на устойчивость к прогрессирующему разрушению (Methods of structural analysis for resistance to progressive collapse). Строительство: наука и образование [Construction: Science and Education], 13(2), 3. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.2.3.
- [14]. СП 296.1325800.2017 "Здания и сооружения. Особые воздействия" (SP 296.1325800.2017 "Buildings and Structures. Special Influences"). (2017). Москва, РФ.
- [15]. СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. правила проектирования. основные положения» Москва, РФ.



# Tiến bộ trong nghiên cứu an toàn cháy cho kết cấu bê tông và thép tại Việt Nam và quốc tế

## Advances in fire safety research for concrete and steel structures in Vietnam and globally

> TS NGUYỄN PHI LONG, NGUYỄN TRÚC LIN NA

Khoa Xây dựng, Học viện Hàng không Việt Nam

Email: longnp@vaa.edu.vn

### TÓM TẮT

Báo cáo tổng hợp các nghiên cứu từ năm 2000 đến nay về khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông, thép và bê tông cốt thép, tập trung vào hành vi vật liệu và cấu kiện dưới tác động nhiệt độ cao. Các nghiên cứu chỉ ra rằng bê tông giảm đáng kể cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi ở nhiệt độ trên 600°C; đồng thời, hiện tượng bong tróc (spalling) gây nguy hiểm do làm lộ cốt thép. Thép kết cấu mất khoảng 50% cường độ chảy ở 550-600°C và chỉ còn 10-20% ở 800°C. Sự suy giảm độ bám dính giữa bê tông và cốt thép ở nhiệt độ cao cũng ảnh hưởng lớn đến khả năng chịu lực. Các phương pháp phòng ngừa bong tróc, như sử dụng phụ gia hoặc lớp bảo vệ, cùng với thiết kế chịu cháy theo hiệu suất, được nghiên cứu rộng rãi. So sánh cho thấy Việt Nam có tiến bộ nhưng còn hạn chế về thí nghiệm quy mô lớn và hợp tác quốc tế. Báo cáo nhấn mạnh tầm quan trọng của nghiên cứu về khả năng chịu cháy trong bối cảnh đô thị hóa, góp phần nâng cao an toàn và chất lượng công trình xây dựng.

**Từ khóa:** Khả năng chịu cháy, kết cấu bê tông, kết cấu thép, bong tróc (spalling), thiết kế chịu cháy.

### ABSTRACT

This report synthesizes research from 2000 to the present on the fire resistance of concrete, steel, and reinforced concrete structures, focusing on material and structural behavior under high temperatures. Studies reveal that concrete experiences significant reductions in tensile strength and elastic modulus above 600°C, with spalling posing a critical risk by exposing reinforcement. Steel structures lose approximately 50% of their yield strength at 550-600°C and retain only 10-20% at 800°C. The bond strength between concrete and reinforcement also diminishes significantly at elevated temperatures, impacting load-bearing capacity. Preventive measures for spalling, such as specialized additives and protective coatings, alongside performance-based fire engineering, have been extensively explored. Comparative analysis indicates that while Vietnam has made progress, its research is limited in scope and large-scale experimentation compared to global efforts. The report underscores the necessity of advancing fire resistance studies amid rapid urbanization in Vietnam, providing a robust scientific foundation for enhancing construction safety and quality. Continued investment and international collaboration are essential to bridge gaps and improve the resilience of structures against fire hazards.

**Keywords:** Fire resistance, concrete structure, steel structure, spalling, fire-resistant design.

### 1. GIỚI THIỆU

Trong lĩnh vực xây dựng hiện đại, việc đảm bảo an toàn phòng cháy chữa cháy cho các công trình là yêu cầu cấp thiết, nhằm bảo vệ tính mạng con người, tài sản và môi trường khỏi những hậu quả nghiêm trọng do hỏa hoạn gây ra. Các vật liệu kết cấu phổ biến như bê tông, thép và bê tông cốt thép đóng vai trò trụ cột trong xây dựng hạ tầng và công trình kiến trúc; tuy nhiên, chúng phải đối mặt với những thách thức đặc biệt khi chịu tác động của nhiệt độ cao trong các vụ cháy. Do đó, việc nghiên cứu sâu về khả năng chịu cháy của các vật liệu và kết cấu này ở nhiều cấp độ là hết sức cần thiết, giúp các kỹ sư và nhà thiết kế đưa ra giải pháp tối ưu nhằm nâng cao độ an toàn và giảm thiểu rủi ro cháy nổ trong xây dựng.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích tổng hợp một cách có hệ thống các công trình đã được công bố từ năm 2000 đến nay về khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông, thép và bê tông cốt thép, bao gồm cả các nghiên cứu trong nước và quốc tế. Phạm vi nghiên cứu bao phủ từ cấp độ vật liệu, cấu kiện trung gian (như dầm, cột, sàn) đến các hệ kết cấu quy mô lớn. Báo cáo tập trung vào việc đánh giá sự thay đổi về tính chất cơ lý của vật liệu khi chịu tác động của nhiệt độ cao, hành vi chịu lực của các cấu kiện trong điều kiện cháy, và khả năng làm việc tổng thể của hệ kết cấu khi xảy ra hỏa hoạn. Đối tượng chính mà báo cáo hướng đến là các chuyên gia trong ngành Xây dựng tại Việt Nam, bao gồm các kỹ sư kết cấu, kiến trúc sư, nhà nghiên cứu và các nhà hoạch định chính sách, với hy vọng

cung cấp một cái nhìn toàn diện về tình hình nghiên cứu hiện tại và những vấn đề còn tồn tại trong lĩnh vực này. Nghiên cứu được cấu trúc một cách logic, bắt đầu từ việc xem xét các nghiên cứu về khả năng chịu cháy của từng loại vật liệu riêng lẻ, sau đó đi sâu vào phân tích hành vi của các cấu kiện chịu lực, và cuối cùng là đánh giá hiệu suất của các hệ kết cấu lớn trong điều kiện hỏa hoạn. Đồng thời so sánh và đánh giá các kết quả nghiên cứu giữa Việt Nam và các quốc gia khác trên thế giới.

Sự gia tăng nhanh chóng của quá trình đô thị hóa và phát triển xây dựng tại Việt Nam trong những thập kỷ gần đây đã đặt ra những yêu cầu ngày càng cao về an toàn phòng cháy chữa cháy cho các công trình. Với mật độ xây dựng ngày càng tăng và các tòa nhà cao tầng, phức tạp xuất hiện ngày càng nhiều, nguy cơ xảy ra các vụ cháy lớn với những thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản cũng gia tăng đáng kể. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc hiểu rõ và áp dụng các nguyên tắc thiết kế chịu lửa tiên tiến vào thực tiễn xây dựng ở Việt Nam. Một báo cáo tổng hợp các nghiên cứu mới nhất về khả năng chịu cháy của các vật liệu và kết cấu xây dựng chủ yếu sẽ cung cấp những thông tin khoa học cần thiết, giúp các nhà quản lý, kỹ sư và kiến trúc sư đưa ra các quyết định thiết kế và xây dựng an toàn, hiệu quả hơn, phù hợp với điều kiện đặc thù của Việt Nam. Bên cạnh đó, khoảng thời gian từ năm 2000 đến nay chứng kiến những tiến bộ vượt bậc trong lĩnh vực khoa học vật liệu và kỹ thuật phòng cháy chữa cháy kết cấu. Các phương pháp mô hình hóa bằng máy tính ngày càng trở nên mạnh mẽ và chính xác hơn, các kỹ thuật thí nghiệm cũng được cải tiến đáng kể, và sự hiểu biết về hành vi của vật liệu ở nhiệt độ cao cũng sâu sắc hơn. Việc tổng hợp các nghiên cứu trong giai đoạn này sẽ mang lại một bức tranh toàn diện về những thành tựu đã đạt được, những vấn đề còn tồn tại và các xu hướng nghiên cứu mới trong lĩnh vực khả năng chịu cháy của kết cấu xây dựng.

## 2. NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG CHỊU CHÁY CỦA VẬT LIỆU

### 2.1. Bê tông

#### 2.1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ cao lên tính chất cơ học và vật lý của bê tông

Bê tông, một vật liệu xây dựng composite bao gồm xi măng, cốt liệu và nước, thể hiện một khả năng chịu lửa tương đối tốt so với nhiều vật liệu khác. Tuy nhiên, khi tiếp xúc với nhiệt độ cao trong đám cháy, các tính chất cơ học và vật lý của bê tông sẽ bị suy giảm đáng kể, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chịu lực và độ ổn định của kết cấu. Các nghiên cứu từ năm 2000 đến nay đã tập trung vào việc làm rõ những biến đổi này, đặc biệt là đối với cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, mô đun đàn hồi và hệ số dẫn nhiệt của bê tông ở các mức nhiệt độ khác nhau (1-7).

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng cường độ chịu nén của bê tông bắt đầu suy giảm đáng kể ở nhiệt độ khoảng 300°C và có thể mất tới 70-90% cường độ ban đầu khi nhiệt độ đạt đến 600-800°C (8,9). Mức độ suy giảm này phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm thành phần hỗn hợp bê tông (tỷ lệ xi măng, loại cốt liệu, phụ gia), độ ẩm ban đầu, tốc độ gia nhiệt và thời gian chịu nhiệt. Ví dụ, các loại bê tông có hàm lượng thạch anh trong cốt liệu cao thường có xu hướng bị giảm cường độ nhiều hơn ở nhiệt độ khoảng 573°C, do sự chuyển pha của thạch anh, gây ra sự giãn nở thể tích đột ngột và làm nứt bê tông. Ngược lại, các loại bê tông sử dụng cốt liệu đá vôi có khả năng chịu nhiệt tốt hơn do sự phân hủy canxi cacbonat diễn ra ở nhiệt độ cao hơn

(khoảng 800°C) và quá trình này hấp thụ nhiệt, làm chậm quá trình tăng nhiệt độ bên trong khối bê tông.

Tương tự như cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi của bê tông cũng giảm đáng kể khi nhiệt độ tăng cao. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng cường độ chịu kéo có thể giảm tới 90% ở nhiệt độ 600°C, trong khi mô đun đàn hồi có thể giảm tới 80% ở cùng mức nhiệt độ. Sự suy giảm này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chống lại sự hình thành và phát triển của các vết nứt trong bê tông khi chịu tải và nhiệt độ cao, đặc biệt là trong các cấu kiện chịu uốn như dầm và sàn (10-12).

Hệ số dẫn nhiệt của bê tông cũng là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng chịu lửa của kết cấu. Khi nhiệt độ tăng, hệ số dẫn nhiệt của bê tông thường giảm, đặc biệt là đối với bê tông có độ ẩm cao. Điều này có nghĩa là lớp bê tông bên ngoài sẽ trở thành một lớp cách nhiệt, làm chậm quá trình truyền nhiệt vào bên trong khối bê tông và bảo vệ các lớp bê tông bên trong cũng như cốt thép khỏi nhiệt độ quá cao trong một khoảng thời gian nhất định. Tuy nhiên, sự giảm hệ số dẫn nhiệt cũng có thể dẫn đến sự tích tụ nhiệt ở lớp bề mặt, gây ra ứng suất nhiệt lớn và làm tăng nguy cơ nứt vỡ (13).

Các nghiên cứu gần đây cũng tập trung vào ảnh hưởng của các loại phụ gia khác nhau đến khả năng chịu nhiệt của bê tông. Ví dụ, việc sử dụng tro bay, xỉ lò cao hoặc silica fume có thể cải thiện khả năng chịu nhiệt của bê tông bằng cách làm tăng độ đặc chắc của ma trận xi măng, giảm tính thấm và hạn chế sự hình thành các vết nứt do nhiệt. Ngoài ra, các nghiên cứu về bê tông cường độ cao và bê tông siêu cao hiệu năng (UHPC) cũng cho thấy những kết quả khác nhau về khả năng chịu lửa so với bê tông thông thường, do thành phần hỗn hợp và cấu trúc vi mô đặc biệt của chúng (14).

#### 2.1.2. Hiện tượng bong tróc (Spalling) bê tông khi cháy

Một trong những hiện tượng nguy hiểm nhất xảy ra với bê tông khi chịu nhiệt độ cao là hiện tượng bong tróc (spalling), tức là sự tách lớp hoặc vỡ vụn của bề mặt bê tông dưới tác động của nhiệt. Hiện tượng này không chỉ làm giảm tiết diện chịu lực của cấu kiện mà còn có thể làm lộ cốt thép, khiến cốt thép bị mất cường độ nhanh chóng do nhiệt độ cao.

Các nghiên cứu đã xác định được nhiều yếu tố có thể gây ra hoặc làm tăng nguy cơ bong tróc bê tông khi cháy, bao gồm:

**Độ ẩm ban đầu:** Bê tông có độ ẩm cao (đặc biệt là bê tông tươi hoặc bê tông mới đổ) có nguy cơ bong tróc cao hơn. Khi nhiệt độ tăng nhanh, nước bên trong bê tông sẽ chuyển thành hơi nước và tạo ra áp suất lớn bên trong các lỗ rỗng, vượt quá khả năng chịu kéo của bê tông và gây ra hiện tượng nứt vỡ, bong tróc (15).

**Tốc độ gia nhiệt:** Tốc độ gia nhiệt càng nhanh, đặc biệt là trong giai đoạn đầu của đám cháy, thì nguy cơ bong tróc càng cao. Sự tăng nhiệt độ đột ngột tạo ra sự chênh lệch nhiệt độ lớn giữa bề mặt và bên trong khối bê tông, gây ra ứng suất nhiệt cao và dẫn đến bong tróc (16).

**Tính thấm của bê tông:** Bê tông có tính thấm thấp sẽ cản trở sự thoát hơi nước ra ngoài, làm tăng áp suất hơi nước bên trong và tăng nguy cơ bong tróc. Bê tông cường độ cao và UHPC thường có tính thấm rất thấp, do đó có thể dễ bị bong tróc hơn bê tông thông thường nếu không có các biện pháp phòng ngừa (15).

**Cường độ bê tông:** Một số nghiên cứu cho thấy bê tông cường độ cao có xu hướng bị bong tróc nhiều hơn bê tông cường độ thấp dưới tác động của nhiệt, có thể do cấu trúc vi mô đặc chắc và tính thấm thấp của nó (17).

**Sự có mặt của sợi:** Việc thêm các loại sợi (ví dụ như sợi polypropylene) vào bê tông đã được chứng minh là có thể giảm thiểu đáng kể nguy cơ bong tróc. Khi nhiệt độ đạt đến khoảng 170°C, sợi polypropylene sẽ nóng chảy và tạo ra các kênh nhỏ bên trong bê tông, giúp giải phóng áp suất hơi nước và ngăn chặn hiện tượng bong tróc (18).

Các nghiên cứu gần đây đã tập trung vào việc phát triển các phương pháp dự đoán và ngăn chặn hiện tượng bong tróc bê tông khi cháy. Các mô hình số phức tạp đã được xây dựng để mô phỏng quá trình truyền nhiệt và sự phát triển áp suất hơi nước bên trong bê tông, từ đó dự đoán nguy cơ bong tróc. Về mặt thực nghiệm, nhiều nghiên cứu đã tiến hành các thí nghiệm đốt mẫu bê tông với các điều kiện khác nhau để đánh giá hiệu quả của các biện pháp phòng ngừa bong tróc, chẳng hạn như sử dụng các loại phụ gia đặc biệt, thiết kế hình dạng cấu kiện phù hợp hoặc áp dụng các lớp bảo vệ bề mặt.

## 2.2. Thép

### 2.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ cao lên tính chất cơ học của thép kết cấu

Thép kết cấu, với ưu điểm về cường độ cao, độ dẻo dai tốt và khả năng thi công nhanh chóng, là một trong những vật liệu chịu lực chủ yếu trong xây dựng. Tuy nhiên, khả năng chịu lực của thép lại bị suy giảm đáng kể khi nhiệt độ tăng cao. Các nghiên cứu từ năm 2000 đến nay đã tập trung vào việc xác định một cách chính xác sự suy giảm này, đặc biệt là đối với cường độ chảy, cường độ kéo và mô đun đàn hồi của các loại thép kết cấu thông dụng ở các mức nhiệt độ khác nhau.

Theo các tiêu chuẩn và kết quả nghiên cứu, cường độ chảy của thép kết cấu thông thường (ví dụ như thép CT3, SS400) bắt đầu giảm nhẹ ở nhiệt độ khoảng 300°C, nhưng sự suy giảm trở nên đáng kể hơn ở nhiệt độ trên 400°C. Khi nhiệt độ đạt đến 550-600°C, cường độ chảy của thép có thể giảm xuống còn khoảng 50% so với cường độ ở nhiệt độ thường. Sự suy giảm này tiếp tục diễn ra khi nhiệt độ tăng cao hơn, và ở nhiệt độ khoảng 800°C, cường độ chảy của thép có thể chỉ còn khoảng 10-20% so với ban đầu (19-21).

Tương tự, cường độ kéo và mô đun đàn hồi của thép cũng bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ cao. Cường độ kéo thường đạt giá trị cao nhất ở nhiệt độ khoảng 200-300°C, sau đó bắt đầu giảm dần. Mô đun đàn hồi của thép giảm tuyến tính với nhiệt độ, và ở nhiệt độ 600°C, nó có thể giảm xuống còn khoảng 30% so với giá trị ở nhiệt độ thường. Sự suy giảm mô đun đàn hồi có nghĩa là độ cứng của kết cấu thép giảm đi, dẫn đến độ võng lớn hơn và có thể gây ra mất ổn định (20,22).

Các nghiên cứu cũng đã xem xét ảnh hưởng của thành phần hóa học và quá trình sản xuất đến khả năng chịu nhiệt của các loại thép khác nhau. Ví dụ, các loại thép hợp kim thấp có thể duy trì cường độ tốt hơn ở nhiệt độ cao so với thép cacbon thông thường. Ngoài ra, các nghiên cứu về thép cường độ cao cũng cho thấy rằng chúng có thể có tốc độ suy giảm cường độ nhanh hơn ở nhiệt độ cao so với thép cường độ thấp (23).

### 2.2.2. Hiện tượng chảy dẻo cục bộ và mất ổn định của kết cấu thép khi cháy

Do sự suy giảm cường độ và độ cứng ở nhiệt độ cao, các cấu kiện thép có thể bị chảy dẻo cục bộ tại các vị trí chịu ứng suất lớn hoặc bị mất ổn định do giảm khả năng chịu nén và uốn. Hiện tượng này đặc biệt quan trọng đối với các cấu kiện thanh mảnh như cột và dầm có nhịp lớn (23).

Trong điều kiện cháy, nhiệt độ không đồng đều có thể phát triển trong một cấu kiện thép, ví dụ như cột có thể nóng hơn ở

các mặt tiếp xúc trực tiếp với lửa so với các mặt khác. Sự phân bố nhiệt độ không đều này dẫn đến sự phân bố cường độ và độ cứng không đều, gây ra các ứng suất nhiệt và làm tăng nguy cơ chảy dẻo cục bộ tại các vùng nóng hơn.

Đối với các cấu kiện chịu nén như cột, sự suy giảm mô đun đàn hồi ở nhiệt độ cao làm giảm đáng kể khả năng chống lại hiện tượng mất ổn định do uốn dọc (buckling) (22). Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng chiều dài hiệu quả của cột có thể tăng lên khi nhiệt độ tăng, làm giảm tải trọng tới hạn gây ra mất ổn định. Tương tự, đối với các cấu kiện chịu uốn như dầm, sự suy giảm cường độ chảy và mô đun đàn hồi có thể dẫn đến độ võng lớn và mất ổn định cục bộ (ví dụ như lật ngang).

Các nghiên cứu về hành vi của kết cấu thép trong lửa thường bao gồm cả các thí nghiệm đốt mẫu cấu kiện thực tế và các phân tích số sử dụng các mô hình phần tử hữu hạn phức tạp (24,25). Các thí nghiệm này giúp xác định thời gian chịu lửa của các cấu kiện thép khác nhau dưới các điều kiện tải trọng và nhiệt độ khác nhau, đồng thời cung cấp dữ liệu để hiệu chỉnh và kiểm chứng các mô hình số. Các phân tích số cho phép nghiên cứu hành vi của các kết cấu thép phức tạp hơn và khảo sát ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau, chẳng hạn như sơ đồ kết cấu, điều kiện biên và kích bản cháy.

## 2.3. Bê tông cốt thép

### 2.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ cao lên sự tương tác giữa bê tông và cốt thép

Bê tông, cốt thép là sự kết hợp ưu việt giữa khả năng chịu nén tốt của bê tông và khả năng chịu kéo tốt của thép, tạo thành một vật liệu kết cấu có khả năng chịu lực toàn diện. Tuy nhiên, khi chịu nhiệt độ cao, sự tương tác giữa bê tông và cốt thép trở nên phức tạp hơn do sự khác biệt trong tính chất giãn nở nhiệt và sự suy giảm cường độ của cả hai vật liệu (26,26,27).

Hệ số giãn nở nhiệt của thép (khoảng  $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ) lớn hơn so với bê tông (khoảng  $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ). Khi nhiệt độ tăng, thép có xu hướng giãn nở nhiều hơn bê tông, tạo ra ứng suất tiếp xúc tại bề mặt giao diện giữa hai vật liệu. Nếu ứng suất này vượt quá cường độ bám dính, có thể xảy ra hiện tượng trượt giữa cốt thép và bê tông, làm giảm hiệu quả làm việc của cốt thép trong việc chịu kéo.

Ngoài ra, nhiệt độ cao cũng ảnh hưởng đến cường độ bám dính giữa bê tông và cốt thép. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng cường độ bám dính bắt đầu giảm ở nhiệt độ khoảng 200°C và có thể giảm tới 70-80% ở nhiệt độ 600°C. Sự suy giảm này phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm loại bê tông, loại cốt thép (gân hay trơn), đường kính cốt thép và chiều dày lớp bê tông bảo vệ. Lớp bê tông bảo vệ đóng vai trò quan trọng trong việc cách nhiệt cho cốt thép, giúp làm chậm quá trình tăng nhiệt độ của cốt thép và duy trì cường độ bám dính lâu hơn.

Hiện tượng bong tróc bê tông cũng có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự tương tác giữa bê tông và cốt thép. Khi lớp bê tông bảo vệ bị bong tróc, cốt thép sẽ tiếp xúc trực tiếp với lửa, dẫn đến nhiệt độ tăng nhanh và cường độ suy giảm nhanh chóng. Đồng thời, sự mất mát lớp bê tông bảo vệ cũng làm giảm diện tích bám dính giữa bê tông và cốt thép (15).

### 2.3.2. Nghiên cứu về khả năng chịu cháy của các cấu kiện bê tông cốt thép (dầm, cột, sàn)

Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để đánh giá khả năng chịu cháy của các cấu kiện bê tông cốt thép như dầm, cột và sàn, là những thành phần cơ bản của hầu hết các công trình xây dựng. Các nghiên cứu này thường tập trung vào việc xác định thời gian chịu lửa của các cấu kiện dưới tác động của tải trọng và nhiệt độ theo các tiêu chuẩn thử nghiệm cháy đã được quy định (ví dụ như tiêu chuẩn ISO 834, ASTM E119) (28).

**Dầm bê tông cốt thép:** Khả năng chịu cháy của dầm bê tông cốt thép phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm kích thước tiết diện, hàm lượng cốt thép, chiều dày lớp bê tông bảo vệ và sơ đồ chịu lực. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng dầm có tiết diện lớn hơn và lớp bê tông bảo vệ dày hơn thường có thời gian chịu lửa cao hơn. Hàm lượng cốt thép cũng ảnh hưởng đến khả năng chịu uốn của dầm khi cháy, tuy nhiên, việc tăng quá nhiều hàm lượng cốt thép có thể làm tăng nguy cơ bong tróc bê tông (1-3,12,29,30).

**Cột bê tông cốt thép:** Tương tự như dầm, khả năng chịu cháy của cột bê tông cốt thép cũng phụ thuộc vào kích thước tiết diện, hàm lượng cốt thép dọc và cốt thép đai, chiều dày lớp bê tông bảo vệ và chiều dài cột. Các cột có tiết diện tròn hoặc vuông thường có khả năng chịu lửa tốt hơn cột có tiết diện chữ nhật do sự phân bố nhiệt độ đồng đều hơn. Cốt thép đai đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì sự ổn định của cột và hạn chế hiện tượng bong tróc bê tông (4-7,17).

**Sàn bê tông cốt thép:** Sàn bê tông cốt thép thường có khả năng chịu lửa tốt hơn dầm và cột do có diện tích tiếp xúc với lửa lớn hơn và thường chịu tải phân bố. Khả năng chịu cháy của sàn phụ thuộc vào chiều dày bản sàn, hàm lượng cốt thép và chiều dày lớp bê tông bảo vệ. Các loại sàn rỗng hoặc sàn có sử dụng các vật liệu cách nhiệt có thể có khả năng chịu lửa cao hơn (10,11,26,31-33).

Nhiều nghiên cứu đã tập trung vào việc phát triển các phương pháp tính toán và thiết kế cấu kiện bê tông cốt thép chịu lửa. Các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành thường cung cấp các bảng tra hoặc công thức kinh nghiệm để xác định kích thước tiết diện và chiều dày lớp bê tông bảo vệ cần thiết để đạt được một thời gian chịu lửa nhất định. Tuy nhiên, các nghiên cứu gần đây cũng đã phát triển các mô hình phân tích tiên tiến hơn, dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, để mô phỏng chính xác hơn hành vi của cấu kiện bê tông cốt thép trong điều kiện cháy, có xét đến sự thay đổi tính chất vật liệu theo nhiệt độ, sự tương tác giữa bê tông và cốt thép, và các hiệu ứng phi tuyến khác.

### 3. NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG CHỊU CHÁY CỦA HỆ KẾT CẤU LỚN

#### 3.1. Hành vi của hệ kết cấu bê tông cốt thép chịu cháy

Nghiên cứu về khả năng chịu cháy không chỉ dừng lại ở cấp độ vật liệu và cấu kiện riêng lẻ mà còn mở rộng ra việc xem xét hành vi của toàn bộ hệ kết cấu trong điều kiện hỏa hoạn. Các hệ kết cấu bê tông cốt thép, bao gồm khung nhà, sàn liên tục và các hệ kết cấu đặc biệt khác, có những đặc điểm riêng biệt về khả năng chịu lửa do sự tương tác phức tạp giữa các cấu kiện thành phần (8,18,34).

Khi một đám cháy xảy ra trong một tòa nhà bê tông cốt thép, nhiệt độ sẽ tăng lên và lan truyền qua các cấu kiện, gây ra sự suy giảm cường độ và độ cứng của vật liệu. Tuy nhiên, do tính liên tục của hệ kết cấu, các cấu kiện không bị cháy trực tiếp vẫn có thể hỗ trợ cho các cấu kiện bị ảnh hưởng bởi lửa, thông qua sự phân phối lại tải trọng. Hiện tượng này được gọi là hiệu ứng kết cấu thứ cấp và có thể góp phần làm tăng khả năng chịu lực tổng thể của hệ thống trong một khoảng thời gian nhất định (18,34).

Các nghiên cứu đã sử dụng phương pháp phân tích số toàn hệ thống và các thí nghiệm đốt mô hình thu nhỏ hoặc mô hình thực tế để nghiên cứu hành vi này. Các thí nghiệm thường được thực hiện trong các lò đốt lớn, mô phỏng các kịch bản cháy khác nhau và theo dõi sự thay đổi về nhiệt độ, biến dạng và khả

năng chịu lực của hệ kết cấu theo thời gian. Các phân tích số sử dụng các mô hình phần tử hữu hạn phức tạp, có khả năng mô phỏng sự truyền nhiệt, sự suy giảm vật liệu và sự tương tác giữa các cấu kiện, để dự đoán hành vi của hệ kết cấu trong lửa (34).

Một số nghiên cứu đã tập trung vào ảnh hưởng của sơ đồ kết cấu đến khả năng chịu cháy. Ví dụ, các hệ khung có độ siêu tĩnh cao hơn (nhiều liên kết dư) thường có khả năng phân phối lại tải trọng tốt hơn khi một số cấu kiện bị suy yếu do nhiệt, do đó có thể chịu lửa tốt hơn so với các hệ khung có độ siêu tĩnh thấp hơn. Tương tự, các hệ sàn liên tục có khả năng chịu lửa tốt hơn so với các hệ sàn đơn giản do hiệu ứng vòm và sự tham gia chịu lực của các vùng sàn lân cận (8,16).

#### 3.2. Hành vi của hệ kết cấu thép chịu cháy

Hệ kết cấu thép, do tính dẫn nhiệt cao của thép, thường nhạy cảm hơn với tác động của nhiệt độ cao so với hệ kết cấu bê tông cốt thép. Tuy nhiên, các nghiên cứu từ năm 2000 đến nay đã cho thấy rằng với các biện pháp bảo vệ cháy phù hợp và thiết kế kết cấu thông minh, hệ kết cấu thép vẫn có thể đạt được yêu cầu về khả năng chịu lửa (24).

Khi một đám cháy xảy ra, nhiệt độ trong các cấu kiện thép có thể tăng lên rất nhanh, dẫn đến sự suy giảm cường độ và độ cứng, và có thể gây ra chảy dẻo cục bộ hoặc mất ổn định tổng thể của hệ thống. Tuy nhiên, tương tự như hệ bê tông cốt thép, hiệu ứng kết cấu thứ cấp cũng có thể phát huy vai trò trong hệ kết cấu thép. Ví dụ, trong một khung thép nhiều tầng, nếu một cột ở tầng dưới bị suy yếu do cháy, tải trọng có thể được phân phối lại cho các cột lân cận hoặc các cấu kiện khác thông qua các dầm và giằng.

Các nghiên cứu về hành vi của hệ kết cấu thép chịu cháy thường tập trung vào việc đánh giá hiệu quả của các biện pháp bảo vệ cháy, chẳng hạn như sử dụng lớp phủ chịu lửa, tấm bảo vệ hoặc hệ thống phun nước chữa cháy. Các thí nghiệm đốt toàn bộ hoặc một phần mô hình kết cấu thép đã được thực hiện để kiểm tra hiệu quả của các biện pháp này và xác định thời gian chịu lửa của hệ thống. Các phân tích số cũng đóng vai trò quan trọng trong việc nghiên cứu hành vi của hệ kết cấu thép phức tạp trong lửa, cho phép các kỹ sư đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau và tối ưu hóa thiết kế (35,36).

Một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng khác là thiết kế kết cấu thép theo phương pháp "thiết kế chịu cháy theo hiệu suất" (performance-based fire engineering). Phương pháp này dựa trên việc phân tích cụ thể các kịch bản cháy có thể xảy ra và đánh giá hiệu suất của kết cấu dựa trên các tiêu chí cụ thể, chẳng hạn như thời gian duy trì ổn định, mức độ biến dạng cho phép và khả năng thoát nạn của người trong tòa nhà. Phương pháp này cho phép các kỹ sư thiết kế các kết cấu thép an toàn và kinh tế hơn so với phương pháp thiết kế truyền thống dựa trên các quy định định sẵn (22,35).

#### 3.3. So sánh và đánh giá nghiên cứu giữa Việt Nam và thế giới

Việc so sánh và đánh giá các nghiên cứu về khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông, thép và bê tông cốt thép giữa Việt Nam và trên thế giới từ năm 2000 đến nay cho thấy một số điểm khác biệt và tương đồng đáng chú ý.

**Nghiên cứu về vật liệu:** Nhìn chung, các nghiên cứu trên thế giới về ảnh hưởng của nhiệt độ cao lên tính chất cơ lý của bê tông và thép rất phong phú và đa dạng, bao gồm nhiều loại vật liệu khác nhau (bê tông cường độ cao, UHPC, thép hợp kim, v.v.) và các điều kiện thí nghiệm khác nhau. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về lĩnh vực này có phần hạn chế hơn về số lượng và phạm vi, thường tập trung vào các loại vật liệu thông dụng

trong nước. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, đã có sự gia tăng đáng kể về số lượng và chất lượng các nghiên cứu về khả năng chịu nhiệt của bê tông sử dụng các loại phụ gia địa phương (ví dụ như tro trấu, xỉ than).

**Nghiên cứu về cấu kiện:** Các nghiên cứu quốc tế về khả năng chịu cháy của dầm, cột và sàn bê tông cốt thép và thép rất đa dạng về kích thước, hình dạng và điều kiện tải trọng. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng các tiêu chuẩn thử nghiệm cháy quốc tế và khu vực. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về cấu kiện chịu cháy cũng đã được thực hiện, tuy nhiên, số lượng các thí nghiệm đốt mẫu thực tế còn hạn chế do chi phí cao và yêu cầu về thiết bị phức tạp. Các nghiên cứu thường tập trung vào phân tích số và so sánh với các kết quả nghiên cứu trên thế giới.

**Nghiên cứu về hệ kết cấu:** Nghiên cứu về hành vi của hệ kết cấu lớn chịu cháy là một lĩnh vực phức tạp và đòi hỏi nguồn lực lớn, do đó, phần lớn các nghiên cứu tiên tiến trong lĩnh vực này được thực hiện ở các nước phát triển với các phòng thí nghiệm hiện đại và đội ngũ chuyên gia giàu kinh nghiệm. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về hành vi của toàn bộ hệ kết cấu trong điều kiện cháy còn rất ít. Tuy nhiên, với sự phát triển của công nghệ mô hình hóa và tính toán, các nhà nghiên cứu Việt Nam ngày càng có nhiều cơ hội để thực hiện các phân tích số phức tạp về lĩnh vực này.

Bảng 1 tóm tắt nghiên cứu về vật liệu và kết cấu xây dựng tại Việt Nam có những điểm tương đồng và khác biệt đáng chú ý so với bối cảnh quốc tế. Về vật liệu bê tông, Việt Nam tập trung vào bê tông thông dụng và mới bắt đầu nghiên cứu bê tông sử dụng phụ gia địa phương, trong khi quốc tế đã đa dạng hóa sang nhiều loại bê tông đặc biệt như cường độ cao (HPC), UHPC và bê tông sử dụng phụ gia tiên tiến. Đối với vật liệu Thép, nghiên cứu tại Việt Nam chủ yếu về thép kết cấu thông dụng, ít đi sâu vào các loại thép đặc biệt. Ngược lại, quốc tế có nghiên cứu sâu rộng về nhiều loại thép kết cấu và các loại thép hợp kim chịu nhiệt. Trong lĩnh vực Cấu kiện Bê tông cốt thép, Việt Nam tập trung vào dầm, cột, sàn với kích thước và điều kiện tải trọng thông thường, chủ yếu dựa trên phân tích số. Quốc tế đã thực hiện nhiều thí nghiệm đốt mẫu thực tế theo tiêu chuẩn quốc tế. Về cấu kiện Thép, Việt Nam nghiên cứu các cấu kiện thép thông dụng và hiệu quả của các biện pháp bảo vệ cháy. Quốc tế có nghiên cứu sâu về hành vi của các loại cấu kiện thép khác nhau, bao gồm cả các cấu kiện phức tạp. Cuối cùng, đối với Hệ kết cấu, Việt Nam rất ít nghiên cứu thực nghiệm về hành vi của toàn bộ hệ kết cấu, chủ yếu dựa trên phân tích số. Trong khi đó, quốc tế có nhiều nghiên cứu thực nghiệm và phân tích số phức tạp về hành vi của các hệ kết cấu trong điều kiện cháy. Nhìn chung, nghiên cứu tại Việt Nam đang dần tiếp cận các xu hướng tiên tiến của thế giới, nhưng vẫn còn nhiều tiềm năng để phát triển sâu hơn về vật liệu đặc biệt, các loại cấu kiện phức tạp và nghiên cứu thực nghiệm hệ thống.

Bảng 1. Bảng so sánh tổng quan

| Cấp độ nghiên cứu  | Việt Nam                                                                                       | Quốc tế                                                                                   |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vật liệu (Bê tông) | Tập trung vào bê tông thông dụng, bắt đầu có nghiên cứu về bê tông sử dụng phụ gia địa phương. | Rất đa dạng, bao gồm nhiều loại bê tông đặc biệt (cường độ cao, UHPC, phụ gia tiên tiến). |
| Vật liệu (Thép)    | Nghiên cứu về thép kết cấu thông dụng, ít nghiên cứu về các loại                               | Nghiên cứu sâu rộng về nhiều loại thép kết cấu, bao gồm cả thép hợp                       |

|                             |                                                                                                                |                                                                                                           |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | thép đặc biệt chịu nhiệt.                                                                                      | kim chịu nhiệt tốt.                                                                                       |
| Cấu kiện (Bê tông cốt thép) | Nghiên cứu về dầm, cột, sàn với kích thước và điều kiện tải trọng thông thường, chủ yếu dựa trên phân tích số. | Nghiên cứu đa dạng với nhiều thí nghiệm đốt mẫu thực tế theo các tiêu chuẩn quốc tế.                      |
| Cấu kiện (Thép)             | Nghiên cứu các cấu kiện thép thông dụng, tập trung vào hiệu quả của các biện pháp bảo vệ cháy.                 | Nghiên cứu sâu về hành vi của các loại cấu kiện thép khác nhau, kể cả các cấu kiện phức tạp.              |
| Hệ kết cấu                  | Rất ít nghiên cứu thực nghiệm về hành vi của toàn bộ hệ kết cấu, chủ yếu dựa trên phân tích số.                | Nhiều nghiên cứu thực nghiệm và phân tích số phức tạp về hành vi của các hệ kết cấu trong điều kiện cháy. |

Nhìn chung, lĩnh vực nghiên cứu về khả năng chịu cháy của kết cấu xây dựng ở Việt Nam đang có những bước phát triển đáng khích lệ trong những năm gần đây. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều tiềm năng để phát triển hơn nữa, đặc biệt là trong việc thực hiện các nghiên cứu thực nghiệm quy mô lớn và hợp tác quốc tế để tiếp cận các công nghệ và kiến thức tiên tiến trên thế giới. Việc tăng cường đầu tư vào nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực này sẽ góp phần nâng cao chất lượng và an toàn của các công trình xây dựng tại Việt Nam.

#### 4. KẾT LUẬN

Báo cáo này đã tổng hợp một lượng lớn các nghiên cứu về khả năng chịu cháy của kết cấu bê tông, thép và bê tông cốt thép từ năm 2000 đến nay, bao gồm cả các nghiên cứu được thực hiện tại Việt Nam và trên thế giới. Qua quá trình tổng hợp và phân tích, có thể thấy rằng lĩnh vực này đã có những tiến bộ đáng kể trong việc hiểu rõ hơn về hành vi của vật liệu và kết cấu dưới tác động của nhiệt độ cao. Các nghiên cứu đã làm sáng tỏ những biến đổi về tính chất cơ lý của bê tông và thép ở các mức nhiệt độ khác nhau, đồng thời xác định các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu lửa của các cấu kiện và hệ kết cấu.

Đối với bê tông, các nghiên cứu đã tập trung vào ảnh hưởng của thành phần hỗn hợp, độ ẩm và tốc độ gia nhiệt đến sự suy giảm cường độ và hiện tượng bong tróc. Việc sử dụng các loại phụ gia đặc biệt và sợi đã được chứng minh là có thể cải thiện đáng kể khả năng chịu nhiệt của bê tông và giảm nguy cơ bong tróc. Đối với thép, sự suy giảm cường độ và độ cứng ở nhiệt độ cao là một vấn đề quan trọng, và các nghiên cứu đã cung cấp các đường cong suy giảm vật liệu chính xác, giúp các kỹ sư đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu thép trong lửa. Đối với bê tông cốt thép, sự tương tác giữa bê tông và cốt thép, cũng như vai trò của lớp bê tông bảo vệ, đã được nghiên cứu kỹ lưỡng, giúp tối ưu hóa thiết kế các cấu kiện chịu lửa.

Nghiên cứu về hành vi của hệ kết cấu lớn trong điều kiện cháy đã cho thấy tầm quan trọng của hiệu ứng kết cấu thứ cấp và khả năng phân phối lại tải trọng. Các phương pháp phân tích số tiên tiến và các thí nghiệm đốt mô hình đã cung cấp những hiểu biết sâu sắc về cách các hệ kết cấu khác nhau phản ứng với lửa. So sánh giữa nghiên cứu ở Việt Nam và trên thế giới cho thấy Việt Nam đang có những bước tiến đáng kể, nhưng vẫn cần tăng cường đầu tư và hợp tác quốc tế để nâng cao năng lực nghiên cứu trong lĩnh vực này.



Nhận thức được tầm quan trọng của an toàn phòng cháy chữa cháy trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng ở Việt Nam, việc tiếp tục đẩy mạnh các nghiên cứu về khả năng chịu cháy của kết cấu xây dựng là vô cùng cần thiết. Các kết quả nghiên cứu này sẽ cung cấp cơ sở khoa học vững chắc cho việc xây dựng và cập nhật các tiêu chuẩn thiết kế phòng cháy chữa cháy, đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao và nâng cao nhận thức về an toàn cháy nổ trong cộng đồng xây dựng. Việc áp dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn thiết kế và thi công sẽ góp phần xây dựng những công trình an toàn, bền vững và giảm thiểu tối đa những thiệt hại do hỏa hoạn gây ra.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Firmo JP, Correia JR, França P. Fire behaviour of reinforced concrete beams strengthened with CFRP laminates: Protection systems with insulation of the anchorage zones. *Compos Part B Eng*. 2012 Apr;43(3):1545-56.
- [2]. Firmo JP, Arruda MRT, Correia JR. Numerical simulation of the fire behaviour of thermally insulated reinforced concrete beams strengthened with EBR-CFRP strips. *Compos Struct*. 2015 Aug;126:360-70.
- [3]. Ahmed A, Kodur VKR. Effect of bond degradation on fire resistance of FRP-strengthened reinforced concrete beams. *Compos Part B Eng*. 2011 Mar;42(2):226-37.
- [4]. Chowdhury EU, Bisby LA, Green MF, Kodur VKR. Investigation of insulated FRP-wrapped reinforced concrete columns in fire. *Fire Saf J*. 2007 Sep;42(6-7):452-60.
- [5]. Cree D, Chowdhury EU, Green MF, Bisby LA, Bénichou N. Performance in fire of FRP-strengthened and insulated reinforced concrete columns. *Fire Saf J*. 2012 Nov;54:86-95.
- [6]. Kodur VKR, Bisby LA, Green MF. Experimental evaluation of the fire behaviour of insulated fibre-reinforced-polymer-strengthened reinforced concrete columns. *Fire Saf J*. 2006 Oct;41(7):547-57.
- [7]. Bratina S, Čas B, Saje M, Planinc I. Numerical modelling of behaviour of reinforced concrete columns in fire and comparison with Eurocode 2. *Int J Solids Struct*. 2005 Oct;42(21-22):5715-33.
- [8]. Bisby LA, Green MF, Kodur VKR. Response to fire of concrete structures that incorporate FRP. *Prog Struct Eng Mater*. 2005 Jul;7(3):136-49.
- [9]. Martin Z, Anna K, Pert S. Effect of Fire on FRP reinforced concrete structures. In: *Low-tech and high-tech materials and technology for sustainable buildings*.
- [10]. Kodur VR, Baingo D. Fire Resistance of FRP Reinforced Concrete Slabs. *ResearchGate* [Internet]. 2010 Jan 1 [cited 2016 Dec 9]; Available from: [https://www.researchgate.net/publication/44050669\\_Fire\\_Resistance\\_of\\_FRP\\_Reinforced\\_Concrete\\_Slabs](https://www.researchgate.net/publication/44050669_Fire_Resistance_of_FRP_Reinforced_Concrete_Slabs)
- [11]. Nigro E, Cefarelli G, Bilotta A, Manfredi G, Cosenza E. Guidelines for flexural resistance of FRP reinforced concrete slabs and beams in fire. *Compos Part B Eng*. 2014 Mar;58:103-12.
- [12]. Carlos TB, Rodrigues JPC, de Lima RCA, Dhima D. Experimental analysis on flexural behaviour of RC beams strengthened with CFRP laminates and under fire conditions. *Compos Struct*. 2018 Apr;189:516-28.
- [13]. Ji G, Li G, Alaywan W. A new fire resistant FRP for externally bonded concrete repair. *Constr Build Mater*. 2013 May;42:87-96.
- [14]. Tran NT, Tran TK, Kim DJ. High rate response of ultra-high-performance fiber-reinforced concretes under direct tension. *Cem Concr Res*. 2015 Mar 1;69:72-87.
- [15]. Amran M, Huang SS, Onaizi AM, Murali G, Abdelgader HS. Fire spalling behavior of high-strength concrete: A critical review. *Constr Build Mater*. 2022 Jul 25;341:127902.
- [16]. Kang THK, Howell J, Kim S, Lee DJ. A State-of-the-Art Review on Debonding Failures of FRP Laminates Externally Adhered to Concrete. *Int J Concr Struct Mater*. 2012 Jun;6(2):123-34.
- [17]. Kodur VKR, Wang TC, Cheng FP. Predicting the fire resistance behaviour of high strength concrete columns. *Fire Resist*. 2004 Feb 1;26(2):141-53.
- [18]. Agelariidou-Twohig A, Tamanini F, Ali H, Adjari A, Vaziri A. Thermal analysis of reinforced concrete chimneys with fiberglass plastic liners in uncontrolled fires. *Eng Struct*. 2014 Sep;75:87-98.
- [19]. Eurocode 1. EN 1991-1-1 (2002): Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings. CEN; 2002.
- [20]. EN 1990:2002. EN 1990:2002: Eurocode - Basis of structural design. CEN; 2001.
- [21]. EN 1992-1-2. EN 1992-1-2: Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design. CEN; 1992.
- [22]. EN 1993-1-2. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design. CEN; 1993.
- [23]. Heidarpour A, Tofts NS, Korayem AH, Zhao XL, Hutchinson CR. Mechanical properties of very high strength steel at elevated temperatures. *Fire Saf J*. 2014 Feb;64:27-35.
- [24]. Qiang X, Bijlaard FSK, Kolstein H. Elevated-temperature mechanical properties of high strength structural steel S460N: Experimental study and recommendations for fire-resistance design. *Fire Saf J*. 2013 Jan;55:15-21.
- [25]. ISO 834: Fire-resistance tests - Elements of building construction - Annex A: Thermal data for carbon steel And stainless steel sections.
- [26]. Ellobody E, Bailey CG. Modelling of unbonded post-tensioned concrete slabs under fire conditions. *Fire Saf J*. 2009 Feb;44(2):159-67.
- [27]. Foster SK, Bisby LA. Fire survivability of externally bonded FRP strengthening systems. *J Compos Constr*. 2008;12(5):553-61.
- [28]. ISO-834. ISO 834: Fire-resistance tests - Elements of building construction - Part 1: General requirements. ISO/TC 92/SC 2; 1999.
- [29]. Firmo JP, Correia JR. Fire behaviour of thermally insulated RC beams strengthened with EBR-CFRP strips: Experimental study. *Compos Struct*. 2015 Apr;122:144-54.
- [30]. Firmo JP, Arruda MRT, Correia JR. Contribution to the understanding of the mechanical behaviour of CFRP-strengthened RC beams subjected to fire: Experimental and numerical assessment. *Compos Part B Eng*. 2014 Nov;66:15-24.
- [31]. Kodur VKR, Bhatt PP. A numerical approach for modeling response of fiber reinforced polymer strengthened concrete slabs exposed to fire. *Compos Struct*. 2018 Mar;187:226-40.
- [32]. Nigro E, Cefarelli G, Bilotta A, Manfredi G, Cosenza E. Fire resistance of concrete slabs reinforced with FRP bars. Part I: Experimental investigations on the mechanical behavior. *Compos Part B Eng*. 2011 Sep;42(6):1739-50.
- [33]. Terrasi GP, Bisby L, Barbezat M, Affolter C, Hugi E. Fire Behavior of Thin CFRP Pretensioned High-Strength Concrete Slabs. *J Compos Constr*. 2012 Aug;16(4):381-94.
- [34]. Ahmed A, Kodur V. The experimental behavior of FRP-strengthened RC beams subjected to design fire exposure. *Eng Struct*. 2011 Jul;33(7):2201-11.
- [35]. Wei X, Liu J, Xu L. The collapse mechanism and paths of steel frame structures under designed fire scenarios. *Structures*. 2025 Jun 1;76:108942.
- [36]. Fürst R, Häßler D, Stelzner L, Hothan S. Fire resistance of existing steel structures with aged intumescent coating based on an in situ test method. *Fire Saf J*. 2025 Jun 1;153:104380.

# Khảo sát ảnh hưởng của tường xây chèn tới độ cứng ngang của khung bê tông cốt thép bằng mô hình số

Numerical modeling study on the effect of infill masonry walls on the lateral stiffness of reinforced concrete frames

> THS ĐÌNH VĂN TÙNG<sup>1</sup>, KS TRẦN THẾ LONG<sup>2</sup>, PGS.TS NGUYỄN TRƯỜNG THẮNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

<sup>2</sup>Công ty CP Xây dựng Sao Băng Việt Nam

## TÓM TẮT

Khung bê tông cốt thép (BTCT) là loại kết cấu được sử dụng phổ biến nhất trong các công trình tại Việt Nam và trên thế giới. Ở hệ kết cấu này, thông thường có các tường xây chèn (TXC) được thi công bằng các vật liệu khác nhau trong mặt phẳng khung. Tuy nhiên, theo quan điểm tính toán thiết kế hiện nay TXC thường được coi là tải trọng và bỏ qua độ cứng. Có thể thấy vai trò của TXC trong việc gia tăng độ cứng ngang cho khung BTCT chưa được đánh giá đầy đủ, đặc biệt là khi có thêm sự xuất hiện của giằng tường BTCT. Bài báo này sử dụng mô hình số để khảo sát ảnh hưởng của TXC tới độ cứng ngang của khung BTCT trong một số trường hợp điển hình thường gặp trong thực tế. Kết quả cho thấy TXC và giằng tường BTCT có ảnh hưởng đáng kể tới độ cứng ngang cũng như khả năng tiêu tán năng lượng của kết cấu khung chèn tường.

**Từ khóa:** Tường xây chèn, khung bê tông cốt thép, giằng tường, độ cứng ngang, mô hình số.

## ABSTRACT

Reinforced concrete (RC) frames are the most commonly used structural systems in buildings in Vietnam and around the world. In these structural systems, infill masonry walls are typically constructed using various materials within the frame plane. However, under current design calculations, these infill walls are often treated merely as loads and their stiffness is ignored. This means that the contribution of infill walls to enhancing the lateral stiffness of RC frames has not been fully assessed especially when RC wall braces are also present. This paper uses numerical modeling methods to investigate the impact of infill walls on the lateral stiffness of RC frames in some typical cases commonly encountered in practice. The results indicate that infill walls and RC wall brace have a significant impact on the lateral stiffness and energy dissipation capacity of masonry-infilled frame structures.

**Keywords:** Infill masonry wall, reinforced concrete frames, wall braces, lateral stiffness, numerical modeling.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khung BTCT có TXC đã được nghiên cứu đầu tiên bởi Polyakov [17], một nhà nghiên cứu người Liên Xô (cũ) từ nửa cuối thế kỷ 20, ông đề xuất thay thế TXC bằng một thanh chéo tương đương và xem xét ứng xử của kết cấu khung chèn tường trong giai đoạn đàn hồi. Sau đó, nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước khác tiếp tục phát triển ý tưởng của Polyakov [17] khi nghiên cứu kết cấu khung BTCT có TXC trong giai đoạn đàn hồi và mở rộng cho ứng xử sau đàn hồi với các mô hình cải tiến khác nhau như tam tuyến tính, đa tuyến tính, ba thanh chéo tương đương...

Năm 1967, Mallick và Severn [13] là những người đầu tiên đề xuất giải quyết bài toán khung có TXC bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH). Mô hình PTHH đạt được một số kết quả đáng kể rõ nét, tuy nhiên mô hình này chưa mô phỏng được tương tác giữa TXC và khung BTCT xung quanh (TXC và khung BTCT luôn tiếp xúc với nhau trong quá trình chịu tải, không phù hợp với ứng xử thực

tế là có thể tách rời nhau) nên chỉ phù hợp khi tải trọng nhỏ. Hiện nay, phương pháp PTHH sử dụng phần tử tiếp xúc (contact element) mô phỏng tương tác giữa TXC và khung BTCT về nguyên tắc có thể mô phỏng khá chính xác ứng xử của khung BTCT có TXC trong cả giai đoạn đàn hồi và sau đàn hồi.

Giằng tường BTCT là một thành phần không thể thiếu trong TXC trong một số trường hợp theo quy định hiện hành, nó được sử dụng phổ biến trong ngành Xây dựng Việt Nam và trên thế giới. Giằng tường giúp tăng khả năng chịu lực, tăng sự ổn định của mảng tường và tăng độ cứng, độ ổn định tổng thể của hệ kết cấu khung BTCT có TXC. Năm 2022, MD.Mahir Asif [14] đã thực hiện nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của giằng tường tới khung BTCT chèn tường dưới tác dụng của tải trọng lặp. Kết quả nghiên cứu cho thấy giằng tường góp phần tăng khả năng chịu tải ngang của khung BTCT chèn tường khoảng 7-23% tùy thuộc vào loại TXC được sử dụng. Bên cạnh đó, giằng tường còn đóng vai trò quan

trọng trong việc tăng độ dẻo, khả năng tiêu tán năng lượng của kết cấu khung BTCT có TXC.

Có thể thấy đến nay, các tác giả trong và ngoài nước đã thực hiện nhiều nghiên cứu ứng xử của khung BTCT có TXC thuần túy với những hướng tiếp cận khác nhau. Tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam về Kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép TCVN 5573:2011 - Tiêu chuẩn thiết kế [4] đưa ra nhiều quy định về cấu tạo TXC, trong đó có quy định bổ sung kết cấu giằng, trụ BTCT đối với những mảng tường cao, dài để tăng độ bền, độ ổn định, độ cứng cho kết cấu TXC. Nghiên cứu về ảnh hưởng của TXC thuần túy (tường gạch đất sét nung, tường gạch xi măng cốt liệu, tường gạch nhẹ AAC,...) đến ứng xử của khung BTCT có TXC đã được nhiều tác giả trong nước [1], [2], [3] và ngoài nước thực hiện với nhiều mô hình tính toán khác nhau. Tuy nhiên, nghiên cứu về ảnh hưởng của TXC khi có giằng tường BTCT tới độ cứng ngang của khung BTCT khi chịu tải trọng ngang chưa được thực hiện và đánh giá đầy đủ. Vì vậy, việc khảo sát về ảnh hưởng của TXC khi có giằng tường tới độ cứng ngang của khung BTCT bằng mô hình số là vấn đề có ý nghĩa và cần thiết được nghiên cứu đánh giá.

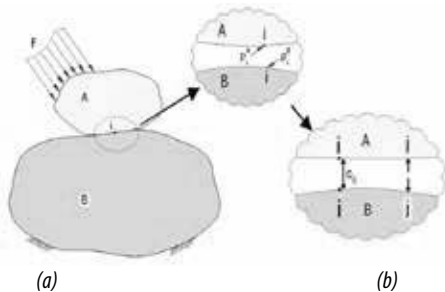
## 2. BÀI TOÁN TIẾP XÚC VÀ MÔ HÌNH PTHH CHO KHUNG BTCT CÓ TXC

Mô hình PTHH đã được các nhà nghiên cứu trước đây sử dụng để tính toán khung BTCT có TXC như Mallick và Severn [13]... song điều kiện biên sử dụng chưa phù hợp với thực nghiệm về ứng xử của khung BTCT, TXC. Một số tác giả khác có xét đến hiện tượng tách ra của TXC và khung BTCT như P.G.Asteris-(2008) [16]; I.N.Doudoumis-(2006) [8]; J.Dorji và D.P.Thambiratnam-(2009) [11]. Các thực nghiệm trước đây [12], [15] đã chỉ ra rằng khung BTCT và TXC tương tác với nhau thông qua bề mặt tiếp xúc quanh chu vi của TXC và chúng có thể tách nhau ra tùy thuộc vị trí, độ lớn tác dụng của lực ngang cũng như độ cứng của khung BTCT. Do vậy nếu không xét đến vấn đề này, các phần tử có nút nằm trên giao diện khung BTCT và TXC sẽ có ứng xử không phù hợp với thực tế dẫn đến sai số tính toán lớn.

### 2.1. Bài toán hai vật thể tiếp xúc và mô hình PTHH của H.S Jing và M.L Liao [7]

Xét hai vật thể A và B tiếp xúc nhau chịu lực bất kỳ (Hình 1) với các giả thuyết:

- Vật thể tiếp xúc A và B là đàn hồi tuyến tính;
- Biến dạng và độ trượt của hai vật thể là nhỏ khi kích thước của vật thể được chia nhỏ nhất;
- Lực ma sát xuất hiện tại vùng tiếp xúc tuân theo quy luật Coulomb.



Hình 1. Mô hình hai vật thể tiếp xúc

Tại "cặp nút i" ở bề mặt tiếp xúc giữa hai vật thể A và B có phần lực tiếp xúc  $p_i^A$  và  $p_i^B$ , ở trạng thái cân bằng quan hệ giữa lực tiếp xúc và chuyển vị tuân theo quy luật số (1) và (2).

$$\delta_i^A = \sum_{j=1}^m C_{ij}^A p_j^A \quad (1); \quad \delta_i^B = \sum_{j=1}^m C_{ij}^B p_j^B \quad (2)$$

Trong đó:

$m$  - tổng số nút tại vùng tiếp xúc;

$C_{ij}$  - ma trận phụ của A hoặc B bằng cách loại bỏ các nút ngoài vùng tiếp xúc.

Nếu trước và sau khi biến dạng, nút i không tách rời nhau thì phải đảm bảo điều kiện số (3).

$$\delta_i = \delta_i^A + \delta_i^B \quad (3)$$

Trong đó:

$\delta_i$  - Tổng biến dạng xâm nhập tại "cặp" nút i do ngoại lực gây ra khi không có hiện diện của lực tiếp xúc.

Thay phương trình (1) và (2) vào (3) thu được (4):

$$\delta_i = \sum_{j=1}^m (C_{ij}^A p_j^A + C_{ij}^B p_j^B) \quad (4)$$

Tại điểm tiếp xúc j bất kỳ đang xét  $p_j^A$  và  $p_j^B$  luôn bằng nhau và ngược chiều nên có thể biểu diễn bằng một biến  $p_j$ . Bằng cách này sử dụng ma trận tương thích để có thể biến đổi phương trình (4) có hai biến thành phương trình (5) chỉ có một biến.

$$\delta_i = \sum_{j=1}^m (C_{ij} p_j) \quad (5)$$

Hệ số tương thích  $C_{ij}$  đại diện cho chuyển vị tương đối của nút i gây ra bởi cặp lực tiếp xúc ở nút j (Hình 3b).

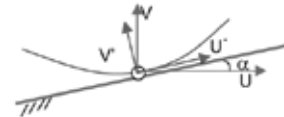
Tại bề mặt tiếp xúc khi không xảy ra trượt, lực ma sát tỉ lệ thuận với lực pháp tuyến là ẩn số chưa biết.

$$p_i = \pm \mu p_n \quad (6)$$

Trong đó:

$\mu$  - Hệ số ma sát nghỉ.

Khi xảy ra trượt, lực ma sát cũng tỉ lệ thuận với lực pháp tuyến trên một mặt phẳng trượt nghiêng một góc  $\alpha$  so với phương ngang. Trong trường hợp này mối quan hệ trên biên nghiêng như Hình 2.



Hình 2. Quan hệ biến đổi trên biên nghiêng

$$V = U \tan \alpha \quad (7)$$

Liên quan giữa  $(U, V)$  và  $(U', V')$  được thể hiện qua ma trận chuyển [S] như sau:

$$[U'] = [S][U] \quad (8)$$

Phương trình cơ bản của phương pháp PTHH:

$$[K][U] = [F] \quad (9)$$

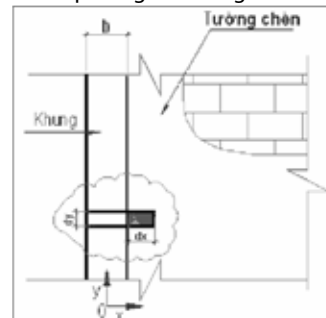
$$\Leftrightarrow [S][K][U] = [S][F]$$

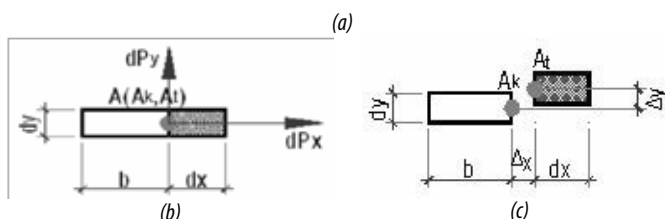
$$\Leftrightarrow [S][K][S]^{-1}[S][U] = [S][F]$$

$$\Leftrightarrow [K'] [U'] = [F'] \quad (10)$$

### 2.2. Bài toán tiếp xúc và mô hình phần tử tiếp xúc giữa khung BTCT và TXC

Xét một phần tử tiếp xúc giữa khung BTCT và TXC như Hình 3a:



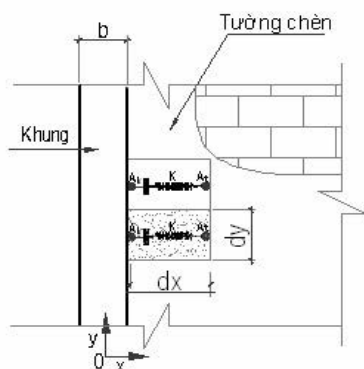


Hình 3. Mô hình phần tử tiếp xúc khung BTCT và TXC

Gọi  $A_k$  là điểm giữa của phân tố cột (dầm),  $A_t$  là điểm giữa phân tố tường của phần tử đang xét. Tùy tương tác giữa TXC và khung BTCT sẽ có hai trường hợp:

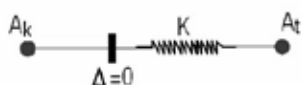
- $A_k$  và  $A_t$  chập nhau tại A (Hình 3b);
- $A_k$  và  $A_t$  tách nhau một khoảng  $\Delta x$  (Hình 3c).

Xem khung BTCT là phần tử thanh, TXC là phần tử tấm, bỏ qua biến dạng và độ trượt giữa bề mặt tiếp xúc thì có thể thay thế các phần tử tấm tiếp giáp giữa khung BTCT và TXC bằng thanh liên kết tương đương chịu nén lý tưởng "gap element" (Hình 4).



Hình 4. Mô hình thay thế phần tử tấm tiếp xúc bằng thanh liên kết tương đương

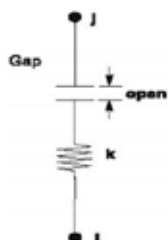
Cấu tạo thanh liên kết tương đương chịu nén lý tưởng "Gap element" [6] minh họa trong Hình 5, gồm một lò xo có độ cứng  $k$ , truyền lực nén thông qua bề mặt tiếp xúc của tấm tuyệt đối cứng và hoàn toàn không chịu kéo (khi chịu kéo hai tấm tách nhau ra một đoạn  $\Delta \neq 0$ ).



Hình 5. Cấu tạo thanh liên kết tương đương chịu nén lý tưởng

### 2.3. Phần tử liên kết Gap element [6]

Gap element là một trong những phần tử liên kết có sẵn trong phần mềm SAP2000. Phần tử này thường được sử dụng để biểu diễn sự tiếp xúc giữa hai cấu kiện thông qua lực tiếp xúc giữa chúng. Hình 6 mô tả một phần tử tiếp xúc "Gap element", trong đó  $i$  và  $j$  là các điểm nút của bộ phận tiếp xúc,  $k$  là độ cứng của phần tử.

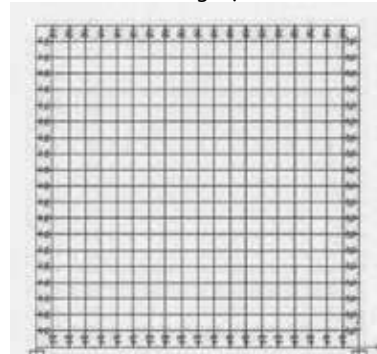


Hình 6. Phần tử liên kết Gap element

Vấn đề chính ở đây là phải xác định được độ cứng  $k$  của phần tử liên kết. Độ cứng  $k$  của phần tử liên kết tỉ lệ thuận với modul đàn hồi của tường chèn. Theo khuyến nghị của SAP2000 [6], độ cứng  $k$

của phần tử liên kết được gợi ý lấy bằng  $10^2 - 10^4$  độ cứng của phần tử mà nó liên kết.

Doudoumis và Mitsopoulou [9] đã dùng phần mềm SAP2000, thí nghiệm cho khung BTCT đơn tầng, đơn nhịp có TXC. Ở mô hình này, mặt liên kết giữa khung BTCT và TXC được mô phỏng bởi các phần tử tiếp xúc (Gap element) có khả năng truyền tải trọng tới khối xây chèn. Cấu kiện kết cấu dầm và cột của khung BTCT được mô hình hóa bằng các phần tử thanh, TXC được mô hình hóa với các phần tử tấm. Doudoumis [8] tiếp tục phát triển mô hình trên với TXC bên trong được chia thành các phần tử tấm kích thước vuông 150mm như Hình 7 để tăng độ chính xác của kết quả.



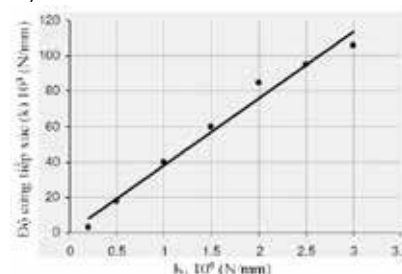
Hình 7. Mô hình khung BTCT có TXC dùng phần tử Gap element của Doudoumis [8]

Do thiếu thông tin xác định về hệ số ma sát tiếp xúc giữa TXC và khung BTCT, Doudoumis và Mitsopoulou [9] đã sử dụng hai phân tích riêng biệt với hệ số ma sát thấp nhất bằng không và lớn nhất bằng một. Quy trình được lặp đi lặp lại đối với các cường độ khác nhau của vật liệu tường chèn theo mô đun đàn hồi  $E_m$  từ 1000 MPa tới 15000 MPa, trong khi các tham số khác như kích thước cấu kiện, đặc tính vật liệu, tải trọng được giữ nguyên. Kết quả tính toán được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Độ cứng tiếp xúc  $k$  tương ứng với hệ số ma sát ( $\mu=0$  và  $\mu=1$ )

| $K_i = E_m \times t$<br>$10^6$ (N/mm) | Độ cứng $k$ khi $\mu=0$<br>(N/mm) | Độ cứng $k$ khi $\mu=1$<br>(N/mm) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0,2                                   | 1600                              | 4500                              |
| 0,5                                   | 12500                             | 23000                             |
| 1                                     | 30000                             | 50000                             |
| 1,5                                   | 50000                             | 70000                             |
| 2                                     | 63000                             | 107000                            |
| 2,5                                   | 70000                             | 120000                            |
| 3                                     | 82000                             | 130000                            |

Độ cứng tiếp xúc ở bảng trên được tính cho hai trường hợp cực hạn, tuy nhiên trong thực tế không tồn tại các trường hợp cực hạn này. Dorji [10] tiếp tục phát triển mô hình trên với hệ số ma sát trung bình  $\mu=0,5$ . Hình 8 chỉ ra độ cứng tiếp xúc trung bình cần thiết để mô phỏng độ cứng tiếp xúc ứng với các cường độ khác nhau của vật liệu tường chèn, xấp xỉ tương ứng với hệ số ma sát trung bình  $\mu=0,5$ .



Hình 8. Biểu đồ độ cứng tiếp xúc  $k$  trường hợp  $\mu=0,5$  của Dorji [10]

Theo Dorji [10], mối quan hệ giữa độ cứng tường chèn và độ cứng phần tử tiếp xúc (gap stiffness) với kích thước phần tử 150 mm được tính bởi phương trình:

$$k = 0,0378K_t + 347 \quad (11)$$

$$K_t = E_m \times t$$

Trong đó:

k - độ cứng của phần tử tiếp xúc

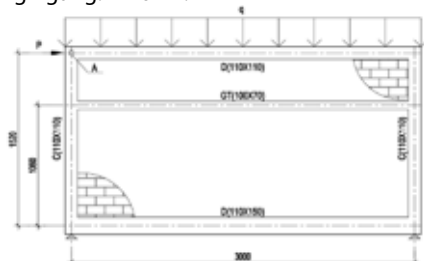
$E_m$  - mô đun đàn hồi của tường chèn

t - bề dày của tường chèn

### 3. THÍ DỤ TÍNH TOÁN

Khảo sát 5 mô hình khác nhau về tường chèn, giằng tường từ Thí dụ 1 đến Thí dụ 5 (TD1 đến TD5) với các thông số đầu vào dựa trên mô hình nghiên cứu thực nghiệm của Lý Trần Cường [2]: khung BTCT một tầng, một nhịp có TXC với các thông số đầu vào giống nhau như sau:

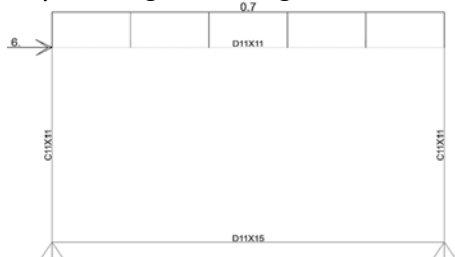
- Chiều cao khung:  $h=1,52$  m;
- Nhịp khung:  $l=3$  m;
- Giằng tường có trục đặt tại cao độ  $+1,06$  m;
- Bề dày tường xây chèn:  $t=100$  mm;
- Kích thước tiết diện dầm:  $110 \times 110$ ,  $110 \times 150$  mm;
- Kích thước tiết diện cột:  $110 \times 110$  mm;
- Kích thước tiết diện giằng tường:  $100 \times 70$  mm;
- Cường độ nén của tường xây chèn:  $f_w=4,7$  MPa;
- Cường độ nén của bê tông:  $f_{c(28)}=10,6$  MPa;
- $E_c=16.900$  MPa;  $\alpha_c=0,2$ ;  $\gamma_c=24$  kN/m<sup>3</sup>;
- $E_m=2.500$  MPa;  $\alpha_m=0,15$ ;  $\gamma_m=18$  kN/m<sup>3</sup>;
- Tải trọng đứng:  $q=0,7$  kN/m;
- Tải trọng ngang:  $P=6$  kN.



Hình 9. Kích thước chung của các mô hình khảo sát

Tính toán khảo sát các mô hình thực hiện trên phần mềm SAP2000.V24.0.0, sử dụng "gap element" cho các phần tử tiếp xúc giữa khung BTCT và TXC, phần tử "shell" cho TXC và phần tử "frame" cho khung BTCT và giằng tường. Độ cứng k của phần tử tiếp xúc "gap element" ứng với kích thước lưới chia TXC 150 mm được tính theo công thức (11) và tham chiếu biểu đồ Hình 1 thu được giá trị  $k=9797$  kN/m. Trong thí dụ tính toán kích thước lưới chia TXC là 75 mm, giá trị độ cứng phần tử tiếp xúc là  $k=4898,5$  kN/m.

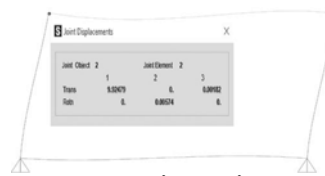
#### 3.1. Thí dụ 1 - Khung BTCT không có TXC



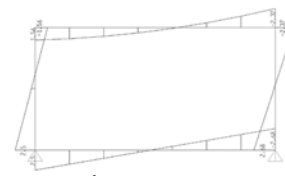
Hình 10. Mô hình Thí dụ 1

#### Kết quả tính toán Thí dụ 1

Kết quả tính toán của mô hình được thể hiện trong Hình 11 và Hình 12.



Hình 11. Giá trị chuyển vị tại điểm tham chiếu A (mm)

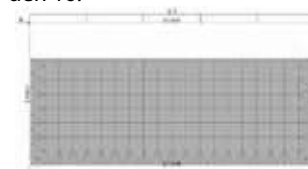


Hình 12. Biểu đồ mômen trong khung (kNm)

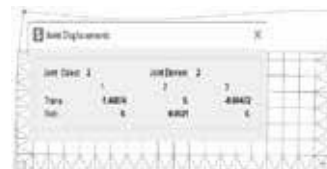
#### 3.2. Thí dụ 2 - Khung BTCT có TXC đến xây đến cốt lạnh tô, không có giằng tường

##### Kết quả tính toán Thí dụ 2

Kết quả tính toán của mô hình được thể hiện trong các hình 14 đến 16.



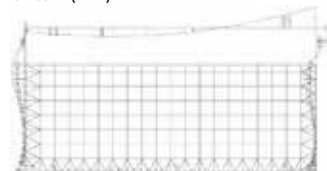
Hình 13. Mô hình Thí dụ 2



Hình 14. Giá trị chuyển vị tại điểm tham chiếu A (mm)



Hình 15. Ứng suất nén chính trong tường xây chèn (kN/m<sup>2</sup>)



Hình 16. Biểu đồ mômen trong khung (kNm)

#### 3.3. Thí dụ 3 - Khung BTCT có TXC xây đến cốt lạnh tô, có giằng BTCT ở đỉnh tường

##### Kết quả tính toán Thí dụ 3

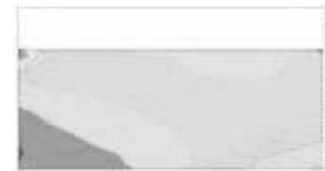
Kết quả tính toán của mô hình được thể hiện trong các hình từ 18 đến 20.



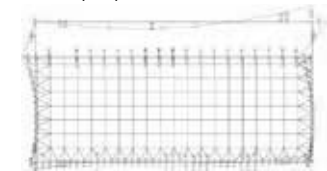
Hình 17. Mô hình Thí dụ 3



Hình 18. Giá trị chuyển vị tại điểm tham chiếu A (mm)



Hình 19. Ứng suất nén chính trong tường xây chèn (kN/m<sup>2</sup>)

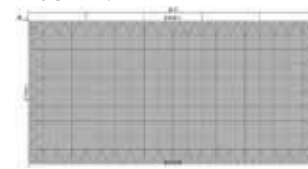


Hình 20. Biểu đồ mômen trong khung (kNm)

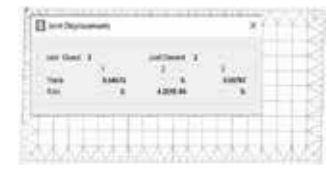
#### 3.4. Thí dụ 4 - Khung BTCT có TXC kín

##### Kết quả tính toán Thí dụ 4

Kết quả tính toán của mô hình được thể hiện trong các hình từ 22 đến 24.



Hình 21. Mô hình Thí dụ 4

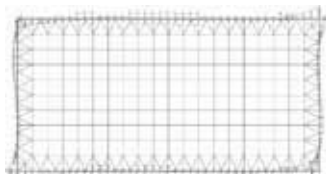


Hình 22. Giá trị chuyển vị tại điểm tham chiếu A (mm)





Hình 23. Ứng suất nén chính trong tường xây chèn (kN/m<sup>2</sup>)

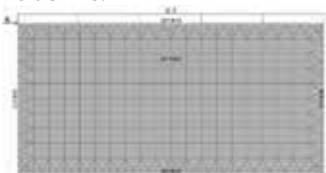


Hình 24. Biểu đồ mômen trong khung (kNm)

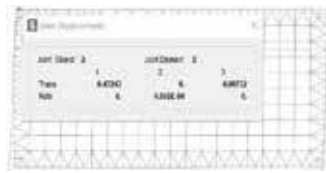
### 3.5. Thí dụ 5 - Khung BTCT có TXC kín và có giằng BTCT tại cốt lạnh tô

#### Kết quả tính toán Thí dụ 5

Kết quả tính toán của mô hình được thể hiện trong các hình từ 26 đến 28.



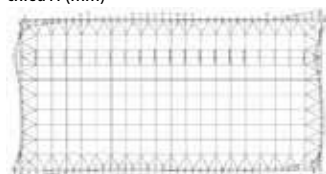
Hình 25. Mô hình Thí dụ 5



Hình 26. Giá trị chuyển vị tại điểm tham chiếu A (mm)



Hình 27. Ứng suất nén chính trong tường xây chèn (kN/m<sup>2</sup>)



Hình 28. Biểu đồ mômen trong khung (kNm)

### 3.6. Tổng hợp kết quả

Kết quả tính toán chuyển vị ngang tại điểm A ký hiệu  $f_A$  và độ cứng  $R$  ( $R = P/f_A$ ) của khung được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả chuyển vị ngang và độ cứng của Khung

|             |       | TD1  | TD2    | TD3   | TD4   | TD5   |
|-------------|-------|------|--------|-------|-------|-------|
| $f_A$ (mm)  |       | 9,92 | 1,47   | 0,71  | 0,55  | 0,47  |
| $R$ (kN/mm) |       | 0,60 | 4,09   | 8,41  | 10,99 | 12,70 |
| $\Delta R$  | (i-1) | -    | 576%   | 1290% | 1719% | 2001% |
|             | (3-2) | -    | 105,8% |       | -     |       |
|             | (5-4) | -    | -      |       | 15,5% |       |

Từ kết quả thu được ở Bảng 2, có thể nhận thấy khi kể đến sự làm việc của TXC độ cứng của khung trong mọi trường hợp tăng lên đáng kể. Các khung BTCT có TXC ở Thí dụ 2 đến Thí dụ 5 có độ cứng đàn hồi tăng lên từ khoảng 6 đến 20 lần so với khung BTCT thuần túy. Đối với khung BTCT có TXC với lỗ cửa cấu tạo giằng tường, độ cứng của khung tăng lên khoảng 105,8% so với khung BTCT có TXC với lỗ cửa không được cấu tạo giằng tường. Trong trường hợp khác, khi TXC không có lỗ cửa độ cứng ngang của các khung sẽ lớn hơn và ảnh hưởng của độ cứng giằng tường tới độ cứng ngang của khung chèn tường hạn chế hơn. Kết quả khảo sát của bài báo cho thấy độ cứng ngang của khung chèn tường không lỗ cửa có giằng tường lớn hơn trường hợp không có giằng tường khoảng 15,5%.

### 4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày về ảnh hưởng của TXC tới độ cứng ngang của khung BTCT thông qua việc khảo sát năm mô hình số bao gồm: khung BTCT không có TXC, khung BTCT có TXC xây đến cốt lạnh tô, khung BTCT có TXC xây đến cốt lạnh tô và có giằng BTCT ở đỉnh tường, khung BTCT có TXC kín, khung BTCT có TXC kín và có giằng BTCT tại cốt lạnh tô. Từ các kết quả khảo sát của bài báo, có thể đưa ra kết luận:

- TXC trong mọi trường hợp có ảnh hưởng đáng kể đến độ cứng ngang của khung BTCT trong giai đoạn làm việc đàn hồi. Khi

có sự hiện diện của TXC, độ cứng ngang của khung BTCT có TXC tăng lên rõ rệt so với khung BTCT không có TXC, giúp cải thiện khả năng chịu tải ngang và giảm chuyển vị đỉnh khung. Việc bổ sung giằng tường cấu tạo trong khung BTCT có TXC cũng làm tăng độ cứng ngang của hệ khung.

- Khi TXC không có lỗ cửa độ cứng ngang của các khung có TXC lớn hơn trường hợp có lỗ cửa và ảnh hưởng của độ cứng giằng tường tới độ cứng ngang của khung chèn tường hạn chế hơn.

- Các thí dụ khảo sát đều cho thấy sự hình thành của dải nén xiên từ điểm đặt lực đến góc đối diện phù hợp với các nghiên cứu và thực nghiệm trước đây. Dải nén xiên này thay đổi phụ thuộc vào sự xuất hiện của lỗ cửa và giằng tường cấu tạo.

Tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam [4] [5] chưa có hướng dẫn tính toán khung BTCT có TXC. Từ kết quả khảo sát của bài báo, có thể thấy TXC có ảnh hưởng tương đối lớn tới độ cứng ngang của khung BTCT, đặc biệt là khi có thêm giằng tường trong các cấu hình khác nhau. Việc xem xét đầy đủ sự làm việc tương tác giữa TXC và giằng tường với khung BTCT không chỉ giúp nâng cao hiệu quả thiết kế kết cấu mà còn có tiềm năng giảm chi phí xây dựng. Do đó, vấn đề này cần được nghiên cứu chuyên sâu và xem xét áp dụng vào thực tiễn thiết kế công trình tại Việt Nam.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đinh Lê Khánh Quốc (2017), "Ứng xử của khung phẳng BTCT có TXC dưới tác dụng của tải trọng ngang", Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa TP.HCM.
- [2]. Lý Trần Cường (1991), "Sự làm việc đồng thời của khung BTCT với khối xây chèn dưới tác dụng của tải trọng ngang", Luận án Phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng.
- [3]. Phan Văn Huệ (2020), "Ảnh hưởng của tường chèn tới phản ứng của hệ khung BTCT chịu động đất", Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Xây dựng.
- [4]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5573:2011 (2011), Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép.
- [5]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5574:2018 (2018), Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
- [6]. CSI (2017), "Integrated Software for Structural Analysis and Design", CSI Analysis Reference Manual, Computer and Structure, Inc., Berkeley, CA.
- [7]. H.S Jing and M.L Liao (1990), "An Improved Finite Element Scheme for Elastic Contact Problems with Friction", Computers & Structures. Vol.35, No.5, P. 571-578.
- [8]. I.N.Doudoumis (2006), "Finite Technique Modelling and Investigation of the Behaviour of Elastic Infilled Frames under Monotonic Loading", Eng.Structures, vol 29, pp. 1004-1024.
- [9]. I.N.Doudoumis and Mitsopoulou E.N. (1995), "The deficiency of the macromodels with fixed support interface conditions in the analytical modelling of infill panels", Proceedings of the fifth conference on European seismic design practice, Chester.
- [10]. J.Dorji (2009), "Seismic performance of Brick Infilled RC Frame Structures in Low and Medium rise Buildings in Bhutan", Master thesis, Queensland University of Technology.
- [11]. J.Dorji and D.P.Thambiratnam (2009), "Modelling and Analysis of Infilled Frame Structures under Seismic Loads", The O.C & Bldg tech. Journal, 2009, 3, 119-126.
- [12]. Kappos A.J., Stylianidis K.C., and Michailidis C.N. (1998), "Analytical Models for Brick Masonry Infilled R/C Frames under Lateral Loading", Jnl. of Earthquake Engineering, 2(1), 59-88.
- [13]. Mallick D.V. and Severn R.T. (1967), "The Behaviour of Infilled Frames under Static Loading", Proc. Instn. Civil Engineering, Vol. 38, P.639-656.
- [14]. MD.Mahir Asif (2022), "Experimental Study on the effect of lintel on infilled frames under cyclic loading", Master of Science in Civil Engineering.
- [15]. Mehmet Baran and Tugce Sevil (2010), "Analytical and Experimental Studies on Infilled RC Frame", International Journal of the Physical Sciences Vol.5 (13), pp. 1981-1998.
- [16]. P.G.Asteris (2008), "Finite Element Micro - Modelling of Infilled Frames", Electronic Journal of Structural Engineering (8).
- [17]. Polyakov S.V. (1960), "On The Interaction Between Masonry Filler Walls and Enclosing Frame When Loaded In The Plane Of The Wall", Translations in Earthquake Engineering Research Institute.

# An toàn trong phá dỡ công trình xây dựng - Bài học rút ra cho Việt Nam từ Tiêu chuẩn SP 325.1325800.2017 của Liên bang Nga

Safety in construction demolition - Lessons learned for Vietnam from Russian Federation  
Standard SP 325.1325800.2017

> TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY<sup>1,2</sup>, PGS.TS BUI MẠNH HÙNG<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

<sup>2</sup>Email: huynt@hau.edu.vn

<sup>3</sup>Email: Buimanhhung1150@gmail.com

## TÓM TẮT

Tại Việt Nam, hiện chưa có tiêu chuẩn về phá dỡ công trình xây dựng. Trong khi số lượng nhà cũ, đặc biệt là chung cư cũ, biệt thự cổ đang gây một số bất cập cho người sử dụng về môi trường sống, an toàn chịu lực, an toàn phòng cháy, chữa cháy, cứu nạn, cứu hộ... Bài báo này giới thiệu bài học về an toàn trong phá dỡ công trình xây dựng, được rút ra từ Tiêu chuẩn của Liên bang Nga 'Quy định thi công tháo dỡ, phá dỡ và tái chế phế thải'. Tiêu chuẩn này có nhiều điểm tương đồng với thực tiễn phá dỡ nhà và công trình xây dựng tại Việt Nam (gồm nhà xây gạch, nhà lắp ghép, nhà có kết cấu gạch, bê tông cốt thép ...).

**Từ khóa:** An toàn, phá dỡ, thi công, kỹ thuật an toàn, môi trường.

## ABSTRACT

In Vietnam, there are no standards for demolition of construction works. Meanwhile, the number of old houses, especially old apartments and ancient villas, is causing some inconveniences for users in terms of living environment, load-bearing safety, fire prevention and fighting safety, rescue, etc. This article introduces lessons on safety in demolition of construction works drawn from the Russian Federation Standard 'Regulations on construction dismantling, demolition and recycling of waste' which has many similarities when demolishing houses and construction works (including brick houses, prefabricated houses, houses with brick structures, reinforced concrete, etc.).

**Keywords:** Safety, demolition, construction, safety engineering, environment.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước ta, sau một thời gian dài xây dựng và phát triển, hiện có số lượng nhà cũ (đặc biệt là chung cư cũ, biệt thự cổ) đang gây một số bất cập cho người sử dụng như: môi trường sống xuống cấp, mất an toàn về chịu lực, nguy cơ mất an toàn phòng cháy, chữa cháy, cứu nạn, cứu hộ... Riêng Hà Nội, có khoảng 1.500 nhà tập thể cũ, biệt thự cổ; trong đó, có nhiều nhà ở trạng thái nguy hiểm, tập trung ở các khu dân cư: Thanh Xuân (xây dựng giai đoạn 1980 - 1990), Ngọc Khánh (những năm 1980), Thành Công (1979 - 1982), Giảng Võ (1975 - 1980)... Các khu vực này trong tương lai cần được cải tạo, sửa chữa, thậm chí là tháo dỡ.

Điểm lại trong 10 năm trở lại đây, tại Hà Nội và TP.HCM đã phá dỡ một số công trình thiếu an toàn như: (i) Trường mầm non Hoa Mai, Thanh Xuân, TP Hà Nội (09/12/2016); (ii) Nhà số 14 ngõ 91 phố Hồng Hà, Phúc Xá, Ba Đình, TP Hà Nội (11/10/2022); (iii) Phần coi nới căn nhà trong hẻm đường Nguyễn Xiển, Trường Thạnh, TP.HCM (12/12/2023); (iv) Tòa nhà 8B Lê Trực, TP Hà Nội; (v) Tòa nhà Hàm cá mập, số 1-3-5 Đinh Tiên Hoàng, quận Hoàn Kiếm, TP Hà Nội (19/6/2025) ...

Thực tế tại một số công trình đã tháo dỡ, quá trình thi công tháo dỡ cho thấy còn nhiều bất cập, nhất là vấn đề an toàn cho người và an toàn cho kết cấu còn lại sau phá dỡ. Một ví dụ điển hình là công trình tháo dỡ một phần tòa nhà 8B Lê Trực (Hà Nội): giai đoạn 1 bắt đầu phá dỡ tháng 11/2015, hoàn thành việc phá dỡ tầng 19 và tum thang vào cuối năm 2016, giai đoạn 2 (phá dỡ tầng 18), bắt đầu tháng 4/2020 và hoàn thành tháng 10/2020.

Tại Việt Nam, chưa có tiêu chuẩn quốc gia về lĩnh vực tháo dỡ nhà và công trình, mới chỉ đề cập nội dung liên quan đến công tác phá dỡ (Điều 118, Luật Xây dựng) [1], Điều 2.15 QCVN 18:2021/BXD [2]. Nội dung các điều này đưa ra các quy định mang tính nguyên tắc chung, hoặc một số quy định an toàn trong quá trình xây dựng mới, cải tạo, mở rộng, sửa chữa hoặc phá dỡ.

Sau khi tham khảo một số Tiêu chuẩn thực hành/Tiêu chuẩn cơ sở ... của một số quốc gia trên thế giới, tác giả bài viết nhận thấy Tiêu chuẩn SP 325.1325800.2017/CP 325.1325800.2017 [3] của Liên bang Nga có các yêu cầu và quy định có thể áp dụng hiệu quả, góp phần đảm bảo an toàn trong công tác phá dỡ nhà và công trình xây dựng tại Việt Nam.

Lý do đề xuất áp dụng: Các loại nhà và dạng kết cấu được đề cập trong SP 325.1325800.2017 bao gồm: nhà xây gạch, nhà lắp ghép, nhà có kết cấu gạch, kết cấu bê tông, kết cấu thép, kết cấu bê tông và bê tông cốt thép khối lớn... Đây đều là những loại nhà và công trình rất phổ biến tại Việt Nam, được xây dựng chủ yếu trong giai đoạn từ những năm 1970 đến 1990. Đáng chú ý, các công trình xây dựng trong thời kỳ này thường được thiết kế và thi công theo tiêu chuẩn của Liên Xô cũ.

## 2. CÁC BÀI HỌC RÚT RA CHO VIỆT NAM TỪ TIÊU CHUẨN SP 325.1325800.2017 CỦA LIÊN BANG NGA

### 2.1. Bài học về quy định chung

#### 2.1.1. Quy định về quy chuẩn và tiêu chuẩn và năng lực

Tổ chức thi công phá dỡ thực hiện theo các quy chuẩn và tiêu chuẩn kỹ thuật có liên quan, trong đó có quy định bảo đảm an toàn cho người lao động, an toàn cho dân cư và môi trường liên kế công trình phá dỡ.

Công tác phá dỡ cần được thực hiện theo đúng phương án, giải pháp kỹ thuật và biện pháp thi công phá dỡ. Các hồ sơ liên quan phải được lập và trình cấp có thẩm quyền phê duyệt trước khi tổ chức đấu thầu hoặc ký kết hợp đồng phá dỡ.

a) Quy định đối với chủ đầu tư/chủ sở hữu/chủ sử dụng công trình/người được giao nhiệm vụ:

Chủ đầu tư, chủ sở hữu, người quản lý, sử dụng công trình hoặc người được giao nhiệm vụ chủ trì phá dỡ công trình cần bàn giao cho nhà thầu thi công phá dỡ:

- Phương án, giải pháp phá dỡ, biện pháp thi công phá dỡ và các tài liệu cần thiết được phê duyệt theo quy định;
- Nhà và công trình chuẩn bị được phá dỡ;
- Ký hợp đồng với đơn vị cung cấp dịch vụ bảo hiểm công trình xây dựng. Cùng với nhà thầu, đơn vị cung cấp bảo hiểm, tiến hành khảo sát hiện trạng các công trình liên kế;
- Làm việc với cơ quan chức năng để xin phép xây dựng hoặc thông báo khởi công trước khi tiến hành phá dỡ theo quy định.

b) Quy định đối với nhà thầu thi công phá dỡ:

Nhà thầu thi công phá dỡ cần:

- Có năng lực phù hợp theo quy định hiện hành;
- Nhận các hồ sơ tài liệu, trong đó có giấy phép "được ngắt tạm thời" mạng lưới kỹ thuật hạ tầng;
- Có cán bộ chuyên trách về phòng chống cháy, an toàn điện, kiểm soát xây dựng và xử lý phế thải.

#### 2.1.2. Quy định về chỉ dẫn, rào chắn, biển báo và cơ sở hạ tầng

a) Quy định về chỉ dẫn cơ bản về tổ chức thi công phá dỡ

- Cần có những chỉ dẫn cơ bản về tổ chức thi công phá dỡ nhà và công trình, bố trí công trường thi công. Các phương án và biện pháp thi công phá dỡ nhà và công trình là một phần không tách rời của hồ sơ biện pháp thi công phá dỡ công trình;

- Thiết kế tổ chức thi công là tài liệu cần thiết đối với chủ đầu tư, nhà thầu và các đơn vị cung cấp kinh phí và vật liệu - kỹ thuật. Lựa chọn phương án tổ chức thi công cần được tiến hành trên cơ sở đánh giá các phương án theo các tiêu chí yêu cầu, có thể sử dụng phương pháp mô hình hóa với sự trợ giúp của máy tính.

b) Quy định về rào chắn, biển báo tại địa điểm phá dỡ

Tại lối vào công trường phá dỡ cần có bảng ghi đầy đủ thông tin: Tên công trình, chủ đầu tư, nhà thầu chính, nhà thầu phụ, tư vấn giám sát, số điện thoại của người có trách nhiệm, thời gian khởi công và hoàn thành công trình, sơ đồ công trình.

Khu vực công trường phá dỡ cần có rào chắn, có biển báo khu vực bảo vệ, có biển cấm vào đối với người không có phận sự, khu vực nguy hiểm.

Loại và kích thước rào chắn, biển báo cần phù hợp với yêu cầu kỹ thuật và mức độ quan trọng của khu vực cần bảo vệ (tham khảo kết hợp TCVN 5308:1991 và TCVN 8092:2021 của Việt Nam).

c) Quy định về cơ sở hạ tầng tại công trường phá dỡ

- Khu vực phá dỡ, bao gồm khu vực thi công, khu phục vụ đời sống, chỗ làm việc, đường đi lại, khu kho bãi cần được bảo đảm vệ sinh lao động và trật tự.

- Bố trí cơ sở hạ tầng cho công trường phá dỡ bao gồm: Cản cầu và thiết bị cơ khí, đường giao thông trong công trường, kho bãi, khu phục vụ đời sống, sân bãi để tổ hợp các kết cấu và cấu kiện, trạm rửa xe, máy, cung cấp điện thi công và sinh hoạt cho công trường, cấp thoát nước, cấp khí nén, khí ô xi, axetilen... (tham khảo kết hợp TCVN 5308:1991 của Việt Nam). Quy định cụ thể như sau:

+ Yêu cầu bố trí cản cầu, các máy và thiết bị nâng hạ, các trạm rửa bánh xe, máy cũng như hệ thống kỹ thuật tạm thời cần được tính toán để bảo đảm khoảng cách an toàn cho người và thiết bị;

+ Khu phục vụ đời sống, khu vực thi công, chỗ làm việc và đường đi lại trong công trường cần được tính toán chiếu sáng theo yêu cầu kỹ thuật;

+ Sử dụng nhà và công trình di động thực hiện theo hướng dẫn sử dụng của nhà sản xuất và các yêu cầu kỹ thuật đối với công trường phá dỡ.

- Cần bảo đảm thông tin liên lạc trên hiện trường bằng điện thoại hoặc máy bộ đàm.

#### 2.2.3. Quy định về khảo sát và trong thời gian thi công phá dỡ

a) Quy định về khảo sát trước phá dỡ

- Trước khi phá dỡ nhà và công trình cần tiến hành khảo sát tình trạng kỹ thuật của kết cấu công trình phá dỡ (để đánh giá kết cấu và xác định các rủi ro) và các công trình bên cạnh nhằm xác định: (i) Mức độ nguy hiểm sập đổ kết cấu khi phá dỡ; (ii) Khả năng sử dụng lại các kết cấu và cấu kiện; (iii) Bảo đảm an toàn và vệ sinh môi trường trong thi công.

- Lập kế hoạch phá dỡ chi tiết, bao gồm trình tự thực hiện, phương pháp, khu vực phong tỏa, và xử lý chất thải.

b) Quy định trong thời gian phá dỡ

Trong thời gian phá dỡ công trình, cần thông báo cho tất cả mọi người làm việc trên công trường cũng như các tổ chức, đơn vị lân cận.

Trong trường hợp cần thiết, phải thực hiện rào chắn khu vực thi công. Theo đó, tiếng ồn cho phép trong khu dân cư được xác định theo mức tiếng ồn cho phép trong khu vực thông thường cụ thể là: (i) 70 dBA trong khoảng thời gian từ 6h đến 21h; (ii) 55 dBA trong khoảng thời gian từ 21h ngày hôm trước đến 6h sáng ngày hôm sau (Tham khảo kết hợp QCVN 26:2010/BTNMT và Nghị định 45/2022/NĐ-CP).

### 2.2. Bài học về kỹ thuật an toàn khi phá dỡ

#### 2.2.1. Biện pháp tổ chức, kỹ thuật và công nghệ

- Bảo đảm an toàn lao động bằng các biện pháp tổ chức, kỹ thuật và công nghệ được nêu trong hồ sơ thiết kế biện pháp thi công phá dỡ, trong các tài liệu chỉ dẫn an toàn lao động và các bản vẽ công nghệ, với các biện pháp rào chắn, giăng chống và tuân thủ trình tự thi công tháo dỡ kết cấu xây dựng;

- Công nhân đáp ứng đủ điều kiện về sức khỏe, tay nghề mới được bố trí làm việc, mặt khác còn phải xét đến đặc điểm của kết cấu được tháo dỡ. Trang bị đầy đủ đồ bảo hộ lao động cho công nhân như mũ bảo hiểm, kính bảo hộ, găng tay, giày, dây an toàn. Kỹ sư và cán bộ kỹ thuật cũng phải đáp ứng yêu cầu về chuyên môn để chỉ đạo thi công tháo dỡ;

- Bảo đảm an toàn khi làm việc trên cao/sâu (từ 1,8 m trở lên), đối với các công việc: trèo thang có góc nghiêng so với mặt phẳng ngang >75°; làm việc ở khu vực có khoảng cách <2 m tới khu vực có

độ chênh cao >1,8 m không có rào chắn, hoặc có rào chắn <1,1 m; Cần tuân thủ các quy định về an toàn khi làm việc trên cao (tham khảo kết hợp QCVN 18:2021/BXD và Nghị định số 44/2016/NĐ-CP);

- Trong quá trình tháo dỡ các lỗ hờ trên sàn kể cả lồng thang máy, hố thông gió cần phải được đậy kín bằng các tấm gỗ đóng thành mảng hoặc rào chắn vòng quanh chu vi lỗ hờ. Các lỗ hờ trên tường phải được đậy kín như đối với sàn;

- Khi thi công trên cao (cần phải có giàn tạm thời, neo giữ và rào chắn, tháo dỡ panen bên ngoài, tấm ban công, tấm sàn ...) công nhân phải đeo dây an toàn được móc vào các điểm chắc chắn của kết cấu. Tháo dỡ các cấu kiện trên mái cần có giàn giáo di động được tựa lên các dầm hoặc lên sàn bê tông cốt thép. Khi tháo dỡ mái hiên hoặc các bộ phận nhỏ ra của nhà thì cấm công nhân đứng lên các cấu kiện tháo dỡ hoặc các cấu kiện bên cạnh;

- Không được thực hiện các công việc phá dỡ hoặc tháo dỡ trên các tầng khác nhau cùng một lúc trên cùng một trục thẳng đứng (đơn nguyên). Phải đóng lối vào ở các khu vực phía dưới khi đang thi công bên trên;

- Khu vực nguy hiểm và phạm vi khu vực nguy hiểm mà kết cấu có thể rơi khi tháo dỡ cần phải được rào chắn và có biển báo nguy hiểm (tham khảo kết hợp TCVN 5308:1991 và TCVN 8092:2021).

#### 2.2.2. Biện pháp an toàn cháy

- An toàn cháy và an toàn điện trên công trường (tham khảo kết hợp TCVN 3890:2023).

- Không được phép hàn, cắt bằng điện ở ngoài trời khi mưa.

#### 2.2.3. Biện pháp an toàn với máy móc và thiết bị phá dỡ

- Kiểm tra kỹ lưỡng máy móc, thiết bị trước khi sử dụng để đảm bảo an toàn;

- Khi cần cầu hoặc máy xúc hoạt động thì người điều khiển các thiết bị đó và công nhân tháo dỡ cần có máy bộ đàm để liên lạc với nhau. Khi nâng và hạ các cấu kiện tháo dỡ cần bảo đảm cáp cầu phải luôn ở phương thẳng đứng. Không cho phép dùng cầu để kéo cáp bị kẹt, không được nâng các cấu kiện bê tông cốt thép chưa được giải phóng hết các liên kết, kéo chúng trong lúc nâng, chuyển và hạ. Cấm chất panen và các cấu kiện được tháo dỡ lên sàn;

- Cáp hoặc các thiết bị dùng để cầu cấu kiện bê tông cốt thép cần phải được kiểm định và chứng nhận. Cấm cầu các cấu kiện bê tông cốt thép bằng các sợi cáp vòng. Các móc cầu cần có cơ cấu khóa để bảo đảm an toàn.

#### 2.2.4. Các khuyến cáo

- Khuyến cáo thi công phá dỡ nhà và công trình nên tiến hành vào thời gian ban ngày. Nếu thi công tháo dỡ vào ban đêm (từ 22h đến 6h) được phối hợp theo trình tự quy định, bảo đảm chiếu sáng khu vực thi công và bố trí nhân sự cũng như mức độ tiếng ồn cho phép (tham khảo kết hợp TCVN 13608:2023 và QCVN 26:2010/BTNMT);

- Rác thải xây dựng cần được thả xuống thùng chứa theo ống máng kín. Phía dưới ống máng cần lọt vào thùng chứa hoặc cao không quá 1 m so với mặt đất.

### 2.3. Bài học về bảo vệ môi trường và an toàn cho dân cư khi thi công phá dỡ

- Khi thi công tháo dỡ cần tuân thủ các điều kiện về bảo vệ môi trường. Giới hạn bụi bẩn trong không khí không được vượt quá giá trị cho phép (tham khảo kết hợp QCVN 02:2019/BYT). Nên sử dụng hệ thống ngăn bụi được dựng quanh công trình hoặc các ống hút bụi độc lập;

- Khi san gạt mặt bằng cần bóc tách lớp đất bề mặt để có thể sử dụng về sau và chuyển đến nơi lưu giữ riêng;

- Khi thi công cần bảo vệ tối đa khu vực cây xanh. Khu vực cây xanh không có giấy phép chặt hạ cần được bảo vệ và rào bằng các tấm phên gỗ;

- Phế thải kích thước nhỏ khi phá dỡ cần vận chuyển đến trạm xử lý trong các thùng chứa. Phế thải không thuộc loại tái chế được tập kết tại các bãi chôn lấp (tham khảo kết hợp TCVN 13439:2022);

- Đảm bảo an toàn cho dân cư khi thi công phá dỡ công trình, cần thực hiện các biện pháp sau: (i) Thông báo cho người dân xung quanh về kế hoạch và thời gian phá dỡ; (ii) Đảm bảo an toàn khu vực xung quanh: Che chắn khu vực thi công bằng lưới, bạt, rào chắn để ngăn vật liệu rơi và bụi bay ra ngoài; (iii) Sử dụng biển báo hiệu để cảnh báo nguy hiểm cho người dân; (iv) Giám sát chặt chẽ khu vực xung quanh để kịp thời xử lý các sự cố;

- Xử lý bụi và tiếng ồn: (i) Sử dụng các biện pháp giảm bụi như phun nước, che chắn, và thu gom vật liệu phế thải; (ii) Hạn chế tiếng ồn bằng cách sử dụng các thiết bị ít gây tiếng động và làm việc trong giờ quy định.

### 3. KẾT LUẬN

Tiêu chuẩn CP 325.1325800.2017(SP 325.1325800.2017) “Nhà và công trình - Quy định thi công tháo dỡ, phá dỡ và tái chế phế thải” áp dụng cho thi công phá dỡ và xử lý kết cấu nhà và công trình dân dụng và công nghiệp. Trong tiêu chuẩn này có một số nội dung liên quan đến an toàn môi trường, về an toàn chịu lực, an toàn phòng cháy, chữa cháy ... (gồm quy định chung, yêu cầu về kỹ thuật an toàn khi phá dỡ, bảo vệ môi trường và đảm bảo an toàn cho dân cư trong quá trình thi công phá dỡ), ...

Các quy định này hoàn toàn có thể áp dụng phù hợp với đặc điểm của nhiều loại nhà và công trình phổ biến đã được xây dựng ở nước ta. Do đó, việc tham khảo Tiêu chuẩn CP 325.1325800.2017, kết hợp với các quy định pháp luật hiện hành của Việt Nam, là cơ sở cần thiết để xây dựng hướng dẫn kỹ thuật “An toàn trong phá dỡ công trình xây dựng” phù hợp với điều kiện thực tiễn và yêu cầu phát triển của ngành Xây dựng

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Luật Xây dựng
- [2]. QCVN 18:2021/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn trong thi công xây dựng
- [3]. CP 325.1325800.2017 Здания и сооружения. Правила производства работ при демонтаже и утилизации (SP 325.1325800.2017 Nhà và công trình - Quy định thi công tháo dỡ, phá dỡ và tái chế phế thải).

# Tối ưu hóa mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM) hỗ trợ kỹ thuật hàng hải toàn cầu: Nghiên cứu trường hợp Lemar PTE LTD

Optimizing the technical intelligent orchestration model (TIOM) for global maritime technical support: A case study of Lemar PTE LTD

> KS LÊ MẠNH HÀ<sup>1</sup>, PGS.TS NGUYỄN VĂN TIẾP<sup>2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Lemar PTE LTD, Singapore

<sup>2</sup>Trường Đại học Quốc tế TP.HCM; <sup>3</sup>Đại học Quốc gia TP.HCM; \*Email: nvtiep@hcmiu.edu.vn

## TÓM TẮT

Trong bối cảnh cạnh tranh toàn cầu diễn ra khốc liệt, chuyển đổi số và công nghệ phát triển một cách nhanh chóng, ngành hàng hải đòi hỏi các giải pháp hỗ trợ kỹ thuật hiệu quả, tiết kiệm chi phí. Lemar PTE LTD, một doanh nghiệp nhỏ, đã triển khai mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM), tận dụng công nghệ liên lạc vệ tinh (VSAT, Starlink), tích hợp mạng lưới tri thức để cung cấp dịch vụ hỗ trợ kỹ thuật từ xa. Nghiên cứu này phân tích khung vận hành của TIOM, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả và đề xuất chiến lược tối ưu hóa nhằm hỗ trợ mục tiêu mở rộng toàn cầu của Lemar giai đoạn 2025 - 2030. Thông qua phỏng vấn bán cấu trúc với 11 chuyên gia và phân tích AI/LLM trên 450 trường hợp đã được tư vấn kỹ thuật từ xa thành công thông qua mô hình TIOM thủ công, nghiên cứu xác định dữ liệu phân mảnh, thiếu quy trình chuẩn hóa và quản lý tri thức là các thách thức chính. Giải pháp đề xuất bao gồm nền tảng tích hợp AI, chuẩn hóa quy trình và mô hình điều phối toàn cầu-khu vực, nhằm nâng cao tỷ lệ giải quyết từ xa, sự hài lòng của khách hàng và khả năng mở rộng, đồng thời cung cấp bài học cho các doanh nghiệp nhỏ đổi mới trong lĩnh vực kỹ thuật.

**Từ khóa:** Hỗ trợ kỹ thuật từ xa, quản lý tri thức, điều phối mạng lưới, dịch vụ hàng hải, trí tuệ nhân tạo.

## ABSTRACT

In the context of global competition and rapid technological advancement, the maritime sector increasingly demands for cost-effective and efficient technical support solutions. LEMAR PTE LTD, a small enterprise, has implemented the Technical Intelligence-Orchestration Model (TIOM), based on satellite communication technologies (VSAT, Starlink) integrated with a distributed knowledge network to deliver remote technical support services. This study analyzes the operational framework of TIOM, evaluates the factors influencing its effectiveness, and then proposes optimization strategies to support LEMAR's global expansion objectives for the period 2025 - 2030. From semi-structured interviews with 11 domain experts and AI/LLM-assisted analysis of 450 successfully resolved remote support cases with manual TIOM in the past, the study figure outh that fragmented data, lack of standardized procedures, and insufficient knowledge management are critical challenges. The study then proposes an AI-integrated platform, standardized workflows, and a hybrid global-regional coordination model to improve remote resolution rates, customer satisfaction, and scalability. The findings offer practical implications for small enterprises pursuing innovation in engineering services under resource constraints.

**Keywords:** Remote technical support, knowledge management, network coordination, maritime services, artificial intelligence.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

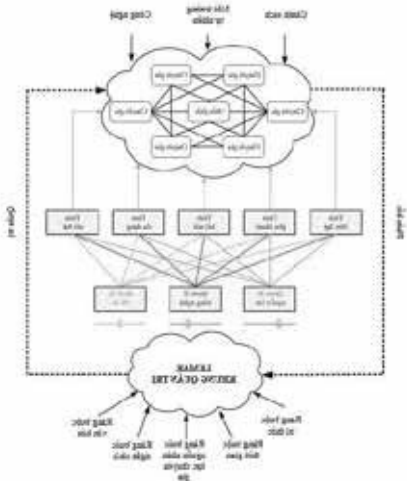
Ngành hàng hải đang trải qua quá trình chuyển đổi số mạnh mẽ, với công nghệ liên lạc vệ tinh như VSAT và Starlink mở ra điều kiện cho tương tác tàu và bờ hiệu quả, chi phí thấp. Nhiều nghiên cứu gần đây đã đề xuất các giải pháp công nghệ tiên tiến nhằm giải quyết các vấn đề thách thức của công nghệ, bao gồm: phát triển mô hình digital twin để giám sát giảm tốc độ tàu do bám bẩn sinh học, tối ưu hóa hiệu quả vận hành [1]; ứng dụng digital twin kết hợp dữ liệu thời tiết từ cơ quan

khí tượng để tính toán lực cản, nâng cao hiệu suất tàu [2]; sử dụng digital twin giám sát hư hỏng do môi, hỗ trợ bảo trì dự đoán [3]; áp dụng digital twin dự đoán tuổi thọ linh kiện tuabin gió trên tàu, tối ưu hóa bảo trì [4]; và triển khai thuật toán lai GA/PSO để tối ưu hóa lộ trình tàu, cải thiện an toàn và hiệu quả hàng hải [5].

Trong lĩnh vực tư vấn hỗ trợ kỹ thuật và sửa chữa thiết bị hàng hải cho tàu biển, các doanh nghiệp nhỏ như Lemar PTE LTD đang đối mặt với thách thức cạnh tranh do hạn chế về nguồn lực, song sở hữu cơ hội



đổi mới thông qua các mô hình linh hoạt. Mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật TIOM của Lemar kết hợp chuyên môn nội bộ, mạng lưới cộng tác viên chuyên gia bên ngoài và nền tảng công nghệ liên lạc vệ tinh để cung cấp hỗ trợ kỹ thuật từ xa, giảm thiểu thời gian dừng tàu và chi phí vận hành. Mô hình này bao gồm năm thành phần cốt lõi: (A) Nền tảng công nghệ liên lạc, (B) Quy trình hỗ trợ kỹ thuật từ xa, (C) Kho tri thức kỹ thuật, (D) Mạng lưới chuyên gia và (E) Cơ chế điều phối. Mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM) được tích hợp trong khung quản trị hệ thống của Lemar hiện nay trong Hình 1.



Hình 1. Khung quản trị hệ thống của Lemar PTE LTD.  
Dựa trên lý thuyết SOS [6]  
Đủ đạt tỷ lệ giải quyết từ xa 70% và mức độ hài lòng khách hàng (CSAT) 4.2/5, TIOM bị hạn chế bởi dữ liệu phân mảnh, thiếu quy trình chuẩn hóa và sự phụ thuộc vào chuyên môn cá nhân. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào phân tích hiệu quả vận hành của TIOM, xác định các yếu tố ảnh hưởng và đề xuất khung tối ưu hóa, chuẩn hóa để hỗ trợ chiến lược toàn cầu hóa của Lemar giai đoạn 2025 - 2030. Dựa trên các lý thuyết quản lý tri thức [7], điều phối mạng lưới và đổi mới dịch vụ [8], nghiên cứu cung cấp cơ sở lý luận và thực tiễn để nâng cao năng lực cạnh tranh của các doanh nghiệp siêu nhỏ trong lĩnh vực kỹ thuật hàng hải.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Quy trình nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp hỗn hợp, kết hợp định tính và định lượng nhằm phân tích toàn diện hiệu quả của mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM) và đề xuất chiến lược tối ưu hóa. Quy trình nghiên cứu bao gồm các bước sau:

- **Bước 1 - Tổng quan tài liệu:** Phân tích các lý thuyết về hỗ trợ kỹ thuật từ xa, quản lý tri thức và điều phối mạng lưới nhằm xây dựng khung đánh giá điều phối trí tuệ (TIOM). Các tài liệu được tổng hợp từ nguồn học thuật uy tín, tập trung vào ứng dụng công nghệ trong ngành hàng hải và đổi mới dịch vụ.
- **Bước 2 - Phỏng vấn bán cấu trúc:** Tiến hành phỏng vấn 11 bên liên quan, bao gồm quản lý Lemar, kỹ sư nội bộ, cộng tác viên bên ngoài và điều phối viên, nhằm xác định điểm mạnh, điểm yếu và các yếu tố ảnh hưởng đến vận hành TIOM. Tiêu chí lựa chọn bao gồm kinh nghiệm trên 5 năm trong lĩnh vực kỹ thuật hàng hải và mức độ tham gia trực tiếp vào hoạt động của TIOM. Nội dung bảng câu hỏi gồm 8 câu, tập trung vào quy trình điều phối, quản lý tri thức và trải nghiệm khách hàng. Dữ liệu được ẩn danh và phân tích bằng phương pháp phân tích chủ đề để đảm bảo tính khách quan.
- **Bước 3 - Thử nghiệm AI/LLM:** Đánh giá hiệu suất AI/LLM trên 450 bản ghi các trường hợp đã được xử thực hiện tư vấn kỹ thuật từ xa thông

qua Mô hình điều phối kỹ thuật TIOM thủ công (từ 01/2023 đến 05/2025) thu thập từ các nền tảng WeChat, Zalo và WhatsApp. Hiệu suất được đo lường thông qua độ chính xác gợi ý, đạt tỷ lệ top-1 (52%), top-2 (64%) và top-3 (76%), cung cấp cơ sở để đánh giá khả năng hỗ trợ kỹ thuật từ xa của hệ thống.

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả TIOM

Dựa trên các nghiên cứu trước đó và tham khảo ý kiến chuyên gia, 15 yếu tố ảnh hưởng được phân vào 5 nhóm thể hiện trong bảng 1.

| Nhóm Yếu tố                | Yếu tố                                     | Nguồn                                          |
|----------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| F01 - Nền tảng Công nghệ   | N11: Dữ liệu phân mảnh trên các nền tảng   | Fichman & Kemerer (1997); Phỏng vấn chuyên gia |
|                            | N12: Hạn chế tích hợp AI/LLM               |                                                |
|                            | N13: Độ tin cậy internet trên tàu          |                                                |
| F02 - Quy trình Hỗ trợ     | N21: Thiếu SOPs chuẩn hóa                  | Den Hertog (2000); Phỏng vấn chuyên gia        |
|                            | N22: Cách tiếp cận khu vực không đồng nhất |                                                |
|                            | N23: Thời gian phản hồi chậm               |                                                |
| F03 - Quản lý Tri thức     | N31: Lưu trữ tri thức phân mảnh            | Nonaka & Takeuchi (1995); Phỏng vấn chuyên gia |
|                            | N32: Phụ thuộc vào tri thức ẩn             |                                                |
|                            | N33: Hạn chế tái sử dụng tri thức          |                                                |
| F04 - Mạng lưới Chuyên gia | N41: Phụ thuộc vào kỹ sư chủ chốt          | Dhanaraj & Parkhe (2006); Phỏng vấn chuyên gia |
|                            | N42: Đa dạng văn hóa/ngôn ngữ              |                                                |
|                            | N43: Thiếu đánh giá chính thức             |                                                |
| F05 - Cơ chế Điều phối     | N51: Điều phối thủ công                    | Kotter (1996); Phỏng vấn chuyên gia            |
|                            | N52: Thiếu KPI/dashboard                   |                                                |
|                            | N53: Hạn chế mở rộng quy mô                |                                                |

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thống kê mô tả

Đối tượng tham gia phỏng vấn bao gồm 11 bên liên quan được trình bày chi tiết trong bảng 2.

| Bảng 2. Thống kê đối tượng tham gia phỏng vấn |           |             |                              |
|-----------------------------------------------|-----------|-------------|------------------------------|
| Vai trò                                       | Số lượng  | Tỷ lệ (%)   | Kinh nghiệm trung bình (năm) |
| Quản lý                                       | 2         | 18.2        | 16.5                         |
| Kỹ sư nội bộ                                  | 2         | 18.2        | 11                           |
| Chuyên gia                                    | 5         | 45.4        | 13.6                         |
| Điều phối viên                                | 2         | 18.2        | 7                            |
| <b>Tổng cộng</b>                              | <b>11</b> | <b>100%</b> |                              |

Bên cạnh phỏng vấn chuyên sâu, tác giả đã tập huấn mô hình AI dựa trên phân tích 450 bản ghi các trường hợp đã được xử thực hiện tư vấn trong quá khứ với nguyên tắc 80/20. Kết quả cho thấy:

- Tỷ lệ giải quyết từ xa: 70% trường hợp được giải quyết thành công, khẳng định tiềm năng của TIOM trong việc giảm thời gian dừng tàu.
  - Thời gian phản hồi trung bình (ART): 2,5 giờ chịu ảnh hưởng bởi khu vực địa lý và mức độ ưu tiên của yêu cầu, cho thấy cần tối ưu hóa quy trình điều phối.
  - Thời gian giải quyết trung bình (MTTR): 12 giờ, bị tác động bởi chất lượng dữ liệu và sự sẵn có của chuyên gia, phản ánh hạn chế trong quản lý tri thức.
  - Mức độ hài lòng khách hàng (CSAT): Đạt 4.2/5, thể hiện niềm tin của khách hàng vào dịch vụ, song vẫn tồn tại dư địa để cải thiện trải nghiệm người dùng.
- Những kết quả này cung cấp cơ sở định lượng để đánh giá hiệu quả hiện tại của TIOM, đồng thời làm rõ các điểm nghẽn cần khắc phục để hỗ trợ mục tiêu mở rộng toàn cầu của Lemar giai đoạn 2025 - 2030.

3.2. Phát hiện chính và thảo luận

Phân tích sâu kết quả phỏng vấn chuyên gia, nghiên cứu xác định bốn phát hiện cốt lõi liên quan đến hiệu quả vận hành của mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM), cụ thể:

▪ **Gián đoạn dòng thông tin:** Dữ liệu phân mảnh trên các nền tảng giao tiếp như WhatsApp và WeChat, kết hợp với tình trạng kết nối internet trên tàu không ổn định, gây gián đoạn dòng thông tin và cản trở khả năng chuẩn đoán chính xác. Điều này làm kéo dài thời gian phản hồi và giải quyết, ảnh hưởng đến hiệu quả tổng thể của TIOM.

▪ **Tiềm năng tri thức chưa khai thác:** Tri thức thực tiễn từ các hội thoại hỗ trợ kỹ thuật mang giá trị cao, nhưng hiện phân mảnh và không được hệ thống hóa. Việc thiếu một Hệ thống Quản lý tri thức (KMS) tập trung dẫn đến nguy cơ mất mát tri thức, đặc biệt khi chuyên gia rời đi hoặc dữ liệu không được lưu trữ hiệu quả.

▪ **Hệ sinh thái chuyên gia mang tính đa dạng:** Điểm mạnh của TIOM nằm ở mạng lưới chuyên gia đa dạng, bao gồm cả nội bộ và cộng tác viên bên ngoài. Tuy nhiên, sự khác biệt về văn hóa, ngôn ngữ và phương pháp làm việc gây khó khăn trong việc chuẩn hóa quy trình, làm giảm tính đồng nhất và hiệu quả điều phối.

▪ **Tiềm năng AI và cộng đồng:** Thử nghiệm AI/LLM trên 450 bản ghi hội thoại đạt độ chính xác gợi ý top-3 là 76%, cho thấy tiềm năng lớn trong việc tự động hóa các tác vụ hỗ trợ kỹ thuật. Đồng thời, các chuyên gia nhấn mạnh vai trò của việc xây dựng một cộng đồng gắn kết, nơi tri thức được chia sẻ và tích lũy, nhằm nâng cao hiệu quả vận hành và khả năng mở rộng của TIOM.

Những phát hiện này không chỉ làm rõ các điểm nghẽn trong vận hành TIOM mà còn cung cấp định hướng chiến lược để cải thiện quản lý tri thức, chuẩn hóa quy trình và tận dụng công nghệ AI, từ đó hỗ trợ mục tiêu toàn cầu của Lemar giai đoạn 2025 - 2030.

#### 4. KHUNG TỐI ƯU HÓA ĐỀ XUẤT

Dựa trên các phát hiện, khung tối ưu hóa được đề xuất dựa trên ba trụ cột nhằm tối ưu hóa mô hình điều phối trí tuệ đó là: Nền tảng, Quy trình và Con người.

##### 4.1. Nền tảng TIOM tích hợp AI

Mô hình Điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM) gặp thách thức về dữ liệu phân mảnh, quản lý tri thức và quy trình điều phối. Nghiên cứu đề xuất nền tảng tích hợp AI để tối ưu hóa vận hành, hỗ trợ Lemar mở rộng toàn cầu giai đoạn 2025 - 2030, với các thành phần sau:

▪ **Cổng giao tiếp đa kênh:** Tích hợp WhatsApp, Zalo, Email vào giao diện thống nhất, giảm phân mảnh dữ liệu, cải thiện Thời gian Phản hồi Trung bình (ART).

▪ **Hệ thống quản lý tri thức (KMS)** Tích hợp AI: Tự động trích xuất, lập chỉ mục tri thức từ hội thoại, độ chính xác top-3 đạt 76%, giảm phụ thuộc chuyên môn cá nhân, ngăn mất mát tri thức.

▪ **Bảng điều khiển phân tích:** Theo dõi ART, MTTR, CSAT thời gian thực, hỗ trợ đánh giá hiệu suất và tối ưu hóa quyết định.

Nền tảng này khắc phục điểm nghẽn, chuẩn hóa quy trình, nâng cao năng lực cạnh tranh của Lemar trong hỗ trợ kỹ thuật hàng hải.

##### 4.2. Mô hình toàn cầu-khu vực chuẩn hóa

Để khắc phục hạn chế về quy trình không đồng nhất và tối ưu hóa khả năng mở rộng của Mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM), nghiên cứu đề xuất mô hình toàn cầu-khu vực chuẩn hóa, bao gồm các thành phần chính sau:

▪ **Trung tâm điều hành toàn cầu (GCC):** Tập trung hóa các quy trình vận hành chuẩn (SOPs) và hệ thống quản lý tri thức (KMS), đảm bảo quản lý tri thức hiệu quả và giải quyết các trường hợp kỹ thuật phức tạp với độ chính xác cao.

▪ **Nút điều phối khu vực (RCNs):** Thiết lập các nút điều phối ảo, linh hoạt, phù hợp với đặc thù văn hóa và ngôn ngữ địa phương, hỗ trợ triển khai nhanh chóng và tăng cường tương tác với khách hàng khu vực.

▪ **Quy trình vận hành chuẩn (SOPs):** Xây dựng bộ quy trình chuẩn hóa cho các bước chuẩn đoán, leo thang vấn đề và vòng phản hồi, đảm bảo tính nhất quán và giảm thiểu thời gian giải quyết trung bình (MTTR).

Mô hình này chuẩn hóa quy trình vận hành, nâng cao hiệu quả điều phối và tạo nền tảng cho Lemar mở rộng TIOM ra thị trường toàn cầu giai đoạn 2025 - 2030.

#### 4.3. Phát triển cộng đồng chuyên gia

Để nâng cao hiệu quả mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM) và hỗ trợ mở rộng toàn cầu của Lemar giai đoạn 2025 - 2030, nghiên cứu đề xuất chiến lược phát triển cộng đồng chuyên gia với các yếu tố cốt lõi sau:

▪ **Khung năng lực:** Xây dựng bộ tiêu chí kỹ năng kỹ thuật và kỹ năng mềm cho kỹ sư và điều phối viên, đảm bảo đáp ứng yêu cầu chẩn đoán và điều phối, đồng thời chuẩn hóa năng lực trong mạng lưới đa dạng.

▪ **Cơ chế khuyến khích:** Kết hợp thưởng tài chính, ghi nhận đóng góp và cơ hội phát triển nghề nghiệp nhằm thúc đẩy chia sẻ tri thức, giảm phụ thuộc vào chuyên môn cá nhân và tăng cường quản lý tri thức.

▪ **Cộng đồng chuyên gia Lemar:** Tăng cường gắn kết thông qua hội thảo trực tuyến hàng tháng và các buổi gặp mặt thường niên, tạo môi trường chia sẻ kinh nghiệm, nâng cao hợp tác và hiệu quả điều phối.

Chiến lược này không chỉ củng cố mạng lưới chuyên gia mà còn tạo động lực cho việc tích lũy tri thức, góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh của Lemar trong lĩnh vực hỗ trợ kỹ thuật hàng hải.

#### 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu khẳng định quản lý tri thức là yếu tố cốt lõi quyết định hiệu quả của mô hình điều phối trí tuệ kỹ thuật (TIOM), tiếp theo là quy trình hỗ trợ và nền tảng công nghệ. Khung tích hợp AI theo mô hình toàn cầu-khu vực được đề xuất giải quyết hiệu quả các vấn đề dữ liệu phân mảnh, quy trình không đồng nhất và mất mát tri thức, từ đó hỗ trợ Lemar mở rộng TIOM ra thị trường quốc tế giai đoạn 2025 - 2030. Việc triển khai khung này đòi hỏi đầu tư theo giai đoạn và sự đồng thuận từ các bên liên quan, song mang lại tiềm năng định vị Lemar là đơn vị tiên phong trong lĩnh vực hỗ trợ kỹ thuật hàng hải. Các nghiên cứu tương lai cần tập trung khám phá việc tích hợp công nghệ IoT và dữ liệu khách hàng nhằm nâng cao khả năng chẩn đoán của hệ thống AI, từ đó tối ưu hóa hiệu quả vận hành TIOM.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả cảm ơn Ban lãnh đạo, kỹ sư Lemar PTE LTD đã hỗ trợ và cung cấp thông tin cho bài báo.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Coraddu, A., Oneto, L., Baldi, F., Cipollini, F., Atlar, M., & Savio, S. (2019). Data-driven ship digital twin for estimating the speed loss caused by the marine fouling. *Ocean Engineering*, 186, 106063.
- [2]. Taskar, B., & Andersen, P. (2021). Comparison of added resistance methods using digital twin and full-scale data. *Ocean Engineering*, 229, 108710.
- [3]. VanDerHorn, E., Wang, Z., & Mahadevan, S. (2022). Towards a digital twin approach for vessel-specific fatigue damage monitoring and prognosis. *Reliability Engineering & System Safety*, 219, 108222.
- [4]. Djeziri, M. A., Benmoussa, S., & Sanchez, R. (2018). Hybrid method for remaining useful life prediction in wind turbine systems. *Renewable Energy*, 116, 173-187.
- [5]. Liu, Z., Liu, J., Zhou, F., Liu, R. W., & Xiong, N. (2018). A robust GA/PSO-hybrid algorithm in intelligent shipping route planning systems for maritime traffic networks. *Journal of Internet Technology*, 19(6), 1635-1644.
- [6]. Jamshidi, M. (Ed.). (2017). *Systems of systems engineering: principles and applications*. CRC press.
- [7]. Zahedi, M. R. (2024). Nonaka and Takeuchi knowledge management model based on institutional and infrastructure factors. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*.
- [8]. Den Hertog, P. (2010). Managing service innovation: firm-level dynamic capabilities and policy options. *Utrecht: Dialogic Innovatie & Interactie*.

# Cải thiện chất lượng tạo ảnh của hệ thống mã hóa mặt sóng cho mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm

## Improving the imaging quality of wavefront coding systems for radially symmetric phase masks

> **THS LÊ DUY HOÀN<sup>1,\*</sup>, KTS.TS LÊ KIM THƯ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng; \*Email: lehoan.mta@gmail.com

<sup>2</sup>Học viện Kỹ thuật quân sự

### TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất việc tích hợp mặt nạ biên độ vào hệ thống mã hóa mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm nhằm nâng cao chất lượng hình ảnh ở tần số thấp. Mặt nạ biên độ được lựa chọn có khả năng cải thiện hiệu suất ảnh ở vùng tần số thấp, phù hợp với phổ tần số của mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm, từ đó nâng cao hàm MTF của hệ thống. Các kết quả mô phỏng và phân tích so sánh đã được trình bày dựa trên đánh giá hàm MTF và ảnh mô phỏng. Kết quả thu được cho thấy phương pháp đề xuất có hiệu quả trong việc cải thiện chất lượng ảnh của hệ thống mã hóa mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm tại vùng tần số nhỏ hơn 0.5.

**Từ khóa:** Mở rộng độ sâu trường, mã hóa mặt sóng, xử lý ảnh.

### ABSTRACT

In this study, we propose integrating an amplitude mask into the system encoding a radially symmetric phase mask to enhance image quality in the low-frequency range. The selected amplitude mask can improve image performance in the low-frequency region, aligning with the frequency spectrum of the radially symmetric phase mask, thereby increasing the system's MTF. Simulation results and comparative analyses have been presented based on evaluations of the MTF and simulated images. The results demonstrate that the proposed method effectively improves the image quality of the system encoding the radially symmetric phase mask in the frequency range below 0.5.

**Keywords:** Extended Depth of Field, wavefront coding, image processing.

### 1. GIỚI THIỆU

Hệ thống quang học là thiết bị thiết yếu dùng để thu thập và quan sát hình ảnh. Trong một hệ quang học có khẩu độ số (NA) cố định, độ sâu trường và độ phân giải ngang là hai yếu tố quan trọng phản ánh chất lượng và khả năng quan sát các vật thể nhỏ [1]. Độ sâu trường thể hiện khoảng không gian dọc theo trục mà hình ảnh

vẫn sắc nét, trong khi độ phân giải ngang biểu thị khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm trên mẫu vật mà người quan sát có thể phân biệt. Tuy nhiên, hệ thống quang học truyền thống phải đối mặt với sự đánh đổi giữa hai thông số này: độ phân giải ngang càng cao thì độ sâu trường càng nhỏ lại. Theo công thức với bước sóng ánh sáng  $\lambda$  và khẩu độ số NA, độ sâu trường được xác định bằng  $0.5\lambda/NA^2$ , còn độ phân giải ngang là  $0.6\lambda/NA$  [2].

Việc mở rộng độ sâu trường giúp hệ thống quang học thu thập nhiều thông tin hơn từ vật thể ba chiều trong không gian vật lý. Vì thế, nâng cao độ sâu trường trở thành một trong những mục tiêu nghiên cứu trọng điểm của các nhà khoa học trên toàn cầu. Một phương pháp hiệu quả để đạt được điều này là sử dụng công nghệ mã hóa mặt sóng. Trong phương pháp này, một mặt nạ pha được thêm vào hệ thống quang học truyền thống, giúp tạo ra hàm nhòe điểm (PSF) hoặc hàm MTF duy trì ổn định trên một phạm vi độ sâu trường rộng. Mặt nạ pha thường được chia thành hai loại chính: mặt nạ pha đối xứng theo trục tâm và mặt nạ pha không đối xứng [3]. Với mặt nạ pha đối xứng trục tâm, hình ảnh thu được có chất lượng chấp nhận được ngay cả khi không qua xử lý ảnh [4]. Ngoài ra, khi áp dụng các kỹ thuật xử lý ảnh để nâng cao chất lượng, các hiện tượng tạp nhiễu (image artifacts) không xuất hiện trong ảnh [4].

Nhiều loại mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm đã được phát triển nhằm mở rộng độ sâu trường trong các hệ thống tạo ảnh quang học, bao gồm mặt nạ pha dạng bình phương [5], mặt nạ pha logarit [5], mặt nạ pha hình khuyên [4], mặt nạ pha dạng MQPM [6] và nhiều loại khác [7-9]. Trong số này, các mặt nạ pha logarit, MQPM và hình khuyên được xem là những kiểu mặt nạ mới, mang lại hàm MTF ổn định khi thay đổi độ sâu trường. Đặc điểm chung của những mặt nạ này là vùng tần số thấp có giá trị lớn hơn 0 (thường dưới 0.5), trong khi vùng tần số cao gần như bằng 0 (thường trên 0.5). Tuy nhiên, giá trị MTF ở vùng tần số thấp lại thấp hơn so với giá trị MTF tại tiêu điểm trong hệ thống quang học truyền thống, dẫn đến độ tương phản hình ảnh không được cao. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất bổ sung mặt nạ biên độ vào hệ thống mã hóa mặt sóng với mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm nhằm tăng cường hàm MTF ở vùng tần số thấp, từ đó cải thiện đáng kể độ tương phản của ảnh.

### 2. SỰ TẠO ẢNH MẶT NẠ PHA MQPM VÀ MẶT NẠ BIÊN ĐỘ

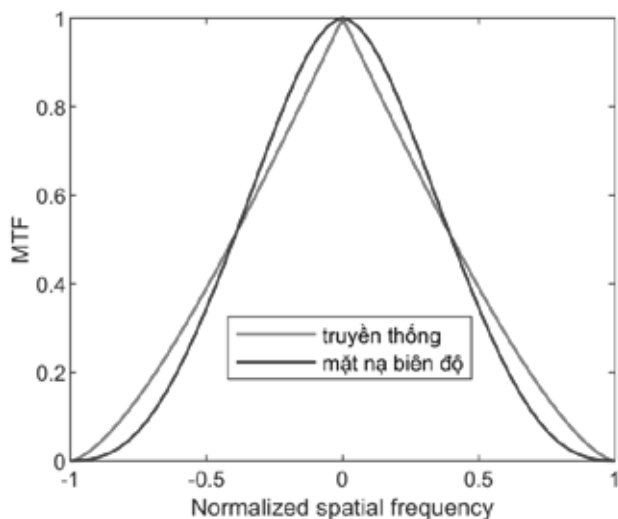
#### 2.1. Đặc tính tạo ảnh của mặt nạ biên độ

Trong phần này, chúng tôi nghiên cứu tạo ảnh của hàm biên độ mà có dạng toán học như ở công thức sau:

$$Q(x, y) = \begin{cases} 1 - x^2 - y^2 & \text{if } x^2 + y^2 \leq 1 \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (1)$$

ở đây  $x$  và  $y$  là tọa độ quy chuẩn ở mặt phẳng đồng trục.

Hàm MTF của hệ thống quang học truyền thống và của mặt nạ biên độ được minh họa trong Hình 1. Qua Hình 1, có thể nhận thấy rằng ở vùng tần số thấp, giá trị MTF của mặt nạ biên độ cao hơn so với hệ thống quang học truyền thống, trong khi ở vùng tần số cao, giá trị MTF của mặt nạ biên độ lại thấp hơn. Điều này cho thấy hình ảnh thu được khi sử dụng mặt nạ biên độ sẽ có độ tương phản tốt hơn ở vùng tần số thấp so với ảnh từ hệ thống quang học truyền thống.



Hình 1. Biểu đồ hàm MTF minh họa cho hệ thống quang học truyền thống và hệ thống sử dụng mặt nạ biên độ

## 2.2. Đặc tính tạo ảnh của mặt nạ pha MQPM

Ở bài báo này, chúng tôi sử dụng mặt nạ pha MQPM để nghiên cứu [6]. Mặt nạ pha này có hàm toán học là:

$$f(x, y, \theta) = \begin{cases} a(x^2 + y^2)^2 + \beta(x^2 + y^2) & \text{if } \frac{m}{n} \leq x^2 + y^2 < \frac{(2m+1)}{2n} \\ -a(x^2 + y^2)^2 - \beta(x^2 + y^2) & \text{if } \frac{(2m+1)}{2n} \leq x^2 + y^2 < \frac{(m+1)}{n} \end{cases}, (2)$$

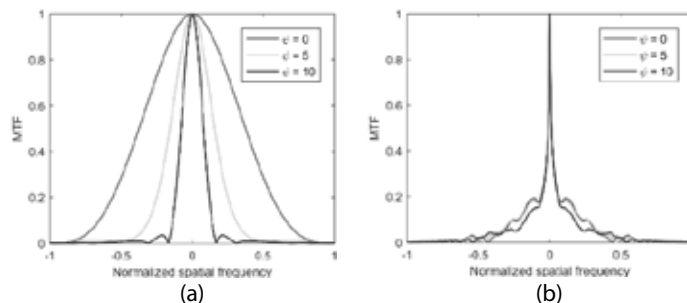
ở đây số vòng tròn là  $2n$ ;  $m$  là số tự nhiên trong khoảng từ 0 đến  $2n-1$ . Các tham số tối ưu của mặt nạ pha này được chỉ ra là  $n=13$ ,  $a = 10.969$ ,  $\beta = -1.311$ .

Độ lệch tiêu tương ứng độ sâu trường được biểu diễn theo công thức sau:

$$\psi = \frac{2\pi}{\lambda} W_{20} \quad (3)$$

trong đó,  $\lambda$  là bước sóng ánh sáng;  $W_{20}$  là quang sai mặt sóng do độ sâu trường gây ra.

Hình 2 trình bày hàm MTF của hệ thống quang học truyền thống cùng với mặt nạ pha dạng tan, được khảo sát dưới các mức độ lệch tiêu khác nhau. Như thể hiện trong Hình 2(a), hàm MTF của hệ thống quang học truyền thống rất dễ bị ảnh hưởng khi độ lệch tiêu thay đổi; cụ thể, khi giá trị độ lệch tiêu tăng lên, hàm MTF giảm mạnh và tần số cắt cũng bị thu hẹp lại. Kết quả này dẫn đến sự suy giảm nhanh chóng về chất lượng hình ảnh khi có biến đổi về độ lệch tiêu. Ngược lại, hàm MTF của mặt nạ biên độ duy trì sự ổn định tương đối ngay cả khi độ lệch tiêu thay đổi. Tuy nhiên, giá trị MTF của mặt nạ biên độ vẫn thấp hơn so với hệ thống truyền thống. Quan sát Hình 2(b), ta thấy tần số cắt của hàm MTF mặt nạ biên độ thường nhỏ hơn 0.5, nghĩa là chỉ những vật thể có tần số trong khoảng này mới có thể được tái tạo rõ nét trong ảnh.

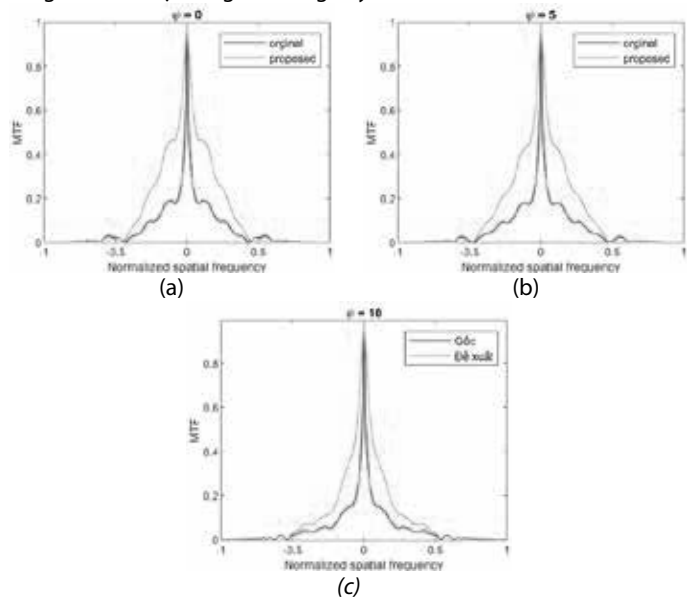


Hình 2. Hàm MTF cho hệ thống quang học truyền thống và mặt nạ pha dạng MQPM cho các giá trị độ lệch tiêu khác nhau

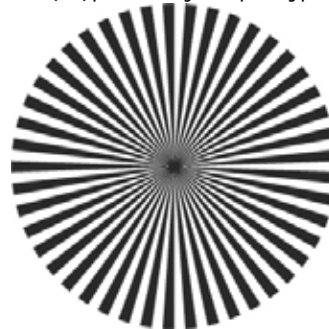
## 3. KẾT HỢP MẶT NẠ PHA VÀ BIÊN ĐỘ

Trong nghiên cứu này, chúng tôi giới thiệu một phương pháp kết hợp mặt nạ biên độ-nhằm tăng cường độ tương phản ở vùng tần số thấp, vào mặt nạ pha theo hàm MQPM để cải thiện chất lượng độ tương phản của ảnh. Nói cách khác, phương pháp này giúp nâng cao giá trị hàm MTF. Hiệu quả của giải pháp được đánh giá thông qua phân tích hàm MTF và các kết quả mô phỏng hình ảnh.

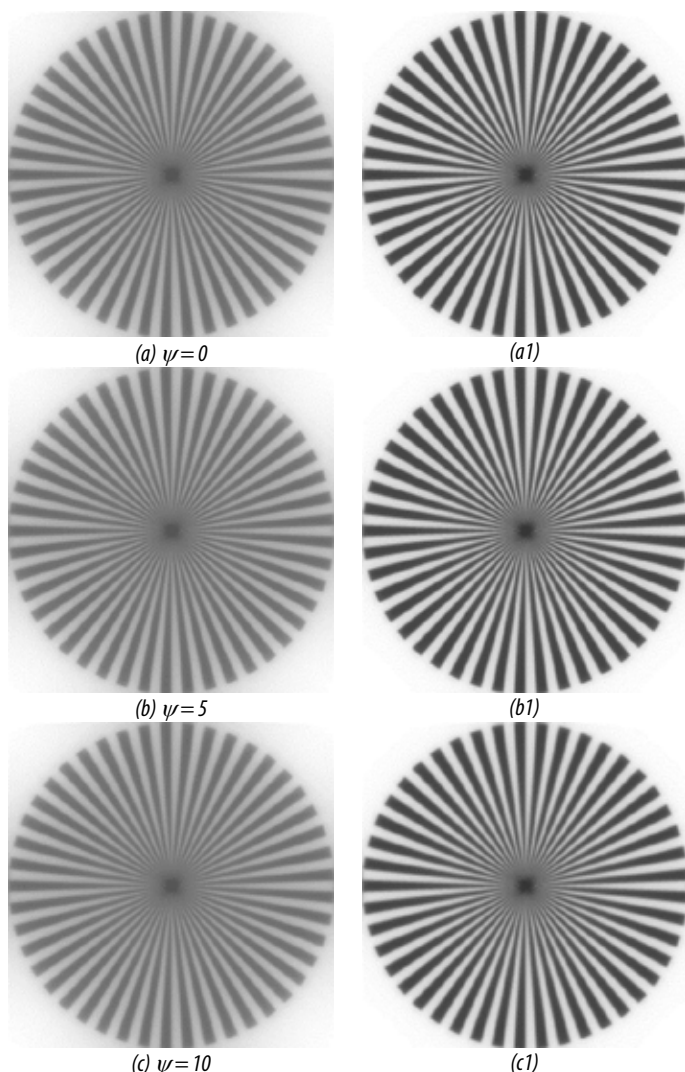
Hình 3 thể hiện hàm MTF của mặt nạ pha MQPM cùng với phương pháp được đề xuất. Có thể dễ dàng nhận thấy rằng giá trị MTF trong phương pháp mới cao hơn so với mặt nạ pha dạng MQPM. Tuy nhiên, tần số cắt của hai phương pháp này gần như tương đồng. Điều này cho thấy phương pháp đề xuất hoàn toàn có khả năng ứng dụng để nâng cao chất lượng hình ảnh trong các hệ thống mã hóa mặt sóng đối xứng xuyên tâm.



Hình 3. Hàm MTF cho mặt nạ pha MQPM (gốc) và phương pháp đề xuất



Hình 4. Ảnh gốc dạng cánh quạt



Hình 5. Minh họa ảnh mô phỏng sử dụng mặt nạ pha MQPM (phía bên trái) và phương pháp được đề xuất (phía bên phải)

Một ảnh mẫu có dạng cánh quạt được sử dụng để thực hiện mô phỏng, như thể hiện trong Hình 4. Kết quả mô phỏng cho mặt nạ pha dạng tan và phương pháp đề xuất được trình bày trong Hình 5. Có thể dễ dàng quan sát rằng hình ảnh thu được từ mặt nạ pha MQPM và phương pháp đề xuất hầu như không thay đổi khi độ sâu trường biến đổi. Tuy nhiên, độ tương phản của ảnh từ phương pháp đề xuất rõ ràng vượt trội hơn so với mặt nạ pha MQPM ban đầu. Điều này khẳng định rằng phương pháp mới có tiềm năng nâng cao chất lượng hình ảnh hiệu quả.

#### 4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày một phương pháp cải tiến hệ thống quang học mã hóa mặt nạ pha đối xứng xuyên tâm bằng cách bổ sung thêm mặt nạ biên độ nhằm nâng cao chất lượng hình ảnh. Một loại mặt nạ biên độ đã được phát triển và ứng dụng. Khi kết hợp mặt nạ biên độ với mặt nạ pha MQPM, giá trị hàm MTF tại vùng tần số thấp được cải thiện, gần tiệm cận với hàm MTF giới hạn do nhiễu xạ. Các kết quả mô phỏng, bao gồm cả biểu đồ MTF và hình ảnh minh họa, đã được thực hiện và trình bày. Kết quả cho thấy phương pháp đề xuất mang lại khả năng tăng cường độ tương phản cho ảnh thu được.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Yongzhuang Zhou, Michael Handley, Guillem Carles, and Andrew R. Harvey. Advances in 3D single particle localization microscopy. *APL Photonics*, 4, 060901, 2019.
- [2]. José-Angel Conchell & Jeff W Lichtman. Optical sectioning microscopy. *NATURE METHODS*. VOL.2 NO.12, pp. 920, 2005.
- [3]. Shouqian Chen, Van Nhu Le, Zhigang Fan, and Hong Cam Tran. Extended depth-of-field imaging through radially symmetrical conjugate phase masks. *Optical Engineering* 54(11), 115103 (2015).
- [4]. Xutao Mo. Optimized annular phase masks to extend depth of field. *OPTICS LETTERS*, 37(11), (2012).
- [5]. S. Mezouari and A. R. Harvey. Phase pupil functions for reduction of defocus and spherical aberrations. *Opt. Lett.* 28, 771 (2003).
- [6]. Xutao Mo. Optimized annular phase masks to extend depth of field. *Opt. Lett.* 37, 1808 (2012).
- [7]. J. Sochacki et al. Phase retardation of uniform-intensity axilens. *Opt. Lett.* 17, 7-9 (1992).
- [8]. D. Zalvidea and E. E. Sicre. Phase pupil functions for focal depth enhancement derived from a Wigner distribution function. *Appl. Opt.* 37, 3623-3627 (1998).
- [9]. W. Chi and N. George. Electric imaging using a logarithmic asphere. *Opt. Lett.* 26, 875-877 (2001).
- [10]. Irene Estévez, Juan C. Escalera, Quimey Pears Stefano, Claudio Iemmi, Silvia Ledesma, María J. Yzuel, Juan Campos. *Image enhancement by spatial frequency post-processing of images obtained with pupil filters*. *Optics Communications*, 380, 21-27, (2016).



# Nghiên cứu giải pháp quản lý bảo trì mặt đường bê tông nhựa thích ứng nhiệt độ cao do biến đổi khí hậu tại Kiên Giang (nay thuộc tỉnh An Giang)

Research on solutions for managing and maintaining asphalt concrete pavements to adapt to high temperatures due to climate change in Kien Giang (now part of An Giang) province

> LÊ HOÀNG SƠN<sup>1,2</sup>, NGÔ THỊ THANH HƯƠNG<sup>1</sup>, LÊ THỊ HIỀN<sup>3</sup>, NGUYỄN KHẮC HOÀNG<sup>4</sup>, HỒ QUỐC BẢO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải

E-mail: sonlh@utt.edu.vn, huongntt@utt.edu.vn

<sup>2</sup>Trường Đại học Kiên Giang, E-mail: lhson@vnkgu.edu.vn;

<sup>3</sup>Trường Đại học Thủ Dầu Một, E-mail: lethihien@tdmu.edu.vn

<sup>4</sup>Trường Đại học Văn Hiến, E-mail: hoangnk@vhu.edu.vn, baohq@vhu.edu.vn

## TÓM TẮT

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang làm gia tăng tần suất và cường độ của các đợt nắng nóng cực đoan tại vùng ven biển Nam Bộ, trong đó có tỉnh Kiên Giang (nay thuộc tỉnh An Giang). Nhiệt độ không khí trong mùa khô có thể vượt ngưỡng 37°C, làm tăng nhiệt độ bề mặt đường bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường (BTNC) của tuyến đường bộ ven biển lên đến 60 - 70°C, dẫn đến hiện tượng mềm hóa nhựa, hằn lún vệt bánh xe và nứt vỡ mặt đường (MĐ). Nghiên cứu này đề xuất hai nhóm giải pháp tích hợp trong hoạt động bảo trì MĐ nhằm duy trì tuổi thọ lớp MĐ BTNC đối với hiểm họa gia tăng nhiệt độ cực trị: (1) Làm mát lớp MĐ BTNC bằng công nghệ lớp phủ bảo vệ nhanh, phủ bề mặt bằng lớp bê tông nhựa polyme, bê tông nhựa màu hoặc trồng cây che bóng, tưới nước nhằm giảm hấp thụ nhiệt; và (2) Lắp đặt cảm biến nhiệt độ MĐ kết nối hệ thống giám sát theo thời gian thực để đánh giá ảnh hưởng nhiệt độ và đưa ra cảnh báo sớm.

**Từ khóa:** Bảo trì mặt đường bê tông nhựa, nhiệt độ cực trị, nứt do nhiệt, lún vệt bánh xe do nhiệt độ cao, biến đổi khí hậu.

## ABSTRACT

Climate change (CC) is increasing the frequency and intensity of extreme heat waves in the coastal areas of the South, including Kien Giang province. Air temperatures in the dry season can exceed 37°C, increasing the surface temperature of the dense asphalt concrete road using conventional asphalt (AC) coastal road to 60 - 70°C, leading to asphalt softening, rutting and cracking of the road surface (BRT). This study proposes two groups of integrated solutions in BRT maintenance activities to maintain the life of the BTNC BRT layer in response to the manifestation of increasing extreme temperatures: (1) Cooling the AC road surface using rapid protective coating technology, covering the surface with polymer asphalt concrete, colored asphalt concrete or planting shade trees, watering to reduce heat absorption; and (2) Installing BRT temperature sensors connected to the real-time monitoring system to assess the temperature impact and provide early warnings.

**Keywords:** Asphalt pavement maintenance, extreme temperature, thermal cracking, rutting due to high temperature, climate change.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉnh Kiên Giang (nay thuộc tỉnh An Giang) là địa phương nằm sát cực mũi của Việt Nam, có hơn 200 km đường bờ biển. Tổng chiều dài mạng lưới giao thông đường bộ trên địa bàn khoảng 12.047 km, bao gồm tuyến đường bộ ven biển có tổng chiều dài 244,5 km, hướng tuyến từ Hà Tiên đi ven theo đường bờ biển đến giáp ranh tỉnh Cà Mau, hiện trạng MĐ theo từng đoạn tuyến có cấu tạo bằng

BTNC, bê tông xi măng và láng nhựa, chiều rộng MĐ từ 7,0 m ÷ 12 m, chiều rộng nền từ 12,0 m ÷ 7 m, nền đường thuộc loại nền đường đắp chiếm tỷ lệ trên 95% chiều dài tuyến. Số trục xe tiêu chuẩn 10T tích lũy trên 01 làn xe trong thời gian 20 năm đạt mức 4,41 triệu trục xe/làn[1], vị trí địa lý tuyến đường trên bản đồ như hình 1.

BĐKH đang làm gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan, dị thường khí hậu hàng năm. BTNC là loại vật liệu (VL) được sử dụng

phổ biến để xây dựng, sửa chữa lớn MĐ trong vùng Đồng bằng sông Cửu Long nói chung và MĐ tuyến ven biển Kiên Giang. Tuy vậy, độ bền khai thác và tuổi thọ của lớp BTNC phụ thuộc rất lớn vào các yếu tố như: Độ lớn và thời gian tác dụng của tải trọng, đặc tính dòng xe và nhiệt độ MĐ. Nhược điểm cơ bản của BTNC là cường độ và khả năng chống biến dạng luôn thay đổi phụ thuộc vào nhiệt độ làm việc, VL có tính đàn hồi ở nhiệt độ thấp và dẻo - chảy ở nhiệt độ cao. Trong mùa nắng hạn, nhiệt độ lớp MĐ BTNC tăng cao (>40°C), làm cho cường độ chống cắt trượt giảm rõ rệt, dưới tải trọng tác dụng của xe nặng gây ra ứng suất cắt trượt trong lớp MĐ lớn, tạo nên hư hỏng lớp BTNC dạng đẩy trôi, lún vệt bánh xe, trượt, dón ụ[2].



Nguồn: Google map

Hình 1. Vị trí Đường ven biển Kiên Giang, nay thuộc tỉnh (An Giang)

Bảng 1. Kết quả tính toán nhiệt độ mặt đường bê tông nhựa tại độ sâu 20 mm trên địa bàn Kiên Giang (trước sáp nhập)

| TT | Vùng xây dựng công trình thuộc tỉnh Kiên Giang | Nhiệt độ không khí tối cao thời kỳ 1986-2005[4] | Nhiệt độ không khí tối cao thời kỳ 1992-2022[4] | Nhiệt độ không khí theo kịch bản RCP8.5 đến năm 2050 tăng 4,7°C[5] | Vĩ độ    | lat <sup>2</sup> | Tính toán nhiệt độ mặt đường tại độ sâu 20 mm thời kỳ 1992-2022 | Tính toán nhiệt độ mặt đường tại độ sâu 20 mm đến nửa thế kỷ |
|----|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------|------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|    | (Đơn vị không gian)                            | (T <sub>kh, khí</sub> (°C))                     | (T <sub>kh, khí</sub> (°C))                     | (T <sub>kh, khí</sub> (°C))                                        | (lat) Độ |                  | (T <sub>20mm</sub> (°C))                                        | (T <sub>20mm</sub> (°C))                                     |
| 1  | Rạch Giá                                       | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 10,01    | 100              | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 2  | Phú Quốc                                       | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 10,13    | 103              | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 3  | Thổ Chu                                        | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,17     | 84               | 59,3                                                            | 60,9                                                         |
| 4  | Kiên Hải                                       | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,69     | 94               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 5  | Hà Tiên                                        | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 10,4     | 108              | 59,5                                                            | 61,1                                                         |
| 6  | Giang Thành                                    | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 10,51    | 110              | 59,5                                                            | 61,1                                                         |
| 7  | Kiên Lương                                     | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 10,26    | 105              | 59,4                                                            | 61,1                                                         |
| 8  | Hòn Đất                                        | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 10,21    | 104              | 59,4                                                            | 61,1                                                         |
| 9  | Tân Hiệp                                       | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 10       | 100              | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 10 | Châu Thành                                     | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,96     | 99               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 11 | Giồng Riềng                                    | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,91     | 98               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 12 | Gò Quao                                        | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,73     | 95               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 13 | An Biên                                        | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,82     | 96               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 14 | An Minh                                        | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,62     | 93               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 15 | U Minh Thượng                                  | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,7      | 94               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |
| 16 | Vinh Thuận                                     | 34                                              | 37                                              | 38,7                                                               | 9,53     | 91               | 59,4                                                            | 61,0                                                         |

Nghiên cứu này để xuất giải pháp quản lý khai thác (QLKT), bảo trì MĐ BTNC ở vùng ven biển Kiên Giang thích ứng nhiệt độ không khí gia tăng cực trị cao (≥39°C) do BĐKH là cần thiết nhằm góp phần nâng cao hơn nữa chất lượng công tác QLKT công trình đường bộ trong vùng ven biển xét đến yếu tố BĐKH.

2. PHÂN TÍCH HƯ HỎNG MĐ DO YẾU TỐ NHIỆT ĐỘ CAO VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

2.1. Cơ chế hư hỏng lớp mặt BTNC do yếu tố nhiệt độ cao  
Những rủi ro đối với MĐ BTNC liên quan đến BĐKH là nhiều

Sử dụng các phân tích lý thuyết các điều kiện thực tế trên cơ sở lý thuyết di chuyển dòng hơi nóng và cân bằng năng lượng, tính toán giá trị đại diện cho hấp thụ năng lượng mặt trời là 0,9, truyền bức xạ không khí là 0,81, bức xạ không khí là 0,7 và tốc độ gió là 4,5m/giây, phương trình (1)[3] tính toán nhiệt độ cao của mặt đường BTN là:

T<sub>20mm</sub> = (T<sub>kh, khí</sub> - 0,00618.lat<sup>2</sup> + 0,2289.lat + 42,2).(0,9545) - 17,78 (1)

Trong đó: T<sub>kh, khí</sub> - Nhiệt độ không khí trung bình 7 ngày cao nhất trong năm (°C); Lat - Vĩ độ tại vùng có mặt đường thiết kế (độ); T<sub>20mm</sub> - Nhiệt độ thiết kế mặt đường tại độ sâu 20 mm (°C) chưa xét đến yếu tố dòng xe.

Nhiệt độ không khí cao nhất trên địa bàn Kiên Giang trong thời kỳ cơ sở (1986-2005) là 34°C, thấp nhất 21,5°C[4]. Đoạn tuyến đường bộ ven biển từ Hà Tiên đến giáp Cà Mau thuộc vùng có nhiệt độ không khí cực đoạn đã xuất hiện trong thời kỳ 1986-2005 là 34°C, thời kỳ 1992-2022 là 37°C, nhiệt độ không khí theo kịch bản RCP8.5 đến năm 2050 tăng 4,7°C so với thời kỳ cơ sở 1986-2005[5].

Kết quả tính toán được nhiệt độ lớp MĐ BTNC tại độ sâu 20 mm cho từng vùng đại diện thuộc Kiên Giang, đạt mức 59,4°C đến 61°C, xấp xỉ ngưỡng mức nhiệt độ thiết kế cao nhất cho trạng thái giới hạn về cân bằng trượt, vượt xa mức nhiệt độ hóa mềm thông thường từ >46°C ÷ 52°C đối với nhựa 60/70. Điều này cho thấy nguyên nhân gây hư hỏng lớp BTNC MĐ do yếu tố nhiệt độ tối cao là rõ ràng.

tác động trong đó có yếu tố gia tăng nhiệt độ cực trị và bức xạ cực trị. Nhiệt độ rất cao biểu hiện bằng nguy cơ tăng hằn lún, bong tróc và chảy nhựa bề mặt và/hoặc nứt MĐ. Khi nhiệt độ của hỗn hợp nhựa đường tăng, pha chất kết dính mất độ cứng và biến dạng dẻo do tải trọng giao thông tĩnh hoặc động sẽ tích tụ với tốc độ nhanh hơn tạo ra ứng suất cắt lớn hơn cường độ kháng cắt của lớp BTNC, biến dạng lún vệt bánh xe không chỉ làm giảm tuổi thọ mà gây ra hiện tượng ứng suất tiếp xúc giữa lớp xe và MĐ khác nhau, ảnh hưởng đến an toàn của phương tiện.

Bảng 2. Cơ chế hư hỏng do đặc tính nhiệt - cơ học của lớp mặt đường BTNC[6-10]

| TT | Cơ chế hư hỏng                  | Nguyên nhân vật lý                                                                                        | Biểu hiện thực tế                                    |
|----|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1  | Vết hằn lún bánh xe             | Nhựa quá mềm, không chống nổi tải trọng lặp lại cùng thời điểm nhiệt độ cao dẫn đến nhựa bị ép trôi ngang | Vết lún sâu, nhất là làn xe tải, nơi dừng xe, lối rẽ |
| 2  | Chảy nhựa, bám dính bánh xe     | Nhựa trôi lên mặt, mất cân bằng tỷ lệ nhựa - cốt liệu                                                     | MĐ bóng loáng, trơn trượt, nguy hiểm                 |
| 3  | Nứt nhiệt                       | Có ngót đột ngột khi nhiệt độ giảm ban đêm làm cho nhựa co lại nhưng bị môi                               | Vết nứt ngang/mạng lưới li ti, tăng dần              |
| 4  | Tăng tốc oxy hóa, lão hóa sớm   | Nhiệt độ cao cộng tia UV làm phá vỡ cấu trúc phân tử nhựa                                                 | Nhựa giòn hơn, dễ nứt sau vài tháng nắng nóng        |
| 5  | Mất độ liên kết cốt liệu - nhựa | Nhiệt cộng nước gây phá vỡ màng nhựa bao bọc quanh cốt liệu đá                                            | Từng mảng đá bong tróc, giảm độ bền kéo nội bộ       |

Mối liên hệ giữa nhiệt độ trong lớp MĐ BTNC và các đặc trưng cơ học như mô đun đàn hồi, cường độ kháng cắt là rất quan trọng để hiểu khả năng chịu tải, chống lún, chống biến dạng của kết cấu trong điều kiện khí hậu nóng, đặc biệt ở các vùng như Kiên Giang. Mô đun đàn hồi của BTNC (E) giảm mạnh khi nhiệt độ tăng, quan hệ này được thể hiện định lượng theo TCCS 38: 2022/TCĐBVN, tại mức nhiệt 10°C giá trị  $E = 2.200$  (Mpa), mức nhiệt 15°C giá trị  $E = 1.800$  (Mpa), mức nhiệt 30°C giá trị  $E = 420$  (Mpa)[11]. Cho thấy khi nhiệt độ tăng từ 10°C ÷ 30°C, giá trị E giảm tương đương 80%, trung bình giá trị E giảm 40% khi nhiệt độ tăng lên 10°C. Do vậy, các giải pháp làm cho nhiệt độ trong lớp MĐ BTNC không vượt ngưỡng nhiệt độ thiết kế và theo dõi nhiệt độ MĐ để can thiệp kịp thời khi vượt ngưỡng nhằm ổn định giá trị E là giải pháp cần thiết trong QLKT nhằm bảo vệ kết cấu MĐ BTNC trong quá trình vận hành, khai thác, bảo trì xét đến yếu tố BDKH.



(a)



(b)



(c)

Hình 2. Minh họa trồng cây làm mát mặt đường ven biển Kiên Giang: (a) MĐ ngoài đô thị không có bóng cây che mát; (b) MĐ ngoài đô thị có bóng cây che mát; (c) MĐ đô thị có bóng cây che mát

## 2.2. Giải pháp làm mát MB

Có nhiều giải pháp có thể làm cho nhiệt độ MĐ không tăng hay làm mát MĐ khi nhiệt độ không khí gia tăng đạt mức 38,7°C, bằng cách khống chế tỷ lệ hấp thụ dẫn nhiệt hoặc ngăn không cho nhiệt xâm nhập, tăng độ phản xạ bức xạ mặt trời, hấp thụ nhiệt từ bên trong và giải phóng nhiệt từ lớp MĐ BTNC ra bên ngoài. Nghiên cứu này đề xuất nhóm giải pháp cần được xem xét sử dụng trong việc bảo trì, bảo dưỡng MĐ BTNC nhằm đảm bảo MĐ mát mẻ hơn, làm giảm nhiệt độ trong lớp MĐ BTNC từ 5 ÷ 12°C so với chưa có giải pháp làm mát nhằm tăng khả năng thích ứng của MĐ đối với hiểm họa gia tăng nhiệt độ cực trị:

**Một là, xây dựng lớp phủ phản xạ nhiệt bảo vệ nhanh**, một loại lớp phủ mỏng gồm hỗn hợp chất kết dính gốc nhựa đường cải tiến, cốt liệu mịn, nước sạch, chất độn và phụ gia. Hỗn hợp VL và công nghệ thi công hiện nay có nhiều đơn vị thực hiện, đáp ứng nhiều tiêu chí kỹ thuật khác nhau[12,13]. Vật liệu có tính năng kháng nhiệt, kháng tia UV, không thấm nước. Thay vì chờ hỏng mới sửa, lớp phủ bảo vệ nhanh là phương pháp bảo trì định kỳ phòng ngừa, duy trì chất lượng MĐ ở mức tốt, hạn chế hằn lún, rạn nứt, bong tróc, những biểu hiện phổ biến trong nắng nóng kéo dài. Chiều dày lớp phủ thường từ 4 mm ÷ 11 mm và nên rải trên kết cấu áo đường có đủ cường độ tương ứng với lưu lượng xe và tải trọng trục xe đã thiết kế, MĐ trước khi rải lớp phủ phải đảm bảo bề rộng vết nứt không quá 6 mm.

**Hai là, Phủ bề mặt bằng lớp bê tông nhựa polyme (BTNCP)**, vật liệu có nhiệt độ hóa mềm cao ( $\geq 80^\circ\text{C}$ ), nhờ khả năng kháng nhiệt, kháng lão hóa, kháng trượt, lớp BTNCP giúp giảm hằn lún bánh xe, nứt vỡ MĐ, kéo dài tuổi thọ mặt đường thêm 30 ÷ 50% so với BTNC. Trong điều kiện BDKH làm cho nhiệt độ MĐ tăng cao bất thường, sử dụng BTNCP giúp ổn định kết cấu, giảm sự cố đột xuất, tăng hiệu quả đầu tư xây dựng, giảm 2 ÷ 3 lần sửa chữa trong chu kỳ 10 ÷ 15 năm, giảm nhiệt độ mặt đường từ 5 ÷ 10°C.

**Ba là, Bê tông nhựa màu (BTNM) được lựa chọn làm lớp phủ phản xạ bức xạ mặt trời**, làm mát cho mặt đường BTNC có màu đen, lớp BTNM xám trắng, vàng nhạt, xanh lá, xám sương mù, đỏ nhạt có hệ số phản xạ bức xạ lớn hơn màu đen của BTNC, hỗn hợp vật liệu đảm bảo tiêu chuẩn kỹ thuật mức tối thiểu theo các tài liệu [11, 14].

**Bốn là, trồng cây che mát cho MĐ BTNC**. Những tán cây tạo bóng râm che phủ mặt đường và làm giảm nhiệt độ mặt đường, nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ mặt đường BTNC dưới bóng râm thấp hơn từ 5°C ÷ 25°C so với vị trí không có bóng râm[15]. Chọn những loại cây rễ cọc, thích ứng thổ nhưỡng nhiễm phèn, mặn, ngập nước đối với khu vực ngoài đô thị, cây có khả năng thích nghi với đất có độ ẩm thấp, thiếu hụt dinh dưỡng, độc tố do giao thông tạo ra gây bất lợi cho cây trồng trong đô thị ven biển. Thân và nhánh cây chọn trồng có tính dẻo dai, tán rộng, mật độ diện tích lá cao, ít rụng lá, thời gian sinh trưởng dài, ưu tiên chọn các loài cây bản địa. Tùy thuộc vào loài cây được chọn, khu vực trồng trong đô thị hay ngoài đô thị ven biển, tiếp giáp biển mà có tính toán thiết kế trồng cây đạt được hiệu quả tốt nhất với các tiêu chí cơ bản: Khoảng cách trồng cây cách cây, khoảng cách cây với vỉa đường, chiều cao cây, đường kính gốc cây, đường kính tán cây khi trồng.

**Năm là, tưới nước làm mát MĐ bằng xe tưới nước chuyên dụng** vào thời điểm cao điểm nắng nóng trên 38°C hoặc kích hoạt tưới nước (thường buổi trưa và chiều) từ dự báo nhiệt độ kết hợp dữ liệu cảm biến. Thiết bị, con người thực hiện được bố trí theo các đội phụ trách bảo dưỡng thường xuyên, sử dụng xe tưới nước gắn định vị GPS phục vụ giám sát. Ngoài ra, có thể xây dựng hệ thống tưới nước MĐ tự động sử dụng nước tái chế được lắp đặt dọc tuyến, hệ thống tự động kích hoạt khi nhiệt độ mặt đường lớn hơn 40 ÷ 45°C hoặc theo giờ cao điểm nắng nóng.

2.3. Giải pháp quản lý nhiệt độ MĐ BTNC theo thời gian thực

Ứng dụng thiết bị công nghệ, cảm biến hỗ trợ giám sát nhiệt độ MĐ theo thời gian thực đối với hiểm họa gia tăng nhiệt độ cực trị. Cảm biến thu thập dữ liệu nhiệt độ lớp BTNC có thể lắp trên MĐ hoặc các trạm giao thông thông minh, kết quả khảo sát được truyền tự động về trung tâm quản lý thông qua đường truyền Internet. Mô hình sử dụng cảm biến nhiệt độ kết hợp hệ thống truyền dữ liệu IoT (Internet of thing) để giám sát nhiệt độ MĐ BTNC theo thời gian thực được mô tả như hình 3.

Bảng 3. Thành phần thiết bị công nghệ giám sát nhiệt độ mặt đường theo thời gian thực

| TT | Thiết bị/Công nghệ          | Chức năng                                                                     | Vị trí lắp đặt                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Cảm biến nhiệt độ           | Đo nhiệt độ mặt đường, dự báo cơ ngót, nứt, bong tróc do nóng                 | - Gắn tại nhiều điểm dọc tuyến cách nhau 250 m, sâu 2 cm, thu dữ liệu bề mặt BTN mỗi 5-15 phút                                                                                                                         |
| 2  | Trạm khí tượng tự động      | Ghi nhận nhiệt độ không khí, độ ẩm, tốc độ gió, bức xạ mặt trời               | - Cách nhau 10 km                                                                                                                                                                                                      |
| 3  | Hệ thống truyền dữ liệu IoT | Truyền về trung tâm điều hành O&M (qua 4G/5G)                                 | - Theo cảm biến nhiệt độ mặt đường                                                                                                                                                                                     |
| 4  | Biển báo điện tử            | Ứng dụng điều tiết, cảnh báo giao thông trong thời điểm khí hậu bất lợi       | - Dọc tuyến                                                                                                                                                                                                            |
| 5  | Hệ thống điều hành          | Hiển thị dữ liệu thời gian thực, đưa ra cảnh báo                              | - Trung tâm O&M                                                                                                                                                                                                        |
| 6  | Ngưỡng cảnh báo tùy chỉnh   | - Cảnh báo nhẹ: 40 ÷ 45°C<br>- Cảnh báo vàng: 45÷50°C<br>- Cảnh báo đỏ: >50°C | - Gửi cảnh báo giám sát viên, tăng tần suất theo dõi.<br>- Cảnh báo SMS/Email, chuẩn bị làm mát.<br>- Khởi động làm mát khẩn cấp, cấm xe nặng giờ cao điểm (thông qua hệ thống biển báo điện tử), ghi nhật ký sự kiện. |

Mục tiêu cần đạt được của mô hình là giám sát nhiệt độ MĐ liên tục, sử dụng số liệu thu nhận được để phát hiện sớm rủi ro do nhiệt độ cực trị, phục vụ dữ liệu đầu vào cho mô hình dự đoán hư hỏng

Bảng 4. Lợi ích của việc giám sát nhiệt độ trong lớp MĐ BTNC bằng cảm biến

| TT | Lợi ích của việc giám sát nhiệt độ MĐ theo thời gian thực bằng cảm biến                                                                             | Sử dụng số liệu thu nhận từ hệ thống cảm biến để ra quyết định thích ứng                                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Phát hiện sớm nguy cơ hư hỏng do nhiệt, giúp theo dõi nhiệt độ lớp MĐ liên tục, phát hiện sớm các thời điểm nhiệt độ vượt ngưỡng chịu đựng của BTNC | Cảnh báo nguy cơ MĐ: Biến dạng vĩnh viễn do nhiệt; Giảm giá trị mô đun đàn hồi, sức kháng trượt, gây nứt vỡ khi chịu tải trọng xe nặng; Tích hợp với hệ thống IoT và AI để xử lý dữ liệu lớn, phân tích xu hướng, phát hiện bất thường và đưa ra cảnh báo |
| 2  | Tối ưu hóa kế hoạch bảo trì                                                                                                                         | Cung cấp dữ liệu đầu vào cho các mô hình bảo trì dự đoán, giúp: Thi công bảo trì trước khi hư hỏng xảy ra từ đó tối ưu hóa chi phí và thời gian sửa chữa.                                                                                                 |
| 3  | Thích ứng linh hoạt với khí hậu cực đoan, nhiệt độ cực trị                                                                                          | Giúp đánh giá hiệu quả thực tế của VL BTNC hiện hữu hoặc công nghệ làm mát MĐ BTNC dưới điều kiện nắng nóng gay gắt, kéo dài.                                                                                                                             |
| 4  | Hỗ trợ thiết kế cấp phối vật liệu và kết cấu MĐ                                                                                                     | Dữ liệu thu thập từ cảm biến có thể dùng để: Tính toán mô đun đàn hồi E(T) theo nhiệt độ; Thiết kế cấp phối bê tông nhựa tối ưu theo vùng nhiệt đới.                                                                                                      |

3. KẾT LUẬN

Bảo trì MĐ không nên chỉ dựa vào quan sát hư hỏng mà cần tích hợp dữ liệu giám sát nhiệt độ, dự báo khí hậu và vật liệu mới nhằm kéo dài tuổi thọ công trình và giảm chi phí bảo trì dài hạn. BDKH đang tạo ra các thách thức mới trong quản lý và bảo trì kết cấu MĐ BTNC đối với tuyến đường bộ ven biển Kiên Giang, thích ứng với thời tiết cực đoan.

Vào thời điểm nhiệt độ không khí gia tăng cực trị, đạt ngưỡng trên 370C, nhiệt độ trong lớp BTNC có thể đạt mức 610C, khi xét thêm yếu tố đặc tính dòng xe có thể đạt mức 700C, vượt giới hạn hóa mềm của nhựa đường thông thường. Nhiệt độ tăng làm giảm mạnh mô đun đàn hồi của BTNC, khiến MĐ mềm, dễ hư hỏng dưới tải trọng xe. Vì vậy, các biện pháp bảo trì nhằm giảm nhiệt độ mặt đường, như phủ lớp mát, tưới nước, trồng cây che nắng, dùng vật liệu chịu nhiệt cao là rất cần thiết để giữ độ cứng MĐ, giảm biến dạng và kéo dài tuổi thọ công trình. Ứng dụng hiệu quả các giải pháp làm mát, sẽ làm giảm nhiệt độ trong lớp BTNC từ 60C ÷ 120C, kéo dài tuổi thọ kết cấu MĐ từ 3 ÷ 5 năm. Mô hình cảm biến và hệ thống truyền dữ liệu IoT quản lý nhiệt độ MĐ theo thời gian thực, để tích hợp trong điều kiện hạ tầng tại Kiên Giang. Các giải pháp trong nghiên cứu này có ý nghĩa thực tiễn, khả thi khi được lồng ghép vào khung chiến lược quản lý vận hành và bảo trì công trình đường bộ ven biển Kiên Giang, nhằm nâng cao khả năng thích ứng với BĐKH.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Sở Giao thông vận tải Kiên Giang (2022), "Báo cáo Tình hình thực trạng kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ trên địa bàn tỉnh Kiên Giang".



Hình 3. Sơ đồ hệ thống nguyên lý hoạt động của cảm biến giám sát nhiệt độ MĐ  
Thành phần và thiết bị công nghệ triển khai giám sát nhiệt độ MĐ được trình bày theo bảng 3.

và kế hoạch bảo trì MĐ tối ưu, lưu trữ cơ sở dữ liệu thời gian dài phục vụ phân tích bằng công nghệ AI. Lợi ích cốt lõi của hệ thống cảm biến theo dõi nhiệt độ MĐ BTNC, được trình bày theo bảng 4.

[2]. Bộ KHCN (2024), "TCVN 14182: 2024 - Bảo dưỡng thường xuyên đường bộ - yêu cầu kỹ thuật".  
[3]. Bộ Giao thông vận tải (2020), "Báo cáo Đánh giá tính dễ bị tổn thương, lập bản đồ rủi ro, xác định giải pháp thích ứng và phân tích chi phí lợi ích cho hệ thống đường bộ tại Việt Nam".  
[4]. Đinh Thị Việt Hà (2023), "Đánh giá xu thế biến đổi mùa, nhiệt độ tỉnh Kiên Giang", Tạp chí Khí tượng thủy văn. 747, tr. 54-69.  
[5]. Bộ TN&MT (2020), "Kịch bản biến đổi khí hậu", NXB Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.  
[6]. Angel Mateos và các cộng sự. (2021), "Mechanisms of asphalt cracking and concrete-asphalt debonding in concrete overlay on asphalt pavements". 301, tr. 124086.  
[7]. Haiqin Xu và các cộng sự. (2022), "Influence of erosion factors (time, depths and environment) on induction heating asphalt concrete and its mechanism". 363, tr. 132521.  
[8]. Yiren Sun và các cộng sự. (2020), "Effect of temperature field on damage initiation in asphalt pavement: A microstructure-based multiscale finite element method". 144, tr. 103367.  
[9]. Lê Nguyễn Khương (2021), "Mô phỏng độ sâu hằn lún vết bánh xe của mặt đường bê tông nhựa có xét tới tính đàn dẻo nhớt của mô hình vật liệu và phương pháp gia tải", Tạp chí Giao thông vận tải. 72(2), tr. 227-241.  
[10]. Nguyễn Văn Hồng, Phan Thị Anh Thơ và Nguyễn Thị Phong Lan (2020), "Đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu đối với hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ vùng Đồng bằng sông Cửu Long".  
[11]. Bộ GTVT (2022), "TCCS 38: 2022/TCĐBVN Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế", Tổng cục đường bộ Việt Nam.  
[12]. Lâm Hữu Quang và Vũ Văn Thắng (2016), "Ứng dụng lớp phủ mặt đường Micro surfacing trong công tác bảo trì đường bộ", Tạp chí Giao thông vận tải. Tháng 08.  
[13]. Bộ KHCN (2018), "TCVN 12316:2018 - Lớp phủ mặt đường Micro-Surfacing - Thiết kế hỗn hợp, thi công và nghiệm thu".  
[14]. Bộ KHCN (2022), "TCVN 13567-1:2022 - Lớp mặt đường bằng hỗn hợp bê tông nhựa nóng - Phần 1: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường", tr. 45-53.  
[15]. Bhaven Naik và các cộng sự. (2017), Effects of tree canopy on rural highway pavement condition, safety, and maintenance, Ohio Research Institute for Transportation and the Environment.

# Đặc tính chịu nén, thiết lập tương quan modul đàn hồi và biến dạng đỉnh với cường độ chịu nén của UHPC dùng cốt liệu cát sông

Compressive properties, establishing correlation between elastic modulus and peak strain with compressive strength of UHPC using river sand

> BÙI THỊ NINH<sup>1\*</sup>, PHẠM NGỌC SÁNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Nghiên cứu - Đào tạo Đèo Cả, Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM

\*Email liên hệ: ninh.bt@ut.edu.vn.

## TÓM TẮT

Bê tông siêu tính năng cao (UHPC) với các đặc tính vượt trội về cường độ, độ bền, tính công tác cũng như độ dẻo dai cao giúp tăng khả năng chịu tải của kết cấu đồng thời đảm bảo sự bền vững của công trình xây dựng trước tác động bất lợi của môi trường. Trong nghiên cứu này, sự biến đổi cường độ nén, modul đàn hồi và hệ số Poisson của bê tông theo các tỷ lệ phối trộn khác nhau giữa cát sông và cát thạch anh đã được phân tích. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với điều kiện vật liệu địa phương, kỹ thuật trộn và phương pháp bảo dưỡng thích hợp thì vẫn chế tạo được UHPC đạt cường độ chịu nén trên 125 MPa, modul đàn hồi đạt 46 GPa với cốt liệu hoàn toàn bằng cát sông. Đồng thời, bài báo này đã phân tích bộ số liệu cường độ chịu nén, modul đàn hồi với cốt liệu phối trộn từ cát sông và cát thạch anh với các tỷ lệ khác nhau để phân tích hồi quy và đề xuất mối tương quan giữa modul đàn hồi, biến dạng đỉnh và cường độ chịu nén của bê tông có sử dụng cốt liệu cát sông.

**Từ khoá:** UHPC, cát sông, cát quartz, sợi thép, bảo dưỡng nhiệt ẩm, cường độ chịu nén, ứng suất nén, biến dạng dọc trục, biến dạng chu vi, modul đàn hồi, hệ số poisson.

## ABSTRACT

Ultra-high-performance concrete (UHPC) with outstanding properties in terms of strength, durability, workability as well as high toughness helps improve the load-bearing capacity of the structure while ensuring the sustainability of the construction process against adverse environmental impacts. In this study, the variation of compressive strength, elastic modulus and Poisson's coefficient of concrete according to different mixing ratios of river sand and quartz sand were analyzed. Research results show that, with appropriate local material conditions, mixing techniques and curing methods, it is still possible to produce ultra-high-performance concrete with a compressive strength of over 125 MPa and an elastic modulus of over 46 GPa with aggregate completely made of crushed sand. At the same time, this paper analyzed the data set of compressive strength, elastic modulus with aggregates mixed from river sand and quartz sand with different ratios to analyze regression and propose the correlation between elastic modulus, peak strain and compressive strength of concrete using river sand aggregate.

**Keywords:** UHPC, river sand, quartz sand, the steel rope, moist heat curing, compressive strength, compressive stress, axial strain, circumferential strain, elastic modulus, poisson coefficient.

## 1. GIỚI THIỆU

Vào những năm 1990, một loại vật liệu mới được đưa ra thị trường và được biết đến với tên gọi là bê tông siêu tính năng cao (UHPC). Bê tông UHPC có thể được phân biệt với bê tông thông thường (NSC) hay bê tông cường độ cao (HSC) bởi các đặc tính cơ học và độ bền vượt trội của nó.

Hiện tại, chưa có định nghĩa được áp dụng rộng rãi đối với loại bê tông này. Theo Cục Quản lý Đường cao tốc Liên bang Hoa Kỳ (FHWA), UHPC định nghĩa như sau:

"UHPC là vật liệu composite xi măng bao gồm sự phân cấp tối ưu của các thành phần dạng hạt, tỷ lệ vật liệu nước và xi măng nhỏ hơn 0,25 và tỷ lệ cốt sợi phân bố không liên tục. Các tính chất cơ học của UHPC bao gồm cường độ nén lớn hơn 120 MPa và cường độ kéo sau nứt duy trì lớn hơn 5 MPa. UHPC có cấu trúc lỗ rỗng không liên tục giúp giảm sự xâm nhập của chất lỏng, tăng cường đáng kể độ bền so với bê tông thông thường". (Graybeal-2014a). Cát thạch anh (QS) ở Việt Nam không nhiều, ngoài một số mỏ nằm sâu trong nội địa, phần còn lại phân bố rải rác dọc theo bờ biển các tỉnh Quảng Ninh,



Quảng Bình (nay thuộc Quảng Trị), Quảng Nam (nay thuộc Đà Nẵng), Khánh Hòa, Bình Thuận (nay thuộc Lâm Đồng), Kiên Giang (nay thuộc An Giang)..., hơn nữa việc khai thác cát đã để lại hậu quả nghiêm trọng đến môi trường. Trong nghiên cứu này, các tác giả dùng vật liệu cát sông (RS) trộn cùng QS với những tỷ lệ khác nhau để làm cốt liệu trong chế tạo UHPC.

Cát thạch anh đóng vai trò là cốt liệu tiêu biểu trong hỗn hợp vật liệu chế tạo UHPC. Với những ưu điểm nổi trội về đặc tính hạt sẽ cải thiện đáng kể vùng chuyển tiếp ITZ, dẫn đến cường độ bê tông được tăng cao. Tuy nhiên, QS càng ngày càng khan hiếm và được dùng trong công nghiệp silicat nên các tác giả đã dùng cốt liệu RS để thay thế hoàn toàn QS trong chế tạo UHPC. RS được khai thác từ mỏ cát thuộc lưu vực sông Đồng Nai. Yếu tố quan trọng bậc nhất khi sử dụng RS làm cốt liệu là cỡ hạt đa dạng, thành phần hạt, modul độ lớn tương đồng với QS. Như vậy, việc đề xuất RS để nghiên cứu thay thế QS trong chế tạo UHPC có ý nghĩa rất quan trọng trong việc giải quyết tình trạng khan hiếm cát thạch anh, đồng thời góp phần ứng dụng rộng rãi bê tông UHPC vào thực tế xây dựng.

Cát sông được khai thác tự nhiên từ triển sông nên hình dạng loại cốt liệu này chịu ảnh hưởng bởi đặc điểm của dòng chảy nên thường có bề mặt trơn nhẵn, dạng tròn cạnh hoặc bán tròn. Những yếu tố này tác động quyết định đến đặc tính làm việc của bê tông tươi và bê tông đã đông cứng.

Cấp phối bê tông sử dụng RS đã được nghiên cứu trong và ngoài nước. Nhìn chung, các tài liệu đưa ra quy định và yêu cầu cơ bản đối với RS về việc lựa chọn thành phần hạt, kích cỡ hạt để có được hỗn hợp đồng nhất, đặc sít và liên tục khi phối với các cỡ hạt khác. Dùng RS làm cốt liệu trong hỗn hợp bê tông thì độ rỗng tăng lên do hàm lượng hạt thô dẹt trong RS nhiều hơn so với QS. Nếu muốn giữ nguyên độ đặc sít của các thành phần vật liệu khoáng với mục đích thỏa mãn các yêu cầu về tính công tác, độ bền và cường độ của bê tông thì việc thiết kế điều chỉnh cấp phối phù hợp với loại vật liệu này để đạt được những tính năng mong muốn của hỗn hợp là hết sức cần thiết.

Ở Việt Nam, cát sông được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng và đã có tiêu chuẩn hướng dẫn TCVN 7572:2006 - Cốt liệu cho bê tông và vữa [1]. Nhìn chung, nghiên cứu và ứng dụng RS trong bê tông thường và bê tông cường độ cao đã tương đối toàn diện khi nó làm cốt liệu trung gian mà cấp hạt lớn nhất là đá nghiền nằm ngoài miền cát theo tiêu chuẩn trên. Tuy nhiên, việc sử dụng RS trong bê tông UHPC vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ tại Việt Nam và trên thế giới.

Pradeep Kumar Badapalli và các cộng sự [2] đã nghiên cứu vi cấu trúc và hình dạng của các hạt thạch anh từ nhiều mẫu cát khác nhau. Kết quả cho thấy, cát sông có hình dạng tròn đến bán tròn, hình dạng của cát phụ thuộc vào đặc tính dòng chảy như hướng và lưu tốc dòng chảy. Trong khi đó, các mẫu cát hồ có hình dạng nhẵn và bán tròn, cát biển có dạng tròn và nhẵn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hình dạng của cát sông đã ảnh hưởng đáng kể đến tính công tác và cường độ của bê tông.

U.S. Agrawal và các cộng sự [3] đã nghiên cứu chế tạo bê tông từ cát sông tự nhiên để làm rõ đặc tính của loại bê tông này so với bê tông cốt liệu cát nhân tạo. Kết quả nghiên cứu đã chế tạo được bê tông thường NSC với cường độ nén của bê tông với cốt liệu cát sông tại 1, 3, 7, 28, 56 và 90 ngày bảo dưỡng lần lượt là 11,82 MPa, 18,31 MPa, 22,12 MPa, 34,22 MPa, 40,51 MPa và 44,14 MPa. Đồng thời, cường độ chịu uốn đạt 3,7 MPa và cường độ chịu kéo trực tiếp đạt 3,5 MPa tại 90 ngày tuổi.

Nghiên cứu của Donza và các cộng sự [4] đã sử dụng cát sông và cát nghiền có nguồn gốc từ các loại đá gốc khác nhau để làm rõ các đặc tính của bê tông tươi và bê tông đã đông cứng. Kết quả nghiên

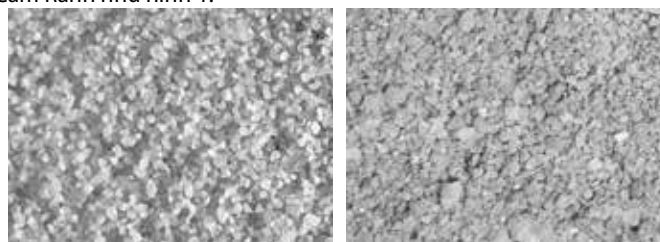
cứ cho thấy, khi sử dụng cát nghiền từ đá granite sẽ cải thiện 10-15% về cường độ nén. Kết quả tương tự ở các nghiên cứu khác [6,9].

Các tác giả [5-8] đã nghiên cứu tính công tác của cát sông so với cát nghiền chủng loại khác nhau. Kết quả cho thấy, tính công tác của bê tông tươi của cát sông tốt hơn do các loại cát nghiền hình dạng góc cạnh, kết cấu không đồng đều, độ rỗng lớn dẫn đến của các hạt này và do đó cần gia tăng một lượng phụ gia siêu dẻo vào hỗn hợp bê tông để cải thiện tính công tác của nó.

Trong bài báo này, cấp phối bê tông sử dụng đối tượng nghiên cứu là cốt liệu RS từ lưu vực sông Đồng Nai phối trộn với QS. Mục tiêu hướng tới là có thể thay thế hoàn toàn QS để chế tạo UHPC. Trên cơ sở đó nghiên cứu một số tính năng như modul đàn hồi và hệ số poisson, đồng thời tiến hành hồi quy phương trình mô tả quan hệ giữa hệ số poisson và cường độ chịu nén.

Đặc điểm nổi bật của loại cát sông này là thành phần hạt nằm hoàn toàn trong miền cát theo tiêu chuẩn [2], modul cỡ hạt 2,19 tương đương với cát thạch anh là 2,5. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng việc chế tạo và sử dụng UHPC có cốt liệu là RS thỏa mãn các yêu cầu cơ bản của UHPC.

Các tác giả đã sử dụng RS có cấp phối hạt và modul cỡ hạt phù hợp với tiêu chuẩn hiện hành, QS được tuyển chọn từ các mỏ cát Cam Ranh như hình 1.



(a) Cát thạch anh

(b) Cát sông Đồng Nai

Hình 1. Cát thạch anh và cát sông Đồng Nai

Để khảo sát ảnh hưởng của RS đến cường độ nén, modul đàn hồi

và hệ số poisson của UHPC, nghiên cứu này sẽ thay đổi tỷ lệ  $\frac{RS}{RS+QS}$

biến thiên từ 0%, 25%, 50%, 75% và 100%. QS và RS có thành phần hạt nằm trong miền cát hạt mịn với modul cỡ hạt 2,5 theo hướng dẫn TCVN 7572:2006 - Cốt liệu cho bê tông và vữa [1]. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng việc chế tạo và sử dụng UHPC có cốt liệu là RS phối trộn với QS thỏa mãn các yêu cầu cơ bản của UHPC.

## 2. VẬT LIỆU THÀNH PHẦN

Trong nghiên cứu này, hỗn hợp UHPC được chế tạo bằng vật liệu địa phương ở Việt Nam. Các vật liệu thành phần điển hình bao gồm: xi măng, silica fume, cát sông, cát thạch anh, bột cát thạch anh, phụ gia siêu dẻo, như trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần nguyên vật liệu

| STT | Nguyên vật liệu   | Ký hiệu | Kích cỡ hạt  | Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|-------------------|---------|--------------|---------------------------------------|
| 1   | Xi măng PC 50     | C       | 1-75 μm      | 3050                                  |
| 2   | Silica fume       | SF      | 0,05-1 μm    | 2220                                  |
| 3   | Bột cát thạch anh | QP      | 1-100 μm     | 2630                                  |
| 4   | Cát sông          | RS      | 0,14-5 mm    | 2700                                  |
| 5   | Cát thạch anh     | QS      | 0,14-1,25 mm | 2650                                  |
| 6   | Nước              | W       | -            | 1000                                  |
| 7   | Phụ gia siêu dẻo  | AD      | -            | 1100                                  |

Tiến hành phân tích QS và RS ta được kết quả như bảng 2.

Bảng 2. Hàm lượng lọt sàng của cát sông

| Cốt liệu | Hàm lượng lọt sàng (%) |          |         |          |           |            |            |       |
|----------|------------------------|----------|---------|----------|-----------|------------|------------|-------|
|          | >10,0                  | 5,0-10,0 | 2,5-5,0 | 1,25-2,5 | 0,63-1,25 | 0,315-0,63 | 0,14-0,315 | <0,14 |
| RS       | 100                    | 100      | 98,79   | 93,65    | 64,43     | 19,24      | 5,01       | -     |

Bảng 3. Các tính chất cơ lý của QS và RS

| Cốt liệu | Chỉ tiêu                   | Đơn vị            | Kết quả |
|----------|----------------------------|-------------------|---------|
| QS       | Khối lượng riêng           | g/cm <sup>3</sup> | 2,650   |
|          | Hệ số lèn chặt             |                   | 0,621   |
|          | Độ hút nước                | %                 | 0,60    |
|          | Hàm lượng SiO <sub>2</sub> | %                 | 98,55   |
| RS       | Khối lượng riêng           | g/cm <sup>3</sup> | 2,700   |
|          | Hệ số lèn chặt             |                   | 1,480   |
|          | Độ hút nước                | %                 | 1,04    |
|          | Hàm lượng SiO <sub>2</sub> | %                 | 91,45   |

### 3. CẤP PHỐI ĐỐI CHỨNG

Dựa trên cấp phối hạt mịn M2Q [11], các tác giả lựa chọn cốt liệu cát sông Đồng Nai và các vật liệu khác ở địa phương Việt Nam. Tiến hành thí nghiệm thử dẫn trong phòng thí nghiệm để được cấp phối phù hợp cho nghiên cứu. Bảng 4 là cấp phối đối chứng được lựa chọn. Trong đó Agg là hệ 2 cấu tử phối trộn từ RS và QS.

Bảng 4. Cấp phối dùng trong nghiên cứu thực nghiệm

| STT | Thành phần        | Đơn vị | Kích thước hạt | Khối lượng các thành phần |
|-----|-------------------|--------|----------------|---------------------------|
| 1   | Xi măng PC50      | kg     | 1-75 $\mu$ m   | 830                       |
| 2   | Silicafume        | kg     | 0,05-1 $\mu$ m | 164                       |
| 3   | Bột cát thạch anh | kg     | 1-100 $\mu$ m  | 200                       |
| 5   | Nước              | kg     |                | 190                       |
| 6   | Sợi thép          | kg     |                | 78,5                      |
| 7   | Phụ gia siêu dẻo  | kg     |                | 18,2                      |
| 8   | Agg               | kg     | 0,14-5 mm      | 955                       |

### 4. THỬ NGHIỆM TÍNH NĂNG CHỊU NÉN UHPC

#### 4.1. Công tác đổ, bảo dưỡng và gia công mẫu

Thiết bị trộn là máy trộn cưỡng bức 4 cấp độ tại phòng thí nghiệm như hình 2.



Hình 2. Thiết bị trộn cưỡng bức 4 cấp độ tại phòng thí nghiệm

Tiến hành trộn UHPC theo đúng quy trình kỹ thuật khoảng từ 5-8 phút.

Khuôn nén hình trụ được vệ sinh sạch sẽ, có bôi lớp phân cách chống dính bám, quá trình đổ cần có biện pháp giảm bọt khí. Mẫu đổ xong cần được bọc kín để tránh bay hơi và bảo dưỡng ở môi trường tự nhiên trong 24 giờ đầu tiên. Tiếp theo, bảo dưỡng nhiệt ẩm ở điều kiện nhiệt độ 90°C và bão hòa ẩm trong 48 giờ tiếp theo. Cuối cùng, đem ngâm mẫu đến thời điểm cần nén. Khuôn trụ có kích thước 100x200 mm, công tác đổ mẫu nén được thực hiện như hình 3.



(a) Khuôn 100x200 mm



(b) Đổ bê tông vào mẫu trụ.

Hình 3. Chế tạo mẫu nén 100x200 mm

Sau bảo dưỡng, tiến hành mài phẳng mẫu bằng máy mài chuyên dụng như hình 4.



Hình 4. Mài phẳng mẫu trụ UHPC

Cường độ chịu nén của bê tông được thí nghiệm trên mẫu trụ D100 x H200 mm theo tiêu chuẩn ASTM C39/C39M [12]. Mỗi mẫu nén hình trụ được gắn 4 strain gauges. Trong đó, 2 strain gauges được gắn dọc mẫu để đo biến dạng theo phương dọc trục, 2 strain gauges còn lại dán theo chu vi mẫu để đo biến dạng chu vi. Giá trị modul đàn hồi và hệ số poisson được xác định từ ứng suất nén và 2 loại biến dạng trên.

#### 4.2. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén, modul đàn hồi và hệ số poisson

Thí nghiệm nén mẫu bằng máy nén bê tông năng lực 2000 KN như hình 5. Tốc độ nén 0,25 MPa/s. Kết quả thí nghiệm cho kết quả cường độ chịu nén, modul đàn hồi và hệ số poisson như bảng 5. Các nhóm mẫu đại diện bao gồm: RS<sup>100</sup>QS<sup>0</sup>, RS<sup>75</sup>QS<sup>25</sup>, RS<sup>50</sup>QS<sup>50</sup>, RS<sup>25</sup>QS<sup>75</sup>, RS<sup>0</sup>QS<sup>100</sup>.



(a) Thí nghiệm nén mẫu.



(b) Mẫu bị phá hoại.

Hình 5. Thí nghiệm nén mẫu UHPC

#### Xác định modul đàn hồi

Modul đàn hồi được xác định thông qua đường cong nén - biến dạng dọc trục của UHPC.

Modul đàn hồi được tính theo công thức sau:

$$E_c = \frac{f_2 - f_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (1)$$

Trong đó:

$f_2$  là ứng suất khi đạt 40% ứng suất nén cực đại;

$f_1$  là ứng suất tại biến dạng 0,00005;

$\varepsilon_2$  là biến dạng tương đối ứng với ứng suất  $f_2$ .

#### Xác định hệ số poisson

Hệ số poisson được xác định thông qua đường cong nén - biến dạng dọc trục và biến dạng chu vi của UHPC. Hệ số poisson được tính

$$\text{theo công thức sau: } \nu = - \frac{\varepsilon_{c,30} - \varepsilon_{c,10}}{\varepsilon_{a,30} - \varepsilon_{a,10}} \quad (2)$$

Trong đó:

$\varepsilon_{c,30}$  là biến dạng chu vi tại 30% ứng suất nén cực đại;

$\varepsilon_{c,10}$  là biến dạng chu vi tại 10% ứng suất nén cực đại;

$\varepsilon_{a,30}$  là biến dạng dọc trục tại 30% ứng suất nén cực đại;

$\varepsilon_{a,10}$  là biến dạng dọc trục tại 10% ứng suất nén cực đại.

#### Kết quả cường độ chịu nén, modul đàn hồi và hệ số poisson và biến dạng đỉnh

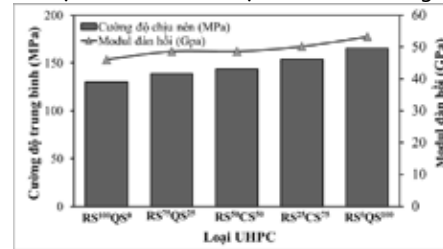
Từ kết quả thí nghiệm trình bày ở bảng 5 và hình 6 cho thấy, khi hàm lượng RS trong hỗn hợp cốt liệu tăng dần từng cấp 25% thì cường độ chịu nén giảm dần và biến thiên trong khoảng từ 165,37 MPa giảm đến 125,44 MPa, modul đàn hồi giảm dần và biến thiên trong khoảng từ 50,46 GPa giảm đến 45,68 GPa.

Như vậy, việc thay đổi cường độ chịu nén và modul đàn hồi như trên là do cốt liệu RS có độ cứng nhỏ hơn QS, hình dạng hạt bất lợi

Bảng 5. Kết quả cường độ chịu nén, modul đàn hồi, hệ số poisson và biến dạng đỉnh của UHPC

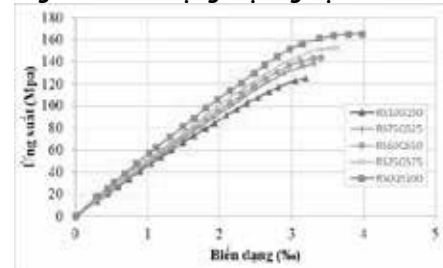
| Tên mẫu                              | Cường độ chịu nén (MPa) |        |      | Modul đàn hồi (GPa) |       |      | Hệ số poisson |            |      | Biến dạng đỉnh (‰) |                        |      |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|------|---------------------|-------|------|---------------|------------|------|--------------------|------------------------|------|
|                                      | R28                     | Rtb    | S    | E                   | Etb   | S    | $\nu$         | $\nu_{tb}$ | S    | $\varepsilon_c$    | $\varepsilon_{c^{tb}}$ | S    |
| RS <sup>100</sup> QS <sup>0</sup> ,1 | 124,06                  | 125,28 | 2,45 | 47,83               | 46,01 | 1,71 | 0,1638        | 0,1732     | 0,01 | 3,42               | 3,20                   | 0,17 |
| RS <sup>100</sup> QS <sup>0</sup> ,2 | 126,33                  |        |      | 47,16               |       |      | 0,1776        |            |      | 2,99               |                        |      |
| RS <sup>100</sup> QS <sup>0</sup> ,3 | 21,35                   |        |      | 43,3                |       |      | 0,1716        |            |      | 3,05               |                        |      |
| RS <sup>100</sup> QS <sup>0</sup> ,4 | 128,37                  |        |      | 45,21               |       |      | 0,1944        |            |      | 3,18               |                        |      |
| RS <sup>100</sup> QS <sup>0</sup> ,5 | 124,78                  |        |      | 45,34               |       |      | 0,1710        |            |      | 3,38               |                        |      |
| RS <sup>100</sup> QS <sup>0</sup> ,6 | 126,76                  |        |      | 47,22               |       |      | 0,1610        |            |      | 3,19               |                        |      |
| RS <sup>75</sup> QS <sup>25</sup> ,1 | 139,11                  | 138,78 | 3,03 | 48,11               | 47,16 | 0,87 | 0,1753        | 0,1677     | 0,01 | 3,58               | 3,31                   | 0,36 |
| RS <sup>75</sup> QS <sup>25</sup> ,2 | 136,26                  |        |      | 46,87               |       |      | 0,1524        |            |      | 3,91               |                        |      |
| RS <sup>75</sup> QS <sup>25</sup> ,3 | 139,32                  |        |      | 47,05               |       |      | 0,1600        |            |      | 3,08               |                        |      |
| RS <sup>75</sup> QS <sup>25</sup> ,4 | 137,96                  |        |      | 47,49               |       |      | 0,1714        |            |      | 3,02               |                        |      |
| RS <sup>75</sup> QS <sup>25</sup> ,5 | 135,78                  |        |      | 47,81               |       |      | 0,1634        |            |      | 3,04               |                        |      |
| RS <sup>75</sup> QS <sup>25</sup> ,6 | 144,22                  |        |      | 45,65               |       |      | 0,1834        |            |      | 3,21               |                        |      |
| RS <sup>50</sup> QS <sup>50</sup> ,1 | 145,68                  | 143,76 | 2,78 | 49,41               | 48,58 | 1,05 | 0,1800        | 0,1729     | 0,01 | 3,71               | 3,41                   | 0,34 |
| RS <sup>50</sup> QS <sup>50</sup> ,2 | 142,85                  |        |      | 48,75               |       |      | 0,1846        |            |      | 3,20               |                        |      |
| RS <sup>50</sup> QS <sup>50</sup> ,3 | 146,61                  |        |      | 49,07               |       |      | 0,1673        |            |      | 3,42               |                        |      |
| RS <sup>50</sup> QS <sup>50</sup> ,4 | 138,99                  |        |      | 49,66               |       |      | 0,1794        |            |      | 3,91               |                        |      |
| RS <sup>50</sup> QS <sup>50</sup> ,5 | 143,03                  |        |      | 47,55               |       |      | 0,1579        |            |      | 3,09               |                        |      |
| RS <sup>50</sup> QS <sup>50</sup> ,6 | 145,39                  |        |      | 47,04               |       |      | 0,1682        |            |      | 3,12               |                        |      |
| RS <sup>25</sup> QS <sup>75</sup> ,1 | 155,98                  | 153,61 | 2,51 | 49,9                | 50,15 | 0,93 | 0,1703        | 0,1713     | 0,01 | 3,61               | 3,84                   | 0,12 |
| RS <sup>25</sup> QS <sup>75</sup> ,2 | 156,66                  |        |      | 49,96               |       |      | 0,1796        |            |      | 3,92               |                        |      |
| RS <sup>25</sup> QS <sup>75</sup> ,3 | 151,57                  |        |      | 49,05               |       |      | 0,1894        |            |      | 3,91               |                        |      |
| RS <sup>25</sup> QS <sup>75</sup> ,4 | 154,22                  |        |      | 50,25               |       |      | 0,1680        |            |      | 3,92               |                        |      |
| RS <sup>25</sup> QS <sup>75</sup> ,5 | 153,02                  |        |      | 51,86               |       |      | 0,1596        |            |      | 3,90               |                        |      |
| RS <sup>25</sup> QS <sup>75</sup> ,6 | 150,19                  |        |      | 49,9                |       |      | 0,1608        |            |      | 3,81               |                        |      |
| RS <sup>0</sup> QS <sup>100</sup> ,1 | 162,77                  | 165,37 | 5,71 | 50,59               | 53,27 | 1,72 | 0,1745        | 0,2013     | 0,01 | 3,73               | 3,99                   | 0,20 |
| RS <sup>0</sup> QS <sup>100</sup> ,2 | 163,05                  |        |      | 55,1                |       |      | 0,2198        |            |      | 4,13               |                        |      |
| RS <sup>0</sup> QS <sup>100</sup> ,3 | 171,32                  |        |      | 51,76               |       |      | 0,2056        |            |      | 4,06               |                        |      |
| RS <sup>0</sup> QS <sup>100</sup> ,4 | 172,99                  |        |      | 53,92               |       |      | 0,1999        |            |      | 4,27               |                        |      |
| RS <sup>0</sup> QS <sup>100</sup> ,5 | 164,19                  |        |      | 53,95               |       |      | 0,2031        |            |      | 3,83               |                        |      |
| RS <sup>0</sup> QS <sup>100</sup> ,6 | 157,88                  |        |      | 54,31               |       |      | 0,2049        |            |      | 3,91               |                        |      |

và hàm lượng hạt mịn nhiều hơn so với QS. Tuy nhiên, với điều kiện vật liệu, kỹ thuật trộn và phương pháp bảo dưỡng hiện tại thì vẫn có thể chế tạo được UHPC đạt cường độ chịu nén trên 120 MPa và modul đàn hồi đạt 46 GPa với cốt liệu hoàn toàn bằng cát sông.



Hình 6. Tương quan cường độ chịu nén, modul đàn hồi của UHPC

#### Ứng xử ứng suất - biến dạng thực nghiệm



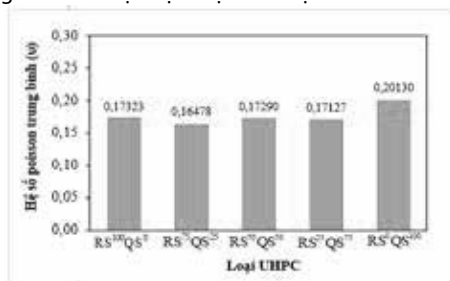
Hình 7. Đường cong ứng suất nén - biến dạng dọc trục của UHPC

Trạng thái ứng suất - biến dạng dọc trục của UHPC được thể hiện trên hình 7.

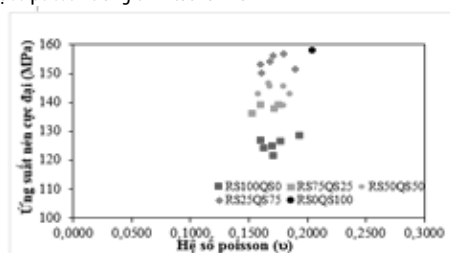
Ở biểu đồ này, các đường cong nén được cắt bớt phần giảm tải ở điểm đạt ứng suất cực đại. Trạng thái ứng suất nén - biến dạng dọc trục trung bình của cấp phối đánh giá được thiết lập từ các mẫu RS<sup>100</sup>QS<sup>0</sup>, RS<sup>75</sup>QS<sup>25</sup>, RS<sup>50</sup>QS<sup>50</sup>, RS<sup>25</sup>QS<sup>75</sup>, RS<sup>0</sup>QS<sup>100</sup>. Phân tích từ biểu đồ cho thấy, khi hàm lượng RS trong hỗn hợp cốt liệu tăng dần thì giá trị ứng suất tại đỉnh đường cong và hệ số góc ở cả 2 nhánh đường cong ứng suất nén - biến dạng dọc trục đều giảm, điều này đồng nghĩa với việc cường độ và modul đàn hồi của UHPC giảm khi cốt liệu có RS chiếm ưu thế.

#### Hệ số poisson trung bình, tương quan hệ số poisson và ứng suất nén cực đại

Giá trị hệ số poisson trung bình ứng với từng loại UHPC được thể hiện như hình 8. Mỗi quan hệ giữa hệ số poisson của các mẫu bê tông và ứng suất nén cực đại được thể hiện như hình 9.



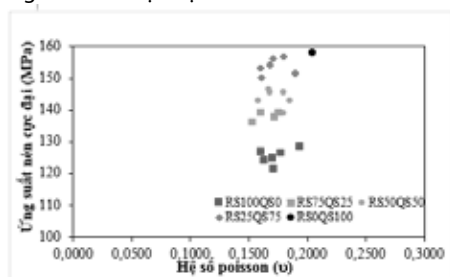
Hình 8. Hệ số poisson trung bình của UHPC



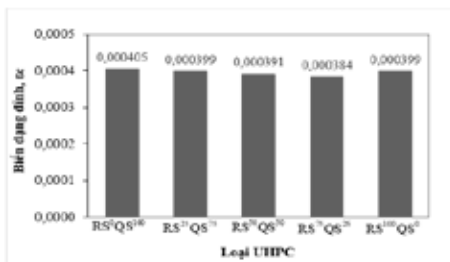
Hình 9. Quan hệ giữa hệ số poisson và ứng suất nén cực đại

#### Tương quan giữa ứng suất nén cực đại và biến dạng dọc trục, biến dạng chu vi tại ứng suất nén cực đại của UHPC có sử dụng RS

Hình 10 và hình 11 mô tả quan hệ giữa biến dạng dọc trục đo đặc tại từng mẫu đơn lẻ và biến dạng dọc trục trung bình ở ứng suất nén cực đại và ứng suất nén cực đại.



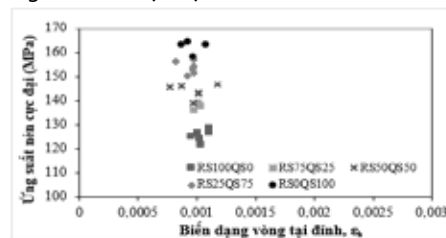
Hình 10. Quan hệ giữa ứng suất nén cực đại và biến dạng dọc trục đo đặc tại ứng suất nén cực đại



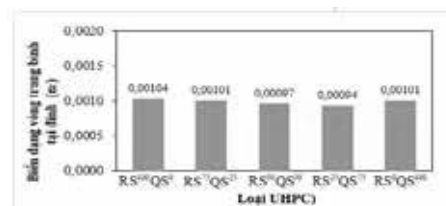
Hình 11. Biến dạng dọc trục trung bình thực nghiệm tại ứng suất nén cực đại của UHPC

Có thể thấy rằng có rất ít tương quan giữa ứng suất nén cực đại và biến dạng dọc trục. Biến dạng dọc trục tại ứng suất nén cực đại biến thiên từ 0,003520 đến 0,00432.

Hình 12 và hình 13 mô tả quan hệ giữa biến dạng chu vi đo đặc tại từng mẫu đơn lẻ và biến dạng chu vi trung bình tại ứng suất nén cực đại và ứng suất nén cực đại.



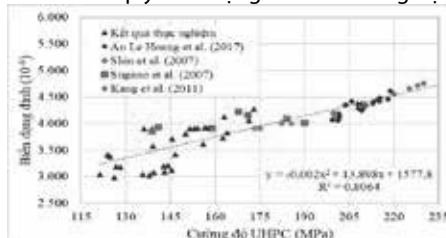
Hình 12. Quan hệ giữa ứng suất nén cực đại và biến dạng chu vi thực nghiệm tại ứng suất nén cực đại



Hình 13. Biến dạng chu vi trung bình thực nghiệm tại ứng suất nén cực đại của UHPC  
Hầu như có rất ít tương quan giữa ứng suất nén cực đại và biến dạng chu vi. Biến dạng chu vi tại ứng suất nén cực đại biến thiên từ 0,00077 đến 0,0011.

#### 4.3. Thiết lập tương quan giữa biến dạng đỉnh với cường độ chịu nén của UHPC có sử dụng RS

Hình 14 mô tả hồi quy biến dạng đỉnh và cường độ chịu nén.



Hình 14. Tương quan biến dạng đỉnh và ứng suất cực đại UHPC sử dụng RS

Trong đó, số liệu kết quả nén của các loại UHPC được lấy từ bảng 5. Và các số liệu từ nghiên cứu [12-15].

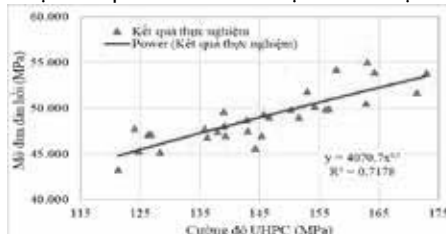
Từ hình 14, phương trình mô tả quan hệ giữa biến dạng đỉnh với cường độ chịu nén được thể hiện ở phương trình hồi quy (3) như sau:

$$\varepsilon_c = -0,002f_c'^2 + 13,898f_c' + 1577,8 \quad (3)$$

Kết quả hồi quy cho phương trình (3), phương trình này phù hợp để áp dụng cho UHPC cốt liệu phối trộn có cường độ chịu nén đến 170MPa.

#### 4.4. Thiết lập tương quan giữa modul đàn hồi với cường độ chịu nén của UHPC có sử dụng RS

Hình 15 mô tả hồi quy modul đàn hồi và cường độ chịu nén. Trong đó, số liệu kết quả nén của các loại UHPC được lấy từ bảng 5.



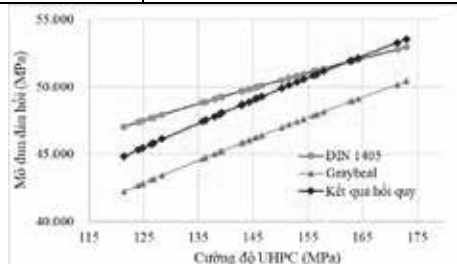
Hình 15. So sánh phương trình (3) và những nghiên cứu trước đây ở bảng 5

Từ hình 15, phương trình mô tả quan hệ giữa modul đàn hồi với cường độ chịu nén được thể hiện ở biểu thức (4) như sau:

$$E_c = 4070,7\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad (4)$$

Bảng 6. Một số phương trình quan hệ modul đàn hồi và cường độ chịu nén

| Tên tác giả     | Phương trình, đơn vị MPa       |
|-----------------|--------------------------------|
| DIN 1045-1 [16] | $E_c = 9500\sqrt[3]{f'_c}$ (5) |
| Graybeal [17]   | $E_c = 3833,6\sqrt{f'_c}$ (6)  |



Hình 16. So sánh phương trình (3) và những nghiên cứu trước đây ở bảng 5

So sánh giá trị modul đàn hồi thực nghiệm với các giá trị được tính toán theo các tiêu chuẩn quốc tế phổ biến và kết quả nghiên cứu của một số tác giả trước đó được trình bày trong bảng 6.

Kết quả phân tích ở hình 16 cho thấy phương trình (4) có độ lớn nằm ở vị trí tiệm cận với nghiên cứu DIN 1045-1 [12], nghiên cứu này cho kết quả cao hơn Graybeal là 5,8%.

## 5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này RS và QS có thành phần hạt, modul độ lớn nằm trong miền cát hạt mịn phù hợp với tiêu chuẩn hướng dẫn TCVN 7572:2006 - Cốt liệu cho bê tông và vữa. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi sử dụng cốt liệu phối trộn tên nền cấp phối đối chứng có thể chế tạo được bê tông siêu tính năng cao với cường độ nén đạt từ 125,28 MPa đến 165,37 MPa, modul đàn hồi từ 46,01 GPa đến 53,27 GPa, hệ số poisson từ 0,152 đến 0,219. Do đó, trong trường hợp muốn cắt giảm hàm lượng QS và tăng hàm lượng RS, thậm chí sử dụng hoàn toàn RS thay cho QS để tiết kiệm kinh phí và tác động môi trường trong khi vẫn muốn cường độ chịu nén ở mức trên 125MPa thì có thể sử dụng các cấp phối để xuất như trong bảng 3 và phương pháp chế tạo của nghiên cứu này.

Các tác giả đã xây dựng các mối quan hệ giữa ứng suất nén cực đại với biến dạng dọc trục, ứng suất nén cực đại với biến dạng chu vi tại ứng suất nén cực đại, ứng suất nén cực đại với hệ số poisson. Kết quả phân tích cho thấy có rất ít mối tương quan giữa các đại lượng này.

Ngoài ra, các tác giả còn đề xuất phương trình hồi quy mô tả tương quan giữa modul đàn hồi và cường độ chịu nén của UHPC. Kết quả cho thấy phương trình hồi quy phù hợp với tiêu chuẩn và các nghiên cứu trước đó như DIN 1045-1 và Ma 2010. Đối với bê tông sử dụng cốt liệu RS thì khi kết quả nghiên cứu càng đa dạng với nhiều loại cốt liệu khác nhau có nguồn gốc từ các lưu vực sông trên địa bàn cả nước sẽ không ngừng bổ sung và hoàn thiện thêm bộ số liệu, khi bộ số càng lớn thì phương trình hồi quy mô tả mối quan hệ này càng chính xác.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tiêu chuẩn TCVN-7572:2006; "Cốt liệu cho bê tông và vữa".
- [2]. Pradeep Kumar Badapalli, and Raghu Babu Kottala, C. Krupavathi "Modeling of comparative studies on surface micro morphology of Aeolian, River, Lake, and Beach sand samples using SEM and EDS/EDAX", Materials Today: Proceedings 2022.

[3]. U.S. Agrawal, S.P. Wanjari, and D.N. Naresh "Impact of replacement of natural river sand with geopolymers fly ash sand on hardened properties of concrete", Construction and Building Materials 209 (2019) 499-507.

[4]. H. Donza, O. Cabrera, E.F. Irassar, "High-strength concrete with different fine aggregate", Cem. Concr. Res. 32 (2002) 1755-1761.

[5]. X. Ding, C. Li, Y. Xu, F. Li, S. Zhao, "Experimental study on long-term compressive strength of concrete with manufactured sand", Constr. Build. Mater. 108 (2016) 67-73.

[6]. C.K. Kankam, B.K. Meisuh, G. Sossou, T.K. Buabin, "Stress-strain characteristics of concrete containing quarry rock dust as partial replacement of sand", Case Stud. Constr. Mater. 7 (2017) 66-72.

[7]. B.K. Meisuh, C.K. Kankam, T.K. Buabin, "Case studies in construction materials effect of quarry rock dust on the flexural strength of concrete", Case Stud. Constr. Mater. 8 (2017) 16-22.

[8]. W. Shen, Y. Liu, X. Huo, Z. Yang, C. Zhou, P. He, Z. Lu, "Mixing design and microstructure of ultra high strength concrete with manufactured sand", Constr. Build. Mater. 143 (2017) 312-321.

[9]. R. Ilangoana, N. Mahendrana, K. Nagamanib, "Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as fine aggregate", ARPN J. Eng. Appl. Sci. 3 (5) (2008) 20-26.

[10]. Schmidt, M.; Fehling, E.; Fröhlich, S.; and Thiemicke, J. (2015), "Sustainable Building with Ultra-High Performance Concrete, Results of the German Priority Programme 1182 funded by Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)", No. 22, kassel university press GmbH, Germany, 2015.

[11]. ASTM C39/C39M-01, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens", ASTM, West Conshohocken, PA, USA, 2012.

[12]. S.T. Kang, J.K. Kim, The relation between fiber orientation and tensile behavior in an ultra high performance fiber reinforced cementitious composites (UHPRCC), Cem. Concr. Res. 41 (2011) 1001-1014.

[13]. S. Sugano, H. Kimura, K. Shirai, Study of new RC structures using ultra-highstrength fiber-reinforced concrete (UFC)-The challenge of applying 200 MPa UFC to earth-quake resistant building structures, J. Adv. Concr. Technol. 5 (2) (2007) 133-147.

[14]. H.O. Shin, Y.S. Yoon, S.H. Lee, W.D. Cook, D. Mitchell, Effects of steel fibers on the performance of ultrahigh-strength concrete columns, Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE 27 (4) (2015) 04014142-1-04014142-10.

[15]. L.H. An, E. Fehling, Influence of steel fiber content and aspect ratio on the uniaxial tensile and compressive behavior of ultra high performance concrete. Construction and Building Materials 153 (2017) 790-806.

[16]. DIN (ed.): DIN 1045-1, "Structures made of concrete, reinforced concrete and prestressed concrete"; Part 1: Dimensions and construction, July 2001. DIN, July 2001 4.1.3.

[17]. B.A. Graybeal, Characterization of the Behavior of Ultra-High Performance Concrete Ph.D. Dissertation, University of Maryland, USA, 2005.



# Modeling shear strength and deflection response of UHPC deep beams using two-Parameter kinematic theory

Dự đoán khả năng chịu tải và độ võng của dầm cao UHPC bằng lý thuyết động học hai tham số

> NGUYEN PHUC ANH<sup>1,2,\*</sup>, BUI VAN HONG LINH<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Postgraduate Education, Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>2</sup>Faculty of Civil Engineering, Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>3</sup>Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>4</sup>Vietnam National University Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

\*Email: anh.2485802010001@vanlanguni.vn

## ABSTRACT

In this study, two-parameter kinematic theory (2PKT) is used to analyze the characteristics of ultra-high-performance concrete (UHPC) deep beams. The 2PKT background is first modified to include the properties of UHPC deep beams by incorporating constitutive material laws specific to UHPC, along with deformation and geometric fields. The model solution is obtained by iterating two key variables, which are the mean deformations in the flexural steel bars and the critical loading zone. These variables are integrated within the model formulations. In particular, computations were performed using three different constitutive laws for UHPC, which are the original model proposed in the 2PKT, a UHPC-specific model developed in the literature, and the concrete damaged plasticity (CDP) rule. The predictive capability of the 2PKT was validated against experimental results from twelve UHPC deep beams reported in the literature, considering both maximum shear strength and shear force-deflection responses. The quality of predictions was evaluated using the average of the experimental-to-predicted shear strength ratios and their coefficient of variation (CoV). The original 2PKT model yielded a mean of 1.36 and a CoV of 8.74%. The 2PKT model combined with the UHPC-specific constitutive law achieved a mean of 0.98 and a CoV of 7.91%, while the 2PKT model coupled with the CDP model produced a mean of 1.24 and a CoV of 8.79%. These results highlight the importance of employing a UHPC-specific constitutive law when modeling UHPC deep beams using the 2PKT method. Furthermore, the 2PKT approach effectively reproduces the shear load-displacement curves of UHPC deep beams.

**Keywords:** Deep beams, shear behavior, two-parameter kinematic theory, ultra-high performance concrete.

## TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, lý thuyết động học hai tham số (two-parameter kinematic theory - 2PKT) được sử dụng để phân tích các đặc tính của dầm sâu bê tông hiệu năng siêu cao (ultra-high-performance concrete - UHPC). Lý thuyết 2PKT được cải tiến để phù hợp các đặc tính của dầm sâu UHPC bằng cách kết hợp các mô hình vật liệu đặc trưng của UHPC, cùng với các đặc điểm biến dạng và hình học. Giải thuật được thực hiện bằng cách lặp lại hai biến chính, đó là biến dạng trung bình trong cốt thép dọc và biến dạng của vùng dưới điểm đặt tải. Các biến này được tích hợp trong các công thức xây dựng mô hình 2PKT. Ngoài ra, ba mô hình phi tuyến khác nhau đặc trưng cho ứng xử cơ học của UHPC gồm mô hình gốc được đề xuất trong 2PKT, một mô hình dành riêng cho UHPC, và lý thuyết phá hoại dẻo của bê tông (concrete damaged plasticity - CDP). Khả năng dự đoán của 2PKT về sức chịu cắt tối đa và đường cong quan hệ độ võng - tải trọng được xác thực dựa trên sự so sánh với kết quả thực nghiệm của mười hai mẫu dầm sâu UHPC trong nghiên cứu trước đây. Mức độ chính xác của mô hình được đánh giá bởi hai hệ số, giá trị trung bình của tỷ lệ giữa khả năng chịu cắt thực nghiệm và khả năng chịu cắt tính toán và hệ số biến thiên (coefficient of variation - CoV) của các tỷ lệ đó. Mô hình 2PKT gốc cho kết quả giá trị trung bình là 1.36 và CoV là 8.74%. Phương pháp 2PKT kết hợp với mô hình vật liệu UHPC đạt được kết quả giá trị trung bình là 0.98 và CoV là 7.91%. Trong khi đó, lý thuyết 2PKT kết hợp với mô hình CDP cho kết quả giá trị trung bình là 1.24 và CoV là 8.79%. Kết quả của sự so sánh đã cho thấy tầm quan trọng của việc sử dụng hợp lý mô hình vật liệu cho UHPC khi mô phỏng dầm sâu UHPC bằng phương pháp 2PKT. Hơn nữa, lý thuyết 2PKT đã dự đoán hợp lý các đường cong tải - chuyển vị của dầm sâu UHPC.

**Từ khóa:** Dầm sâu, ứng xử cắt, lý thuyết động học hai tham số, bê tông hiệu năng siêu cao.

## 1. INTRODUCTION

Reinforced concrete (RC) deep beams are needed to carry heavy load transfer in the structures. Accordingly, to enhance the understanding and applicability of RC deep beams, numerous studies [1-5] have experimentally and numerically analyzed their features under shear action. The ratio of shear span to effective depth of lower than 2.5 is observed in RC deep beams, rendering the plane sections assumption inapplicable. In some cases, high-strength concrete (HSC) has been used for deep beams. Recently, ultra-high-performance concrete (UHPC) is as an innovative material for deep beams. UHPC possesses mechanical properties and strength far superior to those of conventional concretes [6, 7]. Key effects such as strength of concrete, ratio of shear span-to-effective depth, and amount of transverse reinforcement and bottom reinforcement on the structural behavior of deep beams have been examined.

The strut-and-tie method (STM) [8] is developed to analyze the deep members. The STM approach considers the internal force flow through strut carried by concrete compression, tie carried by steel reinforcement, and node at supporting areas. However, the STM could not take into account the concrete tensile capacity, which is significant for UHPC. Further, the necessity of computing the entire loading process of RC deep beams is obvious. To address this limitation, Mihaylov [9] and related studies [2-5] have proposed two-parameter kinematic theory (2PKT) on the basis of providing an analytical simulation method. The 2PKT combines various shear theories and concepts into a comprehensive procedure. The deformation in the critical loading zone (CLZ) ( $\Delta_c$ ) and strain in the bottom steel reinforcement ( $\varepsilon_{t,avg}$ ) are required to solve the 2PKT formulations, as demonstrated in Figure 1. However, applying 2PKT to UHPC deep beams requires incorporating a defined constitutive law for UHPC.

This study applies the 2PKT method to analyze the performance of UHPC deep beams in shear previously tested by Chen et al. [10]. The 2PKT model is first modified to incorporate the constitutive material laws of UHPC proposed by Xiao et al. [12] and using concrete damage plasticity (CDP) model. The precision of the modified 2PKT approach is then corroborated with the collected test data from Chen et al. [10].

## 2. PKT APPROACH FOR DEEP BEAMS

### 2.1. Summary of 2PKT formulations

This section summarizes the 2PKT formulations previously presented in a series of studies by Mihaylov et al. [2-5, 9, 14-17]. The core concept of the 2PKT model is to divide the shear zone into two segments separated by the major shear crack, as described in Fig. 1. The geometric and deformation fields are established to formulate the 2PKT approach. Two degrees of freedom (DOFs) including the average strain in the bottom steel reinforcement ( $\varepsilon_{t,avg}$ ) and the deformation in the critical loading zone ( $\Delta_c$ ) are used for implementing the model computation via the iterative process.

According to previous studies [2-5, 9, 14-17], the shear force of RC beams comprises four distinct components. Specifically, the shear-carrying capacity of the critical loading zone ( $V_{CLZ}$ ), the shear resistance due to interlocking of aggregate ( $V_{ci}$ ), the shear capacity provided by vertical steels ( $V_s$ ), and the shear force resisted by the dowel action of the flexural steel reinforcement ( $V_d$ ). The following equations are used in the 2PKT model for the geometrical and deformation fields:

$$l_{ble} = 0.11\sqrt{a^2 + h^2} \quad (1)$$

$$\alpha_1 = \max(\alpha, 35^\circ) \quad (2a)$$

$$\alpha = \arctan(h/a) \quad (2b)$$

$$l_t = d \cot \alpha_1 + l_k - l_0 \quad (3)$$

$$l_k = l_0 + d(\cot \alpha - \cot \alpha_1) \leq 2l_0 \quad (4a)$$

$$l_0 = 1.5(h-d) \cot \alpha_1 \geq s_{cr} \quad (4b)$$

$$s_{cr} = 0.28d_b \times 2.5(h-d) / (\rho_s d) \quad (4c)$$

$$w = \varepsilon_{t,avg} l_k / (2 \sin \alpha_1) + \Delta_c \cos \alpha_1 \quad (5)$$

$$s = \Delta_c \sin \alpha_1 \quad (6)$$

$$\varepsilon_v = 2 \times (0.25 \varepsilon_{t,avg} d \cot^2 \alpha_1 + \Delta_c) / 0.9d \quad (7)$$

$$\Delta = \varepsilon_{t,avg} l_t \cot \alpha + \Delta_c \quad (8)$$

where  $l_{ble}$  is the effective loading plate width (mm);  $a$  denotes the shear span length (mm);  $h$  is the overall height of the member (mm);  $\alpha_1$  is the diagonal crack angle (degree);  $\alpha$  is the inclination of the line linking the inside end  $l_{b2}$  and the outside end  $l_{ble}$ , as illustrated in Figure 1 (degree);  $l_t$  refers to the length of cracked path (mm);  $d$  is the effective depth (mm);  $l_k$  means the dowel length (mm);  $l_0$  is the opening at crack end (mm);  $s_{cr}$  is the spacing between cracks (mm);  $d_b$  refers to the size of bottom steel bars (mm);  $\rho_s$  is the percentage of stirrup.

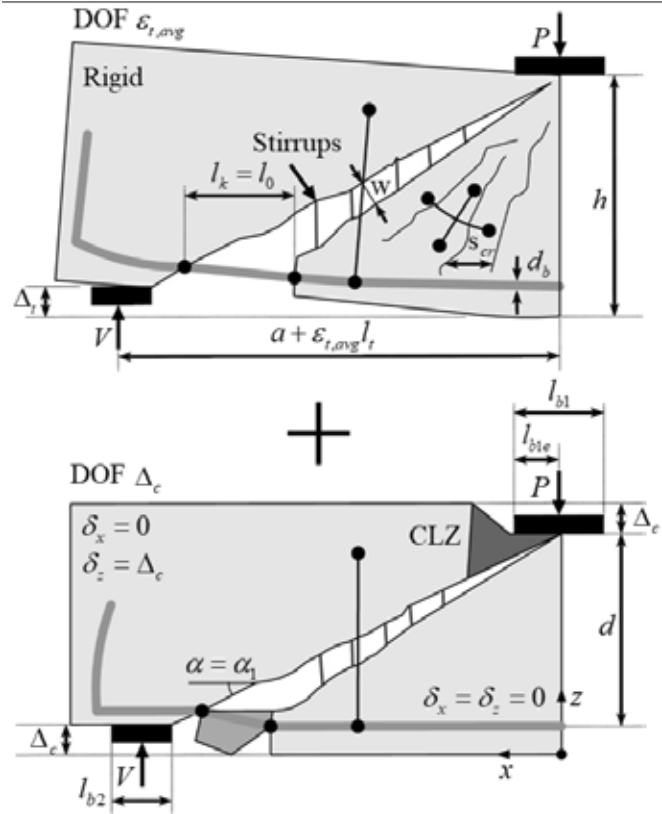


Figure 1. Configurations of the 2PKT for deep beams [15]

The formulations for calculating the shear contributions of each component are expressed below. In particular, the contribution of the critical loading zone in shear is derived by:

$$V_{CLZ} = k \sigma_{avg} (\varepsilon_{max} = \Delta_c \tan \alpha / 3l_{ble}) b l_{ble} \sin^2 \alpha \quad (9a)$$

where  $k$  is the crack configuration coefficient, taken as  $k = \max\{\min[1 - 2(\cot \alpha - 2), 1], 0\}$ ;  $b$  denotes the beam cross-section width (mm);  $\sigma_{avg}$  is the mean compressive stress in the CLZ

and is expressed in Eq. (9g) (MPa).

In the original 2PKT, the constitutive law for concrete material proposed by Popovics [18] is employed as below:

$$\sigma = \frac{n(\varepsilon / \varepsilon_c)}{n-1 + (\varepsilon / \varepsilon_c)^{nk}} f_c \quad (9b)$$

$$n = 0.8 + (f_c / 17) \quad (9c)$$

$$k = 0.67 + (f_c / 62) \quad (9d)$$

$$E_c = 3320\sqrt{f_c} + 6900 \quad (9e)$$

$$\varepsilon_c = \frac{f_c}{E_c} \frac{n}{n-1} \quad (9f)$$

$$\sigma_{avg} = \frac{\int_0^{\Delta_c / (3l_{ble})} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon}{\Delta_c / (3l_{ble})} \quad (9g)$$

The shear strength contributed by aggregate interlock  $V_{ci}$  is expressed as follows:

$$V_{ci} = 0.18v_{ci}(w, s)bd \quad (10a)$$

$$v_{ci} = 0.115 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sigma_{con} K \sin \varphi \cos \varphi d\varphi \quad (10b)$$

$$\sigma_{con} = 0 \leq 13.7\sqrt{f_c} \frac{s \sin \varphi - w \cos \varphi}{0.04} \leq 13.7\sqrt{f_c} \quad (10c)$$

$$K = 1 - \exp(1 - 0.5a_g / w) \geq 0 \quad (10d)$$

where  $\varphi$  is the angle of aggregate interlock (degree);  $a_g$  is the largest size of aggregate (mm);  $w$  denotes the crack width (mm);  $s$  means the crack slip (mm);  $d$  refers to the beam effective depth (mm).

The shear force provided by steel stirrups  $V_s$  is calculated by:

$$V_s = \sigma_{v,avg} \rho_s b (0.9d) \cot \alpha_1 \quad (11a)$$

where  $\rho_s$  is the percentage of stirrup steel;  $\sigma_{v,avg}$  knows as the stirrup average stress (MPa), as below:

$$\sigma_{v,avg} = \begin{cases} E_s \varepsilon_v / 2 & \text{when } \varepsilon_v \leq \varepsilon_{yv} \\ \frac{f_{yv} \varepsilon_{yv} / 2 + f_{yv} (\varepsilon_v - \varepsilon_{yv})}{\varepsilon_v} & \text{when } \varepsilon_v > \varepsilon_{yv} \end{cases} \quad (11b)$$

where  $E_s$  is the steel elastic modulus (GPa);  $\varepsilon_{yv} = f_{yv} / E_s$  is the stirrup yield strain; and  $f_{yv}$  is the stirrup yield strength (MPa).

The force contributed by dowel behavior of the tensile reinforcement  $V_d$  is determined by:

$$V_d = \min \left\{ n_b \frac{12E_s \pi d_b^4}{64l_k^3} \Delta_c, n_b f_y \frac{d_b^3}{3l_k} \left[ 1 - \left( \frac{\varepsilon_{t,avg}}{\varepsilon_y} \right)^2 \right] \right\} \quad (12)$$

where  $n_b$  is the amount of tensile reinforcement;  $d_b$  denotes the size of the flexural steel bars (mm);  $f_y$  refers to the bottom bar yield strength (MPa); and  $\varepsilon_y = f_y / E_s$  means their yield strain.

## 2.2. Material models for UHPC

In this study, UHPC deep beams are investigated; therefore, UHPC-specific material models proposed in previous studies are examined to replace the original concrete law used in the 2PKT method. The objective is to identify a suitable concrete constitutive model for determining the response of UHPC deep beams in shear using the 2PKT model.

The Xiao model [12] is based on the fractional mathematical function originally proposed by Popovics [20]. Its primary objective

is to simulate crack propagation in concrete using two characteristic variables. The maximum axial strength  $f_{cc}^*$  and its corresponding strain  $\varepsilon_{cc}^*$  were recalibrated using experimental datasets. The equations of the Xiao model [12] are expressed:

$$\frac{\sigma_3}{f_{cc}^*} = \frac{(\varepsilon_3 / \varepsilon_{cc}^*)^r}{r-1 + (\varepsilon_3 / \varepsilon_{cc}^*)^r} \quad (13a)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - (f_{cc}^* / \varepsilon_{cc}^*)} \quad (13b)$$

$$\frac{f_{cc}^*}{f_c} = 1 + 3.24 \left( \frac{f_l}{f_c} \right)^{0.80} \quad (13c)$$

$$\frac{\varepsilon_{cc}^*}{\varepsilon_c} = 1 + 17.4 \left( \frac{f_l}{f_c} \right)^{1.06} \quad (13d)$$

$$\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_c} = 0.85 \left[ 1 + 8 \left( \frac{f_l}{f_c} \right) \right] \left\{ \left[ 1 + 0.75 \left( -\frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_c} \right)^{0.7} \right] - \exp \left[ -7 \left( -\frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_c} \right) \right] \right\} \quad (13e)$$

where  $E_c = 4730\sqrt{f_c}$  is the concrete elastic modulus (MPa);  $f_l = \sigma_1 = \sigma_2$  is the concrete lateral confining stress (MPa);  $\varepsilon_l$  is the lateral strain calculated on the average value of  $\varepsilon_1$  and  $\varepsilon_2$  corresponding to  $\sigma_1$  and  $\sigma_2$ .

On other hand, nonlinear properties of UHPC can be simulated with concrete damage plasticity (CDP). The CDP assumes failure modes with cracking in tension and crushing in compression. The compressive stress-strain plot for UHPC is adopted from the works studied by Singh et al. [21] and Lu et al. [22]:

$$\sigma_c = \bar{f}_c \left[ \frac{\left( \frac{E_0}{E_{sc}} \right) \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right) - \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^2}{1 + \left( \frac{E_0}{E_{sc}} - 2 \right) \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)} \right] \text{ for } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \quad (14a)$$

$$\sigma_c = \left[ \frac{\bar{f}_c}{1 + \frac{1}{4} \left[ \left\{ \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right) - 1 \right\} / \left\{ \left( \frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_0} \right) - 1 \right\} \right]^{1.5}} \right] \text{ for } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \quad (14b)$$

$$\varepsilon_l = \varepsilon_0 \left[ \left( \frac{1.25}{10} \frac{E_0}{E_{sc}} + \frac{4}{5} \right) + \sqrt{\left( \frac{1.25}{10} \frac{E_0}{E_{sc}} + \frac{4}{5} \right)^2 - \frac{4}{5}} \right] \quad (14c)$$

$$\varepsilon_0 = 750(\bar{f}_c)^{0.35} \times 10^{-6} \quad (14d)$$

$$E_0 = 15050(\bar{f}_c / 10)^{1/3} \quad (14e)$$

$$E_{sc} = \bar{f}_c / \varepsilon_0 \quad (14f)$$

where  $\bar{f}_c$  is the peak concrete stress (MPa);  $\varepsilon_0$  is the corresponding strain at the peak stress;  $E_0$  is the elastic modulus in the CDP model according to Eq. (14e) (MPa); and  $E_{sc}$  is the secant modulus (MPa).

## 2.3. Solution technique

The shear strength of the deep beam is computed as the sum of  $V_{CLZ}$ ,  $V_{ci}$ ,  $V_s$ , and  $V_d$ , as formulated above. Conversely, due to the bending action, the shear force of the beam can be derived using moment equilibrium based on the force  $T$  in the section tensile zone, as presented in previous studies [3, 4]. Accordingly, the force

equilibrium can be identified by:

$$V = V_{CLZ} + V_{cl} + V_s + V_d \quad (15)$$

$$V = Tz / a \quad (16)$$

$$T = E_s A_s \varepsilon_{t,avg} + \frac{0.33\sqrt{f_c}}{\sqrt{1+200\varepsilon_{t,avg}}} A_{c,eff} \quad (17)$$

where  $z = 0.9d$  is the moment level arm (mm);  $a$  refers to the shear span of the beams (mm);  $A_s$  denotes the area of bottom bars (mm<sup>2</sup>); and  $A_{c,eff}$  means the effective concrete area around the tensile steel bars (mm<sup>2</sup>), estimated by smallest value of  $2.5(h-d)b$  and  $hb/2$ .

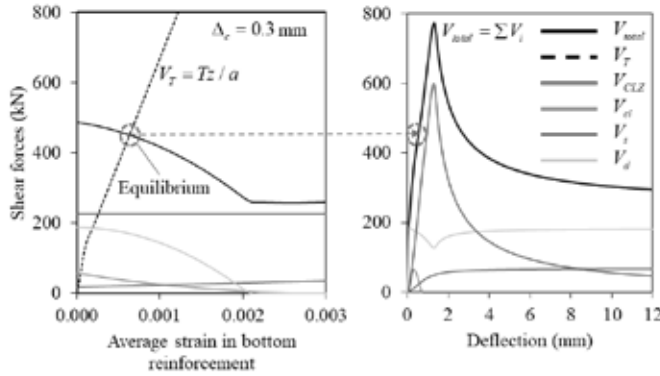


Figure 2. 2PKT solution process (specimen UDB- S -130 by Chen et al. [10])

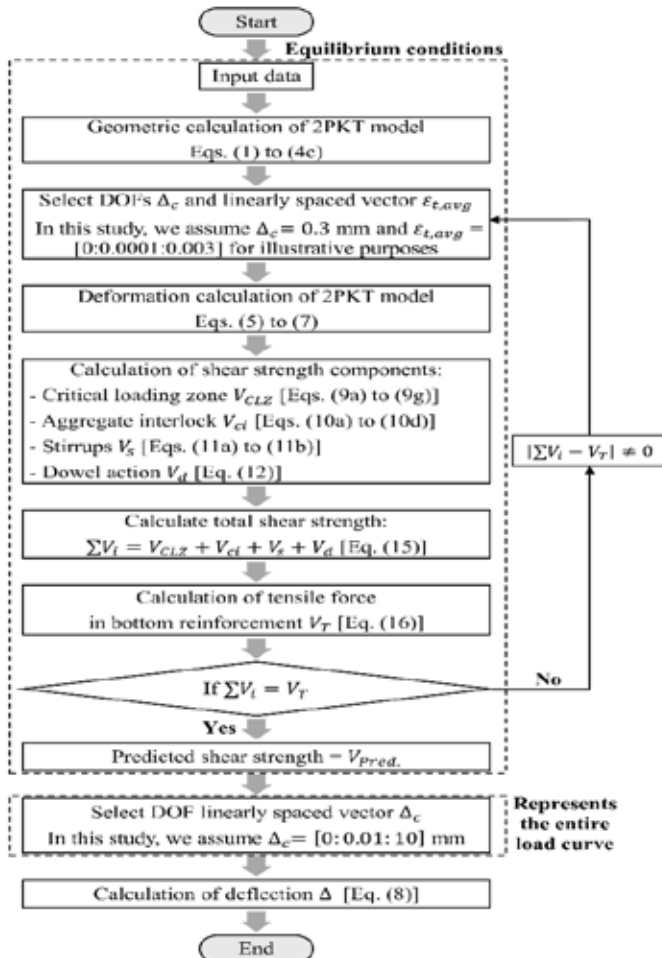


Figure 3. Flowchart of the 2PKT computation

To solve the above equations of the 2PKT approach, an iterative process for the variables  $\varepsilon_{t,avg}$  and  $\Delta_c$  are carried out. Hence, the main loop involves a monotonic increase of  $\Delta_c$ , while the internal loop iterates  $\varepsilon_{t,avg}$ . The iteration terminates once equilibrium is achieved according to Eqs. (15) and (16). In Figure 3, the algorithm of the 2PKT computation is illustrated. Figure 2 presents an example of the model solution. At a value of  $\Delta_c$ , the shear force components ( $V_{CLZ}$ ,  $V_{cl}$ ,  $V_s$ , and  $V_d$ ) can be computed by assuming the results of  $\varepsilon_{t,avg}$ . The value of  $\varepsilon_{t,avg}$  that satisfies the equilibrium in Eqs. (15) and (16) (i.e., the intersection point of  $V_T$  to  $V_{total}$ ) corresponds to a point on the shear load–displacement relation of the specimen, as demonstrated in the right graph of Figure 2. The advantage of the 2PKT approach is its ability to produce the complete load–displacement process, including both ascending and descending regimes, for the entire deep beam response or for individual shear components. This information is valuable for quantifying shear contributions and identifying the beam’s failure mechanisms.

### 3. MODEL VERIFICATION

#### 3.1 Experimental database

Experimental data from twelve UHPC deep beams tested in the study by Chen et al. [10] were collected to verify the model. The dimensions of all the beams were 600 mm in effective depth, 150 mm in width, and a 0.63 mm in maximum aggregate size. In Table 1, the beams were classified into four groups to analyze influences of four parameters  $s$  refers to concrete compressive strength (MPa),  $\lambda$  refers to shear span to effective depth ( $a/d$ ) ratio,  $\rho_s$  denotes bottom steel reinforcement ratio, and  $\rho_v$  refers to vertical steel ratio on beam performance.

The beam details required as model inputs are provided in Table 2, while Table 3 presents arrangement of the bottom steel rods for each beam group. The specimen naming convention is as follows: the first symbol, UDB, denotes UHPC deep beam; the second symbol indicates the investigated parameter; and the last symbol represents the corresponding value of that parameter. For example, the specimen labeled UDB-s-130 refers to a UHPC deep beam with a concrete compressive strength of 130 MPa.

#### 3.2. Model verification

The mean of  $V_{exp}/V_{pred.}$  values and the coefficient of variation (CoV) of those ratios are analyzed for model evaluation. The verification results are presented in Table 4. Using the original 2PKT method, the mean ratio and CoV were 1.36 and 8.74%, respectively. When applying the 2PKT approach combined with the UHPC material law proposed by Xiao et al. [12], these values improved to 0.98 and 7.91%. The 2PKT calculation using the CDP model for UHPC yielded a mean ratio of 1.24 and a CoV of 8.39%. These results indicate that incorporating a UHPC-specific constitutive law enhances the accuracy of the 2PKT method for deriving the resisting forces of UHPC deep beams in shear. However, implementations of 2PKT approaches using the original and CDP concrete constitutive rules tend to provide conservative predictions.

The comparison between tested and computed results of the full load-displacement plots is shown in Figures 4-7. Generally, the initial responses computed using the three variations of the 2PKT model are identical. The predicted full shear load-deflection relations for all deep beams with UHPC demonstrate good correlation with the tested plots in both prepeak and postpeak regimes. Notably, the load-deflection responses computed using the 2PKT model with UHPC-specific constitutive and CDP laws demonstrate better agreement with the experimental data than those using the original concrete model. This highlights the importance of applying appropriate constitutive laws. However, the stiffness predicted by the 2PKT model tends to be higher

than the experimental stiffness, which is attributed to the rigid interfacial assumption between steel bars and concrete.

In Figure 4, the comparison involves in the influence of maximum concrete strength on the specimens in group 1. The predicted and experimental results are consistent, i.e., the increase in concrete compressive strength leads to the enhancement in beam strength. Regarding the shear span-to-effective depth ratio parameter, Figure 5 presents the experimental and predicted results for specimens in group

Table 1. Classify specimens into each group [10]

|                     | Group 1       | Group 2               | Group 3                                        | Group 4                                        |
|---------------------|---------------|-----------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Specimen parameters | $S$           | $\lambda$             | $\rho_s$                                       | $\rho_v$                                       |
|                     | UDB- $S$ -130 | UDB- $\lambda$ -0.554 | UDB- $\lambda$ -0.923<br>( $\rho_s = 3.62\%$ ) | UDB- $\lambda$ -0.923<br>( $\rho_v = 0.19\%$ ) |
|                     | UDB- $S$ -140 | UDB- $\lambda$ -0.739 | UDB- $\rho_s$ -3.19%                           | UDB- $\rho_v$ -0%                              |
|                     | UDB- $S$ -160 | UDB- $\lambda$ -0.923 | UDB- $\rho_s$ -3.35%                           | UDB- $\rho_v$ -0.38%                           |
|                     | UDB- $S$ -180 |                       |                                                | UDB- $\rho_v$ -0.15%                           |

Table 2. Beam details [10]

| No. | Beam name             | $\lambda$ | $f_y$ | $f_{yv}$ | $f_c$ | $\rho_s$ | $\rho_v$ | $l_{b1}$ |
|-----|-----------------------|-----------|-------|----------|-------|----------|----------|----------|
|     |                       | ( $a/d$ ) | (MPa) | (MPa)    | (MPa) | (%)      | (%)      | (mm)     |
| 1   | UDB- $S$ -130         | 0.923     | 435.0 | 491.2    | 113.4 | 3.62     | 0.19     | 100      |
| 2   | UDB- $S$ -140         | 0.923     | 435.0 | 491.2    | 125.6 | 3.62     | 0.19     | 100      |
| 3   | UDB- $S$ -160         | 0.923     | 435.0 | 491.2    | 151.4 | 3.62     | 0.19     | 100      |
| 4   | UDB- $S$ -180         | 0.923     | 435.0 | 491.2    | 173.6 | 3.62     | 0.19     | 100      |
| 5   | UDB- $\lambda$ -0.554 | 0.554     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.62     | 0.19     | 100      |
| 6   | UDB- $\lambda$ -0.739 | 0.739     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.62     | 0.19     | 100      |
| 7   | UDB- $\lambda$ -0.923 | 0.923     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.62     | 0.19     | 100      |
| 8   | UDB- $\rho_s$ -3.19%  | 0.923     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.19     | 0.19     | 100      |
| 9   | UDB- $\rho_s$ -3.35%  | 0.923     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.35     | 0.19     | 100      |
| 10  | UDB- $\rho_v$ -0%     | 0.923     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.62     | —        | 100      |
| 11  | UDB- $\rho_v$ -0.38%  | 0.923     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.62     | 0.38     | 100      |
| 12  | UDB- $\rho_v$ -0.15%  | 0.923     | 410.5 | 414.0    | 138.5 | 3.62     | 0.15     | 100      |

Notation:  $\lambda$  = shear span-to-effective depth ratio;  $f_y$  = yield strength of longitudinal steel bars (MPa);  $f_{yv}$  = yield strength of vertical steels (MPa);  $f_c$  = concrete strength (MPa);  $\rho_s$  = longitudinal reinforcement ratio;  $\rho_v$  = stirrup reinforcement ratio;  $l_{b1}$  = loading plate width (mm).

Note: The yield strengths of steels in Table 2 are only applicable to longitudinal reinforcement with diameter of  $d_b = 25$  mm and steel stirrups with diameter of  $d_b = 6$  mm. The steel reinforcement  $d_b = 22$  mm diameter and  $d_b = 20$  mm diameter have their yield strengths by 446.0 MPa and 447.0 MPa, respectively.

Table 3. Details of bar numbers and diameters in specimens

| Beam name                 | Group 1/<br>Group 2/<br>UDB- $\rho_v$ -0% | UDB- $\rho_s$ -3.19%      | UDB- $\rho_s$ -3.35%      | UDB- $\rho_v$ -0.38%/<br>UDB- $\rho_v$ -0.15% |
|---------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|
| Number of bars & diameter | 6 $\phi$ 25                               | 2 $\phi$ 20 + 4 $\phi$ 25 | 2 $\phi$ 22 + 4 $\phi$ 25 | 4 $\phi$ 25                                   |

Table 4. Comparison between experimental and analytical results

| No. | Beam name             | $V_{exp.}$ (kN) | $V_{pred.}$ (kN) |         |         | $V_{exp.} / V_{pred.}$ (kN) |      |      |
|-----|-----------------------|-----------------|------------------|---------|---------|-----------------------------|------|------|
|     |                       |                 | Orig.            | Xiao    | CDP     | Orig.                       | Xiao | CDP  |
| 1   | UDB- $S$ -130         | 873.31          | 773.55           | 1056.26 | 850.91  | 1.13                        | 0.83 | 1.03 |
| 2   | UDB- $S$ -140         | 1089.40         | 821.26           | 1133.80 | 904.18  | 1.33                        | 0.96 | 1.20 |
| 3   | UDB- $S$ -160         | 1356.96         | 920.04           | 1292.04 | 1008.44 | 1.47                        | 1.05 | 1.35 |
| 4   | UDB- $S$ -180         | 1407.18         | 1003.07          | 1421.97 | 1088.05 | 1.40                        | 0.99 | 1.29 |
| 5   | UDB- $\lambda$ -0.554 | 1409.21         | 1195.95          | 1616.03 | 1277.46 | 1.18                        | 0.87 | 1.10 |
| 6   | UDB- $\lambda$ -0.739 | 1411.80         | 1008.28          | 1405.67 | 1107.51 | 1.40                        | 1.00 | 1.27 |

2. Overall, both computed and tested results exhibit a similar trend in capacity and stiffness as the  $a/d$  ratio is high. Specifically, greater  $a/d$  ratios correspond to reduced beam strength and stiffness. However, the experimental shear strength of beam UDB- $\lambda$ -0.739 was higher than that of beam UDB- $\lambda$ -0.554. Test observations in Chen et al. [10] revealed that the failure mechanism of specimen UDB- $\lambda$ -0.554 differed from the other beams.



|                                   |                       |         |        |         |        |      |      |      |
|-----------------------------------|-----------------------|---------|--------|---------|--------|------|------|------|
| 7                                 | UDB- $\lambda$ -0.923 | 1208.20 | 854.07 | 1195.42 | 940.23 | 1.41 | 1.01 | 1.29 |
| 8                                 | UDB- $\rho_s$ -3.19%  | 1150.70 | 828.15 | 1174.02 | 917.35 | 1.39 | 0.98 | 1.25 |
| 9                                 | UDB- $\rho_s$ -3.35%  | 1176.40 | 838.09 | 1182.04 | 925.98 | 1.40 | 1.00 | 1.27 |
| 10                                | UDB- $\rho_v$ -0%     | 1056.30 | 816.98 | 1147.68 | 897.13 | 1.29 | 0.92 | 1.18 |
| 11                                | UDB- $\rho_v$ -0.38%  | 1392.24 | 890.96 | 1242.76 | 983.02 | 1.56 | 1.12 | 1.42 |
| 12                                | UDB- $\rho_v$ -0.15%  | 1180.60 | 846.13 | 1185.37 | 931.14 | 1.40 | 1.00 | 1.27 |
| Mean of $V_{exp.} / V_{pred.}$    |                       |         |        |         |        | 1.36 | 0.98 | 1.24 |
| Coefficient of variation, CoV (%) |                       |         |        |         |        | 8.74 | 7.91 | 8.39 |

The effects of bottom reinforcement ratios (beams in group 3) and stirrup ratios (beams in group 4) are shown in Figures 6 and 7, respectively. In Figure 6, the number of bottom longitudinal bars was constant at six, while the bar diameter varied from 20 mm to 25 mm (see Table 3). An increase in bar diameter resulted in higher shear force capacity and greater beam stiffness. Larger longitudinal reinforcement leads to smaller strains  $\varepsilon_{t,avg}$  (and thus smaller deflections) under a given load. Additionally, the larger bar diameter enhances the shear contribution from dowel action. The 2PKT model equations effectively capture these mechanisms, which is why the predicted curves exhibit similar trends.

The addition of the amount of steel shear reinforcement improves the peak load of UHPC deep beams, as observed in both experimental and analytical results shown in Fig. 7 and Table 4. However, the 2PKT model predictions indicate that the stirrup ratio  $\rho_v$  slightly affects the beam deflection and capacity.

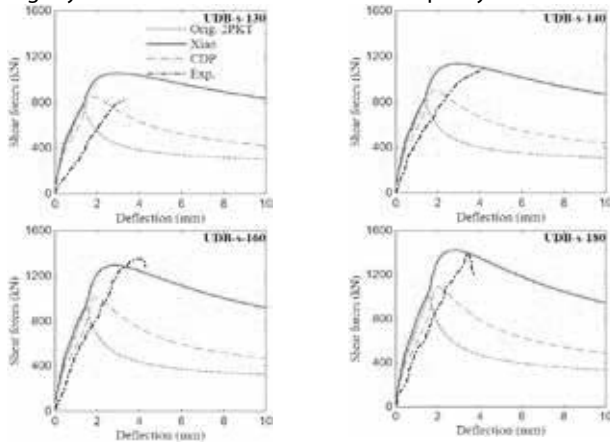


Figure 4. Experimental and predicted shear force–deflection plots of UHPC deep beams tested by Chen et al. [10] with varying concrete strength

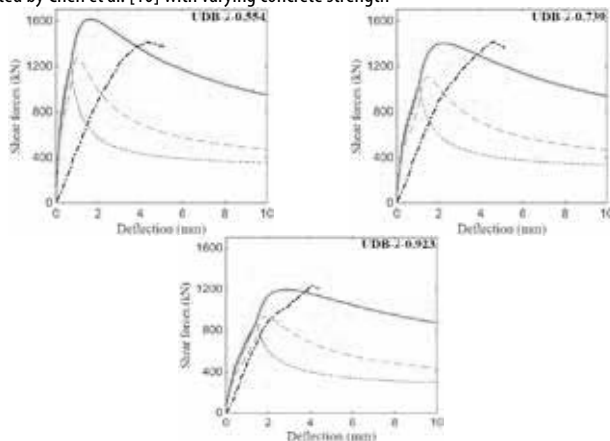


Figure 5. Experimental and predicted shear force–deflection plots of UHPC deep beams tested by Chen et al. [10] with varying shear span-effective depth ratio (note: curve legends

are defined in Figure 4)

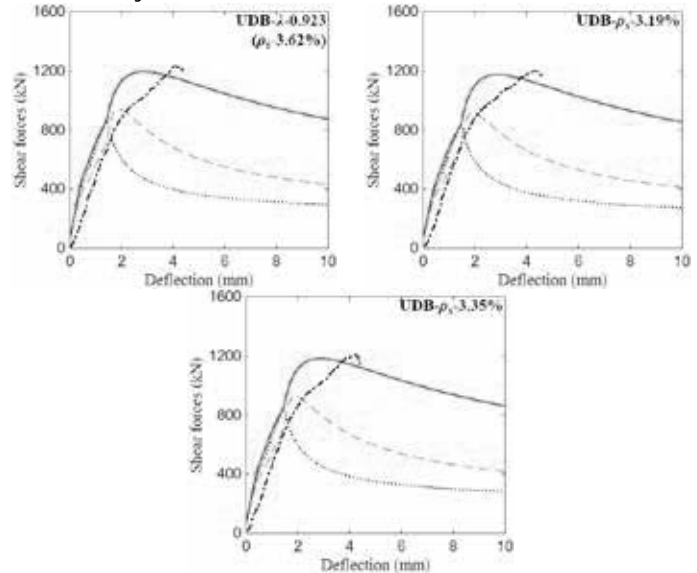


Figure 6. Experimental and predicted shear force–deflection plots of UHPC deep beams tested by Chen et al. [10] with varying bottom reinforcement percentage (note: curve legends are defined in Figure 4)

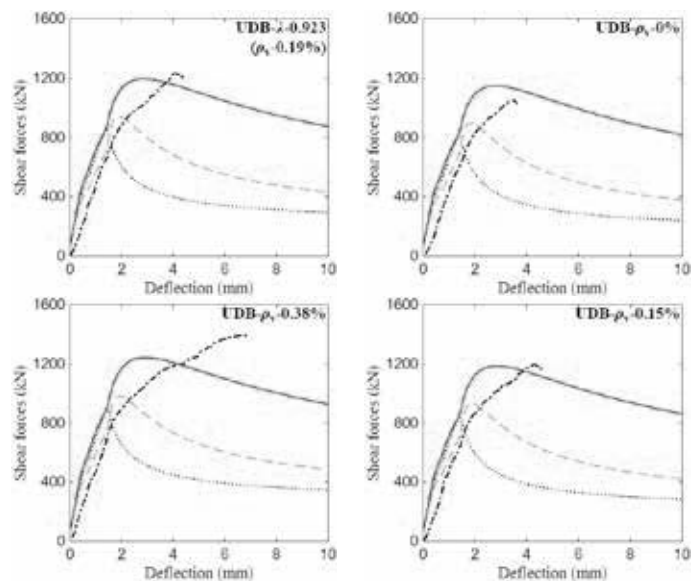


Figure 7. Experimental and predicted shear force–deflection plots of UHPC deep beams tested by Chen et al. [10] with varying steel stirrup ratio (note: curve legends are defined in Figure 4)

#### 4. CONCLUSIONS

Two-parameter kinematic theory (2PKT) was extended to

compute the entire shear load-deflection relations of ultra-high performance concrete (UHPC) deep beams. By comparison the calculated results with experimental data in the open literature, the corroboration and reliability of the model were analyzed. The main conclusions of the study are:

- The comparison using the original 2PKT computation yielded a mean  $V_{exp}/V_{pred}$  ratio of 1.36 with a CoV of 8.74%. When implementing the 2PKT with UHPC-specific and CDP constitutive laws, these values were 0.98 and 7.91%, and 1.24 and 8.39%, respectively. These results highlight the importance of using a UHPC-specific constitutive law in the 2PKT approach for rationally estimating the resistance of UHPC deep beams subjected to shear. However, if a conservative estimate is preferred, the 2PKT computations with the original and CDP concrete constitutive models can be considered.

- The 2PKT method accurately reproduced the entire process of shear load-displacement behavior of deep beams with UHPC. However, the beam stiffness predicted with the 2PKT was higher than that observed in the tested data. The 2PKT analysis also effectively assessed the impacts of ratio of shear span to effective depth, strength of concrete, and percentage of shear and flexural reinforcement on the mechanical performance of UHPC deep beam.

- Further research on the 2PKT implementation for UHPC deep beams is needed. Future work should incorporate the reinforcement-concrete bond model into the 2PKT formulations. Additionally, the assumption and behavior of the rigid parts and critical loading zone in UHPC deep beams may differ from those assumed in the original 2PKT method and require further investigation.

**Acknowledgements:** The first author acknowledges the Faculty of Civil Engineering, School of Technology, Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam. The last author (corresponding author) acknowledges Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), VNU-HCM for supporting this study.

## REFERENCES

- [1]. Do-Dai, T., T. Tran, D., & Nguyen-Minh, L. (2021). Effect of fiber amount and stirrup ratio on shear resistance of steel fiber reinforced concrete deep beams. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE) - HUCE*, 15(2), 1-13. [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(2\)-01](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(2)-01)
- [2]. Mihaylov, B. (2015). Five-spring model for complete shear behaviour of deep beams. *Structural Concrete*, 16(1): 71-83.
- [3]. Mihaylov, B., Liu, J., Tvrznikova, K. (2020). Two-parameter kinematic approach for complete shear behavior of deep FRC beams. *Structural Concrete*, 21(1): 362-375.
- [4]. Mihaylov, B., Rajapakse, C. (2021). A simplified kinematic approach for the shear strength of fiber-reinforced concrete deep beams. *Structural Concrete*, 22(1): 273-284.
- [5]. Mihaylov, B. I. (2017). Two-Parameter Kinematic Approach for Shear Strength of Deep Concrete Beams with Internal FRP Reinforcement. *Journal of Composites for Construction*, 21(2): 04016094.
- [6]. An, V. (2018). Study on using maximum amount of fly ash in producing ultra-high performance concrete. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE) - HUCE*, 12(3), 51-61. [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12\(3\)-06](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12(3)-06)
- [7]. Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Wang, D., Huang, Z., Fang, Z. (2015). A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design. *Construction and Building Materials*, 101: 741-751.
- [8]. Schlaich, J., Schäfer, K., Jennewein, M. (1987). Toward a consistent design of structural concrete. *PCI journal*, 32(3): 74-150.

- [9]. Mihaylov, B. I., Bentz, E. C., Collins, M. P. (2013). Two-Parameter Kinematic Theory for Shear Behavior of Deep Beams. *ACI Structural Journal*, 110(3).
- [10]. Chen, B., Zhou, J., Zhang, D., Su, J., Nuti, C., Sennah, K. (2022). Experimental study on shear performances of ultra-high performance concrete deep beams. *Structures*, 39: 310-322.
- [11]. Sakr, M. A., Osama, B., El Korany, T. M. (2021). Modeling of ultra-high performance fiber reinforced concrete columns under eccentric loading. *Structures*, 32: 2195-2210.
- [12]. Xiao, Q. G., Teng, J. G., Yu, T. (2010). Behavior and Modeling of Confined High-Strength Concrete. *Journal of Composites for Construction*, 14(3): 249-259.
- [13]. Liao, J., Zeng, J.-J., Zheng, Y., Liu, Y., Zhuge, Y., Zhang, L. (2024). Constitutive models of ultra-high performance concrete (UHPC) under true tri-axial compression and an analysis-oriented model for FRP-confined UHPC. *Engineering Structures*, 305: 117656.
- [14]. Mihaylov, B., Liu, J., Lobet, R. (2018). A kinematic approach for the complete shear behavior of short FRC coupling beams. *ACI Symposium Publication*, 328.
- [15]. Tran, T. S., Stitmannathum, B., Van Hong Bui, L., Nguyen, T.-T. (2023). Data-driven prediction of the shear capacity of ETS-FRP-strengthened beams in the hybrid 2PKT-ML approach. *Scientific Reports*, 13(1): 19871.
- [16]. Fathalla, E., Rajapakse, R. M. C. M., Mihaylov, B. I. (2022). Modeling the shear behavior of deep beams strengthened with FRP sheets. *Engineering Structures*, 260: 114232.
- [17]. Mihaylov, B. I., Liu, J., Garcia, C. C. (2020). Modeling the Effect of FRP Sheets on the Behavior of Short Coupling Beams Exhibiting Diagonal Tension Failure. *Journal of Composites for Construction*, 24(5): 04020042.
- [18]. Popovics, S. (1970). A Review of Stress-Strain Relationships for Concrete. *ACI Journal Proceedings*, 67(3).
- [19]. Li, B., Maekawa, K., Okamura, H. (1989). Contact density model for stress transfer across cracks in concrete. *Journal of Faculty of Engineering, The University of Tokyo*, 40: 9-52.
- [20]. Popovics, S. (1973). A numerical approach to the complete stress-strain curve of concrete. *Cement and Concrete Research*, 3(5): 583-599.
- [21]. Singh, M., Sheikh, A. H., Mohamed Ali, M. S., Visintin, P., Griffith, M. C. (2017). Experimental and numerical study of the flexural behaviour of ultra-high performance fibre reinforced concrete beams. *Construction and Building Materials*, 138: 12-25.
- [22]. Lu, Z.-H., Zhao, Y.-G. (2010). Empirical stress-strain model for unconfined high-strength concrete under uniaxial compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(11): 1181-1186.
- [23]. Mihaylov, B. (2015). Predicting the non-linear shear behaviour of deep beams based on a two-parameter kinematic model. *fib Symposium 2015 - Concrete - Innovation and Design*.



THĂNG LONG

## TỔNG CÔNG TY THĂNG LONG - CTCP



Cao tốc Vĩnh Hảo - Phan Thiết



Cầu Bến Mới



Cầu Phật Tích - Đại Đồng

*Kỷ niệm*

**80 NĂM CÁCH MẠNG THÁNG TÁM,  
QUỐC KHÁNH 2/9  
VÀ NGÀY TRUYỀN THỐNG  
NGÀNH GIAO THÔNG VẬN TẢI (28/8)**

Địa chỉ: Số 72 Nguyễn Chí Thanh - phường Láng - TP Hà Nội

VP giao dịch: Tầng 5, Tòa nhà Tasco, lô HH2-2, Phạm Hùng, phường Nam Từ Liêm, TP Hà Nội

Điện thoại: 091.555.43.42

Email: [tlg@tlg.com.vn](mailto:tlg@tlg.com.vn)





## **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