TẠP CHÍ
GIAO THÔNG vận tải
ISSN 2354-0818
CƠ QUAN CỦA BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
Tập 64 số 5/2024 (741) | tapchigiaothong.vn | e-ISSN 2615-9791

DỰ THẢO LUẬT ĐƯỜNG BỘ
CÓ GÌ MỚI?

TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN VĂN HƯỜNG
Điện thoại: 0913.54.55.66
Email: nguyenhuong.tcgt@gmail.com

P. TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN THANH HOA
Điện thoại: 0913.308.700
Email: hoatcgtvt@gmail.com

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
GS. TSKH. LÃ NGỌC KHUÊ; GS. TSKH. NGUYỄN NGỌC HUỆ; GS. TS. PHẠM HUY KHANG; GS. TS. ĐÀO VĂN ĐÔNG; PGS. TSKH. ĐẶNG VĂN UY; PGS. TS. HOÀNG HÀ; PGS. TS. TRẦN ĐẮC SỬ; PGS. TS. TỐNG TRẦN TÙNG; PGS. TS. NGUYỄN NGỌC LONG; PGS. TS. PHẠM DUY HÒA; PGS. TS. HOÀNG TÙNG; PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG; PGS. TS. NGUYỄN HỒNG THÁI; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC; PGS. TS. NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH; PGS. TS. NGUYỄN HOÀNG LONG; PGS. TS. LÊ QUỐC TIẾN; PGS. TS. NGUYỄN THANH SƠN; PGS. TS. NGUYỄN THANH CHƯƠNG; PGS. TS. NGUYỄN THANH SANG; TS. TRẦN DOÃN THỌ; TS. NGUYỄN XUÂN SANG; TS. KHUẤT VIỆT HÙNG; TS. NGUYỄN NGỌC LONG; TS. LÝ HUY TUẤN; TS. PHẠM CÔNG TRỊNH; TS. TRẦN BẢO NGỌC; TS. VŨ HỒNG TRƯỜNG; TS. LÊ ĐỖ MƯỜI; TS. NGUYỄN VĂN TƯƠI; TS. NGUYỄN XUÂN CƯỜNG; TS. BÙI THIÊN THU; TS. NGUYỄN VĂN BÍNH; TS. NGUYỄN VĂN THÀNH; TS. PHẠM HOÀI CHUNG; ThS. LÂM VĂN HOÀNG; ThS. PHẠM HỮU SƠN; ThS. HOÀNG HỒNG GIANG.

TÒA SOẠN
106 Thái Thịnh - Đống Đa - Hà Nội

PHÒNG HÀNH CHÍNH TRỊ SỰ VÀ TRUYỀN THÔNG

Hành chính Trị sự
Điện thoại: (024) 3942.6389
Fax: (024) 3822.1153
Email: tapchigiaothong1960@gmail.com

Truyền thông
Điện thoại: (024) 3822.0392
Email: phongtruyenthong.gtvt@gmail.com

PHÒNG THƯ KÝ - BIÊN TẬP VÀ PHÓNG VIÊN THƯỜNG TRÚ

Thư ký - Biên tập
Điện thoại: (024) 3942.0744
Email: phongtkts.gtvt@gmail.com

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Trung và Tây Nguyên
16 Lý Tự Trọng, quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Điện thoại: 0914.228.918

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Nam
17A Hồng Hà, quận Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại & Fax: (028) 3914.1489
Email: tapchigtvtmn@gmail.com

PHÒNG PHÓNG VIÊN - TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ
Điện thoại: (024) 3942.8737
Email: phongpv.gtvt@gmail.com

Giấy phép số 465/GP-BTTTT
do Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 26/09/2022

Tài khoản: Tạp chí Giao thông vận tải 118000001700
- Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam
- Chi nhánh TP. Hà Nội

Mã số thuế: 0100104098

Chế bản tại Tạp chí GTVT; In tại Công ty CP In Khoa học công nghệ Hà Nội

Bìa 1: Dự thảo Luật Đường bộ có gì mới?
Trình bày bìa: Sinh Nguyễn

GIAO THÔNG
TRANSPORT MAGAZINE vận tải

Mục lục

CONTENTS • THÁNG 5 • (NĂM THỨ 65)

04 **Cơ sở đột phá phát triển hạ tầng giao thông đường bộ**
The basic breakthrough for developing road transport infrastructure
KHÁNH LÊ

06 **Gia tăng hiệu lực, hiệu quả quản lý hoạt động vận tải**
The Increase in the effectiveness and efficiency of transport operation management
VŨ THÀNH VŨ

08 **Tăng cường quy định quản lý, khai thác và vận hành an toàn đường bộ**
Enhancement for management regulations, exploitation and operations on road safety
LONG HOÀNG

10 **"Số hóa" hồ sơ từng con đường, cây cầu**
"Digitize" each road and bridge
HOÀNG LONG

12 **Một số nội dung lớn còn tranh luận**
Existing controversial issues
BÌNH MINH

16 **Tận thấy phạt "nguội" vi phạm giao thông ở Bắc Giang**
Observations of "cold" fines for traffic violations in Bac Giang province
ANH BẮC

18 **Quyết liệt gỡ "vướng" mặt bằng, vật liệu đẩy nhanh thi công cao tốc Bắc - Nam**
Urgently removing "obstacles" in site clearance and material problems to accelerate the North-South Expressway construction
THANH HUYỀN

20 **Kỷ niệm ngày Khoa học và Công nghệ Việt Nam (18/5): Thợ cầu Việt Nam kế thừa, học hỏi và làm chủ công nghệ hiện đại**
Celebrating the Vietnam Science and Technology Day (May 18): Vietnamese bridge workers inherit, learn and master modern technology
NAM CƯỜNG

22 **Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng tháp cách bố trí các vị trí neo dây văng vào đỉnh tháp đến ứng xử của kết cấu cầu dây văng**
Studying the influence of the tower shape and the arrangement of cable anchorage positions to the top of the tower on the behavior of cable-stayed bridge structures
PGS. TS. HOÀNG HÀ

26 **Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng tải trọng động đến ổn định mái dốc nền đường**
Research on evaluating the impact of live loads on roadbed slope stability
TS. NGUYỄN VĂN DU; PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG

30 **Ảnh hưởng của loại bitum và hàm lượng nước đến các tính chất của bitum bọt**
Effect of bitumen type and water content to the properties of foam bitumen
TS. NGUYỄN NGỌC LÂN; TS. LÊ MINH CƯỜNG; TS. NGUYỄN VĂN TƯƠI

34 **Mô-đun đàn hồi động của hỗn hợp Microsurfacing sử dụng trong bảo trì mặt đường ở Việt Nam**
Dynamic elastic modulus of Microsurfacing mixtures used in pavement maintenance in Vietnam
ThS. NCS. BÙI VIẾT CƯỜNG; PGS. TS. NGUYỄN QUANG TUẤN
PGS. TS. TRẦN THỊ KIM ĐĂNG

38 **Phân tích ưu điểm và đánh giá một số chỉ tiêu của nhũ tương nhựa đường thấm bám khi xây dựng mặt đường bê tông nhựa ở Việt Nam**
Analyzing the advantages and evaluating certain criteria of emulsified asphalt prime during the construction of asphalt concrete pavements in Vietnam
TS. ĐỖ VƯƠNG VINH; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC

Mục lục

CONTENTS • THÁNG 5 • (NĂM THỨ 65)

43 **Sử dụng mô hình thiết kế thực nghiệm yếu tố toàn phần 2^k phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông xi măng cốt sợi thép làm mặt đường ô tô**
Using the 2^k total element experimental design model to analyze factors affecting the compressive strength and flexural tensile strength of steel fiber reinforced cement concrete for highway construction
TS. TRẦN THỊ THU HÀ

47 **Dự báo tuổi thọ cầu giàn thép cũ theo chỉ số độ tin cậy có xét đến yếu tố ăn mòn tiết diện tại khu vực miền Trung Việt Nam**
Predicting the service life of the old steel truss bridge using the reliability index considering the cross-sectional corrosion in the Central region of Vietnam
GVC. TS. NGUYỄN DUY THẢO

51 **Đánh giá ảnh hưởng của chiều dày lớp nước tới hiện tượng trượt thủy lực của tàu bay trên mặt đường cất hạ cánh**
Evaluating the influence of water film thickness on aircraft landing hydroplaning risk
KS. NGUYỄN HỮU LÂM; TS. NGUYỄN VĂN HIẾU
PGS. TS. HOÀNG QUỐC LONG

55 **Nghiên cứu khả năng sử dụng cốt liệu bê tông phế thải trong hỗn hợp bê tông xi măng làm mặt đường**
Research on the percentage of using recycled concrete aggregate in highway rigid pavement construction
ThS. PHẠM QUANG THÔNG

58 **Nghiên cứu ứng dụng bê tông siêu tính năng UHPC cho trụ cầu chống lại tải trọng nổ**
Research on the application of ultra-high performance concrete UHPC for bridge piers to resist explosive loads
TS. LÊ BÁ DANH

62 **Phát hiện hư hỏng cho cầu giàn thép sử dụng mô hình 1DCNN-LSTM**
Damage detection for a steel truss bridge using 1DCNN-LSTM model
TS. TRẦN NGỌC HÒA; BÙI PHÚC LỘC
NGUYỄN ĐỨC LƯƠNG; TỐNG ĐỨC MẠNH; VŨ MẠNH TRUNG

66 **Nghiên cứu ứng dụng thí nghiệm xuyên đánh giá khả năng kháng lún vệt bánh xe của bê tông nhựa ở Việt Nam**
A study on uniaxial penetration testing for assessing rutting resistance of asphalt concrete in Vietnam
TS. TRẦN DANH HỢI

70 **Đánh giá tình trạng hư hỏng của dầm T bê tông thông qua thuật toán tối ưu ngẫu nhiên kết hợp với dữ liệu đo dao động**
Assessing damage conditions in concrete T-girders through stochastic optimization integrated with vibration data
TS. HỒ VIỆT LONG; TS. HỒ VĨNH HẠ
TS. VŨ VĂN TOẢN; TS. HỒ XUÂN BA

74 **Nghiên cứu một số kỹ thuật khai phá dữ liệu và ứng dụng trong bài toán tư vấn học tập tại trường đại học**
Research on data mining techniques and applications in university consulting
TS. NGUYỄN QUỐC TUẤN

78 **Nghiên cứu ứng dụng lý thuyết sai số để xử lý số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu theo phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng**
Research on applying error theory to process soft ground settlement monitoring data using the approximate analytical Hyperbolic method
ThS. NCS. TRẦN THỊ THẢO

82 **Nghiên cứu phát hiện vết nứt của kết cấu bê tông dựa trên mạng nơ-ron tích chập CNN**
Research on crack detection in concrete structures using a convolutional neural network CNN
ThS. LÊ QUỲNH NGA

86 **Vấn đề vượt đèn đỏ tại các nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu đường ngoài đô thị TP. Hà Nội**
An investigation on running red lights at intersections controlled by road signals outside the urban areas of Hanoi city
ThS. VŨ HOÀNG KHÔI; ThS. NGUYỄN CHÍ CÔNG
ThS. VŨ QUANG HUY

90 **Xây dựng công thức thực nghiệm dự tính xói cục bộ trụ cầu dạng phức hợp**
Developing an empirical formula to estimate local erosion of complex bridge piers
TS. NGUYỄN ĐĂNG PHÓNG; ThS. HOÀNG THỊ MINH HẢI

94 **Nghiên cứu chế tạo bê tông geopolyme sử dụng chất hoạt hóa một thành phần và cát biển**
Research on manufacturing geopolymer concrete using one-component activator and sea sand
TS. ĐẶNG THÙY CHI

98 **Định tuyến địa lý cho mạng VANET có xét đến mức độ ưu tiên khác nhau của các ứng dụng trong ITS**
Geographical routing for VANETs in consideration of different priority levels of applications in ITS
TS. VÕ TRƯỜNG SƠN

102 **Nghiên cứu đánh giá độ chính xác bản đồ vệ tinh của Google phục vụ khảo sát, thiết kế đường ô tô**
Research on assessing the accuracy of Google satellite maps for highway survey and design
TS. NGUYỄN VĂN CHÍNH

106 **Xếp hạng tải cho cầu dầm I dự ứng lực bằng ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)**
Load rating for prestressed I-girder bridges using artificial neural network (ANN)
ThS. NCS. ĐÀM MINH HÙNG
PGS. TS. NGUYỄN HỮU HƯNG

110 **Phương pháp xây dựng mô hình dự báo nhu cầu đi lại - ứng dụng tại TP. Hồ Chí Minh**
Method of building a travel demand forecasting model - application in Ho Chi Minh City
TS. PHAN NGUYỄN HOÀI NAM

113 **Áp dụng GIS trong đánh giá tác động tích lũy đối với các dự án xây dựng hạ tầng giao thông - Đề xuất khả năng áp dụng tại Việt Nam**
Applying GIS to cumulative impact assessment of transport infrastructure projects - Proposal for applicability in Vietnam
ThS. TRỊNH XUÂN BÁU

116 **Thiết kế mô hình bãi lọc để xử lý nước thải tại trạm dừng nghỉ đường bộ**
Designing a model of filtration systems to treat wastewater at road rest stations
TS. VŨ PHƯƠNG THẢO; ThS. VŨ KIM HẠNH

120 **Áp dụng YOLOv8 để nâng cao độ chính xác trong việc chẩn đoán sự cố của động cơ diesel trên tàu biển**
Apply YOLOv8 to improve precisison of trouble diagnoses for diesel engine on the ship
PGS. TS. TRẦN HỒNG HÀ; ThS. BÙI QUỐC TÚ
ThS. NGUYỄN KIM ANH

124 **Nghiên cứu hệ thống điều tiết linh hoạt lưu lượng xe ô tô tại khu vực nội đô TP. Hồ Chí Minh**
Research on the flexible traffic flow regulation system for automobiles in the inner-city area of Ho Chi Minh City
TS. ĐOÀN VĂN ĐỔNG

Phát huy truyền thống đi trước mở đường, tiếp tục đổi mới, quyết liệt cải cách vì sự hài lòng hơn của người dân và doanh nghiệp

128 **Nghiên cứu mô phỏng hệ thống lái trợ lực điện C-EPS cho xe ô tô sử dụng trợ lực điện bằng hệ biến tần SVPWM - động cơ điện đồng bộ ba pha nam châm vĩnh cửu (PMSM) áp dụng phương pháp điều khiển PI - Fuzzy logic**
A study of simulation of C-EPS electric power steering system for cars with electric power steering using SVPWM inverter system - three-phase permanent magnetic synchronous motor (PMSM) applying PI - Fuzzy logic control method
TS. ĐÀO QUANG KHANH
ThS. HỨA XUÂN LONG
ThS. TỐNG LÂM TÙNG

132 **Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển phương tiện mặt nước không người lái phục vụ giám sát chất lượng môi trường cảng dựa trên thuật toán ACO**
Research on designing an unmanned surface vehicle controller for port environmental quality monitoring based on the ACO algorithm
TS. NGUYỄN ĐÌNH THẠCH

136 **Phương pháp định tuyến đường đi cho robot tự hành trong địa hình không bằng phẳng**
Path routing methods for mobile robot navigation in rough terrain
ThS. VŨ DUY NGHĨA

138 **Xây dựng đặc tính biểu diễn sự ảnh hưởng của lớp cáu cặn trong bầu làm mát dầu bôi trơn tới nhiệt độ dầu bôi trơn động cơ diesel**
Developing characteristics to demonstrate the influence of the scale layer in the lubricating oil cooler on the diesel engine lubricating oil temperature
ThS. NGUYỄN MINH ĐỨC
ThS. VŨ ĐỨC ANH
ThS. VŨ ANH TUẤN

141 **Tổng hợp vật liệu nano vonframat pha tạp $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+} bằng phương pháp hóa ướt và khảo sát hoạt tính xúc tác quang phân hủy phẩm nhuộm**
Synthesis of $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+} doped tungsten nanomaterials by wet chemical method and investigation of photocatalytic activity in dyes
ThS. VŨ THỊ XUÂN

145 **Nghiên cứu các giải pháp nâng cao an toàn hành hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam**
Research on solutions to improve ship navigation safety in Vietnam's maritime channels
TS. MAI BÁ LĨNH

149 **Nghiên cứu, ứng dụng điều khiển biến tần - động cơ trong điều khiển điều tốc điện tử mg800 hãng Nabtesco dùng cho máy chính tàu thủy**
Research and application of inverter - motor control for Nabtesco's mg800 electronic governor used for main engines of ships
TS. NGUYỄN HỮU QUYỀN
ThS. PHAN ĐĂNG ĐÀO

153 **Tính toán lực bẻ lái trung bình đến hướng chuyển động tàu thủy khi tồn tại xâm thực cục bộ tại bánh lái**
Calculations on average steering force following the ship's course when existing the local cavitation on the rudder
TS. CỔ TẤN ANH VŨ

156 **Tính toán dấu vết carbon để kiểm toán khí nhà kính - một vấn đề mới cần được quan tâm của các dự án xây dựng công trình giao thông**
Calculations on carbon footprint for greenhouse gas audit - a new problem for transport construction projects
PGS. TS. TRẦN THU HẰNG

160 **Nhận diện những thách thức trong áp dụng kinh tế tuần hoàn đối với ngành Xây dựng**
Identifying challenges in applying a circular economy to the construction industry
TS. VŨ MINH HẰNG
ThS. LÊ KIM NHUNG
ThS. NGUYỄN QUANG HIỂN

164 **Ứng dụng công nghệ V2X trong tổ chức vận tải tại các đô thị lớn Việt Nam**
Applying V2X technology in transport organization in large cities in Vietnam
TS. NGUYỄN MẠNH HÙNG

168 **Nghiên cứu đề xuất định hướng xây dựng hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật cho đường sắt đô thị tại Việt Nam**
Research on proposing orientations for building a system of technical regulations and standards for urban railways in Vietnam
TS. NGUYỄN THỊ HOÀI AN

172 **Áp dụng Công nghệ xây dựng 4.0 để thúc đẩy phát triển bền vững tại đồng bằng sông Cửu Long**
Applying construction technology 4.0 to promote sustainable development in the Mekong Delta
TS. HUỲNH XUÂN TÍN

176 **Nghiên cứu các yếu tố tác động đến chất lượng dịch vụ tại các bãi container khu vực Hải Phòng**
Research on factors affecting service quality at container terminals in Hai Phong
TS. NGUYỄN MINH ĐỨC
TS. ĐỖ THỊ MINH HOÀNG

179 **Nghiên cứu tác động của các yếu tố môi trường nội bộ đến thương hiệu cảng biển: Trường hợp tại TP. Hải Phòng**
Research on internal environmental factors affecting the seaport competitiveness: A case study in Hai Phong
PGS. TS. HỒ THỊ THU HÒA
NGUYỄN HỒ THANH NGÂN
ThS. NCS. NGUYỄN THẮNG LỢI
ThS. TÔ THỊ HẰNG
KS. NGUYỄN THANH DANH

183 **Thực trạng an ninh dữ liệu của doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp vận tải, logistics và đề xuất một số giải pháp khắc phục**
Current situation of data security of enterprises, especially transportation and logistics enterprises and possible solutions
ThS. BÙI ĐÌNH VŨ

186 **Số hóa quản lý cơ sở vật chất - lợi ích và những rào cản**
Digitalization of facilities management - benefits and barriers
ThS. NGÔ TOÀN THẮNG

190 **Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành của các doanh nghiệp trên địa bàn TP. Hồ chí minh**
Research on factors affecting the quality of audit services of final settlement reports of enterprises in Ho Chi Minh city
PGS. TS. PHẠM PHÚ CƯỜNG
KS. ĐẶNG HUY VIỆT

194 **Xu thế tất yếu phát triển "giao thông xanh" ở các đô thị Việt Nam**
The inevitable trend of developing "green transportation" in Vietnamese cities
NAM NINH

TỪ TRANG 196 ĐẾN 203 LÀ CÁC BÀI VIẾT CỦA CÁC CHUYÊN MỤC:

Quốc tế, Môi trường, Thế giới xe, Chuyên đề.

DỰ THẢO LUẬT ĐƯỜNG BỘ CÓ GÌ MỚI?

Dự thảo Luật Đường bộ được tách ra từ Luật Giao thông đường bộ 2008 đang được cơ quan soạn thảo tiếp thu, điều chỉnh để hoàn thiện và sẽ trình Quốc hội thảo luận tại Kỳ họp thứ 7, Quốc hội khóa XV tới đây. Dự thảo Luật Đường bộ được bổ sung nhiều điểm mới, có tính phổ quát và định hướng lâu dài hơn so với Luật Giao thông đường bộ 2008 là cơ sở tạo cơ chế đột phá để phát triển hệ thống hạ tầng GTVT đường bộ đồng bộ, hiện đại, đáp ứng nhu cầu phát triển đất nước trong tình hình mới.

Cơ sở đột phá phát triển hạ tầng giao thông đường bộ

KHÁNH LÊ

Tờ trình số 412/TTr-CP của Chính phủ về Luật Đường bộ nêu rõ: Dự thảo Luật Đường bộ "nhằm tiếp tục hoàn thiện cơ chế, chính sách về kết cấu hạ tầng đường bộ; tăng cường quản lý nhà nước, thể chế hóa chủ trương, chính sách của Đảng và Nhà nước về phát triển kết cấu hạ tầng đường bộ, phát triển vận tải đường bộ; thực hiện cam kết của Việt Nam với cộng đồng quốc tế; khắc phục những vướng mắc, bất cập trong quá trình triển khai pháp luật về giao thông đường bộ trong thời gian qua".

Dự thảo Luật Đường bộ được đánh giá sẽ tạo một "luồng gió mới" trong việc kêu gọi nguồn lực đầu tư vào lĩnh vực đường bộ

TẬP TRUNG NGUỒN LỰC, TĂNG QUỸ ĐẤT CHO GIAO THÔNG

Dự thảo Luật Đường bộ xây dựng trên nguyên tắc kế thừa, tiếp tục phát triển và hoàn thiện những quy định pháp luật về GTVT đường bộ còn phù hợp với thực tế và đã có tác động tích cực đối với sự phát triển của lĩnh vực GTVT đường bộ, đồng thời sửa đổi, bổ sung những quy định đã phát sinh hạn chế, vướng mắc trong quá trình thực hiện. Đặc biệt, Dự thảo Luật Đường bộ sẽ giúp hoàn thiện thể chế, chính sách, tạo cơ chế để huy động tối đa mọi nguồn lực đột phá trong đầu tư xây dựng, phát triển kết cấu hạ tầng đường bộ hiện đại, đồng bộ kết nối, làm cơ sở kết cấu lại các phương thức vận tải. Tiếp đó, nội dung Dự thảo Luật nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ, đảm bảo an toàn vận tải đường bộ, tạo nên thị trường vận tải có cơ cấu hợp lý, hiệu quả và cạnh tranh; nâng cao năng lực, hiệu quả sản xuất kinh doanh của các doanh nghiệp vận tải đường bộ, cơ cấu lại thị phần vận tải trong lĩnh vực đường bộ; coi trọng khai thác hiệu quả cơ sở hạ tầng hiện có, kết hợp đầu tư mới để nâng cao hiệu quả và tiết kiệm nguồn lực; gắn phát triển GTVT với đảm bảo trật tự ATGT.

Theo Vụ Pháp chế (Bộ GTVT), Dự thảo Luật Đường bộ đã có cái nhìn dài hơi hơn về quy hoạch phát triển hệ thống đường bộ so với Luật Giao thông đường bộ 2008, đó là: Đưa quy hoạch mạng lưới đường bộ từ 10 năm lên tầm nhìn từ 30 năm đến 50 năm (Điều 5, khoản 3). Đặc biệt, các quy hoạch này được rà soát theo định kỳ 5 năm để điều chỉnh phù hợp với tình hình phát triển kinh tế - xã hội trong từng giai đoạn và được công bố công khai theo quy định của pháp luật về quy hoạch, đồng thời sẽ tập trung các nguồn lực để phát triển kết cấu hạ

tầng đường bộ hiện đại, thích ứng với biến đổi khí hậu, thân thiện với môi trường; kết nối đồng bộ các tuyến đường bộ, các phương thức vận tải khác với vận tải đường bộ; xây dựng cơ chế đẩy mạnh huy động các nguồn lực xã hội, đa dạng các hình thức, phương thức đầu tư, xây dựng, quản lý, vận hành, khai thác, bảo trì kết cấu hạ tầng đường bộ. Đồng thời, chính sách phát triển đường bộ sẽ ưu tiên phát triển các tuyến đường cao tốc, các công trình, dự án đường bộ trọng điểm kết nối vùng, khu vực, đô thị lớn, trung tâm trong nước và quốc tế; phát triển kết cấu hạ tầng đường bộ khu vực miền núi, vùng sâu, vùng xa, biên giới, hải đảo, vùng dân tộc thiểu số; phát triển kết cấu hạ tầng đường bộ tại các đô thị để giảm ùn tắc giao thông (Điều 4).

Trao đổi với Tạp chí GTVT, ông Nguyễn Văn Quyền, Chủ tịch Hiệp hội Vận tải ô tô Việt Nam cho biết, Dự thảo Luật đường bộ sẽ đẩy mạnh phân cấp, phân quyền nhưng phải đi đôi với bảo đảm cơ sở vật chất, nguồn lực tài chính để tổ chức thực hiện có hiệu quả. "Đặc biệt, tại Điều 8 nội dung dự thảo nêu rõ việc phân định thẩm quyền, trách nhiệm giữa các cấp, các ngành với đẩy mạnh cải cách thủ tục hành chính, bảo đảm các điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của các thành phần kinh tế với môi trường kinh doanh thông thoáng, bình đẳng trong hoạt động đường bộ, từ đó tạo đà cho vận tải đường bộ phát triển, góp phần phát triển kinh tế - xã hội trong thời gian tới", ông Quyền nhấn mạnh.

Một trong những điểm mới phải kể đến trong Dự thảo Luật Đường bộ lần này là bổ sung đường thôn, xóm vào mạng lưới đường bộ nhằm phát triển kết cấu hạ tầng giao thông nông thôn theo Chương trình mục tiêu quốc gia, đi kèm với đó là phân loại đường bộ theo cấp quản lý để phân định trách nhiệm quản lý đường bộ từ Trung ương đến địa phương vì trước đây không có trong Luật Giao thông đường bộ 2008. Đây sẽ là cơ sở để đầu tư, xây dựng, bảo trì, bảo dưỡng hệ thống đường và nâng cao ATGT khu vực nông thôn. Thêm nữa, tại Điều 12 bổ sung quy định về tỷ lệ quỹ đất giao thông đô thị so với đất xây dựng đô thị đối với đô thị xây dựng mới và các đô thị tại vùng sâu, vùng xa, vùng biên giới, hải đảo, đô thị là di sản được UNESCO công nhận. Cụ thể: Đô thị loại đặc biệt: 18 - 26%; đô thị loại I: 16 - 24%; đô thị loại II: 15 - 22%; đô thị loại III: 13 - 19%; đô thị loại IV: 12 - 17%; đô thị loại V: 11 - 16%. Điều này sẽ giải quyết tình trạng ùn tắc giao thông, trong đó do một phần hạ tầng chưa đầy đủ, đồng bộ; hệ thống đường tỉnh thiếu vốn đầu tư xây dựng, chất lượng còn hạn chế; đường giao thông nông thôn, đặc biệt tại khu vực miền núi, vùng sâu, vùng xa còn khó khăn, trong khi Luật Giao thông đường bộ 2008 chưa phân loại được từng loại đô thị, mà chỉ quy định cứng đất dành cho giao thông là từ 18 - 26%.

HOÀN THIỆN THỂ CHẾ CHO PHÁT TRIỂN ĐƯỜNG CAO TỐC

Để phát huy hiệu quả từ chủ trương đầu tư cao tốc Bắc - Nam, toàn ngành GTVT đã nỗ lực "vượt nắng, thắng mưa" để hoàn thành dự án phía Đông giai đoạn 2017 - 2020, đến nay đã đưa vào khai thác 634 km đường cao tốc, dự kiến đến năm 2025 sẽ xong toàn tuyến. Với ý nghĩa và tầm quan trọng đó, trong Dự thảo Luật Đường bộ đã dành hẳn 1 Chương (Chương III với 16 Điều) quy định về đường cao tốc, đây là điểm mới của dự thảo lần này so với Luật Giao thông đường bộ 2008 với nhiều quy định cụ thể từ chủ trương, chính sách, nguồn lực đầu tư, quản lý vận hành, khai thác.

Theo đó, Điều 45 quy định đường cao tốc được thiết kế theo tiêu chuẩn, quy chuẩn riêng và được bảo đảm yếu tố khoa học kỹ thuật hiện đại, số hóa, phát triển bền vững.

Dự thảo quy định, Nhà nước đảm bảo nguồn lực phát triển đường cao tốc phù hợp với khả năng của ngân sách đối với các dự án có yêu cầu về quốc phòng - an ninh, dự án đi qua địa bàn có điều kiện kinh tế - xã hội khó khăn, dự án kết nối tạo động lực phát triển kinh tế - xã hội và dự án khác không thu hút được nguồn vốn ngoài ngân sách. Ngoài ra, Nhà nước bố trí vốn tham gia đối với các dự án đầu tư theo phương thức đối tác công tư và các phương thức đầu tư khác khi cần có nguồn vốn này để khuyến khích đầu tư. Nguồn lực quản lý, vận hành, khai thác và bảo trì nhằm khai thác an toàn và duy trì tình trạng kỹ thuật công trình theo yêu cầu của thiết kế trong suốt thời gian sử dụng đường cao tốc do Nhà nước quản lý, khai thác; thực hiện nghĩa vụ của Nhà nước theo hợp đồng dự án để xử lý vướng mắc phát sinh trong quá trình thực hiện đầu tư, xây dựng, kinh doanh khai thác các dự án đường cao tốc bị ảnh hưởng bởi sự kiện bất khả kháng, quy hoạch, chính sách, pháp luật liên quan khi có thay đổi.

Bên cạnh đó, Nhà nước cũng khuyến khích các tổ chức, cá nhân sử dụng nguồn lực tham gia đầu tư, xây dựng, vận hành khai thác và bảo trì công trình đường cao tốc theo hình thức đối tác công tư và các hình thức khác; nghiên cứu ứng dụng khoa học công nghệ hiện đại, sử dụng vật liệu mới trong quản lý đầu tư, xây dựng, vận hành khai thác và bảo trì công trình.

Đặc biệt, đối với việc đầu tư các công trình cao tốc phải hoàn thiện hệ thống đường gom, trung tâm quản lý, điều hành giao thông tuyến, trạm dừng nghỉ, điểm dừng xe, bãi đỗ, hệ thống dịch vụ đi kèm, hệ thống thu phí điện tử không dừng (đối với tuyến thu phí) và công trình kiểm soát tải trọng xe.

Cũng theo ông Nguyễn Văn Quyền, Dự thảo Luật Đường bộ trình Quốc hội lần này đã khắc phục được những hạn chế của Luật Giao thông đường bộ năm 2008, điển hình là đẩy mạnh cải cách thủ tục hành chính, bảo đảm các điều kiện thuận lợi cho sự phát triển các thành phần kinh tế, tạo sự thông thoáng, bình đẳng trong hoạt động đường bộ.

Về vấn đề này, chuyên gia kinh tế TS. Ngô Văn Lương cho rằng, Dự thảo Luật Đường bộ nếu được Quốc hội thông qua sẽ tạo một "luồng gió mới" trong việc kêu gọi nguồn lực đầu tư vào lĩnh vực đường bộ, đặc biệt là các công ty công nghệ trong việc quản lý bảo trì, bảo hành, đầu tư, vận tải... khi cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 đang hiện hữu trong mọi ngõ ngách của cuộc sống ❑

DỰ THẢO LUẬT ĐƯỜNG BỘ CÓ GÌ MỚI?

Dự thảo Luật Đường bộ được tách ra từ Luật Giao thông đường bộ 2008 đang được cơ quan soạn thảo tiếp thu, điều chỉnh để hoàn thiện và sẽ trình Quốc hội thảo luận tại Kỳ họp thứ 7, Quốc hội khóa XV tới đây. Dự thảo Luật Đường bộ được bổ sung nhiều điểm mới, có tính phổ quát và định hướng lâu dài hơn so với Luật Giao thông đường bộ 2008 là cơ sở tạo cơ chế đột phá để phát triển hệ thống hạ tầng GTVT đường bộ đồng bộ, hiện đại, đáp ứng nhu cầu phát triển đất nước trong tình hình mới.

Gia tăng hiệu lực, hiệu quả quản lý hoạt động vận tải

VŨ THÀNH VŨ

Nhằm thiết lập nền tảng vững chắc cho những bước phát triển vận tải đường bộ, Luật Đường bộ sau khi có hiệu lực thi hành hứa hẹn sẽ tạo nên nhiều đột phá trong việc thể chế hóa các chủ trương của Đảng và chính sách của Nhà nước nhằm đáp ứng yêu cầu, đòi hỏi phát sinh từ thực tiễn đảm bảo giao thông thông suốt, an toàn.

Dự thảo Luật Đường bộ điều chỉnh nhiều loại hình kinh doanh vận tải

GIẢI QUYẾT NHỮNG TỒN TẠI TRONG VẬN TẢI

Luật Giao thông đường bộ 2008 còn những tồn tại trong quản lý hoạt động vận tải mà các quy định trong Luật, Nghị định, Thông tư chưa theo kịp được sự phát triển của vận tải trong thời gian qua. Cụ thể, thị phần vận tải chưa hợp lý, số lượng doanh nghiệp vận tải dịch vụ logistics có đủ năng lực dẫn dắt thị trường và cạnh tranh quốc tế còn ít. Việc phân loại loại hình kinh doanh vận tải chưa phù hợp với thực tế phát triển vận tải đường bộ, gây ra khó khăn trong công tác quản lý cũng như gây ra tình trạng cạnh tranh không lành mạnh giữa các loại hình có hoạt động tương tự nhau; quy định hiện nay chưa đề cập đầy đủ trách nhiệm của chủ phương tiện; khung pháp lý trong việc ứng dụng công nghệ thông tin trong hoạt động vận tải, dịch vụ hỗ trợ vận tải còn thiếu.

Theo ông Thân Văn Thanh, nguyên Vụ trưởng Vụ Vận tải (Bộ GTVT), thời gian qua xe hợp đồng trá hình, xe limousine, xe ghép... nở rộ đã làm cho thị phần vận tải bị phân hóa rõ. Xe trong bến không có khách, xe chạy dù thì "lông nhông" khắp các ngõ ngách đã gây ra khó khăn trong công tác quản lý cũng như tình trạng cạnh tranh không lành mạnh giữa các doanh nghiệp vận tải. Bên cạnh đó, các khung pháp lý trong việc ứng dụng công nghệ thông tin trong hoạt động vận tải, dịch vụ hỗ trợ vận tải còn thiếu và quy định hiện nay chưa đề cập đầy đủ trách nhiệm của chủ phương tiện trong quản lý, sử dụng, vận hành doanh nghiệp vận tải.

Khắc phục tồn tại này, theo ông Thanh, Dự thảo Luật Đường bộ cần có quy định nâng cao chất lượng dịch vụ, đảm bảo an toàn vận tải đường bộ, tạo nên thị trường vận tải có cơ cấu hợp lý, hiệu quả và cạnh tranh; nâng cao năng lực, hiệu quả sản xuất kinh doanh của các doanh nghiệp vận tải đường bộ, cơ cấu lại thị phần vận tải trong lĩnh vực đường bộ...

Trao đổi với Tạp chí GTVT, đại diện Phòng Pháp chế Thanh tra (Cục Đường bộ Việt Nam) cho biết, tại Điều 56, khoản 7 Dự thảo Luật Đường bộ quy định rõ về hoạt động

Dự thảo Luật Đường bộ nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý vận tải

kinh doanh vận tải hành khách theo tuyến cố định phải sử dụng xe chở người trên 9 chỗ để vận tải hành khách, có xác định bến xe đi và đến với lịch trình và hành trình cố định. Đối với kinh doanh vận tải khách bằng xe taxi chở đến 9 chỗ ngồi để thực hiện vận tải theo yêu cầu của hành khách, phương thức tính tiền cước do hành khách lựa chọn có thể qua đồng hồ tính tiền, hoặc phần mềm tính tiền có kết nối trực tiếp với hành khách thông qua phương tiện điện tử, hay tính cước theo thỏa thuận với đơn vị kinh doanh vận tải. Bên cạnh đó, cùng với những quy định cụ thể về điều kiện kinh doanh vận tải bằng xe ô tô theo Nghị định 47/2022/NĐ-CP của Chính phủ sẽ cơ bản giải quyết được tình trạng vận tải hành khách hiện nay.

MỘT SỐ ĐIỂM MỚI QUY ĐỊNH VỀ VẬN TẢI

Sau quá trình tổng kết, nghiên cứu cho thấy, bên cạnh việc phát huy ưu điểm và khắc phục các hạn chế của Luật Giao thông đường bộ năm 2008, Bộ GTVT cho biết cần tiến hành sửa đổi, bổ sung các quy định có tính chất đặc thù. Riêng về hoạt động vận tải, cần điều chỉnh các loại hình kinh doanh cho phù hợp với thực tế.

Quan điểm xây dựng luật liên quan tới hoạt động vận tải bao gồm việc nâng cao chất lượng dịch vụ, đảm bảo an toàn vận tải đường bộ, tạo nên thị trường vận tải có cơ cấu hợp lý, hiệu quả và cạnh tranh; nâng cao năng lực, hiệu quả sản xuất kinh doanh của các doanh nghiệp vận tải đường bộ, cơ cấu lại thị phần vận tải trong lĩnh vực đường bộ...

Theo đó, Dự thảo Luật Đường bộ dành toàn bộ Chương IV gồm 24 Điều (từ Điều 56 đến Điều 80) quy định về hoạt động vận tải đường bộ. So với Luật Giao thông đường bộ năm 2008, Dự thảo Luật Đường bộ có nhiều điểm mới đáng chú ý.

Trước hết, Luật Đường bộ bổ sung các quy định về hoạt động vận tải đường bộ, hoạt động vận tải đường bộ trong nước, hoạt động vận tải đường bộ quốc tế. Dự thảo Luật cũng quy định rõ hoạt động kinh doanh vận tải và hoạt động vận tải nội bộ để có những điều tiết phù hợp giữa hai loại hình này, đảm bảo công bằng, minh bạch, an toàn trong hoạt động vận tải đường bộ (Điều 56).

Cũng tại Điều 57 của Dự thảo Luật có điểm mới là sắp xếp lại các loại hình kinh doanh vận tải bằng xe ô tô. Theo đó, Dự thảo Luật quy định kinh doanh vận tải bằng xe ô tô là việc tổ chức, cá nhân điều hành phương tiện và lái xe hoặc quyết định giá cước vận tải để thực hiện hoạt động vận chuyển hành khách, hàng hóa trên đường bộ nhằm mục đích sinh lợi. Kinh doanh vận tải bằng xe ô tô là ngành nghề kinh doanh có điều kiện gồm kinh doanh vận tải hành khách và kinh doanh vận tải hàng hóa.

Điều 58 của Dự thảo Luật còn quy định quyền và nghĩa vụ của đơn vị kinh doanh vận tải bằng ô tô, như đơn vị kinh doanh phải tổ chức khám sức khỏe cho lái xe kinh doanh vận tải bằng xe ô tô, công bố tiêu chuẩn chất lượng dịch vụ vận tải và chịu trách nhiệm về hậu quả mà người lao động, người đại diện gây ra do thực hiện yêu cầu của đơn vị kinh doanh vận tải hành khách bằng xe ô tô trái quy định của Luật này và pháp luật khác có liên quan. Bên cạnh đó, dự thảo cũng quy định không được sử dụng người không có giấy phép lái xe hoặc có nhưng không phù hợp với loại xe, hoặc lái xe đang bị tước hoặc thu hồi giấy phép lái xe để điều khiển phương tiện vận tải hành khách.

Tại Điều 69, Dự thảo Luật bổ sung quy định về hoạt động vận chuyển bệnh nhân bằng xe cứu thương có thiết bị y tế chuyên dùng để vận tải người bệnh cấp cứu hoặc vận tải người bệnh, trong đó xe ô tô cứu thương vận tải người bệnh phải có dấu hiệu nhận diện, niêm yết thông tin, gắn thiết bị giám sát hành trình, camera và truyền dữ liệu, hình ảnh đảm bảo an toàn hành trình theo quy định.

Tiếp đến, tại Điều 70 bổ sung quy định về hoạt động vận tải đưa, đón học sinh bằng xe ô tô, theo đó hoạt động vận tải đưa, đón học sinh bằng xe ô tô có thể do cơ sở giáo dục đào tạo tự tổ chức phải đáp ứng các quy định về quản lý hoạt động vận tải nội bộ hoặc do đơn vị kinh doanh vận tải thực hiện phải đáp ứng quy định về hoạt động kinh doanh vận tải.

Liên quan đến một số loại dịch vụ, Dự thảo Luật đã bổ sung quy định về dịch vụ cho thuê phương tiện, bao gồm dịch vụ cho thuê phương tiện để tự lái, dịch vụ cho thuê phương tiện để kinh doanh vận tải và vận tải nội bộ. Đơn vị kinh doanh cho thuê phương tiện để tự lái phải đáp ứng các yêu cầu cụ thể cũng được quy định tại Luật này.

Cùng với đó, Dự thảo Luật Đường bộ bổ sung quy định về dịch vụ cứu hộ giao thông đường bộ (Điều 79); ứng dụng phần mềm hỗ trợ kết nối vận tải bằng xe ô tô (Điều 80) để phù hợp với thực tiễn phát sinh ❑

DỰ THẢO LUẬT ĐƯỜNG BỘ CÓ GÌ MỚI?

Dự thảo Luật Đường bộ được tách ra từ Luật Giao thông đường bộ 2008 đang được cơ quan soạn thảo tiếp thu, điều chỉnh để hoàn thiện và sẽ trình Quốc hội thảo luận tại Kỳ họp thứ 7, Quốc hội khóa XV tới đây. Dự thảo Luật Đường bộ được bổ sung nhiều điểm mới, có tính phổ quát và định hướng lâu dài hơn so với Luật Giao thông đường bộ 2008 là cơ sở tạo cơ chế đột phá để phát triển hệ thống hạ tầng GTVT đường bộ đồng bộ, hiện đại, đáp ứng nhu cầu phát triển đất nước trong tình hình mới.

Tăng cường quy định quản lý, khai thác và vận hành an toàn đường bộ

Trung tâm Điều hành ITS của dự án cao tốc Cam Lâm - Vĩnh Hảo

LONG HOÀNG

Trong Dự thảo Luật Đường bộ đã bổ sung nhiều quy định mới để nâng cao hiệu quả quản lý, khai thác đường bộ, đặc biệt là ứng dụng khoa học công nghệ vào quản lý, điều hành, khai thác nhằm bảo đảm giao thông an toàn.

AN TOÀN TỪ ĐƯỜNG LÀNG ĐẾN CAO TỐC

Dự thảo Luật Đường bộ đã bổ sung quy định các công trình đường bộ có tính chất kỹ thuật phức tạp, yêu cầu cao về an toàn trong khai thác, sử dụng phải được kiểm soát nghiêm ngặt về tải trọng, điều kiện an toàn công trình, an toàn phòng, chống cháy, nổ; trách nhiệm phòng, chống, khắc phục hậu quả thiên tai và tìm kiếm cứu nạn đối với các tuyến đường, công trình hầm đường bộ đã đưa vào khai thác, sử dụng.

So với Luật Giao thông đường bộ 2008, Dự thảo Luật cũng bổ sung quy định về trung tâm quản lý hệ thống giao thông thông minh (Điều 53). Đây là nơi thu thập, lưu trữ, phân tích và xử lý dữ liệu để kết nối, chia sẻ cho các cơ quan có liên quan phục vụ quản lý nhà nước đối với hoạt động đường bộ và chỉ huy giao thông.

Đối với quy định trạm dừng nghỉ, Điều 39, khoản đ dự thảo quy định trạm dừng nghỉ, bến xe phải có hệ thống sạc điện cho phương tiện giao thông cơ giới sử dụng năng lượng điện; ưu tiên bố trí hệ thống sạc điện cho phương tiện giao thông cơ giới sử dụng năng lượng điện tại bãi đỗ xe, điểm đỗ xe, khu vực sơ cấp cứu, ứng phó sau tai nạn... Mới đây, Bộ GTVT đã ban hành Thông tư số 09/2024/TT-BGTVT sửa đổi QCVN:2012/BGTVT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về trạm dừng nghỉ đường bộ, trong đó trạm dừng nghỉ thật sự là nơi nghỉ ngơi, phục hồi sức khỏe của lái xe, hành khách, phương tiện sau một thời gian di chuyển để tiếp tục cuộc hành trình.

Ông Nguyễn Mạnh Hùng, Chủ tịch Hội ATGT Việt Nam cho biết, trong Chương Kết cấu hạ tầng đường bộ, Điều 8 Dự thảo Luật bổ sung đường thôn, xóm vào trong mạng lưới đường bộ nhằm phát triển kết cấu hạ tầng giao thông nông thôn, điều này đi kèm với việc bổ sung nguồn vốn vào đầu tư, bảo trì cho hệ thống đường giao thông nông thôn lâu nay ít được quan tâm. Trong khi đó, vấn đề ATGT tại các đường làng, ngõ xóm cũng đang "nóng" dần lên khi phương tiện gia tăng, đường tốt nhưng TNGT cũng tăng theo. Ngoài ra, Dự thảo Luật cũng phân loại đường theo chức năng phục vụ liên kết vùng, kết nối các khu vực, địa bàn dân cư, nơi làm việc của các cơ quan, tổ chức và cơ sở sản xuất, kinh doanh làm căn cứ lập các quy hoạch có liên quan đến đường bộ, xác định mức độ ưu tiên khi cắm biển báo hiệu, tổ chức giao thông và thực hiện kết nối các tuyến đường; phân biệt rõ hệ thống đường

Hệ thống camera giám sát cao tốc Cam Lâm - Vĩnh Hảo

giao thông nông thôn, đường đô thị và hệ thống đường địa phương (Điều 9) nhằm đảm bảo khai thác hiệu quả, an toàn.

Tiếp đó, Điều 15 của Dự thảo Luật Đường bộ còn quy định rõ hành lang an toàn đường bộ là dải đất dọc hai bên đất của đường bộ, tính từ mép ngoài phần đất để bảo vệ, bảo trì đường bộ ra hai bên để bảo đảm ATGT đường bộ, bảo đảm tầm nhìn xe chạy và hạn chế ảnh hưởng đến môi trường xung quanh. Việc sử dụng hành lang an toàn đường bộ phải đảm bảo an toàn cho công trình và không được che lấp báo hiệu, ảnh hưởng đến tầm nhìn, bảo đảm trật tự, ATGT. Về đường gom, dự thảo nêu rõ phải được xây dựng ngoài hành lang an toàn đường bộ, nếu làm trong hành lang thì phải đáp ứng các yêu cầu cụ thể để bảo vệ an toàn cho công trình khi vận hành, khai thác.

Ngoài ra, tại Điều 49 quy định rõ trách nhiệm cụ thể của từng chủ thể đối với việc ứng dụng và số hóa công tác quản lý vận hành, khai thác và bảo trì kết cấu đường cao tốc. Cụ thể: "Bộ GTVT, UBND cấp tỉnh phải ứng dụng giao thông thông minh trong quản lý, vận hành... nhằm cung cấp các thông tin cần thiết cho người tham gia giao thông, cảnh báo, phát hiện sự cố; kiểm tra, bảo vệ kết cấu hạ tầng đường cao tốc để xử lý kịp thời sự cố trên cao tốc; trong quá trình vận hành phải thường xuyên kiểm tra, sửa chữa, khắc phục kịp thời nhằm bảo đảm giao thông thông suốt, an toàn".

ĐẨY MẠNH ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BẢO ĐẢM AN TOÀN ĐƯỜNG BỘ

Một điểm mới nữa trong Dự thảo Luật Đường bộ là việc bổ sung các quy định mang tính đặc thù trong quản lý, vận hành khai thác và bảo trì đường cao tốc như: Ứng dụng giao thông thông minh trong quản lý, vận hành, khai thác để cung cấp thông tin cho người tham gia giao thông; phát hiện, cảnh báo và xử lý sự cố trên đường cao tốc; theo dõi phương tiện, thu thập, quản lý và khai thác dữ liệu giao thông. Dự thảo cũng bổ sung quy định về trung tâm quản lý, điều hành giao thông tuyến đường cao tốc được đầu tư đồng thời khi xây dựng đường cao tốc. Điều này sẽ khắc phục được tình trạng hiện nay nhiều tuyến cao tốc đã đưa vào khai thác nhưng chưa xây dựng được hệ thống quản lý, nhà trạm điều hành cho lực lượng đảm bảo giao thông trên tuyến.

Sau khi Luật Giao thông đường bộ 2008 được tách ra làm 2 luật, công tác đảm bảo trật tự, ATGT đường bộ được quy định cụ thể trong Luật Trật tự, ATGT đường bộ nên Dự thảo Luật Đường bộ bổ sung Điều 24 quy định về công trình ATGT đường bộ được xây dựng, lắp đặt, bố trí để bảo đảm an toàn cho người và phương tiện tham gia giao thông đường bộ, bao gồm: Đường cứu nạn, hầm cứu nạn, tường phòng vệ, rào chắn, hàng rào hộ lan, công trình chống chói, gương cầu lồi, hệ thống chiếu sáng, dải phân cách được lắp đặt để phân chia phần đường thành hai chiều riêng biệt, tường chống ồn, gồ giảm tốc và các công trình khác phục vụ ATGT đường bộ.

Ngoài ra, Dự thảo Luật Đường bộ còn bổ sung Điều 25 quy định tổ chức giao thông được thực hiện từ giai đoạn quy hoạch, đầu tư xây dựng đến giai đoạn quản lý, khai thác, bảo trì kết cấu hạ tầng đường bộ nhằm đảm bảo giao thông thông suốt, an toàn, hiệu quả. Điều 50 bổ sung quy định thu phí sử dụng đường cao tốc đối với phương tiện lưu thông trên tuyến đường cao tốc do Nhà nước đầu tư, sở hữu, quản lý và khai thác; thanh toán điện tử giao thông để thanh toán phí sử dụng đường bộ và các loại phí, giá, tiền dịch vụ khác liên quan đến hoạt động giao thông của phương tiện.

Điều 43 Dự thảo Luật Đường bộ quy định rõ việc thu phí đường bộ trên đường cao tốc phải thực hiện theo hình thức thu phí không dừng, các chủ phương tiện phải lập tài khoản giao thông với các thông tin về phương tiện, chủ phương tiện, thẻ đầu cuối gắn trên phương tiện, được kết nối với tài khoản ngân hàng. Việc thanh toán điện tử giao thông được thực hiện để thanh toán phí sử dụng đường bộ và các loại phí, giá, tiền dịch vụ khác liên quan đến hoạt động giao thông của phương tiện ❑

DỰ THẢO LUẬT ĐƯỜNG BỘ CÓ GÌ MỚI?

Dự thảo Luật Đường bộ được tách ra từ Luật Giao thông đường bộ 2008 đang được cơ quan soạn thảo tiếp thu, điều chỉnh để hoàn thiện và sẽ trình Quốc hội thảo luận tại Kỳ họp thứ 7, Quốc hội khóa XV tới đây. Dự thảo Luật Đường bộ được bổ sung nhiều điểm mới, có tính phổ quát và định hướng lâu dài hơn so với Luật Giao thông đường bộ 2008 là cơ sở tạo cơ chế đột phá để phát triển hệ thống hạ tầng GTVT đường bộ đồng bộ, hiện đại, đáp ứng nhu cầu phát triển đất nước trong tình hình mới.

"Số hóa" hồ sơ từng con đường, cây cầu

Ứng dụng công nghệ hiện đại trong công tác kiểm tra, sửa chữa cầu

HOÀNG LONG

Dự thảo Luật Đường bộ đã mở ra nhiều cơ hội để ứng dụng công nghệ, chuyển đổi số giúp ngành Đường bộ áp dụng mạnh mẽ, hiệu quả trong quản lý, vận hành, khai thác, duy tu và bảo trì, đồng thời số hóa kho dữ liệu phục vụ hoạt động của ngành lâu dài, chính xác và tiện lợi.

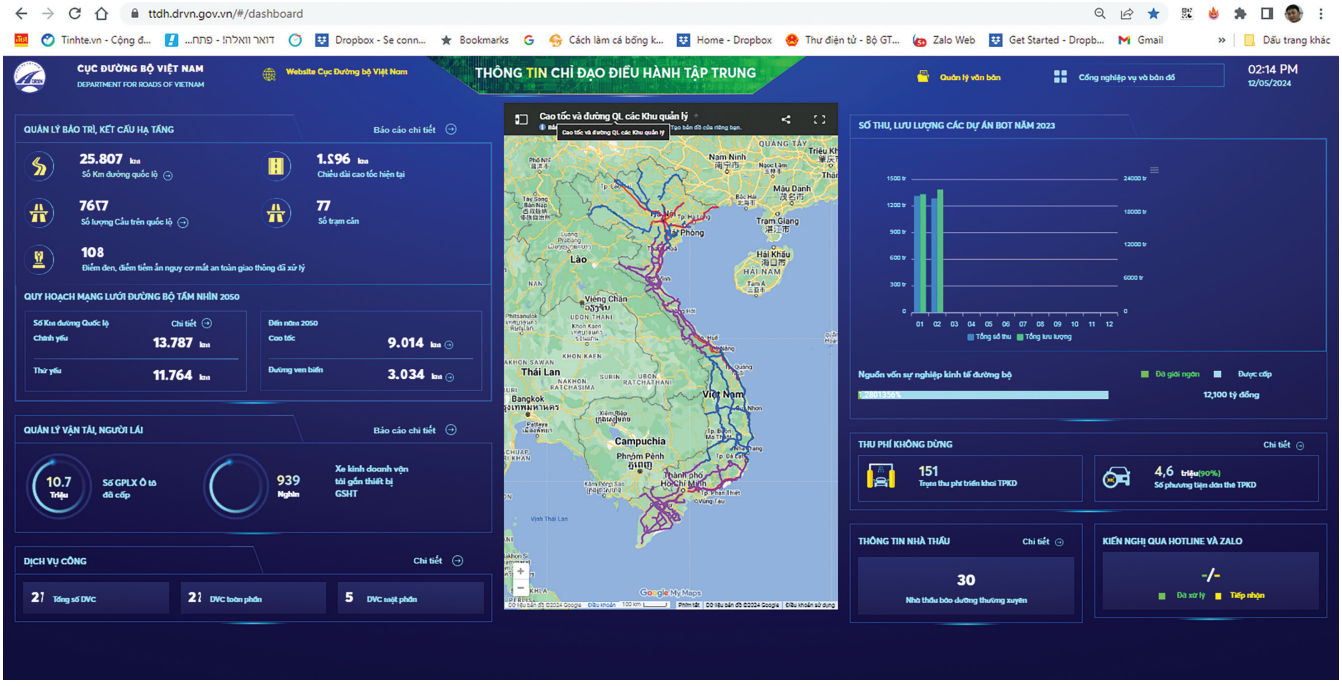
ĐI TẮT ĐÓN ĐẦU

Trong Dự thảo Luật Đường bộ xây dựng riêng một Điều quy định về giao thông thông minh (Điều 40) quy định: "Giao thông thông minh là việc ứng dụng các công nghệ điện tử, thông tin, truyền thông, khoa học quản lý mới, hiện đại nhằm tối ưu hiệu suất quản lý, khai thác kết cấu hạ tầng đường bộ; bảo đảm giao thông thông suốt, an toàn, hiệu quả, kịp thời, tiện lợi và thân thiện môi trường". Đi kèm đó là xây dựng hệ thống quản lý giao thông thông minh để thu thập, lưu trữ, phân tích và xử lý dữ liệu giao thông phục vụ quản lý, khai thác, bảo trì kết cấu hạ tầng đường bộ; hỗ trợ hoạt động vận tải, thanh toán điện tử giao thông; cung cấp các dịch vụ giao thông thông minh, hoạt động thường xuyên, liên tục, được kết nối, chia sẻ dữ liệu với trung tâm chỉ huy giao thông và các cơ quan có liên quan.

Trao đổi với Tạp chí GTVT, lãnh đạo Cục Đường bộ Việt Nam (ĐBVN) cho biết, thời gian qua Cục đã đẩy mạnh ứng dụng khoa học công nghệ, đặc biệt là Chương trình quốc gia về chuyển đổi số với việc số hóa dữ liệu đường bộ.

Cụ thể, Cục ĐBVN đã tập trung xây dựng nền tảng số với việc hoàn thành nâng cấp cơ sở dữ liệu hệ thống quản lý tình trạng mặt đường của 55.345 km làn/24.598 km quốc lộ và đường cao tốc; hoàn thiện mô-đun hỗ trợ lập kế hoạch bảo trì cầu, tích hợp với hệ thống quản lý tài sản đường bộ, hệ thống cơ sở dữ liệu quản lý cầu quốc lộ và cao tốc với 7.700 cầu, tích hợp với hệ thống quản lý tài sản đường bộ; gắn định vị GPS cho toàn bộ hệ thống phà đang hoạt động để phục quản lý, điều hành...

Với việc số hóa dữ liệu cầu, đường, tài sản đường bộ thì hồ sơ "bệnh án" của từng cây cầu, con đường được cập nhật từ khi thiết kế, thi công, vận hành, sửa chữa... Ví dụ, khi cần tra cứu về cầu Thăng Long, các trường dữ liệu như: Thời gian thi công, hồ sơ thiết kế, công nghệ thi công, thời điểm hoàn thành đưa vào sử dụng, các lần sửa chữa, được sửa chữa như thế nào? hiện trạng ra sao? các lần sửa chữa lớn, đơn vị thiết kế, thi công, giám sát... đều có thể tìm thấy trên hệ thống quản lý điều hành của Cục để các cơ quan chức năng có dữ liệu, lập kế hoạch bảo trì, sửa chữa.



Trung tâm Điều hành dữ liệu đường bộ

"SỐ HÓA" THÔNG TIN PHỤC VỤ QUẢN LÝ, SỬ DỤNG, VẬN HÀNH, KHAI THÁC ĐƯỜNG CAO TỐC

Đường cao tốc là loại hình kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ hiện đại nhất. Để có cơ sở phục vụ công tác quản lý đầu tư, xây dựng và vận hành, Dự thảo Luật đường bộ xây dựng Chương 3 quy định về đường bộ cao tốc, trong đó tập trung vào các quy định quản lý điều hành đường cao tốc. Đây là điểm mới của Luật khi thực tế chúng ta đang khai thác và chuẩn bị đưa vào khai thác trục cao tốc Bắc - Nam với tinh thần ứng dụng giao thông thông minh trong quản lý vận hành. Do đó, những thông tin phục vụ quản lý, sử dụng vận hành, khai thác đường cao tốc được đơn vị quản lý đường, doanh nghiệp khai thác tuyến thông qua trung tâm điều hành thông báo, cung cấp cho người tham gia giao thông.

Để cụ thể hóa điều này, Điều 49 quy định: "Ứng dụng giao thông thông minh trong quản lý, vận hành, khai thác kết cấu hạ tầng đường cao tốc nhằm cung cấp thông tin cần thiết cho người tham gia giao thông; phát hiện, cảnh báo và xử lý sự cố trên đường cao tốc; theo dõi phương tiện, thu thập, quản lý khai thác dữ liệu giao thông".

Ngoài ra, thông tin về tình hình giao thông trên cao tốc, vị trí xảy ra sự cố, sửa chữa, bảo hành công trình, thời tiết, thiên tai ảnh hưởng đến giao thông được đơn vị quản lý thông báo và vị trí TNGT, sự cố giao thông sẽ được CSGT cung cấp thông tin về cho trung tâm điều hành tuyến cao tốc tổ chức phân làn, thông báo cho người tham gia giao thông được biết về tình hình trên tuyến để lựa chọn thời gian, tuyến đường phù hợp (Điều 53).

Ông Nguyễn Xuân Cường, Cục trưởng Cục ĐBVN cho biết, đối với hệ thống cơ sở dữ liệu quản lý tài sản đường bộ, các đơn vị đã thu thập đủ 32 loại tài sản đường bộ khác trên tổng số 24.598 km quốc lộ và cao tốc; tích hợp thông tin với hệ thống quản lý mặt đường, quản lý cầu cũng như tình trạng của 6.600 cầu trên các tuyến đường địa phương. Đây được đánh giá là hệ thống cơ sở dữ liệu lớn về tài sản đường bộ, là công cụ quản lý, tổng hợp báo cáo và hỗ trợ công tác lập kế hoạch bảo trì hàng năm và trung hạn của Cục và Bộ GTVT.

Cũng theo ông Cường, để hiện thực cho việc chuyển đổi số và ứng dụng khoa học công nghệ trong quản lý, vận hành, khai thác, duy tu, bảo dưỡng kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ, Dự thảo Luật Đường bộ đưa ra cơ sở dữ liệu đường bộ được thiết kế, xây dựng, vận hành theo khung kiến trúc tổng thể quốc gia số, bao gồm: Cơ sở dữ liệu về quy hoạch mạng lưới đường bộ, quy hoạch kết cấu hạ tầng đường bộ; Cơ sở dữ liệu về tình hình đầu tư, xây dựng kết cấu hạ tầng đường bộ; Cơ sở dữ liệu về kết cấu hạ tầng đường bộ đã đưa vào khai thác gồm cơ sở dữ liệu về quy mô, tình trạng đường, cầu, hầm, bến phà đường bộ, tải trọng, khổ giới hạn đường bộ, bảo trì đường bộ, trạm dừng nghỉ, trạm kiểm soát tải trọng xe, bến xe, các kho vật tư dự phòng phòng chống, khắc phục hậu quả thiên tai và các cơ sở dữ liệu khác về kết cấu hạ tầng đường bộ; Cơ sở dữ liệu thu tiền dịch vụ sử dụng đường bộ; Cơ sở dữ liệu về hoạt động vận tải bằng xe ô tô...

Đặc biệt, với việc thực hiện Đề án 06 của Chính phủ về 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 2030 thì cơ sở dữ liệu đường bộ được kết nối, chia sẻ với cơ sở dữ liệu về trật tự, ATGT đường bộ và các cơ sở dữ liệu khác có liên quan phục vụ cho quản lý, khai thác cũng như tra cứu, xử lý vi phạm trật tự ATGT ❑

DỰ THẢO LUẬT ĐƯỜNG BỘ CÓ GÌ MỚI?

Dự thảo Luật Đường bộ được tách ra từ Luật Giao thông đường bộ 2008 đang được cơ quan soạn thảo tiếp thu, điều chỉnh để hoàn thiện và sẽ trình Quốc hội thảo luận tại Kỳ họp thứ 7, Quốc hội khóa XV tới đây. Dự thảo Luật Đường bộ được bổ sung nhiều điểm mới, có tính phổ quát và định hướng lâu dài hơn so với Luật Giao thông đường bộ 2008 là cơ sở tạo cơ chế đột phá để phát triển hệ thống hạ tầng GTVT đường bộ đồng bộ, hiện đại, đáp ứng nhu cầu phát triển đất nước trong tình hình mới.

Một số nội dung lớn còn tranh luận

BÌNH MINH

Địa phương có được làm cao tốc, quốc lộ không?; Quỹ đất dành cho kết cấu hạ tầng đường bộ thế nào?; Phí sử dụng cao tốc do Nhà nước đầu tư ra sao?; Định danh loại hình kinh doanh cung cấp ứng dụng phần mềm kết nối hành khách với tài xế... là một số nội dung lớn của Dự thảo Luật Đường bộ được dư luận quan tâm, ngay cả trên nghị trường khi tới đây Kỳ họp thứ 7, Quốc hội Khóa XV thảo luận về vấn đề này.

XÂY DỰNG CƠ CHẾ ĐẶC THÙ ĐỂ ĐỊA PHƯƠNG LÀM QUỐC LỘ, CAO TỐC

Quy định giao UBND cấp tỉnh thực hiện đầu tư xây dựng quốc lộ, đường cao tốc là một trong những nội dung lớn được Thường trực Ủy ban Quốc phòng và An ninh (UBQPAN) nêu ra tại báo cáo giải trình, tiếp thu, chỉnh lý Dự thảo Luật Đường bộ, sau kỳ họp thứ 6, Quốc hội Khóa XV. Theo UBQPAN, việc này giúp tăng năng lực vận tải, phục vụ phát triển kinh tế - xã hội của địa phương, bảo đảm trật tự ATGT. Nhưng cũng có ý kiến cho rằng, quy định này chưa phù hợp, thống nhất với quy định của Luật Ngân sách nhà nước và Luật Đầu tư công.

Chủ nhiệm Ủy ban Tài chính - Ngân sách của Quốc hội Lê Quang Mạnh cho rằng, thực tiễn này xuất phát từ nguyên nhân những năm qua các địa phương thu ngân sách cao, có điều kiện tốt, nên Quốc hội đã thống nhất chủ trương sử dụng phần ngân sách của các tỉnh để tham gia cùng ngân sách Trung ương thực hiện việc xây dựng một số tuyến quốc lộ. Tuy nhiên, việc này chỉ là tạm thời trong hoàn cảnh trước mắt, không nên vì tình hình đó mà sửa nguyên tắc trong Luật Ngân sách nhà nước.

Trong khi đó, theo Phó Chủ tịch Quốc hội Nguyễn Đức Hải, điều quan trọng nhất là chúng ta cần phê duyệt quy hoạch về phát triển giao thông quốc gia để trong trung và dài hạn phân bổ nguồn lực, quyết tâm hoàn thành theo thứ tự ưu tiên các tuyến cao tốc xương sống nhằm kết nối

Tại Kỳ họp thứ 6, Quốc hội khóa XV đã có 105 lượt ý kiến đại biểu Quốc hội phát biểu (trong đó có 80 lượt ý kiến phát biểu tại Tổ; 24 ý kiến phát biểu và 1 ý kiến tranh luận tại Hội trường) về Dự án Luật Đường bộ. Đa số ý kiến đại biểu Quốc hội tán thành về sự cần thiết ban hành Luật, cơ bản nhất trí với các nội dung của dự thảo Luật và góp ý nhiều vấn đề cụ thể.

Dự thảo Luật Đường bộ sau khi được tiếp thu, chỉnh lý gồm 6 Chương, 86 Điều, giảm 6 Điều so với dự thảo trình Kỳ họp thứ 6, Quốc hội Khóa XV.

vùng. "Một số địa phương tham gia đầu tư quốc lộ có thể xem xét như trường hợp đặc thù, chứ không phải vì có thể sử dụng ngân sách; dùng ngân sách địa phương này chi cho địa phương khác cũng hết sức hãn hữu, bởi ngân sách là thu chi của một cấp chính quyền do HĐND và UBND địa phương đó quyết định, nếu chi phải đúng thẩm quyền và quyết toán được", Phó Chủ tịch Quốc hội Nguyễn Đức Hải nêu ý kiến.

Về nội dung này, Ủy ban Thường vụ Quốc hội đề nghị Thường trực UBQPAN phối hợp với cơ quan soạn thảo nghiên cứu làm rõ căn cứ để giao UBND cấp tỉnh thực hiện đầu tư xây dựng quốc lộ, cao tốc và quản lý, vận hành, khai thác, bảo trì quốc lộ; cần xây dựng Luật theo hướng ngân sách Trung ương phải tập trung đầu tư cho quốc lộ, đường cao tốc và ngân sách địa phương tập trung cho đường địa phương. Trường hợp địa phương có nguồn lực, tham gia được thì đề xuất xây dựng cơ chế đặc thù để thực hiện, không sửa Luật Ngân sách nhà nước.

Cao tốc Vân Đồn - Móng Cái. Ảnh: Bảo Linh

Một nội dung khác cũng được các đại biểu Quốc hội quan tâm là quy định "công tác bồi thường, hỗ trợ và tái định cư được thực hiện theo quy mô quy hoạch hay phân kỳ đầu tư xây dựng, phát triển đường cao tốc". Bởi, việc giải phóng mặt bằng theo quy mô quy hoạch sẽ làm tăng tổng mức đầu tư dự án ở giai đoạn phân kỳ, nhưng xét về tổng thể thì mang lại nhiều lợi ích cả về mặt kinh tế - xã hội và về tổ chức thực hiện dự án.

Cũng liên quan đến nội dung đầu tư xây dựng, phát triển đường cao tốc, có ý kiến đề nghị cần cân nhắc quy định trong Dự thảo Luật Đường bộ về dự án đầu tư xây dựng đường cao tốc theo phương thức đối tác công tư vì chưa phù hợp, thống nhất với quy định của Luật Đầu tư theo phương thức đối tác công tư (PPP). Thực tế thời gian qua, quy định của Luật Đầu tư theo phương thức PPP gặp vướng mắc trong thực hiện một số dự án đầu tư đường cao tốc, vì nếu tính cả giá trị tài sản kết cấu hạ tầng đường bộ hiện hữu vào tỷ lệ vốn nhà nước trong dự án thì tỷ lệ vốn nhà nước thường cao hơn mức cho phép quy định tại Luật PPP nên rất khó thực hiện.

Về quy định phí sử dụng đường cao tốc, có ý kiến đề nghị đánh giá sự cần thiết quy định thu phí sử dụng đường cao tốc trên tuyến đường cao tốc do Nhà nước đầu tư, sở hữu, quản lý và khai thác; đánh giá tác động trong trường hợp thu phí và không thu phí đối với các tuyến đường cao tốc do Nhà nước đầu tư.

Để bảo đảm sự phù hợp giữa mức phí đóng góp và chất lượng dịch vụ được hưởng của người sử dụng, căn cứ trên nguyên tắc người sử dụng có quyền lựa chọn tuyến song hành, nếu sử dụng dịch vụ có chất lượng cao hơn thì phải trả chi phí cao hơn, Thường trực UBQPAN cho rằng quy định thu phí sử dụng trên tuyến đường cao tốc do Nhà nước đầu tư là phù hợp, không dẫn đến phí chồng phí. Vì vậy, Thường trực UBQPAN đề nghị cho giữ quy định này (có chỉnh sửa cho chặt chẽ về nội dung và kỹ thuật lập pháp).

TIẾP TỤC RÀ SOÁT ĐỂ ĐẢM BẢO TÍNH THỐNG NHẤT, TRÁNH TRÙNG LẶP, MÂU THUẪN

Liên quan đến quy định về hoạt động vận tải đường bộ, trong đó có các loại hình dịch vụ cung cấp phần mềm kết nối hành khách với tài xế, có ý kiến đề nghị xếp vào kinh doanh vận tải bằng xe ô tô; ý kiến khác đề nghị quy định loại hình kinh doanh cung cấp ứng dụng phần mềm để kết nối hành khách với tài xế như Grab, Be hay Gojek là dịch vụ phần mềm hỗ trợ kết nối vận tải.

Về vấn đề này, Thường trực UBQPAN nêu quan điểm: Tại Dự thảo Luật Đường bộ Chính phủ trình quy định về loại hình kinh doanh vận tải bằng xe ô tô căn cứ vào vai trò của chủ thể tổ chức hoạt động vận tải thông qua hai yếu tố chính là "điều hành phương tiện và lái xe" hoặc "quyết định giá cước vận tải". Trường hợp tổ chức, cá nhân chỉ cung cấp ứng dụng kết nối cho bên thứ ba mà không trực tiếp tham gia điều hành phương tiện, lái xe hoặc quyết định giá cước thì đã được quy định là dịch vụ hỗ trợ vận tải. Nội dung này được xây dựng trên cơ sở quy định của Nghị định 10/2020. Như vậy, nếu các tổ chức quản lý ứng dụng Grab, Be hay Gojek không tham gia hoạt động điều hành phương tiện và lái xe hoặc không tham gia quyết định giá cước vận tải thì không xác định là đơn vị kinh doanh vận tải. Vì vậy, Thường trực UBQPAN đề nghị giữ

quy định này như Dự thảo Luật (tổ chức, cá nhân cung cấp dịch vụ phần mềm hỗ trợ kết nối vận tải bằng xe ô tô cho các đơn vị kinh doanh vận tải bằng xe ô tô phải tuân thủ các quy định của pháp luật về thương mại điện tử, giao dịch điện tử, pháp luật khác có liên quan).

Trước kỳ họp thứ 7 sắp tới, nhiều ý kiến của đại biểu Quốc hội cũng đề nghị tiếp tục rà soát các quy định cụ thể của Dự thảo Luật Đường bộ để bảo đảm thống nhất với các luật như: Luật Quy hoạch; Luật Đầu tư theo phương thức đối tác công tư; Luật Đầu tư công; Luật Quản lý, sử dụng tài sản công; Luật Viễn thông; Luật Quảng cáo; Luật Tổ chức Chính phủ; Luật Tổ chức chính quyền địa phương; Luật Đất đai và đặc biệt là Dự thảo Luật Trật tự, ATGT đường bộ.

Quan điểm của cơ quan thẩm tra là những nội dung đã được quy định đầy đủ, cụ thể trong pháp luật chuyên ngành thì không quy định lại trong Luật Đường bộ hoặc chỉ quy định theo hướng viện dẫn; những nội dung chưa được quy định hoặc pháp luật chuyên ngành chưa quy định cụ thể thì quy định cụ thể trong Luật Đường bộ nhưng không trùng lặp, mâu thuẫn với pháp luật chuyên ngành, để bảo đảm tính khả thi.

Theo Chủ nhiệm Ủy ban Pháp luật của Quốc hội Hoàng Thanh Tùng thì cần phải làm rõ: Luật Đường bộ điều chỉnh các vấn đề về quy hoạch đầu tư xây dựng, quản lý, vận hành, khai thác, bảo trì, bảo vệ kết cấu hạ tầng đường bộ, tổ chức vận tải giao thông đường bộ, hay nói gọn hơn là điều chỉnh về giao thông tĩnh. Luật Trật tự, ATGT đường bộ điều chỉnh về giao thông trên đường bộ, tức là giao thông động cơ bản.

Đối với quy định về hệ thống giao thông thông minh (điểm mới của Dự thảo Luật Đường bộ), có ý kiến đề nghị quy định cụ thể hơn về hệ thống giao thông thông minh thể hiện đầy đủ nội hàm, bao gồm các bộ phận cấu thành, chức năng, cơ chế quản lý, vận hành, khai thác... Tuy nhiên, theo Thường trực UBQPAN, hệ thống giao thông thông minh là nội dung mới trong thực tiễn quản lý giao thông ở Việt Nam và cả trên thế giới, quá

Hệ thống giao thông thông minh - điểm mới của Dự thảo Luật Đường bộ

trình thực hiện còn nhiều vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu, điều chỉnh. Vì vậy, trong Dự thảo Luật chỉ quy định các nội dung mang tính nguyên tắc chung, các nội dung chi tiết được giao cho Chính phủ hướng dẫn để bảo đảm tính khả thi trong quá trình triển khai thực hiện.

Về quỹ đất dành cho kết cấu hạ tầng đường bộ, có ý kiến đề nghị tăng tỷ lệ đất dành cho giao thông đối với đô thị loại 3, loại 4, loại 5 phải trên 20% để bảo đảm việc phát triển đô thị trong tương lai. Có ý kiến đề nghị tính cả phần công trình giao thông đi dưới mặt đất, xây dựng trên sông, hồ vì hiện nay cần mặt bằng và diện tích đó để xây dựng công trình giao thông.

Trong khi đó, đối với quy định về trung tâm quản lý, điều hành giao thông tuyến, Thường trực UBQPAN cơ bản thống nhất với mục tiêu nhiệm vụ đã được xác định tại Quyết định số 165/QĐ-TTg nhằm tăng cường quản lý về an ninh trật tự, chỉ huy điều hành giao thông và xử lý vi phạm hành chính. Tuy nhiên, Quyết định số 165/QĐ-TTg chưa xác định rõ nguồn kinh phí thực hiện dự án. Nếu quy định đây là nội dung bắt buộc trong đầu tư xây dựng đường cao tốc sẽ tác động không nhỏ đến khả năng thu hút đầu tư, huy động nguồn lực xã hội để phát triển hệ thống đường cao tốc. Vì vậy, đề nghị Ủy ban Thường vụ Quốc hội cho ý kiến và đề nghị Chính phủ đánh giá tác động bổ sung đối với chính sách này ❑

Ban hành Quyết định công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực hàng hải thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT

Ngày 9/5/2024, Bộ GTVT ban hành Quyết định số 533/QĐ-BGTVT công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực hàng hải thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT.

Công bố kèm theo Quyết định này các thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực hàng hải thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT.

Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày 1/6/2024.

Ban hành văn bản hợp nhất Thông tư quy định về quản lý tuyến vận tải thủy từ bờ ra đảo trong vùng biển Việt Nam

Ngày 9/5/2024, Bộ GTVT ban hành Văn bản số 15/VBHN-BGTVT hợp nhất Thông tư quy định về quản lý tuyến vận tải thủy từ bờ ra đảo trong vùng biển Việt Nam.

Theo đó, Thông tư số 16/2013/TT-BGTVT ngày 30/7/2013 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý tuyến vận tải thủy từ bờ ra đảo trong vùng biển Việt Nam, có hiệu lực kể từ ngày 15/9/2013 được sửa đổi, bổ sung bởi: Thông tư số 24/2022/TT-BGTVT ngày 13/10/2022 của Bộ trưởng Bộ GTVT sửa đổi, bổ sung các Thông tư của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý tuyến vận tải thủy từ bờ ra đảo trong vùng biển Việt Nam, có hiệu lực kể từ ngày 15/12/2022; Thông tư số 10/2024/TT-BGTVT ngày 10/4/2024 của Bộ trưởng Bộ GTVT sửa đổi, bổ sung một số điều của các Thông tư quy định về quản lý tuyến vận tải thủy từ bờ ra đảo trong vùng biển Việt Nam, có hiệu lực kể từ ngày 1/6/2024.

Thành lập Hội đồng tư vấn thẩm định dự thảo Thông tư sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 34/2021/TT-BGTVT ngày 16/12/2021 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý, hoạt động của trạm kiểm tra tải trọng xe trên đường bộ

Ngày 6/5/2024, Bộ GTVT ban hành Quyết định số 515/QĐ-BGTVT thành lập Hội đồng tư vấn thẩm định dự thảo Thông tư sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 34/2021/TT-BGTVT ngày 16/12/2021 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý, hoạt động của trạm kiểm tra tải trọng xe trên đường bộ.

Theo đó, thành lập Hội đồng tư vấn thẩm định dự thảo Thông tư sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 34/2021/TT-BGTVT ngày 16/12/2021 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý, hoạt động của trạm kiểm tra tải trọng xe trên đường bộ, gồm 10 thành viên: Lãnh đạo Vụ Pháp chế - Chủ tịch Hội đồng; Vụ Khoa học, Công nghệ và Môi trường; Vụ Vận tải; Vụ Tổ chức cán bộ; Vụ Tài chính; Thanh tra Bộ; Văn phòng Bộ GTVT; Cục Đường bộ Việt Nam; Cục Đường cao tốc Việt Nam; chuyên viên Vụ Pháp chế - Thư ký Hội đồng.

Hội đồng tư vấn thẩm định tiến hành thẩm định dự thảo Thông tư sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 34/2021/TT-BGTVT ngày 16/12/2021 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý, hoạt động của trạm kiểm tra tải trọng xe trên đường bộ theo các nội dung quy định tại Luật Ban hành văn bản quy phạm pháp luật năm 2015; Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Ban hành văn bản quy phạm pháp luật năm 2020 và Nghị định số 34/2016/NĐCP ngày 14/5/2016 của Chính phủ, Nghị định số 154/2020/NĐ-CP ngày 31/12/2020 của Chính phủ sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 34/2016/NĐ-CP ngày 14/5/2016 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Ban hành văn bản quy phạm pháp luật.

Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày ký ban hành.

Thông tư quy định về giá dịch vụ lập hồ sơ phương tiện đối với xe cơ giới được miễn kiểm định lần đầu và dịch vụ in lại giấy chứng nhận kiểm định và tem kiểm định đối với xe cơ giới

Ngày 26/4/2024, Bộ GTVT ban hành Thông tư số 11/2024/TT-BGTVT quy định về giá dịch vụ lập hồ sơ phương tiện đối với xe cơ giới được miễn kiểm định lần đầu và dịch vụ in lại giấy chứng nhận kiểm định và tem kiểm định đối với xe cơ giới.

Thông tư gồm 5 Điều quy định về mức giá dịch vụ lập hồ sơ phương tiện đối với xe cơ giới được miễn kiểm định lần đầu và dịch vụ in lại giấy chứng nhận kiểm định và tem kiểm định đối với xe cơ giới.

Các đối tượng được áp dụng: Tổ chức, cá nhân được đơn vị đăng kiểm thực hiện lập hồ sơ phương tiện đối với xe cơ giới miễn kiểm định lần đầu và in lại giấy chứng nhận kiểm định và tem kiểm định đối với xe cơ giới; các đơn vị đăng kiểm xe cơ giới đang lưu hành; tổ chức, cá nhân khác có liên quan đến việc lập hồ sơ phương tiện đối với xe cơ giới được miễn kiểm định lần đầu và dịch vụ in lại giấy chứng nhận kiểm định và tem kiểm định đối với xe cơ giới ❑

Tận thấy phạt "nguội" vi phạm giao thông ở Bắc Giang

Ô tô vi phạm vượt đèn đỏ tại TP. Bắc Giang được hệ thống camera ghi lại để xử phạt "nguội"

ANH BẮC

Với việc lắp đặt hệ thống camera giám sát trên tất cả các tuyến đường trọng yếu, việc phát hiện và xử vi phạm trật tự ATGT tại tỉnh Bắc Giang đã có nhiều chuyển biến tích cực, đặc biệt hình thức phạt "nguội" đã phát huy hiệu quả, giúp người dân thay đổi nhận thức theo tinh thần "thượng tôn pháp luật", góp phần kéo giảm TNGT.

Xe máy vi phạm lỗi vượt đèn đỏ được camera ghi lại

TÍNH TÍCH CỰC CỦA CÔNG CỤ PHẠT "NGUỘI"

Bắc Giang là địa phương có dân số gần 2 triệu người, nhiều khu công nghiệp lớn nên đã thu hút đông đảo lao động từ các tỉnh bạn đến sinh sống và làm việc. Từ thực tế đó, ước tính khoảng 700 nghìn phương tiện đổ ra đường mỗi ngày, trong khi ý thức chấp hành pháp luật giao thông của một bộ phận không nhỏ người điều khiển phương tiện còn chưa cao, vì vậy tình hình vi phạm ATGT trở thành vấn đề nhức nhối nhiều năm qua tại tỉnh Bắc Giang.

Nhận thấy sự hiệu quả trong công tác phạt "nguội" thông qua hình ảnh, lãnh đạo Công an tỉnh Bắc Giang đã triển khai lắp đặt đồng bộ hệ thống camera phạt "nguội" rộng khắp các huyện, thị. Hàng tuần hoặc từ 3 đến 5 ngày, các địa phương đều có các báo cáo tổng hợp thông báo kết quả phạt "nguội" và được công khai trên các phương tiện thông tin của tỉnh.

Cụ thể vào ngày 10/5, Công an TP. Bắc Giang đã thông báo kết quả phạt "nguội" đối với 72 trường hợp vi phạm trật tự ATGT từ ngày 6/5 đến ngày 8/5 qua hệ thống camera giám sát giao thông. Trong đó, 41 trường hợp vượt đèn đỏ; 11 trường hợp lấn làn,

vi phạm vạch kẻ đường; 5 trường hợp ngồi trên xe mô tô vi phạm không đội mũ bảo hiểm; 9 trường hợp rẽ trái tại nơi có biển cấm và 6 trường hợp điều khiển xe chạy quá tốc độ quy định.

Trước đó, vào ngày 9/5, Công an huyện Sơn Động thông báo kết quả phát hiện vi phạm trật tự ATGT thông qua hệ thống camera giám sát giao thông và thiết bị kỹ thuật nghiệp vụ đối với 10 chủ phương tiện có hành vi điều khiển xe chạy quá tốc độ quy định, đặc biệt nhiều trường hợp cố tình vi phạm và vi phạm có hệ thống.

Điển hình, người điều khiển mô tô BKS 98D1-646.88 bị Công an huyện Hiệp Hòa lập 26 biên bản vi phạm, trong đó 6 biên bản vi phạm không chấp hành hiệu lệnh của đèn tín hiệu giao thông, 20 biên bản không đội mũ bảo hiểm, tổng cộng mức phạt lên đến 15,4 triệu đồng. Trường hợp khác, người điều khiển mô tô BKS 98D2-004.28 bị CSGT lập 24 biên bản vi phạm, trong đó 5 biên bản vi phạm không chấp hành hiệu lệnh của đèn tín hiệu giao thông, 19 biên bản không đội mũ bảo hiểm. Tổng cộng mức phạt 14 triệu đồng.

Đánh giá về tính tích cực của công cụ phạt "nguội", đại diện Ban ATGT tỉnh Bắc Giang cho biết, hình thức xử phạt "nguội" thông qua hình ảnh đảm bảo được tính công bằng, minh bạch, tránh được hiện tượng những trường hợp là công chức hay trong các cơ quan, đơn vị có ảnh hưởng, thông qua các mối quan hệ để hóa giải việc vi phạm của mình. Hình thức phạt "nguội" giúp nâng cao ý thức người dân trong việc chấp hành trật tự ATGT, không còn tâm lý dựa dẫm, nhờ cậy.

NÂNG CAO HIỆU QUẢ TRONG XỬ PHẠT "NGUỘI"

Theo Công an tỉnh Bắc Giang, với việc lắp đặt hệ thống camera đã cung cấp kho hình ảnh, từ đó hỗ trợ tích cực cho lực lượng CSGT trong việc thực hiện nhiệm vụ, phát hiện, xử lý kịp thời, nghiêm minh các hành vi vi phạm, hạn chế thấp nhất khả năng xảy ra tiêu cực trong quá trình xử lý vi phạm.

Tuy nhiên, một số người tham gia giao thông đã cố tình né tránh việc bị xử phạt "nguội" bằng cách che và thay đổi ký tự trên biển số nhằm qua mắt lực lượng chức năng. Việc làm này ngoài vi phạm về ATGT còn tạo hình ảnh xấu cho ý thức của người tham gia giao thông.

Theo đánh giá của các chuyên gia, phạt "nguội" vi phạm giao thông thông qua hình ảnh là biện pháp tối ưu hiện nay. Tuy nhiên, điều cần nhất là sự minh bạch trong thông tin. Hệ thống camera giám sát giao thông cũng do con người vận hành, quản lý nên không loại trừ khả năng vẫn có thể bị sửa chữa, thay đổi. Bởi vậy, luôn luôn phải có sự giám sát đối với những người chịu trách nhiệm vận hành hệ thống.

Một số trường hợp điều khiển xe máy bị phạt "nguội" tại huyện Hiệp Hòa, tỉnh Bắc Giang

Được biết, việc xử phạt "nguội" đối với xe máy sẽ khó khăn, phức tạp hơn do thiếu dữ liệu thông tin của chủ xe. Muốn phát huy được công cụ này cần có thêm các biện pháp sàng lọc khác. Tuy nhiên, việc triển khai định danh chủ xe tại tỉnh Bắc Giang khá đồng bộ, là công cụ hiệu quả giúp lực lượng chức năng nhanh chóng tìm ra chủ xe khi vi phạm.

Trao đổi với PV Tạp chí GTVT, anh Nguyễn Phúc H. (tài xế ô tô công nghệ tại TP. Bắc Giang) cho biết, hầu hết anh em chạy xe công nghệ khi di chuyển đều phải tập trung cao độ cũng như chấp hành đầy đủ những quy định về trật tự ATGT, nếu cố tình vi phạm hoặc có hành vi che hay làm mờ biển số thì sớm muộn cũng sẽ bị phát hiện.

Theo đại diện Ban ATGT tỉnh Bắc Giang, để nâng cao ý thức người dân, trong các bản tin thông báo về các trường hợp bị phạt "nguội" đều được đính kèm mức phạt dành cho phương tiện. Ngoài ra, để thuận tiện cho người dân khi làm việc với cơ quan chức năng, những thông tin về giấy tờ cần có để chấp hành việc xử phạt cũng được thông báo chi tiết cho từng loại phương tiện. Với hình thức xử phạt này đã tác động mạnh mẽ đến ý thức người tham gia giao thông trên địa bàn.

Phạt "nguội" là một trong những biện pháp rất hữu hiệu nhằm kéo giảm vi phạm, nâng cao ý thức của người dân, qua đó kéo giảm TNGT. Do đó, rất cần mở rộng hệ thống camera giám sát, thu thập thông tin, tăng cường các nguồn lực vật chất và nhân sự cho công tác xử phạt "nguội" trên cả nước trong thời gian tới ❑

Quyết liệt gỡ "vướng" mặt bằng, vật liệu đẩy nhanh thi công cao tốc Bắc - Nam

THANH HUYỀN

Cao tốc Bắc - Nam giai đoạn 2021 - 2025 trong thời gian qua ghi nhận chuyển biến tích cực về tiến độ. Tuy nhiên, nhiều nơi vẫn đang gặp khó khăn, vướng mắc về mặt bằng và vật liệu xây dựng, cần sớm được giải quyết dứt điểm.

NHIỀU CHUYỂN BIẾN TRÊN CAO TỐC BẮC - NAM GIAI ĐOẠN 2

Thông tin từ Ban QLDA Thăng Long, trên công trường dự án thành phần Bãi Vọt - Hàm Nghi hiện đang huy động 892 nhân sự, 392 thiết bị và ô tô vận chuyển, tổ chức 28 mũi thi công. Lũy kế sản lượng đến hết ngày 2/5 là 1.702,76/4.645,84 tỷ đồng, đạt 36,65% hợp đồng.

Ông Đinh Công Minh, Giám đốc Ban QLDA Thăng Long cho hay, tình hình triển khai dự án cơ bản đáp ứng tiến độ theo yêu cầu. Trong thời gian tới, nhà thầu sẽ tăng cường huy động máy móc để triển khai thi công "3 ca, 4 kíp", phấn đấu hoàn thành dự án trước ngày 30/6/2025 theo tiến độ điều chỉnh đã được phê duyệt. Còn tại dự án cao tốc Hàm Nghi - Vũng Áng, công tác triển khai có nhiều chuyển biến tích cực. Với thời tiết thuận lợi, các nhà thầu đang tăng cường huy động máy móc, thiết bị và tổ chức triển khai thi công đồng loạt.

Tuy nhiên, dự án này hiện đang gặp một số khó khăn, vướng mắc về mặt bằng và vật liệu xây dựng. Theo lãnh đạo Ban QLDA Thăng Long, mặt bằng hiện cơ bản hoàn thành, đạt 98,5%. Ban đang phối hợp với UBND các huyện để có kế hoạch bàn giao cụ thể. Với các vị trí còn lại, đơn vị phấn đấu hoàn thành giải phóng mặt bằng (GPMB) dứt điểm trong quý II/2024 và sớm hoàn thành di dời các công trình hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là đường điện 220 và 550 KV. Ban QLDA Thăng Long kiến nghị địa phương cần thúc đẩy việc triển khai di dời, đảm bảo công tác thi công của dự án.

Về vật liệu xây dựng, dự án có nhu cầu khoảng 0,993 triệu m^3 cát. Đến nay, UBND tỉnh Hà Tĩnh đã chấp thuận cấp quyền khai thác 2 mỏ, gồm mỏ Kỳ Lạc có trữ lượng 0,340 triệu m^3 và mỏ Cẩm Mỹ có trữ lượng khoảng 0,099 triệu m^3. Tuy nhiên, thực tế mỏ Kỳ Lạc chưa khai thác

Thi công cao tốc Quy Nhơn - Chí Thạnh

được do có sỏi sạn nhiều, phạm vi phân bố rộng, vướng 1 cầu nhỏ, dự kiến chi phí để khai thác được 1 triệu m^3 cát cao hơn mua thương mại. Trong khi đó, mỏ Cẩm Mỹ đang làm đường vào mỏ để khai thác một phần (phần diện tích do địa phương quản lý khoảng 0,03 triệu m^3).

Tại cao tốc Quảng Ngãi - Hoài Nhơn do Ban QLDA 2 làm chủ đầu tư, lũy kế sản lượng đến nay là 3.403,986/14.498,030 tỷ đồng, đạt 23,470% hợp đồng, chậm 1,22% so với tiến độ đã phê duyệt.

Theo ông Cao Việt Hùng, Phó Giám đốc Ban QLDA 2, dự án gặp một số khó khăn, vướng mắc liên quan đến mặt bằng và vật liệu xây dựng. Ban QLDA 2 đã kiến nghị các địa phương tiếp tục hỗ trợ Ban và các nhà thầu thi công giải quyết các vị trí "xôi đỗ" thuộc phạm vi đã bàn giao nhưng chưa tiếp cận thi công được.

Về vật liệu xây dựng, Ban QLDA 2 đề nghị UBND tỉnh Quảng Ngãi quan tâm, chỉ đạo, hỗ trợ nhà thầu thi công giải quyết vướng mắc đường tiếp cận vào khai thác các mỏ đất ở thôn Vạn Xuân, xã Hành Thiện, huyện Nghĩa Hành. Ban QLDA 2 cũng đã đề nghị UBND tỉnh Quảng Ngãi xem xét đẩy nhanh thủ tục cấp phép các mỏ đất, mỏ cát trên địa bàn.

Trên cao tốc Bắc - Nam giai đoạn 2021 - 2025 đoạn qua khu vực miền Nam, 2 dự án thành phần Cần Thơ - Hậu Giang và Hậu Giang - Cà Mau đều có chuyển biến về tiến độ thi công nhưng vẫn chậm theo kế hoạch. Nguyên nhân khách quan là do vướng mặt bằng tại các vị trí thi công cầu, thiếu nguồn vật liệu cát đắp nền. Nguyên nhân chủ quan là do nhà thầu chậm huy động nhân sự, máy móc thiết bị theo tiến độ cam kết.

Ông Trần Văn Thi, Giám đốc Ban QLDA Mỹ Thuận (chủ đầu tư 2 dự án thành phần) cho hay, khối lượng cát đắp nền được phân bổ về dự án còn nhỏ giọt, nguồn cung cấp còn rất hạn chế, chưa đáp ứng được yêu cầu. Một số mỏ cát đã được địa phương cấp bản xác nhận, nhà thầu đã hoàn thành thủ tục nhưng chưa thể khai thác do người dân cản trở hoặc nằm trọn trong luồng đường thủy.

Cùng với đó, quy trình phê duyệt, giao mỏ cho nhà thầu còn tốn nhiều thời gian. Mặt khác, các dự án triển khai đồng loạt nên công tác huy động thiết bị gặp nhiều khó khăn; tình hình nhân sự (tư vấn giám sát và nhà thầu) không ổn định cả về chất lượng và số lượng, ảnh hưởng trực tiếp đến công tác nội nghiệp và hiện trường.

> Bộ GTVT ghi nhận, biểu dương liên danh các nhà đầu tư, doanh nghiệp dự án, các nhà thầu, đơn vị tư vấn đã nỗ lực triển khai, hỗ trợ lẫn nhau trong quá trình tổ chức thi công 2 dự án thành phần cao tốc Diễn Châu - Bãi Vọt và cao tốc Cam Lâm - Vĩnh Hảo. Cả 2 dự án đã đưa vào khai thác dịp 30/4 - 1/5 vừa qua theo đúng chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ.

Thống kê của Ban QLDA Mỹ Thuận, tính đến tuần đầu của tháng 5, cao tốc Cần Thơ - Hậu Giang lũy kế sản lượng là 2.050/6.846 tỷ đồng, đạt 30% giá trị hợp đồng, chậm 6,3% so với tiến độ điều chỉnh. Cao tốc Hậu Giang - Cà Mau lũy kế sản lượng là 3.197/11.982 tỷ đồng, đạt 26,7% giá trị hợp đồng, chậm 9% so với tiến độ điều chỉnh. Công tác giải ngân của cả 2 dự án cơ bản đáp ứng yêu cầu.

LỢI ÍCH HÀI HÒA, RỦI RO CHIA SẺ

Chỉ đạo thúc đẩy tiến độ triển khai cao tốc Bắc - Nam giai đoạn 2021 - 2025, Bộ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Văn Thắng yêu cầu các chủ đầu tư, ban QLDA phối hợp chặt chẽ với cơ quan tham mưu của các bộ, ngành, địa phương và các đơn vị có liên quan để giải quyết dứt điểm các vướng mắc trong công tác GPMB, di dời hạ tầng kỹ thuật, chuyển đổi mục đích sử dụng rừng, hoàn thiện thủ tục khai thác mỏ vật liệu xây dựng, đặc biệt tại các dự án khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

Bộ trưởng Nguyễn Văn Thắng yêu cầu các chủ đầu tư, ban QLDA tập trung tháo gỡ khó khăn, giải quyết dứt điểm một số vị trí thuộc "đường găng" dự án như: Đất yếu, công trình cầu, hầm..., đồng thời chỉ đạo các nhà thầu bố trí đầy đủ máy móc, thiết bị, nhân lực để thi công hoàn thành khối lượng, hạng mục công việc, hoàn thành hồ sơ nghiệm thu thanh toán theo đúng tiến độ yêu cầu.

Các chủ đầu tư, ban QLDA cần phối hợp chặt chẽ với Cục Quản lý Đầu tư xây dựng, các vụ, cục liên quan thuộc Bộ GTVT tháo gỡ khó khăn về đơn giá, định mức, đảm bảo tính đúng, tính đủ cho nhà thầu theo tinh thần chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ "lợi ích hài hòa, rủi ro chia sẻ" và phù hợp với các quy định hiện hành.

Đối với các tuyến cao tốc khác, Bộ trưởng Nguyễn Văn Thắng yêu cầu Ban QLDA 85 phối hợp chặt chẽ với địa phương đẩy nhanh tiến độ GPMB, di dời hạ tầng kỹ thuật tại dự án thành phần 2 cao tốc Biên Hòa - Vũng Tàu; hoàn thiện thủ tục để giao các nhà thầu khai thác mỏ vật liệu theo cơ chế đặc thù; hoàn tất các thủ tục liên quan đến khai thác đất phục vụ cho cho dự án theo chỉ đạo của Chính phủ và hướng dẫn của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Đề cập đến dự án thành phần 2 cao tốc Khánh Hòa - Buôn Ma Thuột, Bộ trưởng Nguyễn Văn Thắng yêu cầu Ban QLDA 6 phối hợp chặt chẽ với địa phương đẩy nhanh tiến độ GPMB, di dời hạ tầng kỹ thuật, giải quyết dứt điểm các vướng mắc về bãi trữ, thủ tục thu hồi rừng, trồng rừng thay thế.

Tại dự án cao tốc Bến Lức - Long Thành, Bộ trưởng yêu cầu Tổng công ty Đầu tư phát triển đường cao tốc Việt Nam (VEC) tiếp tục làm việc với Bộ Tài chính và nhà tài trợ thực hiện thủ tục điều chỉnh Thỏa thuận vay VN14-P3 làm cơ sở tổ chức đấu thầu lại Gói thầu J3-1; phối hợp các bên liên quan trong việc xác định các chi phí phát sinh do dừng chờ, giải quyết các khiếu kiện của nhà thầu, bảo đảm hợp lý, hợp lệ, phù hợp với quy định của pháp luật; đôn đốc các nhà thầu chủ động tìm kiếm nguồn vật liệu cho dự án; huy động đầy đủ mọi nguồn lực, tăng ca kíp đẩy nhanh tiến độ thi công để hoàn thành đúng tiến độ ❑

KỶ NIỆM NGÀY KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM (18/5)

Thợ cầu Việt Nam kế thừa, học hỏi và làm chủ công nghệ hiện đại

NAM CƯỜNG

Thời gian qua, nhiều dự án xây dựng công trình giao thông có quy mô lớn, công nghệ hiện đại, kỹ thuật phức tạp nhất thế giới đã xuất hiện tại nước ta. Đặc biệt, trong lĩnh vực xây dựng cầu, nếu trước kia chúng ta chỉ làm được những cây cầu bê tông hoặc bê tông dự ứng lực có nhịp đơn giản hoặc làm được kết cấu móng cọc, cọc bê tông cốt thép, cọc đóng có kích thước nhỏ... thì nay những người thợ cầu Việt Nam đã tự thiết kế, xây dựng, thi công được những cây cầu dây văng, cầu bê tông dự ứng lực có khẩu độ lớn, đạt trình độ ngang tầm khu vực và thế giới.

TIẾP NHẬN CÔNG NGHỆ LÀM CẦU TỪ RẤT SỚM

PGS. TS. Tống Trần Tùng, Tổ phó Tổ Cố vấn Bộ trưởng Bộ GTVT cho biết, những năm thập niên 70 và 80, các loại hình cầu dàn thép, dầm thép liên hợp bê tông cốt thép vượt khẩu độ 50 đến 100 m, lớn nhất là 120 m chiếm tỷ trọng đáng kể. Công nghệ chế tạo cầu thép liên kết đinh tán, bu-lông cường độ cao được các kỹ sư thiết kế và thợ cầu Việt Nam áp dụng thành thạo và phổ biến. Các cầu như Hàm Rồng, Cấm, Đuống, Uông Bí, Thăng Long, Chương Dương, Trà Khúc... đều có kết cấu nhịp là dàn thép hợp kim thấp liên kết bu-lông cường độ cao.

Công nghệ thi công đúc hẫng cầu bê tông dự ứng lực vượt khẩu độ lớn đã được ngành cầu Việt Nam tiếp nhận, nắm bắt và làm chủ hoàn toàn, điều mà trước năm 1995 chưa ai dám nghĩ tới… Cầu bê tông đúc hẫng Quán Hàu được xây dựng trên QL1 là nơi hội tụ những công nghệ mới trong xây dựng cầu ở Việt Nam.

LÀM CHỦ CÔNG NGHỆ HIỆN ĐẠI

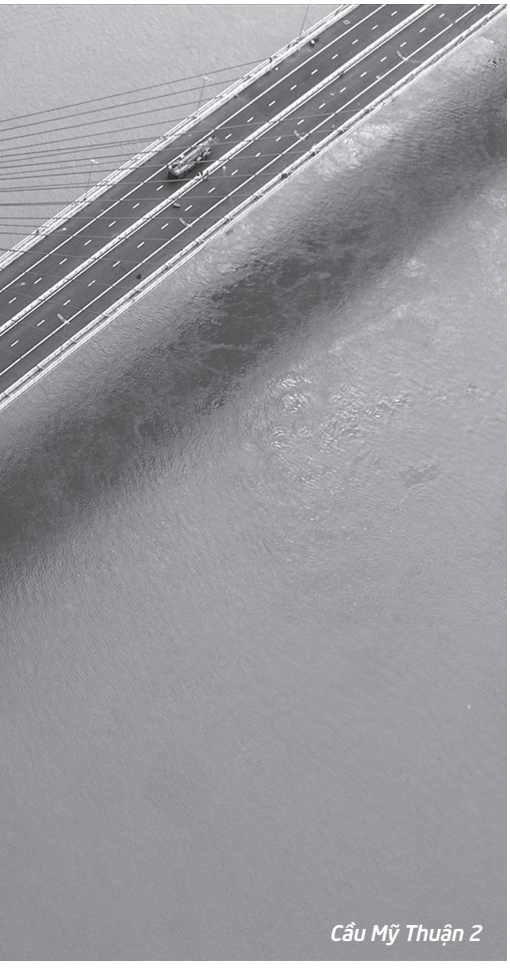
"Bằng sức mạnh nội lực, vào năm 2000, cầu dây văng Rạch Miễu đã xây dựng thành công và đưa vào sử dụng năm 2008. Đây chính là nơi hội tụ công nghệ đã được kế thừa và những công nghệ mới nhất trong xây dựng cầu ở Việt Nam đầu thế kỷ XXI. Tiếp đó, những cây cầu dây văng Nhật Lệ, Bạch Đằng, Mỹ Thuận 2, Rạch Miễu 2, Đại Ngãi 1... đều do đội ngũ xây dựng cầu Việt Nam thiết kế, thi công. Trong những năm gần đây, công nghệ xây dựng cầu Extradosed, cầu vòm thép nhồi bê tông... cũng được làm chủ và phát triển nhanh chóng", PGS. TS. Tống Trần Tùng nhấn mạnh.

Cầu dây văng hiện đại đầu tiên ở Việt Nam (cầu Mỹ Thuận bắc qua sông Tiền, nối tỉnh Tiền Giang với

Vĩnh Long) được xây dựng năm 1997, một phần nguồn vốn do Chính phủ Australia tài trợ. Thời điểm đó, đây là công trình quy mô lớn, kỹ thuật cao, toàn bộ khâu thiết kế, giám sát, thi công do doanh nghiệp nước ngoài thực hiện. Phía Việt Nam chỉ có Tổng công ty Xây dựng công trình giao thông 6 (CIENCO 6) tham gia là nhà thầu phụ, hoàn thành năm 2000.

Đến năm 2002, cầu Rạch Miễu bắc qua sông Tiền được xây dựng bằng nguồn vốn ngân sách. Đây là cầu dây văng đầu tiên do người Việt Nam tự thiết kế và là tổng thầu xây dựng. Các doanh nghiệp trong nước như CIENCO 1, CIENCO 5 và CIENCO 6 bắt đầu tiếp cận công nghệ xây cầu dây văng. Bộ GTVT đã cử đoàn kỹ sư đi học hỏi, cập nhật công nghệ xây cầu tại nước ngoài. Tuy nhiên, khi thi công cáp dây văng, khâu khó nhất vẫn do các kỹ sư hãng SVL (Thụy Sĩ) thực hiện.

Theo ông Nguyễn Mạnh Thắng, Phó Cục trưởng Cục Đường bộ Việt Nam, công nghệ thi công cầu của Việt Nam thời gian qua hầu hết sử dụng bê tông cốt thép hiện đại để đảm bảo tính linh hoạt, thích ứng với nhiều loại hình trong xây dựng. Đặc biệt, Việt Nam đã làm chủ và áp dụng thành công vào thực tế công trình cầu dây văng nhịp lớn do các đơn vị trong nước tự thiết kế, thi công. Ngành cầu Việt Nam cũng đã tự thiết kế các công trình có địa hình và tính chất kỹ thuật phức tạp, sử dụng vật liệu chất lượng cao và công nghệ thi công hiện đại, đặc biệt như cầu Pá Uôn có trụ cao gần 98 m. Nhiều công trình cầu vượt đô thị và các nút giao thông có yêu cầu kỹ thuật phức tạp như cầu chéo góc, cầu cong không gian, nút giao ba tầng, cầu đường sắt... cũng đã được các kỹ sư, công nhân Việt Nam làm chủ, tự thiết kế, thi công...


Cầu Mỹ Thuận 2

Để có được những kinh nghiệm tiếp cận và làm chủ công nghệ xây dựng cầu, theo TS. Nguyễn Ngọc Long, nguyên Cục trưởng Cục Quản lý xây dựng và Chất lượng công trình giao thông thì chính là nhờ các dự án ODA với công nghệ, thiết bị và lực lượng cán bộ kỹ thuật nước ngoài, cho ra những cây cầu dây văng có khẩu độ đến 550 m như cầu Cần Thơ hay cầu Nhật Tân có chuỗi dây văng liên tục 5 nhịp bắc qua sông Hồng ở Hà Nội... Ngày nay, các thành phố lớn đã nhận thức được việc xây dựng kết cấu cầu không chỉ đơn thuần là công trình giao thông mà còn nâng tầm thành tác phẩm nghệ thuật, làm đòn bẩy cho sự phát triển kinh tế - xã hội, du lịch, tạo điểm nhấn của bộ mặt đô thị...

"Đến nay, đội ngũ kỹ sư của Việt Nam đã làm chủ công nghệ, có thể xây dựng các công trình với nền móng cọc khoan nhồi có đường kính 2 - 2,5 m, chiều sâu hàng trăm mét dưới lòng đất như các cầu: Cần Thơ, Vàm Cống, Cao Lãnh, Mỹ Thuận... Có thể nói đây là những thăng hoa về công nghệ cầu", TS. Nguyễn Ngọc Long nhấn mạnh và nói thêm, thời gian qua, hàng loạt cầu dây văng quy mô lớn được đội ngũ chuyên gia, kỹ sư Việt Nam học hỏi để thiết kế và thi công các hạng mục quan trọng như xây trụ cầu, trụ tháp, dầm cầu, căng cáp...

Năm 2020, cầu Mỹ Thuận 2 có tổng vốn đầu tư hơn 5.000 tỷ đồng được khởi công và hoàn thành vào cuối tháng 12/2023. Đây là cầu dây văng đầu tiên do đội ngũ kỹ sư, công nhân Việt Nam thực hiện hoàn toàn từ khâu lập dự án, thiết kế đến thi công căng cáp. Cầu có chiều dài 1,9 km, rộng 28,3 m, được xây dựng với mỗi bệ móng gồm 26 cọc khoan nhồi. Trên cầu có hai trụ, mỗi trụ cao 125 m được kết nối với 128 bó dây văng với dầm cầu vượt nhịp 350 m, tổng cộng 32 đốt đúc nhịp chính, 28 đốt đúc nhịp biên, thi công trong 26 tháng. So với cầu Mỹ Thuận 1 có 4 làn xe, cầu Mỹ Thuận 2 kết cấu nhịp giống nhau nhưng bề rộng lên đến 6 làn xe. Do đó, cầu Mỹ Thuận 2 phải thiết kế trụ tháp, cọc khoan lớn hơn để phù hợp với bề rộng mặt cầu.

Chia sẻ về kinh nghiệm xây dựng cầu Mỹ Thuận 2, ông Phan Văn Quân, Phó Tổng Giám đốc Công ty Cổ phần Xây dựng và Lắp máy Trung Nam (Trungnam E&C) cho biết, Trung Nam đã huy động đội ngũ kỹ sư, công nhân, thợ cầu lành nghề từng thi công nhiều cầu dây văng trên cả nước về làm cầu Mỹ Thuận 2. Một trong những khâu khó nhất là căng cáp đòi hỏi kỹ thuật cao, tính toán chi tiết đã được các kỹ sư trong nước xử lý toàn bộ. Cầu dây văng được thiết kế với kết cấu dầm cầu mảnh, được neo giữ bởi các bó cáp. Từ lúc thi công các đốt dầm đến khi căng cáp lúc nào cũng có sai số dịch chuyển so với thiết kế nên buộc phải tính toán và cập nhật liên tục. Cầu dây văng Mỹ Thuận 2 quy mô lớn do người Việt thiết kế và thi công hoàn toàn, khẳng định đội ngũ kỹ sư của Việt Nam đã kế thừa, làm chủ công nghệ tiên tiến, kiểm soát rủi ro, là điển hình cho tinh thần học hỏi, đánh dấu sự lớn mạnh đội ngũ thợ cầu Việt Nam.

Bằng nội lực của chính mình, những cây cầu dây văng Nhật Lệ, Bạch Đằng, Mỹ Thuận 2, Rạch Miễu 2, Đại Ngãi... đều do đội ngũ xây dựng cầu Việt Nam thiết kế, xây dựng và những công nghệ như cầu Extradosed, cầu vòm thép nhồi bê tông... cũng đã được tiếp thu, làm chủ và phát triển. Có thể khẳng định, trình độ làm chủ công nghệ xây dựng cầu của đội ngũ kỹ sư và thợ cầu Việt Nam hiện nay sánh ngang tầm khu vực và thế giới ❑

Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng tháp cách bố trí các vị trí neo dây văng vào đỉnh tháp đến ứng xử của kết cấu cầu dây văng

■ **PGS. TS. HOÀNG HÀ**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hoangha@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Thiết kế cầu dây văng (CDV) thuộc lớp bài toán phức tạp trong xây dựng công trình giao thông. Ngoài yêu cầu đảm bảo tính hợp lý về sơ đồ tổng thể của kết cấu cầu, các nội dung bố trí cấu tạo chi tiết cũng có ảnh hưởng đáng kể tới trạng thái chịu lực của cầu. Nhiều nghiên cứu đã cho thấy việc cấu tạo hình dạng tháp cầu và cách bố trí chi tiết các điểm neo dây văng vào tháp cầu có ảnh hưởng đáng kể đến trạng thái nội lực và khả năng ổn định khí động của kết cấu CDV. Bài báo phân tích ảnh hưởng của cấu tạo hình dạng tháp cách bố trí các điểm neo cáp dây văng trên đỉnh tháp tới ứng xử của kết cấu áp dụng cho một số phương án CDV ở giai đoạn thiết kế. Kết quả nghiên cứu có thể dùng tham khảo cho việc lựa chọn giải pháp hợp lý cho việc bố trí cấu tạo các bộ phận chi tiết trong thiết kế các CDV ở Việt Nam.

TỪ KHÓA: Cầu dây văng, hình dạng tháp cầu, cách bố trí điểm neo dây vào tháp, trạng thái ứng xử của kết cấu cầu dây văng.

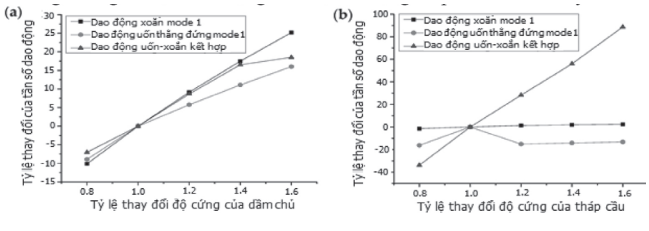
ABSTRACT: Cable-stayed bridge design belongs to a class of complex problems in traffic construction. In addition to the requirement to ensure the reasonableness of the overall layout of the bridge structure, the detailed structural arrangements also have a significant influence on the load-bearing state of the bridge. Many studies on Cable-stayed bridge have shown that the shape of the bridge tower and the detailed arrangement of cable-stayed anchor points to the bridge tower have a significant impact on the internal gravity and aerodynamic stability of the Cable-stayed bridge structure. This article analyzes the influence of the arrangement of cable-stayed anchor points on the top of the tower on the behavior of the structure applied to a number of Cable-stayed bridge options at the design stage. The research results can be used as a reference for choosing a reasonable solution for the structural arrangement of detailed parts in the design of Cable-stayed bridges in Vietnam.

KEYWORDS: Cable-stayed bridge, shape of bridge tower, arrangement of cable anchor points to the tower, state of behavior of Cable-stayed bridges structure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các cáp dây văng là một trong 3 bộ phận chịu lực chủ yếu của CDV, chúng được liên kết một đầu vào dầm chủ của hệ mặt cầu, đầu khác được liên kết treo vào các điểm neo khác nhau dọc theo chiều cao tháp. Nghiên cứu của Yong Zeng và cộng sự [7] đã chỉ ra rằng hình dạng, sơ đồ cấu tạo, kích thước của 3 bộ phận chính nêu trên của hệ kết cấu CDV có ảnh hưởng làm thay đổi độ cứng của chúng dẫn đến thay đổi trạng thái nội lực, biến dạng và dao động của hệ. Ảnh hưởng của tỷ lệ giá trị độ cứng của dầm chủ và tháp cầu đến sự thay đổi tần số dao động của hệ ở các dạng thức dao động (mode) điển hình thể hiện trên *Hình 1.1* cho thấy tần số dao động của kết cấu ở các mode điển hình tăng theo tỷ lệ tăng độ cứng của dầm trong khi chỉ có tần số dao động uốn-xoắn kết hợp tăng theo tỷ lệ tăng độ cứng của tháp cầu [7].

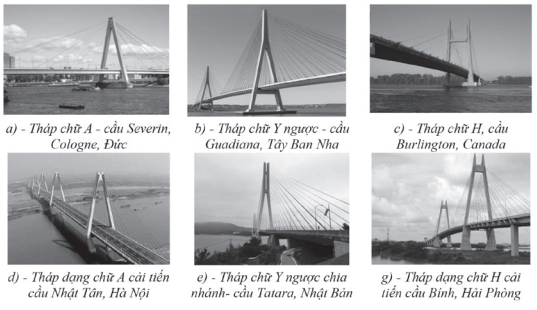
Với các CDV hiện đại, các dây văng trong cùng mặt phẳng dàn dây có thể được bố trí theo sơ đồ song song nhưng trên thực tế sơ đồ hình quạt là phổ biến do theo cấu tạo của dạng sơ đồ này các điểm neo dây văng trên tháp thường được bố trí ở khu vực gần đỉnh tháp cầu nhằm mục đích cải thiện góc nghiêng của dây để tăng thêm độ cứng của gối đàn hồi tại các vị trí đỡ dầm [6]. Việc tập trung các điểm neo dây văng ở khu vực đỉnh tháp đã đặt ra vấn đề về lựa chọn cự ly giữa chúng dọc theo chiều cao sao cho đảm bảo thuận lợi thi công lắp đặt và căng kéo các dây văng, giảm thiểu tập trung ứng suất cục bộ khi các điểm neo dây phát sinh lực kéo quá lớn bố trí gần nhau. Đối với các CDV có hai mặt phẳng dàn dây, đặc biệt là trường hợp cầu nhịp lớn, các mặt phẳng dàn dây thường có xu thế bố trí nghiêng chụm vào tim cầu để tăng cường ổn định khí động với việc sử dụng tháp hình chữ A hay chữ Y ngược .



a) *b)*

Hình 1.1: Ảnh hưởng của độ cứng các bộ phận chính đến tần số dao động của các mode dao động điển hình: a) - Ảnh hưởng của độ cứng dầm chính; b) - Ảnh hưởng của tháp cầu

Tuy nhiên, việc các mặt phẳng dàn dây nghiêng chụm quá lớn về phía tim cầu có thể làm tăng độ dài của các cáp dây văng dẫn đến độ võng của dây do trọng lượng bản thân lớn, làm giảm độ cứng [7]. Để khắc phục nhược điểm này các nhà thiết kế dùng giải pháp giảm độ nghiêng của mặt phẳng dàn dây văng bằng cách tách rời hai dãy điểm neo trên đỉnh tháp của 2 dàn dây một khoảng nhất định theo phương ngang cầu. Vì vậy, tháp của các CDV hiện đại thường có dạng được cải biên từ tháp chữ A nhưng đỉnh không chụm sát nhau như cầu Nhật Tân *(Hình 1.2d)* hay cải biến từ dạng tháp hình chữ Y ngược bằng cách chia đoạn đỉnh tháp thành 2 nhánh như trường hợp tháp của cầu, cầu Vàm Cống, cầu Tatara *(Hình 1.2e)*, cũng có thể cải tiến từ dạng chữ H với chụm đỉnh chút ít như cầu Bính *(Hình 1.2g)*. Với giải pháp này, một vấn đề khác liên quan đến cách bố trí sơ đồ điểm neo các dây văng vào tháp là chọn khoảng cách hợp lý giữa 2 nhánh của đỉnh tháp để có được trạng thái chịu lực tốt nhất cho kết cấu.

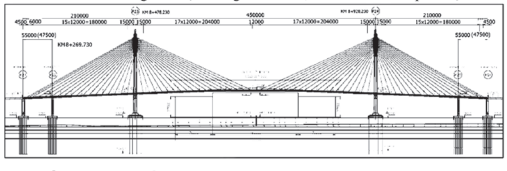


a) - Tháp chữ A - cầu Severin, Cologne, Đức
b) - Tháp chữ Y ngược - cầu Guadiana, Tây Ban Nha
c) - Tháp chữ H, cầu Burlington, Canada
d) - Tháp dạng chữ A cải tiến cầu Nhật Tân, Hà Nội
e) - Tháp chữ Y ngược chia nhánh- cầu Tatara, Nhật Bản
g) - Tháp dạng chữ H cải tiến cầu Bính, Hải Phòng

Hình 1.2: Các hình dạng của tháp CDV phù hợp với việc bố trí mặt phẳng dàn dây nghiêng

2. PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA THAM SỐ CẤU TẠO CỦA THÁP VÀ CÁC ĐIỂM NEO DÂY VĂNG VÀO THÁP THEO PHƯƠNG THẲNG ĐỨNG ĐẾN NỘI LỰC VÀ CHUYỂN VỊ, TẦN SỐ DAO ĐỘNG CỦA KẾT CẤU

Kết quả phân tích dựa trên số liệu tính toán phân tích kết cấu cho các phương án khác nhau ở giai đoạn thiết kế của một CDV trong thực tế (cầu ĐN) giới thiệu trên *Hình 2.1*. Kết cấu cầu chính có dạng CDV 3 nhịp có 2 trụ neo bố trí theo sơ đồ (55+155+450+155+55)m. Cầu có 2 mặt phẳng dàn dây, mỗi mặt phẳng dàn dây có 72 dây văng chia đều liên kết vào 2 tháp cầu, chiều rộng mặt cầu 19 m dùng cho 4 làn xe cơ giới. Tháp cầu dạng chữ Y ngược phân nhánh có chiều cao tổng 154 m, khoảng cách từ mặt cầu đến đỉnh tháp là 64,7 m.



Hình 2.1: Cấu tạo sơ đồ nhịp CDV trong giai đoạn nghiên cứu thiết kế (cầu ĐN)

Quá trình nghiên cứu sẽ phân tích so sánh sự biến đổi biến dạng, nội lực và tần số dao động của kết cấu tương ứng với sự thay đổi của các thông số cấu tạo chi tiết:

- Thay đổi sơ đồ bố trí điểm neo dây văng trên đỉnh tháp tương ứng với 2 trường hợp cự ly bố trí 3,0 m và 1,5 m.

- Thay đổi khoảng cách tim giữa 2 nhánh đỉnh của tháp chữ Y ngược phân nhánh tương ứng với các trường hợp 8,0 m, 12,0 m và 20 m.

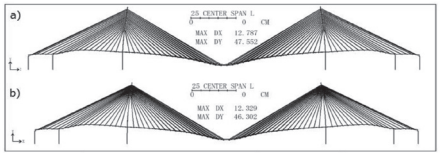
2.1. Ảnh hưởng do thay đổi khoảng cách bố trí các điểm neo dây văng trên đỉnh tháp

Tham số cấu tạo về cự ly bố trí các điểm neo dây văng vào tháp theo phương thẳng đứng của một số công trình CDV đã xây dựng trên thế giới và Việt Nam giới thiệu trong *Bảng 2.1* [4].

Bảng 2.1. Thống kê số liệu về khoảng cách bố trí các điểm neo dây văng vào tháp theo phương thẳng đứng của một số CDV

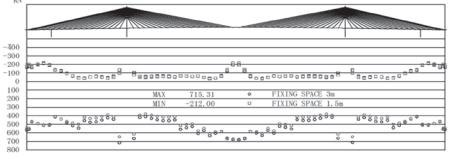
TT	Tên cầu	Dạng tháp cầu	Cự ly các điểm neo dây văng trên tháp	Điều kiện gối tại tháp
01	Cần Thơ (Vĩnh Long)	Chữ Y ngược	1.2 m	Cao su
02	Vàm Cống (Đồng Tháp)	Chữ Y ngược chia nhánh	3,0 m	Cố định
03	Bính (Hải Phòng)	Chữ A	1,1 m	Cố định
04	Nhật Tân (Hà Nội)	Chữ A	2,0 m	Cao su
05	Cao Lãnh (Đồng Tháp)	Chữ H	1,5 m	Cố định
06	Incheon (Hàn Quốc)	Chữ Y ngược	1,5 m	Cao su

Số liệu thống kê trong *Bảng 2.1* cho thấy khoảng cách bố trí các điểm neo dây văng vào tháp cầu theo phương thẳng đứng có độ linh hoạt cao.

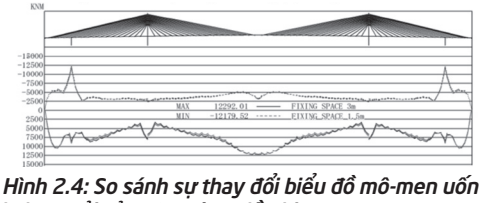


Hình 2.2: So sánh biến dạng do hoạt tải tại mặt cắt giữa nhịp dầm chính của phương án CDV có sơ đồ nhịp (55+155+450+155+55)m: a) - Trường hợp cự ly điểm neo dây trên tháp theo phương thẳng đứng (h) bằng 3,0 m; b) - Trường hợp khoảng cách (h) bằng 1,5 m

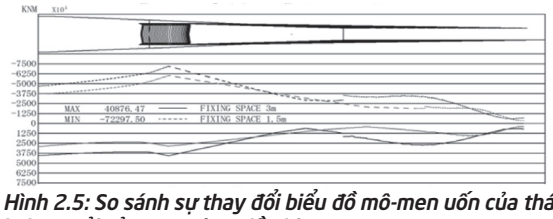
Kết quả tính toán so sánh sự thay đổi của nội lực, biến dạng trong kết cấu CDV tương ứng với 2 phương án bố trí với cự ly các điểm neo dây văng trên tháp là 3,0 m và 1,5 m giới thiệu trên *Hình 2.2, 2.3, 2.4 và 2.5*.



Hình 2.3: So sánh sự khác biệt của lực căng trong cáp dây văng ở giai đoạn hoàn thành của phương án CDV có sơ đồ nhịp (55+155+450+155+55)m tương ứng với các cự ly bố trí dây điểm neo dây văng trên tháp (h) bằng 3,0 m và 1,5 m



Hình 2.4: So sánh sự thay đổi biểu đồ mô-men uốn của dầm chủ do hoạt tải của CDV có sơ đồ nhịp (55+155+450+155+55)m tương ứng với các cự ly bố trí dây điểm neo dây văng trên tháp (h) bằng 3,0 m và 1,5 m



Hình 2.5: So sánh sự thay đổi biểu đồ mô-men uốn của tháp cầu do hoạt tải của CDV có sơ đồ nhịp (55+155+450+155+55)m tương ứng với các cự ly bố trí dây điểm neo dây văng trên tháp (h) bằng 3,0 m và 1,5 m

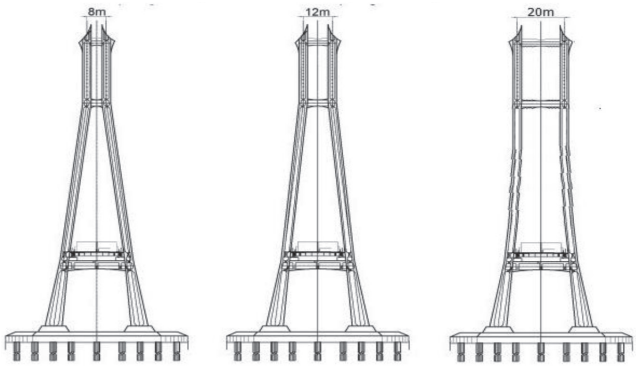
Bảng 2.2. Thay đổi về nội lực, biến dạng của CDV có sơ đồ nhịp (55+155+450+155+55)m tương ứng với các cự ly bố trí dây điểm neo dây văng trên tháp bằng 3,0 m và 1,5 m

TT	Trị số nội lực, biến dạng	Khoảng cách bố trí điểm neo dây văng trên tháp (h)		Chênh lệch ($S_{1,5}$/ $S_{3,0}$)
		1,5 m	3,0 m	
01	Biến dạng lớn nhất của dầm chủ theo phương thẳng đứng do hoạt tải	46,302 cm	47,552 cm	0,974
02	Biến dạng lớn nhất của dầm chủ theo phương ngang do hoạt tải	12,329 cm	12,787 cm	0,964
03	Lực căng lớn nhất trong dây văng ở giai đoạn hoàn thành	650,81 kN	715,31 kN	0,909
04	Mô-men uốn lớn nhất của dầm chủ do hoạt tải	12.282,03 kN/m	12.292,01 kN/m	0,999
05	Mô-men uốn lớn nhất tại tháp cầu do hoạt tải	62.508,69 kN/m	72.297,50 kN/m	0,865

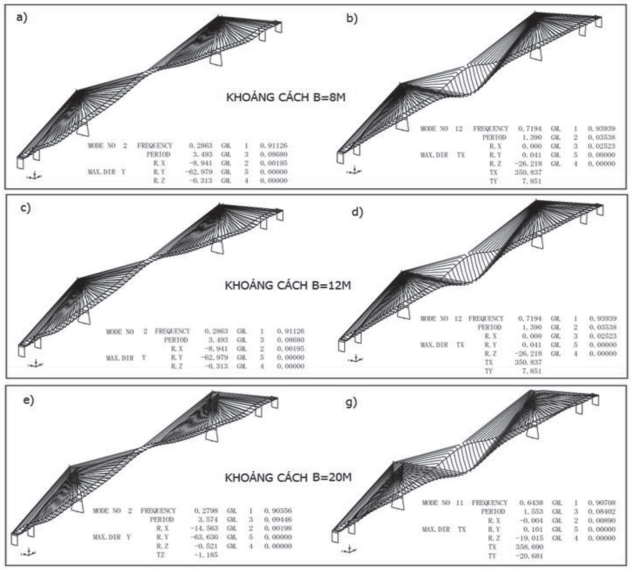
Kết quả phân tích ở *Bảng 2.2* cho thấy khi thu nhỏ cự ly bố trí điểm neo dây văng trên tháp, góc nghiêng của dây văng tăng lên làm cho độ cứng của dầm chủ và của tháp tăng dẫn đến việc giảm lực căng trong dây văng, nội lực và biến dạng của dầm chủ và tháp cầu. Độ giảm nhỏ lớn nhất là mô-men uốn lớn nhất ở tháp cầu, nhỏ hơn khoảng 12,5%, lực căng lớn nhất trong dây văng giảm khoảng 10%.

2.2. Ảnh hưởng do sự thay đổi khoảng cách giữa 2 nhánh đỉnh tháp theo phương ngang cầu

Để nghiên cứu ảnh hưởng của việc thay đổi độ nghiêng (chụm) của mặt phẳng các dàn dây văng đến trạng thái nội lực, biến dạng và tần số dao động của kết cấu CDV đã tiến hành so sánh 3 trường hợp cấu tạo đỉnh tháp cầu dạng chữ Y ngược phân nhánh với khoảng cách (B) giữa 2 nhánh đỉnh tháp là 8 m, 12 m và 20 m *(Hình 2.6)*.



Hình 2.6: Các trường hợp nghiên cứu khoảng cách giữa 2 đỉnh tháp theo phương ngang cầu



Hình 2.7: Thay đổi tần số dao động uốn theo phương thẳng đứng và tần số dao động xoắn phụ thuộc vào khoảng cách B giữa 2 nhánh đỉnh tháp cầu: a) uốn với B = 8 m; b) xoắn với B = 8 m; c) uốn với B = 12 m; d) xoắn với B = 12 m; e) uốn với B = 20 m; g); xoắn với B = 20 m

Kết quả so sánh sự thay đổi tần số dao động uốn theo phương thẳng đứng và tần số dao động xoắn của dầm chủ tương ứng với khoảng cách giữa 2 nhánh trụ tháp khác nhau thể hiện trên *Hình 2.7* và được phân tích trong *Bảng 2.3*.

Bảng 2.3. Phân tích sự thay đổi tần số dao động của kết cấu CDV tương ứng với sự thay đổi khoảng cách giữa 2 nhánh của tháp theo phương ngang cầu (B)

Khoảng cách giữa 2 nhánh đỉnh tháp (B)	Tần số dao động uốn theo phương đứng ở mode thứ 1 (Hz)	Tần số dao động xoắn ở mode thứ 1 (Hz)	Tỷ lệ giữa tần số xoắn và uốn (f_x/f_u)
8 m	0,2860 (100%)	0,7379 (100%)	2,58
12 m	0,2863 (100,1%)	0,7194 (97%)	2,51
20 m	0,2978 (104,1%)	0,6438 (87%)	2,31

Số liệu ở *Bảng 2.3* cho thấy, trong các CDV sử dụng 2 mặt phẳng dàn dây, độ nghiêng (độ chụm hướng vào tim cầu) của mặt phẳng các dàn dây có ảnh hưởng khá lớn đến mức độ ổn định khí động của hệ kết cấu. Khi khoảng cách giữa 2 nhánh đỉnh tháp (B) tăng lên các dây sẽ có góc nghiêng lớn hơn và ngắn hơn, dẫn đến việc tăng tần số dao động uốn theo phương thẳng đứng tương ứng với sự gia tăng độ cứng theo phương đứng của hệ. Tuy nhiên, độ cứng ngang sẽ giảm và làm giảm tần số dao động xoắn một cách đáng kể (khoảng 13%).

2.3. Hiệu quả kết hợp giữa giảm khoảng cách các nhánh đỉnh tháp theo phương ngang cầu (B) và giảm khoảng cách bố trí neo dây văng trên đỉnh tháp (h)

Các phân tích trên đây đã cho thấy hiệu quả cải thiện trạng thái nội lực, biến dạng và ổn định khí động của kết cấu CDV khi giảm các thông số chi tiết B và h. Hiệu quả này sẽ rõ ràng hơn khi phân tích giải pháp kết hợp giữa 2 giải pháp trên thể hiện trên *Hình 3.1* và *Bảng 2.4*.

Bảng 2.4. Tần số dao động của kết cấu CDV tương ứng với sự thay đổi khoảng cách giữa 2 nhánh của tháp theo phương ngang cầu (B) và cự ly bố trí neo dây văng trên đỉnh tháp (h)

Khoảng cách 2 nhánh đỉnh tháp (B) và cự ly (h)	Tần số dao động uốn theo phương đứng ở mode thứ 1 (Hz)	Tần số dao động xoắn ở mode thứ 1 (Hz)	Tỷ lệ giữa tần số xoắn và uốn (f_x/f_u)
B = 12 m và h = 3,0 m	0,2806 (100%)	0,6979 (100%)	2,487
B = 8 m và h = 1,5 m	0,2860 (101,9%)	0,7379 (105,7%)	2,580

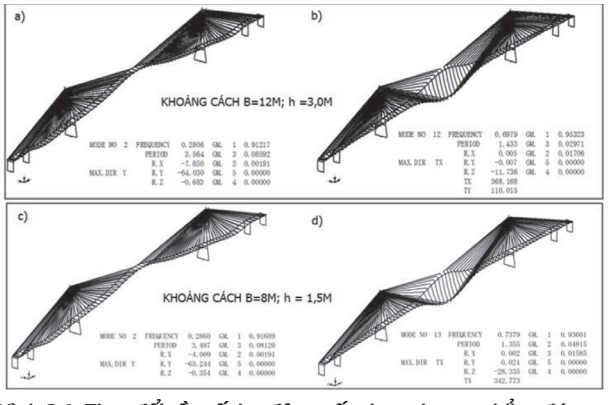
3. THẢO LUẬN

Ảnh hưởng của thông số cấu tạo chi tiết về hình dạng tháp cầu, cự ly bố trí các điểm neo vào đỉnh tháp và khoảng cách giữa 2 nhánh đỉnh tháp theo phương ngang cầu đã được tiến hành phân tích trên mô hình CDV nhịp lớn 450 m trong bài toán thiết. Kết quả nghiên cứu cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu về xu thế thay đổi tần số dao động của Yong Zeng và cộng sự [7] khi độ cứng của dầm chủ và tháp cầu tăng lên, cùng với tổng kết kinh nghiệm của một số công trình các cầu tương tự đã xây dựng cho thấy:

- Để đảm bảo điều kiện thi công, lắp đặt ván khuôn cự ly bố trí các neo dây văng trên khu vực đỉnh tháp cần lớn hơn 1,1 m.

- Giải pháp đưa các điểm neo về phía đỉnh tháp nhiều hơn sẽ làm tăng góc nghiêng của các dây văng, giảm thành phần lực ngang từ các dây văng truyền vào đỉnh tháp dẫn đến hiệu quả giảm mô-men uốn cho tháp cầu một cách rõ rệt.

- Việc thay đổi khoảng cách giữa 2 nhánh đỉnh tháp thực chất là thay đổi độ nghiêng của các mặt phẳng dàn dây (tăng độ chụm) về phía tim cầu có thể làm giảm tần số dao động uốn nhưng có tác dụng làm tăng tần số dao động xoắn cho kết cấu. Đây chính là giải pháp thuận lợi để đạt mục tiêu tăng tỷ lệ giữa dao động xoắn và dao động uốn (f_x/f_u), một chỉ số quan trọng cần có để đảm bảo điều kiện ổn định khí động theo các tài liệu khuyến cáo cần lớn hơn 2,5 lần [8].



Hình 3.1: Thay đổi tần số dao động uốn theo phương thẳng đứng và dao động xoắn phụ thuộc đồng thời vào khoảng cách (B) và cự ly bố trí điểm neo (h): a) uốn với B =12 m, h = 3,0 m; b) xoắn với B = 12 m, h = 3,0 m; c) uốn với B = 8 m, h = 1,5 m; d) xoắn với B = 8 m, h = 1,5 m

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Nghiên cứu trên đây cho thấy tầm quan trọng của việc lựa chọn các tham số cấu tạo chi tiết trong bài toán thiết kế CDV, đặc biệt là đối với các cầu nhịp lớn để đảm bảo các mục tiêu đảm bảo yêu cầu chịu lực, ổn định và kinh tế.

- Kết quả phân tích cho thấy việc lựa chọn kích thước cấu tạo hợp lý của tháp cầu và giải pháp bố trí các điểm neo dây văng trên tháp có hiệu quả giảm biến dạng của dầm khoảng 3,5%; giảm lực căng trong dây văng khoảng 10% và giảm mô-men uốn trong dầm chủ khoảng 15%.

- Kết hợp các biện pháp tập trung điểm neo dây văng một cách hợp lý vào khu vực đỉnh tháp và cấu tạo hình dạng tháp cầu phù hợp với việc bố trí các dàn dây văng nghiêng chụm về phía tim cầu là một giải pháp tốt để tăng khả năng ổn định khí động học cho kết cấu CDV.

- Trong bài toán thiết kế CDV, đặc biệt với các cầu nhịp lớn cần chú trọng so sánh các phương án cấu tạo chi tiết kích thước khác nhau để lựa chọn sơ đồ cầu hợp lý, đảm bảo an toàn về khả năng chịu lực, ổn định khí động và giảm chi phí.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ TCVN 11823-2017.*

[2]. *Tiêu chuẩn đánh giá tải trọng khai thác cầu đường bộ TCVN 12882:2020.*

[3]. Liên danh Công ty TNHH Chodai & Jiban VietNam, Công ty CPTVXD A2Z, Công ty CP TVXD Hoàng Long (9/2023), *Dự án xây dựng cầu Đại Ngãi trên QL60 thuộc địa phận các tỉnh Trà Vinh và Sóc Trăng - Báo cáo đầu kỳ.*

[4]. Liên danh Công ty TNHH Chodai & Jiban VietNam, Công ty CPTVXD A2Z, Công ty CP TVXD Hoàng Long (1/2024), *Dự án xây dựng cầu Đại Ngãi trên Quốc lộ 60 thuộc địa phận các tỉnh Trà Vinh và Sóc Trăng*, Báo cáo giữa kỳ.

[5]. *https://resource.midasuser.com/en/solution/cable-stayed-bridge*.

[6]. Liu Fangping (2014), *Comparison of Different Systems of the Stability of Cable-Stayed Bridge*, Journal of Modern Applied Science, vol.8, no.2.

[7]. Yong Zeng, Yutong Zeng, HaoYu,Yujie Tan, Hongmei Tan and HuijunZheng (2021), *Dynamic Characteristics of a Double-Pylon Cable-Stayed Bridge with Steel Truss Girder and Single-Cable Plane*, Hindawi Advances in Civil Engineering, Article ID 9565730, 15p, *https://doi.org/10.1155/2021/9565730.*

[8]. Briseghella, B.; Fa, G.; Aloisio, A.; Pasca, D.; He, L.; Fenu, L.; Gentile, C. (2021), *Dynamic characteristics of a curved steel-concrete composite cable-stayed bridge and effects of different design choices*, Structures, 34, 4669-4681.

Ngày nhận bài: 26/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 15/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng tải trọng động đến ổn định mái dốc nền đường

■ **TS. NGUYỄN VĂN DU(*); PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)dunv_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trên cơ sở nghiên cứu tác dụng của tải trọng động các phương tiện giao thông đến ổn định của nền đường, dựa trên tiêu chuẩn của CHLB Nga, nghiên cứu thực hiện tính toán và đánh giá độ ổn định của mái dốc nền đường dưới tác dụng của tải trọng tĩnh và tải trọng động, từ đó nghiên cứu đã đề xuất bổ sung việc xét đến tải trọng động trong tính toán ổn định của nền đường.

TỪ KHÓA: Ảnh hưởng, tải trọng tĩnh, tải trọng động, ổn định nền đường.

ABSTRACT: This study computed the stability of roadbed slopes under the impact of both static and dynamic loads, based on a study that used Russian standards to investigate how dynamic vehicle loads affect roadbed stability. Furthermore, the study recommends taking dynamic loads into account when assessing the roadbed's stability.

KEYWORDS: Affect, static load, dynamic load, roadbed's stability.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nền đường là bộ phận cơ bản của công trình đường ô tô, nền đường phải được thi công đạt đúng kích thước các yếu tố hình học, đảm bảo cường độ và độ ổn định yêu cầu. Theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu nền - mặt đường hiện hành (TCCS 38:2022/TCĐBVN) [3], tải trọng thiết kế là tải trọng trục tính toán tiêu chuẩn. Trong tính toán, độ lún và ổn định của nền đường là tải trọng của số xe nặng tối đa cùng một lúc có thể đỗ khắp bề rộng nền đường (TCCS 41:2022/TCĐBVN) [4].

Như vậy, trong các tiêu chuẩn hiện hành, khi tính toán ổn định nền đường mới chỉ xét đến tải trọng tĩnh tác dụng và chưa có khuyến nghị việc tính đến tác động động từ các phương tiện giao thông. Tải trọng động của xe cộ làm gia tăng tác dụng xuống nền đường, tăng nguy cơ gây mất ổn định, đặc biệt nghiêm trọng đối với nền đường đắp cao trên nền đất yếu. Ở CHLB Nga, việc tính toán kết cấu nền - mặt đường Tiêu chuẩn ODM 218.2.068-2016 [6] đã xét đến tác động động từ các phương tiện giao thông trong tính toán cường độ, độ ổn định và khả năng biến dạng của nền đường. Hiện nay, ở Việt Nam đang triển khai xây dựng nhiều tuyến đường cao tốc, đi qua các vùng địa chất phức tạp, nền đất yếu, chiều cao đào đắp lớn nên trong tính toán cần phải xem xét đến tác dụng của tải trọng động của phương tiện giao thông nhằm đảm bảo cho kết cấu nền - mặt đường đủ cường độ, ổn định trong quá trình xây dựng và khai thác.

Việc tính toán nền đường thường được thực hiện theo hai nhóm trạng thái giới hạn, về khả năng chịu lực (ổn định mái dốc và khả năng chịu lực của nền đường) và khả năng biến dạng làm ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của kết cấu áo đường (do biến dạng dư hoặc biến dạng đàn hồi vượt quá giá trị cho phép). Trong bài báo này tập trung nghiên cứu độ ổn định của nền đường dưới tác dụng động của tải trọng xe, từ đó có các đề xuất bổ sung trong phương pháp tính toán kết cấu nền - mặt đường.

2. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG ĐẾN NỀN ĐƯỜNG

2.1. Các dạng hư hỏng chủ yếu về ổn định chung của mái dốc nền đường

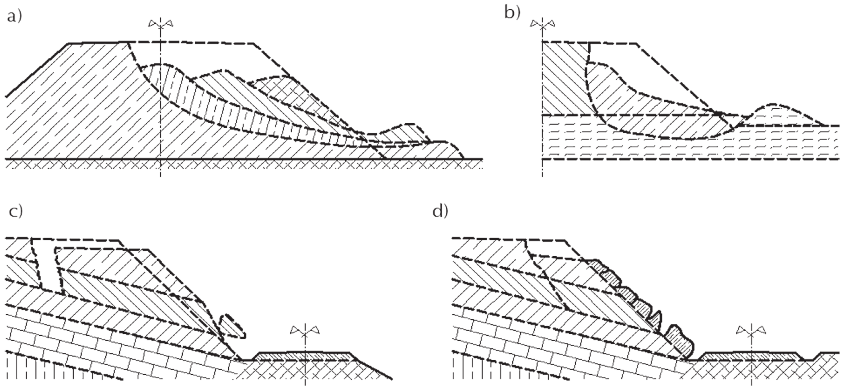
Mái dốc của nền đường có thể xảy ra các hiện tượng mất ổn định chung sau (*Bảng 2.1* và *Hình 2.1*) [6]:

- Sụp do cắt hoặc trượt;
- Sụp do mất khả năng chịu lực của nền đất;
- Trượt;
- Sạt lở đất.

Bảng 2.1. Các dạng hư hỏng chủ yếu về ổn định chung của mái dốc nền đường

Các dạng mất ổn định chung	Bản chất của biến dạng	Các tính năng đặc trưng cấu trúc của tầng dốc
Sụp do cắt hoặc trượt	Dịch chuyển một phần mái dốc do vết cắt dọc theo mặt tới hạn, thường có hình dạng gần với cung tròn, với một số chuyển động quay quanh trục nằm ngang.	Mái ta-luy bằng đất sét, có cấu trúc khá đồng nhất.
Sụp do mất khả năng chịu lực của nền đất	Dịch chuyển thẳng đứng (hạ thấp) với chuyển động ngang của một phần mái dốc do lún trồi các lớp đất không ổn định dưới nền đường hoặc ở chân mái dốc.	Do đất đắp hoặc đất phía dưới nền tự nhiên có cường độ thấp, có khả năng bị trồi ra dưới tác động của các lớp bên trên; đất, đá không ổn định nước hoặc lún nhiều.

Các dạng mất ổn định chung	Bản chất của biến dạng	Các tính năng đặc trưng cấu trúc của tầng dốc
Trượt	Chuyển dịch một phần mái dốc theo mặt phẳng nghiêng của địa tầng.	Sự xuất hiện mặt trượt rõ ràng do cấu trúc của địa chất, độ dốc của mái dốc lớn.
Sạt lở đất	Chuyển động gần như nằm ngang của một phần mái dốc dưới tác dụng của áp lực ngang của khối đất (lực đẩy) và áp lực dọc theo lớp yếu hoặc dọc theo bề mặt ẩm của lớp sét bên dưới khi nằm ngang.	Do cấu trúc của tầng lớp với các lớp đất sét dẻo mềm ẩm nằm ngang hoặc có độ dốc thấp.



Hình 2.1: Các dạng mất ổn định tổng thể của mái dốc [6]

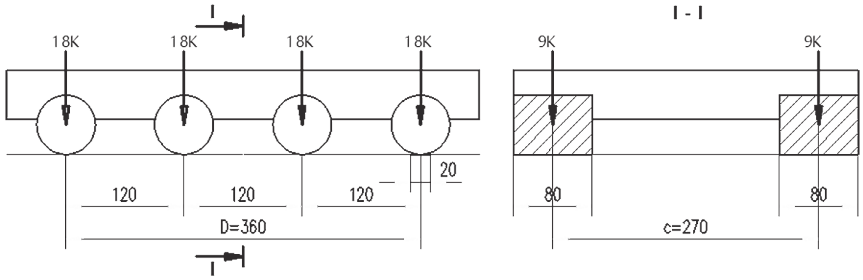
2.2. Đánh giá ảnh hưởng của tải trọng động phương tiện giao thông đến ổn định mái dốc nền đường

2.2.1. Tải trọng của phương tiện giao thông [6]

Khi tính toán cường độ, ổn định và biến dạng của nền đường thì cần phải xét đến ảnh hưởng của:

- Tải trọng tĩnh trên bề mặt của nền đất;
- Tải trọng động phát sinh, lan truyền và tắt dần trong đất nền, làm suy giảm các giá trị tính toán về đặc trưng cơ học của đất nền (lực dính C và góc nội ma sát φ).

Khi tính toán độ ổn định của mái dốc nền đường dưới tác động tải trọng động, sử dụng tải trọng trục tiêu chuẩn được thể hiện dưới dạng một giá chuyển hướng bốn trục với tải trọng trên mỗi trục là 18K (kN) *(Hình 2.2)*.



Hình 2.2: Sơ đồ tải trọng tiêu chuẩn để tính toán ổn định mái dốc của nền đường

Việc tính toán tải trọng di chuyển tạm thời được thực hiện bằng cách đưa tải trọng này đến lớp đất tương đương của nền đất. Bề dày lớp đất tương đương $H_{tđ}$, m được tính theo công thức (1).

$$H_{tđ} = \frac{4.18K}{(D+0,2).(c+0,8).\rho_đ} \quad (1)$$

Trong đó:

18K - Tải trọng trục tiêu chuẩn, kN;

D - Chiều dài cơ sở tải trọng trục tiêu chuẩn, m;

c - Chiều rộng vệt bánh tải trọng trục tiêu chuẩn, m;

$\rho_đ$ - Tỷ trọng của đất, kN/m^3.

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp giải tích để tính toán hệ số ổn định của nền đường dưới tác dụng của tải trong tĩnh và động.

Dùng phần mềm Plaxis phân tích hệ số ổn định của nền đường, để đối sánh với kết quả tính tính theo phương pháp giải tích.

2.2.3. Tính toán ổn định mái dốc của nền đường, có tính đến tác động động của tải trọng xe

2.2.3.1. Các bước chính trong tính toán [6]

- Thiết kế mặt cắt ngang nền đường;
- Xác định tải trọng tính toán: Được xác định theo sơ đồ *Hình 2.2*;
- Quy đổi tải trọng tính toán về lớp đất tương đương, theo công thức (1);
- Xác định chiều dày lớp đất phía dưới nền mặt đường, trong đó ảnh hưởng của tải trọng động lên đặc tính cường độ của đất theo công thức.

$H = 3,0 - h_0$ 2)

Trong đó:

H - Vùng ảnh hưởng của tải trọng động đến tính chất cơ học của đất nền, m;

h_0 - Tổng chiều dày mặt đường, m.

- Xác định mô-đun đàn hồi trung bình, có xét đến tác dụng của tải trọng động tác dụng lên bề mặt lớp nằm dưới theo công thức:

$$E_y = \frac{E_{1-H}.h_1+E_{2-H}.h_2+\cdots+E_{n-H}.h_n}{3{,}0-h_0} \quad (3)$$

Trong đó: E_{i-H} - Mô-đun đàn hồi động của đất trong mỗi lớp được xem xét, MPa.

- Xác định được biên độ dao động tính toán của đất nền trong phạm vi chiều rộng của mặt đường tại cao độ nền đường.

- Xác định cung trượt, chia cung trượt thành các khối (mảnh).

- Tìm lực Q (kN, T), tác dụng lên trọng tâm của mỗi khối, bằng trọng lượng riêng của khối đó; thành phần pháp tuyến N (kN, T) và thành phần tiếp tuyến G (kN, T) của trọng lượng bản thân khối.

- Tính biên độ dao động của nền đất A_{zy} (μm) trong mỗi khối, trong đó tọa độ z (m) và y (m) trong công thức (4) là tọa độ trung điểm của các cung trượt.

$$A_{zy} = A_0.e^{z.lg\delta_1-f(y).\delta_2'-f'(y).\delta_2''+\delta_3.h_i} \quad (4)$$

Trong đó:

A_{zy} - Biên độ dao động của nền đất tại một điểm ở độ sâu z (m) từ cao độ đáy mặt đường và ở khoảng cách y (m) từ tim nền đường, μm;

A_0 - Biên độ dao động của nền đất trong phạm vi bề rộng mặt đường tại cao độ đáy mặt đường, μm;

$$f(y) = \begin{cases} 9{,}0 \text{ nếu } y > b_0 + 9{,}0 \\ (y - b_0) \text{ nếu } b_0 < y \le b_0 + 9{,}0 \\ 0 \text{ nếu } y \le b_0 \end{cases}$$

$$f'(y) = \begin{cases} (y - b_0) \text{ với } b_0 < y \\ 0 \text{ nếu } y \le b_0 \end{cases}$$

$$h_i = \begin{cases} 0 \text{ nếu } y \le 0{,}5.B \\ (y - 0{,}5.B).tg\alpha \text{ nếu } 0{,}5.B < y \le H_{HB}.tg\alpha + 0{,}5.B \\ 0 \text{ nếu } y > H_{HB}.tg\alpha + 0{,}5.B \end{cases}$$

Trong đó: b_0 - Nửa chiều rộng mặt đường, m;

9,0 - Kích thước của vùng suy giảm mạnh các dao động theo phương ngang với tim đường, tính từ mép mặt đường, m;

B - Chiều rộng của nền đường, m;

H_{HB} - Chiều cao mái dốc của nền đắp hoặc đào, m;

α - Góc nghiêng của mái dốc của nền đắp hoặc đào, được xác định bởi độ dốc của nền tự nhiên;

δ_1 - Hệ số tắt dần dao động trong mặt phẳng thẳng đứng, 1/m;

δ_2', δ_2'' - Hệ số tắt dần dao động trong mặt phẳng nằm ngang, 1/m;

δ_3 - Hệ số tắt dần dao động ở phần dốc, 1/m, được xác định theo công thức:

$$\delta_3 = \frac{lg\delta_1}{1{,}5.cotg\alpha} \quad (5)$$

- Xác định lực dính C và góc ma sát trong của đất φ, dưới tác dụng của tải trọng động;

- Xác định phản lực của đất trên mặt trượt gồm lực ma sát (N.tgφ), tỉ lệ thuận với ứng suất pháp tuyến và lực bám dính (C.l).

- Xác định hệ số ổn định của mái dốc dưới tác dụng của tải trọng động đối với mặt trượt được sử dụng theo công thức:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{R}(N_i.tg\varphi_{i-H}+C_{i-H}.l_i)}{\sum_{i=1}^{R}T_i} \quad (6)$$

2.2.3.2. Tính toán, đánh giá ổn định mái dốc nền đường

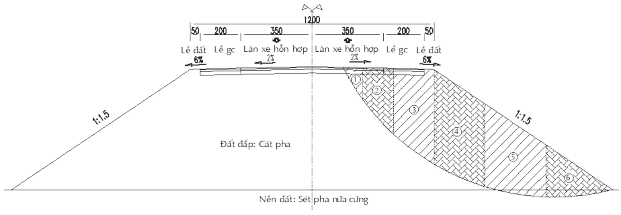
Tác giả tính toán ổn định mái dốc nền đường cho đoạn đường đầu cầu Bưng Trường 2, QL53, tỉnh Sóc Trăng [5].

Các thông số chính trong tính toán:

- Chiều rộng nền đường $B_{nền}$ = 12 m, chiều rộng mặt đường (cả lề gia cố) $B_{mặt}$ = 11 m;

- Chiều cao đất đắp $H_{đắp}$ = 6 m, vật liệu đắp bằng đất cát pha;

- Đất nền tự nhiên: Đất sét pha nửa cứng, dày 6 m.



Hình 2.3: Mặt cắt ngang nền đường tính toán

Bảng 2.2. Kết quả tính hệ số ổn định mái dốc nền đắp dưới tác dụng của tải trọng tĩnh

TT	TT lớp đất	Trọng lượng khối trượt, Q_i (Tấn)	N_i (Tấn)	G_i (Tấn)	Lực ma sát trong của các khối	Lực dính của các khối
					$N_i.tgj_{i-H}$ (Tấn)	$C_{i-CT}.l_i$ (Tấn)
1	1	1,60	0,85	1,35	0,39	0,19
2	1	6,95	4,65	5,16	2,17	0,22
3	1	15,11	12,23	8,88	5,70	0,25
4	1	20,89	19,09	8,49	8,90	0,27
5	2	19,26	19,02	3,01	6,92	1,52
6	2	8,54	8,50	-0,89	3,09	1,66
Tổng cộng		**72,35**	**64,34**	**26,01**	**27,17**	**4,11**

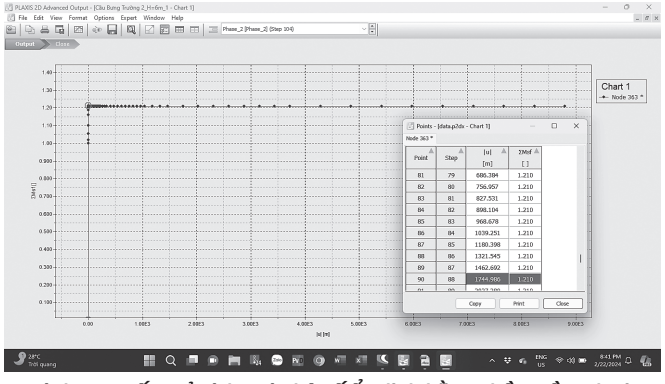
Hệ số ổn định K = (26,01+4,11)/27,17 = 1,203

Bảng 2.3. Kết quả tính hệ số ổn định mái dốc nền đắp dưới tác dụng của tải trọng động

TT	TT lớp đất	Trọng lượng khối trượt, Q_i (Tấn)	N_i (Tấn)	G_i (Tấn)	Lực ma sát trong của các khối	Lực dính của các khối
					$N_i.tgj_{i-H}$ (Tấn)	$C_{i-CT}.l_i$ (Tấn)
1	1	1,60	0,85	1,35	0,33	0,15
2	1	6,95	4,65	5,16	1,93	0,20
3	1	15,11	12,23	8,88	5,35	0,24
4	1	20,89	19,09	8,49	8,69	0,28
5	2	19,26	19,02	3,01	6,86	1,59
6	2	8,54	8,50	-0,89	3,08	1,75
Tổng cộng		**72,35**	**64,34**	**26,01**	**26,24**	**4,20**

Hệ số ổn định K = (26,01+4,20)/26,24 = 1,17.

Tác giả cũng sử dụng phần mềm Plaxis 2023 để tính toán, hệ số ổn định tính được K = 1,21 *(Hình 2.4).*



Hình 2.4: Kết quả tính toán hệ số ổn định bằng phần mềm Plaxis

Nhận xét: Từ kết quả tính hệ số ổn định dưới tác dụng của tải trọng tĩnh, tải trọng động theo tiêu chuẩn ODM 218.2.068-2016, kết quả tính hệ số ổn định bằng phần mềm Plaxis cho thấy:

- Tính hệ số ổn định dưới tác dụng của tải trọng tĩnh theo ODM 218.2.068-2016 và tính hệ số ổn định bằng phần mềm Plaxis cho kết quả tương tự nhau (tương ứng K = 1,203 và K = 1,21) và đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn hiện hành TCCS 41:2022/TCĐBVN [4] (Hệ số ổn định nhỏ nhất trong quá trình thi công: K_{min} = 1,20).

- Hệ số ổn định dưới tác động của tải trọng động theo ODM 218.2.068-2016 nhỏ hơn tính với tải trọng tĩnh, nhỏ hơn xấp xỉ 3% và không đạt yêu cầu của tiêu chuẩn hiện hành - K_{min} = 1,20.

3. KẾT LUẬN

Từ các kết quả tính toán, phân tích cho thấy, nếu chỉ tính toán với tải trọng tĩnh tác dụng thì nền đường đảm bảo ổn định, tuy nhiên khi xét đến tải trọng động tác dụng thì nền đường có thể mất ổn định.

Tải trọng động của xe cộ làm gia tăng tác dụng xuống nền đường, tăng nguy cơ gây mất ổn định, đặc biệt là trong trường hợp đắp trên nền đất yếu, chiều cao đất đắp lớn thường thời gian thi công kéo dài, các phương tiện, máy móc thi công di chuyển nhiều nên việc xét đến tải trọng động tác dụng xuống nền đường là cần thiết.

Do đó, kiến nghị nên xem xét bổ sung việc tính toán ổn định nền đường dưới tác dụng của tải trọng động khi thiết kế nền đường ô tô.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ GTVT (2012), *Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9436:2012 - Nền đường ô tô - Thi công và nghiệm thu.*

[2]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 37:2022/TCĐBVN - Áo đường mềm - Yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN).*

[3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 38:2022/TCĐBVN - Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế.*

[4]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 41:2022/TCĐBVN, Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu.*

[5]. Công ty Cổ phần Tư vấn thiết kế GTVT phía Nam (2023), *Hồ sơ khảo sát địa chất công trình - Bước báo cáo nghiên cứu khả thi, dự án đầu tư xây dựng công trình công trình cải tạo, nâng cấp Quốc lộ 53 đoạn Long Hồ - Ba Si trên địa bàn hai tỉnh Vĩnh Long và Trà Vinh.*

[6]. ОДМ 218.2.068-2016 (2016), *Рекомендации по учету динамического воздействия от современных транспортных средств при расчётах прочности*, устойчивости и деформативности земляного полотна.

Ngày nhận bài: 29/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 19/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 02/5/2024

Ảnh hưởng của loại bitum và hàm lượng nước đến các tính chất của bitum bọt

■ **TS. NGUYỄN NGỌC LÂN(*); TS. LÊ MINH CƯỜNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **TS. NGUYỄN VĂN TƯƠI**
Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương V
Email: (*)nguyenngoclan@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bitum bọt được tạo thành từ quá trình bơm một lượng nhỏ nước và không khí vào bitum nóng chảy. Do vậy, tính chất của bitum bọt sẽ phụ thuộc vào tính chất của bitum tạo bọt và hàm lượng nước. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá một số tính chất của bitum bọt sử dụng bitum quánh mác 60/70 và bitum biến tính polymer mác PMB III với các hàm lượng nước lần lượt là 1,0%, 2,0% và 3,0%. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy rằng, mặc dù bitum 60/70 có mức độ tạo bọt cao hơn so với bitum PMB III nhưng độ ổn định của bọt kém hơn. Thông qua đánh giá các tính chất của bitum bọt, các hàm lượng nước hợp lý lần lượt 2,2% và 1,8% tương ứng với bitum 60/70 và PMB III.

TỪ KHÓA: Bi tum bọt, hệ số giãn nở tối đa, chu kỳ bán rã, hệ số bọt, tốc độ xẹp, kích thước bong bóng và chỉ số diện tích bề mặt.

ABSTRACT: Foam bitumen is produced by injecting small amounts of water and air into hot bitumen. Therefore, the properties of foamed bitumen will depend on the properties of bitumen and water content. This article presents the results of experimental research evaluating some properties of foam bitumen using bitumen grade 60/70 and polymer modified bitumen PMB III with different water contents of 1,0 %, 2,0% and 3,0%. The research results show that, although bitumen 60/70 has a higher foaming level than bitumen PMB III, the foam stability is poorer. Through evaluating the properties of foam bitumen, suitable water contents of 2,2% and 1,8% correspond to bitumen 60/70 and PMB III.

KEYWORDS: Foam bitumen, maximum expansion ratio, half life, foamability index, rate of collapse, bubble size distribution, surface area index.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự gia tăng cơ sở hạ tầng đường bộ ở các nước và những tác động đến môi trường đòi hỏi cần có sự quan tâm đến phát triển mặt đường bền vững, đặc biệt là các giải pháp công nghệ trong quá trình thi công. Trong số các giải pháp phải kể đến đó là công nghệ thi công hỗn hợp bê tông asphalt nguội. Hỗn hợp bê tông asphalt nguội sử dụng bitum bọt là giải pháp công nghệ xây dựng mặt đường bền vững đang dành được sự quan tâm nhiều ở các nước. Công nghệ này đã được triển khai ứng dụng thành công ở nhiều nước. Bitum bọt là hỗn hợp được tạo thành bởi không khí, nước (1 - 2%) và bitum nóng chảy ở nhiệt độ 150 - 160^{0}C [1]. Độ ổn định của bitum bọt đã đem đến những lợi thế đáng kể cho vật liệu này. Việc sử dụng các hỗn hợp bê tông asphalt tái chế nguội kết hợp với bitum bọt sẽ làm giảm nhu cầu sử dụng năng lượng, giảm thiểu chất thải, giảm tiêu thụ nhiên liệu và giảm phát thải khí nhà kính. Do vậy, công nghệ này đã làm giảm đáng kể chi phí xây dựng [2]. Các ưu điểm về mặt kỹ thuật của hỗn hợp bê tông asphalt sử dụng bitum bọt bao gồm khả năng sử dụng được với nhiều loại cốt liệu khác nhau [3], hỗn hợp mềm dẻo hơn khi so sánh với hỗn hợp chỉ được gia cố bằng xi măng. Khi so sánh với hỗn hợp sử dụng nhũ tương thì bitum bọt giúp tăng cường độ nhanh hơn, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc thông xe sớm hơn [4].

Các tính chất cơ học của hỗn hợp bê tông asphalt tái chế sử dụng bitum bọt phụ thuộc vào tính chất lưu biến của chất kết dính bitum bọt trong quá trình sản xuất, thi công và khai thác. Cho đến nay, các đặc tính của bitum bọt và ảnh hưởng của chúng đến tính chất hỗn hợp vẫn chưa được phân tích kỹ càng. Trong chế tạo hỗn hợp, cần phải chọn loại bọt tốt nhất trước khi trộn với vật liệu cốt liệu. Điều này có thể đạt được bằng cách nghiên cứu các tính chất tạo bọt của bitum. Các nghiên cứu [5, 6] đã báo cáo rằng, quá trình tạo bọt sẽ hạn chế sự lão hóa của chất kết dính và hỗn hợp. Ngược lại, nghiên cứu của [7] chỉ ra rằng độ nhớt của chất kết dính tạo bọt gần bằng chất kết dính sau khi được lão hóa ngắn hạn Rolling Thin-Film Oven (RTFO). Điều này cần phải có những nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần các loại chất kết dính và tính lưu biến của chất kết dính đến đặc tính tạo bọt. Kết quả nghiên cứu này sẽ cung cấp những giải pháp để cải thiện tính năng của hỗn hợp sử dụng bitum bọt.

Bài báo này đưa ra kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của loại bitum đến các tính chất của bitum bọt như hệ số giãn nở tối đa, chu kỳ bán rã, hệ số bọt và tốc

độ xẹp, kích thước bong bóng và chỉ số diện tích bề mặt của bitum bọt. Hai loại bitum được nghiên cứu là loại mác 60/70 và loại bitum biến tính polymer PMB III.

2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Thành phần hỗn hợp bitum bọt

- Bitum: Bitum được sử dụng là loại bitum quánh mác 60/70 và bitum biến tính polymer PMB III được cung cấp bởi Công ty TNHH Nhựa đường Petrolimex. Các chỉ tiêu kỹ thuật của loại bitum này đều thỏa mãn theo TCVN 13567- 1 và 2 : 2022.

- Nước: Nước sử dụng để tạo bitum bọt là nước sạch, các chỉ tiêu thỏa mãn theo TCVN 4506.

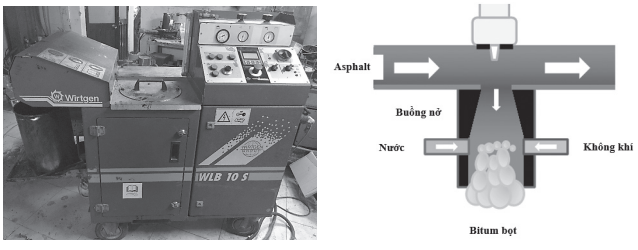
2.2. Quá trình tạo bọt

Loại bitum được sử dụng tạo bọt là bitum quánh mác 60/70 và bitum cải tiến polymer PMB-III. Các tỷ lệ nước được sử dụng theo khuyến cáo của nhà sản xuất và tổng hợp từ các nghiên cứu trước đây. Trong phạm vi nghiên cứu ở đây, các tỷ lệ nước được lựa chọn lần lượt là 1%, 2% và 3% theo khối lượng bitum. Trên cơ sở loại bitum tạo bọt, các tỷ lệ nước sử dụng và số lượng mẫu tối thiểu thí nghiệm các chỉ tiêu nghiên cứu đưa ra tổng số lượng mẫu thí nghiệm như ở *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Quy hoạch số lượng mẫu thí nghiệm

Chỉ tiêu	Số lượng mẫu thí nghiệm ứng với các chỉ tiêu, loại bitum và tỷ lệ nước						Tổng số mẫu
	Bitum 60/70			Bitum PMB-III			
	1%	2%	3%	1%	2%	3%	
Hệ số giãn nở tối đa (E_{rmax})	2	2	2	2	2	2	12
Chu kỳ bán rã (HL)	2	2	2	2	2	2	12
Tốc độ xẹp (k)	2	2	2	2	2	2	12
Kích thước bong bóng và chỉ số diện tích bề mặt (SAI)	2	2	2	2	2	2	12

Thiết bị tạo bọt trong phòng được sử dụng là loại Wirtgen WLB 10S, *Hình 2.1* thể hiện thiết bị thí nghiệm tạo được sử dụng cho nghiên cứu.



a) - Thiết bị tạo bọt *b) - Nguyên lý tạo bọt*

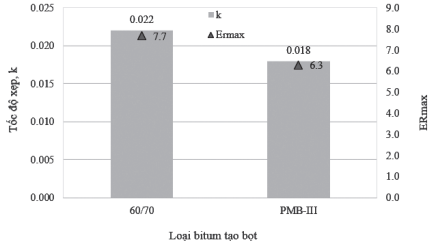
Hình 2.1: Thiết bị tạo bọt Wirtgen WLB 10S

Máy tạo bọt Wirtgen được thiết kế để điều chỉnh lượng chất kết dính và nước được thông qua đồng hồ đo lưu lượng. Chất kết dính được làm nóng đến 150^{0}C với bitum 60/70, 160^{0}C với bitum PMB III và được lưu thông bên trong thiết bị. Sau đó, chất kết dính được tạo bọt bằng cách kết hợp một lượng nước cụ thể, khí nén và chất kết dính được làm nóng bên trong buồng giãn nở. Trong quá trình này, nước được thêm vào và sẽ bốc hơi làm cho chất kết dính nổi bọt trong buồng giãn nở. Áp suất nước và không khí được bơm vào buồng giãn nở vào khoảng 72 psi (500 kPa). Thiết bị có thể tạo khoảng 200 gram chất kết dính trong 2s do áp suất nước và không khí được bơm vào với áp lực cao.

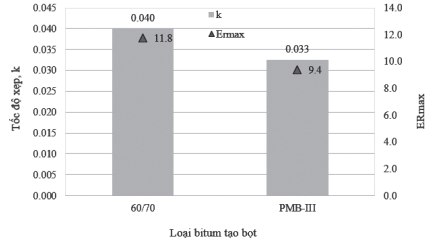
2.3. Kết quả thí nghiệm và phân tích đánh giá một số yếu tố ảnh hưởng đến các tính chất của bitum bọt

2.3.1. Ảnh hưởng của loại chất kết dính bitum đến các thông số của bitum bọt

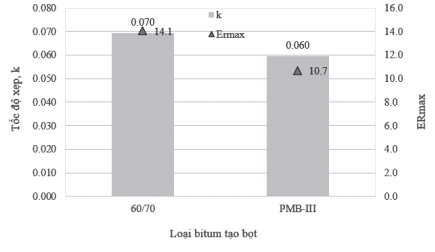
Ảnh hưởng của loại chất kết dính bitum đến hệ số giãn nở tối đa (ER_{max}) và tốc độ xẹp (k) tương ứng với các tỷ lệ nước bằng 1%, 2% và 3% được thể hiện ở *Hình 2.2*, *Hình 2.3* và *Hình 2.4*.



Hình 2.2: Sự thay đổi giá trị ERmax và k của các loại bitum bọt khác nhau với tỷ lệ nước bằng 1,0%



Hình 2.3: Sự thay đổi giá trị ERmax và k của các loại bitum bọt khác nhau với tỷ lệ nước bằng 2,0%

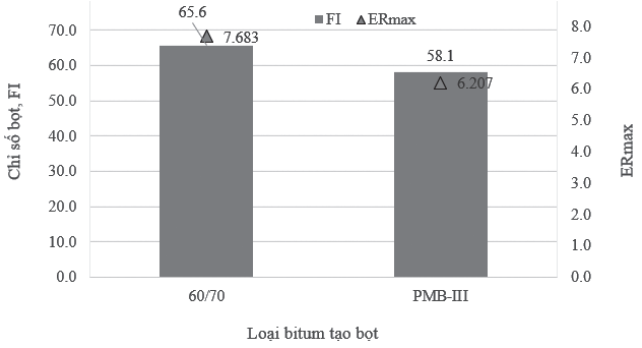


Hình 2.4: Sự thay đổi giá trị ERmax và k của các loại bitum bọt khác nhau với tỷ lệ nước bằng 3,0%

Khi so sánh giá trị k và ER_{max} của hai loại bitum tạo bọt 60/70 và PMB III, kết quả thí nghiệm thể hiện ở *Hình 2.2*, *Hình 2.3* và *Hình 2.4* cho thấy các giá trị ER_{max} thay đổi từ 7,7 xuống 6,3 và từ 14,1 xuống 10,7 với hàm lượng nước tương ứng là 1,0% và 3,0%. Các giá trị k thay đổi từ 0,022 xuống 0,018 và từ 0,07 xuống 0,06 với hàm lượng nước tương ứng là 1,0% và 3,0%. Kết quả thí nghiệm này cho thấy bitum 60/70 đều cho ER_{max} và giá trị k cao hơn so với bitum PMB III ở các tỷ lệ nước từ 1,0% đến 3,0%, kết quả này có thể do phụ gia polymer và độ nhớt của bitum PMB III đã ảnh hưởng đến quá trình giãn nở tạo bọt của bitum bọt.

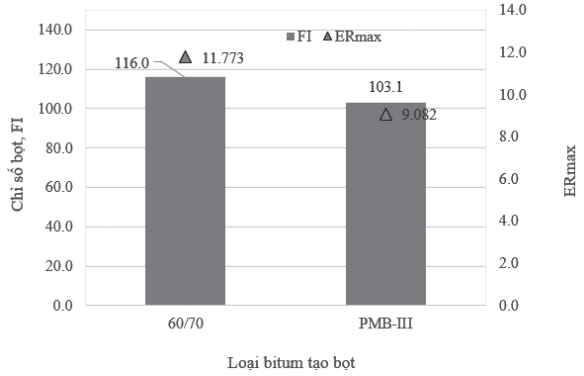
Với cả hai loại chất kết dính tạo bọt bitum 60/70 và PMB III, sự gia tăng hàm lượng nước đều dẫn đến tăng tỷ lệ giãn nở và giảm độ ổn định của bọt (tăng giá trị k). *Hình 2.5*, *Hình 2.6* và *Hình 2.7* thể hiện sự thay đổi ER_{max} và chỉ số bọt

(Foamability Index-FI) của các loại bitum bọt ở thời điểm 60s sau khi tạo bọt ứng với các tỷ lệ nước khác nhau 1,0%, 2,0% và 3,0%. Kết quả cho thấy rằng, lý tưởng nhất là các chất kết dính có giá trị ER_{max} cao và FI cao, vì điều này cho thấy rằng chất kết dính có độ giãn nở ban đầu tốt nhưng cũng ổn định sau khi tạo bọt. Ngoài ra, rõ ràng hàm lượng nước cao hơn tạo ra bitum bọt có giá trị FI tương đương hoặc lớn hơn trong hầu hết các trường hợp.

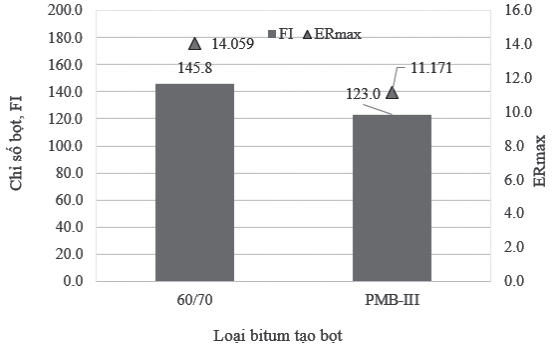


Hình 2.5: Tương quan giữa ER_{max}, FI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nằng 1,0%

Có thể kết luận rằng tương quan giữa ER_{max} và k hoặc ER_{max} và FI có thể mô tả ứng xử tạo bọt của chất kết dính và có thể được sử dụng để xếp hạng chất kết dính liên quan đến độ giãn nở ban đầu và độ ổn định của bọt.

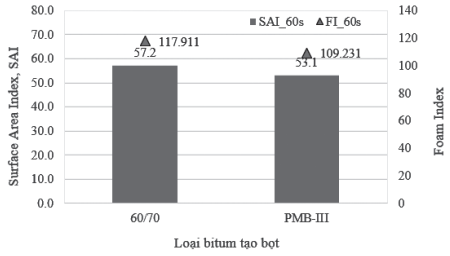


Hình 2.6: Tương quan giữa ER_{max}, FI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nằng 2,0%

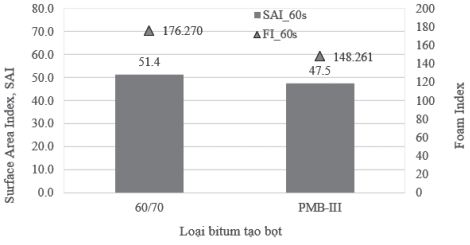


Hình 2.7: Tương quan giữa ER_{max}, FI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nằng 3,0%

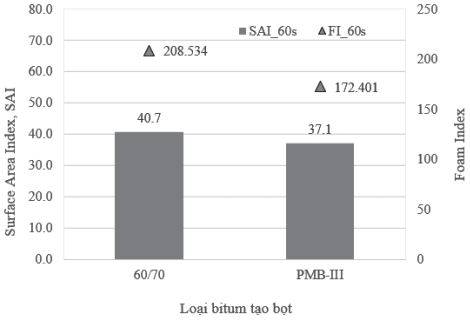
Chỉ số diện tích bề mặt (SAI) tại thời điểm 60s của hai chất kết dính được tạo bọt trong máy tạo bọt Wirtgen được thể hiện như ở *Hình 2.8, Hình 2.9* và *Hình 2.10* cùng với các giá trị FI ở 60s.



Hình 2.8: Tương quan giữa FI với SAI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nằng 1,0%



Hình 2.9: Tương quan giữa FI với SAI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nằng 2,0%

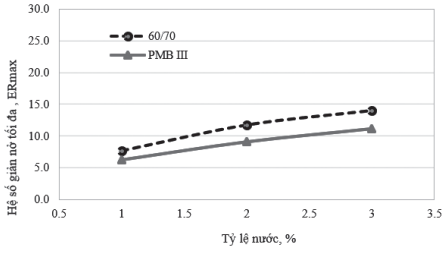


Hình 2.10: Tương quan giữa FI với SAI và loại bitum ứng với tỷ lệ nước nằng 3,0%

SAI còn có thể được coi là thông số để đánh giá chất lượng và thời gian ổn định của bọt. Các bong bóng nhỏ hơn, tồn tại lâu hơn và phân phối tốt hơn trong mẫu chất kết dính có bọt, giá trị SAI sẽ càng lớn. Nói chung, đối với bất kỳ chất kết dính nào, giá trị SAI ở 60s ứng với hàm lượng nước 1,0% đều lớn hơn so với giá trị SAI của bitum bọt ứng với hàm lượng nước bằng 3,0%.

2.3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến các thông số của bitum bọt

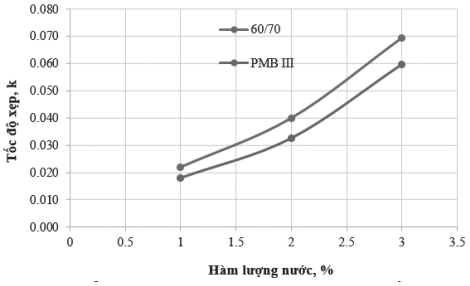
Ảnh hưởng của hàm lượng nước và loại bitum đến ER_{max} được thể hiện như ở *Hình 2.11.*



Hình 2.11: Ảnh hưởng của hàm lượng nước và loại bitum đến ER_{max}

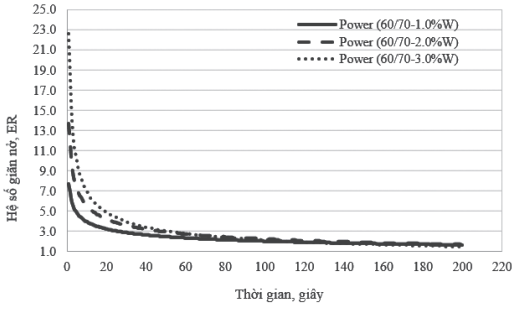
Kết quả thí nghiệm thể hiện ở *Hình 2.11* cho thấy, giá trị ER_{rmax} của bitum bọt tăng lên khi tăng hàm lượng nước sử dụng tạo bọt và mối quan hệ này là tuyến tính. Ảnh hưởng

của hàm lượng nước đến tốc độ xẹp của bitum bọt ứng với hai loại bitum 60/70 và PMB III được thể hiện như ở *Hình 2.12*. Đây là thông số ảnh hưởng đến tính công tác của hỗn hợp bê tông asphalt tái chế ấm. Tốc độ xẹp cao điều đó chỉ ra rằng bitum bọt có độ ổn định thấp.

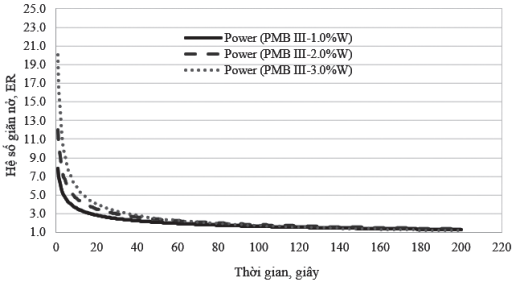


Hình 2.12: Ảnh hưởng của hàm lượng và loại bitum đến giá trị k

Kết quả thí nghiệm ở *Hình 2.12* cho thấy, nhìn chung tốc độ xẹp của bitum bọt tăng lên khi tăng hàm lượng nước sử dụng tạo bọt. Nói cách khác, đối với một chất kết dính nhất định, hàm lượng nước cao hơn dẫn đến độ ổn định thấp hơn và ngược lại. Tính chất này phù hợp với giả thuyết là hàm lượng nước cao hơn thường dẫn đến kích thước giọt lớn hơn và bong bóng lớn hơn, do đó có tốc độ di chuyển lên bề mặt cao hơn (ở nhiệt độ/độ nhớt nhất định) và xẹp nhanh hơn, còn lượng nước thấp hơn tạo ra bong bóng nhỏ hơn mất nhiều thời gian hơn lên bề mặt và xẹp chậm hơn. Một kết quả đáng chú ý bởi sự kết hợp của hai hiệu ứng này là chất kết dính được tạo bọt có hàm lượng nước cao hơn sẽ bắt đầu với ER_{max} cao hơn so với chất kết dính được tạo bọt có hàm lượng nước thấp hơn. Tuy nhiên, theo thời gian, chất kết dính được tạo bọt với hàm lượng nước thấp hơn sẽ có xu hướng ổn định hơn và giữ được sự giãn nở này lâu hơn. Hiệu ứng này được minh họa ở *Hình 2.13* và *Hình 2.14*.



Hình 2.13: Sự thay đổi hệ số ER theo thời gian của bitum bọt ứng với các tỷ lệ nước khác nhau (bitum 60/70)



Hình 2.14: Sự thay đổi hệ số ER theo thời gian của bitum bọt ứng với các tỷ lệ nước khác nhau (bitum PMB III)

Ngoài ra, quá trình xẹp của bitum bọt gần như xảy ra tức thời cho thấy rằng, chu kỳ bán rã của bitum bọt có thể không liên quan trong quá trình chế tạo hỗn hợp asphalt ở trạm trộn nóng, quan trọng là trạng thái của bitum bọt sau khi tiếp xúc với áp suất khí quyển (ví dụ như trong thùng trộn) trong vài phút, trong đó chất kết dính được trộn với cốt liệu.

3. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá tính chất của bitum bọt sử dụng hai loại bitum tạo bọt khác nhau là loại 60/70 và PMB III, các hàm lượng nước thay đổi từ 1% đến 3%. Một số kết luận sau được đưa ra:

- Loại bitum và hàm lượng nước đều ảnh hưởng đến tính chất của bitum bọt;
- Bitum PMB III có tốc độ xẹp (k), hệ số giãn nở tối đa (ERmax), chỉ số bọt (FI) thấp hơn so với bitum 60/70;
- Không có sự chênh lệch đáng kể chỉ số diện tích bề mặt bitum bọt (SAI) của hai loại bitum 60/70 và bitum PMB III.
- Khi hàm lượng nước tăng lên thì ERmax và k tăng lên.

Tài liệu tham khảo

[1]. Wirtgen, F (2004), *Cold Recycling Manual*, Wirtgen GmbH: Windhagen, Germany.

[2]. Morton, B S, Visser, A T & Horak, E (12-16, September, 2004), *Foamed tar stabilization: State of the art review an pavement performance incorporating new accelerated pavement testing method*, Proceedings, 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, Sun City, South Africa.

[3]. Morton, B S, Visser, A T & Horak, E (15-19, July, 2002), *The application of foamed tar technology to labour intensive construction of low volume roads,* Proceedings, 21st Southern African Transport Conference, Pretoria.

[4]. Jenkins, K J & Van de Ven, M F C (16-20, July, 2001), *Guidelines for the mix design and performance prediction of foamed bitumen mixes.* Proceedings, 20th Southern African Transport Conference, Pretoria, Session 1A:7, pp.1-12.

[5]. Xiao, F, Newton, D, Putman, B, Punith, V S & Amirkhanian, S N (2013), *A long-term ultraviolet aging procedure on foamed WMA mixtures*, Materials and Structures, 46(12): 1987-2001.

[6]. Martinez-Arguelles, G, Giustozzi, F, Crispino, M & Flintsch, G W (2017), *Investigating physical and rheological properties of foamed bitumen*, Construction and Building Materials, 72, 423-433.

[7]. Nivedya, M K, Roja, K L, Veeraragavan, A & Krishnan, J M. (9-12, June, 2013), *Rheological investigations on foamed bitumen,* Proceedings, Airfield and Highway Pavements Conference, Sustainable and Efficient Pavements, ASCE, Los Angeles, CA, pp.967-976.

Ngày nhận bài: 29/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024

Mô-đun đàn hồi động của hỗn hợp Microsurfacing sử dụng trong bảo trì mặt đường ở Việt Nam

■ **ThS. NCS. BÙI VIẾT CƯỜNG**[1]
Cục Đường cao tốc Việt Nam (Bộ Giao thông vận tải)
■ **PGS. TS. NGUYỄN QUANG TUẤN**[2]**; PGS. TS. TRẦN THỊ KIM ĐĂNG**[3]
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: [1]cuongbv@mt.gov.vn; [2]quangtuan.nguyen@utc.edu.vn; [3]trankimdang@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Microsurfacing là giải pháp bảo trì phòng ngừa cho mặt đường được nghiên cứu phát triển từ những năm 70 của thế kỷ trước, ngày càng được cải tiến để nâng cao hiệu quả về kỹ thuật bảo trì và thân thiện với môi trường. Hiện nay, hỗn hợp Microsurfacing được đề xuất để sử dụng sửa chữa vệt lún bánh xe trên mặt đường với chiều dày lún đạt đến 1 ½ inches (38,1mm). Kiểm toán kết cấu lớp phủ tại vị trí vệt bánh xe đã được sửa chữa và các chỉ tiêu cơ học như khả năng kháng lún hay là khả năng kháng cắt trượt của hỗn hợp trong trường hợp này là rất quan trọng để đảm bảo không xuất hiện lại lún vệt bánh xe hay hiện tượng xô dồn và lún trồi vật liệu. Bài báo trình bày kết quả và các phân tích mô-đun đàn hồi động của hỗn hợp Microsurfacing - một chỉ tiêu rất quan trọng sử dụng trong phân tích kết cấu mặt đường bao gồm lớp phủ Microsurfacing theo cơ học. Tùy thuộc nhiệt độ và tần số tác dụng tải trọng, mô-đun đàn hồi động có giá trị thay đổi từ 228,21 MPa đến 2.080 MPa. Đường cong chủ mô-đun đàn hồi động được xây dựng để phân tích kết cấu mặt đường mềm có lớp phủ Microsurfacing sử dụng các phần mềm chuyên dụng.

TỪ KHÓA: Microsurfacing, bảo trì phòng ngừa, mô-đun đàn hồi động.

ABSTRACT: Microsurfacing is a preventive maintenance solution for pavements that has been developed since 1970s and has been increasingly modifying to improve efficiency of maintenance technologies and environmental friendliness. Microsurfacing type III currently is recommended for use in wheelrut filling up to 1 ½ inches (38.1 mm) depth. It is essential for checking pavement structure for stability of the microsurfacing for re-ruting and shearing resistance in this case. The paper presents the analysing results of dynamic complex modulus of microsurfacing mixture, a very important criterion used in analyzing pavement structures including microsurface layer. Depending on the temperature and frequency of load application, the complex modulus had value that varies from 228.21 MPa to 2080 MPa. Master curve of complex molulus of microsurface aslo was built providing ability to analyze the structure of flexible pavements included microsurface layer.

KEYWORDS: Microsurfacing, preventive maintenance, dynamic complex modulus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Microsurfacing là hỗn hợp bao gồm: Cốt liệu có phân bố cỡ hạt chặt và liên tục tùy thuộc vào từng tiêu chuẩn sử dụng [1-5], nhũ tương nhựa đường polime, bột khoáng (thường là xi măng), nước và phụ gia. Trong kết cấu mặt đường, Microsurfacing được sử dụng là lớp mặt trên cùng và thường được sử dụng là giải pháp bảo trì dự phòng, với chiều dày trung bình khoảng 10 - 15 mm. Tiêu chuẩn của Hiệp hội Vữa nhựa thế giới (ISSA - International Slurry Surfacing Association) [1] đưa ra khuyến cáo về phạm vi áp dụng và tỉ lệ rải Microsurfacing như trong *Bảng 1.1.*

Bảng 1.1. Khuyến cáo về phạm vi áp dụng và tỉ lệ rải của Microsurfacing theo ISSA

Cấp phối cốt liệu	Vị trí rải Microsurfacing	Khuyến nghị tỷ lệ rải cho một làn xe
Loại II	Đường đô thị và đường dân cư	5,4 - 10,8 kg/m^2
	Đường lăn sân bay	5,4 - 10,8 kg/m^2
	Làm lớp tạo phẳng mặt đường	Tùy thuộc chiều dày rải
Loại III	Đường cao tốc, đường liên bang	8,1 - 16,3 kg/m^2
	Vá vệt lún bánh xe	Tùy thuộc chiều sâu vệt lún
Chiều sâu vệt lún bánh xe		
12,7 - 19,1 mm		10,8 - 16,3 kg/m^2
19,1 - 25,4 mm		13,6 - 19,0 kg/m^2
25,4 - 31,75 mm		15,2 - 20,6 kg/m^2

Cấp phối cốt liệu	Vị trí rải Microsurfacing	Khuyến nghị tỷ lệ rải cho một làn xe
31,75 - 38,1 mm		17,4 - 21,7 kg/m^2

Với chiều dày mỏng, trung bình khoảng 10 - 15 mm trong trường hợp được sử dụng làm lớp phủ bảo trì dự phòng bề mặt và 20 - 25 mm ở vị trí mặt đường được sửa chữa và bảo trì, có thể thấy tải trọng thẳng đứng không có ảnh hưởng nhiều đến đặc tính làm việc của vật liệu lớp phủ Microsurfacing, nhưng thành phần tải trọng ngang là nguyên nhân dẫn đến các hư hỏng của lớp vật liệu này. Trong trường hợp dính bám không tốt, thành phần lực này gây các hư hỏng cơ bản thường thấy đối với vật liệu lớp này: Bong tróc lớp phủ, trượt và đẩy dồn vật liệu lớp phủ. Xác định các thông số đầu vào như mô-đun đàn hồi vật liệu sẽ phục vụ cho việc phân tích ứng xử của vật liệu kết cấu mặt đường có bao gồm lớp phủ Microsurfacing.

Chưa có nghiên cứu về các chỉ tiêu cơ học phục vụ kiểm toán kết cấu mặt đường có tính đến lớp phủ Microsurfacing ở Việt Nam. Các nghiên cứu trên thế giới cho chỉ tiêu này ở trên thế giới cũng không có nhiều. Nghiên cứu. Guan W. L. và Shih H. Y. trong [6] có thực hiện nội dung nghiên cứu về tính chất cơ học cơ bản của hỗn hợp. Thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi trong nghiên cứu này là thí nghiệm cắt Leutner cải tiến với mô hình gia tải động được thực hiện ở 4 cấp nhiệt độ (15^{0}C, 25^{0}C, 40^{0}C và 55^{0}C) và 4 tần số gia tải (1Hz, 0,5 HZ, 0,1 Hz và 0,05 Hz). Mô-đun cắt động xác định được tùy thuộc vào nhiệt độ và tần số gia tải, có giá trị từ khoảng 0,3 MPa đến 1,3 MPa. Trong nghiên cứu này, đường cong chủ của mô-đun cắt động và góc pha được xây dựng. Imad Al-Qadi, et. al. trong [7] phân tích kết cấu mặt đường có xét đến lớp phủ mỏng là bê tông nhựa với chiều dày nhỏ nhất 0,75 inches (19 mm). Mô-đun đàn hồi động được xác định theo (AASHTO) TP 79 [8].

2. VẬT LIỆU VÀ MẪU THÍ NGHIỆM

Vật liệu thành phần và thiết kế hỗn hợp Microsurfacing để thực hiện thí nghiệm mô-đun đàn hồi động lấy theo hỗn hợp Elsamex-MB2-MS3 trong chương trình nghiên cứu thử nghiệm [9]. Thành phần thiết kế hỗn hợp như trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thành phần hỗn hợp thiết kế thử nghiệm

Đá dăm	Xi măng	Nhũ tương	Phụ gia	Nước
100%	1%	10%	1,2%	10%

Cốt liệu là loại đá bazan, mỏ đá Sunway, Quốc Oai, Hà Nội. Nhũ tương nhựa đường polime gốc axit CQS-1P từ nguồn cung cấp Công ty Cổ phần Elsamex Việt Nam. Xi măng sử dụng như là thành phần bột khoáng trong hỗn hợp là xi măng Portland PCB40. Các chỉ tiêu của vật liệu thành phần và chỉ tiêu hỗn hợp được kiểm tra đều thỏa mãn các yêu cầu của Microsurfacing theo các tiêu chuẩn [1, 2].

Chế tạo mẫu thí nghiệm mô-đun đàn hồi động theo tiêu chuẩn ISSA - TB148 [10] theo trình tự:

- Trộn khô hỗn hợp cốt liệu, trộn xi măng và tiếp tục trộn khô trong 60s;
- Trộn ướt với nước theo tỉ lệ thiết kế;
- Đổ nhũ tương theo tỉ lệ thiết kế, trộn đều để đảm bảo đồng nhất trong 90 đến 120s;
- Dàn mỏng để nhũ tương trong hỗn hợp phân tích, để vào tủ sấy ở nhiệt độ 60^{0}C trong 24h để hỗ trợ phân tách nhũ tương và hỗn hợp đông cứng;
- Lấy mẫu để vào tủ sấy ở nhiệt độ khoảng 175^{0}C trong 2 ±0,5h;
- Lấy ra, đầm nén mẫu bằng thiết bị đầm Marshall;
- Đầm bằng thiết bị đầm Marshall 30 lần x 2 mặt mẫu.

Hình 2.1: Chế tạo mẫu Microsurfacing cho thí nghiệm mô-đun đàn hồi động

3. THỰC HIỆN THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

Thí nghiệm được thực hiện theo Tiêu chuẩn AASHTO T342-11, phiên bản 2013 sử dụng thiết bị Cooper *(Hình 3.1)*. Thí nghiệm được tiến hành ở các nhiệt độ từ thấp đến cao cho các mẫu, là 3,7^{0}C, 21^{0}C, 37^{0}C và 54^{0}C và với tần số tác dụng lực lần lượt là 0,1, 0,5, 1, 5, 10 và 25 Hz. Kết quả mô-đun đàn hồi động được cho trong *Bảng 3.1*.

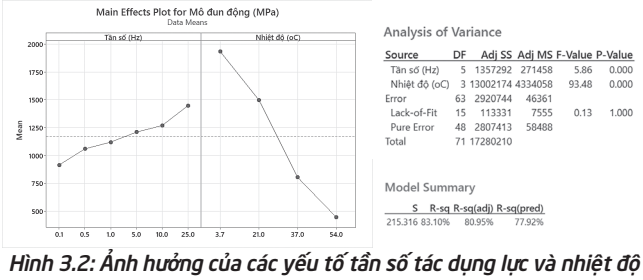
Hình 3.1: Thực hiện thí nghiệm mô-đun đàn hồi động

Bảng 3.1. Mô-đun đàn hồi động thí nghiệm của Microsurfacing

Nhiệt độ, ^{0}C	Tần số, Hz	Mô-đun đàn hồi động, MPa				
		Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Trung bình
3,7	0,1	1.537,15	984,91	1.520,15	3.048,67	1.772,72
3,7	0,5	1.663,21	1.033,30	1.638,57	3.232,07	1.891,79

Nhiệt độ, ^{0}C	Tần số, Hz	Mô-đun đàn hồi động, MPa				
		Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Trung bình
3,7	1	1.692,34	1.044,46	1.613,24	3.246,99	1.899,26
3,7	5	1.754,77	1.061,66	1.668,55	3.287,05	1.943,01
3,7	10	1.815,42	1.083,75	1.722,20	3.419,56	2.010,23
3,7	25	1.895,88	1.154,05	1.809,60	3.462,49	2.080,51
21	0,1	934,66	715,96	1.119,26	2.102,90	1.218,20
21	0,5	1.137,59	801,37	1.265,51	2.370,76	1.393,81
21	1	1.220,22	851,27	1.325,66	2.562,56	1.489,93
21	5	1.284,73	893,00	1.308,14	2.584,82	1.517,67
21	10	1.330,37	891,76	1.361,76	2.692,23	1.569,03
21	25	1.528,28	1.046,27	1.594,61	3.017,62	1.796,70
37	0,1	297,29	287,80	506,98	676,18	442,06
37	0,5	425,93	395,76	699,16	1,018,36	634,80
37	1	498,96	443,54	779,67	1,164,15	721,58
37	5	662,22	529,18	896,32	1,453,65	885,34
37	10	766,56	574,10	930,84	1,506,62	944,53
37	25	1.020,69	713,08	1.127,83	1.922,11	1.195,92
54	0,1	205,73	173,29	238,39	295,43	228,21
54	0,5	284,75	241,46	324,58	419,69	317,62
54	1	333,86	277,49	367,29	496,39	368,76
54	5	470,11	359,28	466,43	669,47	491,32
54	10	545,41	401,80	509,80	750,78	551,95
54	25	721,09	515,28	640,63	978,16	713,79

Có thể thấy xu thế phụ thuộc vào nhiệt độ và tần số tác dụng lực của mô-đun đàn hồi của hỗn hợp Microsurfacing rất rõ ràng, đặc biệt là nhiệt độ *(Hình 3.2)*, thể hiện bản chất của hỗn hợp Microsurfacing cũng giống như các loại hỗn hợp asphalt khác là vật liệu đàn nhớt, với các tính chất cơ học phụ thuộc vào nhiệt độ và tần số tác dụng lực. Giá trị lớn tương ứng với điều kiện nhiệt độ thấp và tần số tác dụng lớn. Giá trị nhỏ hơn tương ứng với điều kiện nhiệt độ cao hơn và tần số tác dụng lực nhỏ hơn. Kết quả phân tích ANOVA cho thấy, các biến đều có hệ số p-Value <<0,05. Hệ số xác định điều chỉnh 80,95%. Như vậy, ảnh hưởng của các yếu tố này đều có ý nghĩa thống kê và ở mức độ tin cậy khá cao.



Hình 3.2: Ảnh hưởng của các yếu tố tần số tác dụng lực và nhiệt độ

Đường cong chủ mô-đun đàn hồi động của Microsurfacing được xây dựng theo quy tắc tương quan tần số - nhiệt độ thông qua hệ số chuyển dịch a_T [11 - 14].

Quan hệ giữa hệ số dịch chuyển và nhiệt độ thí nghiệm được mô hình hóa theo công thức của William, Landel & Ferry (WLF), như sau:

$$\log(a_T) = -\frac{C_1.(T - T_{ref})}{C_2 + T - T_{ref}} \quad (1)$$

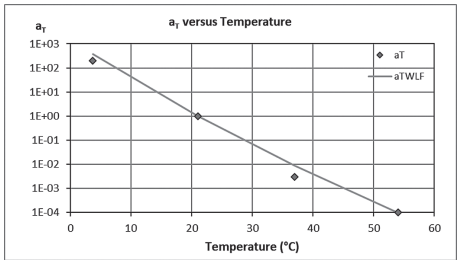
Với:

C_1, C_2 - Hệ số hồi qui của phương trình WLF;

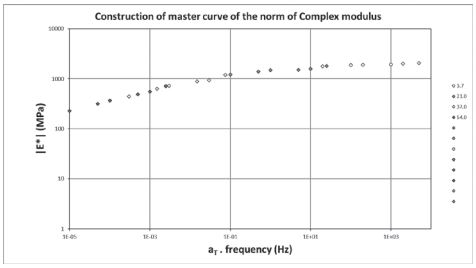
T_{ref} - Nhiệt độ tham chiếu;

T - Nhiệt độ thí nghiệm.

Các hệ số C_1, C_2 và hệ số dịch chuyển a_T được sử dụng để chuyển số liệu mô-đun động ở các nhiệt độ thí nghiệm khác nhau về nhiệt độ tham chiếu là 21^{0}C. Tối ưu hóa được thực hiện theo phương pháp bình phương nhỏ nhất sử dụng hàm Solver trong Excel. Kết quả tính toán cho Microsurfacing cho các hệ số C_1 = 33,56 và C_2 = 243,86 với T_{ref} = 21^{0}C. Biểu đồ hệ số a_T theo nhiệt độ được thể hiện trong *Hình 3.3*, từ đó có được đường cong chủ mô-đun đàn hồi động của hỗn hợp Microsurfacing *(Hình 3.4)*.



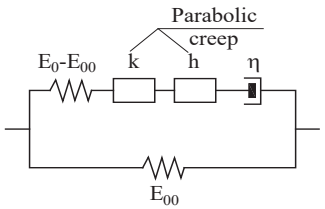
Hình 3.3: Biểu đồ hệ số a_T theo nhiệt độ sử dụng quy tắc WLF



Hình 3.4: Đường cong chủ mô-đun đàn hồi của Microsurfacing

Để mô phỏng các số liệu thực nghiệm |E*| của hỗn hợp asphalt, người ta có thể dùng nhiều mô hình khác nhau [13, 14]. Mô hình 2S2P1D là mô hình có thể mô phỏng nhiều loại vật liệu có tính đàn nhớt của nhiều loại hỗn hợp asphalt khác nhau [12]. Mô hình 2S2P1D được nghiên cứu ứng dụng để mô hình hóa các đường cong chủ |E*| của hỗn hợp Microsurfacing.

Mô hình 2S2P1D là mô hình tổng quát kết hợp của các thành phần vật lý gồm 2 lò xo (2 Springs), 2 thành phần hỗn hợp (2 Parabolic elements) và 1 thành phần nhớt (1 Dashpot) [12]. Mô hình gồm 7 thông số đầu vào (E_{00}, E_0, δ, β, τ, k và h) theo sơ đồ *Hình 3.5*.



Hình 3.5: Sơ đồ mô tả mô hình 2S2P1D

Theo mô hình này, |E*| được tính toán bằng công thức (4).

$$E^*(\omega) = E_{00} + \frac{E_0 - E_{00}}{1 + \delta(i\omega\tau)^{-k} + (i\omega\tau)^{-h} + (i\omega\beta\tau)^{-1}} \quad (2)$$

Trong đó:

i - Đơn vị ảo với $i^2 = -1$;

ω - Vận tốc góc với $\omega = 2^{\pi f}$;

k, h - Các hệ số $0 < k < h < 1$;

δ - Hằng số;

E_0 - Mô-đun động khi $\omega\tau \to \infty$ (tần số rất cao hoặc nhiệt độ rất thấp);

E_{00} - Mô-đun động khi $\omega\tau \to 0$ (tần số rất thấp hoặc nhiệt độ rất cao), tương đương với mô-đun tĩnh;

η - Hệ số nhớt $\eta = (E_0 - E_{00})*\beta*\tau$;

τ - Thời gian đặc trưng, là thông số phụ thuộc nhiệt độ. Thông số này làm hàm số của $a_T(T)$, $\tau(T) = a_T(T)*\tau_0$;

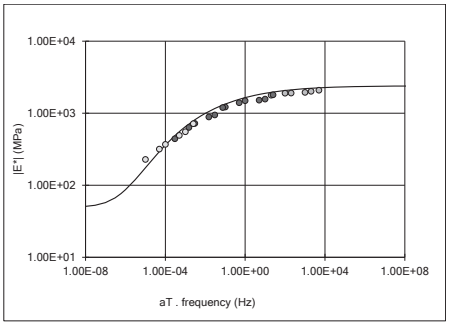
τ_0 - Được xác định ở nhiệt độ tham chiếu T_{ref}.

Các thông số của mô hình 2S2P1D được xác định bằng cách thử dần để tối thiểu hóa sai số giữa thực nghiệm và mô hình, trong đó hai thông số E_{00} và E_0 của mô hình tham khảo tài liệu [13, 14]. Kết quả xác định các thông số của mô hình 2S2P1D được thể hiện trong *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Các thông số của mô hình 2S2P1D mô phỏng đường cong chủ |E*| của Microsurfacing

Loại hỗn hợp	E_{00} (MPa)	E_0 (MPa)	k	h	δ	τ_s	β
Microsurfacing	50,00	2500,00	0,22	0,55	2,30	3861,71	150,00

Kết quả phân tích cũng cho thấy đường cong chủ mô-đun đàn hồi của Microsurfacing có thể được mô phỏng tốt bằng mô hình vật liệu đàn nhớt 2S2P1D, mô hình đã được chứng minh là phù hợp với hầu như tất cả các hỗn hợp sử dụng chất kết dính gốc nhựa đường *(Hình 3.6)*. Đường cong chủ mô-đun đàn hồi trong biểu đồ tương ứng *Hình 3.6* cho thấy đều phù hợp với mô hình 2S2P1D.



Hình 3.6: Đường cong chủ mô-đun đàn hồi động của Microsurfacing và đường mô hình 2S2P1D

4. KẾT LUẬN

Tương tự như các loại hỗn hợp asphalt có tính chất đàn - nhớt phụ thuộc vật liệu chất kết dính, hỗn hợp Microsurfacing thể hiện rõ tính chất này với mô-đun đàn hồi động phụ thuộc vào nhiệt độ và tần số tác dụng lực. Giá trị thay đổi này cần được tham chiếu để phân tích kết cấu mặt đường có lớp phủ Microsurfacing.

Đường cong chủ của mô-đun đàn hồi động của hỗn hợp Microsurfacing có thể mô phỏng tốt bằng mô hình vật liệu đàn nhớt 2S2P1D, một mô hình đã được chứng minh phù hợp với nhiều loại hỗn hợp asphalt.

Với đường cong chủ mô-đun đàn hồi động hoặc chuỗi các giá trị mô-đun đàn hồi động phụ thuộc nhiệt độ và tần số tác dụng lực của Microsurfacing xác định được bằng thực nghiệm, có thể phân tích kết cấu mặt đường có lớp phủ Microsurfacing để kiểm tra khả năng xảy ra các hư hỏng của lớp phủ Microsurfacing, như là bong tróc hay xô dồn vật liệu đặc biệt trường hợp chiều dày lớp Microsurfacing lớn khi sử dụng Microsurfacing để vá vệt lún bánh xe. Xác định mô-đun đàn hồi động và xây dựng đường cong chủ cho mô-đun đàn hồi động cho lớp Microsurfacing cũng tạo cơ sở cho các nghiên cứu cải thiện loại vật liệu này.

Tài liệu tham khảo

[1]. International Slurry Surfacing Association, 2010 - ISSA A143, *Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing*.

[2]. TCVN 12316:2018, *Lớp phủ mặt đường Micro-surfacing - Thiết kế hỗn hợp, thi công và nghiệm thu.*

[3]. AASHTO Designation: D6372 - 15, *Standard Practice for Design, Testing and Construction of Microsurfacing.*

[4]. Austroads Technical Specification AS T 3450, *Microsurfacing.*

[5]. IRC SP:81 - 2008, *Specifications for Slurry Seal and Microsurfacing.*

[6]. Guan-Wei Liu; Shih-Hsien Yang (2017), *Using Packing Theory to Improve Micro-Surfacing Mix Design Procedure and Evaluating Its Long Term Performance*, Transportation Research Board 96th Annual Meeting.

[7]. Imad Al-Qadi, Hasan Ozer, Jaime Hernandez, Heena Dhasmana (June, 2018), *Mechanistic Characterization of Thin Asphalt Overlays for Pavement Preservation Using the Finite Element Modeling Approach*, Report No. ICT-18-008.

[8]. AASHTO TP 79 - *Standard Method of Test for Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Hot Mix Asphalt (HMA) Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)* (AASHTO, 2013).

[9]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT (12/2016), *Báo cáo kết quả thử nghiệm hiện trường - Dự án thử nghiệm hiện trường để đánh giá chất lượng hỗn hợp Microsurfacing*, Bộ GTVT.

[10]. International Slurry Surfacing Association - Technical Bulletin No.148 (2005), *Test Method for Preparation of Microsurface and Slurry Seal Specimens for Evaluation by Hot Mixed Asphalt Design Methods (Modified Marshall Test)*.

[11]. Doubbaneh E. (1995), *Comportement mécanique des enrobés bitumineux des "petites" aux "grandes" déformations*, PhD. INSA Lyon. 218p, (French).

[12]. Olard F. and Di Benedetto H. (2003), *General "2S2P1D" model and relation between the linear viscoelastic behaviors of bituminous binders and mixes*, International Journal of Road Materials and Pavement Design, vol.4 (Issue 2), pp.185-224.

[13]. Sayegh G. (1965), *Variation des modules de quelques bitumes purs et enrobés bitumineux*, Université de Paris, (French).

[14]. Huet C. (1963), *Etude par une méthode d'impédance du comportement viscoélastique des matériaux hydrocarbonés*, Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 69p, (French).

Ngày nhận bài: 29/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 02/5/2024

Phân tích ưu điểm và đánh giá một số chỉ tiêu của nhũ tương nhựa đường thấm bám khi xây dựng mặt đường bê tông nhựa ở Việt Nam

■ **TS. ĐỖ VƯƠNG VINH; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC(*)**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)nguyenquangphuc@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP (emulsified asphalt prime) để thay thế nhựa đường lỏng và nhũ tương thông thường làm lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường bê tông nhựa (BTN) đang là xu hướng trên thế giới vì lý do môi trường, an toàn và cải thiện chất lượng lớp thấm bám. Tuy nhiên, ở Việt Nam, việc sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP làm lớp thấm bám còn ít. Bài báo phân tích những ưu điểm của nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP so với nhựa đường lỏng khi sử dụng làm lớp thấm bám và một số kết quả thực nghiệm về tính chất và khả năng thấm của nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP.

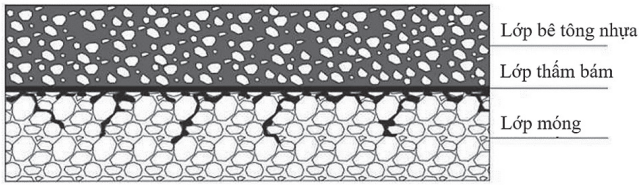
TỪ KHÓA: Mặt đường bê tông nhựa, lớp thấm bám, nhũ tương nhựa đường, nhũ tương nhựa đường thấm bám, nhựa đường lỏng.

ABSTRACT: Using emulsified asphalt prime (EAP) to replace cutback asphalt and conventional asphalt emulsion for prime coat in the asphalt concrete pavement structure is the trend around the world because of environmental and safety reasons and improving penetration quality. However, in Vietnam, the use of EAP for prime coat layer is still uncommon. This article presents advantages of EAP compared to cutback asphalt when used for prime coat, along with experimental results on the properties and penetration ability of the EAP

KEYWORDS: Asphal concrete pavement, prime coat; asphalt emulsion, emulsified asphalt prime, cutback asphalt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường BTN là loại mặt đường phổ biến ở Việt Nam do có nhiều ưu điểm. Kết cấu mặt đường BTN ở Việt Nam hiện nay thường có lớp móng trên bằng lớp vật liệu cấp phối đá dăm (CPĐD) hoặc CPĐD gia cố xi măng. Theo quy định, trước khi thi công lớp BTN cần phải phun hoặc tưới lớp nhựa thấm bám bằng vật liệu gốc bitum lên trên lớp móng này.



Hình 1.1: Lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường BTN [8]

Lớp thấm bám có chức năng tăng độ dính bám giữa lớp móng với lớp BTN bên trên; bịt kín các lỗ rỗng trên bề mặt lớp móng, do đó giảm sự di chuyển của hơi ẩm và sự hấp phụ bitum của lớp móng với lớp BTN phía trên; chống thấm cho lớp móng; tăng cường cường độ của phần trên của lớp móng do bitum dính kết các hạt cốt liệu mịn phía trên; bảo vệ tạm thời lớp móng chống lại các tác động bất lợi của thời tiết và giao thông ở mức độ nhẹ trước khi xây dựng lớp trên [7].

Trên thế giới trước kia chủ yếu sử dụng nhựa lỏng đông đặc vừa MC-30, MC-70 để làm lớp vật liệu thấm bám. Gần đây, do nhận thức rõ hơn về ô nhiễm môi trường và an toàn liên quan đến sử dụng nhựa lỏng MC-30, MC-70 nên việc nghiên cứu, sử dụng nhũ tương nhựa đường làm lớp thấm bám được khuyến khích và trở nên phổ biến [7].

Ở New Zealand (NZ), năm 2014, Cục Đường bộ NZ đã nghiên cứu sử dụng nhũ tương nhựa đường thay thế toàn bộ nhựa đường lỏng. Năm 2020, Bộ Giao thông NZ đã chấp thuận sử dụng nhũ tương nhựa đường thay thế nhựa đường lỏng. Ở Úc đã nghiên cứu và lên kế hoạch thay thế nhựa đường lỏng từ năm 2021. Ở Nam Phi, từ những năm 2000 đã cấm sử dụng nhựa đường lỏng trên tuyến đường dài hơn 20.000 km [2]. Tại Hoa Kỳ, trong tiêu chuẩn kỹ thuật về xây dựng thi công đường bộ và cầu của liên bang FP-14 [10], Mục 411 Vật liệu thấm bám, chỉ cho phép sử dụng nhũ tương nhựa đường làm lớp thấm bám. Từ năm 2014, Cục Đường bộ Thái Lan đã ban hành tiêu chuẩn nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP - Yêu cầu kỹ thuật [2].

Nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP là loại nhũ tương được thiết kế đặc biệt để sử dụng làm lớp thấm bám của kết cấu mặt đường. Chúng có khả năng thấm nhập vào lớp móng tốt hơn so với nhũ tương nhựa đường thông thường. Theo các nghiên cứu trên thế giới, nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có khả năng thấm xuống bề mặt của lớp thấm bám tương đương với nhựa lỏng MC-70, nhưng thời gian phân tách nhanh hơn nhựa lỏng, không cần phải gia nhiệt nên thân thiện với môi trường và an toàn trong

vận chuyển, thi công. Việc sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP giúp rút ngắn thời gian thi công, đáp ứng yêu cầu khi phải thông xe nhanh, giảm chi phí và bảo vệ môi trường.

Ở Việt Nam, hiện nay đã ban hành tiêu chuẩn về nhũ tương nhựa đường thấm bám, TCCS 27:2019/TCĐBVN - Nhũ tương nhựa đường axit thấm bám - Yêu cầu kỹ thuật, thi công và nghiệm thu [3]. Đồng thời, trong TCVN 13567: 2022 [1] cũng cho phép sử dụng nhũ tương nhựa đường axit thấm bám EAP làm lớp thấm bám. Tuy nhiên, trong thực tế vẫn chủ yếu sử dụng nhựa lỏng MC-70 hoặc MC-30 để làm lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường BTN, việc sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám còn ít.

Do vậy, việc nghiên cứu sử dụng nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP thay thế nhựa lỏng làm lớp thấm bám ở Việt Nam là cần thiết và phù hợp với xu hướng sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường. Việc thay thế này góp phần giảm phát thải carbon trong quá trình xây dựng hạ tầng giao thông cũng như việc thực hiện cam kết giảm phát thải ròng về 0 vào năm 2050 của Chính phủ Việt Nam.

2. ƯU ĐIỂM CỦA NHŨ TƯƠNG NHỰA ĐƯỜNG THẤM BÁM

Khi đánh giá về ưu điểm của việc sử dụng nhũ tương nhựa đường làm lớp thấm bám thay thế nhựa đường lỏng thì các khía cạnh thường được xem xét gồm: Chất lượng thấm bám, ảnh hưởng đến môi trường, an toàn và sức khỏe, kinh tế và thuận lợi trong thi công.

** Về chất lượng:*

Theo các nghiên cứu trên thế giới, nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có khả năng thấm bám đạt yêu cầu và tương đương với nhựa lỏng.

Trong nghiên cứu [7], Mantilla và Button đã đánh giá độ sâu thấm nhập của các vật liệu thấm bám khác nhau, trong đó có hai loại nhựa lỏng MC-30, 2 loại nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP và một số loại nhũ tương nhựa đường thông thường. Kết quả cho thấy hai loại nhựa lỏng MC-30 có khả năng thấm sâu nhất, hai loại nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP đều đáp ứng độ sâu thấm nhập tối thiểu 5 mm. Nhũ tương nhựa đường thông thường không thấm vào hầu hết các nền được đầm chặt, việc pha loãng nhũ tương nhựa đường thông thường với nước giúp tăng khả năng thấm nhập nhưng vẫn không đạt chiều sâu yêu cầu.

Dinakis, J. và cộng sự [4] đã đánh giá khả năng thấm bám của nhũ tương thấm bám EAP (loại được sử dụng thành công với nhiều loại móng ở khu vực đô thị Melbourne, Australia) và hai loại nhựa lỏng là SP2, SP3. Kết quả thí nghiệm trong phòng *(Bảng 2.1)* cho thấy nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có chiều sâu thấm tương đương nhựa lỏng SP3, nhũ tương axit hỗn hợp CAM (Cationic mixing grade emulsion) có chiều sâu thấm nhỏ nhất và nhỏ hơn khá nhiều chiều sâu thấm của hai loại vật liệu trên. Thí nghiệm với điều kiện khác nhau của lớp móng cũng cho thấy về cơ bản chiều sâu thấm của nhũ tương thấm bám EAP tương đương nhựa lỏng SP3. Kết quả khảo sát chiều sâu thấm tại hiện trường ở 12 vị trí cho thấy nhũ tương thấm bám EAP có khả năng thấm tương đương nhựa lỏng SP2 và đạt trung bình khoảng 8 mm. Về khả năng bám, kết quả thí nghiệm trong phòng cho thấy cường độ dính bám giữa lớp mặt BTN bên trên và lớp móng đá gia cố 3% xi măng tưới thấm bằng nhũ tương thấm bám EAP cao hơn đáng kể so với khi tưới thấm bằng nhựa lỏng SP3.

Bảng 2.1. Chiều sâu thấm của các loại vật liệu khác nhau theo nghiên cứu [4]

Loại vật liệu tưới thấm bám	Chiều sâu thấm (mm)
Nhũ tương thấm bám EAP	12
Nhựa lỏng SP3	11
Nhũ tương CAM	2

** Về môi trường:*

Sử dụng nhũ tương nhựa đường nhựa đường thay thế nhựa đường lỏng làm lớp thấm bám có lợi cho môi trường hơn vì nhũ tương có ít dung môi gốc dầu mỏ hơn và khi thi công không cần gia nhiệt.

Slaughter, G. trong nghiên cứu [9] đã so sánh ảnh hưởng về môi trường khi sử dụng nhựa đường lỏng và nhũ tương nhựa đường, kết quả nghiên cứu cho thấy: (i) Lượng phát thải khí nhà kính từ việc sử dụng nhựa lỏng cao hơn đáng kể so với nhũ tương nhựa đường do lượng lớn nhiên liệu hóa thạch cần sử dụng để gia nhiệt nhựa lỏng và do sự bay hơi của dầu hỏa từ nhựa lỏng khi tưới thấm bám; (ii) Lượng khí thải tăng lên khi vận chuyển nhũ tương nhựa đường là không đáng kể so với lượng phát thải khi sản xuất và gia nhiệt để thi công nhựa lỏng; (iii) Thay thế nhựa đường lỏng bằng nhũ tương nhựa đường sẽ làm giảm khoảng gần 2/3 lượng CO_2 được tạo ra từ quá trình thi công lớp chipseal; (iv) Việc thay thế nhựa lỏng bằng nhũ tương cũng làm giảm lượng phát thải các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC) vào khí quyển.

Thông tin nghiên cứu [11] cho thấy sử dụng nhựa lỏng nóng tạo ra lượng khí nhà kính gấp đôi so với dùng nhũ tương nhựa đường trong vòng đời của lớp chipseal. Chỉ riêng một năm, việc sử dụng nhũ tương nhựa đường cung cấp bởi một công ty ở New Zealand đã có tác động tích cực đến lượng khí thải carbon tương tự như trồng 675.000 cây xanh.

** Về an toàn và sức khỏe:*

Khi thi công nhựa đường lỏng cần phải gia nhiệt, với MC-70 là 70 ± 10^0C, dung môi trong nhựa lỏng có điểm chớp cháy thấp, thường dưới 75^0C, điều này làm tăng nguy cơ cháy nổ khi vận chuyển, sử dụng. Trong quá trình phun tưới nhựa lỏng, dung môi có trong nhựa lỏng thường là dầu hỏa phát tán trong không khí ảnh hưởng đến môi trường, sức khỏe của công nhân, người tham gia giao thông và cư dân trong khu vực dự án.

Nghiên cứu của Dinakis, J. và cộng sự [4] chỉ ra rằng, sau 15 tháng thi công, vị trí tưới thấm bằng nhựa lỏng có nồng độ dầu hỏa (dung môi) là 1.200 ppm, trong khi vị trí tưới thấm bằng nhũ tương thì không phát hiện hợp chất này. Mức nồng độ này tương đương với hàm lượng dung môi còn sót lại trong chất kết dính vượt quá 5% so với nồng độ ban đầu ở vào khoảng 50%.

** Về kinh tế và thuận lợi trong khi thi công:*

Về giá thành, nhựa lỏng MC thường đắt hơn nhũ tương do giá thành dung môi cao hơn dung dịch nước có chất

nhũ hóa. Đồng thời, chi phí thi công nhựa lỏng thường cao hơn so với thi công nhũ tương do nhựa lỏng phải gia nhiệt đến nhiệt độ tưới.

Trong tài liệu [5] đã trích dẫn kết luận nghiên cứu của Gray (1982) rằng sử dụng nhũ tương nhựa đường thay cho nhựa đường lỏng làm lớp thấm bám đã tiết kiệm đáng kể chi phí nhưng vẫn mang lại hiệu quả tốt. Hơn nữa, nhũ tương nhựa đường thân thiện với môi trường hơn nhựa đường lỏng.

Khi thi công nhựa đường lỏng cần phải gia nhiệt, việc gia nhiệt trong thời gian dài làm bay hơi dầu KO (dung môi) khiến nhựa lỏng dần đặc hơn, ảnh hưởng đến chất lượng và khó tưới đều, đúng liều lượng. Trong khi đó, dùng nhũ tương không cần phải gia nhiệt có thể tưới khi bề mặt cốt liệu ẩm, có thể tưới dặm bổ sung bằng dụng cụ đơn giản.

Thêm vào đó, thời gian cho phép thi công lớp BTN sau khi tưới thấm bám của nhũ tương ngắn hơn so với khi dùng nhựa lỏng. TCVN 13567-1:2022 quy định thời gian từ lúc tưới thấm bám bằng nhựa lỏng đến khi rải lớp BTN tối thiểu sau 24h trong khi thời gian này đối với nhũ tương tối thiểu là 12h.

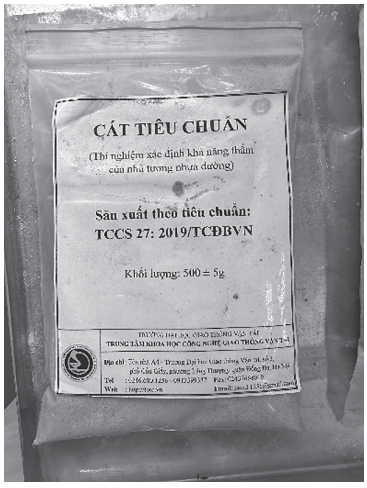
Tuy nhiên, khi sử dụng nhũ tương làm vật liệu tưới thấm bám cần chú ý vấn đề nhũ tương bị phân tách trong quá trình vận chuyển và bề mặt lớp móng trước khi tưới thấm phải được vệ sinh sạch bụi bẩn để đảm bảo hiệu quả thấm bám.

3. ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA NHŨ TƯƠNG THẤM BÁM

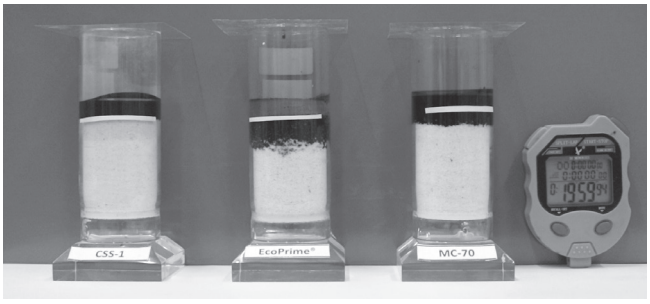
Ở Việt Nam, các chỉ tiêu kỹ thuật của nhũ tương nhựa đường axit thấm bám được quy định trong TCCS 27:2019/TCĐBVN. Các chỉ tiêu này cơ bản giống với nhũ tương thông thường nhằm đánh giá về mặt ổn định, tính lưu biến, thời gian phân tách và bổ sung thêm chỉ tiêu đánh giá khả năng thấm trên vật liệu cát chuẩn.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thí nghiệm đánh giá khả năng đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật làm lớp thấm bám của nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime® (một loại nhũ tương nhựa đường a xít thấm bám do Công ty Cung ứng nhựa đường ADCo phát triển và cung cấp) và so sánh khả năng thấm trên vật liệu cát chuẩn của loại nhũ tương này với hai loại vật liệu thường được sử dụng để tưới thấm bám ở Việt Nam là nhựa lỏng MC-70 và nhũ tương CSS-1. Thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm LAS-XD 1256 thuộc Trung tâm Khoa học Công nghệ GTVT (Trường Đại học GTVT).

Thí nghiệm khả năng thấm nhằm xác định thời gian thấm và chiều sâu thấm trên vật liệu cát chuẩn được thực hiện theo chỉ dẫn tại Phụ lục A Tiêu chuẩn TCCS 27-2019/TCĐBVN. Thí nghiệm được thực hiện với mẫu cát chuẩn do Trung tâm Khoa học Công nghệ GTVT (Trường Đại học GTVT) nghiên cứu sản xuất.



Cát tiêu chuẩn



Thí nghiệm xác định khả năng thấm

Hình 3.1: Hình ảnh công tác thí nghiệm khả năng thấm

Kết quả thí nghiệm cho thấy nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của TCCS 27:2019/TCĐBVN *(Bảng 3.1)*, nhựa lỏng MC-70 đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 8818-1:2011 và nhũ tương nhựa đường CSS-1 đáp ứng yêu cầu của TCVN 8817-1:2011.

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật của nhũ tương nhựa đường EcoPrime

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Yêu cầu kỹ thuật TCCS 27:2019/TCĐBVN	Kết quả thí nghiệm
I	**Thí nghiệm trên mẫu nhũ tương**				
1	Độ nhớt Saybol - Furol ở 25^{0}C	giây	TCVN 8817-2:2011	15 ÷ 100	**20**
2	Độ ổn định lưu trữ 24h	%	TCVN 8817-3:2011	≤ 2	**0,46**
3	Lượng hạt quá cỡ, thử nghiệm sàng	%	TCVN 8817-4:2011	≤ 0,1	**0,02**
4	Điện tích hạt	-	TCVN 8817-5:2011	dương	**dương**
5	Hàm lượng dầu	%	TCVN 8817-9:2011	5 ÷ 12	**8,3**
6	Hàm lượng nhựa	%	TCVN 8817-9:2011	≥ 50	**51,71**

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Yêu cầu kỹ thuật TCCS 27:2019/TCĐBVN	Kết quả thí nghiệm
7	Thí nghiệm khả năng thấm của nhũ tương		Phụ lục A - TCCS 27:2019/TCĐBVN		
7.1	Thời gian thấm vào vật liệu tiêu chuẩn	phút		≤ 20	**8**
7.2	Chiều sâu thấm vào vật liệu tiêu chuẩn	mm		≥ 8	**17**
II	**Thí nghiệm trên mẫu nhựa đường thu được sau chưng cất**				
8	Lượng hòa tan trong Trichloroethylene	%	TCVN 7500:2005	≥ 97,5	**99,69**

Thời gian thấm và chiều sâu thấm của các loại vật liệu tưới thấm bám trên vật liệu cát chuẩn được thể hiện trong *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Khả năng thấm của vật liệu tưới thấm bám thí nghiệm với mẫu cát chuẩn

Loại vật liệu tưới thấm bám	Thời gian thấm vào vật liệu tiêu chuẩn (phút)	Chiều sâu thấm vào vật liệu tiêu chuẩn (mm)	Ghi chú
Nhũ tương EcoPrime	8	17	
Nhựa lỏng MC-70	150	12	
Nhũ tương CSS-1	*	1	Gần như không thấm - kể cả sau 2 ngày
Yêu cầu theo TCCS 27:2019/TCĐBVN	≤20	≥ 8	

Từ kết quả thí nghiệm ở *Bảng 3.2* có thể thấy nhũ tương EcoPrime có thời gian thấm vào vật liệu tiêu chuẩn nhanh nhất, chiều sâu thấm vào vật liệu tiêu chuẩn lớn nhất; nhũ tương CSS-1 có chiều sâu thấm vào vật liệu chuẩn nhỏ nhất và gần như không thấm kể cả sau 2 ngày; nhựa lỏng MC-70 có chiều sâu thấm lớn thứ hai, nhưng thời gian thấm lớn hơn so với quy định. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng thí nghiệm khả năng thấm không phản ánh kết quả thực tế ngoài công trường về thời gian thấm và thời gian khô (thông thường đối với MC-70 cần 24 - 72h để thấm và khô hoàn toàn).

Nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime đã được chấp thuận và sử dụng làm lớp thấm bám cho Dự án cải tạo nâng cấp QL26 đoạn qua tỉnh Khánh Hòa. Ở dự án này, lớp thấm bằng nhũ tương EcoPrime được tưới với liều lượng 1,0 kg/m^2 trên lớp móng CPĐD. Sau khi nhũ tương phân tách xong tiến hành rải lớp BTNC 19 lên trên. Một số hình ảnh về hiện trường thi công lớp thấm bám bằng nhũ tương EcoPrime trên QL26 đoạn qua thị xã Ninh Hòa, tỉnh Khánh Hòa được thể hiện trên *Hình 3.2*.

Bề mặt sau khi tưới

Bề mặt nhũ tương EcoPrime khô sau khi tưới 8 tiếng trong điều kiện ban đêm, nhiệt độ môi trường 23^{0}C

Thông xe sau 5h tưới thấm bám

Khoan mẫu kiểm tra dính bám: Lớp BTNC 19 dính bám tốt với lớp móng CPĐD

Hình 3.2: Một số hình ảnh hiện trường thi công lớp thấm bám bằng nhũ tương EcoPrime trên QL26 đoạn qua tỉnh Khánh Hòa

Kết quả theo dõi hiện trường thi công cho thấy nhũ tương EcoPrime phân tách xong sau 8h tưới trong điều kiện ban đêm, nhiệt độ khoảng 23^{0}C, sau 5h tưới thấm xe tải có thể đi qua mà bề mặt không bị bong, lớp BTNC 19 dính bám tốt với lớp móng CPĐD.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Sử dụng nhũ tương nhựa đường thay thế cho nhựa đường lỏng làm lớp thấm bám trong kết cấu mặt đường BTN là xu hướng trên thế giới nhằm giảm ảnh hưởng đến môi trường và tăng mức độ an toàn khi thi công. Nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP là loại nhũ tương đặc biệt được chế tạo để chuyên sử dụng làm lớp thấm bám. Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP có chiều sâu thấm, khả năng dính bám tương đương với nhựa đường lỏng.

Nhũ tương nhựa đường thấm bám EcoPrime do Công ty ADCo phát triển và cung cấp, đáp ứng chỉ tiêu kỹ thuật của TCCS 27:2019/TCĐBVN làm lớp thấm bám cho kết cấu mặt đường, có thời gian thấm nhanh hơn, chiều sâu thấm lớn hơn so với nhựa lỏng MC-70 và nhũ tương CSS-1 khi thí nghiệm khả năng thấm trên vật liệu tiêu chuẩn.

Kết quả thi công tại hiện trường QL26 đoạn qua tỉnh Khánh Hòa cho thấy nhũ tương nhựa đường EcoPrime phân tách xong sau 8h tưới trên lớp móng CPĐD trong điều kiện ban đêm, nhiệt độ khoảng 23^{0}C, sau 5h tưới xe tải có thể đi qua mà không bị bong lớp thấm bám, lớp BTNC 19 dính bám tốt với lớp móng CPĐD.

Tiếp tục tiến hành nghiên cứu trong phòng cũng như hiện trường nhằm đánh giá khả năng thấm bám của một số loại nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP trên những lớp móng điển hình ở Việt Nam; sớm ban hành ban hành tiêu chuẩn Việt Nam về nhũ tương nhựa đường thấm bám trên cơ sở TCCS 27:2019/TCĐBVN nhằm tạo điều kiện để nhũ tương nhựa đường thấm bám EAP được sử dụng phổ biến hơn, góp phần giảm phát thải carbon trong quá trình xây dựng hạ tầng giao thông ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-006.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2022), *TCVN 13567: 2022 - Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu.*

[2]. TIPCO Asphalt (2023), *Báo cáo giới thiệu về nhũ tương nhựa đường thấm bám.*

[3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2019), *TCCS 27:2019/TCĐBVN - Nhũ tương nhựa đường axit thấm bám - Yêu cầu kỹ thuật, thi công và nghiệm thu.*

[4]. DINAKIS, J., CUTTLER, J., & Maccarrone, S. (2000), *Emulsion priming of road bases, in world of asphalt pavements, international conference,* 1st, 2000, Sydney, New South Wales, Australia.

[5]. Freeman, T. J., Button, J. W., & Estakhri, C. K. (2010), *Effective prime coats for compacted pavement bases* (No. FHWA/TX-10/0-5635-1).

[6]. Ishai, I., & Livneh, M. (1984), *Functional and structural role of prime coat in asphalt pavement structures*, In Association of Asphalt Paving Technologists Proceedings, vol.53.

[7]. Mantilla, C. A., & Button, J. W. (1994), *Prime coat methods and materials to replace cutback asphalt*, Research Report TTI 0-1334, Texas Transportation Institute, Texas A & M University.

[8]. Ouyang, J., Sun, Y., & Zarei, S. (2020), *Fabrication of solvent-free asphalt emulsion prime with high penetrative ability*, Construction and Building Materials, 230, 117020.

[9]. Slaughter, G. (November, 2004), *Environmental comparison of cutback bitumen and bitumen emulsions for sealing roads,* In towards sustainable land transport conference, Wellington, New Zealand.

[10]. United states Department of Transportation (2014), *Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects FP-14.*

[11]. *https://www.roadscience.co.nz/news/bitumen-emulsion-and-carbon-emissions.*

Ngày nhận bài: 19/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 24/4/2024

Sử dụng mô hình thiết kế thực nghiệm yếu tố toàn phần 2^k phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông xi măng cốt sợi thép làm mặt đường ô tô

■ **TS. TRẦN THỊ THU HÀ**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: thuhatranutc@gmail.com

TÓM TẮT: Bài báo sử dụng mô hình thực nghiệm yếu tố toàn phần 2 mức sử dụng phần mềm Minitab để phân tích phương sai ANOVA nhằm xác định ảnh hưởng của cốt sợi thép đến cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của bê tông dùng trong thi công mặt đường. Thí nghiệm được tiến hành trên nền bê tông xi măng (BTXM) M300 và M350, hàm lượng sợi sử dụng là 1,5% theo khối lượng bê tông.

TỪ KHÓA: Bê tông cốt sợi thép, bê tông xi măng, sợi thép - sợi, cường độ, mô hình hồi quy.

ABSTRACT: The article uses a 2-level full factorial empirical model using Minitab software to analyze variance (ANOVA) to determine the influence of steel fiber reinforcement on compressive strength and flexural strength of concrete used in road construction. The experiment was conducted with cement concrete of grades 300 and 350 and the fiber content used was 1.5% by concrete volume.

KEYWORDS: Steel fiber concrete, cement concrete, steel fiber - fiber, strength, regression model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông cốt sợi thép (BTCST) là một trong những dạng vật liệu công trình tiên tiến nhất hiện nay. Thành phần bao gồm cát, xi măng, phụ gia như thông thường, bên trong có rất nhiều những sợi thép nhỏ đan xen vào nhau. Sự phân bố đồng đều của các sợi thép bên trong bê tông làm tăng tính liên kết của vật liệu, bê tông trở nên dẻo hơn và có khả năng chịu lực tốt hơn bê tông thông thường [1, 2, 3]. Trên thế giới, BTCST được phân bố rộng rãi trong xây dựng và sửa chữa mặt đường ô tô [9,10]. Tại Việt Nam, BTCST được sử dụng trong gia cố bản mặt cầu, gia cố vị trí sụt của hầm đường bộ, sửa chữa cục bộ vết nứt đường băng sân bay... Bài báo nghiên cứu khả năng ứng dụng BTCST làm mặt đường ô tô, đặc biệt là những tuyến đường nhiều xe tải trọng nặng, lưu lượng lớn. Bài báo sử dụng mô hình thực nghiệm toàn phần 2^k nhằm xác định sự ảnh hưởng của cốt sợi thép đến đặc tính cường độ của BTXM (cường độ nén R_n và cường độ kéo uốn R_{ku}). Phân tích phương sai ANOVA bằng phần mềm Minitab, trên cơ sở xác định mức độ tin cậy và khả năng ứng dụng BTCST trong xây dựng mặt đường ô tô trong thực tế.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu sử dụng

- Đá vôi Kiện Khê, cường độ R = 98,067 MPa , kích cỡ hạt lớn nhất dmax = 20 mm, khối lượng riêng 2.788 g/cm^3. Các tính chất của đá đạt yêu cầu TCVN 7570:2006.

- Xi măng PC40 của Nhà máy Xi măng Bút Sơn có tỷ diện bề mặt riêng là 3.200 cm^2/g, cường độ nén ở tuổi 28 ngày R_n^{28} = 46,7 MPa.

- Cát vàng có mô-đun độ lớn M_k = 2,56, các tính chất khác đạt Tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 của cốt liệu dùng cho bê tông và vữa xây dựng.

- Cốt sợi thép Dramix 3D, chiều dài: 35 mm; đường kính: 0,55 mm; đặc trưng hình học (L/D): 65; cường độ: 1.200 MPa. Tỷ lệ cốt sợi thép đưa vào là 1,5% theo thể tích.

- Phụ gia siêu dẻo giảm nước: Viscocrete 3000 - 10 do hãng Sika sản xuất.

2.2. Thành phần cấp phối bê tông

Bảng 2.1. Bảng thiết kế cấp phối bê tông M300 và M350

STT	Loại mẫu		Nước (l)	XM (kg)	Đá (kg)	Cát (kg)	Phụ gia (l)	Cốt sợi thép (% theo thể tích)
1	M300	Mẫu đối chứng	156	345	1118	872	3,8	0
2		Mẫu BTCS	156	345	1118	872	3,8	1,5
3	M350	Mẫu đối chứng	160	384	1119	837	4,22	0
4		Mẫu BTCS	160	384	1119	837	4,22	1,5

2.3. Phương pháp thí nghiệm

- Thí nghiệm xác định cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông tiến hành theo Tiêu chuẩn TCVN 3119:2022 và TCVN TCVN 3118:2022. Mẫu thí nghiệm: Mẫu hình lập phương kích thước (150x150x150)mm và mẫu dầm kích thước kích thước (150x150x600)mm.

- Bảo dưỡng mẫu: Các mẫu thí nghiệm được phủ bề mặt bằng khăn ẩm. Sau 1 ngày đổ khuôn, các mẫu được tháo khuôn và dưỡng hộ trong nước ở điều kiện nhiệt độ phòng theo TCVN 3105:2022.

- Độ chụm của kết quả thí nghiệm được xác định theo TCVN 6910-6:2002 (ISO 5725-6:1994);

- Số mẫu thử trong 1 tổ hợp mẫu:

+ Cường độ nén: Mỗi loại bê tông được tiến hành trên 6 mẫu thử ở 2 loại ngày tuổi (7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi).

+ Cường độ kéo uốn: Mỗi loại bê tông được tiến hành trên 3 mẫu thử ở 2 loại ngày tuổi (7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi).

2.4. Kết quả thí nghiệm

Bảng 2.2. Kết quả thí nghiệm cường độ R_n (MPa)

STT	Ký hiệu mẫu	M300+0% CST		M300 + 1,5% CST		M350+0% CST		M350+1,5% CST	
		7 ngày	*28 ngày*	*7 ngày*	*28 ngày*	*7 ngày*	*28 ngày*	*7 ngày*	*28 ngày*
1	ĐC - 01	27,570	34,020	30,010	35,080	33,230	40,280	33,940	41,400
2	ĐC - 02	29,130	32,900	30,330	34,650	31,540	39,390	33,400	41,650
3	ĐC - 03	29,570	33,350	29,490	34,680	33,630	40,460	33,610	41,190
4	ĐC - 04	29,030	33,800	29,790	35,130	31,790	39,080	33,300	41,130
5	ĐC - 05	28,020	33,310	28,900	34,020	32,730	40,450	34,060	40,910
6	ĐC - 06	29,080	33,000	29,460	33,390	33,390	40,040	33,890	41,360
7	Trung bình	28,733	33,397	29,663	34,492	32,718	39,950	33,700	41,273
8	Khoảng chênh lệch R: max-min (kN)	2,00	1,12	1,43	1,74	2,09	1,38	0,76	0,74
9	Hệ số biến sai cho phép Cv (%)	6	6	6	6	6	6	6	6
10	Khoảng chấp nhận cho phép so với giá trị trung bình: 3.6xCv (%)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
11	Giá trị độ lệch cho phép (kN)	6,21	7,21	6,41	7,45	7,07	8,63	7,28	8,92
12	Đánh giá: So sánh (2) và (5)	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt

Bảng 2.3. Kết quả thí nghiệm cường độ R_{ku} (MPa)

STT	Ký hiệu mẫu/Các chỉ tiêu	M300+0% CST		M300 + 1,5% CST		M350+0% CST		M350+1,5% CST	
		7 ngày	*28 ngày*	*7 ngày*	*28 ngày*	*7 ngày*	*28 ngày*	*7 ngày*	*28 ngày*
1	ĐC - 01	3,360	4,380	3,760	4,880	4,200	5,880	4,900	7,010
2	ĐC - 02	3,250	4,470	3,670	4,940	3,900	5,500	4,700	6,670
3	ĐC - 03	2,980	4,560	3,730	5,150	4,000	5,770	5,000	6,800
7	Trung bình	3,197	4,470	3,720	4,990	4,033	5,717	4,867	6,827
8	Khoảng chênh lệch R: max-min (kN)	0,38	0,18	0,09	0,27	0,30	0,38	0,30	0,34
9	Hệ số biến sai cho phép Cv (%)	6	6	6	6	6	6	6	6
10	Khoảng chấp nhận cho phép so với giá trị trung bình: 3.6xCv (%)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
11	Giá trị độ lệch cho phép (kN)	0,69	0,97	0,80	1,08	0,87	1,23	1,05	1,47
12	Đánh giá: So sánh (2) và (5)	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt

3. PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊ TÔNG BẰNG MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM TOÀN PHẦN 2^K

Bài báo sử dụng mô hình thực nghiệm toàn phần 2^k kết hợp sự hỗ trợ của phần mềm Minitab phân tích phương sai ANOVA phân tích sự ảnh hưởng của cốt sợi thép đến đặc tính cường độ của BTXM.

3.1. Xác định các biến trong phân tích

Sử dụng phương pháp thí nghiệm trực giao cấp I phân tích với 3 biến, mỗi biến nhận 2 giá trị. Tổng số lần phân tích là $2^3 = 8$.

- Hàm lượng cốt sợi thép (HL sợi): 2 mức 0% và 1,5%;

- Mác bê tông (Mác BT): 2 mức 300 (MPa) và 350 (MPa);

- Độ tuổi BTXM (Tuổi): 2 mức 7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi.

3.2. Các kết quả giới hạn cường độ

- Cường độ nén BTXMCST (ngày);

- Cường độ kéo uốn của BTXMCST (ngày).

3.3. Phân tích kết quả

Trên cơ sở các số liệu thiết kế thực nghiệm, sử dụng phần mềm Minitab để phân tích các dữ liệu đã tính toán. Kết quả phân tích được thể hiện như sau:

** Phân tích hồi quy - phương sai các kết quả phân tích:*

Bảng 3.1. Coded Coefficients - Hệ số biến mã

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Cường độ nén Rn						
Constant		34,2408	0,0822	416,48	0,000	
Mác BT	5,3392	2,6696	0,0822	32,47	0,000	1,00
HL sợi	1,0825	0,5412	0,0822	6,58	0,000	1,00
Tuổi	6,0742	3,0371	0,0822	36,94	0,000	1,00
Mác BT*Tuổi	1,3283	0,6642	0,0822	8,08	0,000	1,00
Cường độ kéo uốn Rku						
Constant		4,7275	0,0205	230,74	0,000	
Mác BT	1,2667	0,6333	0,0205	30,91	0,000	1,00
HL sợi	0,7467	0,3733	0,0205	18,22	0,000	1,00
Tuổi	1,5467	0,7733	0,0205	37,74	0,000	1,00
Mác BT*HL sợi	0,2250	0,1125	0,0205	5,49	0,000	1,00
Mác BT*Tuổi	0,2750	0,1375	0,0205	6,71	0,000	1,00

Kết quả phân tích hồi quy (*Bảng 3.1)* cho thấy, giá trị VIF (hệ số phóng đại phương sai) của các biến bằng 1 nên ít có khả năng xảy ra đa cộng tuyến, do đó không gây sai lệch các ước lượng hồi quy.

Model Summary (Rn)			
S	**R-sq**	**R-sq(adj)**	**R-sq(pred)**
0,569595	98,33%	98,17%	97,92%
Model Summary (Rku)			
S	**R-sq**	**R-sq(adj)**	**R-sq(pred)**
0,141951	98,52%	98,34%	98,06%

Từ Model summary ta thấy: Giá trị R - sq có giá trị lần lượt là 98,33% và 98,52% cho thấy mức độ phù hợp của mô hình nghiên cứu. Biến độc lập đưa vào chạy hồi quy ảnh hưởng hơn 98% sự thay đổi của biến phụ thuộc, phần trăm còn lại là do các biến ngoài mô hình và sai số ngẫu nhiên.

Bảng 3.2. Bảng kết quả phân tích phương sai

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Cường độ nén Rn					
Model	4	820,062	205,015	631,91	0,000
Linear	3	798,888	266,296	820,79	0,000
Mác BT	1	342,080	342,080	1054,38	0,000
HL sợi	1	14,062	14,062	43,34	0,000
Tuổi	1	442,746	442,746	1364,65	0,000
2-Way Interactions	1	21,174	21,174	65,26	0,000
Mác BT*Tuổi	1	21,174	21,174	65,26	0,000
Error	43	13,951	0,324		
Lack-of-Fit	3	0,275	0,092	0,27	0,848
Cường độ kéo uốn Rku					
Model	5	561,646	112,329	557,47	0,000
Linear	3	546,496	182,165	904,05	0,000
Mác BT	1	192,533	192,533	955,50	0,000
HL sợi	1	66,901	66,901	332,02	0,000
Tuổi	1	287,061	287,061	1424,62	0,000

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
2-Way Interactions	2	15,150	0,7575	37,59	0,000
Mác BT*HL sợi	1	0,6075	0,6075	30,15	0,000
Mác BT*Tuổi	1	0,9075	0,9075	45,04	0,000
Error	42	0,8463	0,0202		
Lack-of-Fit	2	0,1148	0,0574	3,14	0,054

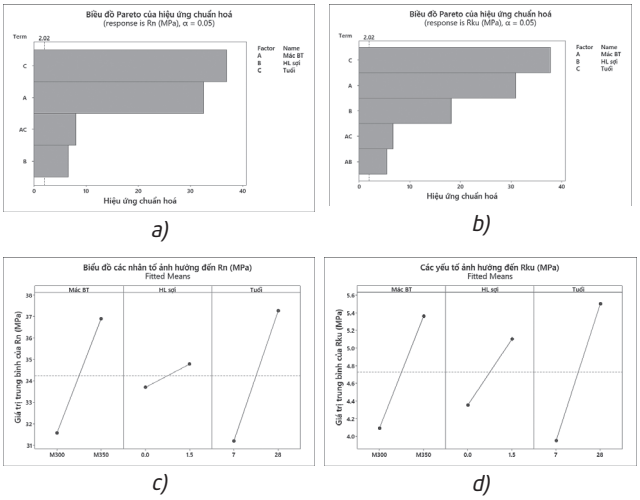
Phương trình hồi quy cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông:

R_n = 34,2408+2,6696 Mác BT+ 0,5412HL sợi
+ 3,0371Tuổi+ 0,6642Mác BT*Tuổi (MPa)

R_{ku} = 4,7275+ 0,6333Mác BT+ 0,3733HL sợi+ 0,7733Tuổi
+ 0,1125Mác BT*HL sợi + 0,1375Mác BT*Tuổi (MPa)

Từ phân bảng kết quả tích phương sai (*Bảng 3.2*) ta thấy: Các biến mác BT, HL sợi, tuổi đều có giá trị P <0,05, điều đó cho thấy các biến này có ý nghĩa thống kê, đều tác động lên biến phụ thuộc R_n và R_{ku} của bê tông. Hệ số hồi quy các biến độc lập này đều mang dấu dương, như vậy các biến độc lập có tác động thuận chiều lên biến phụ thuộc. Hệ số Lack - of Fit >0,05. Do đó, mô hình hồi quy tuyến tính của R_n và R_{ku} nhận được hoàn toàn phù hợp với tập dữ liệu kết quả thí nghiệm đã thu được.

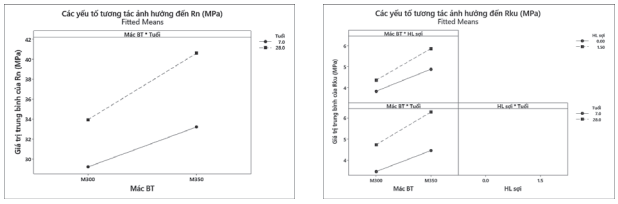
Đồ thị đánh giá các yếu tố ảnh hưởng chính đến kết quả phân tích *(Hình 3.1)* cho thấy: Cả 3 yếu tố (mác BT, hàm lượng cốt sợi, độ tuổi) đều ảnh hưởng đến kết quả phân tích. Tuy nhiên, độ tuổi và mác bê tông là hai yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến cường độ, tiếp theo là yếu tố tương tác (độ tuổi - mác bê tông) và cuối cùng là yếu tố hàm lượng cốt sợi thép. Tất cả các yếu tố trên đều cắt qua đường chỉ thị màu đỏ, nên chúng đều có ý nghĩa về mặt thống kê *(Hình 3.1a,b)*. Ở biểu đồ *(Hình 3.1c,d)* cho thấy, mác của bê tông và độ tuổi của bê tông ảnh hưởng mạnh mẽ nhất đến kết quả phân tích. Khi mác bê tông và độ tuổi của bê tông tăng, dẫn đến cường độ R_n và R_{ku} của bê tông tăng (độ dốc lớn), hàm lượng cốt sợi thép ảnh hưởng không nhiều đến cường độ nén (độ dốc nhỏ) nhưng lại ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ kéo uốn của bê tông.



a) b) c) d)

Hình 3.1: Biểu đồ xác định sự ảnh hưởng của mác BT, độ tuổi và hàm lượng cốt sợi thép đến R_n và R_{ku} của bê tông

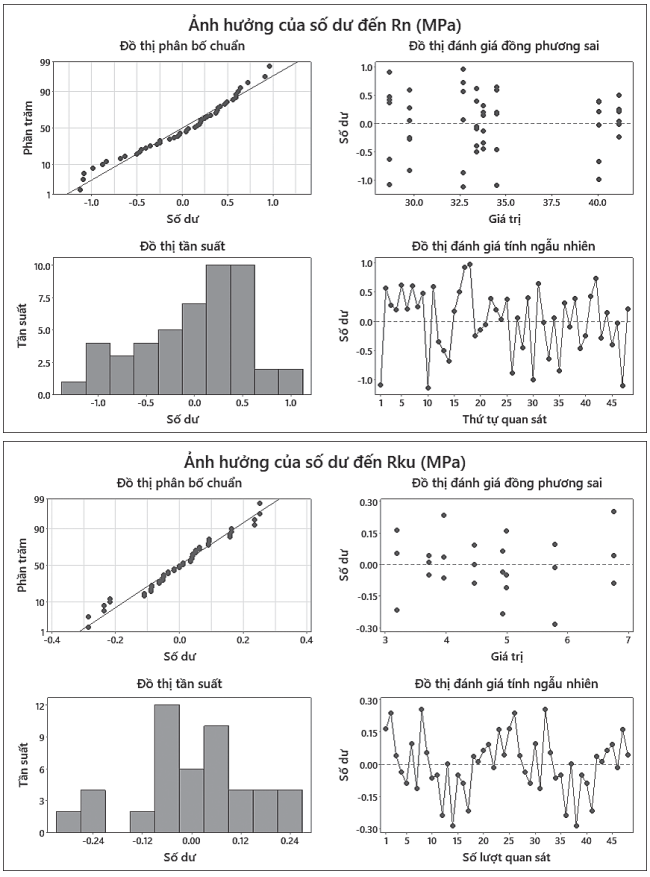
Từ đồ thị đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tương tác đến cường độ của bê tông *(Hình 3.2)* cho thấy: Ảnh hưởng tương tác giữa yếu tố Mác BT*Tuổi có ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ (R_n, R_{ku}) của bê tông. Riêng yếu tố tương tác Mác BT*HL sợi chỉ ảnh hưởng nhiều đến R_{ku} của bê tông mà không ảnh hưởng đến R_n của BT (các biểu đồ quan hệ không song song với nhau).



a) b)

Hình 3.2: Đồ thị ảnh hưởng tương tác các yếu tố đến cường độ của bê tông

Từ đồ thị đánh giá số dư các kết quả phân tích cường độ *(Hình 3.3)* cho thấy: Các số dư tập trung rất gần đường phân phối chuẩn, các điểm phân bố ngẫu nhiên tập trung xung quanh đường tung độ 0 tạo thành dạng đường thẳng. Điều đó chứng tỏ mức độ phù hợp cao của mô hình nghiên cứu.



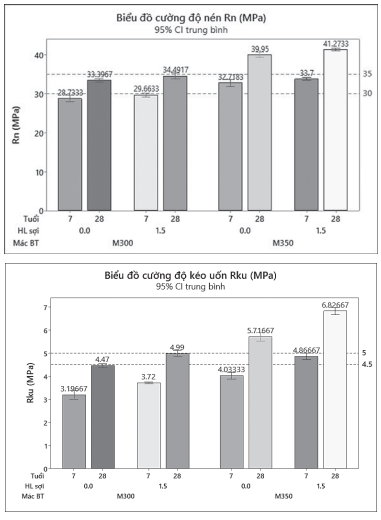
Hình 3.3: Biểu đồ phân tích số dư kết quả phân tích cường độ nén và cường độ kéo uốn

Kết quả phân tích dự báo cường độ của bê tông (R_n, R_{ku}) bằng Anova Tukey khi thay đổi hàm lượng cốt sợi (1,0% theo khối lượng thể tích) và độ tuổi nghiên cứu là 20 ngày, độ tin cậy 95% *(Bảng 3.3)*. Giá trị 95% CI nhận được cho thấy kết quả phân tích tương đối chụm và phù hợp với quy luật phát triển cường độ của bê tông trong thí nghiệm, hoàn toàn có ý nghĩa về mặt thống kê.

Bảng 3.3. Bảng kết quả dự báo sự ảnh hưởng của các biến đến cường độ của bê tông

Mác bê tông	Cường độ (MPa)	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
M300	Rn	32,3166	0,122620	32,0694 - 32,5639	31,1416 - 33,4917
	Rku	4,64428	0,0382567	4,56707 - 4,72148	4,34759 - 4,94097
M350	Rn	37,9721	0,122620	37,7248 - 38,2194	36,7971 -39,1471
	Rku	6,0855	0,0395410	6,00570 - 6,16530	5,78813 - 6,38287

Ngoài ra, kết quả phân tích sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt sợi, mác bê tông, độ tuổi đến cường độ của bê tông (R_n, R_{ku}) với độ tin cậy 95% CI *(Hình 3.4)* cho thấy, mật độ dữ liệu phân bố đều và đối xứng quanh đường trung vị chuẩn, không có điểm ngoại lệ. Giá trị cường độ của bê tông tăng khi có sự gia tăng về hàm lượng cốt sợi thép, độ tuổi và mác của bê tông.



Hình 3.4: Kết quả dự báo sự ảnh hưởng của các nhân tố đến cường độ của bê tông

Cụ thể như sau:

- BTXM M300 + 1,5% CST có R^7_{ku} và R^{28}_{ku} tăng hơn 11% so với mẫu đối chứng. R^7_n ở độ tuổi R^{28}_n không đáng kể so với mẫu đối chứng (khoảng 3%).

- R^{28}_{ku}

- BTXM M350 + 1,5% CST, có R^7_{ku} và R^{28}_{ku} tăng hơn 13% so với mẫu đối chứng. R^7_n tăng không đáng kể so với mẫu đối chứng, tuy nhiên R^{28}_n tăng khoảng 22%.

- Theo TCCS 39:2022/TCĐBVN: Thiết kế mặt đường BTXM thông thường có khe nối, đối với BTXM mặt đường cao tốc, đường cấp I, cấp II và các đường có cấp quy mô giao thông nặng, rất nặng, cực nặng, fr ≥ 5,0 MPa. Đối chiếu với tiêu chuẩn này thì BTXM M350 và M350 +1,5% CST đáp ứng được yêu cầu về cường độ nêu trên.

4. KẾT LUẬN

Việc sử dụng mô hình thiết kế thực nghiệm 2^k phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ nén và cường độ kéo uốn của BTXM cốt sợi thép làm mặt đường ô tô cho thấy:

- Trong các yếu tố ảnh hưởng chính đến kết quả phân tích thì độ tuổi và mác bê tông là hai yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến cường độ, tiếp theo là yếu tố tương tác (độ tuổi - mác bê tông) và cuối cùng là yếu tố hàm lượng cốt sợi thép.

- Hàm lượng cốt sợi thép ảnh hưởng không nhiều đến cường độ nén, nhưng lại ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ kéo uốn của bê tông.

- Yếu tố tương tác Mác BT*Tuổi có ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ nén và chịu kéo của bê tông. Riêng yếu tố tương tác Mác BT*HL sợi chỉ ảnh hưởng nhiều đến cường độ kéo uốn của bê tông mà không ảnh hưởng đến cường độ nén của bê tông.

- Giá trị P <0,05, hệ số Lack - of - Fit > 0,05 cho thấy mô hình hồi quy tuyến tính của R_n và R_{ku} hoàn toàn phù hợp với tập dữ liệu kết quả thí nghiệm thu được.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy, BTXM M350 và BTXM M350 +1,5% CTS đáp ứng yêu cầu chịu lực và thi công các kết cấu mặt đường bê tông xi măng, đặc biệt là những tuyến đường nhiều xe tải trọng nặng, lưu lượng lớn.

Tài liệu tham khảo

[1]. ThS. Phạm Duy Anh (2003), *Phân tích một số tính chất cơ bản của BTCST*, Tạp chí Khoa học GTVT, Trường Đại học GTVT, số 5, tr.124-131.

[2]. Nguyễn Quang Chiêu (2008), *Bê tông cốt sợi và bê tông sợi thép*, NXB. GTVT.

[3]. Nguyễn Cao Sơn (2019), *Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cốt sợi đến tính công tác và cường độ chịu kéo uốn của BTCST*, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học GTVT.

[4]. *TCVN 3105:2022: Hỗn hợp bê tông và bê tông - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.*

[5]. *TCVN 3118:2022: Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén.*

[6]. *TCVN 3119: Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn.*

[7]. *TCCS 39:2022/TCĐBVN: Thiết kế mặt đường BTXM thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.*

[8]. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6910-6:2002 (ISO 5725-6:1994) về Độ chính xác (độ đúng và độ chụm) của phương pháp đo và kết quả đo - Phần 6: Sử dụng các giá trị độ chính xác trong thực tế.*

[9]. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Федин Н.А. (2019), *Применение фибробетонной меси при строительстве оснований и покрытий автомобильных дорог*// Интернет-журнал «Транспортные сооружения», №3.

[10]. Талантова К.В. (2020), *Сталефибробетон*, Конструкции, Терминология // Вестник Евразийской науки, №4.

Ngày nhận bài: 02/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 29/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 19/4/2024

Dự báo tuổi thọ cầu giàn thép cũ theo chỉ số độ tin cậy có xét đến yếu tố ăn mòn tiết diện tại khu vực miền Trung Việt Nam

■ **GVC. TS. NGUYỄN DUY THẢO**
Trường Đại học Bách khoa (Đại học Đà Nẵng)
Email: (*)ndthao@dut.udn.vn

TÓM TẮT: Bài báo giới thiệu các kết quả dự báo tuổi thọ công trình cầu giàn thép cũ theo chỉ số độ tin cậy, có xét đến yếu tố ăn mòn tiết diện của môi trường tại khu vực miền Trung, Việt Nam. Phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để mô hình hóa ứng xử cầu giàn thép chịu tĩnh tải và hoạt tải khai thác. Ba mức hoạt tải HL93 0,65HL93 và 0,5HL95 với nhiều độ lệch khác nhau trong mỗi mức được mô phỏng số tác dụng lên kết cấu cầu giàn; tiến hành khảo sát hiện trạng cầu và xác định hệ số ăn mòn kết cấu thép do môi trường theo số liệu đo thực nghiệm tại hiện trường cầu; tiến hành phân tích, đánh giá độ tin cậy và dự báo tuổi thọ còn lại cầu giàn thép cũ ứng với các mức hoạt tải khai thác khác nhau. Các kết quả đạt được của bài báo có thể được tham khảo sử dụng trong công tác vận hành và quản lý cầu, là cơ sở để tính toán cắm biển hạn chế tải trọng qua cầu hoặc thiết kế gia cường kết cấu cầu.

TỪ KHÓA: Tuổi thọ khai thác, chỉ số độ tin cậy, độ lệch chuẩn, cầu giàn thép, ăn mòn thép.

ABSTRACT: This paper presents the results of the prediction service life of old steel truss bridges using the reliability index, considering the cross-sectional corrosion factor of the environment in the Central Region of Vietnam. The the finite element method is used to model the response of steel truss bridge under static and live load. Three levels of HL93, 0,65HL93, and 0,5HL95 with different deviation at each level are simulated numerically on steel truss bridges. Conduct a survey on the current state of bridges and and determine the corrosion coefficient of steel structures due to the environment according to experimental measurement data at the bridge site. Conduct an analysis, assessment of the reliability and prediction the remaining service life of old steel truss bridges under different operating live load levels. The results obtained in this paper can be used as a reference for bridge operation and management, and serve as a basis for calculating signs to limit load on bridges or designing bridge structural reinforcement.

KEYWORDS: Service life, reliability index, standard deviation, steel truss bridge, steel corrosion.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xác định tuổi thọ còn lại của công trình cầu có thể thực hiện theo các dấu hiệu khác nhau như là: Hao mòn vật lý (vật thể), độ bền tĩnh hoặc động học của vật liệu có xét đến khuyết tật và hư hỏng và độ mỏi của vật liệu. Có rất nhiều phương pháp và cách tiếp cận để giải quyết vấn đề này. Các mô hình xác suất thống kê đã được đề xuất áp dụng để đánh giá tuổi thọ công trình dựa vào dữ liệu quan trắc [1-2], qua đó đánh giá tính năng kết cấu biến đổi theo thời gian do tác động khuếch tán của các tác nhân xâm thực bên ngoài. Trong công bố [3], tác giả đã giới thiệu cách dự báo tuổi thọ còn lại của bể chứa trụ thép có khuyết tật dạng vết nứt ở tấm đầu tiên thông qua tính toán số chu kỳ vận hành còn lại cho tới khi bị phá hoại. Trong lĩnh vực giao thông và công trình thủy, các tác giả [4-6] phân tích tuổi thọ mỏi của kết cấu thép từ kết quả đo đạc thực tế, có đưa vào các hệ số điều chỉnh lấy từ mô phỏng số và phương pháp Palmgren-Miner. Nhiều nghiên cứu cũng đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn do môi trường tới tuổi thọ của kết cấu công trình. Tác giả [7] xây dựng phương pháp và mô hình dự báo tuổi thọ cho các công trình cầu bê tông cốt thép ở ven biển Việt Nam theo sự xâm nhập clo. Trong [8] trình bày phương pháp tính toán dự báo tuổi thọ do carbonat hóa và xâm nhập ion clo dựa vào kết quả thí nghiệm hệ số carbonat hóa, độ chống thấm ion clo của bê tông trong một số công trình giao thông bằng bê tông cốt thép ven biển khu vực Đà Nẵng.

Nhìn chung, đối với kết cấu thép, phần lớn các nghiên cứu tập trung vào việc phân tích, đánh giá tuổi thọ còn lại của kết cấu do hiện tượng mỏi gây ra. Đối với kết cấu bê tông cốt thép, đại đa số nghiên cứu tập trung vào hướng phân tích ảnh hưởng yếu tố ăn mòn bê tông và cốt thép do các hiện tượng carbonat hóa và xâm nhập ion clo đến khả năng chịu lực và tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình. Các nghiên cứu xác định tuổi thọ do ăn mòn tiết diện kết cấu giàn thép trong môi trường ở nước ta hầu như còn rất hạn

chế. Bài báo giới thiệu một số kết quả phân tích, dự báo tuổi thọ còn lại cầu giàn thép cũ theo chỉ số độ tin cậy, có xét đến yếu tố ăn mòn tiết diện theo thời gian tại khu vực miền trung Việt Nam. Trong đó, sự thay đổi tiết diện kết cấu giàn thép theo thời gian do ăn mòn được lấy theo quy luật suy giảm theo hàm mũ và được hiệu chỉnh theo số liệu khảo sát thực nghiệm tại hiện trường. Ba mức độ khai thác hoạt tải khác nhau HL93 0,65HL93 và 0,5HL93 được đánh giá thông qua chỉ số độ tin cậy b và từ đó đưa ra các dự báo về tuổi thọ khai thác công trình cầu.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ ĐÁNH GIÁ TUỔI THỌ KẾT CẤU THEO CHỈ SỐ ĐỘ TIN CẬY

Trong các phương pháp thiết kế thông thường, các hệ số an toàn, hệ số vượt tải, hệ số vật liệu... thực chất là các giải pháp kỹ thuật để bù đắp lại những sai số ngẫu nhiên mà trong quá trình tính toán chưa xét đến hoặc không biết đến. Quan điểm tính toán kết cấu theo lý thuyết độ tin cậy cho kết quả sát với thực tế hơn cả vì có xét đến các sai lệch ngẫu nhiên của các tham số tính toán có trong thực tế. Để thuận lợi cho việc tính toán, trong ứng dụng thường sử dụng chỉ số độ tin cậy β.

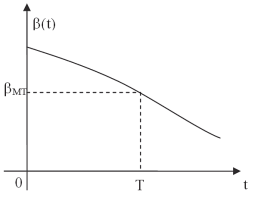
$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (1)$$

Trong đó: S - Hiệu ứng tải trọng có giá trị kỳ vọng là μ_s và độ lệch chuẩn σ_s; R - Khả năng chịu lực của vật liệu, có giá trị kỳ vọng là μ_R và độ lệch chuẩn là σ_R.

Giá trị β thể hiện giá trị trung bình của khoảng an toàn cách xa ranh giới an toàn (phá hoại) bao nhiêu lần độ lệch chuẩn của nó. Giá trị β càng lớn cho thấy độ tin cậy và xác suất an toàn càng cao nhưng giá thành xây dựng công trình càng lớn. Trong các tiêu chuẩn thiết kế cầu hiện nay thường chọn mức độ tin cậy thông qua chỉ số độ tin cậy mục tiêu β_{MT} = 3,5. Khi phân tích tuổi thọ có xét đến yếu tố ăn mòn của môi trường, μ_S phụ thuộc thời gian, do đó chỉ số độ tin cậy β cũng là hàm số phụ thuộc thời gian t với giả thiết các đại lượng khác trong vế phải của công thức (1) không thay đổi. Khi đó, công thức (1) được viết lại như sau:

$$\beta(t) = \frac{R - S(t)}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (2)$$

Trong đó: S(t) - Hàm ứng suất, phụ thuộc thời gian, thay đổi tương ứng với quy luật ăn mòn tiết diện; R - Giới hạn bền của vật liệu. Dựa vào sự thay đổi của β(t) theo thời gian có thể dự báo được tuổi thọ T của kết cấu theo β_{MT} như *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Biểu đồ suy giảm b(t) theo thời gian do ăn mòn

3. ĂN MÒN KẾT CẤU THÉP TẠI KHU VỰC MIỀN TRUNG

Tác giả [9] đã giới thiệu mô hình ăn mòn gỉ thép của khí hậu ven biển miền Trung Việt Nam theo thời gian được biểu diễn dưới dạng hàm số mũ như sau:

$$\delta = \delta_0 . e^{-\gamma t} \quad (3)$$

Trong đó: δ_0, δ - Chiều dày ban đầu và chiều dày tại thời điểm t của kết cấu thép; γ - Hệ số ăn mòn có giá trị dao động trong phạm vi [0,002-0,004].

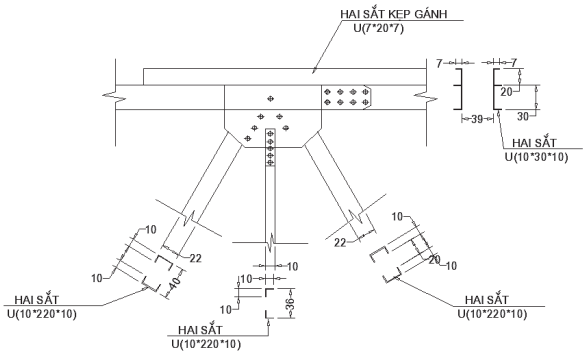
Trong nghiên cứu này, do công trình cầu giàn thép cũ cũng nằm trong khu vực miền Trung nên tác giả đề xuất sử dụng quy luật ăn mòn theo công thức (3) kết hợp với đo đạc thực nghiệm tại hiện trường để chuẩn hóa lại hệ số ăn mòn γ làm cơ sở nghiên cứu về suy giảm tiết diện kết cấu thép theo thời gian.

4. KẾT QUẢ DỰ BÁO TUỔI THỌ CẦU GIÀN THÉP CŨ DO ĂN MÒN TẠI KHU VỰC MIỀN TRUNG, VIỆT NAM

4.1. Các thông số về cầu giàn thép

Phân tích cầu giàn thép cũ tại km2+250, QL14E, tỉnh Quảng Nam (xây dựng năm 1951). Cầu có chiều dài 216 m, gồm 7 nhịp đơn giản, chiều dài nhịp mỗi L = 30,8 m, khổ cầu 6,74 m. Sơ đồ, tiết diện thanh giàn thép được lấy theo hồ sơ quản lý cầu như *Hình 4.1 - Hình 4.2*.

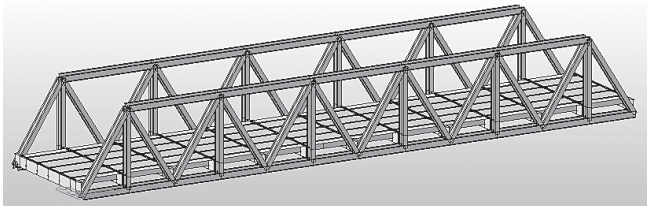
Hình 4.1: Cầu giàn thép cũ tại Quảng Nam

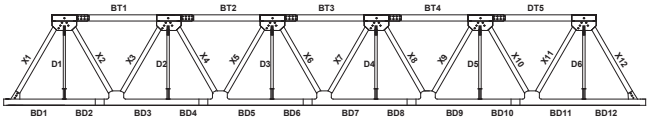


Hình 4.2: Kích thước tiết diện thanh giàn

4.2. Mô phỏng số ứng xử cầu giàn

Áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng cầu giàn như *Hình 4.3*. Tiến hành phân tích ứng suất trong các thanh giàn thép ban đầu theo bài toán tiền định là thời điểm kết cấu giàn thép mới xây dựng năm 1951. Kết quả phân tích ứng suất trong các thanh giàn do tĩnh tải và hoạt tải với 3 cấp độ HL93 0,65HL93 và 0,5 HL93 được thống kê như *Bảng 4.1*.





Hình 4.3: Mô hình hóa cầu bằng phương pháp phân tử hữu hạn

Bảng 4.1. Ứng suất thanh giàn theo mô hình ban đầu

STT	Thanh giàn	Ứng suất σ_{max} (KN/m²)		
		HL93	0,65HL9	0,5HL93
1	Biên trên - BT 3	-115,27	-98,39	-91,16
2	Biên dưới - BD 6	111,11	94,86	87,89
3	Thanh đứng - D 5	14,20	11,37	10,16
4	Thanh xiên - X 1	-77,16	-65,83	-60,98

Kết quả phân tích cho thấy: Ứng suất trong các thanh giàn là tương đối đồng đều. Giá trị ứng suất lớn nhất trong các thanh đều nhỏ hơn giới hạn bền: σ_{max} = 115,27 kN/m²< [R] = 210,0kN/m². Để thiên về an toàn, chỉ xét sự suy giảm tiết diện do ăn mòn đối với các thanh giàn chịu lực bất lợi nhất (có ứng suất lớn nhất) là: BT 3; BD 6; D5; X 1.

4.3. Quy luật ăn mòn tiết diện thanh giàn thép

Do cầu giàn tại km2+250, QL14E, tỉnh Quảng Nam, tác giả đề xuất áp dụng quy luật ăn mòn kết cấu thép theo hàm mũ như công thức (3); với hệ số ăn mòn của môi trường được xác định trực tiếp tại vị trí cầu như sau:

Đo đạc thực nghiệm chiều dày của một số vị trí kết cấu giàn thép tại hiện trường cầu cũ (thời điểm đo đạc khảo sát vào tháng 6/2022):

Hình 4.4: Khảo sát đo đạc chiều dày thanh giàn

Trong khoảng thời gian khai thác từ năm 1951 đến năm 2022 (t = 71 năm), với chiều dày ban đầu δ_0 = 10 mm (theo hồ sơ quản lý cầu) tại một số vị trí của thanh biên dưới và biên dưới đã bị gỉ sét ăn mòn sâu đến 2,327 mm và chiều dày thép còn lại $\delta_{(t=71\ năm)}$ = 7,673 mm. Dựa vào các kết quả đo đạc hiện trường, kết hợp với công thức (3) có thể xác định được hệ số ăn mòn γ = 0,00373, từ đó xác định được quy luật suy giảm tiết diện thanh giàn thép do ăn mòn theo thời gian như sau:

$$\delta(t) = 10.e^{-0,00373t} \quad (4)$$

4.4. Dự báo tuổi thọ còn lại kết cấu nhịp cầu giàn thép tại km2+250, QL14E theo chỉ số độ tin cậy b

Áp dụng công thức (4) có thể xác định được chiều dày còn lại của các thanh giàn thép theo thời gian do môi trường ăn mòn như sau:

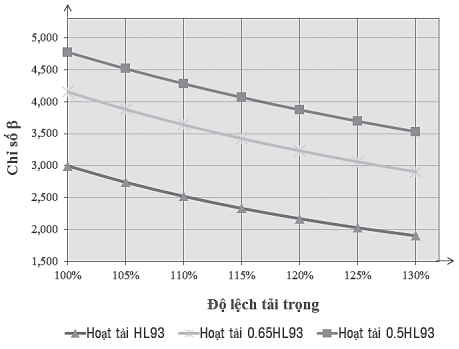
Bảng 4.2. Chiều dày các thanh còn lại sau khi ăn mòn

Năm	Thời gian	Chiều dày thanh (mm)		
	t (năm)	B. dưới/trên	Xiên	Đứng
1951	0	10,000	10,000	10,000
2024	73	7,617	7,617	7,617
2034	83	7,340	7,340	7,340
2044	93	7,070	7,070	7,070
2054	103	6,810	6,810	6,810
2064	113	6,560	6,560	6,560
2074	123	6,320	6,320	6,320

Tiến hành đánh giá độ tin cậy về điều kiện bền của từng thanh giàn trong hệ khi xem xét độ bền giới hạn theo phân phối chuẩn với độ lệch giới hạn bền 5%, độ lệch chuẩn của tải trọng theo các cấp hoạt tải HL93 0,65HL93 và 0,5HL93 tương ứng lần lượt là 5%, 10%, 15%, 20%, 25% và 30%. Công thức xác định chỉ số độ tin cậy cầu giàn theo điều kiện bền như sau:

$$\beta = \frac{\overline{R} - \overline{S}}{\sqrt{\hat{X}_R^2 + \hat{X}_S^2}} \quad (5)$$

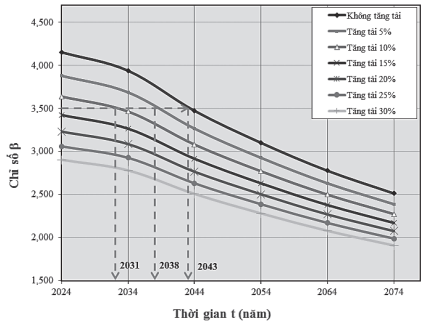
Trong đó: $\overline{R}$ - Kỳ vọng về khả năng chịu lực (giới hạn bền); $\overline{S}$ - Kỳ vọng về ứng suất; $\hat{X}_R$ - Độ lệch chuẩn của giới hạn bền; $\hat{X}_R$ = 5%Ru = 0,05.210,000 = 10,500 kN/m²; $\hat{X}_S$ - Độ lệch chuẩn của ứng suất phụ thuộc vào tải trọng và sự suy giảm tiết diện thanh giàn do ăn mòn gây ra. Tiến hành mô hình hóa lại kết cấu nhịp cầu giàn với kích thước suy giảm tiết diện ở các thời điểm khảo sát khác nhau như *Bảng 4.2* tương ứng với các mức độ tăng hoạt tải khác nhau (5 - 30%) để xác định ứng suất trong các thanh giàn tại các thời điểm khảo sát khác nhau. Áp dụng công thức (5) có thể xác định được chỉ số độ tin cậy β của hệ giàn.



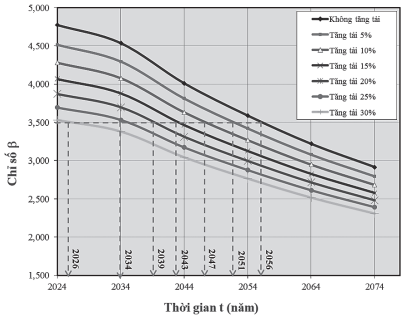
Hình 4.5: Chỉ số β cầu giàn - năm 2024

Kết quả xác định chỉ số độ tin cậy β của cầu giàn tại thời điểm năm 2024 thể hiện tại *Hình 4.5* cho thấy: Tương ứng với mức hoạt tải khai thác HL93, chỉ số độ tin cậy β của hệ giàn < β_{MT} =3,5. Như vậy, cầu không đảm bảo độ tin cậy khai thác với hoạt tải HL93. Đối với cấp hoạt tải khai thác 0,65HL93 và 0,5HL93, cầu đảm bảo độ tin cậy tương ứng với các mức độ lệch chuẩn của hoạt tải là khác nhau. Do vậy, ở phần tiếp theo chỉ thực hiện phân tích và dự báo tuổi thọ của cầu giàn theo các cấp hoạt tải 0,65HL93 và 0,5HL93.

Kết quả phân tích sự suy giảm chỉ số độ tin cậy b của cầu giàn theo thời gian do yếu tố ăn mòn và mức độ biến động tải trọng theo các mức tải trọng 0,65HL93 và 0,5HL thể hiện như *Hình 4.6* và *Hình 4.7*.



Hình 4.6: Suy giảm chỉ số β theo thời gian (0,65HL93)



Hình 4.7: Suy giảm chỉ số β theo thời gian (0,5HL93)

Các kết quả *ở Hình 4.6 - Hình 4.7*, cho thấy: Ở mức hoạt tải khai thác là 0,65HL93, tuổi thọ khai thác của cầu theo chỉ số độ tin cậy là đến năm 2043; với mức hoạt tải khai thác thấp hơn là 0,5HL93, tuổi thọ khai thác của cầu có thể tăng lên đến năm 2056. Khi có sự biến động (gia tăng) về hoạt tải khai thác, tuổi thọ của cầu giàn suy giảm đáng kể: Ở mức hoạt tải 0,65HL93, khi hoạt tải tăng lần lượt 5%, 10%, dự báo tuổi thọ khai thác của cầu suy giảm xuống còn tương ứng là năm 2038 và 2031; khi hoạt tải tăng lớn hơn 15% cầu giàn không đảm bảo độ tin cậy khi khai thác sử dụng. Ứng với mức hoạt tải khai thác là 0,5HL93 khi hoạt tải tăng lần lượt là 5%, 10%, 15%, 20%, 25% và 30%, dự báo tuổi thọ khai thác của cầu suy giảm xuống còn tương ứng lần lượt là năm 2051, 2047, 2043, 2039, 2034 và 2026 như *Bảng 4.3*.

Bảng 4.3. Dự báo tuổi thọ khai thác cầu giàn

STT	Chế độ khai thác	Hoạt tải 0,65HL93		Hoạt tải 0,5HL93	
		Tuổi thọ khai thác (năm)	Tuổi thọ còn lại (năm)	Tuổi thọ khai thác (năm)	Tuổi thọ còn lại (năm)
1	Không tăng hoạt tải	2043	19	2056	32
2	Tăng hoạt tải 5,0%	2038	14	2051	27
3	Tăng hoạt tải 10%	2031	7	2047	23
4	Tăng hoạt tải 15%	K. đảm bảo		2043	19
5	Tăng hoạt tải 20%	K. đảm bảo		2039	15
6	Tăng hoạt tải 25%	K. đảm bảo		2034	10
7	Tăng hoạt tải 30%	K. đảm bảo		2026	2

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích dự báo tuổi thọ cầu giàn thép cũ tại km2+250, QL14E, tỉnh Quảng Nam theo chỉ số độ tin cậy có xét đến yếu tố suy giảm tiết diện do yếu tố ăn mòn do môi trường tại khu vực miền Trung Việt nam, một số kết luận có thể rút ra như sau:

- Dự báo được tuổi thọ khai thác cầu giàn ứng với các mức tải trọng khai thác khác nhau: Với mức tải trọng HL93, cầu không đảm bảo độ tin cậy trong khai thác; với mức tải trọng 0,65HL93, tuổi thọ khai thác còn lại là 19 năm; với mức khai thác là 0,5HL93, tuổi thọ khai thác còn lại là 32 năm.

- Tuổi thọ cầu phụ thuộc lớn vào chế độ khai thác và lượng xe quá tải qua cầu. Ở mức khai thác 0,65HL93 khi gia tăng thêm 5 - 10% hoạt tải, tuổi thọ còn lại của cầu suy giảm xuống còn (14 - 7) năm. Ở mức khai thác 0,5HL93 khi gia tăng thêm 5 - 30% hoạt tải, tuổi thọ còn lại của cầu suy giảm xuống còn (27 - 2) năm.

Tài liệu tham khảo

[1]. Fabio Biondini & Elsa Garavalia, Markovian (19-22, June, 2005), *Modeling for Lifetime Prediction and Maintenance Planning of Deteriorating Structures*, ICOSSAR, Rome.

[2]. Fabio Biondini, Franco Bontempi, Dan M. Frangopol, Pier Giorgio Malerba (May, 2006), *Probabilistic Service Life Assessment and Maintenance Planning of Concrete Structures,* Journal of Structural Engineering ASCE.

[3]. Vũ Lệ Quyên (2021), *Tính toán tuổi thọ còn lại của bể chứa trụ thép có khuyết tật dạng nứt tại bản dưới cùng của thành bể,* Tạp chí Khoa học kiến trúc và xây dựng, Trường Đại học kiến trúc Hà Nội, số 42.

[4]. Vũ Đam Chỉnh, Đinh Quang Cường (2014), *Đánh giá ảnh hưởng của ứng suất tĩnh đến tuổi thọ mỏi của kết cấu công trình biển cố định bằng thép trong điều kiện biển Việt Nam,* Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng, Trường Đại học Xây dựng, số 21/10.

[5]. Cao Văn Lâm, Thân Đức Phúc (2018), *Dự đoán tuổi thọ còn lại của kết cấu nhịp thép theo lý thuyết mỏi thông qua kết quả thực nghiệm,* Tạp chí GTVT, số 12.

[6]. Nguyễn Hữu Hưng, Trần Thị Thu Hằng, Trần Minh Long (2007), *Đánh giá tuổi thọ mỏi còn lại của kết cấu nhịp cầu giàn thép thông qua kết quả đo,* Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 1+2.

[7]. Đào Văn Dinh (2014), *Dự báo tuổi thọ sử dụng kết cấu cầu bê tông cốt thép ở ven biển Việt Nam do xâm nhập Clo,* Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học GTVT, Hà Nội.

[8]. Nguyễn Văn Tươi, Hồ Văn Quân, Trần Thế Truyền và cs (2018), *Dự báo tuổi thọ của kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chí ăn mòn cốt thép do carbonat hóa và xâm nhập ion Clo*, Tạp chí GTVT, số 9.

[9]. Lê Đức Vinh (2006), *Phương pháp đánh giá chất lượng kết cấu công trình chịu tác động của khí hậu ven biển miền Trung Việt Nam theo lý thuyết độ tin cậy,* Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

Ngày nhận bài: 22/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 18/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2024

Đánh giá ảnh hưởng của chiều dày lớp nước tới hiện tượng trượt thủy lực của tàu bay trên mặt đường cất hạ cánh

■ **KS. NGUYỄN HỮU LÂM[1]; TS. NGUYỄN VĂN HIẾU[2]; PGS. TS. HOÀNG QUỐC LONG**
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: [1]nguyenhuulam1995@lqdtu.edu.vn; [2]hieunv@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT: Trượt thủy lực là một dạng trơn trượt nguy hiểm, xảy ra khi có xuất hiện lớp nước trên bề mặt mặt đường, khiến bánh xe trượt trên bề mặt hoặc không còn tiếp xúc trực tiếp với mặt đường. Đối với các phương tiện di chuyển với tốc độ cao như tàu bay trong quá trình cất hạ cánh (CHC) trên đường băng, nguy cơ xảy ra trượt thủy lực là rất lớn. Trên cơ sở sử dụng phân tích CFD bằng phần mềm mô phỏng Ansys Fluent, bài báo tính toán mối quan hệ giữa chiều dày và áp suất tĩnh của lớp nước giữa bánh tàu bay với mặt đường CHC cho 3 loại tàu bay ATR72, A321-200, A350-900, từ đó đánh giá ảnh hưởng chiều dày lớp nước tới khả năng xảy ra trượt thủy lực của tàu bay trong quá trình hạ cánh-hãm đà.

TỪ KHÓA: Trượt thủy lực, Ansys Fluent, CFD, hãm trượt tàu bay.

ABSTRACT: Hydroplaning is one of the most dangerous accidents, occurs during taking off on a puddle or flooded runway when the inertial forces in the fluid film are sufficient to completely separate the aircraft tires from the pavement surface. For vehicles moving at high speeds such as aircraft during take-off on the runway, the risk of hydroplaning is very high. Based on the use of CFD analysis with Ansys Fluent simulation software, the article calculates the relationship between the thickness and static pressure of the water film between the aircraft wheel and the runway surface for 3 aircrafts: ATR72, A321-200, A350-900, thereby evaluating the effect of water film thickness on the possibility of hydroplaning during landing and braking.

KEYWORDS: Hydroplaning, Ansys Fluent, CFD, Skid-resistant of aircraft.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi trời mưa, mặt đường CHC chuyển từ dạng khô sang ướt và có thể xuất hiện một lớp nước mỏng. Lớp nước này có thể gây ra hiện tượng trượt thủy lực, dẫn đến nguy hiểm cho quá trình chuyển động của tàu bay. Hiện tượng trượt thủy lực được hiểu là khi bánh tàu bay không còn tiếp xúc trực tiếp với mặt đường mà bị ngăn cách bởi lớp nước ở giữa, ảnh hưởng đến khả năng kiểm soát điều khiển tàu bay của người lái.

Hình 1.1: Tàu bay trượt ra khỏi đường CHC tại sân bay Tân Sơn Nhất năm 2020 (Ảnh: Báo Tuổi trẻ)

Thông thường, để tàu bay và ô tô di chuyển trên mặt đường thì luôn tồn tại lực ma sát giữa bánh xe và mặt đường, phụ thuộc vào hệ số ma sát và tải trọng bánh xe. Khi mặt đường xuất hiện lớp nước, sự ma sát giữa bánh xe và mặt đường chuyển từ ma sát khô sang ma sát ướt với hệ số ma sát giảm mạnh. Khi lớp nước trên mặt đường đạt đến một chiều dày nhất định kết hợp với vận tốc chuyển động của tàu bay đạt đến một vận tốc giới hạn, khiến cho áp suất của lớp nước dưới bánh xe lớn hơn áp suất bánh hơi, từ đó nâng bánh xe lên khỏi mặt đường.

Trượt thủy lực là một hiện tượng vật lý phức tạp, phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tương tác bánh xe-mặt đường, biến dạng bánh lốp, áp suất bánh hơi, chiều dày lớp nước, vận tốc chuyển động, hệ số ma sát... Bài báo sẽ tập trung đi sâu vào phân tích mối quan hệ giữa chiều dày lớp nước và nguy cơ xảy ra trượt thủy lực.

2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN VIỆC XẢY RA TRƯỢT THỦY LỰC TRONG QUÁ TRÌNH CHC CỦA TÀU BAY

2.1. Chiều dày lớp nước trên bề mặt đường CHC

Việt Nam nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới, lượng mưa trung bình hằng năm từ 1.500 đến 2.000 m, với số lượng hàng trăm cơn mưa, là một trong những khu vực có lượng mưa lớn trên thế giới. Cường độ mưa và thời gian mưa quyết định việc hình thành và phát triển chiều dày lớp nước trên bề mặt mặt đường. Chiều dày lớp nước được xác định bởi công thức thực nghiệm của Gallaway and Rose (1979) [3]:

$$t_x = \left(\frac{0.01485 MTD^{0.11} L_x^{0.43} I^{0.59}}{S^{0.2}} \right) - MTD \quad (1)$$

Trong đó:

t_x - Chiều dày lớp nước tại điểm x tính từ đỉnh mái dốc mặt đường, mm;

L_x - Chiều dài dòng chảy, tức khoảng cách từ đỉnh (tim đường) đến điểm tính toán, m;

I - Cường độ mưa, mm/h;

S - Độ dốc ngang mặt đường;

MTD - Độ nhám mặt đường, mm.

Chiều dày lớp nước càng lớn thì càng hạn chế vận tốc di chuyển. Theo hướng dẫn của ICAO [2], chiều dày lớp nước tối đa cho phép trên bề mặt đường CHC là 3 mm.

2.2. Áp suất bánh hơi

Áp suất bánh hơi là một trong những yếu tố quan trọng nhất trong phân tích trượt thủy lực. Các nghiên cứu thực nghiệm của Cơ quan Hàng không vũ trụ Hoa Kỳ đưa ra công thức thực nghiệm tính toán vận tốc giới hạn trượt thủy lực [4]:

$$v_p = 6.36\sqrt{p} \quad (2)$$

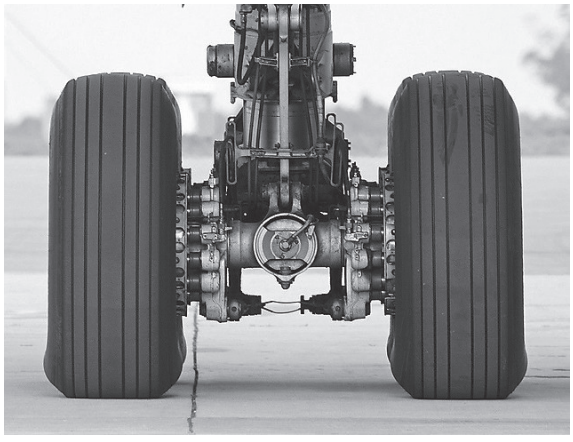
Trong đó:

v_p - Vận tốc tối thiểu gây trượt thủy lực (km/h);

p - Áp suất bánh hơi (kPa).

2.3. Rãnh gai trên bề mặt lốp

Các nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra 2 ảnh hưởng quan trọng của đặc điểm rãnh gai trên bánh lốp đến trượt thủy lực [4]. Một là, bánh xe có rãnh gai lốp có vận tốc trượt thủy lực giới hạn cao hơn so với bánh lốp trơn nhẵn; hai là rãnh gai bánh lốp giúp giảm thiểu chiều dày lớp nước giới hạn xảy ra trượt thủy lực. Sự mất lực dính bám khi phanh cũng sẽ hạn chế hơn, kể cả khi chiều dày lớp nước lớn hơn chiều sâu của rãnh gai.



Hình 2.1: Rãnh gai trên bề mặt lốp tàu bay

2.4. Tải trọng của tàu bay

Các nghiên cứu chỉ ra tải trọng của tàu bay có ảnh hưởng tương đối nhỏ tới trượt thủy lực [4]. Điều này giải thích do bánh tàu bay có cấu trúc đàn hồi, tải trọng tàu bay truyền xuống càng sẽ làm thay đổi diện tích tiếp xúc giữa bánh tàu bay và mặt đường, do đó áp suất bánh hơi không thay đổi nhiều. Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy, khi tải trọng tàu bay tăng đến giá trị tối đa thì áp suất bánh hơi tăng từ 3 - 4%, tương ứng vận tốc giới hạn trượt thủy lực giảm khoảng 2% [1].

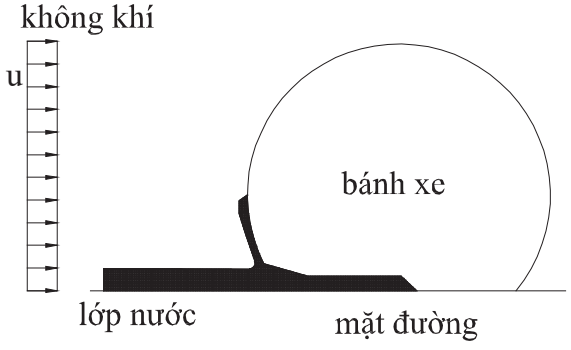
2.5. Các đặc điểm của mặt đường CHC

Các đặc điểm của mặt đường CHC ảnh hưởng đến hiện tượng trượt thủy lực bao gồm: Chiều rộng, độ dốc dọc, độ dốc ngang, nhám mặt đường. Trong đó, các đặc điểm hình học như bề rộng và độ dốc mặt đường sẽ ảnh hưởng đến việc thoát nước bề mặt và quyết định chiều dày lớp nước trên mặt đường. Độ nhám trên bề mặt được chia thành 2 loại: Độ nhám thô (macrotexture) và độ nhám mịn (microtexture). Độ nhám ảnh hưởng đến việc thoát nước bề mặt cũng như khả năng phanh hãm của tàu bay.

3. MÔ PHỎNG SỐ ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ XẢY RA TRƯỢT THỦY LỰC

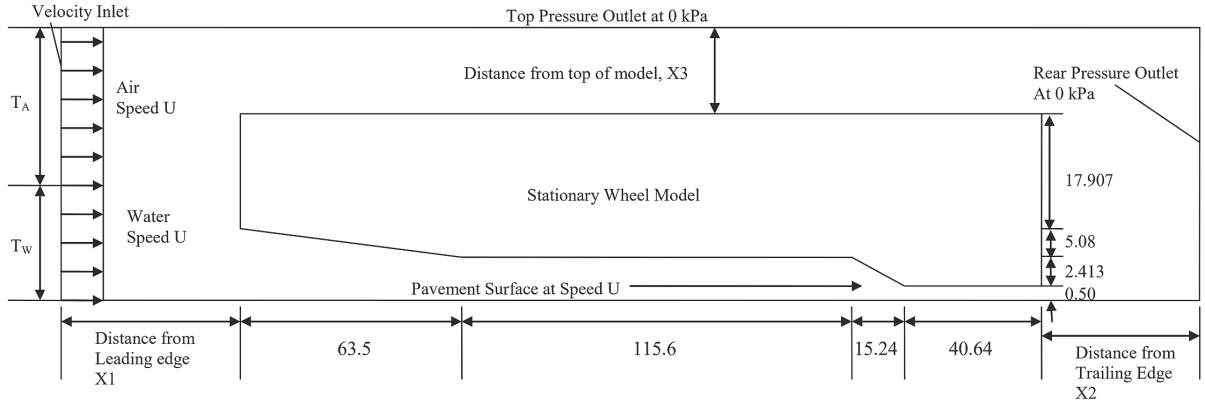
3.1. Mô hình toán

Trước đây đã có nhiều nghiên cứu về hiện tượng trượt thủy lực có xét đến các quan hệ về vận tốc giới hạn trượt thủy lực, chiều dày lớp nước trên mặt đường và áp suất bánh hơi. Những nghiên cứu đầu tiên của Horne & Dreher [4]; Yeager & Tuttle; Browne là các nghiên cứu thực nghiệm, chưa phản ánh hết các bản chất cơ học của hiện tượng. Với sự phát triển của máy tính, nhiều nhà khoa học đã phát triển mô hình mô phỏng số dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn Zmindak & Grajciar; Okano & Koishi [10], tuy nhiên dòng chảy trong các mô hình này là giả sử dòng chảy tầng dẫn đến kết quả sai khác nhiều so với các nghiên cứu thực nghiệm. Năm 2006, Ghim Ping Ong và các cộng sự đã đề xuất mô hình sử dụng dòng chảy rối được áp dụng rộng rãi cho các nghiên cứu sau này.



Hình 3.1: Mô hình mô tả phân tích trượt thủy lực

Mô hình phân tích coi bánh tàu bay đứng yên, không khí và lớp nước chuyển động với vận tốc u (m/s) theo phương nằm ngang, hướng về phía bánh. Hiện tượng trượt thủy lực được coi là xảy ra khi áp suất tĩnh của lớp nước bằng với áp lực bánh xe lên mặt đường, hay lực nâng thủy động cân bằng với tải trọng tàu bay.



Hình 3.2: Mô hình mô phỏng số

3.2. Cơ sở lý thuyết

Bài toán mô phỏng dựa trên các định luật cơ bản của dòng chảy rối, bao gồm:

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad (3)$$

Trong đó:

ρ - Khối lượng riêng của chất lưu;

u - Vector vận tốc.

- Hệ phương trình Navie-Stokes ở dạng bảo toàn động lượng:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \nabla(\rho u U) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x$$
$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla(\rho v U) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \quad (4)$$
$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \nabla(\rho w U) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z$$

Trong đó: $f_{x(y,z)}$ - Lực khối trên mỗi đơn vị khối lượng.

- Phương trình k-ε:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla.(\rho k u) = \nabla.\left(\frac{\mu_t}{\sigma_k}\nabla k\right) + 2\mu_t E_{ij}.E_{ij} - \rho\varepsilon \quad (5)$$
$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \nabla.(\rho \varepsilon u) = \nabla.\left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\nabla \varepsilon\right) + C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}2\mu_t E_{ij}.E_{ij} - C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}$$

Các giá trị hằng số được lấy như sau:

C_μ =0,09; σ_k = 1,00; σ_ε = 1,30; $\sigma_{1\varepsilon}$ = 1,44 và $\sigma_{2\varepsilon}$ = 1,92.

3.3. Thông số đầu vào và khai báo tính toán mô phỏng

- Các thông số về hình học: Các kích thước hình học của mô hình được mô tả trong *Hình 3.2*. Sự biến dạng theo mặt cắt dọc của bánh xe được lấy theo mô hình của Browne (1971).

- Điều kiện biên: Đầu vào (inlet) của mô hình gồm 2 phần: Không khí (inlet air) và lớp nước (inlet water). Chiều rộng của phần lớp nước lấy các giá trị 2; 3; 5; 10 mm. Vận tốc của đầu vào lấy theo vận tốc hạ cánh của từng loại tàu bay.

Về đầu ra của mô hình gồm outlet top (trên bề mặt) outlet rear (phần phía sau bánh). Trong đó, outlet top lấy bằng áp suất không khí, outlet rear lấy bằng 0 Mpa.

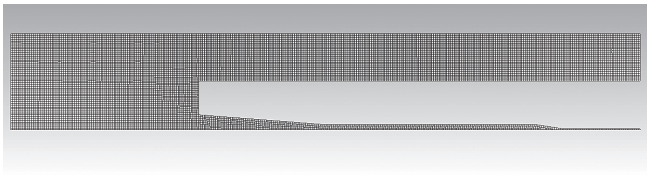
- Thông số vật liệu:

Các thông số vật liệu được khai báo trong mô hình có các thông số như sau:

Bảng 3.1. Bảng thông số vật liệu đầu vào

Vật liệu	Khối lượng riêng (kg/m³)	Độ nhớt tuyệt đối (Ns/m²)	Độ nhớt động học (m²/s)
1. Không khí (air)	1,204	1,82 x 10^{-5}	1,51 x 10^{-5}
2. Nước (water)	998,2	1,002 x 10^{-3}	1,004 x 10^{-6}

- Chia lưới tính toán trong Ansys Fluent: Xây dựng mô hình phân tích 2D, phương pháp chia lưới tứ giác Quadrilaterals, kích thước lưới 1 mm.



Hình 3.3: Chia lưới tính toán

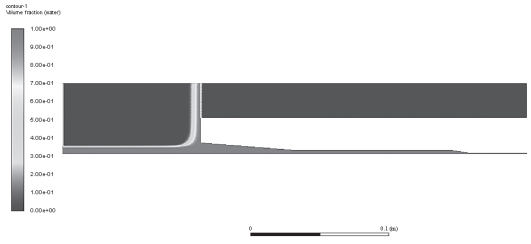
- Thông số tàu bay:

Bài báo phân tích mô hình toán cho 3 loại tàu bay khai thác phổ biến ở Việt Nam với các mức tải trọng khác nhau là ATR-72, A321-200 và A350-900. Vận tốc lớn nhất của tàu bay chạy trong quá trình hạ cánh-hãm đà được sử dụng để phân tích khả năng xảy ra trượt thủy lực, được khai báo trong mô hình là vận tốc của lớp nước và không khí tại đầu vào (inlet). Giá trị áp suất bánh hơi dùng để so sánh với áp lực tĩnh của lớp nước dưới bánh xe.

Bảng 3.2. Các tham số khai thác của tàu bay

Loại tàu bay	Tải trọng CHC lớn nhất (kg)	Vận tốc hạ cánh (km/h)	Vận tốc hạ cánh (m/s)	Áp suất bánh hơi (kPa)
ATR-72	22.700	180	50	848,1
A321-200	93.500	220	61,1	1.282,4
A350-900	275.000	260	72,2	1.660

4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

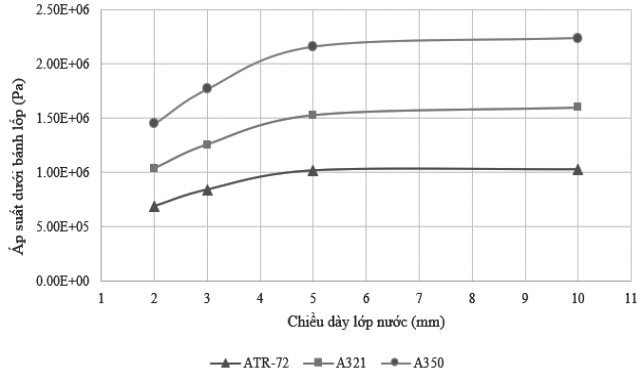


Hình 4.1: Dòng chảy của nước khi tiếp xúc với bánh xe

Hình 4.2: Áp suất hình thành trong mô hình

Theo biểu đồ *Hình 4.1* nhận thấy, khi mô phỏng mô hình hệ bánh tàu bay - mặt đường - lớp nước - không khí, một phần lớp nước bị văng do tương tác với bánh tàu bay, phần còn lại của lớp nước di chuyển vào khe hở giữa bánh xe và mặt đường, thành phần này chính là thành phần gây ra hiện tượng trượt thủy lực. Do ảnh hưởng của lớp nước này, áp suất tác động lên bánh tàu bay phụ thuộc vào vận tốc dòng nước (tương đương vận chuyển động bánh tàu bay) và kích thước hình học của khe hở. Khi dòng chảy ổn định, áp suất đạt giá trị cực đại và không thay đổi theo thời gian *(Hình 4.2)*.

Khảo sát số được thực hiện với mỗi chiều dày lớp nước thay đổi tại các giá trị 2,0, 3,0, 5,0, 10,0 mm. Tính toán cho từng loại tàu bay bằng cách khai báo lại giá trị vận tốc của lớp nước và không khí (tương ứng với vận tốc hạ cánh của từng loại tàu bay) thu được các giá trị áp suất dưới bánh lốp tương ứng, kết quả thể hiện ở hình sau:



Hình 4.3: Mối quan hệ giữa chiều dày lớp nước và áp suất dưới bánh lốp

Theo đồ thị, đối với cả 3 loại tàu bay, khi chiều dày lớp nước tăng từ 2 đến 4 mm, áp suất dưới bánh lốp tăng nhanh rõ rệt, khi chiều dày lớp nước trên 4 mm áp suất này tăng có xu hướng chậm và tương đối ổn định. Hiện nay, ICAO khuyến cáo chiều dày lớp nước tối đa cho phép trên bề mặt đường CHC là 3,0 mm cho tất cả các loại tàu bay, giá trị chiều dày này trong tính toán mô phỏng có kết quả áp suất dưới bánh lốp sát với áp suất bánh hơi khai thác của từng loại tàu bay, cho thấy kết quả tính toán phù hợp với khuyến cáo của ICAO.

5. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Các yếu tố như chiều dày lớp nước, vận tốc tàu bay, dạng lốp tàu bay, áp suất bánh hơi, tải trọng bánh tàu bay, độ nhám bề mặt đường là những yếu tố có ảnh hưởng đến điều kiện hãm trượt của tàu bay khi thực hiện CHC. Với điều kiện vận tốc hạ cánh cố định thì chiều dày lớp nước phải giới hạn để tránh xảy ra hiện tượng trượt thủy lực.

Khi chiều dày lớp nước tăng từ 2 - 4 mm, áp suất dưới bánh lốp tăng nhanh và trượt thủy lực thường xảy ra trong phạm vi này. Khi chiều dày lớp nước trên 4 mm, áp suất gần như không tăng, khi chiều dày lớp nước tăng.

Để giảm thiểu hiện tượng trượt thủy lực, một giải pháp hữu hiệu là xẻ các rãnh ngang trên mặt đường, từ đó giảm thiểu chiều dày lớp nước trên bề mặt mặt đường, giải pháp này được sử dụng rộng rãi trên thế giới và bước đầu đã áp dụng thành công tại các cảng hàng không, sân bay tại Việt Nam như: Nội Bài, Tân Sơn Nhất, Điện Biên.

Tài liệu tham khảo

[1]. Ong, G. P. and Fwa, T. F. (2006), *Transverse pavement grooving against hydroplaning. I: Simulation model*, J. Transp. Eng. 132 (6), 441-448.

[2]. ICAO. (2022), *Annex 14 Aerodromes, Volume 1: Aerodromes Design and Operation*, International Civil Aviation Organization.

[3]. Gallaway, B. M. and Rose, J. G. (1971), *The Effects of Rainfall Intensity, Pavement Cross Slope, Surface texture, and Drainage Length on Pavement Water Depths*, Research Report No. 138-5, Texas Transportation Institute.

[4]. Horne, W. B. and Dreher, R. C. (1963), *Phenomena of pneumatic tire hydroplaning*, NASA TN D-2056, National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C.

[5]. Wallace, K. B. (1964), *Airfield pavement skidding characteristics*, University of Melbourne Press, Melbourne, Australia.

[6]. Report No. DOT-FAARD- 82-77 (January, 1983), *Braking of an Aircraft Tire on Grooved and Porous Asphaltic Concrete*.

[7]. Liu, Y. R., T. F. Fwa and Y. S. Choo. (2003), *Finite Element Modeling of Skid Resistance Test*, ASCE Journal of Transportation Engineering, vol.129, no.3, pp.316-321.

[8]. Martin, C. S. (1966), *Hydrodynamics of Tire Hydroplaning*, Final Report, Project B-608, Georgia Institute of Technology.

[9]. Moore, D. F. (1966), *Prediction of Skid-resistance Gradient and Drainage Characteristics for Pavements*, Highway Research Record 131, pp.181-203.

[10]. Okano, T. and M. Koishi. (2000), *A New Computational Procedure to Predict Transient Hydroplaning on a Tire*, Presented in The 19th Annual Meeting and Conference on Tire Science and Technology, Akron, Ohio, USA.

Ngày nhận bài: 18/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 27/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 15/4/2024

Nghiên cứu khả năng sử dụng cốt liệu bê tông phế thải trong hỗn hợp bê tông xi măng làm mặt đường

■ **ThS. PHẠM QUANG THÔNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: phamthongdsb@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Nghiên cứu tái sử dụng bê tông phế thải làm móng và mặt đường ô tô và sân bay là một xu hướng mới trên thế giới nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực môi trường, bảo tồn nguồn nguyên vật liệu tự nhiên, đồng thời cũng giảm gánh nặng cho các bãi chứa phế thải xây dựng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá tính năng của cốt liệu tái chế từ bê tông thải trong hỗn hợp bê tông. Các thử nghiệm thực nghiệm đã được tiến hành để khảo sát cường độ kéo uốn của hỗn hợp bê tông và trên cơ sở đó, phạm vi tỷ lệ cốt liệu tái chế tối ưu được đề xuất bằng cách áp dụng phân tích Taguchi.

TỪ KHÓA: Phế thải xây dựng, phế thải bê tông, cốt liệu bê tông tái chế, bê tông cốt liệu tái chế, mặt đường bê tông xi măng, mặt đường cứng, phương pháp Taguchi.

ABSTRACT: Reuse of waste concrete for substitution of traditional material in pavement construction is a new trend in the real world. This approach can minimize negative environmental impacts, conserve natural raw materials, and at the same time reduce the burden on construction waste dumps. The paper presents the research results of evaluating the performance of recycled aggregate from waste concrete in concrete mixtures. Experimental tests were conducted to investigate the flexural strength of concrete mixtures, and based on that, the optimal range of recycled aggregate ratio is proposed by applying Taguchi analysis.

KEYWORDS: Construction waste, concrete waste, recycled concrete aggregate, recycled aggregate concrete, cement concrete pavement, rigid pavement, taguchi method.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông phế thải phát sinh từ trong quá trình phá dỡ mặt đường bê tông xi măng (BTXM) nói riêng và công trình xây dựng nói chung là một nguồn vật liệu có giá trị và có thể tái sử dụng. Để đánh giá sơ bộ khả năng tái sử dụng các loại phế thải BTXM làm cốt liệu trong xây dựng mặt đường ô tô trong điều kiện Việt Nam, nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm chỉ tiêu cường độ kéo khi uốn của BTXM sử dụng cốt liệu bê tông phế thải (Recycled Aggregate Concrete, RAC). Thành phần bê tông RAC bao gồm cốt liệu bê tông phế thải (RCA) và đá dăm nghiền có nguồn gốc tự nhiên (Natural Aggregate, NA), kết hợp với các loại nguyên vật liệu thành phần truyền thống (cát vàng, xi măng, nước) được phối trộn theo các tỉ lệ khác nhau [1, 2].

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm chỉ tiêu cường độ kéo khi uốn của bê tông RAC với các tỉ lệ cấp phối khác nhau, qua đó phân tích xác định miền tối ưu thành phần cấp phối cốt liệu tái chế của BTXM định hướng ứng dụng trong xây dựng mặt đường ô tô trong điều kiện tại Việt Nam.

2. THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

a. Cốt liệu thô

Thành phần cốt liệu của RAC thí nghiệm được thiết kế sử dụng trong thí nghiệm bao gồm 2 loại là: (1) cốt liệu gia công từ bê tông phế thải (RCA) và (2) cốt liệu đá nghiền tự nhiên (NA), được phối trộn với nhau theo các tỉ lệ khác nhau để khảo sát đánh giá các chỉ tiêu làm việc của bê tông thành phẩm.

Cốt liệu bê tông phế thải (RCA) sử dụng trong nghiên cứu được phân loại, gia công từ phế thải xây dựng thu gom từ các bãi phế thải tại Hà Nội. Cốt liệu đá dăm nghiền tự nhiên (NA), được lấy từ mỏ đá Hà Nam. Đá dăm sử dụng có nguồn gốc là mác ma, cường độ đá gốc từ 110 - 120 MPa. Các đặc trưng vật lý của RCA và NA sử dụng trong thí nghiệm đều đảm bảo các yêu cầu đối với cốt liệu thô sử dụng trong hỗn hợp BTXM mặt đường của Việt Nam [3, 4, 6, 12].

Công tác gia công chuẩn bị cấp phối hạt RCA và NA được tiến hành thủ công. Cấp phối cốt liệu thô danh định được lựa chọn sử dụng trong thí nghiệm có đường kính 4,75 - 25 mm, đảm bảo nằm trong giới hạn cấp phối quy định đối với cấp phối cốt liệu thô cho BTXM làm mặt đường như được quy định trong quy trình thi công của Bộ GTVT [4] và Bộ Xây dựng [6].

b. Các thành phần vật liệu khác

Các thành phần vật liệu khác sử dụng trong hỗn hợp bê tông RAC thí nghiệm có các đặc trưng cơ lý như nhau,

đảm bảo sự thống nhất trong quá trình đánh giá kết quả thí nghiệm.

(1) Cát: Cát đóng vai trò cốt liệu nhỏ trong thành phần bê tông thử nghiệm. Loại cát sử dụng trong thí nghiệm là cát vàng tự nhiên khai thác từ sông Lô, Phú Thọ và cát xay có nguồn gốc từ RCA. Các thông số của loại cát sử dụng trong thí nghiệm được xác định theo tiêu chuẩn hiện hành [4], đồng thời đảm bảo yêu cầu quy định đối với cát sử dụng trong thiết kế BTXM [7, 8, 9, 12]. Thành phần hạt của cát vàng có mô-đun độ lớn M = 2,55 và cát xay từ RCA có mô-đun độ lớn M = 2,91.

(2) Xi măng: Loại xi măng dùng thí nghiệm là loại PCB40 VICEM đáp ứng theo tiêu chuẩn Việt Nam [10].

(3) Nước: Nước sử dụng trộn bê tông là nước máy sinh hoạt Hà Nội, có các chỉ tiêu kỹ thuật đảm bảo các quy định kỹ thuật đối với nước sử dụng trong BTXM [11].

2.2. Quy hoạch mẫu thí nghiệm theo phương pháp Taguchi

Mục đích chính của nghiên cứu này là sử dụng RCA làm cốt liệu cho sản xuất bê tông trong các cấu trúc mới. Điều cần thiết là phải biết việc thay thế đá, cát tự nhiên thông thường với RCA trong bê tông làm mặt đường có đạt được cường độ kéo uốn 28 ngày tuổi trên 4,5 MPa được quy định trong quy trình thi công của Bộ GTVT [4] hay không?

Tỉ lệ thành phần của các loại vật liệu trong hỗn hợp của bê tông được thiết kế theo định mức vật liệu của bê tông mác M300 đá 1x2 và độ sụt thiết kế là 2 cm, tỉ lệ N/X là 0,44 [3, 4, 8].

Trong này, nỗ lực để tối ưu hóa cường độ kéo khi uốn của bê tông sử dụng RCA theo phương pháp Taguchi. Các thí nghiệm được thiết kế sử dụng công nghệ trực giao trong dãy L9 với 2 yếu tố đầu vào của hỗn hợp thiết kế, bao gồm: Tỉ lệ cốt liệu thô từ RCA thay thế đá tự nhiên NA là 0%, 50% và 100%; tỉ lệ cát xay (CX) từ RCA thay thế cát tự nhiên là 0%, 50% và 100% và 3 loại hình phát triển theo thời gian là 14, 28, 56 ngày tuổi.

Từ các tổ hợp tỉ lệ thành phần bê tông, danh mục các chỉ tiêu thí nghiệm cần tiến hành và các tiêu chí thống kê nhằm đảm bảo độ tin cậy của các kết quả nghiên cứu, khối lượng mẫu cần được chế bị được tổng hợp trong *Bảng 3.1*.

Các mẫu được chế bị theo tổ 3 mẫu dầm có kích thước (150x150x600)mm. Các dầm này được dỡ khuôn sau 24h và bảo dưỡng trong nước ở 21 ± 1^{0}C tới khi kiểm tra sau 14, 28 và 56 ngày. Cường độ kéo khi uốn của mỗi dầm được xác định dựa trên TCVN 3119:2022 [13].

2.3. Phương pháp phân tích Taguchi

Trong quá trình thiết kế hỗn hợp BTXM, khi số lượng các biến đầu vào tăng lên, số lượng các tổ hợp mẫu và thí nghiệm cần tiến hành cũng tăng theo. Điều đó có nghĩa cần nhiều vật liệu, nhân công, thời gian và tiền bạc hơn đối với thí nghiệm thiết kế để xác định các chỉ tiêu cơ bản. Theo phương pháp Taguchi, có thể giảm bớt số lượng thí nghiệm [5]. Một trong những lợi thế của phương pháp này so với phương pháp thiết kế truyền thống, đó là ngoài việc giảm giá thành thí nghiệm tới mức tối thiểu, nó có thể giảm biến thiên kết quả thí nghiệm ở mức cho phép khi đem so sánh giữa giá trị đạt được và giá trị mong muốn. Một lợi thế khác nữa là những điều kiện làm việc tối ưu sẽ được xác định dựa trên công tác thí nghiệm trong phòng.

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn theo các tổ mẫu được tổng hợp giá trị trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Tổng hợp giá trị cường độ kéo uốn Rk (Mpa)

STT	Tỉ lệ NA(%)	Tỉ lệ CX(%)	Tuổi (ngày)	Ma trận quy hoạch L9 theo Taguchi			Cường độ kéo uốn (Mpa)			Tỉ số S/N
				x1	x2	x3	Rk-1	Rk-2	Rk-3	
1	0	0	14	1	1	1	3,54	3,47	3,22	10,63
2	0	50	28	1	2	2	3,34	3,72	3,21	10,64
3	0	100	56	1	3	3	2,98	3,20	3,17	9,87
4	50	0	28	2	1	2	4,27	3,96	3,84	12,07
5	50	50	56	2	2	3	4,08	3,83	4,24	12,13
6	50	100	14	2	3	1	3,11	3,56	3,01	10,11
7	100	0	56	3	1	3	5,71	5,96	5,32	15,04
8	100	50	14	3	2	1	4,07	3,65	3,81	11,67
9	100	100	28	3	3	2	4,08	4,34	3,91	12,25

Kết quả thí nghiệm cho thấy các giá trị trung bình trong *Bảng 3.1* đều đảm bảo độ tin cậy về mặt thống kê. Các dạng phá hoại của mẫu ở dạng thông thường.

Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn được đánh giá độ chụm theo yêu cầu về độ biến động trong ASTM D6927-15 và hệ số biến sai ứng với số mẫu quy định trong ASTM C670.

Sử dụng phần mềm Minitab19 thiết kế thí nghiệm tổng quát (General full factorial design). Số lần lặp thí nghiệm 3. Phân tích theo Taguchi ta chọn ma trận quy hoạch trực giao L9 với N = 9 thí nghiệm. Mỗi thí nghiệm được lặp lại n=3 lần đo cường độ chịu kéo khi uốn.

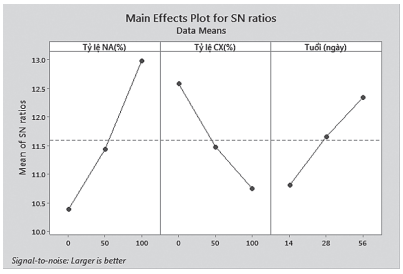
Tỉ lệ S/N tương ứng với mỗi giá trị cường độ kéo khi uốn được nêu trong *Bảng 3.1*. Từ giá trị thông số "càng lớn càng tốt" được lựa chọn theo xác suất đặc trưng [5].

Kết quả tính toán trên Minitab như sau:

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

Level	Tỉ lệ NA(%)	Tỉ lệ CX(%)	Tuổi (ngày)
1	10,38	12,58	10,8
2	11,44	11,48	11,65
3	12,99	10,74	12,34
Delta	2,61	1,84	1,54
Rank	1	2	3



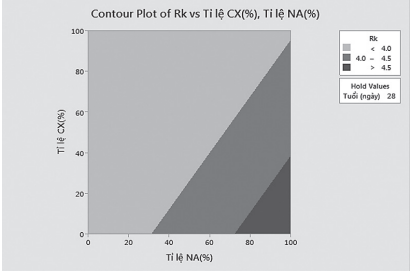
Hình 3.1: Phân tích S/N (Rk) trên phần mềm Minitab

Các kết quả và phân tích phương sai DOE đưa vào *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ kéo khi uốn

STT	Mức giá trị nhân tố	Công thức tính	Tỉ lệ NA(%)	Tỉ lệ CX(%)	Tuổi (ngày)
1	1		10,38	12,58	10,80
2	2		11,44	11,48	11,65
3	3		12,99	10,74	12,34
4	Mean (m)	(1+2+3)/3	11,60	11,60	11,60
5	Max	Max(1,2,3)	12,99	12,58	12,34
6	Max-m	5-4	1,39	0,98	0,74
7	% ảnh hưởng		0,44	0,32	0,24
8	Delta	max-min	2,61	1,84	1,54
	Rank		1	2	3

Theo phân tích tỉ lệ S/N bằng phần mềm Minitab với kết quả phân tích cho trên *Hình 3.1* và *Bảng 3.2* ta có mức độ ảnh hưởng của từng nhân số (tỉ lệ đá tự nhiên, tỉ lệ cát xay từ RCA, tuổi thí nghiệm) đến cường độ kéo khi uốn của bê tông. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng tỉ lệ đá tự nhiên thí nghiệm có ảnh hưởng lớn nhất đến cường độ kéo khi uốn của bê tông (Rank 1, mức ảnh hưởng 44%), sau đó là tỉ lệ cát xay từ RCA (Rank 2, có mức ảnh hưởng 32%) và thấp nhất là độ tuổi thí nghiệm (Rank 3, có mức ảnh hưởng 24%).



Hình 3.2: Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ kéo uốn ở 28 ngày tuổi (Rk) với tỉ lệ NA và tỉ lệ CX

Xét về xu hướng, kết quả phân tích từ *Hình 3.1* và *Hình 3.2* cho thấy ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến cường độ chịu kéo khi uốn của RAC như sau:

- Ảnh hưởng của độ tuổi tỉ lệ thuận với cường độ kéo khi uốn của bê tông;
- Hàm lượng tỉ lệ cát xay từ RCA lên cường độ kéo khi uốn 28 ngày tuổi đạt được trên 4,5 MPa trong phạm vi từ 0% đến 38%;
- Hàm lượng tỉ lệ cốt liệu thô RCA thay thế cốt liệu đá tự nhiên (NA) lên cường độ kéo khi uốn 28 ngày tuổi đạt được trên 4,5 MPa trong phạm vi từ 0% đến 30%.

4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu thí nghiệm cho thấy cốt liệu RCA hoàn toàn có thể sử dụng làm cốt liệu trong BTXM sử dụng làm kết cấu áo đường ô tô với hàm lượng thay thế đá, cát tự nhiên lên đến 30% và kết quả này cũng phù hợp với một số nghiên cứu ở nước ngoài.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-023.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Trọng Hiệp, Phạm Quang Thông, Bùi Xuân Cậy (2021), *Bê tông phế thải và khả năng sử dụng trong xây dựng mặt đường ô tô ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số tháng 9.

[2]. Nguyễn Trọng Hiệp, Phạm Quang Thông, Đoàn Việt Trung, Phan Thị Khánh Hằng, Nguyễn Tiến Thành, Bùi Đức Thắng (2021), *Nghiên cứu một số tính chất cơ lý của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải trong xây dựng mặt đường cứng*, Tạp chí GTVT, số tháng 10.

[3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 39: 2022/ TCĐBVN, Thiết kế mặt đường BTXM thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.*

[4]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 40: 2022/ TCĐBVN, Thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM trong xây dựng công trình giao thông.*

[5]. Nguyễn Hữu Lộc (2021), *Giáo trình quy hoạch và phân tích thực nghiệm*, NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.

[6]. Bộ Xây dựng (2018), *TCVN 11969 : 2018, Cốt liệu lớn tái chế cho bê tông.*

[7]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2006), *TCVN 7570 : 2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.*

[8]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), *TCVN 9382:2012, Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền.*

[9]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), *TCVN 9205:2012, Cát nghiền cho bê tông và vữa.*

[10]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2020), *TCVN 6260:2020, Xi măng pooc lăng hỗn hợp (PCB).*

[11]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), *TCVN 4506:2012, Nước cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật.*

[12]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2006), TCVN 7572:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.*

[13]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2022), *TCVN 3119:2022, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn.*

Ngày nhận bài: 15/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 09/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Nghiên cứu ứng dụng bê tông siêu tính năng UHPC cho trụ cầu chống lại tải trọng nổ

■ **TS. LÊ BÁ DANH**
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: danhlb@huce.edu.vn

TÓM TẮT: Bê tông UHPC là loại vật liệu bê tông thế hệ mới có cường độ chịu kéo, nén lớn, có tính dẻo dai, khả năng chống ăn mòn và mài mòn tốt. Việc ứng dụng bê tông UHPC cho các công trình để chịu tải trọng cường độ cao như tải trọng nổ là một hướng đi mới và cấp thiết. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng số bằng phương pháp phần tử hữu hạn về ứng dụng bê tông UHPC cho kết cấu trụ cầu chống lại tải trọng nổ. Tải trọng nổ sử dụng trong nghiên cứu là thuốc nổ TNT, được mô phỏng sử dụng phương pháp SPH. Mô hình JH-2 sử dụng để mô phỏng ứng xử cơ học của bê tông UHPC khi chịu tải trọng nổ. Nghiên cứu được thực hiện với tải trọng nổ tiếp xúc được đặt tại mặt bên của trụ cầu. Hai loại trụ bằng vật liệu bê tông thường và bê tông UHPC đã được sử dụng trong nghiên cứu. Kết quả về sự phá hoại trụ dưới tác dụng của các loại tải trọng nổ khác nhau được so sánh giữa bê tông thường và bê tông UHPC, từ đó rút ra được kết luận về hiệu quả của việc ứng dụng bê tông UHPC cho trụ cầu chịu tải trọng nổ. Nghiên cứu sẽ góp phần quan trọng trong việc đưa nội dung tính toán tải trọng nổ vào trong thiết kế các công trình cầu tại các vị trí quan trọng, có ý nghĩa chiến lược về mặt quân sự.

TỪ KHÓA: UHPC, trụ cầu, phần mềm Abaqus, tải trọng nổ, mô hình số, phương pháp phần tử hữu hạn.

ABSTRACT: UHPC concrete is a new generation concrete material with high tensile and compressive strength, flexibility and good corrosion and abrasion resistance. The application of UHPC concrete for structures to withstand high intensity loads such as explosive loads is a new and urgent direction. This article presents the results of numerical simulation research using the finite element method on the application of UHPC concrete for bridge pier structures to resist explosive loads. The explosive load used in the study is TNT explosive, simulated using the SPH method. Model JH-2 is used to simulate the mechanical behavior of UHPC concrete when subjected to explosive loading. The study was carried out with a contact blast load applied at the side of the bridge pier. Two types of piers made of normal concrete and UHPC concrete were used in the study. The results of pier damage under the effect of different mass of explosive loads are compared between normal concrete and UHPC concrete, from which conclusions are drawn about the effectiveness of applying UHPC concrete to bridge piers withstand explosive loads. The research will make an important contribution to incorporating explosive load calculations into the design of bridge structures at important locations with strategic military significance.

KEYWORDS: UHPC, bridge pier, Abaqus software, blast load, numerical model, finite element method.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tình hình thế giới những năm gần đây có nhiều biến động, chiến tranh, hoạt động khủng bố nổ ra ở nhiều nơi với tính chất phức tạp ngày càng tăng. Trong các cuộc giao tranh giữa các nước, cơ sở hạ tầng, năng lượng là một trong những mục tiêu bị đánh phá nhiều nhất nhằm gây thiệt hại cho đối phương. Các công trình giao thông huyết mạch như các cây cầu nối giữa các vị trí quan trọng sẽ trở thành mục tiêu đầu tiên trong các cuộc đánh phá này. Với chiến tranh hiện đại ngày nay, nguy cơ hệ thống trụ cầu bị tấn công bởi các thiết bị nổ được trang bị tối tân là rất cao, vì trụ là bộ phận quan trọng để nâng đỡ kết cấu nhịp cầu, nếu hỏng trụ thì toàn bộ kết cấu nhịp cầu sẽ bị sập.

Để hạn chế tối đa các thiệt hại của hệ thống trụ đối với những cây cầu nằm tại các vị trí quan trọng, chiến lược về mặt quân sự khi bị tấn công bởi các tải trọng nổ thì cần xem xét và đưa vào ở bước thiết kế yếu tố tải trọng đặc biệt này. Trong đó, ngoài giải pháp về mặt kết cấu thì giải pháp về mặt vật liệu cho trụ cầu cũng là một hướng đi tiềm năng và mang lại hiệu quả chống nổ cao. Ngày nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ, đặc biệt là các công nghệ về vật liệu, việc sử dụng các vật liệu mới có cường độ cao, khả năng chống va đập tốt sẽ phù hợp cho kết cấu trụ cầu chống lại tải trọng nổ.

Bê tông siêu tính năng UHPC (Ultra-high performance concrete - UHPC) là một sản phẩm bê tông thế hệ mới có tính chất cơ học vượt trội với cường độ chịu nén lớn hơn 120 MPa [1], cường độ chịu kéo khi uốn lên đến 50 Mpa, mô-đun đàn hồi từ 42 - 55 GPa [2], cường độ chịu kéo dọc trục từ 6 -12 MPa [3]. Ngoài ra, UHPC có độ đặc chắc, tính dẻo dai cao, khả năng chống ăn mòn, mài mòn tốt giúp tăng độ bền và tuổi thọ công trình. Thành phần UHPC có chứa các sợi thép, do đó hạn chế được sự mở rộng và phát triển của vết nứt khi có sự hư hại. Nhờ những tính chất cơ học vượt trội như trên so với bê tông thông thường, việc nghiên cứu ứng dụng bê tông UHPC cho các trụ cầu để chống lại sự phá hoại của tải trọng nổ là một hướng đi mới tiềm năng.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của tải trọng nổ lên kết cấu trụ cầu bằng UHPC, có thể thực hiện theo phương pháp thử nghiệm phá hủy trên kết cấu hoặc mô phỏng trên mô hình số. Do những nhược điểm của phương pháp thử nghiệm phá hủy như: (i) Cần sự cho phép của cơ quan chức năng khi thực hiện thí nghiệm; (ii) Cần hệ thống máy móc và thiết bị đo có độ chính xác cao; (iii) Mất nhiều thời gian và chi phí cho công tác thí nghiệm và xử lý kết quả nên việc sử dụng phương pháp mô phỏng trên mô hình số ngày càng được sử dụng phổ biến.

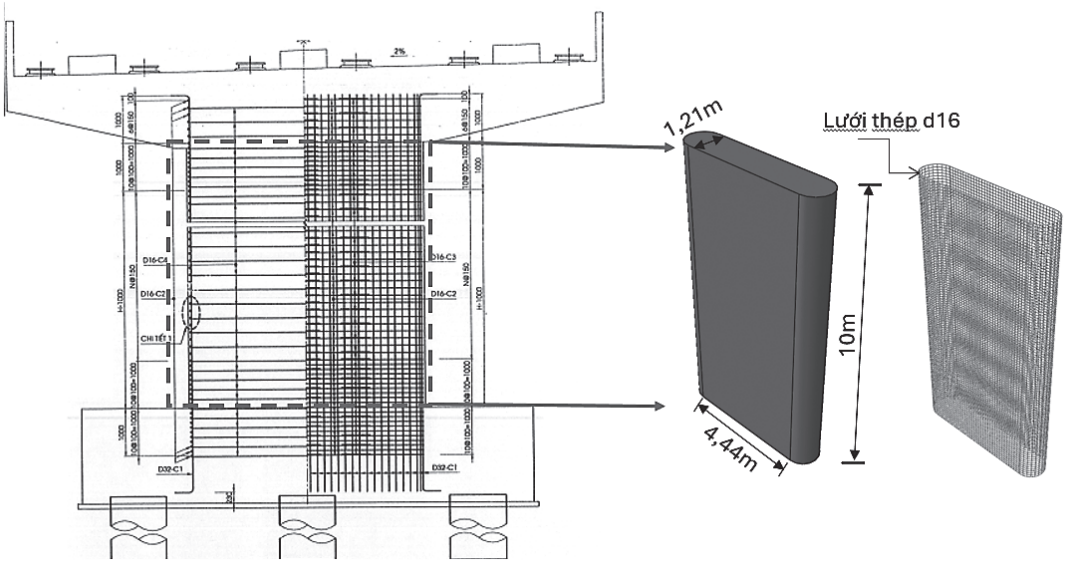
Nội dung của nghiên cứu này sẽ giới thiệu kết quả mô phỏng số ứng xử của trụ cầu sử dụng vật liệu UHPC chịu tác động của tải trọng nổ tiếp xúc. Thuốc nổ sử dụng là TNT. Nghiên cứu được thực hiện trên phần mềm Abaqus. Kết quả mô phỏng sẽ được so sánh giữa trụ UHPC và trụ bằng bê tông thông thường để đánh giá hiệu quả chịu tải trọng nổ của vật liệu UHPC làm trụ cầu.

2. MÔ HÌNH HÓA KẾT CẤU VÀ VẬT LIỆU

2.1. Mô hình hóa hình học trụ cầu

Trụ cầu nghiên cứu được tham khảo từ một trụ cầu bê tông cốt thép thực tế. Hai loại vật liệu gồm bê tông thông thường (NC) và UHPC sẽ được sử dụng nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu quả của bê tông UHPC khi chịu tác động của tải trọng nổ. Trong nghiên cứu bước đầu, để giảm thời gian tính toán và mức độ phức tạp của việc mô phỏng kết cấu, phần thân trụ sẽ được tách riêng để nghiên cứu. Thân trụ được mô phỏng có chiều cao 10 m, rộng 4,44 m, dày 1,21 m, với lưới thép sử dụng có đường kính 16 mm *(Hình 2.1)*.

Phần tử khối C3D8R được sử dụng để mô phỏng bê tông trụ cầu, trong khi phần tử dạng dầm được sử dụng để mô phỏng cốt thép trong Abaqus. Nghiên cứu sử dụng 102.819 phần tử C3D8R.



Hình 2.1: Mô hình hóa trụ cầu và lưới cốt thép trong Abaqus

2.2. Mô hình hóa tải trọng nổ

Nghiên cứu được thực hiện thông qua phần mềm Abaqus/Explicit [4]. Tải trọng nổ được sử dụng là thuốc nổ TNT, được mô phỏng theo mô hình SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) [5, 6, 7, 8]. Khối nổ được mô hình hóa sử dụng phương trình trạng thái Jones-Wilkins-Lee (JWL), mô hình hóa áp suất được tạo ra khi giải phóng năng lượng hóa học trong vụ nổ [9]. Phương trình trạng thái JWL có thể được viết dưới dạng như sau:

$$P = A\left(1 - \frac{\omega\rho}{R_1\rho_0}\right)exp\left(-R_1\frac{\rho_0}{\rho}\right) + B\left(1 - \frac{\omega\rho}{R_2\rho_0}\right)exp\left(-R_2\frac{\rho_0}{\rho}\right) + \omega\rho E_m \quad (1)$$

Trong đó:

P - Áp lực tạo ra bởi khối thuốc nổ;

A, B, R_1, R_2, ω - Các hằng số liên quan tới vật liệu nổ;

ρ_0 - Mật độ của thuốc nổ ở trạng thái tinh thể trước khi nổ;

ρ - Mật độ hiện tại của thuốc nổ;

E_m - Năng lượng ban đầu bên trong của thuốc nổ.

Các thông số cho thuốc nổ TNT sử dụng trong nghiên cứu này được thể hiện trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Các thông số trong phương trình trạng thái của thuốc nổ TNT [12]

Vận tốc sóng nổ	A	B	R_1	R_2	ω	ρ_0
m/s	GPa	GPa				kg/m³
6930	374	3,747	4,15	0,9	0,35	1.630

2.3. Mô hình hóa vật liệu bê tông và cốt thép

Nghiên cứu sẽ thực hiện mô phỏng trên trụ làm bằng bê tông UHPC và NC để đối chứng. Hai loại bê tông này được mô phỏng theo mô hình Holmquist-II (JH-2) [11]. Mô hình này có thể mô tả ứng xử nén động của bê tông chịu biến dạng lớn, tốc độ biến dạng cao và áp suất cao. Theo đó, mô hình làm việc của bê tông phụ thuộc vào ba yếu tố là cường độ, sự phá hoại và áp lực. Các thông số của mô hình JH-2 cho bê tông UHPC và NC được thể hiện trong *Bảng 2.2*. Mô hình đàn hồi dẻo được sử dụng để mô phỏng cốt thép. Các thông số của cốt thép sử dụng được thể hiện trong *Bảng 2.3*.

Bảng 2.2. Các thông số mô hình JH-2 của UHPC và NC

Thông số	UHPC [14]	NC [15]
Trọng lượng riêng		
ρ (kg/m³)	2.550	2.440
Thông số cường độ		
G (N/m²)	$33{,}2\times10^9$	$14{,}86\times10^9$
A	0,79	0,79
B	0,79	1,60
N	0	0
m	0,61	0,61
P_{HEL} (N/m²)	19×10^6	48×10^6
$\dot{\varepsilon}_0$	1,0	1,0
f_c' (N/m²)	158×10^6	48×10^6
Hằng số phá hoại		
D_1	0,05	0,04
D_2	1	1
$\bar{\varepsilon}^{pl}_{fmin}$	0,001	0,001
$\bar{\varepsilon}^{pl}_{fmax}$	1	1
Hằng số áp lực		
K1 (N/m²)	$8{,}5\times10^6$	85×10^9
K_2 (N/m²)	$-17{,}1\times10^6$	-171×10^9
K_3 (N/m²)	$20{,}8\times10^6$	208×10^9
T(N/m²)	$0{,}0084\times10^9$	$0{,}00354\times10^9$

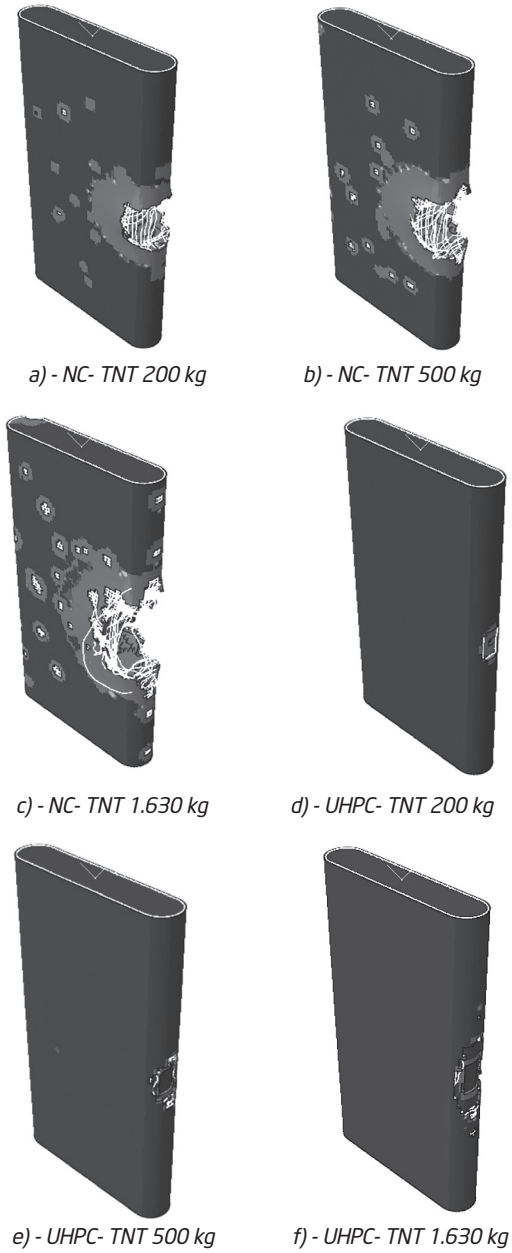
Bảng 2.3. Các thông số của cốt thép

Loại thép	Đường kính thép	Mô-đun đàn hồi	Cường độ chịu kéo
	mm	MPa	MPa
CB400-V	d16	200.000	400

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Khối nổ TNT có dạng hình lập phương, được đặt tiếp xúc tại tâm mặt bên của trụ. Vị trí này được lựa chọn để mô tả lại được chính xác hơn vị trí va chạm nổ trong thực tế. Ba khối lượng nổ của TNT đã được sử dụng để mô phỏng lần lượt là 200 kg, 500 kg và 1.630 kg. Kết quả mô phỏng tải trọng nổ lên trụ bê tông NC và UHPC được thể hiện trong *Hình 3.1*.

Có thể thấy rằng, cùng một đương lượng nổ, bê tông UHPC có khả năng chịu được tải trọng nổ tốt hơn rất nhiều so với bê tông cốt thép thường. Ví dụ, khối nổ 200 kg TNT, trụ bê tông NC bị phá hoại với kích thước lên tới gần 1 m, trong khi đó trụ UHPC bị phá hoại ít ở phần bề mặt, lộ phần cốt thép. Với khối lượng nổ lên tới 1.630 kg TNT, trụ NC bị phá hủy gần như một nửa, trong khi trụ UHPC mới chỉ mở rộng sự phá hủy bề mặt, độ sâu của phá hủy không lớn.



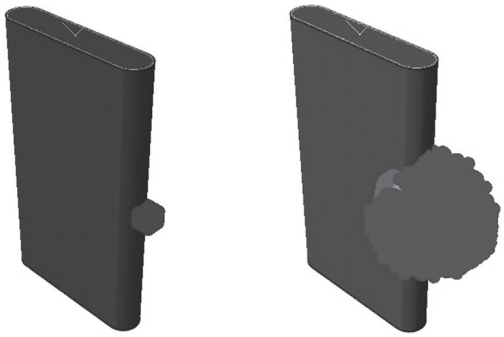
a) - NC- TNT 200 kg *b) - NC- TNT 500 kg*

c) - NC- TNT 1.630 kg *d) - UHPC- TNT 200 kg*

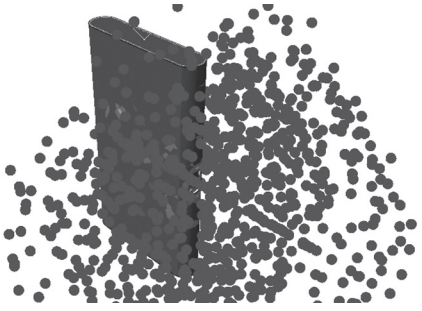
e) - UHPC- TNT 500 kg *f) - UHPC- TNT 1.630 kg*

Hình 3.1: Kết quả mô phỏng số trên bê tông NC và UHPC

Quá trình lan truyền của sóng nổ theo phương pháp SPH được thể hiện trong *Hình 3.2*. Sau khi được kích nổ, các hạt của khối nổ TNT được bắn ra xung quanh tâm nổ với vận tốc lớn. Các hạt này tương tác với trụ và tạo ra các hư hỏng.



a) - t = 0s *b) - t = 5x10^{-4}s*



c) - t = 2x10^{-3}s

Hình 3.2: Quá trình lan truyền của sóng nổ

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã giới thiệu về kết quả mô phỏng số ảnh hưởng của tải trọng nổ tới trụ cầu bê tông UHPC dựa trên phần mềm phần tử hữu hạn Abaqus. Thuốc nổ sử dụng là TNT. Bê tông được mô phỏng sử dụng mô hình JH-2. Các khối lượng nổ khác nhau đặt trực tiếp tại mặt bên thân trụ đã được sử dụng. Thí nghiệm mô phỏng được thực hiện trên hai loại trụ bê tông cốt thép thường và bê tông UHPC. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cùng một đương lượng nổ, bê tông UHPC có khả năng chịu tải trọng nổ tốt hơn rất nhiều so với bê tông cốt thép thường cùng kích thước. Điều này cho thấy việc ứng dụng bê tông UHPC cho kết cấu trụ cầu sẽ có tác dụng rất tốt trong việc chống lại các loại tải trọng nổ. Nghiên cứu này góp phần mở ra một hướng mới trong việc ứng dụng bê tông UHPC chống lại tải trọng nổ cho công trình cầu, là cơ sở quan trọng để đưa vào trong tính toán thiết kế các công trình cầu tại các vị trí chiến lược, đặc biệt là các công trình cầu có ý nghĩa về mặt an ninh, quốc phòng, từ đó làm giảm thiểu được các thiệt hại nếu xảy ra chiến tranh hay khủng bố tập trung vào loại công trình này.

Tài liệu tham khảo

[1]. M. A. Bajaber and I. Y. Hakeem (2021), *UHPC evolution, development, and utilization in construction: A review*, Journal of Materials Research and Technology, vol.10, pp.1058-1074.

[2]. B. A. Graybeal (2006), *Material property characterization of ultra-high performance concrete*, United States. Federal Highway Administration, Office of Infrastructure.

[3]. F. Standard (2016), *NF P18-470-concrete-ultra-high performance fibre-reinforced concrrte-specifications, performance, production and conformity*, La Plaine Saint-Denis: Association Française de Normalisation, p.94.

[4]. T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran and K. Elkhodary (2014), *Nonlinear finite elements for continua and structures*, John wiley & sons.

[5]. T. Jankowiak and T. Łodygowski (2013), *Smoothed particle hydrodynamics versus finite element method for blast impact*, Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences, vol.61, no.1, pp.111-121.

[6]. J. Li, C. Wu and H. Hao (2015), *Investigation of ultra-high performance concrete slab and normal strength concrete slab under contact explosion*, Eng Struct, vol.102, pp.395-408.

[7]. L. Librescu, S.-Y. Oh and J. Hohe (2006), *Dynamic response of anisotropic sandwich flat panels to underwater and in-air explosions*, Int J Solids Struct, vol.43, no.13, pp.3794-3816.

[8]. D. H. Pham, B. D. Le, C. T. Nguyen and H. T. Tran (2020), *Modeling the fracture behavior of Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete slabs under contact Blast Loading*, in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, p.052079.

[9]. A. U. Manual (2010), *Dassault Systems Simulia Corporation*, Providence USA.

[10]. X. Zhao, G. Wang, W. Lu, P. Yan, M. Chen and C. Zhou (2018), *Damage features of RC slabs subjected to air and underwater contact explosions*, Ocean engineering, vol.147, pp.531-545.

[11]. T. J. Holmquist, G. R. Johnson and W. H. Cook (1993), *A computational constitutive model for concrete subjected to large strains, high strain rates, and high pressures The 14th International Symposium on Ballistics*, in Proceedings of the BALLISTICS-INTERNATIONAL SYMPOSIUM, vol 2; Warhead Mechanisms, Terminal Ballistics, 14th International Symposium, vol.2; Warhead Mechanisms, Terminal Ballistics, ADPA Arlington, TX, USA, pp.591-600.

[12]. V.-C. Mai, X.-B. Luu, C.-B. Dao and D.-V. Le (2021), *Investigate the structural response of ultra-high performance concrete column under the high explosion*, Def Sci J, vol.71, no.2, pp.256-264.

[13]. T. J. Holmquist, G. R. Johnson and W. H. Cook (1993), *A computational constitutive model for concrete subjected to large strains, high strain rates and high pressures The 14th International Symposium on Ballistics*, in Proceedings of the BALLISTICS-INTERNATIONAL SYMPOSIUM, vol.2; Warhead Mechanisms, Terminal Ballistics, 14th International Symposium, vol 2; Warhead Mechanisms, Terminal Ballistics, ADPA Arlington, TX, USA, pp.591-600.

Ngày nhận bài: 15/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 04/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/4/2024

Phát hiện hư hỏng cho cầu giàn thép sử dụng mô hình 1DCNN-LSTM

■ **TS. TRẦN NGỌC HÒA(*); BÙI PHÚC LỘC; NGUYỄN ĐỨC LƯƠNG**
TỐNG ĐỨC MẠNH; VŨ MẠNH TRUNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)ngochoa@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trong lĩnh vực giám sát sức khỏe kết cấu (Structural Health Monitoring - SHM), đánh giá hư hỏng đóng vai trò trung tâm và đang thu hút sự chú ý mạnh mẽ từ cộng đồng nghiên cứu quốc tế. Các phương pháp đánh giá này phụ thuộc vào dữ liệu và thông tin được thu thập thông qua quá trình kiểm tra cũng như các kỹ thuật được ứng dụng. Tính chính xác và độ tin cậy của những đánh giá này có thể biến đổi tùy thuộc vào nhiều điều kiện khác nhau. Để đối phó với thách thức này, nhiều mô hình học sâu đã được áp dụng, sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian thu thập từ các kết cấu, bao gồm mạng nơ-ron tích chập một chiều (1DCNN) và mạng nơ-ron bộ nhớ ngắn dài hạn (Long Short-Term Memory - LSTM). Nghiên cứu này đề xuất một mô hình học sâu kết hợp 1DCNN và LSTM để cải thiện khả năng phát hiện hư hỏng trong kết cấu. Hiệu quả của phương pháp này được kiểm chứng trên bộ dữ liệu của một cầu giàn thép. Các kết quả đã chỉ ra rằng, phương pháp kết hợp đề xuất mang lại hiệu suất vượt trội so với LSTM truyền thống - với độ chính xác lần lượt trên tập kiểm tra là 94,3% và 90,04%.

TỪ KHÓA: Đánh giá hư hỏng, cầu giàn thép, mạng nơ-ron tích chập, bộ nhớ ngắn dài hạn, dữ liệu chuỗi thời gian.

ABSTRACT: In the realm of Structural Health Monitoring (SHM), damage assessment emerges as a pivotal issue, receiving special attention from the research community. The execution of this task relies on the analysis of information and data obtained through various inspection processes and methodologies. The reliability and accuracy of such assessments may fluctuate across different scenarios. To deal with this challenge, numerous deep learning architectures leveraging time-series data extracted from structural entities have been employed, notably including one-dimensional Convolutional Neural Networks (1DCNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) networks. This study introduces a novel deep learning framework combining 1DCNN and LSTM (1DCNN-LSTM), aimed at amplifying the efficiency of damage identification within structural frameworks. The performance of 1DCNN-LSTM is evaluated employing the dataset derived from a steel truss bridge. The results have demonstrated that the proposed combined method delivers superior performance compared to traditional LSTM - with respective accuracies on the test set of 94.3% and 90.04%.

KEYWORDS: Damage assessment, steel truss bridge, Convolutional Neural Network, Long Short-Term Memory, time-series data.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập kỷ gần đây, giám sát sức khỏe kết cấu công trình (SHM) là chủ đề được các nhà khoa học trên thế giới đặc biệt quan tâm. Việc bùng nổ cuộc cách mạng 4.0 đã tạo ra bước phát triển nhảy vọt cho kỹ thuật trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI), là nhân tố quan trọng ứng dụng vào đời sống xã hội và SHM không phải là ngoại lệ [1, 2, 3].

Trong giám sát sức khỏe kết cấu công trình, học máy truyền thống bị hạn chế với dữ liệu lớn nên việc áp dụng các mô hình mạng nơ-ron với nhiều lớp xử lý không chỉ nhận diện các xu hướng và mẫu dữ liệu phức tạp một cách hiệu quả mà còn tự học cách trích xuất và tận dụng các đặc điểm quan trọng từ dữ liệu đầu vào. Các mô hình học sâu nổi bật để xử lý dữ liệu chuỗi thời gian nhằm phát hiện hư hỏng trong kết cấu bao gồm 1DCNN và LSTM. Cụ thể, 1DCNN có thể phân tích xử lý dữ liệu dạng chuỗi phù hợp với nhiều loại dữ liệu và phát hiện các đặc trưng quan trọng từ dữ liệu đầu vào làm cho quá trình mô hình hóa trở nên nhanh chóng, hiệu quả. Một ví dụ cụ thể của Youqi Zhang và cộng sự [4], nghiên cứu này đề xuất sử dụng 1DCNN để phát hiện những thay đổi cục bộ về độ cứng của kết cấu, đồng thời kiểm tra trên các cấu trúc thực bằng cách sử dụng dữ liệu gia tốc thô mà không cần xử lý trước.

LSTM, một dạng mạng nơ-ron hồi quy (Recurrent Neural Network-RNN), được thiết kế để ghi nhớ và xử lý thông tin trong khoảng thời gian dài [5]. LSTM có khả năng lưu giữ thông tin giúp mô hình học được mối quan hệ giữa các sự kiện cách nhau nhiều bước. Ví dụ, Sharma và Sen [6] đề xuất một cách tiếp cận thời gian thực dựa trên LSTM bằng cách sử dụng các mạng phân loại được giám sát và dự đoán không giám sát để phát hiện các hư hỏng trên một công trình cầu

thực tế. Haoju Hu và các cộng sự [7] đã phát triển một hệ thống tiên tiến dựa trên mạng LSTM, tận dụng dữ liệu cảm biến chuỗi thời gian để đưa ra ước lượng về tải trọng hoạt động và tuổi thọ còn lại của hệ thống treo của ô tô.

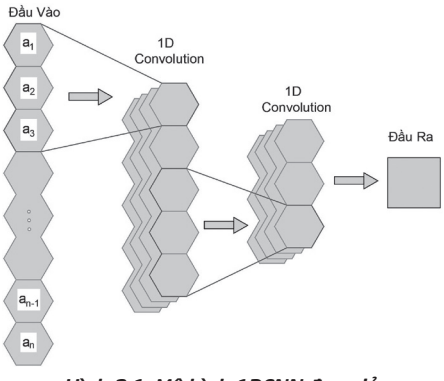
Mặc dù Mạng 1DCNN và LSTM đều đem lại những lợi ích đáng kể trong quá trình xử lý dữ liệu, chúng không tránh khỏi những hạn chế. 1DCNN thường gặp phải trở ngại trong việc học các mối quan hệ dài hạn và bộc lộ khó khăn trong việc tổng quát hóa khi đối mặt với dữ liệu mới mang tính chất khác biệt. Ngược lại, dù LSTM thể hiện sự ưu việt trong việc xử lý dữ liệu chuỗi thời gian, nó lại không hiệu quả trong việc xử lý các phụ thuộc không gian. Đối với việc giải quyết những hạn chế này, nghiên cứu này đề xuất sử dụng một sự kết hợp giữa 1DCNN và LSTM. Bằng cách này, trong khi 1DCNN có khả năng lọc và kết nối thông tin không gian từ dữ liệu, LSTM cùng lúc tối ưu hóa việc học các mẫu dữ liệu tuần tự, tạo nên một kiến trúc mạnh mẽ, được tối ưu để phân tích và phân loại dữ liệu chuỗi thời gian phức tạp.

Bài báo này được cấu trúc thành 5 phần chính: Ngoài phần giới thiệu ban đầu, phần thứ hai đưa ra mô tả về 1DCNN, LSTM và mô hình kết hợp 1DCNN-LSTM. Phần thứ ba cung cấp thông tin về cầu Nam Ô cùng với bộ dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu. Phần thứ tư trình bày kết quả thu được từ nghiên cứu. Cuối cùng, phần kết luận tổng kết những phát hiện và kết quả chính của bài báo.

2. PHƯƠNG PHÁP

2.1. Mạng tích chập một chiều (1DCNN)

Mô hình 1DCNN *(Hình 2.1)* đang trở thành một công cụ mạnh mẽ trong lĩnh vực xử lý dữ liệu chuỗi và đã được áp dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng khác nhau. 1DCNN có khả năng học và trích xuất đặc trưng từ dữ liệu chuỗi một cách hiệu quả thông qua việc sử dụng lớp convolution và pooling, giúp nhận diện các mẫu phức tạp và đạt hiệu suất cao trong phân loại và dự đoán. Thay vì thực hiện các phép tính ma trận phức tạp, 1DCNN yêu cầu các phép toán đơn giản hơn, giảm đáng kể thời gian tính toán [8]. Tuy nhiên, để sử dụng 1DCNN hiệu quả, cần lưu ý rằng mô hình này đòi hỏi một lượng dữ liệu lớn để huấn luyện và việc tinh chỉnh tham số cũng rất quan trọng. Việc tinh chỉnh kích thước kernel, số lượng lớp convolution, hàm kích hoạt... cần được thực hiện cẩn thận để đạt được hiệu suất tốt nhất. Đồng thời, việc hiểu rõ về ưu điểm, hạn chế và cách sử dụng mô hình 1DCNN sẽ giúp tận dụng tối đa tiềm năng của nó trong các ứng dụng thực tế.

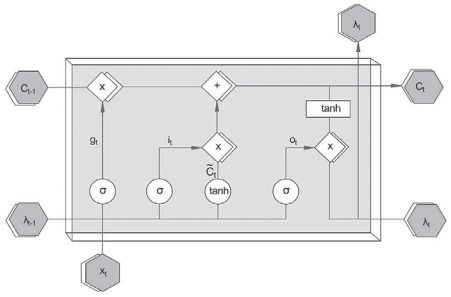


Hình 2.1: Mô hình 1DCNN đơn giản

2.2. Mạng bộ nhớ ngắn dài hạn (LSTM)

Mô hình LSTM, viết tắt của Long Short-Term Memory là một dạng của mạng RNN được giới thiệu lần đầu bởi Hochreiter và Schmidhuber vào năm 1997 [9]. LSTM đã trở thành một công cụ mạnh mẽ trong nhiều lĩnh vực. Một trong những ưu điểm nổi bật của LSTM là khả năng lưu trữ thông tin trong thời gian dài. Điều này làm cho mô hình trở nên đặc biệt phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu xử lý thông tin dài hạn.

Với tính toán phức tạp và đòi hỏi nhiều tài nguyên, việc triển khai LSTM trong các ứng dụng thực tế có thể gặp phải những thách thức về hiệu suất và tài nguyên. Đồng thời, việc cấu hình và điều chỉnh các siêu tham số cũng đòi hỏi sự hiểu biết sâu về mô hình, điều này có thể làm tăng độ phức tạp của quá trình phát triển và triển khai.



Hình 2.2: Cấu trúc điển hình mô hình LSTM

Mô hình LSTM được triển khai như sau [9]:

Cổng đầu vào để xác định thông tin đầu vào nào sẽ cập nhật bộ nhớ, với hàm Sigmoid lọc thông tin (cho qua 0 hoặc 1) và hàm tanh định trọng số từ -1 đến 1.

$$i_t = \sigma(x_t.W_i + \lambda_{t-1}.U_i + b_i) \quad (1)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(x_t.W_c + \lambda_{t-1}.U_c + b_c) \quad (2)$$

Cổng quên quyết định phần thông tin nào từ bộ nhớ cũ được loại bỏ, dựa vào đầu vào và trạng thái trước đó, với giá trị từ 0 (loại bỏ) đến 1 (giữ lại).

$$g_t = \sigma(x_t.W_g + \lambda_{t-1}.U_g + b_g) \quad (3)$$

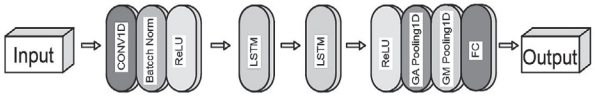
Cổng đầu ra xác định thông tin nào từ bộ nhớ được sử dụng làm đầu ra, thông qua hàm Sigmoid và tanh, quyết định trọng số thông tin từ -1 đến 1, tạo ra đầu ra cuối cùng.

$$o_t = \sigma(x_t.W_o + \lambda_{t-1}.U_o + b_o) \quad (4)$$

$$\lambda_t = o_t.\tanh(C_t) \quad (5)$$

2.3. 1DCNN - LSTM

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất sử dụng một phương pháp tiếp cận kết hợp giữa 1DCNN và LSTM. Bằng cách kết hợp khả năng của hai mô hình không chỉ đơn thuần là tổng hợp phương pháp mà còn là một mạng thống nhất có khả năng giải quyết các thách thức mà mỗi mạng truyền thống gặp phải khi hoạt động độc lập. Kiến trúc mạng của 1DCNN-LSTM được minh họa trong *Hình 2.3*.



Hình 2.3: Kiến trúc mạng 1DCNN-LSTM sử dụng

1DCNN được thiết kế để trích xuất đặc trưng cục bộ từ dữ liệu chuỗi, trong khi LSTM có khả năng mô hình hóa

mối quan hệ dài hạn trong dữ liệu. Vì vậy, mô hình có khả năng học được các mẫu phức tạp và tương tác giữa các đặc trưng, cũng như mô hình hóa được các mối quan hệ dài hạn trong dữ liệu chuỗi. Điều này giúp cải thiện khả năng dự đoán và phân loại của mô hình trong các bài toán liên quan đến dữ liệu chuỗi thời gian.

3. THÔNG TIN VÀ BỘ DỮ LIỆU CỦA CẦU

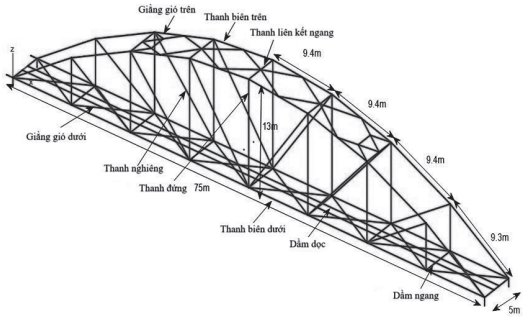
Cầu đường sắt Nam Ô là cây cầu giàn thép có quy mô lớn, nằm ở TP. Đà Nẵng, miền Trung Việt Nam. Cây cầu bao gồm 4 nhịp giản đơn có chiều dài bằng nhau (75 m). Đường ray được đặt trực tiếp trên dầm của mặt cầu. Mố phía Hải Vân được gọi là *A-0*, trong khi ba trụ cầu được đánh số là *P-1*, *P-2* và *P-3*, bắt đầu từ phía *A-0*. Nhịp cuối cùng (thứ 4) đi từ *P-3* đến mố *A-1* phía TP. Đà Nẵng. Một số góc nhìn của cây cầu được đưa ra trong *Hình 3.1*.

a)

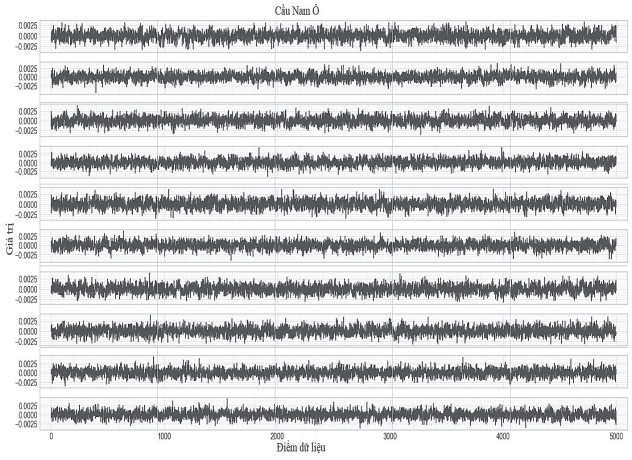
b)

Hình 3.1: Hướng nhìn cầu Nam Ô: a) - Phía thượng lưu; b) - Phía hạ lưu [10]

Các cấu kiện giàn được làm từ thép có nhiều loại tiết diện I, L, Box *(Hình 3.2)* và được liên kết với nhau bằng bu-lông.



Hình 3.2: Các thanh giàn trong mô hình [10]

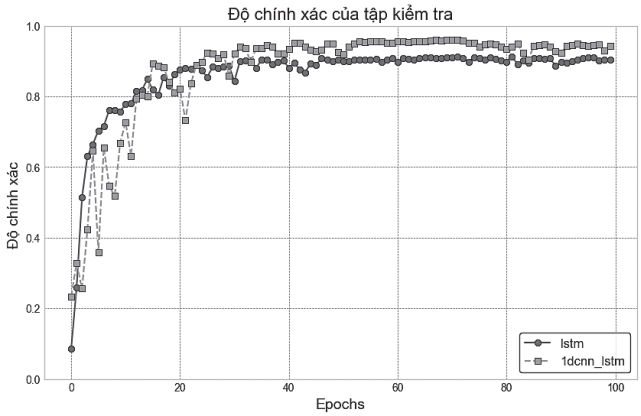


Hình 3.3: Dữ liệu theo thời gian tại một cảm biến ảo

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để kiểm chứng sự hiệu quả của mô hình học sâu được đề xuất 1DCNN-LSTM, mạng LSTM cũng được xem xét. Dữ liệu được chia thành 11 lớp, bao gồm 1.980 bộ dữ liệu được chia thành tập huấn luyện và kiểm tra một cách ngẫu nhiên, với 70% dữ liệu dành cho huấn luyện và 30% dữ liệu dành cho kiểm tra.

Đầu tiên là một lớp 1DCNN sử dụng với mục đích trích xuất các tính năng quan trọng của mô hình, lớp CNN bao gồm các đặc điểm như sau: Số lượng Kernel là 128 và kích thước của kernerl 3x3. Sau khi các dữ liệu đầu vào đã được trích xuất, mạng LSTM sẽ được sử dụng để học và phân loại. Mạng LSTM gồm 2 lớp, xen kẽ các lớp sử dụng các lớp Dropout để ngăn hiện tượng overfitting và các Maxpooling để trích xuất những đặc trưng quan trọng. Điều đó giúp giảm được các kích thước ma trận, giảm số phép tính và giảm thời gian tính toán. Kết quả so sánh dựa trên biểu đồ hội tụ được minh họa trong *Hình 4.1*.



Hình 4.1: Biểu đồ hội tụ của mạng 1DCNN-LSTM, LSTM trên tập kiểm tra

Nhận xét: Hình 4.1 thể hiện sự so sánh hiệu suất hội tụ giữa hai mô hình: LSTM và 1DCNN-LSTM qua số lần lặp. Mô hình kết hợp 1DCNN-LSTM cho thấy độ chính xác cao nhất và ổn định so với hai mô hình còn lại. Mô hình LSTM có độ chính xác ban đầu khá tốt nhưng nhanh chóng đạt đến hội tụ.

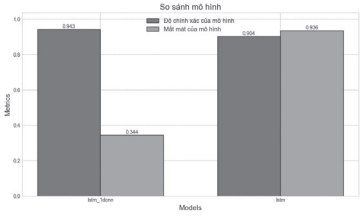
Bảng 4.1. Kết quả huấn luyện trên tập kiểm tra của mạng 1DCNN-LSTM, LSTM

	LSTM			1DCNN-LSTM		
Nhãn	**precision**	**recall**	**f1-score**	**precision**	**recall**	**f1-score**
0	0,930	0,957	0,943	0,829	0,986	0,901
1	0,855	0,922	0,888	0,974	0,987	0,981
2	1,000	0,909	0,952	0,988	0,943	0,965
3	0,959	0,910	0,934	0,986	0,910	0,947
4	0,902	0,949	0,925	0,846	0,987	0,911
5	0,895	0,895	0,895	0,986	0,908	0,945
6	0,881	0,925	0,902	0,974	0,925	0,949
7	0,963	0,814	0,883	0,913	0,969	0,940
8	0,787	0,914	0,846	0,986	0,901	0,942
9	0,902	0,914	0,908	0,950	0,938	0,944
10	0,895	0,865	0,880	0,976	0,921	0,948
Độ chính xác			0,904			0,943

Độ chính xác được tính với công thức sau:

$$f1-score = \frac{2 * Recall * Precision}{Recall + Precision} \quad (6)$$

Với $Recall = \frac{(TP)}{(TP+FN)}$ và $Precision = \frac{(TP)}{(TP+FP)}$



Hình 4.2: Độ chính xác của mạng 1DCNN-LTSM, LSTM trên tập kiểm tra

Hình 4.2 và *Bảng 4.1* cho thấy mô hình 1DCNN-LSTM vượt trội hơn hẳn so với cả LSTM. Mô hình này đạt tỷ lệ độ chính xác cao nhất là 94,3% trên tập kiểm tra, cao hơn so với LSTM với 90,04%.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này áp dụng mô hình kết hợp 1DCNN-LSTM, trong xử lý dữ liệu chuỗi thời gian cho giám sát sức khỏe kết cấu (SHM). Các kết quả cho thấy mô hình này có hiệu suất cao hơn so với việc sử dụng LSTM trong việc chẩn đoán hư hỏng kết cấu. Mô hình 1DCNN-LSTM đạt tỷ lệ độ chính xác cao nhất là 94,3% trên tập kiểm tra, cao hơn so với LSTM với 90,04%. Sự vượt trội này mở ra khả năng ứng dụng mô hình trong nhiều lĩnh vực khác, nhờ vào khả năng linh hoạt và hiệu quả trong xử lý dữ liệu phức tạp. Tuy nhiên, để tối ưu hóa hiệu suất, cần tiếp tục nghiên cứu về tinh chỉnh tham số, tăng cường dữ liệu và phát triển kỹ thuật mới.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong Đề tài Khoa học và công nghệ cấp Bộ, mã số B2024-GHA-06.

Tài liệu tham khảo

[1]. H. Tran-Ngoc, S. Khatir, T. Le-Xuan, G. De Roeck, T. Bui-Tien and M. A. Wahab (2020), *A novel machine-learning based on the global search techniques using vectorized data for damage detection in structures*, Int. J. Eng. Sci., vol.157, p.103376.

[2]. H. Tran-Ngoc et al. (2022), *Damage assessment in structures using artificial neural network working and a hybrid stochastic optimization*, Sci. Rep., vol.12, no.1, p.4958.

[3]. T. Bui-Tien, D. Bui-Ngoc, H. Nguyen-Tran, L. Nguyen-Ngoc, H. Tran-Ngoc and H. Tran-Viet (2022), *Damage detection in structural health monitoring using hybrid convolution neural network and recurrent neural network*, Frat. Ed Integrità Strutt., vol.16, no.59, pp.461-470.

[4]. Y. Zhang, Y. Miyamori, S. Mikami and T. Saito (Sep., 2019), *Vibration-based structural state identification by a 1-dimensional convolutional neural network*, Comput.-Aided Civ. Infrastruct. Eng., vol.34, no.9, pp.822-839, doi: 10.1111/mice.12447.

[5]. S. Hochreiter and J. Schmidhuber (1997), *Long short-term memory*, Neural Comput., vol.9, no.8, pp.1735-1780.

[6]. S. Sharma and S. Sen (Jan., 2023), *Real-time structural damage assessment using LSTM networks: regression and classification approaches*, Neural Comput. Appl., vol.35, no.1, pp.557-572, doi: 10.1007/s00521-022-07773-6.

[7]. H. Hu, H. Luo and X. Deng (2021), *Health monitoring of automotive suspensions: a LSTM network approach*, Shock Vib., pp.1-11.

[8]. S. Kiranyaz, O. Avci, O. Abdeljaber, T. Ince, M. Gabbouj and D. J. Inman (09, May, 2019), *1D Convolutional Neural Networks and Applications: A Survey*, *arXiv*, doi: 10.48550/arXiv.1905.03554.

[9]. Hai D. M. (29, Mar., 2024), *[RNN] LSTM là gì?*, Hai's Blog. Accessed, [Online]. Available: *https://dominhhai.github.io/vi/2017/10/what-is-LSTM/*.

[10]. H. Tran-Ngoc, S. Khatir, G. De Roeck, T. Bui-Tien, L. Nguyen-Ngoc and M. Abdel Wahab (Dec. 2018), *Model Updating for Nam O Bridge Using Particle Swarm Optimization Algorithm and Genetic Algorithm*, Sensors, vol.18, no.12, Art. no.12, doi: 10.3390/s18124131.

Ngày nhận bài: 25/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 10/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Nghiên cứu ứng dụng thí nghiệm xuyên đánh giá khả năng kháng lún vệt bánh xe của bê tông nhựa ở Việt Nam

■ **TS. TRẦN DANH HỢI**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: tdhoi@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Tiêu chuẩn JTG D50-2017 của Trung Quốc đưa ra quy định về khả năng kháng xuyên của bê tông nhựa (BTN) trong công tác thiết kế mặt đường BTN sử dụng thí nghiệm xuyên dọc trục. Tuy nhiên đến nay, phương pháp đánh giá này cho BTN chưa được sử dụng ở Việt Nam. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong phòng đánh giá khả năng thực hiện thí nghiệm xuyên dọc trục sử dụng máy nén Marshall cho các mẫu BTN khác nhau (BTNC 16 60/70, BTNP 16, BTNC 16 5%SBS và BTNC 16 1%RCA). Ngoài ra, nghiên cứu cũng tiến hành các thí nghiệm xác định khả năng kháng hằn lún vệt bánh xe thông qua chỉ tiêu độ ổn định động đối với các hỗn hợp BTN trên. Kết quả xây dựng tương quan giữa cường độ kháng xuyên dọc trục và độ ổn định động bước đầu cho thấy khả năng ứng dụng thí nghiệm xuyên dọc trục để đánh giá khả năng kháng hằn lún vệt bánh xe của BTN ở Việt Nam.

TỪ KHÓA: Thí nghiệm xuyên, thí nghiệm hằn lún vệt bánh xe, khả năng kháng xuyên của bê tông nhựa, khả năng kháng lún vệt bánh xe của bê tông nhựa.

ABSTRACT: JTG D50- 2017 of China specifies the requirement on the penetration resistance of asphalt concrete in the design of asphalt concrete pavements using uniaxial penetration test. However, this method has not yet been utilized in Vietnam so far. This article presents the results of experimental research in the laboratory evaluating the possibility of performing Uniaxial penetration test using Marshall test machine for different asphalt concrete samples (BTNC 16 60/70, BTNP 16, BTNC 16 5%SBS and BTNC 16 1%RCA). In addition, the study also conducted to determine rutting resistance through dynamic stability criteria for the above asphalt mixtures. The result of establishing the correlation between uniaxial penetration resistance strength and dynamic stability initially shows the possibility of applying the uniaxial penetration test to evaluate the rutting resistance of asphalt concrete in Vietnam.

KEYWORDS: Uniaxial penetration test, Wheel tracking test, penetration resistance of asphalt concrete, rutting resistance of asphalt concrete.

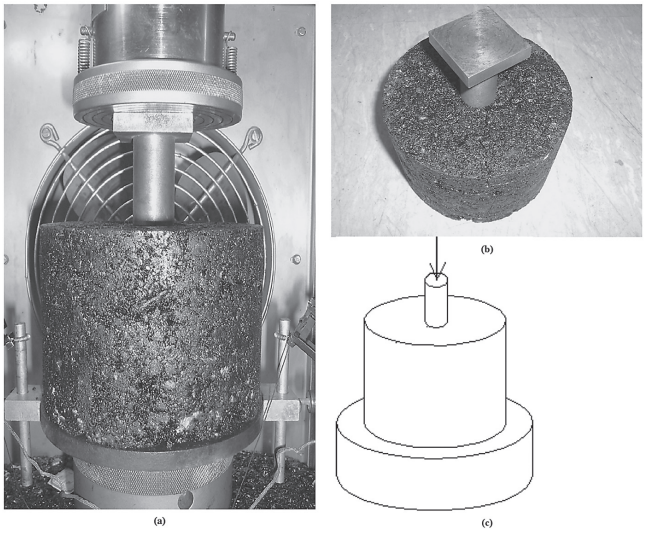
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khả năng kháng cắt có liên quan chặt chẽ tới khả năng kháng hằn lún của hỗn hợp BTN. Biến dạng vĩnh cửu hay lún của mặt đường BTN là một trong các hư hỏng chính của mặt đường BTN. Lún mặt đường BTN có nguyên nhân do sự kết hợp giữa mức độ đầm chặt và biến dạng dẻo do lực cắt trong mặt đường BTN, trong đó phần lớn sự biến dạng nghiêm trọng là do biến dạng dẻo gây ra bởi lực cắt [3, 4, 5, 6].

Trên thế giới, các thí nghiệm trong phòng phổ biến để đánh giá khả năng kháng lún của hỗn hợp BTN được như thí nghiệm mô phỏng vệt lún bánh xe hay thí nghiệm từ biến đều đòi hỏi thiết bị thí nghiệm chuyên dụng, hiện đại hoặc mất nhiều thời gian để hoàn thành. Ở Việt Nam, chỉ tiêu kỹ thuật về độ sâu vệt hằn lún bánh xe sử dụng thí nghiệm Wheel tracking đang được sử dụng đánh giá chất lượng của hỗn hợp BTN làm mặt đường [1].

Tiêu chuẩn JTG D50-2017 của Trung Quốc về thiết mặt đường BTN cho đường ô tô đưa ra yêu cầu đánh giá khả năng kháng lún của mặt đường BTN phục vụ cho thiết kế mặt đường BTN từ kết quả thí nghiệm xuyên dọc trục của các hỗn hợp BTN [7]. Ngoài ra, một số nghiên cứu cũng đã sử dụng thí nghiệm này để đánh giá chất lượng của hỗn hợp BTN [4, 8]. Đây là thí nghiệm khá đơn giản, dễ thực hiện, ít tốn thời gian và tiết kiệm chi phí.

Vì vậy, nghiên cứu đánh giá khả năng ứng dụng thí nghiệm xuyên dọc trục thông qua việc so sánh với kết quả thí nghiệm chiều sâu vệt hằn lún bánh xe là cần thiết, có ý nghĩa thực tiễn cao.

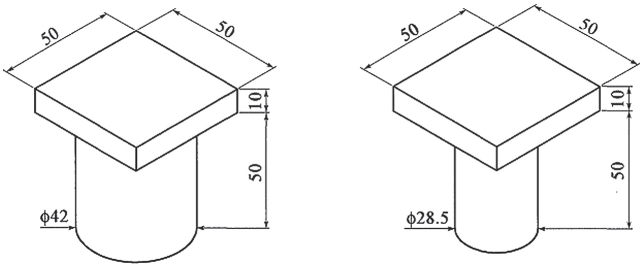


Hình 1.1: Thí nghiệm xuyên dọc trục đánh giá khả năng kháng lún của BTN [4]

2. CHUẨN BỊ THÍ NGHIỆM

2.1. Thí nghiệm xuyên dọc trục

Mẫu sử dụng trong thí nghiệm này được chế bị có đường kính 100 mm và chiều cao 100 mm theo phụ lục F tiêu chuẩn JTG D50-2017 [7]. Thí nghiệm trên máy nén với tốc độ tăng tải 1 mm/phút với đầu nén xuyên (đảm bảo độ cứng). Một đầu của đầu nén là tấm mỏng dạng chữ nhật có chiều dài và chiều rộng 50 mm, dày 10 mm; đầu còn lại là hình trụ tròn có chiều cao 50 mm, đường kính 28,5 mm *(Hình 2.1)*.



Hình 2.1: Kích thước của đầu xuyên trong thí nghiệm xuyên dọc trục

Các hỗn hợp BTN sử dụng trong nghiên cứu này sử dụng cùng cấp phối cốt liệu và cùng nguồn vật liệu để chế tạo. Các hỗn hợp BTN trong nghiên cứu này bao gồm: BTN chặt 16 sử dụng nhựa đường 60/70 (BTNC 16 60/70); BTN chặt 16 sử dụng nhựa đường polime PMB 3 (BTNP 16); BTN chặt 16 sử dụng nhựa đường 60/70 + 5% phụ gia Styrene - Butadiene - Styrene SBS (BTNC 16 5% SBS) và BTN chặt 16 sử dụng nhựa đường 60/70 + 1% phụ gia RCA (BTNC 16 1% RCA). Hàm lượng nhựa thiết kế của hỗn hợp BTN được lựa chọn theo phương pháp Marshall. Kết quả lựa chọn hàm lượng nhựa thiết kế thể hiện ở *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Số lượng mẫu thí nghiệm xuyên dọc trục

Chỉ tiêu	Loại hỗn hợp BTNC			
	BTNC 16 60/70	BTNP 16	BTNC 16 5% SBS	BTNC 16 1,0% RCA
Hàm lượng nhựa thiết kế	4,4 %	4,7 %	4,4 %	4,1 %

Chuẩn bị các mẫu BTN có đường kính 100 mm và chiều cao 100 mm. Số lượng mẫu thể hiện từng loại được thể hiện trong *Bảng 2.2*.

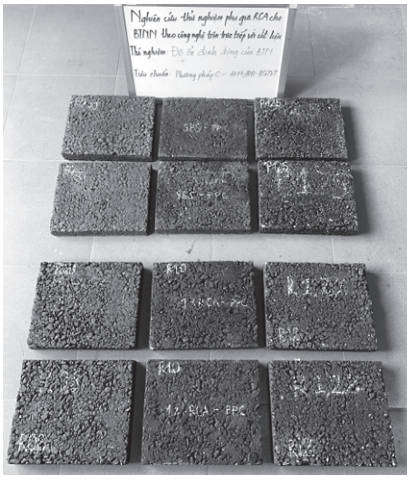
Bảng 2.2. Số lượng mẫu thí nghiệm xuyên dọc trục

Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Số lượng mẫu thí nghiệm (mẫu)			
		BTNC 16 60/70	BTNP 16	BTNC 16 5% SBS	BTNC 16 1,0% RCA
Thí nghiệm xuyên dọc trục	Phụ lục F JTG D50- 2017	03	03	03	03

Hình 2.2: Chuẩn bị các mẫu BTN cho thí nghiệm xuyên dọc trục

2.2. Chuẩn bị thí nghiệm độ ổn định động

Chuẩn bị mẫu cho thí nghiệm xác định độ ổn định động (theo phương pháp C của Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT) đối với 4 hỗn hợp nghiên cứu. Các mẫu BTN được chế bị với kích thước (320x260x50)mm bằng máy đầm lăn.



Hình 2.3: Các mẫu BTN sau khi thực hiện thí nghiệm xác định độ ổn định động

3. TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

3.1. Thí nghiệm xuyên dọc trục

Các mẫu thí nghiệm xuyên dọc trục bảo dưỡng trong tủ bảo ôn ở nhiệt độ thí nghiệm (30^{0}C) trong 4h trước khi làm thí nghiệm. Thí nghiệm được thực hiện trên máy nén Marshall với đầu nén có kích thước theo quy định tại Phụ lục F của Tiêu chuẩn JTG D50-2017.

Giá trị ứng suất nén lớn nhất đo được trước khi phá hoại được gọi là cường độ kháng xuyên của mẫu BTN. Ngoài ra, chiều sâu xuyên vào trong mẫu cũng được ghi lại tại thời điểm xác định giá trị cường độ kháng xuyên.

Hình 3.1: Thí nghiệm cường độ kháng xuyên dọc trục của mẫu BTN

Giá trị cường độ kháng xuyên được xác định theo công thức:

$$R\tau = f_r \cdot \frac{P}{A} \text{ (MPa)}$$

Trong đó:

fτ - Hệ số ứng suất xuyên = 0,34 (đối với mẫu thử có đường kính 100 mm);

P - Lực kháng xuyên lớn nhất ghi được trong quá trình thử nghiệm (N);

A - Diện tích mặt cắt ngang của vết lõm do chùy xuyên (mm^2).

3.2. Thí nghiệm độ ổn định động

Thí nghiệm xác định độ ổn định động của mẫu BTN được thực hiện trên thiết bị Humburg Wheel-tracking ở nhiệt độ 60^{0}C trong môi trường không khí theo hướng dẫn của Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT (phương pháp C).

Độ ổn định động (Dynamic Stability - DS), được xác định theo công thức:

$$DS = \frac{(t_2 - t_1).42}{d_2 - d_1}.c_1.c_2 \text{ (lần/mm)}$$

Trong đó:

t_1, t_2 - Mốc thời gian xác định độ sâu vệt hằn bánh xe; với t_1 = 45 phút, t_2 = 60 phút. Nếu d_2 lớn hơn hoặc bằng 25 mm thì phải lấy t_2 tương ứng d_2 = 25 mm để tính toán;

d_1, d_2 - Độ sâu vệt hằn bánh xe tương ứng với mốc thời gian t_1 và t_2;

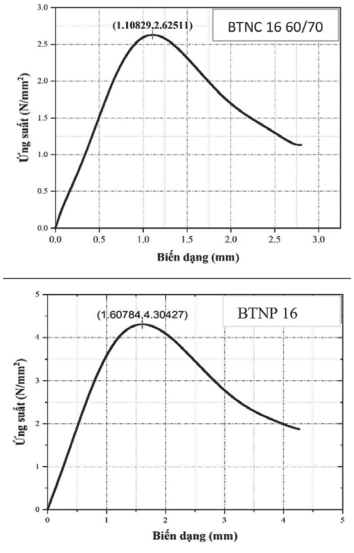
42 - Số lần tác dụng của tải trọng trong 1 phút;

c_1 - Hệ số điều chỉnh loại máy tùy thuộc vào cấu tạo của hệ thống dẫn động (truyền động) đến bánh xe thử nghiệm. Đối với máy thử có hệ thống dẫn động dạng cánh tay đòn thì c_1 = 1,0;

c_2 - Hệ số điều chỉnh kích thước mẫu. c_2 = 1,0 khi mẫu có chiều rộng 300 mm, c_2 = 0,8 khi mẫu có chiều rộng 150 mm.

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ BÌNH LUẬN

Biểu đồ quan hệ giữa ứng suất - chiều sâu xuyên ở 30^{0}C của các mẫu BTN được thể hiện ở *Hình 4.1*.

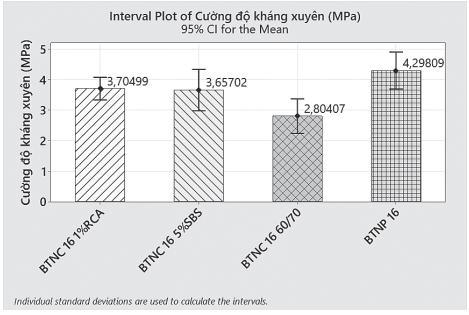


Hình 4.1: Biểu đồ quan hệ giữa ứng suất nén và chiều sâu xuyên

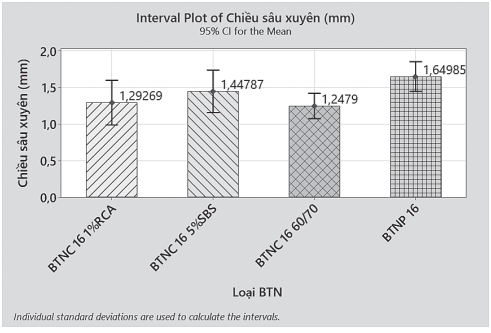
Kết quả thí nghiệm xác định cường độ kháng xuyên dọc trục và chiều sâu xuyên của các tổ mẫu BTN lần lượt được thể hiện ở *Hình 4.2* và *Hình 4.3*. Từ các kết quả thí nghiệm rút ra một số nhận xét sau:

- Cường độ kháng xuyên của BTNP 16 và BTNC 16 sử dụng phụ gia (BTNC 16 5%SBS và BTNC 16 1%RCA) tăng lên từ 30 - 50% so với BTNC 16 60/70 không sử dụng phụ gia. Điều này cho thấy việc sử dụng nhựa đường polime PMB III hoặc sử dụng phụ gia SBS và RCA trộn trực tiếp với cốt liệu nóng để chế tạo hỗn hợp BTN có tác dụng cải thiện cường độ kháng xuyên dọc trục.

- Chiều sâu xuyên dọc trục tại thời điểm mẫu bị phá hoại của BTNP 16 và BTNC 16 sử dụng phụ gia (BTNC 16 5%SBS và BTNC 16 1%RCA) cũng có xu hướng tăng lên so với BTNC 16 60/70 không sử dụng phụ gia.

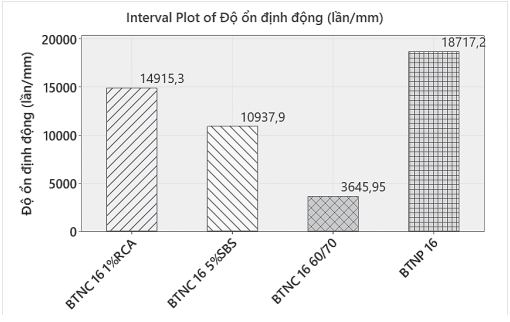


Hình 4.2: Cường độ kháng xuyên của các mẫu BTN



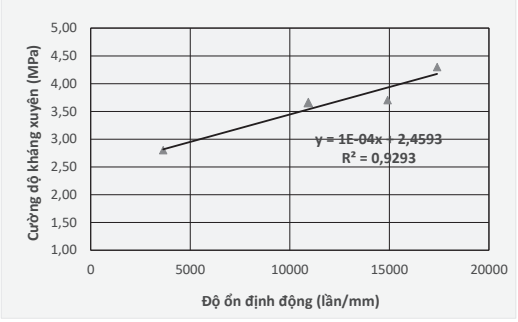
Hình 4.3: Chiều sâu xuyên của các mẫu BTN

Kết quả độ ổn định động của các loại BTN nghiên cứu được thể hiện ở *Hình 4.4*.



Hình 4.4: Độ ổn định động của BTN

Từ các kết quả thí nghiệm xác định độ ổn định động và cường độ kháng xuyên của 4 loại BTN nghiên cứu, xây dựng tương quan giữa 2 chỉ tiêu này thể hiện trên biểu đồ *Hình 4.5*.



Hình 4.5: Tương quan giữa độ ổn định động và cường độ kháng xuyên của BTN

Có thể thấy rằng, giữa cường độ kháng xuyên dọc trục và độ ổn định động của các loại BTN có tương quan tuyến tính chặt chẽ với hệ số xác định $R^2 = 0,9293$.

5. KẾT LUẬN VÀ CÁC HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

5.1. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong phòng và các phân tích đánh giá, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Các kết quả nghiên cứu bước đầu chỉ ra có sự tương quan tuyến tính chặt chẽ giữa cường độ kháng xuyên dọc trục và chỉ tiêu độ ổn định động của BTN theo phương pháp C trong Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT.

- Thí nghiệm xuyên dọc trục theo Phụ lục F của Tiêu chuẩn JTG D50-2017 là thí nghiệm đơn giản, dễ thực hiện trên máy nén Marshall trong các phòng thí nghiệm ở Việt Nam. Vì vậy, phương pháp thí nghiệm xuyên dọc trục có tiềm năng sử dụng để đánh giá khả năng kháng hằn lún vệt bánh xe của BTN.

5.2. Các định hướng nghiên cứu tiếp theo

Cần tiến hành các nghiên cứu sử dụng thí nghiệm xuyên dọc trục cho các loại BTN khác nhau và ở các điều kiện nhiệt độ thí nghiệm khác nhau, từ đó có thêm cơ sở dữ liệu để xây dựng tương quan giữa chỉ tiêu cường độ kháng xuyên dọc trục và chiều sâu hằn lún vệt bánh xe hay độ ổn định động của BTN.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ GTVT (2014), *Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT về việc ban hành Quy định kỹ thuật về phương pháp thử độ sâu hằn bánh xe của BTN xác định bằng thiết bị Wheel tracking.*

[2]. AASHTO T 324, *Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixtures (Phương pháp thử nghiệm vệt bánh xe của hỗn hợp BTN đã đầm nén bằng thiết bị Hamburg Wheel-Track).*

[3]. Christensen Jr, D. W., & Bonaquist, R. (2002), *Use of Strength Tests for Evaluating the Rut Resistance of Asphalt Concrete*, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, vol.71, pp.692-711.

[4]. Chen, X., Huang, B., & Xu, Z. (2006), *Uniaxial penetration testing for shear resistance of hot-mix asphalt mixtures*, Transportation research record, 1970(1), 116-125.

[5]. Martin, A. E., and D. W. Park (2003), *Use of the Asphalt Pavement Analyzer and Repeated Simple Shear Test at Constant Height to Augment Superpave Volumetric Mix Design*, Journal of Transportation Engineering, ASCE, vol.129, no.5, pp.522-530.

[6]. Morea, F., & Zerbino, R. (2015), *Wheel tracking test (WTT) conducted under different standards. Study and correlation of test parameters and limits*, Materials and Structures, 48(12), 4019-4028.

[7]. JTG D50 (2017), *公路沥青路面设计规范 (Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường BTN).*

[8]. Zhang, Y., Sun, L., & Cheng, H. (2020), *Laboratory performance evaluation of hot- mix asphalt mixtures with different design parameters*, Applied Sciences, 10(9), 3038.

Ngày nhận bài: 12/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 20/4/2024

Đánh giá tình trạng hư hỏng của dầm T bê tông thông qua thuật toán tối ưu ngẫu nhiên kết hợp với dữ liệu đo dao động

■ **TS. HỒ VIỆT LONG; TS. HỒ VĨNH HẠ; TS. VŨ VĂN TOẢN; TS. HỒ XUÂN BA(*)**
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)bahx_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Hiện nay, việc xác định tình trạng hư hỏng của dầm chủ yếu dựa vào công tác quan trắc trực tiếp tại hiện trường. Quá trình này thường tốn nhiều thời gian và kinh phí, góp phần tạo nên khó khăn trong việc đánh giá tình trạng kết cấu. Kết quả thu được thường phụ thuộc vào tính chủ quan, kinh nghiệm của người đánh giá. Do đó, một giải pháp đánh giá có tính khách quan, đơn giản với độ chính xác cao là rất cần thiết để đưa ra quyết định về công tác duy tu, bảo dưỡng một cách chính xác và kịp thời. Bài báo giới thiệu một phương pháp tận dụng khả năng tìm kiếm toàn cục của các thuật toán tối ưu kết hợp với kết quả đo dao động để xác định tình trạng hư hỏng trong dầm T bê tông. Thông qua việc thu thập các thay đổi trong tần số dao động, thuật toán tối ưu sẽ xác định hư hỏng trong dầm T. Tính hiệu quả của giải pháp đề xuất được kiểm chứng bằng mô hình số của dầm T với các kịch bản hư hỏng khác nhau thông qua giả thiết suy giảm độ cứng. Thuật toán tối ưu được sử dụng trong nghiên cứu này là động vật săn mồi biển và loài linh trưởng. Kết quả thu được góp phần khẳng định tính khả thi của việc kết hợp thuật toán tối ưu và dữ liệu đo dao động trong việc xác định hư hỏng trong dầm.

TỪ KHÓA: Tần số, thuật toán tối ưu, ngẫu nhiên, MPA, AGTO.

ABSTRACT: Currently, the identification of damage conditions in beams relies mainly on visual monitoring on-site. This process is often time-consuming and costly, contributing to challenges in assessing the structural condition. Obtained results are susceptible to subjectivity and depend heavily on observers' experience. Consequently, there is a need for an objective, straightforward and highly accurate assessment method to facilitate precise and timely decision-making for maintenance and repair activities. This article introduces a method that takes advantage of the global search ability of optimization algorithms combined with vibration data to determine failure conditions in a concrete T-beam. By collecting changes in the frequency of the girder, the optimization algorithm determines damages in the T-girder. The efficiency of the proposed solution is verified through numerical models of the girder with different damage scenarios by means of stiffness reduction. The optimiation algorithms used in this current study are marine predators algorithm and artificial gorilla troops optimizer. The findings contribute to affirming the feasibility of integrating optimization algorithms and vibration measurement data in determining damages in a girder.

KEYWORDS: Frequency, optimization algorithm, stochastic, MPA, AGTO.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sau một thời gian đưa vào khai thác, dưới tác dụng của ngoại lực và thời tiết, hư hỏng trong kết cấu công trình, bao gồm công trình cầu là không thể tránh khỏi. Sự hiện diện của hư hỏng có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng làm việc, xuống cấp của công trình.

Hiện nay, việc phát hiện một số khuyết tật, hư hỏng trong kết cấu thường được thực hiện thông qua công tác kiểm tra bằng mắt thường. Tuy nhiên, sẽ rất khó phát hiện những hư hỏng nằm bên trong kết cấu, không nhìn thấy được hoặc không tiếp cận được [1]. Công tác kiểm tra này cũng đòi hỏi nhiều thời gian, nỗ lực và kinh nghiệm của người khảo sát. Do đó, cần phải có một giải pháp đơn giản, chính xác và tin cậy hơn trong việc cảnh báo hư hỏng trong kết cấu. Việc sớm phát hiện hư hỏng sẽ duy trì được khả năng làm việc của công trình thông qua việc đưa ra những quyết định đúng đắn, kịp thời về công tác duy tu bảo dưỡng công trình.

Một trong những phương pháp chẩn đoán hư hỏng không phá hủy đó là phương pháp chẩn đoán dựa trên đặc trưng động như tần số dao động, hình thái dao động của kết cấu. Những đặc trưng này sẽ thay đổi khi có sự hiện diện của hư hỏng trong kết cấu. Nhờ đó, có thể đưa ra được kết luận về tình trạng của kết cấu dựa vào sự thay đổi đặc trưng động này. Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản triển khai, kinh phí hợp lý và không cản trở giao thông trong quá

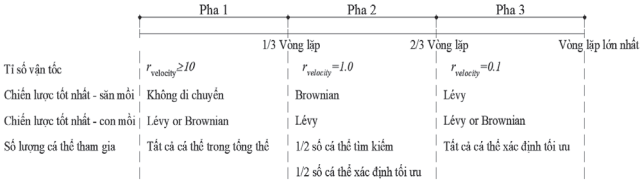
trình thu thập dữ liệu. Do đó, phương pháp này đã và đang trở thành một giải pháp tiềm năng, nhận được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu, quản lý trong việc chẩn đoán sức khỏe kết cấu.

Để phát huy tính vượt trội của phương pháp này, các nhà nghiên cứu đã kết hợp dữ liệu đo dao động với các thuật toán tối ưu, không chỉ phát hiện có hay không có hư hỏng, mà còn có thể xác định vị trí và mức độ hư hỏng tương ứng [2-3]. Trong đó, nhóm thuật toán tối ưu ngẫu nhiên thể hiện khả năng cao trong việc xác định giá trị tối ưu toàn cục thay vì mắc kẹt tại điểm tối ưu cục bộ. Vì vậy, hai thuật toán tối ưu ngẫu nhiên được khảo sát trong nghiên cứu này bao gồm thuật toán động vật săn mồi biển (MPA) [4], thuật toán loài linh trưởng (AGTO) [5]. Đây đều là những thuật toán mới, được chứng minh tính hiệu quả trong việc ứng dụng vào các bài toán kỹ thuật so với các thuật toán nổi tiếng như thuật toán bầy đàn, di truyền hay luyện kim. Tính khả thi của các thuật toán tiếp tục được đánh giá trong bài toán chẩn đoán sức khỏe công trình.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

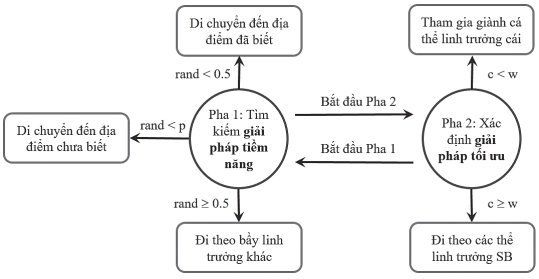
2.1. Thuật toán tối ưu

- Thuật toán động vật săn mồi biển (MPA): Dựa trên sự chuyển đổi linh hoạt giữa hai chiến lược di chuyển Brownian and Lévy. Sự chuyển đổi này nhằm tối ưu chiến lược tìm kiếm thức ăn tối ưu cho động vật săn mồi. Quá trình tối ưu này gồm 3 pha *(Hình 2.1)*. Pha 1: Chiếm 1/3 tổng số vòng lặp, toàn bộ cá thể trong tập tổng thể tham gia vào quá trình tìm kiếm giải pháp tiềm năng. Pha 2: Chiếm 1/3 tổng số vòng lặp, một nửa số cá thể sẽ tham gia tìm kiếm giải pháp tiềm năng, một nửa số cá thể còn lại tham gia xác định giải pháp tối ưu. Trong pha cuối, 1/3 tổng số vòng lặp sẽ được sử dụng để xác định giải pháp tối ưu.



Hình 2.1: Quá trình tối ưu trong MPA

- Thuật toán loài linh trưởng (AGTO) được truyền cảm hứng từ cuộc sống của loài linh trưởng. Một cá thể linh trưởng đực trưởng thành (SB) chịu trách nhiệm dẫn dắt đàn của nó tìm kiếm thức ăn, ra quyết định cho đàn di chuyển và đảm bảo tính an toàn của bầy. Thuật toán AGTO gồm 2 pha, tìm kiếm giải pháp tiềm năng và xác định giải pháp tối ưu, được diễn giải thông qua một cơ chế toán học *(Hình 2.2)*. Cá thể linh trưởng đực này đại diện cho giải pháp tối ưu. Trong thuật toán AGTO, 5 toán tử giúp vận hành quá trình tối ưu. 3 toán tử phục vụ cho quá trình tìm kiếm pháp tiềm năng và 2 toán tử sử dụng trong việc xác định giải pháp tối ưu, nhằm mục đích đảm bảo sự cân bằng giữa quá trình tìm kiếm giải pháp tiềm năng và xác định giải pháp tối ưu.



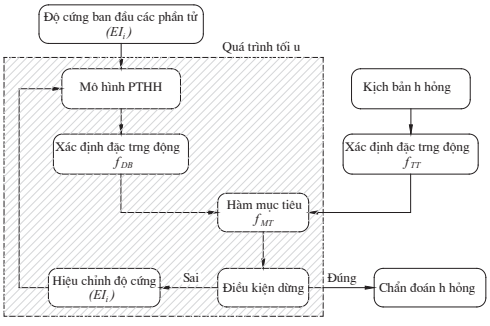
Hình 2.2: Quá trình tối ưu trong AGTO

2.2. Phương pháp xác định tình trạng hư hỏng dựa trên dao động và thuật toán tối ưu

Ý tưởng chính của cách tiếp cận này là giải bài toán cập nhật mô hình, tận dụng khả năng tối ưu toàn cục của các thuật toán MPA, AGTO. Hàm mục tiêu f_{MT} dựa trên tần số dao động, được xác định theo công thức sau:

$$f_{MT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(f_{DB}^{i} - f_{TT}^{i}\right)^2}{N}} \quad (1)$$

Trong đó: N - Số tần số dao động được sử dụng; f^i_{BD}, f^i_{TT} - Tần số dao động dự báo và thực tế của mốt dao động thứ *i*.



Hình 2.3: Chẩn đoán hư hỏng bằng phương pháp đề xuất

Hình 2.3 giới thiệu trình tự của việc chẩn đoán hư hỏng của phương pháp đề xuất. Theo đó, hàm mục tiêu f_{MT} giữa trạng thái hư hỏng thực tế và trạng dự báo được thiết lập theo công thức (1). Trong nghiên cứu này, hư hỏng của dầm được giả thiết thông qua việc suy giảm độ cứng (*EI*). Thuật toán tối ưu có nhiệm vụ xác định giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu bằng việc thay đổi giá trị biến khảo sát (ở đây là độ cứng *EI*) trong một phạm vi định sẵn. Thông thường, mức độ giảm độ cứng khảo sát trong phạm vi từ 0 - 100%. Với 0% tương đương kết cấu không bị hư hỏng và 100% tương ứng với kết cấu bị hư hỏng hoàn toàn. Khi chưa thỏa mãn điều kiện dừng lặp, các giá trị mới của biến khảo sát sẽ tiếp tục được đưa vào mô hình số để tính toán lại giá trị của các đặc trưng động.

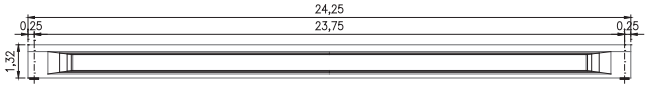
Khi $f_{MT} \rightarrow 0$, nghĩa là $f^i_{BD} \rightarrow f^i_{TT}$, hư hỏng dự báo sẽ tiến dần hư hỏng thực tế. Nói cách khác, với đặc trưng động đo đạc được ở một trạng thái bất kỳ (đã hư hỏng nhưng chưa biết vị trí hư hỏng, mức độ hư hỏng), thuật toán tối ưu sẽ xác định 1 tổ hợp các giá trị độ cứng EI_i nhằm thu được một mô hình số có đặc trưng động gần nhất với đặc trưng động đã đo đạc. Từ đó, đưa ra chẩn đoán về hư hỏng trong kết cấu.

3. CHẨN ĐOÁN TÌNH TRẠNG HƯ HỎNG

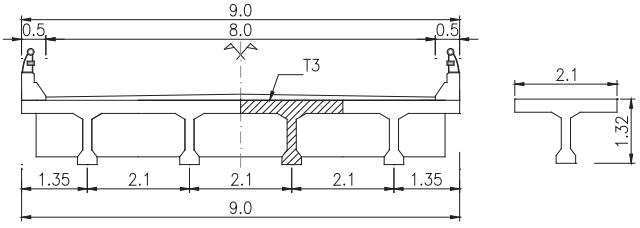
3.1. Mô tả kết cấu dầm T

Dầm T sử dụng trong nghiên cứu này được dựa trên hồ

sơ tăng cường sửa chữa cầu Đoan Hùng [6]. Kích thước của dầm được giới thiệu trong *Hình 3.1* và *Hình 3.2* (đơn vị m).

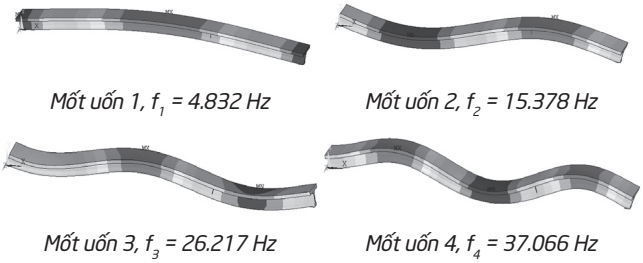


Hình 3.1: Kích thước dầm T



Hình 3.2: Mặt cắt ngang cầu và dầm T

Dầm được mô hình bằng phần tử khối, solid185, trong phần mềm ANSYS 17 [7]. Đặc trưng vật liệu sử dụng trong mô hình: Mô-đun đàn hồi $E_c = 3.6054\times10^4$ MPa, khối lượng riêng $\gamma_c = 2.600$ kg/m^3, hệ số poát xông $\nu_c = 0,2$.



Mốt uốn 1, $f_1 = 4.832$ Hz *Mốt uốn 2, $f_2 = 15.378$ Hz*

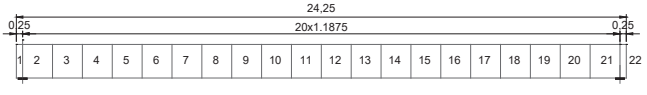
Mốt uốn 3, $f_3 = 26.217$ Hz *Mốt uốn 4, $f_4 = 37.066$ Hz*

Hình 3.3: Bốn mốt uốn thẳng đứng của dầm nguyên

Sử dụng phương pháp Block Lanczos phân tích ứng xử động của dầm T. Mười mốt dao động uốn theo phương thẳng đứng được dùng để chẩn đoán hư hỏng của dầm. *Hình 3.3* thể hiện một số mốt dao động của dầm.

3.2. Kịch bản hư hỏng trong dầm T

Dầm T được giả thiết chia thành 22 đoạn khác nhau *(Hình 3.4)*. Như đã đề cập, hư hỏng trong dầm được mô phỏng thông qua việc suy giảm độ cứng. Ngoài ra, giả thiết các đoạn dầm hư hỏng nằm trong khoảng từ 1 đến 11 để giảm thời gian tính toán với hai kịch bản hư hỏng được giới thiệu trong *Bảng 3.1*.



Hình 3.4: Phân chia đoạn dầm trong dầm T

Với mỗi kịch bản hư hỏng xác định được một tập các giá trị tần số dao động gọi là f^i_{TT}, đây được coi là giá trị tham chiếu, từ đó, quá trình tối ưu tìm ra 1 tập các giá trị tần số f^i_{BD} có sai số ít nhất so với f^i_{TT} để trả lời câu hỏi về vị trí và mức độ hư hỏng trong dầm.

Bảng 3.1. Kịch bản hư hỏng trong dầm T

Kịch bản	Ví trí	Mức độ hư hỏng	Vị trí	Mức độ hư hỏng
CS1	3	15%		
CS2	6	10%	9	20%

3.3. Đánh giá tình trạng hư hỏng

Các tham số của bài toán sử dụng trong nghiên cứu được giới thiệu trong *Bảng 3.2*. Kịch bản hư hỏng CS1 gồm 1 hư hỏng tại đoạn dầm 3 với độ cứng giảm 15%. Để so sánh tính hiệu quả, cả thuật toán MPA và AGTO đều dùng số cá thể 50 và số vòng lặp 50.

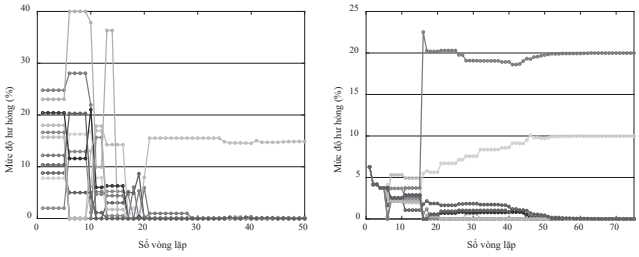
Bảng 3.2. Thông số đầu vào

Kịch bản	Số biến(*)	Mức độ hư hỏng khảo sát (**)	Số cá thể (***)		Số vòng lặp
			MPA	AGTO	
CS1	11	0% - 40%	50		50
CS2	11	0% - 40%	30	100	75

Ghi chú:

- (*) Số đoạn dầm giả thiết bị hư hỏng bằng việc giảm độ cứng;
- (**) Trong nghiên cứu này, giả thiết mỗi đoạn dầm hư hỏng trong khoảng (0 - 40)%;
- (***) Số giải pháp tiềm năng trong mỗi vòng lặp.

Trong vòng lặp đầu tiên, mỗi thuật toán có 50 cá thể tương ứng với 50 giải pháp tiềm năng. Mỗi giải pháp tiềm năng chứa thông tin ngẫu nhiên về vị trí hư hỏng (từ 1 - 11) và mức độ hư hỏng (từ 0 - 40%). Tương ứng với mỗi giải pháp này sẽ xác định tập các giá trị tần số dự báo f^i_{BD}. Từ đó, tính được hàm mục tiêu f_{MT} theo công thức (1). Sau mỗi vòng lặp sẽ tìm ra được f_{MT} nhỏ nhất, tương ứng với 1 cá thể chứa thông tin hư hỏng trong dầm sát với kịch bản hư hỏng nhất. Vòng lặp thứ 2 sẽ sử dụng cá thể này để tạo ra ngẫu nhiên 50 giải pháp tiềm năng khác nhau. Quá trình tối ưu được lặp lại và kết thúc sau 50 vòng lặp.

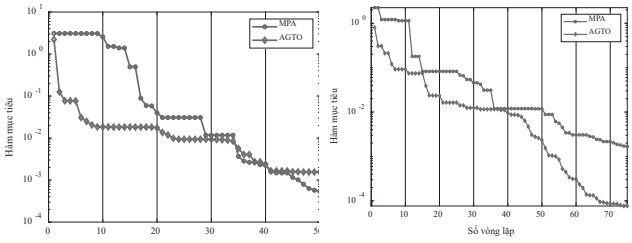


a) - CS1 - MPA *b) - CS2 - AGTO*

Hình 3.5: Sự tiến hóa của các biến khảo sát theo vòng lặp

Hình 3.5a cho thấy quá trình tối ưu được bắt đầu bằng các giá trị ngẫu nhiên về vị trí dầm và mức độ hư hỏng, sau đó tiến hóa dần về vị trí và mức hư hỏng giả thiết trong *Bảng 3.1*. Đoạn dầm không hư hỏng có mức độ hư hỏng tiến dần về 0%. Có thể thấy, chỉ có 1 biến tiệm cận giá trị 15%, đa phần các biến còn lại đã hội tụ về 0%. Kết quả này phù hợp với kịch bản CS1.

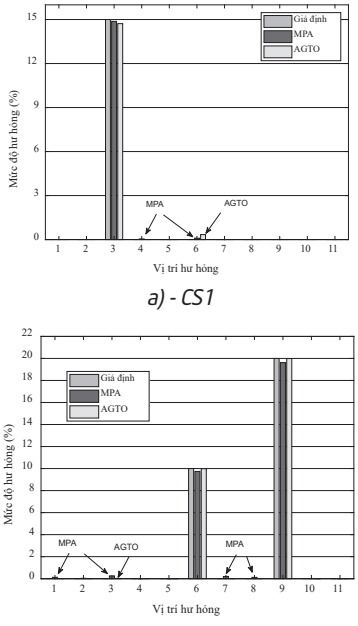
Với sự thay đổi của các biến khảo sát, giá trị của f_{MT} trong *Hình 3.6a* có xu hướng giảm dần, lần lượt là $1,55\times10^{-3}$ và $5,41\times10^{-4}$ với AGTO và MPA tại vòng lặp cuối cùng. Trong nghiên cứu này, MPA thể hiện khả năng tối ưu tốt hơn so với AGTO với cùng 1 điều kiện đầu vào. Điều này lý giải vì sao MPA có thể dự bảo vị trí và mức độ hư hỏng sát với kịch bản hư hỏng CS1 hơn so với AGTO *(Hình 3.7a)*. MPA dự báo vị trí số 3 hư hỏng 14,87%, một số vị trí khác cũng được dự báo hư hỏng nhưng với mức suy độ giảm độ cứng dưới 0,09%. AGTO dự báo đoạn dầm số 3 hư hỏng 14,72% và đoạn dầm số 6 hư hỏng 0,34%. Tuy nhiên, thời gian phân tích giá trị tối ưu của MPA lại gấp đôi so với AGTO, 9,6h so với 4,2h.



a) - CS1 *b) - CS2*

Hình 3.6: Đường cong hội tụ của hàm mục tiêu với các kịch bản hư hỏng

Trong kịch bản hư hỏng CS2, tính hiệu quả của MPA được khảo sát với số lượng cá thể ít hơn (30 cá thể) nhằm giảm thời gian phân tích, đồng thời trả lời câu hỏi liệu AGTO có thể cải thiện khả năng tối ưu khi số lượng cá thể tăng lên (100 cá thể - *Bảng 3.2*). Sự thay đổi của các biến khảo sát sử dụng AGTO được thể hiện trong *Hình 3.5b*. Tương tự, các biến khảo sát cũng được bắt đầu từ các giá trị ngẫu nhiên và tiến hóa dần đến giá trị giả định. Sau 75 vòng lặp, 2 biến tương ứng với 2 vị trí hư hỏng đã tiến gần đến mức độ hư hỏng 10% và 20%, các biến khác tiệm cận giá trị 0. Với số lượng cá thể nhiều hơn, AGTO đã cải thiện được khả năng tìm kiếm giá trị tối ưu của mình. Ngược lại, MPA có sự suy giảm nhất định về khả năng tìm kiếm giá trị tối ưu khi giảm số lượng cá thể. Theo *Hình 3.6b*, ở vòng lặp cuối cùng, giá trị của f_{MT} lần lượt với MPA và AGTO là $1{,}68\times10^{-3}$ và $7{,}65\times10^{-5}$. Do đó, trong kịch bản hư hỏng này, AGTO thể hiện khả năng dự báo chính xác hơn với 2 hư hỏng tại vị trí 6 và 9 là 9,98% và 19,98% so với 9,73% và 19,62% khi sử dụng MPA. Ngoài ra, do hạn chế về số lượng cá thể, MPA cũng đưa ra cảnh báo tại một số vị trí khác nhưng với mức hư hỏng không đáng kể, dưới 0,1%. Với sự thay đổi số lượng cá thể này, thời gian phân tích của MPA là 8h và AGTO là 12h.



a) - CS1

b) - CS2

Hình 3.7: Kết quả chẩn đoán hư hỏng trong dầm T

Nhìn chung, cả hai thuật toán tối ưu để thể hiện khả năng xác định được chính xác vị trí hư hỏng với mức độ hư hỏng dự báo xấp xỉ với các kịch bản hư hỏng giả định ban đầu. Điều này cho thấy tiềm năng của việc ứng dụng thuật toán tối ưu kết hợp với dữ liệu đo dao động trong việc đánh giá sức khỏe kết cấu.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu chi tiết trình tự xác định hư hỏng trong một dầm T với các kịch bản khác nhau dựa vào việc xử lý đặc trưng động từ công tác đo dao động tổng thể. Một số nét chính trong nghiên cứu như sau:

- Trong nghiên cứu này, với cùng tham số đầu vào MPA tỏ ra vượt trội hơn so với AGTO về dự báo vị trí và mức độ hư hỏng, tuy nhiên lại đòi hỏi thời gian phân tích gấp 2 lần so với AGTO.

- AGTO có thể cải thiện khả năng tìm kiếm tối ưu toàn cục khi tăng số lượng cá thể và số lượng vòng lặp. Tuy việc giảm số lượng cá thể có ảnh hưởng đến khả năng tối ưu của MPA nhưng kết quả chẩn đoán là chấp nhận được nếu cân nhắc về khía cạnh thời gian.

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của các thuật toán tối ưu, kết quả này góp phần mở ra hướng ứng dụng tiềm năng trong việc đánh giá hư hỏng trong kết cấu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2023-PHII-007TĐ.

Tài liệu tham khảo

[1]. Hồ Xuân Ba, Hồ Việt Long (12/2022), *Đánh giá nhanh trạng thái kỹ thuật của kết cấu trụ cầu đang khai thác từ kết quả đo dao động*, Tạp chí GTVT, tr.39-43.

[2]. L. Ngoc-Nguyen et al., *Damage assessment of suspension footbridge using vibration measurement data combined with a hybrid bee-genetic algorithm*, Scientific Reports.

[3]. L. Nguyen Ngoc et al. (May, 2023), *Performance evaluation of the artificial hummingbird algorithm in the problem of structural damage identification*, vol.74, no.4, pp.413-427.

[4]. A. Faramarzi, M. Heidarinejad, S. Mirjalili and A. H. Gandomi (Aug., 2020), *Marine Predators Algorithm: A nature-inspired metaheuristic*, Expert Systems with Applications, vol.152, p.113377.

[5]. B. Abdollahzadeh, F. Soleimanian Gharehchopogh and S. Mirjalili (Oct., 2021), *Artificial gorilla troops optimizer: A new nature-inspired metaheuristic algorithm for global optimization problems*, Int J Intell Syst, vol.36, no.10, pp.5887-5958.

[6]. Báo cáo khảo sát công trình (2019), *Sửa chữa cầu Đoan Hùng km111+812, QL2, tỉnh Phú Thọ*.

[7]. ANSYS, Inc. *Southpointe*, 275 Technology Drive, Canonsburg, PA 15317, Release 17.2.

Ngày nhận bài: 12/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 27/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2024

Nghiên cứu một số kỹ thuật khai phá dữ liệu và ứng dụng trong bài toán tư vấn học tập tại trường đại học

■ **TS. NGUYỄN QUỐC TUẤN**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: nqtuan@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Khai phá dữ liệu là một hướng tiếp cận giúp các đơn vị, tổ chức chú trọng vào những thông tin có nhiều ý nghĩa từ tập dữ liệu lớn. Hiện nay, việc ứng dụng của khai phá dữ liệu trong lĩnh vực giáo dục đang thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu và người quản lý giáo dục.
Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu phương pháp khai phá luật kết hợp trong khai phá dữ liệu từ kết quả học tập của sinh viên trong quá trình học tập tại trường đại học để đánh giá mối liên quan giữa các học phần cũng như mối liên quan giữa các học phần đến kết quả tốt nghiệp của sinh viên, từ đó trợ giúp nhà trường có kế hoạch phù hợp hỗ trợ cho sinh viên, nâng cao chất lượng đào tạo.

TỪ KHÓA: Khai phá dữ liệu, khai phá dữ liệu trong giáo dục, khai phá luật kết hợp, Apriori, FP-Growth.

ABSTRACT: Data mining is an approach that assists units and organizations in extracting meaningful information from large datasets. Currently, the application of data mining in education is garnering attention from researchers and educational managers.
In this paper, we study data mining techniques such as the association rule mining from students' learning outcomes throughout their university studies. This analysis aims to evaluate the correlations between modules, as wnell as the connection between modules and students' graduation outcomes. The findings will aid universities in devising suitable plans to support students and enhance the quality of education.

KEYWORDS: Datamining, education data mining, association rule mining, apriori, FP-Growth.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, các trường đại học và cao đẳng đã chuyển sang đào tạo theo học chế tín chỉ. Việc tư vấn học tập chủ yếu liên quan đến việc lựa chọn lộ trình học phù hợp nhằm đạt được kết quả học tập cao nhất cho mỗi sinh viên được đặc biệt quan tâm. Đó cũng là khó khăn chung không chỉ của mỗi sinh viên mà còn của các đơn vị quản lý trong trường đại học cho đến các cán bộ được phân công chuyên trách như cố vấn học tập. Ngay cả với các cấp quản lý, bằng cảm tính hoặc suy luận thủ công từ nguồn dữ liệu của sinh viên để đưa ra những tư vấn tốt trong việc chọn lộ trình học cho mỗi sinh viên không phải là khả thi.

Tại Việt Nam, việc nghiên cứu khai phá dữ liệu trong lĩnh vực giáo dục đào tạo cũng đã được quan tâm. Đã có một số công trình được công bố như: Huỳnh Lê Uyên Minh [1] dự báo khả năng tốt nghiệp đúng hạn của sinh viên, Lê Quốc Tiến [3] phân tích xếp loại tốt nghiệp của sinh viên, Nguyễn Thị Uyên [4] dự báo khả năng dừng học của sinh viên...

Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi nghiên cứu phương pháp tiếp cận khai phá luật kết hợp từ kết quả học tập của sinh viên để tìm ra các mối liên hệ giữa các học phần trong chương trình đào tạo. Từ kết quả thu được sẽ giúp các nhà quản lý có kế hoạch phù hợp hỗ trợ cho sinh viên, nâng cao chất lượng đào tạo. Bài báo được tổ chức như sau: Phần 1 giới thiệu tổng quan, Phần 2 giới thiệu phương pháp khai phá luật kết hợp trong khai phá dữ liệu, Phần 3 ứng dụng triển khai thuật toán hai thuật toán Apriori và thuật toán FP-Growth để xác định mối liên hệ giữa các học phần, cũng như ảnh hưởng của các học phần đến kết quả đồ án tốt nghiệp của sinh viên.

2. KHAI PHÁ LUẬT KẾT HỢP TRONG KHAI PHÁ DỮ LIỆU

Mục tiêu của quá trình khai thác dữ liệu là trích xuất thông tin từ một bộ dữ liệu và chuyển nó thành một cấu trúc dễ hiểu để sử dụng cho các bài toán tiếp theo [2]. Trong phần này, chúng tôi sẽ đề cập đến một số khái niệm cơ bản và các bước thực hiện trong khai phá luật kết hợp, tiếp đến sẽ giới thiệu 2 thuật toán phổ biến nhất khai phá luật kết hợp đó là thuật toán Apriori và FP-Growth.

2.1. Luật kết hợp

Khai phá dữ liệu bằng luật kết hợp là một phương pháp quan trọng trong khai phá dữ liệu, được Rakesh Agrawal, Tomasz Imielinski, Arun Swami đề xuất năm 1993 [5]. Trong lĩnh vực khai phá dữ liệu, mục đích của luật kết hợp là tìm ra các mối quan hệ giữa các đối tượng trong khối lượng lớn dữ liệu.

- *Độ hỗ trợ* (Support) của luật kết hợp X =>Y là tần suất của giao dịch chứa cả hai tập X và Y.

- *Độ tin cậy* (Confidence) của luật kết hợp X =>Y là xác suất xảy ra Y khi đã biết X.

Độ hỗ trợ và độ tin cậy là 2 tham số dùng để đo lường luật kết hợp. Để thu được các luật kết hợp, ta thường áp dụng 2 tiêu chí: Độ hỗ trợ tối thiểu (min_sup) và độ tin cậy tối thiểu (min_conf). Các luật thỏa mãn có độ hỗ trợ và độ tin cậy lớn hơn hoặc bằng cả min_sup và min_conf còn gọi là các luật mạnh.

Hai giai đoạn cơ bản của thuật toán khai phá luật kết hợp:

Input: I, D, min_sup, min_conf
Output: Các luật thỏa mãn min_sup, min_conf.
Thuật toán:
- Pha 1: Tìm tất cả các tập mục phổ biến trong tập cơ sở dữ liệu giao dịch D (tìm tất cả các tập mục có độ hỗ trợ lớn hơn hoặc bằng min_sup), đây là pha tốn khá nhiều thời gian.
- Pha 2: Sinh các luật từ các tập mục phổ biến sao cho độ tin cậy của luật lớn hơn hoặc bằng min_conf, pha này đơn giản và tốn ít thời gian hơn nhiều so với Pha 1.

2.2. Thuật toán Apriori

Apriori được bắt nguồn từ "Algorithm PRIOR knowledgement of frequent Itemset properties" là thuật toán được đề xuất bởi Rakesh Agrawal và R.Srikant vào năm 1993 [5] để khai thác các tập mục phổ biến đối với các luật kết hợp nhị phân.

Thuật toán Apriori sử dụng tri thức tiền nghiệm của các thuộc tính tập mục phổ biến phổ biến đó là: Tập con của một tập phổ biến cũng là tập phổ biến.

Các tập mục phổ biến trong thuật toán Apriori được tính toán thông qua các bước lặp. Trong mỗi bước lặp, cơ sở dữ liệu được quét một lần và mọi tập mục phổ biến có cỡ giống nhau được tính toán và đưa vào tập L_k, với k tương ứng là kích cỡ của tập mục.

***Input*:** Cơ sở dữ liệu D, ngưỡng hỗ trợ min_sup
***Output*:** Tất cả các tập mục phổ biến
***Thuật toán*:**
Quét CSDL D để tìm các tập mục phổ biến 1-tập mục L_1
For (k=2; $L_{k-1} \neq \emptyset$; k++) **do**
Begin
C_k:= apriori_generate(L_{k-1}) //sinh tập mục ứng viên mới k-tập_mục từ tập mục phổ biến (k-1) - tập_mục
For giao dịch t ∈ D **do**
Begin
C_t:=subset(C_k,t); // hàm trả về các mục ứng cử chứa trong giao dịch t
For tập mục ứng viên c ∈ C_t **do** c.count++;
end;
end;
return L=$U_k L_k$;

Apriori là thuật toán đơn giản, dễ hiểu và dễ cài đặt. Tuy nhiên, thuật toán phải trả cho 2 chi phí lớn đó là số lượng các tập ứng viên được sinh ra rất lớn và đòi hỏi phải duyệt cơ sở dữ liệu giao dịch nhiều lần với mỗi tập ứng viên được sinh ra.

2.3. Thuật toán FP-Growth

Thuật toán FP-Growth (Frequent Pattern Growth) được Jian Pei, Jiawei Han và Yin đề xuất năm 2000 [2] nhằm khắc phục những hạn chế của thuật toán Apriori. Đây là một thuật toán không sinh ứng cử viên.

FP-Growth biểu diễn dữ liệu của các giao dịch bằng một cấu trúc dữ liệu gọi là FP - tree (cây FP) để xác định trực tiếp các tập mục thường xuyên. Cơ sở dữ liệu giao dịch được nén trong cây FP nhỏ hơn này giúp tránh việc duyệt cơ sở dữ liệu trên bộ nhớ ngoài, không những vậy quá trình duyệt cũng ít hơn. Từ cây FP sẽ tiến hành xác định các tập phổ biến. Phương pháp này đã chứng tỏ được tính hiệu quả và chỉ cần duyệt cơ sở dữ liệu giao dịch 2 lần.

**) Thuật toán:*

Thuật toán FP-Growth gồm 2 pha:

- *Pha 1*: Tạo cây FP (FP -tree): Thực hiện quét CSDL 2 lần. Duyệt cơ sở dữ liệu giao dịch lần thứ nhất để tìm tất cả các tập mục đơn phổ biến, sắp xếp các item theo thứ tự giảm của độ phổ biến. Lần duyệt cơ sở dữ liệu tiếp theo sẽ xây dựng cây FP.

- *Pha 2*: Khai phá các tập mục phổ biến từ cây FP. Cây FP có 2 tính chất sau:

+ Tính chất 1: Với mỗi phần tử phổ biến a_i, tất cả các tập phổ biến có chứa phần tử này có thể tìm được bằng cách dò theo các nút liên kết bắt đầu từ a_i.

+ Tính chất 2: Để tìm ra các tập phổ biến từ một nút a_i trên đường đi P, chỉ cần đến đường đi con trước nút a_i trên P. Số lần phổ biến của mỗi nút trên đường đi con này phải bằng với số lần phổ biến của nút a_i.

Cấu trúc cây FP lưu trữ đầy đủ thông tin về các mẫu phổ biến cần khai phá trong cơ sở dữ liệu giao dịch, chính vì thế thuật toán này không cần sinh và kiểm tra ứng viên. Ngoài ra, cây FP cần không gian nhớ nhỏ hơn so với cơ sở dữ liệu giao dịch gốc.

3. ỨNG DỤNG KHAI PHÁ LUẬT KẾT HỢP TRONG BÀI TOÁN TƯ VẤN HỌC TẬP TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC

3.1. Thu thập và xử lý dữ liệu

Nguồn dữ liệu trong bài báo được thu thập từ kết quả học tập của 1.218 sinh viên chính quy từ 5 khóa tốt nghiệp ngành Công nghệ thông tin tại một trường đại học. Nguồn dữ liệu này cung cấp thông tin kết quả học tập toàn khóa các môn học mỗi sinh viên chọn học ở mỗi học kỳ.

Trong khuôn khổ của bài báo chỉ xét đến những môn có ảnh hưởng lớn đến kết quả tốt nghiệp của sinh viên như một số môn thuộc nhóm các học phần cơ sở (Giải tích, Tin học đại cương...), một số môn thuộc nhóm học phần cơ sở ngành (Cấu trúc dữ liệu và giải thuật, Cơ sở dữ liệu...) và một số môn thuộc nhóm học phần chuyên ngành (Lập trình Java...). Ngoài ra, bài báo cũng tập trung đánh giá ảnh hưởng của kết quả học tập lần thi thứ nhất của mỗi học phần đến kết quả tốt nghiệp ra trường của sinh viên. Tổng số học phần được nghiên cứu là 15 từ kết quả học tập của 1.218 sinh viên, cụ thể như sau:

Loại thuộc tính	Tên thuộc tính	Diễn giải	Miền giá trị
Thuộc tính điều kiện	GT1	Giải tích	{A, B+, B, C, D, D+, F+, F}
	THĐC	Tin học đại cương	
	MNLF1	Những nguyên lý cơ bản của chủ nghĩa MLN F1	
	CTDLGT	Cấu trúc dữ liệu và giải thuật	
	CSDL	Cơ sở dữ liệu	
	JAVA	Công nghệ JAVA	
	TTHCM	Tư tưởng Hồ Chí Minh	
	MMT	Mạng máy tính	
	LTHĐT	Lập trình hướng đối tượng	
	LTTTBDD	Lập trình thiết bị di động	
	TTCM	Thực tập chuyên môn	
	LTWeb	Lập trình Web	
	TRR	Toán rời rạc	
	TTTN	Thực tập tốt nghiệp	
	DATN	Đồ án tốt nghiệp	

Bảng dữ liệu sau khi được xử lý có cấu trúc như sau:

id	KHOA	LOP	JAVA	CSDL	CTDLGT	GT1	LTHĐT	LTTBDĐ	LTWeb	MMT	MNLF1	TTCM	TTTN	THĐC	TRR	TTNT	ĐATN
1400588	55	CNTT1	C	C	C	D	A	D	D	C	D	D	B	A	D	B	
1401294	55	CNTT1	C	D	A	D	A	F	D	B	B	B	B	C	D	A	
1405264	55	CNTT1	B	D	C	D	B	B	D	A	C	A	B	D	D	A	
1406848	55	CNTT1	B	A	C	D	C	B	D	B	D	B	B	D	D	C	
1407976	55	CNTT1	B	C	C	C	D	B	B	C	D	D	B	D	D	B	
9135012	55	CNTT1	B	D	C	D	C	B	B	A	B	A	A	A	C	B	F
1408698	55	CNTT1	C	D	B	D	B	D	C	A	C	B	B	B	C	B	
1408927	55	CNTT1	B	D	A	B	A	B	D	B	C	A	A	A	C	D	
1409191	55	CNTT1	B	C	C	B	C	C	C	C	D	A	B	B	D	B	
1409431	55	CNTT1	C	C	C	C	C	D	D	D	D	B	A	A	D	C	
1400146	55	CNTT2	C	C	D	D	C	B	D	D	D	B	A	D	C	D	
1400814	55	CNTT2	C	C	D	D	C	B	D	D	C	B	B	D	C	A	
1401198	55	CNTT2	C	C	D	D	C	C	D	D	D	A	B	C	D	D	
1401381	55	CNTT2	D	C	D	D		D	D	D	F	A	B	B	D		
8814029	55	CNTT2	C	C	D	F	C	C	D	D	C	B	A	D	D	A	
1420454	55	CNTT2	D	C	D	B	B	D	D	D	D	B	B	B	C	D	
1403912	55	CNTT2	B	C	D	B	C	D	A	D	C	A	A	C	C	C	
1404353	55	CNTT2	D	D	C	C	D	D	D	D	C	A	B	C	D	C	
1405476	55	CNTT2	C	D	D	D	B	B	C	C	C	C	B	C	D	B	
1405650	55	CNTT2	D	D	D	C	A	D	D	D	B	C	B	D	C	C	
1405829	55	CNTT2	D	B	D	C	B	B	C	C	B	C	C	C	D	B	
1406039	55	CNTT2	C	D	D	D	F	F	D	D	B	C	A	B	D	F	
1407005	55	CNTT2	C	C	D	B	D	F	D	D	C	C	B	D	C	A	
1407397	55	CNTT2	C	C	C	D	B	C	A	D	C		B	C	D	F	
1400149	55	CNTT3	F	F	B	F	F	D		C	D	B	A	A	B	B	
1401008	55	CNTT3	C	D	C	C	D	B	D	D	C	A	A	C	D	B	B
1404368	55	CNTT3	C	D	C	D	D	B	A	D	D	B	C	C	D	C	B
1420576	55	CNTT3	B	C	B	D	B	C	C	B	C	B	A	C	C	A	B

Hình 3.1: Kết quả dữ liệu tổng hợp của sinh viên

3.2. Ứng dụng khai phá luật kết hợp trong bài toán tư vấn học tập sinh viên

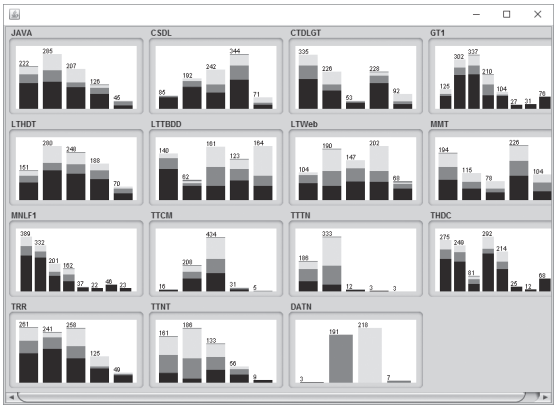
3.2.1. Phần mềm Weka

Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) [6] là phần mềm cho phép thử nghiệm các kỹ thuật khai phá dữ liệu do các nhà khoa học thuộc Trường Đại học Waitako, New Zealand khởi xướng và được sự đóng góp của rất nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới. Weka là phần mềm mã nguồn mở, cung cấp công cụ trực quan cho mọi người tìm hiểu về khai phá dữ liệu. Weka được xây dựng bằng ngôn ngữ Java và có thể chạy được trên hầu hết các hệ điều hành.

3.2.2. Khai phá luật kết hợp với thuật toán Apriori và thuật toán FP-Growth

Phần mềm Weka hỗ trợ 2 thuật toán Apriori và FP-Growth trong khai phá luật kết hợp. Chính vì thế, chúng tôi quyết định chọn phần mềm Weka để thực hiện khai phá dữ liệu cho nghiên cứu của mình với dữ liệu đầu vào là 1.218 mẫu dữ liệu đã được xử lý ở Phần 3.1.

Dữ liệu kết quả học tập 15 học phần của 1.218 sinh viên được đưa vào phần mềm Weka được thể hiện dưới đây:



Hình 3.2: Dữ liệu kết quả học tập 15 học phần của 1.218 sinh viên

Thông tin mỗi học phần được thể hiện ở từng ô với tên của học phần, trong mỗi ô gồm các cột thể hiện số liệu thống kê số lượng của từng giá trị của học phần.

3.2.3. Phân tích, đánh giá kết quả thu được sau khi áp dụng khai phá luật kết hợp trên tập dữ liệu điểm của sinh viên

Từ kết quả tổng hợp dữ liệu của 1.218 sinh viên, chúng tôi thực hiện khai phá luật kết hợp dựa trên thuật toán Apriori và thuật toán FP_Growth trên tập dữ liệu của 1.218 sinh viên để đánh giá mối liên hệ giữa các học phần.

- Khai phá luật kết hợp với Apriori:

Kết quả khai phá tập luật kết hợp theo thuật toán Apriori với min_sup = 0,1, min_conf = 0,5 của 1.218 sinh viên các khóa:

```
Apriori
=======

Minimum support: 0.1 (122 instances)
Minimum metric <confidence>: 0.5
Number of cycles performed: 18

Generated sets of large itemsets:

Size of set of large itemsets L(1): 48

Size of set of large itemsets L(2): 27

Size of set of large itemsets L(3): 1

Best rules found:

 1. LTTBDD=A 164 ==> TTCM=A 140    <conf:(0.85)> lift:(2.4) lev:(0.07) [81] conv:(4.22)
 2. TTCM=A DATN=A 167 ==> TTTN=A 135    <conf:(0.81)> lift:(2.96) lev:(0.07) [89] conv:(3.68)
 3. DATN=A 218 ==> TTTN=A 172    <conf:(0.79)> lift:(2.89) lev:(0.09) [112] conv:(3.37)
 4. TTNT=A 186 ==> TTTN=A 146    <conf:(0.78)> lift:(2.87) lev:(0.08) [95] conv:(3.3)
 5. TTTN=A DATN=A 172 ==> TTCM=A 135    <conf:(0.78)> lift:(2.2) lev:(0.06) [73] conv:(2.91)
 6. LTWeb=A 202 ==> TTCM=A 157    <conf:(0.78)> lift:(2.18) lev:(0.07) [85] conv:(2.83)
 7. DATN=A 218 ==> TTCM=A 167    <conf:(0.77)> lift:(2.15) lev:(0.07) [89] conv:(2.7)
 8. TTNT=A 186 ==> TTCM=A 140    <conf:(0.75)> lift:(2.11) lev:(0.06) [73] conv:(2.55)
 9. TTTN=A 333 ==> TTCM=A 238    <conf:(0.71)> lift:(2.01) lev:(0.1) [119] conv:(2.23)
10. LTWeb=B 190 ==> TTCM=A 134    <conf:(0.71)> lift:(1.98) lev:(0.05) [66] conv:(2.15)
```

Hình 3.3: Kết quả khai phá luật kết hợp thuật toán Apriori với tập dữ liệu 1.218 sinh viên

Từ bảng kết quả của 1.218 sinh viên trong toàn khoa ta thấy mối liên hệ mật thiết giữa các học phần liên quan đến lập trình với học phần thực tập chuyên môn, học phần thực tập tốt nghiệp, học phần đồ án tốt nghiệp, điều này phù hợp với thực tế do hầu hết sinh viên trong khoa chọn theo hướng phát triển phần mềm.

- Khai phá luật kết hợp với FP-Growth:

Kết quả khai phá tập luật kết hợp theo thuật toán FP_Growth với min_sup = 0,1, min_conf=0,5 của 1.218 sinh viên các khóa:

```
FPGrowth found 24 rules (displaying top 10)

 1. [TRR=t, LTHDI=t]: 829 ==> [CTDLGT=t]: 798   <conf:(0.96)> lift:(1.33) lev:(0.16) conv:(7.17)
 2. [CTDLGT=t, LTHDT=t]: 829 ==> [TRR=t]: 798   <conf:(0.96)> lift:(1.32) lev:(0.16) conv:(7.08)
 3. [CSDL=t]: 849 ==> [TRR=t]: 814   <conf:(0.96)> lift:(1.32) lev:(0.16) conv:(6.45)
 4. [JAVA=t]: 840 ==> [CTDLGT=t]: 805   <conf:(0.96)> lift:(1.32) lev:(0.16) conv:(6.46)
 5. [LTHDT=t]: 867 ==> [TRR=t]: 829   <conf:(0.96)> lift:(1.32) lev:(0.16) conv:(6.08)
 6. [LTHDT=t]: 867 ==> [CTDLGT=t]: 829   <conf:(0.96)> lift:(1.32) lev:(0.17) conv:(6.15)
 7. [CTDLGT=t]: 881 ==> [TRR=t]: 841   <conf:(0.95)> lift:(1.31) lev:(0.16) conv:(5.87)
 8. [JAVA=t]: 840 ==> [TRR=t]: 801   <conf:(0.95)> lift:(1.31) lev:(0.16) conv:(5.74)
 9. [CSDL=t]: 849 ==> [CTDLGT=t]: 809   <conf:(0.95)> lift:(1.32) lev:(0.16) conv:(5.73)
10. [TRR=t]: 885 ==> [CTDLGT=t]: 841   <conf:(0.95)> lift:(1.31) lev:(0.16) conv:(5.44)
```

Hình 3.4: Kết quả khai phá luật kết hợp thuật toán FP_Growth với tập dữ liệu 1.218 sinh viên

Khi chạy thuật toán FP_Growth cần tiến hành chuyển đổi dữ liệu về dạng nhị phân, do đó chỉ xét đến kết quả học tập của các học phần Đạt hay Trượt.

Từ kết quả thu được ta thấy được mối liên hệ của các học phần cơ sở như Toán rời rạc, Cấu trúc dữ liệu và giải thuật, Cơ sở dữ liệu với nhau và của các học phần này với các học phần liên quan đến lập trình như Java, Lập trình hướng đối tượng.

4. KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu tiếp cận khai phá luật kết hợp với 2 thuật toán Apriori và FP-Growth trong khai phá dữ liệu để tìm mối liên hệ giữa các học phần, cũng như ảnh hưởng của các học phần đến kết quả tốt nghiệp của sinh viên. Từ kết quả nghiên cứu sẽ đưa ra những gợi ý cho nhà quản lý giáo dục trong trường đại học có những chính sách phù hợp trong quá trình xây dựng chương trình đào tạo cũng như quá trình giảng dạy để nâng cao chất lượng đào tạo và giúp cho sinh viên có những kế hoạch học tập phù hợp để đạt kết quả cao.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CN-001.

Tài liệu tham khảo

[1]. Huỳnh Lê Uyên Minh, Phạm Trường Trinh, Nguyễn Văn Nhựt (2024), *Dự báo khả năng tốt nghiệp đúng hạn của sinh viên: Nghiên cứu trường hợp tại Trường Đại học Đồng Tháp*, Tạp chí Giáo dục, 24(1), 48-53.

[2]. Jiawei Han, Micheline Kamber and Jian Pei (2011), *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd edition, Morgan Kaufmann.

[3]. Lê Quốc Tiến, Đặng Hoàng Anh (2019), *Khai phá dữ liệu: Phân tích xếp loại tốt nghiệp và cơ hội việc làm của sinh viên sử dụng kỹ thuật phân lớp*, Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng hải, số 59, tr.125-129.

[4]. Nguyễn Thị Uyên, Nguyễn Thị Tâm (2019), *Dự đoán kết quả học tập của sinh viên bằng kỹ thuật khai phá dữ liệu*, Tạp chí khoa học, Đại học Vinh, tập 48, số 38A, tr.68-73.

[5]. Rakesh Agrawal, Tomasz Imielinski and Arun Swami (1993), *Mining association rules between sets of items in large database*, In proc of the ACM SIGMOD Conference on Management of Data, Washington, D.C.

[6]. *http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/*.

Ngày nhận bài: 01/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024

Nghiên cứu ứng dụng lý thuyết sai số để xử lý số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu theo phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng

■ **ThS. NCS. TRẦN THỊ THẢO**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: thaott@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Hiện nay, phương pháp Hyperbolic đồ giải để xử lý số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu nhằm xác định các kết quả dự báo được ứng dụng ở Việt Nam. Tuy nhiên, trong tiêu chuẩn chuyên ngành [1] chưa có hướng dẫn cụ thể về việc đánh giá độ chính xác của các kết quả tính toán. Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu ứng dụng nguyên lý bình phương tối thiểu và lý thuyết sai số trong trắc địa để xử lý số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu theo phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng để xác định và đánh giá độ chính xác của các kết quả tính toán giúp cho các đơn vị sử dụng kiểm soát được chất lượng số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu.

TỪ KHÓA: Nền đất yếu, quan trắc lún, phương pháp Hyperbolic.

ABSTRACT: Today, the Hyperbolic solution method is applied in Vietnam to process soft ground settlement monitoring data in order to determine prediction results. However, specialized standards [1] do not provide specific instructions on evaluating the accuracy of calculation results. In this article, the author researches and applies the error theory in geodesy to process soft ground settlement monitoring data using the approximate analytic hyperbolic method for determination and evaluation. The accuracy of the calculation results helps users control the quality of soft ground settlement monitoring data.

KEYWORDS: Hyperbolic method, reliability estimation, soft soil.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, trên thế giới và ở Việt Nam, phương pháp Hyperbolic đồ giải được ứng dụng để xử lý số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu. Ưu điểm của phương pháp đồ giải là việc xác định các yếu tố dự báo nền đất yếu được tiến hành thuận tiện và nhanh chóng. Tuy nhiên, phương pháp Hyperbolic giải bằng đồ thị cũng còn mặt tồn tại là chưa đánh giá được độ tin cậy của các kết quả của tính toán.

Trong bài báo này, tác giả đã xử lý số liệu quan trắc độ lún bằng phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng dựa trên cơ sở lý thuyết sai số cho phép giải bài toán xấp xỉ chuỗi dữ liệu quan trắc thực tế bằng các hàm giải tích để đánh giá độ chính xác của các đại lượng tính toán, giúp cho các đơn vị sử dụng kiểm soát được chất lượng các kết quả quan trắc và góp phần nâng cao chất lượng của các công trình xây dựng trên nền đất yếu.

2. NỘI DUNG CỦA PHƯƠNG PHÁP HYPERBOLIC GIẢI BẰNG ĐỒ THỊ HIỆN NAY

Trong phương pháp này, người ta giả thiết rằng diễn biến của độ lún theo thời gian tuân theo quy luật của một đường Hyperbolic, tức là diễn biến của độ lún theo thời gian được mô tả bằng phương trình (1) [1, 6]:

$$S_t = S_0 + \frac{t}{\alpha + \beta t} \quad (1)$$

Trong đó:

S_0 - Độ lún đo được ở thời điểm kết thúc đắp nền (xem như S_0 tương ứng với $t=0$);

t - Quãng thời gian duy trì tải trọng đắp đủ tải;

α, β - Các hệ số hồi qui.

Biến đổi phương trình Hyperbolic (1) ta được:

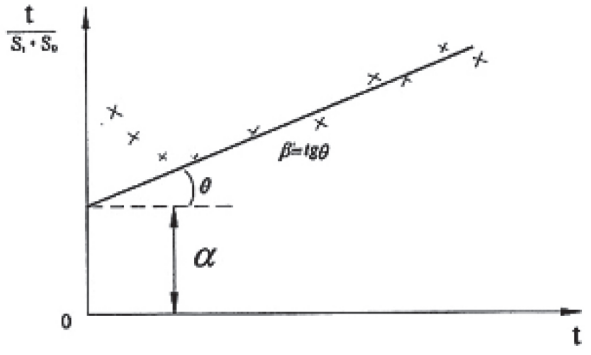
$$\alpha + \beta t = t/(S_t - S_o) \quad (2)$$

Đây là phương trình của một đường thẳng nên việc xác định các hệ số α và β được thực hiện theo trình tự sau đây:

- Theo kết quả quan trắc độ lún tính các giá trị t/(St - So);

- Dựng đồ thị t/(St - So) theo thời gian t, t là trục x, t/(St - So) là trục y. Mỗi giá trị độ lún tại thời điểm t_i sẽ cho một điểm $(t_i, t_i/(S_{ti}-S_0)$. Theo lý thuyết, các điểm này nằm trên một đường thẳng và α, β chính là các tham số của đường thẳng này.

- Dựa vào đồ thị xác định các hệ số α và β, trong đó α là giao điểm của đường thẳng với trục y; β là độ dốc của đường thẳng dựng được.



Hình 2.1: Đồ thị diễn biến t/(St-So) theo thời gian

Sau khi xác định được các hệ số α và β có thể xác định được tất cả các chỉ tiêu cố kết của đất như độ lún toàn phần S_f, độ cố kết U và các chỉ tiêu khác.

$$S_f = S_o + 1/\beta \quad (3)$$

$$U = (S_t / S_f)*100\%. \quad (4)$$

Nhận xét:

- Phương pháp Hyperbolic giải bằng đồ thị như trên có ưu điểm là việc xác định các kết quả dự báo nền đất yếu được tiến hành thuận tiện và nhanh chóng.

- Mặt tồn tại của phương pháp Hyperbolic đồ giải là chưa đánh giá được độ chính xác của các kết quả tính toán.

3. ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT SAI SỐ ĐỂ XỬ LÝ SỐ LIỆU QUAN TRẮC ĐỘ LÚN NỀN ĐẤT YẾU THEO PHƯƠNG PHÁP HYPERBOLIC GIẢI TÍCH GẦN ĐÚNG

Phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng dựa trên nguyên lý bình phương nhỏ nhất và lý thuyết sai số để xác định và đánh giá được độ chính xác của các yếu tố dự báo nền đất yếu.

Nội dung của phương pháp này như sau:

- Bước 1. Lập hệ phương trình số hiệu chỉnh:

Giả sử có một chuỗi gồm n số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu, ta sẽ viết được n phương trình quan trắc như sau:

$$\begin{aligned} \alpha + \beta t_1 + l_1 &= 0 \\ \alpha + \beta t_2 + l_2 &= 0 \\ &\cdots\cdots \\ \alpha + \beta t_n + l_n &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Trong đó: $l_i = -t_i/(s_i - s_0)$

Do các kết quả quan trắc bao giờ cũng chứa các sai số nên các đẳng thức trong hệ phương trình (5) không bao giờ được thỏa mãn, nghĩa là: $\alpha + \beta t_i + l_i \neq 0$. Để hai vế của các đẳng thức bằng nhau cần đưa vào vế phải một lượng hiệu chỉnh là v_i, hệ phương trình quan trắc (5) được viết dưới dạng:

$$\begin{aligned} \alpha + \beta t_1 + l_1 &= v_1 \\ \alpha + \beta t_2 + l_2 &= v_2 \\ &\cdots\cdots \\ \alpha + \beta t_n + l_n &= v_n \end{aligned} \quad (6)$$

Hệ phương trình (6) có thể được viết dưới dạng ma trận như sau[5] :

$$AX + L = V \quad (7)$$

Trong đó:

A - Ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh kích thước n x 2, mỗi dòng thứ i nào đó đều có 2 phần tử a_i là hệ số đứng trước ẩn số thứ nhất là α và b_i là hệ số đứng trước ẩn số thứ hai là β;

X - Vector ẩn số gồm hai phần tử α và β;

L - Vector số hạng tự do gồm n phần tử. $L^T = l_1, l_2 \ldots. l_n$, trong đó $l_i = -t_i/(s_i - s_0)$;

V - Vector số hiệu chỉnh gồm n phần tử $V^T = v_1, v_2 \ldots. v_n$.

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \cdots & \cdots \\ a_n & b_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} l_1 = -t_1/(s_1 - s_0) \\ l_2 = -t_2/(s_2 - s_0) \\ \cdots\cdots\cdots \\ l_n = -t_n/(s_n - s_0) \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \cdots \\ v_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

- Bước 2. Lập và giải hệ phương trình chuẩn [5]:

Hệ phương trình chuẩn có dạng:

$$RX + B = 0 \quad (9)$$

Trong đó: R - Ma trận hệ số hệ phương trình chuẩn, $R = A^TA$; $B = A^TL$

Giải hệ phương trình chuẩn ta có:

$$X = -R^{-1}B \quad (10)$$

Độ lún toàn phần S_f :

$$S_f = S_o + 1/\beta \quad (11)$$

Độ cố kết nền đất yếu:

$$U = (S_t / S_f)*100\%. \quad (12)$$

4. ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA CÁC YẾU TỐ DỰ BÁO BẰNG PHƯƠNG PHÁP HYPERBOLIC

4.1. Sai số của các đại lượng đo trực tiếp trong phương pháp Hyperbolic

- Sai số trung phương trọng số đơn vị [5]:

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-k}} \quad (13)$$

Trong đó:

v_i - Số hiệu chỉnh;

n - Tổng số phương trình trong hệ; k - Số lượng phương trình cần thiết (k = 2);

(n - k) - Số bậc tự do (số phép đo thừa).

4.2. Sai số của các ẩn số

Theo lý thuyết sai số, sai số của các ẩn số được xác định theo các công thức sau [5]:

$$M_{Xi} = \mu\sqrt{Q_{ii}} \quad (14)$$

$$M_\alpha = \mu\sqrt{Q_{1,1}} \; ; \; M_\beta = \mu\sqrt{Q_{2,2}}$$

Trong đó: Q_{11} và Q_{22} - Các phần tử trên đường chéo chính của ma trận nghịch đảo hệ số hệ phương trình chuẩn.

4.3. Sai số của hàm số

Sai số của hàm số F sẽ được xác định theo công thức:

$$m_F = \mu\sqrt{Q_F} \quad (15)$$

$$Q_F = f^T Q f$$

Như vậy, tất cả các kết quả dự báo nền đất yếu đều được tính bằng các công thức giải tích. Ngoài ra, tất cả các yếu tố dự báo của nền đất yếu đều được đánh giá độ chính xác để người sử dụng có thể cân nhắc trước khi đưa

ra quyết định dừng quá trình xử lý nền đất yếu và chuyển sang giai đoạn thi công tiếp theo.

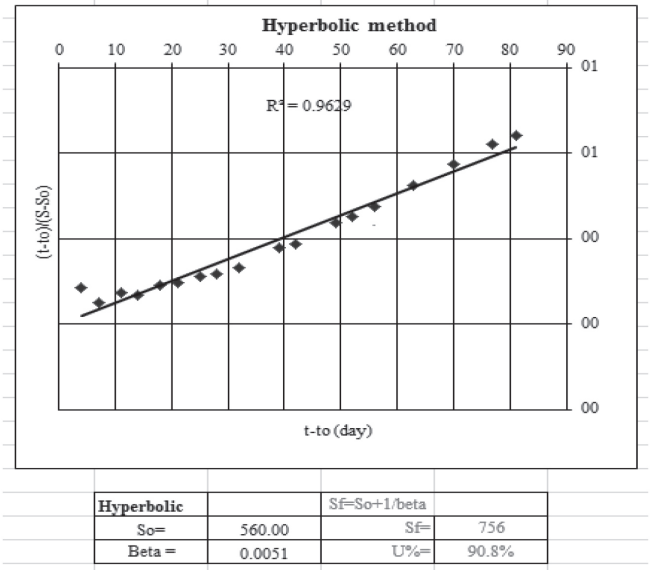
5. XỬ LÝ SỐ LIỆU QUAN TRẮC ĐỘ LÚN CỦA MỘT DỰ ÁN X XÂY DỰNG TRÊN NỀN ĐẤT YẾU BẰNG PHƯƠNG PHÁP HYPERBOLIC GIẢI TÍCH GẦN ĐÚNG

* Số liệu quan trắc hiện trường:

Bảng 5.1. Kết quả số liệu quan trắc hiện trường

Date	Time (day)	$t-t_o$ (day)	$(t-t_o)/(s_t-s_o)$ (day/ mn)
4-01-2016	219		
8-01-2016	223	4	029
11 -01-2016	226	7	0,25
15-01-2016	230	11	0,28
18 -01-2016	233	14	0,27
22-01-201 6	237	18	0,29
25 -01-2016	240	21	0 30
29-01-2016	244	25	0,31
01-02-2016	247	28	0,32
5-02-2016	251	32	0,33
12-02-2016	258	39	0,38
15-02-2016	261	42	0,39
22-02-2016	268	49	044
25-02-2016	271	52	0,45
29-02-2016	275	56	047
07-03-2016	282	63	0,53
14-03-2016	289	70	0,57
21-03-2016	296	77	0,62
25-03-2016	300	81	0,64

* Kết quả tính toán bằng phương pháp Hyperbolic đồ giải:



Hyperbolic		Sf=So+1/beta	
So=	560.00	Sf=	756
Beta =	0.0051	U%=	90.8%

Hình 5.1: Kết quả xử lý số liệu quan trắc độ lún bằng phương pháp Hyperbolic đồ giải

** Kết quả xử lý theo phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng:*

- Bước 1: Lập hệ phương trình số hiệu chỉnh:

t (ngày)	St-So (mm)	t/(St-So) (mm)	ai	bi	li
4	14	0,286	1,000	4,000	-0,286
7	28	0,250	1,000	7,000	-0,250
….	…..	…..	…..	……	……
77	124	0,621	1,000	77,000	-0,621
81	126	0,643	1,000	81,000	-0,643

- Bước 2: Lập hệ phương trình chuẩn:

- Ma trận chuyển vị A^T

1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.0	7.0	11.0	14.0	18.0	21.0	25.0	28.0	32.0	39.0	42.0	49.0	52.0	56.0	63.0	70.0	77.0	81.0

- Ma trận hệ số hệ phương trình chuẩn R và vector số hạng tự do B:

R		*B*
18,000	689,000	-7,12443
689,000	36465,000	-324,264

- Bước 3: Giải hệ phương trình chuẩn:

R^{-1}		*X(α,* β)
0,20074429	-0,00379303	0,20024465
-0,00379303	0,00009909	0,00510890

+ Tính độ lún toàn phần:

S_f = 756 mm

+ Tính độ cố kết của đất:

U = 90,7%

- Bước 4: Đánh giá độ chính xác của kết quả tính toán:

+Tính sai số trung phương đơn vị trọng số:

m = 0,025

+ Tính sai số m_α

$m_\alpha = \pm 0{,}0113$

+ Tính sai số m_β

$m_\beta = \pm 0{,}0003$

+ Tính sai số m_{Sf}

$m_{Sf} = \pm 9{,}6$ mm

+ Tính sai số m_u

$m_u = \pm 1{,}1\%$

* Tổng hợp kết quả xử lý số liệu:

Bảng 5.2. Kết quả so sánh xử lý số liệu theo phương pháp Hyperbolic đồ giải và Hyperbolic giải tích gần đúng

STT	Tên chỉ tiêu	Kết quả	
		Theo Hyperbolic giải tích	**Theo Hyperbolic đồ giải**
1	Tên điểm quan trắc	CH-SSP-31	CH-SSP-31
2	Hệ số tương quan thống kê R^2	0,9629	0,9629
3	Sai số quan trắc độ lún(mm)	±2,5	Không tính được
4	Phương trình đường Hyperbolic	$S_t = S_0 + \frac{t}{0.2002 + 0.0051t}$	$S_t = S_0 + \frac{t}{0.2002 + 0.0051t}$
5	Hệ số α	0,2002	0,2002
6	Sai số xác định hệ số α	±0,0113	Không tính được
7	Hệ số β	0,0051	0,0051
8	Sai số xác định hệ số β	±0,0003	Không tính được
9	Độ lún toàn phần Sf (mm)	756	756
10	Sai số độ lún toàn phần (mm)	±9,6	Không tính được
11	Độ cố kết đạt được đến ngày...	90,7%	90,8%
12	Sai số độ cố kết	±1,1%	Không tính được

Nhận xét:

Các kết quả tính toán trên đây cho thấy số liệu quan trắc tại hiện trường có chất lượng tốt nhưng nếu chỉ dùng phương pháp Hyperbolic đồ giải thì chưa có cơ sở để đánh giá được.

Khi sử dụng phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng để xử lý số liệu quan trắc độ lún đã đánh giá được độ tin cậy các yếu tố dự báo, giúp cho các đơn vị tư vấn thiết kế biết được chất lượng của chuỗi số liệu quan trắc độ lún nhận được.

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

6.1. Kết luận

Bằng cách ứng dụng lý thuyết sai số, tác giả đã xử lý số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu bằng phương pháp Hyperbolic giải tích gần đúng để xác định và đánh giá được độ chính xác của các kết quả dự báo, góp phần nâng cao chất lượng của các số liệu quan trắc độ lún nền đất yếu và cũng là nâng cao chất lượng của các công trình xây dựng trên nền đất yếu.

6.2. Kiến nghị

Khi quan trắc độ lún nền đất yếu kiến nghị tư vấn thiết kế ghi rõ yêu cầu độ chính xác đối với việc xác định các yếu tố dự báo của nền đất yếu để nâng cao chất lượng của công tác quan trắc độ lún nền đất yếu.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ GTVT (2013), *TCVN 9842:2013, Xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cố kết hút chân không có màng khí kín trong xây dựng công trình giao thông - Thi công và nghiệm thu*.

[2]. Bộ GTVT (2022), *TCCS 41:2022/TCĐBVN: Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu.*

[3]. *Báo cáo quan trắc giai đoạn 1 công tác xử lý nền dự án cao tốc Nội Bài - Lào Cai Gói NG4.*

[4]. Nguyễn Uyên (2005), *Xử lý nền đất yếu trong xây dựng*, NXB. Xây dựng.

[5]. Đặng Nam Chinh (2015), *Giáo trình Lý thuyết sai số*, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

[6]. Tan TS, Inoue T, Lee SL., *Hyperbolic method for consolidation analysi,* Journal Geotechnical Engineering, ASCE, 117(11) 1723-1737.

[7]. Tan SA. (1994), *Hyperbolic method for settlements in clays with vertical drains*, Canadian Geotechnical Journal, 31(1):125-131.

Ngày nhận bài: 08/01/2024
Ngày nhận bài sửa: 20/02/2024
Ngày chấp nhận đăng: 15/3/2024

Nghiên cứu phát hiện vết nứt của kết cấu bê tông dựa trên mạng nơ-ron tích chập CNN

■ **ThS. LÊ QUỲNH NGA**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: ngalq@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trong lĩnh vực giám sát sức khỏe công trình, việc kiểm tra trực quan các vết nứt là một trong những hạng mục kiểm tra phổ biến nhất. Tuy nhiên, phương pháp này thường tốn kém và mất thời gian, đặc biệt trong bối cảnh các công trình ngày càng lớn và phức tạp. Các phương pháp hỗ trợ kiểm tra bằng hình ảnh kết hợp với trí tuệ nhân tạo nổi lên như một công cụ mạnh mẽ để hỗ trợ quá trình kiểm tra. Bài báo giới thiệu mạng học sâu U-Net, là một mạng thần kinh tích chập (CNN - Convolutional Neural Network), được phát triển trong ngành Y khoa với độ chính xác cao để có thể áp dụng cho các hình ảnh với nhiều yếu tố gây nhiễu như kết cấu công trình, đặc biệt là bề mặt bê tông. Điểm nổi bật của U-Net là khả năng xử lý các tín hiệu hình ảnh phức tạp, giúp giải quyết các hạn chế của các phương pháp truyền thống. Để kiểm chứng hiệu quả của mô hình, nghiên cứu này đã huấn luyện mạng qua một bộ dữ liệu được thu thập bao gồm các vết nứt trên bề mặt bê tông nhựa và bê tông cốt thép trong nhiều điều kiện chụp ảnh khác nhau. Các kết quả dự đoán đều đúng với thực tế vết nứt cho thấy sự hiệu quả của mô hình học sâu này.

TỪ KHÓA: Nhận diện vết nứt, xử lý ảnh, kết cấu bê tông cốt thép, công nghệ học sâu, U-Net, mặt đường bê tông nhựa.

ABSTRACT: In the field of structural health monitoring, visual inspection of cracks is one of the most common inspection categories. However, this method is often costly and time-consuming, especially as structures become larger and more complex. Image-based inspection methods integrated with artificial intelligence have emerged as a powerful tool to support the inspection process. This article introduces the deep learning network U-Net, is a type of CNN - Convolutional Neural Network, developed in the medical field with high accuracy, which can be applied to images with many noise factors such as construction structures, especially concrete surfaces. A notable feature of U-Net is its ability to process complex image signals, helping to overcome the limitations of traditional methods. To verify the effectiveness of the model, this study trained the network on a dataset that included cracks on asphalt concrete and reinforced concrete surfaces under various imaging conditions. The predictions accurately reflected the actual cracks, demonstrating the efficiency of this deep-learning model.

KEYWORDS: Crack detection, image processing, reinforced concrete structures, U-Net network, asphalt concrete pavement.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấu trúc kỹ thuật như bề mặt đường và dầm thường xuyên phải chịu tải trọng tuần hoàn và ứng suất mỏi, điều này thường dẫn đến sự xuất hiện của các vết nứt trên bề mặt. Những vết nứt này làm giảm độ cứng cục bộ và gây ra sự gián đoạn trong cấu trúc vật liệu [1]. Phát hiện sớm các vết nứt sẽ cho phép áp dụng các biện pháp phòng ngừa để ngăn chặn thiệt hại và tránh sự sụp đổ của kết cấu [2]. Phát hiện vết nứt là quá trình sử dụng các kỹ thuật khác nhau để xác định các vết nứt trong cấu trúc, bao gồm hai phương pháp chính: Thử nghiệm phá hủy và Thử nghiệm không phá hủy. Hiện nay, các vết nứt thường được ghi nhận thông qua khảo sát trực quan, tuy nhiên do bề mặt cần kiểm tra thường rộng và phức tạp, độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc nhiều vào kỹ năng của người kiểm tra.

Các đặc điểm như loại đối tượng, số lượng, chiều rộng và chiều dài của vết nứt trên bề mặt cấu trúc chỉ ra mức độ xuống cấp sớm và khả năng chịu tải của kết cấu bê tông [3]. Để đánh giá các khuyết tật bề mặt bê tông nhựa một cách nhanh chóng và đáng tin cậy, tính năng phát hiện vết nứt tự động đã được phát triển, thay thế cho các quy trình kiểm tra truyền thống chậm và mang tính chủ quan của con người, qua đó nâng cao phương pháp khảo sát an toàn hơn [4]. Phát hiện tự động vết nứt là một công cụ hiệu quả cho việc thử nghiệm không phá hủy, đặc biệt khi kiểm tra thủ công thường khó để đánh giá sự hư hỏng một cách khách quan do sự bỏ sót các chi tiết khó tiếp cận [5]. Nhiều kỹ thuật không phá hủy, bao gồm phương pháp nhiệt và

hồng ngoại, siêu âm, laser và các kỹ thuật ảnh phóng xạ, được áp dụng trong quá trình tự động phát hiện vết nứt [5]. Trong số đó, kiểm tra bằng hình ảnh là phương pháp tiết kiệm, hiệu quả và có chi phí thấp so với các phương pháp khác, cho phép kết hợp với các thiết bị không người lái hoặc tự động để thu thập dữ liệu từ các vị trí khó tiếp cận. Tuy nhiên, việc phát hiện dựa trên hình ảnh đối mặt với một số thách thức, bao gồm sự ngẫu nhiên về hình dạng và kích thước của vết nứt cũng như các loại nhiễu khác nhau như điều kiện ánh sáng không đều, bóng mờ, vết bẩn và vết nứt bê tông trong hình ảnh thu được.

Nghiên cứu về phát hiện vết nứt dựa trên hình ảnh đã được mở rộng trong nhiều năm, nhất là trong lĩnh vực IoT-Internet of Things, nơi mà sức mạnh của deep learning đã thúc đẩy sự phát triển của nhiều thuật toán nhằm tối ưu hóa độ chính xác của các mô hình [6]. Một phương pháp mới sử dụng kiến trúc CNN để phát hiện các vết nứt bê tông mà không cần tính toán các đặc điểm khuyết tật đã được đề xuất, tuy nhiên, phương pháp này chỉ có thể xác định các vết nứt ở cấp độ bản vá chứ không phải ở mức độ pixel [7]. Trong một nghiên cứu khác, Li và cộng sự [8] đã giới thiệu một mạng hợp nhất đặc tính đa lớp sử dụng mạng nơ-ron tích chập dựa trên vùng nhanh hơn (Faster R-CNN) để tự động phát hiện khuyết tật trên bề mặt đường hầm, đạt độ chính xác cao. Mask R-CNN đã được Attard cùng các cộng sự [9] sử dụng để xác định vị trí của các vết nứt trên bề mặt bê tông và tạo ra mặt nạ tương ứng của chúng, giúp hỗ trợ trích xuất các đặc tính khác hữu ích cho việc kiểm tra, với tỷ lệ chính xác là 93,94% và tỷ lệ thu hồi là 77,5%.

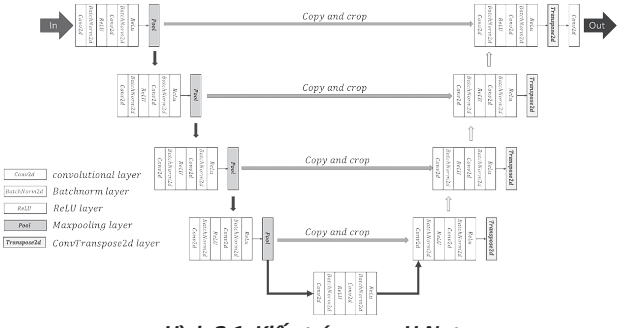
Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thử nghiệm một mạng học sâu được dùng trong y học để phát hiện vết nứt xuất hiện trên bề mặt kết cấu bê tông cốt thép. Cụ thể, mạng U-Net với kiến trúc có hình dạng chữ U, từ đó có tên gọi là U-Net. Sivagami cùng các cộng sự [10] đã áp dụng để phân đoạn hình ảnh X-quang nha khoa, đạt được độ chính xác 97% và điểm Dice là 94%. Kết quả trong nghiên cứu này chỉ ra rằng, Mạng U-Net đã cho kết quả độ chính xác cao trong việc phân đoạn hình ảnh các vết nứt, mặc dù nhiễu từ vật liệu xung quanh có trong dữ liệu gây ra không ít khó khăn. Đáng chú ý, nghiên cứu cũng tạo ra bộ dữ liệu thu thập từ các loại vết nứt của các kết cấu bê tông nhựa và bê tông cốt thép, từ đó sử dụng và làm giàu nguồn dữ liệu về vết nứt bề mặt kết cấu. Phần còn lại của bài báo có kết cấu theo các phần, với Phần 2 trình bày cấu trúc của mạng U-Net, Phần 3 giới thiệu bộ dữ liệu được sử dụng, Phần 4 thể hiện kết quả và Phần 5 kết luận nghiên cứu.

2. MẠNG HỌC SÂU U-NET

U-Net là mạng thần kinh tích chập (CNN - Convolutional Neural Network) mạnh mẽ được thiết kế dành riêng cho các nhiệm vụ phân đoạn hình ảnh y sinh. Được giới thiệu bởi Olaf Ronneberger cùng các cộng sự vào năm 2015 [11], U-Net giải quyết các thách thức của phân đoạn hình ảnh y tế bằng kiến trúc được tối ưu hóa để định vị chính xác và sử dụng hiệu quả các mẫu chú thích có sẵn.

Một trong những tính năng chính của U-Net là khả năng đào tạo trên một tập hợp hình ảnh hạn chế, một tình huống phổ biến trong hình ảnh y tế do khó khăn và chi phí để có được các tập dữ liệu có chú thích. Tương tự như trong y tế, các dữ liệu hình ảnh cũng bị hạn chế bởi nhiều yếu tố gây nhiễu như đổ bóng, mặt đường nhám. U-Net giải quyết thách thức này thông qua việc tăng cường dữ liệu trên diện rộng, sử dụng các kỹ thuật như biến dạng đàn hồi để mở rộng tập dữ liệu huấn luyện một cách giả tạo, cho phép mạng tìm hiểu các tính năng mạnh mẽ giúp khái quát hóa tốt dữ liệu không nhìn thấy được.

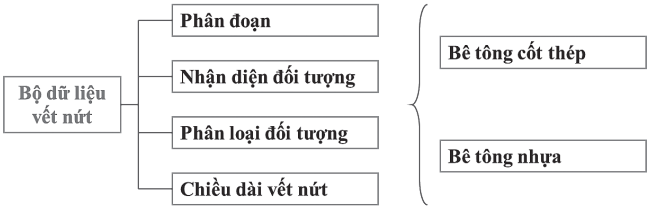
Kiến trúc của U-Net loại bỏ nhu cầu về các lớp "fully connected", giảm đáng kể số lượng tham số và giá trị tính toán của mô hình. Thay vào đó, nó sử dụng một loạt lớp tích chập (Convolutional layer) và tổng hợp tối đa trong đường dẫn thu gọn, tiếp theo là các lớp lấy mẫu và tích chập trong đường dẫn mở rộng. Bỏ qua các kết nối giữa các lớp của đường dẫn thu gọn và các lớp tương ứng của đường dẫn mở rộng giúp bảo toàn thông tin không gian bị mất trong quá trình lấy mẫu xuống, nâng cao hơn nữa độ chính xác phân đoạn của mô hình.



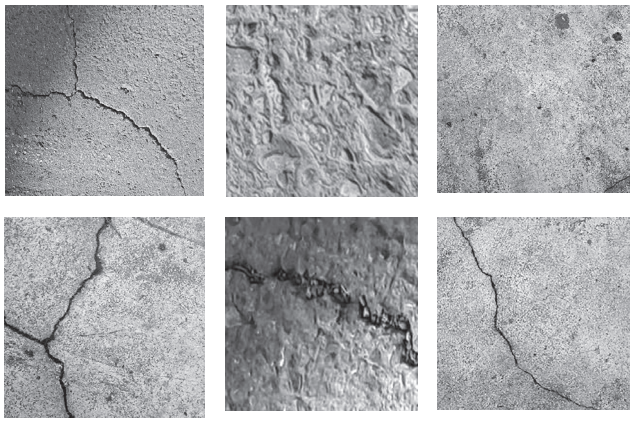
Hình 2.1: Kiến trúc mạng U-Net

3. TẬP DỮ LIỆU VẾT NỨT BÊ TÔNG

Bộ dữ liệu vết nứt được nhóm nghiên cứu thu thập và xử lý, đây một bộ dữ liệu sưu tập toàn diện được phát triển để phát hiện các vết nứt bề mặt bằng cách sử dụng các kỹ thuật học sâu khác nhau như phân loại, phát hiện đối tượng và phân đoạn. Bộ dữ liệu này bao gồm các hình ảnh chất lượng cao ghi lại các vết nứt trên mặt bề mặt kết cấu bê tông cốt thép cùng bê tông nhựa trong nhiều điều kiện khác nhau, như bề mặt có vết dầu loang, khoảng cách giữa các hạt cốt liệu lớn hoặc ánh sáng khác nhau, khiến bộ dữ liệu này rất phù hợp để giải quyết các thách thức chung trong việc phát hiện vết nứt. Bộ dữ liệu được chia thành cấu trúc như *Hình 3.1* và bao gồm 763 hình ảnh được thiết kế để phân đoạn và phát hiện đối tượng, kèm theo các chú thích chính xác, bộ dữ liệu này nổi bật vì tiện ích của nó trên các phương pháp học sâu khác nhau. Hình ảnh chia cho mục đích phân loại được chia thành các thư mục chứa các hình "có vết nứt" và "không có vết nứt" như *Hình 3.2*.



Hình 3.1: Cấu trúc của bộ dữ liệu



Hình 3.2: Hình ảnh cho trong bộ dữ liệu

Dữ liệu được thu thập tỉ mỉ bằng điện thoại thông minh SAMSUNG® Galaxy S23 ở độ cao cố định so với bề mặt một khoảng 50 cm, đảm bảo tính đồng nhất trong việc chụp ảnh để phân tích đáng tin cậy. Quá trình này cũng cho phép hiệu chuẩn cần thiết để đo chính xác độ dài vết nứt trong thế giới thực từ các phép đo pixel trong ảnh. Bộ dữ liệu không chỉ nhằm mục đích tạo điều kiện thuận lợi cho các phương pháp phát hiện vết nứt khác nhau mà còn đóng góp đáng kể cho lĩnh vực giám sát sức khỏe kết cấu (SHM).

Bộ dữ liệu này nổi bật nhờ độ phân giải cao và bao gồm các hiệu ứng môi trường trong thế giới thực, đưa ra một kịch bản thực tế để thử nghiệm và cải thiện các phương pháp phát hiện vết nứt. Ngoài ra, cấu trúc của tập dữ liệu, bao gồm các thư mục phân đoạn, phát hiện đối tượng, phân loại và độ dài vết nứt, cung cấp tài nguyên được tổ chức tốt cho các nhà nghiên cứu. Việc bao gồm các chú thích và thông tin cơ bản chính xác, đặc biệt đối với các tác vụ phân đoạn và phát hiện đối tượng, sẽ nâng cao giá trị của nó hơn nữa.

Mặc dù có những điểm mạnh nhưng bộ dữ liệu vẫn có những hạn chế, bao gồm khoảng cách cố định để chụp ảnh và số lượng hình ảnh mặt đường ban đầu có hạn, do quá trình phức tạp để tạo ra hình ảnh chân thực chính xác trên mặt đất. Tuy nhiên, bộ dữ liệu chi tiết này cũng đã cung cấp một công cụ có giá trị để nâng cao hiệu quả của việc phát hiện sự cố công trình, một thành phần quan trọng của hệ thống giám sát sức khỏe kết cấu.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mạng U-Net đề xuất đề xuất sử dụng 4 lớp Giải mã (Encode) và 4 lớp Decode (Mã hóa) kết hợp một khối Bottleneck với các thông số thể hiện trong *Bảng 4.1*. Thuật toán học sâu được chạy với bộ máy tính có Bộ vi xử lý Intel Core i5 13400 và VGA Gigabyte GeForce RTX 3060 GAMING OC 12G.

Bởi vì mục tiêu là mặt nạ nhị phân (giá trị pixel là 1 khi pixel chứa đối tượng), nên hàm mất mát để so sánh đầu ra với thực tế cơ bản là mất entropy chéo phân loại (hoặc entropy chéo nhị phân trong trường hợp nhãn đơn).

$$Loss = -\sum_{c=1}^{k} Gtrue_c \odot \log\left(\text{softmax}(out_c)\right) \quad (1)$$

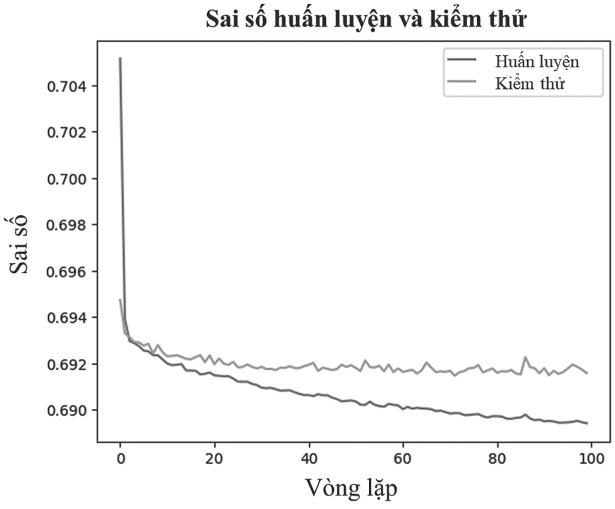
$$\text{softmax}(out_c) = \frac{\exp\left(out_c\right)}{\sum_{j=1}^{k} \exp\left(out_j\right)}$$

Trong đó: Gtrue - Giá trị nhãn đúng, , out - Giá trị đầu ra.

Bộ dữ liệu thu thập đã được sử dụng để huấn luyện bằng mạng U-Net và cho ra các kết quả khả quan với sai số khi huấn luyện chỉ là 0,689 và khi kiểm thử là 0,692.

Bảng 4.1. Thông số mạng U-Net đề xuất

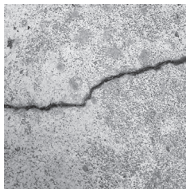
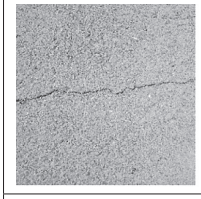
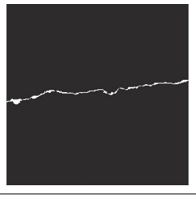
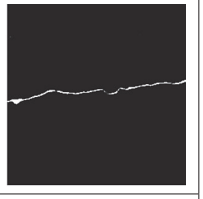
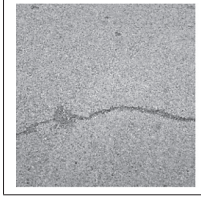
Lớp		Đơn vị
Encoder 1	Conv2d	3, 32
	BatchNorm2d	32
	ReLU	-
	Conv2d	32, 32
	BatchNorm2d	32
	ReLU	-
Encoder 2	Conv2d	32, 64
	BatchNorm2d	64
	ReLU	-
	Conv2d	64, 64
	BatchNorm2d	64
	ReLU	-
Encoder 3	Conv2d	64, 128
	BatchNorm2d	128
	ReLU	-
	Conv2d	128, 128
	BatchNorm2d	128
	ReLU	-
Encoder 4	Conv2d	128, 256
	BatchNorm2d	256
	ReLU	-
	Conv2d	256, 256
	BatchNorm2d	256
	ReLU	-
Bottleneck	Conv2d	256, 512
	BatchNorm2d	512
	ReLU	-
	Conv2d	521, 512
	BatchNorm2d	512
	ReLU	-
Decoder 4	Conv2d	512, 256
	BatchNorm2d	256
	ReLU	-
	Conv2d	256, 256
	BatchNorm2d	256
	ReLU	-
Decoder 3	Conv2d	256, 128
	BatchNorm2d	128
	ReLU	-
	Conv2d	128, 128
	BatchNorm2d	128
	ReLU	-
Decoder 2	Conv2d	128, 64
	BatchNorm2d	64
	ReLU	-
	Conv2d	64, 64
	BatchNorm2d	64
	ReLU	-
Decoder 1	Conv2d	64, 32
	BatchNorm2d	32
	ReLU	-
	Conv2d	32, 32
	BatchNorm2d	32
	ReLU	-



Hình 4.1: Sai số huấn luyện và kiểm thử

Các hình ảnh sau khi được kiểm thử qua mạng U-Net được tập hợp và thể hiện ở *Bảng 4.1*. Trong đó, Ảnh đầu vào là hình ảnh thực tế vết nứt, Nhãn đúng là vết nứt đúng đã được đánh nhãn, Nhãn dự đoán là nhãn mà mạng U-Net đã được học dự đoán được. Trong các hình ảnh được dự đoán, có thể thấy việc dự đoán chính xác so với thực tế có nhiễu như kích thước các hạt cốt liệu, bụi bẩn hoặc bóng đổ.

Bảng 4.2. Kết quả vết nứt, nhãn đúng và nhãn dự đoán của U-Net

Ảnh đầu vào	Nhãn đúng	Nhãn dự đoán
		
		
		

5. KẾT LUẬN

Các thử nghiệm đã cho thấy mạng U-Net không chỉ giới hạn ở các ứng dụng y tế mà còn có thể mở rộng phạm vi ứng dụng của nó sang lĩnh vực công trình. Nghiên cứu đã đạt được kết quả ấn tượng khi sai số kiểm thử chỉ là 0,692 và tập huấn luyện là 0,689 cùng những vết nứt được xác định đúng cho dù có nhiễu. Ngoài ra, nhóm nghiên cứu cũng đã xây dựng được một bộ dữ liệu đa dạng trong nhiều điều kiện của vết nứt nhằm làm giàu bộ dữ liệu cho các nghiên cứu phát hiện vết nứt. Bài báo không chỉ củng cố khả năng của U-Net như một mô hình mạng học sâu mạnh mẽ mà còn kết hợp với bộ dữ liệu mà nhóm đã thu thập được sẽ có những nghiên cứu trong tương lai về khả năng phát triển thêm các mô hình mạng khác và huấn luyện trên bộ dữ liệu này.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-018.

Tài liệu tham khảo

[1]. B. Budiansky and R. J. O'connell (1976), *Elastic moduli of a cracked solid*, International Journal of Solids and Structures, vol.12, no.2, pp.81-97, doi: 10.1016/0020-7683(76)90044-5.

[2]. Experimental Mechanics (2024), *A Fully Non-Contact Ultrasonic Propagation Imaging System for Closed Surface Crack Evaluation*, Accessed.

[3]. KSCE Journal of Civil Engineering (2024), *A stereovision-based crack width detection approach for concrete surface assessment*.

[4]. IEEE Journals IEEE Xplore (2024), *Automatic Road Crack Detection and Characterization*.

[5]. Machine Vision and Applications (2024), *A robust automatic crack detection method from noisy concrete surfaces*.

[6]. Journals IEEE Xplore (2024), *A Survey of Machine and Deep Learning Methods for Internet of Things (IoT) Security*.

[7]. Zhang (2019), *Automated Pixel-Level Pavement Crack Detection on 3D Asphalt Surfaces with a Recurrent Neural Network*, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering - Wiley Online Library, Accessed.

[8]. L. Attard, C. J. Debono, G. Valentino, M. Di Castro, A. Masi, and L. Scibile (2019), *Automatic Crack Detection using Mask R-CNN*, in 2019 11th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA), pp.152-157, doi: 10.1109/ISPA.2019.8868619.

[9]. O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox (2015), *U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation*, in Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI, N. Navab, J. Hornegger, W. M. Wells and A. F. Frangi, Eds., Cham: Springer International Publishing, pp.234-241, doi: 10.1007/978-3-319-24574-4_28.

Ngày nhận bài: 11/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/4/2024

Vấn đề vượt đèn đỏ tại các nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu đường ngoài đô thị TP. Hà Nội

■ **ThS. VŨ HOÀNG KHÔI; ThS. NGUYỄN CHÍ CÔNG(*); ThS. VŨ QUANG HUY**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)congnc@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Tổ chức giao thông bằng đèn tín hiệu là một giải pháp phổ biến hiện nay trong điều hành và tổ chức giao thông tại các nút giao thông. Mặc dù đèn tín hiệu góp phần làm giảm hoàn toàn hoặc một phần mức độ xung đột giữa các dòng giao thông, nâng cao khả năng thông hành cũng như tăng ATGT, tuy nhiên TNGT tại các nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu vẫn chiếm tỷ lệ lớn do người điều khiển phương tiện không tuân thủ quy tắc đèn tín hiệu. Trên thực tế đã có các nghiên cứu về hành vi vượt đèn đỏ tại khu vực đô thị tại các thành phố nhưng chưa có các nghiên cứu đối với khu vực ngoài đô thị. Trên cơ sở khảo sát, thu thập số liệu, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu và đánh giá về hành vi vượt đèn đỏ tại các nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu đường ngoài đô thị, từ đó kiến nghị một số giải pháp nâng cao ATGT.

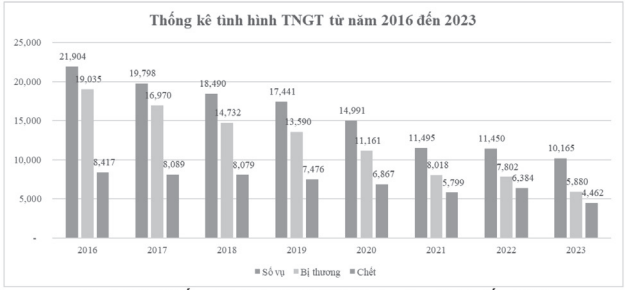
TỪ KHÓA: Vượt đèn đỏ, nút điều khiển bằng đèn tín hiệu, đường ngoài đô thị, an toàn giao thông.

ABSTRACT: Nowadays, the use of signal lights in traffic management is a very popular solution to organize traffic at intersections. However, traffic accidents at signalized intersections still use the largest rate because vehicle drivers conveniently do not allow to the signal light rules. In fact, there have been studies on the behavior of red-light running (RLR) in urban areas, but there have been no studies on suburban areas. Based on the survey and data collection, the paper conducted a case study that the behavior of RLR at signalized intersections in suburban, then proposes solutions to improve traffic safety.

KEYWORDS: Red-light running, signalized intersection, suburban road, traffic safety.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm vừa qua, mặc dù tình hình TNGT trên toàn quốc đã giảm trên cả 3 tiêu chí (số vụ, số người chết, số người bị thương), tuy nhiên vẫn còn ở mức cao. Theo thống kê của Ủy ban ATGT Quốc gia [1], trong năm 2023, toàn quốc xảy ra 10.165 vụ TNGT, làm chết 4.462 người, bị thương 8.018 người. So với cùng kỳ năm 2022, TNGT tiếp tục được kéo giảm về số vụ và số người chết, cụ thể: Giảm 1.285 vụ (-5,5%), giảm 1.922 người chết (-14,18%). Tại Thủ đô Hà Nội, TNGT giảm trên cả 3 tiêu chí xảy ra: 1.248 vụ, làm 710 người chết, 823 người bị thương. Con số này so sánh cùng kỳ năm 2022 đã giảm 144 vụ (-10,3%), giảm 39 người chết (-5,2%), giảm 43 người bị thương (-5,0%).



Hình 1.1: Thống kê tình hình TNGT từ năm 2016 đến 2023

(Nguồn: Ủy ban ATGT Quốc gia)

Nhìn chung, trên mạng lưới đường bộ thì TNGT ở các nút giao thông chiếm tỷ lệ lớn, đặc biệt tại các nút giao thông cùng mức. Lý do là ở tại các nút giao thông dạng này thường tập trung tất cả các dạng xung đột, bao gồm: Xung đột cắt, tách và nhập. Nhiều biện pháp đã được đề xuất nhằm giảm mức độ nguy hiểm của các xung đột tại nút như tổ chức giao thông theo đường chính, đường phụ, nút đảo xuyến, dùng đèn tín hiệu và nút giao thông khác mức. Trong đô thị, đèn tín hiệu là biện pháp được dùng phổ biến để đo tính kinh tế, khả năng thông qua và tính an toàn. Hiện nay, TP. Hà Nội có hơn 160 vị trí lắp đặt đèn tín hiệu. Mặc dù đèn tín hiệu đã góp phần giảm hoàn toàn hoặc một phần mức độ xung đột, tăng mức độ ATGT, tuy nhiên TNGT tại các nút giao thông tổ chức bằng đèn tín hiệu vẫn chiếm một tỷ lệ lớn. Một trong những nguyên nhân chính là do người điều khiển phương tiện và người đi bộ chưa tuân thủ đèn tín hiệu và vi phạm các lỗi như vượt đèn đỏ. Vượt đèn đỏ là một trong những hành vi nguy hiểm nhất vì khi xảy ra va chạm thường dẫn đến chấn thương nặng và gây tử vong. Đặc biệt, vấn đề này trở nên nghiêm trọng hơn ở các quốc gia đang phát triển như Việt Nam do tỷ lệ xe máy tham gia giao thông rất lớn, là phương tiện có hành vi đa dạng và phức tạp trong dòng giao thông và có tỷ lệ vượt đèn đỏ cao hơn so với các phương tiện khác.

Tại khu vực đô thị TP. Hà Nội, đã có nhiều nghiên cứu được thực hiện đối với hành vi vượt đèn đỏ của người tham gia giao thông. Tuy nhiên, đối với khu vực ngoài đô thị là

nơi có lưu lượng xe thấp hơn so với khu vực trung tâm, thiếu các hệ thống giám sát bằng camera, các phương tiện di chuyển với tốc độ cao hơn... thì chưa có các nghiên cứu được thực hiện.

Trước vấn đề này, bài báo tiến hành nghiên cứu thực nghiệm vấn đề vượt đèn đỏ tại các nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu đường ngoài đô thị TP. Hà Nội. Trên cơ sở đó, bước đầu có những đề xuất trong việc nâng cao ATGT, giảm thiểu các hành vi vi phạm đèn tín hiệu tại các vị trí này.

2. QUY ĐỊNH VỀ HÀNH VI VƯỢT ĐÈN ĐỎ VÀ CÁC NGHIÊN CỨU TẠI VIỆT NAM VỀ HÀNH VI VƯỢT ĐÈN ĐỎ

2.1. Hành vi vượt đèn đỏ và mức xử phạt tại Việt Nam

Tại Việt Nam, theo quy định tại Điều 10 Luật Giao thông đường bộ năm 2008 [2], sửa đổi năm 2018, khi đi trên đường, các loại xe phải chấp hành theo tín hiệu của người điều khiển giao thông, tín hiệu đèn giao thông, vạch kẻ đường, cọc tiêu hoặc tường bảo vệ, rào chắn. Trong đó, đèn tín hiệu có 3 màu: Xanh, đỏ, vàng.

- Đèn xanh là thông báo các loại xe được phép đi trên đường;
- Đèn đỏ là cấm các phương tiện đi;
- Đèn vàng là phải dừng lại trước vạch dừng trừ khi đã đi quá vạch dừng thì được đi tiếp. Khi đèn vàng nhấp nháy thì được đi nhưng phải giảm tốc độ, chú ý quan sát, nhường đường cho người đi bộ.

Vượt đèn đỏ là việc người lái xe điều khiển phương tiện giao thông tiếp tục di chuyển khi đèn tín hiệu giao thông đã chuyển sang màu đỏ (có nghĩa yêu cầu các phương tiện dừng lại). Khi tham gia giao thông gặp đèn đỏ phải dừng trước vạch dừng xe. Nếu không có vạch sơn "vạch dừng xe" thì phải dừng trước đèn tín hiệu theo chiều đi.

Theo Điều 5 và 6 của Nghị định 100/2019/NĐ-CP Quy định xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực giao thông đường bộ và đường sắt [3], sửa đổi bổ sung tại Nghị định số 123/2021/NĐ-CP, quy định về mức phạt đối với hành vi vượt đèn đỏ, vượt đèn vàng với mô tô, xe gắn máy, ô tô như sau:

Bảng 2.1. Quy định xử phạt đối với hành vi vượt đèn đỏ, đèn vàng (trích "Nghị định 100/2019/NĐ-CP")

Quy định xử phạt	Ô tô	Mô tô, xe gắn máy
Mức xử phạt hành chính	Từ 4.000.000 - 6.000.000 đồng	Từ 800.000 - 1.000.000 đồng
Tước giấy phép lái xe	Từ 1 - 3 tháng	Từ 1 - 3 tháng
	Từ 2 - 4 tháng (trường hợp gây TNGT)	Từ 2 - 4 tháng (trường hợp gây TNGT)

2.2. Các nghiên cứu tại Việt Nam về hành vi vượt đèn đỏ

Cho đến nay, nghiên cứu về hành vi vượt đèn đỏ tại Việt Nam vẫn còn hạn chế. Tác giả Vương và cộng sự thu thập số liệu tại nút giao Trần Phú - Nguyễn Văn Lộc ở Hà Nội [4]. Kết quả cho thấy, có 1.302 trường hợp vi phạm đèn đỏ trong thời gian quan sát, trong đó người điều khiển xe hai bánh (xe máy, xe đạp) chiếm tỷ lệ lớn trong số các trường hợp vi phạm vượt đèn đỏ, xấp xỉ 98,8% tổng số trường hợp vi phạm. Quan sát cho thấy, nguyên nhân chính của hành vi vượt đèn đỏ bao gồm ý thức kém của người điều khiển phương tiện ô tô, sự bất cập của chu kỳ đèn tín hiệu và thời tiết nắng nóng. Tuy vậy, các nguyên nhân chỉ ra chỉ mang tính chất cảm tính. Trong nghiên cứu [5], Mai và cộng sự đã sử dụng camera để thu thập hành vi vượt đèn đỏ tại hai nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu ở Hà Nội, Việt Nam. Phân tích của họ chỉ ra rằng tỷ lệ vượt đèn đỏ là khoảng 2% đối với người đi ô tô và 25% đối với người đi xe máy. Kết quả của họ cũng chứng minh rằng việc hành vi xuất phát sớm (tức là khi người tham gia giao thông dừng chờ đèn đỏ và đi vào nút giao khi đèn đỏ còn dưới 5s) chiếm tỷ lệ lớn trong những người vượt đèn đỏ (người điều khiển ô tô là 57,69% và người đi xe máy là 58,84%).

Các nghiên cứu được thực hiện tại các khu vực trung tâm TP. Hà Nội, khu vực đông dân cư, lưu lượng xe lớn. Đối với các khu vực ngoài đô thị, ngoài khu vực đông dân cư, lưu lượng xe thấp, thành phần xe đa dạng, tốc độ phương tiện cho phép cao hơn so với khu vực trung tâm... cần có các nghiên cứu thực nghiệm nhằm đánh giá tình hình vượt đèn đỏ tại khu vực này.

a) - Phương tiện vượt đèn đỏ

b) - Phương tiện xuất phát sớm (đèn đỏ dưới 5s)

Hình 2.1: Hành vi vượt đèn đỏ tại nút giao thông ngoài đô thị (QL32, TT. Ngọc Tảo, TP. Hà Nội)

(Nguồn: Tác giả)

3. THU THẬP VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU

3.1. Thu thập dữ liệu

Để thực hiện nghiên cứu thực nghiệm, nhóm tác giả lựa chọn 3 nút giao thông nằm ngoài đô thị TP. Hà Nội như *Hình 3.1*, bao gồm:

(1) Nút giao QL32 - đường Rộc Vạo, huyện Thạch Thất (gọi tắt là nút QL32 - Rộc Vạo);

(2) Nút giao đường Giáp Hải - đường Đa Tốn, huyện Gia Lâm (gọi tắt là nút Giáp Hải - Đa Tốn);

(3) Nút giao đường Mê Linh - Đường tỉnh 312, huyện Mê Linh (gọi tắt là nút Mê Linh - ĐT312).

Đối tượng khảo sát là các phương tiện vượt đèn đỏ tại các nút giao thông kể trên. Các nút giao được lựa chọn có đặc điểm hình học khác nhau, lần lượt là 2 làn, 3 làn và 4 làn với hướng khảo sát là các phương tiện di chuyển hướng vào trung tâm TP. Hà Nội như *Hình 3.1*.

Để thu thập số liệu, nhóm sử dụng các camera đặt tại các vị trí có thể dễ dàng quan sát được vạch dừng cũng như đèn tín hiệu và đèn đếm ngược. Thời gian khảo sát từ 8h00 - 9h00 các ngày trong tuần, bao gồm ngày 28/02/2024 (thứ 4) và ngày 07/3/2024 (thứ 5).

Hình 3.1: Vị trí khảo sát 3 nút giao thông ngoài đô thị TP. Hà Nội
(Nguồn: Googlemap)

Bảng 3.1. Thống kê các đặc điểm của 3 nút giao thông

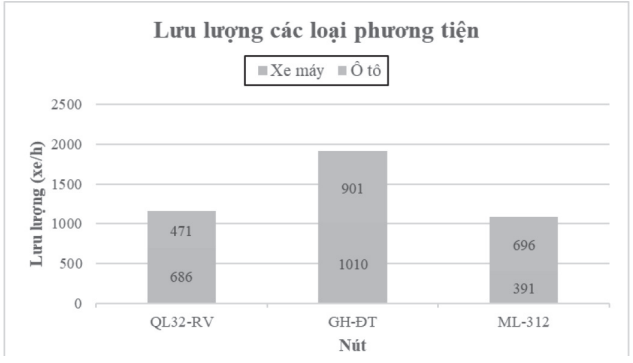
STT	Nút giao thông	Ký hiệu	Hướng khảo sát	Hình thái	Thời gian đèn
1	QL32 - Rộc Vạo	QL32-RV	TX. Sơn Tây - TP. Hà Nội	Ngã 3	Xanh: 44s; Vàng: 3s; Đỏ: 51s
2	Giáp Hải - Đa Tốn	GH-ĐT	Hưng Yên - TP. Hà Nội	Ngã 4	Xanh: 44s; Vàng: 3s; Đỏ: 31s
3	Mê Linh - Đường tỉnh 312	ML-312	Vĩnh Phúc - TP. Hà Nội	Ngã 4	Xanh: 40s; Vàng: 3s; Đỏ: 52s

3.2. Phân tích số liệu

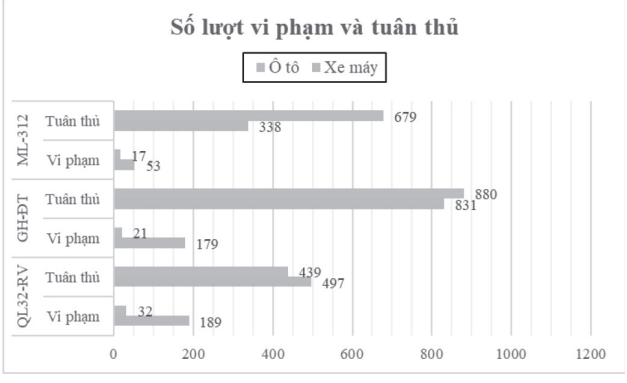
Dựa vào dữ liệu thu thập từ camera, nhóm nghiên cứu thực hiện thống kê lưu lượng các loại phương tiện theo hướng khảo sát đã đề cập ở phần trước tại 3 nút giao thông như *Hình 3.2*. Kết quả cho thấy, nút Giáp Hải - Đa Tốn có lưu lượng lớn nhất (1.911 xe/hướng). Các nút giao thông QL32 - Rộc Vạo và Mê Linh - ĐT312 có lưu lưu lượng xe tương đối đồng đều nhau (lần lượt 1.057 xe/hướng và 1.087 xe/hướng). Tỉ lệ xe máy tại các nút giao khảo sát dao động từ 44,56% (nút QL32 - Rộc Vạo) đến 64,02% (nút Mê Linh - ĐT312).

Hình 3.3 thể hiện số lượt vi phạm và tuân thủ đèn tín hiệu phân loại theo phương tiện (ô tô và xe máy). Nhìn chung, tại các nút giao thông khảo sát, lượng phương tiện vi phạm thấp hơn nhiều so với các phương tiện tuân thủ. Có thể thấy rõ, tại cả 3 nút giao thông, xe máy là phương tiện có tỉ lệ vượt đèn đỏ cao hơn so với ô tô. Điều này cho thấy những người điều khiển ô tô có ý thức tuân thủ luật cao hơn so với người điều khiển xe máy, có thể do mức phạt đối với ô tô cao hơn. Hơn nữa, xe máy ngoài mức phạt thấp hơn thì có tính linh động cao hơn ô tô nên họ dễ vượt đèn đỏ hơn.

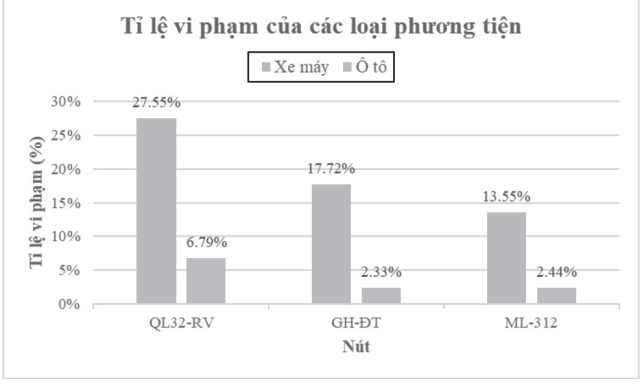
Qua việc tính toán tỉ lệ vi phạm theo loại phương tiện (số lượng xe vi phạm/tổng số xe) tại *Hình 3.4*, nút giao QL32 - Rộc Vạo ghi nhận tỉ lệ vượt của cả 2 loại phương tiện đều cao nhất trong 3 nút giao (xe máy - 27,55%; ô tô - 6,79%). Thấp nhất là nút Mê Linh - ĐT312 với tỉ lệ vi phạm của xe máy và ô tô lần lượt là 13,55% và 2,44%. Điều này có thể lý giải do trên trục đường Mê Linh có bố trí biển hạn chế tốc độ cho phép (50 km/h) tại trước các nút giao, đồng thời các đoạn đường đều có bố trí camera giám sát khiến cho các phương tiện phải giảm tốc độ một cách cưỡng bức nên ít có xu hướng vượt. Nếu xét về đặc điểm hình học thì theo chiều tăng về số lượng làn xe hướng khảo sát: Nút QL32 - Rộc Vạo (2 làn xe), nút Giáp Hải - Đa Tốn (3 làn xe, 1 làn rẽ trái), nút Mê Linh - ĐT312 (4 làn xe, 1 làn rẽ trái) thì tỉ lệ vượt đèn đỏ lại có xu hướng giảm dần *(Hình 3.4)*.



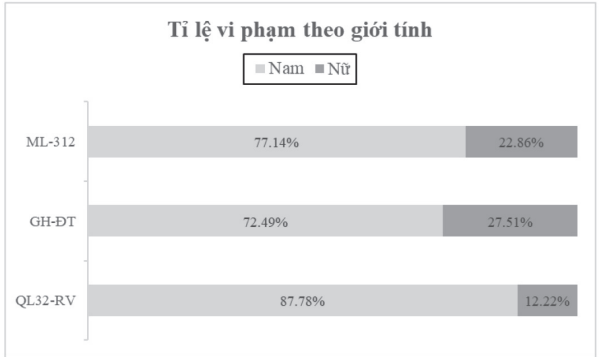
Hình 3.2: Lưu lượng các loại phương tiện



Hình 3.3: Số lượt vi phạm và tuân thủ



Hình 3.4: Tỉ lệ vi phạm của các loại phương tiện



Hình 3.5: Tỉ lệ vi phạm theo giới tính (chỉ xét với xe máy)

Hình 3.6: Một số hành vi vượt đèn đỏ tại 3 nút giao thông khảo sát (Nguồn: Tác giả)

Xét theo giới tính (chỉ xét các trường hợp đi xe máy do không thể phân biệt được giới tính người đi ô tô vì góc quay bị hạn chế), *Hình 3.5* chỉ ra rằng nam giới có xu hướng vượt đèn đỏ cao hơn nữ giới khá nhiều. Tỉ lệ nam giới vi phạm chiếm khoảng 72,49% đến 87,78%, trong khi con số này ở nữ giới rơi vào khoảng 12,22% đến 27,51%. Điều đó chứng tỏ nữ giới có ý thức tuân thủ tốt hơn nam giới. Tại thời điểm khảo sát, trời không mưa, thời tiết mát mẻ dễ chịu, tầm nhìn thuận lợi. Do vậy, các yếu tố tác động của môi trường đến tâm lý người lái xe là tương đồng nhau giữa các nút.

Nếu xem xét về chia pha điều khiển đèn tín hiệu, giữa 2 nút giao thông ngã 4 là Giáp Hải - Đa Tốn và Mê Linh - ĐT312 thì nút giao thông điều khiển 3 pha (có pha riêng cho xe rẽ trái) cho tỷ lệ thấp hơn so với nút điều khiển 2 pha (GH-ĐT). Qua việc quan sát video, nhóm nghiên cứu cũng nhận ra các hành vi vượt đèn đỏ có liên quan đến các phương tiện rẽ trái tại nút giao Giáp Hải - Đa Tốn *(Hình 3.6)*. Mặc dù đã có bố trí làn rẽ trái nhưng các phương tiện vượt lại chủ yếu xuất phát từ 2 làn đi thẳng liền kề (cắt ngang dòng đi thẳng). Điều này tiềm ẩn nguy cơ va chạm từ phía sau nếu xuất hiện đồng thời các phương tiện đi thẳng vượt đèn đỏ.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một số vấn đề trong các nghiên cứu trước đây được thực hiện đối với hành vi vượt đèn đỏ tại Hà Nội nói riêng và Việt Nam nói chung. Ngoài ra, bài báo đã tiến hành một nghiên cứu thực nghiệm về các yếu tố ảnh hưởng tới hành vi vượt đèn đỏ tại 3 vị trí nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu khu vực ngoài đô thị TP. Hà Nội. Dựa trên việc khảo sát hiện trạng và phân tích số liệu có thể thấy rằng, các yếu tố ảnh hưởng đến tình trạng vượt đèn đỏ ngoài đô thị bao gồm: Loại hình phương tiện, giới tính của người điều khiển, đặc điểm hình học của nút giao thông, bố trí camera giám sát và phân pha điều khiển. Các kết quả cho thấy: Xe máy vẫn là phương tiện có tỉ lệ cao hơn so với ô tô. Nam giới điều khiển mô tô, xe máy là nhóm đối tượng vi phạm chiếm tỉ lệ lớn tại các nút giao. Bên cạnh đó, những nút giao thông có số lượng làn xe nhiều hơn, có làn riêng và có pha riêng cho xe rẽ trái sẽ cho tỉ lệ vi phạm vượt đèn đỏ thấp hơn. Căn cứ vào kết quả của nghiên cứu, nhóm đề xuất các giải pháp nhằm giảm thiểu hành vi vi phạm đèn đỏ như tuyên truyền, giáo dục, nâng cao ý thức chấp hành luật giao thông; ứng dụng camera phạt nguội và tăng cường sự hiện diện của cơ quan chức năng tại nút để xử lý các vi phạm; thiết kế, tính toán thời gian và chia pha đèn tín hiệu phù hợp dựa trên đặc điểm lưu lượng tại nút giao thông.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-007.

Tài liệu tham khảo

[1]. Phan Trang (2023), *Giảm 2.000 người thiệt mạng do TNGT so với cùng kỳ (https://baochinhphu.vn/nam-2023-giam-2000-nguoi-thiet-mang-do-tngt-so-voi-cung-ky-102240109103654786.htm)*.

[2]. *Luật Giao thông đường bộ năm 2008.*

[3]. *Nghị định số 100/2019/NĐ-CP Quy định xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực giao thông đường bộ và đường sắt.*

[4]. X.C.Vuong, Rui-Fang Mou, H.S. Nguyen, T.T. Vu. (2018), *Red Light Running of Motorcycles at Signalized Intersections in Vietnam: Influential Factors and Countermeasures*, Proceeding of the 2018 International Conference on Building Smart Cities in Vietnam: Vision and Solutions.

[5]. Mai, V.H., Chu, T.D., Vu, Q.H. (2019), *Investigating Signal Violations in Mixed Traffic in Hanoi City*, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol.12.

[6]. Guangnan Zhang, Ying Tan, Rong-Chang Jou., *Factors influencing traffic signal violations by car drivers, cyclists, and pedestrians: A case study from Guangdong, China*, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol.42, Part 1, pp.205-216.

Ngày nhận bài: 22/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 20/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/4/2024

Xây dựng công thức thực nghiệm dự tính xói cục bộ trụ cầu dạng phức hợp

■ **TS. NGUYỄN ĐĂNG PHÓNG(*); ThS. HOÀNG THỊ MINH HẢI**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)ndphong@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu mô hình xói cục bộ trụ cầu dạng phức hợp (gồm thân trụ, bệ cọc và nhóm cọc) của tác giả. Từ kết quả của nghiên cứu và sự kế thừa kết quả nghiên cứu của một số tác giả khác, tác giả kiến nghị công thức dự tính xói cục bộ trụ cầu phức hợp.

Để kiểm nghiệm công thức kiến nghị, tác giả đã sử dụng kết quả đo xói cục bộ trụ thực tế của cầu Vĩnh Tuy và cầu Thanh Trì năm 2011, kết quả cho thấy: Sai số giữa công thức kiến nghị với kết quả xói thực tế trụ số 22 cầu Vĩnh Tuy và và trụ số 24 cầu Thanh Trì lần lượt là 8,15% và 10,71%.

Như vậy, công thức kiến nghị phù hợp với kết quả thí nghiệm trong phòng và tương đối phù hợp với số liệu đo xói thực tế trụ số 22 cầu Vĩnh Tuy và trụ số 24 cầu Thanh Trì.

Tuy nhiên, đây chỉ là kết quả ban đầu của nghiên cứu, để áp dụng công thức này trong tính toán thủy văn thủy lực công trình giao thông cần tiếp tục nghiên cứu trong điều kiện sông và trụ cầu thực tế hoặc trong các mô hình thí nghiệm lớn hơn.

TỪ KHÓA: Trụ cầu dạng phức hợp, thân trụ, bệ cọc, nhóm cọc, xói cục bộ, chiều sâu hố xói.

ABSTRACT: The results of research on the local scour model of complex bridge piers (containing pier column, pile cap, and pile group) are presented in this article. Inheriting the work of many other authors, this study proposes an experimental formula for predicting the local scour depth at complex bridge piers.

The recommended formula has been verified by comparing its predicted scour depths to those actually recorded in 2011 on the Vinh Tuy and Thanh Tri Bridges. At Vinh Tuy Pier 22 and Thanh Tri Pier 24, the findings indicated that there is an inaccuracy of 8.15% and 10.71%, respectively, between the predicted and observed scour depths. Pier 22 of the Vinh Tuy Bridge and Pier 24 of the Thanh Tri Bridge both provide scour data that is generally compatible with the proposed formula.

But this is only the beginning of our investigation. Additional study in actual settings or larger experimental models is required before this method may be used in hydrological and hydraulic calculations for transportation works.

KEYWORDS: Complex bridge piers, column, pile cap, pile group, local scour, scour depth.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Yêu cầu về mặt kinh tế, kỹ thuật, kết cấu, các công trình cầu thường được thiết kế trụ cầu dạng hình học phức tạp. Dạng phổ biến nhất của trụ cầu là thân trụ đặt trên bệ cọc và dưới bệ là hệ thống nhóm cọc *(Hình 1.1)*. Nghiên cứu về xói cục bộ trụ cầu phức tạp được nghiên cứu nhiều trong những năm gần đây.

Các nghiên cứu tiêu biểu về xói cục bộ trụ cầu phức tạp hiện nay phải kể đến là nghiên cứu của Coleman (2005) [1], của Sheppard và Renna (2005 và 2010) [2, 3], của E.V. Richardson và S.R. Davis [4]... Theo nghiên cứu của Coleman, chiều sâu hố xói trụ cầu phức tạp là chiều sâu xói của một trụ cầu tương đương, không phân biệt các thành phần của trụ cầu. Theo nghiên cứu của Richardson, chiều sâu hố xói là cộng tác dụng chiều sâu hố xói của các bộ phận trụ cầu, chiều sâu hố xói của bộ phận phía trên là tiền đề cho việc tính chiều sâu hố xói của bộ phận phía dưới. Còn theo nghiên cứu của Sheppard, chiều sâu hố xói trụ cầu bệ cao là chiều sâu hố xói của một trụ cầu đặc có đường kính bằng tổng của đường kính tương đương các bộ phận trụ cầu. Quy trình tính xói của Liên bang Nga CP 32 - 102 - 95 (1996) [5] cũng đề cập đến xói cục bộ của các trụ cầu dạng phức hợp. Theo tiêu chuẩn này, trụ cầu phức hợp tính như trụ cầu đơn giản nhưng thay bề rộng trụ cầu bằng thông số xét đến hình dạng kích thước các bộ phận của trụ cầu. Ngoài các nghiên cứu điển hình trên còn nhiều nghiên cứu về các trường hợp riêng của xói cục bộ trụ cầu phức hợp [6-13].

Ở Việt Nam, nghiên cứu về xói cục bộ trụ cầu phức hợp mới được đề cập từ những năm gần đây như nghiên cứu của Trần Đình Nghiên (2013) [14] về riêng nhóm cọc của trụ cầu phức hợp. Nghiên cứu của Nguyễn Đăng Phóng [15-18] về xói cục bộ của toàn bộ trụ cầu phức hợp và ảnh hưởng của riêng các thành phần trụ cầu phức hợp đến xói cục bộ trong trường hợp xói nước trong, địa chất đáy đồng nhất.

Tuy có nhiều nghiên cứu về xói cục bộ trụ cầu nói chung và xói cục bộ trụ cầu phức hợp nói riêng, nhưng việc tính xói cho loại trụ này chưa phản ánh được cơ chế dòng chảy và bùn cát tác động vào trụ và hệ thống cọc. Do đó, kết quả tính của các phương pháp còn sai khác nhau và sai khác với số liệu đo xói thực tế ở các cầu đang khai thác. Xuất phát từ thực tế trên, tác giả chọn hướng nghiên cứu xói cục bộ ở trụ cầu dạng phức hợp với mong muốn làm sáng tỏ một phần các yếu tố ảnh hưởng đến xói cục bộ trụ cầu phức hợp.

2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN XÓI CỤC BỘ TRỤ CẦU PHỨC HỢP

Các nghiên cứu [1-4] chỉ ra xói cục bộ trụ cầu phức hợp chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như kích thước trụ cầu, dòng chảy lũ, địa chất đáy sông… Lý thuyết P-Buckingham cho ta quan hệ giữa chiều sâu xói cục bộ tại trụ cầu h_c và các thông số phụ thuộc:

$$h_c = f\left[\left(b_c, b_{pc}, L_U, L_f, T, D, S, n, m, Sh, \alpha\right); \left(\rho, \nu, V, h, g, t\right); \left(d_{50}, \sigma_g, \rho_s, V_c\right)\right] \quad (1)$$

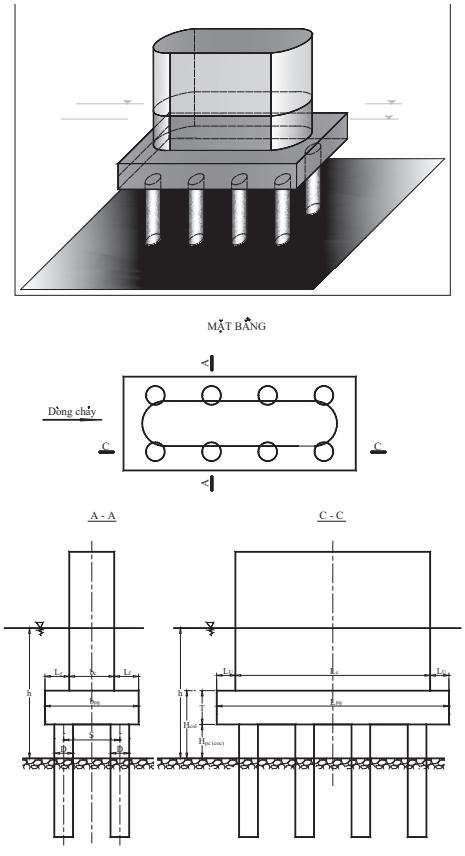
Trong đó:

(b_c, b_{pc}, b_{pg}, L_U, L_f, T, D, S, n, m, Sh, α) - Nhóm thông số kích thước trụ cầu;

b_c - Bề rộng thân trụ;

b_{pc} - Bề rộng bệ cọc;

b_{pg} - Bề rộng bó đặc của nhóm cọc ($b_{pg} = n.D$);



Hình 2.1: Mô hình trụ cầu phức hợp

D - Đường kính cọc;

L_U, L_f - Khoảng cách từ mép bệ cọc đến mép thân trụ theo hướng dọc và ngang trụ;

T - Chiều dày bệ cọc;

S - Khoảng cách giữa các tim cọc;

n, m - Số cột và số dãy của cọc;

Sh - Hệ số hình dạng trụ;

a - Hướng dòng chảy và hướng tim trụ;

($\rho_w, \upsilon, V, h, g$, t) - Nhóm thông số dòng chảy lũ;

r_w - Khối lượng riêng của nước;

n - Độ nhớt động học của nước;

V - Lưu tốc trước trụ;

h - Độ sâu trước trụ;

g - Gia tốc trọng trường;

t - Thời gian lũ;

($d_{so}, \sigma_g, \rho_s, V_c$) - Nhóm thông số bùn cát đáy sông;

d_{50} - Đường kính hạt có lượng lọt sàng 50%;

$\sigma_g = \sqrt{d_{84}/d_{10}}$ - Hệ số đồng đều của hạt cát;

r_s - Mật độ bùn cát đáy;

V_c - Lưu tốc giới hạn của vật liệu đáy sông.

Từ biểu thức (1), tổ hợp các yếu tố theo các thông số không thứ nguyên thường dùng trong tính toán thủy lực, thủy văn được biểu thức dạng không thứ nguyên của chiều sâu hố xói cục bộ trụ cầu với dòng chảy trước trụ:

$$\frac{h_c}{h} = f\left[\left(\frac{V}{V_c}, \frac{b_c}{h}, \frac{b_{pc}}{h}, \frac{b_{pg}}{h}, \frac{Y}{h}\right); \left(\sigma_g\right); \left(\frac{Vt}{D}, Sh, \alpha\right); \left(\frac{T}{b_c}, \frac{S}{D}, \frac{L_u}{b_c}, \frac{L_f}{b_c}\right)\right] \quad (2)$$

Do xói cục bộ trụ cầu là một vấn đề phức tạp, liên quan đến nhiều lĩnh vực như vận tải đường sông, chế độ bùn cát, chế độ dòng chảy, quy hoạch phát triển giao thông, cấu tạo mố, trụ cầu..., vì vậy phạm vi của nghiên cứu này giới hạn như sau:

- Đoạn sông tính toán là đoạn sông thẳng, tương đối đều, ổn định, đáy sông bằng phẳng, bề rộng sông rất lớn so với chiều sâu. Khi đó, các đặc trưng chủ yếu của sông là chiều sâu dòng chảy, lưu lượng, lưu tốc trung bình mặt cắt, lưu tốc không xói của vật liệu đáy sông.

- Vật liệu ở đáy lòng sông là cát hạt mịn có kích thước tương đối đồng nhất. Khi đó, dùng đường kính hạt trung bình để tính toán.

- Trụ cầu có thân trụ dạng hình chữ nhật mũi trụ dạng nửa tròn, bệ trụ dạng hình chữ nhật ở trên bề mặt đáy sông (lộ ra trong dòng chảy) và nhóm cọc dạng tròn lộ một phần trong dòng chảy *(Hình 2.1)*.

Sau khi loại bỏ các thành phần không hoặc ít liên quan do giới hạn nghiên cứu như trên, công thức (2) có dạng đơn giản hơn:

$$\frac{h_c}{h} = f\left[\left(\frac{V}{V_c}, \frac{b_c}{h}, \frac{b_p}{h}, \frac{b_{pg}}{h}, \frac{Y}{h}\right); \left(\frac{T}{b_c}, \frac{S}{D}, n, \frac{L_u}{b_c}, \frac{L_f}{b_c}\right)\right] \quad (3)$$

3. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH CÁC YẾU TỐ CỦA CÔNG THỨC TÍNH

Để chuyển phương trình tổng quát (3) về dạng phương trình giải tích, nghiên cứu đã tiến hành thí nghiệm trong phòng và thu thập số liệu thí nghiệm của các nghiên cứu tương tự khác. Từ các số liệu thí nghiệm và số liệu thu thập được sẽ kiến nghị công thức giải tích để tính xói cục bộ trụ cầu phức hợp.

Thí nghiệm về trường dòng chảy và xói tại trụ cầu phức hợp được làm tại Phòng Thí nghiệm Thủy lực tổng hợp

thuộc Trường Đại học Thủy lợi và Trung tâm Nghiên cứu thủy lực thuộc Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

Hình 3.1: Thí nghiệm tại Trường Đại học Thủy lợi và Viện Khoa học Thủy lợi

Bảng 3.1. Các trường hợp và kết quả thí nghiệm xói cục bộ trụ cầu phức hợp trên đáy cát

TH	Q (l/s)	h (m)	$H_{cọc}$ (m)	Y (m)	t_{tn} (min)	$h_{xói}$ (m)
1	40	0,21	0,105	-0,150	410	0,032
2	40	0,18	0,105	-0,150	430	0,043
3	40	0,21	0,090	-0,135	420	0,034
4	40	0,18	0,090	-0,135	450	0,045
5	40	0,21	0,075	-0,120	420	0,035
6	40	0,18	0,075	-0,120	420	0,046
7	40	0,21	0,060	-0,105	420	0,036
8	40	0,18	0,060	-0,105	420	0,047
9	40	0,21	0,045	-0,090	450	0,038
10	40	0,18	0,045	-0,090	460	0,049
11	40	0,21	0,030	-0,075	420	0,035
12	40	0,18	0,030	-0,075	420	0,038
13	40	0,21	0,020	-0,065	420	0,041
14	40	0,18	0,020	-0,065	420	0,046
15	40	0,21	0,010	-0,055	450	0,040
16	40	0,18	0,010	-0,055	460	0,045
17	40	0,21	0,000	-0,045	430	0,035
18	40	0,18	0,000	-0,045	450	0,038
19	40	0,21	-0,0225	-0,0225	460	0,033
20	40	0,18	-0,0225	-0,0225	460	0,041

Hệ thống thí nghiệm là hệ thống tuần hoàn, gồm máng thí nghiệm, hệ thống kênh dẫn thượng lưu, hạ lưu, bể chứa. Máng xây bằng gạch, trát xi măng cát đen (máng thí nghiệm ở Viện Khoa học Thủy lợi là máng kính có bề rộng 1 m). Đoạn làm thí nghiệm dài 7 m, rộng 1 cm, cao 0,75 m, được trát xi măng cát đen và đánh bóng xi măng. Có hệ thống cản tạo dòng chảy êm phía thượng lưu, cửa điều tiết hạ lưu để giữ cao độ mực nước không thay đổi suốt trong quá trình thí nghiệm.

Thí nghiệm được thực hiện với 1 cấp lưu lượng là 40 l/s. Lưu lượng được đo bằng đập tràn thành mỏng hình chữ nhật ở thượng lưu và được kiểm chứng lại bằng một đập tràn thành mỏng mặt cắt hình tam giác ở trước phần máng thí nghiệm.

Tốc độ được đo bằng máy PEMS với đầu đo E30 và E40 (Hà Lan) và áp suất được đo bằng máy SDA830C (Nhật).

Cát trong thí nghiệm là cát sông Hồng lấy tại bãi cát An Dương, Hà Nội được phân tích thành phần hạt tại Trung tâm Thí nghiệm công trình, Trường Đại học GTVT. Cát đường kính từ 0,1 mm đến 0,4 mm, có d_{50} = 0,27 mm; hệ số hình dạng hạt s_g = 1,29 < 1,30, do đó cát thí nghiệm là cát hạt đều.

4. XÂY DỰNG CÔNG THỨC DỰ TÍNH XÓI CỤC BỘ TRỤ CẦU PHỨC HỢP

4.1. Xây dựng công thức

Theo kết quả nghiên cứu của tác giả [15], thân trụ hầu như không ảnh hưởng đến chiều sâu hố xói, do vậy công thức (3) trở thành dạng đơn giản hơn:

$$\frac{h_c}{h} = f\left(\frac{b_{pg}}{h}, \frac{b_p}{h}, \frac{V}{V_c}, \frac{S}{D}, \frac{Y}{h}\right) \quad (4)$$

Sử dụng kết quả thí nghiệm của nghiên cứu và kết quả thí nghiệm của B, Ataie-Ashtiani và ccs [6] cho các trường hợp chiều cao cọc khác nhau, tiến hành xây dựng biểu thức dự tính chiều sâu hố xói cục bộ bằng cách dùng hàm hồi quy tuyến tính nhận được:

$$\frac{h_{c-nb}}{h} = \left(0{,}72 + 0{,}089\frac{Y}{h} - 0{,}734\frac{b_b}{h}\right).1{,}553\left(\frac{b_{pg}}{h}\right)^{0{,}637}.\left(\frac{V}{V_c}\right)^{1{,}951}\left(\frac{S}{D}\right)^{-0{,}407} \quad (5)$$

4.2. Điều kiện và phạm vi áp dụng công thức kiến nghị

Đối với dòng chảy: Cầu vượt qua các sông đào, sông tự nhiên đã được kênh hóa ở vùng đồng bằng.

Đối với trụ cầu: Trụ cầu có dạng phức hợp gồm ba bộ phận thân trụ, bệ cọc và nhóm cọc. Các trụ này có bệ cọc đã lộ ra trong dòng chảy trước khi có xói cục bộ hay chỉ có nhóm cọc.

Đối với địa chất đáy sông: Địa chất đáy sông là cát hạt nhỏ.

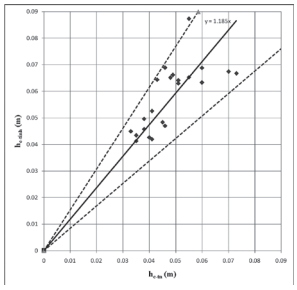
Bảng 4.1. Đánh giá công thức kiến nghị (5) với số liệu thí nghiệm

	h_{ctn} (m)	Y/h	b_{pc}/h	b_{pg}/h	S/D	$h_{c\text{-}tính}$ (m)	Sai số (%)
THÍ NGHIỆM CỦA TÁC GIẢ [19]	0,033	-0,107	0,595	0,257	2,778	0,045	36,21
	0,041	-0,125	0,694	0,300	2,778	0,053	28,23
	0,035	-0,214	0,595	0,257	2,778	0,043	23,95
	0,038	-0,250	0,694	0,300	2,778	0,050	30,63
	0,040	-0,262	0,595	0,257	2,778	0,043	6,72
	0,045	-0,306	0,694	0,300	2,778	0,048	7,41
	0,041	-0,310	0,595	0,257	2,778	0,042	2,42
	0,046	-0,361	0,694	0,300	2,778	0,047	2,23
	0,035	-0,357	0,595	0,257	2,778	0,041	17,98
	0,038	-0,417	0,694	0,300	2,778	0,046	20,32
ATAIE-ASHTIANI [6]	0,055	-0,112	0,592	0,211	2,000	0,087	58,69
	0,060	-0,112	0,592	0,211	2,000	0,063	5,56
	0,043	-0,120	0,600	0,213	2,000	0,064	49,72
	0,060	-0,153	0,600	0,213	2,000	0,069	14,78
	0,049	-0,155	0,581	0,206	2,000	0,066	35,10
	0,073	-0,188	0,604	0,215	2,000	0,067	-8,58
	0,070	-0,187	0,600	0,213	2,000	0,067	-3,72
	0,051	-0,243	0,592	0,211	2,000	0,064	25,75
	0,055	-0,243	0,592	0,211	2,000	0,065	18,75
	0,048	-0,243	0,592	0,211	2,000	0,065	35,70
	0,046	-0,279	0,643	0,229	2,000	0,069	49,74
	0,051	-0,305	0,596	0,212	2,000	0,063	23,59
							22,99

Nhận xét:

- Sai số trung bình giữa số liệu chiều sâu xói thí nghiệm và chiều sâu xói tính toán theo công thức kiến nghị là 22,99%, sai số lớn nhất là 58,69% khi so sánh với số liệu thí nghiệm của Ataie-Ashtiani.

- Như vậy, công thức kiến nghị tương đối phù hợp với số liệu thí nghiệm của nghiên cứu cũng như số liệu thí nghiệm của một số tác giả khác.



Hình 4.1: Quan hệ giữa số liệu thử nghiệm và công thức kiến nghị

4.3. Đo xói cục bộ và áp dụng công thức kiến nghị tính xói cục bộ trụ cầu Vĩnh Tuy và Thanh Trì

Từ kết quả đo lưu tốc, lưu lượng và chiều sâu ở khu vực trụ cầu, kết hợp với số liệu thiết kế trụ cầu, nghiên cứu tiến hành tính chiều sâu hố xói theo công thức kiến nghị với trụ số 22 cầu Vĩnh Tuy và trụ số 24 cầu Thanh Trì cho trong *Bảng 5.1*.

Hình 4.2: Một số hình ảnh chuẩn bị đo xói cục bộ trụ cầu

Kết quả tính theo công thức kiến nghị đều lớn hơn kết quả đo, nhưng không nhiều (8,15% với trụ số 22 cầu Vĩnh Tuy và 10,71% với trụ số 24 cầu Thanh Trì). Như vậy, công thức kiến nghị bước đầu được đánh giá gần với số liệu đo xói thực tế của trụ số 22 cầu Vĩnh Tuy và trụ số 24 cầu Thanh Trì.

5. KẾT LUẬN

Công thức kiến nghị tương đối phù hợp với kết quả thí nghiệm trong phòng và với số liệu đo xói thực tế trụ số 22 cầu Vĩnh Tuy và trụ số 24 cầu Thanh Trì.

Tuy nhiên, do công thức được thiết lập từ số liệu thí nghiệm trong phòng nên có một số hạn chế về điều kiện sử dụng, do đó để áp dụng vào việc tính toán xói cục bộ trụ cầu trong thực tế cần tiếp tục nghiên cứu trong điều kiện sông và trụ cầu thực tế hoặc trong các mô hình thí nghiệm lớn hơn.

Bảng 5.1. Kết quả tính xói trụ cầu đang khai thác theo công thức kiến nghị

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Trụ 22 (Vĩnh Tuy)	Trụ 24 (Thanh Trì)
Chiều sâu dòng chảy	h_1 =	m	2,50	4,74
Lưu tốc dòng chảy	V_1 =	m/s	0,26	0,30
Cao độ đáy lúc tự nhiên	$\blacktriangledown_0$ =	m	1,53	-0,47
Mực nước đo đạc	H =	m	3,46	3,34
Tính xói trụ cầu				
Bề rộng bó đặc của nhóm cọc	b_{pg} =	m	12,00	14,00
Cao độ đỉnh bệ cọc	Y =	m	-0,34	-1,94
Chiều sâu hố xói tính toán	$h_{c\text{-}nb}$ =	m	10,84	9,06
Đo xói cục bộ trụ cầu				
Cao độ đáy sông khi đo đạc	$\blacktriangledown_{đo}$ =	m	-9,06	-9,59
Chiều sâu hố xói đo đạc	$h_{xói\ đo}$ =		10,02	8,19
Sai số	%		-8,15	-10,71

Tài liệu tham khảo

[1]. Coleman, S. E. (2005), *Clearwater Local Scour at Complex Piers*, Journal of Hydraulic Engineering.

[2]. Sheppard, D. M. and Renna, R. (2005), *Bridge Scour Manual*, Florida Department of Transportation.

[3]. Jones, J.S and Sheppard, D.M. (2010), *Local Scour at Complex Pier Geometries, Florida Department of Transportation Research Office 605 Suwannee Street Tallahassee*, fl 32399-0450.

[4]. Richarson, E. V. and Davis, S. R. (2001), *Evaluating Scour At Bridges*, Fourth Edition, U.S. Department of Transportation - FHWA.

[5]. C 32 - 102 - 95 (1996), *Сооружения Мостовых переходов и подтопляемых Насыпей*.

[6]. Ataie-Ashtiani, B et al. (2010), *Experimental Investigation of Clear-Water Local Scour of Compound Piers*, Journal of Hydraulic Engineering © ASCE.

[7]. Ataie-Ashtiani, B. and Beheshti, A. A. (2006), *Experimental Investigation of Clear-Water Local Scour at Pile Groups*, Journal of Hydraulic Engineering © ASCE.

[8]. Ata A. et al. (2011), *Clearwater Local Scour around Pile Groups in Shallow-Water Flow*, Journal of Hydraulic Engineering.

[9]. Beheshti, A. A. and Ataie-Ashtiani, B. (2009), *Turbulent Flow Field around a Complex Bridge Pier in a Scour Hole*, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

[10]. Beheshti, A. A. and Ataie-Ashtiani, B. (2010), *Experimental Study of Three-Dimentional Flow Field around a Complex Bridge Pier*, Journal of Engineering Mechanics © ASCE.

[11]. Giuseppe O. (27-31, August, 2012), *Temporal variation of local scour at bridge piers with complex geometries*, ICSE6 Paris.

[12]. Moreno, M. et al. (2014), *Contribution of Complex Pier Components on Local Scour Depth*, © 3rd IAHR Europe Congress, Book of Proceedings, Porto - Portugal, ISBN 978-989-96479-2-3.

[13]. Ashish K. and Umesh C.K. (2012), *Three-Dimentional Flow Characteristics within the Scour Hole around Circular Uniform and Compound Piers*, Journal of Hydraulic Engineering © ASCE.

[14]. Trần Đình Nghiên, *Nghiên cứu xói cục bộ ở nhóm cọc của trụ cầu bệ cao*, Đề tài NCKH cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, nghiệm thu năm 2013.

[15]. Nguyễn Đăng Phóng (2015), *Ảnh hưởng của các thành phần trụ cầu bệ cao đến xói cục bộ trụ cầu*, Tạp chí Khoa học GTVT, số 47.

[16]. Nguyễn Đăng Phóng (2013), *Các phương pháp hiện thời dự đoán xói cục bộ trụ cầu bệ cao*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 5.

[17]. Nguyễn Đăng Phóng (2012), *Xói cục bộ ở trụ cầu bệ cao trong điều kiện xói nước trong*, Tạp chí GTVT, số 10.

[18]. Nguyễn Đăng Phóng (2011), *Đánh giá các phương pháp dự đoán xói cục bộ trụ cầu bệ cao*, Tạp chí Khoa học GTVT, số 36.

[19]. Nguyễn Đăng Phóng (2016), *Nghiên cứu xói cục bộ ở trụ cầu dạng phức hợp*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT.

Ngày nhận bài: 21/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 11/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 22/4/2024

Nghiên cứu chế tạo bê tông geopolyme sử dụng chất hoạt hóa một thành phần và cát biển

■ **TS. ĐẶNG THÙY CHI**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: thuychi.dang@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Các nghiên cứu về bê tông geopolyme sử dụng cát biển trên thế giới mới phát triển khoảng 10 năm trở lại đây và còn khá sơ khai. Hiện nay, ở nước ta, việc chế tạo bê tông geopolyme chủ yếu sử dụng dung dịch kiềm hoạt hóa hai thành phần là hỗn hợp của dung dịch natri hydroxyt và thủy tinh lỏng. Nghiên cứu này cho thấy việc sử dụng chất hoạt hóa một thành phần giúp công nghệ chế tạo bê tông geopolyme trở nên đơn giản, hoàn toàn tương tự như bê tông xi măng thường. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng sử dụng cát biển lấy tại vùng biển Cửa Lò, Nghệ An nhằm bước đầu đánh giá khả năng chế tạo bê tông geopolyme chịu lực từ các nguồn vật liệu nhiễm mặn không qua xử lý. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính và tỷ lệ nước trên chất kết dính đến cường độ của bê tông geopolyme sử dụng cát biển đã được phân tích, đánh giá. Kết quả nghiên cứu cho thấy bê tông geopolyme sử dụng cát biển đạt được cường độ chịu nén lên đến 40 MPa, đáp ứng yêu cầu chịu lực của các kết cấu thông thường.

TỪ KHÓA: Bê tông geopolyme, cường độ, chất hoạt hóa một thành phần, cát biển.

ABSTRACT: The research on geopolymer concrete using sea sand in the world has only been developing for about 10 years and is still new. On the other hand, in our country, geopolymer concrete manufacturing mainly uses an alkaline activation solution composed of sodium hydroxide solution and liquid glass. This study proves that using one-part alkali activated material simplifies the geopolymer manufacturing process, making it similar to ordinary Portland cement concrete technology. Additionally, the study has also used sea sand collected from the Cua Lo sea area, Nghe An province, in order to initially evaluate the potential of manufacturing structural geopolymer concrete from untreated saline materials. The influence of binder content and water-to-binder ratio on the strengths of sea sand-based geopolymers has been analyzed and evaluated. The research results show that sea sand-based geopolymer concretes achieve the compressive strength up to 40 MPa, response to strength requirements of conventional structures.

KEYWORDS: Geopolymer concrete, strength, one-part akaliactived materials, sea sand.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sản xuất xi măng không chỉ tiêu thụ đáng kể năng lượng và tài nguyên thiên nhiên mà còn thải ra một lượng lớn bụi và khí nhà kính. Việc tìm kiếm chất kết dính mới thay thế xi măng đáp ứng yêu cầu phát triển xây dựng bền vững, thân thiện môi trường là hết sức cần thiết. Trong khoảng 4 thập kỷ qua, "Geopolyme" đã được nghiên cứu và cho thấy có thể góp phần đa dạng hóa các giải pháp về chất kết dính, thay thế một phần thị trường của xi măng. Ngoài ra, geopolyme còn tận dụng nguyên liệu là các chất thải công nghiệp như tro bay, tro trấu, xỉ lò cao... đáp ứng những yêu cầu về môi trường đối với chất kết dính "xanh" hơn và thân thiện hơn.

Với hơn 3.000 km bờ biển và nhu cầu phát triển kinh tế hướng biển, số lượng các công trình xây dựng khu vực ven biển và hải đảo ở Việt Nam hiện đang gia tăng mạnh mẽ. Tuy nhiên, hầu hết các loại vật liệu xây dựng cho công trình biển đảo đều phải vận chuyển từ đất liền ra, rất phức tạp. Các loại bê tông thường được chế tạo bằng cách trộn xi măng portland với nước và cốt liệu có yêu cầu về hàm lượng ion clo thấp nên không thể sử dụng cát biển. Quá trình khử mặn cho cát biển cũng tiêu tốn khá nhiều tài nguyên, ít có ý nghĩa cả về mặt khoa học cũng như tính thực tế. Trong khi đó, vật liệu geopolyme hoàn toàn có triển vọng trong việc tận dụng các nguồn nguyên liệu nhiễm mặn tại chỗ để chế tạo bê tông.

Các nghiên cứu về bê tông geopolyme sử dụng cát biển trên thế giới mới được phát triển khoảng 10 năm trở lại đây. B.H. Shine, 2016 [1] đã cho thấy cường độ chịu nén ngày 28 của bê tông geopolyme sử dụng cát biển chưa qua xử lý vẫn đạt trên 20 MPa. K. T. Nguyen, 2018 [2] phân tích bằng kính hiển vi điện tử quét và XR quan sát thấy cấu trúc của hai loại bê tông dùng cát biển và cát sông là hoàn

toàn tương tự. Nghiên cứu của S. Luhar, 2020 [3] cho thấy bê tông geopolyme hoàn toàn có thể chế tạo được từ vật liệu đầu vào nhiễm mặn. Phân tích thống kê của Guo, 2020 [4] cho thấy cường độ nén bê tông geopolyme dùng cát biển và nước biển không có sự khác biệt so với bê tông thông thường. Việc sử dụng cát biển trong bê tông thường cũng như trong bê tông có cốt không ăn mòn hứa hẹn sản xuất bê tông thân thiện với môi trường.

Quá trình phân tích cho thấy việc triển khai nghiên cứu hướng tới việc sử dụng các vật liệu tại chỗ là cát nhiễm mặn kết hợp với chất kết dính geopolyme để xây dựng các công trình hạ tầng ven biển có ý nghĩa khoa học, thực tiễn, có tính thời sự và đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững trong xây dựng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

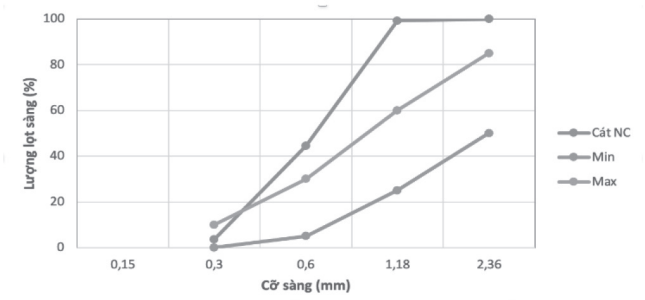
2.1. Vật liệu sử dụng

Trong bê tông geopolyme, chất kết dính geopolyme được hình thành bằng cách kết hợp vật liệu giàu aluminosilicat (thường là một số chất thải công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao nghiền mịn, tro trấu...) với dung dịch kiềm hoạt tính. Dung dịch kiềm hoạt tính thông thường được sử dụng là hỗn hợp của dung dịch natri hydroxyt (NaOH) và thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3). Nghiên cứu này sử dụng chất hoạt hoá một thành phần dạng hạt mịn *(Hình 2.1)*, có khối lượng thể tích là 0,89 g/cm^3 và hàm lượng Na_2O là 29%. Chất hoạt hóa dạng bột được trộn khô cùng với tro bay và xỉ lò cao giúp cho quá trình chế tạo bê tông geopolyme đơn giản và an toàn tương tự như chế tạo bê tông xi măng thông thường. Ngoài ra, chất hoạt hóa khô còn có ưu điểm khi tan trong nước, tỏa ra nhiệt độ giúp nâng cao hiệu quả của quá trình phản ứng polyme hóa cải thiện cường độ của bê tông.

Hình 2.1: Chất hoạt hóa một thành phần

Vật liệu khoáng giàu silíc và nhôm dùng trong nghiên cứu là hỗn hợp tro bay khô và xỉ lò cao nghiền mịn. Tro bay sử dụng được lấy tại Nhà máy Nhiệt điện Phả Lại có thành phần hóa học đạt yêu cầu của tro bay loại F theo Tiêu chuẩn TCVN 10302-2014 [5], khối lượng riêng 2,5 g/cm^3, độ mịn 94% lọt qua sàng 0,08 mm. Xỉ lò cao nghiền mịn mác S95 của nhà máy Hòa Phát - Hải Dương đã được sử dụng làm vật liệu kết dính trong nghiên cứu. Xỉ lò cao nghiền mịn S95 có khối lượng riêng 2,45g/cm^3 và bề mặt riêng 4.425 cm^2/g, phù hợp các yêu cầu của TCVN 11586-2016 [6].

Cốt liệu lớn sử dụng trong nghiên cứu là đá dăm kích thước 10 - 20 mm, khai thác tại mỏ Sunway, Hà Nội. Cát biển sử dụng được lấy ở ven biển Cửa Lò, Nghệ An. Phân tích sàng của cát *(Hình 2.2)* được thực hiện theo ASTM C136-04 [7].



Hình 2.2: Thành phần hạt của cát biển nghiên cứu

2.2. Thành phần bê tông và phương pháp chế tạo mẫu thử

- Thành phần bê tông: Thành phần bê tông được tính theo phương pháp khối lượng tuyệt đối. Tỷ lệ chất hoạt hóa trên chất kết dính (tro bay và xỉ lò cao) biến đổi từ 8 đến 15%. Trong khi tỷ lệ nước/bột (tổng hàm lượng chất kết dính và chất hoạt hóa) dùng trong hỗn hợp là 0,3, 0,35 và 0,4.

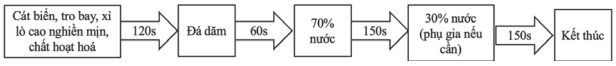
- Phương pháp chế tạo mẫu thử: Quá trình trộn bê tông geopolyme có sử dụng cát biển (tóm tắt trong *Hình 2.4*) diễn ra trong 2 giai đoạn:

+ Giai đoạn 1 (trộn khô): Đây là giai đoạn trộn khô hỗn hợp cốt liệu với hỗn hợp chất kết dính để tạo sự đồng nhất ban đầu. Cho hỗn hợp cát bãi biển và hỗn hợp chất kết dính gồm tro bay, xỉ lò cao và chất hoạt hóa trộn trong 120s nhằm, sau đó thêm đá dăm trộn trong 60s. Thời gian trộn khô là 180s.

+ Giai đoạn 2 (trộn ướt): Cho 70% nước vào trộn trong 150s, sau đó cho 30% nước còn lại (có thể pha chất phụ gia hóa dẻo nếu cần) trộn trong thời gian 150s. Thời gian trộn ướt là 300s.

Tổng thời gian trộn là 480s (8 phút). Thời gian nhào trộn hỗn hợp geopolyme dài hơn so với hỗn hợp bê tông xi măng thông thường do hỗn hợp geopolyme có độ nhớt cao hơn.

Hình 2.3: Quá trình trộn bê tông geopolyme



Hình 2.4: Quy trình trộn bê tông geopolyme

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông geopolyme sử dụng cát biển

Các mẫu bê tông geopolymer được nhào trộn và đúc như mô tả ở Mục 2.2, sau 24h được tháo khuôn và lưu ở điều kiện phòng thí nghiệm cho đến khi thử nghiệm.

Hình 3.1: Mẫu sau khi tháo khuôn

Thí nghiệm cường độ chịu nén các mẫu thử được tiến hành theo ASTM C39-21 [8]. Thí nghiệm cường độ chịu nén của 9 cấp phối bê tông nghiên cứu ở các tuổi 3, 7, 14 và 28 ngày đã được thử nghiệm. Kết quả thí nghiệm là trung bình số học của 3 mẫu thử.

Hình 3.2: Thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông geopolyme

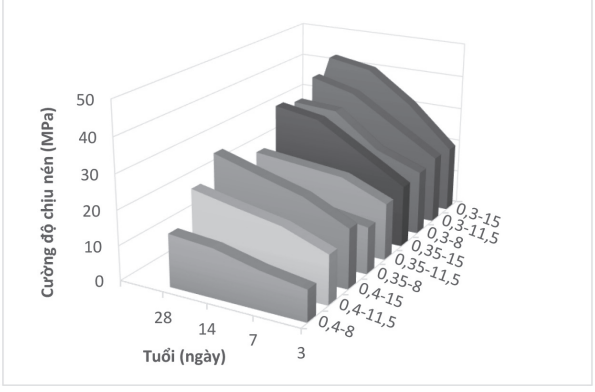
Ngoài cường độ nén, để bê tông có thể thi công được trong các ứng dụng của kết cấu thì tính công tác (độ sụt) của hỗn hợp bê tông geopolyme cũng phải được xem xét. Độ sụt của hỗn hợp bê tông geopolyme tươi được xác theo ASTM C143-12 [9]. Kết quả thí nghiệm độ sụt đo được lớn nhất là 95 mm và nhỏ nhất 47 mm. Độ sụt của tất cả các hỗn hợp bê tông geopolyme đều đảm bảo tính công tác để thi công các kết cấu chịu lực thông thường. Đồng thời, khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông cũng được kiểm tra theo ASTM C138 [10], kết quả đạt được giá trị trung bình là 2.377±5 kg/m^3.

Hình 3.3: Thí nghiệm xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông geopolyme

3.2. Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông geopolyme theo thời gian

Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông geopolyme theo thời gian được thể hiện trên *Hình 3.4*. Có thể thấy các cấp phối geopolyme sử dụng cát biển, cường độ 3 ngày tuổi đều đạt được hơn 50 - 60% và cường độ 7 ngày tuổi đạt được 70% so với cường độ tuổi 28 ngày.

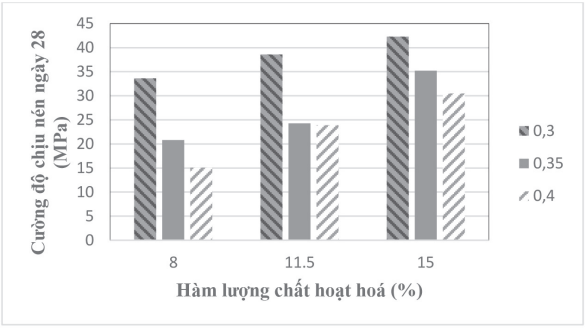
Như vậy, cường độ chịu nén của bê tông geopolyme phát triển rất nhanh trong vòng 3 đến 7 ngày đầu. Cường độ 14 ngày có thể đạt 90 - 98% so với cường độ ngày 28. Kết quả này cũng phù hợp với các nhận xét của nghiên cứu trước đây về cường độ tuổi sớm của bê tông geopolyme trên thế giới. Vì quá trình polyme hóa về cơ bản là nhanh nên cường độ của bê tông geopolyme hầu như không thay đổi theo độ tuổi của bê tông (Ragan, 2004 [11]).



Hình 3.4: Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông geopolyme theo thời gian

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng chất hoạt hóa đến cường độ của bê tông geopolyme

Hình 3.5 trình bày sự thay đổi cường độ nén của các mẫu bê tông geopolyme được bảo dưỡng 28 ngày theo hàm lượng chất hoạt hóa. Có thể thấy rằng, nồng độ của chất hoạt hóa đóng một vai trò quan trọng trong việc gia tăng cường độ bê tông geopolyme. Khi nồng độ tăng từ 8 lên 15%, cường độ bê tông tăng lên đáng kể. Sự cải thiện cường độ chủ yếu bị chi phối bởi số lượng alumino-silicat bị hòa tan từ các nguyên liệu gốc.

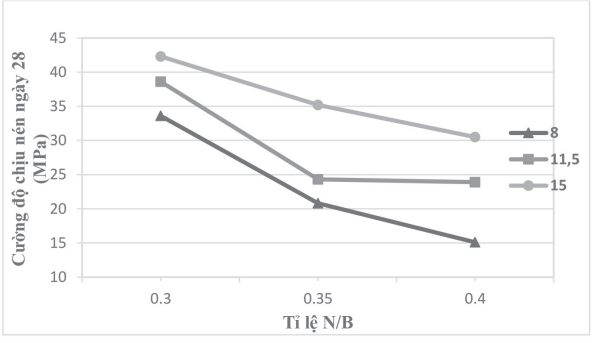


Hình 3.5: Ảnh hưởng của hàm lượng chất hoạt hóa đến cường độ chịu nén của bê tông geopolyme

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/B đến cường độ của bê tông geopolyme

Quan sát trên *Hình 3.6*, ta thấy khi tỷ lệ N/B tăng từ 0,3 lên 0,4, cường độ bê tông geopolyme giảm đi đáng kể. Mức độ giảm này không lớn ở cường độ 3 ngày nhưng ảnh hưởng rõ rệt ở cường độ 14 và 28 ngày trong tất cả các cấp phối bê tông.

Có thể thấy tương tự như tỉ lệ N/CKD trong bê tông xi măng truyền thống, tỉ lệ N/B ảnh hưởng lớn đến cường độ của bê tông geopolyme. Tuy nhiên cũng cần lưu ý rằng, các quá trình hóa học liên quan đến sự hình thành chất kết dính của cả hai loại bê tông này là hoàn toàn khác nhau.



Hình 3.6: Ảnh hưởng của tỷ lệ N/B đến cường độ chịu nén của bê tông geopolyme

4. KẾT LUẬN

Khi sử dụng cát biển để chế tạo bê tông geopolyme, các bước chế tạo hoàn toàn tương tự như bê tông xi măng. Tuy nhiên, thời gian nhào trộn hỗn hợp geopolyme dài hơn so với hỗn hợp bê tông xi măng thông thường do hỗn hợp geopolyme có độ nhớt cao hơn.

Cường độ chịu nén của bê tông geopolyme phát triển rất nhanh trong vòng 3 đến 14 ngày đầu. Cường độ 3 ngày có thể đạt khoảng 50 - 60%, cường độ 7 ngày có thể đạt tới 70% và cường độ ngày thứ 14 đạt tới 90 - 98% so với cường độ ngày 28. Do đó, thời gian bảo dưỡng của bê tông geopolyme có thể rút ngắn hơn so với bê tông xi măng thông thường, tạo điều kiện để rút ngắn tiến độ xây dựng công trình.

Qua đánh giá về cường độ chịu nén, cấp phối geopolyme sử dụng cát biển đạt cường độ đến 40 MPa, đáp ứng yêu cầu chịu lực các kết cấu thông thường. Như vậy, có thể thay thế cát vàng bằng cát biển trong việc chế tạo bê tông chịu lực, góp phần sử dụng hiệu quả nguồn cát tương đối phong phú, giảm khai thác lượng cát vàng đang ngày càng cạn kiệt.

Việc sử dụng chất hoạt hóa một thành phần dạng bột đưa công nghệ chế tạo bê tông geopolyme trở nên hoàn toàn tương tự như bê tông xi măng truyền thống, từ đó mở rộng khả năng ứng dụng vật liệu thân thiện môi trường này vào thực tế xây dựng.

Tài liệu tham khảo

[1]. B. H. Shinde, K. N. Kadam (2016), *Strength Properties of Fly Ash Based Geopolymer Concrete with Sea Sand*, American Journal of Engineering Research *(AJER)e-ISSN:2320-0847; p-ISSN:2320-0936*, vol.5, Issue-7, pp.129-132.

[2]. K. T. Nguyen, T. A. Le, K. Lee (2018), *Evaluation of the mechanical properties of sea sand-based geopolyme concrete and the corrosion of embedded steel bar*, Construction and Building Materials 169, 462-472, *https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.169.*

[3]. S. Luhar, I. Luhar (2020), *Application of Seawater and Sea Sand to Develop Geopolyme Composites*, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 8, 5625-5633, *http://doi:10.35940/ijrte.E5681.018520.*

[4]. M. Guo et al. (2020), *Characterization of the mechanical properties of eco-friendly concrete made with untreated sea sand and seawater based on statistical analysis*, Construction and Building Materials 234, 117339.

[5]. TCVN 10302-2014 (2014), *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*.

[6]. TCVN 11586-2016 (2016), *Xỉ lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa.*

[7]. ASTM C136-04 (2004), *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*, American Society for Testing and Materials.

[8]. ASTM C39-21 (2021), *Standard Test Method or Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.

[9]. ASTM C143-12 (2012), *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*.

[10]. ASTM C38-17 (2017), *Standard Test Method for Density (Unit Weight)*, Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

[11]. Ragan (2004), *Factors influencing the compressive strength of fly ash-based geopolyme concrete*, Civil Engineering Dimension, 6, 88-93.

Ngày nhận bài: 20/02/2023
Ngày nhận bài sửa: 14/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 11/4/2024

Định tuyến địa lý cho mạng VANET có xét đến mức độ ưu tiên khác nhau của các ứng dụng trong ITS

■ **TS. VÕ TRƯỜNG SƠN**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: vtson@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo giới thiệu phương pháp định tuyến địa lý có xét đến mức độ ưu tiên khác nhau của các ứng dụng trong mạng VANET (APGR). Phương pháp này sử dụng hệ mờ đồng thời có xem xét chi tiết mức độ ưu tiên của các ứng dụng, nhất là các ứng dụng phục vụ cho mục đích an toàn, nhằm làm tăng hiệu quả của thuật toán định tuyến. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng cho các bài toán truyền thông giữa các phương tiện trong ITS.

TỪ KHÓA: Định tuyến địa lý, hệ số chiếm dụng bộ nhớ đệm, mức độ ưu tiên của ứng dụng, mạng VANET, ITS, hệ mờ.

ABSTRACT: The article introduces a new geographical routing method (APGR) in VANETs. The method uses the fuzzy system and also considers information the priority level of applications, especially applications serving safety purposes, to increase the efficiency of the routing algorithm. The research results can be applied to communication problems between vehicles in the ITSs.

KEYWORDS: Geographical routing, buffer occupancy factor, priority of applications, VANET, ITS, fuzzy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hệ thống giao thông thông minh, mạng VANET đóng vai trò quan trọng trong việc truyền dữ liệu giữa các phương tiện giao thông (V2V) hoặc giữa phương tiện giao thông với trạm bên đường (V2I). Hiệu quả hoạt động của thuật toán định tuyến là một trong những yếu tố quan trọng quyết định đến hiệu quả của mạng VANET. Các giao thức định tuyến trong VANET được phân thành hai nhóm là định tuyến theo vị trí địa lý và định tuyến theo đồ hình mạng [1, 2]. Phần lớn các giao thức định tuyến đang được áp dụng cho VANET đều thuộc nhóm theo địa lý [1]. Đã có nhiều nghiên cứu về loại giao thức định tuyến địa lý [1-14], tuy nhiên, các giao thức của các nghiên cứu này đều không quan tâm tới mức độ ưu tiên khác nhau của các ứng dụng nên hiệu quả định tuyến không cao. Giao thức PSGR trong [15] và giao thức PFDGR trong [16] đã xem xét đến yếu tố ưu tiên của các gói tin. Tuy nhiên, cả hai giao thức này mới chỉ chia các ứng dụng trong hệ thống giao thông thông minh thành hai nhóm: Nhóm vì mục đích an toàn và nhóm không vì mục đích an toàn.

Trên thực tế, có một số độ trễ cho phép (ĐTCP) khác nhau trong nhóm các ứng dụng vì mục đích an toàn [18, 19]. Các giao thức định tuyến ứng xử mức độ ưu tiên giống nhau với các ứng dụng có ĐTCP khác nhau này sẽ là điều không hợp lý. Thậm chí, một số ứng dụng không vì mục đích an toàn nhưng lại có ĐTCP nhỏ hơn so với nhiều ứng dụng vì mục đích an toàn. Do đó, việc ưu tiên cho toàn bộ các ứng dụng vì mục đích an toàn hơn các ứng dụng không vì mục đích an toàn là điều không hợp lý. Bài báo này giới thiệu phương pháp định tuyến địa lý chống tắc nghẽn trong mạng VANET, có xét đến ĐTCP của mỗi ứng dụng. Phương pháp này sử dụng công cụ hệ mờ, xem xét chi tiết ĐTCP của mỗi ứng dụng nhằm làm tăng hiệu quả của thuật toán định tuyến. Phần còn lại của bài báo gồm có các phần sau: Phần 2 phân loại các ứng dụng trong mạng VANET, Phần 3 mô tả thuật toán định tuyến, Phần 4 mô tả hệ mờ được sử dụng để hỗ trợ thuật toán định tuyến trong việc quyết định hướng chuyển tiếp gói tin; kết quả mô phỏng được cho ở Phần 5 và cuối cùng Phần 6 là kết luận.

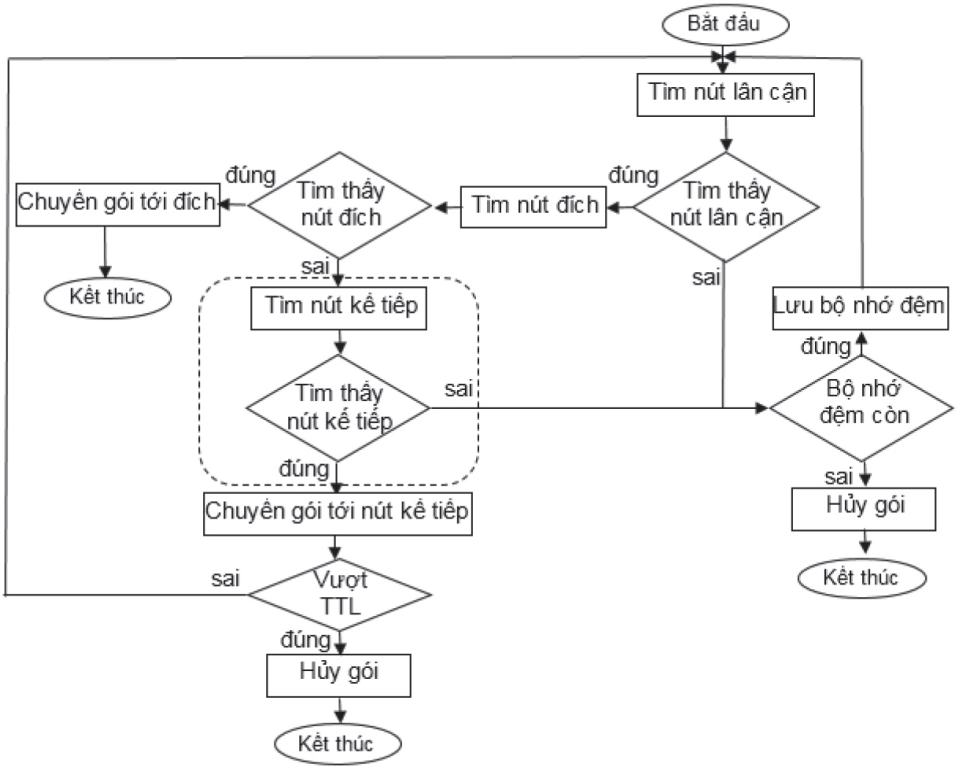
2. PHÂN LOẠI CÁC ỨNG DỤNG TRONG MẠNG VANET

VANET là một loại mạng LAN không dây tùy biến đặc biệt được dùng để kết nối V2V hoặc V2I trong các hệ thống giao thông thông minh. VANET mang lại nhiều ứng dụng tiện ích cho người tham gia giao thông. Có thể chia các ứng dụng này thành 3 nhóm chính: (1) Ứng dụng vì mục đích an toàn; (2) Ứng dụng không vì mục đích an toàn và (3) Các ứng dụng khác [17 - 19]. Các ứng dụng như cảnh báo va chạm tại giao lộ, cảnh báo vi phạm tín hiệu điều khiển giao thông, trợ giúp rẽ trái... thuộc nhóm thứ nhất. Các ứng dụng như điều khiển luồng giao thông thông minh, thu phí không dừng, tải và cập nhật bản đồ, thông báo địa điểm đáng quan tâm... thuộc nhóm thứ hai. Các ứng dụng như hỗ trợ giới hạn tốc độ, định vị bãi đỗ xe, thông tin về lưu lượng giao thông, thanh toán xăng dầu, thu phí... thuộc nhóm thứ ba. Trong [19], nhóm tác giả đã xác định 34 ứng dụng thuộc nhóm thứ nhất, 11 ứng dụng thuộc nhóm thứ hai, 32 ứng dụng thuộc nhóm thứ 3, đồng thời cung cấp ĐTCP tương ứng với từng ứng dụng thuộc các nhóm thứ nhất và thứ 2. Tùy theo tính chất quan trọng, [19] đã xác định ĐTCP của từng ứng dụng trong các nhóm một và hai với các mức độ là 20 ms, 50 ms, 100 ms, 500 ms, 1s, 5s và không áp dụng ĐTCP. Các ứng dụng thuộc nhóm 3 cũng không áp dụng ĐTCP. Thuật toán định tuyến trong mạng VANET cần đặt mức độ ưu tiên của các gói tin thuộc nhóm ứng dụng thứ nhất và nhóm thứ hai cao hơn nhóm thứ ba, đồng thời mức độ ưu tiên của mỗi gói tin cũng cần được phân hóa rõ ràng, dựa vào ĐTCP của từng ứng dụng.

3. THUẬT TOÁN ĐỊNH TUYẾN

Định tuyến trong mạng Vanet là quá trình xác định một tuyến đường bao gồm các nút kế tiếp tiếp nhau để chuyển tiếp gói tin đến đích. Định tuyến địa lý sử dụng thông tin vị trí của các nút lân cận để quyết định nút kế tiếp. Trong định tuyến địa lý, quyết định chuyển tiếp của nút hiện tại chủ yếu được thực hiện dựa trên vị trí của nút đích của gói tin và vị trí của các nút lân cận với nút hiện tại [14]. Phương pháp APGR trước hết phải là một giao thức dạng PSGR trong [15] và PFDGR trong [16], tức là sử dụng hệ mờ, thông tin về khoảng cách, thông tin về mức độ chiếm dụng bộ nhớ đệm để đưa ra các quyết định lựa chọn nút lân cận làm nút kế tiếp. Tuy nhiên, khác với [15, 16], trong APGR, một hệ mờ để tính toán chi phí chuyển tiếp gói tin được áp dụng chung cho các gói tin có độ ưu tiên khác nhau. Trong APGR, khái niệm độ ưu tiên của các gói tin trong các nghiên cứu trước đây được thay thế bằng khái niệm ĐTCP của các gói tin và là đầu vào thứ ba của hệ suy diễn mờ. Theo đó, các gói tin cho dù thuộc nhóm ưu tiên nào đều có thêm thuộc tính ĐTCP.

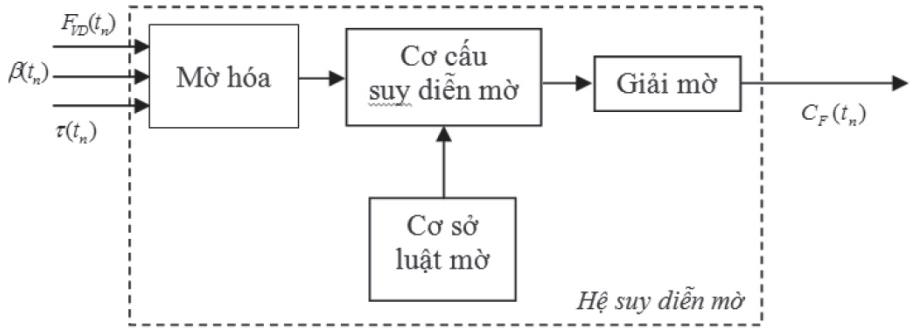
APGR sử dụng sơ đồ các bước xử lý của giao thức định tuyến FDGR [15] và được biểu diễn ở *Hình 3.1*. Trong quá trình lựa chọn nút kế tiếp, APGR sử dụng ba số liệu đầu vào bao gồm: (1) Vector khoảng cách của nút hiện tại với một nút lân cận, có tham chiếu đến vector nối nút hiện tại và nút đích; (2) Tỷ lệ còn trống của bộ nhớ đệm tại nút lân cận và (3) ĐTCP của gói tin. Việc sử dụng biến đầu vào là ĐTCP nhằm đảm bảo các gói tin có ĐTCP nhỏ được sử dụng tài nguyên bộ nhớ đệm nhiều hơn so với các gói tin có ĐTCP lớn hơn. Từ đó, tỷ lệ gói tin tới đích (TLGTTĐ) và thời gian tới đích trung bình của gói tin có yêu cầu ưu tiên cao sẽ tốt hơn so với của các gói tin yêu cầu mức độ ưu tiên thấp hơn.



Hình 3.1: Sơ đồ khối các bước xử lý của giao thức

4. HỆ MỜ HỖ TRỢ THUẬT TOÁN ĐỊNH TUYẾN

Tương tự như trong FDGR, nguyên tắc lựa chọn nút kế tiếp của APGR là nút được chọn phải thỏa mãn hai điều kiện: (1) Có khoảng cách tới nút đích nhỏ hơn khoảng cách từ nút hiện tại tới nút đích và (2) Có chi phí mờ lớn nhất trong số các nút lân cận. Điều kiện thứ hai được thực hiện bằng cách tính giá trị chi phí mờ cho tất cả các nút lân cận thỏa mãn điều kiện thứ nhất, sau đó lựa chọn nút có giá trị mờ cao nhất [14]. *Hình 4.1* biểu diễn sơ đồ khối của hệ mờ dùng để tính toán chi phí mờ của APGR. Hệ này được đặt tại các nút, hoạt động tại nút hiện tại C vào thời điểm t_n. Biến đầu vào của hệ mờ là hệ số vector khoảng cách $F_{VD}(t_n)$ [2], mức độ chiếm dụng bộ nhớ đệm $\beta(t_n)$ [2] và ĐTCP của gói tin $\tau(t_n)$. Biến đầu ra của hệ mờ là chi phí mờ cho việc chuyển tiếp gói tin từ nút C đến nút N, $C_F(t_n)$. Giá trị $C_F(t_n)$ càng lớn thì chi phí càng tốt, $C_F(t_n)$ càng bé thì chi phí càng kém. Trong hệ mờ này, bộ mờ hóa chuyển đổi giá trị tính được tại mỗi đầu vào $F_{VD}(t_n)$, $\beta(t_n)$ và $\tau(t_n)$ thành các giá trị ngôn ngữ tương ứng của các tập mờ. Hàm thuộc được lựa chọn cho biến đầu vào $F_{VD}(t_n)$ có dạng tam giác với các giá trị ngôn ngữ của các biến đầu vào có dạng: $U(F_{VD}(t_n)) = \{$*gần(G)*, *trung bình(TB)*, xa(X), *chính xác(CX)*$\}$ [2]. Có thể xem chi tiết về các biến ngôn ngữ đầu vào $F_{VD}(t_n)$, $\beta(t_n)$ tại [2]. Hàm thuộc được lựa chọn cho biến đầu vào $\tau(t_n)$ có dạng tam giác và hình thang với các giá trị ngôn ngữ có dạng: $U(\tau(t_n)) = \{$*Cực nhỏ (CN)*, *Rất nhỏ (RN)*, *Nhỏ (N)*, *Trung bình (TB)*, *Lớn (L)*, *Rất lớn(RL)*, *Không áp dụng(NA)*$\}$. Biến ngôn ngữ đầu ra $C_F(t_n)$ có dạng tam giác với các giá trị ngôn ngữ có dạng: $U(C_F(t_n)) = \{$*Rất kém*, *Kém*, *Chấp nhận*, *Tốt*, *Rất tốt*, *Hoàn hảo*$\}$ [14].



Hình 4.1: Hệ suy diễn mờ của giao thức định tuyến

Luật hợp thành mờ được đặc trưng bởi một tập các trình bày ngôn ngữ dưới dạng các luật *If-Then*, theo đó các luật này mô tả mối quan hệ logic mờ giữa các biến ngôn ngữ đầu vào là $F_{VD}(t_n)$, $\beta(t_n)$ và $\tau(t_n)$ với biến ngôn ngữ đầu ra $C_F(t_n)$. Luật thứ *m* có dạng sau:

Trong nghiên cứu này, bộ luật hợp thành được xây dựng chung cho các loại gói tin của các ứng dụng khác nhau. *Bảng 5.1* biểu diễn ví dụ một số luật hợp thành của hệ mờ.

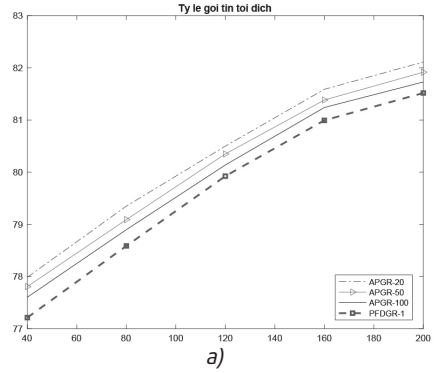
5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Kết quả nghiên cứu được mô phỏng trong môi trường MATLAB. Tuyến đường mô phỏng bao gồm 3 đoạn có hai làn xe ngược chiều nhau với kích thước vùng mô phỏng là (1.000x 3.000)m và bán kính đoạn đường cong là 200 m như trong [16]. Số lượng phương tiện được phân bố đều trên cả tuyến đường và trên hai làn xe, trong đó số lượng nút nguồn phát các bản tin là 5 cũng được phân bố đều trong số các phương tiện đã có. Với mỗi nút, tốc độ di chuyển là ngẫu nhiên, phân bố đều từ 0 m/s đến 25 m/s; bán kính phủ sóng là 200 m; chu kỳ phát bản tin Hello là 1s; giá trị TTL là 10 và kích thước bộ nhớ đệm là 10 gói tin. Quá trình mô phỏng được thực hiện lặp lại 250 lần với thời gian cho mỗi lần mô phỏng là 160s; kết quả mô phỏng chỉ xem xét 100s, từ giây thứ 31 đến giây thứ 130 để tránh giai đoạn chuyển tiếp. Thông số được sử dụng để đánh giá hoạt động của mô hình là TLGTTĐ và thời gian tới đích trung bình (TGTĐTB). Kết quả mô phỏng của APGR được so sánh với kết quả của PFDGR trong [16] để chứng tỏ rằng các đề xuất cho hiệu quả định tuyến cao hơn.

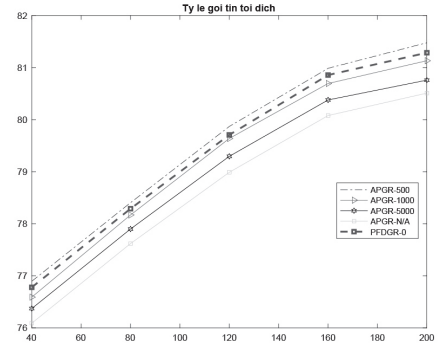
Bảng 5.1. Một số luật hợp thành của hệ mờ trong APGR

$F_{VD}(t_n)$	$\beta(t_n)$	$\tau(t_n)$	$C_F(t_n)$
Xa	Đầy	Cực nhỏ	Chấp nhận
Xa	Vơi	Cực nhỏ	Tốt
Xa	Rỗng	Cực nhỏ	Rất tốt
Trung bình	Rỗng	Nhỏ	Hoàn hảo

Hình 5.1 biểu diễn TLGTTĐ (%) của hai thuật toán tương ứng với mật độ phương tiện tăng dần *n x 40*, *n = 1, 2, 3, 4, 5*. Trong đó, *Hình 5.1a* biểu diễn TLGTTĐ của các dịch vụ có ĐTCP từ 100 ms trở xuống đối với APGR và dịch vụ ưu tiên đối với PFDGR, *Hình 5.1b* biểu diễn TLGTTĐ của các dịch vụ có ĐTCP lớn hơn 100 ms đối với APGR và dịch vụ không ưu tiên đối với PFDGR.



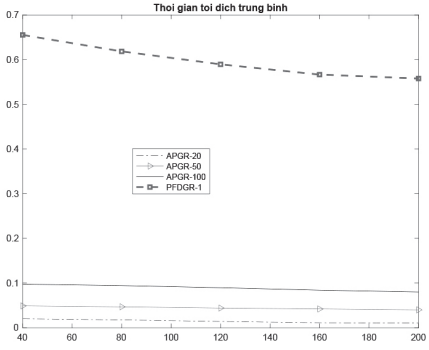
a)



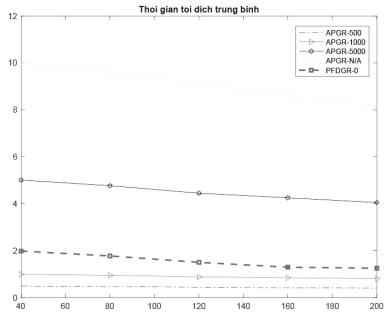
b)

Hình 5.1: TLGTTD (%) theo mật độ phương tiện

Hình 5.2 biểu diễn TGTĐTB (s) của gói tin trong hai thuật toán tương ứng với mật độ phương tiện tăng dần *n x 40*, *n = 1, 2, 3, 4, 5*. Trong đó, *Hình 5.2a* biểu diễn TGTĐTB của các dịch vụ có ĐTCP từ 100 ms trở xuống đối với APGR và dịch vụ ưu tiên đối với PFDGR, *Hình 5.2b* biểu diễn TGTĐTB của các dịch vụ có ĐTCP lớn hơn 100 ms đối với APGR và dịch vụ không ưu tiên đối với PFDGR.



a)



b)

Hình 5.2: TGTĐTB (s) của các gói tin theo mật độ phương tiện

Kết quả mô phỏng ở *Hình 5.1* cho thấy TLGTTĐ của các dịch vụ có ĐTCP từ 100 ms trở xuống trong APGR có sự phân hóa tốt hơn và luôn cao hơn TLGTTĐ của các dịch vụ ưu tiên trong PFDGR, đồng thời TLGTTĐ của các dịch vụ có ĐTCP lớn hơn 500 ms trong APGR cũng có sự phân hóa tốt hơn và luôn thấp hơn TLGTTĐ của các dịch vụ không ưu tiên trong PFDGR. Kết quả mô phỏng ở *Hình 5.2* cũng chỉ ra rằng, TGTĐTB của gói tin trong APGR có sự phân hóa tốt hơn trong các nghiên cứu trước đây và luôn thấp hơn ĐTCP, điều không có được trong phương pháp PFDGR. Kết quả này chứng tỏ rằng APGR đã có hiệu quả rõ rệt trong việc ưu tiên tài nguyên cho việc định tuyến các gói tin theo ĐTCP, tức là các gói tin thuộc các dịch vụ có yêu cầu ưu tiên khác nhau sẽ được ưu tiên khác nhau.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu phương pháp định tuyến APGR trong mạng VANET. Thuật toán này sử dụng công cụ là hệ suy diễn mờ, vector khoảng cách giữa các nút, mức độ chiếm dụng bộ nhớ đệm và ĐTCP của gói tin nhằm làm tăng hiệu quả của thuật toán định tuyến. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng, thuật toán APGR được đề xuất đã hoạt động hiệu quả trong việc ưu tiên tài nguyên mạng để định tuyến và chuyển tiếp các gói tin thuộc các ứng dụng, phục vụ cho các mục đích khác nhau của người dùng trong hệ thống ITS.

Tài liệu tham khảo

[1]. Kayhan Zrar Ghaarfor (July, 2012), *Fuzzy logic-assisted geographical routing over vehicular ad hoc networks*, Internationnal Journal of Innovative Computing, Information and Control, vol.8, Number 7(B).

[2]. Asst. Prof. Joel C. Delos Angeles, et al. (2015), *Fuzzy Logic-Based Congestion-Aware Geographical Routing (CAGR) for Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs)*, APAMS.

[3]. Brad Karp, H. T. Kung (2000), *GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks*, Proc. Of the 2000 ACM International Conference on Mobile Computer and Netwwork, Boston, MA.

[4]. C. Lochert, et al. (2005), *Geographic routing in city scenarios*, ACM SIGMOBILE05, vol.9, no.1, pp.69-72.

[5]. B.C. Seet, et al. (9-14, May, 2004), *A-STAR: A mobile ad hoc routing strategy for metropolis vehicular communications*, in Proc. of the 3rd International IFIP-TC6 Networking Conference (Networking), pp.989-999.

[6]. Jiayu Gong, et al. (2007), *Predictive Directional Greedy Routing in Vehicular Ad hoc Networks*, 27th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'07), Toronto, Canada.

[7]. B.Jarupan, et al. (2009), *Location - and delay-aware cross-layer communication in v2i multihop vehicular networks*, IEEE Communications Magazine, vol.47, no.11.

[8]. Deling Huang, et al. (2016), *Prediction-Based Geographic Routing over VANETs*, Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia., vol.39, no.2, 157-164.

[9]. N.V. Dharani Kumari, et al. (2017), *AMGRP: AHP-based Multimetric Geographical Routing Protocol for Urban environment of VANETs*, Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences.

[10]. Vongpasith Phouthone, et al. (2017), *Movement Direction Algorithm for Geographic Routing Protocol in Vehicular Networks*, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, vol.3, Issue2, pp.1175-1183.

[11]. Nguyễn Hồ Bá Hải (2014), *Nghiên cứu giao thức định tuyến dựa trên hướng di chuyển của phương tiện trên mạng VANET*, Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh.

[12]. Đỗ Đình Cường (2017), *Nghiên cứu cải tiến hiệu năng giao thức định tuyến AODV và AOMDV trong mạng MANET*, Luận án Tiến sĩ, Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

[13]. Andrea Tomatis, et al. (2009), *A Test Architecture for V-2-X Cooperative Systems Field Operational Tests*, 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications, (ITST).

[14]. Võ Trường Sơn (5/2020), *Một phương pháp định tuyến địa lý cho mạng VANET trong hệ thống giao thông thông minh*, Tạp chí GTVT.

[15]. Võ Trường Sơn, Lương Công Du (9/2020), *Định tuyến địa lý chống tắc nghẽn trong mạng VANET dựa trên mức độ ưu tiên dịch vụ*, Tạp chí GTVT.

[16]. Võ Trường Sơn (6/2021), *Định tuyến địa lý chống tắc nghẽn trong mạng VANET dựa vào hướng di chuyển của các phương tiện có xét đến mức độ ưu tiên*, Tạp chí GTVT.

[17]. Jinhua Guo, et al. (26, June, 2006), *Vehicular Ad Hoc Networks and Dedicated Short-Range Communication*, University of Michigan - Dearborn.

[18]. Adhao Prashant M, et al. (May, 2013), *VANET: Application And Routing Protocol*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), vol.2, Issue 5.

[19]. The U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (March, 2005), *Vehicle Safety Communications Project Task 3 Final Report.*

Ngày nhận bài: 05/01/2024
Ngày nhận bài sửa: 20/02/2024
Ngày chấp nhận đăng: 15/3/2024

Nghiên cứu đánh giá độ chính xác bản đồ vệ tinh của Google phục vụ khảo sát, thiết kế đường ô tô

■ **TS. NGUYỄN VĂN CHÍNH**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: chinhnv@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bản đồ vệ tinh online của Google đã được sử dụng rất hiệu quả trong vận tải, du lịch... Ở Việt Nam trong những năm gần đây, bản đồ vệ tinh online của Google đã bắt đầu được sử dụng trong khảo sát và thiết kế đường ô tô, tuy nhiên chưa có nghiên cứu, đánh giá để áp dụng phù hợp, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Trên cơ sở nghiên cứu đánh giá độ chính xác, bài báo đã đưa ra khuyến nghị ứng dụng bản đồ vệ tinh của Google trong khảo sát, thiết kế đường ô tô ở Việt Nam.

TỪ KHÓA: Bản đồ vệ tinh, khảo sát thiết kế đường ô tô, Google maps.

ABSTRACT: Google satellite maps have been used very effectively in transportation and tourism. In recent years, Google's online satellite maps have begun to be used in surveying and designing road in Viet Nam, but there hasn't been research or evaluation to apply appropriately to ensure requirements. Based on the study on accuracy assessment, the article has made recommendations for applying Google's satellite map in surveying and designing roads in Viet Nam.

KEYWORDS: Satellite maps, survey and design of motorways, Google maps.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bản đồ vệ tinh nói chung, đặc biệt là bản đồ vệ tinh online của Google là phương thức mới thể hiện bề mặt trái đất và được sử dụng rất phổ biến trong nhiều lĩnh vực khác nhau và mang lại nhiều hiệu quả. Tuy nhiên, do có tính cập nhật rất nhanh chóng, từ nhiều nguồn dữ liệu khác nhau (bao gồm dữ liệu từ người sử dụng) nên độ chính xác của bản đồ Google chưa được quan tâm và đánh giá đầy đủ, chính xác.

Độ chính xác của bản đồ là cơ sở quan trọng để quyết định ứng dụng cho các nhiệm vụ khác nhau trong xây dựng, quản lý và bảo trì công trình. Trên thế giới, đã có một số nghiên cứu về đánh giá độ chính xác của bản đồ vệ tinh Google cũng như khả năng ứng dụng của nó, có thể kể đến như: Kết quả nghiên cứu ở Sudan [7] cho thấy độ chính xác mặt bằng là 1,59 m, độ chính xác độ cao là 1,7m cho phép thành lập bản đồ tỷ lệ 1/50.000; nghiên cứu ở Thái Lan [5] khi so sánh bản đồ của Google với bản đồ đo ảnh trực tiếp cho thấy sai số trung bình từ 3 m đến 4 m và không đồng đều ở các vùng. Ngoài ra, nghiên cứu ở Indonesia [6] cho thấy độ chính xác độ cao đạt 2,49 m và độ chính xác mặt bằng đạt 4,28 m. Ở Việt Nam, nghiên cứu [2] đã đánh giá độ chính xác độ cao trên dữ liệu Google earth từ kết quả đo GPS tĩnh ở Hà Giang với 68 điểm cho thấy một số điểm chênh lệch độ cao đến 10 m. Có thể thấy rằng, kết quả nghiên cứu độ chính xác bản đồ vệ tinh của Google không thống nhất giữa các nghiên cứu ở nước ngoài và ở Việt Nam. Vì vậy, cần thiết có thêm nghiên cứu khảo sát đánh giá độ chính xác của bản đồ vệ tinh Google và khả năng ứng dụng bản đồ này trong lĩnh vực đặc thù như xây dựng đường ô tô.

Xuất phát từ thực tiễn, bài báo nghiên cứu đánh giá độ chính xác bản đồ vệ tinh online của Google, trên cơ sở đó đưa ra các khuyến nghị để ứng dụng hiệu quả bản đồ vệ tinh của Google trong khảo sát, thiết kế đường ô tô phù hợp với điều kiện Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

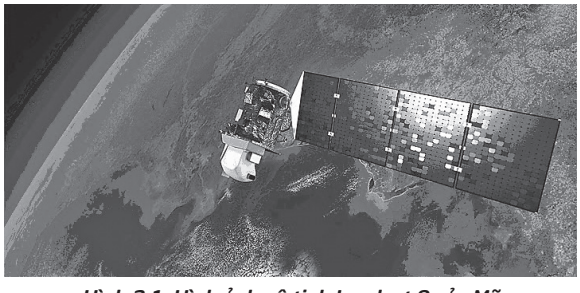
2.1. Khái quát về bản đồ vệ tinh của Google

** Khái niệm bản đồ vệ tinh:*

Bản đồ vệ tinh là một loại bản đồ được tạo ra theo phương thức chụp ảnh, trong đó máy ảnh kỹ thuật số được gắn vào vệ tinh đưa lên quỹ đạo để chụp ảnh bề mặt trái đất, trên cơ sở ảnh thu được (gọi là ảnh viễn thám) kết hợp với các công nghệ không gian khác sẽ xây dựng được bản đồ bề mặt trái đất.

Do đặc điểm vệ tinh bay ở quỹ đạo có độ cao rất lớn nên phạm vi chụp ảnh rất rộng và không bị ràng buộc bởi ranh giới địa lý quốc gia, thông tin của ảnh luôn được cập nhật...

Hiện nay, chất lượng và độ phân giải của ảnh vệ tinh không ngừng nâng cao, ảnh vệ tinh của nhiều hãng được cung cấp tại Việt Nam có độ phân giải đến 0,4 m.



Hình 2.1: Hình ảnh vệ tinh Landsat 8 của Mỹ

** Bản đồ vệ tinh oniline của Google:*

Bản đồ vệ tinh của Google (Google Maps) được Google bắt đầu triển khai từ năm 2004 và không ngừng phát triển. Hiện nay, bản đồ vệ tinh online của Google được cung cấp theo hình thức web theo địa chỉ *www.maps.google.com* và công cụ Google earth.

Ngoài việc liên tục cập nhật ảnh vệ tinh, Google còn cho phép người dùng tham gia xây dựng cơ sở dữ liệu nên chất lượng bản đồ không ngừng nâng cao và thông tin trên bản đồ ngày càng phong phú. Hiện nay, Google đã xây dựng thành công bản đồ 3D đường phố ở nhiều quốc gia.

Hình thức thể hiện bản đồ của Google cũng rất đa dạng cho phép người dùng lựa chọn các lớp dữ liệu khác nhau để tạo bản đồ chuyên đề. Google cũng cho phép người dùng thiết lập các ứng dụng chạy trên nền bản đồ vệ tinh online để nâng cao hiệu quả khai thác.

Hình 2.2: Bản đồ vệ tinh Google khu vực Hồ Tây

Một số thông tin của về bản đồ Google:

- Google đã sử dụng 24 triệu bức ảnh vệ tinh để xây dựng bản đồ online ;
- Có 7,3 tỷ đóng góp của người dùng mỗi năm (20 triệu mẫu thông tin mỗi ngày) ;
- 170 tỷ hình ảnh chế độ xem phố từ 87 quốc gia trên thế giới ;
- 20 petabyte địa chỉ được mã hóa địa lý và hình ảnh vệ tinh.

2.2. Nghiên cứu, đánh giá độ chính xác bản đồ vệ tinh online của Google phục vụ khảo sát, thiết kế đường ô tô

** Đề xuất đánh giá độ chính xác của bản đồ vệ tinh:*

Sử dụng các điểm tim tuyến đã có tọa độ và độ cao theo hệ tọa độ và độ cao quốc gia, sau đó chuyển lên bản đồ vệ tinh online của Google. Xác định lại tọa độ và độ cao của các điểm đó trên bản đồ vệ tinh của Google, so sánh với tọa độ và độ cao đã biết để đánh giá độ chính xác mặt bằng và độ cao của bản đồ vệ tinh online của Google. Các công thức đánh giá [4] như sau:

Độ lệch mặt bằng:

$$\Delta P = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (1)$$

Với: $\Delta X = X_g - X_{bđ}$; $\Delta Y = Y_g - Y_{bđ}$ (X_g, Y_g; $X_{bđ}$, $Y_{bđ}$ - Lần lượt là tọa độ đã biết theo hệ quốc gia và tọa độ xác định trên bản đồ vệ tinh của cọc tim tuyến).

Sai số trung phương độ lệch mặt bằng:

$$m_P = \pm\sqrt{\frac{[\Delta P.\Delta P]}{(n-1)^2}} \quad (2)$$

Độ lệch độ cao: $\Delta H = H_g - H_{bđ}$ (3)

Với H_g và $H_{bđ}$ là độ cao đã biết theo hệ độ cao quốc gia và độ cao xác định trên bản đồ vệ tinh của cọc tim tuyến.

Sai số trung phương độ lệch độ cao:

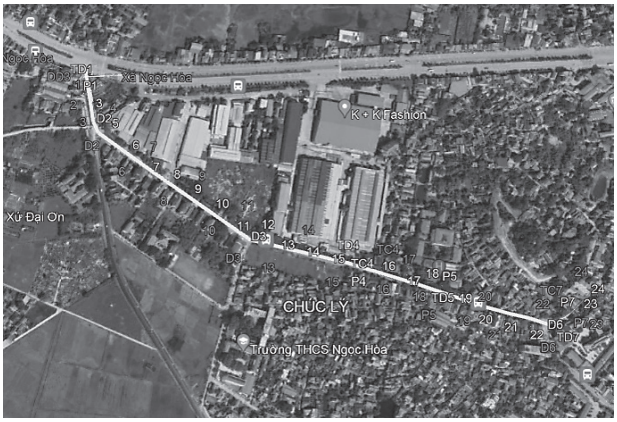
$$m_H = \pm\sqrt{\frac{[\Delta H.\Delta H]}{(n-1)^2}} \quad (4)$$

** Thực nghiệm khảo sát độ chính xác của bản đồ vệ tinh Google:*

Thực nghiệm được tiến hành trên 2 đoạn tuyến ở huyện Lương Sơn (tỉnh Hòa Bình) và huyện Chương Mỹ (TP. Hà Nội) để đánh giá ảnh hưởng của yếu tố địa hình đến độ chính xác của bản đồ.

- Vị trí thực nghiệm ở Lương Sơn là trên một đoạn tuyến từ đường Trường Sơn A đi xóm Tranh thuộc xã Cao Sơn, huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình dài 587 m với 59 cọc tim tuyến, địa hình dọc tuyến là đồi núi, cao độ ở tim đường thấp nhất là 44,75 m, cao nhất là 69,56 m. Vị trí thực nghiệm ở Chương Mỹ là một đoạn tuyến Tỉnh lộ 419 thuộc địa phận xã Ngọc Hòa và thị trấn Chúc Sơn dài 1.196 m với 40 cọc tim tuyến, địa hình tương đối bằng phẳng, cao độ thấp nhất là 8,61 m, cao nhất là 10,82 m. Hệ tọa độ và độ cao sử dụng là hệ tọa độ và độ cao quốc gia.

a) - Tuyến thực nghiệm ở Lương Sơn



b) - Tuyến thực nghiệm ở Chương Mỹ

Hình 2.3: Vị trí tuyến thực nghiệm trên Google earth

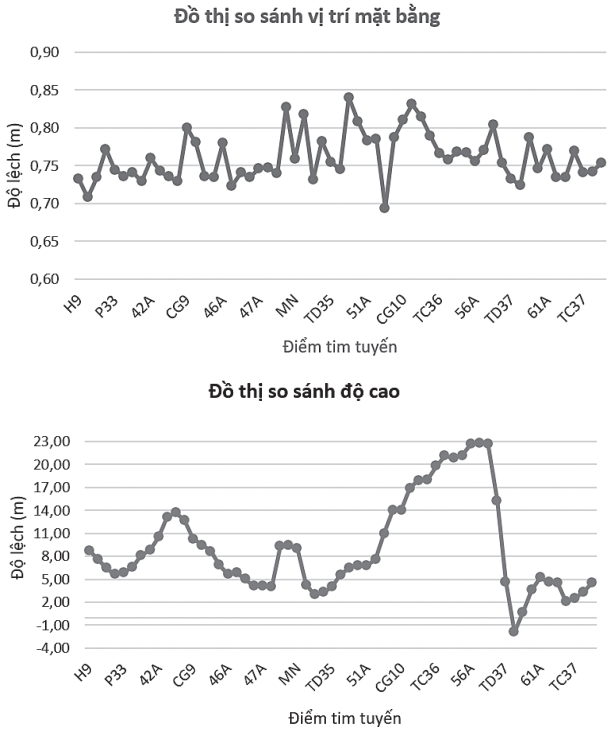
- Trình tự thực nghiệm:

+ Chuyển tim tuyến lên Google earth bằng phần mềm Hhmaps 2019;

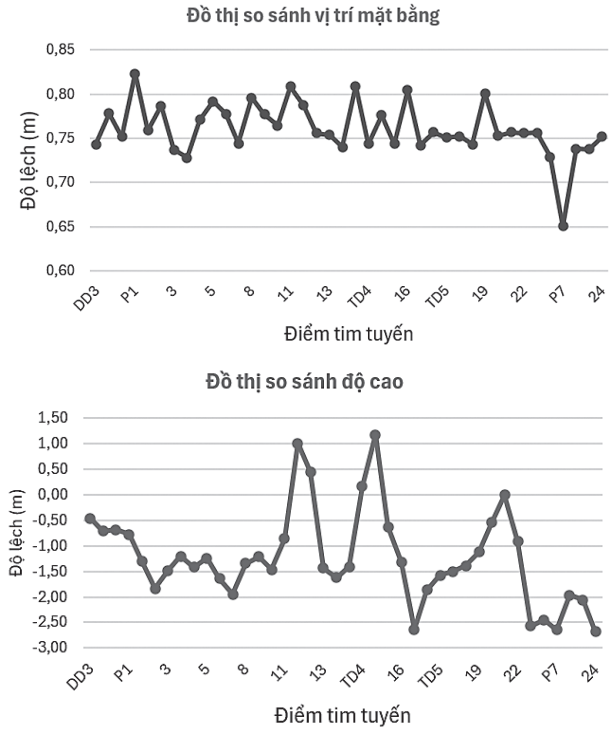
+ Trên cơ sở tim tuyến trên Google earth sử dụng phần mềm Global mapper để xác định tọa độ quốc gia của tim tuyến, độ cao xác định trực tiếp trên Google earth;

+ So sánh tọa độ và độ cao của các điểm tim tuyến trên Google earth với tọa độ và độ cao đã đo trực tiếp theo hệ tọa độ và độ cao quốc gia theo các công thức (1), (3).

Kết quả so sánh thể hiện trong đồ thị *Hình 2.4.*



a) - Đồ thị so sánh độ lệch vị trí mặt bằng và độ cao cho tuyến thực nghiệm ở Lương Sơn



b) - Đồ thị so sánh độ lệch vị trí mặt bằng và độ cao cho tuyến thực nghiệm ở Chương Mỹ

Hình 2.4: Đồ thị so sánh độ lệch vị trí mặt bằng và độ cao

Từ đồ thị *Hình 2.4* cho thấy:

- Độ lệch độ cao: Tuyến thực nghiệm ở Lương Sơn có độ lệch từ -1,8 m đến +23 m. Tuyến thực nghiệm ở Chương Mỹ có độ lệch từ -2,7 m đến + 1,2 m. Như vậy, độ lệch độ cao ở khu vực miền núi cao hơn ở khu vực đồng bằng.

- Độ lệch mặt bằng: Tuyến thực nghiệm ở Lương Sơn và Chương Mỹ đều có độ lệch mặt bằng dưới 1 m. Như vậy, độ lệch mặt bằng ít thay đổi giữa vùng núi và đồng bằng.

Tính sai số trung phương độ lệch tọa độ theo công thức (2), độ lệch độ cao theo công thức (4):

- Tuyến thực nghiệm tại Lương Sơn:

$m_P = \pm 0{,}768$ m, $m_H = \pm 11{,}11$ m;

- Tuyến thực nghiệm tại Chương Mỹ:

$m_P = \pm 0{,}771$ m, $m_H = \pm 1{,}539$ m.

Nhận xét: Kết quả thực nghiệm tại Lương Sơn và Chương Mỹ cho thấy độ chính xác mặt bằng nhỏ hơn 1 m và không có sự khác biệt giữa vùng trung du miền núi (Lương Sơn) và vùng đồng bằng (Chương Mỹ). Tuy nhiên, độ chính xác độ cao có sự thay đổi rất lớn từ 1,539 m với đồng bằng (Chương Mỹ) đến 11,11 m với vùng trung du miền núi (Lương Sơn).

2.3. Ứng dụng bản đồ vệ tinh của Google trong khảo sát, thiết kế đường ô tô

Từ kết quả thực nghiệm, đối chiếu với các quy định hiện hành để xác định ứng dụng như sau:

- Ứng dụng trong thành lập bản đồ địa hình: Đối chiếu với Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:2000, 1:5000 [1], về mặt bằng thì bản đồ vệ tinh của Google cho phép thành lập bản đồ tỷ lệ 1:2000 và 1:5000, riêng độ cao chỉ đáp ứng với vùng đồng bằng có khoảng cao đều cơ bản của đường đồng mức là 5 m.

- Ứng dụng trong khảo sát đường ô tô: Nghiên cứu quy định về công tác khảo sát trong Tiêu chuẩn khảo đường ô tô [3] cho thấy độ chính xác mặt bằng bản đồ vệ tinh của Google cho phép thành lập bình đồ trong bước khảo sát lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi và Báo cáo nghiên cứu khả thi, tuy nhiên độ cao trên bình đồ thì phải thực hiện bằng các phương pháp khác.

- Ứng dụng trong thiết kế đường ô tô: Bản đồ vệ tinh của Google phù hợp để thể hiện vị trí và phương án tuyến. Với địa hình đồng bằng có thể sử dụng bản đồ để lập bản vẽ mặt cắt địa hình phục vụ xác định khối lượng trong bước thiết kế sơ bộ để lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi hoặc Hồ sơ đề xuất chủ trương đầu tư.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Trong phạm vi nghiên cứu cho thấy độ chính xác mặt bằng bản đồ vệ tinh của Google nhỏ hơn 1 m nên cho phép thành lập bản đồ tỷ lệ 1:2000 và 1:5000. Độ chính xác độ cao thay đổi rất lớn giữa địa hình đồng bằng và miền núi nên chỉ đáp ứng yêu cầu thể hiện độ cao vùng đồng bằng có khoảng cao đều cơ bản của đường đồng mức là 5 m.

- Độ chính xác mặt bằng bản đồ vệ tinh của Google cho phép thành lập bản đồ trong bước khảo sát lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi và Báo cáo nghiên cứu khả thi trong khảo sát đường ô tô, tuy nhiên độ cao trên bình đồ thì phải thực hiện bằng các phương pháp khác.

- Trong thiết kế đường ô tô: Bản đồ vệ tinh của Google phù hợp để thể hiện vị trí và phương án tuyến. Với địa hình đồng bằng có thể sử dụng bản đồ để lập bản vẽ mặt cắt địa hình phục vụ sơ bộ xác định khối lượng trong bước thiết kế sơ bộ để lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi hoặc Hồ sơ đề xuất chủ trương đầu tư.

4. KẾT LUẬN

- Kết quả nghiên cứu cho thấy bản đồ vệ tinh của Google có độ chính xác mặt bằng nhỏ hơn 1 m, đáp ứng một phần yêu cầu thành lập bản đồ bước khảo sát lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi và nghiên cứu khả thi, thể hiện vị trí tuyến trên bản đồ.

- Kết quả nghiên cứu về độ chính xác độ cao của bản đồ cho thấy có sự thay đổi rất lớn đối với khu vực trung du miền núi, do vậy chỉ nên sử dụng trong trường hợp độ chính xác thấp.

- Kết quả nghiên cứu dựa trên số liệu thực nghiệm một đoạn tuyến tại Lương Sơn (Hòa Bình) và Chương Mỹ (Hà Nội), chưa đủ để phủ kín các dạng địa hình khác nhau. Do vậy, cần có thêm nghiên cứu thực nghiệm để đánh giá độ chính xác bản đồ vệ tinh của Google ở các dạng địa hình khác để ứng dụng có hiệu quả.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2023), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về bản đồ địa hình quốc gia tỷ lệ 1:2000, 1:5000*, QCVN 72:2023/BTNMT.

[2]. Đỗ Văn Dương, Vương Thị Hòe (2021), *Đánh giá độ chính xác độ cao trên dữ liệu Google earth dựa trên kết quả đo GPS tĩnh, thực nghiệm tại Hà Giang,* Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, số 37.

[3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *Đường ô tô - Tiêu chuẩn khảo sát,* TCCS 31: 2020/TCĐBNV.

[4]. Trần Đắc Sử, Hồ Thị Lan Hương, Trần Quang Học, Nguyễn Văn Chính (2016), *Trắc địa đại cương*, NXB. GTVT.

[5]. Deeboon Methakullachat, Boonsap Witchayangkoon (2029), *Coordinates comparison of google maps and orthophoto maps in Thailand*, International Transaction Journal of Engineering, Management, Applied Sciences Technologies, vol.10, no.17, ISSN 2228-9860.

[6]. Muhammad Anshar Amran, Ira Nirwana, Nurfitri Sam, Ulfi Syamsiah, Amir Hamzah Muhiddin (2021), *Horizontal coordinate accuracy of Google earth on the coverage of small islands of makassar city, Indonesia*, Journal ilmu kelautan spermonde, 8(1): 9-13

[7]. Nagi Zomrawi Mohammed1, Ahmed Ghazi and Hussam Eldin Mustafa (July, 2013), *Positional Accuracy Testing of Google Earth*, International journal of multidisciplinary sciences and engineering, vol.4, no.6.

Ngày nhận bài: 21/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 01/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Xếp hạng tải cho cầu dầm I dự ứng lực bằng ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)

■ **ThS. NCS. ĐÀM MINH HÙNG**(*)
Ban Quản lý các dự án công trình giao thông Ninh Thuận
■ **PGS. TS. NGUYỄN HỮU HƯNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)damminhhung1962@gmail.com

TÓM TẮT: Xếp hạng tải cho cầu là đánh giá khả năng cầu mang được tải trọng hoạt tải mà thiết kế quy định và lưu lượng giao thông thực tế qua cầu trên cơ sở các đặc trưng hình học và vật liệu được thiết kế cho các mặt cắt ngang cầu cũng như các tiêu chuẩn kỹ thuật được dùng. Đồng hành với Hướng dẫn Đánh giá cầu Hoa Kỳ (MBE-2008), nhiều nghiên cứu trước đây đã áp dụng công nghệ và thuật toán tiên tiến đánh giá cầu trong đó có sử dụng trí tuệ nhân tạo. Bài báo đề xuất dùng mạng nơ-ron nhân tạo kết hợp thử tải cầu (nếu có) để xếp hạng tải cho cầu dầm I dự ứng lực. Phương pháp này xây dựng bộ dữ liệu cầu cho xếp hạng tải, mạng nơ-ron nhân tạo sẽ được đào tạo từ bộ mẫu cầu này và mạng nơ-ron tối ưu được dùng để xếp hạng tải các cầu ngẫu nhiên thực tế. Kết quả cho thấy phương pháp đề xuất đạt hiệu quả, độ chính xác cao và chi phí thấp cho xếp hạng cầu.

TỪ KHÓA: Xếp hạng tải, mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), thử tải cầu.

ABSTRACT: Load rating for the bridge is an assessment of the bridge's capacity to carry the live load speccified by the design and the actual traffic flow across the bridge, based on the geometric characteristics and materials calculated for bridge's cross-sections as well as existing technical standards. Along with the US Manual Bridge Evaluation (MBE 2008), there were previous researchs applying advanced technology and algorithms to rate bridges, including the ones using artificial intelligence. The article proposes to utilize an artificial neural network combined with bridge load testing (if any) to evaluate the load for prestressed I-girder bridges. This method creates a bridge dataset to train an artificial neural network and the optimal neural network is then employed to rate an actual randomly-selected bridge. The results showed that the proposed method is effective, high accurate and economical for bridge load rating.

KEYWORDS: Load rating, artificial neural network (ANN), load testing of bridge.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đánh giá chính xác khả năng chịu tải của cầu đang vận hành là rất quan trọng và việc tính toán cần phải có kiến thức chuyên sâu và hiểu rõ các tham số thành phần trong công thức xếp hạng tải. Qua tham khảo, nhiều phương pháp đánh giá xếp hạng cầu như bằng truyền thống, tích hợp thuật toán và công nghệ cảm biến hiện đại như *Bảng 1.1*, ở đây xếp hạng tải trọng cầu thường tập trung vào hai hướng chính là dựa trên các hướng dẫn của MBE và từ cơ sở hướng dẫn của MBE. Kết quả xếp hạng tải sử dụng công thức lý thuyết (MBE) thường nhỏ hơn kết quả tính toán kết hợp với đo đạc tại hiện trường và sự làm việc thực tế của công trình cầu thường khác so với các dự đoán bằng giải tích, bởi phần lớn tính toán lý thuyết sử dụng mô hình đơn giản hơn sự làm việc thực của kết cấu.

Bảng 1.1. Các phương pháp đánh giá cầu ở thế giới hiện nay

Với mạng nơ-ron nhân tạo, một thuật toán mềm khả năng tính toán mạnh được chứng minh đặc biệt phù hợp cho các vấn đề (kết hợp sai, không đầy đủ hoặc mờ dữ liệu) không xử lý dễ bằng các phương pháp cổ điển. Khả năng ANN học từ kinh nghiệm sau đó khái quát hóa việc học để giải quyết các vấn đề mới, xếp hạng tải cầu một vấn đề kỹ thuật lý tưởng để mô hình hóa bằng mạng ANN. Tính ưu việt và thực tiễn của ứng dụng mạng ANN:

- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo không những giúp cập nhật lại mô hình sát với ngoài thực tế, mà còn góp phần khôi phục những dữ liệu không được ghi một cách chi tiết như [4, 5];
- Với các cầu thiếu dữ liệu đầu vào, kết hợp các phương pháp không phá hủy và trí tuệ nhân tạo để khôi phục các dữ liệu thiếu sau đó hoàn thiện trong mô hình như [6, 7];
- Hiện mạng ANN chỉ thực hiện xếp hạng kết cấu cầu bê tông cốt thép thường có kết hợp nhiều thiết bị hiện đại và công nghệ tiên tiến (SHM) tuy hiệu quả nhưng tốn chi phí và thời gian. Các loại hình cầu khác cần nghiên cứu.
- Loại hình cầu bê tông dự ứng lực chữ I khá phổ biến ở Việt Nam nên việc kiểm định cầu rất được quan tâm khi đưa cầu vào khai thác cũng như thời gian sau khai thác.

Bài báo xây dựng ANN từ bộ dữ liệu của kết cấu nhịp cầu đã được kiểm chứng cũng như được tạo ra từ mô hình phần tử hữu hạn đã được cập nhật. Dữ liệu đưa vào dễ dàng xác định tại hiện trường trường hợp cầu thất lạc hồ sơ lưu trữ. Qua mạng ANN được đào tạo, sẽ xác định hệ số xếp hạng tải trọng và tham số kết cấu nhịp cầu.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Bài báo dùng phương pháp xếp hạng tải theo MBE là hệ số sức kháng và hệ số tải trọng (LRFR).

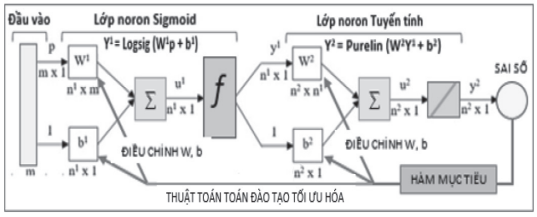
2.1. Xếp hạng tải theo hệ số sức kháng và hệ số tải trọng

$$RF = \frac{C - \gamma_{DC}DC - \gamma_{DW}DW \mp \gamma_P P}{\gamma_{LL}LL(1+IM)} \quad (1)$$

RF - Hệ số đánh giá; C - Khả năng kết cấu; DC, DW, P, LL - Tải trọng tĩnh, hoạt tải; IM - Hệ số xung kích; γDC, γDW, γp, γLL - Các hệ số tải trọng tĩnh, hoạt tải.

2.2. Lý thuyết mạng nơ-ron nhân tạo

Tập hợp đầu vào P được đưa vào một hệ thống giả định trước để tính ra giá trị đầu ra Y, sau đó giá trị đầu ra được so sánh với giá trị thực đo T, là thuật toán lan truyền ngược BP (Back-Propagation).



Hình 2.1: Mạng lan truyền ngược thuật học BP

3. XÂY DỰNG BỘ DỮ LIỆU CHO XẾP HẠNG TẢI CẦU

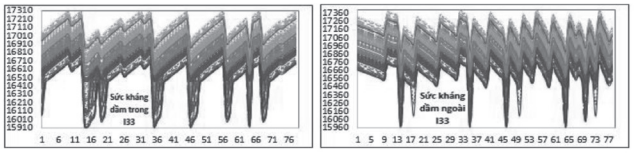
Bộ dữ liệu cầu lập từ tiết diện dầm và bản mặt cầu theo thiết kế hiện hành với kết cấu ngang nhịp (3 - 10) dầm, khổ cầu = (7 - 20) m, và kích thước như *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Kích thước bộ mẫu cầu dùng đào tạo mạng ANN

Kích thước bộ mẫu cầu dầm IDUL liên hợp bản mặt cầu						
Dầm	I33	I30	I24.5	I21	I18	Tổng
Trong+Biên	16.848	16.848	17.712	17.496	17.496	86.400

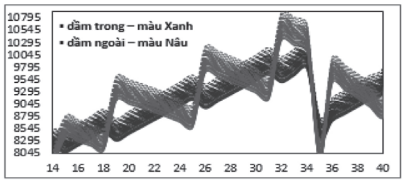
a) Giá trị sức kháng: Theo TCVN 11823:2017, công thức:

Mn = Aps*fps(dp- a/2) + α1*f'c(b-bw)hf(a/2-hf/2) (2)



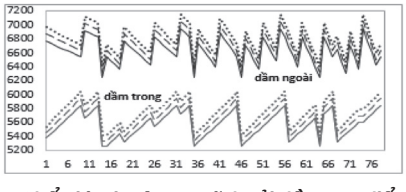
Hình 3.1: Phổ giá trị sức kháng dầm I33 điển hình

b) Giá trị mô-men hoạt tải: Theo TCVN 11823:2017 và MBE 2011, dùng nguyên lý đường dầm của ASSHTO



Hình 3.2: Phổ giá trị mô-men 2 làn HL93 dầm I33 điển hình

c) Giá trị mô-men tĩnh tải: Theo TCVN 11823:2017 và MBE 2011, cũng theo nguyên lý đường dầm của ASSHTO



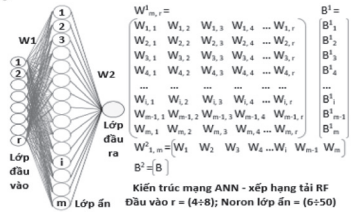
Hình 3.3: Phổ giá trị mô-men tĩnh tải dầm I33 điển hình

Vì kích thước đăng báo, các biểu đồ giá trị của mẫu dầm (I30 - I18) không được trình bày.

4. ỨNG DỤNG ANN ĐỂ XẾP HẠNG TẢI CẦU DẦM I DỰ ỨNG LỰC

4.1. Xây dựng mạng ANN để xếp hạng tải cầu dầm I dự ứng lực

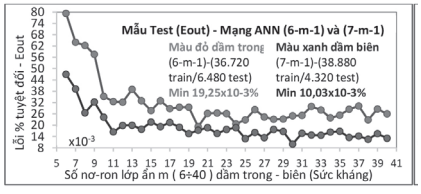
- Mạng ANN đào tạo xếp hạng tải kiến trúc như *Hình 4.1*.



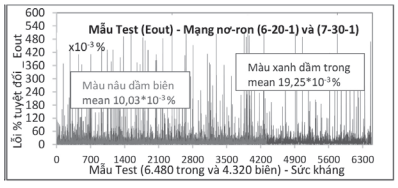
Hình 4.1: Kiến trúc mạng ANN đào tạo xếp hạng tải

- Thuật toán đào tạo: Levenberg Marquet; phương pháp đào tạo: Cross_Validation + Early Stopping; hàm sai số mục tiêu: % trung bình tuyệt đối.

4.1.1. Mạng ANN dự đoán sức kháng (Hình 4.2 - 4.3)

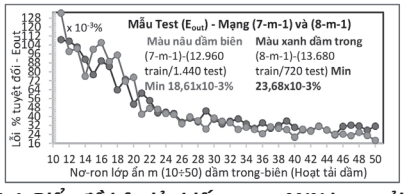


Hình 4.2: Biểu đồ giả thiết mạng ANN sức kháng dầm

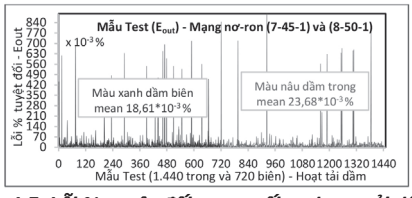


Hình 4.3: Lỗi % tuyệt đối mạng tối ưu sức kháng dầm

4.1.2. Mạng ANN dự đoán hoạt tải (Hình 4.4 - 4.5)

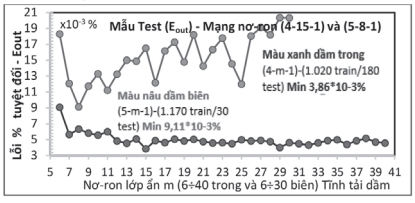


Hình 4.4: Biểu đồ bộ giả thiết mạng ANN hoạt tải dầm

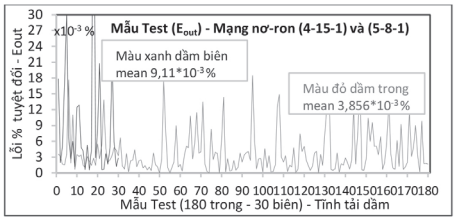


Hình 4.5: Lỗi % tuyệt đối mạng tối ưu hoạt tải dầm

4.1.3. Mạng ANN dự đoán tĩnh tải (Hình 4.6 - 4.7)



Hình 4.6: Biểu đồ giả thiết mạng ANN tĩnh tải dầm



Hình 4.7: Lỗi % tuyệt đối mạng tối ưu tĩnh tải dầm

4.2. So sánh hiệu suất dự đoán mạng ANN với hồi quy đa biến của mẫu Test

4.2.1. Xây dựng phương trình hồi quy của mẫu Test

Từ dữ liệu "Mẫu ngoài Test" cho mạng tối ưu của sức kháng - tĩnh tải - hoạt tải, hồi quy đa biến được xây dựng

*Y (T1) = - 0,0361 + 0,006*X1 + 0,0217*X2 + 0,7724*X3 + 0,133*X4*

*Y (T2) = - 0,063 – 0,0077*X1 + 0,0195*X2+ 0,8215*X3 + 0,0266*X4 + 0,0935*X5*

*Y (H1) = - 0,0249 + 0,056*X1 - 0,0095*X2 + 0,5437*X3 - 0,0151*X4 + 0,1117*X5 + 0,1458*X6 + 0,084*X7*

*Y (H2) = - 0,0258 + 0,0207*X1 - 0,0097*X2 +0,5126*X3 - 0,0141*X4 + 0,027*X5 + 0,0924*X6 + 0,161*X7 + 0,1042*X8*

*Y (K1) = 0,009 - 0,0022*X1 + 0,0155*X2 + 0,0783*X3 - 0,0059*X4 + 0,7851*X5 + 0,0312*X6*

*Y (K2) = 0,01 - 0,0045*X1 + 0,0153*X2 + 0,0806*X3 - 0,0059*X4 + 0,79*X5 + 0,0005*X6 + 0,0236*X7*

4.2.2. Hiệu suất mạng ANN tối ưu so với hồi quy đa biến từ "Mẫu ngoài Test" ở Bảng 4.1

Bảng 4.1. So sánh hiệu suất mạng ANN và hồi quy đa biến

Vị trí dầm	Phương pháp	Lỗi % trung bình tuyệt đối của Eout Test (*10-3 %)			Hệ số Tương quan r của "ANN và Hồi quy"/ mẫu Test		
		Tĩnh tải	Hoạt tải	Sức kháng	Tĩnh tải	Hoạt tải	Sức kháng
Dầm trong	Mạng ANN	3,856	23,676	19,246	1,0	1,0	1,0
	Hồi quy	11.985	12.176	6125	0,9498	0,9314	0,9827
	Tỷ lệ	1/3108	1/514	1/318			
Dầm biên	Mạng ANN	9,114	18,611	10,030	1,0	1,0	1,0
	Hồi quy	10.194	12.866	6225	0,9688	0,9130	0,9819
	Tỷ lệ	1/1118	1/691	1/621			

4.3. Ứng dụng mạng ANN để xếp hạng tải cầu dầm I dự ứng lực không thuộc bộ dữ liệu cầu - 03 Ứng dụng (UD)

4.3.1. Ứng dụng ANN thuần để xếp hạng tải cầu - UD 1

a) Tham số đầu vào mạng ANN để xếp hạng tải RF theo [10] được tiền xử lý trong [0,2 - 0,8] là số dầm, bề dày bản mặt cầu, tọa độ cáp dự ứng lực, f'c dầm, chiều cao dầm, cự ly dầm (trong-ngoài), làn HL93, làn bộ.

b) Kết quả đầu ra mạng ANN và xếp hạng tải RF theo cách 1 bằng các mạng tối ưu ở Mục 4.1 như *Bảng 4.2.*

Bảng 4.2. Kết quả dự đoán ANN và xếp hạng tải RF dầm theo kiểm tra bê tông dầm

Dầm trong	f'c (MPa)	Chiều cao (cm)	Sức kháng	Momen tĩnh tải	Momen hoạt tải	RF (fc)	RF Thiết kế
N1-D2	44,4	164,8	16.860	5.858	9.776	1,125	
N1-D3	45,2	164,9	17.023	5.884	9.790	1,138	
N1-D4	44,1	164,8	16.861	5.858	9.779	1,125	
N2-D2	45,6	164,8	16.857	5.858	9.763	1,126	
N2-D3	42,3	164,8	16.866	5.858	9.799	1,123	
N2-D4	44,3	165,2	17.563	5.963	9.867	1,176	1,145
N12-D2	45,6	165,1	17.372	5.937	9.830	1,163	
N12-D3	45,6	164,8	16.857	5.858	9.763	1,126	
N12-D4	43,6	164,9	17.028	5.884	9.808	1,136	
N13-D2	41,3	164,8	16.869	5.858	9.810	1,122	
N13-D3	45,4	164,9	17.022	5.884	9.788	1,138	
N13-D4	44,7	164,8	16.859	5.858	9.773	1,126	

Dầm biên	f'c (MPa)	Chiều cao (cm)	Sức kháng	Momen tĩnh tải	Momen hoạt tải	RF (f'c)	RF Thiết kế
N1-D1	43,6	165,0	17.228	6.808	10.420	1,000	
N1-D5	45,6	165,2	17.332	6.867	10.445	1,002	
N2-D1	45,4	165,1	17.277	6.837	10.423	1,002	
N2-D5	41,1	164,9	17.184	6.778	10.425	0,998	1,028
N12-D1	44,1	164,9	17.169	6.778	10.389	1,000	
N12-D5	46,1	165,2	17.330	6.867	10.439	1,002	
N13-D1	43,0	165,1	17.288	6.837	10.451	1,000	
N13-D5	45,9	164,8	17.104	6.749	10.345	1,001	

4.3.2. Ứng dụng ANN - đo võng để xếp hạng tải cầu (UD2)

a) Chuyển vị và tải trọng theo cơ học có biểu thức:

$\Delta = P/K$ và $K = aEI/L^3$ (3)

Với: Δ - Chuyển vị; P - Tải trọng tác dụng; K - Độ cứng hiệu dụng.

b) Mô-men do xe thử tải trên nhịp giản đơn tại *Bảng 4.3*

c) Mô-men Itc tại L/2 nhịp toàn cầu: 3.67E+12 mm4.

d) Chuyển vị đứng Δ tại giữa nhịp dầm được xác định:

$$\Delta = \frac{1}{2324.8}\frac{(171.8P_1+175.6P_2+179.1P_3)L^3}{EI} \quad (4)$$

Bảng 4.3. Mô-men Mi do xe tải Pi thử tải tĩnh

Khoảng cách các tải trọng trục xe (ai) trên dầm giản đơn để thử tải tĩnh (m)							
L	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
32.40	5,2	1,35	3,65	6,0	1,35	3,65	11,2
Giá trị momen (kNm) do tải trọng xe thử tĩnh để tính chuyển vị đứng tại L/2							
M1	$(0{,}430P_1 + 0{,}403P_2 + 0{,}331P_3)L$			M4	$(1{,}000P_1 + 0{,}958P_2 + 0{,}846P_3)L$		
M2	$(0{,}500P_1 + 0{,}508P_2 + 0{,}417P_3)L$			M5	$(0{,}605P_1 + 0{,}682P_2 + 0{,}776P_3)L$		
M3	$(0{,}689P_1 + 0{,}678P_2 + 0{,}649P_3)L$			M6	$(0{,}457P_1 + 0{,}514P_2 + 0{,}670P_3)L$		

e) f'c nhịp dầm tính từ độ võng thực Δ ở *Bảng 4.4*

Bảng 4.4. Cường độ f'c dầm N (1, 2, 12, 13) theo độ võng Δi

Vị trí Dầm trên nhịp		1	2	3	4	5	Nhịp
I nhịp 12 (mm4)		7,32E+11	7,34E+11	7,33E+11	7,34E+11	7,34E+11	3,67E+12
I nhịp 13 (mm4)		7,33E+11	7,35E+11	7,35E+11	7,34E+11	7,32E+11	3,67E+12
Độ võng đo	N12	5,0	6,1	6,6	5,7	5,6	29
Δ (mm)	N13	5,3	6,2	6,61	5,75	5,0	28,86
Năng lượng thử tải P (N.mm2)	N12	1,24E+17	1,51E+17	1,64E+17	1,41e+17	1,39E+17	7,19E+17
	N13	1,32E+17	1,54E+17	1,65E+17	1,43E+17	1,25E+17	
Module đàn hồi	N12	33.879	33.765	33.838	33.754	33.781	33.806
E (N/mm2)	N13	34.000	33.917	33.901	33.945	34.030	33.959
Cường độ	N12	44,9	44,6	44,8	44,6	44,6	44,7
f'c (N/mm2)	N13	45,2	45,0	45,0	45,1	45,3	45,1

I nhịp 1 (mm4)		7,35E+11	7,32E+11	7,34E+11	7,33E+11	7,32E+11	3,67E+12
I nhịp 2 (mm4)		7,32E+11	7,33E+11	7,35E+11	7,35E+11	7,32E+11	3,67E+12
Độ võng đo	N1	7,12	7,7	8,1	7,92	7,05	37,89
Δ (mm)	N2	7,4	7,87	7,9	7,4	7,4	37,97
Năng lượng thử tải P (N.mm2)	N1	1,66E+17	1,79E+17	1,89E+17	1,83E+17	1,64E+17	8,82E+12
	N2	1,72E+17	1,83E+17	1,83E+17	1,72E+17	1,72E+17	
Module đàn hồi	N1	31.664	31.820	31.722	31.770	31.793	31.754
E (N/mm2)	N2	31.597	31.753	31.655	31.703	31.726	31.687
Cường độ	N1	39,2	39,6	39,4	39,5	39,5	39,4
f'c (N/mm2)	N2	39,1	39,4	39,2	39,3	39,4	39,3

f) Kết quả đầu ra mạng ANN và xếp hạng tải RF theo Mục 4.3.2 bằng các mạng tối ưu ở Mục 4.1, xếp hạng tải RF các dầm bằng ANN theo độ võng Δ trình bày *Bảng 4.5.*

4.3.3. Ứng dụng ANN - Đo tần số để xếp hạng tải cầu (UD3)

Phương trình chuyển động của hệ đàn hồi tuyến (5).

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{f(t)\} \quad (5)$$

Với: [M][C][K] - Ma trận khối lượng, giảm xóc, độ cứng, $\{f(t)\}\{x\}\{\dot{x}\}\{\ddot{x}\}$- Vector lực nút, chuyển vị nút, vận tốc nút, gia tốc Khi {f (t)} = 0, $\omega = \sqrt{k/m}$ hay $f = (\frac{1}{2\pi})\sqrt{k/m}$ (6)

Với: f - Tần số dao động; k, m - Độ cứng và khối lượng toàn hệ.

a) Phân tích động của hệ thống dầm cầu Ninh Chữ [10]

Lý tưởng mặt cắt ngang cầu là dầm đơn. Chuyển vị đứng của dầm và thời gian từ biểu thức (14)

$$y(x, t) = \varphi(x) * f(t) \text{ và } \varphi(x) = \text{yo}\,(\frac{x}{L} - \frac{2x^3}{L^3} + \frac{x^4}{L^4}) \quad (7)$$

Với: x - Khoảng cách dọc chiều dài dầm; Y - Chuyển vị đứng; t - Thời gian; f(t) - Hàm thời gian; *φ(x)* - Hàm dạng chuyển động dầm; *yo* - Hệ số rung động; L - Chiều dài dầm giản đơn.

Công thức Rayleigh và hàm hình dạng φ(x), khối lượng hiệu dụng Me và độ cứng hiệu quả Ke đã được tính bằng các phương trình (8 - 11), tương ứng.

Bảng 4.5. Kết quả dự đoán ANN và xếp hạng tải RF dầm kết hợp độ võng thử tải tĩnh

Dầmtrong	f'c	Chiềucao	SứcKháng	Tĩnh tải	Hoạt tải	RF	Độ võng thực	
Dầmbiên	(MPa)	(cm)	(kNm)	M(kNm)	M(kNm)	Thiết kế	Hệ số	RF (Δ)
N1-D2	39,6	164,8	16.875	5.858	9.830	1,121	0,214	3,460
N1-D3	39,4	164,9	17.043	5.884	9.857	1,132	0,214	3,495
N1-D4	39,5	164,8	16.876	5.858	9.831	1,121	0,214	3,460
N2-D2	39,4	164,8	16.876	5.858	9.832	1,121	0,208	3,555
N2-D3	39,2	164,8	16.877	5.858	9.835	1,120	0,208	3,554
N2-D4	39,3	165,2	17.586	5.963	9.928	1,171	0,209	3,714
N12-D2	44,6	165,1	17.376	5.937	9.842	1,162	0,228	3,371
N12-D3	44,8	164,8	16.859	5.858	9.773	1,126	0,228	3,264
N12-D4	44,6	164,9	17.025	5.884	9.797	1,137	0,228	3,298
N13-D2	45,0	164,8	16.854	5.858	9.770	1,126	0,229	3,244
N13-D3	45,0	164,9	17.024	5.884	9.793	1,137	0,229	3,278
N13-D4	45,1	164,8	16.858	5.858	9.770	1,126	0,229	3,244
N1-D1	39,2	165,0	17.253	6.808	10.473	0,997	0,355	1,889
N1-D5	39,5	165,2	17.366	6.867	10.519	0,998	0,308	2,184
N2-D1	39,1	165,1	17.311	6.837	10.500	0,998	0,339	1,978
N2-D5	39,4	164,9	17.194	6.778	10.446	0,997	0,329	2,043
N12-D1	44,9	164,9	17.165	6.778	10.380	1,001	0,327	2,058
N12-D5	44,6	165,2	17.337	6.867	10.456	1,001	0,340	1,983
N13-D1	45,2	165,1	17.277	6.837	10.425	1,001	0,354	1,901
N13-D5	45,3	164,8	17.104	6.749	10.352	1,001	0,326	2,065

$$M_e = \int_o^L m\{\varphi(x)\}^2\,dx \rightarrow M_e = \frac{31*y_0^2*m_t}{630} \quad (8)\ K_e = \int_o^L EI[\varphi''(x)]^2\,dx \rightarrow K_e = \frac{24*EI*y_0^2}{5*L^3} \quad (8)$$

$$M_e = \int_o^L m\{\varphi(x)\}^2\,dx \rightarrow M_e = \frac{31*y_0^2*m_t}{630} \quad (8)\ K_e = \int_o^L EI[\varphi''(x)]^2\,dx \rightarrow K_e = \frac{24*EI*y_0^2}{5*L^3} \quad (9)$$

Tần số dầm hai đầu gối xác định theo phương trình (10):

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{Ke}{Me}} = 1.5719\sqrt{\frac{EI}{m_t*L^3}} \quad (10)$$

Độ cứng động EI dầm hai đầu gối từ phương trình (11):

$$EI = \frac{f^2*\pi^2*m_t*L^3}{24.3871} \quad (11)$$

b) Cường độ f'c nhịp dầm tính từ tần số dao động riêng f

- Tổng khối lượng mt toàn cầu là: 635,949 (kG.s^2/cm) và số đo dao động nhịp cầu [10]:

- Cường độ f'c nhịp cầu theo tần số dao động riêng fi, kết quả tính f'c lập thành ở *Bảng 4.6*.

Bảng 4.6. Cường độ f'c nhịp xác định cho tần số riêng

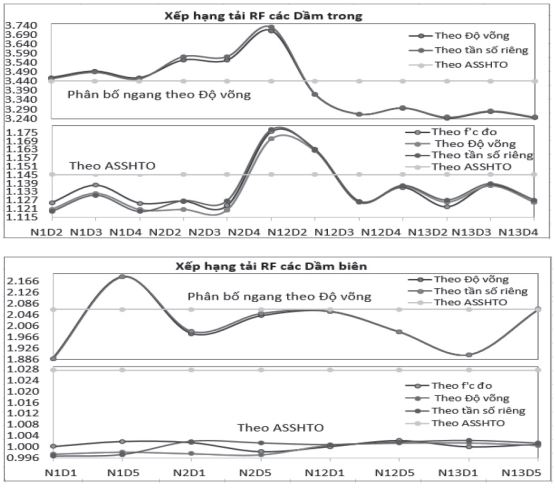
Kết cấu thử tải	Tần số riêng tại L/2	Số Pi	Khối lượng (kG.s2/cm)	Chiều dài nhịp (cm3)	Momen Itc (cm4)	Module (kG/cm2)	f'c (MPa)
Nhịp	f^2	Π^2	mt	L^3	Itc	E	f'c
N12	3,81^2	3,14^2	635,94	33.386.248E+3	366.778.440	339.726	45,1
N13	3,84^2	3,14^2	635,94	33.386.248E+3	366.897.041	344.985	46,6
N1	3,65^2	3,14^2	635,94	33.386.248E+3	366.517.411	312.013	38,1
N2	3,83^2	3,14^2	635,94	33.386.248E+3	366.863.540	343.222	46,1

c) Kết quả đầu ra mạng ANN của mẫu và xếp hạng tải RF theo Mục 4.3.3 thể hiện *Bảng 4.7*

Bảng 4.7. Kết quả dự đoán ANN và xếp hạng tải RF dầm kết hợp tần số cơ bản từ thử tải động

N1-D1	38,1	165,0	17.260	6.808	10.487	0,997	0,355	1,887
N1-D5	38,1	165,2	17.375	6.867	10.538	0,997	0,308	2,182
N2-D1	46,1	165,1	17.273	6.837	10.415	1,002	0,339	1,987
N2-D5	46,1	164,9	17.160	6.778	10.367	1,001	0,329	2,051
N12-D1	45,2	164,9	17.164	6.778	10.377	1,001	0,327	2,058
N12-D5	45,2	165,2	17.334	6.867	10.450	1,002	0,340	1,984
N13-D1	46,6	165,1	17.271	6.837	10.410	1,002	0,357	1,903
N13-D5	46,7	164,8	17.101	6.749	10.338	1,001	0,326	2,066
Dầmtrong	f'c	Chiềucao	SứcKháng	Tĩnh tải	Hoạttải	RF	Độ võng thực	
Dầmbiên	(MPa)	(cm)	(kNm)	M(kNm)	M(kNm)	ASSHTO	Hệ số	RF (Δ)
N1-D2	38,1	164,8	16.881	5.858	9.849	1,119	0,214	3,455
N1-D3	38,1	164,9	17.048	5.884	9.874	1,131	0,214	3,491
N1-D4	38,1	164,8	16.881	5.858	9.849	1,119	0,214	3,455
N2-D2	46,1	164,8	16.855	5.858	9.759	1,127	0,208	3,574
N2-D3	46,1	164,8	16.855	5.858	9.759	1,127	0,208	3,574
N2-D4	46,1	165,2	17.556	5.963	9.848	1,177	0,208	3,734
N12-D2	45,2	165,1	17.374	5.937	9.836	1,163	0,228	3,372
N12-D3	45,2	164,8	16.858	5.858	9.769	1,126	0,228	3,265
N12-D4	45,2	164,9	17.023	5.884	9.791	1,138	0,228	3,299
N13-D2	46,6	164,8	16.854	5.858	9.755	1,127	0,229	3,248
N13-D3	46,6	164,9	17.019	5.884	9.777	1,139	0,229	3,282
N13-D4	46,6	164,8	16.854	5.858	9.755	1,127	0,229	3,248

4.3.4. Đánh giá kết quả ứng dụng mạng ANN để xếp hạng tải cầu không thuộc bộ mẫu Trains theo ba phương pháp



Hình 4.8: Biểu đồ xếp hạng RF dầm nhịp (1, 2, 12, 13) dùng mạng ANN kết hợp thử tải cầu Ninh Chữ [10]

Mạng ANN được xây dựng ở Mục 4.1 đã xếp hạng tải RF cho cầu dầm Ninh Chữ [10] là loại mẫu cầu dầm I đồng dạng với mẫu đào tạo ANN nhưng không thuộc Training.

Biểu đồ *Hình 4.8* cho thấy, mạng ANN của bài báo đã dự đoán tốt hệ số RF các cầu thực tế ngẫu nhiên khi chưa xác định được khả năng và thời gian hoạt động của cầu, đặc biệt cụ thể cho từng dầm trong nhịp cầu.

5. KẾT LUẬN

Phương pháp nghiên cứu bài báo được kết luận như sau:

- Các hệ thống mẫu ANN về sức kháng và hiệu ứng tải trở thành cơ sở dữ liệu mẫu cho đào tạo hoàn thành các mạng ANN tối ưu phục vụ cho dự đoán xếp hạng tải RF các cầu thực tế hiệu quả với độ chính xác cao.

- Xếp hạng tải RF cho cầu dầm I dự ứng lực giản đơn hoàn chỉnh theo MBE. Kết hợp với công tác thử tải cầu, thì trong mọi điều kiện và tình trạng hiện hữu nào của cầu phương pháp nghiên cứu bài báo đều có khả năng đánh giá xếp hạng tải RF cho cầu dầm I dự ứng lực rất chính xác và hiệu quả.

- Khả năng tốt cho việc ứng dụng nghiên cứu của bài báo để đánh giá xếp hạng tải cho cầu dầm I dự ứng lực giản đơn ít chi phí, nhanh và phù hợp hướng dẫn theo MBE.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Tiêu chuẩn Thiết kế cầu TCVN 11823-2017*.

[2]. *Đánh giá tải trọng khai thác cầu đường bộ TCVN 12882-2020*.

[3]. MBE (2/2011), *The Manual for Bridge Evaluation*.

[4]. Oguzhan Hasançebi, Taha Dumlupınar, *Detailed load rating analyses of bridge populations using nonlinear finite element models and artificial neural networks*, Computers and Structures 128 (2013) 48-63.

[5]. Oguzhan Hasançebi, Taha Dumlupınar, *Linear and nonlinear model updating of reinforced concrete T-beam bridges using artificial neural networks*, Computers and Structures 119 (2013) 1-11.

[6]. Abdollah Bagheri, Mohamad Alipour, Osman E. Ozbulut, Devin K. Harris. *A nondestructive method for load rating of bridges without structural properties and plans*, Engineering Structures 171 (2018) 545-556.

[7]. Abdollah Bagheri, Mohamad Alipour, Osman E. Ozbulut, Devin K. Harris. *A hybrid experimental-numerical approach for load rating of reinforced concrete bridges with insufficient structural properties*, Structure and Infrastructure Engineering, doi: 10.1080/15732479.2019.1572197.

[8]. *Neural Network Toolbox. Functions - Alphabetical List*, 1994-2005 The MathWorks, Inc.

[9]. Bùi Công Cường, Nguyễn Doãn Phước (2006), *Hệ mờ mạng nơ-ron & ứng dụng*, NXB. Khoa học - Kỹ thuật, Hà Nội.

[10]. Phòng Thí nghiệm trọng điểm đường bộ III (2014), *Báo cáo kết quả kiểm định cầu Ninh Chữ, huyện Ninh Hải, tỉnh Ninh Thuận*, Viện Khoa học và Công nghệ GTVT.

Ngày nhận bài: 20/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 14/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 12/4/2024

Phương pháp xây dựng mô hình dự báo nhu cầu đi lại - ứng dụng tại TP. Hồ Chí Minh

■ **TS. PHAN NGUYỄN HOÀI NAM**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: pnhnam@utc.edu

TÓM TẮT: Bài báo so sánh và đánh giá hai phương pháp xây dựng mô hình dự báo nhu cầu đi lại là phương pháp tiếp cận tổng thể và phương pháp tiếp cận cục bộ hay rời rạc. Trên cơ sở đó lựa chọn mô hình phù hợp cho dự báo nhu cầu đi lại tại TP. Hồ Chí Minh.

TỪ KHÓA: Nhu cầu đi lại, mô hình logit, lựa chọn phương thức vận tải.

ABSTRACT: This article compares and evaluates two methods of building travel demand forecasting model: the general approach and the local or discrete approach. On that basis, selecting the appropriate model to forecast travel demand in Ho Chi Minh City.

KEYWORDS: Travel demand, logit model, mode choice.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong dự báo nhu cầu đi lại, quá trình lựa chọn phương thức vận tải của người thực hiện chuyến đi phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đặc điểm của người thực hiện chuyến đi, đặc điểm của hệ thống giao thông và phương thức vận tải…, thậm chí các tác động ngẫu nhiên cũng có thể làm thay đổi hoàn toàn phương án lựa chọn của họ. Bên cạnh đó, trong cách tiếp cận hành vi lựa chọn phương thức vận tải của người thực hiện chuyến đi theo quan điểm kinh tế, quyết định lựa chọn này được thực hiện thông qua việc đánh giá hàm thỏa dụng với nguyên tắc tối đa hóa thỏa dụng của người thực hiện chuyến đi. Việc xây dựng hàm thỏa dụng cũng đơn giản và phù hợp với việc mô hình hóa. Chính vì vậy, cần có những nghiên cứu sâu hơn về mô hình dự báo nhu cầu đi lại dựa trên hàm thỏa dụng.

2. NỘI DUNG

2.1. Nhu cầu đi lại

2.1.1. Khái quát về nhu cầu đi lại

Nhu cầu đi lại được hiểu là số lượng chuyến đi lớn nhất có thể của một người dân hoặc một nhóm dân cư hoặc một vùng, một khu vực trong một khoảng thời gian nhất định. Nhu cầu đi lại là một loại nhu cầu phát sinh, là kết quả khi con người muốn thỏa mãn những nhu cầu khác thuộc lĩnh vực sản xuất và đời sống. Để thực hiện mong muốn đi lại của mình, con người sẽ chọn cho mình một phương thức phù hợp với hoàn cảnh cụ thể, có thể đi bộ, đi bằng phương tiện vận tải cá nhân hoặc đi bằng phương tiện vận tải công cộng.

2.1.2. Các nhân tố ảnh hưởng tới nhu cầu đi lại

Có rất nhiều nhân tố ảnh hưởng tới quyết định lựa chọn phương thức vận tải của người thực hiện chuyến đi và có nhiều cách phân loại các nhân tố ảnh hưởng khác nhau. Để phục vụ cho công tác mô hình hóa, trên cơ sở lý thuyết về dự báo nhu cầu đi lại, các nhân tố ảnh hưởng tới quyết định lựa chọn phương thức vận tải được chia thành các nhóm: Người thực hiện chuyến đi và đặc điểm của người thực hiện chuyến đi; sự sẵn có của các phương thức vận tải thay thế nhau; đặc điểm kinh tế - kỹ thuật của các phương thức vận tải và các nguyên tắc ra quyết định của người thực hiện chuyến đi.

** Người thực hiện chuyến đi và đặc điểm của người thực hiện chuyến đi:*

Người thực hiện chuyến đi là người ra quyết định lựa chọn phương thức vận tải để thực hiện chuyến đi của mình. Trong mỗi tình huống lựa chọn người ra quyết định lựa chọn có thể là một người thực hiện chuyến đi đơn lẻ hoặc một nhóm người thực hiện chuyến đi, ai là người ra quyết định còn phụ thuộc vào tình huống lựa chọn cụ thể.

Đặc điểm của người thực hiện chuyến đi là nhân tố ảnh hưởng quan trọng tới quyết định lựa chọn phương thức vận tải của họ. Những đặc điểm được nghiên cứu trong phân tích thường là: Thu nhập của người thực hiện chuyến đi hay thu nhập bình quân của nhóm người thực hiện chuyến đi; nơi cư trú; địa vị xã hội của người thực hiện chuyến đi; thói quen, tính cách của người thực hiện chuyến đi… Mỗi người thực hiện chuyến đi với các đặc điểm khác nhau sẽ có những cảm nhận và đánh giá khác nhau về cùng một phương án lựa chọn cũng như các thuộc tính của phương án đó, dẫn tới trong cùng một hoàn cảnh cụ thể, sự lựa chọn phương thức vận tải của họ là khác nhau. Sự khác biệt này giữa những người thực hiện chuyến đi nên được xem xét rõ ràng trong mô hình lựa chọn, do đó, điều quan trọng là phải phát triển các mô hình lựa chọn xuất phát từ đặc điểm người thực hiện chuyến đi và phải bao gồm các biến số biểu thị sự khác biệt giữa những người thực hiện chuyến đi.

** Sự sẵn có của các phương thức vận tải thay thế (các sự lựa chọn thay thế):*

Sự lựa chọn phương thức vận tải chỉ nảy sinh khi có từ hai phương thức vận tải có thể thay thế nhau trở lên. Mỗi người thực hiện chuyến đi sẽ chọn ra một phương thức vận tải (phương án) từ tập hợp các phương thức vận tải khả dụng (tập phương án khả dụng) với họ. Tập tất cả các phương án khả dụng có thể bị ràng buộc bởi môi trường. Chẳng hạn, xe buýt nhanh chỉ là phương án khả dụng đối với những thành phố có tuyến xe buýt nhanh hoạt động. Tập các phương án được xác định bởi môi trường thì được xem như là tập lựa chọn phổ dụng (tập hợp các phương thức vận tải phổ dụng).

Tuy nhiên, ngay cả khi một phương án được mô tả trong tập lựa chọn phổ dụng, nó cũng chưa chắc là một phương án khả thi đối với một cá nhân cụ thể. Tính khả thi

của một phương án đối với một cá thể trong vấn đề chọn phương thức di chuyển có thể bị ràng buộc bởi các điều kiện khác nhau như: Các quy định của pháp luật, các ràng buộc kinh tế hoặc các đặc tính của cá thể. Tập con của tập lựa chọn phổ dụng bao gồm các phương án khả thi đối với một người thực hiện chuyến đi sẽ được định nghĩa là tập lựa chọn khả thi của người thực hiện chuyến đi đó. Không phải tất cả các phương án trong tập lựa chọn khả thi có thể được xem xét trong quá trình lựa chọn của người thực hiện chuyến đi đó. Tập con của tập các lựa chọn khả thi mà một cá thể sẽ thật sự cân nhắc đến được gọi là tập các lựa chọn được suy xét. Đây mới thật sự là tập các lựa chọn mà ta phải tính đến khi mô hình hóa các quyết định lựa chọn.

** Các đặc điểm kinh tế - kỹ thuật của các phương thức vận tải (các thuộc tính của lựa chọn thay thế):*

Mỗi một phương thức vận tải trong một quá trình lựa chọn được đặc trưng bởi các đặc điểm kinh tế - kỹ thuật (tập các giá trị thuộc tính) như: Thời gian di chuyển, mức độ tiện nghi của phương thức... Tính thu hút của một phương thức vận tải trong quá trình lựa chọn hoàn toàn được xác định bởi các giá trị của các thuộc tính của nó. Tuy nhiên, độ ổn định về giá trị của các thuộc tính của các phương thức vận tải là khác nhau, có phương thức giá trị của thuộc tính có độ ổn định cao nhưng có những phương thức biên độ dao động về giá trị của thuộc tính lớn. Do vậy, số đo mức độ không chắc chắn hay không ổn định của thuộc tính cũng cần được xem xét trong quá trình xây dựng mô hình lựa chọn. Thuộc tính của các phương thức vận tải có thể có tính tổng quát (tức là chúng áp dụng đều cho tất cả các phương thức vận tải) hoặc riêng biệt (chúng áp dụng cho một hoặc nhóm nhỏ các phương thức vận tải).

** Các quy tắc ra quyết định:*

Mỗi người thực hiện chuyến đi dựa vào một quy tắc quyết định (tức là một cơ chế để xử lý thông tin và đánh giá các phương án) để chọn một phương thức vận tải từ một tập các phương thức vận tải khác nhau. Quy tắc quyết định này có nhiều loại, có thể kể đến như:

- Quy tắc chi phối hay ưu thế: Một phương thức vận tải thay thế là chi phối đối với các phương thức vận tải khác nếu nó chiếm ưu thế trong ít nhất một thuộc tính và không tệ hơn cho tất cả các thuộc tính khác.

- Quy tắc quyết định theo sự lựa chọn ưu tiên (Lexicographic decision rule): Theo nguyên tắc này, các đặc điểm kinh tế - kỹ thuật (các thuộc tính) của phương thức vận tải được sắp xếp thứ tự theo mức độ quan trọng của thuộc tính. Phương thức vận tải được lựa chọn là phương thức có thuộc tính quan trọng nhất được đánh giá cao nhất, nếu nhiều phương thức vận tải có thuộc tính quan trọng nhất được đánh giá như nhau thì thuộc tính quan trọng tiếp theo sẽ là căn cứ để lựa chọn [3].

- Quy tắc "đền bù": Theo quy tắc này, người thực hiện chuyến đi sẽ đánh giá từng thuộc tính của từng phương thức vận tải (có thể đánh giá bằng cách cho điểm) và phương thức vận tải được lựa chọn là phương thức mà có tổng đánh giá các thuộc tính là cao nhất.

- Quy tắc "tối đa hóa thỏa dụng": Người thực hiện chuyến đi sẽ lựa chọn phương thức vận tải nào đem lại thỏa dụng lớn nhất cho họ.

Như vậy, quyết định lựa chọn phương thức vận tải của người thực hiện chuyến đi có thể chia làm 2 nhóm: Nhóm 1 là những quyết định có quy tắc và nhóm 2 là những quyết định bất quy tắc. Quá trình quyết định của người thực hiện chuyến đi được gọi là có quy tắc nếu quá trình đó thỏa mãn hai cấu trúc cơ bản: Tính nhất quán và tính bắc cầu. Tính nhất quán hàm ý rằng việc lựa chọn phương thức vận tải sẽ cho cùng một kết quả nếu lặp lại quá trình lựa chọn trong những điều kiện như nhau. Tính bắc cầu hàm ý một trật tự sắp xếp duy nhất của các lựa chọn theo thang đo sự yêu thích.

2.2. Phương pháp mô hình hóa nhu cầu đi lại

Trong dự báo nhu cầu đi lại, biến phụ thuộc nhận các giá trị rời rạc, có thể dưới dạng nhị phân nếu là "chọn" hay "không chọn" phương thức vận tải nào đó, hoặc dạng đa thức nếu là "chọn ô tô", "chọn xe máy", "chọn xe buýt"… Vấn đề cốt yếu trong mô hình hóa các lựa chọn rời rạc, như trong hầu hết các mô hình toán kinh tế, nằm ở khả năng dự báo hành vi ra quyết định của một nhóm những người thực hiện chuyến đi. Một vấn đề được quan tâm khác là xác định sự ảnh hưởng lẫn nhau của các thuộc tính phân biệt của các sự lựa chọn và các tính cách của người thực hiện chuyến đi khi họ quyết định về một lựa chọn nào đó.

Khi xây dựng mô hình dự báo nhu cầu đi lại, vấn đề quan trọng là mô hình phải thể hiện được khả năng dự báo hành vi ra quyết định lựa chọn phương thức đi lại của một nhóm người thực hiện chuyến đi. Có hai phương pháp cơ bản để mô hình hóa các hành vi tổng thể (hoặc nhóm) này. Một phương pháp trực tiếp mô hình hóa các hành vi tổng thể của tất cả hoặc một nhóm người thực hiện chuyến đi khi lựa chọn một phương thức vận tải nào đó như là một hàm của các nhân tố có ảnh hưởng tới sự lựa chọn. Cách tiếp cận này thường được biết đến như là cách tiếp cận tổng thể. Phương pháp thứ hai nhằm nhận dạng hành vi tổng thể như là kết quả của rất nhiều quyết định của từng người thực hiện chuyến đi đơn lẻ và mô hình hóa các lựa chọn riêng lẻ bằng một hàm của các nhân tố ảnh hưởng tới quyết định lựa chọn của người thực hiện chuyến đi đó. Cách tiếp cận thứ hai được biết đến như là cách tiếp cận cục bộ hay rời rạc [4].

Ngày nay, đa số các nghiên cứu đều đi theo hướng tiếp cận rời rạc vì theo hướng này có nhiều thuận lợi hơn so với cách tiếp cận tổng thể trong việc mô hình hóa các hành vi ra quyết định của một nhóm những người thực hiện chuyến đi.

Trước hết, phương pháp tiếp cận tổng thể chủ yếu dựa vào mối quan hệ thống kê giữa các biến liên quan thể hiện đặc tính chung của cả nhóm những người thực hiện chuyến đi với giá trị mà biến nhận được ở mức bình quân của nhóm. Giá trị này khác biệt hẳn với giá trị của biến gắn với từng người thực hiện chuyến đi đơn lẻ, do đó nó không thể cung cấp các ước lượng chính xác và đáng tin cậy của sự thay đổi trong hành vi lựa chọn phương thức vận tải của người thực hiện chuyến đi. Trong khi đó, cách tiếp cận rời rạc giải thích tại sao một người thực hiện chuyến đi cụ thể lại đưa ra một sự lựa chọn trong hoàn cảnh của họ và vì thế có thể giải thích tốt hơn những thay đổi trong hành vi lựa chọn cụ thể theo sự thay đổi của các đặc trưng riêng lẻ có liên quan tới người thực hiện chuyến đi đó.

Thứ hai, với cách tiếp cận rời rạc, mô hình hoàn toàn có thể được áp dụng, chuyển đổi từ vùng đô thị này tới một vùng đô thị khác.

Thứ ba, trong trường hợp người phân tích chủ động xây dựng các phương án hay kịch bản, trong đó thay đổi các thuộc tính của các lựa chọn thay thế nhằm phân tích và đánh giá sự thay đổi trong hành vi lựa chọn phương thức vận tải của người thực hiện chuyến đi thì mô hình rời rạc là phù hợp vì các số liệu thu thập được trực tiếp sử dụng để ước lượng mô hình mà ít phải sử dụng các số liệu ước tính từ nguồn khác. Các dữ liệu thu thập được gắn liền với đối tượng nghiên cứu trong mô hình và hầu như chứa tất cả các biến ảnh hưởng cần phân tích.

Thứ tư, phương pháp rời rạc hiệu quả hơn phương pháp tổng thể xét theo khía cạnh độ tin cậy mô hình trên một đơn vị chi phí bỏ ra để thu thập dữ liệu. Dữ liệu rời rạc cung cấp sự biến đổi trọng yếu của hành vi được xem xét và sự xác định của hành vi đó, cho phép ước lượng hiệu quả các tham số của mô hình. Với cách tiếp cận tổng thể, các biến ảnh hưởng được sử dụng mang tính chất chung đại diện cho cả nhóm dẫn đến sự mất mát đáng kể của các biến số đặc trưng cho các cá thể riêng lẻ, do đó nó đòi hỏi càng nhiều dữ liệu để đạt được cùng một mức độ chính xác của mô hình.

Cuối cùng, các mô hình rời rạc, nếu được xác định đúng sẽ làm cho việc ước lượng các tham số không bị chệch, trong khi đó các ước lượng của mô hình với cách tiếp cận tổng thể cho ta các ước lượng chệch.

2.3. Xây dựng mô hình dự báo nhu cầu đi lại tại TP. Hồ Chí Minh

Với những ưu điểm vượt trội, mô hình rời rạc cụ thể là mô hình logit đa thức có thể được coi là mô hình phù hợp cho việc dự báo nhu cầu đi lại tại TP. Hồ Chí Minh.

Trong mô hình này, xác suất các cá nhân sẽ lựa chọn một phương thức vận tải i được xác định như sau :

$$P_{it} = \frac{e^{U_{it}}}{\sum_{i=1}^{n} e^{U_{it}}}$$

Trong đó:

- P_{it} - Xác suất cá nhân t lựa chọn phương thức vận tải i;
- U_{it} - Hàm thỏa dụng ngẫu nhiên của phương thức vận tải i đối với cá nhân t;
- n - Số phương thức vận tải.

Trong hàm thỏa dụng, mức độ thỏa dụng của mỗi phương án lựa chọn theo nhận thức của người thực hiện chuyến đi được tách thành hai thành phần. Một thành phần của hàm thỏa dụng biểu diễn phần thỏa dụng có thể quan sát và ước lượng được bởi nhà phân tích, thường gọi là phần thỏa dụng có thể quan sát hay phần thỏa dụng tất định (hoặc thỏa dụng hệ thống). Thành phần còn lại là sai lệch giữa giá trị thỏa dụng theo đánh giá của người thực hiện chuyến đi mà chúng ta chưa biết với giá trị thỏa dụng được ước lượng bởi nhà phân tích. Phần sai lệch này được biểu diễn bằng một sai số ngẫu nhiên [2]. Về hình thức, chúng ta có thể biểu diễn:

$U_{it} = V_{it} + \varepsilon_{it}$

Trong đó:

U_{it} - Thỏa dụng thực của phương án lựa chọn i đối với người thực hiện chuyến đi t.

V_{it} - Phần thỏa dụng có thể quan sát (thỏa dụng hệ thống hay thỏa dụng tất định), phần này có thể quan sát và được ước lượng bởi nhà phân tích. V_{it} có thể được biểu diễn là một hàm số của các thuộc tính của phương án lựa chọn (X_i) và các đặc điểm của người thực hiện chuyến đi (S_t) hay $V_{it} = F(X_i, S_t)$

ε_{it} - Sai số hay phần thỏa dụng chưa biết đối với nhà phân tích.

Do đó, hàm thỏa dụng có thể biểu diễn:

$U_{it} = F(X_i, S_t) + \varepsilon_{it}$

2.4. Kết quả nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành trên cơ sở mẫu số liệu khảo sát 800 người tại TP. Hồ Chí Minh nhằm đánh giá 12 nhân tố ảnh hưởng có thể sử dụng trong hàm thỏa dụng.

Quá trình đánh giá các nhân tố ảnh hưởng được thực hiện theo phương pháp phân tích nhân tố khám phá và hồi quy tuyến tính. Kết quả đánh giá nhân tố ảnh hưởng được thể hiện ở *Bảng 1.1*.

Bảng 1.1. Thứ tự ảnh hưởng của các nhân tố

TT	Biến	Hệ số	TT	Biến	Hệ số
1	TG (thời gian chuyến đi)	0,191	7	NN (nghề nghiệp)	0,059
2	CP (chi phí chuyến đi)	0,184	8	T (độ tuổi)	0,057
3	CT (chi phí/thu nhập)	0,130	9	CS (chính sách của Chính phủ)	0,056
4	TN (thu nhập)	0,067	10	KC (khoảng cách)	0,054
5	CH (cơ hội sử dụng phương tiện cá nhân)	0,067	11	SHBL (sở hữu bằng lái)	0,050
6	CL (chất lượng phương thức vận tải)	0,064	12	GTI (giới tính)	0,042

(Nguồn: Nghiên cứu của tác giả)

Các nhân tố ảnh hưởng được sắp xếp theo thứ tự giảm dần về giá trị tuyệt đối của các tham số tương ứng, để đánh giá tầm quan trọng của các nhân tố ảnh hưởng. Với kết quả này, các nhân tố ảnh hưởng có thể được chia làm 2 nhóm theo mức độ ảnh hưởng.

- Nhóm 1: Nhóm nhân tố ảnh hưởng nhiều:

Các nhân tố như thời gian chuyến đi, chi phí chuyến đi, tỷ lệ chi phí trên thu nhập là nhóm có ảnh hưởng lớn tới quyết định lựa chọn phương thức vận tải. Trong đó, đứng đầu là thời gian chuyến đi, tiếp đến là chi phí chuyến đi và thứ 3 là tỷ lệ chi phí trên thu nhập.

- Nhóm 2: Các nhân tố ảnh hưởng ít.

Các nhân tố còn lại có thể xếp vào nhóm ảnh hưởng ít hơn với các hệ số dao động trong khoảng từ 0,04 đến 0,07.

Kết quả phân tích hồi quy cho hàm thỏa dụng có dạng:

$U = \beta_1 + \beta_2 .TG + \beta_3 .CP + \beta_4 .CT + \beta_5 .TN + \beta_6 .CH + \varepsilon$

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu cho thấy, ngoài hai nhân tố là thời gian và chi phí [1] thường được sử dụng trong hàm thỏa dụng còn có 10 nhân tố khác ảnh hưởng tới quyết định lựa chọn phương thức vận tải. Trên cơ sở kết quả thu được, tác giả kiến nghị sử dụng hàm thỏa dụng với những nhân tố có tầm quan trọng bao gồm: Ba nhân tố thuộc nhóm 1 (thời gian chuyến đi, chi phí chuyến đi, tỷ lệ chi phí trên thu nhập) và hai nhân tố xếp đầu nhóm 2 (thu nhập, cơ hội sử dụng phương tiện cá nhân) trong mô hình dự báo nhu cầu đi lại tại TP. Hồ Chí Minh.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bayes Ahmed (2012), *The Traditional Four Steps Transportation Modeling Using Simplified Transport Network: A Case Study of Dhaka City, Bangladesh*, vol.1, 19-40.

[2]. Michael D. Meyer và Eric J. Miller (2001), *Urban Transportation Planning - A Decision - Oriented Approach*, McGraw Hill.

[3]. J. Paul Peter và Jerry C. Olson (2010), *Consumer Behavior & Marketing Strategy*, McGraw Hill.

[4]. Kumares C. Sinha và Samuel Labi (2007), *Transportation Decision Making*, John Wiley & Sons Inc.

Ngày nhận bài: 12/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 22/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2024

Áp dụng GIS trong đánh giá tác động tích lũy đối với các dự án xây dựng hạ tầng giao thông - Đề xuất khả năng áp dụng tại Việt Nam

■ **ThS. TRỊNH XUÂN BÁU**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: bau@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Đánh giá tác động tích lũy đã và đang là một công cụ quản lý môi trường được áp dụng trong đánh giá môi trường đối với các dự án phát triển. Có nhiều phương pháp đánh giá tác động tích lũy được áp dụng, trong đó có hệ thống thông tin địa lý (GIS).

Dự án xây dựng hạ tầng giao thông có quy mô sử dụng đất lớn, chiếm dụng không gian của các đối tượng tự nhiên và kinh tế - xã hội phức tạp. Việc sử dụng kỹ thuật GIS để phân tích đặc điểm môi trường sống và sử dụng đất của dự án sẽ giúp cho công tác đánh giá môi trường đầy đủ, chi tiết và có độ tin cậy cao.

Bài báo trình bày cơ sở áp dụng GIS trong công tác đánh giá tác động tích lũy đối với các dự án xây dựng hạ tầng giao thông và đề xuất khả năng áp dụng tại Việt Nam.

TỪ KHÓA: Đánh giá môi trường, đánh giá tác động tích lũy, hệ thống thông tin địa lý, hạ tầng giao thông.

ABSTRACT: Cumulative impact assessment has been an environmental management tool applied in environmental assessment of development projects. There are many methods applied for cumulative impact assessment, and geographic information system (GIS) method is one of them.

Transport infrastructure projects have a large scale of land use, occupy natural and socio-economic spaces. Using GIS techniques to analyze the environment and land use characteristics of project will help make the environmental assessment complete, detailed and highly reliable. This article will present the basis for applying GIS to cumulative impact assessment of transport infrastructure projects and propose applicability in Vietnam.

KEYWORDS: Environmental assessment, cumulative impact assessment, geographic information systems, transport infrastructure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đánh giá môi trường là quá trình đánh giá các hậu quả môi trường của một quy hoạch hoặc dự án. Trong đánh giá môi trường, công tác đánh giá tác động tích lũy đã và đang được áp dụng để xác định được các tác động gián tiếp, tương hỗ, tổ hợp trong cùng một bối cảnh phát triển.

Nhiều phương pháp được sử dụng trong đánh giá tác động tích lũy, trong đó có hệ thống thông tin địa lý (GIS). Với quy mô sử dụng đất lớn, chiếm dụng không gian của các đối tượng tự nhiên và kinh tế - xã hội đa dạng của các dự án xây dựng hạ tầng giao thông, việc kết hợp hình ảnh vệ tinh và các dữ liệu khác vào cơ sở dữ liệu không gian của GIS để phân tích đặc điểm môi trường sống và sử dụng đất trong quá trình đánh giá tác động tích lũy sẽ giúp cho việc đánh giá môi trường đầy đủ, chi tiết hơn và có độ tin cậy cao hơn.

2. TỔNG QUAN

2.1. Đánh giá tác động tích lũy

Tác động tích lũy là những thay đổi môi trường do một hành động gây ra kết hợp với các hành động khác của con người trong quá khứ, hiện tại và tương lai (Hegmann et al., 1999). Tác động tích lũy bắt nguồn từ các hoạt động tổng hợp của con người và tự nhiên theo không gian và thời gian, có sự xáo trộn và có khả năng làm thay đổi đáng kể các điều kiện môi trường (Noble et al., 2011).

Đánh giá tác động tích lũy là sự phân tích có hệ thống của những thay đổi môi trường gây ra trong tương lai bằng cách tích hợp các tác động của các hoạt động phát triển (Smit and Spaling, 1995). Các tác động đề cập đến sự tích tụ của các thay đổi trong các thành phần sinh thái hoặc môi trường có giá trị theo cách bổ sung hoặc tương hỗ (Bragagnolo and Geneletti, 2012), cũng như tiếp cận phân tích để xác định và đánh giá tầm quan trọng của các tác động tiêu cực từ các hoạt động khác nhau được tổng hợp từ nhiều nguồn tác động mang tính tiêu cực (Cooper, 2004).

2.2. Hệ thống thông tin địa lý

Hệ thống thông tin địa lý (GIS) là hệ thống máy tính được sử dụng để lưu trữ và thao tác thông tin, bao gồm các công nghệ khảo sát, đo quang, hệ thống định vị toàn cầu (GPS), điện toán và truyền thông. GIS bao gồm các công nghệ thu thập dữ liệu viễn thám bằng vệ tinh thông qua các quy trình xử lý ảnh để phát triển bản đồ địa hình có độ phân giải cao.

Công nghệ GIS gồm cơ sở dữ liệu không gian và cơ sở dữ liệu thuộc tính. Các dữ liệu không gian GIS khác được xử lý dưới dạng hình ảnh, hoặc raster, có định dạng hàng và cột đơn giản. Dữ liệu thuộc tính được xử lý trong

phần mềm cơ sở dữ liệu quan hệ bao gồm các bản ghi và trường dữ liệu. Ngoài ra, GIS còn bao gồm hoạt động kết nối, phân tích địa hình, nội suy thống kê và bảo trì cơ sở dữ liệu không gian.

GIS ngày càng trở nên hữu dụng và phổ biến trong đánh giá môi trường vì phù hợp với việc lưu trữ, thao tác, phân tích và hiển thị các bộ dữ liệu địa lý (Warner and Diab, 2002; Li et al., 2011). Bên cạnh đó, GIS phù hợp với phân tích dữ liệu không gian ở quy mô lớn, bao gồm xác định ranh giới khu vực dự án, đo lường thay đổi theo thời gian, xác định các địa điểm bị ảnh hưởng bởi nhiều hành động và dự báo các tác động tích lũy trong tương lai trên cơ sở lập bản đồ và mô hình hóa các tác động sinh thái từ nguồn dữ liệu viễn thám (Treweek, 1999; Blaser, 2004).

3. QUY TRÌNH ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG TÍCH LŨY VÀ SỰ PHÙ HỢP VỚI GIS

3.1. Các bước đánh giá tác động tích lũy

Hoạt động đánh giá tác động tích lũy bao gồm xác định phạm vi dự án, mô tả môi trường bị ảnh hưởng và xác định hậu quả môi trường. Cụ thể:

- Xác định phạm vi dự án, bao gồm: (i) Xác định các vấn đề tác động tích lũy liên quan đến hành động được đề xuất; (ii) Thiết lập phạm vi tác đánh giá; (iii) Thiết lập khung thời gian đánh giá và (iv) Xác định các hành động khác ảnh hưởng đến tài nguyên, hệ sinh thái và cộng đồng.

- Mô tả môi trường bị ảnh hưởng, bao gồm: (v) Đánh giá các nguồn tài nguyên, hệ sinh thái và cộng đồng trong phạm vi dự án; (vi) Ngưỡng tác động và so sánh với quy chuẩn môi trường của các nguồn tài nguyên, hệ sinh thái và cộng đồng; (vii) Các điều kiện cơ bản đối với tài nguyên, hệ sinh thái và cộng đồng.

- Xác định hậu quả môi trường, bao gồm: (viii) Xác định các mối quan hệ nhân - quả quan trọng trong hoạt động của dự án; (ix) Xác định mức độ và ý nghĩa của các tác động tích lũy được nhận dạng; (x) Đề xuất các biện pháp thay thế hoặc giảm thiểu các tác động tích lũy tiêu cực; (xi) Giám sát các tác động tích lũy và chương trình quản lý môi trường.

3.2. Sự phù hợp của GIS trong đánh giá tác động tích lũy

Phương pháp GIS phù hợp theo các bước đánh giá tác động tích lũy nêu trên, cụ thể:

(i) Xác định biến nào có sẵn dữ liệu có thể được sử dụng trong GIS.

(ii) Thu thập dữ liệu khu vực tác động, gồm các nguồn tài nguyên đất, nước, không khí.

(iii) Dữ liệu GIS có sẵn để theo dõi các thay đổi trong quá khứ và dự báo các tác động xảy ra trong tương lai.

(iv) Tạo lớp phủ trong các khu vực tác động, bao gồm các hành động phi dự án và thiết lập bản đồ tổng hợp.

(v) Sử dụng các nguồn dữ liệu viễn thám và lịch sử để đánh giá các phản ứng của nguồn lực trong quá khứ đối với các tác động.

(vi) Tạo danh sách các nguồn lực để thu thập và hình thành các lớp dữ liệu riêng lẻ cho từng biến số được phân tích tại một thời điểm cụ thể.

(vii) Phát triển các mô hình không gian nguyên nhân - kết quả của các ứng suất bằng cách sử dụng các chức năng nội tại của GIS và liên kết với dữ liệu không gian.

(viii) Tạo các lớp phủ như Chỉ số phù hợp với môi trường sống hoặc phân tích các xu hướng lịch sử để dự đoán các tác động trong tương lai.

(ix) Thực hiện lớp phủ bản đồ để xác định mức độ tác động tổng hợp; tính toán số liệu thống kê không gian của các tác động và so sánh với các ngưỡng.

(x) Thực hiện phân tích khu vực cho các hoạt động, bao gồm cả phương án không (0) thông qua việc sử dụng các các chức năng GIS và mô phỏng máy tính.

(xi) Thực hiện phân tích chuỗi thời gian định kỳ để so sánh với trạng thái cơ bản.

4. ÁP DỤNG GIS TRONG ĐÁNH GIÁ TÍCH LŨY

4.1. Xây dựng chỉ số phù hợp với môi trường

Dữ liệu GIS đến từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm địa hình, thảm thực vật, thổ nhưỡng, thủy văn, khu dân cư và mạng lưới giao thông.

Môi trường sống của các loài sinh vật và các hệ sinh thái được xác định bằng cách sử dụng Chỉ số phù hợp với môi trường sống (Habitat Suitability Index - HSI) để lập bản đồ về mức độ phù hợp đối với môi trường sống và giá trị môi trường. Bản đồ giá trị môi trường sống được sử dụng cùng với các mô hình tăng trưởng để đánh giá các tác động tích lũy theo thời gian và được xây dựng dựa trên các nghiên cứu về quy trình đánh giá môi trường sống và các yếu tố tự nhiên khác như độ dốc đất, loại hình đất và các thủy vực.

Sử dụng kỹ thuật lớp phủ có trọng số để xây dựng bản đồ chỉ số phù hợp với môi trường sống. Lớp phủ có trọng số là một kỹ thuật áp dụng một thang giá trị chung cho các đầu vào khác nhau, bao gồm: (i) Một thang đánh giá số được chọn, có thể là 1 đến 10; (ii) Một ô lưới cho mỗi dữ liệu đầu vào được gán các giá trị từ thang đánh giá; (iii) Mỗi dữ liệu đầu vào tương ứng với một trọng số; (iv) Tổng ảnh hưởng cho tất cả các dữ liệu bằng 100%; (v) Giá trị ô lưới của mỗi dữ liệu đầu vào được nhân với trọng số; (vi) Kết quả của các ô lưới được thêm vào để hình thành dữ liệu đầu ra.

Các kỹ thuật lớp phủ được thực hiện dễ dàng trong GIS bằng cách kết hợp các lớp dữ liệu và thao tác trên bản đồ để xác định một khu vực quan tâm dựa trên cơ sở dữ liệu không gian.

4.2. Xây dựng chỉ số về mức độ hấp dẫn phát triển

Để phát triển các mô hình phân tích cho đánh giá tác động tích lũy cần phải xây dựng Chỉ số về mức độ hấp dẫn phát triển (Index of Development Attractiveness - IDA). Trong GTVT, đánh giá tác động tích lũy cần có khả năng dự đoán các kịch bản về sự phát triển sẽ xảy ra khi xây dựng một tuyến đường mới hoặc cải thiện mạng lưới giao thông.

Chỉ số phù hợp với môi trường sống được xây dựng theo mục đích sử dụng đất và được chuẩn hóa thành một thang đo chung (giá trị từ 1 đến 10). Mỗi bản đồ nhân tố này được nhân với trọng số quan trọng và kết hợp với nhau để xác định các vị trí có giá trị trong khu vực dự án.

Mỗi ô dữ liệu đầu vào được nhân với trọng số và được tính toán dựa trên các yếu tố: (i) Khoảng cách đến các tuyến đường của dự án; (ii) Khoảng cách đến khu dân cư tập trung; (iii) Khoảng cách đến các khu vực trung tâm; (iv) Độ dốc địa hình khu vực và (v) Các yếu tố cần quan tâm

khác. Các khu vực có hạn chế về phát triển và nhạy cảm môi trường cao đã bị loại trong xây dựng mô hình.

4.3. Lập bản đồ phù hợp với môi trường

Bản đồ Chỉ số phù hợp với môi trường sống được xây dựng và sử dụng cùng với các mô hình tăng trưởng để đánh giá các tác động tích lũy theo thời gian từ kết quả đánh giá môi trường sống và sự phát triển của các chỉ số về mức độ phù hợp với môi trường sống cho các loài sinh vật, bao gồm xem xét các yếu tố như độ dốc địa hình, các loại đất và các thủy vực trong khu vực dự án.

4.4. Đánh giá tác động tích lũy đối với môi trường sống dựa trên dữ liệu GIS

Các dữ liệu GIS về môi trường sống và các kịch bản phát triển có thể được sử dụng để đánh giá tác động tích lũy. Bản đồ chất lượng môi trường sống được tạo ra bằng phương pháp Chỉ số phù hợp với môi trường sống dựa trên kỹ thuật GIS được sử dụng để xác định các khu vực chính có thể bị tác động. Quy trình cho điểm sử dụng Chỉ số phù hợp với môi trường sống và Chỉ số về mức độ hấp dẫn phát triển cho thấy mức độ tương đối của các tác động và các khu vực tiềm ẩn xung đột.

GIS có thể xây dựng nhiều kịch bản và phân tích lặp lại các kịch bản thay thế như các phương án tuyến trong mạng lưới giao thông, Chỉ số về mức độ hấp dẫn phát triển đã tính toán và đưa ra những khác biệt so với kịch bản cơ sở. Bản đồ được tạo bằng cách thêm các dữ liệu của các phương án thay thế, chạy mô hình và tách lớp bản đồ để xác định những thay đổi đã xảy ra khi thực hiện dự án. Một tuyến cao tốc mới được đưa vào mạng lưới giao thông của khu vực đã được tính toán bởi các Chỉ số về mức độ hấp dẫn phát triển để xác định mức độ tiềm năng khi đầu tư xây dựng. Các dữ liệu trước và sau khi hình thành dự án sẽ được thể hiện đầy đủ trên bản đồ sử dụng đất. Quy trình đánh giá tác động tích lũy được áp dụng bằng cách sử dụng các kết quả của Chỉ số về mức độ hấp dẫn phát triển và được phủ lên bản đồ Chỉ số phù hợp với môi trường sống trong khu vực dự án.

5. KHẢ NĂNG ÁP DỤNG TẠI VIỆT NAM

Các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội và sử dụng đất làm thay đổi đáng kể môi trường sống. Một số thay đổi có thể được thể hiện ngay lập tức và rõ ràng, nhưng cũng có những thay đổi có thể xuất hiện chậm và khó phát hiện tức thời. Mục tiêu của đánh giá tác động tích lũy là xác định những tác động tiêu cực tổng hợp để có những biện pháp giảm thiểu và phục hồi.

Đánh giá môi trường là một công cụ đã được luật hóa và đang được áp dụng rộng rãi tại Việt Nam. Việc đề xuất đưa đánh giá tác động tích lũy vào trong đánh giá môi trường có thể hình thành nên một quy trình đánh giá cao hơn, đầy đủ hơn và cho ra những kết quả tin cậy hơn đối với những tác động tiềm ẩn. Phương pháp GIS được áp dụng rộng rãi trong đánh giá môi trường cũng thuận lợi trong áp dụng đối với đánh giá tác động tích lũy.

Từ cơ sở tiếp cận áp dụng GIS trong đánh giá tích lũy đối với dự án xây dựng hạ tầng giao thông nêu trên và các cơ sở pháp lý về đánh giá môi trường tại Việt Nam cho thấy, khả năng áp dụng GIS trong đánh giá tác động tích lũy là thực tế và khả thi. Cần xây dựng được phương pháp tiếp cận và khung chương trình đánh giá cụ thể nhằm cung cấp một khuôn khổ phù hợp gồm phương pháp, công cụ và kỹ thuật khác nhau về đánh giá tác động tích lũy tại Việt Nam.

6. KẾT LUẬN

Trên cơ sở phân tích dữ liệu không gian của GIS cho thấy phương pháp này áp dụng hiệu quả trong đánh giá tác động tích lũy đối với dự án đầu tư xây dựng hạ tầng giao thông. Việc bản đồ hóa các đối tượng có sử dụng thang trọng số trong phương pháp phù hợp với đánh giá tác động tích lũy đến các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội và môi trường tự nhiên.

Tổ chức cơ sở dữ liệu không gian môi trường liên quan đến đặc điểm môi trường sống thể hiện qua các chỉ số phù hợp với môi trường và chỉ số mức độ hấp dẫn phát triển. Nó dễ dàng xác định được các kịch bản của dự án và sự so sánh khác biệt với các điều kiện cơ sở để đánh giá các tuyến đường thay thế hoặc đề xuất các biện pháp giảm thiểu.

Tại Việt Nam, phương pháp GIS trong đánh giá môi trường đã được áp dụng rộng rãi. Việc đề xuất sử dụng phương pháp này trong đánh giá tác động tích lũy cho các dự án phát triển là cần thiết và phù hợp với công tác quản lý môi trường hiện nay.

Tài liệu tham khảo

[1]. Blaser, B, Liu, H, McDermott, D, Nuszdorfer, F, Phan, NT, Vanchindorj, U, Johnson, L and J Wyckoff (2004), *GIS-Based Cumulative Effects Assessment*, Colorado Department of Transportation Research Branch, University of Colorado, Denver, 39p.

[2]. Cooper, L. and Sheate, W. R. (2004), *Integrating cumulative effects assessment into UK strategic planning: implications of the European Union SEA Directive*, Impact Assessment and Project Appraisal, 22(1):5-16.

[3]. Li, R, Bettinger, P, Danskin, S and R Hayashi (2005), *A historical perspective on the use of GIS and remote sensing in natural resource management*, as viewed through papers published in North American Forestry Journals from 1976 to 2005, Cartographica, 42, 165-79.

[4]. Noble B, Sheelanere P, Patrick R. (2011), *Advancing watershed cumulative effects assessment and management: lessons from the South Saskatchewan River Watershed, Canada*, Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 13 (4):567-590.

[5]. Smit, H. and Spaling, H. (1995), *Methods for cumulative effects assessment*, Environmental Impact Assessment Review, 15:81-106.

[6]. Treweek, J. (1999), *Ecological Impact Assessment*, Oxford, UK: Blackwell Science Ltd.

[7]. Warner, LL and RD Diab (2002), *Use of geographic information systems in an environmental impact assessment of an overhead power line*, Impact Assessment Project Appraisal, 20, 39-47.

Ngày nhận bài: 23/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 11/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 01/4/2024

Thiết kế mô hình bãi lọc để xử lý nước thải tại trạm dừng nghỉ đường bộ

■ **TS. VŨ PHƯƠNG THẢO(*); ThS. VŨ KIM HẠNH**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)vpthao@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo được thực hiện nhằm mục đích thiết kế mô hình bãi lọc dòng chảy ngang, đánh giá hiệu quả xử lý nước thải tại trạm dừng nghỉ bằng mô hình bãi lọc trong phạm vi phòng thí nghiệm. Kết quả vận hành mô hình trong phòng thí nghiệm cho thấy hiệu suất xử lý các thông số của nước thải khá tốt từ 40,87% đến 87,35%. Hiệu suất xử lý các chỉ tiêu chất lượng nước của mô hình rất khả quan từ 40,87% đến 87,35%. Trong đó, hiệu quả xử lý các chỉ tiêu BOD_5, TSS, Amoni (NH_4^+) và Coliform lần lượt là 80,74%, 77,4%, 65,3% và 87,35%. Kết quả thu được từ mô hình thí nghiệm rất khả quan, một số cây khỏe đã phát triển tốt trên bãi lọc.

TỪ KHÓA: Bãi lọc, kiểm soát chất thải, xử lý nước thải, tái sử dụng.

ABSTRACT: This paper presents a study on designing a model of a constructed wetland for wastewater treatment at a Rest Stop. The effectiveness of this model in treating wastewater was evaluated within a laboratory setting. The results of the study demonstrated that the treatment efficiency of various wastewater parameters ranged from 40.87% to 87.35%. The treatment efficiency of BOD_5, TSS, Amoni (NH_4^+) và Coliform is 80.74%, 77.4%, 65.3% và 87.35% respectively. The experimental model yielded promising results, with healthy trees thriving on the filter site. These findings highlight the potential of constructed wetlands for effective wastewater treatment in rest area settings.

KEYWORDS: Constructed wetlands,waste control, wastewater treatment, reuse.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trạm dừng nghỉ là một công trình trong hệ thống giao thông đường bộ, các hệ thống bể tự hoại nói chung và bể Biolytix nói riêng hiện đang được sử dụng chủ yếu để xử lý nước thải của các nguồn phân tán này [1]. Tuy nhiên, bể tự hoại chỉ có chức năng lắng và phân hủy cặn lắng, do vậy nước thải xí tiểu sau khi qua bể tự hoại không đạt QCVN 14:2008/BTNMT cột B [2]. Mặt khác, chi phí môi trường để vận hành cho các trạm dừng nghỉ được giới hạn ở mức giữ gìn vệ sinh sạch sẽ. Việc xử lý hiệu quả các thông số ô nhiễm để có thể tái sử dụng nước tại các điểm xả nước phân tán như vậy đòi hỏi một công nghệ đơn giản, hiệu quả và chi phí hợp lý.

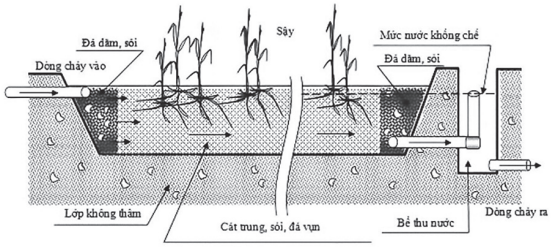
Nước thải từ các trạm dừng nghỉ chủ yếu bao gồm nước thải từ nhà vệ sinh, nhà tắm, các hoạt động dịch vụ ăn uống, du lịch [3]. Thành phần nước thải tại đây có thành phần không giống như nước thải từ hệ thống nhà vệ sinh cũng như nước thải sinh hoạt trong đô thị. Cụ thể, hàm lượng Amoni, COD và BOD ở các trạm dừng nghỉ cao hơn trong đô thị do hàm lượng nước tiểu cao hơn. Bên cạnh đó, trạm dừng nghỉ thường được đặt tại các vị trí xa khu dân cư, vì thế nguồn cung nước khó khăn và khan hiếm. Nước dội nhà vệ sinh hay nước tưới cây nếu được tái sử dụng từ nước thải sẽ giải quyết được vấn đề này [4]. Hơn nữa, nước thải được tái sử dụng sẽ góp phần xây dựng mô hình trạm dừng nghỉ không phát thải, đóng góp trong tiến trình xây dựng phát triển bền vững hệ GTVT. Để thiết kế được hệ thống xử lý nước thải hiệu quả là một vấn đề đặt ra cho các trạm dừng nghỉ.

Gần đây, bãi lọc trồng cây đã được biết đến trên thế giới như một giải pháp công nghệ phù hợp cho các nguồn thải có quy mô nhỏ, phân tán, nước sau xử lý được tái sử dụng vào một số mục đích. Quá trình xử lý nước thải hoàn toàn tự nhiên và thân thiện với môi trường, không sử dụng hóa chất, vận hành và bảo trì đơn giản, tạo cảnh quan môi trường sinh thái với hệ thống cây xanh tự nhiên sống trên bãi lọc [5]. Theo nghiên cứu của Jan Vymazal và các cộng sự, nước thải sau bãi lọc sẽ được loại bỏ các chất rắn lơ lửng, Nito, kim loại nặng, các hợp chất hữu cơ, vi khuẩn và virus và có thể tái sử dụng cho những mục đích phục vụ tưới tiêu, vệ sinh chuồng trại... [6].

Bãi lọc trồng cây là một trong những phương pháp xử lý nước thải cho hiệu quả tốt, nước thải từ hệ thống dẫn vào chảy từ từ ngầm theo dòng chảy ngang cho tới hệ thống ga thoát nước sau xử lý [7]. Trong quá trình xử lý, nước thải sẽ tiếp xúc với các khu vực hiếu khí, thiếu khí và kỵ khí. Vùng hiếu khí là các khu vực xung quanh rễ và thân rễ bởi theo đó oxi sẽ được rò rỉ vào hệ thống. Trong quá trình nước thải chảy từ từ qua vùng rễ, nước thải sẽ được xử lý bằng các vi sinh vật cư trú tại đó. Bãi lọc sẽ loại bỏ các chất hữu cơ

có khả năng phân hủy sinh học, loại bỏ các chất rắn lắng, không lắng, chất keo, loại bỏ Nito, Photpho, kim loại nặng và các hợp chất hữu cơ, vi khuẩn và virus [8].

Bãi lọc dòng chảy ngang được biết đến là công nghệ hạn chế tối đa sự cố trong quá trình dòng thải đi vào bãi lọc, tránh các lỗ dẫn nước bị tắc do lớp vật liệu lọc là cát sỏi, dễ vận hành và sửa chữa khi hỏng, hoặc có sự cố về đường ống dẫn nước thải [9].



Hình 1.1: Mô hình bãi lọc dòng chảy ngang

Do đó, nhóm nghiên cứu lựa chọn thiết kế mô hình bãi lọc trồng cây dòng chảy ngang để xử lý nước thải tại trạm dừng nghỉ đường bộ.

2. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Thiết kế mô hình

Mô hình được thiết kế là bãi lọc ngầm sử dụng cây chuối hoa, tên khoa học là cây Canna generalis, cây sống chủ yếu ở vùng nhiệt đới, có sức sống mạnh mẽ, dễ trồng, dễ chăm sóc. Đặc biệt, cây có khả năng hấp thụ và làm giảm thiểu một số chất trong nước thải như carbon, nito, photphat, hiệu suất loại bỏ tổng chất rắn hòa tan, BOD và COD rất cao [10].

Mẫu nước thải sử dụng là nước thải giả định căn cứ thành phần theo nghiên cứu phân tích hiện trạng nước thải tại trạm dừng nghỉ đường bộ phía Bắc Việt nam trong đề tài nghiên cứu năm 2022 của tác giả [1]. Thành phần ô nhiễm của nước thải được thể hiện trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thông số chất lượng nước thải

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị	Phương pháp phân tích	QCVN 14:2008/BTNMT Cột B (*)
1	**Độ đục**	-	20,38	TCVN 6001-1:2008	-
2	pH	-	7,1	TCVN 6492 :2011	5-9
3	BOD_5 (20^0C)	mgO_2/l	187	TCVN 6001-1:2008	50
4	Tổng chất rắn lơ lửng TSS	mg/l	155	TCVN 6625 :2000	100
5	Amoni (tính theo N)	mg/l	30,36	TCVN 6179-1:1996	10
6	Tổng Coliforms	MPN/100ml	8700	TCVN 6187-1: 2019	5000

** Cột B quy định giá trị của các thông số ô nhiễm làm cơ sở tính toán giá trị tối đa cho phép trong nước thải sinh hoạt khi thải vào các nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt:*

Số liệu tại *Bảng 2.1* cho thấy hàm lượng các thông số cao hơn rất nhiều so với yêu cầu thải nước quy định trong QCVN 14:2008/BTNMT, như hàm lượng BOD_5 cao gấp 3,7lần; TSS gấp 1,55 lần; Amoni gấp 3 lần so với yêu cầu.

Nhóm nghiên cứu lựa chọn mô hình xử lý quy mô phòng thí nghiệm theo thông số lưu lượng của bơm nước đầu vào là Q_{max} = 20l/ngày đêm. Ta có:

Nồng độ BOD dòng vào: 187 mg/l;

Nồng độ BOD dòng ra: 50 mg/l.

Bể chứa nước đầu vào, đầu ra: Dựa theo lưu lượng nước 20 (l/ngđ), từ đó gia công bể chứa nước đầu vào và đầu ra với dung tích chứa tối đa với kích thước tương ứng: (25,5×30×30)cm.

Ta có:

Diện tích bề mặt bãi lọc được xác định theo công thức (1):

$$A_h = A_h = \frac{\frac{Q_d}{1000}(ln\ C_1 - \ln C_2)}{K_{BOD}} \quad (1)$$

Trong đó: Q_d - Thông số lưu lượng của bơm nước đầu vào, Q_d = 20l/ngđ;

A_h - Diện tích bề mặt bãi lọc;

C_1 - Nồng độ BOD dòng vào;

C_2 - Nồng độ BOD dòng ra;

K_{BOD} - Hằng số tốc độ BOD, K_{BOD} = 0,15.

Chọn chiều cao làm việc h_{lv} = 0,25 m

Chiều cao bảo vệ h_{bv} = 0,075 m

Vật liệu lọc:

- Cát vàng: Sử dụng loại cát đã rây qua, loại bỏ các hỗn tạp (lá, đá, cây khô...);
- Sỏi to: Lựa chọn những viên sỏi to, trung bình đường kính từ 60 - 90 mm.
- Sỏi nhỏ: Loại sỏi nhỏ đường kính trung bình từ 10 - 25 mm.
- Lớp đất mặt: Lấy tại khu vực trạm dừng nghỉ, để thuận tiện trong việc trồng cây, giúp cây thích ứng với môi trường đất tại khu vực cần xây dựng mô hình bãi lọc.

** Giả định:*

- Ống phun, dẫn nước vào mô hình bãi lọc ta lấy chiều dài l = 600 mm;

- Khoảng cách giữa các lỗ tưới là 20 mm;
- Đường kính lỗ tưới là 1,5 - 2 mm. Thiết kế 10 lỗ tưới nhỏ;
- Khoảng cách giữa các cây chọn bằng 60 mm, do đó số cây là 9 cây.

Từ các dữ liệu trên ta có kết quả tính toán thiết kế bãi lọc được thể hiện trong *Bảng 2.2*.

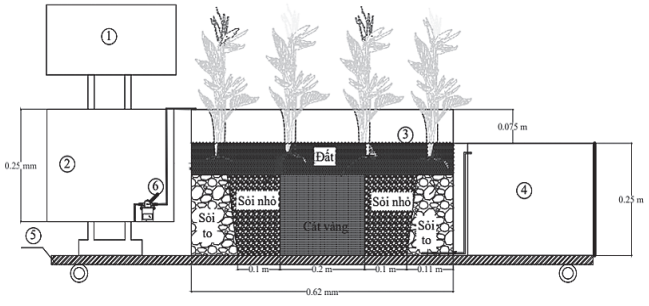
Bảng 2.2. Kết quả tính toán thiết kế bãi lọc

	Ký hiệu	Thông số	Đơn vị
Nồng độ BOD dòng vào	C_1	187	mg/l
Nồng độ BOD dòng ra	C_2	50	mg/l
Lưu lượng trung bình ngày	Q_d	20	l/ngày
Hằng số tốc độ BOD	K_{BOD}	0,15	
Diện tích bãi lọc ngập nước	A_h	0,18	m^2
Chiều cao làm việc (hỗn hợp vật liệu)	h_{lv}	0,35	m
Chiều cao bảo vệ	h_{bv}	0,1	m
Chiều cao mô hình	H	0,325	m
Thể tích lớp bảo vệ	V_{bv}	0,018	m^3
Thể tích bãi lọc	V	0,081	m^3
Thể tích làm việc bãi lọc	V_{lv}	0,063	m^3
Chiều rộng bãi lọc	B	0,35	m
Chiều dài bãi lọc	L	0,51	m
Thời gian lưu nước	t	2,84	ngày
Đường kính ống phân phối nước	D	6	mm
Thể tích lớp đá	V	0,02	m^3
Chiều dài lớp cát sỏi trồng cây	$L_{cát sỏi}$	0,42	m
Thể tích cát sỏi	$V_{sỏi}$	0,04	m^3
Tổng cây trồng	N	9	cây

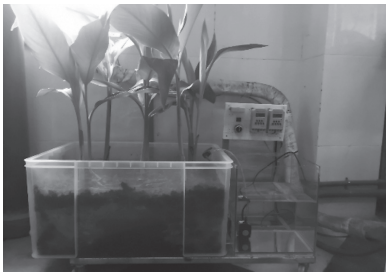
Sau khi kết thúc giai đoạn tính toán cơ bản, lựa chọn các vật liệu, nhóm tiến hành thiết kế bản vẽ chi tiết lắp đặt cho mô hình và lắp ráp theo bản vẽ thiết kế. *Hình 2.1* thể hiện bản vẽ mặt đứng mô hình bãi lọc, trong đó thể hiện 6 bộ phận cấu thành mô hình bãi lọc:

1. Bảng điện
2. Bể chứa đầu vào
3. Bãi lọc
4. Bể chứa đầu ra
5. Kệ đẩy
6. Bơm

Mô hình sau khi lắp đặt được thể hiện ở *Hình 2.2*.



Hình 2.1: Bản vẽ mặt đứng mô hình bãi lọc



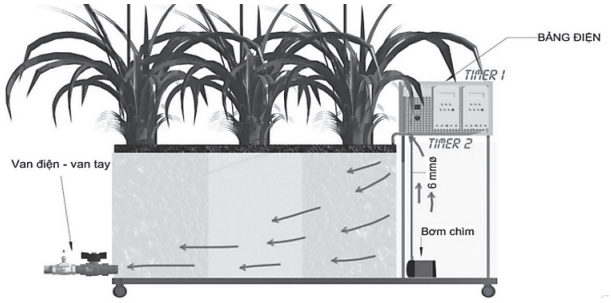
Hình 2.2: Mô hình bãi lọc sau khi hoàn thiện lắp đặt

Hiệu quả xử lý các thông số ô nhiễm của nước sẽ đạt hiệu quả tốt hơn khi tăng thêm thời gian lưu nước từ 12h đến 36h [11]. Thời gian lưu nước theo tính toán là 2,84 ngày, tuy nhiên trong quá trình xử lý nước thải, nhóm nghiên cứu đã tiến hành tối ưu về mặt thời gian tăng thời gian lưu nước từ 72h lên 96h (3 ngày lên 4 ngày) và kết quả xử lý tương đối ổn định và khả quan. Nước có thời gian lưu lâu hơn nên lắng tốt hơn và cây có thêm thời gian để xử lý các chỉ tiêu môi trường hiệu quả hơn.

2.2. Nguyên tắc và vận hành mô hình

Các thiết bị chính điều chỉnh vận hành mô hình đều nằm tại bảng điều khiển phía bên phải mô hình. Timer số 1 mang nhiệm vụ hẹn giờ bật bơm nước thải trong khoảng thời gian đã được thiết lập sẵn, thời điểm này bơm sẽ hút nước từ bể chứa nước thải đầu vào qua hệ thống ống ti-ô phân phối nước vào mô hình trong thời gian là 6 phút tương ứng với 20l nước thải. Nước sẽ được phân phối từ bề mặt mô hình theo dòng chảy ngang tiếp tục tới các khu vực hiếu khí, thiếu khí và kỵ khí. Hướng vận hành mô hình được thể hiện như *Hình 2.3*. Vùng hiếu khí là các khu vực xung quanh rễ và thân rễ bởi theo đó oxi sẽ được rò rỉ vào hệ thống, vùng kỵ khí là khu vực dưới cùng gần đáy mô hình nơi phần lớn là các lớp vật liệu lọc, giữa hai khu vực này chính là vùng thiếu khí.

Quá trình nước thải chảy từ từ qua các vùng cùng với bộ rễ trong thời gian lưu (4 ngày), nước thải sẽ được xử lý bằng các vi sinh vật cư trú tại đó. Hiệu quả xử lý các thông số ô nhiễm của nước sẽ đạt hiệu quả tốt hơn khi tăng thêm thời gian lưu nước [11, 12]. Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu tiến hành lấy mẫu thực nghiệm theo 3 thời gian: Sau khi chạy mô hình 70h (nước thải sau bể tự hoại đủ ngấm vào đất và tạo đủ chiều sâu lớp nước trên bãi lọc, nước thải vào và ra khỏi mô hình ổn định về lưu lượng); sau 10 ngày và sau 20 ngày (đánh giá hiệu quả xử lý các thông số TSS, BOD_5, amoni (NH_4^+) và coliform). Timer số 2 có vai trò hẹn giờ mở van xả nước sau quá trình lưu nước xử lý trong mô hình và ngắn điện đóng van sau khi xả hết nước.



Hình 2.3: Hướng vận hành mô hình

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình được vận hành và lưu nước trong thời gian gần 4 ngày để cây trồng có thời gian xử lý. Kết quả thử nghiệm như *Bảng 3.1*:

Bảng 3.1. Chỉ tiêu chất lượng nước thải sau xử lý

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị nước thải đầu vào	Giá trị nước thải đầu ra	Phương pháp phân tích	QCVN 14:2008/BTNMT	Hiệu suất xử lý (%)
1	**Độ đục**	-	20,38	12,05	TCVN 6001-1:2008	-	40,87
2	pH	-	7,1	7,1	TCVN 6492:2011	5-9	-
3	BOD_5 (20^0C)	mgO_2/l	187	36	TCVN 6001-1:2008	50	80,74
4	Tổng chất rắn lơ lửng TSS	mg/l	155	35	TCVN 6625 :2000	100	77,4
5	Amoni (tính theo N)	mg/l	23,3	8,1	TCVN 6179-1:1996	10	65,3
6	Tổng Coliforms	MPN/100ml	8700	1100	TCVN 6187-1:2019	5000	87,35

Số liệu trong *Bảng 3.1* đã cho thấy chất lượng nước sau xử lý bằng mô hình bãi lọc đã được cải thiện đáng kể. Toàn bộ chỉ tiêu đã đạt tiêu chuẩn thải nước theo cột B - QCVN 14:2008/BTNMT. Một số cây khỏe mạnh có khả năng chịu sâu bệnh vẫn phát triển tốt và có rễ ăn sâu xuống lòng đất. Hiệu suất xử lý các chỉ tiêu chất lượng nước của mô hình rất khả quan từ 40,87% đến 87,35%. Trong đó, hiệu quả xử lý các chỉ tiêu BOD_5, TSS, Amoni (NH_4^+) và Coliform lần lượt là 80,74%, 77,4%, 65,3% và 87,35%. Một trong những thành phần gây ô nhiễm đặc trưng tại các trạm dừng nghỉ là chỉ tiêu Amoni $(NH_4)^+$, thành phần này đã được xử lý với hiệu quả cao (65,3%) chứng tỏ hiệu quả rất khả quan của mô hình.

Hiệu quả xử lý các thông số chất lượng nước thải bằng mô hình bãi lọc phụ thuộc vào điều kiện, khí hậu, nhiệt độ, số lượng cây, quá trình sinh trưởng và phát triển của cây và nồng độ của nước thải. Để tăng hiệu quả xử lý của bãi lọc ngập nước ta cần tạo điều kiện thuận lợi về ánh sáng và nhiệt độ, đồng thời có những biện pháp diệt sâu bệnh hữu cơ đảm bảo cho cây có sự sinh trưởng và phát triển tốt nhất.

4. KẾT LUẬN

Mô hình bãi lọc trồng cây với hiệu quả đem lại trong việc xử lý nước thải trạm dừng nghỉ đã cho thấy đây là hướng đi đúng và có khả năng đạt kết quả cao, tiềm năng lớn. Có thể nghiên cứu và phát triển, kết hợp với các biện pháp cơ học, hóa lý và sinh học, ứng dụng trong xử lý nước thải cho các khu vực tương tự, đặc biệt là các điểm thải nước phân tán.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-032. Xin chân thành cảm ơn Trường Đại học GTVT đã hỗ trợ nhóm tác giả thực hiện đề tài này.

Tài liệu tham khảo

[1]. Vũ Phương Thảo, Vũ Kim Hạnh, Nguyễn Lan Anh, *Nghiên cứu đề xuất mô hình "Trạm dừng nghỉ Xanh (Green Rest Stop)" hướng tới "Trạm dừng nghỉ Không phát thải (Zero Waste Rest Stop)" trên các tuyến cao tốc khu vực miền Bắc, phục vụ định hướng phát triển bền vững ngành Giao thông vận tải*, Đề tài NCKH cấp Trường năm 2021 - 2022, mã số T2022-CT-029.

[2]. *QCVN 14:2008/BTNMT, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải sinh hoạt*, 2008.

[3]. Vũ Phương Thảo, Nguyễn Lan Anh (2022), *Nghiên cứu khảo sát phát sinh chất thải tại các trạm dừng nghỉ trên một số tuyến cao tốc phía Bắc Việt Nam*, Tạp chí Cầu đường, số 4.

[4]. Richard Davis, Rafik Hirji, Series editors (March, 2003), *Water resources and environment*, Technical Note F3. The World Bank Washington, D.C, Manufactured in the United States of America.

[5]. Yvelisse Perez et all (2023), *Efficiency and effectiveness of systems for the treatment of domestic wastewater based on subsurface flow constructed wetlands in Jarabacoa*, Dominican Republic, Water Science and Engineering.

[6]. Jan Vymazal et all (2023), *The retention of nitrogen and phosphorus in aboveground biomass of plants growing in constructed wetlands treating agricultural drainage*, Ecological Engineering.

[7]. Yuka Ogata et all (2018), *Design considerations of constructed wetlands to reduce landfill leachate contamination in tropical regions*, J Mater Cycles Waste Manag 20, 2163.

[8]. Jialin Chen et all (December, 2023), *Costs and benefits of constructed wetlands for meeting new water quality standards from China's wastewater treatment plants*, Resources, Conservation and Recycling Volume 199.

[9]. Jan Vymazal, Lenka Kropfelova (2008), *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*, Environmental pollution, vol.14, Springer Science+Business Media B.V.

[10]. Samson et all (2015), *Phytoremediation of Phosphorus and Nitrogen with Canna generalis Reeds in Domestic Wastewater through NMAMIT Constructed Wetland*, Aquatic Procedia, vol.4.

[11]. Nguyễn Bửu Lộc, Phạm Nguyễn Kim Tuyến, Dương Thị Giáng Hương (2018), *Nghiên cứu xử lý nước thải chế biến thủy sản bằng công nghệ Wetland trồng cây chuối hoa*, Tạp chí Khoa học Đại học Sài Gòn, số 59.

[12]. Vi Thi Mai Huong, Tran Duc Ha (2017), *Internetional workshop on environmental & architectural design for sustainable development*, *A study on domestic wastewater treatment ability in Bach Quang ward by the hybrid model of stabilisation pond and constructed wetland*, Trường Đại học Xây dựng.

Ngày nhận bài: 19/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Áp dụng YOLOv8 để nâng cao độ chính xác trong việc chẩn đoán sự cố của động cơ diesel trên tàu biển

■ **PGS. TS. TRẦN HỒNG HÀ(*); ThS. BÙI QUỐC TÚ; ThS. NGUYỄN KIM ANH**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)tranhongha@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Động cơ diesel sử dụng trên tàu biển khi hoạt động phụ thuộc vào nhiều thông số đầu vào như lượng khí nạp, thời gian phun nhiên liệu, nhiệt độ làm mát xi-lanh, tốc độ của động cơ hoặc lượng nhiên liệu cung cấp ở các chế độ tải. Khi các thông số đầu vào không đáp ứng được với yêu cầu của động cơ ở các chế độ làm việc sẽ làm cho hiệu suất của động cơ bị suy giảm hoặc các thông số đầu ra như khí thải không đáp ứng được theo tiêu chuẩn của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO). Bài báo nghiên cứu xây dựng phần mềm sử dụng YOLOv8 để chẩn đoán chính xác sự cố của động cơ diesel khi các thông số đầu vào của động cơ không đáp ứng được yêu cầu. Dữ liệu huấn luyện được thu thập từ kết quả dự báo của phần mềm mô phỏng trạng thái làm việc của động cơ diesel COMLEX. Kết quả dự báo cho thấy độ chính xác đạt được 70% cao hơn so với kết quả huấn luyện sử dụng học máy là 63% và có thể chẩn đoán chính xác được từng trường hợp sự cố cụ thể khi thay đổi các thông số đầu vào của động cơ giúp cho người khai thác động cơ phát hiện sớm được các sự cố để có biện pháp điều chỉnh và khắc phục kịp thời.

TỪ KHÓA: Động cơ diesel, học máy, sự cố động cơ.

ABSTRACT: Operation of Diesel engine on board ship depending on many input parameters such as intake air volume, fuel injection time, cylinder cooling temperature, engine speed or fuel supply in different load regime. When the input parameters do not meet the requirements of the engine in operating modes that cause the engine's performance to be reduced or the output parameters such as emissions does not meet the standards of the international maritime organization IMO. This article researched software using YOLOv8 that is trained to accurately diagnose diesel engine problems when the engine's input parameters does not meet the requirements. Training data is collected from the prediction results of the software that simulates the working modes of diesel engine named COMPLEX. The results show that the prediction accuracy is 70%, which is more accurate than the training results using machine learning which is 63% and can accurately diagnose each specific incident case when changing the input parameters of the machine that helps engine operators detecting problems early to have corrective and preventive measures

KEYWORDS: Diesel engine, machine learning, troubles.

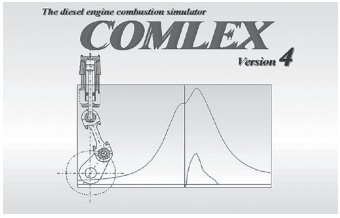
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong kết quả nghiên cứu ở bài báo trước của nhóm tác giả [1] có 79 dữ liệu ảnh được đưa vào học máy trên ngôn ngữ lập trình Python. Kết quả cho thấy phần mềm dự báo được với độ chính xác là 63% và chỉ chẩn đoán được hai trường hợp làm việc bình thường và sự cố, còn đối với từng sự cố cụ thể thì phần mềm chưa chẩn đoán được chính xác được loại sự cố do nguyên nhân gì. Để nâng cao độ chính xác của phần mềm chẩn đoán có thể chẩn đoán được chính xác được sự cố và nguyên nhân của sự cố, nhóm nghiên cứu đã thu thập thêm dữ liệu về các sự cố của động cơ diesel trên phần mềm COMLEX và sử dụng YOLOv8 để huấn luyện. Với thuật toán của YOLOv8 có thể nhận diện được rõ và chính xác được các đối tượng trong ảnh. Một số nghiên cứu trong ngành Hàng hải đã sử dụng YOLOv8 để huấn luyện và xây dựng mô hình phát hiện được chính xác các đối tượng trong ảnh. Trong nghiên cứu của Song dùng YOLOv8 để huấn luyện mô hình giám sát tàu thuyền qua lại trong cảng [2] mô hình đã cải thiện được khả năng nhận diện chính xác các đối tượng nhỏ hơn là các tàu thuyền ở khoảng cách xa với độ chính xác trung bình (mean average precision-mAP) tới 95%. Trong nghiên cứu của Zhao [3] đã cải tiến thuật toán của YOLO8 để phát hiện được chính xác các vụ cháy trên tàu biển. Hiệu quả chẩn đoán vượt quá 0,93, cả về độ chính xác và khả năng thu hồi để phát hiện cháy và khói trên tàu. Ngoài ra, mAP@0,5 đạt khoảng 0,9. Mặc dù có sự cải thiện về độ chính xác, Ship-Fire Net cũng có ít tham số hơn và FLOP thấp hơn so với bản gốc làm tăng tốc độ phát hiện của nó.

Mặc dù đã có những nghiên cứu áp dụng YOLOv8 để thực

hiện việc dự báo và chẩn đoán trong ngành Hàng hải nhưng vẫn chưa có nghiên cứu nào chẩn đoán sự cố động cơ sử dụng đồ thị triển khai của áp suất theo góc quay trục khuỷu ứng dụng công nghệ AI. Hiện nay đã có nhiều tàu đã lắp hệ thống giám sát động cơ thông qua việc đo áp suất cháy trong từng xi-lanh và xuất ra kết quả là các đồ thị cháy triển khai như hệ thống trên tàu Mitsui của công ty tàu biển Nhật Bản NSS [4]. Việc dự báo chính xác sự cố bất thường của động cơ diesel thông qua đồ thị trên sẽ giúp cho người khai thác kịp thời phát hiện được những bất thường và có những biện pháp để phòng tránh kịp thời, ngăn ngừa được những hỏng hóc lớn có thể xảy ra đối với động cơ diesel trong quá trình khai thác.

2. THU THẬP VÀ TIỀN XỬ LÝ DỮ LIỆU



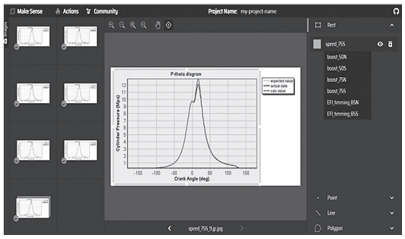
Hình 2.1: Giao diện phần mềm COMLEX [5]

Bảng 2.1. Các thông số của động cơ diesel

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Loại động cơ	I84TF	
Số kỳ	2	
Công suất động cơ	2861	kW
Vòng quay động cơ	64,6	Vòng/phút
Đường kính xi lanh	0,84	m

Số liệu được thu thập từ phần mềm COMLEX như trong *Hình 2.2*. Dữ liệu được lưu dưới dạng ảnh đuôi jpg được chụp từ màn hình của máy tính khi chạy phần mềm. Các thông số đầu vào của động cơ diesel trong *Bảng 2.1* được thay đổi để tạo ra các tình huống sự cố cho động cơ như: Áp suất khí tăng áp, thời điểm phun nhiên liệu, lượng nhiên liệu phun, nhiệt độ nước làm mát sơ-mi xy-lanh và tốc độ của động cơ. Khi thay đổi các thông số đầu vào, kết quả đầu ra được xuất dưới dạng hình ảnh đồ thị triển khai áp suất quá trình cháy trong xy-lanh theo góc quay của trục khuỷu. Số trường hợp thay đổi là 8 trường hợp với chế độ tải của động cơ ở 50% và 75% tải, dữ liệu ảnh xuất ra là 223 ảnh.

Tập dữ liệu ảnh được đưa vào phần mềm Pycharm như trong *Hình 2.2*, nhóm nghiên cứu xây dựng thuật toán bằng ngôn ngữ Python để định dạng lại kích thước 223 ảnh tự động theo chuẩn xử lý ảnh của YOLOv6 với chiều rộng ảnh là 640 mm, còn chiều cao được sửa tự động đảm bảo được độ nét của ảnh khi đưa vào huấn luyện.



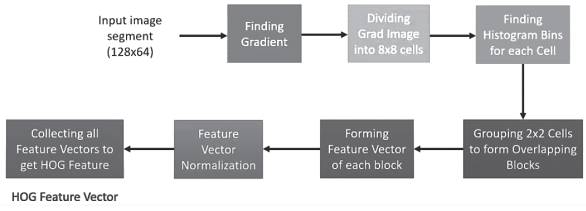
Hình 2.2: Hình được gắn nhãn tương ứng và đổi sang đuôi .txt

Tập dữ liệu sau đó được đưa vào phần mềm makesense.AI trên website để gán nhãn tương ứng với từng trường hợp thay đổi các thông số của động cơ diesel và hình ảnh được tự động chuyển file từ .jpg sang đuôi txt. Sau đó, các tập dữ liệu được đưa vào colab của google để huấn luyện mô hình.

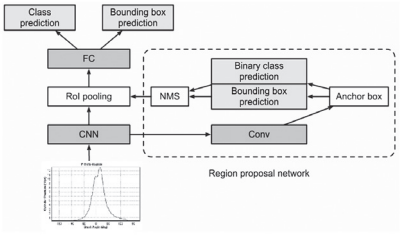
3. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỢC SỬ DỤNG ĐỂ HUẤN LUYỆN DỮ LIỆU

3.1. Phương pháp mô tả đặc trưng

Trong mô hình của YOLOv8 có sử dụng phương pháp mô tả đặc trưng dựa vào cách chia hình ảnh thành các ảnh nhỏ hơn, sau đó tính toán các biểu đồ của ảnh để tổng hợp và đưa ra các vector đặc trưng tương ứng với từng đối tượng như trong *Hình 3.1*. Phương pháp mô tả đặc trưng sử dụng các thông tin về độ phân bố của cường độ trường các vector hoặc các hướng của mép biên mô tả các đối tượng trong các ảnh. Thuật toán trong phương pháp này chia bức ảnh thành các vùng nhỏ hơn, các vùng này được gọi là tế bào (cell). Trong mỗi tế bào được tính toán một biểu đồ cột theo trường vector đối với các điểm trong các tế bào. Ghép các biểu đồ cột này lại sẽ thành bức ảnh ban đầu. Để nâng cao hiệu quả khi nhận dạng, các biểu đồ hình cột được chuẩn hóa về độ tương phản bằng cách tính một ngưỡng cường độ ở một trường lớn hơn các tế bào đó là một khối (block). Ngưỡng này được sử dụng để chuẩn hóa cho tất cả các tế bào của ảnh. Sau khi chuẩn hóa sẽ được một vector đặc trưng có tính bất biến khi các điều kiện về ánh sáng thay đổi.



Hình 3.1: Kiến trúc hệ thống mô tả đặc trưng [6]



Hình 3.2: Mô hình mạng nơ-ron tích chập nhanh [6]

3.2. Mạng nơ-ron tích chập theo vùng

Mô hình của của YOLOv8 sử dụng mạng nơ-ron tích chập theo vùng Faster R-CNN, đây là mô hình phát hiện đối tượng cải tiến trên Fast R-CNN bằng cách sử dụng mạng đề xuất khu vực (RPN) với mô hình CNN. RPN chia sẻ các tính năng tích chập hình ảnh đầy đủ với mạng phát hiện, cho phép đề xuất vùng gần như miễn phí. Đó là một mạng tích chập hoàn toàn có khả năng dự đoán đồng thời các giới hạn đối tượng và điểm số đối tượng ở mỗi vị trí. RPN được đào tạo từ đầu đến cuối để tạo ra các đề xuất khu vực chất lượng cao, được Fast R-CNN sử dụng để phát hiện. RPN và Fast R-CNN được hợp nhất thành một mạng duy nhất bằng cách chia sẻ các tính năng tích chập của chúng: Thành phần RPN cho mạng thống nhất biết nơi cần tìm.

Mô hình Faster-RCNN như trong *Hình 3.2* có thêm một mạng con là mạng đề xuất các vùng đặc trưng (Region Proposal Network - RPN), mạng này dùng để lấy ra các vùng có khả năng chứa các đối tượng ở trong ảnh như trong *Hình 4.3*. Thời gian tính toán của mạng RPN giảm đối với mỗi ảnh là 10 ms. Mạng RPN giảm thời gian tính toán để trích chọn vùng đặc trưng, thường là 10 ms cho mỗi hình ảnh. Mạng này bao gồm các lớp tích hợp mà từ đó có thể thu được các đặc trưng cần thiết thông qua từng lớp tích chập liên tiếp nhau. Để đưa ra các vùng đặc trưng, các hộp neo có các tỉ lệ, kích thước và độ lớn khác nhau được sử dụng. Trong các hộp neo, việc phân lớp nhị phân được sử dụng để phân loại ra các vùng được trích ra, các vùng đó có khả năng chứa đối tượng nhận dạng và qua các hộp khung giới hạn tương ứng. Sau đó, các vùng trích chọn sẽ được đưa qua 1 bộ lọc (Non maximum suppression - NMS) được sử dụng để loại bỏ các hộp giới hạn dư thừa hoặc không chính xác sau khi các dự đoán đã được thực hiện. Đầu ra của bộ lọc được cho qua 1 lớp gọi là vùng được quan tâm (Region of Interest - ROI) để cố định kích thước đầu ra của các vùng đặc trưng đã trích chọn được. Sau đó được dự đoán theo lớp (class prediction) và được dự đoán theo hộp đường biên (bounding box prediction).

4. XÂY DỰNG MÔ HÌNH CHẨN ĐOÁN VÀ THỰC NGHIỆM

4.1. Xây dựng mô hình chẩn đoán

Mô hình sử dụng mô hình toán coco128.yml của YOLOv8n có cấu trúc như *Hình 4.4* để huấn luyện các dữ liệu là các ảnh đồ thị áp suất quá trình cháy của động cơ diesel được gắn nhãn. Bộ dữ liệu bao gồm 22 danh mục đối tượng, bao gồm các đối tượng như: Boost-50N, Boost-50S, Boost-70N, Boost-70S, EFL timing-50N, EFL timing-50S, EFL volume-50N, EFL volume-50S, Jacket coolant-50N, Jacket coolant-50S, Jacket coolant-75N, Jacket coolant-75S, Piston coolant -50N, Piston coolant -75N, Fuel-50N, Fuel- 50S, Fuel-75N, Fuel-75S, Speed-50N, Speed-50S, Speed-75N, Speed-75S. COCO cung cấp các số liệu đánh giá được tiêu chuẩn hóa như độ chính xác trung bình (mAP) để phát hiện đối tượng và giá trị thu hồi trung bình (mAR) để phân đoạn đối tượng và làm cho nó phù hợp để so sánh hiệu suất mô hình. Tập dữ liệu COCO được chia thành ba tập hợp con:

Train2017: Tập hợp con này chứa 223 hình ảnh để đào tạo các mô hình phát hiện, phân đoạn và tạo phụ đề.

Val2017: Tập hợp con này có hình ảnh 50 được sử dụng cho mục đích xác thực trong quá trình đào tạo mô hình.

Test2017: Tập hợp con này bao gồm 20 hình ảnh được sử dụng để kiểm tra và đo điểm chuẩn cho các mô hình được đào tạo.

Trong thời gian huấn luyện mô hình qua mỗi vòng lặp sẽ xuất hiện các lỗi gồm có hai lỗi chính là phát hiện đối tượng trong khung giới hạn đối tượng trong ảnh và lỗi khi phân lớp đối tượng clc_loss.

Đánh giá hiệu quả mô hình thường liên quan đến hai tiêu chuẩn để đánh giá mô hình là các điểm mạnh và giới hạn của mô hình. Độ nhạy, độ chính xác và độ chính xác trung bình (mAP) được sử dụng như là thước đo để đánh giá khả năng phát hiện của mô hình. Các thước đo dùng để đánh giá tốc độ phát hiện và độ phức tạp trong tính toán của mô hình bao gồm các tham số như giá trị thường được sử dụng để thể hiện độ phức tạp của thuật toán (Floating point operation-FLOPS) và số lượng khung hình trên giây (Frames per second-FPS). Trong mô hình này, độ chính xác được sử dụng làm yếu tố quyết định để đánh giá tính chính xác của mô hình. Độ chính xác được định nghĩa là tỷ lệ số trường hợp dự báo khớp mẫu dương (positive predictions-TP) trên tổng số lượng kết quả trường hợp dự báo khớp mẫu của mô hình (TP + FP). Mô hình bị ảnh hưởng đáng kể bởi sự hiện diện về một số lượng trường hợp dự báo khớp mẫu lỗi (False positive-FP). Giá trị trong phạm vi 0-1 đã được tính toán chính xác bằng cách sử dụng phương pháp sau [7]:

$$P(precision) = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

Khả năng của mô hình để xác định tất cả các trường hợp của các đối tượng trong hình ảnh (recall-R) là tỷ lệ các trường hợp dự báo khớp mẫu dương tính (True positive) so với tổng số trường hợp dự báo khớp mẫu. Việc thu hồi có thể được xác định bằng cách sử dụng biểu thức toán học sau [7]:

$$(Recall) = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

Kết quả F1 được xác định bằng độ chính xác và khả năng nhớ lại, cung cấp đánh giá cân bằng về hiệu suất của mô hình trong khi xem xét cả dương tính giả và âm tính giả [7]:

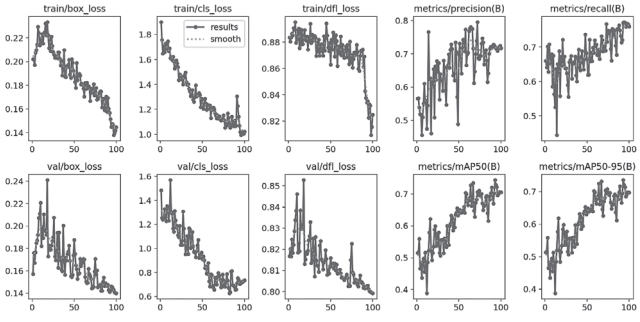
$$F_1 = 2 \times \frac{P \times R}{P+R} \quad (3)$$

Giá trị AP tính toán diện tích dưới đường cong thu hồi chính xác, cung cấp một giá trị duy nhất gói gọn độ chính xác và hiệu suất thu hồi của mô hình [7].

$$AP = \int_0^1 \mathrm{P(R)dR} \quad (4)$$

Để đánh giá độ chính xác của mô hình, mô hình tính giá trị mAP là mở rộng khái niệm AP bằng cách tính toán các giá trị AP trung bình trên nhiều lớp đối tượng. Điều này rất hữu ích trong các tình huống phát hiện đối tượng nhiều lớp để cung cấp đánh giá toàn diện về hiệu suất của mô hình [7].

$$mAP = \frac{1}{N}\sum_0^1 AP_i \quad (5)$$

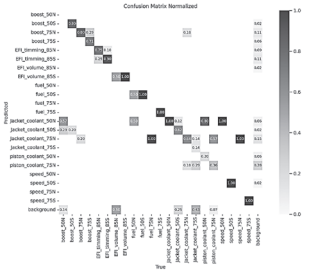


Hình 4.1: Kết quả sau khi huấn luyện mô hình YOLOv8

Mô hình được huấn luyện qua 100 vòng lặp như trên *Hình 4.1* cho thấy các đồ thị kiểm tra lỗi huấn luyện như box_loss, cls_ loss và cdl_loss trong quá trình huấn luyện giảm lỗi xuống thấp, xu hướng các đồ thị có xu hướng đi xuống tới giá trị thấp box_loss giảm từ 0,219 đến 0,1446, cls_loss giảm từ 1,901 đến 1,032, cdl_loss giảm từ 0,8836 đến 0,8248. Trong quá trình đào tạo, mô hình sau khi được học sẽ dự

báo dựa trên dữ liệu thực tế cơ bản được gắn nhãn.

Trong giai đoạn xác thực lại độ chính xác của mô hình, nó tính toán chất lượng của mô hình sau khi đào tạo bằng cách sử dụng các hình ảnh từ tập dữ liệu xác thực. Chỉ số chất lượng có giá trị nhất là mAP50-95, đây là độ chính xác trung bình. Mô hình học hỏi và cải thiện, độ chính xác tăng dần từ vòng lặp này đến vòng lặp khác như trong *Hình 4.3* có thể thấy nó tăng dần: từ 0,513 đến 0,697. Sau 100 vòng lặp, độ chính xác của mô hình với mAP50-95 bằng 0,697 được chấp nhận. Ngoài ra, mô hình có thể điều chỉnh các thông số khác như batch, lr0, lrf hoặc thay đổi trình tối ưu hóa đang sử dụng. Độ trùng lặp giữa các đối tượng được mô tả như trong *Hình 4.2*, các đối tượng có độ trùng lặp nhau khá nhỏ, do vậy mô hình có thể phân biệt và chẩn đoán được chính xác các đối tượng riêng rẽ.



Hình 4.2: Ma trận về độ trùng lặp giữa các đối tượng

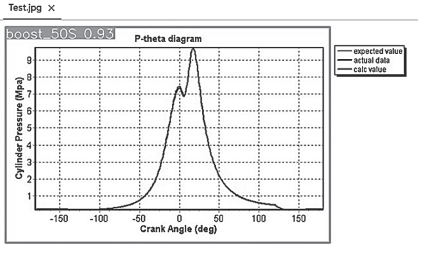
```
      Epoch    GPU_mem   box_loss   cls_loss   dfl_loss  Instances
Size
    100/100      2.34G     0.1446      1.023     0.8248         15
640: 100% 14/14 [00:03<00:00,  3.52it/s]
               Class     Images  Instances      Box(P          R
mAP50  mAP50-95): 100% 7/7 [00:01<00:00,  3.89it/s]
                 all        223        223      0.717       0.76
0.706      0.697

100 epochs completed in 0.164 hours.
Optimizer stripped from runs/detect/train2/weights/last.pt, 6.2MB
Optimizer stripped from runs/detect/train2/weights/best.pt, 6.2MB

Validating runs/detect/train2/weights/best.pt...
Ultralytics YOLOv8.1.15 🚀 Python-3.10.12 torch-2.1.0+cu121 CUDA:0 (Tesla
T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 3009938 parameters, 0 gradients, 8.1
GFLOPs
```

Hình 4.3: Kết quả huấn luyện trong YOLOv8

Ngoài các số liệu được hiển thị trong quá trình đào tạo, mô hình còn ghi rất nhiều số liệu thống kê vào bộ nhớ. Khi quá trình đào tạo bắt đầu, nó sẽ tạo thư mục con trong thư mục hiện tại và sau mỗi vòng lặp, nó sẽ ghi các tệp nhật ký khác nhau vào đó. Mô hình được đào tạo sau mỗi vòng lặp sang tệp /runs/Detect/train/weights/last.pt và mô hình có độ chính xác cao nhất sang tệp /runs/Detect/train/weights/best.pt. Vì vậy, sau khi đào tạo xong có thể lấy tệp best.pt để sử dụng trong chẩn đoán.

4.2. Thực nghiệm mô hình

Sau khi huấn luyện, mô hình được kiểm tra lại độ chính xác của mô hình khi chẩn đoán các trường hợp sự cố của động cơ diesel ở các trường hợp khai thác khác nhau. Số lượng ảnh được sử dụng để đánh giá mô hình là 30 ảnh, các ảnh này không trùng với các ảnh được đưa vào huấn luyện mô hình.



Hình 4.4: Kết quả chẩn đoán của mô hình

Kết quả kiểm tra cho thấy mô hình chẩn đoán được chính xác các trường hợp sự cố như trong *Hình 4.4*. Các sự cố được chẩn đoán boost_50S, EFL_timing_75S và fuel_50S với độ 0,93, 0,98 và 0,96 tương ứng. Độ chính xác của mô hình được huấn luyện tương đối tốt.

5. KẾT LUẬN

Mô hình chẩn đoán sự cố động cơ diesel dựa vào đồ thị triển khai của áp suất quá trình cháy theo góc quay trục khuỷu dựa vào kết quả huấn luyện trên phần mềm YOLOv8 cho thấy:

Tập hợp dữ liệu dạng ảnh với 223 hình ảnh ở 22 trường hợp làm việc khác nhau của động cơ diesle 2 kỳ trên phần mềm đào tạo về động cơ diesel COMPLEX. Các ảnh được định dạng lại kích thước theo kích thước tiêu chuẩn của YOLOv8 và được gắn nhãn trên mỗi ảnh theo từng trường hợp làm việc bình thường hoặc sự cố của động cơ.

Mô hình được huấn luyện có giám sát theo mô hình toán coco128.yml của YoLov8 với 100 vòng lặp để đạt được độ chính xác trung bình mAP gần 69,7% với các lỗi trong khi giới hạn đối tượng và lớp đối tượng nhỏ sau khi huấn luyện box_loss: 0,1446, cls_loss: 1,023

Mô hình sau khi được huấn luyện đã được thử lại khả năng dự báo với tập hình ảnh test cho thấy mô hình chẩn đoán chính xác được từng trường hợp sự cố cụ thể với độ chính xác là 0,99 và mô hình có thể giám sát theo thời gian thực đồ thị trên màn hình để cảnh báo cho người khai thác khi có bất thường xảy ra đối với động cơ diesel.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Đề tài mã số DT23-24.23.

Tài liệu tham khảo

[1]. Trần Hồng Hà, Bùi Quốc Tú, Nguyễn Kim Anh (2024), *Ứng dụng trí tuệ nhân tạo để chuẩn đoán sự cố của động cơ diesel trong quá trình khai thác*.

[2]. Xuemeng Zhao and Yinglei Song (2023), *Improved Ship Detection with YOLOv8 Enhanced with MobileViT and GSConv*, Electronics.

[3]. Ziyang Zhang, Lingye Tan and Robert Lee Kong Tiong, Ship-Fire Net (2024), *An Improved YOLOv8 Algorithm for Ship Fire Detection*, Sensor.

[4]. Tàu Mitsui, Công ty Nippon Steel Shipping Co.Ltd (2024), *Dữ liệu thu thập từ hệ thống giám sát máy chính của tàu*.

[5]. Khoa Máy tàu biển, *Phần mềm mô phỏng quá trình cháy COMLEX*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

[6]. Vinbigdata (2022), *Giới thiệu một số thuật toán phát hiện đối tượng phổ biến*.

[7]. Jacob Solawetz and Francesco (2023), *What is YOLOv8*.

Ngày nhận bài: 23/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 08/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/3/2024

Nghiên cứu hệ thống điều tiết linh hoạt lưu lượng xe ô tô tại khu vực nội đô TP. Hồ Chí Minh

■ **TS. ĐOÀN VĂN ĐỔNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh
Email: dongdv@ut.edu.vn

TÓM TẮT: Hiện nay, Việt Nam đang phải đối mặt với nhiều vấn đề phức tạp phát sinh từ quá trình đô thị hóa. Đặc biệt, các vấn đề càng trở nên nghiêm trọng hơn khi tỷ lệ đô thị hóa không ngừng tăng lên hàng năm. Trong đó, vấn đề ùn tắc giao thông (UTGT) ngày càng trở nên cấp bách, nguyên nhân chính là do diện tích và số lượng phương tiện tham gia giao thông chưa tương xứng. Trong bài báo này, hệ thống điều tiết thông minh lưu lượng xe ô tô được đưa ra bằng phương pháp xác định thu phí, mục đích làm giảm lưu lượng ô tô tham gia giao thông tại các tuyến ùn tắc tại khu vực nội đô TP. Hồ Chí Minh. Các thông tin về tình trạng giao thông, vị trí, hướng đi của phương tiện sẽ được thu thập để hệ thống tính toán chi phí và đề xuất hướng di chuyển. Hệ thống thu phí nội đô và quy trình vận hành được đề xuất cho thấy tính khả thi cao trong việc giảm ùn tắc, giảm khí phát thải, hiệu quả trong việc quản lý phương tiện và là cơ sở quan trọng cho quy hoạch hạ tầng giao thông đô thị trong tương lai gần.

TỪ KHÓA: Ùn tắc giao thông, hệ thống giao thông đô thị, điều tiết giao thông.

ABSTRACT: Currently, Vietnam is facing many complex issues arising from the urbanization process. In particular, the problems become more severe as the urbanization rate continues to increase annually. Among them, traffic congestion is becoming increasingly urgent, with the main cause being the disproportionate area and number of vehicles participating in traffic. In this article, an intelligent traffic flow regulation system is proposed using the method of toll determination, aiming to reduce the traffic volume of cars participating in congestion-prone routes in the inner city of Ho Chi Minh City. Information on traffic conditions, vehicle locations, and directions will be collected for the system to calculate costs and propose movement directions. The proposed inner-city toll collection system and operating procedures demonstrate high feasibility in reducing congestion, lowering emissions, efficiency in vehicle management, and serve as an important basis for urban traffic infrastructure planning in the near future.

KEYWORDS: Traffic congestion, urban transportation system, regulate traffic.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo dự báo của Bộ Xây dựng, tỷ lệ đô thị hóa của Việt Nam đến năm 2025 và số lượng đô thị toàn quốc đến năm 2025 là khoảng 950 đến 1.000 đô thị. Mục tiêu đề ra cho tỷ lệ đất giao thông trên đất xây dựng đô thị đạt khoảng 11 - 16% vào năm 2025 và 16 - 26% vào năm 2030 [1]. Trong đó, tỷ lệ đất dành cho giao thông khoảng 8%, thấp hơn rất nhiều so với yêu cầu cần thiết là 24 - 26%. Hơn nữa, tổng chiều dài các tuyến đường và cầu của TP. Hồ Chí Minh chỉ khoảng 2 km/1 km^2, thấp hơn nhiều so với tiêu chuẩn là 10 - 13 km/1 km^2 và khoảng 1.800 km đường có lòng đường rộng hơn 7 m [2]. Các số liệu trên chỉ ra rằng quỹ đất và cơ sở hạ tầng đường giao thông rõ ràng còn rất thiếu, chưa tương xứng với một "siêu đô thị" như TP. Hồ Chí Minh.

Vấn đề giao thông nội đô trở thành vấn đề rất được quan tâm, đặc biệt trong những năm trở lại đây. Các nội dung quan tâm lớn trong vấn đề giao thông nội đô có thể điểm qua như diện tích dành cho giao thông, giải pháp để hạn chế phương tiện cá nhân, hành vi ứng xử trong giao thông… và đặc biệt là vấn đề UTGT. Từ đó, rất nhiều hội thảo, giải pháp, hành động đã được đưa ra nhằm giải quyết tình trạng UTGT. Tuy nhiên, các giải pháp vẫn mang tính tạm thời và hiệu quả chưa cao, nguyên nhân là do thiếu sự đồng bộ với cơ chế chính sách, quy hoạch giao thông đô thị.

Vì vậy, việc nghiên cứu giải quyết vấn nạn UTGT là cấp thiết trong giai đoạn hiện nay, nhất là tại Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh là hai đô thị chiếm tổng 20% dân số, hơn 40% về xe cơ giới, trong đó gần 40% về xe mô tô, 50% về xe ô tô con cá nhân so với cả nước.

Trong bài báo này, tác giả đề xuất giải pháp điều tiết lưu lượng xe ô bằng phương pháp xác định mức thu phí khi đi qua các điểm, đoạn đường ùn tắc. Đồng thời, giải pháp đề xuất hướng đi tối ưu nhằm giảm ùn tắc và giảm chi phí chi trả.

Phần còn lại của bài báo được trình bày như sau: Phần

2 nêu lên thực trạng giao thông đô thị của cả nước nói chung và TP. Hồ Chí Minh nói riêng. Phần 3 trình bày các giải pháp chống UTGT bằng hệ thống thu phí nội đô. Hệ thống điều tiết lưu lượng xe ô tô linh hoạt được trình bày và đánh giá trong Phần 4. Cuối cùng, nội dung kết luận được tóm tắt tại Phần 5.

2. THỰC TRẠNG GIAO THÔNG ĐÔ THỊ

2.1. Thực trạng giao thông cả nước

Hệ lụy của UTGT ảnh hưởng tiêu cực tới nhiều mặt của đời sống xã hội như làm tăng thời gian đi lại, tăng tiêu hao nhiên liệu và hao mòn phương tiện, tăng chi phí đi lại, tăng lượng khí thải và tiếng ồn, làm giảm sự cơ động của giao thông đô thị, giảm chất lượng môi trường sống đô thị, kìm hãm sự phát triển của kinh tế đô thị. Tại Việt Nam, tình trạng UTGT ở các đô thị lớn như Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh nhìn chung đang rất đáng báo động. Theo Bộ GTVT, tình trạng UTGT tại Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh có xu hướng tăng trên các tuyến cao tốc, quốc lộ trọng điểm, nhất là tại cửa ngõ ra, vào các thành phố lớn. Tính đến đầu năm 2023, TP. Hà Nội phát sinh thêm 10 điểm UTGT giờ cao điểm, nâng tổng số "điểm đen" ùn tắc lên 37 điểm, trong khi đó TP. Hồ Chí Minh là 24 điểm ùn tắc [4].

2.2. Thực trạng giao thông tại TP. Hồ Chí Minh

Hiện nay, tình hình UTGT trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh có chiều hướng gia tăng trở lại. Theo thống kê, đầu năm 2022, TP. Hồ Chí Minh có 18 điểm nguy cơ UTGT và đến nay là 24 điểm. Cụ thể, một số tuyến đường tại khu vực trung tâm, các khu vực sân bay Tân Sơn Nhất, khu vực cảng Cát Lái, các tuyến đường cửa ngõ TP. Hồ Chí Minh đang quá tải vào giờ cao điểm và đặc biệt là vào các ngày cuối tuần.

Theo Ban ATGT, tình hình trật tự ATGT và UTGT trên TP. Hồ Chí Minh trong năm 2022 diễn biến phức tạp và có xu hướng tăng. Để đối phó với thực trạng này, một số giải pháp tạm thời đã được đưa ra cho TP. Hồ Chí Minh như: (i) Tăng cường rà soát, xử lý các bất cập về hạ tầng giao thông, tăng cường biển báo, tín hiệu, vạch sơn; (ii) Triển khai phương án hạn chế xe khách giường nằm, xe sơ-mi rơ-mooc lưu thông vào khu vực nội đô thành phố; (iii) Rà soát, thống kê các điểm lấn chiếm lòng đường, vỉa hè trên các địa bàn, tuyến đường quản lý; (iv) Phối hợp, bố trí lực lượng điều tiết giao thông giờ cao điểm.

3. GIẢI PHÁP CHỐNG UTGT

Để kịp thời khắc phục tình trạng UTGT cục bộ tại Thủ đô Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh, một số giải pháp điển hình đã và đang áp dụng, cụ thể:

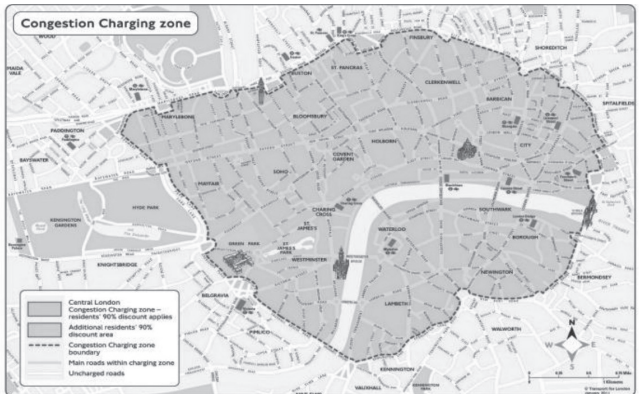
- Rà soát, kiểm tra các dự án xây dựng đang sử dụng lòng đường để thi công, điều chỉnh phương án tổ chức thi công;
- Tổ chức giao thông với các giải pháp tối ưu hóa đèn tín hiệu; phân làn, phân luồng phù hợp với cơ cấu phương tiện giao thông trên đường;
- Tăng cường hoạt động kiểm soát, điều tiết giao thông;
- Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin trong xử phạt và tuyên truyền.

Công trình [4] đã đánh giá thực trạng và các nguyên nhân gây UTGT như tỷ lệ sử dụng phương tiện cao, tốc độ đô thị hóa nhanh, cơ sở hạ tầng chưa hoàn thiện và chất lượng, độ phủ của giao thông công cộng còn ít. Từ đó, nhóm tác giả đã đề xuất giải pháp để tổ chức điều khiển giao thông hợp lý tại các nút giao như phân lại pha điều khiển, tính toán chu kỳ đèn cho phù hợp với lưu lượng thực tế. Kết quả kiểm chứng thông qua mô phỏng khi giảm ùn tắc tại một nút giao tới 21%. Tuy nhiên, với mật độ phương tiện thay đổi liên tục theo thời gian thực thì việc điều chỉnh chu kỳ đèn cố định chưa mang lại hiệu quả cao.

Bên cạnh đó, việc đánh giá các nguyên nhân chính gây UTGT và đề xuất các giải pháp lâu dài đã được đề cập [5] như cần có quyết sách mạnh về quy hoạch đô thị, hạn chế phương tiện cá nhân song song với việc triển khai đa dạng phương tiện công cộng loại nhỏ.

4. HỆ THỐNG ĐIỀU TIẾT LƯU LƯỢNG XE Ô TÔ

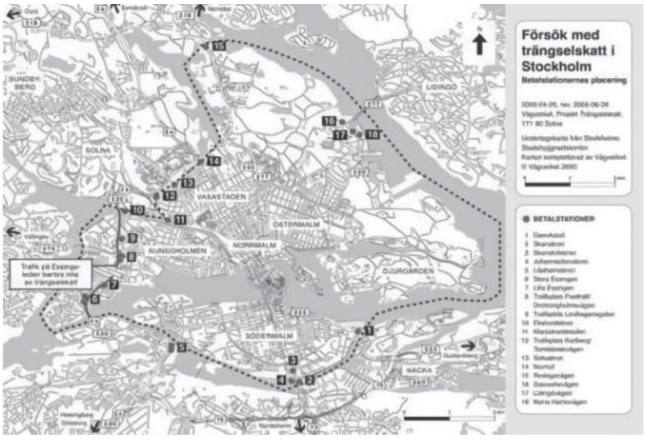
Thực tế, điều tiết lưu lượng xe tô tô bằng phương pháp thu phí nội đô đã được triển khai tại một số nước trên thế giới. Tuy nhiên, phương pháp và đối tượng áp dụng khác nhau. Hệ thống thu phí nội đô (Congestion Charge) của London *(Hình 4.1)* [6], với mục tiêu giảm tắc nghẽn giao thông, cải thiện chất lượng không khí và giảm thiểu ô nhiễm tiếng ồn trong khu vực trung tâm thành phố. Hệ thống này yêu cầu tất cả các phương tiện, bao gồm ô tô, xe buýt, xe tải phải trả phí để đi vào khu vực thu phí, được giới hạn trong bán kính 21 km xung quanh Quảng trường Trafalgar.



Hình 4.1: Hệ thống thu phí nội đô (Congestion Charge) của London

Sau 20 năm thực hiện (tính đến ngày 17/02/2023), hệ thống thu phí nội đô của London đã đạt được những kết quả tích cực trong việc giảm tắc nghẽn giao thông. Theo đó, số lượng xe đi vào khu vực có thu phí vào những khung giờ có tính phí đã giảm 18%, giảm 30% khả năng UTGT, tăng 33% lưu lượng di chuyển bằng xe buýt trong trung tâm thành phố, tăng 10% người chuyển sang đi bộ, đạp xe hoặc di chuyển bằng các phương tiện công cộng [7].

Hệ thống thu phí nội đô (Trängselskatt) của Stockholm (Thụy Điển) [8] được áp dụng lần đầu tiên vào năm 2006 *(Hình 4.2)*, với mục tiêu giảm tắc nghẽn giao thông, cải thiện chất lượng không khí và giảm thiểu ô nhiễm tiếng ồn trong khu vực trung tâm thành phố. Người lái xe phải trả một khoản khiêm tốn 10 - 20 krona (95p - £1,90) tùy thuộc vào thời gian trong ngày để vào hoặc rời thủ đô vào các ngày trong tuần và buổi tối và cuối tuần là miễn phí. Kết quả ban đầu cho thấy hiệu quả cắt giảm UTGT lên đến 20 - 30%.

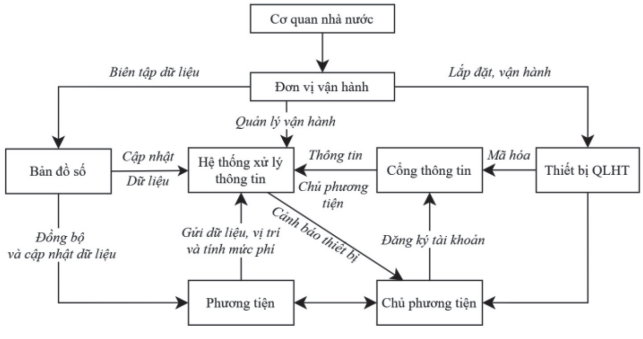


Hình 4.2: Hệ thống thu phí nội đô (Trängselskatt) của Stockholm

Bên cạnh đó, Hàn Quốc áp dụng chính sách thu phí với ô tô đi vào khu vực dễ xảy ra UTGT, hạn chế việc sử dụng xe ô tô cá nhân vào ngày chẵn và lẻ, thu phí sử dụng đường phân theo tải trọng xe. Singapore cũng đã đề ra chế độ thu phí đường bộ và kết quả là đã giảm được lưu lượng ô tô trong đô thị. Các khu trung tâm thành phố, ô tô ra vào khu vực này vào những giờ cao điểm phải trả một khoản phí nhất định để tránh UTGT và khuyến khích người dân sử dụng phương tiện giao thông công cộng.

Tại Việt Nam, mặc dù trong những năm gần đây đã có những đề xuất liên quan như: Thẻ vé thu phí nội đô khi vào TP. Hà Nội, thu phí nội đô bao quanh Quận 1, Quận 3 tại TP. Hồ Chí Minh. Tuy nhiên, các đề xuất trên vẫn chưa được thực hiện.

4.1. Quy trình vận hành và quản lý



Hình 4.3: Quy trình vận hành và quản lý

Quy trình vận hành và quản lý điều tiết lưu lượng xe ô tô được thực hiện như *Hình 4.3*, cụ thể:

- Trên cơ sở số liệu thống kê và hiện trạng giao thông đô thị, cơ quan quản lý nhà nước sẽ qui định về các điểm, tuyến đường cần hạn chế lưu thông, tại các khung giờ cụ thể trong ngày, số phí UTGT phải trả khi đi qua các điểm, tuyến này.

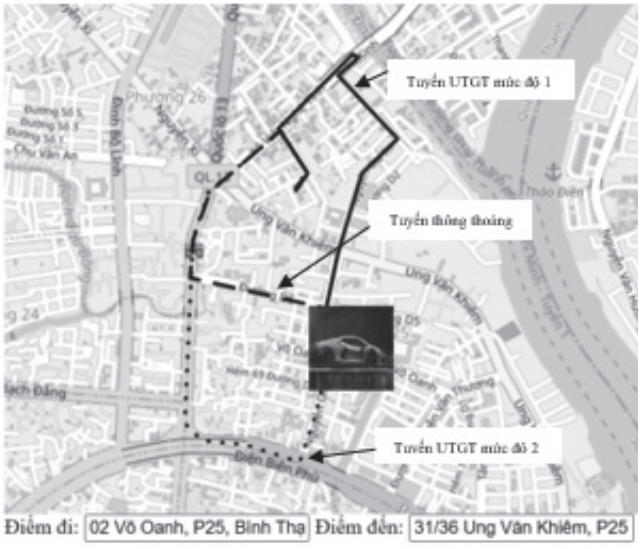
- Dữ liệu sẽ được số hóa trên hệ bản đồ kỹ thuật số, bao gồm khu vực hạn chế, khung giờ hạn chế, mức phí UTGT, âm thanh/hình ảnh thông báo.

- Thiết bị quản lý hành trình (QLHT) được lắp đặt, nhận tín hiệu định vị để xác định vị trí, hướng tuyến di chuyển theo thời gian thực trong quá trình di chuyển. Khi di chuyển đến vị trí gần khu vực hạn chế lưu thông, thiết bị QLHT sẽ đọc dữ liệu trên lớp bản đồ hạn chế lưu thông, thông báo trước cho người điều khiển phương tiện biết về khu vực hạn chế lưu thông, khung giờ hạn chế và mức phí UTGT phải trả nếu đi vào khu vực hạn chế này.

- Khi phương tiện đi vào khu vực hạn chế lưu thông, thiết bị QLHT sẽ gửi dữ liệu bao gồm thời gian, tọa độ của phương tiện về Trung tâm xử lý thông tin.

- Trung tâm xử lý thông tin nhận dữ liệu, tính mức phí ùn tắc và gửi thông báo thu phí đến chủ phương tiện (qua tin nhắn, thư điện tử…), đồng thời ghi nợ vào tài khoản của chủ phương tiện lưu trữ trên hệ thống.

4.2. Hệ thống thu phí nội đô



Hình 4.4: Đề xuất các tuyến đường khác nhau

Sau khi xác định được điểm đi và điểm đến, hệ thống sẽ thiết lập dẫn đường để đề xuất 3 hướng tuyến khác nhau.

Tuyến đường thông thoáng: Là tuyến đường giao thông bình thường, không có tắc nghẽn. Phương tiện sẽ được ưu tiên đề xuất tuyến này và không bị thu phí.

Tuyến UTGT mức độ 1: Là tuyến đường đông đúc, có khả năng kẹt xe. Mức độ đề xuất ưu tiên của tuyến này thấp hơn tuyến thông thoáng và cao hơn tuyến UTGT mức độ 2.

Tuyến UTGT mức độ 2: Là tuyến đường có mật độ giao thông cao, đang xảy ra tắc nghẽn. Với mức độ đề xuất ưu tiên thấp nhất và thu phí di chuyển với mức cao

hơn sẽ giúp giảm số lượng phương tiện lưu thông trên tuyến này.

Bảng 4.1. Bảng mức phí đề xuất

Phương tiện	Mức phí (ngàn đồng/km)	
	Tuyến UTGT mức độ 1	Tuyến UTGT mức độ 2
Ô tô dưới 16 chỗ	30.000	60.000
Xe từ 16 đến 29 chỗ	40.000	80.000
Xe từ 29 đến 45 chỗ	50.000	100.000

Hình 4.5a: Lựa chọn tuyến UTGT mức độ 2 và tính toán mức phí

Hình 4.5b: Phương tiện xác nhận trước khi di chuyển

Dựa theo mức phí quy định cho các loại phương tiện *(Bảng 4.1)* và khoảng cách tuyến có khả năng kẹt xe, tuyến tắc nghẽn, hệ thống sẽ tính toán mức phí cho các tuyến đề xuất. *Hình 4.5a* là phương tiện lựa chọn tuyến UTGT mức độ 2 và hệ thống tính toán mức phí cụ thể. Sau đó, hệ thống sẽ thông báo cho chủ phương tiện để xác nhận lựa chọn tuyến trước khi bắt đầu di chuyển *(Hình 4.5b)*. Tương tự như vậy, hệ thống sẽ tính toán mức phí nếu phương tiện chọn tuyến UTGT mức độ 1.

5. KẾT LUẬN

Thay đổi hành vi tham gia giao thông của chủ phương tiện sẽ là giải pháp hiệu quả để khắc phục UTGT tại Việt Nam nói chung và khu vực nội đô nói riêng. Theo đó, hệ thống điều tiết thông minh lưu lượng xe ô tô được đưa ra bằng phương pháp xác định mức thu phí theo tình trạng ùn tắc các tuyến để làm giảm lưu lượng ô tô tham gia giao thông cục bộ. Giải pháp này được kỳ vọng trong việc giải quyết UTGT và mang lại hiệu quả kinh tế cho tái đầu tư cơ sở tầng. Bên cạnh đó, giải pháp này cũng sẽ giảm đáng kể khí phát thải tại khu vực nội đô nơi mà nguyên nhân chính là do các phương tiện tham gia giao thông gây nên.

Tài liệu tham khảo

[1]. Chính phủ (2023), *Tầm nhìn đến năm 2045, tỷ lệ đô thị hóa của Việt Nam sẽ thuộc nhóm trung bình cao của khu vực ASEAN và châu Á*, Báo cáo, Hà Nội.

[2]. Đảng bộ TP. Hồ Chí Minh (2020), *Đại hội Đại biểu Đảng bộ TP. Hồ Chí Minh lần thứ XI, nhiệm kỳ 2020 - 2025: Phấn đấu trở thành trung tâm kinh tế, tài chính của châu Á*, Báo cáo, TP. Hồ Chí Minh.

[3]. Bộ GTVT (2023), *Đảm bảo trật tự, an toàn giao thông năm 2023 và phương hướng năm 2024,* Báo cáo, Hà Nội.

[4]. TS. Vũ Đức Sĩ, GS. TS. Nguyễn Xuân Đào, TS. Nguyễn Văn Nam (2015), *Thực trạng và giải pháp góp phần giảm thiểu UTGT ở các đô thị lớn của Việt Nam*, Tạp chí GTVT.

[5]. Châu Thành (2022), *Cần giải pháp căn cơ, chiến lược đồng bộ chống UTGT đô thị*, Tạp chí GTVT, Hà Nội.

[6]. J. Leape (2006), *The London Congestion Charge*, Journal of Economic Perspectives, 20(4), 157-176.

[7]. C.P.Green, J.S.Heywood, M.Navarro (2016), *Traffic accidents and the London congestion charge*, Journal of Public Economics, 133, 11-22.

[8]. Jonas Eliasson, Lars Hultkrantz, Lena Nerhagen, Lena Smidfelt Rosqvist (2009), *The Stockholm congestion-charging trial 2006: Overview of effects, Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(3), 240-250.

Ngày nhận bài: 27/02/2023
Ngày nhận bài sửa: 18/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 22/4/2024

Nghiên cứu mô phỏng hệ thống lái trợ lực điện C-EPS cho xe ô tô sử dụng trợ lực điện bằng hệ biến tần SVPWM - động cơ điện đồng bộ ba pha nam châm vĩnh cửu (PMSM) áp dụng phương pháp điều khiển PI - Fuzzy logic

■ **TS. ĐÀO QUANG KHANH(*); ThS. HỨA XUÂN LONG; ThS. TỐNG LÂM TÙNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)khanhdq@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết về hệ thống lái trợ lực điện C-EPS bằng hệ biến tần không gian vector SVPWM- động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMSM sử dụng trên xe ô tô hiện đại. Trên cơ sở đó, xây dựng mô phỏng các thành phần của hệ thống bằng công cụ Matlab & Simulink. Kết quả, các đặc tính đầu ra là mô-men trợ lực lái cho thấy, hệ thống được mô phỏng tương tự như hệ thống thực, với mô-men chấp hành trợ lực điện từ động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMSM đáp ứng được yêu cầu là ổn định theo mô-men đặt từ vô lăng và tốc độ của xe ô tô trong suốt quá trình điều khiển. Thêm vào đó, kết quả mô phỏng cũng chỉ rõ tính ưu việt của phương pháp điều khiển SVPWM với vòng điều khiển mô-men là PI - Fuzzy Logic.

TỪ KHÓA: Hệ thống lái trợ lực điện trên trụ lái C-EPS, điều chế vector không gian (SVPWM), động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM), điều khiển PI - Fuzzy Logic.

ABSTRACT: This paper, we present the theoretical basis of the C-EPS electric power steering system using the SVPWM space vector inverter system - PMSM permanent magnet synchronous motor used on modern cars. On that basis, build simulations of system components using Matlab & Simulink tools. As a result, the output characteristics of the power steering torque show that the simulated system is similar to the real system, with the electric power steering torque from the PMSM permanent magnet synchronous motor responding. The required response is stable according to the torque applied from the steering wheel and the speed of the car throughout the driving process. In addition, the simulation results also clearly show the superiority of the SVPWM control method with a PI - Fuzzy Logic torque control loop.

KEYWORDS: Electric power steering system C-EPS, Space vector pulse width modulation (SVPWM), permanent magnet synchronous motor (PMSM), PI - Fuzzy logic control.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống lái là hệ thống chính và quan trọng của xe ô tô và đảm nhận hai chức năng: Một là, giúp người lái có thể điều khiển dẫn hướng cho xe ô tô theo quỹ đạo chuyển động như mong muốn, hai là tạo cảm giác lái theo thời gian thực cho người điều khiển xe ô tô. Hai chức năng trên được thực hiện bởi hệ thống lái với nhiều kiểu khác nhau: Lái trợ lực thủy lực (HPS), hệ thống lái trợ lực điện (EPS), hệ thống lái không trụ lái (SBW). Trong đó, hệ thống lái trợ lực điện trên trụ lái (C-EPS) có tính ưu việt, dựa vào vận tốc của xe, mô-men của vô lăng hệ thống bổ sung thêm mô-men lái cần thiết thông qua động cơ điện trợ lực lái, giúp người lái xe ô tô chuyển hướng dễ dàng khi chỉ cần một lực quay vô lăng nhỏ [3-6]. Hệ thống lái trợ lực điện trên trụ lái C-EPS đã có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước được công bố [7-9] được các tác giả tập trung vào điều khiển PID, LQR, Fuzzy Logic cho động cơ điện một chiều. Trong bài báo này đề xuất phương pháp trợ lực điện cho hệ thống lái C-EPS cho hệ biến tần SVPWM - động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM) áp dụng điều khiển điều khiển PI-Fuzzy Logic được mô phỏng bằng công cụ Matlab.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT HỆ THỐNG LÁI TRỢ LỰC ĐIỆN

2.1. Cấu trúc và mô hình toán hệ thống lái trợ lực điện C-EPS

Hệ thống lái trợ lực điện C-EPS sử dụng trên các xe ô tô hiện đại có cấu tạo như *Hình 2.1a*. Các thành phần của cấu trúc là một hệ thống lái bao gồm: Vô lăng, cột lái, thanh

răng và cơ cấu bánh răng [3-6]. Động cơ trợ lực lái là động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMSM, nó được ăn khớp với trục lái thông qua bánh răng, cung cấp mô-men xoắn hỗ trợ cho người lái để điều khiển hướng của xe ô tô. Mô-men xoắn từ vô lăng được đo bằng cảm biến mô-men gắn trên cột lái và kết nối với bộ điều khiển điện tử ECU.

Động học của hệ thống lái trợ lực điện trên cột lái C-EPS *(Hình 2.1b)* được thể hiện như sau [6]:

- Động học của vô lăng và cột lái:

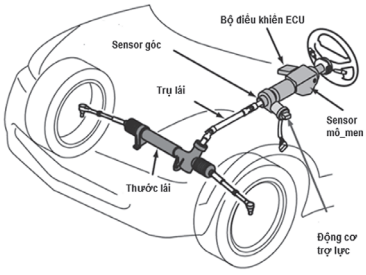
$$J_s\ddot{\theta}_s = T_d - K_s\left(\theta_s - \theta_r\right) - B_s\dot{\theta}_s \quad (1)$$

- Động học của hệ thống trợ lực lái:

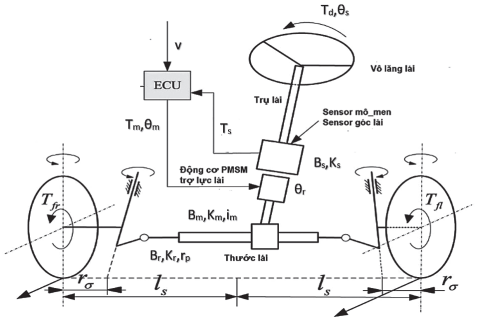
$$J_m\ddot{\theta}_m = T_m - K_m\left(\theta_s - i_m\theta_r\right) - B_m\dot{\theta}_m \quad (2)$$

- Động học của hệ thống thanh răng truyền lực lái:

$$m\ddot{\theta}_x = \frac{1}{r_p}\left[K_m\left(\theta_m - i_m\theta_r\right)i_m + K_s\left(\theta_s - \theta_r\right)\right] - B_r\dot{x} - K_r x \quad (3)$$



a)



b)

Hình 2.1: a) - Cấu tạo hệ thống lái trợ lực điện C-EPS; b) - Động học hệ thống lái trợ lực điện C-EPS

2.2. Bộ điều khiển ECU cho hệ thống lái C-EPS

2.2.1. Tính toán mô-men đặt cho bộ điều khiển

Bộ điều khiển ECU có nhiệm vụ nhận tín hiệu mô-men xoắn từ vô lăng và vận tốc của xe ô tô. Hai tín hiệu đầu vào đó được đưa vào hàm thực hiện chức năng lựa chọn mô-men xoắn phù hợp [6]:

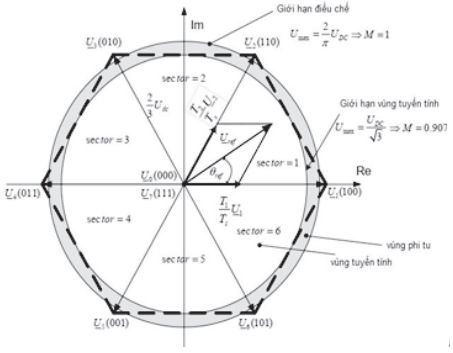
$$T_M = \begin{cases} 0, & 0 \le T_d \le T_{d0} \\ trq\left(v\right), & T_{d0} \le T_d \le T_{dMax} \\ T_N & T_{dMax} \le T_d \end{cases} \quad (4)$$

$$trq\left(v\right) = \left(4 - 0{,}0606 + 0{,}0003v^2\right)\left(T_d - T_{d0}\right) \quad (5)$$

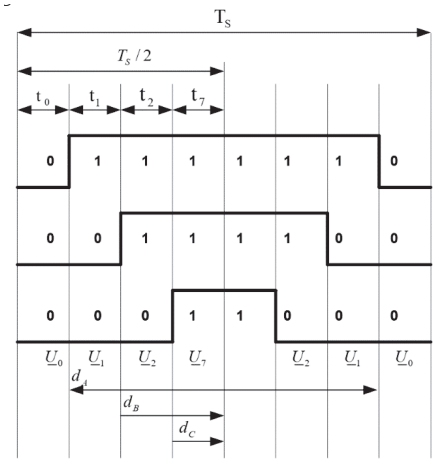
Tùy vào vận tốc của xe ô tô mô-men xoắn trợ lực được tính bằng (4), (5). Ngưỡng T_{d0} đặt ở mức 1 Nm, nếu đầu vào từ vô lăng có mô-men xoắn nhỏ hơn ngưỡng này, mô-men trợ lực lái không được trợ lực lái và cho người lái cảm giác lái tốt hơn. Nếu mô-men xoắn từ vô lăng cao hơn ngưỡng tối đa T_{dMax} là 7 Nm thì động cơ trợ lực lái sẽ cung cấp mô-men xoắn tối đa 24 Nm.

2.2.2. Bộ biến tần SVPWM - động cơ đồng bộ ba pha nam châm vĩnh cửu PMSM

Trong điều khiển động cơ điện PMSM với phương pháp điều chế vector không gian SVPWM cho chất lượng điều khiển cao trong truyền động điện. Do đó, hệ truyền động điện này đã dần thay thế hệ truyền động điện một chiều hệ T-Đ cho hệ thống lái trợ lực điện C-EPS đòi hỏi chất lượng cho điều khiển tốc độ phải cao, phải trơn trong phạm vi rộng [2]. Điều khiển SVPWM cho động cơ PMSM được thể hiện trong *Hình 2.2a*.



a)



b)

Hình 2.2: a) - Giản đồ không gian vector SVPWM; b) - Thời gian đóng cắt của PWM trong cung 1/6 đầu tiên

Yếu tố quan trọng nhất trong điều chế độ rộng xung PWM là chỉ số điều chế được cho bởi chỉ số k được điều biến thay đổi trong khoảng 0-1 và được chia thành hai vùng: Vùng tuyến tính (0<k<0,907), vùng phi tuyến (0,097<k<1). Các vector điện áp U1, U2, U3, U4, U5, U6 được sử dụng để điều chế và thay đổi vị trí vector điện áp chuẩn, các vector điện áp U0, U7 được sử dụng để thay đổi biên độ của vector điện áp chuẩn. Điện áp chuẩn U_{ref} xấp xỉ bằng thời gian duy trì các vector điện áp thành phần. Như thể hiện trong *Hình 2.2b*, thời gian trung bình:

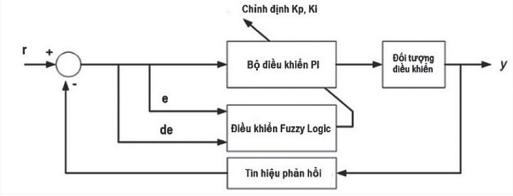
$$t_1 = \frac{\left|\underline{U}_1\right|}{\frac{2}{3}U_{DC}} == \frac{\sqrt{3}\left|\underline{U}_{ref}\right|}{U_{DC}}\sin\left(60^0 - \alpha_{ref}\right) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi}k\sin\left(60^0 - \alpha_{ref}\right) \quad (6)$$

$$t_2 = \frac{\left|\underline{U}_2\right|}{\frac{2}{3}U_{DC}} == \frac{\sqrt{3}\left|\underline{U}_{ref}\right|}{U_{DC}}\sin\alpha_{ref} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi}k\sin\alpha_{ref} \quad (7)$$

Từ (6) và (7) ta có thể viết thành: $t_2 = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} k \sin\alpha_{ref}$ (8)

2.2.3. Điều khiển dòng iq bằng bộ PI - Fuzzy

Do hệ thống lái trợ lực điện trong đề tài là hệ thống có tải động, trong nghiên cứu này nhóm tác giả đề xuất phương pháp điều khiển dòng iq trong biến tần SVPWM bằng bộ điều khiển PI-Fuzzy như *Hình 2.3* [1].

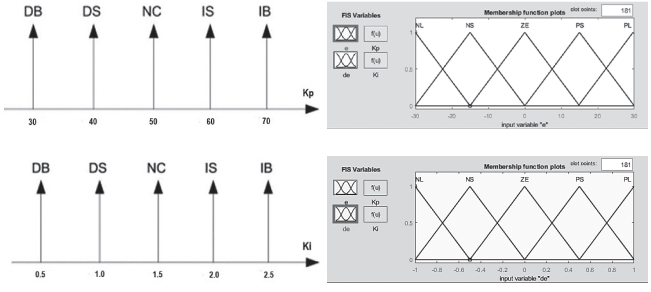


a)

e \ de	NB	NS	Z	PS	PB
NB	DB	DB	DB	DS	NC
NS	DB	DB	DS	NC	IS
Z	DB	DS	NC	IS	IB
PS	DS	NC	IS	IB	IB
PB	NC	IS	IB	IB	IB

b)

Hình 2.3: a) - Cấu trúc bộ điều khiển PI - Fuzzy logic; b) - Luật hợp thành cho bộ Fuzzy Logic



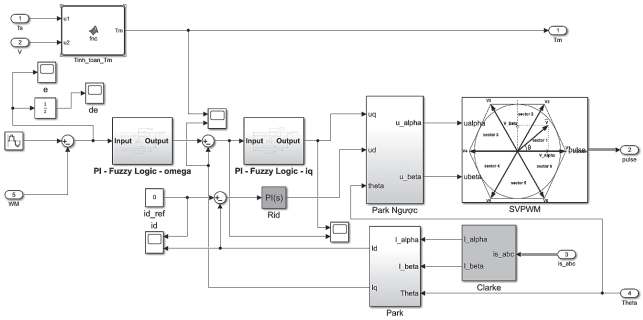
a) b)

Hình 2.4: a) - Hàm đầu ra Kp, Ki; b) - Hàm liên thuộc của e và de đầu vào

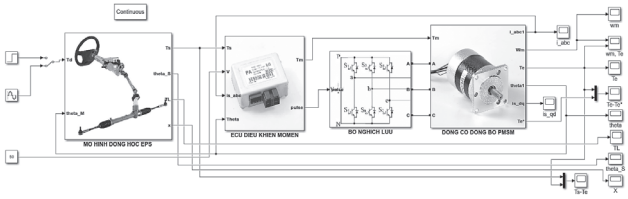
Bộ điều khiển PI - Fuzzy Logic *(Hình 2.3a)* có nhiệm vụ chỉnh định online các thông số Kp, Ki cho bộ PI điều khiển dòng iq ngay trong quá trình hệ thống đang làm việc. Bộ điều khiển Fuzzy Logic sử dụng mô hình mờ Sugeno, luật hợp thành được thể hiện trong *Hình 2.3b* [1]. Với mô hình mờ Sugeno được thiết kế bao gồm hai đầu vào là sai lệch điều khiển e và vi phân của sai lệch điều khiển de/dt *(Hình 2.4b)*. Trong đó, NB là âm lớn, NS là âm nhỏ, Z là không, PS là dương nhỏ, PL là dương lớn. Đầu ra của mô hình mờ gồm Kp, Ki, được hiển thị trong *Hình 2.4a*. Trong đó: DB là giảm lớn, DS là giảm nhỏ, NC là không thay đổi, IS là tăng nhỏ, IB là tăng lớn. Các đầu ra Kp, Ki ban đầu được xác định bằng phương pháp Ziegler Nichols. Do đó, các giá trị Kp, Ki được xác định tại mỗi điểm đặt, mỗi tải khác nhau.

2.3. Mô phỏng hệ thống lái trợ lực điện C-EPS trợ lực bằng biến tần SVPWM - động cơ PMSM

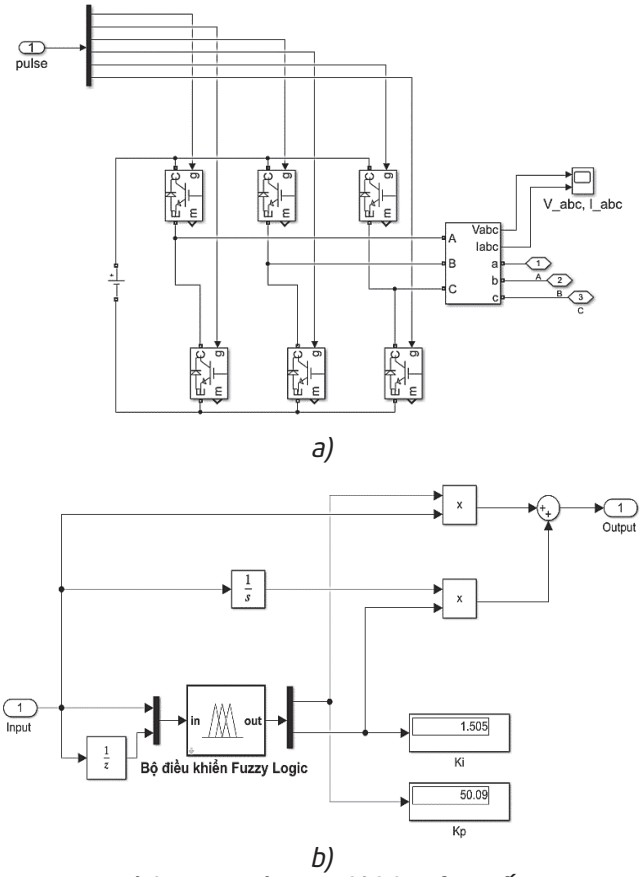
Thực hiện mô phỏng hệ thống lái trợ lực điện C-EPS sử dụng bộ biến tần - động cơ PMSM, khảo sát hệ thống với các thông số như trong *Bảng 2.1*. Căn cứ vào mô hình động học hệ thống lái trợ lực điện (1), (2), (3), các phép biến đổi (4), (5), (6) và phương pháp điều chế không gian vector SVPWM được trình bày trong Mục 2.2, bằng công cụ Matlab-Simulink ta xây dựng sơ đồ mô phỏng cho hệ thống lái trợ lực điện C-EPS sử dụng bộ biến tần - động cơ PMSM như thể hiện trong *Hình 2.5, Hình 2.6, Hình 2.7.*



Hình 2.5: Bộ ECU điều khiển mô-men trợ lực của hệ thống lái trợ lực điện C-EPS



Hình 2.6: Mô phỏng hệ thống lái trợ lực điện C-EPS sử dụng bộ biến tần - động cơ PMSM



a)

b)

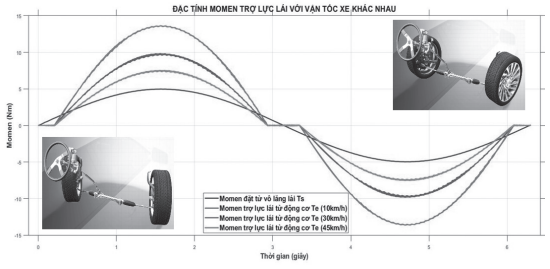
Hình 2.7: a) - Các van nghịch lưu công suất; b - Bộ điều khiển PI - Fuzzy Logic cho mô-men và tốc độ

Bảng 2.1. Bảng thông số của hệ thống lái trợ lực điện C-EPS

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Công suất của động cơ	Pđm	[kW]	2,2	Mô-men quán tính vô lăng lái	Js	[Kg.m2]	0,0012
Tốc độ định mức động cơ	nđm	[v/p]	1000	Hệ số ma sát của cột lái	Bs	[Nm/rad]	0,26
Điện áp định mức động cơ	U	[V]	13	Độ cứng cột lái	Ks	[Nm.rad-1.s]	115
Dòng điện của động cơ	Iđm	[A]	175	Góc lái của vô lăng lái	θs	[rad]	
Mô-men quán tính động cơ	Jm	[Kg.m2]	0,00048	Góc lái trên cột lái	θr	[Rad]	
Hệ số ma sát	Bm	[Nm/rad]	0,0198	Mô-men đặt từ vô lăng	Td	[Nm]	
Điện cảm phần ứng	Ldq	[mH]	150	Mô-men của động cơ	Tm	[Nm]	
Điện trở phần ứng	Rs	[Ω]	0,02	Tỷ số truyền của hộp giảm tốc	im		7,225
Số cực từ của rotor động cơ	p		4	Góc quay của động cơ	θm	[Rad]	
Mô-men định mức	TN	[Nm]	24	Hệ số ma sát trên thước lái	Br	[Nm.s]	653,203
Độ cứng trục động cơ trợ lực	Km	[Nm.rad-1]	125	Bán kính bánh răng thước lái	rp	[m]	0,007783
Độ cứng của thước lái	Kr	[N/m]	91061,4	Trọng lượng của thước lái	m	[kg]	32

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Dữ liệu của động cơ PMSM và hệ thống lái trợ lực điện C-EPS *(Bảng 2.1)* được thay vào khối động cơ PMSM, khối mô hình động học EPS, vận tốc của xe, mô-men lái từ vô lăng đặt cho hệ thống dạng sin tại các thời điểm như thể hiện trong *Hình 2.6.*



Hình 3.1: Đặc tính mô-men trợ lực lái từ động cơ đồng bộ PMSM với các vận tốc xe khác nhau

Sơ đồ mô phỏng *Hình 2.5*, *Hình 2.6*, *Hình 2.7* được chạy trong môi trường Simulink khi tại thời thời điểm là 0s đến 6,3s với các giá trị vận tốc của xe khác nhau: 10 km/h, 30 km/h, 45 km/h, mô-men lái dạng hình sin biên độ lớn nhất là ±5 Nm, từ đó có kết quả mô-men trợ lực lái ứng với vận tốc xe khác nhau như thể hiện trong *Hình 2.6.*

Nhận xét: Kết quả mô phỏng trong *Hình 3.1* với mô-men lái đặt ban đầu là hình sin với biên độ ±5 Nm với vận tốc xe nhỏ 10 km/h thì mô-men trợ lực lái là lớn nhất 14 Nm, với vận tốc xe lớn 45 km/h thì mô-men trợ lực lái là nhỏ 7,5 Nm. Mô-men trợ lực lái chỉ được hỗ trợ khi mô-men đặt từ vô lăng lớn hơn 1 Nm, mục đích để giữ cảm giác lái cho người lái khi tác động lực nhẹ lên vô lăng.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống lái trợ lực điện C-EPS sử dụng bộ biến tần - động cơ PMSM áp dụng điều khiển bộ PI chỉnh định mờ Fuzzy-Logic được mô phỏng thành công. Trong kết quả mô phỏng cho thấy ưu điểm của việc áp dụng động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMSM sử dụng phương pháp điều khiển PI chỉnh định mờ Fuzzy Logic, được trình bày rõ ràng trong các đồ thị đặc tính mô-men trợ lực lái trong *Hình 2.6.* Trong các đặc tính cho phép đánh giá hệ thống lái trợ lực điện C-EPS sử dụng bộ biến tần - động cơ PMSM áp dụng điều khiển bộ PI chỉnh định mờ Fuzzy-Logic là phương pháp điều khiển cho hệ thống lái là ổn định và chính xác được sử dụng phổ biến trên các xe ô tô hiện đại. Vấn đề nghiên cứu áp dụng các điều khiển thông minh cho hệ thống lái trợ lực điện trên xe ô tô hiện đại là hướng nghiên cứu mới và quan trọng trên các xe ô tô hiện đại, với mục tiêu nâng cao tính hiệu quả, ổn định, chính xác trong hệ thống lái trợ lực điện trên xe ô tô.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.46.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Phương Hà, Huỳnh Thái Hoàng (2005), *Lý thuyết điều khiển tự động*, NXB. Đại học Quốc gia.

[2]. Lưu Kim Thành, Đào Quang Khanh, Hứa Xuân Long, Tống Lâm Tùng (2023), *Nghiên cứu mô phỏng biến tần - động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMSM áp dụng phương pháp điều khiển SVPWM*, Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng hải, số 76.

[3]. Vũ Ngọc Tuấn, Vũ Quốc Bảo (2017), *Thiết kế bộ điều khiển PID cho động cơ sử dụng trên hệ thống lái trợ lực điện*, Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, tập 11, số 4.

[4]. Lê Văn Nghĩa, Đàm Hoàng Phúc, Trịnh Nhật Tân, Trần Minh Công, Lê Văn Tài, Đậu Văn Đức, Phạm Văn Sang, Đỗ Đình Quang Anh, Vũ Đình Hòa (2021), *Nghiên cứu ứng dụng bộ điều khiển PID trong trợ lực lái điện trên ô tô*, Hội nghị KH&CN Cơ khí - Động lực, Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng hải.

[5]. Vũ Văn Tuấn, Mai Đức Anh, Đặng Đình Huy, Đỗ Trọng Tú (2023), *Thiết kế bộ điều khiển tối ưu cho hệ thống lái trợ lực điện dạng C-EPS trên ô tô con*, Tạp chí Khoa học công nghệ - Đại học Công nghệp Hà Nội, tập 59, số 4.

[6]. Raul-Octavian Nemes, Mircea Ruba, Claudia Martis (2018), *Integration of Real-Time Electric Power Steering System Matlab/Simulink Model into National Instruments VeriStand Environment*, Conference Paper, EPEPEMC.

[7]. Mohammad Reza Ahadiat (2016), *Design of control system for Electric Power Steering in vehicle*, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia.

[8]. Bustanul Arifin, Bhakti Yudho Suprapto (2022), *Steering Control in Electric Power Steering Autonomous Vehicle Using Type-2 Fuzzy Logic Control and PI Control*, World Electric Vehicle Journal.

Ngày nhận bài: 27/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 25/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 13/4/2024

Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển phương tiện mặt nước không người lái phục vụ giám sát chất lượng môi trường cảng dựa trên thuật toán ACO

■ **TS. NGUYỄN ĐÌNH THẠCH**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: thachnd.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Duy trì hệ sinh thái là một trong những mối quan tâm hàng đầu của các quốc gia biển hiện nay. Một số vấn đề cấp bách đe dọa tài nguyên nước là ô nhiễm các vùng nước với các chất thải từ tàu thuyền, các vật liệu nguy hại tại các khu vực cảng, luồng lạch. Điều này dẫn đến hệ sinh thái tại một số cảng biển bị phá hủy và một số loài sinh vật có nguy cơ tuyệt chủng. Bài báo giới thiệu việc xây dựng bộ điều khiển cho phương tiện mặt nước tự hành với chức năng giám sát chất lượng môi trường nước và chất lượng không khí. Bên cạnh đó, thuật toán điều khiển tránh va cho USV dựa trên thuật toán tối ưu hóa theo hoạt động của đàn kiến. Kết quả mô phỏng trên Matlab và phần mềm mô phỏng hàng hải cho thấy bộ điều khiển đã đáp ứng yêu cầu đối với thiết bị USV. Cuối cùng, mô hình kết hợp công nghệ truyền thông Lora giúp truyền nhận tín hiệu điều khiển và dữ liệu của các thiết bị cảm biến chất lượng môi trường đảm bảo tính ổn định và độ tin cậy cao.

TỪ KHÓA: LoraWan hàng hải, phương tiện mặt nước không người lái, thuật toán tối ưu ACO, điều khiển tự động.

ABSTRACT: Maintaining ecosystems is one of the top concerns of maritime nations today. Some urgent issues threatening water resources are the pollution of water bodies, which results from waste from ships and hazardous materials in port areas and channels. This leads to the destruction of the regional ecosystem, and some species are in danger of extinction. This article introduces the construction of a controller for autonomous water surface vehicles to monitor water quality and air quality. Besides, the collision avoidance control algorithm for USV is based on an optimization algorithm based on the ant colony's activity. Simulation results on Matlab and marine simulation software show that the controller meets the requirements for USV equipment. Finally, the model combines Lora communication technology to help transmit and receive control signals and data from environmental quality sensor devices, ensuring high stability and reliability.

KEYWORDS: LoraWan marine, unmanned surface vehicle, ACO optimization algorithm, autonomous Control.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ứng dụng các công nghệ hiện đại vào lĩnh vực hàng hải ngày càng phát triển và đa dạng chủng loại. Đặc biệt, các trang thiết bị cứu hộ cứu nạn, khảo sát các khu vực nguy hiểm hay giám sát chất lượng môi trường biển, cảng biển có chức năng tự hoạt động hoặc điều khiển từ xa. Các mô hình tàu tự hành được lắp đặt các cảm biến chất lượng nước và chất lượng không khí hoạt động độc lập tại các khu vực cảng biển, luồng lạch giúp giám sát hiệu quả cao. Dữ liệu liên quan đến chất lượng nước được thu thập từ nhiều nguồn dữ liệu như cảm biến thông minh và dịch vụ thông tin thông minh đã và đang tích lũy lượng dữ liệu đáng kể.

Trong nghiên cứu [1], các tác giả đã xây dựng mô hình phao tiêu có tích hợp các cảm biến chất lượng nước để giám sát các khu vực luồng lạch. Tuy nhiên, các cảm biến này chỉ giám sát được trong phạm vi hẹp và chưa có tính linh hoạt cao. Trong nghiên cứu [2], hầu hết các hệ thống định vị của phương tiện không người lái trên mặt đất (USV) đều dựa trên các phương pháp tích hợp GPS/INS để cải thiện độ chính xác của hệ thống định vị. Nhưng ở một số nơi trên bề mặt trái đất, tín hiệu GPS bị mất, nhiễu và yếu ảnh hưởng đến hiệu suất của toàn bộ hệ thống định vị USV. Abdullah và các cộng sự đã đề xuất giải pháp điều hướng liên tục và chính xác thông qua GPS tích hợp với cảm biến điện thoại thông minh hệ thống dẫn đường quán tính điện tử (MEMS) và phép đo thị giác giảm hỗ trợ (RAVO) sử dụng phản ứng tổng hợp dữ liệu bộ lọc Kalman tập trung (CKF). Kết quả đã giúp cải thiện được hiệu quả sử dụng của thiết bị không người lái trên mặt đất.

Tài liệu [3] hệ thống lái tự động điều hướng USV được phát triển được mô tả là một hệ thống có hai đầu vào và một đầu ra. Hệ thống lái tự động được chọn là bộ điều khiển thích ứng dựa trên khâu tỷ lệ, tích phân và đạo hàm (PID). Chế độ lái tự động được triển khai trên bộ vi điều khiển STM32 và cho phép duy trì chính xác một hướng nhất định, điều chỉnh tốc độ và góc quay khi gió thổi và các ảnh hưởng khác. Công trình [4] đề xuất một hệ thống mô phỏng cứu sinh tàu thủy sử dụng công nghệ thực tế ảo. Môi trường và các tình huống thực tế ảo được xây dựng bằng phần mềm Unity3D.

Nhờ sự tiến bộ của công nghệ và Internet of Things, cơ sở hạ tầng mạng ở khu vực cảng biển đầu trang bị cả có dây và không dây đang phát triển nhanh chóng và các giao thức mạng mới đã được phát triển như ZigBee,

Z-WAVE, INSTEON, WAVENIS, LoWPAN, NB-IoT, LoRaWAN…

Để quá trình di chuyển của USVs tối ưu và có thể đặt vị trí ban đầu và tuyến đường khi di chuyển cần phải có các phương pháp tối ưu giúp tránh va hiệu quả. Trên tàu thủy có các thiết bị cảnh báo như Radar, Hải đồ điện tử, Hệ thống tránh va… Tuy nhiên, với mô hình tàu nhỏ lắp đặt các hệ thống tốn kém và chủ yếu dựa vào GPS, camera và cảm biến lidar phát hiện vật cản. Các phương pháp tối ưu như Genetic algorithm (GA), Particle Swarm Optimization algorithm (PSO), Grey Wolf Optimizer (GWO), Ant Colony Optimization Algorithm (ACO) giúp giải quyết các bài toán tối ưu hiệu quả.

Trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất xây dựng bộ điều khiển cho thiết bị tự hành mặt nước với chức năng giám sát môi trường dựa trên công nghệ điều khiển bằng sóng LoraWan, GSM điều khiển từ xa hoặc tự hành với tuyến đường được lập sẵn. Ngoài ra, nghiên cứu sử dụng thuật toán tối ưu đàn kiến (ACO) để giải quyết bài toán tránh va khi gặp chướng ngại vật.

Cấu trúc bài báo được trình bày như sau: Phần 2 xây dựng mô hình USV và cấu trúc hệ thống. Ứng dụng thuật toán ACO và truyền thông LoraWan xây dựng bộ điều khiển trong Phần 3. Phần 4 thử nghiệm mô phỏng và đánh giá hệ thống và kết luận trong Phần 5.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ ĐỀ XUẤT CẤU TRÚC HỆ THỐNG

2.1. Hệ phương trình toán 6 bậc tự do của tàu

Xây dựng đối tượng con tàu USV thật cần phải mô hình hóa đối tượng trong môi trường ảo. Tác giả đã mô phỏng tàu thực bằng một đối tượng 3D sử dụng hồ sơ kỹ thuật của tàu. Hệ phương trình 6 bậc tự do mô tả động lực học của tàu có thể được thể hiện như phương trình (1) sau đây:

$$\dot{\eta} = J(\eta)\upsilon$$
$$M_{RB}\dot{\upsilon} + C_{RB}(\upsilon)\upsilon = \tau_{RB} \quad (1)$$

Trong đó: $\eta\ [x,y,z,\Phi,\theta,\Psi]^T$ - Vector vị trí và hướng; J(η) - Ma trận chuyển đổi, $\upsilon[u,v,\omega,p,q,r]^T$ - Vector vận tốc dài và vận tốc góc trong hệ trục tọa độ gắn với thân tàu; M_{RB} - Ma trận quán tính; C_{RB} - Ma trận Coriolis và lực hướng tâm; $\tau_{RB}\ [X,Y,Z,K,M,N]^T$ - Các lực và mô-men từ nhiễu môi trường.

Các lực và mô-men này có thể được phân tích làm 3 thành phần gồm: Các thành phần lực và mô-men thủy động lực học τ_H, (gồm τ_R và τ_D); các lực và mô-men từ nhiễu môi trường τ_E; các lực và mô-men từ chân vịt và bánh lái τ. Khi đó, phương trình (1) có thể viết lại như sau:

$$\dot{\eta} = J(\eta)\upsilon$$
$$M\dot{\upsilon} + C(\upsilon)\upsilon + D(\upsilon) + G\eta = \tau_E + \tau \quad (2)$$

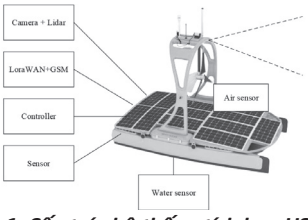
Với: *M* và *C* - Ma trận quán tính và ma trận Coriolis và lực hướng tâm có xét đến cả ảnh hưởng của lực và mô-men thủy động lực học; *G* - Một ma trận hằng số;D(*υ*) - Ma trận giảm chấn; τ_E và τ - Lần lượt là các lực và mô-men do nhiễu môi trường và hệ lực đẩy.

Trong phương trình (2), các lực và mô-men nhiễu môi trường τ_E bao gồm các thành phần chính: Dòng chảy, gió và sóng, vậy nên nó có thể được viết lại như sau:

$$\tau = \tau_{waves} + \tau_{wind} + \tau_{currents} \quad (3)$$

Trong đó: $\tau_{current,}\ \tau_{waves,}\ \tau_{wind}$ - Lần lượt là các lực và mô-men của dòng chảy, sóng và gió tác động lên tàu.

2.2. Đề xuất cấu trúc hệ thống



Hình 2.1: Cấu trúc hệ thống tích hợp USV

Cấu trúc hệ thống được đề xuất như *Hình 2.1*, bao gồm các phần chính sau [4]:

- Khối Camera, lidar (Tránh va): Có chức năng xác định sự xuất hiện của chướng ngại vật dọc đường đi của USV và nếu cần thiết sẽ khởi động chương trình tránh chướng ngại vật. Một hệ thống cảm biến được trang bị lidar, 1 camera và dữ liệu hình ảnh truyền trực tiếp về trung tâm giám sát.

- Khối LoraWAN, GSM (Truyền thông): Đây là hai thành phần quan trọng trong truyền dữ liệu không dây từ thiết bị về trung tâm. Hai đường truyền song song hỗ trợ nhau giúp đảm bảo tính ổn định và làm việc chắc chắn của hệ thống.

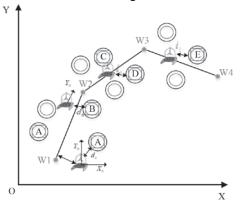
- Khối Controller (Điều khiển): Là bộ não của thiết bị có thể được trang bị trên tàu và trang bị từ phòng điều khiển trung tâm. Bộ điều khiển bao gồm bộ điều khiển khả trình PLC hoặc thiết bị Adruino, máy tính PC.

- Khối Sensor (Cảm biến): Đây là hệ thống cảm biến được kết nối với nhau và gửi dữ liệu về trung tâm điều khiển theo thời gian thực. Mỗi cảm biến có các chức năng riêng biệt để đo chất lượng môi trường nước và không khí.

Ngoài ra, thiết bị có nhiệm vụ giám sát, nó sẽ thực hiện các phép đo và ghi kết quả vào cơ sở dữ liệu, bao gồm cả tọa độ GPS hiện tại. Những dữ liệu này được thu thập dưới dạng mức oxy hòa tan trong nước, độ sâu, nhiệt độ, độ mặn và các thông số nước khác.

3. XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN TRÁNH VA DỰA TRÊN THUẬT TOÁN ACO

3.1. Mô hình theo dõi tuyến đường và tránh va USV



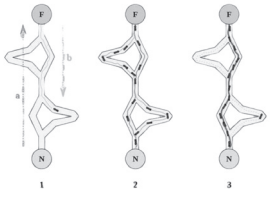
Hình 3.1: Sơ đồ theo dõi đường đi USV tránh chướng ngại vật

Hình 3.1 mô tả sơ đồ theo dõi đường đi của USV trong khu vực nhất định với chướng ngại vật. Tuyến đường tránh va được kết nối bởi 4 phao tiêu W_1, W_2, W_3 và W_4. OXY là trục tọa độ trái đất và X_b, Y_b là tọa độ đặt trên thân USV. Tại vị trí USV, chướng ngại vật được đặt ở vòng ngoài với bán kính an toàn nhất định. Khi USV đi vào tuyến đường và vi phạm khoảng cách an toàn, lúc này tuyến đường của nó sẽ thay đổi phù hợp để tránh va. Các khoảng cách d_A, d_B là khoảng cách từ USV đến vật cản, vật cản sẽ nằm xung quanh hướng đi của USV và yêu cầu USV di chuyển theo tuyến đường rõ ràng [5, 6].

3.2. Thuật toán tối ưu ACO trong tránh va

Mục đích để USV có thể tự di chuyển trong một khu vực đã xây dựng trước cần phải có các dữ liệu đầu vào như kích thước, khoảng cách từ USV đến tàu chủ. Trong

nghiên cứu này, dữ liệu khoảng cách được lấy về từ cảm biến lidar để phục vụ phân tích. Ngoài ra, tác giả sử dụng thuật toán ACO để tối ưu hóa quãng đường đi của USV sao cho ngắn nhất từ vị trí bắt đầu đến điểm kết thúc. Thuật toán ACO được mô tả dựa trên hoạt động tìm kiếm thức ăn của đàn kiến. Ban đầu, chúng di chuyển với tuyến đường ngẫu nhiên và lấy thức ăn trở về tổ, trong quá trình di chuyển một lượng Pheromone (mùi hương của loài kiến). Tuy nhiên, với thời gian lâu dần đến Pheromone bay hơi làm giảm nồng độ của nó. Kết quả là khi con đường đó với nhiều số lượng kiến di chuyển sẽ là con đường tối ưu nhất để tiếp cận thức ăn. Từ đó, dựa trên hành vi của đàn kiến, các nhà khoa học đã xây dựng được giải thuật ACO với những bài toán tối ưu hóa như *Hình 3.2* [7, 8].



Hình 3.2: Thuật toán mô phỏng các thiết bị hàng hải

Giả thiết có n điểm đến cần khảo sát trong khu vực, gọi bi (t) (i = 1,…,n) là số lượng kiến tại mỗi điểm đến trong thời gian t. $Path_{ij}$ là quãng đường ngắn nhất từ điểm i đến j. Gọi tij(t+1) là cường độ vết trên $path_{ij}$ tại thời điểm t+1, tính theo công thức:

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho.\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t,t+1) \quad (4)$$

Trong đó: r - Hệ số bay hơi.

Xác xuất chuyển tiếp từ điểm vị trí i đến vị trí j như sau:

$$p_{ij}(t) = \frac{\left[\tau_{ij}(t)\right]^{\alpha}.\left[\eta_{ij}\right]^{\beta}}{\sum_{j=1}^{n}\left[\tau_{ij}(t)\right]^{\alpha}.\left[\eta_{ij}\right]^{\beta}} \quad (5)$$

Trong đó: α và β - Các tham số cho phép người dùng kiểm soát tầm quan trọng của các tuyến đường đi cần thiết.

Trong mô hình ACO-density, một con kiến đi từ i đến j để lại Q2 đơn vị pheromone cho mỗi đơn vị chiều dài.

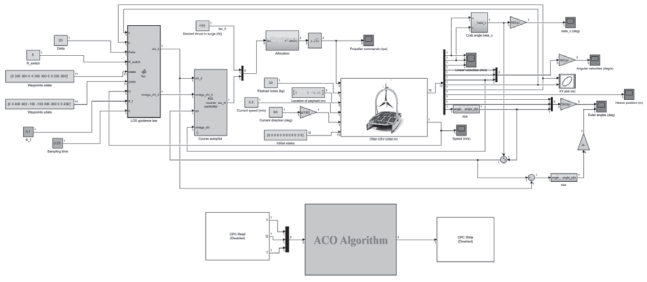
$$\Delta\tau_{ij}^{k}(t,t+1) = \begin{cases} Q_2 \\ 0 \end{cases} \quad (6)$$

Thuật toán ACO được trình bày dưới dạng sơ đồ Pseudo-code:

Algorithm 1: Pseudo –code ACO

1. Khởi tạo:
Đặt t:=0
Đặt giá trị ban đầu $\tau_{ij}(t)$ cho cường độ vệt trên mỗi đường dẫn
Đặt $b_i(t)$ trên vị trí i; đặt $\Delta\tau_{ij}(t,t+1) = 0$ với mọi i,j
Lấy dữ liệu từ thiết bị lidar, GPS…
2. Thực hiện các vòng lặp (tabu list)
For i:=1 đến n cho mọi vị trí; chọn vị trí chuyển đến tiếp theo tính p_{ij} theo (5)
Di chuyển con kiến thứ k đến vị trí đã chọn
Tính toán $\Delta\tau^{k}_{ij}(t,t+1) = 0$ như công thức (6).
Tính $\tau_{ij}(t+1)$ và $p_{ij}(t+1)$ theo phương trình (4).
3. Ghi nhớ con đường ngắn nhất được tìm thấy cho đến nay và làm trống tất cả danh sách tabu
4. if not (End_Test)
then
Đặt t:=t+1
Đặt $\Delta\tau_{ij}(t,t+1):=0$ với mọi i và j
Chuyển sang bước 2
else
In đường đi ngắn nhất
Dừng

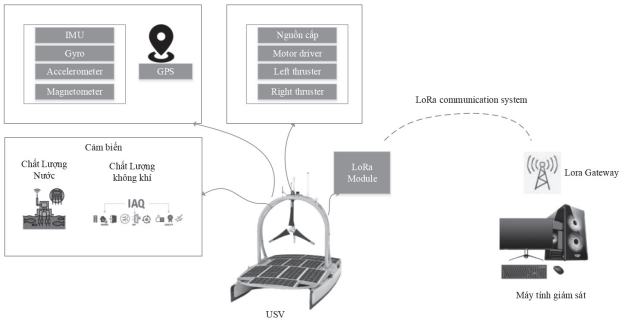
Sau khi xây dựng thuật toán điều khiển cho USV, dựa vào mô hình của tác giả Fossen kết hợp thuật toán ACO, nhóm tác giả đã xây dựng trên phần mềm Matlab như *Hình 3.3*. Với chức năng của bộ điều khiển là đưa ra hướng đi hợp lý và gợi ý cho người điều khiển phương tiện trong một địa hình khi biết trước dữ liệu hoặc địa hình chưa có dữ liệu đầu vào.



Hình 3.3: Bộ điều khiển USV

3.3. Thiết kế bộ truyền nhận không dây USV

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng thiết bị truyền thông không dây LoraWAN làm phương thức giao tiếp chính cho USV. Đây là một loại công nghệ hỗ trợ truyền dữ liệu trong những khoảng cách lên đến hàng chục km. Công nghệ LoRa giúp việc truyền và nhận dữ liệu trở nên đơn giản hơn, tiết kiệm năng lượng tiêu thụ hiệu quả. Mô hình truyền thông của USV thông qua công nghệ Lora được thể hiện trong *Hình 3.4* [8].



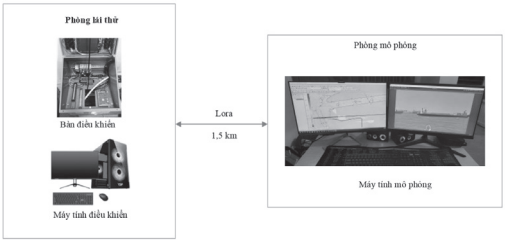
Hình 3.4: Kiến trúc hệ thống giám sát chất lượng nước di động

4. THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG

4.1. Kịch bản thử nghiệm hệ thống

Trong phần này, nhóm tác giả sử dụng phần cứng PLC và phần mềm mô phỏng lái tàu để thử nghiệm thuật toán điều khiển cho USV, đồng thời tiến hành mô phỏng trên máy tính về thuật toán ACO và lập kế hoạch định đường cho USV. Thứ hai, thử nghiệm hoạt động liên lạc của Lora với các khoảng cách xa và nhiễu môi trường. Cuối cùng, sử dụng đối tượng mô phỏng tàu USV cho các hoạt động thực tế trên mặt nước. Từ đó so sánh, phân tích đường đi thực tế và đường đi dự kiến của đối tượng. Ngoài ra, kết hợp thu thập một bộ dữ liệu chất lượng nước tại dọc tuyến đường trong hoạt động thử nghiệm và phân tích kết quả.

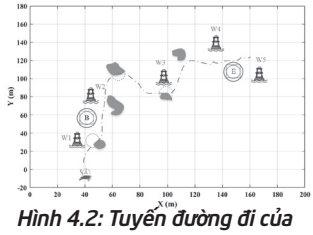
Trong nghiên cứu này, bài toán tối ưu hóa sử dụng thuật toán ACO được nhóm thực hiện bằng Matlab [23], trên PC core i7 với bộ xử lý 8700, tốc độ 3,2 GHz và bộ nhớ RAM 32 GB.



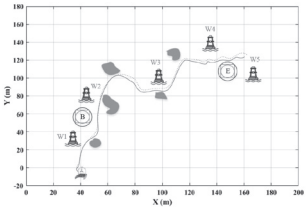
Hình 4.1: Thử nghiệm hệ thống các thiết bị mô phỏng

4.2. Kết quả

Trước tiên, nhóm tác giả kiểm tra thuật toán tránh va dựa trên thuật toán ACO với số lượng là 100 và số lần lặp là 30 (lần). Thử nghiệm thuật toán với tuyến đường biết trước nhưng điều khiển ngẫu nhiên thiết bị như *Hình 4.2* thấy được một số thời điểm USV đã va chạm vào các vật cản trong tuyến đường di chuyển.



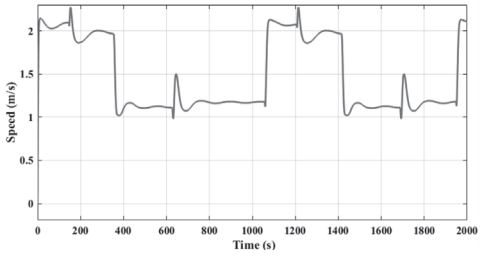
Hình 4.2: Tuyến đường đi của USV ngẫu nhiên tại các vị trí



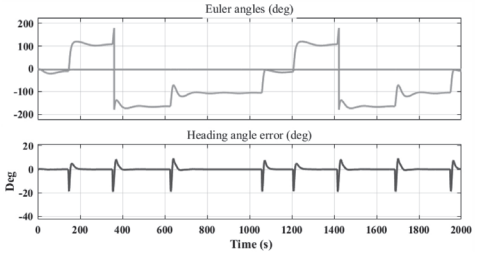
Hình 4.3: Tuyến đường đi của USV tại các vị trí

Hình 4.3 thể hiện tuyến đường gợi ý theo thuật toán ACO và tuyến đường thực tế USV đã mô phỏng và chạy để đưa ra kết quả. Với thời gian mô phỏng hầu hết các chướng ngại vật đều được bộ điều khiển USV thực hiện tránh va.

Tiếp theo, một số đường đặc tính của thông số của USV trong quá trình mô phỏng được ghi lại thể hiện trên *Hình 4.4.a* và *Hình 4.4.b*. Việc thử nghiệm điều hướng đến điểm tham chiếu cho USV có sự tác động với yếu tố nhiễu bên ngoài như gió, dòng chảy sóng. Ban đầu mặc dù đã được điều khiển bởi bộ điều khiển tích hợp ACO nhưng vẫn có sự dao động quanh vị trí ban đầu như *Hình 4.3*.



Hình 4.4a: Tốc độ USV khi di chuyển trên mặt nước



Hình 4.4b: Hướng của USV khi di chuyển trên mặt nước

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày các bước thiết kế bộ điều khiển phương tiện tàu mặt nước tự hành sử dụng thuật toán tránh va dựa trên ACO. Kết quả cho thấy bộ điều khiển đã thử nghiệm được với thiết bị mô phỏng hàng hải và phần cứng của mô hình USV đã làm việc ổn định. Bên cạnh đó, khả năng truyền thông tin và điều khiển từ xa giúp hệ thống hoạt động tốt trong một số điều kiện môi trường khác nhau. Thuật toán thực hiện lập tuyến đường đi cho USV tự động với khoảng cách ngắn nhất để đi qua các điểm mà không va chạm với các chướng ngại vật nằm trong phạm vi hoạt động của USV. Việc phát triển USV có thể được sản xuất với chi phí thấp hơn nhiều và có thể được vận hành mà không cần người điều khiển trên tàu, hoạt động trong khu vực ô nhiễm, khảo sát chất lượng môi trường. Việc sử dụng và triển khai các tàu như vậy sẽ tiếp tục phát triển trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

[1]. N. V Hùng, P. T. Dũng, N. T. T. Tâm, N. M. Hùng, Đ. H. Công, B. Đ. Nhật (2023), *Sử dụng bộ điều khiển PLC trong thiết kế hệ thống giám sát phao tiêu hàng hải thông minh*, Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, số 75.

[2]. M. Z. Mostafa, H. A. Khater, M. R. Rizk and A. M. Bahasan (Jul., 2019), *A novel GPS/ RAVO/MEMS-INS smartphone-sensor-integrated method to enhance USV navigation systems during GPS outages*, Meas. Sci. Technol., vol.30, no.9, p.95103, doi: 10.1088/1361-6501/ab161c.

[3]. G. Kolev, E. Solomevich, E. Rodionova, E. Kopets and V. Rybin (Oct., 2019), *Sensor subsystem design for small unmanned surface vehicle*, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol.630, no.1, p.12022, doi: 10.1088/1757-899X/630/1/012022.

[4]. G. Kolev, S. N. Tayarani Bathaie, V. Rybin, M. Kulagi, and T. Karimov (2021), *Design of Small Unmanned Surface Vehicle with Autonomous Navigation System*, Inventions, vol.6, no 4, doi: 10.3390/inventions6040091.

[5]. A. Zaghloul, M. Saber and C. El-Dewany (2019), *Chemical indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems*, Bull. Natl. Res. Cent., vol.43, no.1, p.156, doi: 10.1186/s42269-019-0203-x.

[6]. GUO Wenxuan, LI Zihao, TANG Guoyuan, WANG Quanbin, SUN Jianglong, MA Jie, QIAO Yu. (2024), *Autonomous recovery control method for USV based on dynamic programming guidance[J]*, Chinese Journal of Ship Research, 19(1), 264-271.

[7]. H. A. Ferreira, C. Almeida, Martins, J. M. Almeida, A. Dias, E. Silva (2012), *Environmental modeling with precision navigation using ROAZ autonomous surface vehicle*, in Proc, IEEE/RSJ Int. Conf. on Intell. Robots and Syst. - IROS12, pp.1-7, doi: 10.13140/RG.2.1.1213.0325.

[8]. J. Skackauskas, T. Kalganova, I. Dear, and M. Janakiram (2022), *Dynamic impact for ant colony optimization algorithm*, Swarm Evol. Comput., vol.69, p.100993, doi: *https://doi.org/10.1016/j.swevo.2021.100993*.

Ngày nhận bài: 12/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 27/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 11/4/2024

Phương pháp định tuyến đường đi cho robot tự hành trong địa hình không bằng phẳng

■ **ThS. VŨ DUY NGHĨA**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: vunghia2110@gmail.com

TÓM TẮT: Nghiên cứu phương pháp nội suy mặt phẳng địa hình từ một tập hợp điểm theo phương pháp spline. Tìm gradient của mặt phẳng địa hình, qua đó định tuyến đường theo gradient nhỏ nhất của mặt phẳng địa hình.

TỪ KHÓA: Robot tự hành, gradient, spline, định tuyến.

ABSTRACT: The method of point approximation with a spline is investigated. The gradient of the surface is found and the route on a trajectory with a minimal gradient is laid.

KEYWORDS: Mobile robot, gradient, spline, tracing.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Robot tự hành ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau. Một trong các vấn đề khi robot tự hành di chuyển là khả năng nhận biết và mô tả môi trường xung quanh nó. Để di chuyển đến một điểm nào đó thì robot cần phải xác định được địa hình xung quanh mình. Thông thường thì địa hình được mô tả bằng một bản đồ số về độ cao về địa hình mà ở đây những điểm đặc biệt của địa hình được xác định bằng hệ thống mắt quan sát của robot [1, 2]. Gọi những điểm mà hệ thống mắt quan sát của robot xác định được có tọa độ là (xi,yi,zi) i=1,2,3,…,n. Nhiệm vụ tiếp theo là phải xác định được gần đúng mặt phẳng mô tả địa hình đi qua n điểm đã biết và định tuyến đường đi cho robot theo gradient nhỏ nhất của mặt phẳng địa hình.

Để xác định mặt phẳng đi qua n điểm đã biết thì ta dùng phương pháp nội suy spline. Khi xác định địa hình phía trước của robot thì ta phải sử dụng tập hợp những độ cao của các điểm đã biết trước được tọa độ trên địa hình do hệ thống mắt quan sát robot xác định để nội suy ra các điểm còn lại. Vì vậy, ta phải xây dựng thuật toán nội suy một mặt phẳng khi biết n điểm rời rạc

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Để xác định mặt phẳng đi qua n điểm đã biết thì ta dùng phương pháp nội suy spline. Khi xác định địa hình phía trước của robot thì ta phải sử dụng tập hợp những độ cao của các điểm đã biết trước được tọa độ trên địa hình do hệ thống mắt quan sát robot xác định để nội suy ra các điểm còn lại. Vì vậy, ta phải xây dựng thuật toán nội suy một mặt phẳng khi biết n điểm rời rạc.

Giả sử ta có một hàm ngẫu nhiên xác định trong miền cần nội suy z = f(x,y) và ta đã biết trước n điểm $z_i = (x_i, y_i)$; $i = 1,2,\ldots,n$. Tất cả n điểm đó biết trước tọa độ (x_i,y_i,z_i) và được ký hiệu là $P_i(x_i,y_i)$. Vậy để nội suy ra các điểm còn lại ta dùng hàm vi phân spline. Tọa độ của một điểm bất kỳ P(x,y) được biểu diễn theo công thức sau [3, 4]:

$$z[P(x,y)] = \sum_{i=1}^{n} a_i r_{p_i p}^2 \ln r_{p_i p} + \tau_1 + \tau_2 x + \tau_3 y \quad (1)$$

Với:

$r_{p_i p} = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}$ - Khoảng cách giữa điểm P va P_i;

x_i, y_i - Tọa độ các điểm đã biết;

x, y - Tọa độ điểm chưa biết;

a_i $(i=1\div n)$, τ_1, τ_2, τ_3 - Những hệ số phải tìm.

Các hệ số a_i $(i=1\div n)$, τ_1, τ_2, τ_3 được tính theo công thức:

$$\begin{bmatrix} C + C_{\Delta\Delta} & M \\ M^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ \tau \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_i \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ma trận C được tính theo biểu thức sau:

$$C_{ij} = C_{ji} = \begin{cases} r_{p_i p_j}^2 \ln(r_{p_i p_j}) & \text{когда } i \neq j \\ 0 & \text{когда } i = j \end{cases} \quad (3)$$

Vì $(C_{\Delta\Delta} << C)$ *nên* ta có thể viết lại:

$$\begin{bmatrix} C & M \\ M^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ \tau \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_i \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Với:

0 - Ma trận 0;

$Z_i = [Z_1 \quad Z_2 \quad \ldots . Z_n]^T$ - Vector những giá trị đã biết trước của hàm số;

$a = [a_1 \quad a_2 \quad \ldots \quad a_n]^T$ - Vector hệ số a;

$\tau = [\tau_1 \quad \tau_2 \quad \tau_3]$ - Vector hệ số τ;

$$M = \begin{bmatrix} 1 & x_{p_1} & y_{p_1} \\ 1 & x_{p_2} & y_{p_2} \\ . & . & . \\ 1 & x_{p_n} & y_{p_n} \end{bmatrix}$$ - Ma trận 3 cột và n hàng;

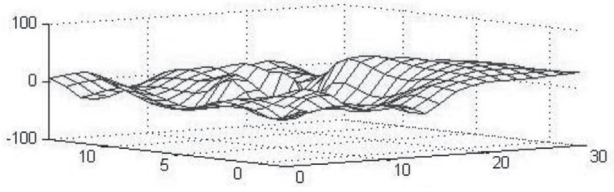
$$C = \begin{bmatrix} 0 & c_{12} & c_{13} & \ldots & c_{1n} \\ c_{21} & 0 & c_{23} & \ldots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & 0 & \ldots & c_{3n} \\ . & . & . & . & . \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & \ldots & 0 \end{bmatrix}$$ - Ma trận n cột và n hàng;

Bằng cách đó ta xác định được các hệ số a_i *(i=1÷n),* τ_1, τ_2, τ_3 là nghiệm của hệ phương trình sau:

$$\begin{bmatrix} 0 & c_{12} & \dots & c_{1n} & 1 & x_1 & y_1 \\ c_{21} & 0 & \dots & c_{2n} & 1 & x_2 & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & 0 & 1 & x_n & y_n \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_n & 0 & 0 & 0 \\ y_1 & y_2 & \dots & y_n & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \\ \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \dots \\ z_n \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Ta thấy để nội suy một mặt phẳng từ n điểm đã biết ta nội suy độ cao (có nghĩa là nội suy tọa độ z) của các điểm còn lại trên mặt phẳng đó. Ta gọi n điểm biết trước tọa độ là n điểm gốc nội suy.

Khi biết trước n điểm có tọa độ (x_i, y_i); *i=1,2,…,n* thì các điểm còn lại ta tùy chọn sao cho tọa độ $x \neq x_i$ hoặc $y \neq y_i$ ta chỉ nội suy tọa độ z tại điểm đó.



Hình 2.1: Kết quả gần đúng mặt phẳng địa hình sau khi nội suy

Sau khi nội suy được mặt phẳng biểu diễn địa hình thì ta thấy cần thiết phải xác định những điểm trên địa hình mà tại đó có độ dốc lớn. Muốn xác định thì ta phải tính gradient của mặt phẳng.

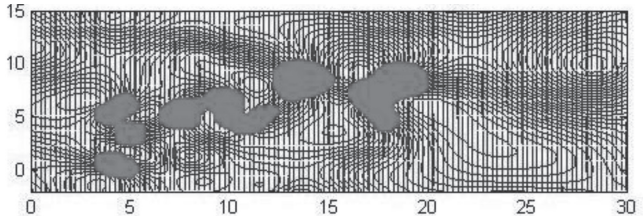
$$\nabla z = \left(\frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y} \right)^T \quad (6)$$

Mô-đun của vector gradient được tính như sau:

$$\nabla z = \left(\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Giá trị của $|\nabla z|$ xác định độ dốc của địa hình tại một điểm bất kỳ. Vì vậy, trên địa hình ta phải đánh dấu những vùng có độ dốc lớn gây nguy hiểm cho robot khi đi qua.

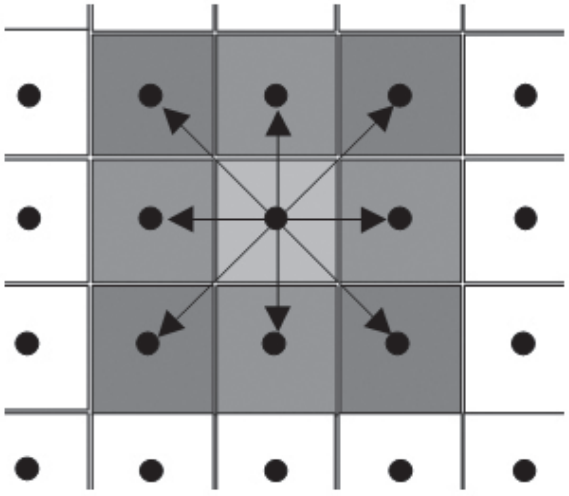
Hàm gradient và những vùng nguy hiểm được biểu diễn trên *Hình 2.2.*



Hình 2.2: Gradient mặt phẳng z = f(x,y)

Như được hiển thị trong *Hình. 2.2*, vùng có điểm đen là vùng có độ dốc lớn. Đường di chuyển của robot phải được xây dựng sao cho nó không vượt qua các khu vực địa hình đã được đánh dấu.

Robot có thể lập kế hoạch đường đi đến điểm mục tiêu. Trong trường hợp này, bản đồ được trình bày dưới dạng biểu đồ. Các ô lưới là các đỉnh của đồ thị và các cạnh nối các đỉnh tương ứng với các ô lân cận trong lưới bản đồ. Mỗi ô không nằm trên đường viền của vùng tìm kiếm có bố cục như trong *Hình 2.3.*



Hình 2.3: Mối liên hệ giữa ô với 8 ô xung quanh

3. KẾT LUẬN

Trên hình vẽ, giá trị về độ dốc của địa hình được biểu diễn bằng độ dầy và thưa của các đường bình độ [4]. Khu vực nào của địa hình có các đường bình độ dầy thì khu vực đó có độ dốc lớn và khu vực có đánh dấu là khu vực nguy hiểm vì có thể làm lật robot. Khi định tuyến đường cho robot ta phải xây dựng tuyến đường sao cho không đi qua những vùng có độ dốc lớn và nguy hiểm.

Tài liệu tham khảo

[1]. By Зуй Нгхиа, Ларкин. Е.В, Рудианов Н.А. (2011), *Поиск идентичных точек на левом и правом изоражениях в бинокулярной системе технического зрения*, XXIX Научная сессия, посвященная Дню радио, Тула: НТО РЭС им. А.С. Попова, С.50-57.

[2]. By Зуй Нгхиа (2011), *Определение расстояний в системе технического зрения моильного робота*, Интеллектуальные и информационные системы. Материалы Всероссийской научно-технической конференции "Интеллект-2011", Тула: Изд-во ТулГУ, С 61-64.

[3]. Квасов Б.И. (2006), *Методы изогеометрической аппросимации сплайнами*, - Москва.: Физматлит, 360 с.

[4]. Журкин И.Г. (1988), Нейман Ю.М., *Методы вычислений в геодезии*, М.: Недра, 303 с.

Ngày nhận bài: 21/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 15/4/2024

Xây dựng đặc tính biểu diễn sự ảnh hưởng của lớp cáu cặn trong bầu làm mát dầu bôi trơn tới nhiệt độ dầu bôi trơn động cơ diesel

■ **ThS. NGUYỄN MINH ĐỨC(*); ThS. VŨ ĐỨC ANH; ThS. VŨ ANH TUẤN**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)ducnm@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Dựa vào các phương trình truyền nhiệt, phương trình cân bằng nhiệt, bài báo giới thiệu cách xây dựng đặc tính biểu diễn mối quan hệ giữa chiều dày lớp cáu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt và nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ diesel tàu thủy khi điều kiện khai thác của động cơ không thay đổi, từ đó xác định được sự ảnh hưởng của lớp cáu cặn trên bề mặt trao đổi nhiệt tới quá trình công tác của động cơ.

TỪ KHÓA: Bầu làm mát dầu bôi trơn, lớp cáu cặn, ảnh hưởng, nhiệt độ dầu bôi trơn.

ABSTRACT: Based on the heat transfer equations and heat balance equations, the article introduces how to build the characteristic that reflects the relationship between the scale thickness of lubricating oil cooler and temperature of lubricating oil in the diesel engine. Therefore, the influence of the scale layer of lubricating oil cooler on the working process of diesel engine is determined.

KEYWORDS: Lubricating oil cooler, scale layer, influence, lubricating oil temperature.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sau một thời gian khai thác, tình trạng kĩ thuật của các bầu làm mát động cơ diesel thay đổi theo hướng xấu đi, điều này ảnh hưởng xấu tới sự công tác của động cơ. Ta có thể gián tiếp xác định độ dày cáu cặn tương đối chính xác thông qua các thông số thực tế như nhiệt độ vào ra của môi chất, lưu lượng môi chất qua bầu làm mát và thông qua bài toán nhiệt. Sau đó, đối chiếu chiều dày lớp cáu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt của bầu làm mát ở điều kiện hiện tại với đặc tính, từ đó đánh giá khả năng làm việc thiết bị trao đổi nhiệt để đưa ra các biện pháp bảo dưỡng thiết bị. Xuất phát từ những vấn đề trên, tác giả chọn tính toán và phân tích cho một thiết bị trao đổi nhiệt là bầu làm mát dầu bôi trơn dạng tấm.

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Trong thực tế, hệ thống bôi trơn động cơ diesel tàu thủy luôn được thiết kế với một hệ số dự trữ nhất định nhằm mục đích khi chế độ tải của động cơ thay đổi, tình trạng kỹ thuật bầu làm mát kém đi, bề mặt trao đổi nhiệt bẩn ở một mức độ nào đó, một số tấm hoặc ống của bầu làm mát bị hỏng, hay nhiệt độ nước làm mát vào thiết bị thay đổi thì hệ thống bôi trơn vẫn hoạt động ổn định và tin cậy. Do đó, bầu làm mát dầu bôi trơn luôn được trang bị đồng thời một van điều chỉnh nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ. Van này có nhiệm vụ điều chỉnh lượng dầu bôi trơn đi tắt không qua bầu làm mát để duy trì nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ ổn định. Khi động cơ làm việc ở chế độ cao tải hoặc bề mặt trao đổi nhiệt của bầu làm mát bị bẩn, van này sẽ tăng dần lượng dầu bôi trơn đi qua bầu làm mát. Do đó, nếu độ dày lớp cáu cặn còn nhỏ hơn giá trị cho phép, nhiệt độ của dầu bôi trơn vào động cơ vẫn được duy trì không đổi. Khi độ dày cáu cặn đạt tới giá trị cho phép, van điều chỉnh nhiệt độ sẽ tăng lượng dầu bôi trơn qua bầu làm mát tới mức tối đa. Nếu độ dày cáu cặn tiếp tục tăng lên, nhiệt độ của dầu bôi trơn vào động cơ sẽ tăng lên theo sự tăng của chiều dày cáu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt. Như vậy, khi độ dày cáu cặn nhỏ hơn giá trị cho phép δ_{cth}, nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ có giá trị không đổi. Khi chiều dày cáu cặn lớn hơn giá trị cho phép, nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ sẽ tăng lên theo sự tăng của lớp cáu cặn.

Khi động cơ làm việc, dầu bôi trơn nhận nhiệt từ động cơ ($Q_{mang\ ra}$), sau đó truyền lại cho nước biển tại bầu làm mát ($Q_{trao\ đổi}$), dầu bôi trơn sau khi được làm mát sẽ quay lại bôi trơn, làm mát động cơ. Một yêu cầu đặt ra đối với bầu làm mát dầu bôi trơn là phải luôn duy trì nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ ổn định, tức là $Q = Q_{mang\ ra} = Q_{trao\ đổi}$.

- Phương trình truyền nhiệt $Q = k.F.\Delta t$. (1)

Q - Dòng nhiệt (lượng nhiệt trao đổi giữa hai chất tải nhiệt trong một đơn vị thời gian); W;

k - Hệ số truyền nhiệt của thiết bị trao đổi nhiệt; W/m.^{0}K;

F - Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt; m^2;

Δt - Độ chênh nhiệt độ trung bình.

- Nhiệt lượng dầu bôi trơn mang ra khỏi động cơ:

$Q = G_1 C_{p1}(t_r - t_v)$ (2)

- Phương trình cân bằng năng lượng tại sinh hàn dầu bôi trơn: $Q = W_1(t_1' - t_1'') = W_2(t_2'' - t_2')$ (3)

Chỉ số "1" tương ứng với dầu bôi trơn. Chỉ số "2" tương ứng với nước biển;

Dấu "'" tương ứng với các thông số khi đi vào bầu làm mát;

Dấu "''" tương ứng với các thông số khi đi ra khỏi bầu làm mát;

$W = G_q.C_p$ - Nhiệt dung toàn phần; w/^{0}K;

$G_1 = V_1.\rho_1$ - Lưu lượng khối lượng dầu bôi trơn qua động cơ; kg/s;

V_1 - Lưu lượng thể tích dầu bôi trơn qua động cơ; m^3/s;

ρ_1 - Khối lượng riêng dầu bôi trơn; kg/m^3;

G_{1q}, G_2 - Lưu lượng khối lượng dầu bôi trơn và nước biển qua bầu làm mát; kg/s;

C_{p1}, C_{p2} - Nhiệt dung riêng khối lượng đẳng áp của dầu bôi trơn và nước biển; J/kg.^{0}K;

t - Nhiệt độ; ^{0}C;

t_r - Nhiệt độ dầu bôi trơn ra khỏi động cơ; $t_r = t_1''$;

t_v - Nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ.

Tác giả đưa ra một số giả thiết: Động cơ làm việc ở cùng một điều kiện khai thác, nhiệt độ nước biển không thay đổi, dòng môi chất lưu động liên tục và ổn định, tốc độ lưu động của dòng tại mọi tiết diện là như nhau. Bỏ qua tổn thất nhiệt do tản nhiệt ra ngoài môi trường và khi môi chất lưu động trong hệ thống đường ống và thiết bị trao đổi nhiệt. Bề dày cáu cặn dải đều trên toàn bộ diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, khi tính toán ta lấy bề dày cáu cặn là bề dày trung bình xét trên toàn bộ diện tích bề mặt trao đổi nhiệt.

Quá trình tính toán được tiến hành theo các bước sau:

- Xác định lưu lượng dầu bôi trơn qua bơm thông qua công suất tiêu thụ của động cơ điện lai bơm;
- Tính nhiệt lượng dầu bôi trơn nhận từ động cơ;
- Dựa vào phương trình cân bằng nhiệt tính lưu lượng dầu bôi trơn và nước biển qua bầu làm mát;
- Tính tốc độ lưu động của các môi chất qua bầu làm mát;
- Xác định chế độ chảy, tính các tiêu chuẩn đồng dạng, từ đó tính được hệ số tỏa nhiệt đối lưu;
- Tính hệ số truyền nhiệt của bầu làm mát khi không có cáu cặn;
- Tính độ chênh nhiệt độ trung bình; tính diện tích trao đổi nhiệt hiện tại của bầu làm mát;
- Tính hệ số truyền nhiệt hiện tại của bầu làm mát thông qua phương trình truyền nhiệt;
- Tính được chiều dày cáu cặn ở điều kiện hiện tại. Đối chiếu chiều dày lớp cáu cặn ở điều kiện hiện tại với đặc tính, từ đó đánh giá khả năng làm việc của bầu làm mát để đưa ra các biện pháp bảo dưỡng thiết bị;
- Xác định công suất của bơm dầu bôi trơn (giả sử là động cơ điện 1 pha) $N_1 = U_1.I_1.\eta_1$ (4)

+ N_1 - Công suất động cơ điện lai bơm; w;

+ U_1 - Giá trị điện áp của động cơ điện lai bơm; V;

I_1 - Cường độ dòng điện của động cơ điện lai bơm; A;

η_1 - Hiệu suất của bơm (hiệu suất của bơm cho trong lý lịch của bơm $\eta = 0{,}8 \div 0{,}9$).

- Xác định lưu lượng dầu bôi trơn qua bơm:

$$V_1 = \frac{N_1}{p_1} \quad (5)$$

+ p_1 - Áp suất dầu bôi trơn qua bơm.

- Xác định nhiệt lượng dầu bôi trơn nhận từ động cơ theo công thức (2).

- Xác định lưu lượng dầu bôi trơn và nước biển qua bầu làm mát.

Từ công thức (3) ta có:

$$V_{1q} = \frac{Q}{C_{p1}\rho_1(t_1' - t_1'')} \quad (6)$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_{p2}\rho_2(t_2'' - t_2')} \quad (7)$$

+ Q - Nhiệt lượng trao đổi tại thiết bị bằng nhiệt lượng dầu bôi trơn nhận từ động cơ; w;

+ V_{1q} - Lưu lượng dầu bôi trơn qua thiết bị; m^3/s.

- Xác định tốc độ lưu động của môi chất qua thiết bị

$$\omega = \frac{2V}{\alpha.H.n} \quad (8)$$

+ ω - Tốc độ lưu động của thiết bị; m/s;

+ n - Số tấm trao đổi nhiệt của thiết bị;

+ a, H - Khoảng cách giữa hai tấm và chiều cao của tấm; m;

+ V - Lưu lượng môi chất qua bầu làm mát, đối với dầu bôi trơn là V_{1q}; phía nước biển là V_2; m^3/s.

- Tính các tiêu chuẩn đồng dạng: $Gr = \frac{g\beta l^3 \Delta t}{\vartheta^2}$ tiêu chuẩn Grasshoft.

$Pr = \frac{\vartheta}{a}$ tiêu chuẩn Prandtl; $Re = \frac{\omega l}{\vartheta}$ tiêu chuẩn Reynold đặc trưng cho chế độ chảy của môi chất.

- Xác định tiêu chuẩn Nusselt (Nu): Theo tài liệu [2] ta có thể xác định như sau:

Khi môi chất chảy tầng:

$$Nu_f = 1{,}86\left(Re_f Pr_f \frac{d_{td}}{L}\right)^{0{,}33}\left(\frac{\mu_f}{\mu_w}\right)^{0{,}14} \quad (9)$$

Khi môi chất chảy rối:

$$Nu_f = 0{,}021 Re_f^{0{,}8} Pr_f^{0{,}43}\left(\frac{Pr_f}{Pr_w}\right)^{0{,}25} \quad (10)$$

Khi chảy chuyển từ chảy tầng sang chảy rối:

$$Nu_f = 0{,}0033 Re_f Pr_f^{0{,}37} \quad (11)$$

d_{td} - Đường kính tương đương của khe hẹp, $d_{td} = 2\delta$; m;

L - Chiều dài của khe hẹp; m.

- Xác định hệ số tỏa nhiệt đối lưu:

$$\alpha = \frac{Nu.\lambda}{l} \quad (12)$$

+ λ - Hệ số dẫn nhiệt của môi chất; w/m.^{0}K;

+ l - Kích thước xác định; m.

- Tính hệ số truyền nhiệt của bầu làm mát khi không có cáu cặn:

$$k_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (13)$$

+ δ và λ - Chiều dày và hệ số dẫn nhiệt của tấm trao đổi nhiệt.

- Tính độ chênh nhiệt độ trung bình:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{ln\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2'')}{ln\frac{(t_1' - t_2'')}{(t_1'' - t_2'')}} \quad (14)$$

- Tính diện tích trao đổi nhiệt: F = H.L.n. (15)

- Tính hệ số truyền nhiệt hiện tại của bầu làm mát:

$$k = \frac{Q}{F.\Delta t} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (16)$$

- Tính độ dày cáu cặn hiện tại của bầu làm mát:

$$\delta_c = \lambda_c \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k_o}\right) \quad (17)$$

Nếu biết loại cáu bám trên bề mặt trao đổi nhiệt ta sẽ xác định được hệ số dẫn nhiệt của cáu λ_c, từ đó sẽ tính được độ dày cáu cặn δ_c.

- Tính độ dày cáu cặn lớn nhất cho phép của bầu làm mát (trạng thái tới hạn).

Khi van điều tiết nhiệt độ dầu bôi trơn điều chỉnh toàn bộ dầu bôi trơn sau khi công tác qua bầu làm mát mà nhiệt độ dầu bôi trơn ra khỏi động cơ vẫn được duy trì ổn định (ta gọi là trạng thái tới hạn), lúc đó chiều dày lớp cáu cặn đã đạt tới giá trị lớn nhất cho phép (δ_{cth}).

$$\Delta t_{th} = \frac{(t_r - t_2') - (t_v - t_2')}{\ln \frac{(t_r - t_2')}{(t_v - t_2')}} \quad (18)$$

$$k_{th} = \frac{Q}{F.\Delta t_{th}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1th}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_{cth}}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (19)$$

Δt_{th}, k_{th} - Độ chênh nhiệt độ trung bình và hệ số truyền nhiệt tại trạng thái tới hạn;

α_{1th}, δ_{cth} - Hệ số tỏa nhiệt đối lưu phía dầu bôi trơn và chiều dày cáu cặn tại thời điểm tới hạn. α_{1th} tính theo các công thức (12), trong đó Nu tính theo các công thức (9), (10) và (11) chú ý rằng tốc độ dầu bôi trơn lưu động qua bầu làm mát lúc này là:

$$\omega_{1th} = \frac{2V_1}{a.H.n} \qquad \delta_{cth} = \lambda_c \left(\frac{1}{k_{th}} - \frac{1}{k_o}\right) \quad (20)$$

Ta sẽ xác định được δ_{cth} sau khi tính được hệ số truyền nhiệt tại trạng thái tới hạn k_{th}.

- Xây dựng đặc tính biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ dầu bôi trơn ra khỏi động cơ và chiều dày cáu cặn:

Khi $\delta_c < \delta_{cth}$, nhiệt độ dầu bôi trơn ra khỏi động cơ không đổi t_v = const.

Khi $\delta_c > \delta_{cth}$, ta có: $t_v = \frac{Q.m}{e^{k.F.m} - 1} + t_2'$ (21)

Với: t_2' - Nhiệt độ nước biển.

Trong công thức (21), nếu ta coi k là biến (chiều dày cáu cặn thay đổi) còn các thông số còn lại không đổi, nhiệt độ dầu bôi trơn ra vào động cơ là hàm số theo sự thay đổi của chiều dày cáu cặn.

Ta có thể lập trình chương trình tính toán này bằng phần mềm Matlab, nhập các thông số của bầu làm mát như kích thước, nhiệt độ..., ta sẽ thu được đường đặc tính biểu diễn mối quan hệ giữa độ dày cáu cặn và nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ.

Tác giả nhập thông số khai thác giả định của 1 bầu làm mát dầu bôi trơn dạng tấm có các thông số như sau vào phần mềm Matlab:

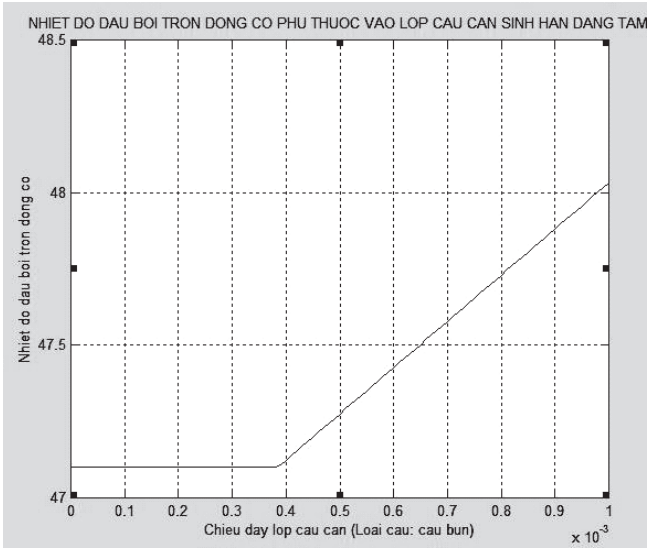
n = 200 tấm	l = 0,8 m	H = 1,4 m	a = 0,002 m	δ = 0,0005 m
U_1 = 440V	I_1 = 68 A	Cosphi = 0,8	$p_1 = 4{,}5.10^5 N/m^2$	$t_{v1} = 51{,}4^oC$
$t_{r1} = 47^oC$	$t_{v2} = 20^oC$	$t_{r2} = 23^oC$	λ = 25 W/m.°K	λ_c = 1,8W/m.°K

Kết quả thu được:

- Chiều dày lớp cáu cặn hiện tại $\delta_c = 6{,}4.10^{-5}$ m;
- Chiều dày lớp cáu cặn lớn nhất cho phép:

$\delta_{cth} = 3{,}9.10^{-4}$ m;

- Hệ số góc tiếp tuyến của đường đặc tính tại thời điểm có $\delta_c = \delta_{cth}$: 1514.
- Đặc tính biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ dầu bôi trơn động cơ và chiều dày cáu cặn của bầu làm mát dầu bôi trơn.



Hình 2.1: Mối quan hệ giữa nhiệt độ dầu bôi trơn động cơ và chiều dày lớp cáu bùn của sinh hàn dạng tấm

Như vậy, với các thông số như giả định, nếu chiều dày lớp cáu cặn còn nhỏ hơn 0,39 mm thì nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ vẫn được duy trì ổn định theo giá trị đặt.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu cách xây dựng đặc tính biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ diesel và độ độ dày cáu cặn theo các thông số nhiệt độ vào và ra khỏi bầu làm mát dầu bôi trơn dạng tấm, từ đó có những nhận định tương đối nhanh chóng, chính xác tình trạng kỹ thuật của bầu làm mát. Trên cơ sở này, chúng ta có thể xây dựng bài toán tổng quát tính toán cho các dạng thiết bị trao đổi nhiệt khác. Kết quả nghiên cứu của bài báo cũng có thể mở rộng để tính nghiệm lại các hệ thống bôi trơn và làm mát của động cơ diesel tàu thủy sau khi thiết kế mới hoặc sửa chữa hoán cải.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.19.

Tài liệu tham khảo

[1]. PGS. TS Bùi Hải, TS. Dương Đức Hồng, TS. Hà Mạnh Thư (2001), *Thiết bị trao đổi nhiệt*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. PGS. TS. Bùi Hải, PGS. TS. Trần Thế Sơn (2006), *Kỹ thuật nhiệt*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 20/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 07/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/3/2024

Tổng hợp vật liệu nano vonframat pha tạp $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+} bằng phương pháp hóa ướt và khảo sát hoạt tính xúc tác quang phân hủy phẩm nhuộm

■ **ThS. VŨ THỊ XUÂN**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: xuanvt@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Vật liệu nano vonframat pha tạp $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+} đã được chế tạo thành công bằng phương pháp hóa ướt (thủy nhiệt - nung). Cấu trúc và hình thái bề mặt các vật liệu tổng hợp được xác định bằng các phương pháp XRD, SEM, UV-Vis và EDX. Các vật liệu tổng hợp được đều có cấu trúc tinh thể tetragonal. Hoạt tính xúc tác quang của các vật liệu đã được khảo sát trong quá trình phân hủy phẩm nhuộm xanh methylene (MB) dưới ánh sáng tử ngoại xa ở nhiệt độ thường. Kết quả cho thấy, vật liệu xúc tác đã chuyển hóa được 98,5% phẩm nhuộm xanh methylene trong nước thải công nghiệp dưới nguồn sáng tử ngoại.

TỪ KHÓA: Canxi vonframat pha tạp, xanh methylene (MB), hoạt tính xúc tác quang.

ABSTRACT: Nanocrystalline $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+} were successfully synthesized via wet chemical method. Resulting nanoparticles were characterized by XRD, SEM, UV-Vis and EDX analysis. The nanocrystals $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+} were in tetragonal symmetry. Photocatalytic activities of the characterised catalyst were examined by the decolourisation of methylene blue (MB) under ultraviolet radiation were conducted at room temperature. The results confirmed that nanoparticals were degraded about 98,5% methylene blue (MB) in industrial wastewater under ultraviolet sources.

KEYWORDS: Calcium tungstate, Methylene blue, photocatalytic activity.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, tình trạng ô nhiễm nguồn nước xảy ra phổ biến ở nhiều làng nghề dệt nhuộm. Để tiết giảm chi phí, nhiều hộ sản xuất chọn giải pháp xả thẳng nước thải chứa phẩm nhuộm vào môi trường. Nguồn nước ô nhiễm kéo theo nhiều hệ lụy như ô nhiễm không khí và ô nhiễm đất đai, về lâu dài sẽ ảnh hưởng xấu đến môi trường và sức khỏe của chính người dân làng nghề. Để xử lý chất màu hữu cơ, vật liệu nano xúc tác quang được coi là bước tiến trong công nghệ xử lý nước ô nhiễm. Trong số đó, vật liệu tungstate được khảo sát và cho thấy nhiều tiềm năng ứng dụng làm xúc tác quang phân hủy các hợp chất màu hữu cơ, đặc biệt là phẩm nhuộm [1-8]. Hệ vật liệu nano pha tạp trên nền vonframat $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+}còn có khả năng xúc tác quang chuyển hóa nhiều chất màu hữu cơ trong nước ô nhiễm dưới ánh sáng tử ngoại [1-2, 5-8].

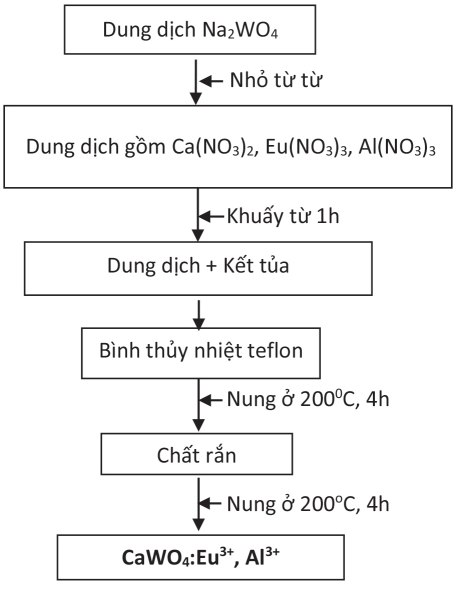
Trong nghiên cứu này, hệ vật liệu nano $CaWO_4$:4%Eu^{3+},x%Al^{3+} (x = 0, 2, 4, 6, 8) được tổng hợp theo phương pháp hóa ướt (thủy nhiệt-nung) và khảo sát hoạt tính xúc tác quang phân hủy phẩm nhuộm methylene blue (MB).

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Tổng hợp và xác định cấu trúc

Nhỏ từ từ dung dịch Na_2WO_4 vào dung dịch gồm $Ca(NO_3)_2$, $Eu(NO_3)_3$ và $Al(NO_3)_3$, khuấy từ ở 80^{0}C trong 1h để thực hiện phản ứng. Toàn bộ phần dung dịch và chất rắn tạo thành được cho vào bình thủy nhiệt teflon và tiến hành nung ở 200^{0}C trong 4h. Lọc lấy kết tủa và sấy khô ở 200^{0}C trong 4h, sau đó nghiền nhỏ thu được vật liệu $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+}.

Quá trình tổng hợp vật liệu $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+} được biểu diễn trên *Hình 2.1.*



Hình 2.1: Sơ đồ tổng hợp vật liệu $CaWO_4:Eu^{3+}$, Al^{3+}

Vật liệu $CaWO_4$:4%Eu^{3+}, x%Al^{3+} (x = 0, 2, 4, 6, 8) được xác định cấu trúc, hình thái đặc trưng và tính chất quang bằng phương pháp XRD, UV-Vis, SEM và EDX.

Giản đồ XRD được đo trên máy D8-Advance, Bruker (KαCu = 1,5418 Å) và ảnh SEM của vật liệu được ghi trên máy HITACHI S-4800 tại Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Phổ phản xạ khuếch tán UV-Vis của vật liệu được đo trên máy JASCO V-770 tại Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm I - Hà Nội. Phổ huỳnh quang được đo trên máy Nanolog, Horiba Jobin Yvon, nguồn kích thích là đèn xenon (450 W, λ = 250 - 800 nm), tại Viện Tiên tiến Khoa học và Công nghệ (AIST), Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

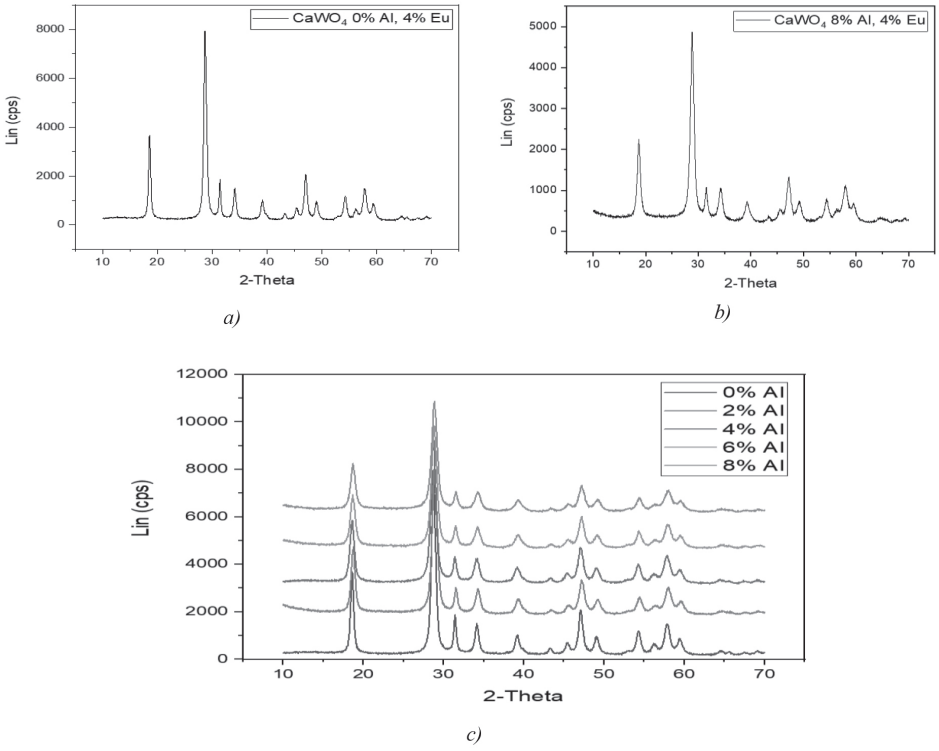
2.2. Khảo sát hoạt tính xúc tác

Vật liệu xúc tác $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+} được khảo sát với hàm lượng 2 g/L, nồng độ MB là 30 ppm. Đầu tiên, hệ xúc tác quang được khuấy 30 phút trong bóng tối để đạt cân bằng hấp phụ của MB trên bề mặt xúc tác. Sau đó, hệ xúc tác được chiếu bức xạ tử ngoại xa bằng đèn UV-C (254 nm). Mẫu dung dịch được lấy định kì theo thời gian, li tâm và đo quang ở bước sóng cực đại 660 nm để xác định nồng độ MB còn lại trong dung dịch. Nồng độ MB được xác định bằng máy đo UV-Vis S60 Biochorom tại Khoa Hóa học, Trường Đại học Sư phạm I - Hà Nội.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định cấu trúc vật liệu

Các hệ vật liệu $CaWO_4$:4%Eu^{3+}, x%Al^{3+} (x = 0, 2, 4, 6, 8) được xác định cấu trúc bằng phương pháp nhiễu xạ tia X *(Hình 3.1a, b và c)*.



Hình 3.1: Giản đồ nhiễu xạ tia X của vật liệu: a) - $CaWO_4$:4%Eu^{3+},0%Al^{3+}; b) - $CaWO_4$: 4%Eu^{3+},8%Al^{3+}và c) - $CaWO_4$:4%Eu^{3+},x%Al^{3+}

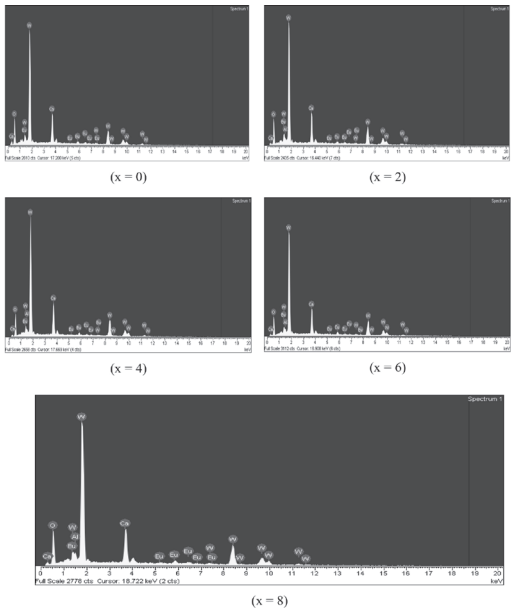
Kết quả trên *Hình 3.1* cho thấy các tinh thể $CaWO_4$:4%Eu^{3+}, x%Al^{3+} đều cấu trúc kiểu tetragonal ứng với thẻ chuẩn JCPDS số 72-1624, nhóm không gian: P2/c [10].

Bảng 3.1. Giá trị kích thước tinh thể trung bình (D) của vật liệu $CaWO_4$:4%Eu^{3+}, x%Al^{3+}

Vật liệu	β (rad)	cosθ	Kích thước tinh thể trung bình (nm)
$CaWO_4$:4%Eu,0%Al	0,0036294	0,9687	38,9
$CaWO_4$:4%Eu,2%Al	0,0043722	0,9684	32,4
$CaWO_4$:4%Eu,4%Al	0,0044733	0,9687	31,6
$CaWO_4$:4%Eu,6%Al	0,0047539	0,9686	29,8
$CaWO_4$:4%Eu,8%Al	0,0050478	0,9685	28,0

Kết quả *Bảng 3.1* cho thấy, giá trị kích thước tinh thể trung bình của vật liệu $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+} giảm khi tỉ lệ pha tạp Al^{3+} tăng do bán kính ion Al^{3+} nhỏ hơn bán kính ion Ca^{2+}. Kích thước trung bình của tinh thể vào khoảng 28 - 38 nm.

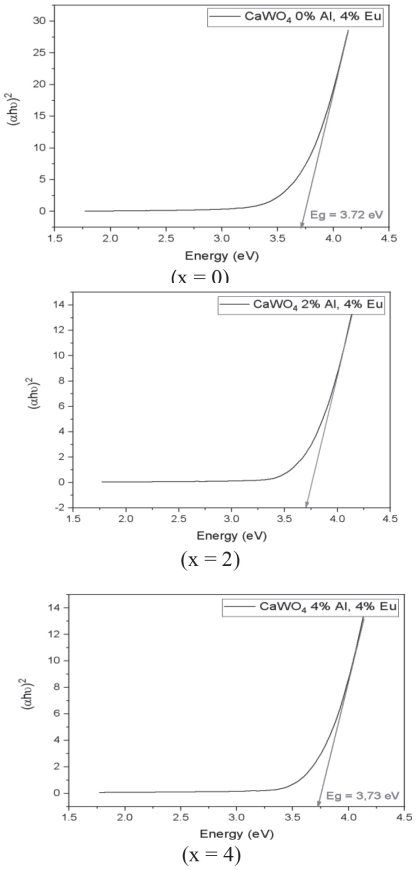
Tiếp theo, các nguyên tố trong thành phần vật liệu được xác định bằng phép đo EDX *(Hình 3.2)*.



Hình 3.2: Giản đồ tán xạ năng lượng tia X của vật liệu $CaWO_4$:4%Eu^{3+},x%Al^{3+}

Trên giản đồ EDX xuất hiện đầy đủ các nguyên tố trong mẫu vật liệu $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+}. Tỉ lệ phần trăm nguyên tử nặng Ca : W : Eu phù hợp tốt với thành phần dự kiến, còn hàm lượng các nguyên tử nhẹ là O và Al có sai số đáng kể .

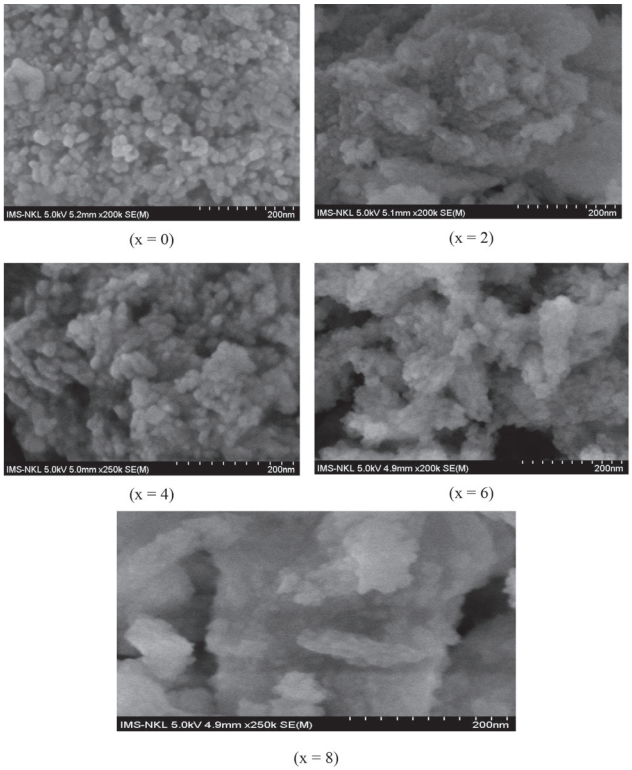
Một thông số quan trọng ảnh hưởng đến khả năng xúc tác của chất xúc tác bán dẫn là độ rộng vùng cấm, do vậy phổ hấp thụ UV-Vis của các vật liệu đã được ghi lại *(Hình 3.3)*.



Hình 3.3: Phổ hấp thụ UV-Vis của vật liệu $CaWO_4$:4%Eu^{3+},x%Al^{3+}

Kết quả trên *Hình 3.3* cho thấy, khi tăng hàm lượng Al^{3+} pha tạp từ 2% đến 8%, độ rộng vùng cấm có xu hướng tăng từ 3,70 eV đến 3,73 eV. Các giá trị này phù hợp với năng lượng vùng cấm của $CaWO_4$ trong khoảng 3,70 eV [1].

Hình thái bề mặt và kích thước hạt của vật liệu đã được xác định trên ảnh SEM *(Hình 3.4)*.

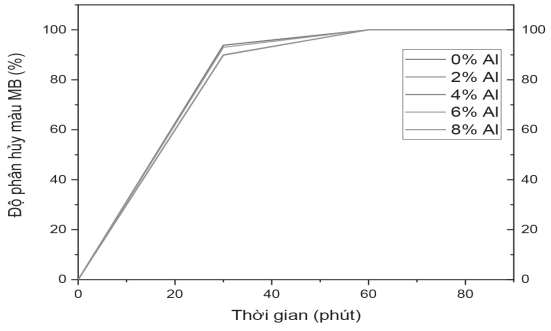


Hình 3.4: Ảnh SEM của hệ vật liệu nano $CaWO_4$:4%Eu^{3+},x%Al^{3+}

Kết quả *Hình 3.4* cho thấy các hạt vật liệu có khuynh hướng phân bố kết đám, dạng hình cầu, kích thước hạt đồng đều với chiều dài trung bình khoảng 30 - 40 nm.

3.2. Khảo sát hoạt tính xúc tác quang phân hủy phẩm nhuộm

Hoạt tính xúc tác quang của hệ vật liệu nano $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+} trong nghiên cứu chuyển hóa MB được thực hiện dưới nguồn chiếu sáng tử ngoại với sự có mặt của H_2O_2 nồng độ 30 ppm. Kết quả cho thấy, tất cả các vật liệu $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+} đều có hoạt tính quang xúc tác tốt, phân hủy gần như hoàn toàn MB chỉ sau 60 phút chiếu sáng *(Hình 3.5)*.



Hình 3.5: Sự chuyển hóa MB theo thời gian trên vật liệu xúc tác $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+}

Kết quả trên *Hình 3.5* cho thấy, trong điều kiện thí nghiệm, hệ vật liệu $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+} có khả năng chuyển hóa gần như hoàn toàn MB.

Cơ chế của quá trình xúc tác quang của vật liệu bán dẫn trên nền $CaWO_4$ được giải thích như sau: Khi chiếu ánh sáng tử ngoại, electron trong vùng vùng hóa trị (valence band, VB) hấp thụ ánh sáng, chuyển lên vùng dẫn (conduction band, CB). Quá trình kích thích này tạo ra electron tự do trên vùng dẫn (e^-_{CB}) và lỗ trống dương dưới vùng hóa trị (h^+_{VB}). Sau đó, các electron tự do và lỗ trống dương phản ứng với các phân tử O_2, H_2O và H_2O_2 trong dung dịch theo phản ứng sau:

$$h^+_{VB} + OH^- \rightarrow \bullet OH$$
$$h^+_{VB} + H_2O \rightarrow \bullet OH + H^+$$
$$e^-_{CB} + O_2 \rightarrow O_2^-$$
$$e^-_{CB} + H_2O_2 \rightarrow \bullet OH + OH^-$$

Ion superoxide O_2^- và gốc tự do HO• là các tác nhân oxi hóa mạnh, sẽ oxi hóa phân tử phẩm nhuộm MB thành các sản phẩm vô cơ đơn giản.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, hệ vật liệu nano $CaWO_4$:4%Eu^{3+}, x%Al^{3+} (x =0, 2, 4, 6, 8) đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp hóa ướt (thủy nhiệt - nung). Vật liệu thu được đều có cấu trúc đơn pha, ở dạng tetragonal. Các hạt vật liệu có dạng hình cầu, phân bố tương đối kết đám. Thăm dò khả năng xúc tác quang của vật liệu CaWO4: Eu^{3+}, Al^{3+} trong phản ứng phân hủy phẩm nhuộm methylene blue ở nồng độ 30 ppm có mặt xúc tác H_2O_2. Kết quả cho thấy khả năng xúc tác tăng dần khi tăng phần trăm pha tạp Al^{3+} và cũng cho thấy khả năng phân hủy màu tốt của vật liệu $CaWO_4$. Như vậy, các vật liệu $CaWO_4$:Eu^{3+}, Al^{3+} cũng thể hiện hoạt tính xúc tác tốt, chuyển hóa gần như hoàn toàn MB khi có mặt H_2O_2 chỉ sau 60 phút chiếu sáng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CB-011.

Tài liệu tham khảo

[1]. LopezXA, etal. (2016), *Synthesis, characterization and photocatalytic evaluation of MWO4 (M=Ni,Co,Cu and Mn) tungstates*, International Journal of Hydrogen Energy.

[2]. Leipeng Li , Feng Qin, Yuan Zhou, Yangdong Zheng, Jipeng Miao, Zhiguo Zhang (2020), *Photoluminescence and time-resolved-luminescence of CaWO4: Dy3þ phosphors*, Journal of Luminescence 224.

[3]. Z. Kowalski, S.M. Kaczmareka, W. Drozdowski, M.E. Witkowski (2018), *Radioluminescence, low temperature thermoluminescence and scintillation properties of Ca and Eu doped ZnWO4 single crystals*, Radiation Measurements 118, 1-7.

[4]. Ying, Zhang, Ruimei Fan, Qinku Zhang, Ying Chen, Omaid Sharifi, Danuta Leszczynska, Rong Zhang, Qilin Dai (2019), *Synthesis of CaWO4-biochar Nanocomposites for Organic Dye Removal*, Materials Chemistry and Physics.

[5]. N.F.A. Netoa, T.B.O. Nunes, M. Li, E. Longob, M.R.D. Bomioa, F.V. Motta (2019), *Influence of microwave-assisted hydrothermal treatment time on the crystallinity, morphology and optical properties of ZnWO4 nanoparticles: Photocatalytic activity*, Ceramics International.

[6]. K. Qureshi, M.Z. Ahmad, I. A. Bhatti (2019), *Graphene oxide decorated ZnWO4 architecture synthesis, characterization and photocatalytic activity evaluation*, Journal of Molecular Liquids 285, 778-789.

[7]. D. Sivaganesh, S. Saravanakumar, V. Sivakumar (2019), *Surfactants-Assisted Synthesis of ZnWO4 Nanostructures: A view on Photocatalysis, Photoluminescence and Electron Density Distribution Analysis*, Materials Characterization.

[8]. Vũ Thị Xuân, Nguyễn Văn Hải, Nguyễn Thùy Dương (2022), *Vật liệu nano MWO4 (M = Ca, Mn, Co): Tổng hợp và khảo sát hoạt tính xúc tác quang phân hủy phẩm nhuộm đỏ*, Tạp chí Phân tích Hóa, Lý và Sinh học, tập 27, số 1, 42-46.

[9]. T. Yaba, R. Wangkhem, N.S. Singh (2020), *Enhanced red emission from Bi3+ sensitized CaWO4:Eu3+ as red component for near UV/blue LED pumped white light emission*, Journal of Alloys and Compounds.

[10]. Chinadurai Ayappana, Baskaran Palanivel, Venkatesan Jayaramana, Thandavarayan Maiyalaganb, Alagiri Mani (2019), *One-step hydrothermal synthesis of CaWO4/α-Ag2WO4 heterojunction: An efficient photocatalyst for removal of organic contaminants*, Materials Science in Semiconductor Processing 104, 104693.

[11]. C. Zuo, W. Tang, Y. Li, C. Ma, X. Yuan (2021), *Fabrication and optical properties of Eu3+-doped Ba(Zr, Mg, Ta)O3 transparent fluorescent ceramics*, Journal of Luminescence 240, 118408.

Ngày nhận bài: 05/01/2024
Ngày nhận bài sửa: 20/02/2024
Ngày chấp nhận đăng: 15/3/2024

Nghiên cứu các giải pháp nâng cao an toàn hành hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam

■ **TS. MAI BÁ LĨNH**
Vụ Khoa học - Công nghệ và Môi trường (Bộ Giao thông vận tải)
Email: maibalinhbogtvt@gmail.com

TÓM TẮT: Bài báo đưa ra các giải pháp để nâng cao an toàn hành hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam. Trong đó, trên cơ sở khảo sát, thực tiễn và nhiều năm kinh nghiệm trong lĩnh vực bảo đảm an toàn hàng hải đưa ra các giải pháp phù hợp thực tiễn hiện nay, phù hợp với xu thế phát triển ngành Hàng hải, đặc biệt giúp ngành Hàng hải bắt kịp với xu thế ứng dụng cách mạng công nghiệp lần thứ 4.

Kết quả có thể giúp các nhà khoa học có các nghiên cứu tiếp theo; các nhà quản lý, xây dựng chính sách có hướng đi mới để góp phần thành công thực hiện Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 của Ban Chấp hành Trung ương về chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

TỪ KHÓA: Nâng cao an toàn hành hải.

ABSTRACT: In this article, solutions are proposed to improve the safety of ship navigation in Vietnam's maritime channels. In particular, on the basis of survey, practice and many years of experience in the field of maritime safety assurance, solutions are proposed that are suitable to current practice and in accordance with the development trend of the maritime industry, specifically it helps the maritime industry keep up with the trend of applying the 4th industrial revolution.

The results can help scientists with further research, managers and develop targeted policies. new steps to contribute to the successful implementation of Resolution No. 36-NQ/TW dated October 22, 2018 of the Central Executive Committee on the strategy for sustainable development of Vietnam's marine economy until 2030, with a vision to 2045

KEYWORDS: Improving the safety of ship navigation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam có đường bờ biển dài khoảng 3.260 km, khoảng hơn 3.000 đảo và quần đảo lớn nhỏ. Trong đó, hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa có vị trí chiến lược rất quan trọng, các vùng biển thuộc chủ quyền, quyền chủ quyền và quyền tài phán quốc gia rộng hơn 1 triệu km^2 (trải dài trên 28 tỉnh, thành phố ven biển).

Nhận thức được tầm quan trọng cũng như vai trò to lớn của biển đảo trong phát triển kinh tế - xã hội, Hội nghị lần thứ tư Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa X đã thông qua Nghị quyết số 09-NQ/TW ngày 09/02/2007 về "Chiến lược biển Việt Nam đến năm 2020" [1]. Trên cơ sở kế thừa những việc làm được, khắc phục những tồn tại yếu kém, Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 của Ban Chấp hành Trung ương về chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 khẳng định vị trí, tầm quan trọng trong phát triển kinh tế biển, đồng thời xác định nhiệm vụ đưa nước ta trở thành quốc gia mạnh về biển, giàu từ biển. Để cụ thể hóa mục tiêu đó, cần thực hiện đồng bộ nhiều giải pháp mang tính đổi mới, sáng tạo, đột phá trong thời gian tới [2].

Do vậy, việc nghiên cứu các giải pháp nâng cao an toàn hành hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam là hết sức cần thiết, đóng góp cho thành công trong việc triển khai thực hiện nghị quyết nêu trên.

2. THỰC TRẠNG VỀ CÁC TUYẾN LUỒNG HÀNG HẢI VIỆT NAM

2.1. Đặc tính các tuyến luồng hàng hải Việt Nam

Hiện cả nước có 45 luồng hàng hải công cộng và 34 luồng hàng hải chuyên dùng với tổng chiều dài khoảng 1.260 km. Các tuyến hàng hải này căn cứ vào đặc thù vùng miền được chia ra làm 6 khu vực bao gồm: Khu vực Bắc Trung bộ, Đông Bắc bộ, Trung bộ, Nam Trung bộ, Đông Nam bộ, Tây Nam bộ, bao gồm 45 tuyến luồng hàng hải đã và đang được đưa vào sử dụng, khai thác.

Đối với các đặc điểm có ảnh hưởng tới an toàn hàng hải của tàu thuyền, trên cơ sở đặc tính về bán kính cong, bề rộng và chiều dài các tuyến luồng hàng hải qua khảo sát có thể tổng kết lại như sau: Chiều dài đoạn luồng trung bình vào khoảng 1.856 m trước khi tàu chuyển sang góc ngoặt sang đoạn tiếp theo với bề rộng trung bình là 121 m, bán kính cong trung bình cho mỗi đoạn làm tròn đến độ là $154^0 00' 00''$. Các bán kính cong này hầu như đảm bảo điều khiển tàu hành hải tại chế độ bình thường.

Để đảm bảo hiệu quả trong quản lý, đầu tư xây mới cũng như duy tu bảo dưỡng các tuyến luồng, cấp luồng hàng hải tương ứng với mỗi tuyến luồng được xác định

trên cơ sở căn cứ vào vai trò, chức năng và đặc điểm riêng của tuyến luồng (tầm quan trọng, thông số kỹ thuật của luồng, mật độ tàu thuyền hành hải, chủng loại tàu thuyền, hàng hóa vận chuyển...). Trên cơ sở vai trò, chức năng, các luồng hàng hải Việt Nam được chia thành 4 cấp cụ thể như tại *Bảng 2.1*, bên cạnh đó bán kính cong tối thiểu đạt được của các tuyến luồng hàng hải theo như *Bảng 2.2* dưới đây.

Bảng 2.1. Phân loại các luồng hàng hải hiện nay

Cấp luồng	Vai trò, chức năng của luồng hàng hải
I	- Là những tuyến luồng trọng điểm, quan trọng phục vụ cho phát triển kinh tế của vùng và cả nước (vào các khu vực cảng loại I hoặc IA); hoặc có tầm quan trọng đối với an ninh - quốc phòng (dẫn vào các cảng, khu vực quân sự...). - Có thể khai thác hiệu quả đối với tàu biển và các phương tiện thủy có tải trọng từ 20.000 tấn trở lên. - Lượng hàng thông qua đạt 3,0 triệu tấn/năm.
II	- Là những tuyến luồng trọng điểm, quan trọng phục vụ cho phát triển kinh tế của cả nước hoặc vùng (vào các khu vực cảng loại I hoặc II). - Có thể khai thác hiệu quả đối với tàu biển và các phương tiện thủy có tải trọng từ 10.000 tấn đến dưới 20.000 tấn. - Lượng hàng thông qua đạt 2,0 triệu tấn/năm.
III	- Là những tuyến luồng, quan trọng phục vụ cho phát triển kinh tế của cả nước hoặc vùng (vào các khu vực cảng loại I hoặc II). - Có thể khai thác hiệu quả đối với tàu biển và các phương tiện thủy có tải trọng từ 5.000 tấn đến dưới 10.000 tấn. - Lượng hàng thông qua đạt 1,0 triệu tấn/năm.
IV	- Là những tuyến luồng, quan trọng phục vụ cho phát triển kinh tế của cả nước hoặc vùng hoặc địa phương (vào các khu vực cảng loại II hoặc III). - Có thể khai thác hiệu quả đối với tàu biển và các phương tiện thủy có tải trọng dưới 5.000 tấn. - Lượng hàng thông qua đạt 1,0 triệu tấn/năm.

Bảng 2.2. Bán kính cong tối thiểu của các tuyến luồng hàng hải đã đạt được

Góc chuyển hướng	Bán kính cong tối thiểu đạt được
<>	3 L
Từ 25^0 đến nhỏ hơn 35^0	5 L
Từ 35^0 đến nhỏ hơn 55^0	8 L
Lớn hơn 55^0	10 L

Trong đó: L - Chiều dài tàu tính toán.

2.2. Các trang thiết bị trên các tuyến luồng hàng hải phục vụ an toàn hàng hải

Đối với báo hiệu nổi: Nhìn chung, các tuyến luồng hàng hải đều được bố trí các báo hiệu này đầy đủ với khoảng cách giữa hai báo hiệu trên cùng một phía luồng như sau:

Đối với đoạn luồng thẳng: Đối với đoạn luồng có sử dụng chập tiêu: L = 0,6.R (m); đối với đoạn luồng không sử dụng chập tiêu: L = 0,4.R (m). Trong đó: R là tầm hiệu lực của báo hiệu nổi trong điều kiện hệ số truyền quang của khí quyển T = 0,74, tính bằng km. Đối với đoạn luồng cong chuyển hướng, bố trí 3 cặp phao báo hiệu bắt đầu từ đầu đoạn cong, giữa đoạn cong và kết thúc đoạn cong.

Trên các tuyến luồng hiện nay, khoảng cách theo phương ngang từ biên luồng tới rùa neo phao được bố trí xác định bằng công thức như sau:

$$A = R + E + m.h_o \quad (1)$$

Trong đó: A - Khoảng cách theo phương ngang từ biên luồng tới rùa neo phao; R - Bán kính quay vòng của phao, tính bằng mét; E - Sai số xác định vị trí, tính bằng mét; h_o - Chiều sâu thành bờ kênh, tính bằng mét; m - Hệ số mái dốc kênh.

Để đảm bảo an toàn hàng hải cho các tàu thuyền hoạt động thì hệ thống báo hiệu hàng hải phải hoạt động liên tục, hiệu quả, qua khảo sát thấy rằng các báo hiệu trên các tuyến luồng hàng hải hiện nay nhìn chung đã đáp ứng được các yêu cầu thông qua chỉ số khả dụng, cụ thể như sau:

Bảng 2.3. Chỉ số khả dụng tối thiểu đã đạt được của báo hiệu hiện nay

Đơn vị tính bằng %

Loại báo hiệu hàng hải	Chỉ số khả dụng tối thiểu đạt được ứng với cấp luồng			
	Cấp I	Cấp II	Cấp III	Cấp IV
Đăng tiêu, chập tiêu, báo hiệu chướng ngại vật biệt lập và báo hiệu chướng ngại vật nguy hiểm mới phát hiện	98,9	98,3	97,8	97,2

Báo hiệu chuyển hướng luồng, báo hiệu phương vị và báo hiệu chuyên dùng để phân luồng giao thông	98,3	97,8	97,2	96,7
Báo hiệu hai bên luồng, báo hiệu vùng nước an toàn và báo hiệu chuyên dùng	97,8	97,2	96,7	96,1

3. PHƯƠNG ÁN NGHIÊN CỨU ĐỂ GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Bằng các nghiên cứu thực tiễn, khảo sát thực tế về công tác đảm bảo an toàn hàng hải, trao đổi với các chuyên gia, thuyền viên, hoa tiêu hoạt động trong lĩnh vực này đưa ra phương án gắn thực tiễn với lý luận nhằm đưa ra các giải pháp thiết thực nhằm nâng cao an toàn hành hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam.

Nghiên cứu, thu thập, phân tích năng lực sỹ quan, thuyền viên điều khiển tàu; các trường hợp xử lý tình huống có nguy cơ mất an toàn trên luồng; tổng hợp đánh giá, lựa chọn công nghệ, kỹ thuật trong đảm bảo an toàn hàng hải; dự báo xu thế phát triển vận tải biển trong khu vực, trên có sở đó đưa ra các giải pháp để nâng cao an toàn hàng hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO AN TOÀN HÀNH HẢI TÀU THUYỀN TẠI CÁC VÙNG NƯỚC CẢNG BIỂN

4.1. Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong nâng cao an toàn hành hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam

Cùng với sự phát triển, ứng dụng mạnh mẽ trí tuệ nhân tạo trong đời sống xã hội đem lại hiệu quả to lớn thì lĩnh vực bảo đảm an toàn hàng hải cũng không ngoại lệ. Để nâng cao an toàn hàng hải tàu thuyền thì chúng ta cần đặc biệt quan tâm đến các yếu tố: Chất lượng thuyền viên, kết cấu hạ tầng hàng hải, phương tiện và các thiết bị hỗ trợ trên bờ. Các giải pháp được coi là khả thi, hiệu quả nếu có tính thực tiễn và đạt được mục tiêu dẫn tàu vào và rời vùng nước cảng biển an toàn.

Qua thực tiễn thấy rằng, đảm bảo an toàn hàng hải mang nhiều nét đặc trưng của một nghề, trong đó tiêu chí quan trọng nhất đó là kỹ năng, kinh nghiệm của thuyền viên. Tuy nhiên, các cơ sở đào tạo, huấn luyện khác nhau sẽ có chất lượng thuyền viên khác nhau và điều này có ảnh hưởng tới an toàn hàng hải cho các tàu thuyền. Thêm vào đó, các tàu nước ngoài có thuyền viên nước ngoài chất lượng, kỹ năng, tập quán rất khác nhau và chưa được kiểm chứng, đánh giá, do vậy cũng ảnh hưởng tới an toàn hành hải tàu thuyền tại các vùng nước cảng biển. Mặc dù vậy, chúng ta đã đảm bảo an toàn hàng hải cho hàng triệu lượt tàu thuyền ra vào, hình thành các kinh nghiệm quý báu và các kinh nghiệm này để phát huy, trợ giúp được cho các thuyền viên Việt Nam, thuyền viên nước ngoài trong thời gian tới thì những công việc đã thực hiện phải được tổng hợp, thống kê, đúc rút, lưu trữ chuyển thành dữ liệu lớn (Big data). Để làm được việc này, trước hết phải xây dựng được mẫu thu thập dữ liệu, mẫu này có thể đề xuất như *Bảng 4.1* sau:

Bảng 4.1. Mẫu thu thập dữ liệu về an toàn hành hải tàu thuyền

	Tàu chủ							**Tàu mục tiêu**			**Kết quả**
Thông số	Tải trọng	Tốc độ	Hướng tàu	Thời điểm thay đổi hướng	Giá trị góc bẻ lái	Hướng đi mới	Thời điểm đè lái (để duy trì hướng đi mới)	Vị trí tương quan	Hướng	Tốc độ	An toàn cao hoặc an toàn hoặc không an toàn và các khuyến cáo
Tàu 1											
…											

Trên cơ sở các dữ liệu được tổng hợp như trên, chúng ta có thể lựa chọn phương án chạy tàu an toàn như: Tốc độ, hướng đi, thời điểm thay đổi hướng, góc bánh lái, hướng đi mới, thời điểm đè lái giữ hướng đi mới, dòng chảy. Điều này được xử lý bởi học máy (Machine learning), cho phép máy móc hiểu được các tập dữ liệu đưa ra những khuyến cáo cho thuyền viên, hoa tiêu về tốc độ, hướng đi, thời điểm đổi hướng, giá trị góc bẻ lái, hướng đi mới, thời điểm đè lái (để duy trì hướng đi mới) với độ chính xác cao, ngoài ra cũng đưa ra đánh giá, cảnh báo về các nguy cơ đâm va giữa tàu chủ và các tàu mục tiêu [3-5].

Đối với tác động của sóng gió, dòng chảy, các yếu tố khí tượng thủy văn thì đã biểu hiện qua hướng đi của tàu và góc bẻ lái, do vậy chúng ta có thể chỉ xét tới các yếu tố này bằng gắn nhãn dữ liệu để đưa ra các khuyến cáo, cảnh báo.

Ngoài ra, trên tàu thuyền nên lắp đặt các cảm biến về khoảng cách, nhận diện tàu thuyền mục tiêu, cảm biến tốc độ,

cảm biến tầm nhìn, công nghệ cảm biến độ sâu lidar, hệ thống giám sát góc nhìn xung quanh… để có thông tin tích hợp hỗ trợ an toàn hàng hải. Cùng với đó, với mỗi lượt dẫn tàu an toàn thì dữ liệu lại được lưu trữ để đưa ra các khuyến cáo hiệu quả, chính xác cho thuyền viên và hoa tiêu.

4.2. Xây dựng, ứng dụng hành hải điện tử (E-Navigation) trong lĩnh vực hàng hải

E-Navigation là sự thu thập, tích hợp, trao đổi, biểu thị và phân tích thông tin hải sự trên tàu và trên bờ được làm hài hòa bằng phương pháp điện tử nhằm nâng cao hàng hải từ cầu cảng đến cầu cảng và các dịch vụ liên quan đảm bảo an toàn, an ninh trên biển và bảo vệ môi trường biển [6].

Để xây dựng E-Navigation cần thiết lập các thành phần sau:

- Trên tàu: E-Navigation sẽ bao gồm các hệ thống hàng hải được tích hợp các bộ cảm biến của tàu, trợ giúp truyền thông cho thuyền viên, hệ thống cảnh báo và báo động.

- Trên bờ: E-Navigation sẽ bao gồm hệ thống quản lý tàu thuyền và hệ thống điều tiết, phối hợp và trao đổi dữ liệu chi tiết để hỗ trợ, trợ giúp hành hải tàu thuyền.

- Kết nối: Thiết lập hạ tầng kết nối cung cấp việc chuyển tải thông tin giữa các tàu, giữa tàu và bờ, giữa các cơ quan, đơn vị, doanh nghiệp, cá nhân có liên quan.

Các thông tin đầu ra do E-Navigation cung cấp phải đạt được như sau: Thông tin về thủy văn, khí tượng, hàng hải và các nguy cơ rủi ro cho an toàn và an ninh hàng hải của tàu; quan sát và quản lý lưu thông tàu thuyền từ các cơ sở trên bờ, ven biển, tùy nơi tương ứng; trao đổi dữ liệu, từ tàu đến tàu, bờ đến tàu, bờ đến bờ và đơn vị, cá nhân có liên quan; hỗ trợ thông tin ứng phó khẩn cấp, dịch vụ tìm kiếm cứu nạn; trao đổi thông tin trên tàu và trên bờ thông qua giao diện người-máy.

Hiện nay, chúng ta đã xây dựng được hệ thống kết nối, liên lạc giữa các cá nhân, tổ chức có liên quan; đã xây dựng được hải đồ điện tử; đã lắp đặt kết nối hệ thống AIS trên bờ, trên tàu, trên các phao báo hiệu hàng hải, đường thủy; đã có một số trạm VTS đang hoạt động... Do vậy, trên cơ sở tận dụng hạ tầng hiện hữu, chúng ta cần phải xây dựng hoàn chỉnh hệ thống E-Navigation để đảm bảo an toàn hàng hải hơn nữa.

4.3. Lựa chọn vị trí các cảng biển tận dụng được xu thế phát triển

Thực tế cho thấy nhiều cảng biển chính tại nước ta đang chuẩn bị hết công suất sử dụng, trong khi đó chiến lược triển khai lại chưa cụ thể. Vì thế, việc đầu tư tăng công suất tại các cảng biển chính là vấn đề cấp thiết, ngoài ra Chính phủ cũng định hướng phát triển hệ thống cảng Việt Nam giống như các cảng lớn trên thế giới như Singapore, Trung Quốc… Đó là, phát triển hệ thống cảng nước sâu, phía Nam có khu vực Cái Mép - Thị Vải (Bà Rịa - Vũng Tàu) và phía Bắc có khu vực Lạch Huyện (TP. Hải Phòng) được lựa chọn trở thành vị trí cảng biển chiến lược, đóng vai trò là một trong các cảng trung chuyển lớn trong khu vực và trên thế giới.

Tuy nhiên, việc tập trung phát triển quá nhiều cảng vào một vùng có thể làm mật độ tàu thuyền tăng cao dẫn đến nguy cơ mất an toàn hành hải gia tăng. Do hiện nay, về cơ bản hệ thống cảng biển của chúng ta đã đáp ứng được nhu cầu nội địa, do vậy việc lựa chọn vị trí các cảng phải tính tới các yếu tố quốc tế, phục vụ nhu cầu vận chuyển quốc tế với tầm nhìn dài hơi mà ở đây phải xây dựng được cảng là trung tâm kết nối, trung chuyển của khu vực. Để làm được điều này thì việc dự báo, đón đầu xu thế là rất cần thiết. Đối với miền Bắc do có thuận lợi về mặt địa lý, do vậy cần tính toán địa điểm để phục vụ nhu cầu hàng hóa quá cảnh, trung chuyển của Trung Quốc, đối với phía Nam cần phải tính toán trên cơ sở kênh đào Kra (Thái Lan) sẽ được đầu tư xây dựng, chỉ có như vậy chúng ta mới có thể kỳ vọng có được cảng biển có quy mô, tầm vóc quốc tế mà không bỏ lỡ mất có hội quý giá này.

5. KẾT LUẬN

Trên đây là tóm tắt kết quả nghiên cứu các giải pháp nâng cao an toàn hành hải tàu thuyền tại các tuyến luồng hàng hải Việt Nam, khi triển khai ứng dụng vào trong thực tiễn sẽ góp phần không nhỏ để nâng cáo an toàn tàu thuyền, tăng hiệu quả khai thác kết cấu hạ tầng hàng hải. Điều đặc biệt là giúp ngành Hàng hải bắt kịp với xu thế ứng dụng cách mạng công nghiệp lần thứ 4. Kết quả có thể giúp các nhà khoa học, nhà quản lý có hướng đi mới, góp phần thực hiện thành công Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 của Ban Chấp hành Trung ương về chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Nghị quyết số 09 - NQ/TW ngày 09/02/2007 của Ban Chấp hành Trung ương về Chiến lược biển Việt Nam đến năm 2020.*

[2]. *Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018 của Ban Chấp hành Trung ương về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.*

[3]. Seadronix (2017), *Autonomous navigation ship controlling apparatus using ensemble artificial neural network combination and method therefor*.

[4]. Seadronix (2023), *Autonomous navigation method using image segmentation*.

[5]. Seadronix (2023), *Method for acquiring movement attributes of moving object and apparatus for performing the same*.

[6]. Nguyễn Mạnh Cường, Phan Văn Hưng (01/2021), *Những lợi ích của E-Navigation và xu hướng phát triển*, Tạp chí Khoa học hàng hải, 65.

Ngày nhận bài: 14/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/4/2024

Nghiên cứu, ứng dụng điều khiển biến tần - động cơ trong điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco dùng cho máy chính tàu thủy

■ **TS. NGUYỄN HỮU QUYỀN(*); ThS. PHAN ĐĂNG ĐÀO**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)quyennh.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo đề cập đến vấn đề nghiên cứu cấu trúc bộ điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabsteco dùng cho máy chính tàu thủy. Nghiên cứu, xây dựng ghép nối điều khiển giữa biến tần - động cơ - màn hình giám sát HMI (Human Machine Interface). Thiết kế bộ điều khiển dùng ghép nối biến tần - động cơ - HMI để thay thế cho khối điều khiển ADU (Actuator Drive Unit) trong cấu trúc hệ thống điều khiển điều tốc điện tử hãng Nabtesco - MG800 khi khối điều khiển ADU bị hư hỏng.

TỪ KHÓA: Điều tốc điện tử Nabtesco - MG800, bộ điều khiển biến tần - động cơ - HMI, bộ điều khiển ADU - MG800.

ABSTRACT: The article refers to the problem of research the structure of Nabtesco's MG800 electronic Governor controller used for Main engines of ships. Research and build control connection between Inverter - Motor - HMI. Design a controller using an Inverter - Motor - HMI connection to replace the ADU control block in the structure of Nabtesco's MG800 electronic Governor control system when the ADU control block is trouble.

KEYWORDS: Nabtesco's MG800 electronic Governor controller, Inverter - Motor - HMI controller, ADU-MG800 controller.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống điều khiển điều tốc là hệ thống quan trọng không thể thiếu đối với động cơ máy chính tàu thủy. Bộ điều tốc có chức năng duy trì tốc độ, ổn định cho trục khuỷu động cơ khi tốc độ đặt là không đổi và mức tải có thể thay đổi tăng/giảm đột ngột hoặc liên tục. Bộ điều tốc giúp giới hạn vận tốc quay tối đa của trục khuỷu nhằm tránh các hư hỏng tới động cơ và ổn định được mọi tốc độ theo yêu cầu làm việc ở nhiều chế độ khác nhau. Hiện nay, với mức độ phát triển của lĩnh vực điện tử tự động hóa thì hầu hết các máy chính trên tàu thủy được trang bị hệ thống điều khiển điều tốc điện tử, điều này làm nâng cao chất lượng điều khiển máy chính nhưng ngược lại cũng gây ra không ít khó khăn khi khai thác, sửa chữa, nhất là khi hệ thống có sự cố hư hỏng một phần trong cấu trúc điều khiển.

Hiện nay, trên các đội tàu biển Việt Nam đang sử dụng hệ thống điều khiển điều tốc máy chính do các hãng nước ngoài sản xuất như: Nabtesco, Kongsberg, SAM, Lyngso Marine... Đây là hệ thống điều khiển điều tốc máy chính tương đối hiện đại, phức tạp có nhiều vòng lặp điều khiển. Khi hệ thống này gặp sự cố hư hỏng thì việc sửa chữa, khắc phục là khó khăn, việc xử lý cần có chuyên gia của hãng và thiết bị thay thế phải đặt từ hãng với giá thành cao, nhiều thiết bị có model đời cũ hiện hãng không còn sản xuất, việc thay thế những phần tử đó đôi khi kéo theo phải thay thế cả hệ thống.

Đối với cấu trúc điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco lắp đặt trên tàu thủy, sau thời gian khai thác từ 10 -15 năm thì thường bị hư hỏng khối ADU và hiện nay hãng Nabtesco không còn sản xuất Model ADU này nữa, do vậy việc thay thế khối ADU thường phải đi kèm với việc thay thế vỉ ghép nối, động cơ Servo mới... với chi phí rất cao.

Xuất phát từ vấn đề đó, việc nghiên cứu thay thế khối điều khiển ADU trong hệ thống điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco dùng cho máy chính tàu thủy sẽ là một giải pháp hiệu quả, đáp ứng được yêu cầu về kỹ thuật, thời gian cũng như giá thành thiết bị. Việc nghiên cứu này góp phần vào sự phát triển nội địa hóa các thiết bị trên tàu biển Việt Nam.

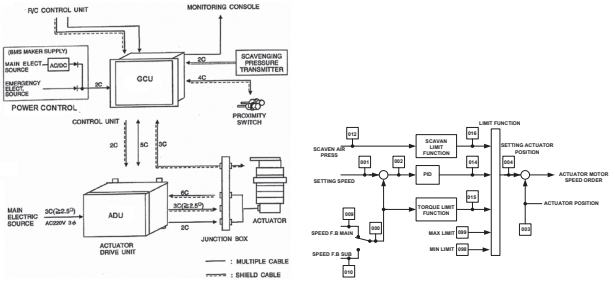
2. CẤU TRÚC, NGUYÊN LÝ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐIỀU TỐC ĐIỆN TỬ MG800 HÃNG NABTESCO TRÊN TÀU THỦY

2.1. Cấu trúc hệ thống điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco trên tàu thủy

Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều tốc điện tử hãng Nabtesco trên tàu thủy được mô tả như trên *Hình 2.1a.*

Cấu trúc hệ thống điều khiển bao gồm các khối điều khiển sau [3]:

Khối Actuator: Là động cơ servo có chức năng điều khiển chuyển động của thanh răng nhiên liệu để thay đổi lượng nhiên liệu vào động cơ máy chính, làm thay đổi tốc độ máy chính theo tốc độ đặt.



a) - Sơ đồ cấu trúc *b) - Sơ đồ nguyên lý điều khiển*

Hình 2.1: Sơ đồ cấu trúc chung hệ thống điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco trên thủy

Khối nguồn điều khiển - Power control: Là khối cấp nguồn điều khiển, có chức năng cấp nguồn điều khiển 24VDC cho toàn bộ hệ thống điều khiển.

Khối nguồn động lực - Main electric source: Là khối cấp nguồn động lực, có chức năng cấp nguồn động lực 3 pha vào khối ADU để điều khiển động cơ Servo.

Khối cảm biến: Có chức năng thu thập các tín hiệu cần thiết như: Tốc độ, áp suất, vị trí... gửi về bộ điều khiển điều tốc GCU.

Khối giám sát báo động - Monitoring console: Là khối giám sát báo động, có chức năng giám sát, hiển thị các báo động của hệ thống.

Khối tín hiệu điều khiển - R/C control unit: Là khối phát lệnh điều khiển máy, có chức năng xuất tín hiệu điều khiển tốc độ máy chính theo lệnh điều khiển từ buồng lái.

Khối điều khiển GCU - Governor Control Unit: Đây là khối điều khiển trung tâm. Chức năng của khối này là nhận tín hiệu điều khiển tốc độ máy chính từ tay điều khiển (tín hiệu khối R/C control Unit), xử lý lệnh điều khiển theo thuật toán (thuật toán được xây dựng như mô tả *ở Hình 2.1b*), xuất tín hiệu điều khiển tới khối ADU, đồng thời nhận tín hiệu phản hồi vị trí thanh răng nhiên liệu và tốc độ máy chính thông qua khối cảm biến tốc độ, đồng thời có chức năng duy trì tốc độ máy theo tốc độ đặt.

Khối điều khiển Servo ADU - Actuator Driver Unit: Đây là khối điều khiển động cơ Servo, khối này có chức năng xuất tín hiệu điều khiển động cơ Servo (Actuator) để điều khiển dịch chuyển thanh răng nhiên liệu làm tốc độ máy thay đổi theo tín hiệu đặt từ tay điều khiển, khối điều khiển này có 2 vòng lặp, vòng lặp tốc độ và vòng lặp vị trí.

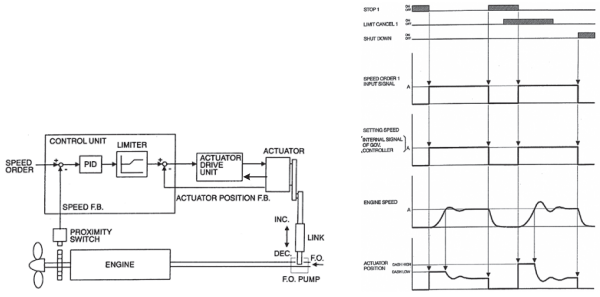
Nguyên lý hệ thống điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco trên thủy được mô tả trên *Hình 2.1b*. Nguyên lý điều khiển của hệ thống được điều khiển theo nguyên lý lặp, hệ thống điều khiển có 2 vòng lặp, vòng lặp tốc độ và vòng lặp vị trí. Vòng lặp tốc độ: Tín hiệu tốc độ đặt (Tenky Address 001) được so sánh với tốc độ máy chính phản hồi về (Tenky Address 009 và 010) qua khối điều khiển PID đảm bảo điều kiện các giới hạn tín hiệu điều khiển để điều khiển khối ADU, sau đó điều khiển động cơ Servo để điều chỉnh tốc độ máy. Vòng lặp vị trí, tín hiệu vị trí đặt (Tenky Address 004), so sánh với vị trí phản hồi của thanh răng nhiên liệu (Tenky Address 003).

2.2. Nguyên lý ghép nối điều khiển khối ADU trong bộ điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco [3]

Nguyên lý ghép nối điều khiển khối ADU trong bộ điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco được mô tả như *Hình 2.2a* và đặc tính điều khiển được thể hiện trên *Hình 2.2b*.

Khối ADU điều khiển trực tiếp tốc độ động cơ Servo (Actuator), tín hiệu điều khiển từ khối GCU đưa tới ADU có giá trị điện áp từ 0 - 10 V, tín hiệu nguồn động lực cấp cho khối ADU là 220 VAC, 50 - 60 Hz, 3 pha, tín hiệu ra từ khối ADU điều khiển động cơ Servo có giá trị điện áp từ 0 - 220 VAC, tần số từ 0 - 200 Hz, như vậy việc điều khiển động cơ Servo thông qua việc thay đổi tín hiệu điện áp và tần số cấp cho động cơ Servo. Tín hiệu điều khiển này phụ thuộc vào tín hiệu điều khiển từ khối GCU. Cấu trúc điều khiển của khối ADU cũng có 2 vòng lặp vòng lặp tốc độ và vòng lặp vị trí.

Đặc tính điều khiển tốc độ máy trong cấu trúc ghép nối điều khiển được thể hiện trên *Hình 2.2b*.



a) - Sơ đồ cấu trúc ghép nối *b) - Đặc tính điều khiển*

Hình 2.2: Sơ đồ ghép nối điều khiển khối ADU trong bộ điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco

2.3. Nhận xét và phương hướng nghiên cứu

Thực tế, bộ điều khiển ADU của hãng Nabtesco được cấu trúc tương đối phức tạp bao gồm các vỉ điều khiển khuếch đại, vỉ giao tiếp vào/ra, vỉ ghép nối mạng với khối GCU (đối với một số Option khối ADu và GCU được ghép nối mạng) và vỉ điều khiển phát xung kích mở IGBT [3]. Do vậy, trong cấu trúc điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco, khối ADU có chức năng vô cùng quan trọng, việc thay thế khối ADU sẽ rất khó khăn khi chúng ta không lựa chọn được khối ADU có cùng model với khối GCU, việc thay thế khối ADU có thể phải kéo theo phải thay thế cả khối GCU, vấn đề này sẽ có chi phí rất lớn.

Đối với cấu trúc điều khiển điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco lắp đặt trên tàu thủy, sau thời gian khai thác từ 10 - 15 năm thì thường bị hư hỏng khối ADU (Actuator Driver Unit) và hiện nay hãng Nabtesco không còn sản xuất model ADU này nữa, do vậy việc thay thế khối ADU thường phải đi kèm với việc thay thế vỉ ghép nối, động cơ Servo mới... với chi phí rất cao.

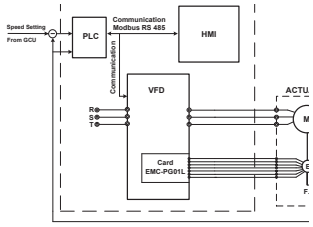
Xuất phát từ vấn đề đó, nhóm nghiên cứu sẽ đưa ra phương án nghiên cứu, thay thế khối điều khiển ADU trong hệ thống điều tốc điện tử MG800 hãng Natesco dùng ghép nối biến tần - động cơ - màn hình HMI và giữ nguyên khối điều khiển GCU, khối Actuator, cảm biến... mà vẫn giữ nguyên được chức năng điều khiển như ban đầu.

3. NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, THAY THẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN ADU TRONG CẤU TRÚC HỆ THỐNG ĐIỀU TỐC ĐIỆN TỬ HÃNG MG800 HÃNG NABTESCO DÙNG BIẾN TẦN - ĐỘNG CƠ - MÀN HÌNH HMI

3.1.Cấu trúc khối điều khiển ADU dùng biến tần VFD (Variable Frequency Drive) - động cơ - PLC (Programmer

Logic Control) - màn hình HMI để thay thế khối ADU trong hệ thống điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco

Cấu trúc bộ điều khiển ADU dùng ghép nối biến tần - động cơ - PLC - màn hình HMI thay thế khối ADU trong hệ thống điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco được mô tả như *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Sơ đồ khối điều khiển ADU dùng VFD - PLC - HMI

Cấu trúc điều khiển khối ADU dùng VFD - Servo - PLC - HMI bao gồm:

Bộ biến tần điều khiển VFD, màn hình cài đặt, giám sát HMI, bộ điều khiển khả trình PLC, khối phần tử thực hiện Actuator (bao gồm động cơ Servo M, Encoder phản hồi tốc độ và bộ phản hồi vị trí F.B) vẫn giữ nguyên không thay đổi.

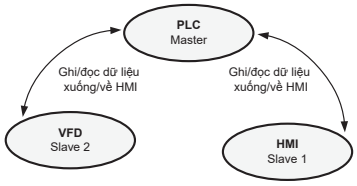
Bộ biến tần điều khiển VFD sử dụng biến tần 3 pha hãng Delta dùng model VFD015C23A [6], đặc điểm của biến tần VFD015C23A có nguồn cấp 3 pha 220 VAC, 50 - 60 HZ, điều này phù hợp với nguồn cấp thực tế hiện có của khối ADU cũ, model biến tần này cho phép ghép nối thêm Card mở rộng kết nối với Encoder và tích hợp sẵn điều khiển PID, dải điện áp, tần số điều khiển đầu ra rộng, láng 0 - 600 Hz, 0 - 230 VAC, có cổng ghép nối truyền thông mạng Modbus. Bộ biến tần VFD015C23A được ghép nối thêm card mở rộng EMC-PG01L với mục đích kết nối với Encoder để lấy tín hiệu phản hồi cho vòng lặp tốc độ. Chức năng của bộ VFD là nhận lệnh điều khiển tốc độ từ khối GCU thông qua kết nối với bộ điều khiển PLC (đối với một số option của bộ điều tốc MG800 - Nabtesco khối GCU có ghép nối mạng với ADU thì việc dùng PLC -VFD - HMI là hoàn toàn phù hợp, vấn đề được giải quyết bằng cách ghép nối mạng giữa GCU - VFD - PLC - HMI, khi đó dữ liệu điều khiển từ GCU tới VFD thông qua tín hiệu truyền mạng) và xuất tín hiệu điện áp, tần số đầu ra để điều khiển tốc động động cơ Servo làm thay đổi thanh răng nhiên liệu và thay đổi tốc độ máy chính phù hợp với giá trị tốc độ đặt. Các tham số điều khiển, các tham số báo động, các tham số bảo vệ được cài đặt trực tiếp trên bộ VFD hoặc cho phép cài đặt trên màn hình HMI [1].

Bộ điều khiển khả trình CPU-PLC được thiết kế để ghép nối, giao tiếp truyền nhận dữ liệu giữa biến tần VFD - màn hình HMI. Tín hiệu điều khiển tốc độ từ khối GCU và tín hiệu phản hồi vị trí của actuator về được đưa tới đầu vào tương tự của bộ PLC, được xử lý và điều khiển bộ VFD qua tín hiệu mạng [5].

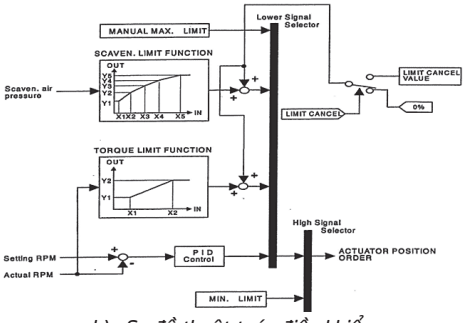
Màn hình giám sát HMI được thiết kế cho phép giám sát các thông số của biến tần VFD, giám sát và cho phép cài đặt các thông số của khối ADU. Trong chế độ Back Up cho phép điều khiển động cơ Servo trực tiếp trên màn hình HMI.

3.2. Nguyên lý trao đổi dữ liệu và điều khiển của khối ADU dùng biến tần - động cơ - PLC - màn hình HMI thay thế khối ADU trong hệ thống điều tốc điện tử MG800 hãng Nabtesco

Nguyên lý trao đổi dữ liệu giữa PLC - HMI - VFD được thực hiện theo nguyên lý truyền nhận dữ liệu mạng Modbus/RS485, được mô tả như *Hình 3.2a*. Trong đó, PLC đóng vai trò trạm chủ Master, còn biến tần VFD và màn hình HMI đóng vai trò trạm tớ Slave [2].



a) - Sơ đồ thuật toán trao đổi dữ liệu



b) - Sơ đồ thuật toán điều khiển

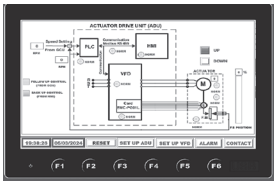
Hình 3.2: Sơ đồ thuật toán trao đổi dữ liệu và điều khiển

Thuật toán điều khiển của khối ADU sau khi thay thế được mô tả như *Hình 3.2b*.

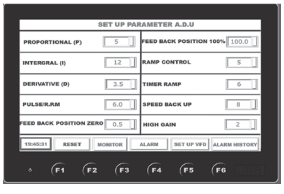
3.3. Xây dựng giao diện điều khiển, giám sát khối ADU trên màn hình HMI

Dựa trên cấu trúc điều khiển, cấu trúc ghép nối khối ADU, khối VFD và các tham số cài đặt cần thiết khi điều khiển, các giao diện màn hình điều khiển giám sát được đưa ra như *Hình 3.3*.

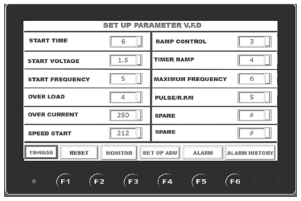
Trên trang màn hình giao diện giám sát điều khiển khối ADU cho phép giám sát tất cả các trạng thái của khối ADU, VFD, PLC, HMI, trạng thái của động cơ Servo, khối phản hồi. Nếu một trong các khối này bị lỗi trên màn hình sẽ hiển thị báo trạng thái báo động ALARM (trạng thái không báo lỗi sẽ hiển thị NORM). Giám sát hiển thị tín hiệu tốc độ đạt được điều khiển từ khối GCU và hiển thị tín hiệu phản hồi vị trí của thanh răng nhiên liệu. Trên trang màn hình cho phép điều khiển tăng giảm thanh răng nhiên liệu khi người vận hành chọn chế độ Back Up Control (chế độ điều khiển sự cố), đây là chức năng khác biệt so với khối ADU cũ trong cấu trúc điều khiển của bộ điều tốc MG800 hãng Nabtesco. Ở chế độ này, vị trí thanh răng nhiên liệu (tốc độ máy chính) được điều khiển không phụ thuộc vào tín hiệu của khối GCU, chức năng này được thực hiện khi khối điều khiển GCU bị hư hỏng không thể hoạt động.



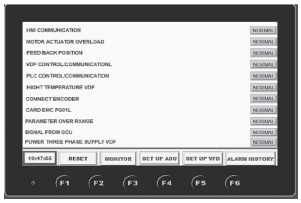
a) - Màn hình giao diện giám sát điều khiển khối ADU



b) - Màn hình giao diện cài đặt tham số khối ADU



c) - Màn hình giao diện cài đặt tham số khối VFD



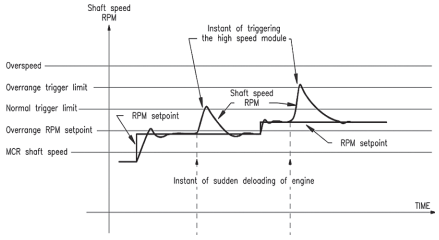
d) - Màn hình giao diện báo động chung

Hình 3.3: Màn hình giao diện các tham số cài đặt, giám sát điều khiển khối ADU trên màn hình HMI

Trên trang màn hình giao diện cài đặt các tham số của khối ADU, VFD cho phép người vận hành cài đặt, hiệu chỉnh các tham số điều khiển tuỳ ý khi cần thiết, điều này làm tăng chất lượng điều khiển và phù hợp với điều kiện vận hành, điều khiển tốc độ máy chính.

Trang màn hình giao diện báo động chung cho phép đưa ra các cảnh báo, báo động khi hệ thống có lỗi hoặc bất kỳ các tham số nào vượt ra khỏi giá trị giới hạn cho phép.

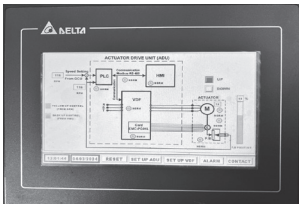
Đặc đính điều khiển tốc độ máy chính khi sử dụng ghép nối biến tần VFD - PLC - màn hình HMI được thể hiện như *Hình 3.4*.



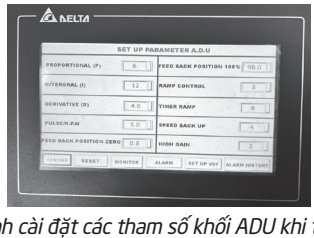
Hình 3.4: Đặc tính điều khiển tốc độ

4. MÔ HÌNH HỆ THỐNG VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM HOẠT ĐỘNG

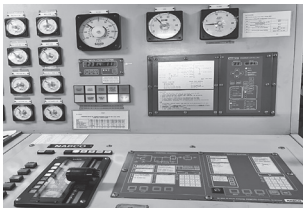
Sau khi thiết kế bộ điều khiển, lập trình chương trình điều khiển theo nguyên lý khối ADU cho biến tần VFD, PLC và thiết kế giao diện điều khiển giám sát cho màn hình HMI [3], thiết kế ghép nối tủ điều khiển, lắp đặt chạy thử nghiệm với bộ điều tốc điện tử MG800 - hãng Nabtesco và máy chính hãng MAN B&W 6S42MC trên tàu thủy thu được hình ảnh mô hình vật lý như *Hình 4.1*.



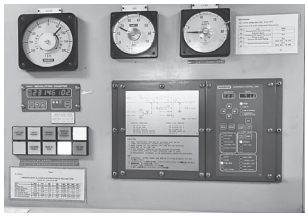
a) - Màn hình giám sát điều khiển khối ADU khi thực nghiệm



b) - Màn hình cài đặt các tham số khối ADU khi thực nghiệm



c) - Màn hình khi thực nghiệm điều khiển máy lùi



d) - Màn hình khi thực nghiệm điều khiển máy tới

Hình 4.1: Hình ảnh mô hình vật lý khi thực nghiệm hoạt động hệ thống

5. KẾT LUẬN

Sau khi nghiên cứu thay thế khối điều khiển ADU bị hư hỏng trong hệ thống điều tốc điện tử MG800 hãng Natesco dùng ghép nối biến tần - động cơ - màn hình HMI và giữ nguyên khối điều khiển GCU, khối Actuator, cảm biến… giữ nguyên được chức năng điều khiển, với việc thiết kế mô hình thực nghiệm chạy thử hệ thống với máy chính hãng MAN B&W 6S42MC trên tàu thủy cho kết quả như sau: Hệ thống điều khiển sau khi ghép nối hoạt động tốt, có đầy đủ các chức năng điều khiển như hệ thống ban đầu. Kết quả thử nghiệm khi điều động máy chính tới, lùi, ở các dải tốc độ khác nhau hoạt động bình thường. Thử nghiệm quá trình điều khiển, ổn định tốc độ máy khi chạy biển kết quả hệ thống hoạt động tốt, tốc độ thực của máy bám theo tốc độ đặt, quá trình điều chỉnh bằng phẳng, không dao động, không có quá điều chỉnh lớn. Hệ thống đưa ra được các báo động, cảnh báo khi các tham số điều khiển vượt ra ngoài dải giá trị cho phép ngay trên màn hình HMI và được lưu trữ lại tại trang nhật ký báo động. Cho phép cài đặt thay đổi các tham số cài đặt để phù hợp với quá trình điều khiển.

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống đã được đưa vào sử dụng, đáp ứng yêu cầu về kỹ thuật và giá thành và thời gian đáp ứng.

Hướng phát triển kỹ thuật tiếp theo của bài báo là sẽ tiến tới hoán cải thay thế cả khối GCU khi bị sự cố.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.56

Tài liệu tham khảo

[1]. Phạm Thượng Hàn, *Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và cảm biến*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.

[2]. Hoàng Minh Sơn, *Mạng truyền thông công nghiệp*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[3]. Hãng Nabtesco, *Tài liệu kỹ thuật bộ điều tốc MG800*.

[4]. Ngô Diên Tập (2000), *Kỹ thuật đo lường và điều khiển bằng máy tính*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.

[5]. *Tài liệu kỹ thuật PLC hãng Delta*.

[6]. *Tài liệu kỹ thuật biến tần hãng Delta*.

Ngày nhận bài: 11/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 04/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 22/4/2024

Tính toán lực bẻ lái trung bình đến hướng chuyển động tàu thủy khi tồn tại xâm thực cục bộ tại bánh lái

■ **TS. CỔ TẤN ANH VŨ**
Học viện Hàng không Việt Nam
Email: vucotananh@gmail.com

TÓM TẮT: Xâm thực là hiện tượng xảy ra phổ biến trên profil cánh dẫn trong hệ thống máy thủy khí, máy nén, máy bơm, được ứng dụng rộng rãi trong hàng hải và hàng không. Xâm thực tồn tại theo nhiều dạng khác nhau, như: Xâm thực tại mép thoát profil cánh dẫn, xâm thực cục bộ tại mép vào profil cánh dẫn, xâm thực cưỡng bức. Đối với tàu thủy, xâm thực bánh lái là một dạng đặc trưng của xâm thực trên profil cánh dẫn, khi tác động trực tiếp của động lực học dòng chảy bao trong các chế độ điều động. Xâm thực bánh lái ảnh hưởng trực tiếp lực bẻ lái và gây ra tác động đến hướng chuyển động tàu thủy. Bài báo sử dụng các số liệu theo tiêu chuẩn đồng dạng Froude với tàu container M/V TAN CANG FOUNDATION, trọng tải 420 TEU và ứng dụng CFD để tính toán lực bẻ lái trung bình (Rtb) đến hướng chuyển động tàu thủy, khi có ảnh hưởng của dạng xâm thực cục bộ tại mép vào bánh lái.

TỪ KHÓA: Lực bẻ lái tàu thủy, hướng chuyển động tàu thủy, xâm thực bánh lái tàu thủy, CFD.

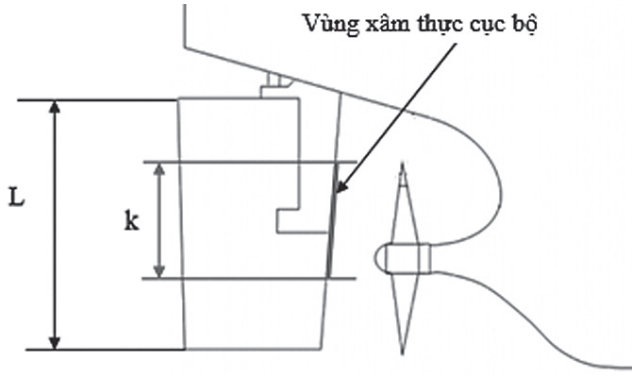
ABSTRACT: Cavitation is the phenomenon on vane profiles in hydraulic systems, compressors and pumps, widely used in marine and aviation. Cavitation exists in many different forms, such as: Cavitation at the exit edge of the guide vane profile, local cavitation at the entrance edge of the vane profile and forced cavitation. For ships, rudder cavitation is a typical form of cavitation on the rudder profile, when the direct impact of surround dynamics occurs during maneuvering modes. The rudder cavitation affects the steering force and causes an impact on the ship's course. The article uses standard data similar to the M/V TAN CANG FOUNDATION (420 TEU) and applies CFD to calculate the average steering force (Rtb) to the ship's course when influenced by the local cavitation at the rudder edge.

KEYWORDS: Ship steering force, ship course, ship's rudder cavitation, CFD.

1. XÂY DỰNG MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU, MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ GIỚI HẠN ĐIỀU KIỆN BIÊN

- Mô hình nghiên cứu:

Sử dụng số liệu theo tiêu chuẩn đồng dạng Froude với tàu container M/V TAN CANG FOUNDATION, trọng tải 420 TEU và thực hiện xây dựng mô hình nghiên cứu vùng xâm thực cục bộ mép vào bánh lái theo *Hình 1.1*.



Hình 1.1: Mô hình nghiên cứu vùng xâm thực cục bộ mép vào bánh lái

Trong đó: L - Chiều cao bánh lái, (m);
k - Đoạn xuất hiện xâm thực cục bộ, (m).

Mô hình toán học được áp dụng:

- Lực bẻ lái được xác định theo công thức (1).

$$R = \frac{1}{2}\rho C_L A_R V^2 \quad (1)$$

Trong đó: A_R - Diện tích tham chiếu của bánh lái (m^2), theo hồ sơ của tàu thật M/V TAN CANG FOUNDATION, thì $A_R = 12\ m^2$;

V - Vận tốc dòng chảy bao bánh lái theo phương dọc trục, (m/s);

ρ - Khối lượng riêng chất lỏng, (kg/m^3);

C_L - Hệ số lực nâng, hơn nữa chu kỳ dao động của C_L cũng là chu kỳ dao động của lực bẻ lái tính trên profil bánh lái tàu thủy. Với profil bánh lái có dạng đối xứng, tồn tại giá trị hệ số lực nâng C_L chỉ phụ thuộc vào góc bẻ lái, khi góc bẻ lái nhỏ (khi đó $\sin\alpha^0 \approx \alpha^0$) và có thể tính toán bằng công thức giải tích (2).

$$C_L = 2\pi\alpha \text{ (với } \alpha \text{ tính bằng rad)} \quad (2)$$

Giai đoạn có xâm thực, hệ số C_L là biến thiên, việc tính toán xuất phát từ xác định thông số động lực học dòng chảy bao bánh lái.

- Biên độ dao động của R tính theo:

$$\frac{1}{2}C_{L\min}\rho A_R V^2 \div \frac{1}{2}C_{L\max}\rho A_R V^2 \quad (3)$$

Với lực bẻ lái trung bình R_{tb} được xác định theo (4).

$$R_{tb} = \frac{1}{4}\left(C_{L\min} + C_{L\max}\right)\rho A_R V^2 \quad (4)$$

- Giới hạn điều kiện biên:

Ứng dụng CFD với Fluent-Ansys để tính toán mô phỏng bài toán cụ thể với tham số đầu vào giới hạn theo *Bảng 1.1*, có tính tác động của dòng chảy, kết quả nhận được thể hiện trong *Bảng 1.1*.

Bảng 1.1. Giá trị đầu vào và kết quả tính toán mô phỏng ở đầu ra

Giá trị tham số đầu vào	Kết quả tính toán
- Biên dạng bánh lái được vẽ theo hồ sơ tàu M/V TAN CANG FOUNDATION và tỷ lệ đồng dạng hình học k = 100; - Tàu có 1 chân vịt và chiều quay chân vịt là chiều phải; - Giá trị vận tốc tàu V (m/s) và giá trị góc bẻ lái (α^0), cụ thể: V = {4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5}, (m/s); α^0 = {0^0, 5^0, 10^0, 15^0, 20^0, 25^0, 30^0, 35^0}, (độ); - Mô hình tính toán là Mixture; - Đặc tính pha nước và pha hơi.	- Phần trăm pha hơi tồn tại trên bánh lái và không gian tính toán quanh bánh lái; - Các thông số làm việc của bánh lái như: Hệ số lực nâng C_L, hệ số lực cản C_D...

Giới hạn tính toán mô phỏng với các thông số giá trị đầu vào mà bánh lái tàu thủy xuất hiện xâm thực cục bộ tại mép vào, không xét đến dạng xâm thực khác trên bánh lái tàu thủy.

2. TÍNH TOÁN LỰC BẺ LÁI TRUNG BÌNH ĐẾN HƯỚNG CHUYỂN ĐỘNG TÀU THỦY KHI TỒN TẠI XÂM THỰC CỤC BỘ TẠI BÁNH LÁI

Để xác định tổng hợp biên độ của lực bẻ lái trên toàn bánh lái, cần tính phần trăm theo chiều cao bánh lái xuất hiện xâm thực cục bộ và xác định được biên độ dao động của lực bẻ lái R.

Kết quả tổng hợp nhận được theo các điều kiện biên, gồm:

- Góc bẻ lái α = 15^0, vận tốc dòng chảy sau chân vịt tương ứng V = {7,0; 7,5}, m/s.
- Góc bẻ lái α = 30^0, vận tốc dòng chảy sau chân vịt tương ứng V = {6,0; 6,5; 7,0; 7,5}, m/s.
- Góc bẻ lái α = 35^0, vận tốc dòng chảy sau chân vịt tương ứng V = {6,0; 6,5; 7,0; 7,5}, m/s.
- Chu kỳ dao động là như nhau: T ≈ 0,091 s.
- Biên độ dao động (A) của C_L nhận được thể hiện chi tiết qua *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Một số kết quả tổng hợp tính toán giá trị hệ số lực nâng C_L

TT	Góc bẻ lái α^0	Hệ số lực nâng C_L
1	20^0	0 ÷ 0,950
2	25^0	0 ÷ 1,643
3	30^0	0 ÷ 2,191
4	35^0	0 ÷ 2,298

Khi bánh lái tàu thủy xuất hiện xâm thực cục bộ thì ảnh hưởng của xâm thực cục bộ tới lực bẻ lái thể hiện dưới hai thông số là chu kỳ dao động (T) và biên độ dao động (A) của lực bẻ lái.

Chu kỳ dao động và tần số dao động (f) không phụ thuộc vào tốc độ cũng như góc bẻ lái mà phụ thuộc vào loại profil sử dụng làm bánh lái. Như trên đã tính toán với profil bánh lái của tàu M/V TAN CANG FOUNDATION có T = 0,091s và f = 11Hz.

Mặt khác, Biên độ dao động phụ thuộc tốc độ dòng chảy và góc bẻ lái, cụ thể:

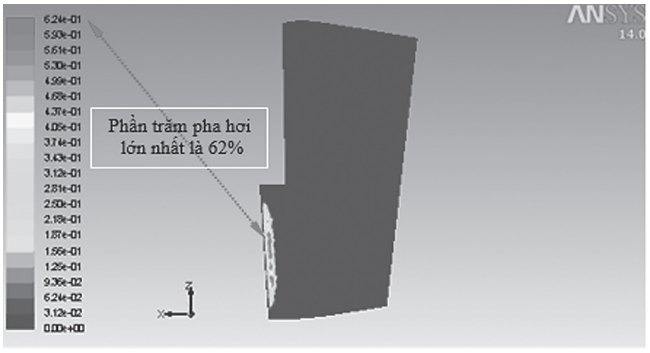
$$A = 2\frac{k}{L}R_{tb} \quad (5)$$

Trong đó: R_{tb} - Lực bẻ lái trung bình, được xác định theo công thức (4);

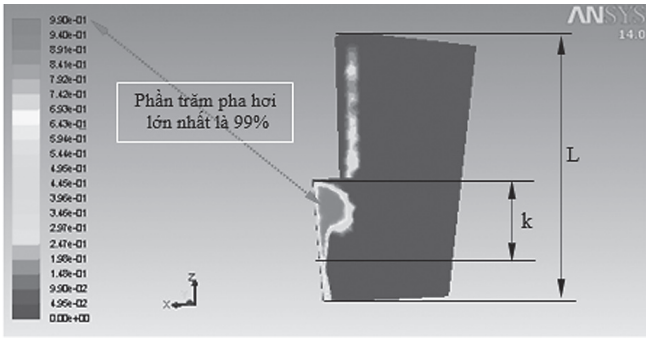
L - Chiều cao bánh lái, (m), được tính theo phần bánh lái có dòng chảy;

k - Đoạn bánh lái xuất hiện xâm thực cục bộ, (m).

Để xác định giá trị k cho bánh lái của tàu M/V TAN CANG FOUNDATION tương ứng với tốc độ dòng chảy bao và góc bẻ lái khác nhau (xét hai trường hợp khi $\alpha = 15^0$, $\alpha = 35^0$, với vận tốc dòng chảy bao lớn nhất V = 7,5 m/s), ứng dụng CFD với Fluent - Ansys tính toán mô phỏng. Kết quả tính toán mô phỏng thể hiện qua phân bố phần trăm pha hơi cho trong *Hình 2.1* và *Hình 2.2*.



Hình 2.1: Kết quả tính toán mô phỏng phần trăm pha hơi bằng CFD trên bánh lái M/V TAN CANG FOUNDATION khi α = 15⁰ và V = 7,5 m/s



Hình 2.2: Kết quả tính toán mô phỏng phần trăm pha hơi bằng CFD trên bánh lái M/V TAN CANG FOUNDATION khi α = 35⁰ và V = 7,5 m/s

Phân tích kết quả nhận được theo *Hình 2.1*, nhận xét: Vệt bọt xâm thực có phần trăm pha hơi lớn nhất đạt 62% (cho ở ô cột mầu bên trái của hình) và có diện tích khá nhỏ (chưa hình thành rõ loại xâm thực cục bộ), trong trường hợp này nhận được k = 0, nghĩa là lực bẻ lái không bị ảnh hưởng bởi xâm thực cục bộ.

Phân tích kết quả nhận được theo *Hình 2.2*, nhận xét: Giá trị phần trăm pha hơi lớn nhất đạt 99% và hình thành túi hơi xâm thực cục bộ tại mép vào bánh lái, tỷ lệ chiều dài k so với chiều dài toàn bánh lái được tính bằng:

$$\frac{k}{L} = 0,187$$

Vậy hoàn toàn có thể tính toán cụ thể lực bẻ lái kể đến ảnh hưởng của xâm thực cục bộ trong trường hợp này như sau:

- Chu kỳ dao động là như nhau: T ≈ 0,091 s
- Biên độ dao động của C_L thể hiện qua Bảng 2: 0 - 2,298.

3. KẾT LUẬN

Xét trường hợp đặc trưng khi α = 35⁰ và V = 7,5 m/s, lực bẻ lái trung bình theo (4), được xác định bằng:

$$R_{tb} = \frac{1}{4}\left(C_{L\min} + C_{L\max}\right)\rho A_R V^2 = 387818,6 \text{ N}$$

Mặt khác, theo hồ sơ tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, diện tích bánh lái có giá trị bằng A_R = 12 m².

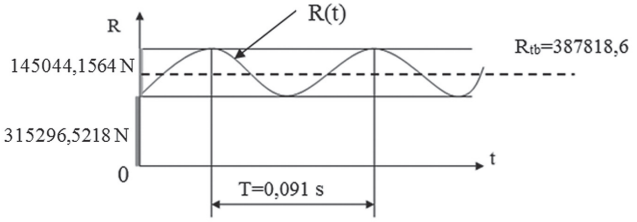
- Biên độ dao động của lực bẻ lái:

$$A = 2\frac{k}{L}R_{tb} = 145044,1564 \text{ N}.$$

- Giá trị lực bẻ lái thuộc phần bánh lái không bị xâm thực (R_o):

$$R_o = \left(1 - \frac{k}{L}\right)R_{tb} = (1 - 0,187) \times 387818,6 = 315296,5218 \text{ N}.$$

- Giá trị lực bẻ lái theo thời gian được thể hiện như *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Đồ thị giá trị lực bẻ lái của tàu M/V TAN CANG FOUNDATION khi α = 35⁰, V = 7,5 m/s

Tài liệu tham khảo

[1]. PGS. TS. Phạm Kỳ Quang (Chủ biên), Cổ Tấn Anh Vũ và tác giả khác (2017), *Ứng dụng CFD trong khoa học hàng hải*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Cổ Tấn Anh Vũ (Chủ nhiệm), Phạm Nguyên Đăng Khoa và các tác giả khác (2017), *Xây dựng chương trình tính toán mô phỏng và thử nghiệm một số nguyên nhân cơ bản dẫn đến tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Sài Gòn phục vụ công tác đào tạo và huấn luyện thuyền viên*, Đề tài Khoa học - Công nghệ cấp Bộ GTVT, mã số: DT174030.

[3]. PGS. TS. Phạm Kỳ Quang (Chủ nhiệm), Cổ Tấn Anh Vũ, Phạm Nguyên Đăng Khoa và các tác giả khác (2017), *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thử nghiệm hệ thống đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến đặc tính điều khiển hướng chuyển động tàu thủy*, Đề tài Khoa học Công nghệ cấp Bộ GTVT, mã số DT174003.

[4]. Cổ Tấn Anh Vũ (2018), *Nghiên cứu ảnh hưởng xâm thực bánh lái đến lực bẻ lái tàu thủy*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

[5]. Phạm Kỳ Quang, Cổ Tấn Anh Vũ, Phạm Nguyên Đăng Khoa và tác giả khác (2015 - 2022), *Số liệu nghiên cứu, tổng hợp từ hồ sơ của tàu M/V TAN CANG FOUDATION*.

[6]. PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, TS. Vũ Văn Duy, ThS. Cổ Tấn Anh Vũ, ThS. Nguyễn Thành Nhật Lai (11/2015), *Mô phỏng số xâm thực cục bộ trên bánh lái tàu thủy*, Tạp chí GTVT, ISSN: 2354-0818, no.11, tr.89-91.

[7]. Assoc. Prof. Dr. Captain. Pham Ky Quang, Dr. Vu Van Duy, PhD Student. Co Tan Anh Vu, PhD Student. Bui Van Cuong, MsC. Vu Dang Thai, PhD Student. Nguyen Van Cang, PhD Student. Pham Nguyen Dang Khoa (9 - 11, November, 2017), *Study on building a system evaluating fundamental reasons leading to sea-going ship accidents to enhance maritime training and education in Viet Nam*, The 16th Asia Maritime and Fisheries Universities Forum (AMFUF), ISSN: 2508-5247, pp.191-200.

[8]. K.J. Rawson, E.C. Tupper (2001), *Basic ship theory*, Reed Educational and Professional Puplishing Ltd. Oxford.

Ngày nhận bài: 20/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 11/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Tính toán dấu vết carbon để kiểm toán khí nhà kính - một vấn đề mới cần được quan tâm của các dự án xây dựng công trình giao thông

■ **PGS. TS. TRẦN THU HẰNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: tranthuhang.utc@gmail.com

TÓM TẮT: Bài báo nghiên cứu dấu vết carbon để kiểm toán khí nhà kính các dự án xây dựng công trình giao thông. Sau phần nghiên cứu tổng quan, phương pháp tính toán dấu vết carbon được xác định và áp dụng cho một phương án xây dựng mới cầu Na Sài thuộc dự án nâng cấp QL15 (đoạn Hòa Bình - Thanh Hóa). Các kết quả tính toán là những giá trị định lượng cụ thể ban đầu về phát thải khí nhà kính do quá trình thiết kế - thi công công trình. Những khó khăn khi xác định dấu vết carbon của một dự án xây dựng công trình giao thông đang gặp phải ở Việt Nam cũng được trình bày.

TỪ KHÓA: Dấu vết carbon, kiểm toán khí nhà kính, dự án xây dựng công trình giao thông, cầu Na Sài.

ABSTRACT: Paper focused on the carbon footprint for greenhouse gas audit of transport construction projects. After the overal view, the carbon footprint calculation method was determined and applied for the new Na Sai bridge construction alternative which belonged to the National highway N015 upgradation project (Hoa Binh - Thanh Hoa segment). The obtained results were the initial quantitative values of the greenhouse gas emitted during the design and construction phase. The current difficulties in carbon footprint calculation of transport construction projects in Vietnam were also presented.

KEYWORDS: Carbon footprint, greenhouse gas audit, transport construction project, Na Sài bridge.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khái niệm "Phát triển bền vững" được Liên hợp quốc chính thức phổ biến năm 1987 [1] được vận động thực hành rộng rãi trên thế giới với 17 mục tiêu [2]. Phát triển bền vững ngày càng cấp bách khi biến đổi khí hậu không ngừng phức tạp. Dấu vết carbon (hoặc "dấu chân carbon", "carbon footprint") của một sản phẩm là tổng lượng khí CO_2 và các hợp chất carbon khác sinh ra do sử dụng các nhiên liệu hóa thạch để sản xuất, chế tạo ra sản phẩm đó. Đơn vị đo là tấn CO_2e. Trong lĩnh vực xây dựng, dấu vết carbon được định nghĩa là tổng số tấn carbon của các khí nhà kính phát thải ra trong vòng đời của công trình. Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 07/01/2022 định nghĩa "Tấn CO_2 tương đương là khối lượng của các khí nhà kính được quy đổi thành tấn CO_2 theo hệ số làm nóng lên toàn cầu của các khí nhà kính đó" [3].

Xác định dấu vết carbon là việc tính toán tổng lượng khí CO_2e phát thải, là một hoạt động để kiểm toán khí nhà kính. Nghị định 06/2022/NĐ-CP ngày 07/01/2022 định nghĩa "Kiểm kê khí nhà kính là hoạt động thu thập thông tin, số liệu về các nguồn phát thải khí nhà kính, tính toán lượng phát thải khí nhà kính, hấp thụ khí nhà kính trong một phạm vi xác định và trong một năm cụ thể theo phương pháp và quy trình do cơ quan có thẩm quyền ban hành" [3]. Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 01/2022/QĐ-TTg ngày 18/01/2022 về "Danh mục lĩnh vực, cơ sở phát thải khí nhà kính phải thực hiện kiểm kê khí nhà kính".

Chương trình Môi trường của Liên hợp quốc công bố tổng lượng khí CO_2e do hoạt động xây dựng là ~1.010 tấn năm 2021, tăng hơn 5% so với năm 2020 [4]. Đây là số liệu cao nhất cho đến nay, do bùng nổ các hoạt động xây dựng thời kỳ hậu Covid. Theo Viện Nghiên cứu Tài nguyên thế giới, năm 2020, tổng lượng khí CO_2e phát thải toàn cầu do GTVT là 7098,32x106 tấn và do xây dựng là 2709,14x106 tấn, lần lượt chiếm 20,4% và 7,8% tổng lượng phát thải khí CO_2e của mọi lĩnh vực xã hội [5]. Theo Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 07/01/2022, với các dự án xây dựng công trình giao thông, việc tiêu thụ năng lượng và quá trình sản xuất vật liệu xây dựng phải thực hiện kiểm kê khí nhà kính [6].

Bài báo này nghiên cứu việc tính toán dấu vết carbon của dự án xây dựng công trình giao thông. Sau nội dung tổng quan, phương pháp tính toán dấu vết carbon được xác định và áp dụng cho phương án xây dựng mới cầu Na Sài thuộc dự án nâng cấp QL15 (đoạn qua tỉnh Hòa Bình và tỉnh Thanh Hóa). Kết quả tính toán là những giá trị định lượng ban đầu về lượng khí CO_2e phát thải do quá trình thiết kế - thi công công trình. Những khó khăn hiện nay ở nước ta khi tính toán dấu vết carbon của một dự án xây dựng công trình giao thông cũng được trình bày.

2. XÁC ĐỊNH DẤU VẾT CARBON

2.1. Phương pháp tính toán

Tính toán dấu vết carbon của một dự án xây dựng công trình giao thông là xác định tổng lượng khí CO_2e phát

thải do quá trình thiết kế - thi công, quá trình vận hành - khai thác và quá trình phá dỡ - thu hồi công trình:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1)$$

Với: C - Tổng lượng khí CO_2e phát thải của dự án; C_1 - Lượng khí CO_2e phát thải do quá trình thiết kế - thi công; C_2 - Lượng khí CO_2e phát thải do quá trình vận hành - khai thác; C_3 - Lượng khí CO_2e phát thải do quá trình phá dỡ - thu hồi công trình. Các đơn vị là tấn CO_2e.

Tính toán dấu vết carbon của một dự án xây dựng đi liền với đánh giá vòng đời dự án (LCA - Life Cycle assessment) và theo dõi - đánh giá từng giai đoạn của dự án từ khi bắt đầu đến khi kết thúc. Đặc thù các công trình giao thông có tuổi thọ khai thác dài đến 100 năm, việc có đầy đủ thông tin của vòng đời dự án, nhất là quá trình vận hành - khai thác và quá trình phá dỡ - thu hồi công trình là khó khăn và gần như chưa thể thực hiện được ở nước ta. Trong giai đoạn ban đầu, tính toán dấu vết carbon của dự án xây dựng công trình giao thông thường chỉ thực hiện cho quá trình thiết kế - thi công. Điều này có nghĩa là tính toán lượng khí CO_2e do nguyên vật liệu, do vận chuyển nguyên vật liệu đến công trường và do vận hành máy thi công trên công trường:

$$C_1 \approx C_{11} + C_{12} + C_{13} \quad (2)$$

Với: C_1 - Lượng khí CO_2e phát thải do quá trình thiết kế - thi công; C_{11} - Lượng khí CO_2e do nguyên vật liệu; C_{12} - Lượng khí CO_2e do vận chuyển nguyên vật liệu; C_{13} - Lượng khí CO_2e do vận hành máy thi công. Các đơn vị: tấn CO_2e.

Lượng khí CO_2e do nguyên vật liệu được tính theo công thức (3):

$$\sum_{i=1}^{n} m_i \times M_i \quad (3)$$

Với: C_{11} - Lượng khí CO_2e do nguyên vật liệu (đơn vị: tấn CO_2e), m_i - Tổng lượng vật liệu xây dựng loại i (đơn vị: tấn hoặc m^3), M_i - Hệ số phát thải khí CO_2e của vật liệu xây dựng loại i (đơn vị: tấn CO_2e/tấn hoặc tấn CO_2e/m^3); n - Tổng loại nguyên vật liệu.

Lượng khí CO_2e do vận chuyển nguyên vật liệu đến công trường được tính theo công thức (4):

$$C_{12} = \sum_{i=1}^{k} l_i \times e_i \times g_i \times L_i \quad (4)$$

Với: C_{12} là lượng khí CO_2e do vận chuyển nguyên vật liệu (đơn vị: tấn CO_2e), l_i - Số kilomet vận chuyển bằng phương tiện loại i (đơn vị: km); e_i - Số ca phương tiện loại i cần sử dụng (đơn vị: ca); g_i - Định mức tiêu hao nhiên liệu - năng lượng của phương tiện loại i (đơn vị: lít/ca hoặc kWh/ca), L_i - Hệ số phát thải khí CO_2e của nhiên liệu - năng lượng sử dụng cho phương tiện loại i (đơn vị: lít/ca hoặc kWh/ca); k - Tổng loại phương tiện vận tải.

Lượng khí CO_2e do vận hành máy thi công được tính theo công thức (5):

$$C_{13} = \sum_{i=1}^{j} n_i \times h_i \times N_i \quad (5)$$

Với: C_{13} - Lượng khí CO_2e do vận hành máy thi công (đơn vị: tấn CO_2e); n_i - Số ca máy thi công loại i cần sử dụng (đơn vị: ca); h_i - Định mức tiêu hao nhiên liệu - năng lượng của máy loại i (đơn vị: lít/ca hoặc kWh/ca), N_i - Hệ số phát thải khí CO_2e của nhiên liệu - năng lượng sử dụng cho máy loại i (đơn vị: lít/ca hoặc kWh/ca); j - Tổng loại máy thi công.

2.2. Những khó khăn hiện nay

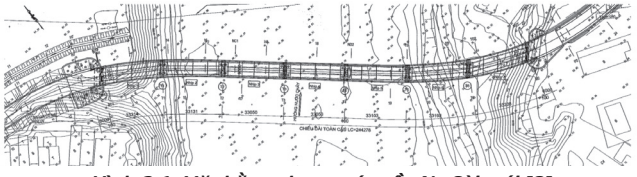
Ở nước ta, một dự án xây dựng công trình giao thông gồm nhiều giai đoạn (lập dự án, triển khai dự án, vận hành - khai thác, phá dỡ - thu hồi), do các cơ quan khác nhau quản lý và thực hiện. Đánh giá vòng đời dự án là khó khăn và chưa phổ biến. Các thông tin cần thiết để xác định dấu vết carbon khó thu thập đầy đủ và chính xác. Điều này gây trở ngại lớn khi tính toán dấu vết carbon và kiểm toán khí nhà kính cho các dự án.

Bộ Tài nguyên và Môi trường đã công bố Quyết định số 2626/QĐ-BTNMT ngày 10/10/2022 về "Danh mục hệ số phát thải phục vụ kiểm kê khí nhà kính". Trong danh mục này chưa có đủ các nguyên vật liệu và máy móc sử dụng cho ngành Xây dựng, Giao thông. Trong khi đó, nguyên vật liệu ảnh hưởng lớn đến tổng lượng khí CO_2e của một dự án xây dựng công trình giao thông: Cầu gỗ có lượng dấu vết carbon bằng 62% và tiêu thụ lượng nhiên liệu hóa thạch bằng 78% của cầu bê tông tương đương trong một vòng đời [7]. Ngoài ra, giá trị của hệ số phát thải khí CO_2e của một loại nguyên vật liệu không thống nhất trên thế giới. Hiện nay, Việt Nam chưa công bố giá trị đặc trưng quốc gia của hệ số phát thải khí CO_2e của các nhiên liệu - năng lượng sử dụng cho các máy xây dựng và phương tiện vận chuyển. Những điều này gây khó khăn khi tính toán dấu vết carbon và so sánh với kết quả công bố của các tác giả khác.

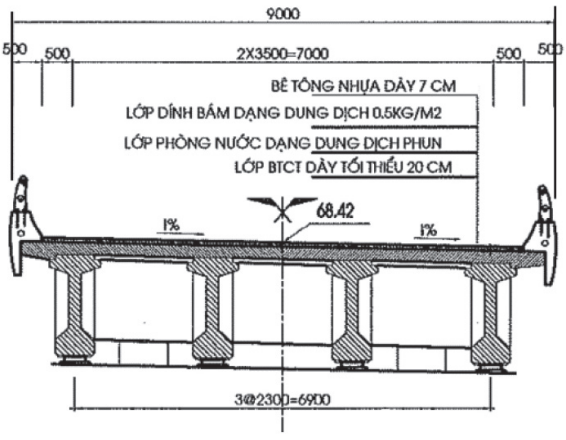
Chủng loại và số lượng ca máy thi công và lượng nhiên liệu, năng lượng tiêu hao của các máy thi công được xác định theo Thông tư số 12/2021/TT-BXD ngày 31/8/2021 của Bộ Xây dựng về việc "Ban hành định mức xây dựng" và Thông tư số 13/2021/TT-BXD ngày 31/8/2021 của Bộ Xây dựng về việc "Hướng dẫn phương pháp xác định các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và đo bóc khối lượng công trình". Các số liệu này có thể không đúng với thực tế thi công tại công trường, dẫn đến kết quả dấu vết carbon có thể không hoàn toàn chính xác. Ngoài ra, tình trạng của máy thi công cũng ảnh hưởng tới phát thải khí nhà kính trong quá trình sử dụng máy.

3. ÁP DỤNG THỰC TẾ

Cầu Na Sài vượt sông Mã tại km59+847,02 trên QL15 tại Quan Hóa (Thanh Hóa). Cầu cũ được khai thác từ 1998, đã cũ và có nguy cơ mất an toàn [8]. Trong dự án nâng cấp QL15 (đoạn Hòa Bình - Thanh Hóa), tư vấn thiết kế đề xuất phương án xây dựng cầu Na Sài mới cách cầu cũ ~80 m về phía hạ lưu. Cầu mới có 7 nhịp, chiều dài toàn cầu 244,278 m (từ km59+705 đến km59+949 trên tuyến QL15 nâng cấp) (*Hình 3.1*). Mặt cắt ngang cầu gồm 4 dầm chủ I 33 m bằng bê tông cốt thép dự ứng lực (*Hình 3.2*). Tư vấn thiết kế kiến nghị phương án này do có chi phí giải phóng mặt bằng và xây dựng công trình thấp nhất.



Hình 3.1: Mặt bằng phương án cầu Na Sài mới [8]



Hình 3.2: Mặt cắt ngang phương án cầu Na Sài mới [8]

Dấu vết carbon của quá trình thiết kế - thi công phương án cầu Na Sài mới được xác định và lượng khí CO_2e của các mạng mục công trình được tính toán. Bài báo này trình bày một số kết quả bước đầu.

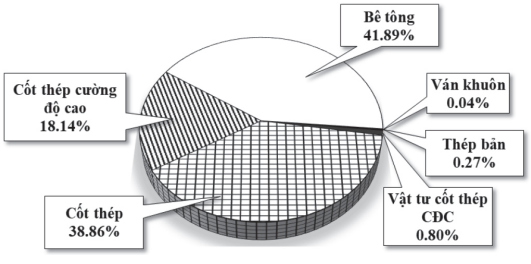
3.1. Dấu vết carbon do nguyên vật liệu

Dấu vết carbon do nguyên vật liệu làm kết cấu nhịp cầu gồm dầm chủ, dầm ngang và bản mặt cầu được tính toán. Bài báo sử dụng các hệ số phát thải khí CO_2e của các nguyên vật liệu trong Báo cáo của A. Alcorn [9]. Kết quả trình bày trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Dấu vết carbon do nguyên vật liệu làm kết cấu nhịp cầu

Vật liệu		Lượng vật liệu	Đơn vị	Dấu vết carbon (tấn CO_2e)
Cốt thép		132,83	tấn	316,29
Cốt thép cường độ cao		4863,10	m	147,65
Bê tông	40 MPa	637,51	m^3	288,16
	30 MPa	71,63	m^3	26,93
	25 MPa	84,30	m^3	25,88
Thép bản		1758,40	kg	2,18
Ván khuôn		696,87	m^2	0,33
Vật tư cốt thép cường độ cao	Ống ghen	4583,04	m	0,001
	Vữa lấp ống ghen	13,16	m^3	6,53
	Neo cáp	280	bộ	*Chưa xác định*
Tổng cộng				813,95

Dấu vết carbon do nguyên vật liệu làm kết cấu nhịp cầu là 813,95 tấn CO_2e. *Hình 3.3* trình bày tỷ lệ % tham gia của các nhóm nguyên vật liệu.



Hình 3.3: Tỷ lệ % tham gia vào dấu vết carbon do các nhóm nguyên vật liệu làm kết cấu nhịp cầu

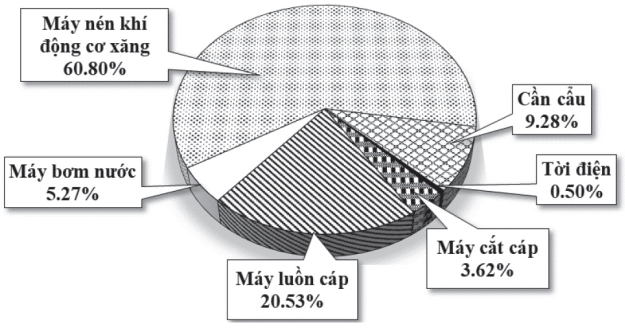
Kết quả trên *Hình 3.3* cho thấy dấu vết carbon do các nhóm nguyên vật liệu làm kết cấu nhịp cầu chịu ảnh hưởng lớn nhất của bê tông (41,89%). Có nhiều giải pháp để giảm dấu vết carbon, tăng tính bền vững của bê tông như sử dụng phụ gia (tro bay, xỉ lò cao, muội silic…), cốt liệu tái chế, xi măng ít carbon. Hiệu quả của các giải pháp này đã được chứng minh trên thế giới và ở Việt Nam.

3.2. Dấu vết carbon do vận hành máy thi công

Để căng kéo cáp dự ứng lực dầm I 33 m bằng bê tông cốt thép dự ứng lực căng sau, cần nhiều loại máy thi công có định mức tiêu hao nhiên liệu - năng lượng khác nhau. Bài báo này sử dụng các hệ số phát thải khí CO_2e của nhiên liệu - năng lượng do Bộ Môi trường New Zealand công bố tháng 4/2015 [10]. Kết quả của trường hợp sử dụng máy nén khí động cơ xăng trình bày trong *Bảng 3.2* và *Hình 3.4*.

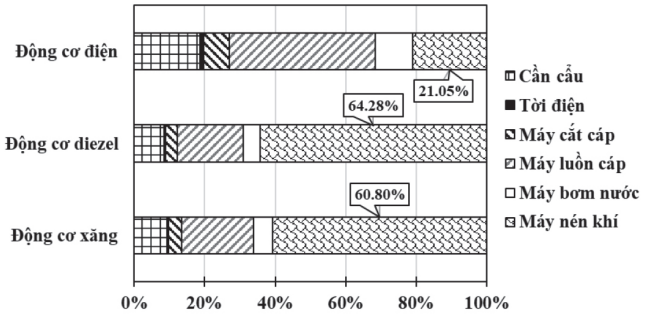
Bảng 3.2. Dấu vết carbon khi vận hành máy thi công để căng kéo cáp dự ứng lực dầm I 33 m

Máy thi công	Số ca	Định mức tiêu hao nhiên liệu - năng lượng mỗi ca [11]	Hệ số phát thải khí CO_2e [10]	Dấu vết carbon (tấn CO_2e)	Tỷ lệ (%)
Cần cẩu	6,36	36,00 lít dieszel	2,68 kg CO_2e/ lít	0,61	9,28%
Tời điện	15,71	14,00 kWh	0,15 kg CO_2e/ kWh	0,03	0,50%
Máy cắt cáp	123,44	13,00 kWh	0,15 kg CO_2e/ kWh	0,24	3,62%
Máy luồn cáp	336,65	27,00 kWh	0,15 kg CO_2e/ kWh	1,36	20,53%
Máy bơm nước	48,63	48,00 kWh	0,15 kg CO_2e/ kWh	0,35	5,27%
Máy nén khí	37,03	46,00 lít xăng	2,36 kg CO_2e/ lít	4,02	60,80%
Kích kéo	274,31	0,00	0,00	0,00	0,00%
Tổng cộng	Toàn cầu (28 dầm I 33 m)			6,61	100,00%
	1 dầm I 33 m			0,24	



Hình 3.4: Tỷ lệ % tham gia của các loại máy thi công vào dấu vết carbon do vận hành máy thi công để căng kéo cáp dự ứng lực dầm I 33 m khi sử dụng máy nén khí động cơ xăng

Kết quả trên *Hình 3.4* cho thấy dấu vết carbon do vận hành máy thi công để căng kéo cáp dự ứng dầm I 33 m chịu ảnh hưởng lớn nhất của máy nén khí (60,80%). Để khảo sát ảnh hưởng của loại nhiên liệu - năng lượng sử dụng cho máy thi công đến dấu vết carbon của hạng mục công trình, so sánh ba trường hợp máy nén khí: Sử dụng động cơ điện, diesel và xăng. Kết quả thể hiện trên *Hình 3.5*.



Hình 3.5: So sánh % tham gia của các loại máy thi công vào dấu vết carbon do vận hành máy thi công để căng kéo cáp dự ứng lực dầm I 33 m với ba loại máy nén khí

Kết quả so sánh cho thấy, khi thay đổi loại động cơ của máy nén khí và giữ nguyên các loại máy khác, động cơ diesel chiếm tỷ lệ cao nhất (64,28%), động cơ điện chiếm tỷ lệ thấp nhất (21,05%). Điều này phản ánh loại nhiên liệu - năng lượng sử dụng cho máy thi công gây ảnh hưởng lớn đến dấu vết carbon do vận hành máy thi công để thực hiện một hạng mục công việc trong dự án xây dựng công trình giao thông. Xu hướng lựa chọn các máy thi công sử dụng động cơ điện thay thế cho các động cơ dùng nhiên liệu hóa thạch, sử dụng các nguồn điện tái tạo (điện gió, điện mặt trời, thủy điện, quang năng…) là giải pháp hiệu quả để giảm dấu vết carbon do vận hành máy thi công.

4. KẾT LUẬN

Phát triển bền vững là một yêu cầu cấp bách cho mọi ngành nghề, lĩnh vực trong xã hội. Bên cạnh việc thực hiện các giải pháp phát triển bền vững, tiến hành kiểm kê khí nhà kính là một hoạt động quan trọng để đánh giá mức độ phát thải hiện tại, xác định lộ trình cắt giảm phát thải để đạt tới mục tiêu "Net zero" trong một năm tương lai cụ thể. Các ngành thương mại, dịch vụ, nông nghiệp, năng lượng đã sử dụng dấu vết carbon làm công cụ định lượng để đánh giá tính bền vững, sinh thái của một sản phẩm. Việc áp dụng cho xây dựng hạ tầng và GTVT gặp khó khăn do đặc trưng tuổi thọ khai thác lớn, quá trình thực hiện dự án phức tạp. Ở nước ta, tính toán dấu vết carbon và kiểm toán khí nhà kính cho các dự án xây dựng còn nhiều khó khăn do giá trị đặc trưng quốc gia của hệ số phát thải khí CO_2e của các loại nguyên vật liệu, nguyên liệu - năng lượng còn thiếu hoặc chưa thống nhất. Bài báo trình bày một số kết quả tính toán dấu vết carbon của một phương án xây cầu Na Sài mới thuộc dự án nâng cấp QL15 (đoạn Hòa Bình - Thanh Hóa). Đây là những giá trị định lượng ban đầu về lượng khí CO_2e phát thải do quá trình thiết kế - thi công công trình. Bài báo hy vọng đóng góp vào việc thúc đẩy công bố lượng phát thải khí nhà kính, dấu vết carbon của một công trình giao thông như một giá trị định lượng về tính đáp ứng phát triển bền vững, tính sinh thái của công trình.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài cấp Cơ sở, mã số T2024-CT-013. Xin cảm ơn Trường Đại học GTVT đã hỗ trợ nhóm nghiên cứu hoàn thành đề tài này.

Tài liệu tham khảo

[1]. World Commission on Environment and Development (1987), *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, General Assembly of the United Nations, Oslo.

[2]. J.D. Sachs et al. (2023), *The Sustainable Development Report 2023*, Dublin University Press, Dublin.

[3]. Thủ tướng Chính phủ (2022), *Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 07/01/2022 về "Quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn"*, Hà Nội.

[4]. United Nations Environment Programme, *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*, Nairobi, 2022.

[5]. Climate Watch (2022), *https://www.climatewatchdata.org*, World Resources Institute, Washington DC.

[6]. Thủ tướng Chính phủ (2022), *Quyết định số 01/2022/QĐ-TTg ngày 18/01/2022 về "Danh mục lĩnh vực, cơ sở phát thải khí nhà kính phải thực hiện kiểm kê khí nhà kính"*, Hà Nội.

[7]. A. Pousette et al. (2014), *LCA for road bridge - Analysis of a built concrete superstructure and an alternative wooden superstructure*, SP Sweden Technical Research Institute, Borås.

[8]. Công ty CP Tư vấn kiểm định và xây dựng Thịnh Phát (2020), *Báo cáo kiểm định cầu Na Sài cũ và xây dựng cầu Na Sài mới*, Ban Quản lý dự án giao thông II Thanh Hóa, Thanh Hóa.

[9]. A. Alcorn (2003), *Embodied energy and CO_2 coefficients for NZ building materials*, Centre for Building Performance Research - Victoria University of Wellington, Wellington.

[10]. Ministry for the Environment of New Zealand (2015), *INFO 734: Summary of Emissions Factors for the Guidance for Voluntary Corporate Greenhouse Gas Reporting - 2015*, Wellington.

[11]. Bộ Xây dựng (2021), *Thông tư số 13/2021/ TT-BXD ngày 31/8/2021 về việc "Hướng dẫn phương pháp xác định các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và đo bóc khối lượng công trình"*, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 10/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 25/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024

Nhận diện những thách thức trong áp dụng kinh tế tuần hoàn đối với ngành Xây dựng

■ **TS. VŨ MINH HẰNG(*); ThS. LÊ KIM NHUNG; ThS. NGUYỄN QUANG HIỂN**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)vmhang@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Ngành Xây dựng mặc dù mang lại rất nhiều lợi ích về kinh tế và xã hội, nhưng cũng gây ra các vấn đề môi trường nghiêm trọng, đặc biệt là khai thác tài nguyên không bền vững và sản sinh lượng lớn chất thải. Kinh tế tuần hoàn (KTTH) là một giải pháp, tuy nhiên việc áp dụng KTTH trong ngành Xây dựng đang ở giai đoạn sơ khai và đối mặt với nhiều khó khăn. Bài báo sử dụng phương pháp phân tích nội dung để nhận diện các thách thức trong việc áp dụng KTTH trong ngành Xây dựng. Bốn nhóm thách thức bao gồm: (i) Pháp luật và chính sách, (ii) Tài chính, (iii) Môi trường và kỹ thuật và (iv) Văn hóa và tổ chức. Bài báo chỉ ra rằng việc áp dụng KTTH không những là một giải pháp môi trường, mà còn mang lại giá trị kinh tế bền vững. Để thúc đẩy sự chuyển đổi này, cần có sự hợp tác chặt chẽ giữa các bên liên quan, cải thiện chính sách, đầu tư vào công nghệ, nghiên cứu, phát triển và nâng cao nhận thức. Bài nghiên cứu mở ra hướng tiếp cận mới cho các nghiên cứu tương lai nhằm giải quyết các thách thức trong việc áp dụng KTTH, đặc biệt là trong ngành Xây dựng.

TỪ KHÓA: Kinh tế tuần hoàn, ngành Xây dựng, phát triển bền vững.

ABSTRACT: The construction industry, despite its substantial economic and social benefits, raises significant environmental concerns, mainly due to unsustainable resource use and substantial waste generation. Circular Economy (CE) is a potential solution, but its application in construction is still in the early stages, facing various challenges. This paper utilizes content analysis to identify these challenges in applying CE within the construction sector, categorized into (i) Legal and policy, (ii) Financial, (iii) Environmental and technical issues and (iv) Cultural and organizational challenges. The paper concludes that adopting CE is an environmental solution and offers sustainable economic value. Close cooperation among stakeholders, policy improvements, investments in technology, research, development and enhanced awareness are necessary to facilitate this transition. This study opens new avenues for future research to address the challenges in implementing CE, particularly in the construction industry.

KEYWORDS: Circular economy, construction industry, sustainable development.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành Xây dựng đem lại nhiều lợi ích kinh tế và xã hội, nhưng cũng đồng thời tạo ra nhiều vấn đề môi trường, nhất là trong quá trình vận hành và khi kết thúc chu kỳ sử dụng của công trình. Các phương pháp xây dựng truyền thống đang khai thác tài nguyên một cách không bền vững và sản sinh lượng lớn chất thải. Với mức độ tiêu thụ nguồn lực cao và nguy cơ ô nhiễm rác thải nghiêm trọng, ngành công nghiệp xây dựng đóng góp đến 40% lượng khí thải CO_2 toàn cầu, là một trong những ngành có ảnh hưởng tiêu cực lớn nhất đến môi trường.

Phát triển bền vững là một trong những ưu tiên hàng đầu trên toàn cầu, nhất là đối với các quốc gia đang phát triển, trong đó có Việt Nam, nhằm đảm bảo rằng nhu cầu hiện tại được đáp ứng mà không làm tổn hại đến các thế hệ tương lai. Việc phụ thuộc vào các nguyên liệu không tái tạo là không bền vững về mặt kinh tế và môi trường, đặc biệt là trong bối cảnh nguồn nguyên liệu đang cạn kiệt.

KTTH (Circular Economy) là một phương pháp tiếp cận nhằm kéo dài tuổi thọ của hàng hóa và giảm lượng chất thải thông qua việc thiết kế hiệu quả và sử dụng vật liệu một cách tối ưu. Tuy nhiên, việc áp dụng KTTH đòi hỏi một sự chuyển đổi mạnh mẽ trong cách tiếp cận, thúc đẩy sự đổi mới và sáng tạo, tạo ra giá trị kinh tế từ việc thiết kế, chọn lựa vật liệu phù hợp, chuẩn hóa quy trình thi công, cho đến tối ưu hóa quản lý và vận hành các công trình. Việc triển khai hiệu quả KTTH trong ngành Xây dựng vẫn còn ở giai đoạn sơ khai, vì vậy, thông qua việc nghiên cứu nhận diện các thách thức khi áp dụng KTTH, chúng ta có thể hướng tới việc thiết lập một ngành Xây dựng phát triển toàn diện và bền vững trong dài hạn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này nhằm nhận diện những thách thức trong áp dụng KTTH đối với ngành Xây dựng, vì vậy phương pháp phân tích nội dung được sử dụng như một

kỹ thuật để xử lý thông tin một cách hệ thống và có mục tiêu. Trong nghiên cứu này, quy trình gồm hai bước được kết hợp với phương pháp phân tích nội dung. Bước một: Hệ thống hóa cơ sở lý luận, trong đó các tài liệu nghiên cứu, báo cáo khoa học và các công trình đã xuất bản liên quan đến chủ đề KTTH được xem xét và phân tích. Thời gian xuất bản của phần lớn các ấn phẩm được giới hạn từ năm 2018 - 2023 nhằm đảm bảo tính liên quan, tính mới và sự đổi mới trong khái niệm nghiên cứu được duy trì. Các cụm từ khóa chính để tìm kiếm tài liệu bao gồm: "Kinh tế tuần hoàn ", "thách thức", "phát triển bền vững", "ngành Xây dựng". Phần tóm tắt của các tài liệu được thu thập từ các cơ sở dữ liệu từ Scopus, ISI, Web of Science... Bước hai: Các bài báo được chọn ban đầu được nghiên cứu một cách đầy đủ và tỉ mỉ. Sau khi tiến hành chọn lọc, đọc, phân tích và tổng hợp, nhóm tác giả đã xác định được danh sách các thách thức trong áp dụng KTTH đối với ngành Xây dựng.

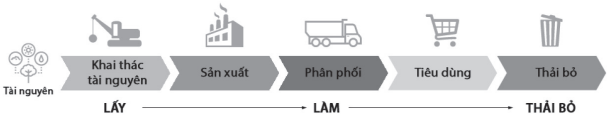
3. KHÁI NIỆM VỀ KTTH

Khi thế giới đạt được sự tiến bộ vượt bậc trong phát triển cơ sở hạ tầng, sự bền vững đã trở thành mối quan tâm đặc biệt. Khi các mô hình kinh tế truyền thống không hiệu quả trong việc giảm thiểu những hậu quả tiêu cực đối với môi trường, thì khái niệm "KTTH" đã ra đời. Không có bằng chứng rõ ràng nào về nguồn gốc duy nhất hoặc người sáng lập ra khái niệm KTTH, tuy nhiên nguyên lý cơ bản của mô hình này là "mọi thứ đều là đầu vào (trở thành nguyên liệu) cho những thứ khác" [1]. Cụm từ "KTTH" đang được sử dụng rộng rãi và phổ biến trên toàn cầu. Tuy nhiên, các khái niệm về KTTH lại được phát triển hết sức đa dạng, được sử dụng khác nhau bởi các học giả trong các tạp chí khoa học và các quốc gia tùy thuộc vào bối cảnh, phương pháp tiếp cận, khả năng áp dụng cũng như hệ thống chính trị và văn hóa xã hội. Nghị viện châu Âu [2] đã đưa ra khái niệm: "KTTH là một mô hình sản xuất và tiêu dùng, bao gồm việc chia sẻ, cho thuê, tái sử dụng, sửa chữa, tân trang và tái chế các vật liệu và sản phẩm hiện có càng lâu càng tốt". Bằng cách này, vòng đời của sản phẩm được kéo dài.

KTTH được xem là một công cụ giúp giảm tác động xấu tới môi trường trong các hoạt động xây dựng và là một phương pháp hữu ích để đạt được sự phát triển bền vững ở cấp độ địa phương, quốc gia và toàn cầu [3]. Tuy nhiên, việc áp dụng KTTH trong ngành Xây dựng vẫn còn gặp nhiều thách thức do sản phẩm xây dựng có bản chất khác biệt so với các sản phẩm ngắn hạn khác được sản xuất trong môi trường tối ưu hơn. Hầu hết các chính sách hiện tại chưa đủ để giải quyết những thách thức phức tạp của KTTH và vẫn tồn tại những khoảng trống kiến thức lớn từ góc nhìn hệ thống trong ngành Xây dựng.

4. SỰ KHÁC NHAU GIỮA MÔ HÌNH KINH TẾ TUYẾN TÍNH VÀ MÔ HÌNH KTTH

Mô hình Kinh tế tuyến tính và mô hình KTTH là hai hệ thống có cách tiếp cận khác biệt đối với việc sản xuất và tiêu thụ, đặc biệt trong ngành Xây dựng. Mô hình Kinh tế tuyến tính *(Hình 4.1)* tuân theo chu trình "lấy - làm - thải bỏ", bắt đầu từ việc khai thác tài nguyên, chuyển thành sản phẩm và cuối cùng loại bỏ sau khi sử dụng. Do đa số các bộ phận xây dựng không thể tháo dỡ khi kết thúc vòng đời, vì vậy chúng thường bị bỏ đi vào bãi rác hoặc bị đốt cháy.



Hình 4.1: Mô hình kinh tế tuyến tính

Ngược lại, mô hình KTTH *(Hình 4.2)* tập trung vào việc tái sử dụng, sửa chữa, tái chế và phục hồi sản phẩm và nguyên liệu trong toàn bộ vòng đời nhằm giảm thiểu chất thải. Trong ngành Xây dựng, mô hình này khuyến khích việc thiết kế các công trình và vật liệu xây dựng có khả năng tái sử dụng hoặc tái chế, cũng như sử dụng nguồn tài nguyên tái tạo và bền vững. Mặc dù kinh tế tuyến tính có thể ít tốn kém hơn trong ngắn hạn, nhưng việc áp dụng KTTH có thể hiệu quả hơn về mặt chi phí trong dài hạn do việc giảm thiểu chất thải và tái sử dụng nguyên liệu. Đồng thời, mô hình KTTH thúc đẩy đổi mới và sáng tạo, đặc biệt trong việc thiết kế và sử dụng vật liệu xây dựng bền vững.

Hình 4.2: Mô hình KTTH [2]

5. VAI TRÒ CỦA NGÀNH XÂY DỰNG TRONG NỀN KINH TẾ QUỐC GIA VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA NÓ ĐẾN MÔI TRƯỜNG

Theo thống kê, mỗi khi GDP tăng 1%, trung bình, lượng tài nguyên sử dụng sẽ tăng 0,4%. Như vậy, trong một năm, nhân loại đã tiêu thụ khoảng 1,6 lần nguồn lực mà hành tinh có khả năng tái tạo [4]. Trên toàn cầu, ngành Xây dựng là lĩnh vực kinh tế then chốt. Trong 15 năm tới, dự kiến, ngành Xây dựng sẽ chứng kiến sự tăng trưởng đáng kể, từ 9,7 nghìn tỷ USD trong năm 2022 lên đến 13 nghìn tỷ USD vào năm 2037 [5]. Ngành Xây dựng tiêu thụ năng lượng lớn nhất, chiếm hơn một phần ba tổng tiêu thụ năng lượng toàn cầu và là nguồn phát thải CO_2 chính. Ước tính rằng khoảng 40% nguyên liệu và khoảng 20% lượng khí thải nhà kính toàn cầu được sử dụng trong lĩnh vực xây dựng [6].

Những yếu tố chủ chốt của thời đại chúng ta như thay đổi nhân khẩu học, sự gia tăng đô thị hóa và sự hình thành của các siêu đô thị, cùng với quá trình khử carbon trong nền kinh tế và sự chuyển đổi về công nghệ và kỹ thuật số, sẽ trở thành những động lực chính định hình ngành Xây dựng trong những thập kỷ tới. Để hạn chế sự tăng nhiệt độ toàn cầu lên 2^0C như trong Hiệp định Paris, ngành Xây dựng cần phải đạt được mức giảm ước tính là 77% tổng lượng khí thải CO_2 vào năm 2050 so với hiện tại [4]. Với sự

phụ thuộc chủ yếu vào nguyên liệu, ngành công nghiệp xây dựng đang phải đối mặt với tình trạng khan hiếm nguồn lực cùng với rất nhiều thách thức.

6. CÁC THÁCH THỨC KHI ÁP DỤNG KTTH TRONG NGÀNH XÂY DỰNG

Với những vấn đề như đã nêu ở trên, KTTH nổi lên như một mô hình kinh tế bền vững, nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đối với môi trường và tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên. Tuy nhiên, việc áp dụng KTTH đang đối mặt với những thách thức. Để thực hiện thành công, việc nhận diện và giải quyết những thách thức này trở nên hết sức quan trọng để đảm bảo rằng KTTH có thể phát triển và đạt được tiềm năng to lớn của nó.

6.1. Thách thức về pháp luật và chính sách

Pháp luật và chính sách là điều không thể thiếu trong quá trình triển khai KTTH ở cả địa phương đến Trung ương tại tất cả các quốc gia. Các thách thức pháp lý có thể liên quan đến môi trường chính sách và quy định nói chung, cũng như các vấn đề cụ thể trong lập pháp và quy định gây ra.

Việc thiếu một khung pháp luật nhất quán tạo nên thách thức lớn trong việc triển khai mô hình KTTH [6]. Nhiều luật và quy định thậm chí cản trở sự áp dụng, đặc biệt là các quy định liên quan đến việc xử lý và phân loại rác thải. Vì vậy, cần phải cập nhật và điều chỉnh các quy định pháp luật để phù hợp với xu hướng phát triển bền vững, đồng thời khuyến khích sự hợp tác và đổi mới trong các ngành công nghiệp khác nhau.

Thêm vào đó, việc thiếu chính sách hỗ trợ chuyển đổi sang mô hình KTTH [7] từ phía chính phủ và các tổ chức quốc tế không chỉ làm chậm quá trình chuyển đổi mà còn gây khó khăn cho các doanh nghiệp trong việc thích nghi với mô hình kinh tế mới. Để khuyến khích và hỗ trợ các doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp vừa và nhỏ trong việc áp dụng KTTH, các chính phủ và tổ chức quốc tế cần thiết lập những chính sách cụ thể và hiệu quả.

Các quy định về quản lý và tái chế chất thải xây dựng hiện nay thường chưa được cập nhật hoặc không đáp ứng đủ yêu cầu [7], điều này đặt ra nhu cầu cấp thiết phải xây dựng một hệ thống pháp lý và quy định minh bạch và đầy đủ nhằm đảm bảo tính công bằng và minh bạch trong việc thực thi, đồng thời tạo môi trường thuận lợi để khuyến khích sự đổi mới và sáng tạo trong ngành Xây dựng.

Thiếu sự đồng thuận trên toàn cầu về khái niệm KTTH [7]: Sự khác biệt trong cách hiểu và triển khai KTTH giữa các quốc gia và khu vực có thể dẫn đến việc thiếu nhất quán trong các tiêu chuẩn, quy định và cơ chế thực hiện; tạo ra những thách thức trong việc hợp tác và chia sẻ kiến thức, công nghệ giữa các quốc gia. Do đó, cần có những nỗ lực quốc tế nhằm tạo ra một sự hiểu biết chung và thúc đẩy sự hợp tác quốc tế, giúp KTTH phát triển mạnh mẽ và hiệu quả hơn.

6.2. Thách thức về tài chính

Các thách thức tài chính thường liên quan đến các khía cạnh của thị trường như giá nguyên liệu thô, quyền sở hữu tài sản và đầu tư hơn là môi trường tài chính [6]. Các doanh nghiệp thường bị chỉ trích khi tập trung vào các hoạt động có lợi tức đầu tư nhanh, ít quan tâm đến các dự án có mục tiêu xã hội và bảo vệ môi trường với thời gian hoàn vốn dài.

Để chuyển từ mô hình truyền thống sang KTTH, các doanh nghiệp và tổ chức cần đầu tư lớn vào công nghệ, nghiên cứu và phát triển, cũng như các cơ sở vật chất và đào tạo nhân sự dẫn đến chi phí đầu tư phải trả trước cao [6], nhưng nhà đầu tư ban đầu có thể không được hưởng lợi trực tiếp mà những lợi ích này có thể rơi vào tay chủ sở hữu cuối cùng. Ngoài ra, quy trình chứng nhận và tuân thủ pháp lý [6] cũng đòi hỏi một khoản chi phí, bao gồm cả việc cập nhật các quy định và tiêu chuẩn mới. Về lâu dài, mô hình KTTH có tiềm năng mang lại lợi ích kinh tế bền vững, giảm thiểu lãng phí và tăng cường tái chế tài nguyên. Cách tiếp cận này cần một sự thay đổi chiến lược, khi những lợi ích lâu dài và bền vững được đánh giá cao hơn so với lợi nhuận ngắn hạn.

Giá nguyên liệu thô và giá trị còn lại cuối vòng đời thấp cũng là thách thức lớn do việc tái sử dụng trở nên không kinh tế, đặc biệt là trong môi trường xây dựng vì những bất ổn về giá trị trong tương lai xa [7, 8].

Ngoài ra, một trong những thách thức quan trọng được nhắc tới nhiều trong các nghiên cứu đó chính là hạn chế về ngân sách [6] do những khó khăn trong việc tiếp cận nguồn vốn và tài chính.

6.3. Thách thức về môi trường và kỹ thuật

Những thách thức về mặt kỹ thuật bao gồm việc thu hồi vật liệu từ các sản phẩm và công trình đã qua sử dụng; công nghiệp hóa các sản phẩm tự nhiên [9] đảm bảo tính năng của vật liệu sau khi tái chế và giảm thiểu sự suy giảm chất lượng qua mỗi chu kỳ tái chế.

Cơ cấu ngành Xây dựng cũng được xem là thách thức không nhỏ khi chuỗi cung ứng bị phân mảnh [8]. Sự phân mảnh này tạo ra rủi ro và bất ổn liên quan đến nguồn cung cấp ổn định, dẫn đến thiếu sự đồng lòng và quan tâm chung giữa các bên liên quan.

Các nhà thiết kế sản phẩm cũng phải đối mặt với các thách thức khi áp dụng KTTH bởi họ gặp khó khăn khi dự đoán và tích hợp các vấn đề xã hội, kinh tế và môi trường trong quá trình thiết kế để thực hiện các mục tiêu của KTTH [10]. Những hạn chế về công nghệ trong việc theo dõi nguồn gốc và chất lượng của sản phẩm tái chế, sự không chắc chắn về các chu kỳ tái chế tiếp theo… sẽ cản trở việc lựa chọn vật liệu tuần hoàn [10]. Do đó, thách thức lớn nhất với những hạn chế về nguồn vật liệu tái chế, các nhà thiết kế thiếu động lực để thiết kế sản phẩm cho giai đoạn cuối đời sản phẩm, đảm bảo sản phẩm có thể được dễ dàng tái chế hoặc tái sử dụng sau khi không còn nhu cầu sử dụng nữa [8]. Những thách thức này đòi hỏi các nhà thiết kế phải có một cách tiếp cận toàn diện hơn, sáng tạo hơn trong quá trình thiết kế, nhằm đáp ứng các yêu cầu của KTTH.

Sự chuyển đổi sang mô hình KTTH đòi hỏi sự thay đổi trong tư duy và thực hành của toàn ngành, vì thế, việc thiếu kiến thức về KTTH [6] cũng như các nghiên cứu còn chưa đầy đủ có thể cản trở việc áp dụng những phương pháp thiết kế sáng tạo và bền vững, đồng thời có thể dẫn

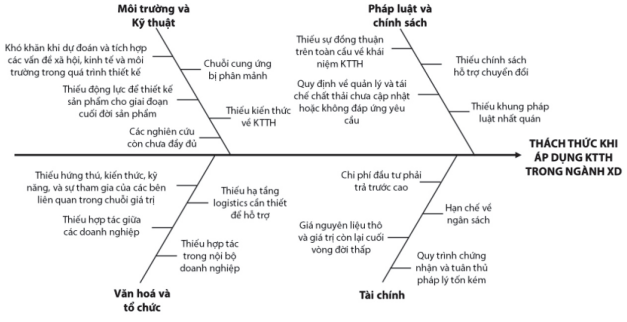
đến việc quản lý không hiệu quả, lãng phí tài nguyên và tác động xấu đến hệ sinh thái địa phương.

6.4. Thách thức văn hoá và tổ chức

Thách thức văn hóa, đặc biệt là các thách thức liên quan đến người tiêu dùng và văn hóa doanh nghiệp, được bàn luận trong nhiều nghiên cứu về KTTH.

Các thách thức văn hóa trong việc phát triển KTTH liên quan đến các yếu tố như bối cảnh xã hội, hành vi và quản lý [6]. Sự thiếu hứng thú, kiến thức, kỹ năng và sự tham gia của các bên liên quan trong chuỗi giá trị (từ nhà cung cấp đến khách hàng và nội bộ các bên liên quan) là những trở ngại quan trọng [8]. Nếu không có sự hứng thú trong việc áp dụng KTTH, quá trình phát triển sẽ trở nên chậm chạp.

Một số nhà nghiên cứu, trong đó có Kirchherr [8] nhấn mạnh rằng các khó khăn trong quá trình triển khai các dự án KTTH trong môi trường kinh tế tuyến tính là thiếu hạ tầng logistics cần thiết để hỗ trợ. Sự thiếu hợp tác giữa các doanh nghiệp [12] cũng được xem là một thách thức. Hợp tác thường được đề cập trong chuỗi cung ứng theo chiều dọc (trong cùng một ngành, từ nhà cung cấp đến người tiêu dùng), nhưng thiếu hợp tác theo chiều ngang (giữa các ngành hoặc lĩnh vực khác nhau) cũng có thể gây ra sự gián đoạn, ngăn cản sự chia sẻ thông tin, kiến thức và kỹ thuật cần thiết, hoặc khiến cho quá trình tái chế và tái sử dụng kém hiệu quả. Ngoài ra, sự thiếu hợp tác giữa các phòng, ban kinh doanh như tài chính, tiếp thị và trách nhiệm doanh nghiệp, cũng làm cản trở sự hợp tác và minh bạch hướng tới mục tiêu chung [11].



Hình 6.1: Thách thức khi áp dụng KTTH trong ngành Xây dựng

7. KẾT LUẬN

KTTH không chỉ là một giải pháp cho các vấn đề môi trường mà còn là một cơ hội để tạo ra giá trị kinh tế bền vững, đồng thời cải thiện chất lượng cuộc sống và đảm bảo sự phát triển hài hòa với môi trường. Ngành Xây dựng, với vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc gia và là ngành có tác động lớn tới môi trường, đang đứng trước cơ hội để làm chủ và dẫn dắt sự chuyển đổi này. Tuy nhiên, như nghiên cứu đã chỉ ra, quá trình này đối mặt với nhiều thách thức, từ vấn đề pháp lý và chính sách, tài chính, kỹ thuật, cho đến văn hóa và tổ chức.

Để vượt qua những thách thức này, cần phải có sự hợp tác và cam kết mạnh mẽ từ tất cả các bên liên quan, bao gồm chính phủ, doanh nghiệp, cộng đồng học thuật và cả người dân. Các chính sách và khung pháp lý cần được cải thiện và thống nhất để tạo điều kiện thuận lợi cho việc triển khai KTTH. Đồng thời, việc đầu tư vào công nghệ, nghiên cứu và phát triển, cũng như đào tạo và nâng cao nhận thức là cần thiết để xây dựng nền tảng vững chắc cho mô hình kinh tế này. Nghiên cứu này cũng mở ra hướng nghiên cứu trong tương lai nhằm giải quyết các thách thức còn tồn tại.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-QLXD-KDN-006.

Tài liệu tham khảo

[1]. Winans, Kiara et al. (2017), *The history and current applications of the circular economy concept,* Renewable Sustainable Energy Reviews, 68, pp.825-833.

[2]. European Parliament (2023), *Circular economy: definition, importance and benefits.*

[3]. Rodriguez-Anton, et al. (2019), *Analysis of the relations between circular economy and sustainable development goals,* International Journal of Sustainable Development World Ecology, 26(8), pp.708-720.

[4]. OECD, Global Material Resources Outlook to 2060 (2019), *Economic Drivers and Environmental Consequences,* Paris, France.

[5]. Delloite (2023), *Global Powers of Construction,* Marketing & Brand Department.

[6]. Hart, Jim et al. (2019), *Barriers and drivers in a circular economy: The case of the built environment,* Procedia Cirp, 80, pp.619-624.

[7]. Kirchherr, J., et al. (2018), *Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union (EU),* Ecological economics, 150, pp.264-272.

[8]. Adams, Katherine et al. (2017), *Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers*, in Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management.

[9]. Campbell, Adrian (2018), *Mass timber in the circular economy: Paradigm in practice?* in Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability, Thomas Telford Ltd.

[10]. Govindan, Kannan, and Mia Hasanagic (2018), *A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: A supply chain perspective,* International Journal of Production Research, 56(1-2), pp.278-311.

[11]. Despeisse, Mélanie et al. (2017), *Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda,* Technological Forecasting Social Change, 115, pp.75-84.

[12]. Pomponi, F. and A. Moncaster (2018), *Briefing: BS 8001 and the built environment: A review and critique,* in Proceedings of the institution of civil engineers-engineering sustainability, Thomas Telford Ltd.

Ngày nhận bài: 09/01/2024
Ngày nhận bài sửa: 20/02/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/3/2024

Ứng dụng công nghệ V2X trong tổ chức vận tải tại các đô thị lớn Việt Nam

■ **TS. NGUYỄN MẠNH HÙNG**
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: hungnm@utt.sdu.vn

TÓM TẮT: Tai nạn giao thông (TNGT) đường bộ gây thiệt hại kinh tế và tác động đáng kể đến cuộc sống của cá nhân, gia đình nạn nhân và cho toàn thể quốc gia. Tổ chức tốt công tác vận tải hành khách công cộng (VTHKCC) và tăng mức độ an toàn khi tham gia giao thông cho người dân là những mục tiêu quan trọng trong công tác điều hành giao thông đô thị. VTHKCC không chỉ là phương tiện (PT) hỗ trợ di chuyển, mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện chất lượng cuộc sống, cải thiện môi trường sống và cải thiện tính cộng đồng trong đô thị. VTHKCC giúp giảm ùn tắc giao thông, giảm lượng xe cá nhân, giúp bảo vệ môi trường tiết kiệm năng lượng, giảm TNGT. Công nghệ V2X giúp tăng hiệu quả hoạt động của hệ thống VTHKCC, hỗ trợ lái xe trong điều khiển PT làm tăng tính an toàn khi di chuyển và tăng hiệu quả hoạt động của công tác tổ chức vận tải tại các đô thị. Bài báo giới thiệu công nghệ V2X và đề xuất ứng dụng công nghệ này vào công tác tổ chức vận tải tại các đô thị lớn của Việt Nam.

TỪ KHÓA: Công nghệ V2X, RBU, OBU, V2V, V2I, V2P, V2N.

ABSTRACT: Road Traffic Accidents (RTAs) causing economic damage and significant impacts on the lives of individuals, victims' families and the entire nation. Effectively organizing public passenger transportation (PPT) and increasing safety levels for citizens participating in traffic are important objectives in urban traffic management. PPT is not only a means of transportation support but also plays a crucial role in improving the quality of life, enhancing the living environment, and improving community cohesion in urban areas. PPT helps reduce traffic congestion, decrease the number of personal vehicles, protect the environment, save energy, and reduce road traffic accidents. The V2X technology enhances the efficiency of the PPT system, supports drivers in vehicle control to increase safety during travel, and improves the efficiency of transportation organization in urban areas. The article introduces V2X technology and proposes its application in organizing transportation in major cities of Vietnam.

KEYWORDS: V2X Technology, RBU, OBU, V2V, V2I, V2P, V2N.

1. TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ V2X

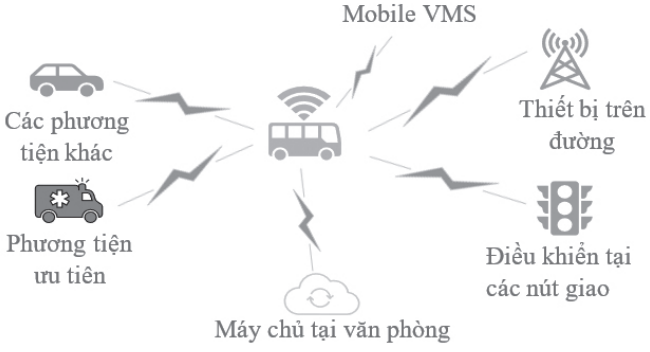
1.1. Khái niệm

Công nghệ V2X (Vehicle to everything) là một công nghệ hỗ trợ khả năng chia sẻ và thu nhận các thông tin theo thời gian thực từ các cảm biến của một PT nào đó với các đối tượng khác (các đối tượng khác có thể là: Các PT khác, người đi bộ gần đó, cơ sở hạ tầng đường bộ và hệ thống đô thị thông minh) thông qua kết nối dữ liệu không dây [4, 5]. Công nghệ V2X kết hợp các thuật toán sử dụng dữ liệu trao đổi giữa các đối tượng khác nhau để thực hiện các phép tính nhằm nhận biết trước các tình huống rủi ro cao, đưa ra cảnh báo và gửi cảnh báo cho người lái xe (6).

1.2. Lợi ích chính của V2X

Một trong những lợi ích chính của V2X là cải thiện sự an toàn trong khi di chuyển của các PT. Các PT đang di chuyển nhận diện và kết nối được với nhau, chúng có thể ngay lập tức nhận biết được sự thay đổi tốc độ hoặc hướng di chuyển của các PT khác, từ đó giúp người điều khiển PT có những phản ứng phù hợp nhằm ngăn ngừa khả năng va chạm. Công nghệ V2X giúp các PT đang di chuyển, nhanh chóng phát hiện các sự cố (tai nạn, vật rơi vãi, vật nguy hiểm…) xuất hiện trên tuyến đường di chuyển.

Kiến trúc công nghệ V2X có thể được thể hiện như hình dưới đây:



Hình 1.1: Mô hình kiến trúc công nghệ V2X

- V2X cho phép PT tối ưu hóa tuyến đường một cách linh hoạt dựa trên thông tin giao thông thu nhận được. Điều này giúp việc di chuyển tiết kiệm năng lượng hơn.
- Công nghệ V2X cung cấp thông tin động cho PT về vị trí và trạng thái của các thiết bị sạc, các trạm nhiên liệu giúp các PT chủ động trong quá trình di chuyển.
- V2X cung cấp dịch vụ tối ưu hóa tự động, giúp lái xe

thực hiện lộ trình chuyến đi của mình được tiết kiệm hơn về thời gian và tiền bạc. Dịch vụ này cũng giúp các nhà điều hành giao thông điều hướng luồng giao thông để giảm tắc nghẽn và khí thải đô thị.

- Công nghệ V2X đưa ra phản ứng nhanh nhạy trong các tình huống có xe ưu tiên xuất hiện. V2X có thể ưu tiên các phương tiện ưu tiên bằng cách thông báo sự hiện diện của chúng với các PT xung quanh, gửi tín hiệu và trực tiếp can thiệp vào hệ thống điều khiển giao thông để hệ thống điều khiển giao thông chuyển sang trạng thái có PT được ưu tiên. Điều này đảm bảo cho PT ưu tiên di chuyển một cách thuận lợi nhất.

2. THỰC TRẠNG VỀ VTHKCC VÀ THIỆT HẠI VỀ MẶT KINH TẾ - XÃ HỘI TẠI CÁC ĐÔ THỊ LỚN VIỆT NAM

VTHKCC chỉ đáp ứng được trên dưới 10% nhu cầu đi lại của người dân trong hầu hết các đô thị lớn của Việt Nam hiện nay, đây là con số rất khiêm tốn so với kỳ vọng. Theo dự báo, thậm chí tỷ trọng đảm nhận của VTHKCC còn nhỏ hơn trong tương lai. Đây là một thực tế rất đáng được quan tâm nghiên cứu và xem xét.

Qua tìm hiểu, nguyên nhân quan trọng dẫn đến tình trạng sụt giảm sự hấp dẫn của giao thông công cộng (GTCC) là sự không đúng giờ của các tuyến VTHKCC. Việc tìm ra giải pháp giúp hệ thống VTHKVCC chạy đúng giờ là cần thiết và cấp bách vào lúc này. Điều này giúp gia tăng sự hấp dẫn của GTCC đối với người dân, từ đó giúp các nhà quản lý đạt được mục tiêu về tỷ lệ đảm nhận của VTHKCC và giảm thiểu tình trạng TNGT đường bộ.

Những thiệt hại hàng năm về người và của do TNGT gây ra là rất nghiêm trọng. Số liệu thống kê của Tổ chức Y tế Thế giới [1] chỉ ra điều khẳng định trên, con số cụ thể được thể hiện như bảng sau:

TT	Nội dung	Mức độ
1	Số người chết	1,3 triệu
2	Số người bị thương	Từ 20 đến 50 triệu
3	Thiệt hại GDP	3%

Các vị trí và nguyên nhân xảy ra tai nạn tại Mỹ [3] được thể hiện như bảng dưới đây:

TT	Vị trí và nguyên nhân	Số vụ
1	Va chạm từ phía sau tại nút giao	1,6 triệu
2	Va chạm bên hông tại nút giao	634.000
3	Tai nạn do chuyển làn/đi sai làn	431.000

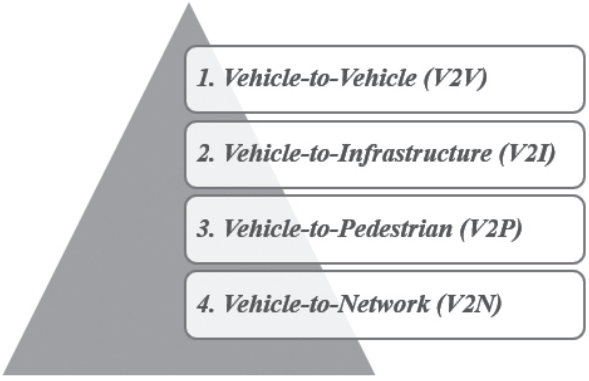
Tại Việt Nam, tình hình TNGT tại 2 thành phố lớn (Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh) cũng rất nghiêm trọng. Bảng thống kê về số vụ tai nạn ảnh hưởng nghiêm trọng đến người và phương tiện trong năm 2022 dưới đây cho chúng ta thấy bức tranh về giao thông tại hai thành phố này (2).

TT	Nội dung	Số lượng	
		TP. Hồ Chí Minh	Hà Nội
1	Số vụ TNGT	2.455 vụ	1.062
2	Số người chết	602	451
3	Số người bị thương	1.865	716

Như vậy, ở cả thế giới và Việt Nam, TNGT đang là nỗi ám ảnh và đang là thách thức rất lớn cho các nhà chức trách.

3. CÁC THÀNH PHẦN CẤU THÀNH CỦA V2X

Các thành phần cấu thành của V2X được mô tả *Hình 3.1*:



Hình 3.1: Các thành phần cấu thành của V2X

3.1. Vehicle-to-Vehicle (V2V)

V2V là việc trao đổi thông tin không dây giữa các PT. Qua V2V, các PT có thể chia sẻ với nhau các thông tin theo thời gian thực như: Tốc độ, vị trí và hướng di chuyển… Điều này giúp các lái xe nhanh chóng phát hiện nguy cơ xảy ra va chạm, giúp các lái xe có hành động phù hợp và duy trì khoảng cách an toàn.

3.2. Vehicle-to-Infrastructure (V2I)

V2I cho phép các phương tiện di chuyển trên đường trao đổi thông tin với các thiết bị khác trên hoặc gần đường. Tùy thuộc vào khu vực, các thiết bị trên đường có thể là camera, đèn đường, biển báo, vạch kẻ làn đường…. V2I cung cấp nhiều thông tin hơn, sớm hơn và đến đúng PT.

3.3. Vehicle-to-Pedestrian (V2P)

V2P tập trung vào sự tương tác giữa PT và người đi bộ, người đi xe đạp hoặc những người tham gia giao thông dễ bị tổn thương khác. Công nghệ này thường dựa vào điện thoại thông minh, thiết bị đeo hoặc các thiết bị khác do người đi bộ mang theo để truyền dữ liệu vị trí và chuyển động của họ. Sau đó, các PT được trang bị V2P có thể sử dụng thông tin này để xác định và tránh các va chạm có thể xảy ra, nâng cao sự an toàn cho tất cả người tham gia giao thông.

3.4. Vehicle-to-Network (V2N)

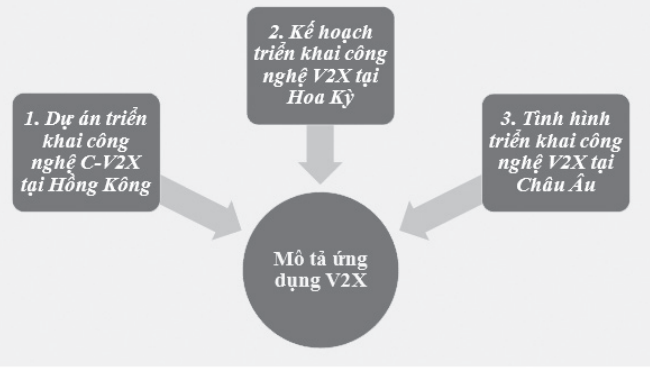
Giao tiếp giữa xe với mạng kết nối, chẳng hạn như mạng di động hoặc wifi, khả năng kết nối này cho phép các PT truy cập thông tin giao thông theo thời gian thực, cập nhật thời tiết và đề xuất tuyến đường, tạo điều kiện cho các chuyến đi hiệu quả và an toàn hơn.

V2N cũng có thể cho phép chẩn đoán từ xa và cập

nhật qua mạng, cho phép các nhà sản xuất theo dõi tình trạng xe và đưa ra các cải tiến phần mềm.

4. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ V2X TẠI MỘT SỐ NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI

Việc ứng dụng công nghệ V2X tại một số nước trên thế giới được mô tả ở *Hình 4.1:*



Hình 4.1: Mô tả ứng dụng công nghệ V2X tại một số nước trên thế giới

4.1. Dự án triển khai công nghệ C-V2X tại Hồng Kông

C-V2X (10,15) đề cập đến hệ thống liên lạc có độ trễ thấp giữa PT và các đối tượng liên quan (PT khác, người đi bộ, cơ sở hạ tầng đường bộ và mạng kết nối). Những đối tượng khác nhau trong hệ thống giao thông được kết nối và phối hợp với nhau theo thời gian thực trong hệ thống Internet, các báo cáo và cảnh báo theo thời gian thực được gửi tới người tham gia giao thông giúp tăng cường an toàn đường bộ và hỗ trợ lái xe.

Kết quả thử nghiệm giai đoạn 1 cho thấy hiệu quả là rất tốt. Hiện tại, giai đoạn thứ hai của cuộc thử nghiệm C-V2X đang được tiến hành. Mục tiêu chính là tăng cường an toàn đường bộ và người đi bộ, đồng thời cải thiện hiệu quả giao thông.

4.2. Kế hoạch triển khai công nghệ V2X tại Hoa Kỳ

Các nhà chuyên môn tại Hoa Kỳ cho rằng, Hệ thống V2X tạo khả năng kết nối không dây để trao đổi thông tin giữa PT với đối tượng liên quan. Những thông tin này gồm: Vị trí, tình trạng hoạt động của các PT khác, những người đi đường khác, điều kiện giao thông, bao gồm cả tình trạng giao thông, tín hiệu giao thông và điều kiện đường hiện hành - chẳng hạn như thời tiết, điều kiện mặt đường, công trình khu vực và các sự cố khác.

V2X có độ trễ mạng thấp ở tần số 5,9 GHz sẽ giúp người lái xe nhận biết sớm các tình huống giao thông nguy hiểm. Các cảm biến trên xe giúp cải thiện khả năng an toàn của PT, tăng khả năng chia sẻ thông tin giữa các bên khác nhau trong mạng lưới GTVT.

Tại Hoa Kỳ, hai thành phần quan trọng của hệ thống V2X là: Thiết bị trên đường (RSU) và thiết bị được lắp đặt trên phương tiện (OBU).

Trong 3 năm qua, công nghệ V2X đã được triển khai thực hiện trên diện rộng.

Công nghệ V2X đã hoạt động rất hiệu quả và là cơ sở quan trọng để Mỹ triển khai hệ thống V2X rộng khắp trên toàn lãnh thổ.

4.3. Tình hình triển khai công nghệ V2X tại châu Âu

Việc triển khai V2X (12) đã nằm trong chương trình nghị sự ở châu Âu kể từ đầu những năm 2010. C-ITS (Cooperative intelligent transport system) tập trung vào giao tiếp giữa các hệ thống, giữa PT với các đối tượng liên quan hay với các hệ thống C-ITS khác. Các quốc gia thành viên châu Âu và các nhà khai thác cơ sở hạ tầng đường bộ đã hợp tác để thành lập Nền tảng C-Road, một sáng kiến chung nhằm thiết lập mạng C-ITS tích hợp và có thể tương tác trải dài khắp biên giới châu Âu (C-Roads là sáng kiến chung của các quốc gia EU và các nhà khai thác đường bộ nhằm thử nghiệm các dịch vụ ITS hợp tác được hỗ trợ bởi kết nối xe với xe (V2V) và xe với cơ sở hạ tầng (V2I), tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng các PT tự hành được kết nối).

Châu Âu hiện bắt đầu bước vào giai đoạn triển khai V2X thương mại. Tuy nhiên, để vận hành các dịch vụ V2X trên quy mô lớn, cần phải triển khai nhiều OBU và RSU hơn, do vậy cần nhiều thời gian hơn để chính thức triển khai V2X rộng khắp trên toàn khu vực.

5. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ V2X TRONG TỔ CHỨC VẬN TẢI TẠI CÁC ĐÔ THỊ LỚN Ở VIỆT NAM

Quản lý luồng giao thông và GTCC là 2 nội dung quan trọng trong công tác tổ chức vận tải tại đô thị.

Quản lý luồng giao thông trong đô thị được thực hiện qua các phương án tổ chức vận tải tại các nút giao, qua hệ thống đèn tín hiệu giao thông.

Đối với GTCC, việc thực hiện đúng giờ là rất quan trọng, đây chính là tiêu chí quan trọng đánh giá chất lượng dịch vụ VTHKCC. Tuy nhiên, tiêu chí này là một tiêu chí vô cùng khó đối với VTHKCC tại các thành phố lớn của Việt Nam.

Với việc phát tín hiệu ưu tiên cho PT VTHKCC khi nó di chuyển qua các giao cắt, V2X có thể giúp VTHKCC thực hiện được tiêu chí đúng giờ, không những thế, V2X còn giúp hành khách di chuyển hiệu quả và an toàn.

Công nghệ C-V2X cho phép liên lạc theo thời gian thực giữa PT VTHKCC và đèn tín hiệu giao thông, cho phép hệ thống ưu tiên tín hiệu giao thông cho PT VTHKCC, giúp PT VTHKCC di chuyển nhanh hơn và có độ tin cậy cao hơn.

Rõ ràng, V2X khi triển khai đem lại rất nhiều lợi ích cho hệ thống GTVT nói riêng và tác động rất tích cực tới nền kinh tế nói chung. Tuy nhiên, khi triển khai V2X, các nhà quy hoạch phải đối mặt với một số thách thức nhất định, các thách thức có thể kể đến gồm:

- Chi phí: Để triển khai hệ thống V2X đầy đủ, chúng ta cần đầu tư trang thiết bị trên đường (tại các nút giao), trang thiết bị trên xe (các PT VTHKCC), hạ tầng viễn thông, chi phí tại trung tâm điều khiển… Khoản chi phí này đòi hỏi mức đầu tư lớn từ phía các cơ quan chức năng. Chi phí này là một trong những rào cản chính đối với việc triển khai công nghệ V2X.

- Tiêu chuẩn hóa và tương thích: Việc thiếu tiêu chuẩn hóa trong công nghệ và tương thích (ngay cả trên thế giới) giữa các hệ thống có thể gây ra khó khăn khi tích hợp và sử dụng dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau.

- Pháp lý và quy định: Việc thiếu rõ ràng về quy định và chính sách về việc sử dụng công nghệ V2X có thể làm trì hoãn quá trình triển khai và ứng dụng.

- Hạn chế về hạ tầng và kỹ thuật: Các vấn đề về hạ tầng, tín hiệu mạng và khoảng cách truyền dẫn có thể ảnh hưởng đến hiệu suất của hệ thống V2X.

Để có thể đảm bảo được hiệu quả của việc triển khai V2X tại các thành phố lớn hiện nay, cần thực hiện một cách bài bản, từng bước và có đánh giá, sửa chữa. Các bước triển khai V2X có thể diễn ra qua các bước như sau:

- Nghiên cứu và lập kế hoạch: Điều này bao gồm việc phân tích hạ tầng hiện tại, đánh giá khả năng tích hợp công nghệ mới và lập kế hoạch triển khai.

- Hạ tầng và cơ sở vật chất: Triển khai lắp đặt các cảm biến, thiết bị và hệ thống giao tiếp không dây trên các tuyến đường, giao lộ, các điểm dừng công cộng và trên các PT vận tải.

- Phát triển và tích hợp hệ thống: Xây dựng các phần mềm và hệ thống phần cứng để thu thập dữ liệu, xử lý thông tin và truyền tải dữ liệu giữa các PT và hạ tầng giao thông, đồng thời tích hợp dữ liệu này vào hệ thống quản lý giao thông để cung cấp thông tin cho người quản lý.

- Thử nghiệm và đánh giá: Trước khi triển khai rộng rãi, cần thử nghiệm hệ thống trong một quy mô nhỏ để đảm bảo hoạt động ổn định và chính xác; đánh giá kết quả để sửa chữa các vấn đề phát sinh và tối ưu hóa hiệu suất.

- Triển khai và mở rộng: Sau khi hoàn thiện và đánh giá thử nghiệm, tiến hành triển khai hệ thống V2X vào một số khu vực, tuyến đường hoặc PT giao thông cụ thể, từ đó mở rộng triển khai trên diện rộng hơn tùy thuộc vào kinh nghiệm và kết quả thu được từ các bước trước đó.

- Đào tạo và hỗ trợ: Việc đào tạo nhân viên và người sử dụng cuối cùng là rất quan trọng để đảm bảo hiệu quả của hệ thống; cần có các chương trình đào tạo, hướng dẫn sử dụng và hỗ trợ kỹ thuật liên tục.

6. KẾT LUẬN

Việc triển khai hệ thống V2X cho đô thị mang lại nhiều lợi ích quan trọng, nhưng điều này cũng đặt ra một số yếu tố cần xem xét. Những lợi ích có thể kể đến như: Tăng tính ATGT cho hệ thống giao thông đô thị, giảm ùn tắc, giảm tác động môi trường…, tuy nhiên một loạt hạn chế cần phải xem xét, cân nhắc như: Chi phí triển khai cao, tính bảo mật và quyền riêng tư bị ảnh hưởng, các tiêu chuẩn và tính tương thích…

Điều này có nghĩa là trong bối cảnh ngày nay khi mà tốc độ đô thị hóa cao, đô thị phát triển ngày một nhanh và áp lực giao thông ngày càng gia tăng, việc triển khai hệ thống V2X có thể là một bước tiến quan trọng để cải thiện sự an toàn và tăng hiệu suất giao thông. Tuy nhiên, việc này đòi hỏi sự đầu tư lớn và nhiều hỗ trợ để giải quyết những thách thức liên quan đến chi phí, bảo mật và quyền riêng tư. Sự hỗ trợ từ cả cơ quan, chính phủ và cộng đồng kỹ thuật là cần thiết để triển khai một cách thành công và bền vững. Điều này có nghĩa là, việc triển khai hệ thống V2X là cần thiết, nên làm nhưng cần được tiến hành một cách thận trọng và có cân nhắc, tính toán.

Tài liệu tham khảo

[1]. *https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries.*

[2]. *https://mt.gov.vn/Images/editor/files/XUAN%20NGUYEN/Nam%202023/QUY%20IV/Bai%20NCKH%20ATGT%202023/B%C3%A0i%2010_%2085-92.pdf.*

[3]. Ronald K. Jurgen (11, September, 2015), *V2V/V2I Communications for Improved Road Safety and Efficiency*, SAE International.

[4]. Rajas Chitanvis, Niranjan Ravi, Tanmay Zantye and Mohamed El-Sharkawy, *Collision avoidance and Drone surveillance using Thread protocol in V2V and V2I communications*.

[5]. *https://builtin.com/transportation-tech/v2x-vehicle-to-everything.*

[6]. *https://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/math-ch09.html.*

[7]. National Highway Traffic Safety Administration Vehicle to Vehicle Communication, (Last Accessed: March 24, 2019), [Online] Available: *https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehiclevehicle-communication*, Silicon Lab Thread Fund.

[8]. *https://www.emqx.com/en/blog/what-is-v2x-and-the-future-of-vehicle-to-everything-connectivity.*

[9]. *https://www.nhtsa.gov/press-releases/us-department-transportation-releases-request-comment-rfc-vehicle-everything-v2x.*

[10]. *https://www.astri.org/tdprojects/connected-vehicle-v2x-technology/.*

[11]. ITS America National V2X Deployment Plan (April, 2023), *An infrastructure & Automaker Collaboration*, ITS America.

[12]. *https://autocrypt.io/v2x-deployment-roadmap-europe-2024/.*

[13]. *https://www.hcmcpv.org.vn/tin-tuc/tphcm-nang-cao-chat-luong-he-thong-giao-thong-cong-cong-1491891136.*

[14]. *https://www.vietnamplus.vn/ha-noi-day-manh-ung-dung-cong-nghe-de-nang-cao-chat-luong-xe-buyt-post864296.vnp.*

[15]. *https://opengovasia.com/hong-kong-advancing-autonomous-driving-and-c-v2x-tech/.*

Ngày nhận bài: 14/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 01/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 02/4/2024

Nghiên cứu đề xuất định hướng xây dựng hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật cho đường sắt đô thị tại Việt Nam

■ **TS. NGUYỄN THỊ HOÀI AN**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: nguyenthihoaian@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo phân tích phương thức xây dựng hệ thống quy chuẩn tiêu chuẩn (QCTC) kỹ thuật đường sắt châu Âu nhằm hài hòa kỹ thuật để sử dụng chung cho toàn mạng lưới đường sắt nhiều quốc gia tại châu Âu, qua đó thấy tính tương đồng và khả thi để áp dụng khi xây dựng tiêu chuẩn cho đường sắt đô thị (ĐSĐT) tại Việt Nam. Bài báo đưa ra đề xuất định hướng về các hạng mục, quy trình, phương thức, phân cấp mức độ mang tính khả thi khi xây dựng hệ thống QCTC kỹ thuật chung cho ĐSĐT Việt Nam.

TỪ KHÓA: Đường sắt đô thị, quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật.

ABSTRACT: This article analyzes the method of building a European railway technical standards to harmonize the technical aspects for common use across European railway network, thereby showing the similarity and feasibility to applied when developing standards for urban railways in Vietnam. The article proposes directions on feasible items, processes, methods, and hierarchy levels to establish a system of general technical standards for Vietnam urban railways.

KEYWORDS: Urban railway, regulation, technical standard.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, đường sắt đô thị là một hệ thống vận chuyển hành khách công cộng mạnh, nhanh và hiện đại, sử dụng các công nghệ tiên tiến và tự động hóa cao trong toàn bộ quá trình xây dựng, vận hành và bảo dưỡng. Cần nhấn mạnh rằng, đường sắt là một HỆ THỐNG (RAILWAY SYSTEM) thống nhất, gồm các phân hệ chính (Subsystems): Hạ tầng (Infrastructur), năng lượng (Energy), tín hiệu và điều khiển (Control command and Signalling), đoàn tàu (Rolling Stock) và vận hành (Operation) [6].

Hình 1.1: Hệ thống đường sắt [6]

Để đảm bảo vận hành an toàn, hiệu quả, các phân hệ này bắt buộc phải đồng bộ, tích hợp với nhau từ lập dự án, triển khai cơ sở hạ tầng đến tổ chức vận hành trong toàn bộ vòng đời hoạt động. Tiêu chuẩn hóa chính là điều kiện tiên quyết đảm bảo sự đồng bộ, đổi mới và an toàn của hệ thống ĐSĐT, đảm bảo an toàn và chất lượng vận hành, có lợi thế về chi phí do chống độc quyền công nghệ. Hiện tại, các dự án ĐSĐT tại Việt Nam được triển khai với nhiều công nghệ khác nhau, tiêu chuẩn khác nhau, hệ thống QCTC kỹ thuật riêng của Việt Nam lại chưa có, nên toàn mạng lưới thiếu tính đồng bộ kỹ thuật, lãng phí nhân lực, vật lực do phụ thuộc công nghệ. Việc xây dựng có hệ thống bộ QCTC kỹ thuật chung cho ĐSĐT là rất cấp thiết cho sự phát triển của ĐSĐT Việt Nam.

2. THỰC TIỄN HỆ THỐNG TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT ĐSĐT Ở CHÂU ÂU

Hệ thống đường sắt châu Âu gồm đường sắt quốc gia và ĐSĐT các nước với nhiều hệ thống tiêu chuẩn, khổ đường khác nhau. Năng lượng chạy tàu đa dạng, gồm: điện, diesel, hybrid. Việc thống nhất EU đòi hỏi mạng lưới đường sắt các nước thành viên cần liên thông với nhau, tạo thành thị trường về thiết bị, kỹ thuật, công nghệ đường sắt hợp nhất, các đoàn tàu có thể thuận tiện, nhanh chóng chạy liên thông giữa các quốc gia châu Âu.

Hệ thống QCTC kỹ thuật về đường sắt hiện áp dụng cho mạng lưới đường sắt tại châu Âu với 34 thành viên, gồm:

- Tiêu chuẩn quốc tế ISO/TC 269, IEC;
- Tiêu chuẩn của Hiệp hội Đường sắt thế giới (UIC);
- Hợp chuẩn kỹ thuật (TSIs)[3];
- Tiêu chuẩn châu Âu (EN);
- Tiêu chuẩn quốc gia (như: DIN EN, NF EN);
- Quy phạm kỹ thuật (như: RIL của Đức).

Tiêu chuẩn EN do Ủy ban châu Âu về tiêu chuẩn kỹ thuật CEN, tiểu ban CEN/TC 256 và CENELEC ban hành áp dụng trong toàn châu Âu. Tại mỗi nước thành viên, nếu cần điều chỉnh áp chuẩn cho phù hợp, tiêu chuẩn EN có thêm ký hiệu của tổ chức tiêu chuẩn quốc gia đó (như DIN EN của Đức). Tiêu chuẩn ĐSĐT tuân thủ tiêu chuẩn đường

sắt chung và nằm trong tiêu chuẩn quốc gia. Để đảm bảo vừa có tính thống nhất trong toàn mạng lưới chung, vừa có tính riêng biệt của mỗi quốc gia, cách thức xây dựng hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật cho đường sắt tại châu Âu dựa trên 3 cấp *(Hình 2.1)*.

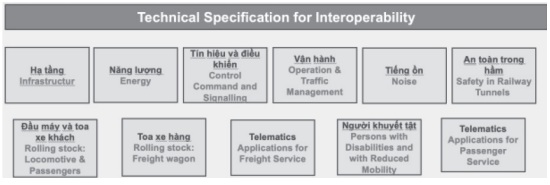
Hình 2.1: Mô hình 3 cấp xây dựng tiêu chuẩn EN [5]

- Sắc lệnh (Directive 96/48/EC và 2001/16/EC)[3]: Quyết định cao nhất của Ủy ban châu Âu (EC) dựa theo luật của các nước thành viên. Quy định các điều khoản chung nhất của hệ thống đường sắt, có tính bắt buộc.

- Hợp chuẩn kỹ thuật (Technical Specification for Interoperability - TSIs) [4]: Dựa trên Sắc lệnh 96/48/EC và 2001/16/EC, do các tiểu ban liên quan xây dựng và quyết định bởi EC. TSIs xác định các yêu cầu kỹ thuật cơ bản, quy trình thử nghiệm đối với các hạng mục chính của mọi tuyến đường sắt, bao gồm cả ĐSĐT. TSIs là bắt buộc.

- Tiêu chuẩn kỹ thuật EN: Xây dựng theo nhu cầu, chi tiết hóa dựa trên TSIs. EN áp dụng khuyến cáo, không bắt buộc.

TSIs ban đầu chỉ gồm một số phân hệ chính của đường sắt, tuy nhiên hiện tại, TSIs đã có nhiều thay đổi bổ sung để phù hợp với xu hướng công nghệ và vận hành đường sắt mới *(Hình 2.2)*.



Hình 2.2: Các phân hệ của TSIs đường sắt châu Âu [3, 4]

Các tiêu chuẩn đường sắt EN được xây dựng từ:

- Chuyển dịch từ tiêu chuẩn quốc tế (ví dụ từ IEC): Chiếm 80%;
- Do CEN, CENELEC dự thảo mới;
- Do đối tác khác của CENELEC xây dựng;

Chuyển dịch từ tiêu chuẩn sẵn có của một nước thành viên.

3. HIỆN TRẠNG HỆ THỐNG QUY CHUẨN, TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT ĐSĐT Ở VIỆT NAM

Hiện tại, Việt Nam đang vận hành 1 tuyến ĐSĐT Cát Linh - Hà Đông và 2 tuyến sắp vận hành là Nhổn - Ga Hà Nội và Bến Thành - Suối Tiên tại TP. Hồ Chí Minh. Ngoài ra, mạng lưới ĐSĐT tại các thành phố lớn đã được quy hoạch khá dày đặc vào các giai đoạn khác nhau nhằm phục vụ nhu cầu vận tải hành khách trong các đô thị, gồm 5 hệ thống nhiều tuyến ĐSĐT tại Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh, Quảng Ninh, Hải Phòng, Đà Nẵng [6]. Tuy nhiên, việc áp dụng QCTC kỹ thuật đối với các dự án đã và sắp triển khai còn rất nhiều bất cập.

3.1. Hiện trạng hệ thống QCTC kỹ thuật đang áp dụng tại ĐSĐT

Ba tuyến ĐSĐT ở Hà Nội và 2 tuyến tại TP. Hồ Chí Minh áp dụng đồng thời song song nhiều hệ thống tiêu chuẩn: Châu Âu, Trung Quốc, tiêu chuẩn quốc gia Nhật Bản, tiêu chuẩn Việt Nam *(Hình 3.1)*, bởi lý do:

- Hệ thống đường sắt quốc gia Việt Nam đã cũ kỹ lạc hậu, ĐSĐT là loại hình đường sắt hoàn toàn mới về công nghệ, kỹ thuật, phương thức vận hành, nên Việt Nam hoàn toàn không có sự chủ động cho hệ thống QCTC kỹ thuật cho ĐSĐT.
- Các tuyến ĐSĐT hiện được xây dựng từ nhiều nguồn vốn ODA khác nhau như Trung Quốc, Pháp, Nhật Bản… Mỗi nước có một hệ thống tiêu chuẩn ĐSĐT riêng và áp dụng tại Việt Nam.
- Khi bắt đầu triển khai, do tính cấp thiết, một số tiêu chuẩn kỹ thuật Việt Nam (TCVN) đối với một số hạng mục của ĐSĐT đã được phê duyệt, áp dụng.

Hình 3.1: Tiêu chuẩn kỹ thuật đang áp dụng cho ĐSĐT tại Việt Nam [8]

Vì các bất cập trên, các tuyến ĐSĐT tại Việt Nam hoàn toàn thiếu tính tương thích, thiếu đồng bộ kỹ thuật dẫn đến khó khăn cho công tác quản lý, lãng phí cơ sở hạ tầng khi vận hành, bảo dưỡng, như: Không thể tích hợp một hệ thống điều khiển vận hành chung cho mọi tuyến, không thể sử dụng chung hạ tầng, đoàn tàu, depo… dẫn đến lãng phí tài nguyên kỹ thuật, đất đai xây dựng, tăng chi phí mua mới thiết bị khi triển khai các tuyến tiếp theo…

3.2. Hiện trạng xây dựng QCTC kỹ thuật ĐSĐT

Hiện tại, dù Việt Nam chưa có bộ QCTC chung cho ĐSĐT, nhưng Bộ Xây dựng và Bộ GTVT đã và đang triển khai xây dựng hệ thống QCTC kỹ thuật cho ĐSĐT theo hướng chuyển dịch các tiêu chuẩn của EN, IEC, ISO… thành các TCVN hoặc xây dựng các QCTC kỹ thuật phù hợp với Việt Nam trên cơ sở tham chiếu các tiêu chuẩn quốc tế. Ngoài ra, một số TCVN cấp thiết đã được ban hành, kết hợp với các tiêu chuẩn nước ngoài khi triển khai dự án ĐSĐT. Do bắt đầu từ đầu nên số lượng các tiêu chuẩn ĐSĐT rất lớn. Nguồn lực (chuyên gia, kinh phí) và kết quả xây dựng QCTC kỹ thuật ĐSĐT còn hạn chế, chưa có quy hoạch về lộ trình xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật bài bản.

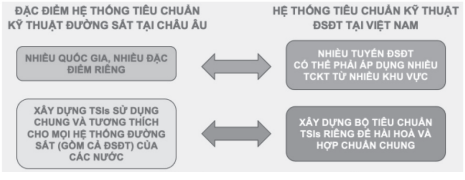
4. ĐỀ XUẤT ĐỊNH HƯỚNG XÂY DỰNG HỆ THỐNG QCTC KỸ THUẬT CHO ĐSĐT

4.1. Đánh giá tổng quan và khả năng áp dụng vào điều kiện Việt Nam

Qua phân tích hệ thống QCTC kỹ thuật đường sắt tại châu Âu và Việt Nam, thấy có một số khó khăn, thuận lợi tương đồng *(Hình 4.1)*:

- Nhiều quốc gia ở châu Âu với hệ thống đường sắt khác nhau, tương tự như tại Việt Nam có nhiều tuyến ĐSĐT được phát triển với một số công nghệ và áp dụng tiêu chuẩn khác nhau;

Việt Nam cần có QCTC kỹ thuật theo cách thức giống châu Âu để có thể vận hành đồng bộ, tương thích cho toàn mạng lưới, tiết kiệm nhân lực, vật lực.



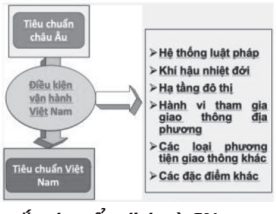
Hình 4.1: Sự tương đồng khi xây dựng tiêu chuẩn đường sắt giữa châu Âu và Việt Nam

Việc xây dựng TSIs, quy định các yêu cầu kỹ thuật chung và hạng mục bắt buộc làm cơ sở để xây dựng các tiêu chuẩn EN, đã giải quyết được tồn tại về khác biệt kỹ thuật quốc gia để thống nhất chung tiêu chuẩn kỹ thuật đường sắt trên toàn châu Âu. Áp dụng cách thức này vào điều kiện Việt Nam hoàn toàn có tính tương đồng và khả thi. Các tiêu chuẩn châu Âu dựa trên TSIs được nghiên cứu khoa học, yêu cầu cao về mặt an toàn và kỹ thuật và rất chi tiết đến từng thành phần của hệ thống, có sự kiểm tra, giám sát và trách nhiệm, đặt sự an toàn và dịch vụ hành khách lên ưu tiên cao nhất. TSIs lượng hóa rất chi tiết đối với từng hạng mục, tích hợp với cơ sở hạ tầng, liên lạc điều khiển và phương tiện.

4.2. Đề xuất định hướng xây dựng hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật cho ĐSĐT tại Việt Nam

** Yêu cầu chung:*

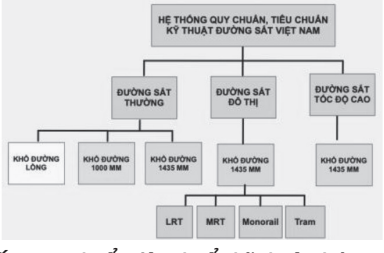
Về yêu cầu chung, QCTC kỹ thuật cho ĐSĐT phải đảm bảo tính an toàn, sẵn sàng - tin cậy khi vận hành, tối đa hóa tương thích kỹ thuật, đảm bảo yêu cầu về sức khỏe và môi trường, tăng khả năng tự chủ hướng tới công nghiệp hóa ngành Đường sắt Việt Nam, linh hoạt và có khả năng đồng nhất khi cần tham chiếu các tiêu chuẩn nước ngoài tương tự. Xây dựng QCTC chi tiết phải tốn nhiều thời gian, qua thử nghiệm thực tế. Cơ bản, Bộ GTVT định hướng xây dựng các TCVN dựa trên các tiêu chuẩn EN, có tham khảo tiêu chuẩn các nước Mỹ, Nhật Bản, Trung Quốc... Cơ sở cho lựa chọn các tiêu chuẩn quốc tế để xây dựng các TCVN về ĐSĐT là tiêu chuẩn do ISO, IEC, UIC, CEN/CENELEC ban hành. Các tiêu chuẩn, quy trình kỹ thuật này của châu Âu được xây dựng, hoàn thiện và cập nhật hoàn thiện nhằm tương thích về công nghệ và kỹ thuật. Do đó, đề xuất có thể lấy mô hình xây dựng QCTC châu Âu để áp dụng cho ĐSĐT Việt Nam. Tuy nhiên, do điều kiện khai thác khác biệt giữa châu Âu và Việt Nam, nên cần xem xét sửa đổi cho phù hợp. Các yếu tố chính đặc trưng của Việt Nam cần tính đến là: Hệ thống luật pháp, khí hậu nhiệt đới, cơ sở hạ tầng đô thị, hành vi thói quen tham gia giao thông của địa phương, các loại phương tiện giao thông khác trong đô thị…



Hình 4.2: Nguyên tắc chuyển dịch từ EN sang tiêu chuẩn Việt Nam

** Mô hình chung hệ thống QCTC kỹ thuật ĐSĐT:*

Hệ thống QCTC kỹ thuật ĐSĐT tại Việt Nam phải nằm trong hệ thống chung của đường sắt Việt Nam. Quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật ĐSĐT là cho khổ đường 1.435 mm, gồm 4 hệ LRT, MRT, Monorail và Tram [1] *(Hình 4.3)*.



Hình 4.3: Hệ thống quy chuẩn tiêu chuẩn kỹ thuật đường sắt Việt Nam

Do giới hạn về kinh phí và số lượng tiêu chuẩn lớn, nên chia ra lộ trình xây dựng QCTC cho ĐSĐT như sau:

- Giai đoạn 1: Xây dựng Quy chuẩn kỹ thuật với khung tiêu chuẩn, quy định các yêu cầu kỹ thuật chung mang tính bắt buộc, tham khảo TSIs của châu Âu.

Giai đoạn 2: Trên cơ sở Quy chuẩn và khung tiêu chuẩn, xây dựng tiêu chuẩn kỹ thuật theo mức cấp thiết, có thể áp dụng: Chuyển dịch từ hệ thống QCTC kỹ thuật nước ngoài (châu Âu) sang điều kiện Việt Nam hoặc tự phát triển tiêu chuẩn riêng.

** Ưu tiên xây dựng quy chuẩn kỹ thuật (TSIs) và khung tiêu chuẩn:*

Hệ thống QCTC cho ĐSĐT tại Việt Nam nên được xây dựng theo kiểu hình kim tự tháp với mức độ chi tiết dần, cao nhất là Luật Đường sắt, sau đó là các quy chuẩn kỹ thuật, khung tiêu chuẩn quy định các hạng mục trong mỗi phân hệ, cuối cùng là các tiêu chuẩn kỹ thuật tương ứng. Thời gian đầu, trên cơ sở Luật Đường sắt, xây dựng bộ quy chuẩn kỹ thuật cho ĐSĐT (TSIs) có tính bắt buộc áp dụng, quy định các đặc tính kỹ thuật chung và khung tiêu chuẩn quy định các hạng mục cần thiết nhất cho mỗi phân hệ của ĐSĐT [7, 8] *(Hình 4.4)*. Như vậy sẽ giảm tải khối lượng công việc, giảm chi phí… khi Việt Nam chưa có bộ tiêu chuẩn riêng. TSIs có thể dịch chuyển từ TSIs châu Âu do mang tính đặc trưng chung của hệ thống ĐSĐT. TSIs vừa là kế hoạch vừa là cơ sở pháp lý cho việc rà soát, xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật tương ứng sau này.

Hình 4.4: Mô hình xây dựng hệ thống quy chuẩn tiêu chuẩn kỹ thuật đường sắt Việt Nam

Các hạng mục chính của quy chuẩn (TSIs) ĐSĐT đề xuất như *Hình 4.5*, gồm:

- Phân chia các phân hệ cấu thành hệ thống ĐSĐT theo chuẩn chung của đường sắt thế giới;
- Trong mỗi phân hệ, xây dựng khung tiêu chuẩn, chỉ rõ nhóm tiêu chuẩn bắt buộc, nhóm tiêu chuẩn khuyến nghị;
- Phân tích, đánh giá, phân nhóm các tiêu chuẩn nên chuyển dịch từ tiêu chuẩn châu Âu, TCVN sẵn có; các tiêu chuẩn cần xây dựng mới.

Hình 4.5: Các phân hệ (Subsystems) của quy chuẩn kỹ thuật ĐSĐT

Mỗi phân hệ cần thiết lập các nội dung:

- Định nghĩa, mô tả vật lý và chức năng, các yêu cầu kỹ thuật chung của phân hệ;

- Những yêu cầu phải tuân thủ: An toàn, độ tin cậy và sẵn sàng vận hành, yêu cầu về sức khỏe, bảo vệ môi trường và khả năng tương thích kỹ thuật;

- Đặc điểm kỹ thuật và chức năng của phân hệ: Các tham số chính riêng đặc trưng, phương pháp tính toán, giao diện với các phân hệ khác;

- Định nghĩa về giao diện chức năng và kỹ thuật cho phép các phân hệ tương thích và cộng tác (interoperability);

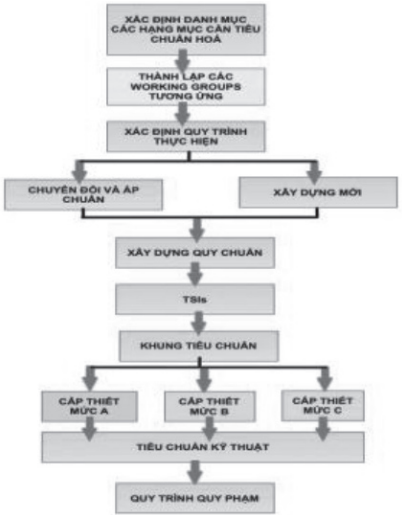
- Các điều kiện về vận hành, nhân sự, bảo trì...;

- Quy trình đánh giá sự phù hợp để sử dụng cho các thành phần có khả năng tương tác và xác minh;

- Các nguyên tắc triển khai phân hệ tuân thủ đặc tính kỹ thuật chung: Khi xây dựng mới và khi nâng cấp.

** Chuẩn hóa trình tự xây dựng QCTC cho ĐSĐT:*

Trình tự xây dựng quy chuẩn, tiêu chuẩn ĐSĐT cũng nên được chuẩn hóa, tuân thủ theo Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật Việt Nam [2], như minh họa tại *Hình 4.6*. Trong đó, tại bước xây dựng khung tiêu chuẩn, cần xác định rõ tính cấp thiết của mỗi hạng mục tiêu chuẩn để có kế hoạch phê duyệt phù hợp, đảm bảo các tiêu chuẩn được xây dựng đúng, đủ, kịp thời [5, 8].



Hình 4.6: Trình tự xây dựng quy chuẩn, tiêu chuẩn ĐSVN tại Việt Nam

Các bước xây dựng gồm:

- Lên danh mục các tiêu chuẩn cần thiết;

- Thành lập các working groupe tương ứng;

- Xây dựng quy trình chuẩn khi chuyển dịch hoặc xây dựng mới;

- Xây dựng quy chuẩn;

- Xây dựng đặc tính kỹ thuật chung (TSIs);

- Xây dựng khung tiêu chuẩn;

Xây dựng tiêu chuẩn kỹ thuật.

+ Mức A: Mức độ ưu tiên áp dụng cao nhất, gồm các tiêu chuẩn, quy trình bắt buộc không thể thiếu trong thiết kế, xây dựng và vận hành an toàn, phải được xây dựng, thẩm định và phê duyệt ngay.

+ Mức B: Mức độ ưu tiên áp dụng sau mức A, gồm các tiêu chuẩn, quy trình cần thiết cho công tác thiết kế, xây dựng và vận hành, nhưng chưa cấp thiết ngay. Các tiêu chuẩn này nhằm cụ thể và chi tiết hóa để tăng tính an toàn cho các hạng mục. Các hạng mục này có thể đề xuất dưới dạng "yêu cầu", sau đó sẽ cụ thể hóa bằng tiêu chuẩn, tham khảo tiêu chuẩn tương tự của nước ngoài và kiểm nghiệm thực tế tại Việt Nam.

+ Mức C: Mức độ ưu tiên áp dụng sau cùng, gồm các quy trình, tiêu chuẩn kỹ thuật chưa mang tính cấp thiết. Các hạng mục này, sau khi tổ chức vận hành, thấy cần thiết thì đề xuất xây dựng bổ sung, nhằm tăng mức độ an toàn, cụ thể hóa các quy định đã có.

** Xem xét các nguồn kinh phí cho tiêu chuẩn:*

Để giảm thiểu gánh nặng cho ngân sách, các nguồn kinh phí cho xây dựng tiêu chuẩn có thể học tập kinh nghiệm từ châu Âu là:

- Từ ngân sách nhà nước;

- Từ nguồn hưởng lợi ích từ tiêu chuẩn, ví dụ:

+ Dự án từ ngành công nghiệp đường sắt;

+ Dự án từ khu vực công;

+ Các doanh nghiệp.

5. KẾT LUẬN

Xây dựng hệ thống QCTC kỹ thuật riêng áp dụng đồng bộ, thống nhất cho các tuyến ĐSĐT đóng vai trò then chốt cho xác định và lựa chọn công nghệ cho các tuyến ĐSĐT triển khai tại Việt Nam, tránh lãng phí nhân lực vật lực đường sắt, thống nhất hoạt động trên toàn mạng lưới ĐSĐT. Định hướng đúng các phân hệ, quy trình, hạng mục, phân cấp các mức độ quan trọng, cấp thiết và ưu tiên, đưa ra lộ trình xây dựng các QCTC theo hình thức TSIs của châu Âu, xác định hạng mục xây dựng mới hay chuyển dịch tiêu chuẩn, nhằm đáp ứng được nhu cầu áp dụng khi triển khai các dự án ĐSĐT tiếp theo. Với các ưu việt của mình, QCTC kỹ thuật đường sắt châu Âu có tính tương đồng và phù hợp nhất, nên được xem xét để xây dựng Hệ thống QCTC cho ĐSĐT Việt Nam theo trình tự từ quy chuẩn, TSIs, khung tiêu chuẩn và tiêu chuẩn kỹ thuật.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Luật Đường sắt 2005*.

[2]. *Luật 68/2006/QH11 về Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.*

[3]. *Sắc lệnh của Ủy ban châu Âu 96/48/EC*.

[4]. *Quy định kỹ thuật châu Âu về hợp chuẩn chung (TSI)*.

[5]. Nguyễn Thị Hoài An, *Funktionale Anforderungen und Lösungskonzept zu technischen Normen der*, Vietnamesischen Eisenbahn, Luận văn Tiến sỹ, TU Dresden 2011.

[6]. *Nghiên cứu khảo sát thu thập số liệu lập quy định kỹ thuật cho ĐSĐT*, JICA tài trợ năm 2016.

[7]. TS. Nguyễn Thị Hoài An, *Nghiên cứu lựa chọn tiêu chuẩn, quy trình kỹ thuật về vận hành khai thác và duy tu bảo dưỡng ĐSĐT đối với điều kiện ở Việt Nam*, Trung tâm Khoa học công nghệ GTVT, Trường Đại học GTVT.

[8]. TS. Nguyễn Thị Hoài An (17 - 19/01/2024), *Báo cáo tại Hội thảo về Phát triển hệ thống ĐSĐT Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh*, Hà Nội, Trường Đại học GTVT.

Ngày nhận bài: 26/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 07/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 04/4/2024

Áp dụng công nghệ xây dựng 4.0 để thúc đẩy phát triển bền vững tại đồng bằng sông Cửu Long

■ **TS. HUỲNH XUÂN TÍN**
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: tinhx_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Nghiên cứu này khảo sát và phân tích về việc áp dụng công nghệ xây dựng 4.0 (C4.0) ở các nước đang phát triển, với tập trung cụ thể vào vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Do thiếu phương pháp đổi mới trong xây dựng, các quốc gia đang phát triển gặp khó khăn trong việc thúc đẩy bền vững. Để bổ sung cho khoảng trống nghiên cứu này, các nghiên cứu trước đã đề cập đến các yếu tố quyết định thành công (CSFs) và động lực nhưng đã bỏ qua sự phức tạp và liên kết giữa CSFs. Nghiên cứu này đề xuất một phân tích Fuzzy Delphi để phân biệt các yếu tố quan trọng nhất để áp dụng C4.0 một cách thành công. Kết quả nhấn mạnh rằng động lực để giảm sử dụng tài nguyên tự nhiên và xây dựng mạng lưới logistics hiệu quả vượt trội so với các xem xét liên quan đến chi phí. Sự hợp tác, chia sẻ thông tin và quản lý chiến lược nổi bật như là các yếu tố quyết định thành công chủ chốt. Nghiên cứu này cung cấp thông tin quý giá cho các nhà quyết định chính sách và người thực hành nhằm thúc đẩy các thực hành xây dựng bền vững thông qua công nghệ xây dựng C4.0.

TỪ KHÓA: Công nghệ xây dựng 4.0, đồng bằng sông Cửu Long, phân tích Fuzzy Delphi, xây dựng bền vững.

ABSTRACT: This study examines and analyzes the implementation of Construction 4.0 (C4.0) technology in developing countries, focusing on the Mekong Delta region. Due to a lack of innovative methods in construction, developing nations encounter difficulties in promoting sustainability. To address this research gap, previous studies have discussed critical success factors (CSFs) and motivations but have overlooked the complexity and interconnections among CSFs. This study proposes a Fuzzy Delphi analysis to identify the most important factors for successfully applying C4.0. Results highlight that motivations to reduce natural resource usage and establish efficient logistics networks outweigh considerations related to costs. Collaboration, information sharing, and prominent strategic management emerge as key success determinants. This research provides valuable insights for policymakers and practitioners to promote sustainable construction practices through Construction 4.0 technology.

KEYWORDS: Construction 4.0, Mekong Delta, Fuzzy Delphi analysis, sustainable construction

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

C4.0 nhúng các công nghệ số vào ngành Xây dựng. C4.0 hứa hẹn cải thiện năng suất, hiệu quả và bền vững trong xây dựng thông qua Mô hình thông tin công trình (BIM), Thực tế ảo (VR), Thực tại tăng cường (AR), Người máy (Robot), in 3D, Trí tuệ nhân tạo (AI), Công nghệ bay không người lái (UAV), Kết nối vạn vật (IoT) và Dữ liệu lớn (Big data).

Ở các nước đang phát triển, việc thúc đẩy bền vững trong xây dựng là quan trọng để phát triển bền vững [1]. Logistics xây dựng đóng vai trò quan trọng, đặc biệt là vận chuyển vật liệu chiếm đến 30% lưu thông hàng hóa trong thành phố [2]. ĐBSCL của Việt Nam đang cần phát triển bền vững với 21 triệu dân và việc nghiên cứu về việc áp dụng C4.0 tại đây có ý nghĩa đặc biệt để giải quyết vấn đề này. Phương pháp Fuzzy Delphi (FDM) được sử dụng để xác định các yếu tố quyết định thành công (CSFs) cho việc áp dụng C4.0. Kết quả cho thấy động lực giảm sử dụng tài nguyên tự nhiên và quản lý logistics hiệu quả là quan trọng và sự hợp tác, chia sẻ thông tin và quản lý chiến lược là CSFs chủ chốt.

Nghiên cứu này nhằm mục tiêu giải quyết vấn đề xây dựng bền vững ở các quốc gia đang phát triển bằng cách nghiên cứu cách áp dụng C4.0. Nghiên cứu này giả định rằng lợi ích và động cơ của C4.0 là quan trọng đối với việc áp dụng thành công công nghệ. Nghiên cứu cũng khám phá thách thức và rào cản, như thiếu hạ tầng và kỹ năng, trong việc áp dụng C4.0 ở ĐBSCL. Mục tiêu chính của nghiên cứu là đề xuất cải tiến cho việc áp dụng C4.0 trong xây dựng ở các vùng đang phát triển, đặc biệt là ở ĐBSCL. Nghiên cứu sử dụng FDM (Fuzzy Delphi methodology) và AHP (Analytic Hierarchy Process) để xác định và ưu tiên hóa CSFs một cách hiệu quả.

2. THÁCH THỨC CỦA VIỆC ÁP DỤNG C4.0 TRONG CHUỖI CUNG ỨNG XÂY DỰNG TẠI VIỆT NAM

Ngành Xây dựng Việt Nam đối mặt với nhiều thách

thức như tốc độ xây dựng chậm và đầu tư cao do sự chậm trễ trong việc chuyển từ phương pháp truyền thống [3]. Những vấn đề này gặp khó khăn ở nhiều giai đoạn của dự án, từ việc sử dụng C4.0 hạn chế đến sự phụ thuộc quá mức vào giấy 2D làm kéo dài quá trình trao đổi thông tin. Xung đột thiết kế chưa giải quyết có thể dẫn đến mất thêm thời gian và nguồn lực trong giai đoạn xây dựng. Giao tiếp giữa các bộ phận để giải quyết lỗi thường không hiệu quả, làm chậm tiến độ dự án. Các vấn đề quản lý trực tuyến như giám sát tại công trường cũng có thể tăng thêm sự không hiệu quả.

Việt Nam đã thực hiện nỗ lực áp dụng Mô hình Thông tin xây dựng (BIM) trong thiết kế, nhưng rào cản pháp lý và sự đồng bộ hóa hạn chế sự ứng dụng rộng rãi. Tuy nhiên, Quyết định số 258/QD-TTg ngày 17/3/2023 [4] sẽ giảm bớt rào cản này, yêu cầu tích hợp BIM vào tất cả các dự án đặc biệt và loại I. Tại ĐBSCL, đã có dự án nghiên cứu áp dụng BIM tại Cà Mau và Trà Vinh để cải thiện quản lý cơ sở hạ tầng. Tuy nhiên, dữ liệu về ứng dụng BIM ở hai tỉnh này còn hạn chế, yêu cầu nghiên cứu thêm về việc áp dụng C4.0 ở ĐBSCL và Việt Nam. Trong lĩnh vực chuỗi cung ứng xây dựng, nghiên cứu tập trung vào bền vững, như quản lý chất thải, áp dụng nguyên tắc bền vững và quản lý rủi ro.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Lý thuyết về "bên liên quan" (the stakeholder theory) [5, 6] được sử dụng trong nghiên cứu này vì dự án xây dựng liên quan đến nhiều bên có quan tâm. CSFs (Yếu tố quyết định thành công) là các lĩnh vực cần đảm bảo bởi tổ chức để đạt kết quả mục tiêu [7]. Các CSFs ngoại vi bao gồm những yếu tố từ nhiều nguồn như quy định chính phủ, thuế, đạo đức làm việc xã hội và dân số, ảnh hưởng đáng kể đến tổ chức, có thể tạo ra ảnh hưởng tích cực hoặc tiêu cực. CSFs nội vi luôn tồn tại trong tổ chức, có thể đóng góp vào sự thành công bằng cách hỗ trợ đạt được mục tiêu chính và chiến lược. Trong lĩnh vực C4.0, các công nghệ như AI, Big data và BIM được xác định là CSFs [8]. CSFs phối hợp dự án xây dựng được coi là quan trọng nhất. Trong C4.0, chiến thuật tránh xung đột khi triển khai Big data giảm bớt sự không ổn định và áp lực đối với nhân viên. CSFs bền vững dựa trên lợi ích đối với tổ chức và xã hội, chia thành 4 loại con: Tổ chức, nhân viên, xã hội và môi trường tự nhiên. Bằng cách xem xét những loại con riêng biệt này, tổ chức có thể hiệu quả xác định và tận dụng các yếu tố quan trọng cho các thực hành bền vững.

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Fuzzy Delphi analysis (FDM) là một phương pháp kết hợp Delphi Method với lý thuyết tập hợp mờ [9]. FDM giúp xác định các rào cản và yếu tố quyết định chính trong một vòng câu hỏi duy nhất, giảm thiểu mơ hồ thông qua lý thuyết tập hợp mờ.

Ngoài ra, các phương pháp khác như Analytic Hierarchy Process (AHP) [10] cũng đã được sử dụng để đối mặt với sự không chắc chắn và tính chủ quan trong quá trình đưa ra quyết định.

Nghiên cứu này dùng phương pháp kết hợp giữa FDM và AHP để xác định và ưu tiên các yếu tố thành công quan trọng trong việc triển khai C4.0 tại khu vực ĐBSCL của Việt Nam.

Các câu hỏi phục vụ khảo sát được chọn ra theo các nghiên cứu trước đó [11], với 30 yếu tố quan trọng, bao gồm cả các yếu tố thành công và các yếu tố động cơ.

Để giảm tác động của độ chệch cá nhân, nghiên cứu này tuân theo đề xuất của Akkermans, Bogerd [12], chọn mẫu từ 20 chuyên gia trở lên, trong ngành công nghiệp xây dựng. Chúng tôi sử dụng thang điểm 1 - 9 và chỉ các mục với điểm 5 trở lên được xem xét tiếp. Các chuyên gia đưa ra ý kiến ẩn danh về mức quan trọng của mỗi mục. Sau đó, chúng tôi đánh giá độ biến động và phạm vi giữa các ý kiến để xác định sự đồng thuận. Các mục không đáp ứng tiêu chí này sẽ được đánh giá thêm ở vòng tiếp theo. Qua hai vòng, tất cả mọi mục đều đáp ứng tiêu chí đồng thuận. Tổng cộng có 58 chuyên gia (công tác tại ĐBSCL) tham gia khảo sát và tóm tắt về kinh nghiệm và vị trí chuyên nghiệp của các người tham gia được trình bày trong *Bảng 4.1* và *Bảng 4.2.*

Bảng 4.1. Thông tin chung của chuyên gia khảo sát

Chức vụ	**Tỷ lệ**	**Bộ phận**	**Tỷ lệ**
GĐ/PGĐ	29,09%	Ban Giám đốc	25,45%
Trưởng bộ phận	16,36%	Quản lý dự án	38,18%
Phó trưởng bộ phận	3,64%	Thiết kế	23,64%
Chuyên gia	50,91%	Khác	12,73%
Tổng	100,00%	**Tổng**	100,00%

Bảng 4.2. Thông tin về đơn vị của chuyên gia khảo sát

Năm kinh nghiệm	**Tỷ lệ**	**Tổng số nhân sự đơn vị**	**Tỷ lệ**
		< 50	80,00%
		50-200	16,36%
		201-500	1,82%
		> 500	1,82%
		Tổng	100,00%
Loại hình đơn vị	**Tỷ lệ**	**Lĩnh vực hoạt động***	**Tỷ lệ**
100% tư nhân	43,64%	Thiết kế	36,36%
100% Nhà nước	56,36%	Thi công	20,00%
Tổng	100,00%	Quản lý dự án	60,00%
		Quy hoạch	12,73%
		Khác	29,09%
* Một công ty có thể hoạt động trong nhiều lĩnh vực.			

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tuân theo các quy trình FDM được mô tả bởi Hsu, Lee [13] như sau:

- Bước 1: Xây dựng bảng câu hỏi FDM theo các yếu tố quan trọng. Ý kiến của các chuyên gia về các mục được giữ

lại từ vòng Delphi trước đó đã trải qua quá trình làm mờ.

- Bước 2: Chuyển đổi các điểm do chuyên gia cung cấp thành giá trị mờ tam giác.
- Bước 3: Thực hiện quy trình làm rõ mờ.
- Bước 4: Xác định các yếu tố quyết định quan trọng.

Sau khi các yếu tố quyết định quan trọng được xác định bởi FDM, phương pháp AHP được áp dụng để xếp hạng chúng. Trong quá trình này, các yếu tố quyết định quan trọng được xem xét như là các lựa chọn được định nghĩa trong phương pháp AHP tiêu chuẩn.

5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả của phương pháp Fuzzy Delphi-AHP cho các yếu tố động cơ trong việc triển khai C4.0 ở khu vực này được trình bày trong *Bảng 5.1* và *Bảng 5.2*. Các kết quả này làm nổi bật sự quan trọng của việc giảm sử dụng tài nguyên tự nhiên, được xếp ở vị trí đầu tiên với điểm trung bình là 6,776. Các yếu tố như tạo ra mạng lưới logistics linh hoạt, giảm lượng khí thải carbon, thúc đẩy công bằng xã hội và lợi ích chi phí lâu dài cũng đều được xác định là quan trọng. Các kết quả này cho thấy sự ưu tiên cao đối với xem xét các yếu tố tác động đến môi trường và xã hội trong quá trình đưa ra quyết định về áp dụng công nghệ mới. Các doanh nghiệp xây dựng ở ĐBSCL hiểu rõ giá trị chiến lược của việc thiết lập một mạng lưới logistics linh hoạt, đồng thuận với quan điểm rằng công nghệ đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa quy trình xây dựng và logistics.

Bảng 5.1. Kết quả của phương pháp Fuzzy Delphi và AHP kết hợp cho các yếu tố động cơ trong việc triển khai công nghệ

Yếu tố động cơ	Mức độ quan trọng	Trọng số	Xếp hạng
Giảm sử dụng tài nguyên thiên nhiên	6,776	0,106	1
Tạo ra mạng lưới logistics linh hoạt	6,738	0,105	2
Giảm lượng khí thải carbon từ quản lý và xử lý chất thải, đóng gói, tái chế, v.v..	6,663	0,104	3
Khuyến khích sự công bằng xã hội trong cộng đồng	6,645	0,104	4
Lợi ích chi phí lâu dài cho quản lý vận hành	6,604	0,103	5
Tăng cường sử dụng năng lượng tái tạo trong các hoạt động phân phối	6,575	0,103	6
Giảm tiêu thụ năng lượng	6,535	0,102	7
Cải thiện uy tín/hình ảnh trong cộng đồng	6,535	0,102	7
Cải thiện hiệu suất dự án thông qua công nghệ (trong việc hợp tác, giám sát, thực hiện, v.v.)	5,788	0,090	9
Tiết kiệm chi phí dự án thông qua công nghệ	5,297	0,082	10

Kết quả nghiên cứu cung cấp cái nhìn tổng quan về các yếu tố thành công ảnh hưởng đến việc áp dụng công nghệ trong ngành Xây dựng tại ĐBSCL, Việt Nam. Trong 30 yếu tố được kiểm tra, chỉ có 14 yếu tố được các chuyên gia xem xét ở mức quan trọng, nhấn mạnh góc nhìn phân tán của các chuyên gia về áp dụng công nghệ *(Bảng 5.2)*.

Ngạc nhiên, chi phí áp dụng công nghệ không nằm trong số CSFs quan trọng. Thay vào đó, tính linh hoạt của doanh nghiệp và sự sẵn lòng học hỏi của nhân viên đối với công nghệ mới được đánh giá cao. Điều này phản ánh xu hướng biến đổi của áp dụng công nghệ trong nền kinh tế mới nổi như Việt Nam, nơi C4.0 được xem là một lực lượng biến đổi tiềm năng thay vì một dự án tốn kém về vốn. Điều này cũng nhấn mạnh quan trọng của kế hoạch, quản lý chiến lược và sự hỗ trợ từ các quản lý cấp cao. Các yếu tố quyết định ngoại vi, như chia sẻ thông tin và sự hợp tác, đứng ở các vị trí cao hơn trong đánh giá của chuyên gia. Điều này nhấn mạnh tính liên kết của việc triển khai công nghệ, với sự hợp tác và chấp nhận từ bên ngoài đóng vai trò quan trọng. Kết quả này tương ứng với quan điểm mở rộng về nguồn lực, cho thấy tầm quan trọng của sự chấp nhận và hợp tác từ các bên liên quan trong việc triển khai công nghệ.

Bảng 5.2. Kết quả của phương pháp Fuzzy Delphi và AHP kết hợp cho các yếu tố thành công trong việc triển khai công nghệ

Yếu tố thành công	Mức độ quan trọng	Trọng số	Xếp hạng
Hợp tác và chia sẻ thông tin trong quản lý hoạt động	5,692	0,074	1
Kế hoạch ứng dụng các phương pháp quản lý hoạt động trong chiến lược quản lý của công ty	5,605	0,074	2
Phần mềm hỗ trợ	5,605	0,074	3
Sự tham gia của các bên trong dự án	5,577	0,073	4

Yếu tố thành công	Mức độ quan trọng	Trọng số	Xếp hạng
Kế hoạch cho phương pháp quản lý hoạt động của công ty	5,521	0,073	5
Sự sẵn lòng của nhân viên học hỏi công nghệ mới	5,516	0,073	6
Sự hỗ trợ của ban quản lý cấp cao	5,460	0,072	7
Chiến lược dài hạn của công ty cho việc triển khai công nghệ	5,341	0,071	8
Cơ sở dữ liệu kỹ thuật số cho quản lý hoạt động	5,340	0,071	9
Sự chấp nhận của khách hàng về triển khai công nghệ	5,195	0,070	10
Bảo mật dữ liệu trong triển khai công nghệ	5,201	0,070	11
Thời gian có sẵn của công ty được lên kế hoạch cho việc triển khai công nghệ mới	5,081	0,069	12
Khả năng của công ty áp dụng công nghệ mới	5,018	0,068	13
Khả năng của công ty thay đổi cấu trúc tổ chức và quy trình làm việc để hỗ trợ triển khai công nghệ	5,015	0,068	14

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này phát hiện rằng yếu tố liên quan đến bền vững đóng một vai trò quan trọng hơn trong việc thúc đẩy sự chấp nhận công nghệ mới của doanh nghiệp xây dựng ở ĐBSCL, trong khi các yếu tố chi phí được xếp hạng thấp hơn. Tạo ra một mạng lưới logistics linh hoạt được xác định là yếu tố thúc đẩy quan trọng thứ hai. Ngoài ra, để đảm bảo ứng dụng hiệu quả của C4.0, cần có quy định pháp lý rõ ràng và các tiêu chuẩn đầy đủ. Nghiên cứu này cũng khuyến nghị ưu tiên các ứng dụng C4.0 thúc đẩy tính bền vững và hiệu quả, như giảm sử dụng nguồn tài nguyên và khí thải carbon và cải thiện quản lý logistics và chuỗi cung ứng. Kết quả cũng xác định hợp tác và trao đổi thông tin, quản lý chiến lược, phần mềm hỗ trợ, sự tham gia của người dùng và đào tạo nhân viên là các yếu tố quyết định thành công cho triển khai C4.0. Hơn nữa, nghiên cứu này nhấn mạnh đến sự cần thiết của các quy định pháp lý rõ ràng và tiêu chuẩn đối với việc áp dụng C4.0, cũng như một lộ trình chi tiết và mục tiêu cho các lợi ích lâu dài của công nghệ C4.0.

Tài liệu tham khảo

[1]. Fei, W., et al. (2021), *The critical role of the construction industry in achieving the sustainable development goals (Sdgs): Delivering projects for the common good*, Sustainability (Switzerland), 13(16).

[2]. Muerza, V. and C. Guerlain (2021), *Sustainable construction logistics in urban areas: A framework for assessing the suitability of the implementation of construction consolidation centres*, Sustainability (Switzerland),13(13).

[3]. Pham, H.T., et al. (2023), *Impact of transformational leadership on green learning and green innovation in construction supply chains*, Engineering, Construction and Architectural Management, 30(5), pp.1883-1901.

[4]. Chính phủ (2023), *Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 về Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng.*

[5]. Li, Y., et al. (2022), *Effects of Digital Technology Adoption on Sustainability Performance in Construction Projects: The Mediating Role of Stakeholder Collaboration*, Journal of Management in Engineering, 38(3), p.04022016.

[6]. Duong, A.T.B., et al. (2023), *Ripple effect of disruptions on performance in supply chains: an empirical study*, Engineering, Construction and Architectural Management.

[7]. Cooper, V. (2008), *The critical success factor method: a review and practical example*, in International Conference on Information Resources Management (CONF-IRM) 2008 Proceedings, p.53.

[8]. Goel, A., L.S. Ganesh and A. Kaur (2019), *Sustainability integration in the management of construction projects: A morphological analysis of over two decades' research literature*, Journal of Cleaner Production, 236.

[9]. Ishikawa, A., et al.(1993), *The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration*, Fuzzy sets and systems, 55(3), pp.241-253.

[10]. Saaty, T.L. (1990), *How to make a decision: the analytic hierarchy process*, European journal of operational research, 48(1), pp.9-26.

[11]. Wang, J., et al. (2014), *BIM-Enabled Design Collaboration for Complex Building*, in Cooperative Design, Visualization and Engineering, Springer, pp.238-244.

[12]. Akkermans, H.A., et al. (2003), *The impact of ERP on supply chain management: Exploratory findings from a European Delphi study*, European Journal of Operational Research, 146(2), pp.284-301.

[13]. Hsu, Y.-L., C.-H. Lee and V.B. Kreng (2010), *The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection*, Expert Systems with Applications, 37(1), pp.419-425.

Ngày nhận bài: 01/3/2023
Ngày nhận bài sửa: 18/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 12/4/2024

Nghiên cứu các yếu tố tác động đến chất lượng dịch vụ tại các bãi container khu vực Hải Phòng

■ **TS. NGUYỄN MINH ĐỨC[1]; TS. ĐỖ THỊ MINH HOÀNG[2]**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: [1]ducnguyen@vimaru.edu.vn; [2]hoangdtm.kt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Hải Phòng là thành phố cảng biển, là cửa ngõ thông thương quốc tế, trung tâm logistics của quốc gia và khu vực. Bãi container từ lâu đã đóng một vai trò quan trọng phục vụ cho hệ thống cơ sở hạ tầng logistics sau cảng của thành phố. Cùng với tốc độ phát triển của nền kinh tế, chất lượng dịch vụ tại các bãi container cũng được yêu cầu không ngừng nâng cấp và hoàn thiện. Bài báo sẽ tập trung phân tích vai trò của các bãi container trong hệ thống cơ sở hạ tầng logistics, các xu hướng phát triển đối với dịch vụ logistics, từ đó tiến hành phỏng vấn, khảo sát chuyên gia để xây dựng các yếu tố sơ cấp và thứ cấp tác động đến chất lượng dịch vụ tại các bãi container khu vực Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng bởi các cơ quan quản lý, doanh nghiệp khai thác và các bên có liên quan.

TỪ KHÓA: Chất lượng dịch vụ, bãi container, Hải Phòng.

ABSTRACT: Haiphong is a seaport city, an international gateway and logistics center of both the country and region. Container depots have play an important role in the logistics infrastructure system in Haiphong city. Under the pressure of economic development, service quality provided by container depots is also required to be improved continously. This paper is going to analyze the role of container depots in logistics infrastructure system, the current trends of logistics services and consequently, interviewing experts for a set of criteria and sub-criteria impacting service quality of container depots in Haiphong city. The research results can be used by government, container depot operator and other concerned parties.

KEYWORDS: Service quality, container depots, Hai Phong.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

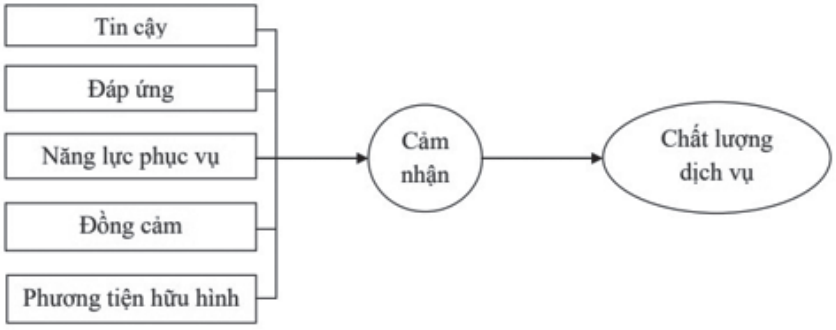
Nghị quyết số 45/NQ-TW của Bộ Chính trị về xây dựng và phát triển TP. Hải Phòng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 đã xác định mục tiêu xây dựng Hải Phòng trở thành đô thị cảng biển tầm cỡ khu vực và quốc tế, trung tâm dịch vụ logistics quốc gia và khu vực [1]. Quyết định số 1579/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 cũng thể hiện kỳ vọng lớn đối với sự phát triển ngành cảng biển của Hải Phòng: Đến năm 2030, hàng hóa thông qua nhóm cảng biển số 1 (mà Hải Phòng là trung tâm) là từ 305 - 367 triệu tấn, hàng container từ 11 đến 15 triệu Teus [2]. Cơ sở hạ tầng cảng biển cũng không ngừng được nâng cao cả về quy mô và chất lượng, với các dự án phát triển bến cảng container tại khu vực Lạch Huyện và Nam Đồ Sơn. Các yêu cầu ngày càng khắt khe đối với dịch vụ logistics như yêu cầu chuyển đổi số, yêu cầu về phát triển bền vững, yêu cầu giảm chi phí logistics… cũng mang đến những thách thức không nhỏ đối với các doanh nghiệp trong chuỗi dịch vụ logistics. Bãi container từ lâu đã đóng một vai trò quan trọng phục vụ cho hệ thống cơ sở hạ tầng logistics sau cảng của thành phố. Việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ của các bãi container tại Hải Phòng, do đó có tính cấp thiết. Bài báo sẽ tập trung phân tích vai trò của các bãi container trong hệ thống cơ sở hạ tầng logistics, các xu hướng phát triển đối với dịch vụ logistics và từ đó tiến hành phỏng vấn, khảo sát chuyên gia để xây dựng các yếu tố sơ cấp và thứ cấp tác động đến chất lượng dịch vụ tại các bãi container khu vực Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng bởi các cơ quan quản lý, doanh nghiệp khai thác và các bên có liên quan.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ VÀ HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC BÃI CONTAINER

2.1. Cơ sở lý thuyết về chất lượng dịch vụ

Chất lượng dịch vụ được định nghĩa như là kết quả đạt được của dịch vụ khách hàng [3] và được so sánh giữa kết quả cung cấp dịch vụ với sự kỳ vọng của khách hàng [4]. Parasuraman (1988) đã đề xuất các nhân tố của chất lượng dịch vụ bao gồm: Sự đảm bảo, sự tin cậy, các yếu tố hữu hình, sự đồng cảm và sự đáp ứng [5]. Bảng câu hỏi

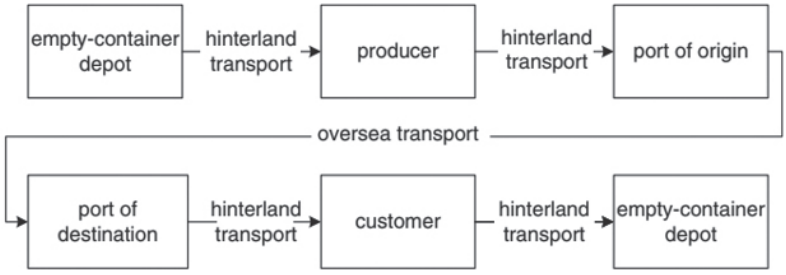
SERVQUAL gồm 5 nhân tố, chia làm 22 mục đã được sử dụng rộng rãi trên thực tế và trong nghiên cứu khoa học hàn lâm để đánh giá chất lượng dịch vụ của chủ thể cung cấp dịch vụ. Từ mô hình SERQUAL, mô hình SERVPERF là một biến thể khác, được đề xuất bởi Cronin và Taylor (1992) [6]. Theo đó, dù giữ nguyên bộ câu hỏi gồm 5 nhóm nhân tố và 22 câu hỏi như SERVQUAL nhưng mô hình SERVPERF chỉ đo lường chất lượng dịch vụ thông qua cảm nhận của khách hàng.



Hình 2.1: Mô hình SERVPERF theo Cronin và Taylor (1992)

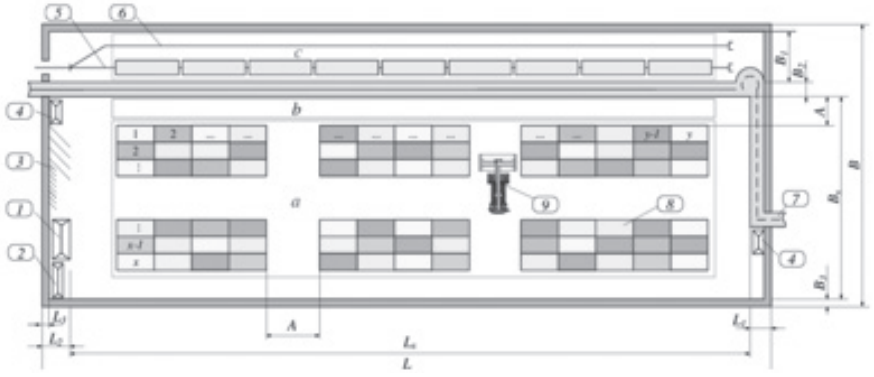
2.2. Cơ sở lý thuyết về hoạt động khai thác bãi container

Bãi container đóng vai trò quan trọng trong hệ thống logistics hàng container đường biển, là điểm đầu và điểm cuối của một chu trình giao nhận hàng container.



Hình 2.2: Sơ đồ chuỗi vận tải container (Hecht & Pawlik, 2007) [7]

Đây là nơi thực hiện các dịch vụ như: Cấp trả vỏ rỗng, giám định và sửa chữa cotainer, vệ sinh container, dịch vụ kho và đóng rút hàng tại bãi, cũng như các dịch vụ logistics khác theo yêu cầu của khách hàng. Do yêu cầu công việc, bãi container cần có diện tích đủ lớn để xếp container, cần trang bị đầy đủ các loại phương tiện xếp dỡ và vận chuyển container như xe nâng (reach stacker), cẩu RTG, RMG, các trang thiết bị dùng trong giao nhận và giám định container…



Hình 2.3: Sơ đồ bãi container điển hình có kết nối đường sắt

Hình 2.3 thể hiện sơ đồ bố trí một bãi container điển hình, có kết nối đường sắt bên cạnh kết nối truyền thống là đường bộ. Trong đó, a) - Khu vực bãi container rỗng; b) - Làn xe tải; c) - Làn kết nối đường sắt. Các khu vực đánh số, lần lượt là: 1) - Khu hành chính; 2) - Khu sửa chữa container; 3) Bãi đỗ xe; 4) - Điểm kiểm tra; 5) - Khu xếp dỡ đường sắt; 6) - Đường sắt; 7) - Đường bộ 2 làn; 8) - Container rỗng; 9) - Xe nâng.

3. PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ TẠI CÁC BÃI CONTAINER

3.1. Xu hướng của dịch vụ logistics hiện nay

Trước sự phát triển không ngừng của khoa học kỹ thuật và sự đòi hỏi ngày càng khắt khe của khách hàng về chất lượng dịch vụ, một số yêu cầu có tính xu hướng hiện nay đối với dịch vụ logistics có thể kể đến như:

- Yêu cầu về logistics bền vững: Phát triển bền vững là một xu hướng xuyên suốt các ngành kinh tế và logistics không

phải là ngoại lệ. Áp lực từ phía khách hàng và các chính phủ về các giải pháp thân thiện với môi trường trong chuỗi cung ứng sẽ ngày càng gia tăng đòi hỏi các doanh nghiệp phải tối ưu hóa quy trình, di chuyển không phát thải và áp dụng các biện pháp bù đắp carbon.

- Yêu cầu chuyển đổi số: Chuyển đổi số logistics là quá trình ứng dụng các công nghệ, kỹ thuật số vào các hoạt động trong chuỗi cung ứng, cải tiến toàn bộ tư duy, tầm nhìn, giá trị, cách vận hành trong một doanh nghiệp logistics. Bằng cách sử dụng các công nghệ như AI, IoT, Big data... vào việc thu mua, dự trữ, vận tải, phân phối, kho bãi, xử lý đơn hàng, thanh toán, chăm sóc khách hàng... nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động, giảm chi phí, cải thiện trải nghiệm khách hàng.

- Yêu cầu tiết kiệm chi phí logistics: Chi phí logistics có tác động lớn đến sức cạnh tranh của hàng hóa trong thương mại toàn cầu. Do đó, các đơn vị cung cấp dịch vụ logistics cần tối ưu hóa hoạt động khai thác của mình, tập trung vào tính hiệu quả, qua đó tiết kiệm thời gian và chi phí cho khách hàng.

3.2. Các yếu tố tác động đến chất lượng dịch vụ tại các bãi container tại Hải Phòng

Căn cứ vào đặc thù hoạt động của bãi container cũng như cơ sở lý thuyết về chất lượng dịch vụ khách hàng, tác giả đã thực hiện phỏng vấn trực tiếp, chuyên sâu với các chuyên gia là nhà khoa học, người khai thác bãi container, doanh nghiệp vận tải, giao nhận và cán bộ quản lý nhà nước về logistics tại địa phương. Các chuyên gia trả lời phỏng vấn độc lập đều có kinh nghiệm tối thiểu 10 năm trong lĩnh vực logistics, với số lượng mỗi nhóm là 3 chuyên gia. Kết quả phỏng vấn được tổng hợp và kết luận các yếu tố tác động đến chất lượng dịch vụ của các bãi container tại Hải Phòng, như tóm tắt trong *Bảng 3.1* dưới đây.

Bảng 3.1. Các yếu tố tác động đến chất lượng dịch vụ tại các bãi container tại Hải Phòng

Các yếu tố sơ cấp	Các yếu tố thứ cấp
Cơ sở hạ tầng	- Diện tích bãi chứa container - Kết nối giao thông vận tải - Vị trí
Cơ sở vật chất	- Năng lực phương tiện xếp dỡ container - Hệ thống thông tin
Dịch vụ	- Khả năng cung cấp các dịch vụ logistics xanh - Sự đa dạng các dịch vụ được cung cấp - Cam kết với các hãng tàu
Nhân lực	- Kỹ năng thực hiện nghiệp vụ - Thái độ giao tiếp của nguồn nhân lực

Trong đó, cơ sở hạ tầng bao gồm các yếu tố thứ cấp là diện tích bãi, phản ánh năng lực lưu trữ container trong bãi, yếu tố kết nối GTVT phản ánh sự thuận tiện trong việc sử dụng các phương thức vận tải để vận chuyển container ra vào bãi và yếu tố vị trí phản ánh sự thuận tiện trong kết nối giữa bãi container với cảng biển và khách hàng. Yếu tố về cơ sở vật chất bao gồm năng lực của phương tiện xếp dỡ container, phản ánh qua số lượng và chất lượng phương tiện, yếu tố hệ thống thông tin phản ánh sự ổn định và sự thuận tiện trong thực hiện giao dịch trực tuyến với khách hàng và đối tác. Yếu tố về dịch vụ, bao gồm yếu tố về khả năng cung cấp các dịch vụ logistics xanh, sự đa dạng của các dịch vụ được cung cấp cũng như cam kết từ phía hãng tàu, cho phép để vỏ container tại bãi. Yếu tố về nhân lực, bao gồm kỹ năng thực hiện nghiệp vụ, được phản ánh qua kinh nghiệm, bằng cấp chứng chỉ và hiệu quả công việc của nhân lực và yếu tố về thái độ giao tiếp của nguồn nhân lực, đặc biệt khi giải quyết các vấn đề phát sinh.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã hệ thống hóa cơ sở lý luận về chất lượng dịch vụ khách hàng, cũng như đặc thù trong khai thác, cung cấp dịch vụ của các bãi container. Căn cứ trên các cơ sở lý luận đó, nghiên cứu đã đề xuất các yếu tố sơ cấp và thứ cấp quyết định đến chất lượng dịch vụ của các bãi container tại Hải Phòng sau khi tổng hợp các ý kiến chuyên gia. Có 4 yếu tố sơ cấp là cơ sở hạ tầng, cơ sở vật chất, dịch vụ và nhân lực, tương ứng với đó là 10 yếu tố thứ cấp. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng bởi các cơ quan quản lý, doanh nghiệp khai thác và các bên có liên quan.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.87.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Nghị quyết số 45/NQ-TW của Bộ Chính trị về xây dựng và phát triển thành phố Hải Phòng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.*

[2]. *Quyết định số 1579/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.*

[3]. Peter Kenzelmann (2008), *Kundenbindung German*, 3. Auflage, Berlin: Cornelsen Verlag Skriptor GmbH & Co KG.

[4]. Lewis, R.C. and Booms, B.H., (1983), *The marketing aspects of service quality*, Emerging perspectives on services marketing, 65(4), pp.99-107.

[5]. Parasuraman, A, Ziethaml, V. and Berry, L.L. (1988), *SERVQUAL: A Multiple- Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality*, Journal of Retailing, vo.62, no.1, pp.12-40.

[6]. Cronin, J.J., Taylor, S.A. (July, 1992), *Measuring service quality: A reexamination and extension*, Journal of Marketing, vol.56, pp.55-68.

[7]. Heinrich Hecht & Thomas Pawlik (2007), *Maritime Container Shipping*, Hanseatic Lloyd.

Ngày nhận bài: 26/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 20/4/2024

Nghiên cứu tác động của các yếu tố môi trường nội bộ đến thương hiệu cảng biển: Trường hợp tại TP. Hải Phòng

■ **PGS. TS. HỒ THỊ THU HÒA(*); NGUYỄN HỒ THANH NGÂN**
Trường Đại học Quốc tế (Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh)
■ **ThS. NCS. NGUYỄN THẮNG LỢI**
Trường Đại học FPT - Phân hiệu Cần Thơ
■ **ThS. TÔ THỊ HẰNG**
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh
■ **KS. NGUYỄN THANH DANH**
Viện Nghiên cứu và Phát triển logistics Việt Nam
Email: (*)htthoa@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT: Nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân tích tác động của các yếu tố thuộc về môi trường nội bộ đến thương hiệu cảng biển tại TP. Hải Phòng. Các yếu tố thuộc môi trường nội bộ sẽ được xem xét và đánh giá thông qua phương pháp định lượng. Cụ thể, phương pháp Fuzzy SWARA được sử dụng kết hợp với Fuzzy ELECTRE hướng đến việc xếp hạng các yếu tố khi xem xét số liệu dưới định dạng chỉ số Fuzzy tam giác. Kết quả từ bài báo này sẽ là cơ sở để thực hiện các đề xuất về giải pháp giúp nâng cao năng lực cạnh tranh của cảng biển Hải Phòng theo hướng chủ động hơn về nguồn lực bên trong và định hướng việc nâng cao thương hiệu cảng biển của Thành phố theo hướng bền vững và hiện đại.

TỪ KHÓA: Dịch vụ cảng biển, ELECTRE, fuzzy, SWARA, thương hiệu.

ABSTRACT: This study was conducted to analyze the impact of internal environmental factors on seaport brand in Hai Phong city. Internal environment factors will be considered and evaluated through quantitative methods. Specifically, the Fuzzy SWARA method is used in combination with Fuzzy ELECTRE to rank factors when considering data in the triangular Fuzzy Number. The results from this study will be the basis for implementing proposals on solutions to help improve the competitiveness of Hai Phong Seaport in the direction of being more proactive in internal resources and orienting the improvement of the Hai Phong Seaport's Brand according to sustainability and modernity.

KEYWORDS: Seaports services, ELECTRE, fuzzy, SWARA, brand.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng thương hiệu cảng biển là một quá trình xác định và phát triển một điểm khác biệt mang tính biểu tượng, cảm xúc hoặc thể chất để phân biệt một sản phẩm hoặc dịch vụ thuộc về cảng biển đang xem xét với sản phẩm hoặc dịch vụ của các cảng biển đối thủ (Williams, 2010). Thành công của một thương hiệu cảng biển phụ thuộc vào khả năng cạnh tranh, duy trì, thu hút khách hàng, trong đó môi trường nội bộ được yêu cầu phải thật sự đạt được các tiêu chí cao về tính ổn định trong hoạt động lẫn hiệu quả cao trong việc kết nối với các bên liên quan. Đối với Việt Nam, việc có được một luận cứ khoa học trong việc đề xuất các giải pháp giúp nâng cao thương hiệu cảng biển có nhu cầu cấp thiết và tác động rất lớn đến định hướng phát triển chiến lược về cảng biển của Đảng và Nhà nước.

Là một trong những hệ thống cảng biển trọng điểm đặc biệt của quốc gia, Hải Phòng có nhiều lợi thế sẵn có để trở thành trung tâm dịch vụ hàng hải và vận tải biển lớn của cả nước và hướng đến là của khu vực Đông Nam Á. Việc sở hữu hệ thống hạ tầng logistics cảng biển và chất lượng dịch vụ tốt là một lợi thế của Hải Phòng, điều này đã góp phần làm nên thương hiệu cảng Hải Phòng, đóng góp không nhỏ vào việc nâng tầm vị thế của Hải Phòng trong suốt hành trình phát triển, hội nhập quốc tế. Tuy nhiên, đến nay chưa có nghiên cứu nào được thực hiện một cách bài bản, khoa học nhằm xây dựng các luận cứ xác thực làm cơ sở vững chắc để đưa ra các đề xuất chiến lược phù hợp phát triển thương hiệu cảng biển Hải Phòng theo hướng bền vững. Đó cũng là lý do mà chúng tôi tiến hành thực hiện nghiên cứu này và chỉ tập trung vào các yếu tố nội bộ được xem là cốt lõi của cảng biển Hải Phòng.

2. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu sử dụng phương pháp ra quyết định đa tiêu chí với việc kết hợp sử dụng phương pháp phân tích tỷ lệ trọng số (Step-wise weight assessment ratio

analysis method - SWARA) để làm tiền đề áp dụng tiếp tục phương pháp lựa chọn ELECTRE (ELimination and Choice Expressing the REality) để xếp hạng các yếu tố của môi trường nội bộ tác động đến việc phát triển thương hiệu cảng biển Hải Phòng. Đặc biệt, các phương pháp được sử dụng tích hợp dưới chỉ số Fuzzy tam giác (Triangular Fuzzy Numbers), được hiển thị với 3 giá trị *l, m, u (Bảng 2.1).*

Bảng 2.1. Thang so sánh ngôn ngữ và giá trị mờ cho các tiêu chí đánh giá

Thứ tự	Thang so sánh ngôn ngữ	Số mờ tam giác cho tiêu chí hữu hình *(l; m; u)*
1	Rất thấp (VL)	(0,00;0,00;0,30)
2	Thấp (L)	(0,00;0,25;0,50)
3	Trung bình (M)	(0,30;0,50;0,70)
4	Cao (H)	(0,50;0,75;1,00)
5	Rất cao (VH)	(0,70;1,00;1,00)

Nguồn: Li (1999); Selçuk (2019)

Với: Số mờ tam giác $\tilde{z}_{ij}^{k}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij})$ là đánh giá mờ mà chuyên gia thứ *k* đưa ra về mức độ mà nhân tố *i* có tác động đến nhân tố *j, p*hương pháp giải mờ được áp dụng theo Opricovic và Tzeng (2003):

- *Bước 1:* Chuẩn hóa các số mờ:

$$xl_{ij}^{k}=\left(l_{ij}^{k}-\min_{1\le k\le K} l_{ij}^{k}\right)/\Delta_{min}^{max} \quad (1)$$

$$xr_{ij}^{k}=\left(u_{ij}^{k}-\min_{1\le k\le K} l_{ij}^{k}\right)/\Delta_{min}^{max} \quad (2)$$

$$\Delta_{min}^{max}=maxu_{ij}^{k}-minl_{ij}^{k} \quad (3)$$

- *Bước 2:* Tính toán giá trị biểu diễn trái và biểu diễn phải đã được chuẩn hóa:

$$xls_{ij}^{k}=xm_{ij}^{k}/(1+xm_{ij}^{k}-xl_{ij}^{k}) \quad (4)$$

$$xus_{ij}^{k}=xr_{ij}^{k}/(1+xu_{ij}^{k}-xm_{ij}^{k}) \quad (5)$$

- *Bước 3:* Tính tổng giá trị chuẩn hóa:

(6)

- *Bước 4:* Nhận được giá trị số thực từ k khảo sát:

$$x_{ij}^{k}=\left[xls_{ij}^{k}\left(1-xls_{ij}^{k}\right)+xus_{ij}^{k}xus_{ij}^{k}\right]/(1+xus_{ij}^{k}-xls_{ij}^{k}) \quad (7)$$

Dữ liệu được sử dụng trong phân tích là kết quả từ quá trình phỏng vấn trực tiếp 20 chuyên gia trong các lĩnh vực liên quan đến hoạt động cảng biển, cụ thể là các doanh nghiệp cung cấp dịch vụ logistics cảng biển từ 2 PL trở lên; các doanh nghiệp sử dụng dịch vụ logistics cảng biển; cơ quan quản lý nhà nước; Hiệp hội Dịch vụ logistics và Hiệp hội Chủ hàng. Từ các kết quả phân tích, một biểu đồ ra quyết định sẽ được đề xuất, giúp các nhà ra quyết định có thêm căn cứ khoa học đối với việc ra quyết định cho các công việc sắp tới. Cụ thể, các bước triển khai thực hiện sẽ được triển khai theo hai giai đoạn như sau:

** Giai đoạn 1: Sử dụng Fuzzy SWARA để xác định trọng số của các yếu tố tương tự như quy trình được sử dụng bởi Selçuk (2019)*, cụ thể:

- *Bước 1:* Xác định người ra quyết định và tiêu chí.

- *Bước 2:* Giải mờ các tiêu chí theo phương pháp trọng tâm (Selçuk, 2019):

$$d(\tilde{A})=\frac{1}{3}(l+m+u) \quad (8)$$

- *Bước 3:* Xếp hạng tất cả các tiêu chí theo ý kiến chuyên gia, yếu tố quan trọng nhất được xếp ở vị trí đầu tiên và tiêu chí ít quan trọng nhất được xếp ở vị trí cuối cùng.

- *Bước 4:* Xác định mức độ quan trọng tương đối của tất cả các tiêu chí.

- Tính giá trị hệ số cho từng tiêu chí:

$$K_j=\begin{cases}1 & j=1\\ S_j+1 & j>1\end{cases} \quad (9)$$

$$q_j=\begin{cases}1 & j=1\\ \frac{q_{j-1}}{K_j} & j>1\end{cases} \quad (10)$$

- Xác định trọng số tương đối của tiêu chí:

$$w_j=\frac{q_j}{\sum_{k=1}^{n} q_k} \quad (11)$$

** Giai đoạn 2: Áp dụng phương pháp Fuzzy ELECTRE để sắp xếp thứ tự ảnh hưởng của các yếu tố theo quy trình tối ưu nhất.* Đây là phương pháp bắt nguồn từ Roy vào cuối những năm 1960, dựa trên việc nghiên cứu các quan hệ nâng thứ hạng và sử dụng các chỉ số hòa hợp và bất hòa để phân tích các quan hệ nâng thứ hạng giữa các phương án. Trong bước này, 20 chuyên gia sẽ tiến hành đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố môi trường nội bộ tác động đến việc phát triển thương hiệu cảng biển. Ảnh hưởng của yếu tố thứ (i, j) đến yếu tố thứ (j, i) và ngược lại (Lamba & Singh, 2018). Phương pháp Fuzzy ELECTRE được tóm tắt (Yoon & Hwang, 1995) và bổ sung (Govindan & Jepsen, 2016) theo các bước sau:

- *Bước 1:* Chuẩn hóa ma trận $X = (x_{ij})_{mxn}$.

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^{2}}},\ i=1,2,\ldots,m;\ j=1,2,\ldots,n \quad (12)$$

- *Bước 2:* Tính trọng số cho ma trận được chuẩn hóa $V=(v_{ij})_{mxn}$.

$$v_{ij}=w_j\times r_{ij},\ i=1,2,\ldots,m;\ j=1,2,\ldots,n \qquad C_{pq}=\sum_{j^*} W_{j^*}$$

- *Bước 3:* Xác định tập hợp phù hợp và tập hợp không phù hợp.

Nếu tiêu chí này tốt hơn hoặc bằng tiêu chí khác của cặp thì nó được coi là thuộc tập hợp phù hợp và được xác định bởi tập hợp *C*.

$$C(p,q)=\{j,v_{pj}\ge v_{qj}\} \quad (14)$$

Nếu tiêu chí này kém hơn tiêu chí khác của cặp thì nó được coi là thuộc tập hợp không phù hợp, được thiết lập và xác định bởi tập hợp *D*.

$$D(p,q)=\{j,v_{pj}<v_{qj}\} \quad (15)$$

- *Bước 4:* Tính chỉ số phù hợp và chỉ số không phù hợp.

Chỉ số phù hợp C_{pq}:

$$C_{pq}=\sum_{j^*} W_{j^*} \quad (16)$$

*Trong đó: j** - Các thuộc tính của tập hợp *C*. Ma trận thể hiện sự áp đảo *F* được hình thành bằng cách so sánh các tiêu chí với giá trị ngưỡng $\bar{C}$ với công thức:

$$\bar{C}=\sum_{p=1}^{j}\sum_{q}^{j} C_{pq}/j(j-1) \quad (17)$$

$$F_{pq}=1 \text{ nếu } C_{pq}\ge \bar{C},\ F_{pq}=0 \text{ nếu } C_{pq}<\bar{C} \quad (18)$$

Chỉ số không phù hợp D_{pq} đại diện cho mức độ bất hòa giữa các tiêu chí và được xác định bởi:

$$D_{pq}=\frac{\max_{j\in D(p,q)}\left|v_{pj^+}-v_{qj^+}\right|}{\max_{j\in J}\left|v_{pj}-v_{qj}\right|} \quad (19)$$

Trong đó: j⁺ - Các thuộc tính có trong tập hợp *D (p, q)*.

Ma trận thể hiện sự áp đảo *G* được hình thành bằng cách so sánh các tiêu chí với giá trị ngưỡng $\overline{D}$ với công thức:

$$\overline{\mathrm{D}} = \sum_{p=1}^{j}\sum_{q}^{j} D_{pq}/j(j-1) \quad (20)$$

$$G_{pq} = 0 \text{ nếu } D_{pq} \geq \overline{\mathrm{D}}, gG_{pq} = 1 \text{ nếu } D_{pq} < \overline{\mathrm{D}} \quad (21)$$

- *Bước 5:* Xác định ma trận áp đảo tổng hợp E.

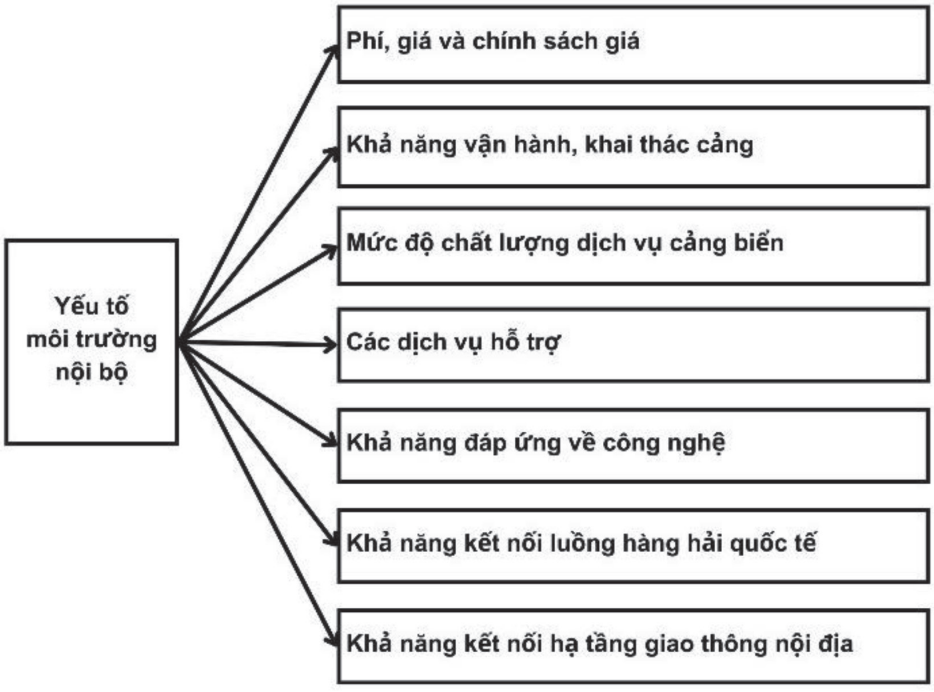
$$E_{pq} = F_{pq} x G_{pq} \quad (22)$$

- *Bước 6:* Xác định thứ tự tiêu chí.

Dựa vào ma trận *E* và sắp xếp thứ tự ưu tiên cho các tiêu chí.

3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Thành công của một cảng biển phụ thuộc vào khả năng cạnh tranh, duy trì và thu hút khách hàng. Để đạt được mục tiêu thành công, môi trường nội bộ chứa đựng các yếu tố thuộc về bản chất của sản phẩm dịch vụ được cung cấp bởi các cảng biển là yếu tố cần được đánh giá và ưu tiên trong chiến lược phát triển của các cảng biển. Để đánh giá và phân tích các yếu tố thuộc về môi trường nội bộ đến thương hiệu cảng biển tại TP. Hải Phòng, các cơ sở lý luận và tài liệu liên quan đến từ các tạp chí và công trình nghiên cứu khoa học nổi tiếng trên thế giới về cảng biển đã được lược khảo. Các tác giả hàng đầu phải kể đến là (Cahoon và Notteboom, 2008); (Sorgenfrei, 2009); Laxe (2010), Rutter và cộng sự (2018) ứng với các yếu tố được xác định bao gồm: Phí, giá và chính sách giá - TC1; Khả năng phục vụ tàu biển lớn và siêu lớn - TC2; Khả năng vận hành, khai thác cảng - TC3; Mức độ chất lượng dịch vụ cảng biển - TC4; Các dịch vụ hỗ trợ - TC5; Khả năng đáp ứng về công nghệ - TC6; Khả năng kết nối luồng hàng hải quốc tế - TC7 và Khả năng kết nối hạ tầng giao thông nội địa - TC8. Cụ thể, mô hình nghiên cứu liên quan đến yếu tố môi trường nội bộ sẽ được hiển thị tại *Hình 3.1*. Từ kết quả phân tích dựa trên mô hình này, các giải pháp được đề xuất để nâng cao thương hiệu cảng biển Hải Phòng sẽ được xem xét theo mức độ ưu tiên các yếu tố.



Hình 3.1: Mô hình nghiên cứu

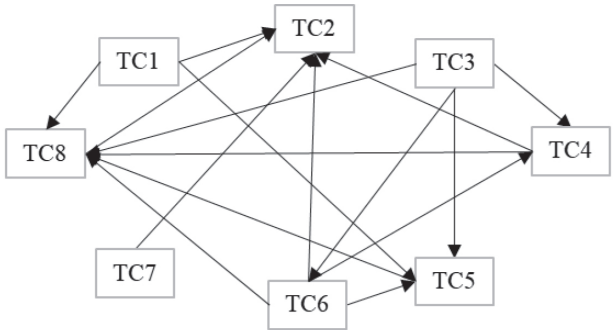
Nguồn: VLI tổng hợp (2023)

Các yếu tố được tiến hành phân tích sau khi thu thập đủ dữ liệu và kết thúc quá trình phỏng vấn các chuyên gia. Cụ thể, kết thúc giai đoạn đầu tiên từ việc áp dụng phương pháp Fuzzy SWARA, các giá trị trọng số sẽ được xác định ở *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Trọng số các yếu tố dựa vào phương pháp Fuzzy SWARA

TT	Yếu tố	Trọng số
1	Phí, giá và chính sách giá	0,141
2	Khả năng phục vụ tàu biển lớn và siêu lớn	0,099
3	Khả năng vận hành, khai thác cảng	0,149
4	Mức độ chất lượng dịch vụ cảng biển	0,131
5	Các dịch vụ hỗ trợ	0,12
6	Khả năng đáp ứng về công nghệ	0,144
7	Khả năng kết nối luồng hàng hải quốc tế	0,11
8	Khả năng kết nối hạ tầng giao thông nội địa	0,104

Từ *Bảng 3.1*, các trọng số sẽ tạo thành dữ liệu đầu vào quan trọng đối với phương pháp Fuzzy ELECTRE. Trải qua các bước tính toán, chúng tôi có thể xây dựng biểu đồ ra quyết định, được hiển thị ở *Hình 3.2*.



Hình 3.2: Biểu đồ ra quyết định

Biểu đồ ra quyết định cho phép xác định thứ tự xếp hạng của các yếu tố. Các yếu tố được biểu hiện đầy đủ trong biểu đồ như sau:

- TC3 > TC4, TC3 > TC5, TC3 > TC6, TC3 > TC8
- TC6 > TC2, TC6 > TC4, TC6 > TC5, TC6 > TC8
- TC1 > TC2, TC1 > TC5, TC1 > TC8
- TC4 > TC2, TC4 > TC8
- TC5 >TC8, TC7 > TC2, TC8 > TC2

Theo đó, TC3 sẽ được xếp ở vị trí đầu tiên vì có sự áp đảo đối với 4 yếu tố là TC4, TC5, TC6, TC8. TC6 được xếp ở vị trí thứ hai vì dù có sự áp đảo đối với 4 yếu tố là TC2, TC4, TC5, TC8 nhưng lại bị áp đảo bởi yếu tố TC3. Tiếp theo, xếp ở vị trí thứ ba là yếu tố TC1 vì áp đảo 3 yếu tố là TC2, TC5, TC8. Đứng ở vị trí thứ tư là TC4 vì áp đảo 2 yếu tố là TC2 và TC8. Các yếu tố là TC5, TC7, TC8 lần lượt ở vị trí thứ năm, sáu và bảy vì chỉ có sự áp đối với một yếu tố. Vị trí cuối cùng là yếu tố TC2 vì không áp đảo được yếu tố nào.

Từ kết quả cho thấy, tiêu chí chiếm vị trí quan trọng nhất là "Khả năng vận hành, khai thác cảng" và ít quan trọng nhất là "Khả năng phục vụ tàu biển lớn và siêu lớn". Điều này cho thấy rằng hiện tại vấn đề được chú ý nhất là khả năng vận hành, khai thác cảng vẫn có thể được nâng cao hơn nữa trong khi cảng biển Hải Phòng hoàn toàn đủ năng lực và tiềm năng trong tương lai gần để có thể phục vụ tàu biển lớn và siêu lớn. Bên cạnh đó, các điều kiện thuận lợi mà Hải Phòng đang có như "Khả năng kết nối luồng hàng hải quốc tế" và "Khả năng kết nối hạ tầng giao thông nội địa" được khẳng định lại khi cả hai tiêu chí này không được các chuyên gia đề cập nhiều và phần lớn tập trung nhiều vào việc cần cải thiện hơn nữa "Khả năng đáp ứng về công nghệ"; "Phí, giá và chính sách giá"; "Mức độ chất lượng dịch vụ cảng biển"; "Các dịch vụ hỗ trợ". Trong quá trình hoạch định hoạt động cảng biển trong giai đoạn tiếp theo, các cấp quản lý tại Hải Phòng nên chú ý nhiều hơn vào các tiêu chí này để giúp thương hiệu cảng biển tại Hải Phòng được phát triển và nâng cao được giá trị nhiều hơn so với ưu thế và vị thế mà Hải Phòng đang nắm giữ.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Thương hiệu cảng biển là một tài sản vô hình mà TP. Hải Phòng cố gắng tích lũy với mong muốn nâng cao doanh thu cũng như định hướng phát triển bền vững trong tương lai. Thông qua bài báo này, tác động của các yếu tố thuộc về môi trường nội bộ đến thương hiệu cảng biển đã được phân tích và hiển thị cụ thể qua các giá trị đã được số hóa. Các kết quả thu được sẽ là cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp giúp nâng cao thương hiệu cảng biển của TP. Hải Phòng.

Trong bài báo này, phương pháp Fuzzy SWARA được sử dụng kết hợp với Fuzzy ELECTRE hướng đến việc xếp hạng các yếu tố của môi trường nội bộ tác động đến việc phát triển thương hiệu cảng biển. Chỉ số Fuzzy được áp dụng trong trường hợp của bài báo này là Fuzzy tam giác. Do đó, trong tương lai, các nghiên cứu khác có thể kết hợp thêm các phương pháp khác để kết hợp với Fuzzy ELECTRE, cụ thể như Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP hoặc thống kê mô tả và sử dụng chỉ số Fuzzy dạng hình thang.

Lời cảm ơn: Bài báo này là kết quả từ Đề tài nghiên cứu khoa học "Nghiên cứu luận cứ khoa học phục vụ xây dựng chiến lược phát triển thương hiệu cảng biển Hải Phòng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045", mã số ĐT.XH.2022.920.

Tài liệu tham khảo

[1]. Govindan K. and Jepsen, M. B. (2016), *ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications*, European Journal of Operational Research, vol.250, no.1.pp.1-29.

[2]. Lamba, K., & Singh, S. P. (2018), *Modeling big data enablers for operations and supply chain management*, The International Journal of Logistics Management, 29(2), 629-658.

[3]. Li, R.J. (1999), *Coordination mechanism of supply chain system*, European Journal of Operational Research, 179(1), 1-16.

[4]. Opricovic, S., Tzeng, G.H. (2003), *Defuzzification within a multicriteria decision model*, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems 11, 635-652.

[5]. Selçuk Perçin, (2019), *An integrated fuzzy SWARA and fuzzy AD approach for outsourcing provider selection*, Journal of Manufacturing Technology Management, *https://doi.org/10.1108/ JMTM-08-2018-0247*.

[6]. Williams, T. (2010), *Positioning for Professionals: How Professional Knowledge Firms Can Differentiate Their Way to Success*, Hoboken: Wiley.

[7]. Yoon, K.P. and Hwang, C.-L. (1995), *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, vol.104, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

Ngày nhận bài: 21/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 18/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 05/4/2024

Thực trạng an ninh dữ liệu của doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp vận tải, logistics và đề xuất một số giải pháp khắc phục

■ **ThS. BÙI ĐÌNH VŨ**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: vubd@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Hiện nay, an toàn dữ liệu của doanh nghiệp đang là vấn đề được quan tâm rất nhiều không chỉ trong nước mà cả quốc tế. Việc cơ sở dữ liệu (CSDL) của doanh nghiệp mất an toàn, để nhiều lỗ hổng sẽ là cơ hội để cho các hacker khai thác. Thực tế, nhiều doanh nghiệp trong nước hiện nay, đặc biệt là các doanh nghiệp vận tải, logistics mới chỉ tập trung vào việc bảo mật trên đường truyền mà ít quan tâm đến vấn đề bảo mật ngay trên CSDL của hệ quản trị CSDL. Hoặc ngay cả những vấn đề đơn giản như sao chép, export dữ liệu hoặc quyền truy cập người dùng tưởng như vô hại thì đó lại chính là những lỗ hổng đầy nguy hiểm. Bài báo tập trung vào thực trạng an ninh dữ liệu của doanh nghiệp và đề xuất một số nguyên tắc, biện pháp khắc phục.

TỪ KHÓA: An toàn dữ liệu, vận tải, logistics, cơ sở dữ liệu doanh nghiệp, biện pháp bảo mật cơ sở dữ liệu, trigger.

ABSTRACT: Currently, business data security is a very important issue not only domestically but also internationally. The loss of security of a business's database, leaving many vulnerabilities, will be an opportunity for hackers to exploit. In fact, many domestic businesses today, especially transportation and logistics businesses, only focus on security on the transmission line and pay little attention to security issues right on the database of the database management system. Or even simple problems such as copying, exporting data or seemingly harmless user access rights are dangerous vulnerabilities. This article focuses on the current state of enterprise data security and proposes some principles and remedies.

KEYWORDS: Data security, transportation, logistics, enterprise database, database security measures, trigger.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

CSDL của doanh nghiệp là vấn đề sống còn của doanh nghiệp, vì nó chứa nhiều thông tin về doanh nghiệp, về khách hàng - nơi trở thành mục tiêu hấp dẫn cho các tin tặc tấn công. Thực trạng cho thấy nhiều doanh nghiệp hiện nay mới chỉ quan tâm mức độ vừa phải hoặc không quan tâm đến vấn đề bảo mật CSDL của mình. Tin tặc tấn công vào CSDL của các hệ thống máy chủ của doanh nghiệp không chi vì phá hoại mà còn với nhiều mục đích khác nhau, trong đó có mục đích kiếm tiền.

CSDL có thể được nằm trên máy chủ mạng nội bộ hoặc trên nền tảng hệ thống máy chủ web. Với từng vị trí đều có nguy cơ bị tấn công với đa dạng hình thức, hình thức phổ biến nhất là tấn công kiểu SQL injection. Những nền tảng bảo mật của window, firewall hay bảo mật trên đường truyền vẫn chưa thật sự đủ mạnh.

Mặt khác, sự kết nối liên mạng ngày càng phát triển, tác dụng của các hàng rào bảo mật vành ngoài (network perimeter) ngày càng giảm nên vai trò của bảo mật CSDL nhanh chóng tăng lên. Vai trò quan trọng của bảo mật CSDL được xác lập một phần còn là nhờ sự ra đời của các quy định mới như Sarbanes-Oxley, PCI DSS…

Việc bảo mật CSDL của doanh nghiệp hiện nay không được tốt cũng vì nhiều lý do, trong đó:

Thứ nhất, họ chỉ tập trung bảo mật trên đường truyền, trên phần mềm ứng dụng có sẵn từ nhà phát triển.

Thứ hai, họ tin tưởng vào nền tảng bảo mật sẵn có của window.

Thứ ba, nhân viên IT chưa thật sự giỏi về công tác bảo mật.

2. CÁC NGUY CƠ ĐE DỌA CSDL CỦA DOANH NGHIỆP

Ngày nay, rất nhiều CSDL của doanh nghiệp bị tấn công vì những lỗ hổng trong các hệ thống quản trị CSDL như Micosoft SQL Server, Oracle... Hacker hoàn toàn có thể tạo ra các loại virus chuyên lây lan qua hệ quản trị CSDL và thậm chí là các rootkit trong bản thân hệ quản trị CSDL. Những mối đe dọa đó hầu như không thể ngăn chặn bằng các biện pháp phòng vệ "cổ điển" do tường lửa và các hệ thống IDS/IPS cung cấp, vì lỗ hổng bảo mật CSDL thường liên quan đến từng phiên bản cụ thể của mỗi hệ quản trị CSDL và thay đổi liên tục. Nhưng điều đó không có nghĩa là

CSDL chỉ có thể bị tấn công bằng những kỹ thuật cao cấp. Theo Top 20 - 2007 Security Risks của SANS Institute thì các lỗ hổng trên máy chủ CSDL thuộc nhóm 20 rủi ro bảo mật hàng đầu, trong đó những lỗ hổng thường gặp nhất là:

- Dùng cấu hình chuẩn với tên người dùng và mật khẩu mặc định;
- Tấn công SQL Injection qua công cụ của CSDL, ứng dụng thứ ba hay các ứng dụng web của người dùng;
- Dùng mật khẩu dễ dò tìm cho các tài khoản cao cấp;
- Các lỗi tràn bộ đệm trong các tiến trình "lắng nghe" các cổng phổ biến (ví dụ như listenr của Oracle với cổng 1521).

Điều đó chứng tỏ một thực tế là CSDL có thể bị tấn công bằng những phương pháp rất đơn giản. Nếu xét kỹ hơn, chúng ta sẽ thấy có rất nhiều lỗ hổng trong hệ thống CSDL do con người tự tạo ra. Dữ liệu của doanh nghiệp có thể nằm rải rác ở những điểm khác nhau bên ngoài máy chủ chính, đó có thể là các đĩa/băng lưu trữ, các máy chủ dự phòng hay máy chủ phục vụ nhu cầu báo cáo hay thậm chí là máy chủ dành cho phát triển/kiểm thử ứng dụng. Trong khi các hệ thống lưu trữ, dự phòng có thể cũng được bảo vệ nghiêm ngặt gần như các hệ thống chính thì CSDL cho phát triển và kiểm thử ứng dụng thường không được quan tâm nhiều. Đó là một lỗ hổng lớn vì các CSDL đó thường chứa cả những thông tin nhạy cảm như số dư, giao dịch thực tế của khách hàng nhưng lại có thể bị những nhóm người dùng đông đảo và không có thẩm quyền truy cập.

Một trường hợp nữa là hệ thống máy chủ chứa CSDL không được cài đặt phần mềm diệt virus an toàn dẫn đến nó dễ bị nhiễm mã độc thông qua email hoặc các đường link không chính thống xâm nhập... Các mã độc này có thể chiếm quyền điều khiển hệ quả trị CSDL của doanh nghiệp bằng cách tạo ra các tài khoản lạ và thay đổi hết mật khẩu của tất cả các tài khoản chính thống (chẳng hạn tài khoản sa của Microsoft SQL Server, tài khoản Sys của Oracle). Điều này đồng nghĩa hệ thống phần mềm của doanh nghiệp sẽ không thể truy cập vào được CSDL, ngược lại hacker có thể dùng các tài khoản lạ do chúng tạo ra để truy cập vào CSDL của doanh nghiệp.

3. ĐỀ XUẤT MỘT SỐ NGUYÊN TẮC VÀ BIỆN PHÁP BẢO MẬT CSDL

Cũng như công tác bảo mật nói chung, phòng ngự theo chiều sâu (defense-in-depth) và bảo vệ có trọng điểm là những nguyên tắc cơ bản của bảo mật CSDL. Để thực hiện được điều này, doanh nghiệp cần biết rõ họ đã triển khai những CSDL nào, chúng đang được sử dụng để lưu thông tin gì, chúng đang có những điểm yếu nào. Vì vậy, bảo mật CSDL phải bắt đầu bằng việc thu thập thông tin, phân loại và xác định mức độ ưu tiên.

Một biện pháp khá đơn giản và hiệu quả nhưng ít người chú ý thực hiện là gỡ bớt các mô-đun không cần thiết để giảm thiểu bình diện tấn công. Hầu hết các hệ quản trị CSDL hiện nay (đặc biệt là các phiên bản dành cho doanh nghiệp) đều chứa rất nhiều mô-đun hay tùy chọn với những công dụng mà bình thường ít dùng tới. Tất nhiên, càng có nhiều chức năng thì khả năng có lỗ hổng và bị lợi dụng để tấn công càng lớn. Vì vậy, hãy rà soát cấu hình CSDL theo định kỳ để loại bỏ những thành phần không cần thiết.

Với việc các lỗ hổng bảo mật của các hệ quản trị CSDL liên tiếp được phát hiện, công việc không thể bỏ qua đối với các doanh nghiệp là áp dụng các bản vá do các nhà cung cấp phân phối. Việc áp dụng các bản vá không đơn giản là tải xuống và cài đặt. Đối với các hệ quản trị CSDL, việc áp các bản vá còn phức tạp hơn nhiều so với các thiết bị mạng hay các ứng dụng phần mềm khác. Vì các CSDL là yếu tố sống còn của các hệ thống ứng dụng chính nên một sai sót nhỏ cũng có thể ảnh hưởng rất lớn. Trước khi cài đặt bất kỳ bản vá nào đều cần phải thử nghiệm thật cẩn thận và lên kế hoạch để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định sau khi triển khai cũng như giảm thiểu thời gian dừng (downtime).

Trong bảo mật CSDL, kiểm soát truy cập là yếu tố thiết yếu và điều đó phải được thực hiện dựa trên nguyên tắc quyền tối thiểu. Mỗi người dùng hay ứng dụng chỉ được phép có những quyền đủ để phục vụ cho công việc. Điều này không chỉ áp dụng cho quá trình phân quyền đầu tiên mà cần phải được kiểm tra định kỳ. Không ít doanh nghiệp cấp quyền truy cập sâu cho nhân viên tư vấn hay lập trình viên bên ngoài cho một dự án ngắn ngày nhưng lại quên không cắt hay thay đổi quyền khi công việc hoàn tất. Vì những quyền đọc có vẻ rất vô hại cũng có thể dùng làm bàn đạp cho những cuộc tấn công quy mô trong tương lai nên chúng ta cần xem xét việc phân quyền của cả những quyền nhỏ nhất. Bên cạnh đó, cần có biện pháp kiểm soát và theo dõi việc truy cập từ các phương tiện lưu trữ dữ liệu cũng như hạn chế những mối đe dọa đối với bảo mật CSDL từ quá trình phát triển và kiểm thử phần mềm. Phải đảm bảo dữ liệu thật không được dùng vào quá trình phát triển hay kiểm thử, CSDL dùng vào những công việc đó cũng không được nằm chung trên máy chủ chứa CSDL thật.

Mã hóa CSDL là biện pháp tiếp theo cần áp dụng để bảo mật CSDL, là lớp bảo vệ trong trường hợp các biện pháp kiểm soát truy cập đã bị vượt qua. Việc mã hóa này phải được thực hiện một cách đúng đắn để đảm bảo người dùng có toàn quyền trên hệ điều hành cũng không thể đọc được dữ liệu nếu không thông qua kiểm soát của ứng dụng. Yếu tố quan trọng đầu tiên cần xét đến trong quy trình mã hóa dữ liệu là quản lý khóa, nếu hệ thống quản lý khóa không đảm bảo thì tác dụng của mã hóa cũng giảm rất nhiều. Vấn đề cần lưu ý là lựa chọn phương án mã hóa như thế nào để đảm bảo an toàn thông tin mà không ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống? Chúng ta sẽ xem xét một số lựa chọn. Nếu nhấn mạnh vấn đề bảo mật, có thể lựa chọn mã hóa tất cả các trường trừ trường mã số (ví dụ như mã khách hàng). Cách làm này chỉ có thể áp dụng nếu mọi yêu cầu truy cập CSDL (dù là truy vấn, thêm mới, cập nhật hay xóa) đều dựa trên trường mã số. Nếu có yêu cầu truy cập dữ liệu dựa trên các trường khác, ảnh hưởng của việc mã hóa/giải mã dữ liệu sẽ rất lớn (ví dụ như việc tìm kiếm theo tên khách hàng sẽ yêu cầu giải mã tất cả các bản ghi). Điều đó dẫn đến một phương án khác là chỉ mã

hóa những trường chứa dữ liệu nhạy cảm, cần bảo vệ như số thẻ tín dụng… Cách làm này chỉ ảnh hưởng đến những câu lệnh truy cập dựa trên số thẻ tín dụng. Nhưng rất có thể ứng dụng lại có chức năng tìm kiếm chỉ dựa trên số thẻ tín dụng. Vì vậy, trước khi quyết định mã hóa một trường dữ liệu nào đó, chúng ta cần xem xét các câu lệnh truy cập dữ liệu hay dùng để biết việc mã hóa ảnh hưởng thế nào đến hiệu năng của hệ thống.

Cần lưu ý rằng các hệ thống CSDL thường rất phức tạp vì chúng liên kết với nhiều ứng dụng khác nhau. Chỉ một lỗi trong một cấu phần cũng có thể làm lộ dữ liệu của hệ thống. Vì thế, việc bảo mật riêng CSDL là không đủ, tất cả các ứng dụng và cấu phần liên quan phải được bảo mật. Việc áp dụng hệ thống mã hóa trong suốt với người dùng cho tất cả các thiết bị nhớ di động khá phức tạp và tốn kém nhưng vẫn có thể coi là đơn giản nếu so với nhiệm vụ ngăn chặn rò rỉ thông tin.

Gần đây, trên thị trường đang nổi lên một mảng giải pháp và sản phẩm mới với tên gọi DLP (data loss prevention). Mặc dù còn nhiều tranh cãi nhưng các giải pháp đều có tâm điểm là hệ thống giám sát và lọc nội dung. Khả năng phân tích nội dung cho phép các công cụ rà soát mọi luồng thông tin trao đổi trên mạng cũng như dữ liệu nằm trên đĩa, gỡ bỏ các lớp vỏ (ví dụ như các bảng tính hay tệp PDF được nén) để xác định các thông tin nhạy cảm dựa trên chính sách bảo mật thông tin của doanh nghiệp. Bắt đầu với các công cụ giám sát nhằm phát hiện rò rỉ thông tin qua các kênh trao đổi phổ biến như thư điện tử, tin nhắn tức thời (IM), FTP và HTTP, các giải pháp DLP dần phát triển thêm những tính năng như rà soát các kho dữ liệu và các thư mục được chia sẻ trong mạng để phát hiện thông tin nhạy cảm chưa được bảo vệ, giám sát việc sử dụng dữ liệu trên máy tính của người dùng (ví dụ như chép tài liệu quan trọng ra thiết bị nhớ USB, cắt dán thông tin).

Giải pháp không cho mã độc tạo mới CSDL, tài khoản truy cập, thay đổi mật khẩu của tài khoản truy cập trên hệ quản trị CSDL là tạo các trigger ngăn chặn:

- Trigger ngăn chặn không cho phép tạo mới database:

```
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.server_triggers
WHERE name = 't_DoNotAllowCreateDatabase')
DROP TRIGGER t_DoNotAllowCreateDatabase
ON ALL SERVER
GO
CREATE TRIGGER t_DoNotAllowCreateDatabase
ON ALL SERVER
FOR CREATE_DATABASE
AS
PRINT N'Phải DROP trigger t_
DoNotAllowCreateDatabase trước khi tạo mới database'
Rollback tran
GO
```

- Triger ngăn chặn không cho tạo mới login:

```
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.server_triggers
WHERE name = 't_DoNotAllowCreateNewLogin')
DROP TRIGGER t_DoNotAllowCreateNewLogin
ON ALL SERVER
GO
CREATE TRIGGER t_DoNotAllowCreateNewLogin
ON ALL SERVER
FOR CREATE_LOGIN
AS
PRINT N'Phải DROP trigger t_
DoNotAllowCreateNewLogin trước khi tạo account'
Rollback tran
GO
```

- Trigger ngăn chặn không cho thay đổi login:

```
IF EXISTS (SELECT * FROM sys.server_triggers
WHERE name = 't_DoNotAllowAlterLogin')
DROP TRIGGER t_DoNotAllowAlterLogin
ON ALL SERVER
GO
CREATE TRIGGER t_DoNotAllowAlterLogin
ON ALL SERVER
FOR ALTER_LOGIN
AS
PRINT N'Phải DROP trigger t_DoNotAllowAlterLogin
trước khi sửa account'
Rollback tran
GO
```

- Trigger này sẽ ngăn chặn các lệnh DROP TABLE và ALTER TABLE:

```
Create trigger t_safety
on database
for CREATE_TABLE, DROP_TABLE
as
Print N'Phải xóa trigger t_safety trước khi ALTER hay
DROP bảng'
Rollback tran
```

4. KẾT LUẬN

An ninh dữ liệu là nhiệm vụ sống còn của doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp vận tải, logistics. Ngoài những cơ chế bảo mật thông thường như bảo mật môi trường mạng, doanh nghiệp phải nắm rõ môi trường bảo mật hiện hành và cần trú trọng đến công tác bảo mật trên hệ thống CSDL và những ứng dụng truy cập CSDL. Những giải pháp có thể giúp tốt cho việc bảo vệ CSDL của doanh nghiệp như:

- Kiểm soát đăng nhập;
- Mã hóa dữ liệu;
- Kiểm soát tốt những ứng dụng truy cập vào CSDL;
- Tạo trigger ngăn chặn những truy cập, phép toán trái phép.

Tài liệu tham khảo

[1]. Alfred Basta, Melissa Zgola (2011), *Database Security*, Cengage Learning, ISBN: 1133708145, 9781133708148.

Ngày nhận bài: 08/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 01/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/3/2024

Số hóa quản lý cơ sở vật chất - lợi ích và những rào cản

■ **ThS. NGÔ TOÀN THẮNG**
Trường Đại học Gia Định
Email: ngothang@ytp.edu.vn

TÓM TẮT: Trong những năm gần đây, công nghệ số có tốc độ phát triển nhanh chóng. Internet vạn vật, mô hình thông tin công trình, hệ thống thông tin địa lý... được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong lĩnh vực quản lý cơ sở vật chất (CSVC), công nghệ số cũng đem lại nhiều lợi ích to lớn, nhưng để có thể ứng dụng được, các tổ chức phải đối mặt với không ít khó khăn. Bài báo phân tích lợi ích và những rào cản, khó khăn khi thực hiện số hóa quản lý cơ sở vật chất.

TỪ KHÓA: Số hóa, quản lý cơ sở vật chất.

ABSTRACT: In recent years, digital technology has developed rapidly. Internet of things, building information models, geographic information systems, etc. are applied in many different fields. In the field of facilities management, digital technology also brings many great benefits, but to be able to apply it, organizations must face many difficulties. This article analyzes the benefits, barriers and difficulties when implementing digitalization of facilities management.

KEYWORDS: Digitalization, facility management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình ứng dụng công nghệ số cho phép thông tin được lưu trữ, xử lý và truyền tải một cách hiệu quả, tạo điều kiện cho việc tự động hóa quy trình và tối ưu hóa hiệu suất làm việc [5, 6, 9]. Trong khi đó, với phương pháp truyền thống, quản lý CSVC tồn tại những hạn chế nhất định như việc thu thập và xử lý dữ liệu thủ công có thể dẫn đến độ trễ trong các quyết định về bảo dưỡng, đầu tư và tái sử dụng CSVC; hệ thống giấy tờ và tệp tin truyền thống có thể gây khó khăn trong việc lưu trữ, tìm kiếm và quản lý thông tin; không cho phép dự báo rủi ro tiềm ẩn của CSVC, dẫn đến lãng phí tài nguyên và năng lượng, gây ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường [5]. Các hạn chế trên là một trong những lý do mạnh mẽ cho các tổ chức áp dụng các phương pháp quản lý CSVC hiện đại nhằm nâng cao hiệu quả và tính bền vững của quản lý CSVC. Tuy nhiên, để thực hiện số hóa quản lý CSVC, các tổ chức cũng vấp phải những rào cản nhất định về chi phí đầu tư, về nhân lực, về hạ tầng công nghệ, về thông tin… đòi hỏi phải có những thay đổi phù hợp. Việc hiểu và vượt qua những rào cản, khó khăn cùng với việc tận dụng lợi ích của số hóa quản lý cơ sở vật chất sẽ góp phần tạo ra cơ hội phát triển bền vững cho các tổ chức.

2. QUẢN LÝ CƠ SỞ VẬT CHẤT VÀ LỢI ÍCH CỦA SỐ HÓA QUẢN LÝ CƠ SỞ VẬT CHẤT

Quản lý CSVC hỗ trợ các hoạt động cốt lõi của tổ chức bằng cách tích hợp các nguyên tắc để giảm thiểu tối đa rủi ro, đồng thời tăng hiệu quả, năng suất [4]. Quản lý CSVC đảm bảo chức năng, sự thoải mái, an toàn và hiệu quả của môi trường xây dựng bằng cách tích hợp con người, địa điểm, quy trình và công nghệ [3]. Mục đích lớn nhất của quản lý CSVC là liên tục hỗ trợ nhu cầu của tổ chức về nguồn lực vật chất để tổ chức thực hiện xuyên suốt các hoạt động cốt lõi [5, 7].

Số hóa trong quản lý CSVC được hiểu là việc ứng dụng công nghệ thông tin vào các quy trình vận hành, giúp quá trình xử lý thông tin trở nên đơn giản hơn [9]. Số hóa quản lý CSVC tạo ra dòng dữ liệu xuyên suốt từ giai đoạn này sang giai đoạn khác, giúp tối ưu hóa sử dụng tài sản, giảm thiểu rủi ro, cải thiện hiệu suất và tăng tính bền vững của hoạt động [8, 9, 11]. Mặc dù vậy, việc thực hiện số hóa quản lý CSVC không phải dễ dàng, các tổ chức phải đối mặt nhiều rào cản, khó khăn. Bài báo phân tích những lợi ích của các mô hình công nghệ số điển hình trong quản lý CSVC bao gồm Internet vạn vật (IoT), mô hình thông tin công trình (BIM) và hệ thống thông tin địa lý (GIS), đồng thời chỉ ra và phân tích những rào cản mà các tổ chức phải vượt qua để có thể số hóa quản lý CSVC.

2.1. Lợi ích của IoT trong quản lý CSVC

IoT được hiểu là sự kết nối của các thiết bị thông qua Internet, cho phép trao đổi dữ liệu và thực hiện các hoạt động mà không cần sự can thiệp trực tiếp của con người [6]. Thông qua việc sử dụng cảm biến và thiết bị kết nối Internet, dữ liệu về hoạt động và tình trạng của CSVC được thu thập để đo lường các thông số kỹ thuật như nhiệt độ, độ rung, áp suất, độ ẩm, cường độ ánh sáng, chỉ số CO_2, tiêu thụ năng lượng. Dữ liệu này được truyền về hệ thống trung tâm qua mạng Internet để xử lý, phân tích và hiển thị thông tin về tình trạng và hoạt động của CSVC trong thời gian thực [6].

Hình 2.1: Lợi ích của IoT trong quản lý CSVC

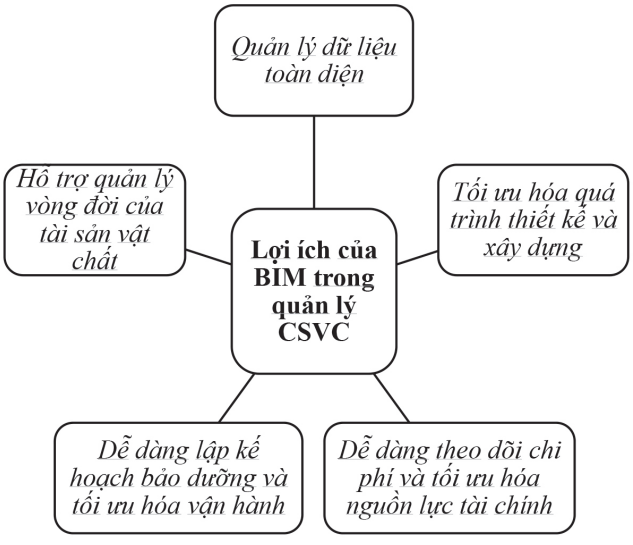
Nguồn: Tác giả tổng hợp

IoT đem lại những lợi ích to lớn trong quản lý CSVC *(Hình 2.1)*.

Thứ nhất, tối ưu hóa lịch trình bảo dưỡng: Thay vì tuân theo lịch trình cố định, việc bảo dưỡng có thể được lên lịch dựa trên dữ liệu thực tế về tình trạng và hiệu suất của tài sản; *Thứ hai,* giảm thiểu lãng phí năng lượng, tài nguyên thông qua theo dõi tiêu thụ năng lượng và tài nguyên của CSVC trong thời gian thực; *Thứ ba,* hỗ trợ đưa ra quyết định nhanh chóng và chính xác: Dữ liệu giám sát từ IoT cung cấp thông tin đáng tin cậy để hỗ trợ quyết định nhanh chóng và chính xác về vấn đề bảo trì, sửa chữa và vận hành CSVC; *Thứ tư,* nâng cao an toàn và bảo mật: IoT cung cấp thông tin giám sát trực tiếp môi trường làm việc, an ninh và an toàn của CSVC, giúp đảm bảo môi trường làm việc an toàn cho nhân viên và tài sản của tổ chức; *Thứ năm,* cho phép quản lý mọi lúc mọi nơi: Phát triển ứng dụng di động để quản lý CSVC từ xa thông qua kết nối IoT, giúp theo dõi và điều khiển CSVC mọi lúc, mọi nơi.

2.2. Lợi ích của BIM trong quản lý CSVC

BIM tạo ra và quản lý thông tin cho các công trình trong suốt quá trình thiết kế, xây dựng và vận hành [9]. BIM có thể mô phỏng lại từng chi tiết nhỏ nhất của công trình bằng hình họa 3D với độ chính xác cao, được cập nhật và sử dụng trong suốt vòng đời của công trình [6]. BIM 4D tích hợp thêm quản lý về thời gian, thuận lợi trong tính toán và kiểm soát tiến độ thi công. BIM 5D hỗ trợ lập dự toán, thanh quyết toán cho công trình. BIM 6D tích hợp thông tin về hao phí năng lượng khi vận hành công trình, ứng dụng để kiểm soát các chỉ số năng lượng, nhiệt độ, ánh sáng của công trình. BIM 7D thêm thông tin chi tiết về thiết bị được sử dụng cho công trình phục vụ việc quản lý, khai thác trong vòng đời dự án [2].



Hình 2.2: Lợi ích của BIM trong quản lý CSVC

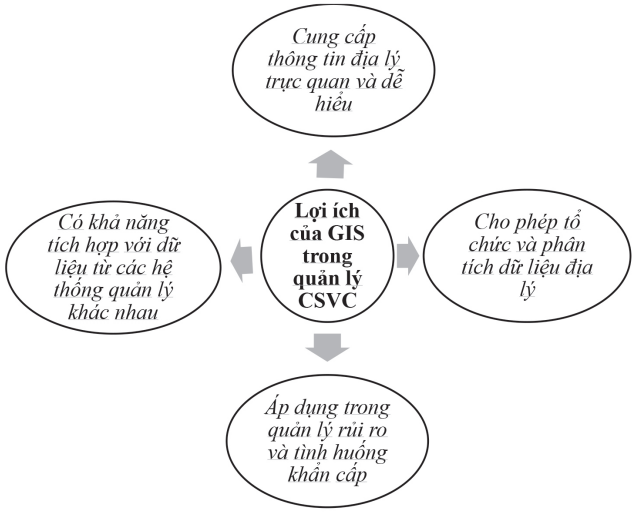
Nguồn: Tác giả tổng hợp

BIM mang lại nhiều lợi ích quan trọng cho quản lý CSVC *(Hình 2.2)*.

Thứ nhất, quản lý dữ liệu toàn diện: BIM cung cấp một mô hình số hóa toàn diện về tài sản vật chất, bao gồm thông tin về cấu trúc và các thông tin kỹ thuật khác, tạo điều kiện thuận lợi trong việc truy cập và cập nhật thông tin liên quan đến tài sản; *Thứ hai*, tối ưu hóa quá trình thiết kế và xây dựng: BIM cho phép các bên liên quan (kiến trúc sư, kỹ sư cơ điện, nhà thầu…) làm việc trên cùng một nền tảng dữ liệu, từ đó tối ưu hóa quá trình thiết kế và xây dựng. Quá trình này giúp giảm thiểu sai sót, xung đột thông tin và tăng hiệu suất sử dụng vật liệu; *Thứ ba,* dễ dàng theo dõi chi phí và tối ưu hóa nguồn lực tài chính: Nhờ khả năng tạo ra mô hình 5D (3 chiều + thời gian + chi phí), BIM hỗ trợ dự báo chi phí thiết kế, xây dựng và vận hành CSVC; *Thứ tư,* dễ dàng lập kế hoạch bảo dưỡng và tối ưu hóa vận hành: BIM cung cấp thông tin chi tiết về cấu trúc CSVC và lịch sử bảo dưỡng, giúp quản lý dễ dàng lập kế hoạch bảo dưỡng, theo dõi tình trạng các hệ thống và tối ưu hóa vận hành; *Thứ năm,* hỗ trợ quản lý vòng đời của tài sản vật chất: BIM hỗ trợ quản lý toàn bộ vòng đời của tài sản vật chất từ thiết kế đến xây dựng, sử dụng, bảo dưỡng và thậm chí đến giai đoạn tái chế. Việc này giúp tối ưu hóa việc sử dụng tài sản và giảm thiểu lãng phí.

2.3. Lợi ích của GIS trong quản lý CSVC

GIS bắt đầu được nghiên cứu từ những năm đầu thế kỷ XX, hiện đã được nhiều quốc gia trên thế giới sử dụng ở nhiều lĩnh vực khác nhau [9]. Theo Wang & cộng sự [10], GIS dựa trên địa lý, bản đồ và công nghệ viễn thám để số hóa và trực quan hóa thông tin, giúp người dùng phân tích tác động của các hoạt động phát triển đến các CSVC hiện có và đến môi trường, như sử dụng đất, tài nguyên, giao thông [1]. Đặc biệt, việc sử dụng tích hợp GIS với dữ liệu BIM để dễ dàng quản lý tài sản/CSVC và không gian đô thị quy mô lớn trong thực tế [10].



Hình 2.3: Lợi ích của GIS trong quản lý CSVC

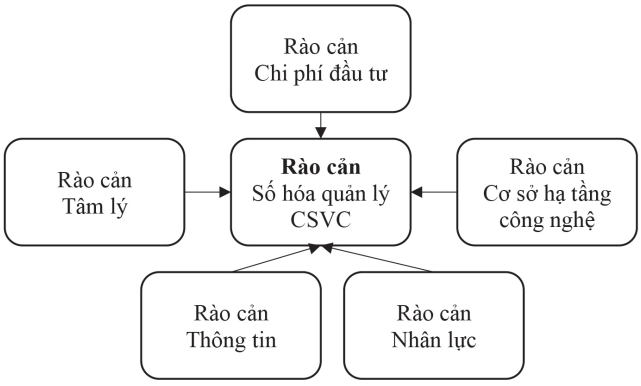
Nguồn: Tác giả tổng hợp

GIS mang lại nhiều lợi ích cho quản lý CSVC *(Hình 2.3)*.

Thứ nhất, GIS cung cấp thông tin địa lý trực quan và dễ hiểu, giúp quản lý CSVC xác định các vùng đất phù hợp để phát triển, lập kế hoạch hạ tầng và xác định các khu vực đang có nhu cầu cải thiện; *Thứ hai*, GIS cho phép tổ chức và phân tích dữ liệu địa lý từ các nguồn khác nhau để đưa ra quyết định thông minh hơn về quản lý CSVC. Việc này bao gồm phân tích tải trọng, dự báo nhu cầu tài nguyên và đánh giá tác động của quyết định lên môi trường và cộng đồng; *Thứ ba*, GIS có thể được áp dụng trong việc quản lý rủi ro và tình huống khẩn cấp liên quan đến CSVC, bao gồm đánh giá địa chính, lập kế hoạch sơ tán và điều phối các cuộc cứu hộ; *Thứ tư,* GIS có khả năng tích hợp với dữ liệu từ các hệ thống quản lý khác nhau, như BIM, máy bay không người lái (UAV), để cung cấp cái nhìn toàn diện về tình trạng và quản lý CSVC. GIS là một công cụ mạnh mẽ giúp quản lý CSVC hiểu rõ hơn về môi trường địa lý của họ, từ đó tối ưu hóa việc quản lý, lập kế hoạch và ra quyết định.

3. RÀO CẢN CỦA CÁC TỔ CHỨC KHI THỰC HIỆN SỐ HÓA QUẢN LÝ CƠ SỞ VẬT CHẤT

Quá trình số hóa mang lại nhiều lợi ích to lớn trong quản lý CSVC, nhưng để ứng dụng các mô hình này, các tổ chức cũng đối mặt với không ít rào cản và khó khăn *(Hình 3.1)*.



Hình 3.1: Các rào cản thực hiện số hóa quản lý cơ sở vật chất

Nguồn: Tác giả tổng hợp

- Thứ nhất, rào cản về chi phí đầu tư:

Chi phí triển khai ban đầu: Số hóa đồng nghĩa với việc quản lý và lưu trữ lượng dữ liệu lớn. Trong giai đoạn triển khai ban đầu đòi hỏi tổ chức phải đầu tư một khoản chi phí không nhỏ để có được hạ tầng công nghệ tương thích, đáp ứng khả năng xử lý dữ liệu lớn và phức tạp, đảm bảo ổn định và bảo mật. Mặt khác, trong giai đoạn này, tổ chức cũng phải đầu tư cho các hoạt động đào tạo và huấn luyện về kiến thức và kỹ năng công nghệ cho người lao động.

Chi phí đổi mới và nâng cấp: Công nghệ số thay đổi và phát triển liên tục kéo theo chi phí duy trì và nâng cấp hạ tầng công nghệ, đảm bảo rằng hệ thống luôn cập nhật và tương thích.

Có thể thấy, các tổ chức phải đầu tư vào các khoản chi phí ban đầu rất lớn trong khi hiệu quả của việc ứng dụng công nghệ không thể hiện rõ trong thời gian ngắn hạn. Do vậy, mặc dù số hóa quản lý CSVC mang lại nhiều lợi ích nhưng những rào cản chi phí đầu tư cần phải được xem xét

cẩn thận để đảm bảo rằng các lợi ích dài hạn không vượt quá chi phí ban đầu.

- Thứ hai, rào cản về cơ sở hạ tầng công nghệ số:

Hạ tầng công nghệ số đóng vai trò quan trọng hàng đầu khi thực hiện số hóa quản lý CSVC. Tuy nhiên, hệ quả của chi phí đầu tư cao có thể dẫn đến việc thiếu hụt cơ sở hạ tầng cần thiết để số hóa quản lý CSVC một cách hiệu quả và toàn diện.

- Thứ ba, rào cản về nhân lực:

Thiếu nhân lực để ứng dụng công nghệ số, phân tích dữ liệu: Thiếu chuyên gia, nhân lực am hiểu về công nghệ số, phân tích dữ liệu là điểm nghẽn đối với thực hiện số hóa quản lý CSVC. Sự chậm trễ hoặc không hợp tác: Số hóa đòi hỏi sự thay đổi văn hóa trong tổ chức, từ cách quản lý đến cách tiếp cận công việc hàng ngày. Sự thay đổi này có thể dẫn đến tâm lý lo lắng về sự thay thế lao động của công nghệ, tâm lý ngại thay đổi và ngại bước ra vùng an toàn hay áp lực làm việc với công nghệ mới tạo ra rào cản tinh thần đối với người lao động. Điều này kéo theo chậm trễ hoặc không hợp tác trong việc chấp nhận và thích nghi với số hóa.

- Thứ tư, rào cản về thông tin:

Thiếu thông tin về công nghệ số: Các giải pháp và công nghệ số rất đa dạng, phong phú và liên tục được cập nhật theo nhu cầu của thị trường. Việc không nắm được thông tin về các giải pháp và công nghệ hiện có và mức độ phù hợp với tổ chức là một rào cản khi bước đầu áp dụng số hóa quản lý CSVC.

Khó khăn trong tích hợp các giải pháp công nghệ số: Việc sử dụng các phần mềm quản lý, phục vụ cho hoạt động sản xuất kinh doanh một cách rời rạc và không có quy hoạch khiến doanh nghiệp gặp nhiều khó khăn trong việc tích hợp các giải pháp công nghệ thành một hệ thống xuyên suốt, gây khó khăn cho doanh nghiệp khi thực hiện chuyển đổi số

- Thứ năm, rào cản về tâm lý sợ rò rỉ dữ liệu: Nếu tổ chức không triển khai các biện pháp an ninh thích hợp, có thể xảy ra nguy cơ về dữ liệu.

Rò rỉ dữ liệu của tổ chức: Dữ liệu quản lý CSVC có thể bao gồm thông tin nhạy cảm về tài sản, vật liệu và quy trình kinh doanh. Nếu không được bảo vệ đúng cách, thông tin này có thể bị sợ rò và gây thiệt hại cho doanh nghiệp.

Tấn công mạng: Hệ thống quản lý CSVC số hóa có thể trở thành mục tiêu của những kẻ tấn công mạng, nhằm đánh cắp dữ liệu, gây gián đoạn hoạt động hoặc tàn phá hệ thống.

Những điều này tạo nên rào cản, khiến các tổ chức chưa dám bước ra khỏi giới hạn an toàn để thay đổi.

4. KẾT LUẬN

Việc thực hiện số hóa quản lý CSVC mang lại lợi ích đáng kể cho các tổ chức. Tính hiệu quả của việc quản lý CSVC được nâng cao thông qua khả năng theo dõi và vận hành tối ưu hơn. Giảm thiểu lãng phí năng lượng tài nguyên cũng như tăng khả năng phản ứng nhanh chóng đối với các yêu cầu, sự cố. Bên cạnh đó, dữ liệu được quản lý linh hoạt và khoa học hơn, dễ dàng theo dõi chi phí và tối ưu hóa nguồn lực tài chính, đáp ứng các yêu cầu báo cáo hiệu quả hơn và tương tác tốt hơn với hệ thống quản lý khác trong tổ chức. Tuy vậy, chi phí đầu tư, hạ tầng công nghệ, nhân lực, thông tin và tâm lý là những rào cản và khó khăn mà tổ chức phải vượt qua để tận dụng được tối đa lợi ích của số hóa quản lý CSVC, từ đó tạo ra môi trường quản lý vật chất hiệu quả, an toàn và phù hợp với môi trường kinh doanh hiện đại, đồng thời tạo ra cơ hội phát triển bền vững cho tổ chức.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ Xây dựng (2022), *Hướng dẫn tổ chức thiết lập Hệ thống cơ sở dữ liệu đô thị liên thông trên nền GIS phục vụ phát triển đô thị thông minh*.

[2]. Quách Thanh Tùng, Nguyễn Đắc Đức (2021), *Ứng dụng mô hình thông tin công trình trong xây dựng công trình cầu ở Việt Nam*, Tạp chí Khoa học GTVT, 8, tr.908-919.

[3]. The International Facility Management Association (IFMA), *What is Facility Management?*, truy cập ngày 12/01/2024 *(https://www.ifma.org/about/what-is-fm/)*.

[4]. The International Organization for Standardization (ISO) ISO 41001:2018, truy cập ngày 12/01/2024 *(https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:41001:ed-1:v1:en)*.

[5]. Keith Alexander (2013), *Facilities management: theory and practice*, Routledge.

[6]. Kalani Chamika Dahanayake và Nipuni Sumanarathna (2022), *IoT-BIM-based digital transformation in facilities management: a conceptual model*, Journal of Facilities Management, 20(3), p.437-451.

[7]. Serdar Durdyev và các cộng sự (2022), *Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management*, Journal of Building Engineering, 46, p.103736.

[8]. Huiying Cynthia Hou và các cộng sự (2023), *Digital twin application in heritage facilities management: systematic literature review and future development directions*, Engineering, Construction and Architectural Management(ahead-of-print).

[9]. Jeoung Yul Lee, Ilkhom Okmirzaevich Irisboev và Yeon-Sik Ryu (2021), *Literature review on digitalization in facilities management and facilities management performance measurement: contribution of industry 4.0 in the global era*, Sustainability, 13(23), p.13432.

[10]. Hao Wang, Yisha Pan và Xiaochun Luo (2019), *Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis*, Automation in construction. 103, p.41-52.

[11]. Tongrui Zhang, Dat Tien Doan và Jing Kang (2023), *Application of building information modeling-blockchain integration in the Architecture, Engineering, and Construction/ Facilities Management industry: A review*, Journal of Building Engineering, p.107551.

Ngày nhận bài: 28/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 15/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2024

Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành của các doanh nghiệp trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh

■ **PGS. TS. PHẠM PHÚ CƯỜNG**(*)
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **KS. ĐẶNG HUY VIỆT**
Công ty Kiểm toán COM.PT - TP. Hồ Chí Minh
Email: (*)cuongpp_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành (BCQTDAHT) góp phần quan trọng trong việc đảm bảo tuân thủ các quy định nhà nước về quản lý đầu tư xây dựng, cũng như nâng cao hiệu quả dự án, đặc biệt đối với các dự án sử dụng vốn ngân sách nhà nước. Nghiên cứu này tập trung vào việc xác định các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ (CLDV) kiểm toán BCQTDAHT tại TP. Hồ Chí Minh. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập bằng cách khảo sát ý kiến của 154 khách hàng sử dụng dịch vụ kiểm toán BCQTDAHT tại TP. Hồ Chí Minh, sử dụng phương pháp thống kê và các kỹ thuật phân tích như kiểm định độ tin cậy thang đo, phân tích nhân tố khám phá, phân tích hồi quy và kiểm định sự khác biệt trung bình về các đặc điểm cá nhân bằng công cụ SPSS 26.0. Kết quả cho thấy, cả 5 nhân tố trong mô hình nghiên cứu bao gồm Sự đáp ứng, Sự đảm bảo, Sự tin cậy, Sự đồng cảm và Phương tiện hữu hình đều có ảnh hưởng đáng kể đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT, qua đó giúp cho các doanh nghiệp kiểm toán trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh có cơ sở đánh giá CLDV kiểm toán BCQTDAHT của mình và đưa ra gợi ý để đề ra các giải pháp nhằm nâng cao hơn nữa CLDV.

TỪ KHÓA: Chất lượng dịch vụ kiểm toán, báo cáo quyết toán dự án hoàn thành, kiểm toán báo cáo quyết toán dự án hoàn thành.

ABSTRACT: The audit of the project finalization report plays a crucial role in ensuring compliance with the State regulations on construction investment management and enhancing project effectiveness, especially for projects using state budget funds. This study focuses on identifying factors influencing the quality of audit services for project finalization reports in HCMC. Research data was collected by surveying the opinions of 154 customers using audit services for project finalization reports in HCMC, using statistical methods and analysis techniques such as reliability testing, exploratory factor analysis, regression analysis, and t-tests with SPSS 26.0. The results indicate that all five factors in the research model, including Responsiveness, Assurance, Reliability, Empathy and Tangibles, significantly influence the quality of audit services for project finalization reports. This allows auditing businesses in HCMC to evaluate the quality of their audit services for project finalization reports and provides suggestions for them to propose solutions to further enhance service quality.

KEYWORDS: Audit service quality, project finalization report, audit of project finalization report.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dịch vụ kiểm toán BCQTDAHT là dịch vụ do doanh nghiệp kiểm toán cung cấp nhằm đưa ra ý kiến về tính tuân thủ các quy định về quản lý đầu tư trong quá trình thực hiện dự án và tính trung thực, hợp lý của số liệu quyết toán. Báo cáo kiểm toán đạt chất lượng làm tăng độ tin cậy của BCQTDAHT và là cơ sở để người có thẩm quyền phê duyệt quyết toán. Trong bối cảnh ngành Xây dựng Việt Nam đang phát triển mạnh mẽ, vai trò của kiểm toán BCQTDAHT ngày càng được coi trọng. Các khách hàng có yêu cầu ngày càng cao về CLDV, đòi hỏi doanh nghiệp kiểm toán cần phải luôn tăng cường chất lượng. Tuy nhiên hiện có rất ít nghiên cứu liên quan đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT và các nghiên cứu cũng chưa xem xét đến sự khác biệt trung bình về các đặc điểm cá nhân của đối tượng khảo sát đối với ý kiến đánh giá CLDV kiểm toán BCQTDAHT. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là: (i) Xác định các nhân tố ảnh hưởng đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT của các

doanh nghiệp tại TP. Hồ Chí Minh; (ii) Phân tích mối quan hệ giữa các đặc điểm cá nhân đến việc đánh giá CLDV kiểm toán. Kết quả nghiên cứu có thể gợi ý cho các doanh nghiệp kiểm toán trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh một bộ tiêu chí đánh giá CLDV kiểm toán BCQTDAHT, qua đó xem xét đưa ra các giải pháp để nâng cao CLDV của mình.

2. XEM XÉT TÀI LIỆU

Hiện nay trên thế giới, các nghiên cứu về chất lượng kiểm toán đã được rất nhiều nhà nghiên cứu thực hiện với nhiều hướng tiếp cận khác nhau. Trong số đó, phổ biến nhất là nghiên cứu chất lượng kiểm toán dưới góc độ là một dịch vụ chuyên nghiệp theo mô hình SERVQUAL 5 khoảng cách được khởi xướng bởi Parasuraman. Nhìn chung, các nghiên cứu này đều chỉ ra rằng các yếu tố thuộc về Phương tiện hữu hình, Sự tin cậy, Sự đáp ứng, Sự đảm bảo và Sự đồng cảm đều ảnh hưởng đến CLDV kiểm toán. Mặc dù vậy, phần lớn các nhà nghiên cứu trước đây đều thực hiện về CLDV kiểm toán báo cáo tài chính như Ismail và cộng sự [1], Turk và Avcilar [2], Graziella Bonavia [3], Pestovic và cộng sự [4]. Vì vậy, 5 chuyên gia là các kiểm toán viên có nhiều năm kinh nghiệm và 5 khách hàng với đa dạng chức vụ, công tác ở các bộ phận khác nhau từ quản lý dự án, tài chính/kế toán/kế hoạch cho đến ban giám đốc tại các đơn vị được kiểm toán có thể đại diện cho các nhóm khách hàng khác nhau đã được mời tham gia phỏng vấn nhằm điều chỉnh, bổ sung các thang đo, hướng đến việc hoàn thiện bảng câu hỏi chính thức gửi đi khảo sát ý kiến. Kết quả, nhóm chuyên gia đều đồng thuận với biến quan sát được nhận diện và không có biến nào được bổ sung thêm. 20 biến quan sát này được chia thành 5 nhân tố chính được trình bày *ở Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Nhân tố ảnh hưởng đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT

Biến quan sát	Diễn giải	Ký hiệu
Nhân tố Phương tiện hữu hình		**HH**
Văn phòng làm việc	Văn phòng làm việc của công ty kiểm toán tọa lạc tại vị trí thuận tiện giao dịch	HH1
Trang thiết bị làm việc	Công ty kiểm toán trang bị đầy đủ thiết bị (máy tính xách tay, máy scan…) tạo thuận lợi cho quá trình làm việc	HH2
Trang phục	Nhân viên kiểm toán ăn mặc lịch sự, gọn gàng	HH3
Tác phong	Nhân viên kiểm toán có tác phong nhanh nhẹn, chuyên nghiệp	HH4
Nhân tố Sự tin cậy		**TC**
Nhân sự kiểm toán	Công ty kiểm toán luôn huy động nhân sự kiểm toán có đủ năng lực, trình độ để thực hiện dịch vụ	TC1
Sự tuân thủ quy trình kiểm toán và các quy định có liên quan	Nhân viên kiểm toán luôn thực hiện kiểm toán đúng quy trình và các quy định có liên quan	TC2
Ý kiến kiểm toán	Ý kiến kiểm toán đưa ra chính xác, đáng tin cậy	TC3
Tiến độ kiểm toán	Công ty kiểm toán cung cấp dịch vụ đúng tiến độ cam kết	TC4
Nhân tố Sự đáp ứng		**DU**
Kế hoạch thực hiện công việc	Công ty kiểm toán luôn thông báo trước cho khách hàng về kế hoạch thực hiện công việc	DU1
Dịch vụ nhanh chóng	Công ty kiểm toán luôn cung cấp dịch vụ nhanh chóng	DU2
Sự giải đáp, hỗ trợ và giúp đỡ khách hàng	Nhân viên kiểm toán luôn sẵn lòng giải đáp thắc mắc và hỗ trợ, giúp đỡ khách hàng	DU3
Sự sẵn sàng theo yêu cầu của khách hàng	Công ty kiểm toán sẵn sàng sắp xếp thời gian và bố trí nhân sự thực hiện kiểm toán ngay khi có yêu cầu của khách hàng	DU4
Nhân tố Sự đảm bảo		**DB**
Sự an tâm tin tưởng vào khả năng của nhân viên kiểm toán	Khách hàng an tâm tin tưởng vào khả năng của nhân viên kiểm toán	DB1
Bảo mật thông tin của khách hàng	Thông tin về dự án của khách hàng luôn được công ty kiểm toán bảo mật	DB2
Sự thân thiện, lịch thiệp của nhân viên kiểm toán	Nhân viên kiểm toán rất thân thiện, lịch thiệp	DB3
Sự hỗ trợ đầy đủ cho nhân viên kiểm toán	Công ty kiểm toán hỗ trợ đầy đủ cho nhân viên thực hiện tốt nhiệm vụ	DB4
Sự xứng đáng với mức phí bỏ ra	Dịch vụ được kiểm toán cung cấp xứng đáng với mức phí bỏ ra	DB5
Nhân tố Sự đồng cảm		**DC**
Sự quan tâm tìm hiểu nhu cầu của khách hàng	Nhân viên kiểm toán luôn quan tâm tìm hiểu nhu cầu của khách hàng	DC1
Lợi ích chính đáng của khách hàng	Công ty kiểm toán đặt lợi ích chính đáng của khách hàng lên hàng đầu	DC2
Bố trí thời gian làm việc thuận tiện cho khách hàng	Công ty kiểm toán luôn sắp xếp thời gian làm việc vào thời điểm thuận tiện cho khách hàng	DC3

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Một quy trình 7 bước kết hợp nghiên cứu định tính từ quá trình xem xét tài liệu chọn lọc và nghiên cứu định lượng. Từ quá trình thu thập dữ liệu từ các chuyên gia, số liệu thu được sẽ được phân tích bằng cách sử dụng các kỹ thuật như: Kiểm định độ tin cậy thang đo Cronbach's Alpha, phân tích nhân tố khám phá, phân tích hồi quy và kiểm định sự khác biệt trung bình thông qua công cụ hỗ trợ là SPSS 26.0.

3.1. Kết quả phân tích

3.1.1. Thống kê mô tả mẫu khảo sát

Số liệu sử dụng để phân tích trong nghiên cứu được thu thập thông qua các mẫu khảo sát Nghiên cứu các nhân tố

ảnh hưởng đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT của các doanh nghiệp tại TP. Hồ Chí Minh. Tất cả có 166 mẫu khảo sát thu được từ các đối tượng khảo sát thông qua các phương tiện như thư điện tử và các cuộc phỏng vấn trực tiếp. Trong đó, có 154 mẫu đáp ứng các thông tin yêu cầu khảo sát và đủ điều kiện để đưa vào các bước phân tích tiếp theo. Thống kê mô tả liên quan đến các mẫu khảo sát được thể hiện tại *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Mô tả mẫu khảo sát

STT	Tiêu chí	Số lượng (người)	Tỷ lệ (%)
I	**Giới tính**		
1	Nam	92	59,74
2	Nữ	62	40,26
	Tổng	**154**	**100,00**
II	**Trình độ học vấn**		
1	Cao đẳng/trung cấp	16	10,39
2	Đại học	110	71,43
3	Trên đại học	28	18,18
	Tổng	**154**	**100,00**
III	**Bộ phận công tác**		
1	Ban Giám đốc	7	4,55
2	Tài chính/kế toán/kế hoạch	78	50,65
3	Quản lý dự án	64	41,56
4	Khác	5	3,25
	Tổng	**154**	**100,00**
IV	**Thời gian công tác**		
1	1 đến 5 năm	49	31,82
2	6 đến 10 năm	86	55,84
3	Trên 10 năm	19	12,34
	Tổng	**154**	**100,00**

3.1.2. Kiểm định độ tin cậy thang đo

Để kiểm tra độ tin cậy giữa các biến quan sát trong các nhân tố, kỹ thuật phân tích Cronbach's Alpha được sử dụng. Kết quả cho thấy cả 5 nhân tố đều có Cronbach's Alpha lớn hơn 0,7, đồng thời hệ số tương quan biến - tổng của từng nhân tố đều lớn hơn 0,3. Vì vậy, 5 nhân tố ảnh hưởng với 20 biến quan sát ban đầu đều được chấp nhận đưa vào phân tích ở bước tiếp theo. Tổng hợp kết quả kiểm định độ tin cậy thang đo được trình bày tại *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Kết quả kiểm định độ tin cậy thang đo

STT	Tên nhân tố	Ký hiệu	Giá trị Cronbach's Alpha
1	Phương tiện hữu hình	HH	0,797
2	Sự tin cậy	TC	0,733
3	Sự đáp ứng	DU	0,850
4	Sự đảm bảo	DB	0,888
5	Sự đồng cảm	DC	0,809

3.1.3. Phân tích nhân tố khám phá

Kỹ thuật phân tích nhân tố khám phá được sử dụng để xác định các yếu tố chính từ 20 biến quan sát ở trên. Phép quay varimax và chuẩn hóa Kaiser được thực hiện vì nó đơn giản hóa việc giải thích với một số lượng nhỏ các biến.

Bảng 3.3. Kết quả phân tích nhân tố khám phá

Nhân tố	Biến quan sát	Hệ số tải nhân tố				
		1	2	3	4	5
Sự đảm bảo	DB2	0,942				
	DB1	0,933				
	DB3	0,931				
	DB5	0,652				
	DB4	0,641				
Phương tiện hữu hình	HH3		0,904			
	HH4		0,901			
	HH1		0,829			
	HH2		0,652			
Sự đáp ứng	DU2			0,885		
	DU3			0,842		
	DU4			0,809		
	DU1			0,757		
Sự tin cậy	TC4				0,890	
	TC3				0,839	
	TC2				0,679	
	TC1				0,646	
Sự đồng cảm	DC1					0,886
	DC2					0,850
	DC3					0,774
Eigenvalues		**3,789**	**3,402**	**2,643**	**2,557**	**1,831**
Phương sai trích (%)		**18,946**	**17,008**	**13,213**	**12,786**	**9,154**
Phương sai trích tích lũy (%)		**18,946**	**35,954**	**49,166**	**61,952**	**71,107**
KMO = 0,726; mức ý nghĩa của kiểm định Bartlett sig. = 0,000						

Kết quả phân tích ở *Bảng 3.3* cho thấy hệ số KMO = 0,726 (0,5 ≤ KMO ≤ 1) và kiểm định Bartlett có mức ý nghĩa Sig. = 0,000 < 0,05, như vậy phân tích nhân tố là phù hợp. Có 5 nhân tố được trích rút dựa vào trị số Eigenvalue lớn hơn 1 (từ 1,831 đến 3,789), tất cả các biến quan sát đo lường 5 nhân tố này đều có hệ số tải lớn hơn 0,45. Tổng phương sai mà 5 nhân tố này trích được là 71,107% > 50%. Như vậy, 5 nhân tố được trích giải thích cho 71,107% biến thiên dữ liệu của 20 biến quan sát.

3.1.4. Phân tích hồi quy tuyến tính

Mục đích của phân tích hồi quy tuyến tính là ước lượng mức độ tương quan giữa biến phụ thuộc và các nhân tố ảnh hưởng được phân tích và trình bày ở *Bảng 3.4*.

Bảng 3.4. Kết quả phân tích hồi quy

Hệ số hồi quy								
Mô hình B		Hệ số hồi quy chưa chuẩn hóa		Hệ số hồi quy chuẩn hóa	t	Sig. Sai số cho phép	Thống kê đa cộng tuyến	
		Sai số chuẩn	Beta (β)				VIF	
1	Constant	0,140	0,253		0,555	0,580		
	HH	0,120	0,032	0,212	3,784	0,000	0,934	1,071
	TC	0,210	0,035	0,333	6,049	0,000	0,967	1,034
	DU	0,244	0,029	0,463	8,419	0,000	0,968	1,033
	DB	0,242	0,034	0,384	7,009	0,000	0,974	1,027
	DC	0,130	0,032	0,228	4,069	0,000	0,934	1,070
a. Dependent Variable: CL (CLDV kiểm toán BCQTDAHT tại TP. Hồ Chí Minh)								

Kết quả phân tích ở *Bảng 3.4* cho thấy cả 5 biến độc lập trong mô hình đều có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa Sig. của kiểm định t < 0,05. Như vậy, mối quan hệ giữa biến phụ thuộc và 5 biến độc lập thông qua hệ số hồi quy chuẩn hóa β được biểu diễn dưới dạng phương trình hồi quy như sau:

CL = 0,463*DU + 0,384*DB + 0,333*TC + 0,228*DC + 0,212*HH (1)

Phương trình (1) cho thấy Sự đáp ứng là nhân tố quan trọng nhất trong việc đảm bảo CLDV kiểm toán BCQTDAHT của các doanh nghiệp tại TP. Hồ Chí Minh với β=0,463, thể hiện khả năng của doanh nghiệp kiểm toán trong việc đáp ứng các yêu cầu của khách hàng một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Nhân tố quan trọng tiếp theo là Sự đảm bảo có β=0,384. Khách hàng mong đợi sự hiện diện của các chuyên gia có kiến thức sâu rộng và kỹ năng tốt, cùng với sự lịch thiệp và khả năng truyền đạt thông tin một cách sáng tạo để giải quyết các vấn đề và trả lời các câu hỏi của họ.

Bên cạnh đó, Sự tin cậy với β=0,333 cũng có ảnh hưởng đáng kể đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT tại TP. Hồ Chí Minh. Họ cảm thấy an tâm vì tin rằng doanh nghiệp kiểm toán sẽ thực hiện công việc một cách đúng đắn và trung thực. Điều này làm cho khách hàng cảm thấy an toàn và tự tin trong quá trình hợp tác với doanh nghiệp kiểm toán; đồng thời tránh các sai sót, giảm bớt rủi ro mà khách hàng có thể phải đối mặt.

Một yếu tố quan trọng khác là Sự đồng cảm với β=0,228, khách hàng còn mong muốn lợi ích chính đáng của mình phải được doanh nghiệp kiểm toán xem trọng; luôn sắp xếp thời gian làm việc vào các thời điểm thuận tiện cho khách hàng. Khi đạt được những điều này, khách hàng sẽ có cảm giác hài lòng hơn với trải nghiệm dịch vụ của mình và có khả năng duy trì mối quan hệ lâu dài với doanh nghiệp kiểm toán.

Cuối cùng, với β=0,212, Phương tiện hữu hình cũng có ảnh hưởng đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT. Khi doanh nghiệp kiểm toán trang bị cho nhân viên đầy đủ thiết bị làm việc; nhân viên kiểm toán có tác phong nhanh nhẹn, ăn mặc lịch sự, gọn gàng thể hiện sự nghiêm túc, chuyên nghiệp sẽ tạo ấn tượng tích cực và tin tưởng từ phía khách hàng.

3.2. Kết quả phân tích sự khác biệt trung bình

Mục đích của việc phân tích sự khác biệt trung bình là xác định xem khách hàng có hay không sự khác biệt về mức độ hài lòng CLDV kiểm toán BCQTDAHT giữa các nhóm: Giới tính (nam hay nữ), trình độ học vấn (cao đẳng/trung cấp, đại học hay trên đại học), bộ phận công tác (ban giám đốc, tài chính/kế toán/kế hoạch hay quản lý dự án…), thời gian công tác (dưới 1 năm, 1 - 5 năm hoặc 6 - 10 năm…). Với biến định tính có 2 giá trị (giới tính), phương pháp kiểm định Independent Sample T-Test được sử dụng để phân tích; với biến định tính có nhiều hơn 2 giá trị (trình độ học vấn, bộ phận công tác và thời gian công tác), sử dụng phương pháp phân tích One-way ANOVA để kiểm định.

Bảng 3.5. Kết quả kiểm định sự khác biệt về giới tính

STT	Chỉ tiêu	Kiểm định khác biệt phương sai		Kiểm định khác biệt trung bình	
		F	Sig.	t	Sig.
1	Giới tính	0,117	0,732	-0,133	0,894

Bảng 3.6. Kết quả kiểm định sự khác biệt về trình độ học vấn, bộ phận công tác và thời gian công tác

STT	Chỉ tiêu	Kiểm định khác biệt phương sai	Kiểm định khác biệt trung bình	
		Sig.	F	Sig.
1	Trình độ học vấn	0,917	0,209	0,811
2	Bộ phận công tác	0,462	0,478	0,698
3	Thời gian công tác	0,758	1,848	0,161

Số liệu ở *Bảng 3.5* và *Bảng 3.6* cho thấy, mức ý nghĩa Sig. của kiểm định khác biệt phương sai của các nhóm giới tính, trình độ học vấn, bộ phận công tác và thời gian công tác đều lớn hơn 0,05, nghĩa là không có sự khác biệt về phương sai giữa các nhóm phân tích. Mặt khác, mức ý nghĩa Sig. của kiểm định khác biệt trung bình của các nhóm này cũng đều lớn hơn 0,05. Vì vậy có thể khẳng định, khách hàng dù cho có sự khác nhau về giới tính, trình độ học vấn, bộ phận công tác hay thời gian công tác thì cũng không có sự khác biệt về ý kiến đánh giá CLDV kiểm toán BCQTDAHT tại TP. Hồ Chí Minh.

4. KẾT LUẬN

Kiểm toán BCQTDAHT có vai trò quan trọng trong việc giúp chủ dự án tuân thủ các quy định về quản lý đầu tư xây dựng, phát hiện và khắc phục các thiếu sót, tồn tại trong quá trình thực hiện cũng như nâng cao hiệu quả dự án, đặc biệt là đối với dự án sử dụng vốn ngân sách nhà nước. Tuy nhiên, CLDV kiểm toán có thể có sự khác nhau tùy thuộc vào từng đối tượng khách hàng và chính sách phục vụ của doanh nghiệp kiểm toán. Bài báo hướng tới việc tìm ra mô hình các nhân tố ảnh hưởng đến CLDV kiểm toán BCQTDAHT của các doanh nghiệp tại TP. Hồ Chí Minh. Kết quả nghiên cứu có thể giúp cho các doanh nghiệp kiểm toán trên địa bàn TP. Hồ Chí Minh có cơ sở để đánh giá CLDV kiểm toán BCQTDAHT của mình, đồng thời đưa ra gợi ý để họ đề ra các giải pháp nhằm nâng cao hơn nữa CLDV.

Tài liệu tham khảo

[1]. Ismail, I., Haron, H., Ibrahim, D. N., & Isa, S. M. (2006), *Service quality, client satisfaction and loyalty towards audit firms: Perceptions of Malaysian public listed companies*, Managerial Auditing Journal, 21(7), 738-756.

[2]. Turk, Z., & Avcilar, M. Y. (2009), *The Effects of Perceived Service Quality of Audit Firms on Satisfaction and Behavioural Intentions: A Research on the Istanbul Stock Exchange Listed Companies*, Research Journal of Bussiness Management, 36-46.

[3]. Bonavia, G. (2014), *Audit service quality, client satisfaction and client loyalty: Evidence from Malta,* Malta: Faculty of Economics, Management & Accountancy. Department of Accountancy.

[4]. Pestovic, K., Milicevic, N., Djokic, N., & Djokic, I. (2021), *Audit Service Quality Perceived by Customers: Formative Modelling Measurement Approach*, Sustainability.

Ngày nhận bài: 21/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 04/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 03/5/2024

Xu thế tất yếu phát triển "giao thông xanh" ở các đô thị Việt Nam

■ NAM NINH

Phát triển "giao thông xanh" (GTX) đang là xu thế tất yếu ở các đô thị trên thế giới. Với Việt Nam, GTX cũng là yêu cầu cấp thiết để xây dựng "đô thị xanh", trong đó GTX là một trong những giải pháp bền vững với hiệu quả đột phá nhằm cải tiến hiệu suất khai thác và lưu trữ năng lượng tái tạo cho tới điện khí hóa các phương tiện di chuyển.

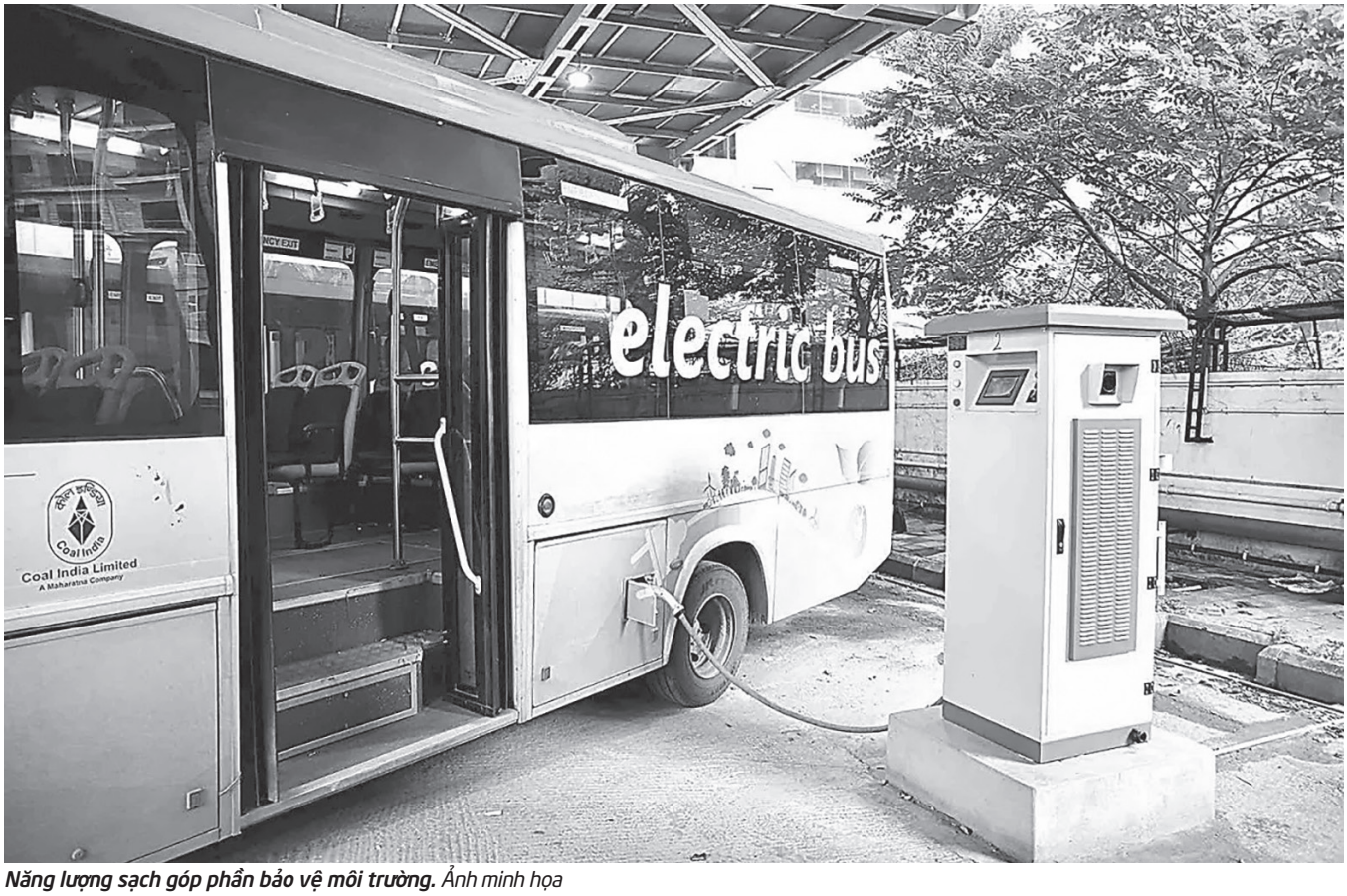
CẦN MỘT CƠ CHẾ ĐỒNG BỘ TRONG PHÁT TRIỂN GTX

Nhằm phát triển GTX, từ năm 2020 đến nay, TP. Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh đã có chủ trương phát triển GTX. Hà Nội đã đưa vào vận hành các tuyến xe buýt sử dụng "năng lượng xanh", bao gồm xe buýt điện của VinBus và xe buýt sử dụng nhiên liệu sạch khí nén CNG, xe đạp công cộng... Từ tháng 12/2021, Sở GTVT TP. Hồ Chí Minh và Công ty Cổ phần Tập đoàn Trí Nam đã chính thức khai trương thí điểm dịch vụ xe đạp công cộng, tạo thêm sự lựa chọn về phương thức giao thông cho người dân đi lại và du khách tham quan khu vực trung tâm Thành phố.

Thời gian qua, Hà Nội đang triển khai thí điểm dự án xe đạp đô thị phục vụ người dân tại 5 quận trung tâm, bao gồm: Ba Đình, Hai Bà Trưng, Tây Hồ, Đống Đa, Thanh Xuân và các điểm cạnh lối lên, xuống của tuyến tàu điện đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông, trụ sở liên cơ quan...

Hay như TP. Hồ Chí Minh vừa đưa 70 xe điện vào chở khách tham quan, du lịch khu trung tâm. Các xe điện có sức chứa 8 người, sử dụng năng lượng điện hoạt động từ 6 - 24 giờ hằng ngày sẽ phục vụ du khách và người dân. Mô hình thí điểm này được triển khai tại khu vực Quận 1, 4, 5, 6. Theo đó, 70 phương tiện chạy điện được sử dụng để chở khách, do Saigon.PT (doanh nghiệp liên doanh Việt Nam - Nhật Bản) vận hành, cung cấp dịch vụ.

Theo các chuyên gia giao thông, để xây dựng và phát triển GTX thì phải hạn chế các phương tiện giao thông



Năng lượng sạch góp phần bảo vệ môi trường. *Ảnh minh họa*

cá nhân và phát triển mạng lưới giao thông công cộng, cùng với đó là tăng cường các phương tiện giao thông sử dụng nhiên liệu sạch và năng lượng tái tạo. Nhà nước và các đô thị lớn cần những chính sách mang tính sáng tạo, đổi mới trong việc vận hành, triển khai các mô hình GTX, thuyết phục để người dân tự giác chuyển sang sử dụng các phương tiện công cộng nói chung và phương tiện GTX nói riêng.

Ông Nguyễn Hoàng Hải, Phó Chủ tịch Hiệp hội Vận tải hành khách công cộng Hà Nội cho biết, để chuyển đổi hướng tới GTX, chúng ta đã có những chỉ đạo đồng bộ về giải pháp, sự vào cuộc mạnh mẽ từ Chính phủ, bộ, ngành và chính quyền các đô thị lớn. Thời gian qua, Chính phủ đã ban hành Quyết định số 876/QĐ-TTg ngày 22/7/2022 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chương trình hành động về chuyển đổi "năng lượng xanh", giảm phát thải khí metan và carbon trong ngành GTVT. Đây là cơ sở quan trọng để triển khai mô hình GTX ở các đô thị.

Nhằm thực hiện hiệu quả mục tiêu chiến lược về phát triển GTX, TP. Hà Nội đã ban hành Nghị quyết số 07/2019/NQ-HĐND ngày 10/7/2019 của HĐND TP. Hà Nội về ưu tiên phát triển hệ thống vận tải công cộng khối lớn, hướng tới phát triển GTX bền vững. Thời điểm này, hệ thống vận tải công cộng cũng có những chuyển đổi tích cực, với 2.000 phương tiện xe buýt hiện nay đã đưa vào sử dụng phương tiện nhiên liệu sạch, "nhiên liệu xanh" và gần 140 xe sử dụng CNG, 130 xe buýt điện.

Đặc biệt, tuyến đường sắt đô thị số 2A Cát Linh - Hà Đông được đưa vào vận hành từ tháng 11/2021. Đây là loại hình giao thông không phát xả, là bước đi ban đầu để hướng tới hệ thống vận tải công cộng đa phương thức, phát triển bền vững, với nòng cốt là đường sắt đô thị với hệ thống xe buýt có tỉ lệ cao sử dụng nhiên liệu sạch.

LOẠI BỎ DẦN CÁC PHƯƠNG TIỆN KHÔNG ĐẠT TIÊU CHUẨN VỀ KHÍ THẢI

Với lộ trình của Chính phủ sẽ từng bước loại bỏ dần các phương tiện xe buýt tiêu chuẩn Euro 1, Euro 2, thay thế sang phương tiện tiêu chuẩn Euro 3 và tiến tới đưa vào hoạt động các phương tiện xe buýt đạt tiêu chuẩn Euro 4, Euro 5. Bởi vậy, các doanh nghiệp vận tải tại các đô thị lớn cũng cần phải từng bước thay thế các phương tiện bằng xe buýt hiện đại, chất lượng tốt, thân thiện với môi trường...

Theo ông Trần Hữu Minh, Chánh Văn phòng Ủy ban ATGT Quốc gia, việc kiểm soát phát thải phương tiện giao thông hiện nay mới chỉ có quy định kiểm soát về môi trường đối với các phương tiện ô tô đang lưu hành cũng như được sản xuất, lắp ráp, nhập khẩu vào Việt Nam nhưng chưa có quy định kiểm soát đối với xe máy. Mặt khác, hiện Việt Nam cũng chưa có quy định về niên hạn sử dụng đối với xe ô tô cá nhân, xe con dưới 10 chỗ ngồi và xe máy. Theo số liệu thống kê, cả nước có khoảng 45 triệu xe máy, chiếm 95% tổng số phương tiện hoạt động nên việc quản lý lượng phát thải ô nhiễm từ loại hình phương tiện này rất đáng được quan tâm.

KHUYẾN KHÍCH ĐẦU TƯ CÁC LOẠI HÌNH GTX

Không chỉ quy định về quản lý lượng phát thải ô nhiễm từ phương tiện giao thông, thời gian qua, Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh đã có chủ trương phát triển những loại hình khác như xe đạp công cộng, xe điện... Xe đạp công cộng đang được triển khai với mục tiêu phát triển hệ thống giúp người dân đô thị sử dụng kết nối với hệ thống giao thông công cộng chung ở khu vực nội thành. Bổ sung thêm một loại hình GTX nữa ngoài xe buýt đó là đường sắt đô thị để người dân có nhiều lựa chọn.

Đánh giá về thói quen của người dân sử dụng phương tiện năng lượng sạch thời gian qua, ông Trần Quang Lâm, quản trị viên Hội Xe đạp điện - Xe máy điện Việt Nam cho biết không chỉ nhận thức của người dân về phương tiện công cộng sử dụng năng lượng sạch đã có sự thay đổi mà ngay cả xu hướng sử dụng phương tiện GTX cũng có nhiều chuyển biến.

"Để khuyến khích phát triển GTX cần có hành lang pháp lý đạt quy chuẩn quốc gia về xe buýt điện, đơn giá định mức, định hướng trong công tác quản lý sau này một cách đồng bộ, chặt chẽ. Bên cạnh đó, Chính phủ cần tăng cường đầu tư xây dựng hạ tầng kỹ thuật cho GTX, nhất là xe điện, tàu điện...; khích lệ xã hội hóa và kêu gọi các doanh nghiệp đầu tư để phát triển GTX", ông Hải nhấn mạnh.

Đồng tình với nhận định của ông Hải, chuyên gia giao thông Phan Lê Bình nhấn mạnh, việc phát triển hạ tầng phục vụ cho hệ thống xe buýt điện dự kiến của Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh là rất cần thiết. Số lượng nhỏ xe ô tô chạy điện có thể chưa tiêu thụ nhiều nhưng với hơn 1.500 chiếc xe buýt chạy điện thì cũng cần phụ tải tương tối lớn đối với hạ tầng cấp điện. Đối với xe buýt, trong một số trường hợp cũng phải cân nhắc thêm, cần có những tấm bảng pin sạc điện đã được sạc, sẵn sàng cho việc thay thế.

Để thúc đẩy việc phát triển hạ tầng GTX, Thủ đô Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh rất cần những chính sách có tính sáng tạo, đổi mới trong việc vận hành, triển khai các mô hình GTX, tạo sự thuyết phục để người dân chủ động chuyển sang sử dụng phương tiện công cộng nói chung và phương tiện GTX nói riêng.

Trước mắt, để xây dựng và phát triển GTX, Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh cần có phương án loại bỏ những phương tiện giao thông không đạt chuẩn, xả thải nhiều khí độc ra môi trường, đồng thời khuyến khích người dân sử dụng các loại xe điện và xe đạp. Tiếp đó, cần nâng cao hiệu quả phục vụ của các phương tiện giao thông công cộng hiện có để thu hút người dân, từ đó góp phần giảm những phương tiện giao thông cá nhân. Có như vậy, GTX mới được lan tỏa ra xã hội và trở thành xu thế tất yếu trong sự phát triển của đất nước.

Chính sách, cơ chế để phát triển vận tải hành khách công cộng đã tương đối đầy đủ và khá rõ ràng, nhưng quá trình thực hiện còn gặp khó khăn, vì vậy vận tải công cộng chưa thật sự được ưu tiên. Theo TS. Trần Hữu Minh thì hiện nay còn nhiều bất cập, khó khăn đối với sử dụng phương tiện vận tải công cộng và giao thông phi cơ giới, ảnh hưởng đến mục tiêu "xanh hóa" giao thông đô thị ở Việt Nam ❑

Những quy định phạt nghiêm vi phạm giao thông đường bộ trên thế giới

Các nước trên thế giới đa phần đều xây dựng luật giao thông đường bộ, song tùy từng nước, từng khu vực mà thực tế tên gọi của luật này sẽ khác nhau. Tuy nhiên, dù với tên gọi nào thì mục tiêu hướng tới là điều tiết đảm bảo phục vụ tốt nhất lợi ích của người tham gia giao thông và phát triển kế cấu hạ tầng đường bộ.

Hệ thống giao thông ở Nhật Bản

TRUNG QUỐC: CẤM SỬ DỤNG RƯỢU, BIA NHẰM GIẢM TNGT TỐI ĐA

Để cải thiện ATGT đường bộ và giảm tai nạn tử vong do giao thông, Trung Quốc đã đưa ra các chính sách liên quan đến ATGT đường bộ trong nhiều thập kỷ qua. Năm 2004, một luật tổng hợp liên quan đến giao thông (Luật An toàn Giao thông đường bộ) đã được ban hành với mục đích kéo giảm tỷ lệ tử vong do TNGT.

Nhằm đáp ứng nhu cầu thực tế, luật này đã được Chính phủ ban hành vào năm 2008 và một lần nữa sửa đổi vào năm 2011. Việc sửa đổi năm 2011 áp đặt nhiều hạn chế hơn, hạ thấp nồng độ cồn trong máu cho phép đối với việc lái xe và hình sự hóa các hành vi lái xe khi say rượu, bia. Luật sửa đổi yêu cầu đình chỉ giấy phép lái xe của những người có nồng độ cồn trong máu từ 0,02% đến 0,08% trong 5 năm và những người lái xe có nồng độ cồn trong máu > 0,08% sẽ bị kết án tù trong nhiều ngày hoặc nhiều tuần. Đây là những hình phạt lái xe khi say rượu nghiêm khắc nhất được ban hành cho đến nay ở Trung Quốc.

NHẬT BẢN: NGƯỜI THAM GIA GIAO THÔNG KHÔNG ĐƯỢC BẤM CÒI, TRỪ TRƯỜNG HỢP KHẨN CẤP

Đất nước mặt trời mọc vốn dĩ đã nổi tiếng là một quốc gia có hệ thống giao thông đường bộ tốt nhất thế giới và số vụ TNGT nước này cũng thấp nhất thế giới. Để có được thành tựu đó, Chính phủ Nhật Bản từ nhiều thập kỷ qua không chỉ đầu tư hệ thống giao thông tốt mà đã xây dựng hệ thống luật chặt chẽ, mức xử phạt nghiêm khắc, từ đó góp phần nâng cao ý thức chấp hành giao thông của người dân.

Pháp luật Nhật Bản cấm tuyệt đối người điều ô tô không được sử dụng rượu, bia hoặc trên cơ thể có mùi rượu. Nếu nồng độ cồn vượt quá 0,15mg/l (tương đương 0,03%) thì lái xe có thể bị phạt một khoản tiền lớn 500.000 Yên, tương đương khoảng hơn 108 triệu đồng và còn chịu mức án 3 năm tù. Còn nếu lái xe trong tình trạng say rượu, bia sẽ bị phạt 1 triệu Yên, tương đương khoảng 215 triệu đồng và 5 năm tù.

Ngoài ra, Nhật Bản quy định quy tắc chung khi tham gia giao thông, đó là lái xe bên phải và di chuyển bên trái, vì vậy vô-lăng ô tô ở Nhật Bản nằm ở phía tay phải.

Bên cạnh đó, luật quy định không được rẽ khi có đèn đỏ. Ngoài ra, phương tiện phải nháy đèn xi nhan trước 3 giây khi chuyển làn hoặc nhập làn khác. Luật giao thông ở Nhật Bản còn quy định không được bấm còi trừ khi gặp trường hợp nguy hiểm và phương tiện giao thông lớn phải ưu tiên phương tiện nhỏ hay người đi bộ được ưu tiên nhất. Để đảm bảo ATGT,

tất cả mọi người ngồi trên xe đều phải thắt dây an toàn, kể cả người ngồi trước và người ngồi sau.

Không chỉ quy định chặt chẽ đối với các ô tô, mô tô mà pháp luật của Nhật Bản còn quy định chi tiết đối với người sử dụng xe đạp khi tham gia giao thông như: Nghiêm cấm đi xe đạp khi đã uống bia, rượu; không được phép đi xe đạp đôi và đi xe hàng 2 hàng 3; không cầm ô, dù khi đi xe đạp mà thay vào đó là mặc áo mưa; không nghe điện thoại, sử dụng thiết bị điện tử khi di chuyển. Nếu bị bắt, người vi phạm sẽ phải nhận mức phạt tới 5.000 Yên, tương đương hơn 1 triệu đồng.

ĐỨC: QUỐC GIA DUY NHẤT KHÔNG GIỚI HẠN TỐC ĐỘ TRÊN ĐƯỜNG CAO TỐC

Đức là nước duy nhất trên thế giới không có giới hạn về tốc độ khi lái xe trên đường cao tốc. Những tài xế Đức được đào tạo bài bản và phải vượt qua cuộc thi lấy bằng lái rất khó khăn. Dù vậy, nhiều người vẫn đặt câu hỏi tại sao Đức lại áp dụng quy định này và liệu điều này có dẫn đến những vụ tai nạn hay không?

Hệ thống đường cao tốc ở Đức gọi là Autobahn với chiều dài 13.000 km. Theo Hiệp hội Ô tô Quốc gia Đức (ADAC) thì cũng có mức giới hạn tốc độ là 130 km/h trên khoảng 30% mạng lưới Autobahn và đó thường là ở những nơi đông đúc nhất. Các hạn chế khác được áp dụng gần các công trường xây dựng, các đoạn đường cong nguy hiểm, trong và xung quanh các thành phố. Trên những đoạn đường không bị hạn chế sẽ có "khuyến nghị" về tốc độ là 130 km/h.

Tại Đức, Chính phủ quy định rất chặt chẽ các quy tắc khi tham gia giao thông nhằm bảo đảm an toàn cho người tham gia giao thông. Đơn cử, luật quy định bị phạt gấp đôi nếu tăng tốc trước khi vượt đèn đỏ. Thông thường, nếu vượt đèn đỏ, tài xế sẽ bị phạt khoảng 100 USD. Nhưng trong năm 2021, tại Thủ đô Berlin, một tài xế đã tăng tốc khi nhìn thấy đèn xanh chuyển sang vàng. Nhưng tới khi đèn chuyển đỏ, xe vẫn còn cách vạch dừng khoảng chục mét. Tòa án đã tuyên phạt tài xế 220 USD, tức gấp đôi mức bình thường. Ở nước khác, đây chỉ là lỗi vượt đèn đỏ đơn thuần.

Nước Đức xem việc để xe hết xăng trong bình nhiên liệu là lỗi đáng bị phạt tiền. Bởi vì, việc đổ xăng được xem là hành vi hoàn toàn chủ động và là nhận thức của tài xế. Nếu xe hết xăng trên đường không có giới hạn tốc độ sẽ rất nguy hiểm. Tiền phạt để xe hết xăng là 70 Euro, tương đương 2 triệu đồng.

Bên cạnh đó, ở Đức, việc đào tạo lái xe rất bài bản, kỹ năng điêu luyện và đi đúng luật, không hề tranh giành, vượt ẩu (cướp đường của nhau)... Đó có thể là do tính cẩn thận, kỷ luật và kỹ năng điều khiển xe tốt, bởi nếu có một cú va chạm ở vận tốc 280 - 300 km/h trên đường cao tốc, lái xe sẽ tử vong hoặc thương tật suốt đời.

Tại quốc gia này, các chuyên gia vẫn thường hướng dẫn các tài xế rất nhiều điều bổ ích, lý thú và bài bản trong việc lái xe, bao gồm cả kỹ năng lái xe off-road, lái xe trên đường mùa đông hay kỹ thuật nâng cao như drifting ở các góc ngoặt...

Việc quy định các loại xe nào được chạy trên đường cao tốc được cụ thể hóa trong Luật. Nguyên tắc cơ bản để đi trên đường cao tốc là trừ xe tải (bất kể loại nào), xe kéo rơ-moóc chỉ được phép đi ở làn trong cùng, bên phải với vận tốc khoảng 60 - 80 km/h; tất cả xe con và mô tô hai bánh phân khối lớn đều được phép chạy tốc độ tối đa cho phép ở các làn giữa và làn ngoài cùng bên trái, nhưng không được "ôm" khư khư một làn đường (giữa hay ngoài cùng bên trái). Trên đường cao tốc, xe chạy với vận tốc không hạn chế chỉ áp dụng cho các làn ngoài bên trái. Khi vượt nhau phải tuân thủ quy tắc khi các làn trong bên phải còn trống thì phải vào ngay ❑

CHÂU THÀNH *(Tổng hợp và dịch)*

Đường cao tốc ở Đức

Ô nhiễm cảng biển và giải pháp khắc phục

Xây dựng cảng biển xanh, thông minh giúp bảo vệ môi trường, phát triển bền vững

NGUYÊN TÀI

Cảng biển là cửa ngõ quan trọng để hàng hóa và dịch vụ được vận chuyển bằng đường thủy trên toàn thế giới, đáp ứng nhu cầu thông thương, giao thương giữa các quốc gia. Thế nhưng, cảng biển cũng là một trong những tác nhân chính gây ô nhiễm môi trường, vì vậy rất cần những giải pháp để phòng, chống ô nhiễm cảng biển.

NGUY CƠ HIỆN HỮU

Theo các chuyên gia, trong hai thập kỷ gần đây, giao thông hàng hải toàn cầu đã không ngừng tăng trưởng. Vì vậy, chính phủ các nước, các tổ chức phi chính phủ và ngành công nghiệp hàng hải ngày càng quan tâm đến các vấn đề môi trường. Tình trạng xả rác và dầu thải bất hợp pháp ở các khu vực ven biển và đại dương đang trở thành vấn đề nổi cộm. Chất thải có dầu, rác thải, nhựa, nước thải và chất thải nguy hại sẽ có nhiều tác động tiêu cực đến môi trường biển, ngành thủy sản và du lịch, làm tăng lượng rác thải trên các đại dương.

Tại Việt Nam, việc gia tăng khối lượng hàng hóa qua cảng biển nói chung và hàng nguy hiểm nói riêng làm gia tăng nguy cơ gây ô nhiễm môi trường từ quá trình bốc xếp và lưu giữ tại các cảng biển.

Theo đó, các tàu có thể chuyển chất thải đến các cơ sở tiếp nhận ở một số cảng. Tuy nhiên, nhiều cảng đang phải đối mặt với một số thách thức nhằm cung cấp các dịch vụ thu gom rác thải từ tàu một cách hiệu quả. Nhiều cảng biển Việt Nam chưa được trang bị các phương tiện, hệ thống tiếp nhận và xử lý chất thải tàu biển. Hầu hết các doanh nghiệp cảng biển đều ký kết hợp đồng với một đơn vị thu gom và xử lý chất thải bên ngoài, mặc dù Chính phủ đã ban hành các quy định khuyến khích đầu tư, xây dựng các cơ sở tiếp nhận chất thải tại cảng.

Tại cảng biển cũng xuất hiện hiện tượng ô nhiễm dầu mỡ do các phương tiện để rò rỉ nước dằn tàu, nước buồng máy, các hoạt động nạo vét, duy tu tuyến luồng hàng hải gây ô nhiễm vùng nước cảng biển. Đặc biệt, tràn dầu đã ảnh hưởng rất nghiêm trọng đến các hệ sinh thái. Theo kết quả nghiên cứu, khi sự cố ô nhiễm dầu xảy ra, các hệ sinh thái đã bị ảnh hưởng nghiêm trọng, đặc biệt là hệ sinh thái rừng ngập mặn, cỏ biển, vùng triều bãi cát, đầm phá và các rạn san hô.

ĐA DẠNG HÓA GIẢI PHÁP TRONG TỔNG THỂ THỐNG NHẤT

Theo đánh giá, ngành vận tải biển đang chiếm khoảng 3% tổng

phát thải carbon toàn cầu, thải hơn 940 triệu tấn CO_2 mỗi năm, đặc biệt chiếm 15% tổng lượng phát thải sulfur và 11% lượng phát thải hạt nhựa. Trong bối cảnh giao thương quốc tế ngày càng tăng, việc phát triển hệ sinh thái ngành Hàng hải bền vững và thân thiện với môi trường cần được các cảng biển chú trọng.

Cảng biển đem lại nguồn lợi lớn cho kinh tế nước ta, nhưng lại ẩn chứa nguy cơ gây ô nhiễm ảnh hưởng đến hệ sinh thái biển và con người. Để hạn chế ô nhiễm phải có biện pháp hợp lý về xây dựng và vận hành cảng biển nhằm giảm thiểu các tác động đến môi trường.

Theo đó, các nhà khai thác cảng, trong đó có hệ thống cảng biển khu vực Đông Nam bộ cần bảo đảm rằng quá trình phát triển, xây dựng, mở rộng đều được lập kế hoạch và quản lý cẩn thận, đáp ứng các quy định về cắt giảm khí thải, hạn chế thấp nhất mức độ ô nhiễm.

Chính phủ đặt mục tiêu giai đoạn từ 2016 - 2030 sẽ tập trung nghiên cứu cơ chế, chính sách đầu tư xây dựng, nâng cấp các hệ thống tiếp nhận chất thải tại các cảng biển; nghiên cứu, triển khai áp dụng các trang thiết bị kiểm tra, kiểm soát chất thải phát sinh từ tàu biển.

Phát triển cảng biển bền vững trở thành một trong những ưu tiên hàng đầu, một xu thế tất yếu. Theo đó, các cảng cần chủ động giảm thiểu ô nhiễm, phát triển cảng biển bền vững, thực hiện tiêu chí "cảng xanh", cảng thông minh. Từng thành phần của ngành Hàng hải và cảng biển cần được phát triển song hành theo hướng xanh hơn, thông minh hơn, bao gồm 5 yếu tố quan trọng: Cảng thông minh, tàu thông minh, dịch vụ logistics thông minh, công nghệ xanh và phát triển nguồn nhân lực hàng hải.

Các chuyên gia nhận định, các thiết bị chạy bằng năng lượng điện góp phần biến lượng phát thải trực tiếp thành lượng phát thải gián tiếp, giảm hơn 50% tổng lượng carbon phát thải. Bên cạnh những cảng đang xây dựng, không ít cảng đang vận hành cũng đã triển khai "xanh hóa", đầu tư cải tạo trang thiết bị, chuyển từ chạy dầu sang sử dụng điện hoặc các nhiên liệu sạch cho QC, RTG, xe nâng hàng, xe ô tô vận chuyển chạy trong cảng. Cùng với đó, xây dựng được những giải pháp giảm bụi trong không khí, giảm tiếng ồn như sử dụng sà lan để vận chuyển hàng thay vì ô tô...

Theo Khoản 1.5 Mục 1 Phần II QCVN 107:2021/BGTVT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về cảng biển ban hành kèm theo Thông tư 08/2021/TT-BGTVT (hiệu lực thi hành từ ngày 1/11/2021) có quy định về bảo vệ môi trường như sau:

- Cảng biển cần tuân thủ đầy đủ các quy định về môi trường theo quy định và yêu cầu của Công ước quốc tế về: Ngăn ngừa ô nhiễm do tàu gây ra, sự cố liên quan đến chất gây hại; kiểm soát ô nhiễm do các chất độc hại chở bằng đường biển; ngăn ngừa ô nhiễm do nước thải từ tàu biển gây ra; tuân thủ sự kiểm soát của cơ quan quản lý nhà nước tại cảng biển.
- Cảng biển phải được trang bị phương tiện, thiết bị để thu gom, lưu giữ và xử lý chất thải phát sinh trong quá trình hoạt động hoặc thuê doanh nghiệp có chức năng tiếp nhận, thu gom, xử lý chất thải theo quy định của pháp luật.
- Cảng biển phải tuân thủ các quy định và quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật về ứng phó sự cố tràn dầu và ứng phó sự cố hóa chất độc hại.

Nắm bắt được xu hướng và chủ trương đó, nhiều doanh nghiệp đã chủ động trong xây dựng "cảng biển xanh", tiêu biểu là Tập đoàn Hateco. Với mục tiêu hướng tới xây dựng "cảng xanh", các trang thiết bị mà Tập đoàn đầu tư tại hai bến cảng số 5 và 6 thuộc cảng Lạch Huyện (Hải Phòng) sẽ sử dụng năng lượng điện và nhiên liệu giảm phát thải. Khi hoàn thành dự án, cảng sẽ có 9 cẩu bờ STS chạy điện có tầm với 23 hàng container; ít nhất 28 cẩu bãi RTG chạy điện; hệ thống cổng tự động (Auto-gate) đầu tiên tại Việt Nam.

Ngoài ra, cảng cũng sẽ được trang bị 4 cổng camera quang học cùng hệ thống kiểm đếm container tự động cho các cẩu bờ STS. Hệ thống này sẽ tự động nhận diện container bằng công nghệ nhận diện ký tự quang học (OCR) mới nhất, tự động chụp ảnh container để ghi nhận tình trạng. Cảng cũng đầu tư các ứng dụng tự động hóa như: Giám sát container lạnh tự động; số hóa quản lý thiết bị; các phần mềm quản lý vận hành khai thác cảng (TOS), cảng thông minh (Eport) và hẹn xe tải (VBS) hiện đại trên thế giới.

Theo ông Dương Thanh Khang, Phó Tổng Giám đốc Công ty Cổ phần Cảng tổng hợp Thị Vải, để xây dựng "cảng xanh", cảng thông minh cần chuyển đổi sử dụng năng lượng sạch, năng lượng tái tạo trong khai thác, vận hành cảng và ứng dụng công nghệ thông tin để bảo vệ môi trường, bảo vệ vùng xanh. Do đó, cần phải có đội ngũ nhân sự chất lượng cao thích nghi với thời đại công nghệ số, đáp ứng yêu cầu phát triển cảng biển bền vững.

Ngoài yếu tố then chốt là nhân lực chất lượng cao, nhiều chuyên gia trong lĩnh vực hàng hải cũng nhấn mạnh việc cần thiết phải triển khai cơ chế hàng hải một cửa để giảm thiểu thời gian neo đậu tàu tại các bến cảng; vận dụng giải pháp điện bờ nhằm cung cấp năng lượng sạch cho các cảng biển; tập trung cho các mục tiêu phát triển bền vững hệ sinh thái số, xây dựng cảng thông minh cùng các giải pháp logistics xanh như: Vận tải xanh, kho xanh, cảng xanh, thể hiện trách nhiệm bảo vệ môi trường, phát triển kinh doanh bền vững...

Về phía cơ quan quản lý nhà nước, Cục Hàng hải Việt Nam đã ban hành tiêu chuẩn cơ sở về tiêu chí "cảng xanh" Việt Nam. Các tiêu chí được đưa ra để doanh nghiệp tham chiếu và áp dụng, đánh giá. Các cảng biển đầu tư mới hoặc đầu tư bổ sung có thể lựa chọn tại các giai đoạn khác nhau để áp dụng sao cho phù hợp với hiện trạng của cảng biển ❑

Kịch bản nào cho thị trường ô tô nếu tiếp tục được "giải cứu"?

HUYỀN THƯƠNG

Nhiều người có thể sẽ "cố đợi" đến khi chính sách giảm lệ phí trước bạ (LPTB) có hiệu lực mới "xuống tiền" mua xe, nhưng diễn biến từ những lần "giải cứu" thị trường trước đây cho thấy chi phí mua ô tô có thể sẽ không có gì thay đổi.

Mẫu xe gầm cao 7 chỗ ngồi Custin lắp ráp trong nước tại nhà máy Hyundai Ninh Bình

Theo Chỉ thị số 12/CT-TTg ngày 21/4/2024 về các nhiệm vụ và giải pháp trọng tâm thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội, Thủ tướng Chính phủ Phạm Minh Chính đã giao Bộ Tài chính nghiên cứu và đề xuất phương án gia hạn thời hạn nộp thuế, đồng thời giảm LPTB cho các loại xe sản xuất và lắp ráp trong nước (CKD) trong tháng 5/2024.

Đây không phải là lần đầu tiên chính sách giảm LPTB dành cho xe CKD được thực hiện. Vào nửa cuối năm 2020, nhằm hỗ trợ các doanh nghiệp ô tô giải phóng hàng tồn kho do dịch Covid-19, chính sách giảm LPTB cho ô tô CKD lần đầu tiên được thực hiện. Chính sách này đã được thực thi lần thứ 2 từ ngày 1/12/2021 và kéo dài trong 6 tháng. Gần đây hơn, từ ngày 1/7 đến 31/12/2023, đợt giảm LPTB thứ 3 đã được áp dụng theo Nghị định số 41/2023/NĐ-CP của Chính phủ.

TÁC ĐỘNG CỦA CHÍNH SÁCH GIẢM LPTB

Không thể phủ nhận, các đợt giảm LPTB đều nhằm mục tiêu hỗ trợ ngành công nghiệp ô tô trong nước vượt qua khó khăn khi sức mua chung giảm mạnh. Kết quả cũng đã cho thấy những hiệu ứng tích cực, doanh số bán ra của thị trường cải thiện rõ rệt. Lần này, thị trường ô tô cũng

đang trong tình trạng cần "giải cứu". Theo báo cáo của Hiệp hội các Nhà sản xuất ô tô Việt Nam (VAMA), chỉ có 58.165 ô tô được bán ra trong quý I/2024, giảm 17% so với cùng kỳ năm ngoái. Đáng chú ý, thị trường "u ám" ngay cả khi các hãng xe, đại lý và nhà nhập khẩu liên tục đưa ra các chương trình ưu đãi, khuyến mãi nhằm "kích thích" người tiêu dùng.

Chính sách giảm LPTB là một trong những yếu tố quan trọng để kích thích thị trường tăng trưởng, khuyến khích người tiêu dùng mua sắm ô tô trong bối cảnh kinh tế khó khăn. Theo đó, giảm LPTB sẽ làm giảm chi phí cho người mua ô tô mới. Điều này có thể thúc đẩy nhu cầu mua sắm và giúp thị trường ô tô phục hồi sau giai đoạn suy thoái. Tiếp theo, việc giảm LPTB cho xe CKD cũng sẽ giúp thị trường sôi động hơn, đặc biệt là tăng cạnh tranh giữa ô tô CKD và ô tô nhập khẩu. Những lần giảm LPTB trước cũng cho thấy các hãng xe nhập khẩu đã phải tăng cường khuyến mãi để cạnh tranh với xe trong nước. Điều này tất nhiên sẽ tác động đến thị trường và người tiêu dùng sẽ có nhiều lựa chọn hơn, không chỉ là mua xe CKD mà còn có cơ hội mua xe nhập khẩu.

MUA NGAY HAY CHỜ ĐỢI?

Đây là bài toán đau đầu với nhiều người đang có ý định mua xe mỗi khi có thông tin giảm LPTB. Thực tế, không có gì khó hiểu khi người tiêu dùng có thể sẽ "cố đợi" đến khi chính sách có hiệu lực mới "xuống tiền". Tuy nhiên, việc chờ đợi này có "đáng giá" và liệu giá xe có thật sự giảm hay không?

Việc giảm 50% LPTB cho ô tô sản xuất, lắp ráp trong nước đang được đề xuất. Tuy nhiên, chính sách này chưa chính thức và chưa có lộ trình rõ ràng. Nếu đề xuất này được Chính phủ phê duyệt sớm và có hiệu lực thì việc chờ đợi là hợp lý. Nhưng nếu việc giảm LPTB bị kéo dài hoặc không được thực thi trong thời gian ngắn, người dùng có thể bỏ lỡ cơ hội mua xe với giá tốt khi thị trường đang ngập tràn những chương trình giảm giá, khuyến mại.

Thực tế, không phải đến bây giờ mà ngay từ đầu năm, các đại lý và hãng xe đã tung ra nhiều ưu đãi hấp dẫn để giải quyết hàng tồn kho và tăng sức cạnh tranh. Mức giảm đối với các dòng xe phổ thông có thể lên tới 100 - 200 triệu đồng. Do đó, thời điểm hiện tại cũng là lúc giá xe ô tô đang rất hấp dẫn. Còn một yếu tố rất đáng cân nhắc được rút ra từ "kinh nghiệm" của 3 lần giảm LPTB trước đây, đó chính là khi chính sách có hiệu lực thì cũng là lúc các hãng xe và đại lý dần rút bớt các chương trình ưu đãi, vì "đã có Nhà nước lo". Nếu vậy, chi phí mua ô tô có thể... vẫn như cũ.

Bên cạnh các yếu tố thị trường, người tiêu dùng muốn mua xe ô tô cũng nên cân nhắc đến nhu cầu cá nhân. Nếu đang có nhu cầu thật, người dùng có thể tham khảo các ưu đãi và giá bán hiện tại cũng như các chính sách vay mua trả góp và lãi suất ngân hàng, để có được một mức giá lăn bánh cuối cùng tốt nhất.

Ô tô là một tài sản lớn, mua ngay hay đợi là một bài toán đau đầu với nhiều người vào lúc này, khi thị trường dự báo sẽ có nhiều thay đổi phía trước. Hơn nữa, thị trường ô tô vốn rất nhạy cảm với các chính sách và tình hình kinh tế chung cũng như lãi suất cho vay. Theo các chuyên gia, sự ổn định cung cầu và tác động của chính sách giảm LPTB sẽ cần được theo dõi và đánh giá kỹ lưỡng để đưa ra dự đoán chính xác hơn về thị trường ô tô trong tương lai ❑

Tư vấn XE

Những vật dụng không nên để trong ô tô vào mùa hè

Trong điều kiện thời tiết mùa hè nắng nóng, một số vật dụng để trong ô tô có thể làm hư hỏng phương tiện, thậm chí gây nguy hiểm đến sức khỏe, tính mạng người dùng.

➢ **Chai nước**

Đây là món đồ dùng hằng ngày và phổ biến đối với đa số người sử dụng ô tô. Tuy nhiên, vật dụng tưởng như rất bình thường này đôi khi cũng rất nguy hiểm trong điều kiện nắng nóng. Nguyên nhân là do khi ánh sáng mặt trời chiếu vào, chai nước sẽ giống như thấu kính hội tụ gom ánh nắng thành 1 tia, nếu thời gian quá lâu có thể dẫn đến cháy, nổ. Vì vậy, hãy để chai nước hoặc các vật dụng tương tự vào nơi kín đáo, tránh ánh nắng trực tiếp.

➢ **Sạc dự phòng**

Những người có cường độ sử dụng điện thoại cao thường mang theo bên mình thiết bị sạc dự phòng. Đây là vật dụng rất dễ cháy nổ khi để trong xe ngày nắng do bị đoản mạch hoặc phản ứng hóa học. Đa số các loại ô tô đời mới hiện nay đều trang bị sẵn chức năng sạc thiết bị di động nên người dùng không cần thiết phải mang theo trong xe.

➢ **Thiết bị điện tử**

Tương tự sạc dự phòng, người dùng khi ra khỏi xe nên mang theo các loại thiết bị điện tử như máy tính, điện thoại di động, máy ảnh… Bởi nếu để các vật dụng này trong xe, trời nắng nóng dẫn đến quá nhiệt có thể gây ra nguy cơ cháy nổ.

➢ **Bật lửa và các loại bình xịt**

Đây đều là những vật dụng chứa các loại chất và dung dịch dễ cháy. Vì vậy, khi sử dụng ô tô trong mùa nắng nóng, người dùng nên chú ý không để bật lửa và các vật dụng tương tự trong ô tô để tránh tuyệt đối các nguy cơ cháy nổ.

➢ **Vật trang trí bằng nhựa**

Giới trẻ hiện nay có xu hướng gắn các vật trang trí bằng nhựa trong xe. Tuy nhiên, ở thời tiết mùa hè, nhiệt độ trong xe có thể lên đến 70 - 80 độ C dẫn đến tan chảy vật liệu nhựa, gây hư hỏng các bộ phận trong xe.

➢ **Thực phẩm và mỹ phẩm**

Phái đẹp thường có thói quen mang theo mỹ phẩm hoặc thực phẩm trong xe. Vì vậy, khi ra khỏi ô tô hãy nhớ mang theo những đồ dùng này. Bởi lẽ, ở điều kiện nhiệt độ cao do nắng nóng, thực phẩm và mỹ phẩm rất dễ bị hư hỏng do các phản ứng hóa học ❑

TRÍ DŨNG

Sự lớn mạnh, trưởng thành của buýt Hà Nội

Lớn mạnh cùng Thủ đô, buýt Hà Nội ngày càng phát triển cả về số lượng và chất lượng

CẨM PHÚ

Xe buýt từ lâu nay vẫn luôn là loại hình phương tiện vận tải hành khách công cộng có lịch sử gắn bó với Thủ đô, với mức giá rẻ, phục vụ nhiều đối tượng hành khách. Sự lớn mạnh của buýt Hà Nội được kỳ vọng đóng vai trò then chốt và là nhiệm vụ chiến lược trong việc giảm ùn tắc giao thông, kiềm chế TNGT và giảm ô nhiễm môi trường.

Nhìn lại 10 năm qua, mạng lưới tuyến đã được tăng lên, được đầu tư bài bản, mạnh mẽ và mở rộng phạm vi hoạt động ra các vùng ngoại thành. Đội xe cũng có nhiều đổi mới, chất lượng được nâng cao rõ rệt, trở thành một trong những phương tiện đi lại chính của người dân Thủ đô. Nhờ sự quan tâm của chính quyền Thành phố cũng như nỗ lực của các doanh nghiệp vận tải, Hà Nội đã xóa được vùng "trắng" xe buýt trợ giá tại tất cả các quận, huyện, thị xã, giúp xe buýt ngày càng trở nên gần gũi và đi vào cuộc sống của người dân.

PHÁT HUY LỢI THẾ, NÂNG TẦM THƯƠNG HIỆU

Theo ông Nguyễn Thanh Nam, Tổng Giám đốc Tổng công ty Vận tải Hà Nội (Transerco), chất lượng vận tải hành khách công cộng của Công ty đã cải thiện rõ rệt thể hiện qua 1.037 thông tin khen ngợi từ khách hàng qua tổng đài chăm sóc khách hàng, gấp gần 19 lần so với năm 2022.

Thực tế cho thấy, không ít người đã để ô tô riêng ở nhà, chọn xe buýt để di chuyển bởi đi xe buýt có thể nghe nhạc, đọc sách thay vì phải căng thẳng chuyện tắc đường. Ngoài ra, đối với không ít người, đi xe buýt cũng chính là giải pháp để không bị thổi phạt nếu có sử dụng rượu, bia.

Trong những năm qua, Hà Nội đã phát triển hệ thống xe buýt với đa dạng hóa các loại hình. Bên cạnh các tuyến xe buýt tới sân bay, nhà ga, các địa điểm trung tâm còn có các tuyến phục vụ du lịch và cả những tuyến từ nội đô kết nối với các khu du lịch, địa

danh nổi tiếng của Thủ đô như Chùa Hương, Vườn Quốc gia Ba Vì, Làng cổ Đường Lâm, Làng văn hóa du lịch các dân tộc Việt Nam, Làng nghề Bát Tràng... Việc kết nối các tuyến buýt đến những điểm tham quan, du lịch góp phần giảm lượng phương tiện cá nhân đến các vùng và đáp ứng nhu cầu đi lại không chỉ của người dân khu vực vùng sâu, vùng xa thành phố mà còn tạo thuận lợi cho người dân, du khách trong và ngoài nước khi đến với Thủ đô.

Có thể khẳng định, vai trò của xe buýt là không thể thay thế. Vận tải hành khách công cộng trong đó có xe buýt đã có sự cải thiện tích cực. Tuy nhiên, thực tế xe buýt vẫn chưa đạt được như kỳ vọng, người dân mong muốn phương tiện này cùng với các tuyến metro là phương tiện chủ lực của Hà Nội thay thế xe cá nhân, vì vậy xe buýt phải đi nhanh hơn xe cá nhân và cần nâng cao chất lượng hơn nữa...

Ông Thái Hồ Phương, Giám đốc Trung tâm Quản lý giao thông công cộng TP. Hà Nội cho biết, các đơn vị đang đề xuất một loạt tiện ích giá trị gia tăng liên quan đến vận tải hành khách công cộng như: Thẻ vé liên thông, thẻ vé điện tử, buýt maps, liên thông giữa các loại hình vận tải công cộng (taxi, xe buýt, xe đạp, đường sắt đô thị). Đây sẽ là điều kiện để buýt Hà Nội phát triển mạnh mẽ trong thời gian tới.

Theo ý kiến của nhiều chuyên gia, đi xe buýt là giải pháp góp phần bảo vệ môi trường của Hà Nội. Càng đông người dân sử dụng xe buýt thì càng giảm được lượng phương tiện cơ giới trên đường, trực tiếp hạn chế khói bụi và ô nhiễm tiếng ồn, giảm UTGT. Đồng thời, xe buýt cũng đang hướng tới những tiêu chí rất cao về điều kiện khí thải và tiêu thụ nhiên liệu. Phương tiện dùng trong mạng lưới buýt được thay thế dần bằng xe đạt chuẩn khí thải mức cao nhất thế giới đặt ra như Euro IV, Euro V.

Đại diện Sở GTVT Hà Nội cũng cho biết, Thành phố đã có nhiều chính sách thiết thực nhằm khuyến khích các đơn vị vận tải đầu tư phương tiện thân thiện với môi trường, giảm thiểu ô nhiễm khói bụi. Trong tương lai, cùng với tàu điện, xe buýt nhiên liệu sạch sẽ trở thành lựa chọn hữu ích nhất cho hệ thống vận tải hành khách công cộng của Hà Nội.

Tuyến xe buýt kết nối các địa điểm trong khu vực trung tâm TP. Hà Nội với sân bay quốc tế Nội Bài

CƠ HỘI ĐỂ PHÁT TRIỂN

Để có được thành quả như ngày hôm nay, ông Nguyễn Thanh Nam cho biết, trong năm 2023, Tổng công ty Vận tải Hà Nội đã triển khai nhiều giải pháp cụ thể, xuyên suốt. Đặc biệt, Tổng công ty luôn chú trọng đến công tác đào tạo, tập huấn tăng cường chất lượng phục vụ; tổ chức các đợt đào tạo chuyên đề về ý thức vận hành phương tiện, ý thức chấp hành Luật Giao thông đường bộ, chăm sóc khách hàng.

Ngoài ra, Transerco đã đẩy mạnh công tác bảo dưỡng sửa chữa, quản lý kỹ thuật, chất lượng đoàn phương tiện khi ra tuyến hoạt động phải đảm bảo chất lượng về kỹ thuật, hình ảnh, các thiết bị công nghệ theo xe hoạt động ổn định, an toàn. Mặt khác, Transerco cũng ứng dụng công nghệ nâng cao hiệu quả quản lý, điều hành xe buýt; xây dựng hình ảnh đội ngũ nhân viên phục vụ trên xe buýt "thân thiện, tận tụy và nhiệt tình", gần gũi với hành khách.

Đại diện Transerco và các đơn vị vận tải tham gia hoạt động xe buýt ở Hà Nội khẳng định, trong năm 2024 sẽ tiếp tục rà soát, đánh giá tổng thể các tuyến xe buýt; xử lý nghiêm các vi phạm về chất lượng phương tiện, kỷ luật chạy xe, thái độ phục vụ, vi phạm doanh thu và chấp hành pháp luật giao thông đường bộ.

Về định hướng cho tương lai, theo ông Nguyễn Công Nhật, Tổng Giám đốc VinBus thì "yếu tố quan trọng nhất với khách hàng bây giờ không phải là giá vé mà là thời gian và thái độ phục vụ khách hàng. Vấn đề chúng ta phải có chiến lược, cách làm như thế nào để thu hút người dân".

Chuyên gia giao thông, Thạc sĩ Vũ Hoàng Chung nhận định, sự xuất hiện của đường sắt đô thị sẽ giúp xe buýt Hà Nội xác định rõ ràng hơn bước đi của mình, xây dựng mạng lưới tuyến phù hợp hơn, hiệu quả hơn. Tiếp đó, thời đại công nghệ 4.0 đang mở ra cơ hội lớn để xe buýt hiện đại hóa. Mặt khác, Chính phủ đã yêu cầu Hà Nội phải triển khai lộ trình xanh hóa xe buýt, cụ thể là đến năm 2035, các tuyến buýt mở mới phải sử dụng xe năng lượng sạch, đến năm 2050 phải thay thế toàn bộ bằng xe buýt điện hoặc khí CNG...

Như vậy có thể nói, xe buýt Hà Nội đang đứng trước cơ hội rất lớn để thay đổi tích cực, toàn diện, mang đến diện mạo mới cho giao thông Thủ đô, phục vụ tốt nhất nhu cầu đi lại của người dân ❑