

Tạp chí khoa học kỹ thuật

THỦY LỢI & MÔI TRƯỜNG

Journal of Water Resources & Environmental Engineering

ISSN 1859 - 3941



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
THUYLOI UNIVERSITY

Số 94
6 - 2025

MỤC LỤC

• Tổng biên tập:

PGS.TS NGUYỄN CẢNH THÁI

• Phó Tổng biên tập:

GS.TS. TRỊNH MINH THỤ

GS.TS NGUYỄN TRUNG VIỆT

• Trưởng Ban biên tập - Ủy viên thường trực Hội đồng biên tập:

PGS.TS HỒ SỸ TÂM

• Thư ký Tòa soạn:

PHẠM THỊ VÂN ANH

• Ủy viên hội đồng biên tập

PGS.TS NGUYỄN CẢNH THÁI

GS.TS TRẦN VIỆT ƠN

GS.TS TRỊNH MINH THỤ

GS.TS NGUYỄN TRUNG VIỆT

GS.TS NGUYỄN TIẾN CHƯƠNG

GS.TS NGUYỄN QUANG KIM

GS.TS PHẠM THỊ HƯƠNG LAN

GS.TS PHẠM NGỌC QUÝ

GS.TS LÊ ĐÌNH THÀNH

GS.TS THIỀU QUANG TUẤN

PGS.TS NGUYỄN TUẤN ANH

PGS.TS NGUYỄN THU HIỀN

PGS.TS HOÀNG VIỆT HÙNG

PGS.TS ĐẶNG THỊ THANH LÊ

PGS.TS HOÀNG THANH TÙNG

PGS.TS ĐOÀN YÊN THẾ

• Hợp sĩ thiết kế:

VĂN LINH

TT	Tên bài	Tác giả	Trang
BÀI BÁO KHOA HỌC			
1.	Đánh giá diễn biến xâm nhập mặn trong mùa kiệt ở đồng bằng sông Cửu Long đến năm 2030	VÕ VĂN TIẾN NGUYỄN ĐĂNG TÍNH NGUYỄN ĐĂNG LUÂN NGUYỄN TRINH CHUNG NGUYỄN THỊ LUƠNG HANG NGUYỄN TIẾN THÀNH NGUYỄN ĐỨC TIẾP NGUYỄN THỊ THẾ NGUYỄN VŨ THANH TỰ	3 11 18 25
2.	Phân tích diễn biến, xu thế yếu tố mưa phục vụ bài toán nhận diện loại hình thiên tai cho tỉnh Đắknông	TRẦN THỊ VIỆT HÀ NGUYỄN MINH VIỆT NGUYỄN THỊ LAN HƯƠNG NGUYỄN ĐỨC NGỌC	33 38
3.	Chất lượng nước sông Kiến Giang, tỉnh Thái Bình và một số biện pháp quản lý bền vững theo mô hình DPSIR	LÊ THỊ THU HIỀN NGUYỄN QUANG HUY ĐẶNG MINH HAI BÙI KIẾN TRINH NGUYỄN VĂN SƠN NGUYỄN ĐÌNH CHỨC NGUYỄN HỮU HUẾ LÊ XUÂN THẮNG NGUYỄN LAN HƯƠNG BÙI QUANG CƯỜNG NGUYỄN PHƯƠNG NAM NGUYỄN TRỌNG TÚ ANH PHẠM VĂN CHIẾN LÊ THỊ THU HIỀN LÊ THỊ MINH GIANG NGUYỄN VĂN SƠN NGUYỄN VĂN TUỆ	44 51 57 64 73 80
4.	Đánh giá hiểm họa và thiệt hại do ngập lụt lưu vực sông Cái, thị xã Ninh Hòa, tỉnh Khánh Hòa theo kịch bản lũ và ảnh hưởng của biến đổi khí hậu	ĐOÀN THANH VŨ VŨ THỊ HOÀI THU TRIỆU ÁNH NGỌC TRẦN ĐĂNG AN VŨ HUY CÔNG	85 93
5.	Nghiên cứu chế tạo xốp polyurethane có bề mặt kỵ nước và ứng dụng trong hấp phụ dầu	TRẦN QUỐC LẬP TRẦN TUẤN THẠCH LÊ VĂN CHÍN TRẦN VĂN HOÀNG	99 108
6.	Khảo sát sự phụ thuộc của các hành vi động lực học ô tô vào các yếu tố kết cấu và khai thác khi đánh lái	NGUYỄN THẾ LƯƠNG NGUYỄN HỮU TUẤN ĐẶNG ĐỒNG NGUYỄN LÊ THỊ HÒA BÌNH NGUYỄN TRUNG NAM NGUYỄN ĐỨC NGHĨA	113 118 123
7.	Đề xuất quy trình thiết kế hệ thống đường ống cấp nước tưới có xét đến ảnh hưởng của khí và nước va	NGUYỄN THÀNH LUÂN PHẠM NGỌC TỬ ÂU THỊ BÍCH HOÀ NGUYỄN HÀ PHƯƠNG HOÀNG VIỆT HÙNG LÊ THỊ THANH THỦY TRẦN THẾ VIỆT NGUYỄN QUỐC DŨNG PHAN TUẤN PHONG ĐINH XUÂN TRỌNG PHẠM CÔNG THÀNH NGUYỄN CẢNH THÁI VŨ MINH QUANG PHẠM ĐỨC ĐẠI LÊ QUANG CƯỜNG PHẠM NGỌC TUẤN	131 138 146 155 161
8.	Đánh giá tính khả thi khi sử dụng trí tuệ nhân tạo kết hợp với lý thuyết mờ để phân tích, đánh giá rủi ro trong quá trình thi công công trình đê kè biển ở Việt Nam		
9.	Xây dựng kế hoạch đáp đề theo thời gian - ứng dụng cho tuyến đê hữu Lạch Tray huyện An lão, thành phố Hải Phòng		
10.	Phân tích biến động dòng chảy lưu vực sông Hiếu dưới tác động của hồ chứa sử dụng số liệu thực đo giai đoạn 1959-2024		
11.	Đánh giá đảm bảo điều chỉnh ổn định tổ máy thủy điện bằng phần mềm Transients theo tiêu chuẩn GB/T 9652.1-2019		
12.	Mô hình hóa dòng chảy và ứng dụng phương trình Navier-Stokes trong tính toán trường áp suất		
13.	Biến động chất lượng nước mặt trong các hệ thống thủy lợi đồng bằng sông Cửu Long và giải pháp quản lý		
14.	Nghiên cứu đặc điểm của xoáy nước tại mép ngoài của mảng hình trụ tròn trong kênh dẫn		
15.	Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc trong lựa chọn giải pháp tích trữ nước ngọt vùng đồng bằng sông Cửu Long		
16.	Nghiên cứu và kiểm nghiệm độ bền của bộ truyền bánh răng - thanh răng bằng phần mềm Ansys		
17.	Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của thời gian sử dụng lọc gió đến phát thải xe máy đang lưu hành		
18.	Xây dựng phần mềm phân tích tần suất dữ liệu khí tượng thủy văn		
19.	Phân tích vai trò của biểu đồ điều phối trong vận hành hồ chứa nhà máy thủy điện		
20.	Nghiên cứu quá trình diễn biến doi cát cửa sông Cu Đê, thành phố Đà Nẵng sử dụng ảnh viễn thám đa thời gian		
21.	Phân tích ảnh hưởng đặc trưng mưa đến sự suy giảm chỉ tiêu cường độ chống cát của mái dốc đất		
22.	Nghiên cứu giải pháp nâng cao khả năng trữ, đảm bảo an toàn công trình, phù hợp với các loại hình hồ chứa - cơ sở khoa học và thực tiễn, ứng dụng cho vùng Bắc Trung Bộ		
23.	Nghiên cứu chế tạo robot khảo sát cống ngầm dưới thân đê - đập thủy lợi		
24.	Nghiên cứu chế tạo và lắp ráp mô hình cánh tay robot 4 bậc tự do phục vụ công tác đào tạo tại Trường Cao đẳng Kỹ thuật Quân sự 1		

Toà soạn: PHÒNG 111 - NHÀ A1 - TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

175 TÂY SƠN - ĐỒNG ĐA - HÀ NỘI

Điện thoại: 024.35638158; Email: tapchitlmt@tlu.edu.vn

Số lượng in: 400 cuốn, khổ 20,5 × 29 cm tại Công ty TNHH in và Thương mại Mê Linh. Giấy phép xuất bản số: 498/GP-BTTTT ngày 17/10/2022 (thay thế Giấy phép cũ số: 158/GP-BVHTT ngày 08/5/2003)

TABLE OF CONTENT

No	Title	Author	Page
SCIENTIFIC ARTICLE			
1.	Assessment of potential saltwater intrusion during the dry season in the Mekong delta up to 2030	VO VAN TIEN NGUYEN DANG TINH NGUYEN DANG LUAN NGUYEN TRINH CHUNG	3
2.	Analysis of rainfall variability and trends for natural disaster identification in Dak Nong province	NGUYEN THI LUONG HANG NGUYEN TIEN THANH	11
3.	Water quality of Kien Giang river, Thai Binh province, and sustainable management measures based on the dpsir framework	NGUYEN DUC TIEP NGUYEN THI THE NGUYEN	18
4.	An assessment of hazard and damages caused by floods in Cai river basin, Ninh Hoa town, Khanh Hoa province according to flood scenarios and impact of climate change	VU THANH TU	25
5.	Study on the synthesis of ydophobicpolyurethane sponge and its application in oil adsorption	TRAN THI VIET HA NGUYEN MINH VIET NGUYEN THI LAN HUONG	33
6.	Investigating the dependence of automotive dynamic behaviors on structural and operative factors during steering	NGUYEN DUC NGOC	38
7.	Proposed design process for irrigation water supply system incorporating the impact of air and water hammer	LE THI THU HIEN NGUYEN QUANG HUY DANG MINH HAI BUI KIEN TRINH	44
8.	Evaluating the feasibility of using artificial intelligence combined with fuzzy theory to analyze and assess risks in the construction process of coastal dikes and embankments in Vietnam	NGUYEN VAN SON NGUYEN DINH CHUC NGUYEN HUU HUE LE XUAN THANG	51
9.	Developing a time-based dyke construction plan - application to the right dyke of Lach Tray, An Lao district, Hai Phong city	NGUYEN LAN HUONG BUI QUANG CUONG NGUYEN PHUONG NAM NGUYEN TRONG TU ANH	57
10.	Analysis of flow variability in the Hieu river basin under impacts of reservoirs using observed data in the period 1959-2024	PHAM VAN CHIEN LE THI THU HIEN	64
11.	Assessment of satble adjustment of hydropower units in transient process using Transients software according to GB/T 9652.1-2019	LE THI MINH GIANG NGUYEN VAN SON	73
12.	Modeling of flow and application of Navier-Stokes equations in pressure field calculation	NGUYEN VAN TUE	80
13.	Variations in surface water quality of irrigation systems in the Vietnamese Mekong delta and management solutions	DOAN THANH VU VU THI HOAI THU TRIEU ANH NGOC TRAN DANG AN VU HUY CONG	85
14.	Study on the characteristics of vortices at the outer edge of a circular cylinder array in a channel	TRAN QUOC LAP TRAN TUAN THACH LE VAN CHIN	93
15.	Application of the analytical hierarchy process method in selecting the freshwater storage solutions for the Mekong delta	TRAN VAN HOANG NGUYEN THE LUONG NGUYEN HUU TUAN	99
16.	Investigation and strength verification of rack and pinion gear transmission using ANSYS software	DANG DONG NGUYEN LE THI HOA BINH	108
17.	A study on the impact of air filter usage duration on used motorcycle emissions	NGUYEN TRUNG NAM NGUYEN DUC NGHIA	113
18.	Developing software for hydro-meteorological data frequency analysis	NGUYEN THANH LUAN PHAM NGOC TU AU THI BICH HOA	118
19.	Analyzing the role of rule curves in the operation of hydropower reservoirs	NGUYEN HA PHUONG HOANG VIET HUNG LE THI THANH THUY	123
20.	Study on the evolution of sand spit dynamics at Cu De river mouth, Da Nang city using multi-temporal remote sensing images	TRAN THE VIET NGUYEN QUOC DUNG PHAN TUAN PHONG DINH XUAN TRONG	131
21.	Analysis of the impact of rain characteristics on the decreasing of shear strength indicator of natural earth slope	PHAM CONG THANH NGUYEN CANH THAI VU MINH QUANG PHAM DUC DAI	138
22.	Study on solutions for enhancing storage capacity and ensuring structural safety, and suitability for various reservoir types - based on scientific and practical foundations	LE QUANG CUONG PHAM NGOC TUAN	146
23.	Design robot for surveying damage in the sewer under dam		155
24.	Research on manufacture and assembly of 4 degree of freedom robotic arm model to training at Military technical College 1		161

Bìa 1: Công trình hồ Cửa Đạt

Ảnh: Lương Minh Chính

ĐÁNH GIÁ TÍNH KHẢ THI KHI SỬ DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO KẾT HỢP VỚI LÝ THUYẾT MỜ ĐỂ PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ RỦI RO TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG CÔNG TRÌNH ĐÊ KÈ BIỂN Ở VIỆT NAM

Nguyễn Văn Sơn^{1*}, Nguyễn Đình Chức², Nguyễn Hữu Huế¹, Lê Xuân Thắng³

Tóm tắt: Việt Nam có đường bờ biển dài hơn 3.200 km, đóng vai trò trọng yếu về kinh tế, xã hội và an ninh quốc phòng. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng, công trình đê kè biển trở thành “tuyến phòng thủ” quan trọng, bảo vệ khu vực ven biển khỏi xói lở, ngập lụt, xâm nhập mặn. Tuy nhiên, giai đoạn thi công đê kè biển lại tiềm ẩn nhiều rủi ro, do chịu tác động đồng thời của các yếu tố tự nhiên (sóng, gió, thủy triều), yếu tố kỹ thuật (chất lượng vật liệu, thiết bị, nền móng) và yếu tố tổ chức (tiến độ, nhân lực). Nhiều nghiên cứu trên thế giới và trong nước đã áp dụng trí tuệ nhân tạo (AI), lý thuyết mờ (Fuzzy Theory) hoặc kết hợp cả hai để quản lý rủi ro trong xây dựng. Tuy vậy, đa số tập trung cho giai đoạn vận hành công trình hoặc dự báo xói lở, chưa đi sâu vào quy trình thi công đê kè biển. Bài báo này tổng hợp các công trình nghiên cứu tiêu biểu, phân tích lỗ hổng (gap) và đề xuất hướng tiếp cận AI-Fuzzy nhằm giải quyết bài toán rủi ro thi công đê kè biển ở Việt Nam một cách toàn diện.

Từ khóa: Rủi ro, đê kè biển, trí tuệ nhân tạo, lý thuyết mờ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giai đoạn thi công đê kè biển là lúc các nguy cơ rủi ro xuất hiện nhiều và phức tạp, như: Các biến động của sóng, thủy triều, bão, gió mùa... có thể gây ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ và an toàn thi công. Yếu tố kỹ thuật (kết cấu nền móng, chất lượng vật liệu, công nghệ thi công) và yếu tố tổ chức (tiến độ, năng lực nhà thầu, nhân lực, máy móc) đều tiềm ẩn nguy cơ dẫn đến sụt lún, sạt lở, hoặc chậm tiến độ thi công, phát sinh chi phí.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về rủi ro công trình đê kè biển nhưng hầu hết tập trung vào giai đoạn khai thác, vận hành hoặc dự báo xói lở, biến động bờ biển. Rủi ro trong giai đoạn thi công chưa được quan tâm đủ sâu. Bên cạnh đó, phương pháp truyền thống trong quản lý rủi ro như phương pháp thống kê, kinh nghiệm gặp phải nhiều khó khăn trong bối cảnh dữ liệu lớn và bất định hiện nay.

Trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0, trí tuệ nhân tạo (AI) nổi lên như những công cụ hữu ích, cho phép xử lý dữ liệu lớn (Big Data), dự báo xu hướng, phát hiện các mẫu ẩn trong khối dữ liệu hỗn hợp (thủy văn, địa chất, tiến độ...). Lý thuyết mờ hỗ

trợ mô hình hóa các biến số không chắc chắn, định tính (chất lượng vật liệu, kinh nghiệm kỹ sư...) thành những giá trị có thể tính toán, đánh giá rủi ro linh hoạt hơn.

Tuy nhiên, sự kết hợp AI-Fuzzy trong giai đoạn thi công công trình đê kè biển ở Việt Nam đến nay vẫn còn hạn chế, chưa có nhiều công trình nghiên cứu và thực tế triển khai. Việc xây dựng một mô hình quản lý rủi ro dựa trên AI-Fuzzy, khai thác ưu điểm của cả hai kỹ thuật, được kỳ vọng sẽ giải quyết những tồn tại của mỗi phương pháp, đồng thời nâng cao hiệu quả thi công, phòng ngừa sự cố, tiết kiệm chi phí.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Nghiên cứu quốc tế

Các nghiên cứu trên thế giới về sử dụng AI hoặc Fuzzy trong phân tích, đánh giá rủi ro hoặc trong lĩnh vực quản lý xây dựng nói chung, về sử dụng AI có thể kể đến một số nghiên cứu điển hình sau: Nghiên cứu “*Modeling labor costs using artificial intelligence tools*” (Momade, MH, Durdyev, S., Dixit, S., Shahid, S., & Alkali, AK, 2022). Mô hình hóa chi phí lao động bằng các công cụ trí tuệ nhân tạo. Nghiên cứu “*The application of artificial intelligence for construction project planning*” (Victor, N.O.C, 2023), ứng dụng trí tuệ nhân tạo để lập kế hoạch dự án xây dựng. Nghiên cứu chủ yếu tập trung vào dữ liệu có sẵn để đánh giá tiềm năng ứng dụng trí tuệ nhân tạo để lập kế hoạch của dự án

¹Trường Đại học Thủy lợi

²Công ty TNHH MTV 59

³Sở Nông nghiệp và Môi trường Hà Nội

* Tác giả liên hệ

xây dựng. Nghiên cứu “*Integrating Building Information Modelling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Construction Schedule, Cost, Quality, and Safety Management: Challenges and Opportunities*” (Rane, N., 2023) Nghiên cứu chỉ ra những thách thức và cơ hội khi tích hợp Mô hình thông tin xây dựng (BIM) và Trí tuệ nhân tạo (AI) để quản lý tiến độ, chi phí, chất lượng và an toàn xây dựng.

Các nghiên cứu đã cho thấy tiềm năng khi ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong các nhiệm vụ quản lý dự án như tiến độ, năng suất lao động, chất lượng, an toàn lao động.

Lý thuyết mờ được ra đời từ rất sớm, nên các nghiên cứu sử dụng lý thuyết mờ trong các lĩnh vực khoa học kỹ thuật nói chung và quản lý xây dựng nói riêng rất phong phú, dưới đây là một số nghiên cứu điển hình: Nghiên cứu “*Combining multi-criteria decision making (MCDM) methods with building information modelling (BIM): a review*” , (T. Tan, G. Mills, E. Papadonikolaki, Z. Liu, 2021). Tác giả kết hợp lý thuyết mờ với BIM để khuyến nghị các phương pháp hỗ trợ ra quyết định trong quản lý xây dựng. Nghiên cứu “*Sustainable material choice for construction projects: a life cycle sustainability assessment framework based on BIM and fuzzy-AHP*”, (K. Figueiredo, R. Pierott, A. Hammad, A. Haddad, 2021). Tác giả kết hợp lý thuyết mờ và AHP trong đánh giá vật liệu xây dựng.

Thông qua các nghiên cứu về lý thuyết mờ gần đây, có thể thấy tiềm năng trong việc ứng dụng lý thuyết mờ kết hợp với các công cụ tính toán khác trong lĩnh vực quản lý xây dựng.

2.2. Nghiên cứu trong nước

Các nghiên cứu trên trong nước về sử dụng AI hoặc Fuzzy trong phân tích, đánh giá rủi ro khi thi công các công trình nói chung hoặc công trình đê kè biển nói riêng có thể kể đến các nghiên cứu sau: Nghiên cứu “*Ứng dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long*” (Trương Công Bằng, 2022). Nghiên cứu quản lý rủi ro cho các dự án đầu tư phát triển đô thị tại Hà Nội (Nguyễn Thị Thủy, 2020).

Qua phân tích các nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy: Phần lớn nghiên cứu trong và ngoài nước tập trung vào rủi ro vận hành, bảo trì công trình đê kè, thiếu các nghiên cứu riêng về rủi ro thi công. Mặc dù AI hay lý thuyết mờ đã chứng minh tính ưu việt nhưng ít công trình kết hợp AI-Fuzzy trong điều kiện thi công với nhiều yếu tố bất định.

Hơn nữa, cơ sở dữ liệu thi công đê kè biển ở Việt Nam còn phân tán, gây khó khăn cho việc huấn luyện mô hình AI-Fuzzy trên quy mô lớn.

3. TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (AI) KẾT HỢP VỚI LÝ THUYẾT MỜ (FUZZY THEORY) TRONG ĐÁNH GIÁ RỦI RO THI CÔNG

Cho đến nay, Trí tuệ nhân tạo đã khẳng định được ưu điểm lớn trong nhiều lĩnh vực đời sống xã hội và nghiên cứu, các bài toán thường xuyên được sử dụng và khai thác có thể kể đến như phân tích dữ liệu lớn, học sâu, học máy hay dự báo, hỗ trợ ra quyết định. Bên cạnh đó, được biết đến là một trong những công cụ hữu dụng cho việc tính toán các yếu tố bất định, Lý thuyết mờ được sử dụng trong các bài toán như xử lý các bất định, phân cấp rủi ro (thay vì đánh giá nhị phân, mô hình mờ cho phép xếp hạng rủi ro theo nhiều cấp độ)

Dựa trên những bài toán mà AI và Fuzzy đã thực hiện trong thời gian qua, khi kết hợp AI-Fuzzy trong tính toán đánh giá rủi ro sẽ tạo ra ưu điểm cộng hưởng: AI mạnh về dự báo từ dữ liệu, Fuzzy giỏi diễn đạt biến số bất định nên khi kết hợp giúp giảm sai số, phù hợp với thực tiễn thi công ngoài trời.

3.1. Thiết lập mô hình AI-Fuzzy

Mục tiêu của mô hình AI-Fuzzy là ước lượng, dự báo “Chỉ số rủi ro” dựa trên tập biến đầu vào gồm các yếu tố tự nhiên (sóng, gió, thủy triều), yếu tố kỹ thuật (địa chất, vật liệu, nền móng) và yếu tố tổ chức (tiến độ, năng lực thi công, quản lý).

Có nhiều cách kết hợp AI và Fuzzy, phổ biến nhất là mô hình ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System): Lớp 1 (Fuzzification): Chuyển giá trị đầu vào thành giá trị mờ theo hàm thuộc (membership function). Có thể dùng hàm tam giác, hàm Gaussian... Lớp 2 (Rule): Xây dựng tập luật mờ IF-THEN dựa trên kiến thức chuyên gia và dữ liệu thực nghiệm. Lớp 3 (Normalization): Tính mức kích hoạt quy tắc (firing strength) và chuẩn hóa. Lớp 4 (Defuzzification): Kết hợp kết quả từ các luật mờ để đưa ra giá trị đầu ra (chỉ số rủi ro). Lớp 5 (Output): Hoàn tất bước giải mờ, cho ra kết quả dạng số (ví dụ, thang 0-10).

3.2. Phương pháp và nguồn dữ liệu thu thập để huấn luyện mô hình

Trong giai đoạn thi công đê kè biển, dữ liệu có thể được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau, cụ thể như sau: Số liệu về sóng, gió, thủy triều, bão... thường do các trạm quan trắc quốc gia hoặc địa phương cung cấp. Hồ sơ khảo sát địa chất công

trình, bản đồ địa hình khu vực ven biển, đo đạc thực địa (thí nghiệm xuyên tĩnh, khoan khảo sát). Thống kê nội bộ từ đơn vị thi công, bao gồm: ngày giờ thực hiện, khối lượng vật tư, chất lượng vật liệu, số lượng máy móc, nhân sự, mức độ tuân thủ an toàn lao động. Kinh nghiệm từ chuyên gia và các vụ việc từng xảy ra ở công trình tương tự giúp mô hình AI-Fuzzy nhận dạng sớm mẫu rủi ro. Các số liệu tổng hợp có thể thu thập từ đơn vị quản lý nhà nước như Chi cục thủy lợi của các địa phương hoặc Ban Quản lý các dự án công trình của tỉnh.

Khi dữ liệu được thu thập đầy đủ và chuẩn hóa, mô hình AI-Fuzzy sẽ huấn luyện trên bộ dữ liệu quá khứ, sau đó kiểm định và thử nghiệm với dữ liệu mới.

3.3. Các thuật toán huấn luyện

Để mô hình AI-Fuzzy tự động điều chỉnh tham số (tọa độ tâm, độ rộng hàm thuộc, trọng số trong các luật mờ), có thể dùng:

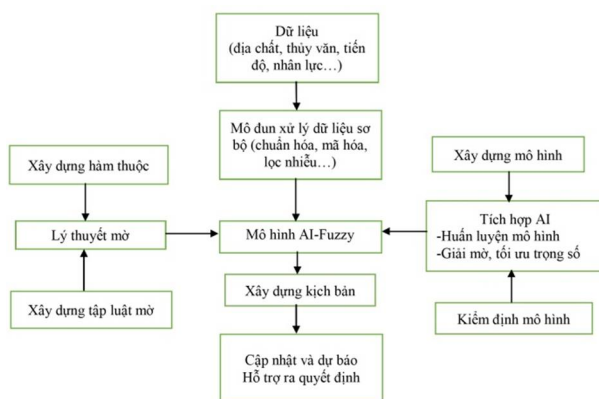
Thuật toán lan truyền ngược (Backpropagation): Tối ưu dựa trên gradient, liên tục cập nhật tham số để giảm sai số giữa đầu ra mô hình và dữ liệu quan sát.

Phương pháp lai (Hybrid): Phối hợp thuật toán lan truyền ngược và bình phương tối thiểu (Least Squares Estimation) nhằm tăng tốc độ hội tụ; áp dụng phổ biến trong ANFIS.

3.4. Phương pháp tối ưu hóa mô hình

Chia dữ liệu thành ba tập: huấn luyện (train), kiểm định (validation) và thử nghiệm (test). Điều này giúp tránh quá khớp (overfitting). Giảm sai số qua các chỉ số như MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Squared Error), MAE (Mean Absolute Error). Nếu sai số tập kiểm định không giảm nữa, dừng huấn luyện sớm (early stopping).

Kiểm chứng mô hình bằng phương pháp so sánh với mô hình thống kê truyền thống (ví dụ, hồi quy tuyến tính), hoặc mô hình AI đơn thuần (mạng nơ-ron), hoặc Fuzzy đơn thuần.



Hình 1. Mô hình nghiên cứu

3.4. Điểm mới và tính khả thi khi áp dụng AI – Fuzzy trong đánh giá rủi ro khi thi công đê kè biển

Dựa trên ưu điểm của mỗi phương pháp và các rủi ro thường gặp trong thi công đê kè biển, khi kết hợp AI và Fuzzy trong đánh giá rủi ro khi thi công công trình đê kè biển có thể ứng dụng trong một số bài toán sau:

a) Tự động hoá và giám sát thời gian thực:

Có thể dùng thiết bị cảm biến (IoT) và camera quan sát tiến độ thi công, chất lượng bề mặt, vị trí máy móc... Hệ AI-Fuzzy liên tục cập nhật dữ liệu, tự động ra báo cáo hoặc cảnh báo khi phát hiện bất thường (ví dụ: sạt lở, nền móng không đạt yêu cầu). Tiến hành phân tích đa chiều, kết hợp yếu tố kinh tế – kỹ thuật – môi trường. Nhờ đó, các phương án thi công được đánh giá một cách toàn diện, giúp lãnh đạo dự án tối ưu hoá quyết định (lựa chọn vật liệu, biện pháp thi công, tiến độ hợp lý).

b) Khả năng “học” và liên tục cải tiến

Sau mỗi giai đoạn thi công hoặc sau mỗi công trình, dữ liệu được hệ thống ghi nhận và “học” để hiệu chỉnh mô hình. Điều này cho phép AI-Fuzzy ngày càng chính xác khi ứng dụng cho các dự án mới hoặc công trình đê kè khác ở Việt Nam.

c) Hiệu quả về mặt kinh tế – xã hội

Nhờ phân tích rủi ro chính xác, nhà thầu có thể tránh lãng phí do xử lý sự cố chậm trễ hoặc gia cố quá mức. Việc phát hiện sớm nguy cơ sự cố, bảo đảm an toàn cho người lao động, thiết bị và công trình. Ngoài ra, công trình đê kè được thi công đúng kỹ thuật, bền vững, phục vụ lâu dài, giảm nguy cơ tái đầu tư, nâng cao chất lượng sống cho người dân.

3.5. Thách thức và khuyến nghị

Mặc dù có thể thấy được những ưu điểm và tính khả thi của việc áp dụng kết hợp AI với Fuzzy trong nghiên cứu phân tích rủi ro khi thi công công trình đê kè biển, tuy nhiên bên cạnh những ưu điểm khi vận dụng 2 công cụ này thì vẫn có những thách thức cần phải lưu ý như sau:

Thực trạng ở Việt Nam cho thấy các dự án thi công đê kè biển thường thiếu hệ thống giám sát đồng bộ. Dữ liệu thủy văn, địa chất tại từng vị trí cụ thể chưa được lưu trữ đủ lâu và chuẩn hóa. Vì vậy, cần xây dựng cơ sở dữ liệu tập trung; trang bị cảm biến cho các dự án, xây dựng quy chuẩn quốc gia về lưu trữ, chia sẻ dữ liệu.

Việc vận hành hệ thống AI-Fuzzy đòi hỏi đội ngũ kỹ thuật có chuyên môn, cũng như hạ tầng máy chủ, đường truyền đủ mạnh. Vì vậy, cần tăng cường đào

tạo chuyên sâu về AI, lý thuyết mờ tại các trường đại học, viện nghiên cứu; khuyến khích hợp tác công – tư để đầu tư cơ sở hạ tầng điện toán.

4. ÁP DỤNG NGHIÊN CỨU CHO MỘT DỰ ÁN

Để kiểm chứng hiệu quả của mô hình, nhóm nghiên cứu đã áp dụng mô hình AI-Fuzzy cho một dự án xây dựng đê kè biển tại khu vực ven biển thuộc miền Trung Việt Nam. Các biến số đầu vào gồm: Sóng (W), Gió (V), Thủy triều (T), Địa chất nền móng (G), Chất lượng vật liệu (M), Năng lực thi công (C), Hiệu quả quản lý dự án (P)

Mỗi biến số được phân chia thành 3-5 ngôn ngữ mờ (thấp, trung bình, cao...) và định nghĩa hàm thuộc theo dạng hình tam giác hoặc hình chuông. Dữ liệu đầu ra là “chỉ số rủi ro” (Risk Index), được chia thành 5 cấp độ từ “rất thấp” đến “rất cao”.

a) Khu vực và đặc điểm công trình

Vị trí công trình: Xây dựng kè biển chống xói lở, bảo vệ khu dân cư, tỉnh Ninh Thuận

Quy mô: Đê kè dài 2 km, kết cấu chính bằng khối bê tông lớn (tetrapod) và đá học.

b) Các biến đầu vào

7 biến đầu vào, được chia thành ba nhóm: Tự nhiên, Kỹ thuật, Quản lý. Sóng (W): Khoảng giá trị

trong dữ liệu huấn luyện: 0,5 – 4,0m, giá trị trung bình: 2,0m. Gió (V): Khoảng giá trị: 5 – 25m/s, giá trị trung bình: 14 m/s. Thủy triều (T): Khoảng dao động: 0,8 – 3,5m, giá trị trung bình: 2,1m. Đặc điểm địa chất nền móng (G): Dạng số rời rạc: {1, 2, 3, 4} (1 = rất yếu, 4 = rất tốt). Chất lượng vật liệu xây dựng (M): Ở đây giả định thang 0 – 10 (0 = rất kém, 10 = rất tốt), giá trị trung bình: 7. Năng lực thi công (C): Thang 1 – 5 (1 = rất kém, 5 = rất tốt). Đánh giá dựa trên thiết bị, kinh nghiệm nhà thầu, nhân lực chuyên môn. Hiệu quả quản lý dự án (P): Thang 1 – 5 (1 = rất kém, 5 = rất tốt). Đánh giá qua tiến độ, giám sát, an toàn lao động, phối hợp nhà thầu

c) Dữ liệu đầu ra

Chỉ số rủi ro (R): Trong minh họa này, ta sử dụng thang 0 – 10, với các mức: $R < 2$: Rất thấp; $2 \leq R < 4$: Thấp; $4 \leq R < 6$: Trung bình; $6 \leq R < 8$: Cao; $8 \leq R \leq 10$: Rất cao.

d) Xử lý dữ liệu và mã hóa mờ

Sóng (W) được chia làm 3 mức: Thấp (0–1,5), Trung bình (1–3), Cao (2,5–4,5). Dùng hàm thuộc tam giác hoặc hình chuông.

Tương tự cho Gió (V), Thủy triều (T), Địa chất (G), Vật liệu (M), Năng lực (C), Quản lý (P).

Bảng 1. Số liệu của dự án

STT	W (m)	V (m/s)	T (m)	G (1-4)	M (0-10)	C (1-5)	P (1-5)	R
1	1	10	1,2	3	8	4	4	3
2	2,5	15	2,8	2	7	3	3	6,2
3	3,8	22	3	1	5	2	2	8,5
4	1,2	12	1	4	9	5	5	2,5
5	2	14	2	2	6	3	4	5,8
6	3,5	18	2,7	2	6	3	3	7,5
7	4	25	3,5	1	4	2	2	9,2
8	0,8	5	0,9	3	8	4	4	2
9	2	10	3	3	6	4	3	4,9
10	3,2	17	2,5	2	5	3	3	7

Ghi chú: “R” là mức độ rủi ro được ước lượng hoặc quan sát từ chuyên gia/dữ liệu thực địa ở dự án tương tự (làm nhãn cho quá trình huấn luyện).

e) Thiết lập Hệ suy luận mờ

Các quy tắc mờ được xây dựng dựa trên kiến thức chuyên gia và dữ liệu quan sát. Áp dụng mô hình suy luận mờ Mamdani, Phương pháp giải mờ: Phổ biến là trọng tâm (centroid).

f) Tích hợp AI để tự động huấn luyện

Cấu trúc mạng: 5 lớp (lớp hàm thuộc, lớp luật, lớp chuẩn hóa, lớp hàm kết luận, lớp đầu ra).

Quy trình:

- Khởi tạo tham số hàm thuộc mờ (ví dụ: độ rộng, tâm của các hàm Gaussian hay tam giác).
- Dùng thuật toán lan truyền ngược (backpropagation) kết hợp hồi quy bình phương tối thiểu (least-squares) để cập nhật tham số.
- Tính sai số (MSE, RMSE) giữa giá trị dự báo của ANFIS và nhãn R quan sát.

- Lặp lại cho đến khi sai số hội tụ hoặc đạt số vòng lặp tối đa.

Kiểm định chéo

- Chia dữ liệu thành: 70% (huấn luyện) – 15% (kiểm định) – 15% (thử nghiệm).

- Tránh overfitting bằng cách dừng sớm (early stopping) khi sai số kiểm định không giảm.

g) Kết quả và thảo luận

Sau khi thực hiện ta thu được kết quả như sau:

Bảng 2. Kết quả so sánh mô hình AI-Fuzzy với phương pháp thống kê truyền thống

Phương pháp	MSE	RMSE	Độ chính xác phân loại (%)
Thống kê truyền thống	0,078	0,279	76,3
AI-Fuzzy (ANFIS)	0,045	0,212	87,5

Kết quả cho thấy mô hình AI-Fuzzy (ANFIS) cho sai số trung bình (MSE) và sai số căn bậc hai (RMSE) thấp hơn so với phương pháp thống kê truyền thống. Đồng thời, độ chính xác trong phân loại mức độ rủi ro của mô hình AI-Fuzzy cao hơn (87,5% so với 76,3%).

5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

Việc phân tích và đánh giá rủi ro trong quá trình thi công đề kè biển là hết sức quan trọng để bảo đảm tiến độ, chất lượng, an toàn và tiết kiệm chi phí. Qua tổng quan nghiên cứu trong và ngoài nước, có thể thấy khoảng trống trong ứng dụng AI-Fuzzy một cách toàn diện cho rủi ro thi công đề kè. Bài báo đã trình bày mô hình đánh giá rủi ro trong thi công đề kè biển ở Việt Nam dựa trên sự kết hợp giữa trí tuệ nhân tạo và lý thuyết mờ. Một bài toán cho thấy, mô hình cho kết quả tích cực, thể hiện ở khả năng nâng cao độ chính xác trong dự báo, hỗ trợ các nhà quản lý và kỹ sư đưa ra những quyết định tối ưu. Khi kết hợp công cụ AI và Fuzzy cho thấy ưu và nhược điểm sau:

1) Ưu điểm: Mô hình kết hợp AI và lý thuyết mờ tận dụng được ưu thế của cả hai phương pháp: tính thích nghi và khả năng xử lý dữ liệu lớn của AI, cùng với khả năng biểu diễn ngôn ngữ tự nhiên của FIS. Kết quả phân tích rủi ro trực quan, giúp các nhà quản lý dễ dàng ra quyết định.

2) Hạn chế: Thiết lập luật mờ cần kiến thức chuyên môn sâu và có thể chủ quan. Chất lượng dữ liệu ảnh hưởng lớn đến độ chính xác của mô hình, đòi hỏi hệ thống quan trắc và thu thập dữ liệu đáng tin cậy.

3) Hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Mở rộng quy mô dữ liệu: Phân tích dữ liệu từ nhiều dự án đề kè biển khác nhau ở Việt Nam để tăng tính tổng quát của mô hình.

- Tích hợp môi trường thông minh (IoT): Kết nối mô hình AI-Fuzzy với các thiết bị cảm biến IoT để thu thập dữ liệu thời gian thực (sóng, gió, độ ẩm, nhiệt độ, v.v.).

4) Tác động của kết quả nghiên cứu đến chính sách quản lý và quy hoạch đề kè biển tại Việt Nam

Kết quả và phương pháp nghiên cứu AI-Fuzzy không chỉ dừng lại ở khía cạnh kỹ thuật, mà còn có thể góp phần định hình hoặc điều chỉnh chính sách hoặc quy hoạch đề kè biển tại Việt Nam như: Nhờ khả năng cảnh báo sớm các nguy cơ (sạt lở, thấm, lún...), cơ quan chức năng có thể xác định thứ tự ưu tiên đầu tư, phân vùng khu vực ven biển cần gia cố khẩn cấp, lập kế hoạch phát triển hạ tầng bền vững hơn. Ngoài ra, kinh nghiệm triển khai AI-Fuzzy có thể bổ sung vào quy trình thiết kế và thi công đề kè, ví dụ trong việc định nghĩa chỉ số rủi ro theo nhiều mức, hướng dẫn phương thức giám sát thi công thông minh (IoT, camera, dữ liệu cảm biến).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Thị Thúy (2020), “Nghiên cứu quản lý rủi ro cho các dự án đầu tư phát triển đô thị tại Hà Nội”, Luận án tiến sĩ.
- Trương Công Bằng (2022), “Ứng dụng lý thuyết tập mờ trong lập tiến độ thực hiện dự án xây dựng tại khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long”, Luận án tiến sĩ.
- K. Figueiredo, R. Pierott, A. Hammad, A. Haddad. *Sustainable material choice for construction projects: a life cycle sustainability assessment framework based on BIM and fuzzy-AHP*. Build. Environ., 196 (2021), Article 107805.

- Mostafa, A.L., Mohamed, M.A., Ahmed, S., & Youssef, W.M. (2023). *Application of Artificial Intelligence Tools with BIM Technology in Construction Management: Literature Review*. Journal of International Journal of BIM and Engineering Science, 6 (2), 39-54
- M. Raoufi, A.R. Fayek. *Fuzzy Monte Carlo agent-based simulation of construction crew performance*. J. Constr. Eng. Manag., 146 (5) (2020), p. 04020041
- Momade, M. H., Durdyev, S., Dixit, S., Shahid, S., & Alkali, A. K. (2022). *Modeling labor costs using artificial intelligence tools*. International Journal of Building Pathology and Adaptation.
- Rane, N. (2023) *Integrating Building Information Modelling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Construction Schedule, Cost, Quality, and Safety Management: Challenges and Opportunities*. J. Constr. Eng. Manag.
- Phuong H.D. Nguyen, Aminah Robinson Fayek. *Applications of fuzzy hybrid techniques in construction engineering and management research*. Automation in Construction, Volume 134, February 2022.
- T. Tan, G. Mills, E. Papadonikolaki, Z. Liu. *Combining multi-criteria decision making (MCDM) methods with building information modelling (BIM): a review*. Autom. Constr., 121 (2021), Article 103451.
- Victor, N. O. C. (2023). *The application of artificial intelligence for construction project planning*. Research Square (Research Square).

Abstract:

EVALUATING THE FEASIBILITY OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE COMBINED WITH FUZZY THEORY TO ANALYZE AND ASSESS RISKS IN THE CONSTRUCTION PROCESS OF COASTAL DIKES AND EMBANKMENTS IN VIETNAM

Vietnam has a coastline of over 3,200 km, playing a crucial role in economic, social, and national security matters. In the context of climate change and rising sea levels, coastal dikes and embankments have become a vital "defense line," protecting coastal areas from erosion, flooding, and saltwater intrusion. However, the construction phase of these coastal structures poses numerous risks, as it is simultaneously influenced by natural factors (waves, wind, tides), technical factors (material quality, equipment, foundations), and organizational factors (scheduling, manpower). Many studies around the world and in the country have applied artificial intelligence (AI), fuzzy theory or a combination of both to manage risks in construction. However, most of them focus on the project operation phase or erosion forecasting, and have not gone deeply into the sea dike construction process. This article synthesizes typical research projects, analyzes gaps and proposes an AI-Fuzzy approach to comprehensively solve the problem of sea dike construction risks in Vietnam. At the same time, the additional article describes in detail the process of establishing the AI-Fuzzy model, optimization methods, and suggestions on how to collect data, the impact of the results on policy/planning, and management organization to improve implementation efficiency.

Keywords: Risk, coastal dikes and embankments, artificial intelligence, fuzzy theory.

Ngày nhận bài: 13/2/2025

Ngày chấp nhận đăng: 15/4/2025