

Tiểu ban
KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC -
MÔI TRƯỜNG

PHÂN LẬP VÀ KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH KÍCH THÍCH SINH TRƯỞNG THỰC VẬT CỦA MỘT SỐ CHỦNG VI KHUẨN CHỊU MẶN TỪ RỄ CÂY TRANG (*KANDELIA OBOVATA*) TẠI CÔN ĐEN TỈNH THÁI BÌNH

Lê Thị Ngọc Quỳnh, Lê Thanh Trà, Vũ Thu Giang, Nguyễn Thị Thanh Nhân

Trường Đại học Thủy lợi, email: ngocquynhle@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Rừng ngập mặn là nơi có hệ sinh thái với năng suất sinh học cao, nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú, đồng thời được xem là nhà máy lọc sinh học khổng lồ do khả năng hấp thụ carbon tốt. Đặc biệt, các nghiên cứu đã chỉ ra cây ngập mặn có khả năng hấp thụ CO₂ cao. Nhất là khi các khu vực trên cạn vừa bị hạn chế về diện tích vừa phải đảm bảo các mục tiêu an ninh lương thực, việc trồng mới và bảo tồn các thảm thực vật ngập mặn ngày càng có vai trò quan trọng trong hấp thụ CO₂. Đồng thời, hệ sinh thái rừng ngập mặn nằm ở vùng cửa sông, ven biển nhiệt đới và cận nhiệt đới, là nơi chứa đựng nhiều vi sinh vật chịu mặn do điều kiện đặc thù như độ mặn cao và hàm lượng oxy thấp [2].

Vi khuẩn kích thích sinh trưởng thực vật (PGPR) hỗ trợ cây trồng thông qua nhiều cơ chế như tổng hợp chất kích thích sinh trưởng nhóm auxin (IAA), cố định nitơ, hòa tan phosphate khó tan, sản xuất siderophore, ACC deaminase và các chất điều hòa thẩm thấu. Đặc biệt, các loài thuộc chi *Bacillus*, *Pseudomonas* và *Enterobacter* được phân lập từ hệ sinh thái rừng ngập mặn cho thấy khả năng cải thiện sinh trưởng cây trồng trong điều kiện mặn, thông qua việc tăng cường hấp thụ nước, điều hòa phản ứng oxy hóa-khử và duy trì cân bằng ion [6, 12]. Ngoài ra, hệ vi sinh vật nội sinh và vi khuẩn vùng rễ sống cộng sinh với thực vật ngập mặn như *Kandelia obovata* cũng được chứng minh là rất đa dạng và có tiềm năng cao trong việc cải thiện khả năng chịu mặn ở cây trồng [2].

Cây Trang (*Kandelia obovata* Sheue, Liu & Yong) là một loài thực vật đặc trưng của rừng ngập mặn. Các nghiên cứu cho thấy sinh vật cộng sinh đóng vai trò thiết yếu trong việc giúp cây hấp thụ dinh dưỡng và thích nghi với môi trường chịu mặn. Khi loại bỏ các sinh vật cộng sinh này, khả năng thích nghi của thực vật suy giảm rõ rệt [2]. Tuy nhiên, tại Việt Nam hiện chưa có nhiều nghiên cứu tập trung vào vi sinh vật nội sinh cũng như vi khuẩn vùng rễ của *K. obovata*. Do đó, mục tiêu đầu tiên của nghiên cứu này là phân lập được các chủng vi khuẩn vùng rễ và vi khuẩn nội sinh trong rễ cây *K. obovata* có khả năng chịu mặn, đồng thời khai thác khả năng kích thích sinh trưởng cho cây, tập trung đánh giá khả năng sinh IAA và cố định nitơ. Qua đó xác định các chủng tiềm năng định hướng ứng dụng trong sản xuất chế phẩm sinh học phục vụ canh tác bền vững tại vùng đất nhiễm mặn, đồng thời hỗ trợ cho các chương trình khôi phục rừng ngập mặn tại khu vực tỉnh Thái Bình.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Các mẫu rễ cây Trang khỏe mạnh, không có triệu chứng bệnh được thu thập năm 2025 tại vị trí 20°29'31.0"N 106°36'02.0"E thuộc khu vực Côn Đen, huyện Thái Thụy (cũ), tỉnh Thái Bình. Đồng thời, để thu thập đất vùng rễ, các rễ cây sau khi lấy lên được lắc nhẹ để loại bỏ phần đất rời, giữ lại lớp đất mịn bám chặt xung quanh rễ. Lượng đất này được thu trực tiếp vào các ống nhựa vô trùng (50 mL). Mẫu đất và rễ sau khi thu được bảo quản trong túi zip và chuyển đến phòng thí nghiệm để phân lập vi khuẩn vùng rễ và nội sinh trong rễ theo phương pháp được mô tả bởi Kumar và cộng sự (2016) [7].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp phân lập và tuyển chọn

Phân lập vi khuẩn vùng rễ

Cân 10 gram mẫu đất hoặc 10 mL mẫu nước vào bình tam giác 250 mL chứa 90 mL dung dịch muối 0,85% vô trùng. Lắc 120 vòng/phút trong 30 phút và pha loãng mẫu dịch đến các nồng độ 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} và 10^{-6} . Hút 100 μ L dịch mẫu từ các nồng độ pha loãng và cấy lên các đĩa petri chứa môi trường chọn lọc có bổ sung 3% NaCl. Ủ đĩa trong 3-5 ngày ở 30°C để quan sát sự hình thành khuẩn lạc.

Phân lập vi khuẩn nội sinh từ rễ cây Trang

Rễ cây được khử trùng bề mặt bằng ethanol 95% (1 phút) và dung dịch HgCl_2 0,1% (1 phút), sau đó rửa sạch với nước cất vô trùng (tối thiểu 10 lần). Tiếp tục khử trùng bằng ethanol 70% (5 phút) và NaOCl 5,5% (10 phút), rửa lại nhiều lần với nước vô trùng và súc rửa 3 lần với MgSO_4 0,1M. Kiểm tra sự còn vi sinh vật trên bề mặt mẫu bằng cách cấy 200 μ L nước cất vô trùng lên đĩa môi trường NA và ủ ở 30°C. Nếu không có khuẩn lạc xuất hiện sau 24-48 giờ, mẫu đã khử trùng đạt yêu cầu. Rễ được nghiền vô trùng và huyền phù pha loãng bằng dung dịch muối 0,85% hoặc không pha loãng, cấy lên đĩa petri chứa môi trường NA bổ sung 3% NaCl. Quan sát khuẩn lạc sau 3-5 ngày ở 30°C [7].

2.2.2. Đánh giá khả năng chịu mặn của vi khuẩn

Các chủng vi khuẩn đã phân lập được nuôi qua đêm trong môi trường lỏng NA ở 30°C. Sau đó, các mẫu vi khuẩn được ly tâm, và phần cặn thu được được hoà lại trong dung dịch đệm PBS, sau đó điều chỉnh mật độ quang học OD_{600} về 0,001. Đệm PBS được sử dụng làm đối chứng. Tiếp theo, 1 μ L huyền phù vi khuẩn được thêm vào mỗi giếng của đĩa 96 giếng, mỗi giếng chứa 200 μ L môi trường NA. Tổng cộng, bảy nồng độ khác nhau của NaCl (từ 0 đến 7%) được thêm vào các giếng. Các đĩa nuôi cấy được ủ ở 30°C trong một tuần. Đánh giá khả năng sinh trưởng dựa vào độ đục và khả năng tạo ra cặn dưới đáy giếng [8].

2.2.3. Khảo sát khả năng sinh IAA của các chủng đã được phân lập

Các chủng vi khuẩn được nuôi trong môi trường King's B lỏng có bổ sung 0,5 g/L L-tryptophan trong thời gian từ 2 đến 5 ngày. Dịch nuôi cấy sau đó được ly tâm ở 10.000 vòng/phút trong 10 phút, phần dịch nổi trộn với thuốc thử Salkowski theo tỉ lệ 1:1 (v/v) và ủ trong tối 30 phút. Sự hiện diện của IAA được xác định qua sự xuất hiện màu hồng và đo mật độ quang tại 535 nm. [5]. Kết quả đo độ hấp thụ quang của các chủng vi khuẩn phân lập được được thay vào phương trình đồ thị chuẩn $y = 0,0085x + 0,1107$, với $R^2 = 0,99$, từ đó tính toán được nồng độ IAA của các chủng vi khuẩn.

2.2.4. Khảo sát khả năng cố định nitơ

Các chủng vi khuẩn được đánh giá khả năng cố định nitơ bằng cách cấy chúng lên môi trường Burk's. Những chủng vi khuẩn có khả năng phát triển trên môi trường này được xem là có khả năng cố định nitơ. Các chủng có sự sinh trưởng sẽ được chọn lọc. Sau đó, các chủng này được chuyển sang môi trường Burk's lỏng, nuôi lắc ở tốc độ 120 vòng/phút trong 72 giờ. Dịch nuôi được thu thập, ly tâm để lấy phần dịch trong trộn với thuốc thử Nessler theo tỉ lệ 1:1 (v/v), ủ trong tối 10–15 phút ở nhiệt độ phòng. Mẫu có chứa amoni sẽ chuyển sang màu vàng cam. Tiến hành đo quang phổ ở bước sóng 450 nm để kiểm tra độ hấp phụ màu [1]. Kết quả đo độ hấp thụ quang của các chủng vi khuẩn phân lập được sẽ được thay vào phương trình đồ thị chuẩn $y = 0.0412x - 0.0471$, với hệ số xác định $R^2 = 0,9941$, từ đó xác định được khả năng cố định nitơ của từng chủng vi khuẩn.

Tất cả các thí nghiệm được tiến hành lặp lại ba lần nhằm đảm bảo độ tin cậy của kết quả. Các số liệu về khả năng sinh IAA và cố định nitơ được xử lý bằng phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA), tiếp theo là kiểm định Tukey HSD với mức ý nghĩa $P < 0,05$, sử dụng phần mềm GraphPad Prism 8.

2.2.5. Định danh chủng vi khuẩn chọn lọc dựa trên đặc điểm hình thái và giải trình tự 16S rRNA

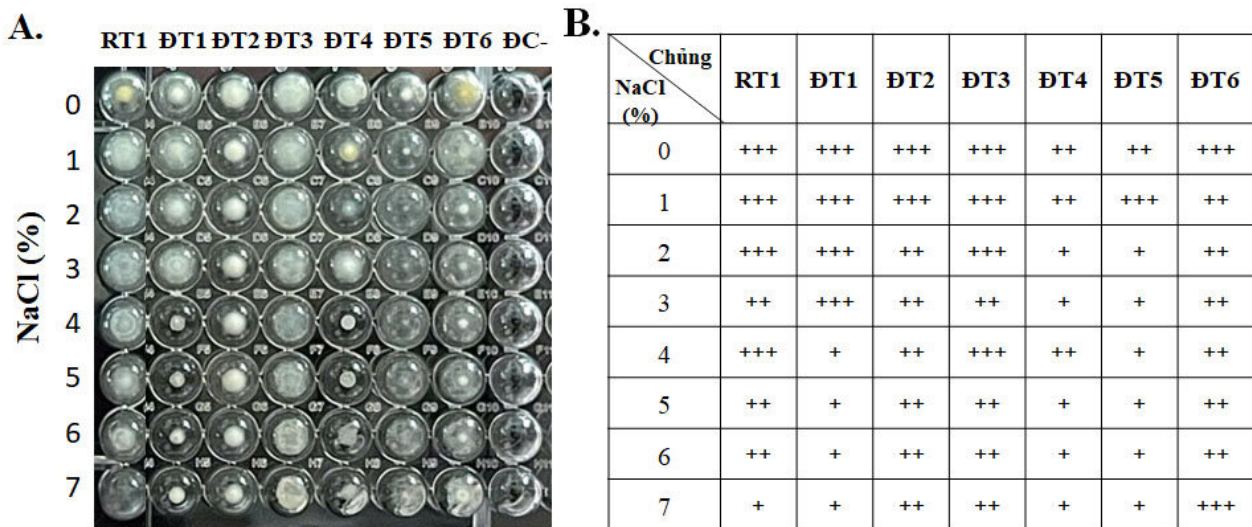
Các khuẩn lạc được quan sát hình thái bằng phương pháp nhuộm gram và soi dưới kính hiển vi có độ phóng đại 1000 lần. DNA chủng chọn lọc được tách chiết theo phương pháp mô tả trước đó [11]. Vùng gen 16S rRNA được khuếch bằng cặp mồi tổng 27F và 1492R có trình tự 27F: 5' AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG3'; 1492R: 5'TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACTT3'. Sản phẩm PCR tinh sạch gửi đến Công ty TNHH DNA Sequencing đọc trình tự nucleotide hai chiều. Các chuỗi trình tự nucleotide được xử lý bằng phần mềm ApE và so sánh với cơ sở dữ liệu GenBank qua chương trình Blastn. Cây phát sinh chủng loài được xây dựng bằng phần mềm MEGA 12, bảng hệ số tương đồng được xây dựng bằng phần mềm Megalign pro.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân lập và khảo sát khả năng chịu muối các chủng vi khuẩn từ đất vùng rễ và rễ cây Trang

Từ các mẫu đất vùng rễ và rễ cây Trang thu thập ở Cồn Đen, Thái Thụy, Thái Bình, tổng cộng bảy chủng vi khuẩn đã được phân lập và tiến hành làm thuần trên môi trường thạch NA chứa 3% NaCl. Trong đó, sáu chủng vi khuẩn vùng rễ được ký hiệu từ ĐT1 đến ĐT6 và một chủng vi khuẩn nội sinh ký hiệu RT1.

Nghiên cứu đã thử nghiệm xem các chủng vi khuẩn phân lập được có khả năng chịu được nồng độ muối khác nhau hay không sử dụng dải nồng độ NaCl từ 0-7% trong đĩa nuôi cấy tế bào 96 giếng (Hình 1). Kết quả cho thấy tất cả các chủng vi khuẩn phân lập đều có khả năng sinh trưởng ở nồng độ NaCl lên đến 7%.



Hình 1. Khả năng chịu muối của các chủng đã được phân lập.

A. Ảnh thử nghiệm bằng đĩa 96 giếng để xác định khả năng chịu muối.

B. Bảng số liệu được quy đổi theo quy ước sau: +: Sinh trưởng yếu;

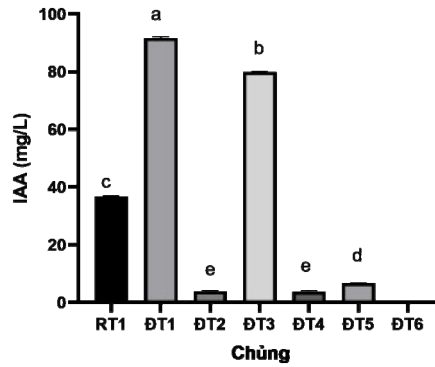
++: Sinh trưởng trung bình; +++: Sinh trưởng mạnh. Kết quả thu được sau 7 ngày

ở 30°C dưới các nồng độ muối khác nhau từ 0-7% NaCl, ĐC-:

Đối chứng âm – môi trường không có vi khuẩn

3.2. Khảo sát khả năng sinh IAA các chủng vi khuẩn được phân lập

IAA là một auxin sinh trưởng thực vật có nguồn gốc từ vi sinh vật, có vai trò kích thích kéo dài tế bào, hình thành rễ phụ và điều hòa sinh trưởng của cây trồng. Trong nghiên cứu này, 6 trên 7 chủng vi khuẩn chịu mặn khảo sát có khả năng sinh IAA. ĐT1 thể hiện khả năng sinh IAA cao nhất với nồng độ 91,64 mg/L, tiếp theo là ĐT3 với 79,92 mg/L và RT1 với 36,7 mg/L. Các chủng ĐT2, ĐT4 và ĐT5 có khả năng sinh IAA thấp, lần lượt đạt 3,8 mg/L, 3,85 mg/L và 6,58 mg/L. Chủng ĐT6 không có khả năng sinh IAA (Hình 2).

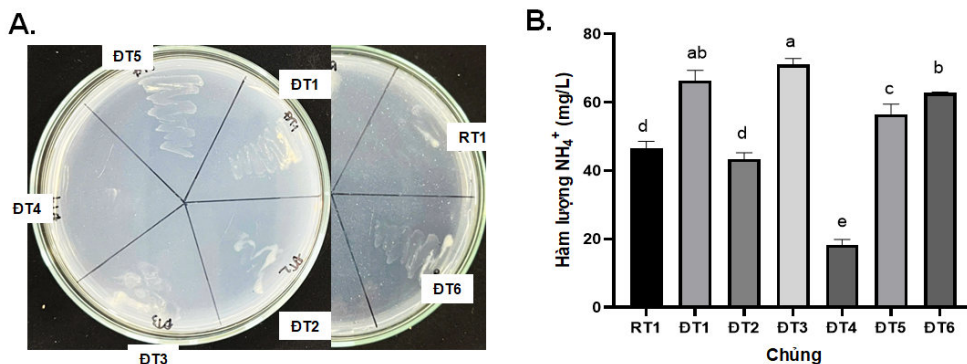


Hình 2. Khả năng sinh IAA (mg/L) của các chủng đã được phân lập.
Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey-test ($P < 0,05$)

Trong nghiên cứu này, chủng DT1 thể hiện khả năng sinh IAA cao nhất (91,64 mg/L), vượt trội so với các chủng khác. So sánh với nghiên cứu của Hoang và cộng sự (2024), chủng vi khuẩn S13 và S15 được phân lập từ rễ bần thu tại vườn Quốc Gia Xuân Thủy, Nam Định, có khả năng sinh IAA tương ứng 34,53 và 31,42 ppm [6]. Trong khi đó, nghiên cứu của Nguyễn Thị Thu Hằng và Nguyễn Hữu Hiệp (2018) phân lập được chủng vi khuẩn PL9 từ vùng đất lúa-tôm ở Bạc Liêu với khả năng tổng hợp IAA đạt 35,8 $\mu\text{g/mL}$ sau 6 ngày nuôi cấy [10]. Các chủng có khả năng sinh IAA phân lập từ mẫu đất trên quần đảo Trường Sa có hàm lượng sinh IAA trong khoảng từ 11 đến 38 mg/L, giá trị này nằm trong cùng khoảng biến thiên với hàm lượng IAA do các chủng phân lập trong nghiên cứu này tạo ra [11]. Điều này cho thấy chủng DT1 trong nghiên cứu có tiềm năng ứng dụng cao trong việc thúc đẩy sinh trưởng thực vật trong điều kiện đất nhiễm mặn.

3.3. Sàng lọc các chủng vi khuẩn có khả năng cố định nitơ

Cố định nitơ là một trong những chức năng sinh học quan trọng của vi khuẩn trong nông nghiệp, giúp chuyển hóa nitơ phân tử (N_2) thành amoni (NH_4^+), cung cấp nguồn nitơ cho cây trồng. Trong điều kiện mặn, quá trình cố định nitơ thường bị ức chế do stress thẩm thấu ảnh hưởng đến hoạt tính enzyme nitrogenase [12]. Kết quả đánh giá khả năng cố định nitơ của 7 chủng vi khuẩn cho thấy khả năng cố định nitơ khác nhau, với giá trị dao động từ 18,31 mg/L đến 71,06 mg/L. Chủng DT3 và DT1 thể hiện khả năng cố định nitơ cao lần lượt là 71,06 và 66,32 mg/L. Các chủng DT2 và RT1 có khả năng cố định nitơ trung bình tương ứng là 43,33 mg/L và 46,67 mg/L, trong khi DT4 có khả năng thấp nhất (18,31 mg/L) (Hình 3). Như vậy, chủng DT1 và DT3 có khả năng tương đương cố định đạm tương đương so với các công bố trong nước và quốc tế [4, 9]. Những giá trị trên cho thấy sự đa dạng về khả năng sinh IAA và cố định nitơ của các loài vi khuẩn khác nhau, phụ thuộc không chỉ vào điều kiện nuôi mà còn vào đặc điểm sinh thái của khu vực thu thập mẫu, bao gồm loại cây chủ, tính chất đất cũng như điều kiện khí hậu tại nơi phân lập mẫu rễ và đất.

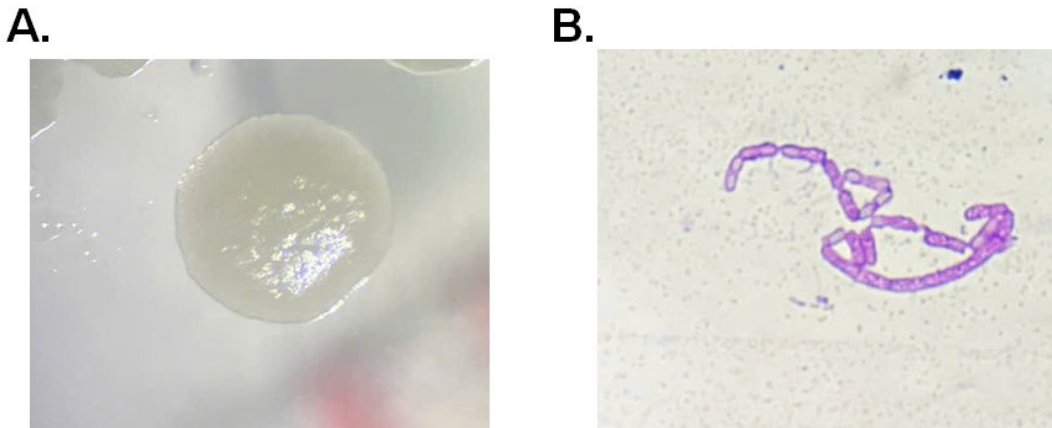


Hình 3. Kết quả đánh giá khả năng cố định nitơ ra của các chủng vi khuẩn.
A. Hình ảnh các chủng vi khuẩn được nuôi trên môi trường Burk đĩa thạch.
B. Kết quả định lượng khả năng cố định nitơ bằng phương pháp so màu với thuốc thử Nessler.
Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey-test ($P < 0,05$)

Kết thúc quá trình phân lập và sàng lọc các chủng vi sinh vật chịu mặn sinh chất kích thích sinh trưởng thực vật, nghiên cứu đã lựa chọn được chủng vi khuẩn ĐT1 chịu mặn vừa có khả năng sinh IAA cao nhất, đồng thời có khả năng cố định đạm cao để tiến hành định danh chủng vi khuẩn.

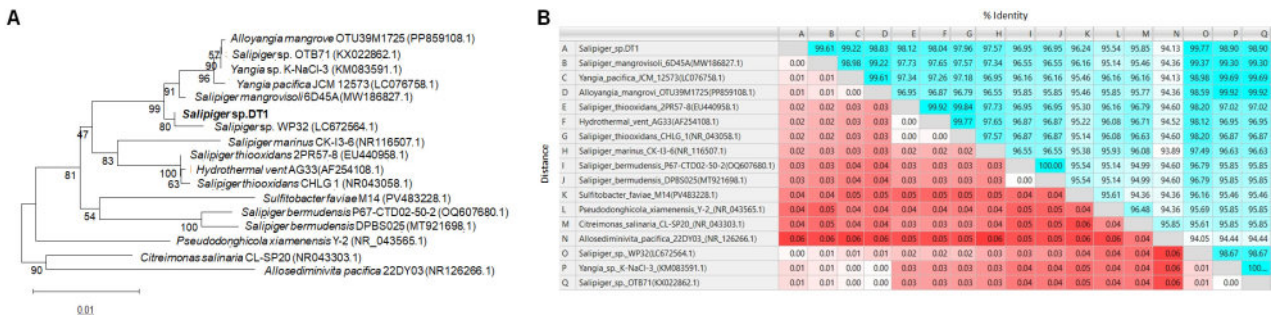
3.4. Kết quả định danh chủng vi khuẩn chọn lọc dựa trên đặc điểm hình thái và giải trình tự 16S rRNA

Chủng ĐT1 được nhuộm gram và soi nổi khuẩn lạc. Khuẩn lạc ĐT1 có hình tròn, màu trắng đục, bề mặt mịn và bóng. Nhuộm gram soi hình thái vi khuẩn thấy ĐT1 thuộc nhóm gram âm và có cấu tạo hình que (Hình 4).



Hình 4. Hình thái khuẩn lạc và hình thái tế bào chủng ĐT1. A. Hình thái khuẩn lạc (chụp bằng kính hiển vi soi nổi Zeiss Stemi 305), B. Hình thái tế bào nhuộm gram với độ phóng đại 1000 lần (chụp bằng kính hiển vi Zeiss primo star)

Với trình tự nucleotide thu được của chủng vi khuẩn ĐT1, so sánh với các trình tự đã được công bố trên cơ sở dữ liệu Genbank NCBI để xây dựng cây phát sinh chủng loại và lập bảng hệ số tương đồng (Hình 5). Trình tự đoạn gen 16S rRNA của chủng ĐT1 cho thấy có quan hệ gần gũi với các chủng thuộc chi *Salipiger*. Đặc biệt, chủng vi khuẩn này có mức độ tương đồng đến 99,61% với loài *Salipiger mangrovisoli* (MW186827). Do đó, chúng tôi tạm đặt tên cho chủng vi khuẩn này là *Salipiger mangrovisoli* ĐT1. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trên thế giới về vai trò của *Salipiger mangrovisoli* trong hệ sinh thái rừng ngập mặn, được ghi nhận đóng góp quan trọng vào chu trình dinh dưỡng và kích thích sinh trưởng thực vật. *Salipiger mangrovisoli* là được phân lập từ đất rừng ngập mặn và được mô tả lần đầu tiên bởi Du và cộng sự (2021) [3]. Loài này khả năng thích nghi tốt với môi trường khắc nghiệt của rừng ngập mặn, thường tham gia vào các quá trình phân hủy chất hữu cơ và tái chế dinh dưỡng trong đất ngập mặn, góp phần duy trì sự cân bằng sinh thái và cung cấp chất dinh dưỡng cho thực vật [3].



Hình 5. Cây phát sinh chủng loại và bảng hệ số tương đồng của chủng ĐT1.

A. Cây phát sinh chủng loài của chủng ĐT1. Cây phát sinh chủng loài được xây dựng dựa trên trình tự tương đồng vùng gen 16S rRNA, xử lý bằng phương pháp Neighbor-Joining. Thang đo = 0,01 thay đổi vị trí nucleotide, thể hiện khoảng cách di truyền. Giá trị ở các nốt là giá trị thống kê bootstrap dưới dạng phần trăm (1000 lần lặp lại). B. Bảng hệ số tương đồng của 17 gen 16S rRNA của các chủng vi khuẩn thuộc chi *Salipiger* và họ *Rhodobacteraceae*

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu phân lập được 7 chủng vi khuẩn gồm: đất vùng rễ cây Trang (6 chủng) và nội sinh trong rễ (1 chủng), có khả năng tổng hợp IAA (3,9–91,6 mg/L), khả năng cố định nitơ (18,31–71,06 mg/L) và chịu mặn NaCl 7%. Chủng ĐT1, với khả năng sản xuất IAA cao nhất và có khả năng cố định đạm, được xác định thuộc loài *Salipiger mangrovisoli* (tương đồng 99,61% gen 16S rRNA) và đặt tên *Salipiger mangrovisoli* ĐT1. Kết quả cho thấy *S. mangrovisoli* ĐT1 có tiềm năng làm vi khuẩn chịu mặn có khả năng kích thích sinh trưởng, góp phần phục hồi rừng ngập mặn. Tuy nhiên, trước khi ứng dụng làm chế phẩm sinh học, cần tiếp tục thử nghiệm trên cây giống ngoài thực địa và đánh giá khả năng sản xuất quy mô lớn để bảo đảm hiệu quả và độ ổn định trong các điều kiện môi trường khác nhau.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Nguồn ngân sách khoa học và công nghệ Trường Đại học Thủy lợi trong đề tài mã số CS2025-21. Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Thủy lợi đã tài trợ kinh phí thực hiện đề tài.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ambrosini, A, & Passaglia, LM (2017) Plant growth-promoting bacteria (PGPB): isolation and screening of PGP activities. *Current protocols in plant biology* 2(3): 190-209.
- [2] Dai, Z., Yuan, R., Yang, X., hienni, H., Zhuo, M., & Wei, M. (2025). Salinity-responsive key endophytic bacteria in the propagules of *Kandelia obovata* enhance salt tolerance in rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 24(5), 1738-1753.
- [3] Du J, Liu Y, Pei T, Deng MR, Zhu H (2021). *Salipiger mangrovisoli* sp. nov., isolated from mangrove soil and the proposal for the reclassification of *Paraphaeobacter pallidus* as *Salipiger pallidus* comb. nov. *Int J Syst Evol Microbiol*. 2021 Jul;71(7). doi: 10.1099/ijsem.0.004892. PMID: 34270400.
- [4] Giang Cẩm Tú, Trần Thị Bích Huy, Nguyễn Trung Hiếu, & Lư Gia Hân. (2023). Tuyển chọn những dòng vi khuẩn chịu mặn có khả năng cố định đạm và phân giải lân từ đất rễ chuối ở Cần Giờ. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, 5(4), 38–44.
- [5] Glickmann, E, & Dessaux, Y (1995) A critical examination of the specificity of the Salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. *Applied and environmental microbiology* 61(2): 793-796.
- [6] Hoang, K., Nguyen, T., Tran, T., Tran, T., & Le, H. (2024). Novel *Bacillus* spp. as promising halotolerant growth promoting rhizobacteria from mangrove plant *Sonneratia caseolaris*. *Applied Ecology & Environmental Research*, 22(5).
- [7] Kumar, A, Singh, R, Yadav, A, Giri, D, Singh, P, & Pandey, KD (2016) Isolation and characterization of bacterial endophytes of *Curcuma longa* L. *3 Biotech* 6: 1-8.
- [8] Manh Tuong, H, Garcia Mendez, S, Vandecasteele, M, Willems, A, Luo, D, Beirinckx, S, & Goormachtig, S (2022) *Stenotrophomonas* sp. SRS1 promotes growth of *Arabidopsis* and tomato plants under salt stress conditions. *Plant and Soil* 473(1): 547-571.
- [9] Nguyễn Anh Huy & Nguyễn Hữu Hiệp (2018). Phân lập và nhận diện các dòng vi khuẩn chịu mặn có khả năng cố định đạm và tổng hợp IAA từ đất sản xuất lúa - tôm ở Bạc Liêu, Sóc Trăng và Kiên Giang. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 54(1), 7-12.
- [10] Nguyễn Thị Thu Hằng, & Nguyễn Hữu Hiệp. (2018). Tuyển chọn vi khuẩn nội sinh sinh IAA chịu mặn từ vùng chuyên canh lúa-tôm Bạc Liêu. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 54, 42–48.
- [11] Vũ Văn Dũng. (2023). Nghiên cứu tuyển chọn các chủng vi khuẩn chịu mặn có đặc tính kích thích sinh trưởng thực vật và tác động đến biểu hiện gen liên quan đến đáp ứng mặn của cây lúa. Luận án tiến sĩ, Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
- [12] Wang, Y., Liu, X., Bai, Y., et al. (2022). Revealing plant growth-promoting mechanisms of *Bacillus* strains in elevating rice growth and its interaction with salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, 994902. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.994902>.

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẬT LIỆU QUANG TỬ OPAL NGHỊCH ĐẢO TRÊN NỀN POLYSTYRENE

Lê Minh Thành

Trường Đại học Thủy lợi, email: thanhleminh@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nghiên cứu chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo đóng vai trò quan trọng trong khoa học và thực tiễn khi giúp mở rộng hiểu biết về cấu trúc nano điều khiển ánh sáng và phát triển vật liệu có vùng cấm quang học hiệu quả. Vật liệu này ứng dụng rộng rãi trong cảm biến quang học siêu nhạy, linh kiện quang điện tử, thiết bị phát huỳnh quang như LED và quang xúc tác, góp phần tăng hiệu suất và đa dạng hóa công nghệ. Trong nước và quốc tế, nghiên cứu chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo trên nền silica (SiO_2) xuất hiện khá sớm từ đầu thế kỷ 21 và được công bố nhiều [2, 6]. Trong khi đó, nghiên cứu chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo sử dụng nền polymer xuất hiện sau và thường là lựa chọn thay thế với ưu điểm dễ tổng hợp hạt polymer đồng nhất, dễ hòa tan để loại bỏ sau khi thẩm thấu vật liệu nền [1, 5].

Các nghiên cứu trước đây chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo (inverse opal photonic crystals, IOPC) chủ yếu được thực hiện với nền silica (SiO_2) hoặc các vật liệu khác [2, 3]. Ở Việt Nam hầu như chưa có công trình nghiên cứu nào về việc chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo trên nền polystyrene (PS). Do vậy, trong nghiên cứu này bước đầu giới thiệu các kết quả nghiên cứu trong việc chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo trên nền polystyrene, định hướng phát triển làm vật liệu chế tạo các cảm biến quang trong y học và sinh học.

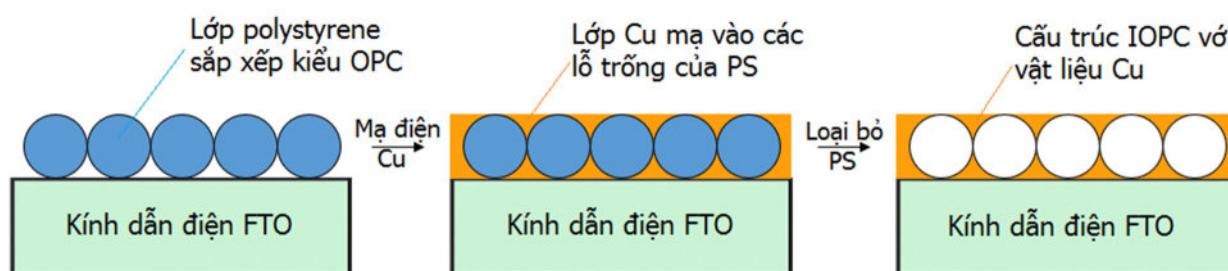
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các hóa chất được sử dụng bao gồm $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (ethanol), $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (potassium persulphate), $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$ (sodium dodecyl sulfate, SDS hoặc sodium lauryl sulfate, SLS), C_8H_8 (styrene). Cùng với các thiết bị như máy ly tâm tốc độ cao (model DLAB D1012UA), tủ sấy đối lưu cưỡng bức (Daihan Scientific ON-50), máy khuấy từ gia nhiệt (IKA C-MAG HS4), máy rung siêu âm (Ultrasonic Steri-Cleaner), thiết bị điện hóa đa năng (CPA-PGS-HH10), máy phổ kế UV-Vis-NIR (AvaSpec-Varius Spectrometer), kính hiển vi điện tử quét (SEM), thiết bị đo phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR-SPEC2).

Trong nghiên cứu này, phương pháp chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo trên nền polystyrene được tham khảo một phần từ các tài liệu [3, 4], bao gồm các bước chính sau:

- + Tổng hợp hạt polystyrene (PS) đồng nhất từ styrene bằng kỹ thuật trùng hợp, quá trình trùng hợp cần kiểm soát kích thước hạt nhằm tạo hạt quả cầu có kích thước và phân bố đều, làm khuôn cho cấu trúc opal ở các bước tiếp theo. Dung dịch phản ứng được tạo ra bằng cách trộn SDS 0.12 g, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 0.15 g với 5.5 mL nước cất và 10.0 mL cồn vào lọ thủy tinh nhỏ, sau đó sục khí N_2 vào lọ thủy tinh và khuấy tan muối. Để tạo huyền phù PS, ta cho từ từ 350 μL styren vào dung dịch trong lọ thủy tinh và khuấy với tốc độ 300 vòng/phút và duy trì nhiệt độ 70°C trong 4 giờ. Cuối cùng, ly tâm (4000 rpm, 15 phút) để tách huyền phù PS, thêm $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ rồi loại bỏ phần nước bên trên.
- + Thực hiện rung siêu âm giúp dung dịch polystyrene tự lắp ráp các hạt polystyrene bằng phương pháp lắng đọng trọng lực kết hợp với việc chúng tự sắp xếp liên tục, tạo thành màng mỏng với cấu trúc tinh thể opal (cấu trúc đều đặn ba chiều, opal photonic crystal, OPC), đây chính là lớp nền polystyrene. Siêu âm lọ đựng PS để huyền phù PS được phân tán đều. Sau đó dùng micropipet lấy 30 μL huyền phù PS nhỏ lên mặt nước, khuấy con từ khoảng 15 phút rồi tắt để yên khoảng 15 phút. Vớt lớp PS nổi trên mặt nước và đặt lớp PS lên tấm kính đã phủ lớp kỵ nước, để không khô khoảng 30 phút.

- + Thực hiện mạ điện phân để phân bố lớp vật liệu thứ hai (kim loại Cu) vào lớp nền polystyrene đã được trải trên một tấm kính dẫn điện FTO (Fluorine-doped Tin Oxide, FTO glass), quá trình điện phân cần điều chỉnh sao cho đảm bảo vật liệu nền thứ hai thấm đầy vào các khoảng trống giữa các hạt polystyrene trong cấu trúc opal. Quá trình điện phân dùng điện cực làm việc (WE) là lớp chất nền FTO phủ PS. Điện cực đối (CE) là điện cực Pt. Dung dịch điện ly gồm hỗn hợp 0.25 mM $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.40 M Na_2SO_4 . Quá trình mạ thực hiện với cường độ dòng 0.02mA trong thời gian 30 phút.
- + Loại bỏ các hạt polystyrene (khuôn polymer ban đầu) bằng cách nhúng toàn bộ hệ vật liệu ở bước 3 vào trong dung môi toluene trong thời gian 3 giờ. Sau quá trình hòa tan PS sẽ để lại mạng lưới lỗ rỗng đối xứng ba chiều với cấu trúc opal nghịch đảo (inverse opal photonic crystal, IOPC) bằng vật liệu Cu, với hệ thống lỗ có kích thước và vị trí tương ứng với hạt polystyrene ban đầu. Kết quả bước 3 và bước 4 được minh họa trên Hình 1.



Hình 1. Minh họa quy trình chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo trên nền polystyrene

Vật liệu sau khi thu được, đem kiểm tra tính chất và cấu trúc vật liệu đã chế tạo qua các phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM), phổ phản xạ ánh sáng (%Reflectance) và phổ hồng ngoại FTIR để đánh giá tính đồng đều và vùng cấm quang học của vật liệu nghịch đảo thu được. Phương pháp đo SEM được thực hiện với các điều kiện như điện áp khảo sát 5.0 kV, khoảng cách làm việc khoảng 7.9 mm, chế độ thu ảnh dùng detector SE (Secondary Electron), độ phóng đại ở hai mức là 5k và 20k, mẫu được quan sát ở trạng thái khô, bề mặt đồng đều để lấy được ảnh chi tiết rõ ràng. Phương pháp đo FTIR được tiến hành với các điều kiện như phạm vi bước sóng quét từ khoảng 400 cm^{-1} đến 4500 cm^{-1} (vùng hồng ngoại trung bình đến gần hồng ngoại xa), chế độ đo là đo phổ hấp thụ hoặc truyền qua, với độ phân giải khoảng 4 cm^{-1} hoặc tốt hơn để phân biệt rõ các đỉnh hấp thụ, số lần quét thường từ 32 đến 64 lần để cải thiện tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu, mẫu được chuẩn bị dưới dạng màng mỏng, bột trộn với KBr, hoặc màng polymer mỏng.

Phương pháp chế tạo vật liệu này tận dụng ưu điểm dễ tổng hợp và kiểm soát kích thước hạt polystyrene, đồng thời cho phép điều chỉnh vùng cấm quang học qua kích thước hạt và vật liệu nền thấm. Ngoài ra, kỹ thuật mạ điện phân để thấm vật liệu nền thứ hai (Cu) vào mẫu polystyrene opal cũng là công nghệ tiên tiến giúp tạo vật liệu nghịch đảo chất lượng cao, khả năng ứng dụng trong cảm biến, xúc tác quang và linh kiện quang tử. Để kiểm tra xem đã loại bỏ hoàn toàn các hạt polystyrene trong cấu trúc IOPC-Cu, nghiên cứu đã dùng phương pháp hòa tan mẫu trong dung môi toluene trong khoảng 1 giờ và so sánh khối lượng trước và sau khi hòa tan, hoặc trong một số trường hợp có thể dùng thêm phương pháp chụp ảnh SEM để quan sát bề mặt và mặt cắt của vật liệu, xác định xem các lỗ rỗng tương ứng với vị trí hạt PS có được tạo ra rõ ràng không và có còn dấu vết vật liệu polymer ban đầu không.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả chế tạo vật liệu polystyrene cấu trúc opal

Từ hóa chất ban đầu là styrene C_8H_8 , quá trình tổng hợp polystyrene cho thấy kết quả khả quan với việc tạo ra các hạt polystyrene có kích thước đồng đều, thể hiện ở dung dịch có độ đồng nhất cao với màu trắng mịn đẹp (được minh họa trên Hình 2a), điều này rất quan trọng để đảm bảo khả năng tự sắp xếp thành mạng tinh thể opal ổn định và đều đặn trong các bước sau.

Phương pháp lắng đọng trọng lực kết hợp với kỹ thuật tự sắp xếp được thực hiện bởi máy rung siêu âm giúp các hạt polystyrene tự sắp xếp tạo thành cấu trúc tinh thể opal (cấu trúc đều đặn ba chiều, opal photonic crystal, OPC). Lớp vật liệu được bố trí trên bề mặt một tấm kính để tạo thành màng mỏng, đây chính là lớp nền polystyrene (OPC-PS) được minh họa trên Hình 2b.



Hình 2a. Dung dịch polystyrene thu được sau quá trình trùng hợp

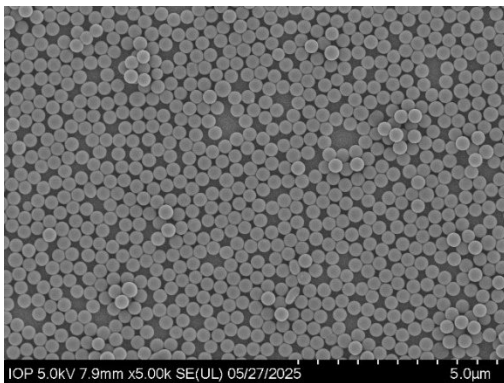


Hình 2b. Màng polystyrene cấu trúc opal (OPC-PS) được trải trên nền kính

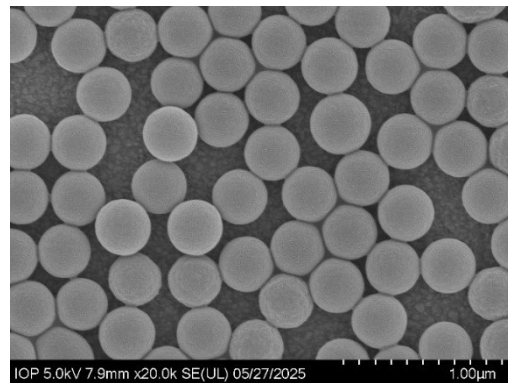
Có thể thấy việc tự thực hiện quá trình trùng hợp cho phép kiểm soát tốt các thông số như kích thước hạt, độ phân tán và cấu trúc bề mặt, góp phần thuận lợi cho việc thẩm vật liệu nền và loại bỏ polystyrene trong các bước tiếp theo để tạo mẫu opal nghịch đảo chất lượng cao. Tuy nhiên, vẫn cần chú ý tối ưu hóa các điều kiện phản ứng nhằm giảm sự kết dính không đều giữa các hạt, cũng như nâng cao độ tinh khiết để giảm thiểu tạp chất ảnh hưởng đến tính chất quang học của sản phẩm cuối cùng. Kết quả chế tạo lớp OPC-PS về cơ bản đáp ứng tốt yêu cầu trong nghiên cứu vật liệu quang tử opal nghịch đảo.

3.2. Kết quả kiểm tra cấu trúc vật liệu bằng ảnh SEM

Mẫu vật liệu OPC-PS đã được đem chụp ảnh bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để kiểm tra cấu trúc tuần hoàn kiểu opal của vật liệu quang tử, kết quả được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3a. Ảnh SEM của OPC-PS độ phóng đại 5k



Hình 3b. Ảnh SEM của OPC-PS ở độ phóng đại 20k

Ở độ phóng đại 5k (Hình 3a), các vi cầu polystyrene có kích thước đồng đều và được sắp xếp theo cấu trúc trật tự trên diện rộng, cho thấy quá trình tự lắp ráp diễn ra tương đối hiệu quả. Ở độ phóng đại 20k (Hình 3b), từng vi cầu được quan sát rõ ràng với hình dạng gần như đồng đều, tiếp xúc chặt chẽ với nhau mà ít có hiện tượng nứt vỡ hay khoảng trống lớn, các hạt cầu PS có kích thước trung bình khoảng 250-300nm. Kích thước trung bình của các lỗ rỗng bát diện trong khoảng 80-180nm. Cấu trúc mạng cho thấy các hạt được sắp xếp có tính trật tự cao. Sự đồng đều của mạng opal tốt. Điều này chứng tỏ lớp khuôn PS có chất lượng tương đối cao, phù hợp để sử dụng trong quá trình chế tạo các cấu trúc tinh thể quang học như IOPC-Cu. Kết quả ảnh SEM của vật liệu trong nghiên cứu này hoàn toàn tương đồng với kết quả đã công bố trong nghiên cứu [4] cũng chế tạo lớp nền PS để tạo tinh thể IOPC-Cu.

3.3. Kết quả kiểm tra tính chất quang bằng flash

Sau khi hoàn thành chế tạo vật liệu quang tử OPC-PS, quan sát vật liệu dưới điều kiện ánh sáng tự nhiên (Hình 4a) cho thấy bề mặt vật liệu có màu trắng mịn và tương đối bằng phẳng, điều đó thể hiện cấu trúc opal tuần hoàn của vật liệu được xác nhận rõ nét, bề mặt mịn với màu trắng đồng nhất cho thấy các hạt polystyrene đã tự lắp ráp thành mạng tinh thể opal với mức độ tổ chức tốt. Tuy nhiên, vật liệu này có độ bền cơ học hạn chế, dễ bị gãy vỡ khi xử lý. Khi chiếu sáng bằng đèn flash (Hình 4b), vật liệu phản xạ ánh sáng với sắc vàng xanh nổi bật, kết quả này là do sự kết hợp giữa hiện tượng phản xạ và nhiễu xạ ánh sáng trong cấu trúc tuần hoàn opal của vật liệu OPC-PS. Hiệu ứng phản xạ màu vàng xanh dưới ánh sáng đèn flash thể hiện sự tương tác phức tạp giữa sóng ánh sáng với cấu trúc tuần hoàn opal, minh chứng sự tồn tại của vùng cấm quang học (photonic band gap) trong vật liệu. Mặc dù vậy, tính ổn định về mặt cơ học của mẫu vẫn còn là điểm cần cải thiện để đáp ứng cho các ứng dụng thực tế. Kết quả này đánh dấu sự thành công bước đầu trong quá trình phát triển vật liệu quang tử opal dựa trên nền polystyrene với những đặc tính quang học tiềm năng.



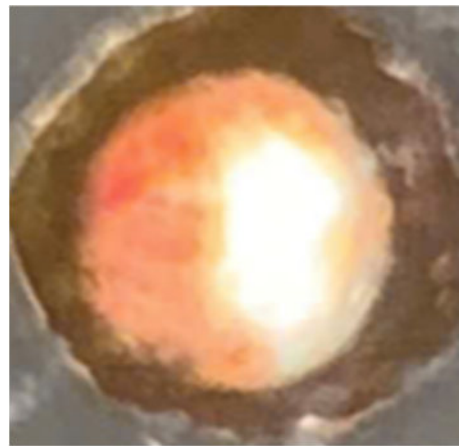
Hình 4a. Hình ảnh OPC-PS dưới ánh sáng tự nhiên



Hình 4b. Hình ảnh OPC-PS khi chiếu đèn flash



Hình 5a. Hình ảnh IOPC-Cu dưới ánh sáng tự nhiên



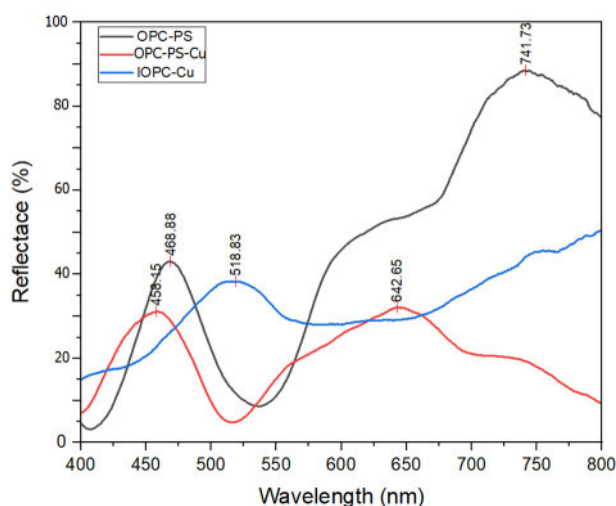
Hình 5b. Hình ảnh IOPC-Cu khi chiếu đèn flash

Sau khi hoàn tất quá trình mạ điện để tạo vật liệu quang tử với cấu trúc opal nghịch đảo IOPC-Cu, quan sát vật liệu dưới ánh sáng tự nhiên (Hình 5a) cho thấy bề mặt vật liệu mang sắc vàng đồng đặc trưng của kim loại đồng, với bề mặt tương đối đồng nhất nhờ hiệu quả mạ điện ổn định. Khi chiếu đèn flash (Hình 5b), vật liệu chuyển sang màu cam vàng, đây là kết quả của sự phản xạ phối hợp với nhiễu xạ ánh sáng phát sinh từ cấu trúc tuần hoàn opal nghịch đảo. Điều đó cho thấy lớp màng đồng phủ đều trên bề mặt, cùng với cấu trúc mạng lưới lỗ rỗng xen kẽ kiểu opal đã tạo ra vùng cấm quang rõ rệt, giúp kiểm soát ánh sáng một cách hiệu quả. Hiện tượng phát xạ ánh sáng cam vàng dưới đèn flash minh chứng cho sự tương tác phức tạp giữa ánh sáng và cấu trúc tuần hoàn này, đồng thời cũng có tính đồng đều về mặt cấu trúc bên ngoài của vật liệu IOPC-Cu. Những đặc điểm này hoàn toàn phù hợp với mục tiêu phát triển vật liệu quang tử opal nghịch đảo có khả năng điều chỉnh đặc tính quang học.

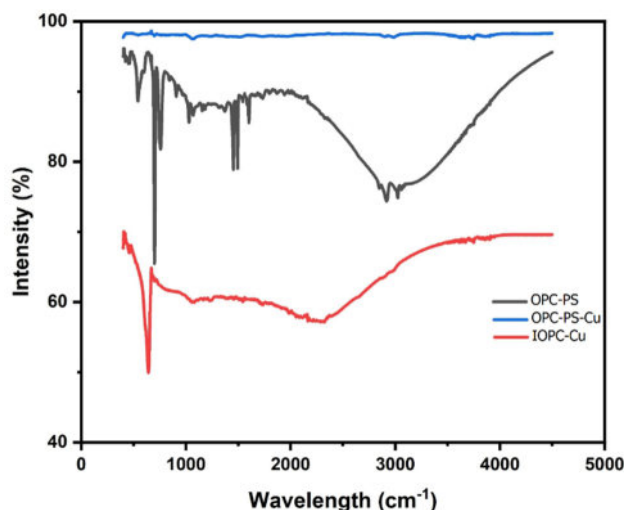
3.4. Kết quả đo phản xạ ánh sáng bằng phổ kế quang học

Kết quả đo khả năng phản xạ ánh sáng theo phương pháp phổ kế quang học của vật liệu quang tử opal ở ba giai đoạn khác nhau (OPC-PS, OPC-PS-Cu, IOPC-Cu) được thể hiện trên Hình 6.

Từ Hình 6 có thể thấy, đường OPC-PS (màu đen) có độ phản xạ rất cao ở bước sóng dài, đạt đỉnh 85% tại bước sóng 741.73 nm, với độ rộng vùng cấm quang (photonic band gap) khoảng 100nm, trong khi đó đường OPC-PS-Cu (màu đỏ) cho thấy độ phản xạ thấp hơn nhiều, chỉ xuất hiện với hai đỉnh nhỏ khoảng 30% ở các bước sóng 458.15 nm và 642.65 nm. Với vật liệu quang tử với cấu trúc opal nghịch đảo IOPC-Cu (màu xanh) lại thể hiện có độ phản xạ trung gian, với đỉnh phản xạ ở khoảng 38% tại bước sóng 518.83 nm và tăng dần về phía bước sóng dài.



Hình 6. Phổ phản xạ của vật liệu ở ba giai đoạn: trước khi mạ Cu lên OPC-PS, sau khi mạ Cu lên OPC-PS, sau khi loại bỏ polystyrene



Hình 7. Phổ hồng ngoại FTIR của vật liệu ở ba giai đoạn: trước khi mạ Cu lên OPC-PS, sau khi mạ Cu lên OPC-PS, sau khi loại bỏ polystyrene

Như vậy, phổ phản xạ đã chứng minh có sự biến đổi đáng kể tính quang học của vật liệu sau quá trình mạ đồng và sau khi tạo ra vật liệu dạng IOPC, thể hiện ở việc vật liệu ở mỗi giai đoạn đã tạo ra các phổ phản xạ đặc trưng cho từng giai đoạn. Vùng cấm quang xuất hiện do cấu trúc tuần hoàn của tinh thể quang tử (opal) tạo ra giao thoa tăng cường ánh sáng tại bước sóng λ_0 (phản xạ Bragg).

3.5. Kết quả chụp phổ FTIR của vật liệu quang tử

Các mẫu vật liệu cũng đã được đem chụp phổ hồng ngoại (FTIR) nhằm mục đích xác định thành phần hóa học, cấu trúc phân tử, và các đặc tính của vật liệu thông qua việc phân tích sự hấp thụ, phản xạ, hoặc phát xạ ánh sáng hồng ngoại của mẫu vật, kết quả được thể hiện ở Hình 7.

Ở Hình 7 cho thấy, với mẫu OPC-PS (đường màu đen), phổ hiển thị nhiều dải hấp thụ đặc trưng trong vùng 500-1700 cm^{-1} , điển hình cho cấu trúc của polystyrene. Cụ thể, các dải dao động tại khoảng 1500-1600 cm^{-1} được gán cho dao động kéo giãn của liên kết C=C trong vòng thơm, trong khi các tín hiệu tại khoảng 1450-1500 cm^{-1} phản ánh dao động biến dạng của nhóm CH_2 và C-H trên khung polymer. Ở vùng hấp thụ khoảng 1600 cm^{-1} của OPC-PS (đường màu đen), sự xuất hiện 2 đỉnh hấp thụ kèm theo sự giảm cường độ từ gần 90% xuống khoảng 80% là do trong phổ FTIR của polystyrene, vùng 1600 cm^{-1} gồm ít nhất hai dao động kéo căng C=C khác nhau trong vòng benzen, tạo ra hai đỉnh tách biệt nằm gần nhau. Điều này phản ánh các cách dao động khác nhau trong nhóm thơm (điển hình là dao động kéo căng C=C dạng đối xứng và không đối xứng). Việc giảm cường độ (intensity drop) là do khi ánh sáng hồng ngoại bị hấp thụ ở bước sóng này mạnh, cường độ truyền qua giảm nhanh dẫn đến hiện tượng cường độ phổ giảm trên trục y. Do trục y là cường độ (%) chứ không phải hấp thụ trực tiếp, nên sự giảm từ ~90% xuống ~80% tương ứng với tăng hấp thụ mạnh tại bước sóng này. Bên cạnh đó, trong phổ của OPC-PS, vùng 750-800 cm^{-1} thể hiện đỉnh hấp thụ đặc trưng của dao động ngoài mặt phẳng của vòng benzen. Những dải phổ sắc nét và rõ ràng này chứng minh rằng cấu trúc polystyrene vẫn còn nguyên vẹn trong mẫu OPC-PS.

Ngược lại, phổ của mẫu OPC-PS-Cu (đường màu xanh dương) gần như không có tín hiệu hấp thụ rõ ràng nào. Phổ này tương đối phẳng và duy trì cường độ phản xạ cao trên toàn dải quang phổ. Điều này cho thấy rằng bề mặt mẫu đã được phủ hoàn toàn bằng một lớp đồng kim loại. Do tính chất dẫn điện và không có dao động phân tử đặc trưng trong vùng hồng ngoại, các lớp kim loại đồng không tạo ra peak phổ hấp thụ rõ rệt trong phổ FTIR. Sự hiện diện của lớp phủ đồng cũng góp phần làm giảm hoặc che khuất tín hiệu từ nền polystyrene bên dưới. Cuối cùng, đối với mẫu IOPC-Cu (đường màu đỏ) phổ thể hiện sự thay đổi rõ rệt so với mẫu OPC-PS. Các dải hấp thụ đặc trưng của polystyrene gần như biến mất, đặc biệt là trong vùng $700-1600\text{ cm}^{-1}$. Điều này xác nhận rằng polystyrene đã bị giảm mạnh hoặc đã bị loại bỏ thành công, để lại cấu trúc nghịch đảo với hệ lỗ rỗng (tức là cấu trúc inverse opal). Ở vùng dưới 1000 cm^{-1} có đỉnh sắc nét minh chứng có thể có sự hiện diện của liên kết Cu–O, do một phần đồng đã bị oxi hóa trong cấu trúc.

Như vậy, phổ FTIR của ba mẫu vật liệu đã thể hiện quá trình biến đổi vật liệu một cách rõ ràng qua ba giai đoạn: ban đầu là cấu trúc polystyrene thuần (OPS-PC) với các dải phổ đặc trưng, tiếp theo là sự phủ đồng làm mờ phổ hấp thụ (OPC-PS-Cu), và cuối cùng là sự loại bỏ hoàn toàn nền PS để thu được cấu trúc nghịch đảo giàu lỗ rỗng (IOPC-Cu). Những thay đổi này khẳng định tính hiệu quả của quy trình chế tạo vật liệu quang tử nghịch đảo chứa đồng và hỗ trợ ứng dụng cho việc phát triển các cảm biến quang học có độ nhạy cao.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chế tạo vật liệu quang tử opal nghịch đảo trên nền polystyrene bằng phương pháp trùng hợp polystyrene, kết hợp kỹ thuật tự lắp ráp và mạ điện phân để tạo cấu trúc nano với mạng lưới lỗ rỗng đều đặn ba chiều kiểu opal. Qua phân tích SEM, phổ phản xạ và phổ hồng ngoại, vật liệu thành phẩm không chỉ sở hữu cấu trúc opal nghịch đảo tương đối đồng đều, ổn định mà còn có vùng cấm quang học rõ rệt, chứng minh khả năng kiểm soát ánh sáng hiệu quả. Điều này mở ra hướng phát triển mới cho các vật liệu quang tử ứng dụng trong cảm biến quang học, linh kiện quang điện tử và công nghệ năng lượng tái tạo, đồng thời đánh dấu bước tiến kỹ thuật quan trọng trong lĩnh vực vật liệu nano tại Việt Nam. Bên cạnh đó, việc sử dụng polystyrene làm nền khuôn giúp giảm chi phí và tạo điều kiện thuận lợi trong nghiên cứu tại các phòng thí nghiệm trong nước, góp phần nâng cao khả năng chủ động và hội nhập quốc tế trong lĩnh vực khoa học vật liệu tiên tiến.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hu Wei, Changbing Chen, and Dafeng Yang. (2024). Applications of inverse opal photonic crystal hydrogels in the preparation of acid–base color-changing materials. *Royal Society of Chemistry's Advances*, 2243-2263.
- [2] L. M. T, N. H. N. (2024). Nghiên cứu chế tạo vật liệu quang tử định hướng ứng dụng phát hiện bệnh đái tháo đường. *Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên Trường Đại học Thủy lợi 2024 (ISBN 978-604-82-2548-3)*, 493-495.
- [3] Pham Hong Phong, T. H. (2025). Improving the label-free rapid semi-quantification of E.coli by AgNPs-decorated hydrogel inverse opal photonic crystals. *Photonics and Nanostructures Fundamentals and Applications Journal*, Volume 63, article id. 101303.
- [4] Pham Quang Nhat. (2018). Fabrication of Copper Inverse Opals for Microscale Liquid Transport in Polycrystalline Porous Media. *UC Irvine Electronic Theses and Dissertations*, 6-25.
- [5] Qian Yao Fang, Shijia Wang, Jiahao Lia, and Xin Su. (2024). Fabrication of closed-cell inverse opal photonic crystal pigments with angle-independent and stable structural colors. *Materials Chemistry Frontiers*, 3731-3740.
- [6] Van-Phuc Dinh, Duy-Khoi Nguyen, Quang-Hung Nguyen, Thi-Thuy Luu, Thi Hai Yen Pham, Thi Thu Ha Vu, Han-Sheng Chuang, Hong-Phong Pham. (2021). Fabrication of SiO₂/PEGDA Inverse Opal Photonic Crystal with Fluorescence Enhancement Effects. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, Volume 2021, Article ID 6613154.

PHÂN TÍCH TÁC ĐỘNG CÁC YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG QUY MÔ LỚN TỚI DÒNG CHẢY THÁNG TẠI TRẠM THỦY VĂN ĐẮK NÔNG

Nguyễn Thị Lương Hằng¹, Nguyễn Tiến Thành²

¹Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Lâm Đồng, email: luonghang.btkh@gmail.com

²Trường Đại học Thủy lợi

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, các phương pháp học máy (Machine Learning) đang được ứng dụng rộng rãi trong các bài toán khí tượng thủy văn dựa trên cơ sở xây dựng các mô hình và thuật toán có khả năng học hỏi và tự điều chỉnh dữ liệu. Để lập kế hoạch giảm thiểu rủi ro lũ, Ahmed và cs (2022) đã phát triển và so sánh 6 thuật toán học máy dựa trên dữ liệu từ 1990–2019, nhằm dự báo mực nước sông hàng ngày. Trong số đó, mô hình Gaussian Process Regression (GPR) cho kết quả chính xác cao nhất, đặc biệt hiệu quả trong việc dự đoán các giá trị cực trị [1]. Chiểu và cs (2024) đã ứng dụng các thuật toán như hồi quy tuyến tính (LR), SVR, RFR, MLPR và LGBMR để dự báo mực nước theo giờ tại hai trạm sông Kiến Giang của Việt Nam [2]. Kết quả đã cho thấy mô hình hồi quy tuyến tính (LR) cho kết quả độ chính xác cao nhất. Ghimire và cs (2021) đã sử dụng kết hợp mạng nơ-ron tích chập (CNN) và mạng bộ nhớ dài ngắn hạn (LSTM) trong sự so sánh với các phương pháp khác như CNN, LSTM, DNN để dự báo dòng chảy theo giờ tại sông Brisbane và suối Teewah ở Úc. Kết quả cho thấy CNN-LSTM cho kết quả vượt trội ở tất cả các khoảng thời gian dự báo từ 1 tới 2 tuần, 4 tuần và 9 tháng. Điều này cho thấy tiềm năng ứng dụng phương pháp học máy trong dự báo dòng chảy. Bên cạnh đó, nhiều các nghiên cứu trong và ngoài nước đã ứng dụng các phương pháp học máy trong bài toán dự báo ở các quy mô thời gian khác nhau như ngày [4], tuần [5], tháng [6], [7] và một số nghiên cứu khác [8], [9], [10].

Trong khi đó, Tây Nguyên là khu vực nằm ở độ cao trung bình 400–800 m so với mực nước biển, có địa hình cao nguyên, là nơi chuyển tiếp giữa vùng đồng bằng duyên hải miền Trung và vùng núi Trường Sơn Nam. Khí hậu Tây Nguyên mang đặc trưng của khí hậu nhiệt đới gió mùa với hai mùa rõ rệt: mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 10 và mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Tổng lượng mưa trung bình năm dao động từ 1.600 đến 2.600 mm, tập trung chủ yếu trong mùa mưa (chiếm hơn 85% tổng lượng mưa năm). Đặc biệt, chế độ mưa ở Tây Nguyên chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ các hoàn lưu quy mô lớn như gió mùa Tây Nam, dao động Madden–Julian (MJO), và hiện tượng ENSO (El Niño–Southern Oscillation). Diễn hình trong mùa mưa, gió mùa Tây Nam hoạt động mạnh mang theo hơi ẩm từ Ấn Độ Dương và Biển Đông gây mưa lớn cho khu vực, đặc biệt ở sườn đón gió phía tây của các dãy núi. Dao động MJO điều khiển sự dao động nội mùa của mưa, làm xuất hiện các đợt mưa dồn dập kéo dài trong vài tuần. Ngoài ra, El Niño thường gây ra khô hạn kéo dài trong mùa khô hoặc làm giảm lượng mưa mùa mưa, trong khi La Niña thường làm tăng lượng mưa và gia tăng nguy cơ lũ quét, sạt lở đất. Những yếu tố hoàn lưu này không chỉ điều tiết tổng lượng mưa mà còn ảnh hưởng đến thời điểm bắt đầu, kết thúc và cường độ của mùa mưa – yếu tố quan trọng đối với sản xuất nông nghiệp và quản lý tài nguyên nước của vùng [11], [12]. Tuy nhiên, cho tới nay những nghiên cứu về phân tích tác động các nhân tố khí tượng quy mô lớn phục vụ bài toán dự báo dòng chảy còn hạn chế. Vì vậy, trong nghiên cứu này, các tác giả tập trung phân tích tác động các nhân tố khí tượng quy mô lớn bao gồm các chỉ số WPI, SOI (Chỉ số dao động Nam), AMO, POD và NINO3-4 tới dòng chảy tháng tại trạm thủy văn Đăk Nông trên địa bàn tỉnh Đăk Nông cũ dựa trên cách tiếp cận học máy sử dụng thuật toán gradient boosting.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ DỮ LIỆU

Gradient Boosting là một thuật toán học máy thuộc nhóm ensemble learning, kết hợp nhiều mô hình yếu (weak learners, thường là cây quyết định) để tạo ra một mô hình mạnh với khả năng dự báo chính xác cao. LSBoost (Least Squares Boosting) là một thuật toán máy học trong nhóm các phương pháp Gradient Boosting, được thiết kế để giải quyết các bài toán hồi quy bằng cách tối thiểu hóa hàm mất mát bình phương và được sử dụng trong nghiên cứu này. Thuật toán này hoạt động bằng cách kết hợp tuần tự nhiều mô hình học yếu, thường là cây quyết định nông, để tạo ra một mô hình dự đoán mạnh mẽ hơn. Mỗi mô hình mới được huấn luyện nhằm học từ phần sai số của mô hình trước đó, qua đó cải thiện dần độ chính xác của mô hình tổng thể. Trong mỗi vòng lặp, LSBoost sẽ tính đạo hàm của hàm mất mát liên quan đến đầu ra của mô hình và xây dựng một mô hình học yếu mới để xấp xỉ đạo hàm đó, phản ánh hướng giảm dốc của sai số. Quá trình này được lặp lại cho đến khi đạt đủ số vòng lặp đã định hoặc khi sai số hội tụ. Các phương trình toán học của phương pháp này được tóm lược như sau:

Giả sử x_i và y_i là các biến được giải thích và M là số vòng lặp.

Thiết lập chuỗi huấn luyện $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^n, L(y, F) = \frac{1}{2}(y - F)^2$ với L là hàm mất mát (loss function) và $F_m(x)$ là hàm hồi quy

Khởi tạo với $F_0(x) = \bar{y}$

Với $m = 1$ tới M thì

$$\begin{aligned}\tilde{y}_i &= y_i - F_{m-1}(x_i) \text{ khi } i=1,2,\dots,N \\ (\rho_m, \alpha_m) &= \arg \min_{\rho, \alpha} \sum_1^N [\tilde{y}_i - \rho h(x_i; \alpha)]^2 \\ F_m(x) &= F_{m-1}(x) + \rho_m h(x; \alpha_m)\end{aligned}$$

Chi tiết về thuật toán này được giới thiệu trong thuật toán 3 được trình bày bởi Friedman [13].

Để đánh giá độ chính xác của phương pháp, một số chỉ số thống kê thông thường được sử dụng như (1) chỉ số R^2 . Đây là chỉ số đo lường mức độ giải thích của mô hình đối với biến phụ thuộc. Giá trị của R^2 dao động từ 0 đến 1, trong đó giá trị càng gần 1 thì mô hình càng tốt và (2) chỉ số RMSE, đây là chỉ số đo lường sai số trung bình của mô hình so với dữ liệu thực tế. Giá trị RMSE càng nhỏ thì mô hình càng tốt.

Một số chỉ số khí tượng quy mô lớn được sử dụng bao gồm:

WPI (Western Pacific Index): chỉ số khí tượng đại diện cho trạng thái của khí quyển và đại dương ở khu vực Tây Thái Bình Dương.

SOI (Southern Oscillation Index): SOI là một chỉ số đo sự khác biệt áp suất không khí giữa Tahiti và Darwin, Australia

AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation): AMO là một biến dao động đa thập kỷ ở Đại Tây Dương, mô tả sự biến thiên nhiệt độ bề mặt của đại dương theo chu kỳ từ 20 đến 40 năm

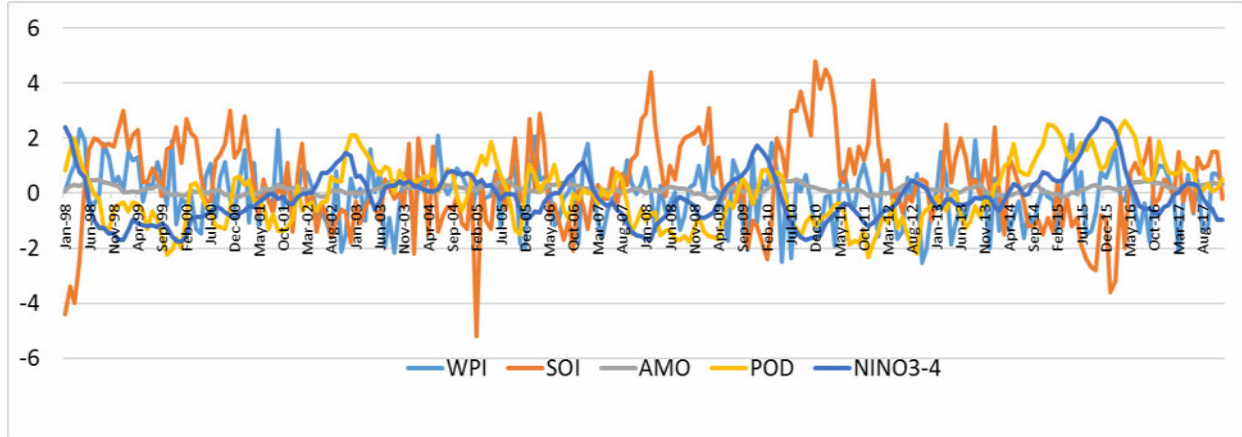
POD (Pacific Oscillation Index): POD là chỉ số mô tả sự biến đổi khí hậu trong khu vực Thái Bình Dương, thường đánh giá độ mạnh của các hiện tượng El Niño

NINO3.4: NINO3.4 có thể hiểu đơn giản là một khu vực chỉ định trong Thái Bình Dương mà các nhà nghiên cứu theo dõi nhiệt độ bề mặt nước biển để đánh giá các hiện tượng El Niño và La Niña.

Toàn bộ dữ liệu các chỉ số này được lấy từ Cục Khí tượng Hải dương Hoa Kỳ (<https://www.noaa.gov/>) trong giai đoạn 1998 tới 2017. Các dữ liệu dòng chảy được thu thập tại trạm Đăk Nông của Đài Khí tượng thủy văn Tây Nguyên.

3. KẾT QUẢ SỐ VÀ THẢO LUẬN

Hình 1 cho biết diễn biến các chỉ số khí tượng quy mô lớn theo thời gian từ tháng 1/1998 tới 12/2017. Nhìn chung, các chỉ số WPI và SOI có sự biến động mạnh trong khoảng thời gian này, cho thấy sự thay đổi khí hậu và các hiện tượng thời tiết cực đoan. NINO3-4 thường có xu hướng tăng cao vào những thời điểm mà SOI thấp. AMO có những biến động theo chu kỳ dài hạn, điều này có thể ảnh hưởng đến thời tiết khu vực Bắc Đại Tây Dương. Trong khi đó, SOI thường xuất hiện các đỉnh cao và thấp rõ rệt, cho thấy sự tác động trong mối quan hệ với hiện tượng El Niño và La Niña [14].

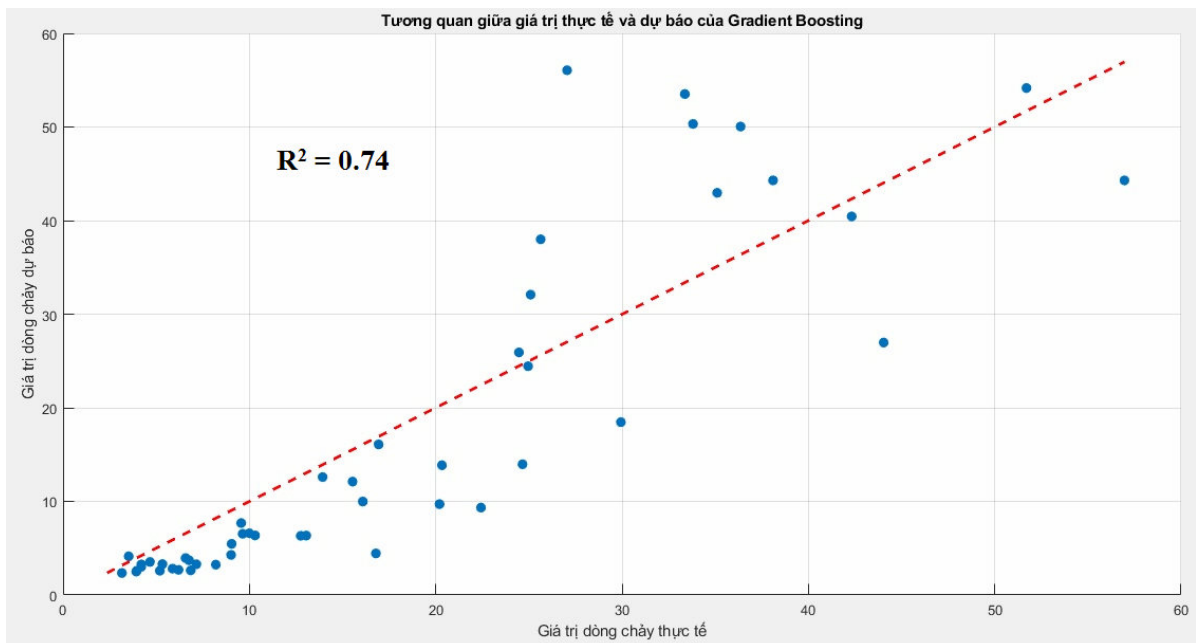


Hình 1. Diễn biến theo thời gian các chỉ số khí tượng quy mô lớn

Các tham số của mô hình LSBoost được chỉ ra trong bảng 1. Với số lượng 63 cây hồi quy được sử dụng để tăng cường mô hình, với mỗi lá trong cây có ít nhất 8 điểm dữ liệu đã được sử dụng để hạn chế vấn đề overfitting trong quá trình thực thi mô hình.

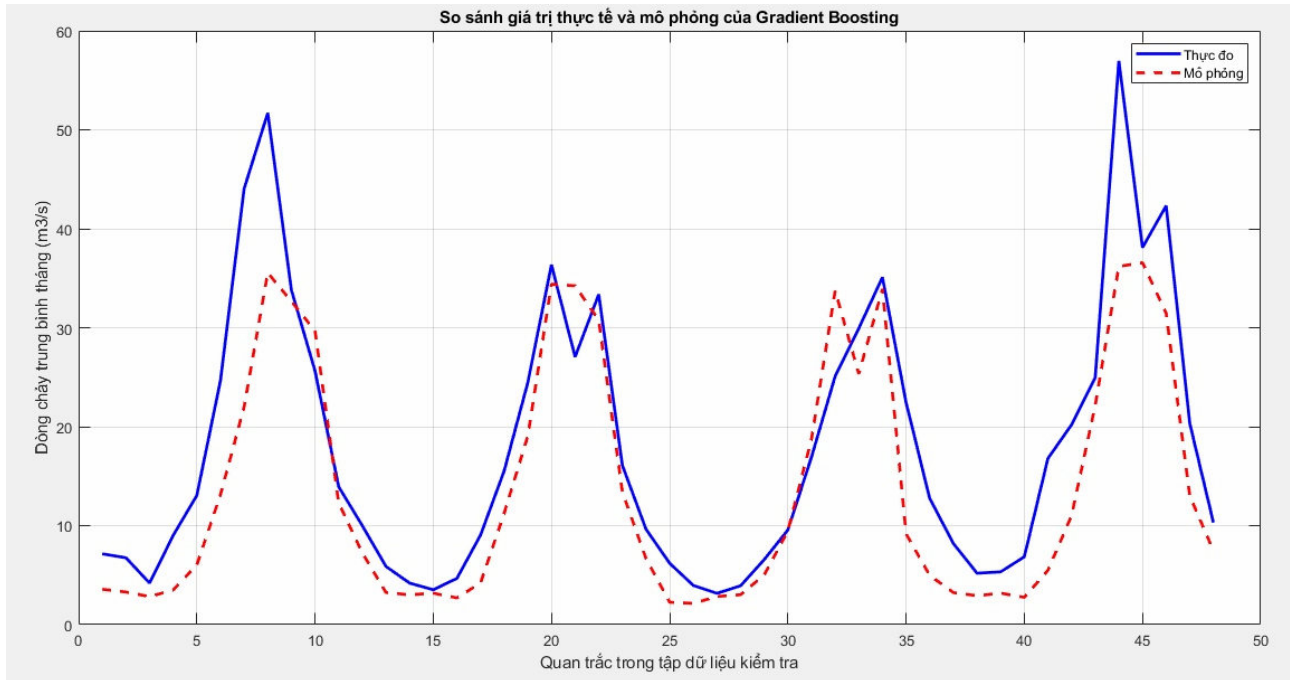
Bảng 1. Tham số LSBoost

Tham số	Giá trị
Số lượng học	63
Tỷ lệ học	0.1655
Kích thước lá tối thiểu	8



Hình 2. Tương quan giữa giá trị thực tế và dự báo sử dụng thuật toán gradient boosting

Hình 2 cho biết tương quan giữa giá trị thực tế và dự báo khi sử dụng thuật toán gradient boosting. Kết quả cho thấy với $R^2 = 0.74$ nghĩa là mô hình giải thích được khoảng 74% phương sai của dữ liệu thực. Hay nói cách khác mô hình có thể nắm bắt được phần lớn xu hướng của dữ liệu, nhưng vẫn còn khoảng 26% chưa giải thích được. Với chỉ số $RMSE = 7.01$ là khá tốt để phản ánh mức sai số trung bình giữa giá trị dự đoán và thực tế.

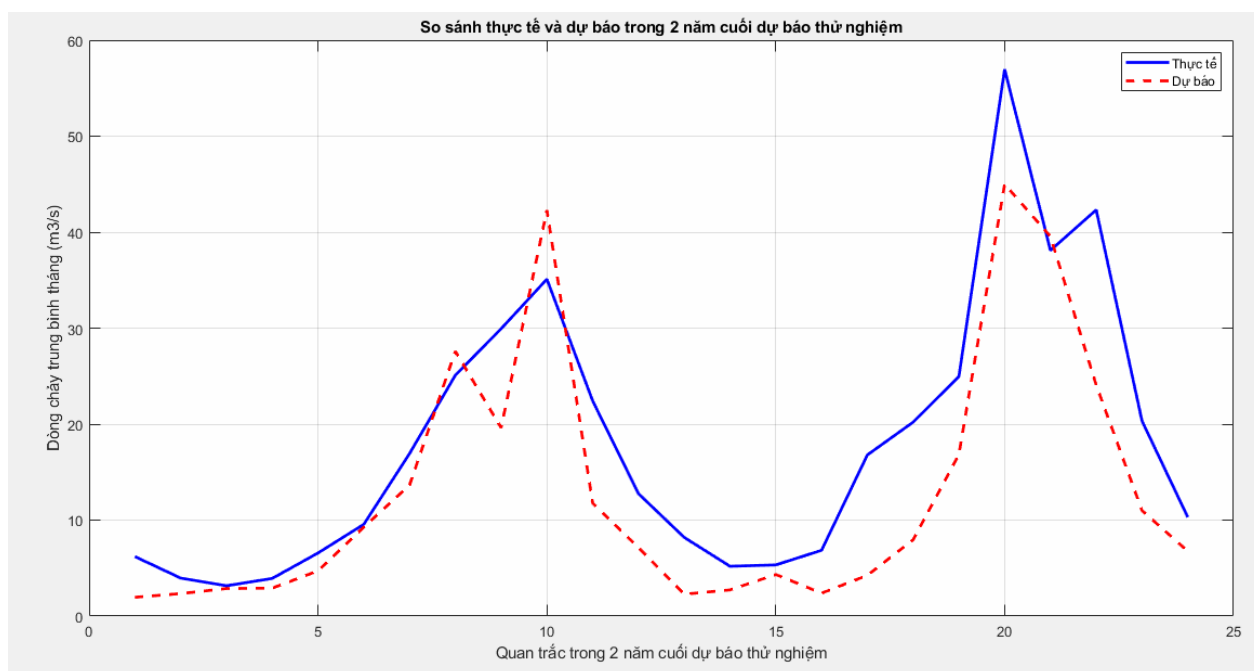


Hình 3. So sánh giá trị thực tế và dự báo sử dụng thuật toán gradient boosting

Hình 3 cho biết sự sai khác giữa giá trị thực tế và dự báo sử dụng thuật toán gradient boosting. Các chỉ số như SOI (ENSO), PDO hay NINO3.4 đều có ảnh hưởng lớn đến lượng mưa và dòng chảy ở khu vực Tây Nguyên và miền Trung Việt Nam với độ trễ khoảng 1–3 tháng, điều này phù hợp với khả năng mô hình hóa của LSBoost. Hình 3 đã chỉ ra mô hình LSBoost mô phỏng khá sát xu hướng chính của dòng chảy thực tế, đặc biệt ở các đỉnh lũ và trong mùa khô. Mô hình có xu hướng dự báo thấp hơn thực tế tại các đỉnh cao, ví dụ quanh điểm 10 và 46 điều này có thể do tỷ lệ học thấp. Trong khi các điểm dòng chảy nhỏ thì mô hình thể hiện khá tốt, sai số nhỏ và ổn định. Kết quả này cho thấy gradient boosting là phương pháp dự báo đáng tin cậy khi sử dụng các yếu tố khí tượng quy mô lớn.

Nhìn chung, hình 3 cho thấy LSBoost (Gradient Boosting) mô phỏng khá tốt xu thế chung và dạng biến thiên mùa vụ của dòng chảy, nhưng cũng thể hiện thiên lệch âm có hệ thống, nghĩa là mô hình thường dự báo thấp hơn quan trắc tại phần lớn các điểm dữ liệu, không chỉ ở các đỉnh lũ. Xu hướng này được thể hiện khi đường dự báo nằm dưới đường quan trắc ở cả các giai đoạn dòng chảy thấp và trung bình. Nguyên nhân có thể do đặc trưng của thuật toán boosting với tỷ lệ học và cấu hình cây được lựa chọn, cùng với giới hạn của dữ liệu huấn luyện, khiến mô hình ưu tiên sự ổn định và giảm biên độ cực trị. Tuy nhiên, mô hình vẫn tái hiện khá tốt được pha và hình dạng của các chu kỳ dòng chảy, cho thấy LSBoost phù hợp để mô phỏng xu hướng tổng thể. Trong bài toán này, nhóm tác giả chưa đi sâu vào tối ưu hóa tuyệt đối biên độ tại từng điểm mà chỉ xem xét ý nghĩa tổng thể; và vì vậy, đây cũng là hạn chế của nghiên cứu và sẽ được nhóm tác giả tập trung trong các nghiên cứu tiếp theo.

Hình 4 cho thấy cùng với gradient boosting có thể dự báo tốt xu hướng và các pha tăng, giảm dòng chảy. Dòng chảy thấp được dự báo ổn định với sai số nhỏ; tuy nhiên các đỉnh lũ lớn (khoảng quan trắc 10 và 20) vẫn tồn tại dự báo thấp hơn so với thực tế. Mặc dù vậy, mô hình vẫn thể hiện khả năng dự báo đáng tin cậy cho xu thế tổng thể.



Hình 4. So sánh giá trị thực tế và dự báo sử dụng thuật toán gradient boosting cho 2 năm cuối

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp học máy, sử dụng thuật toán Gradient Boosting để phân tích và làm sáng tỏ mối quan hệ giữa các chỉ số khí tượng quy mô lớn với dòng chảy tháng tại trạm Đăk Nông trên khu vực tỉnh Đăk Nông cũ. Kết quả cho thấy, gradient boosting có khả năng ứng dụng và mô phỏng khá tốt mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng quy mô lớn tới dòng chảy tại trạm thủy văn Đăk Nông trong đó nhấn mạnh tới tỷ lệ đóng góp SOI, PDO và NINO3.4. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng gradient boosting là cách tiếp cận đáng tin cậy và tiềm năng ứng dụng cao trong bài toán dự báo dòng chảy tháng khi sử dụng các yếu tố khí tượng quy mô lớn. Điều này đặc biệt có giá trị trong các bài toán khí tượng thủy văn, và đối với những khu vực đồi núi nơi thường hạn chế về dữ liệu đó trong khi các dữ liệu khí tượng quy mô lớn là hoàn toàn miễn phí. Trong thời gian tới, nhóm tác giả sẽ tiếp tục phân tích và so sánh, đánh giá các phương pháp học máy khác nhau để tìm phương pháp tối ưu trong bài toán dự báo dòng chảy tháng tại trạm trên khu vực này.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ahmed, Ali Najah, Ayman Yafouz, Ahmed H. Birima, Ozgur Kisi, Yuk Feng Huang, Mohsen Sherif, Ahmed Sefelnasr, and Ahmed El-Shafie. "Water level prediction using various machine learning algorithms: a case study of Durian Tunggal river, Malaysia." *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics* 16, no. 1 (2022): 422-440.
- [2] Chieu, Ta Quang, Nguyen Thi Phuong Thao, Dao Thi Hue, and Nguyen Thi Thu Huong. "Prediction of the water level at the Kien Giang River based on regression techniques." *River* 3, no. 1 (2024): 59-68.
- [3] Ghimire, Sujun, Zaher Mundher Yaseen, Aitazaz A. Farooque, Ravinesh C. Deo, Ji Zhang, and Xiaohui Tao. "Streamflow prediction using an integrated methodology based on convolutional neural network and long short-term memory networks." *Scientific Reports* 11, no. 1 (2021): 17497.
- [4] Fu, M. et al. Deep learning data-intelligence model based on adjusted forecasting window scale: Application in daily streamflow simulation. *IEEE Access* 8, 32632–32651 (2020).
- [5] Tabbussum, Ruhhee, and Abdul Qayoom Dar. "Performance evaluation of artificial intelligence paradigms—artificial neural networks, fuzzy logic, and adaptive neuro-fuzzy inference system for flood prediction." *Environmental Science and Pollution Research* 28, no. 20 (2021): 25265-25282.
- [6] Deo, R. C. & Şahin, M. An extreme learning machine model for the simulation of monthly mean streamflow water level in eastern Queensland. *Environ. Monit. Assess.* 188(2), 90 (2016).
- [7] Wang, W. C., Chau, K. W., Cheng, C. T. & Qiu, L. A comparison of performance of several artificial intelligence methods for forecasting monthly discharge time series. *J. Hydrol.* 374, 294–306 (2009).

- [8] L. Xuân Hòa and N. Tiền Giang, “Xây dựng các mô hình hồi quy hỗ trợ véc tơ dự báo mực nước trạm Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp,” *Vietnam J. Hydrometeorol.*, vol. 8, no. 740(1), pp. 87–97, 2022, doi: 10.36335/vnjhm.2022(740(1)).87-97.
- [9] Cao Hoàng Hải, Trần Anh Phương, Thái Quỳnh Như, Trần Mạnh Cường. Áp dụng trí tuệ nhân tạo vào dự báo lưu lượng đến hồ lưu vực sông Ba. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 09, pp. 22–33, 2019.
- [10] Trần Thị Tuyết, Đỗ Anh Đức, Hoàng Diệu Hằng, Đặng Thanh Tuấn. Nghiên cứu ứng dụng mô hình học máy vào dự báo mực nước hồ Buôn Tua Sarh. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy lợi* số 85-2024.
- [11] Nguyễn Đức Ngữ. Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2013.
- [12] Phạm Thị Châm, Trần Thị Thúy Nga, Hoàng Đức Cường, Nguyễn Đăng Quang, (2017), Nghiên cứu ngày bắt đầu gió mùa mùa hè, ngày bắt đầu mùa mưa ở Tây Nguyên và khả năng dự báo thời điểm bắt đầu mùa mưa bằng phương pháp phân tích Canon. *Tạp chí KTTV* số tháng 6/2017.
- [13] Friedman, J.H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Ann. Stat.* 2001, 1189–1232.
- [14] Nguyễn Đức Ngữ. Tác động của ENSO đến thời tiết, khí hậu môi trường và kinh tế xã hội ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học độc lập cấp nhà nước. Hà Nội 2002.

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ SÀNG LỌC TIỀN HÔN NHÂN BỆNH LÝ HEMOGLOBIN BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẮC KÝ LỎNG HIỆU NĂNG CAO

Trần Khánh Hòa

Trường Đại học Thủy lợi, email: tran Khanh Hoa@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hemoglobin (Hb) còn gọi là huyết sắc tố là một dạng protein nằm trong tế bào hồng cầu có nhiệm vụ vận chuyển oxy (O_2) từ phổi đến mô và carbonic (CO_2) từ mô về phổi. Mỗi phân tử hemoglobin có 2 cặp chuỗi globin giống nhau từng đôi một thuộc 2 họ khác nhau: họ alpha (α) và họ beta (β). Tùy theo từng giai đoạn phát triển của cơ thể mà tỉ lệ các loại hemoglobin trong máu cũng thay đổi. Bệnh lý hemoglobin được chia thành 2 nhóm: i) nếu các bất thường (đột biến) làm giảm hoặc không tổng hợp được chuỗi globin sẽ gây nên bệnh thiếu máu tan huyết (thalassemia). Trong đó, đột biến làm không tổng hợp được globin α sẽ gây bệnh α -thalassemia, đột biến làm không tổng hợp được globin β sẽ gây bệnh β -thalassemia; ii) nếu các đột biến trên gen làm thay đổi trong cấu trúc trong chuỗi globin sẽ gây nên các bệnh hemoglobin khác như thiếu máu hồng cầu hình liềm, bệnh gây ra do một axit amin trong cấu trúc của phân tử globin β bị thay thế làm ảnh hưởng đến chức năng và hình thái của hồng cầu, làm hồng cầu có dạng hình liềm và mất khả năng vận chuyển O_2 [7].

Người mắc bệnh lý hemoglobin thể nặng thường cần truyền máu định kỳ suốt đời, thải sắt liên tục, cắt gan, cắt lách và có thể mang nhiều biến chứng nghiêm trọng. Bệnh lý ảnh hưởng nặng nề đến chất lượng cuộc sống và gây gánh nặng kinh tế, xã hội lớn [5,6].

Địa Trung Hải là một trong những khu vực có tần suất người mang gen và mắc thalassemia cao nhất thế giới, đặc biệt là thể β -thalassemia. Ngoài khu vực Địa Trung Hải, thalassemia được thấy ở Châu Phi, Châu Mỹ, Châu Á. Cộng hòa Maldives là nước có tỷ lệ người lành mang gen rất cao (18% dân số), tỷ lệ này ước khoảng 16% ở đảo Síp, khoảng 1% dân số Thái lan, khoảng từ 3 - 8 % dân số Bangladesh, Trung quốc, Ấn Độ, Malaysia và Pakistan [7]. Ở Việt Nam, tỉ lệ mắc bệnh thalassemia và hemoglobin E (HbE) chiếm tỉ lệ cao và là một trong những nguyên nhân gây thiếu máu tán huyết thường gặp nhất. Tùy theo nhóm dân tộc, tỉ lệ dân số Việt Nam mang gen bệnh thay đổi từ 1,5 - 25% [7]. Để giảm thiểu tỉ lệ sinh con mắc bệnh hemoglobin thể nặng, các chương trình sàng lọc tiền hôn nhân đã được triển khai ở nhiều quốc gia. Mục tiêu của sàng lọc tiền hôn nhân là xác định các cặp vợ chồng có nguy cơ cao mắc bệnh thiếu máu tán huyết trước khi họ quyết định sinh con, từ đó tư vấn các xét nghiệm chẩn đoán, tư vấn mang thai và quản lý thai kỳ.

Xét nghiệm tổng phân tích tế bào máu (CTM) là một trong những phương pháp sàng lọc ban đầu phổ biến, tiết kiệm chi phí dựa trên lượng huyết sắc tố (Hgb), thể tích trung bình hồng cầu (MCV) và lượng huyết sắc tố trung bình hồng cầu (MCH). Trong đó, các giá trị MCV và MCH giảm là dấu hiệu gợi ý mắc bệnh thalassemia hoặc bệnh thiếu máu do thiếu sắt [3]. Tuy nhiên, xét nghiệm CTM không phân biệt được các loại thalassemia khác nhau hoặc các bệnh hemoglobin khác và có thể cho kết quả âm tính giả hoặc dương tính giả trong nhiều trường hợp.

Sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) là một trong các phương pháp sàng lọc để định lượng và xác định các biến thể hemoglobin. Các dạng hemoglobin khác nhau có điểm đẳng điện khác nhau tại các pH nhất định, do vậy, phương pháp HPLC thường sử dụng cột sắc kí trao đổi ion để tách và định lượng từng thành phần hemoglobin (như HbA, HbA₂, HbF, HbS, HbE, v.v.). Phương pháp HPLC được coi là tiêu chuẩn vàng trong sàng lọc và chẩn đoán thalassemia cũng như các bệnh hemoglobin khác, mang lại độ chính xác cao và khả năng phát hiện nhiều loại biến thể hemoglobin khác nhau [1]. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu quả của phương pháp HPLC trong sàng lọc thalassemia và các bất thường hemoglobin khác, từ đó đề xuất một chiến lược sàng lọc bệnh tối ưu cho cộng đồng, đặc biệt là các đối tượng tiền hôn nhân.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu thực hiện trên 547 mẫu máu toàn phần của học sinh một số trường phổ thông trung học (PTTH) được thu thập tại huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu từ đầu tháng 10 năm 2023 đến tháng 11 năm 2023. Các đối tượng tham gia nghiên cứu đều được cung cấp thông tin đầy đủ về ý nghĩa của xét nghiệm sàng lọc tiền hôn bệnh lý hemoglobin, ký cam kết đồng ý tham gia nghiên cứu này.

2.2. Mẫu bệnh phẩm

Mẫu máu tĩnh mạch được lấy vào ống lấy mẫu chân không, chứa chất chống đông EDTA-K3. Mẫu được bảo quản mát trong túi bảo quản mẫu chuyên dụng ở 2 - 8°C và phân tích trong vòng 24 - 72 giờ kể từ khi lấy mẫu. Những mẫu không đạt yêu cầu (quá thời gian quy định, mẫu bị đông đặc, không đảm bảo điều kiện vận chuyển, v.v.) được loại bỏ khỏi nghiên cứu.

2.3. Mẫu chuẩn

Mẫu hemoglobin chứa các biến thể Hb khác nhau bao gồm HbA_{1c}, HbF, HbA, HbA₂, HbE, HbD, HbS, HbC.

2.4. Xét nghiệm tổng phân tích tế bào máu ngoại vi

Xét nghiệm CTM 18 thông số, trong đó bao gồm các thông số chính: hemoglobin (Hb), thể tích trung bình hồng cầu (MCV), lượng huyết sắc tố trung bình hồng cầu (MCH), nồng độ huyết sắc tố trung bình hồng cầu (MCHC). Các xét nghiệm được thực hiện trên máy phân tích huyết học bán tự động Sysmex XP - 100 (Nhật Bản) tại Phòng khám chuyên khoa xét nghiệm, thuộc Công ty Cổ phần Chemedic Việt Nam.

2.5. Phân tích hemoglobin bằng HPLC

Phân tích hemoglobin bằng HPLC được thực hiện trên hệ thống HPLC UltiMate 3000 với bộ kit Hemoglobin Variants (Order No.: 15330) bao gồm dung dịch đệm A, dung dịch đệm B, hóa chất ly giải hồng cầu, dung dịch rửa và cột HPLC, có thể phân tích được đồng thời HbA, HbA_{1c}, HbA₂, HbC, HbD, HbE, HbF, HbS [1].

Thiết bị được cài đặt như sau, thể tích tiêm mẫu 10 - 20 µL, tốc độ dòng 1,5 ml/phút, áp suất tối đa 140 bar, nhiệt độ cột khoảng 25°C, đầu dò UV-Vis bước sóng $\lambda = 415$ nm, thời gian phân tích 9 phút, rửa kim bằng nước cất.

Trước khi bắt đầu chạy mẫu phân tích

Trước khi thực hiện phân tích bằng HPLC cần thực hiện rửa hệ thống. Các mẫu được ly giải hồng cầu trước khi tiêm vào hệ.

Phân tích biến thể hemoglobin bằng phương pháp HPLC

Tỉ lệ pha động và thời gian phân tích được thực hiện theo phương pháp gradient pha động với tốc độ dòng 1,5 ml/phút, tổng thời gian phân tích 8,5 phút. Cụ thể với thời gian và tỉ lệ pha động B như sau.

- + Bước 1 tại 0 – 1,4 phút, tỉ lệ 16%.
- + Bước 2 từ 1,4 – 1,6 phút, tỉ lệ 18%.
- + Bước 3 từ 1,6 – 5.3 phút, tỉ lệ 28%.
- + Bước 4 từ 5.3 – 5.31 phút, tỉ lệ 43%.
- + Bước 5 từ 5.31 – 7.1 phút, tỉ lệ 100%.
- + Bước 6 từ 7.1 – 7.11 phút, tỉ lệ 100%.
- + Bước 7 từ 7.11 – 8.5 phút, tỉ lệ 16%.
- + Bước 8 từ 8.5 phút, tỉ lệ 16%.

Phân tích kết quả biểu thể hemoglobin thu được từ sắc ký đồ

Các hemoglobin có thời gian lưu phân biệt trên sắc ký đồ ở Bảng 1. Thời gian lưu được sử dụng để định tính các hemoglobin và tỉ lệ diện tích peak tại thời gian lưu trên tổng diện tích peak của tất cả các thời gian lưu của hemoglobin (%) được sử dụng để đánh giá nguy cơ mắc bệnh lý hemoglobin [1].

2.6. Phân tích dữ liệu

Dữ liệu được nhập và phân tích bằng phần mềm Microsoft Excel Office 365. Độ nhạy, độ đặc hiệu của CTM trong sàng lọc thalassemia và các bất thường hemoglobin khác được xác định thông qua kết quả phân tích hemoglobin bằng phương pháp HPLC.

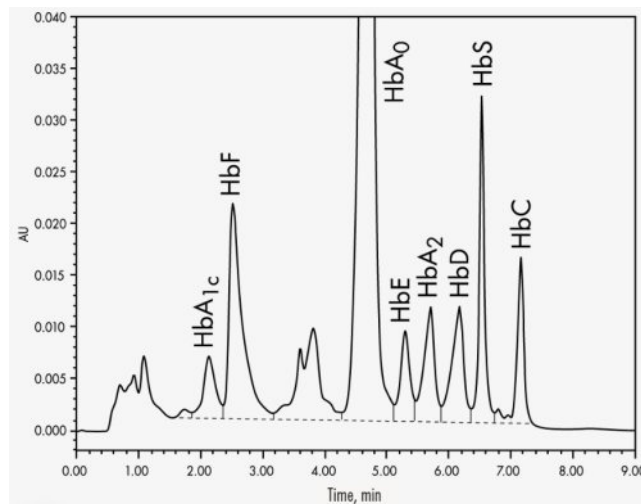
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích hemoglobin bằng phương pháp HPLC

Kết quả phân tích mẫu chuẩn hemoglobin bằng HPLC cho thấy các peak phân biệt rõ tại các thời gian lưu khác nhau, như trình bày trong Bảng 1 và Hình 1. Phương pháp HPLC sử dụng gradient pha động với tốc độ dòng 1,5 ml/phút và tổng thời gian phân tích 8,5 phút đã chứng minh khả năng tách chính xác các biến thể hemoglobin, bao gồm HbA_{1c}, HbF, HbA, HbA₂, HbE, HbD, HbS, HbC. Thời gian lưu được sử dụng để định tính và tỷ lệ diện tích peak (%) giúp đánh giá định lượng.

Bảng 1. Thời gian lưu của biến thể hemoglobin

Biến thể	HbA _{1c}	HbF	HbA	HbE	HbA ₂	HbD	HbS	HbC
Thời gian lưu (xấp xỉ, phút)	2,1	2,5	4,7	5,3	5,7	6,2	6,5	7,2



Hình 1. Sắc ký đồ của các biến thể hemoglobin

Phương pháp HPLC trong nghiên cứu này sử dụng hệ thống UltiMate 3000 khác biệt so với một số nghiên cứu khác ở Việt Nam thường sử dụng phương pháp điện di mao quản, thường có thời gian phân tích dài hơn (10 -15 phút) và khó phát hiện đồng thời nhiều biến thể hemoglobin. Nghiên cứu đã kết hợp với sàng lọc ban đầu bằng CTM để giảm chi phí, phù hợp với sàng lọc trong cộng đồng, đặc biệt ở nông thôn, miền núi.

3.2. Kết quả phân tích hemoglobin trong mẫu bệnh phẩm bằng phương pháp HPLC

Trong thời gian nghiên cứu, đã tiến hành lấy mẫu máu của 547 học sinh từ một số trường THPT tại huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu. Qua sàng lọc ban đầu bằng CTM, phát hiện 126 trường hợp hồng cầu nhỏ nhược sắc (MCV < 78 fL, MCH < 28 pg), chiếm tỷ lệ 23,03% (95% CI: 19,6% - 26,8%). Tiếp theo, định lượng hemoglobin của 126 mẫu bất thường này bằng phương pháp HPLC. Kết quả đánh giá bất thường hemoglobin dựa trên tỷ lệ % HbA₂, HbF và sự hiện diện của các Hb khác (như HbE), được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Chỉ tiêu đánh giá bất thường hemoglobin [3, 6]

%Hb	HbA ₂ < 3,5 - 4% và HbF < 1%	HbA ₂ ≥ 3,5 - 4% HbF < 5%	HbA ₂ ≥ 3,5 - 4% HbF > 5 - 50%	Các biến thể Hb khác
Kết luận	Bình thường hoặc mang gen alpha thalassemia	Mang gen beta thalassemia	Beta thalassemia dạng trung gian	Bệnh lý HbE Bệnh lý HbS Bệnh lý HbC

Cụ thể, phát hiện 46 trường hợp có bất thường hemoglobin, chiếm tỷ lệ 8,41% (95% CI: 6,18% - 10,64%) số ca được sàng lọc và 36,51% (95% CI: 28,09% - 44,93%) số ca nghi ngờ. Chi tiết được trình bày trong Bảng 3. Nghiên cứu không phân tích chi tiết theo giới tính hoặc nhóm dân tộc cụ thể, nhưng huyện Mường Tè có đa số dân tộc Hà Nhì, La Hủ, Thái và H'Mông,... nơi tỷ lệ mang gen thalassemia thường cao hơn so với người Kinh (theo các nghiên cứu dịch tễ, tỷ lệ mang gen ở dân tộc miền núi miền Bắc có thể lên đến 20 - 40% [5,7]).

Bảng 3. Tỷ lệ mắc Thalassemia và các hemoglobin trên các mẫu sàng lọc và nghi ngờ

Bất thường	Số ca bất thường	Tỷ lệ (%) (Theo số ca sàng lọc)	Tỷ lệ (%) (Theo số ca nghi ngờ)
Có thể mang gen alpha thalassemia	25	4,57	19,84
Beta thalassemia	13	2,38	10,32
Hemoglobin E	5	0,91	3,97
Hemoglobin E/Beta thalassemia	1	0,18	0,79
Beta thalassemia thể trung gian	2	0,37	1,59

Tỷ lệ thiếu máu hồng cầu nhỏ nhược sắc tương đồng với các kết quả nghiên cứu Đàm Trung Nghĩa và cộng sự ở trẻ em huyện Hà Quảng, Cao Bằng từ tháng 9 năm 2021 đến tháng 1 năm 2023 [2], Đỗ Thị Thảo Vy và cộng sự năm 2023 tại bệnh viện Hùng Vương, (thành phố Hồ Chí Minh) [8] nhưng tỷ lệ bất thường huyết sắc tố tăng nhẹ so với nghiên cứu của Đàm Trung Nghĩa và cộng sự [2] (tỷ lệ bất thường huyết sắc tố là 7,2%). Sự tương đồng về kết quả này có thể do sự tương đồng về vị trí và đặc điểm phân bố dân cư của đồng bào dân tộc miền núi ở Hà Giang và Lai Châu.

3.3. Đánh giá độ nhạy, độ đặc hiệu của xét nghiệm sàng lọc beta thalassemia và hemoglobin E

Đối chiếu kết quả bất thường CTM và phân tích hemoglobin bằng HPLC cho thấy: tỷ lệ dương tính thật (độ nhạy): 100%; tỷ lệ âm tính thật (độ đặc hiệu): 84,03%; tỷ lệ dương tính giả: 15,97%; tỷ lệ âm tính giả: 0% (Bảng 4).

Bảng 4. Đánh giá độ nhạy và độ đặc hiệu của xét nghiệm sàng lọc beta thalassemia và hemoglobin E

	HPLC (+)	HPLC (-)	Tổng số
CTM (+)	46 (Dương tính thật)	80 (Dương tính giả)	126
CTM (-)	0 (Âm tính giả)	421 (Âm tính thật)	421
Tổng số	46	501	547

Kết quả cho thấy sàng lọc bằng CTM có độ nhạy rất cao (100%). Tuy nhiên, tỷ lệ dương tính giả tương đối cao (15,97%), thấp hơn so với một số nghiên cứu khác ở Việt Nam. Lý do chính có thể liên quan đến tình trạng thiếu máu thiếu sắt phổ biến ở học sinh thiếu niên, đặc biệt ở khu vực miền núi như Lai Châu, nơi có chế độ dinh dưỡng hạn chế dẫn đến giảm MCV/MCH mà không phải do thalassemia. Phương pháp của chúng tôi khác biệt ở việc kết hợp CTM làm sàng lọc ban đầu, giúp tiết kiệm chi phí so với sàng lọc trực tiếp bằng HPLC ở các nghiên cứu lớn hơn.

Để khắc phục hạn chế của HPLC trong sàng lọc alpha-thalassemia (không phát hiện hoàn toàn do thiếu đột biến gen alpha không luôn biểu hiện rõ trên hemoglobin), cần bổ sung xét nghiệm đột biến gen thalassemia hoặc giải trình tự gen (NGS). Ví dụ, nghiên cứu của Nguyễn Bá Tùng và cộng sự tại miền Bắc cho thấy phương pháp PCR phát hiện tỷ lệ mang gen cao hơn [4], giúp chẩn đoán chính xác hơn ở các trường hợp nghi ngờ. Kết hợp các phương pháp này sẽ nâng cao hiệu quả sàng lọc tiền hôn nhân, đặc biệt ở vùng có tỷ lệ cao như Lai Châu.

4. KẾT LUẬN

Sàng lọc tiền hôn nhân bệnh lý hemoglobin dựa trên tổng phân tích tế bào máu ngoại vi (CTM) là phương pháp ban đầu hiệu quả, chi phí thấp, với độ nhạy 100%, phù hợp để triển khai rộng rãi trong cộng đồng, đặc biệt ở vùng nông thôn miền núi như huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu. Tuy nhiên, phương pháp này có độ đặc hiệu chỉ 84,03% và tỷ lệ dương tính giả 15,97%, chủ yếu do các yếu tố như thiếu máu thiếu sắt nên cần thêm bằng kỹ thuật chính xác hơn như Realtime PCR.

Phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) chứng minh khả năng định lượng chính xác các biến thể hemoglobin (HbA2, HbF, HbE, v.v.), phát hiện 8,41% (95% CI: 6,18% - 10,64%) trường hợp bất thường trong tổng số 547 mẫu, bao gồm mang gen alpha-thalassemia (4,57%), beta-thalassemia (2,38%), HbE (0,91%), và các thể phức hợp. HPLC vượt trội trong phân biệt các nguyên nhân thiếu máu hồng cầu nhỏ nhược sắc, bao gồm beta-thalassemia trung gian và kết hợp biến thể Hb, nhưng hạn chế trong sàng lọc hoàn chỉnh alpha-thalassemia do không phát hiện đầy đủ đột biến gen alpha.

HPLC đóng vai trò quan trọng trong chương trình dự phòng bệnh hemoglobin, đặc biệt khi kết hợp với CTM để tối ưu hóa chi phí và độ chính xác. Để nâng cao hiệu quả, cần kết hợp xét nghiệm di truyền (như PCR hoặc NGS) cho alpha-thalassemia, mở rộng nghiên cứu dịch tễ theo nhóm dân tộc, và đầu tư vào công nghệ sàng lọc tích hợp, nhằm giảm gánh nặng bệnh tật và cải thiện sức khỏe cộng đồng lâu dài.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chromsystems. 2012. Instruction Manual for the HPLC Analysis of Hemoglobin Variants. Order Number 15330. Germany.
- [2] Đàm, T. N., Dương, Q. C., Nguyễn, Q. M., Bùi, T. T. H., Trần, T. H., Mai, A. T., Nguyễn, T. D., Nguyễn, P. S., & Nguyễn, T. P. L. (2023). Đặc điểm huyết học và tỷ lệ lưu hành gen bệnh tan máu bẩm sinh (thalassemia) ở trẻ em tại huyện Hà Quảng, tỉnh Cao Bằng. *Tạp Chí Y học Việt Nam*, 527(2). <https://doi.org/10.51298/vmj.v527i2.5856>.
- [3] Lương Ngọc Khuê. 2022. Hướng dẫn chẩn đoán và điều trị một số bệnh lý huyết học. Bộ Y tế, HN.
- [4] Nguyễn Bá Tùng, Nguyễn Thị Trang, Nguyễn Tuấn Hưng. 2023. Một số đặc điểm dịch tễ, lâm sàng và cận lâm sàng ở thai phụ mang gen bệnh tan máu bẩm sinh đến khám tại Bệnh viện Phụ sản Trung ương, 2012–2022. *Tạp chí Y học Việt Nam*, Tập 531, Số 1B (tháng 10), tr. 272–277. DOI: <https://doi.org/10.51298/vmj.v531i1B.7070>.
- [5] Phạm Quang Vinh. 2016. Huyết học - Truyền máu cơ bản. Nhà xuất bản Y học.
- [6] Shash, Hwazen. 2022. Non-transfusion-dependent thalassemia: A Panoramic review. *Medicina*, 58, 1496. MDPI, Basel, Switzerland.
- [7] Trường Đại học Y Dược Huế, Trung tâm sàng lọc - chẩn đoán trước sinh & sơ sinh. 2014. Tài liệu hướng dẫn tư vấn sàng lọc bệnh thiếu máu tan huyết (thalassemia) bẩm sinh. Huế.
- [8] Vy, Đỗ N. T., Đạt, N. T., Quí, N. L. P., Thông, N. V., Phúc, P. N. H., Huyền, H. T. M., Huy, T. P., Long, N. N. H., Anh, P. T. V., & Nam, N. M. (2024). 24. Đánh giá kết quả sàng lọc và đặc điểm dịch tễ của thai phụ thalassemia tại bệnh viện Hùng Vương. *Tạp Chí Y học Cộng đồng*, 65(CĐ 12 - Bệnh viện Thủ Đức). <https://doi.org/10.52163/yhc.v65iCD12.1834>.

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH BỘ NHỚ DÀI-NGẮN TRONG DỰ BÁO TỐC ĐỘ GIÓ MỘT SỐ SÂN BAY Ở VIỆT NAM

Nguyễn Tiến Thành

Trường Đại học Thủy lợi, email: thanhnt@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

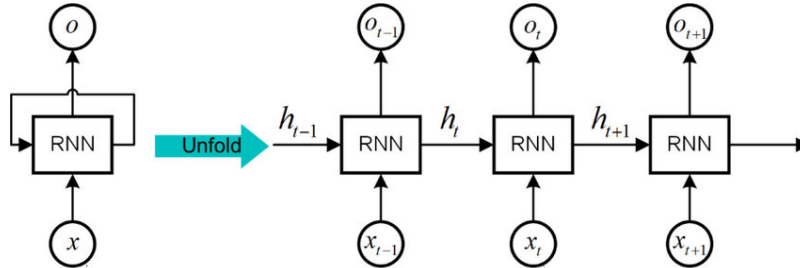
Trong lĩnh vực khí tượng, dự báo các yếu tố như mưa, nhiệt độ, độ ẩm, cũng như hướng gió và tốc độ gió có vai trò quan trọng đối với các bài toán cảnh báo bão, dự báo lũ lụt, vận hành hồ chứa, hàng không và năng lượng gió. Tuy nhiên, các đặc tính của gió thường biến đổi phức tạp theo không gian và thời gian, chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố quy mô địa phương và quy mô lớn như El Niño – Southern Oscillation (ENSO), áp cao cận nhiệt đới, gió mùa và các dao động nội mùa (MJO). Sự biến động này thường mang tính phi tuyến và có độ trễ cũng như phụ thuộc dài hạn, làm cho các mô hình truyền thống gặp khó khăn trong việc nắm bắt, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Trong khi đó, Việt Nam có khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm và nằm trong vùng chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bão và áp thấp nhiệt đới. Bên cạnh đó, yếu tố địa hình đa dạng và phức tạp tương tác và chi phối hoàn lưu không khí rất lớn. Đây là một trong những thách thức rất lớn đối với độ chính xác của sản phẩm các mô hình dự báo số về hướng và tốc độ gió. Sự thay đổi trường gió theo độ cao cũng là một trong những thách thức lớn đối với ngành hàng không khi mà công nghệ cảm biến và hệ thống dự báo tiên tiến tại các sân bay Việt Nam hiện tại vẫn còn nhiều hạn chế, đặc biệt là trong việc thu thập dữ liệu thời gian thực và theo các độ cao khác nhau.

Cùng với sự phát triển đột phá trong lĩnh vực khoa học máy tính, công nghệ tính toán và các mô hình học máy dựa trên mạng nơ-ron nhân tạo đã có những đóng góp to lớn trong việc phân tích và mô phỏng các đặc trưng thống kê trong lĩnh vực khí tượng thủy văn và khám phá ra nhiều hiện tượng địa vật lý phức tạp. Điều này đã giúp con người hiểu được các quy luật phức tạp của Trái Đất ở một mức độ nhất định [1]. Sử dụng Mạng Nơ-ron Hồi quy (RNN) để dự báo thời tiết có thể giúp cải thiện độ chính xác của dự báo thời tiết [2]. Trong lĩnh vực khí tượng, mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) cũng đã trở thành phương pháp tiếp cận được lựa chọn cho các nhiệm vụ dự báo, đặc biệt đối với nhiệt độ và mưa ở trên thế giới [3] và Việt nam [4]. Sau nhiều năm phát triển, mạng nơ-ron đã được phân loại thành nhiều loại khác nhau, chẳng hạn như mạng nơ-ron truyền thẳng, mạng nơ-ron lan truyền ngược, mạng nơ-ron hồi quy, v.v. Hầu hết các phương pháp dự đoán chuỗi truyền thống chỉ có thể dự đoán chuỗi bằng cách học thông tin số đã đo được, nhưng không thể xử lý dữ liệu lịch sử được biểu diễn bằng ngôn ngữ để dự đoán [5]. Để cải thiện vấn đề này, mô hình mạng nơ-ron phi nơ-ron để thực hiện dự đoán chuỗi so với dữ liệu gốc, và một lớp mạng, mô hình bộ nhớ dài ngắn hạn (LSTM) [6]. Mô hình này cũng đã được áp dụng trong một số nghiên cứu trong lĩnh vực khí tượng như dự báo mưa [7]. Tuy nhiên, trong lĩnh vực dự báo gió, đặc biệt là gió tại sân bay, cho tới nay vẫn chưa có nghiên cứu nào liên quan. Vì vậy, trong nghiên cứu này, các tác giả tập trung nghiên cứu ứng dụng mô hình bộ nhớ dài-ngắn trong dự báo tốc độ gió một số sân bay ở Việt Nam, lấy ví dụ sân bay Nội Bài và Đà Nẵng.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ DỮ LIỆU

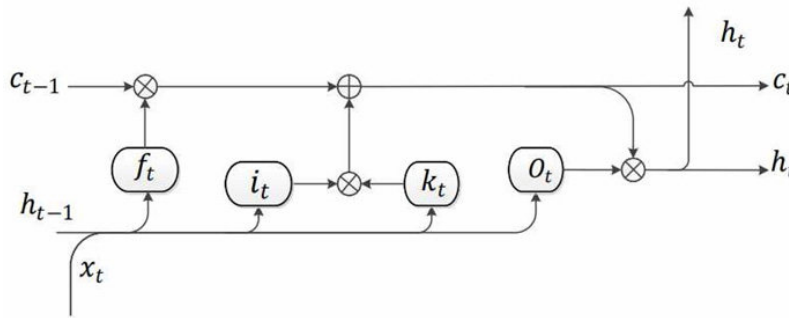
Trong những năm gần đây, lĩnh vực học sâu (deep learning) đã chứng kiến sự phát triển vượt bậc với sự ra đời và ứng dụng của nhiều mô hình tiên tiến, trong đó nổi bật là Mạng Nơ-ron Hồi quy (RNN). Mô hình này đã trở thành công cụ quan trọng trong các lĩnh vực như phân loại hình ảnh, dịch thuật tự động, và nhận dạng giọng nói, nhờ vào khả năng xử lý và dự đoán các chuỗi dữ liệu liên tiếp. Một trong những đặc điểm chính và ưu điểm lớn nhất của RNN là khả năng lưu trữ thông tin từ các trạng thái trước đó, từ đó tạo ra dự đoán dựa vào lịch sử dữ liệu. Điều này đặc biệt quan

trọng trong các bài toán liên quan đến dữ liệu chuỗi thời gian, nơi mà thông tin trong quá khứ ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị hiện tại và tương lai. RNN hoạt động dựa trên cơ chế chu kỳ, cho phép thông tin được truyền từ các bước thời gian trước đến các bước thời gian sau thông qua các kết nối hồi tiếp. Khác với các mạng nơ-ron truyền thống, như mạng nơ-ron đa lớp (MLP), không có khả năng duy trì thông tin qua các bước thời gian, RNN có khả năng quản lý và xử lý thông tin theo thứ tự thời gian một cách hiệu quả hơn. Điều này làm cho RNN trở thành một phương pháp không thể thiếu trong việc xử lý dữ liệu có tính chuỗi, như chuỗi văn bản hoặc tín hiệu thời gian. Hình 1 cho thấy đồ thị minh họa của cơ chế RNN.



Hình 1. Sơ đồ của RNN

Như có thể thấy rõ trong hình 1, X biểu diễn dữ liệu đầu vào và O biểu diễn dự báo. Tuy nhiên, một trong những nhược điểm lớn của phương pháp này là không ẩn được thông tin sâu trước đó. Vấn đề này của thuật toán RNN đã được Hochreiter phát hiện lần đầu tiên và phương pháp LSTM, bao gồm một số công cụ cấp bộ nhớ tốt hơn nhiều về mặt dự báo chuỗi thời gian, đã được Hochreiter và Schmidhuber (1997) giới thiệu.



Hình 2. Sơ đồ LSTM

Dấu X ở trên biểu thị phép nhân vector, dấu + biểu thị phép cộng vector. Trước khi mô tả các tham số có thể thấy trong hình trên, các phương trình của các tham số này đã được đưa ra bên dưới.

$$f_t = g(W_f \cdot x_t + U_f \cdot h_{t-1} + b_f) \quad (1)$$

$$i_t = g(W_i \cdot x_t + U_i \cdot h_{t-1} + b_i) \quad (2)$$

$$k_t = \tanh(W_k \cdot x_t + U_k \cdot h_{t-1} + b_k) \quad (3)$$

$$c_t = f_t \cdot x \cdot c_{t-1} + i_t \cdot x \cdot k_t \quad (4)$$

$$o_t = g(W_o \cdot x_t + U_o \cdot h_{t-1} + b_o) \quad (5)$$

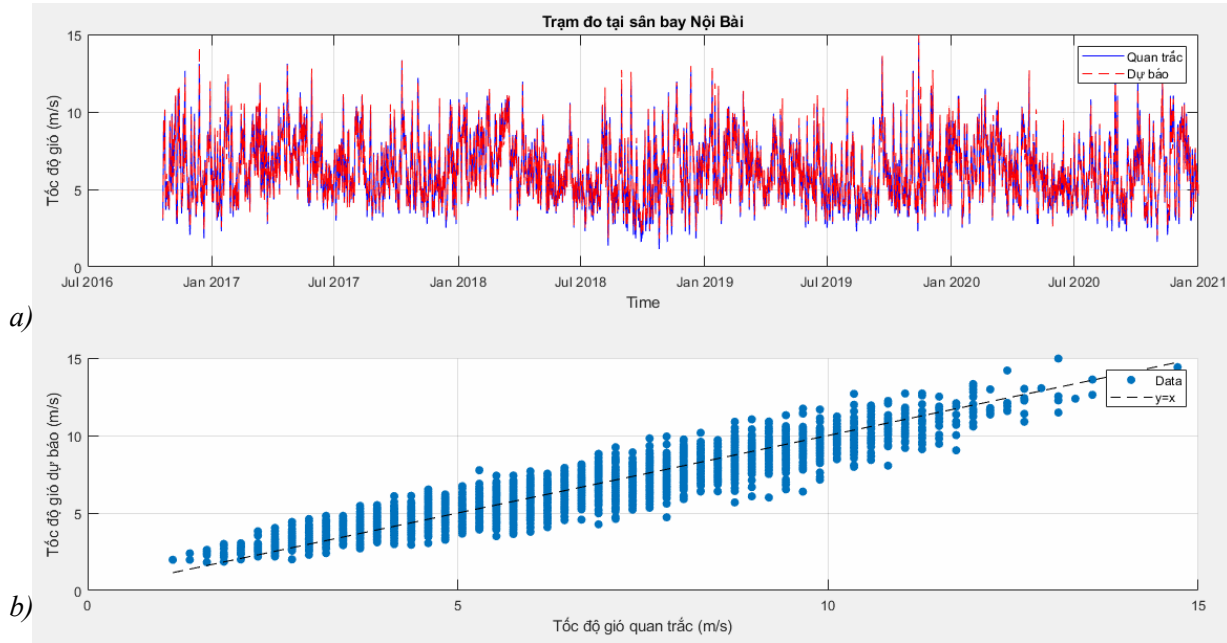
$$h_t = o_t \cdot x \cdot \tanh(c_t) \quad (6)$$

x_t biểu thị các vector đầu vào của mô hình tại thời điểm t và g biểu thị hàm kích hoạt sigmoid. Bên cạnh đó, trong khi W và U biểu thị các ma trận trọng số, b biểu thị vector độ lệch. Mặt khác, h_t và c_t biểu thị đầu ra tại thời điểm t và vector trạng thái tế bào. Hơn nữa, trong khi f_t chịu trách nhiệm ghi nhớ thông tin và bộ nhớ trước đó, i_t được sử dụng để thu thập thông tin mới.

Ngoài ra, trong nghiên cứu, một số chỉ số thống kê được sử dụng gồm (1) sai số bình phương trung bình (RMSE), sai số tuyệt đối trung bình (MAE) và hệ số tương quan Pearson để so sánh và đánh giá sự sai khác giữa dữ liệu dự báo và dữ liệu quan trắc. Dữ liệu quan trắc được thu thập từ cụm cảng hàng không việt nam và quốc tế.

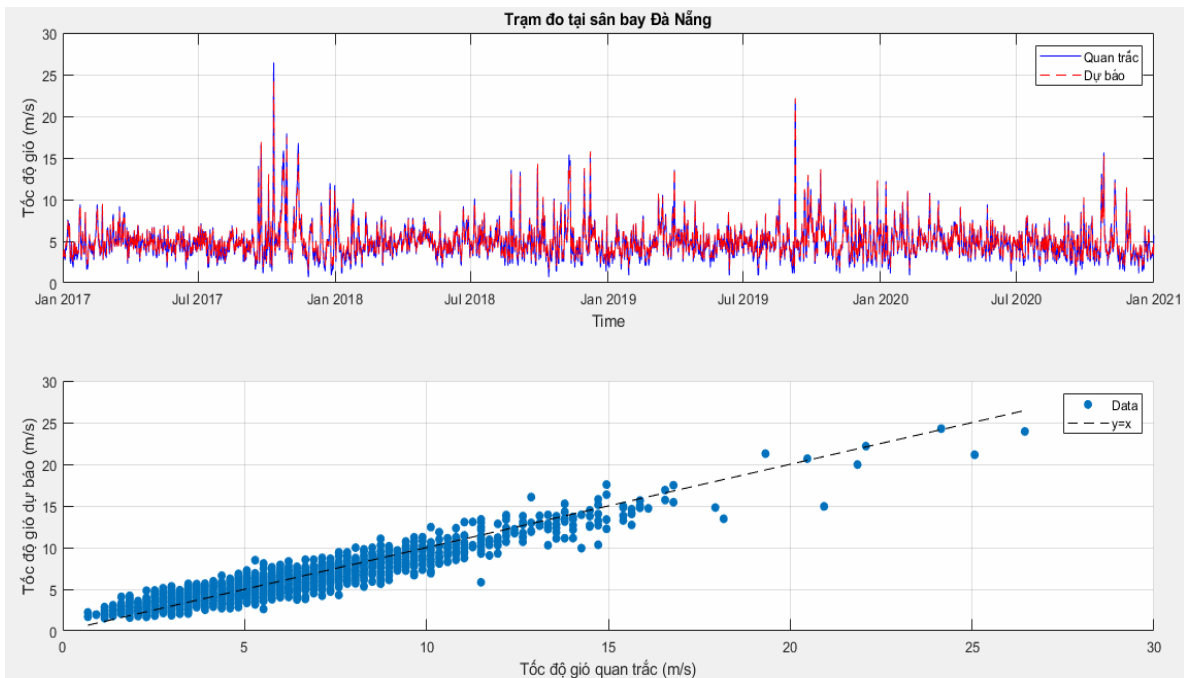
3. KẾT QUẢ SỐ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả tính toán tại sân bay Nội Bài (hình 1) cho thấy $RMSE = 0.64$ m/s, MAE là 0.49 m/s và với hệ số tương quan đạt 0.89. Phân tích với tập dữ liệu kiểm định, hình 1a cho biết đường quá trình giữa gió dự báo và thực đo, hình 1b cho biết mối quan hệ giữa mưa dự báo và thực đo. Các kết quả đều chứng tỏ việc ứng dụng mô hình LSMT trong dự báo gió với bước thời gian 30 phút là khá tốt tại sân bay Nội Bài.



Hình 1. Đường quá trình (a) và tương quan (b) giữa gió quan trắc và dự báo tại sân bay Nội Bài

Trong khi đó, tại sân bay Đà Nẵng, kết quả là khả quan hơn, với $RMSE = 0.65$ m/s, $MAE=0.51$ m/s và hệ số tương quan đạt 0.91. Hình 2a cho biết đường quá trình giữa gió dự báo và thực đo và hình 2b cho biết mối quan hệ giữa mưa dự báo và thực đo tại sân bay Đà Nẵng cho tập dữ liệu kiểm định. Kết quả cho thấy khả năng ứng dụng tiềm tàng mô hình bộ nhớ dài ngắn LSMT trong dự báo gió với bước thời gian 30 phút



Hình 2. Đường quá trình (a) và tương quan (b) giữa gió quan trắc và dự báo tại sân bay Đà Nẵng

Có thể thấy rằng, mặc dù mô hình LSMT có tiềm năng ứng dụng trong dự báo tốc độ gió tại sân bay, lấy ví dụ sân bay Nội Bài và Đà Nẵng. Tuy nhiên, nghiên cứu chưa đề cập tới sự ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng khác trong một số điều kiện bất lợi, ví dụ mưa bão, gió giật. Ngoài ra, các địa điểm được lựa chọn trong nghiên cứu này có độ cao địa hình thấp, tốc độ gió biến động chưa cực đoan. Vì vậy, nghiên cứu sẽ tiếp tục tiếp cận và ứng dụng các thuật toán khác nhau vào trong công tác dự báo gió ở các bước thời gian khác đối với sân bay khác nhau trên cả nước.

Trong nghiên cứu này, mô hình LSTM mới chỉ được huấn luyện và đánh giá dựa trên tốc độ gió, nhằm kiểm tra tiềm năng áp dụng ban đầu cho dự báo tại sân bay Nội Bài và Đà Nẵng. Tuy nhiên, các yếu tố khác như hướng gió, áp suất khí quyển, nhiệt độ, độ ẩm, và các điều kiện khí tượng liên quan sự đối lưu, hiện tượng thời tiết cực đoan đều có ảnh hưởng đến hoạt động hàng không và có thể làm thay đổi kết quả dự báo. Đây là những trường hợp khí tượng phức tạp, chẳng hạn như thay đổi hướng gió đột ngột hoặc sự kết hợp giữa gió mạnh và mưa dông. Nghiên cứu này tập trung vào yếu tố tốc độ gió như một bước đầu để đánh giá tiềm năng áp dụng mô hình bộ nhớ dài-ngắn (LSTM) cho bài toán dự báo tốc độ gió tại sân bay Nội Bài và Đà Nẵng. Do đó, trong các nghiên cứu tiếp theo, việc mở rộng tập biến đầu vào, tăng thời gian quan trắc, và tính toán tại các sân bay khác nhau trên cả nước sẽ được xem xét để nâng cao độ tin cậy và tính ứng dụng của mô hình trong dự báo khí tượng phục vụ hàng không.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thử nghiệm áp dụng mô hình bộ nhớ dài ngắn trong bài toán dự báo tại sân bay, sân bay Nội Bài và Đà Nẵng. Nhìn chung, các kết quả đối với cả hai sân bay không có sự sai khác nhau nhiều, chỉ số tương quan là khá tốt nhưng các chỉ số khác như RMSE và MAE còn khiêm tốn. Mặt khác, nghiên cứu mới chỉ dừng lại việc dự báo thời hạn ngắn là 30 phút, điều này chưa cung cấp cái nhìn tổng thể về khả năng ứng dụng của mô hình bộ nhớ dài ngắn. Ngoài ra, nghiên cứu chưa đề cập tới vai trò của các yếu tố khí tượng quy mô địa phương và quy mô lớn khác. Tuy nhiên, các kết quả đã chứng tỏ tiềm năng áp dụng mô hình bộ nhớ dài ngắn trong bài toán dự báo gió tại các sân bay ở Việt Nam. Các nghiên cứu tiếp theo, các tác giả sẽ tập trung phân tích vai trò của các yếu tố khí tượng khác ảnh hưởng tới độ chính xác trong bài toán dự báo gió tại sân bay để tăng độ chính xác của dự báo.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lynch, P.: The origins of computer weather prediction and climate modeling. *Journal of computational physics*, 227(7), 3431-3444 (2008).
- [2] Han, J.M., Ang, Y.Q., Malkawi, A. and Samuelson, H.W., 2021. Using recurrent neural networks for localized weather prediction with combined use of public airport data and on-site measurements. *Building and Environment*, 192, p.107601.
- [3] ZEMNAZI, O., EL FILALI, S.A.N.A.A. and OUAHABI, S., 2024. Weather Forecasting Using Artificial Neural Network (ANN): A Review. *Procedia Computer Science*, 241, pp.618-623.
- [4] Long, P.T., Lê Văn Phận, N.P.Đ., Lê Hồng Dương, T., Hoàng, T. and TPHCM, Đ.N.L., Nghiên cứu công nghệ dự báo mưa AI thí điểm tại TP. Hồ Chí Minh.
- [5] Aliev, R.A., Fazlollahi, B., Aliev, R.R. and Guirimov, B., 2008. Linguistic time series forecasting using fuzzy recurrent neural network. *Soft Computing*, 12(2), pp.183-190.
- [6] Zaytar, M.A. and El Amrani, C., 2016. Sequence to sequence weather forecasting with long short-term memory recurrent neural networks. *International Journal of Computer Applications*, 143(11), pp.7-11.
- [7] Poornima, S. and Pushpalatha, M., 2019. Prediction of rainfall using intensified LSTM based recurrent neural network with weighted linear units. *Atmosphere*, 10(11), p.668.

MÔ PHỎNG ĐÁNH GIÁ CÁC KỊCH BẢN CẢI THIỆN HỆ THỐNG TIÊU THOÁT NƯỚC VÀ MÔI TRƯỜNG NỘI ĐÔ HÀ NỘI

Hoàng Thanh Tùng

Trường Đại học Thủy lợi, email: httung@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Sự tăng trưởng kinh tế và đô thị hóa nhanh chóng tại các đô thị như Hà Nội đã tạo ra những áp lực chưa từng có lên hệ thống hạ tầng kỹ thuật, trong đó hệ thống tiêu thoát nước và môi trường các dòng sông nội đô là những thách thức nghiêm trọng bậc nhất [1], [2]. Hệ thống thoát nước khu vực nội thành lịch sử của Hà Nội, vốn là một hệ thống thoát nước chung, được thiết kế để tiêu thoát cho các trận mưa có chu kỳ lặp lại ngắn và chưa tính đến tác động cộng hưởng của biến đổi khí hậu và sự gia tăng đột biến của bề mặt không thấm nước [3]. Hậu quả là, tình trạng ngập úng đô thị đã trở thành vấn đề thường niên, trong khi bốn trục tiêu chính của thành phố—sông Tô Lịch, Kim Ngưu, Lừ, và Sét—đã bị biến thành các kênh dẫn nước thải lộ thiên, ô nhiễm nghiêm trọng, ảnh hưởng nặng nề đến sức khỏe cộng đồng và mỹ quan đô thị [4].

Để giải quyết các vấn đề trên, nhiều giải pháp quy mô lớn đã và đang được triển khai. Dự án Thoát nước Hà Nội, với công trình trọng điểm là trạm bơm tiêu Yên Sở, đã nâng cao đáng kể năng lực thoát nước cho toàn lưu vực. Đồng thời, dự án Nhà máy Xử lý nước thải Yên Xá, với công suất thiết kế 270.000 m³/ngày đêm, được kỳ vọng sẽ thu gom và xử lý phần lớn nước thải sinh hoạt, góp phần hồi sinh các dòng sông. Bên cạnh đó, giải pháp bổ cập nước từ sông Hồng để pha loãng ô nhiễm và tạo dòng chảy cho sông Tô Lịch cũng được xem là một phương án tiềm năng.

Tuy nhiên, các giải pháp này vẫn đối mặt với những câu hỏi lớn về tính hiệu quả và đồng bộ. Năng lực của hệ thống hiện hữu vẫn chưa đáp ứng được các trận mưa cực đoan ngày càng gia tăng. Hơn nữa, các hành lang sông nội đô đang chiếm dụng một quỹ đất "vàng" nhưng chưa được tối ưu hóa cho các chức năng đô thị khác như giao thông và không gian công cộng. Điều này đặt ra một bài toán đa mục tiêu phức tạp: làm thế nào để vừa tăng cường khả năng thoát nước, vừa cải thiện triệt để môi trường, đồng thời kiến tạo thêm không gian phát triển cho một đô thị nén?

Nghiên cứu sơ bộ này được thực hiện nhằm giải quyết khoảng trống đó bằng một cách tiếp cận tổng hợp. Mục tiêu của bài báo là (1) đánh giá hiện trạng và năng lực của hệ thống tiêu thoát nước nội đô Hà Nội thông qua các công cụ mô hình hóa thủy văn - thủy lực (SWMM); (2) phân tích khả năng cải thiện hệ thống bằng giải pháp cải tạo mặt cắt các sông nội đô từ dạng hình thang sang hình chữ nhật, nhằm tối ưu hóa đồng thời khả năng thoát nước và không gian sử dụng đất; và (3) đánh giá khoa học về hiệu quả của các giải pháp môi trường đang được xem xét như hiệu quả xử lý của nhà máy xử lý nước thải Yên Xá. Các kết quả của nghiên cứu này sẽ góp phần đưa ra những luận cứ khoa học giúp các nhà hoạch định chính sách đưa ra các quyết định đầu tư và quản lý hạ tầng đô thị hiệu quả, bền vững hơn.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ SỐ LIỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

2.1. Lựa chọn mô hình

Để đánh giá hiện trạng và mô phỏng các kịch bản cải tạo hệ thống tiêu thoát nước phức tạp của nội đô Hà Nội, nghiên cứu này lựa chọn sử dụng mô hình Thủy văn - Thủy lực SWMM (Storm Water Management Model). SWMM là mô hình động lực học, phi tuyến tính, được phát triển bởi Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US EPA), có khả năng mô phỏng đồng thời cả quá trình hình thành dòng chảy mặt do mưa (thành phần thủy văn) và quá trình lan truyền dòng chảy trong mạng lưới cống, kênh, sông (thành phần thủy lực). Mô hình này đã được kiểm chứng và ứng dụng rộng rãi trên toàn thế giới cho các bài toán ngập lụt đô thị, quản lý nước mưa và chất lượng nước [5].

Việc lựa chọn SWMM cho nghiên cứu này dựa trên những lý do cốt lõi sau:

Khả năng mô phỏng toàn diện: SWMM có thể mô phỏng một cách chi tiết toàn bộ quá trình "source-to-sink" (từ nguồn tới điểm thoát), từ việc nước mưa rơi xuống các bề mặt khác nhau (mái

nhà, đường phố), chảy tràn trên bề mặt, đi vào miệng thu, di chuyển trong hệ thống cống ngầm phức tạp, chảy ra các kênh hở (sông Tô Lịch, Kim Ngưu, Lừ, Sét) và cuối cùng được điều tiết bởi các công trình như trạm bơm, cống điều tiết.

Tính linh hoạt cao trong việc mô tả hạ tầng đô thị: Mô hình cho phép định nghĩa chi tiết các đặc tính hình học đa dạng của hệ thống thoát nước Hà Nội, từ các tiết diện cống tròn, cống hộp đến các mặt cắt sông hình thang (hiện trạng) và dễ dàng thay đổi thành mặt cắt hình chữ nhật (kịch bản đề xuất) để đánh giá hiệu quả.

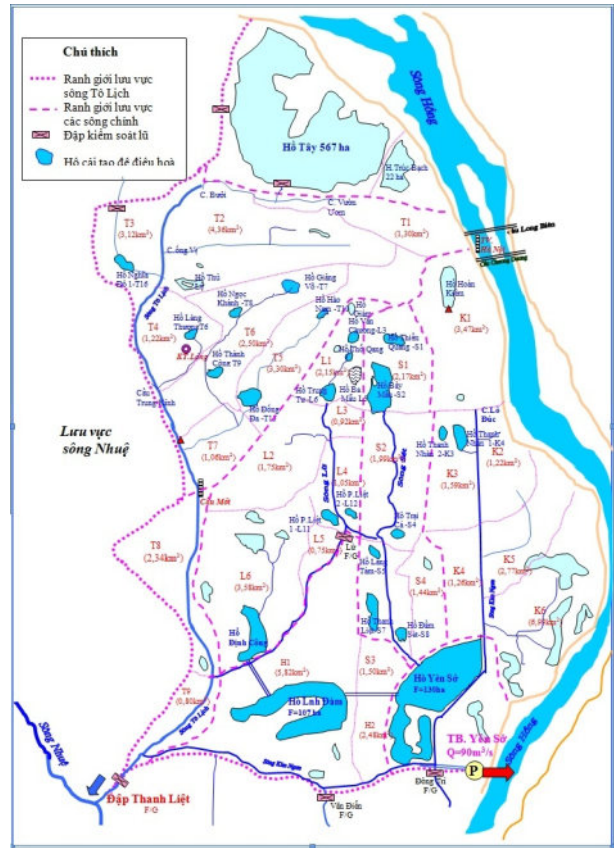
Tích hợp module chất lượng nước: Trong phần mềm SWMM, khả năng xử lý nước thải được mô phỏng thông qua mô-đun "Treatment". Đây là chức năng cho phép xử lý chất lượng nước tại các điểm như Junctions (nút), Outfalls (điểm xả), và Storage Units (bể chứa) trong mạng lưới thoát nước. SWMM không giới hạn cố định danh sách chất ô nhiễm và có thể thêm các chất tùy ý phù hợp với mô hình hoặc khu vực nghiên cứu. Mặc dù SWMM không xử lý được toàn bộ danh sách chỉ tiêu như một trạm xử lý nước thải thật, nhưng có thể mô phỏng tốt hiệu quả giảm tải các chất chính sau xử lý sơ cấp/thứ cấp, rất phù hợp để đánh giá hiệu quả của các giải pháp cải thiện môi trường như đánh giá sơ bộ tác động từ nhà máy xử lý nước thải Yên Xá.

Và cuối cùng, SWMM là phần mềm miễn phí nên tạo điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng và nhân rộng kết quả nghiên cứu.

2.2. Số liệu sử dụng trong nghiên cứu

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu bao gồm:

- Số liệu mưa 1 ngày lớn nhất của trạm Láng từ năm 1961 đến 2023 và một số trận mưa lớn điển hình như mưa tháng 8/1972, 5/2003, 10/2008;
- Số liệu về hệ thống tiêu thoát nước nội đô Hà Nội năm 2013 (hình 1): với 4 con sông thoát nước chính là sông Tô Lịch, sông Lừ, sông Sét, và sông Kim Ngưu; lưu vực của 4 con sông này được phân chia thành 171 lưu vực bộ phận căn cứ vào cấu tạo địa hình, đường phố và sự phân nhánh của hệ thống sông, kênh, mương. Hệ thống có 74 nút thu nước chính; 95 đoạn kênh, cống; 24 hồ điều hòa; 6 đập tràn của hồ; 2 cửa xả ở Thanh Liệt và Yên Sở, trạm bơm Yên Sở;
- Bản đồ số địa hình tỷ lệ 1: 10.000 nội đô TP. Hà Nội;
- Quy tắc vận hành cơ bản của hệ thống điều tiết lưu vực sông Tô Lịch;
- Chất lượng nước tại một số vị trí trong hệ thống của một số năm (2002-2008, và một số năm gần đây); mỗi năm đo 4 lần vào khoảng giữa các tháng 8, 9, 10 và 11.
- Số liệu điều tra ngập úng một số trận mưa lớn điển hình như các trận mưa 5/2003, 11/2008.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thoát nước nội đô Hà Nội

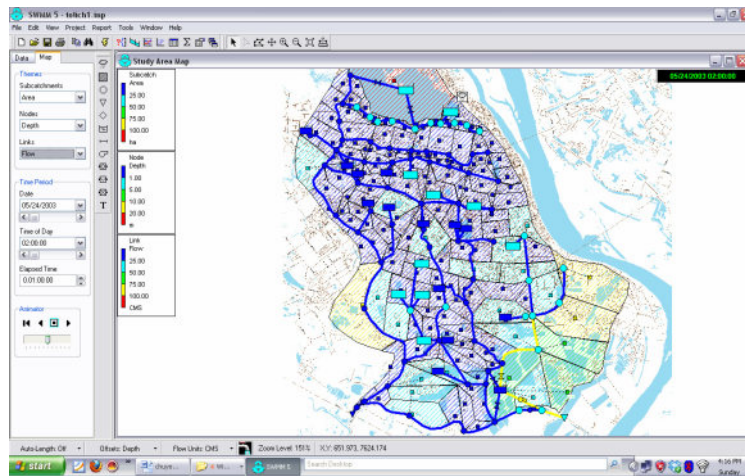
2.3. Xây dựng mô hình tiêu thoát nước Hà Nội trong SWMM

Quá trình xây dựng mô hình được thực hiện bao gồm các bước thiết lập thông số mặc định, số hóa đối tượng, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

Đầu tiên, các thông số mặc định và quy ước ký hiệu cho các đối tượng chính của mô hình được thiết lập trong mục Project/Defaults. Các đối tượng như trạm đo mưa (Rain Gages), tiểu lưu vực (Subcatchments), nút (Junctions), và ống dẫn (Conduits) được gán các tiền tố ID để quản lý một

cách hệ thống. Đồng thời, các giá trị mặc định cho các thông số thủy văn của tiểu lưu vực—như diện tích, bề rộng, độ dốc, tỷ lệ phần trăm không thấm (% Imperv), hệ số nhám Manning, và mô hình thấm (ví dụ: Horton)—được định nghĩa để tối ưu hóa quá trình nhập liệu.

Tiếp theo, từng đối tượng của hệ thống được khai báo chi tiết. Các tiểu lưu vực được số hóa dựa trên bản đồ địa hình và hiện trạng sử dụng đất, xác định các thông số hình học và thủy văn riêng. Các trận mưa lớn thực đo được nhập vào mô hình dưới dạng chuỗi thời gian (Time Series) với các đặc trưng về kiểu mưa, cường độ và khoảng thời gian ghi nhận. Mạng lưới thủy lực được xây dựng chi tiết, bao gồm: các nút thu nước (Junctions) với thông số về cao độ đáy, chiều sâu tối đa và diện tích ngập lụt bề mặt (Ponded Area); các tuyến thoát nước (Conduits) được định nghĩa hình dạng mặt cắt (tròn, chữ nhật, hình thang...), kích thước, chiều dài và hệ số nhám Manning; và các hồ điều hòa (Storage) được mô tả bằng đường cong quan hệ cao độ - diện tích. Toàn bộ hệ thống được kết nối và đổ ra các cửa xả (Outfalls), đóng vai trò là các biên thủy lực cuối cùng của mô hình. Hình 2 dưới đây minh họa mô hình hệ thống thoát nước nội đô Hà Nội trong SWMM.



Hình 2. Minh họa mô hình hệ thống thoát nước nội đô Hà Nội trong SWMM

Do hệ thống thoát nước nội đô Hà Nội là hệ thống thoát nước chung (bao gồm cả nước thải) nhưng phạm vi của nghiên cứu chủ yếu đánh giá khả năng tiêu thoát nước mưa, nên nước thải trong nghiên cứu chỉ được xem xét sơ bộ và đưa vào dưới dạng dòng chảy ban đầu (initial flow) trong công được khái tính theo dân số của các tiểu lưu vực dựa vào mật độ dân số (2500 người/km²) và lượng nước thải bình quân đầu người (80l/ngày).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình SWMM

Sau khi hoàn thành việc xây dựng, mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định. Quá trình này dựa trên việc so sánh kết quả mô phỏng (độ sâu và phạm vi ngập) với dữ liệu quan trắc thực tế từ các trận mưa lớn (vết úng ngập điều tra). Nghiên cứu đã sử dụng trận mưa lớn từ từ 0h ngày 24 đến 24h ngày 25/5/2003 với tổng lượng mưa 207,6 mm để hiệu chỉnh mô hình và trận mưa lớn từ từ 0h ngày 30/10 đến 24h ngày 1/11/2008 với tổng lượng mưa 482,9 mm để kiểm định mô hình.

Bảng 1. Trích kết quả so sánh độ sâu ngập ở một số vị trí khi hiệu chỉnh mô hình

STT	Điểm úng ngập	Quận	H _{td} (m)	H _{tt} (m)	ΔH (m)
1	Minh Khai	Hai Bà Trưng	0.2	0.33	0.13
2	Nguyễn Khuyến	Đống Đa	0.3	0.32	0.02
3	Phạm Ngọc Thạch	Đống Đa	0.4	0.35	0.05
4	Trường Chinh (số 510- Ngã Tư Sở)	Đống Đa	0.5	0.6	0.1
5	Đội Cấn(440, 222, 195 ĐC 281- 285 Đội Cấn)	Ba Đình	0.5	0.58	0.08
6	Thanh Nhân	Hai Bà Trưng	0.4	0.41	0.01

Bảng 2. Trích kết quả so sánh độ sâu ngập ở một số vị trí khi kiểm định mô hình

STT	Điểm ứng ngập	Quận	Htđ (m)	Htt (m)	ΔH (m)
1	Số 741, đường Giải Phóng	Hoàng Mai	5.702	5.722	0.02
2	Số 825, đường Giải Phóng	Hoàng Mai	5.702	5.712	0.01
3	Số 326, Lê Trọng Tấn	Thanh Xuân	5.714	5.764	0.05
4	Số 32D1B, ngõ 231, Tân Mai	Hoàng Mai	5.542	5.582	0.04
5	Số 534, ngõ 231, Tân Mai	Hoàng Mai	5.591	5.621	0.03
6	Cv Thống Nhất, đường Giải Phóng	Hai Bà Trưng	5.987	6.007	0.02
7	Số 106A1, Phạm Ngọc Thạch	Đống Đa	5.598	5.618	0.02
8	Ngõ K14, tập thể Nam Đồng	Đống Đa	5.445	5.485	0.04
9	Số 198, Hồ Đắc Di	Đống Đa	5.533	5.563	0.03
10	Số 119, Hồ Đắc Di	Đống Đa	5.565	5.565	0.01
11	Số 8, Định Công	Hoàng Mai	5.77	5.85	0.05
12	Công ty thiết bị	Hoàng Mai	5.512	5.552	0.04

Kết quả so sánh độ sâu ngập giữa mô phỏng và thực đo (Bảng 1, Bảng 2) cho thấy mô hình có độ tin cậy chấp nhận được, sai số tại hầu hết các điểm đều dưới 15%, đảm bảo cơ sở khoa học để phân tích các kịch bản nghiên cứu. Các thông số chính của mô hình như hệ số nhám lòng kênh, tỷ lệ diện tích không thấm, và dung tích trữ ảo trên bề mặt xung quanh nút thu nước đã được tinh chỉnh trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định để giữ lại thành bộ thông số của mô hình phục vụ việc mô phỏng.

3.2. Đánh giá kịch bản cải thiện hệ thống tiêu thoát nước nội đô Hà Nội

3.2.1. Tác động của giải pháp nạo vét kênh, sông tiêu thoát và hồ điều hòa

Từ mô hình tiêu thoát nước nội đô Hà Nội đã xây dựng được, tiến hành nghiên cứu giải pháp nạo vét kênh, sông tiêu thoát và các hồ điều hòa. 13 hồ trong số 24 hồ được cải tạo (chỉnh sửa lại đường z~v), nạo vét các kênh, mương chính theo Dự án thoát nước Hà Nội giai đoạn II vốn vay ODA của Chính phủ Nhật Bản. Kết quả chạy mô hình cho thấy vấn đề ngập úng trong trận mưa lớn tháng 5/2003 đã được giải quyết. Chỉ có một số vị trí bị ngập nhẹ trong thời gian rất ngắn (<1h). Với trận mưa từ 0h ngày 30/10 đến 24h ngày 1/11/2008, mặc dù độ sâu ngập và thời gian ngập đã giảm đi rất nhiều (xem Bảng 3), nhưng trên địa bàn nội đô Hà Nội vẫn còn nhiều điểm ngập. Điều này có thể giải thích như sau: Dự án thoát nước Hà Nội giai đoạn II được thiết kế để thoát được tổng lượng mưa 310mm trong 2 ngày (tần suất thiết kế 10%); chỉ 13 hồ được cải tạo và một số kênh, sông chính được nạo vét trong khi trận mưa lịch sử năm 2008 có tổng lượng mưa lên đến 482,9 mm (lượng mưa 1h, 3h, 5h lớn nhất liên tục tương ứng là 69,9, 112,3, và 159,2 mm) cực kỳ bất lợi cho việc tiêu thoát nước.

Bảng 3. Trích kết quả so sánh độ sâu và thời gian ngập ở một số vị trí trước và sau khi cải tạo trong trận mưa lịch sử năm 2008

Khu Vực	Tên Nút	Thời gian ngập (giờ)		Chiều sâu nước ngập (m)	
		Trước cải tạo	Sau cải tạo	Trước cải tạo	Sau cải tạo
Đội Cấn, Liễu Giai, Công Vị	Ngach82/186. 1	35.29	6.46	0.66	0.17
	Ngach82/186.2	19.43	5.68	0.62	0.12
Nghĩa Đô, Quan Hoa	N.V.Huyen	11.97	7.73	0.42	0.22
Nguyễn Chí Thanh	NguyenChiThanh1	33.6	23.65	0.53	0.45
	pn.ThanhCong	10.06	1.76	0.181	0.011
Ô Chợ Dừa, Trung Liệt	HaoNam-GiangVo	14.31	9.14	0.195	0.135
	DongCac-HoangCau	14.44	7.3	0.26	0.16
Trường Trinh	BTL.PKKQuan	32.66	26	0.4	0.37
	VungtrungDC	27.39	3.37	0.78	0.1

Bảng 3 (tiếp theo)

Khu Vực	Tên Nút	Thời gian ngập (giờ)		Chiều sâu nước ngập (m)	
		Trước cải tạo	Sau cải tạo	Trước cải tạo	Sau cải tạo
Nguyễn Du	T.N.Tong-LeDuan	39.38	12.13	0.25	0.05
Hồ Hoàn Kiếm, Lò Đúc	T.H.Dao-P.C.Trinh	40.02	40.39	0.58	0.58
	HamLong-LoDuc	20.43	19.68	0.15	0.16
	P.D.Ho-LoDuc	14.35	12.94	0.04	0.03
	PhamDinhHo	18.08	16.85	0.42	0.4
	TranKhatChan	50.99	44.28	0.71	0.67
Mương Thanh Nhân	hongmai	8.74	0.11	0.54	0
Mương Vĩnh Tuy, Tam Trinh	cauVinhTuy	23.85	7.81	0.49	0.13
	KhuSinhThai	24.25	8.04	0.49	0.17
	107LinhNam	19.2	8.46	0.58	0.25
	dong2	116.22	88.55	0.88	0.82
	dong3	116.64	91.64	1.093	0.873
	dong4	11.76	36.35	0.051	0.151
	Dong7	116.81	100.21	1.26	1.2
Tân Mai	TanMai	89.47	44.07	0.92	0.84
Vành Đai 3, Ngọc Hồi	VanhDai3	37.5	26.7	0.75	0.67
	NHoi.bxeNuocNgam	62.09	41.17	0.966	0.856
	NHoi.TuuLiet	34.88	30.68	0.241	0.502
Ngõ 460 Khương Đình	n.460KhuongDinh	44.71	30.68	0.582	0.502

3.2.2. Hiệu quả thủy lực và sử dụng đất khi chuyển đổi mặt cắt sông

Giải pháp này được đề xuất dựa vào việc so sánh sơ bộ kênh hình chữ nhật và hình thang về hiệu quả thủy lực (khả năng thoát nước): Với cùng một diện tích mặt cắt ướt (A) và độ dốc (S), kênh hình chữ nhật có chu vi ướt (P) nhỏ nhất, dẫn đến bán kính thủy lực ($R = A/P$) lớn nhất. Theo công thức Manning, điều này cho phép lưu lượng (Q) thoát qua là lớn nhất. Thêm vào đó nội đô Hà Nội hiện nay rất cần không gian sử dụng đất để phát triển, vì vậy việc cải tạo này sẽ cho phép mở rộng đường giao thông hoặc tạo dải công viên đẹp ở 2 bờ các con sông Lừ, Sét, Kim Ngưu, và Tô Lịch. TP. Hồ Chí Minh cũng đã sử dụng giải pháp này để cải tạo kênh Nhiều Lọc – Thị Nghè và cho thấy kết quả rất tốt về mặt môi trường.

Tiến hành chạy mô hình với việc thay đổi mặt cắt các sông như đề xuất trong Bảng 4 với cùng 1 trận mưa năm 2008. Kết quả cho thấy hiệu quả tiêu thoát được cải thiện khoảng 15% đối với sông Tô Lịch và Kim Ngưu. Quan trọng hơn, giải pháp này giải phóng được một hành lang đất đai đáng kể hai bên bờ (từ 2 đến 14 mét) để phát triển giao thông hoặc không gian xanh. Thêm vào đó việc chuyển sang kênh hình chữ nhật cũng phần nào giải quyết được vấn đề ô nhiễm rác và bùn đọng lại 2 bên mái bờ của sông hiện tại khi nước rút.

Bảng 4. Mặt cắt ban đầu và mặt cắt đề xuất cải tạo của 4 sông tiêu thoát nội đô Hà Nội

Tên sông	Mặt cắt ban đầu			Mặt cắt cải tạo		Bề rộng 2 bên bờ tăng (m)
	Bề rộng đáy (m)	Chiều sâu (m)	Độ dốc mái	bề rộng (m)	chiều sâu (m)	
Tô Lịch	21	3.5	0.6	21	4.6	14
Lừ	2.5	2.5	0.6	2.5	3.5	2
Sét	8	3	0.6	8	4	5
Kim Ngưu	11	2.5	0.6	11	3.5	7

3.2.3. Đóng góp của nhà máy xử lý nước thải Yên Xá đến chất lượng nước

Nhà máy xử lý nước thải Yên Xá theo thiết kế có công suất lên đến 270.000 m³/ngày đêm chiếm 55% lượng nước thải của Hà Nội. Khi hoàn thành, nhà máy sẽ xử lý phần lớn nước thải đổ ra sông Tô Lịch, sông Lừ, sông Sét và một phần sông Nhuệ. Nhà máy này sử dụng công nghệ sinh học và hóa học để xử lý nước thải. Nước thải sau khi qua các bước xử lý cơ bản sẽ được khử mùi, diệt khuẩn và xử lý các chất ô nhiễm, đảm bảo nước thải đạt chuẩn trước khi xả ra môi trường.

Do hệ thống thu gom nước thải về nhà máy Yên Xá đang trong quá trình xây dựng. Nghiên cứu chưa thể thu thập được các vị trí thu gom trên toàn hệ thống. Vì vậy để đánh giá sơ bộ, nghiên cứu chỉ giả định 1 vị trí thu gom trước đập Thanh liệt kết nối với Nhà máy xử lý nước thải Yên Xá. Số liệu về chất lượng nước đo được trong các tháng 8, 9, 10, 11 trong các năm mà nghiên cứu đã thu thập cũng được tính trung bình để đưa vào mô hình.

Kết quả xử lý được ước tính sơ bộ trong 1 ngày được tóm tắt trong Bảng 5 dưới đây:

Bảng 5. Trích kết quả xử lý nước thải tại vị trí trước Đập Thanh Liệt

Chỉ tiêu	pH	DO	COND	TDS	SS	Turbidity	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe	PO ₄ ³⁻	NH ₃ -N	COD	BOD ₅
Đơn vị	–	mg/L	μS/cm	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Trước xử lý	7.5	1.99	786	390	45	51	63.8	31	0.66	12.5	30.25	176	112
Sau 1 ngày xử lý	7.2	3.5	760	350	13	15	63.0	30	0.26	6.25	15	60	28

Từ kết quả trên có thể thấy: i) lượng BOD₅, COD, SS, Fe đã giảm rõ rệt (dòng nước sạch đáng kể sau 1 ngày xử lý. ii) NH₃-N và PO₄³⁻ vẫn còn ở mức cao (cần thêm thời gian xử lý); iii) TDS, Cl⁻, SO₄²⁻ gần như không thay đổi (không thể loại bỏ bằng sinh học thông thường).

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã ứng dụng thành công mô hình SWMM để đánh giá một cách toàn diện hiện trạng và các kịch bản cải thiện hệ thống tiêu thoát nước nội đô Hà Nội. Kết quả khẳng định rằng, mặc dù các dự án cải tạo đã nâng cao đáng kể năng lực hệ thống, nhưng vẫn chưa đủ sức chống chịu trước các trận mưa cực đoan ngày càng gia tăng.

Giải pháp cải tạo mặt cắt các sông nội đô từ hình thang sang hình chữ nhật là một hướng đi khả thi, không chỉ giúp tăng cường hiệu quả thủy lực khoảng 15% mà còn giải phóng được quỹ đất đô thị quý giá, mang lại lợi ích kép về giao thông và cảnh quan. Bên cạnh đó, mô phỏng cũng cho thấy Nhà máy xử lý nước thải Yên Xá sẽ đóng vai trò then chốt trong việc giảm tải lượng ô nhiễm hữu cơ, là bước đi quan trọng đầu tiên trong lộ trình hồi sinh các dòng sông.

Tuy nhiên, để giải quyết triệt để các thách thức, cần một chiến lược tổng hợp kết hợp các giải pháp công trình đã phân tích với các giải pháp quản lý nước mưa bền vững, tăng cường khả năng thấm và trữ nước tại chỗ, đồng thời hoàn thiện hệ thống thu gom và xử lý nước thải triệt để.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sở Xây dựng Hà Nội & Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội. Các Báo cáo về quản lý hạ tầng đô thị và Báo cáo hiện trạng môi trường thành phố Hà Nội hàng năm.
- [2] Công ty TNHH MTV Thoát nước Hà Nội. Các Báo cáo tổng kết công tác vận hành hệ thống thoát nước hàng năm.
- [3] Trần Đức Hạ và cộng sự. Integrated urban water management for Hanoi, Vietnam: A study on sustainable solutions under climate change scenarios. Journal of Water and Climate Change.
- [4] JICA. 2020. The Study on Drainage and Sewerage System in Hanoi City.
- [5] U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2015). Storm Water Management Model (SWMM) User's Manual, Version 5.1.

XÁC ĐỊNH LẠI GIÁ TRỊ LŨ THIẾT KẾ CHO HỒ CHỨA THỦY ĐIỆN THÁC BÀ SAU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃO YAGI

Nguyễn Thị Thu Nga

Trường Đại học Thủy lợi, email: ngatvct@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Bão Yagi là cơn bão mạnh nhất trong vòng 30 năm qua trên khu vực Biển Đông, đổ bộ vào Bắc bộ vào cuối mùa mưa lũ, khi các hồ chứa đã chuyển sang giai đoạn tích nước phục vụ mùa khô. Hoàn lưu sau bão kết hợp với dải hội tụ nhiệt đới gây mưa lớn trên diện rộng, đặc biệt là ở phía đông dãy núi Hoàng Liên Sơn, nơi không nằm trên đường đi trực tiếp của bão. Lượng mưa phổ biến từ 150–300 mm/ngày, có nơi vượt quá 500–600 mm, dẫn đến lũ lớn trên các sông như Thao, Lô, Chảy, Gâm, Thái Bình và sông Hồng. Hồ thủy điện Thác Bà trên sông Chảy được thiết kế từ năm 1959–1961 với khả năng xả lũ tối đa là 3230 m³/s. Tuy nhiên, thực tế vào lúc 9h ngày 10/9/2024, lưu lượng nước về hồ đạt 5620 m³/s, vượt xa khả năng xả lớn nhất đến 74%. Mức nước hồ cũng đạt 59,62 m, vượt mức nước dâng bình thường và buộc phải chuyển sang chế độ vận hành đặc biệt để đảm bảo an toàn đập. Theo Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Thác Bà (QTVH) năm 2018 [1], lưu lượng đỉnh lũ kiểm tra ứng với tần suất 0,01% là 5100 m³/s. Như vậy, lũ 2024 đã vượt xa giá trị lũ 0,01% đã ước tính. Vậy liệu có phải lũ 2024 thuộc loại siêu hiếm, có thời gian lặp lại trên 10000 năm hay giá trị lũ 0,01% trước đây đã xác định là không đúng? Bài báo này tập trung vào nghiên cứu xác định lại các giá trị lũ thiết kế cho hồ thủy điện Thác Bà trên cơ sở cập nhật số liệu khí tượng thủy văn đến thời điểm hiện nay.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu này chủ yếu là phương pháp phân tích tổng hợp số liệu khí tượng thủy văn; phương pháp phân tích tần suất; kiểm định giả thuyết thống kê; phương pháp tính lũ thiết kế cho lưu vực không có tài liệu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Giới thiệu chung về lưu vực nghiên cứu

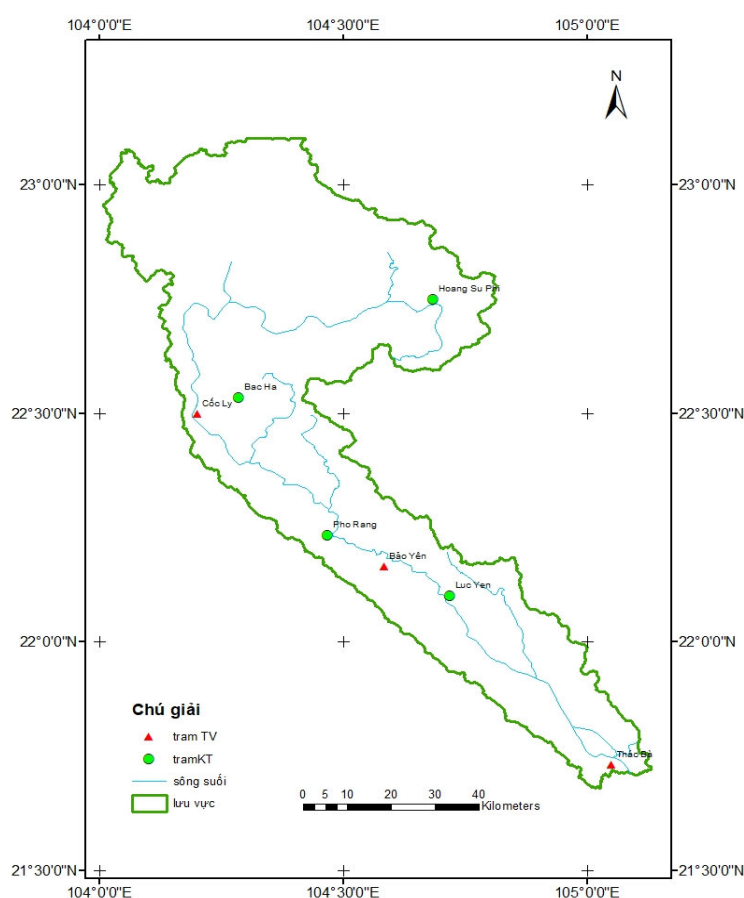
Sông Chảy là nhánh lớn cấp I của sông Lô đồng thời cũng là nhánh cấp II của hệ thống sông Hồng. Dòng chính sông Chảy bắt nguồn ở đèo Hà Tao, thuộc huyện Hoàng Su Phì, tỉnh Hà Giang (cũ) ở độ cao trên 1500m, các sông nhánh khác bắt nguồn ở vùng núi cao Vân Nam, Trung Quốc. Lưu vực sông Chảy có chung đường phân lưu với sông Thao ở phía Tây Bắc, với sông Lô ở phía Bắc, phía Đông. Từ nguồn về đến biên giới Việt Trung dòng chính chảy theo hướng Đông-Tây, sau đó đổi theo hướng Tây Bắc-Đông Nam song song với hướng chảy của sông Thao rồi nhập với sông Lô tại thôn Ngọc Trúc (Đoan Hùng). Tổng diện tích sông Chảy 6500km², trong đó phần diện tích lưu vực thuộc địa phận Trung Quốc 1920km². Thủy điện Thác Bà có công suất lắp máy 120MW, được xây dựng trên dòng chính sông Chảy tại vị trí địa lý 105°03'10" kinh độ Đông, 21°44'50" vĩ độ Bắc. Ngoài thủy điện Thác Bà, trên sông Chảy có khá nhiều thủy điện bao gồm thủy điện Pa Ke (26 MW), Si Ma Cai (18 MW), Bắc Hà (90 MW), Bảo Nhai 1 (14 MW), Bảo Nhai 2 (14,5 MW), Nậm Lức (24 MW), Vĩnh Hà (21 MW), Phúc Long (22 MW), Sông Chảy 3 (14MW), Sông Chảy 5 (16MW) và Sông Chảy 6 (16MW). Hầu hết đều là các thủy điện cột nước thấp, điều tiết ngày đêm. Trong đó chỉ có thủy điện Bắc Hà tương đối lớn, có hình thức điều tiết năm, được xây dựng năm 2011, có khả năng ảnh hưởng đến chế độ dòng chảy trên lưu vực.

3.2. Tình hình đo đạc thủy văn

Trên sông Chảy có 5 trạm thủy văn Thác Bà, Lục Yên, Cốc Ly, Vĩnh Yên, Bảo Yên. Thời gian và yếu tố quan trắc ở từng trạm thủy văn được thống kê trong bảng dưới đây.

Bảng 1. Danh sách các trạm đo thủy văn

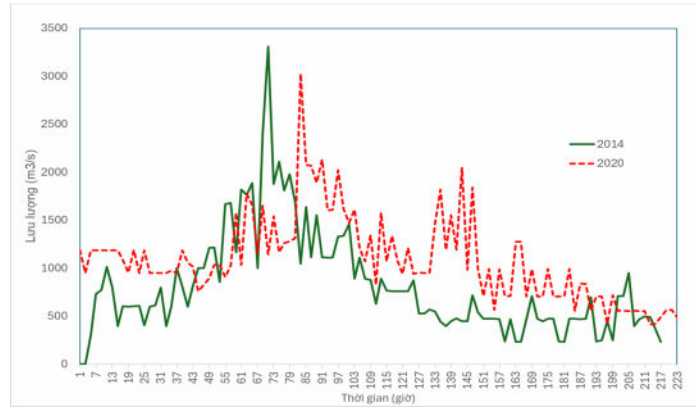
TT	Tên trạm	Tên sông	Flv (km ²)	Yếu tố đo đạc	Thời gian quan trắc
1	Vĩnh Yên	Ngòi Đô	138	Q, H	1960-nay
2	Lục Yên	Sông Chảy	5030	Q, H	1960-1974
3	Yên Bình	Sông Chảy		H	VI-1905÷XII-1939
4	Thác Bà	Sông Chảy	6170	Q, H	VI-1959÷ XII -1971
5	Cốc Ly	Sông Chảy	3480	Q, H, T	1961-1972
6	Bảo Yên	Sông Chảy	4300	Q, H	1973-nay



Hình 1. Vị trí các trạm thủy văn

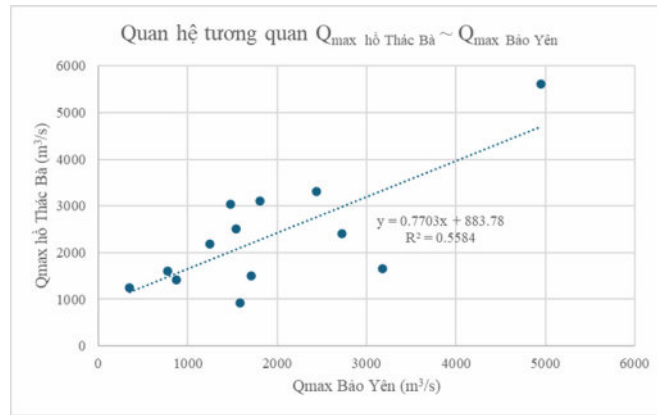
Trong số các trạm thủy văn thì trạm Thác Bà có vị trí gần với tuyến công trình nhất. Tuy nhiên, trạm có thời gian đo đạc ngắn (1959-1971). Trong lưu vực nghiên cứu, trạm Bảo Yên có số liệu dài hơn (1973-nay), rất tiếc thời gian quan trắc không đồng bộ với trạm Thác Bà, do đó không thể xây dựng được quan hệ tương quan.

Ngoài ra, trong tài liệu vận hành hồ Thác Bà cũng có số liệu về lũ trong một số năm gần đây (2012-2024) [2]. Các giá trị lưu lượng lũ đến hồ được cơ quan quản lý tính toán theo phương trình cân bằng nước, trên cơ sở số liệu mực nước hồ, lưu lượng xả ước tính theo độ mở, lưu lượng phát điện và quan hệ địa hình lòng hồ. Tuy nhiên, do đặc điểm hồ được xây dựng từ lâu, quan hệ địa hình lòng hồ đã có nhiều thay đổi nhưng chưa được khảo sát cập nhật nên các quá trình lũ có xu hướng dao động nhiều, hình dạng không tự nhiên (xem Hình 2).



Hình 2. Quá trình lũ đến hồ Thác Bà từ tài liệu vận hành

Kết quả phân tích quan hệ tương quan giữa số liệu $Q_{\max}$ trạm Bảo Yên và $Q_{\max}$ đến hồ Thác Bà giai đoạn 2012-2024 được trình bày trong hình 3.



Hình 3. Quan hệ tương quan $Q_{\max TB} \sim Q_{\max BY}$

Với hệ số tương quan xấp xỉ 0,75, quan hệ tương quan giữa $Q_{\max}$ hồ Thác Bà và $Q_{\max}$ trạm Bảo Yên có thể coi là đạt. Tuy nhiên, cũng theo tài liệu thống kê, nhiều năm lưu lượng hồ Thác Bà nhỏ hơn lưu lượng Bảo Yên là tương đối bất hợp lý (2016, 2017, 2022, 2023).

Với nhiều lý do như đã trình bày, trong nghiên cứu này sẽ khai thác số liệu trạm thủy văn Bảo Yên để tính toán lũ thiết kế cho lưu vực hồ Thác Bà.

3.3. Kiểm tra sàng lọc dữ liệu thống kê

3.3.1 Kiểm định tính đồng nhất

Trong số các hồ thủy điện trên sông Chảy, thủy điện Bắc Hà được xây dựng năm 2011 có khả năng ảnh hưởng đến quá trình dòng chảy tại trạm Bảo Yên. Để kiểm định tính đồng nhất trong chuỗi số liệu $Q_{\max}$ tại trạm Bảo Yên, nghiên cứu áp dụng kiểm định Mann-Whitney, để đánh giá xem liệu hai chuỗi số liệu trước và sau năm 2011 đều cùng được lấy ra từ một tổng thể.

Chỉ tiêu thống kê:

$$Z = \frac{U_1 - \mu_{U_1}}{\sigma_{U_1}}$$

trong đó:

$$U_1 = W_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$$

$$\mu_{U_1} = \frac{n_1 n_2}{2}$$

$$\sigma_{U_1} = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

với n_1 và n_2 lần lượt là độ dài của hai chuỗi; W_1 là tổng thứ hạng của các giá trị trong chuỗi 1.

Kết quả tính toán:

$$\mu_{U_1} = 228; \sigma_{U_1} = 272$$

$$W_1 = 957; U_1 = 216$$

$$Z = -0,27259$$

Z tuân theo luật phân phối chuẩn tắc. Với mức ý nghĩa 0.05 thì giá trị tới hạn $Z_{th} = -1,95$.

Như vậy, không đủ căn cứ để bác bỏ sự tương tự về mặt thống kê của hai chuỗi trước và sau năm 2011. Có thể coi chuỗi số liệu Qmax tại trạm Bảo Yên từ 1973 đến 2024 có tính đồng nhất.

3.3.2 Loại trừ giá trị ngoại lai

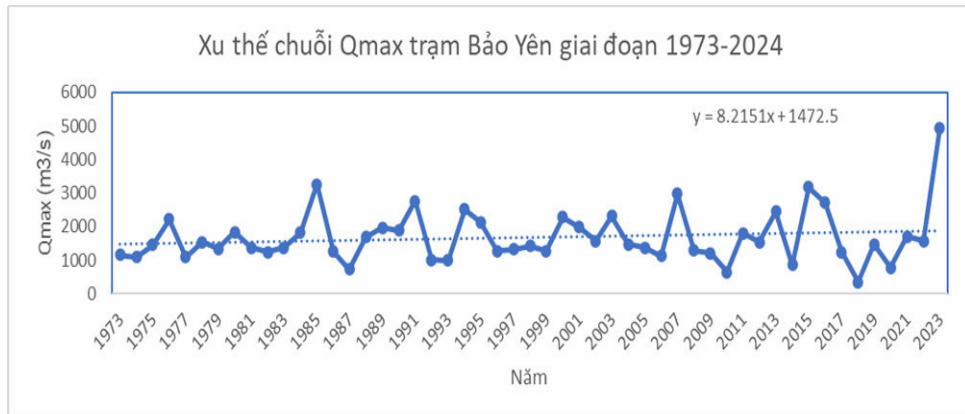
Chuỗi số liệu Qmax trạm Bảo Yên được thu thập từ 1973 đến 2024. Áp dụng phương pháp xác định giá trị ngoại lai (xử lý lũ đặc biệt lớn và lũ đặc biệt nhỏ) theo TCVN 13615:2022 [3], bao gồm:

Lũ đặc biệt lớn $Q_{max} \geq 4316 \text{ m}^3/\text{s}$

Lũ đặc biệt nhỏ $Q_{max} \leq 547,9 \text{ m}^3/\text{s}$

Từ chuỗi số liệu trạm Bảo Yên nhận thấy giá trị năm 2019 thuộc loại đặc biệt nhỏ; lũ 2024 thuộc loại đặc biệt lớn. Các giá trị này cần được loại trừ ra khỏi chuỗi trước khi phân tích tần suất.

3.3.3 Kiểm định xu thế



Hình 4. Xu thế tuyến tính chuỗi Qmax trạm Bảo Yên

Kiểm định Mann-Kendall (MK) [4] là kiểm định phi tham số, thường được sử dụng để phân tích xu thế đơn của các chuỗi thời gian khí hậu thủy văn.

Trong quá trình kiểm định MK, mỗi giá trị e của chuỗi giá trị cực trị được so sánh với những giá trị còn lại để đạt được thống kê MK (S) như sau:

$$S = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n \text{sgn}(e_i - e_j); \text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases}$$

trong đó n là số các giá trị cực trị. S dương (âm) chỉ ra xu hướng tăng (giảm). Trong kiểm định rằng không có xu thế, giá trị trung bình của S là 0 và phương sai của nó xác định bởi công thức sau:

$$\text{Var}(S) = \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] / 18$$

trong đó g là số các nhóm tied (một nhóm tied là một chuỗi số liệu trong mẫu có cùng giá trị), và t_p là số điểm trong nhóm tied thứ p . Cuối cùng, kiểm định phân phối chuẩn Z có thể sử dụng để định lượng mức ý nghĩa của xu thế.

Bảng 2. Kết quả kiểm định xu thế Mann-Kendall

n	51
alpha	0.05
MK-stat	82
s.e.	123.107
z-stat	0.657964
p-value	0.510561

Kết luận: Chuỗi Qmax trạm Bảo Yên không có xu hướng tăng hoặc giảm với mức ý nghĩa 5%.

3.4. Phân tích tần suất lũ trạm thủy văn Bảo Yên

Kết quả phân tích tần suất lưu lượng đỉnh lũ trạm Bảo Yên theo phân phối Pearson III được trình bày trong Hình 5 và Bảng 3.



Hình 5. Đường tần suất lưu lượng đỉnh lũ trạm Bảo Yên

Bảng 3. Kết quả phân tích tần suất trạm Bảo Yên

Thời gian lặp lại	Q	Q ₅	Q ₉₅
(năm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
10000	6,308	8,520	5,069
1000	4,952	6,388	4,108
200	4,066	5,058	3,458
100	3,696	4,520	3,180

trong đó Q là giá trị trung bình, Q₅ và Q₉₅ là giá trị cận trên và cận dưới của khoảng tin cậy 90%.

3.5. Tính đỉnh lũ thiết kế hồ thủy điện Thác Bà

Sử dụng phương pháp công thức triết giảm, với lưu vực tương tự là trạm thủy văn Bảo Yên. Theo Bảng C-11, Phụ lục C, TCVN 13615:2022 [3], hệ số triết giảm cho vùng lưu vực sông Thao, Chảy là 0,62.

Bảng 4. Kết quả tính lũ thiết kế hồ thủy điện Thác Bà

Thời gian lặp lại	Tần suất	Q	Q ₅	Q ₉₅
(năm)	(%)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
10000	0.01	7236	9773	5815
1000	0.1	5680	7328	4712
200	0.5	4664	5802	3967
100	1	4240	5185	3648

Từ kết quả tính toán cho thấy lũ 0,1% có giá trị trung bình là $5680 \text{ m}^3/\text{s}$, xấp xỉ với giá trị lũ 2024 đo được tại hồ Thác Bà. Lũ 0,01% có giá trị trung bình là $7236 \text{ m}^3/\text{s}$, giá trị cận trên là $9773 \text{ m}^3/\text{s}$. Theo TCVN 13615:2022 [3], đối với các công trình cấp đặc biệt có lũ từ tần suất 0,01% trở lên thì có thể lấy giá trị cận trên để gia tăng an toàn. Do đó, giá trị lựa chọn cuối cùng cho $Q_{\max 0,01\%}$ là $9773 \text{ m}^3/\text{s}$.

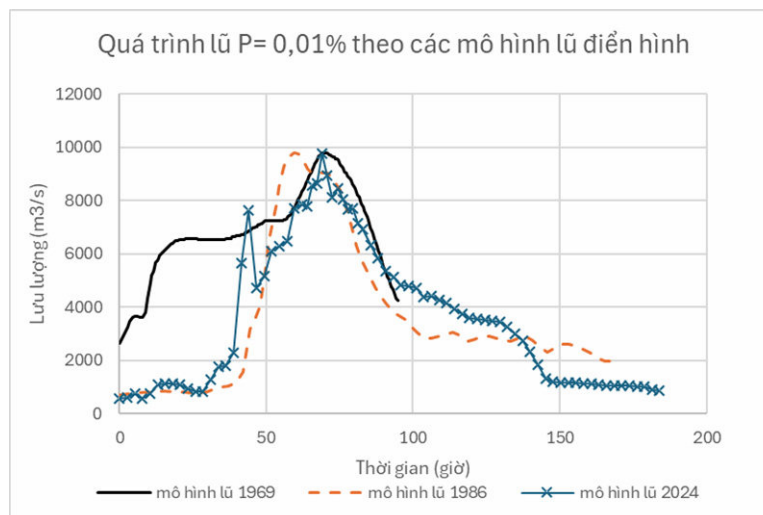
3.6. Tính tổng lượng lũ thiết kế

Tổng lượng lũ thiết kế được tính từ lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo quan hệ tương quan với lưu lượng đỉnh lũ mượn của trạm tương tự Bảo Yên. Các quan hệ tương quan được kế thừa từ hồ sơ dự thảo QTVH hồ Thác Bà [5].

Với $Q_{\max 0,01\%} = 9773 \text{ m}^3/\text{s}$, xác định được $W_{\max 0,01\%} = 2902$ triệu m^3 .

3.7. Xác định quá trình lũ thiết kế

Sử dụng phương pháp lũ điển hình xác định quá trình lũ lưu vực hồ Thác Bà. Các trận lũ điển hình là các trận lũ lớn thực đo tại trạm Thác Bà (1969), trạm Bảo Yên (1986) và trận lũ 2024 tại hồ Thác Bà. Quá trình lũ sau khi thu phóng được trình bày trong hình dưới đây:



Hình 3. Đường quá trình lũ $P=0,01\%$

Trong số 3 mô hình lũ được chọn thì mô hình lũ 1969 có dạng lũ đơn, giai đoạn đầu lũ lên nhanh sau đó duy trì ở mức cao trước khi đạt đỉnh và rút nhanh. Các mô hình lũ 1986 và 2024 có thời gian lũ lên và lũ xuống tương đối giống nhau, tuy nhiên lũ 1986 có dạng lũ đơn trong khi lũ 2024 có dạng lũ kép. Để lựa chọn mô hình lũ nào phù hợp cần thông qua quá trình tính toán điều tiết lũ.

4. KẾT LUẬN

Rất nhiều hồ chứa thủy lợi, thủy điện ở nước ta được xây dựng từ cách đây đã lâu, thời điểm mà chuỗi dữ liệu thủy văn còn rất thưa và thiếu. Do đó việc xem xét cập nhật và tính toán lại các giá trị lũ thiết kế là rất cần thiết. Với trường hợp hồ thủy điện Thác Bà, sau khi tính toán lại giá trị đỉnh lũ $P=0,01\%$ đã cao hơn giá trị trong QTVH 2018 là $4673 \text{ m}^3/\text{s}$ (gấp gần 2 lần). Điều này đặt ra yêu cầu cần thiết xem xét lại các hạng mục công trình hoặc đưa ra các chính sách vận hành phù hợp, ví dụ như hạ thấp mực nước trước lũ, để đảm bảo an toàn cho công trình.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Công thương. Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Thác Bà, 2018.
- [2] <https://hochuathuydien.com.evn.vn>.
- [3] TCVN 13615:2022. Tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế.
- [4] Kendall, M.G., Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London, 272 pp, 1975.
- [5] Công ty CP Thủy điện Thác Bà. Hồ sơ Dự thảo QTVH hồ chứa CTTĐ Thác Bà. 2025.

NGHIÊN CỨU TỈ LỆ NHIỄM VÀ ĐỘ TUỔI NHIỄM HUMAN PAPILLOMA VIRUS Ở PHỤ NỮ BẰNG KỸ THUẬT REAL-TIME PCR

Lê Minh Thành, Trần Khánh Hòa, Trần Bảo Ngọc

Trường Đại học Thủy lợi, email: thanhleminh@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ung thư cổ tử cung (UTCTC) là một trong những bệnh ung thư phổ biến và có tỉ lệ tử vong cao ở phụ nữ, đặc biệt tại các quốc gia thu nhập thấp và trung bình như Việt Nam. Theo Tổ chức Y tế thế giới (WHO), UTCTC đứng thứ tư về mức độ phổ biến ở nữ giới với khoảng 570000 ca mắc mới và 311000 ca tử vong mỗi năm, trong đó hơn 85% ca xảy ra tại các nước đang phát triển [8]. Năm 2022, Việt Nam có 4612 phụ nữ mắc ung thư cổ tử cung, tử vong 2571 trường hợp [1]. Nhiễm *Human Papilloma Virus (HPV)*, đặc biệt là các chủng nguy cơ cao như HPV-16 và HPV-18, là nguyên nhân chính gây bệnh. Hai chủng này chiếm khoảng 70% các trường hợp UTCTC toàn cầu. Do đó việc xác định tỉ lệ từng chủng HPV trong khu vực có ý nghĩa quan trọng cho chiến lược tiêm vac-xin và tầm soát ung thư. Tuổi cũng là yếu tố then chốt: nhiễm HPV thường gặp nhất ở phụ nữ trẻ, ngay sau khi bắt đầu hoạt động tình dục, nhưng có thể tái nhiễm hoặc tồn tại ở các nhóm tuổi lớn hơn, góp phần vào nguy cơ UTCTC. Nhiều nghiên cứu ghi nhận sự khác biệt rõ rệt về tỷ lệ nhiễm HPV giữa các nhóm tuổi, gợi ý nhu cầu tầm soát và phòng ngừa phù hợp cho từng độ tuổi.

Hiện nay có nhiều phương pháp được sử dụng trong sàng lọc HPV như: phương pháp phết tế bào cổ tử cung (Pap smear), phương pháp tế bào học chất lỏng (Thinprep), xét nghiệm lai phân tử HPV thế hệ 2 (Hybrid Capture 2),... Mỗi phương pháp đều có các ưu nhược điểm riêng, trong đó phương pháp xét nghiệm phản ứng chuỗi polymerase thời gian thực (Real-time PCR) có nhiều ưu điểm và được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực y sinh. Phương pháp này có những ưu điểm vượt trội với độ nhạy và độ đặc hiệu rất cao (95-98%), thời gian xử lý nhanh, định lượng và định tuýp được chính xác các chủng HPV bằng tín hiệu huỳnh quang đặc hiệu [4].

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu [3, 6, 7] về tỷ lệ nhiễm và các yếu tố liên quan đến nhiễm HPV ở phụ nữ bằng kỹ thuật Real-time PCR, việc khảo sát định kỳ vẫn cần thiết do: tỷ lệ nhiễm và các yếu tố nguy cơ có thể thay đổi theo thời gian, địa lý, hành vi xã hội. Chính vì vậy, nghiên cứu tỉ lệ nhiễm và độ tuổi nhiễm HPV ở phụ nữ bằng kỹ thuật Real-time PCR được tiến hành nhằm đáp ứng phân nào các lý do đã kể trên, thông qua việc xác định tỷ lệ nhiễm HPV sinh dục, các tuýp HPV và một số yếu tố liên quan ở phụ nữ độ tuổi 18-69 khoảng đầu năm 2025.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là phụ nữ trong độ tuổi từ 18 đến 69, có mẫu dịch cổ tử cung được tiếp nhận và xét nghiệm định tuýp HPV bằng kỹ thuật Real-time PCR tại Trung tâm Chemedic (Hà Nội) từ tháng 04 đến tháng 06 năm 2025. Tổng số mẫu là 1343 mẫu, sau khi loại trừ 96 mẫu bị hỏng, không đủ lượng, không xác định được tuýp HPV do lỗi kỹ thuật, hoặc thuộc các nghiên cứu khác, có 1247 mẫu hợp lệ được đưa vào phân tích.

Nghiên cứu được thiết kế theo hướng mô tả cắt ngang, sử dụng dữ liệu thứ cấp trích xuất từ phần mềm quản lý xét của trung tâm bao gồm thông tin về tuổi và kết quả xét nghiệm định type HPV của bệnh nhân. Kỹ thuật Real-time PCR là kỹ thuật nhân bản DNA đích trong ống nghiệm thành hàng tỷ bản sao dựa vào các chu kỳ nhiệt và kết quả khuếch đại trong ống phản ứng được hiển thị cùng lúc với phản ứng khuếch đại xảy ra để người làm thí nghiệm có thể thấy được dựa trên tín hiệu huỳnh quang đặc hiệu.

2.2. Hóa chất, thiết bị và cách tiến hành

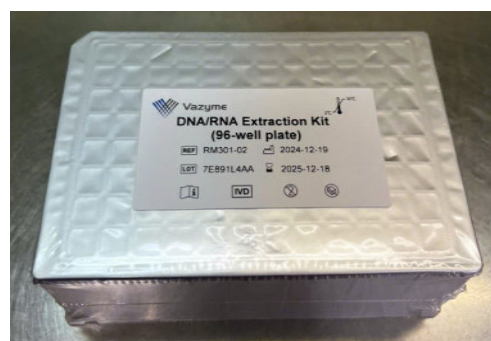
Tất cả hóa chất sử dụng trong nghiên cứu đều là loại tinh khiết phù hợp cho phân tích y sinh học, các dụng cụ và hóa chất bao gồm: đĩa tách DNA bằng hạt từ tính 96 giếng (Zybio), bộ kit định lượng HPV-QUANT-15 sử dụng phương pháp PCR (DNA-Technology), đầu khoáng, proteinase K và dung dịch MAX-Tag polymerase (DNA-Technology).

Bộ xét nghiệm PCR định lượng HPV-QUANT-15 là xét nghiệm DNA trong ống nghiệm, dùng để xác định và định lượng cụ thể các loại virus gây u nhú ở người có nguy cơ thấp (HPV 6, 11) và các loại virus gây u nhú ở người có nguy cơ cao (HPV 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 68) về đặc tính gây ung thư của chúng trong các mẫu sinh học của con người. Theo hướng dẫn của bộ kit HPV-QUANT-15, nội chuẩn (IC) là đoạn DNA thuộc bộ gen người (Sample Internal Control – SIC) được khuếch đại đồng thời để kiểm soát lượng mẫu và đánh giá chất lượng phản ứng PCR.

Các thiết bị được sử dụng bao gồm: Hệ thống Real-time PCR DT Prime 5M1 (DNA-Technology) và máy tách DNA tự động Zybio-EXM 3000. Các thiết bị và dụng cụ được minh họa trên Hình 1 và Hình 2 sau đây.

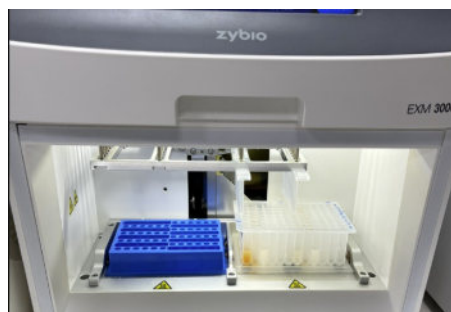


a) Kit định tuýp HPV-15



b) Kit tách DNA 96 giếng bằng hạt từ tính

Hình 1. Bộ kit định tuýp HPV và bộ kit tách DNA



a) Máy tách DNA tự động Zybio-EXM 3000



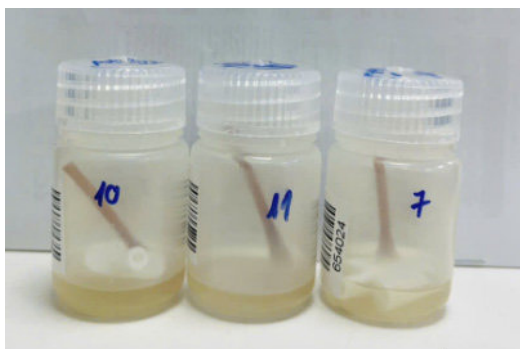
b) Hệ thống Real-time PCR

Hình 2. Hệ thống thiết bị tách DNA và Real-time PCR

Định tuýp HPV bằng phương pháp Real-time PCR gồm các bước cơ bản:

- + Chuẩn bị mẫu bệnh phẩm: Dịch cổ tử cung được thu thập từ bệnh nhân bằng dụng cụ chuyên dụng, sau đó ngay lập tức chuyển vào lọ chứa cồn tuyệt đối để cố định tế bào. Mẫu được trộn bằng máy trộn Vortex trong 1-3 phút nhằm đảm bảo đồng nhất và bảo quản hiệu quả. Mỗi ống mẫu được dán nhãn rõ ràng: mã số bệnh nhân, thời gian lấy mẫu, loại xét nghiệm dự kiến. Mẫu được phân tích trong vòng 24-72 giờ, có thể bảo quản ở nhiệt độ phòng (15-30°C). Nếu chưa thể xét nghiệm ngay, mẫu cần được bảo quản ở 2-8°C (ngăn mát tủ lạnh). Hình ảnh mẫu được minh họa trên Hình 3.
- + Tách DNA từ mẫu bệnh phẩm: Bóc màng nhôm niêm phong của bộ kit tách DNA 96 giếng, thêm vào giếng đầu tiên 20 µL proteinase K và 200 µL dịch bệnh phẩm. Sau đó, gắn ống boc thanh từ và đưa vào máy tách DNA tự động Zybio-EXM 3000. DNA tinh sạch được thu tại giếng cuối cùng trong quy trình tự động.

- + Định tuýp HPV từ DNA được tách ra: Chuẩn bị phản ứng PCR bằng cách thêm 10 μL dung dịch MAX-Tag polymerase, 20 μL dầu khoáng và 5 μL DNA vào mỗi giếng của bộ kit định tuýp HPV-QUANT-15. Các phản ứng được tiến hành trong hệ thống Real-time PCR theo chương trình cài đặt sẵn. Kết quả định tuýp HPV được phân tích trực tiếp trên phần mềm tích hợp của hệ thống trong thời gian vài giờ (tùy vào loại xét nghiệm).



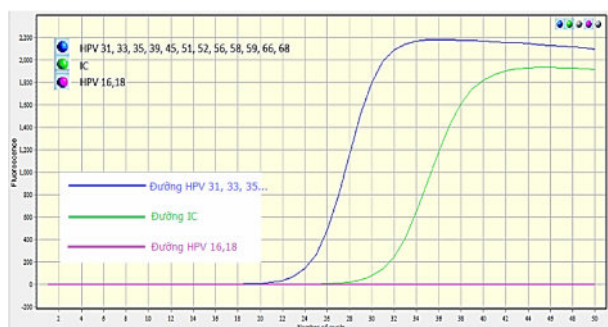
Hình 3. Lọ chứa mẫu dịch cổ tử cung sau khi xử lý

Quy trình tách chiết DNA và Real-time PCR tuân thủ chặt chẽ hướng dẫn của bộ kit HPV-QUANT-15. Mỗi lô xét nghiệm đều kèm mẫu đối chứng dương tính và âm tính do hãng cung cấp. Kết quả chỉ được chấp nhận khi tín hiệu nội chuẩn (IC) đạt yêu cầu. Kết quả sau khi thu thập được sẽ được nhập vào phần mềm Microsoft Excel để tiến hành thống kê.

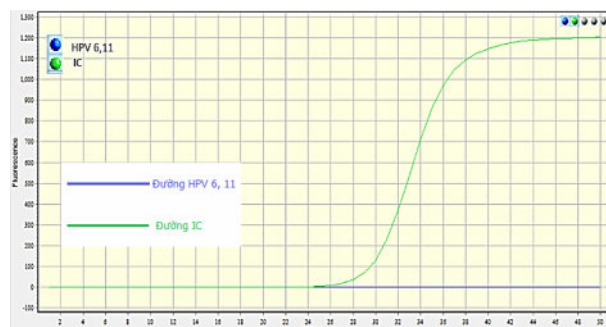
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích tỉ lệ nhiễm các chủng HPV

Tổng số mẫu được đưa vào phân tích trong nghiên cứu này là 1343 mẫu, trong đó có 1247 mẫu hợp lệ (trong đó 96 mẫu bị hỏng, không đủ lượng, không xác định được tuýp HPV do lỗi kỹ thuật...). Kết quả xét nghiệm cho thấy, trong số các mẫu hợp lệ, có 150 mẫu cho kết quả dương tính với virus HPV, tương ứng với tỉ lệ nhiễm là 12,03%. Dưới đây là ví dụ kết quả hệ thống máy tính xuất ra sau khi tiến hành định tuýp HPV:



a) Kết quả dương tính với HPV



b) Kết quả âm tính với HPV

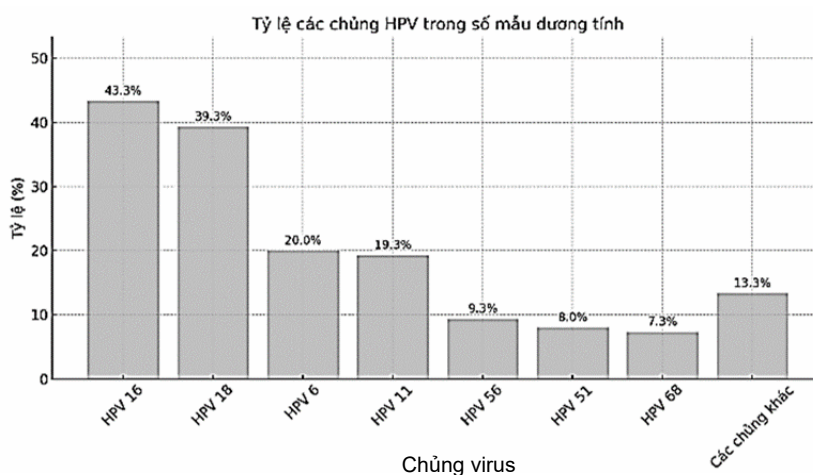
Hình 4. Biểu đồ khuếch đại Real-time PCR

Hình 4 trình bày hai biểu đồ khuếch đại thu được từ hệ thống máy tính nhằm phát hiện sự hiện diện của các tuýp HPV nguy cơ cao và thấp trong mẫu bệnh phẩm. Đường IC (Internal Control, đường màu xanh lá cây) là đường chuẩn nội bộ dùng để kiểm tra tính hợp lệ của phản ứng PCR. Đường IC thể hiện sự khuếch đại thành công của trình tự kiểm soát nội bộ trong mẫu xét nghiệm, đảm bảo rằng mẫu được khuếch đại đúng quy trình và không có sự cố kỹ thuật làm ảnh hưởng đến kết quả. Nếu đường IC không xuất hiện, kết quả của xét nghiệm HPV có thể không tin cậy. Đường HPV (đường màu xanh dương hoặc tím tùy từng hình) là đường biểu thị tín hiệu khuếch đại của các tuýp HPV được xét nghiệm. Ví dụ hình đầu tiên biểu diễn sự khuếch đại HPV tuýp 6, 11 (đường xanh dương), còn hình thứ hai thể hiện sự khuếch đại của nhiều tuýp HPV cao nguy cơ trong nhóm 31, 33, 35,... (đường xanh dương) và HPV 16, 18 (đường tím). Sự xuất hiện của đường HPV với tín

hiệu fluorescence tăng thể hiện sự có mặt của ADN HPV trong mẫu bệnh phẩm. Nhờ sự phân biệt này, xét nghiệm Real-time PCR đảm bảo được kết quả đáng tin cậy hơn khi phát hiện sự có mặt của HPV trong mẫu bệnh phẩm

Ở Hình 4a, kết quả dương tính với HPV được thể hiện qua sự xuất hiện của hai đường cong khuếch đại rõ ràng: đường màu xanh dương đại diện cho tín hiệu dương tính của các tuýp HPV nguy cơ cao như 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 66 và 68; trong khi đó, đường màu xanh lá biểu thị tín hiệu của nội chuẩn (Internal Control, IC) xác nhận phản ứng PCR diễn ra bình thường và không bị ức chế. Sự tăng dần của các đường cong huỳnh quang cho thấy có mặt DNA của HPV trong mẫu. Ngược lại, Hình 4b thể hiện kết quả âm tính, khi chỉ có đường cong xanh lá của nội chuẩn IC xuất hiện, trong khi các kênh tín hiệu đặc hiệu cho HPV hoàn toàn không có sự khuếch đại, biểu thị mẫu không chứa DNA HPV. Đây là trường hợp âm tính với HPV.

Nghiên cứu tiếp 150 mẫu dương tính với các tuýp HPV khác nhau để kiểm tra tỉ lệ nhiễm của từng chủng HPV. Tỉ lệ mắc của một số chủng HPV được phát hiện trong các mẫu dương tính được trình bày và tổng hợp trong Hình 5.



Hình 5. Tỷ lệ nhiễm các chủng HPV

Từ biểu đồ Hình 5 dễ dàng nhận thấy, HPV-16 và HPV-18 là hai chủng có tỉ lệ mắc cao nhất, lần lượt chiếm 43,33% và 39,3% tổng số mẫu dương tính. Kết quả này phù hợp với kết quả báo cáo của Trung tâm nghiên cứu HPV toàn cầu (ICO/IARC) [5]. Đây đều là các chủng HPV nguy cơ cao, đã được chứng minh là có liên quan chặt chẽ đến sự hình thành và tiến triển của ung thư cổ tử cung. Bên cạnh đó, các chủng như HPV-6 và HPV-11 cũng xuất hiện với tỉ lệ tương đối cao khoảng 20%, mặc dù đây là các chủng có nguy cơ thấp nhưng lại thường xuyên gây ra các tổn thương lành tính như mụn cóc sinh dục và u nhú đường sinh dục, theo báo cáo của Trung tâm Kiểm soát và Phòng ngừa dịch bệnh Hoa Kỳ (CDC) [2].

3.2. Kết quả phân tích tỉ lệ nhiễm HPV theo nhóm tuổi

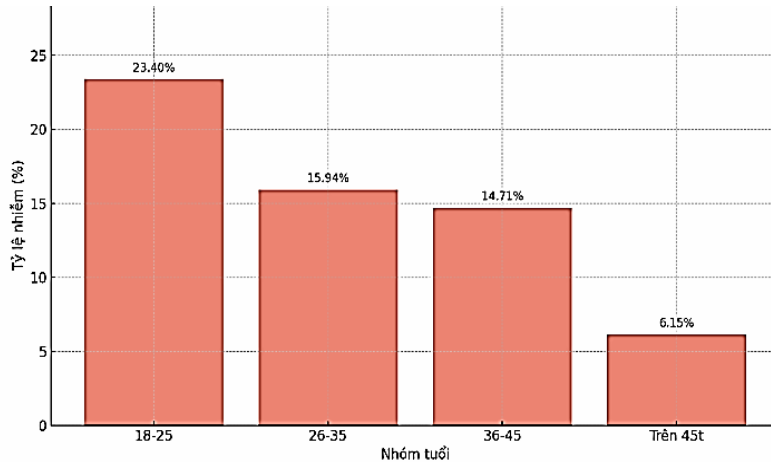
Tỉ lệ nhiễm HPV theo từng nhóm tuổi được trình bày trong Bảng 1 và Hình 6.

Bảng 1. Tỷ lệ nhiễm HPV theo nhóm tuổi

Nhóm tuổi	Số mẫu hợp lệ	Số mẫu dương tính	Tỉ lệ nhiễm
18-25	94	22	23,40%
26-35	232	37	15,94%
36-45	401	59	14,71%
Trên 45t	520	32	6,15%
Tổng	1247	150	12,03%

Tỉ lệ này giảm dần theo độ tuổi và thấp nhất (6,15%) ở nhóm trên 45 tuổi. So với nhóm >45 tuổi, nhóm 18-25 có nguy cơ nhiễm HPV cao gấp 4,66 lần (giá trị p-value < 0,001), nhóm 26-35 cao gấp 2,89 lần (p < 0,001) và nhóm 36-45 cao gấp 2,63 lần (p < 0,001). Kết quả này hoàn toàn tương đồng

với kết quả của WHO [8], tỷ lệ nhiễm HPV thường đạt đỉnh ở phụ nữ dưới 25 tuổi, sau đó giảm dần do miễn dịch tự nhiên, giảm số lượng bạn tình, hoặc các yếu tố liên quan đến hành vi tình dục. Nghiên cứu của Clifford [3] và cộng sự cũng ghi nhận xu hướng tương tự trên quy mô toàn cầu, trong đó tỷ lệ nhiễm HPV cao nhất thuộc về nhóm tuổi 20-24, và giảm rõ rệt sau tuổi 40. Tỷ lệ nhiễm giảm dần sau tuổi 35 có thể liên quan đến việc hình thành miễn dịch tự nhiên, thay đổi hành vi tình dục, hoặc do các can thiệp y tế (tầm soát, điều trị sớm) đã được thực hiện.



Hình 6. Tỷ lệ nhiễm HPV theo từng nhóm tuổi

3.3. So sánh kết quả nghiên cứu với các công bố

Kết quả nghiên cứu tại Chemedic trong nửa đầu năm 2025 cho thấy tỷ lệ nhiễm HPV là 12,03% (150/1247 mẫu), nằm trong khoảng tương đồng với các nghiên cứu trước đây tại Việt Nam tuy nhiên vẫn có sự khác biệt do do hành vi tình dục, mức độ đô thị hóa, độ phủ vắc-xin và khả năng tiếp cận dịch vụ y tế khác nhau. Ví dụ tỉnh Thừa Thiên Huế có tỉ lệ nhiễm thấp hơn do văn hóa, hành vi tình dục và mức độ đô thị hóa ở Huế thấp hơn ở Hà Nội.

Tỷ lệ nhiễm HPV tổng thể của nghiên cứu (12,03%) thấp hơn mức trung bình của khu vực Đông Nam Á, ước tính khoảng 14-16% ở phụ nữ [5], nhưng vẫn thuộc nhóm trung bình-cao so với các nước có chương trình tầm soát hiệu quả. Kết quả này cho thấy nhu cầu mở rộng tiêm vắc-xin HPV và tầm soát định kỳ ở Việt Nam cần được triển khai mạnh hơn, đặc biệt cho phụ nữ trẻ ở độ tuổi dưới 25. Kết quả so sánh với một số nghiên cứu khác ở trên được tóm tắt trong Bảng 2 sau đây.

Bảng 2. So sánh kết quả nghiên cứu với một số nghiên cứu khác tại Việt Nam và quốc tế

Khía cạnh	Kết quả nghiên cứu này	Nghiên cứu khác tại Việt Nam và quốc tế
Tỉ lệ nhiễm HPV	Trong 1247 mẫu có 150 mẫu dương tính, tỉ lệ 12,03%	Tại Hồ Chí Minh 2010: 10,34% [7] Thừa Thiên Huế 2012: 0,9 % [6]
Tuýp HPV phổ biến	HPV-16, HPV-18 là chủ đạo	Tương tự nhiều nghiên cứu trong nước và thế giới [5], [8]: HPV-16, HPV-18 phổ biến nhất, chiếm 60-70% ca có nguy cơ cao
Xu hướng theo tuổi	Nhóm tuổi trẻ (18-25) có nguy cơ mắc cao nhất, giảm dần theo tuổi lớn	Kết quả phù hợp với nhiều nghiên cứu [3], [8]: tỷ lệ nhiễm HPV cao nhất ở nhóm <25t, giảm dần theo tuổi do tăng miễn dịch, thay đổi hành vi tình dục
Độ phổ biến các tuýp nguy cơ thấp (HPV-6, HPV-11)	Tìm thấy với tỷ lệ tương đối cao (HPV-6: 20%, HPV-11: 19,3%)	Các nghiên cứu khác [6] cũng ghi nhận tuýp nguy cơ thấp gặp với tỷ lệ không nhỏ, gây sỏi mào gà và tổn thương.

Về phân bố theo độ tuổi, dữ liệu cho thấy tỷ lệ nhiễm HPV cao nhất thuộc nhóm tuổi 18-25, sau đó giảm dần theo tuổi. Xu hướng này phù hợp với các kết quả ghi nhận ở trong và ngoài nước [3], [8]. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng nhóm phụ nữ trẻ mới bắt đầu có hoạt động tình dục có nguy cơ lây nhiễm HPV cao nhất, sau đó hệ miễn dịch và hành vi tình dục ổn định hơn sẽ góp phần làm giảm tỷ lệ lây nhiễm. Tuy nhiên, sự phân loại nhóm tuổi và độ rộng mẫu nghiên cứu có thể ảnh hưởng đến độ chính xác khi so sánh.

Về phân bố chủng virus, HPV-16 và HPV-18 chiếm tỷ lệ cao nhất trong số các mẫu dương tính. Sự xuất hiện của các chủng như HPV-52, HPV-58, hay HPV-6, HPV-11 cũng được ghi nhận với tỷ lệ đáng kể. Đặc biệt, HPV-6 và HPV-11 dù là chủng nguy cơ thấp nhưng vẫn có vai trò gây ra mụn cóc sinh dục và các tổn thương lành tính ở cổ tử cung. Tỷ lệ của các chủng này tại Chemedic (HPV-6 là 20%; HPV-11 là 19,3%) cũng tương đồng với một số nghiên cứu tại Việt Nam như nghiên cứu tại Thừa Thiên Huế năm 2012 [6].

Nhìn chung, sự tương đồng giữa dữ liệu của Chemedic và các nghiên cứu trong nước, cũng như chuẩn quốc tế cho thấy độ tin cậy của phương pháp xét nghiệm Real-time PCR trong phát hiện và định tuýp HPV. Tuy nhiên, nghiên cứu này có một số giới hạn nhất định như: thời gian ngắn (3 tháng) nên chưa phản ánh biến động theo mùa/năm; phạm vi giới hạn tại một trung tâm ở Hà Nội nên chưa đại diện cho cả nước; chưa thu thập dữ liệu về hành vi tình dục, tiêm vắc-xin hoặc hút thuốc - các yếu tố nguy cơ quan trọng. Do đó, cần nghiên cứu đa trung tâm, thời gian dài và thu thập nhiều biến số hơn để khẳng định kết quả.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu tỉ lệ và độ tuổi nhiễm HPV ở phụ nữ độ tuổi từ 18-69 tại Hà Nội trong nửa đầu năm 2025 cho thấy tỷ lệ nhiễm HPV ở nữ giới là 12,03%, với nhóm tuổi 18-25 có tỷ lệ mắc cao nhất. Chủng HPV-16 chiếm tỷ lệ cao nhất, tiếp theo là HPV-18, đây đều là các chủng nguy cơ cao liên quan đến ung thư cổ tử cung. Ngoài ra, các chủng nguy cơ thấp như HPV-6 và HPV-11 cũng được phát hiện với tỷ lệ đáng kể, cảnh báo nguy cơ mắc các bệnh lý lành tính như sùi mào gà.

So sánh với các nghiên cứu trong nước và quốc tế, kết quả của nghiên cứu này phù hợp với xu hướng chung: tỷ lệ nhiễm HPV cao ở nhóm phụ nữ trẻ tuổi, HPV-16 và HPV-18 là hai chủng phổ biến nhất và có nguy cơ cao nhất. Sự tương đồng này cho thấy tính đại diện của dữ liệu nghiên cứu và đồng thời khẳng định giá trị của việc sàng lọc định kỳ.

Từ các kết quả trên có thể đưa ra một số khuyến nghị: Khuyến khích phụ nữ trẻ, đặc biệt nhóm 18-25 tuổi, thực hiện xét nghiệm HPV định kỳ ngay cả khi chưa có triệu chứng; đẩy mạnh chương trình tiêm chủng cho nữ giới trước tuổi quan hệ tình dục và mở rộng tiêm cho các nhóm tuổi lớn hơn khi chưa nhiễm; khuyến khích các cơ sở y tế tích hợp xét nghiệm Real-time PCR vào gói khám phụ khoa định kỳ để phát hiện sớm các type nguy cơ cao; nâng cao nhận thức về phòng ngừa HPV, an toàn tình dục và lợi ích tầm soát sớm

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Y Tế. (2024). Hướng dẫn dự phòng và kiểm soát ung thư cổ tử cung. *Quyết định số 3792/QĐ-BYT*.
- [2] Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2023). *Cervical cancer prevention and control*. <https://www.cdc.gov/cancer/cervical/>.
- [3] Clifford, G. M., Smith, J. S., Plummer, M., Muñoz, N., & Franceschi, S. (2003). Human papillomavirus types in invasive cervical cancer worldwide: A meta-analysis. *British Journal of Cancer*, 88, 63-73.
- [4] Cuzick J., Arbyn M., Sankaranarayanan R., et al. (2008). Overview of human papillomavirus detection methods for cervical cancer screening. *Vaccine*, 26, K29-K41.
- [5] Catalan Institute of Oncology (ICO) and International Agency for Research on Cancer (IARC). (2023). Human papillomavirus and related diseases in Vietnam: Summary report. *ICO/IARC HPV Information Centre*: <https://hvpcentre.net/statistics/reports/VNM.pdf>.
- [6] Nguyễn Vũ Quốc Huy, Lê Minh Tâm, Ngô Viết Quỳnh Trâm, Trương Quang Vinh, Cao Ngọc Thành. (2012). Nghiên cứu tình hình nhiễm Human Papilloma Virus sinh dục ở phụ nữ tại tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Phụ sản*.
- [7] Trần Thị Lợi, Hồ Văn Phúc (2010). Tỷ lệ nhiễm Human Papilloma Virus và các yếu tố liên quan của phụ nữ từ 18-69 tuổi tại Thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Y học Thành phố Hồ Chí Minh*.
- [8] World Health Organization. (2024). Cervical cancer - Global cancer observatory. *Switzerland: WHO*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cervical-cancer>.

PHÂN TÍCH CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH HỆ THỐNG HỒ CHỨA KHE LẠI - VỰC MẤU GIẢM LŨ HẠ DU

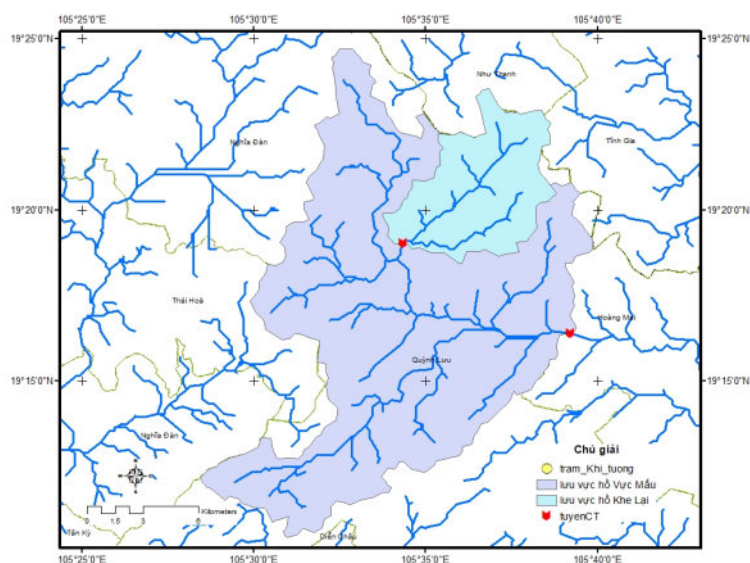
Nguyễn Thị Thu Nga

Trường Đại học Thủy lợi, ngatvct@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trận lũ lịch sử xảy ra vào cuối tháng 9 đầu tháng 10 năm 2013 đã gây thiệt hại rất nặng nề cho thị xã Hoàng Mai (cũ), tỉnh Nghệ An. Đã có 2 người chết, 1 người mất tích, 8000 hộ dân bị ngập sâu, 620 hộ gia đình phải di dời khẩn cấp ra khỏi vùng nguy hiểm, 350ha lúa mùa bị mất trắng, 935ha hoa màu không còn khả năng cho thu hoạch, 370ha nuôi trồng thủy sản, trong đó có 182ha nuôi tôm bị cuốn trôi hoàn toàn... Ước tính tổng thiệt hại lên đến hơn 835 tỷ đồng [1]. Nguyên nhân chính gây ngập lụt được cho là do việc xả lũ từ hồ Vực Mấu kết hợp với triều cường. Hồ Vực Mấu là công trình thủy lợi có tổng dung tích 74,1 triệu m^3 , nằm trên địa bàn huyện Quỳnh Lưu (cũ). Hồ được xây dựng vào năm 1978 với 3 cửa xả ban đầu, đến năm 2010 khi nâng cấp, sửa chữa đã mở rộng thành 5 cửa xả. Theo số liệu quan trắc hồ chứa [2], khi bắt đầu có lũ vào lúc 20h ngày 30/9/2013, mực nước hồ ở cao trình 20,66m (nhỏ hơn MNDBT 21m), hồ mở cửa xả số 1. Sau 4h hồ mở thêm cửa xả số 2; sau 7h mở cửa xả số 3; và sau 8h mở các cửa xả số 4, 5. Quá trình mở cửa xả liên tục trong đêm cũng là một trong những nguyên nhân gây khó khăn cho người dân ở hạ lưu ứng phó với ngập lụt. Căn cứ vào quá trình mực nước hồ, quá trình lưu lượng xả và quan hệ địa hình lòng hồ, có thể áp dụng phương trình cân bằng nước để tính toán lưu lượng đến hồ. Ước tính lưu lượng đỉnh lũ năm 2013 khoảng $2489m^3/s$, vượt cả giá trị lũ thiết kế tần suất 0,5% ($2246m^3/s$) [3].

Năm 2009, Bộ Nông nghiệp và PTNT phê duyệt dự án xây dựng hồ chứa Khe Lại nằm ở thượng lưu hồ Vực Mấu (hình 1), với diện tích lưu vực $50km^2$ và dung tích 19 triệu m^3 , có nhiệm vụ cấp nước phục vụ nông nghiệp và bổ sung nước cho hồ Vực Mấu. Do nhiều lý do khác nhau nên đến năm 2025, hồ Khe Lại mới được hoàn thiện và chuẩn bị đưa vào vận hành. Việc hồ Khe Lại vận hành sẽ có tác động đến hồ Vực Mấu ở hạ lưu, gây quan ngại cho cán bộ quản lý và người dân địa phương, đặc biệt khi có lũ lớn. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung phân tích chế độ vận hành của hệ thống Khe Lại – Vực Mấu khi có lũ lớn, làm cơ sở xây dựng quy chế phối hợp hai hồ chứa, góp phần giảm nhẹ lũ hạ du.

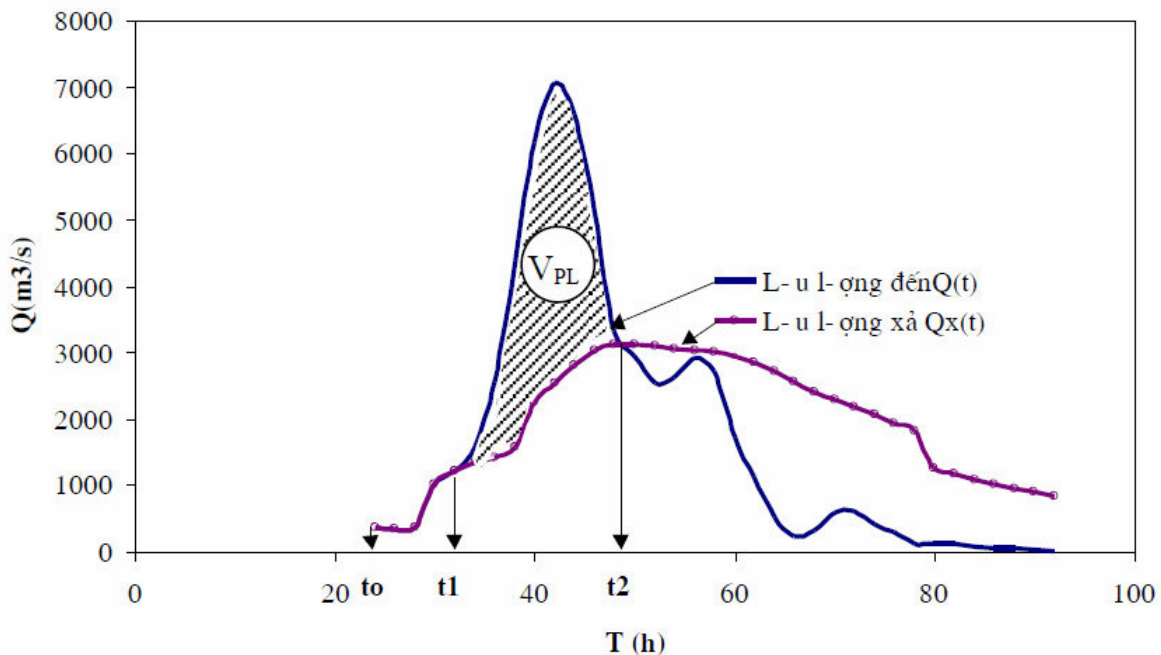


Hình 1. Vị trí hồ Khe Lại và hồ Vực Mấu

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Ý tưởng nghiên cứu

Bất kỳ hồ chứa nào có dung tích điều tiết lũ thì dù ít hay nhiều sẽ cắt giảm lũ về hạ du. Khi thiết kế, việc xác định dung tích điều tiết lũ thường căn cứ vào quá trình tính toán thử dần để dung tích điều tiết lũ là nhỏ nhất. Do đó quá trình xả lũ thường có dạng tăng dần cho đến khi đạt cực đại trên nhánh lũ xuống như Hình 2.



Hình 2. Quá trình lũ đến và xả lũ [4]

Bài toán vận hành ngược với bài toán thiết kế khi dung tích điều tiết lũ đã xác định. Vấn đề thao tác cắt lũ như thế nào để vừa đảm bảo không vượt quá dung tích điều tiết lũ, vừa giảm nhẹ lũ về hạ du. Trong vận hành quá trình lũ đến hồ rất đa dạng, cộng với các điều kiện mực nước ban đầu khác nhau có thể tạo ra các dung tích điều tiết lũ khác nhau.

Ở hệ thống hồ chứa Khe Lại – Vực Mầu thì hồ Vực Mầu đóng vai trò chủ yếu trong phòng chống lũ hạ du. Tuy nhiên, hồ Khe Lại nên hoạt động thế nào để tăng cường khả năng chống lũ cho cả hệ thống công trình? Hồ nên trữ lại ngay khi có lũ và tăng dần lưu lượng xả hay chủ động xả lũ ngay từ đầu với mức lưu lượng xả cố định. Để quyết định phương án hoạt động nào hợp lý cần thông qua tính toán thử dần cho cả hệ thống.

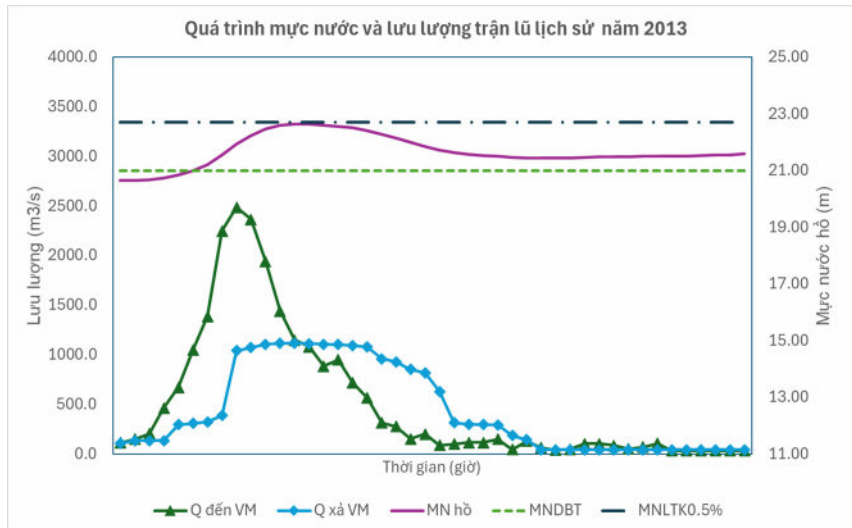
2.2. Phương pháp tính toán

Các phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm: phương pháp phân tích tổng hợp số liệu khí tượng thủy văn và tài liệu vận hành hồ chứa; phương pháp thử dần tính điều tiết lũ cho hệ thống hồ chứa bậc thang. Các phương pháp này đều là các phương pháp truyền thống và được mô tả chi tiết trong các tài liệu tham khảo [4].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Lựa chọn trận lũ tính toán

Như trên đã trình bày, lũ tháng 9 năm 2013 là lũ lịch sử, có độ lớn vượt lũ thiết kế. Đây cũng là trận lũ có hình dạng bất lợi đối với quá trình điều tiết do thời gian lũ lên nhanh (Hình 3). Vì vậy nghiên cứu sẽ sử dụng mô hình trận lũ 2013 là đầu vào để tính toán các phương án điều tiết lũ cho hệ thống Khe Lại – Vực Mầu.



Hình 3. Quá trình xả lũ thực tế năm 2013

Do thời điểm năm 2013 chưa có hồ chứa Khe Lại nên để xác định quá trình lũ đến hồ Khe Lại và khu giữa Khe Lại-Vực Mầu, nghiên cứu đã áp dụng phương pháp tính theo tỉ lệ diện tích. Khoảng cách giữa hồ Khe Lại và Vực Mầu cũng rất gần nên trong nghiên cứu bỏ qua phần diễn toán trên sông.

Bảng 1. Một số thông số công trình

Thông số	Hồ Khe Lại	Hồ Vực Mầu
Diện tích lưu vực (km ²)	50	200
Lũ thiết kế 0,5%		2246
Lũ kiểm tra 0,1%		2851
Lũ thiết kế 0,2%	1673,5	
Lũ kiểm tra 1%	1196,3	
MNC (m)		
MNDBT (m)	45,8	21,00
MNLTk (m)	47,34	22,72
MNLKT (m)	48,17	23,53
Tràn xả lũ		
n×B×H	2×8×5,5	5×8×5,5
ngưỡng tràn	40,3	15,5

Nguồn: [3], [5]

3.2. Các trường hợp tính toán

Để đánh giá khả năng phối hợp giữa hai hồ Khe Lại và Vực Mầu, nghiên cứu đề xuất các trường hợp tính toán là tổ hợp của các yếu tố sau:

- Thay đổi mực nước ban đầu của hai hồ
- Thay đổi phương án xả lũ của hai hồ chứa

Ký hiệu TH là các trường hợp tính toán. TH0 ứng với lũ thực tế (2013) xảy ra khi chỉ có hồ Vực Mầu. TH1 là trường hợp mực nước ban đầu của hai hồ đều ở MNDBT, tràn hoạt động hết công suất theo thiết kế. TH2 giống TH1 nhưng mực nước ban đầu giống TH0. TH3, 4 thay đổi mực nước ban đầu và không chế lưu lượng xả của hồ Khe Lại không vượt quá 150 m³/s. TH 5, 6, 7, 8 không chế lưu lượng xả hồ Khe Lại không vượt quá 100m³/s và mực nước hồ không vượt quá MNDBT, đồng thời áp dụng các mức không chế lưu lượng xả từ hồ Vực Mầu khác nhau. TH9,10 không chế mực nước hồ Khe Lại không vượt quá MNLKT. TH 11,12 không chế mực nước hồ Khe Lại không vượt quá MNLTk. Cả 4 trường hợp 9, 10, 11, 12 đều không chế mực nước hồ Vực Mầu không vượt quá MNLTk.

Kết quả tính toán của các trường hợp được tổng hợp trong bảng sau:

Bảng 2. Bảng tổng hợp kết quả tính điều tiết lũ hồ Vực Mầu

TH	Hồ Khe Lại				Hồ Vực Mầu				
	Qđến max	Mức nước ban đầu	Mức nước lớn nhất	Qxa max	Qđến max	Mức nước ban đầu	Mức nước lớn nhất	Q xả max	ΔQ (%)
0					2489.2	20.66	22.64	1120.4	
1	578.9	45.8	46.41	385.04	2261.3	21.00	22.27	1154.97	
2	578.9	45.8	46.41	385.04	2261.3	20.66	22.12	1116.37	3.34
3	578.9	45.8	48.13	150.00	2060.3	21.00	21.99	1083.84	6.16
4	578.9	41.2	44.81	150.00	2060.3	21.00	21.99	1083.84	6.16
5	578.9	41.2	45.74	100.00	2010.3	21.00	21.91	1063.82	7.89
6	578.9	41.2	45.74	100.00	2010.3	21.00	22.23	800.00	30.73
7	578.9	41.2	45.74	100.00	2010.3	21.00	22.46	700.00	39.39
8	578.9	41.2	45.74	100.00	2010.3	21.00	22.72	600.00	48.05
9	578.9	45.8	48.13	150.00	2060.3	21.00	22.72	650.00	43.72
10	578.9	45.8	48.13	150.00	2060.3	20.59	22.71	550.00	52.38
11	578.9	45.8	47.29	220.00	2130.3	21.00	22.72	720.00	37.66
12	578.9	41.2	47.21	20.00	1930.3	21.00	22.72	520.00	54.98

trong đó ΔQ (%) là mức giảm lưu lượng xả lũ xuống hạ du so với TH1.

3.3. Kết quả và thảo luận

a) TH0 và TH2

Sau khi có hồ chứa Khe Lại, lưu lượng lũ đến hồ Vực Mầu sẽ giảm đi, dẫn đến mức nước lớn nhất trong hồ sẽ giảm. Tuy nhiên, nếu không thay đổi chế độ vận hành thì lưu lượng xả lớn nhất xuống hạ du sẽ hầu như không thay đổi.

b) TH1 và TH2

Khi hạ thấp mực nước trước lũ hồ Vực Mầu từ 21m xuống 20,66m (tương ứng với dung tích phòng lũ 4,13 triệu m^3) sẽ giúp hạ thấp mực nước lớn nhất 15cm, tuy nhiên hiệu quả cắt giảm lưu lượng xả lũ hầu như không đáng kể (3,34%).

c) TH4, TH5 và TH12

Khi hạ thấp mực nước trước lũ hồ Khe Lại xuống 41,2m (Đường cấp nước gia tăng), có thể khống chế lưu lượng xả lũ từ hồ Khe Lại xuống mức 100 m^3/s mà mực nước hồ không vượt quá MNDBT. Tương tự, lưu lượng xả có thể giảm xuống 20 m^3/s mà mực nước hồ không vượt quá MNLTK.

d) TH5, TH6, TH7 và TH8

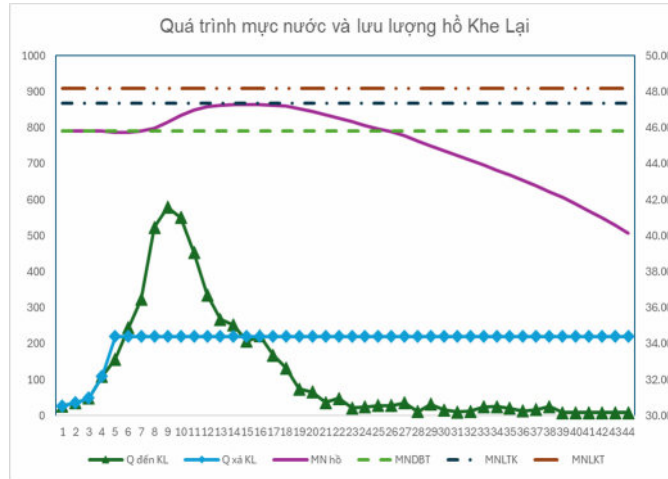
Cùng điều kiện xả từ hồ Khe Lại và mực nước ban đầu hồ Vực Mầu, khi thay đổi khống chế lưu lượng xả về hạ du ở các mức khác nhau thì dẫn đến các giá trị mực nước lớn nhất của hồ Vực Mầu cũng thay đổi theo.

e) TH1, TH3 và TH11

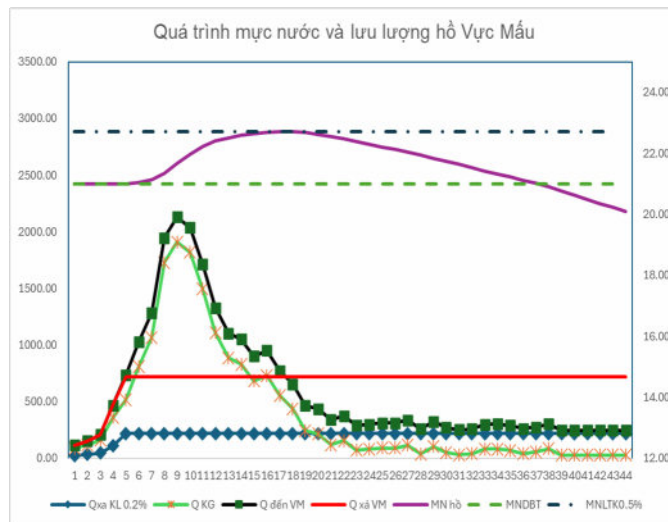
Tại thời điểm ban đầu ở cả 3 trường hợp đều là MNDBT. Ở TH1 là xả theo khả năng nên Q xả max là 385 m^3/s ; mực nước hồ lớn nhất chỉ ở 46,41m, nhỏ hơn so với MNLTK và MNLKT. Nếu muốn giảm lưu lượng xả về hồ Vực Mầu thì giá trị lưu lượng xả lớn nhất để mực nước hồ không vượt quá MNLTK (47,34m) là 220 m^3/s . Tương tự, giá trị lưu lượng xả lớn nhất để mực nước hồ không vượt MNLKT (48,17m) là 150 m^3/s .

g) TH11 và TH12

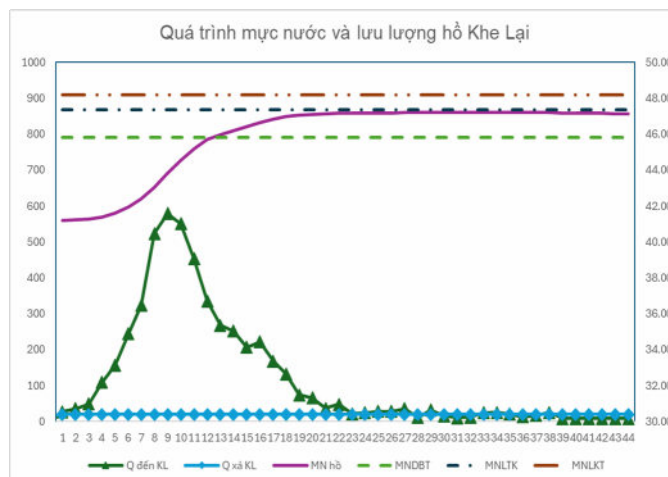
Hai hồ Khe Lại và Vực Mầu kết hợp giảm lũ hạ du. Thời điểm ban đầu, khi hồ Khe Lại và hồ Vực Mầu đều ở MNDBT, nếu không chế lưu lượng xả hồ Khe Lại ở mức $220\text{m}^3/\text{s}$ và hồ Vực Mầu là $720\text{m}^3/\text{s}$ thì mực nước cả hai hồ đều ở mức an toàn dưới MNLTk. So với TH1 thì mức cắt giảm lưu lượng xả lũ về hạ du được 37,66% (Hình 4 và 5). Trường hợp khi hồ Khe Lại ở mức 41,2m thì hiệu quả cắt lũ tăng lên 54,98% (Hình 6 và 7).



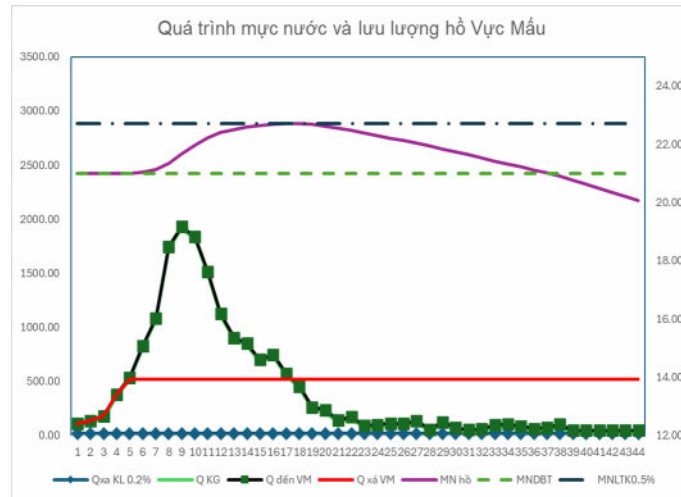
Hình 4. Quá trình xả lũ hồ Khe Lại TH11



Hình 5. Quá trình xả lũ hồ Vực Mầu TH11



Hình 6. Quá trình xả lũ hồ Khe Lại TH12



Hình 7. Quá trình xả lũ hồ Vực Mầu TH12

Với tổng số 12 trường hợp tính toán thì TH12 cho kết quả cắt giảm lũ hạ du nhiều nhất. Để đạt được hiệu quả này, hồ Khe Lại cần đưa mực nước hồ về mực nước trước lũ (theo dự thảo QTVH) là 41,2m và xả liên tục ngay từ khi bắt đầu có lũ với lưu lượng 20m³/s. Hồ Vực Mầu mở dần cửa xả cho đến khi đạt 520m³/s thì duy trì cho đến khi hết lũ.

4. KẾT LUẬN

Lũ 2013 là trận lũ vượt qua giá trị lũ thiết kế nên việc vận hành hồ Vực Mầu trong thực tế đã góp phần giảm lũ về hạ du. Trong trường hợp có thêm hồ Khe Lại, nếu hai hồ chứa phối hợp vận hành thì có thể góp phần giảm thêm lũ về hạ du một cách đáng kể. Để giảm lũ cho hạ du và không gây ảnh hưởng đến an toàn của các hồ chứa, phương án vận hành tốt nhất là duy trì một mức xả ổn định từ mỗi hồ. Giá trị lưu lượng xả sẽ tùy thuộc vào quá trình lũ dự báo đến hồ và mực nước ban đầu trước khi có lũ. Nghiên cứu này mới dừng ở một số tổ hợp đơn giản giữa mực nước trước lũ theo quy trình vận hành (dự kiến), lưu lượng xả không đổi và mực nước lớn nhất không chế (bao gồm cả MNDBT, MNLT0.5% và MNLT0.2%) cho mỗi hồ. Định hướng nghiên cứu tiếp theo bao gồm áp dụng cho tổ hợp các mô hình lũ đến hồ, mực nước trước lũ và có thể cả mực nước không chế hạ du.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://truyenhinhnghien.vn/kinh-te/201310/tx-hoang-mai-lu-lut-lam-thiet-hai-hon-835-ty-dong-620199/>.
- [2] <http://www.thuyloivietnam.vn>.
- [3] Quy trình vận hành điều tiết hồ chứa nước Vực Mầu, tỉnh Nghệ An, 2009.
- [4] Giáo trình Thủy văn công trình (2012). NXB Xây dựng.
- [5] Dự thảo Quy trình vận hành điều tiết hồ chứa nước Khe Lại, tỉnh Nghệ An, 2025.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ THIẾT HẠI DO NGẬP LỤT, ỨNG DỤNG THỬ NGHIỆM CHO TỈNH VĨNH PHÚC

Vũ Thị Minh Huệ¹, Đinh Thị Hải Yến²

¹*Trường Đại học Thủy lợi, email: Minhhuu_tvct@tlu.edu.vn*

²*Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hiện nay, có nhiều hướng nghiên cứu khác nhau về thiệt hại nhằm phân loại các thành phần, yếu tố để đánh giá. Tuy nhiên, việc sử dụng các thuật ngữ liên quan đến thiệt hại ngập lụt giữa các ngành, lĩnh vực nghiên cứu vẫn còn nhiều định hướng khác nhau. Các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực khoa học tự nhiên thường chú trọng vào khái niệm rủi ro trong khi các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực khoa học xã hội thường nhắc đến thuật ngữ tính dễ bị tổn thương. Sự phát triển của việc phân tích diễn biến lũ lụt đã được nghiên cứu song song với đánh giá thiệt hại lũ lụt. Trong vài thập kỷ qua, phân tích lũ lụt tập trung chủ yếu vào các đại lượng vật lý (lượng ngập, diện tích ngập, độ sâu ngập lụt ...) và thiệt hại trực tiếp của các thành phần kinh tế do lũ lụt gây ra.

Vấn đề đánh giá thiệt hại lũ đang là một vấn đề nổi cộm. Đánh giá thiệt hại lũ có thể được tiến hành theo hai loại: thiệt hại thực tế và thiệt hại tiềm tàng. Thiệt hại thực tế là ước tính thiệt hại xảy ra trong một sự kiện lũ lụt cụ thể, trong khi thiệt hại tiềm tàng được định nghĩa là thiệt hại xảy ra khi không có bất kỳ biện pháp giảm thiểu thiệt hại nào [1], [2]. Những thiệt hại này được đánh giá dựa trên loại dữ liệu đầu vào có thể là dữ liệu thực hoặc dữ liệu giả định. Hơn nữa, đánh giá thiệt hại lũ sử dụng các đặc trưng của trận lũ và các yếu tố ảnh hưởng đến thiệt hại của đối tượng [3], [4]. Các yếu tố này được chia thành hai loại: thông số sức đề kháng (mức độ dễ bị tổn thương) và thông số tác động (hiểm họa lũ lụt). Việc xác định các yếu tố này đều là những vấn đề phức tạp. Tùy từng đối tượng cụ thể, ứng với các đặc trưng lũ lụt khác nhau thì mức độ thiệt hại cũng sẽ khác nhau. Do vậy việc tìm ra một cách tiếp cận khả thi, có độ tin cậy và phù hợp với đặc điểm của lưu vực là cần thiết.

Các đặc trưng tác động của lũ lụt đối với các đối tượng có thể được xác định theo loại và cường độ của lũ. Theo Clausen [5], đặc trưng tác động điển hình là độ sâu của nước, vận tốc dòng chảy, ứng suất cắt đáy, lực động (động lượng dòng chảy, công suất dòng chảy và độ sâu nhân với tốc độ), tốc độ dâng của lũ và tiềm năng mảnh vỡ của cảnh quan. Độ sâu của lũ, còn được gọi là chiều cao lũ, là thông số được sử dụng phổ biến nhất để xác định các hàm thiệt hại cho các đối tượng bị ảnh hưởng bởi lũ lụt [6], [7]. Điều này là do độ sâu của lũ dễ đo bằng phương tiện trực quan ngay sau khi lũ xảy ra và có thể dễ dàng mô phỏng chính xác bằng các mô hình toán. Các yếu tố khác như thời gian ngập, vận tốc dòng chảy có thể xác định, tuy nhiên độ tin cậy không cao. Do vậy độ sâu ngập là yếu tố được lựa chọn là đặc trưng tác động.

Vĩnh Phúc là tỉnh nằm trong vùng đồng bằng Bắc Bộ, thường xuyên chịu ảnh hưởng của mưa lớn và lũ lụt, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa nhanh chóng. Các đợt mưa lớn vào năm 2022 đã gây thiệt hại đáng kể, với 7 người thiệt mạng, hơn 16.000 ha lúa, hoa màu và thủy sản bị ảnh hưởng, tổng thiệt hại ước tính trên 850 tỷ đồng. Tuy nhiên việc đánh giá thiệt hại do ngập lụt còn nhiều phức tạp, khó khăn đặc biệt là ở những vùng đô thị đang phát triển trong đó đất đô thị xen lẫn trong đất nông thôn. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xây dựng công cụ đánh giá thiệt hại do ngập lụt gây ra một cách tự động, nhanh chóng nhằm phục vụ công tác quy hoạch và quản lý rủi ro thiên tai.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thiệt hại trực tiếp với từng trận lũ được tính toán bằng cách: tất cả các lớp bản đồ ngập lụt, độ lộ diện được biên tập về cùng một độ phân giải. Sau đó sử dụng phương pháp GIS chồng chập các đối tượng, mỗi đối tượng này có một giá trị kinh tế và một hàm thiệt hại. Từ đó tính ra được thiệt hại cho từng đối tượng, ở từng ô lưới. Bằng kỹ thuật GIS có thể dễ dàng xác định thiệt hại trực tiếp của từng đối tượng theo địa giới hành chính cho mỗi sự kiện lũ, kịch bản lũ cũng như tổng thiệt hại trực tiếp.

Trong nghiên cứu này, bản đồ sử dụng đất hiện trạng (cập nhật mới nhất) sẽ được dùng để đánh giá rủi ro cho thời kỳ hiện trạng. Bản đồ quy hoạch sử dụng đất 2025 (tầm nhìn 2030) (nếu có sẵn tại địa phương) sẽ được sử dụng để đánh giá rủi ro cho các kịch bản tương lai 2035, 2050 với sự thay đổi về các yếu tố khí tượng, thủy văn và BĐKH theo các khung thời gian đó. Trong đó, các chỉ số về giá sẽ được xem xét để ước lượng giá trị kinh tế đất cho tương lai. Chồng lớp lên các bản đồ ngập lụt sẽ thu được bức tranh về mức độ lộ diện theo các kịch bản.

Hàm thiệt hại: Đối với các loại đất được phân loại, hàm thiệt hại và giá trị kinh tế được thu thập dựa trên tài liệu và giá trị địa phương thích ứng. Các hàm thiệt hại đã được phân tích và tổng hợp trong báo cáo dự án Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với Thiên tai vùng ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2 (Bảng 1) [8] [9].

Bảng 1. Các hàm thiệt hại tương ứng với các loại đất (đơn vị x100%)

Các yếu tố thiệt hại	Ruộng lúa	Nông nghiệp	Rừng	Ngu nghiệp	Thành thị	Nông thôn	Công nghiệp	Giao thông	Cơ sở hạ tầng	Đất công cộng	Du lịch
Độ sâu lũ [m]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,35	0,13	0,07	0,05	0,07	0,16	0,04	0,14	0,09	0,15	0,05	0,16
0,5	0,25	0,14	0,10	0,14	0,33	0,08	0,28	0,18	0,30	0,10	0,33
1	0,38	0,37	0,20	0,37	0,49	0,17	0,48	0,29	0,60	0,40	0,49
1,5	0,50	0,52	0,30	0,52	0,62	0,25	0,63	0,51	0,70	0,60	0,62
2	1,00	0,56	0,50	0,56	0,72	0,33	0,72	0,67	0,80	0,60	0,72
3	1,00	0,66	0,50	0,66	0,87	0,50	0,86	0,67	0,90	0,60	0,87
4	1,00	0,83	0,50	0,83	0,93	0,67	0,91	0,67	0,95	0,60	0,93
5	1,00	0,99	0,50	0,99	0,98	0,83	0,96	0,67	1,00	0,60	0,98
6	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	0,60	1,00
Nguồn:	Reference project WB, Sri Lanka	JRC, Asia Average	Reference project WB, Sri Lanka	JRC, Asia Average	JRC, Asia Average	JRC, Cambodia rural	JRC, Asia Average	JRC, Asia Average	SSM2015	Reference project WB, Sri Lanka	JRC, Asia Average

Kết quả đánh giá thiệt hại được xây dựng tính toán trong phần mềm ArcGIS với ngôn ngữ Python. Chương trình tính toán đơn giản với số liệu đầu vào là bản đồ ngập, bản đồ sử dụng đất. Chương trình sẽ căn cứ trên loại sử dụng đất và chọn hàm. Các hàm thiệt hại tương ứng với các loại đất để tính toán ra thiệt hại. Kết quả tính toán thiệt hại ứng với từng tần suất mưa lũ khác nhau dựa trên lớp bản đồ sử dụng đất được thể hiện trên bản đồ rủi ro ngập lụt.

def noisuy(Nx,mx,my):

```

result=Con((Nx>0)&(Nx<=0.1),my[0]+Float((Nx-0)*(my[1]-my[0]))/Float((0.1-0)),
Con((Nx>0.1)&(Nx<= 0.35),my[1]+Float((Nx-0.1)*(my[2]-my[1]))/Float((0.35-0.1)),
Con((Nx>0.35)&(Nx<=0.5),my[2]+Float((Nx-0.35)*(my[3]-my[2]))/Float((0.5-0.35)),
Con((Nx>0.5)&(Nx<= 1),my[3]+Float((Nx-0.5)*(my[4]-my[3]))/Float((1-0.5)),
Con((Nx>1)&(Nx<= 1.5),my[4]+Float((Nx-1.0)*(my[5]-my[4]))/Float((1.5-1)),
Con((Nx>1.5)&(Nx<= 2),my[5]+Float((Nx-1.5)*(my[6]-my[5]))/Float((2-1.5)),
Con((Nx>2)&(Nx<= 3),my[6]+Float((Nx-2)*(my[7]-my[6]))/Float((3-2)),

```

```

Con((Nx>3)&(Nx<= 4),my[7]+Float((Nx-3)*(my[8]-my[7])/Float((4-3)),
Con((Nx>4)&(Nx<= 5),my[8]+Float((Nx-4)*(my[9]-my[8])/Float((5-4)),
Con((Nx>5)&(Nx<= 6),my[9]+Float((Nx-5)*(my[10]-my[9])/Float((6-5)),
Con((Nx>6),my[10]+Float((Nx-6)*(my[11]-my[10])/Float((100-6))
)))))))))
return result
hs=Float(Con(D==1,noisuy(N,N0,D1),
Con(D==2,noisuy(N,N0,D2),
Con(D==3,noisuy(N,N0,D3),
Con(D==4,noisuy(N,N0,D4),
Con(D==5,noisuy(N,N0,D5),
Con(D==6,noisuy(N,N0,D6),
Con(D==7,noisuy(N,N0,D7),
Con(D==8,noisuy(N,N0,D8),
Con(D==9,noisuy(N,N0,D9),
Con(D==10,noisuy(N,N0,D10),
Con(D==11,noisuy(N,N0,D11),
Con(D==12,noisuy(N,N0,D12))
)))))))))
Ketqua=Float(hs)

```

Giá trị kinh tế đất: dựa theo số liệu từ dự án Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với Thiên tai vùng Ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2 [8] [9]. Các giá trị này là cho từng quốc gia và dựa theo mối quan hệ GDP. Các giá trị không có trong báo cáo thì sẽ được thu thập từ các nguồn khác: từ các dự án tham khảo, thiệt hại do địa phương đánh giá và ý kiến của các chuyên gia dựa trên kinh nghiệm bản địa. Các giá trị đã được điều chỉnh lạm phát đến năm 2024.

Bản đồ thiệt hại tính đến giá trị kinh tế đất được tính như sau:

```

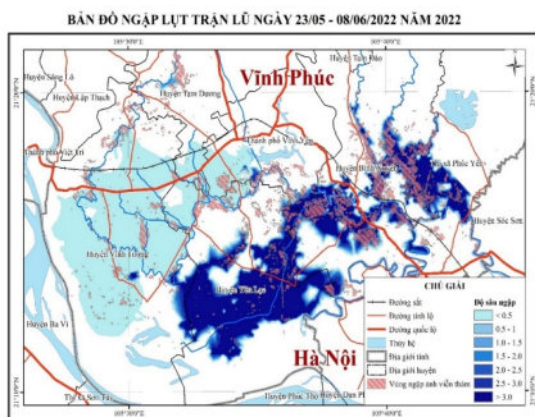
Con("dat1" == 0,0,Con("dat1" == 1,0.22,Con("dat1" == 2,0.22,Con("dat1" == 3,0.18,Con("dat1"
== 4,0.22,Con("dat1" == 5,53,Con("dat1" == 6,29,Con("dat1" == 7,109,Con("dat1" ==
8,1.3,Con("dat1" == 9,163,Con("dat1" == 10,0.1,Con("dat1" == 11,120,0))))))))))

```

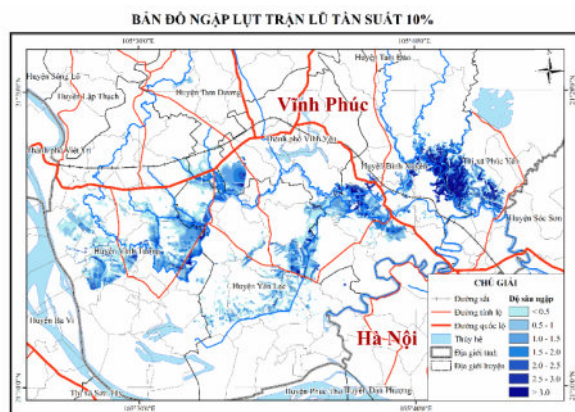
Sau khi nhân giá trị kinh tế các loại đất với bản đồ rủi ro ngập lụt sẽ được bản đồ thiệt hại theo các loại sử dụng đất và theo xã.

3. KẾT QUẢ SỐ VÀ THẢO LUẬN

Kế thừa mô hình mô phỏng ngập lụt cho tỉnh Vĩnh Phúc từ nghiên cứu xây dựng quản lý và đề xuất ứng phó với các cấp độ rủi ro thiên tai tại khu vực Trung du Bắc bộ, áp dụng cho lưu vực sông Phan – Cà Lò (2018) của Viện Quy hoạch Thủy lợi kết hợp với kỹ thuật viễn thám và các công cụ tính toán xây dựng bản đồ ngập lụt cho tỉnh Vĩnh Phúc.

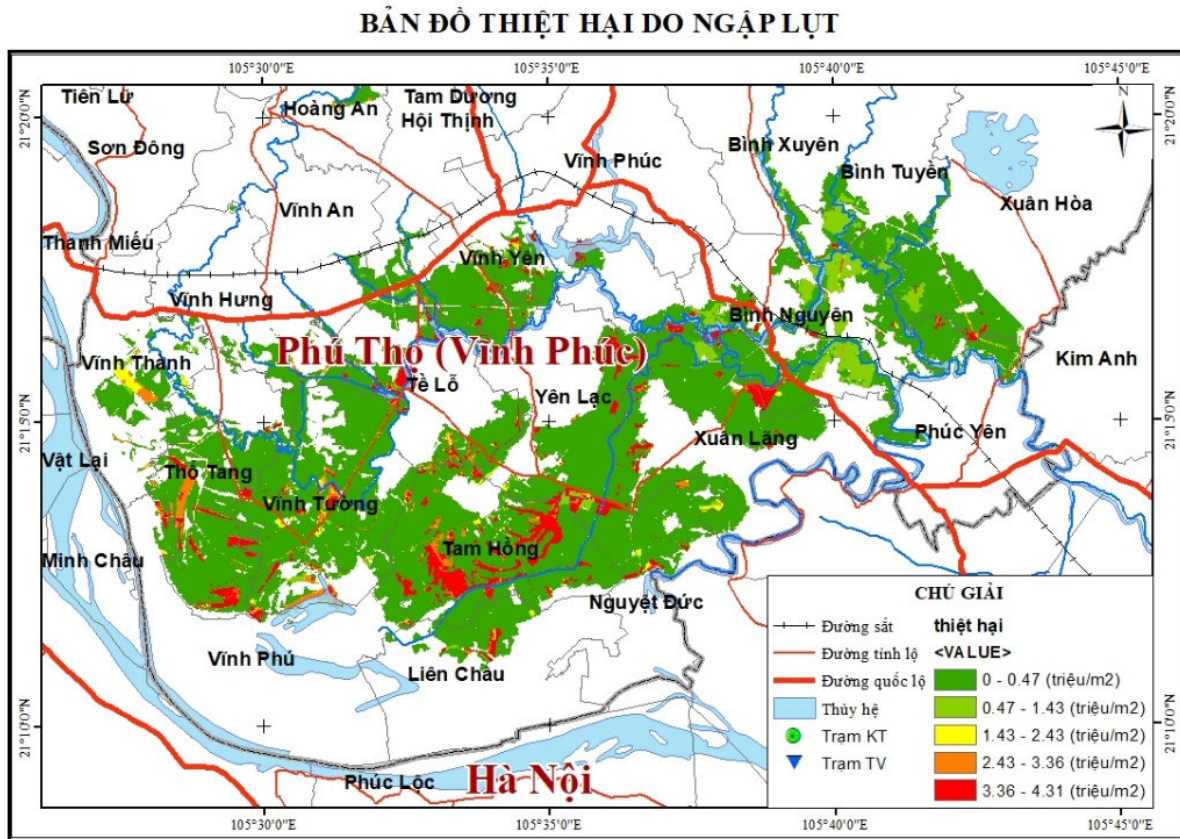


Hình 1. Bản đồ ngập lụt trận mưa lũ
ngày 23/05 – 08/06/2022



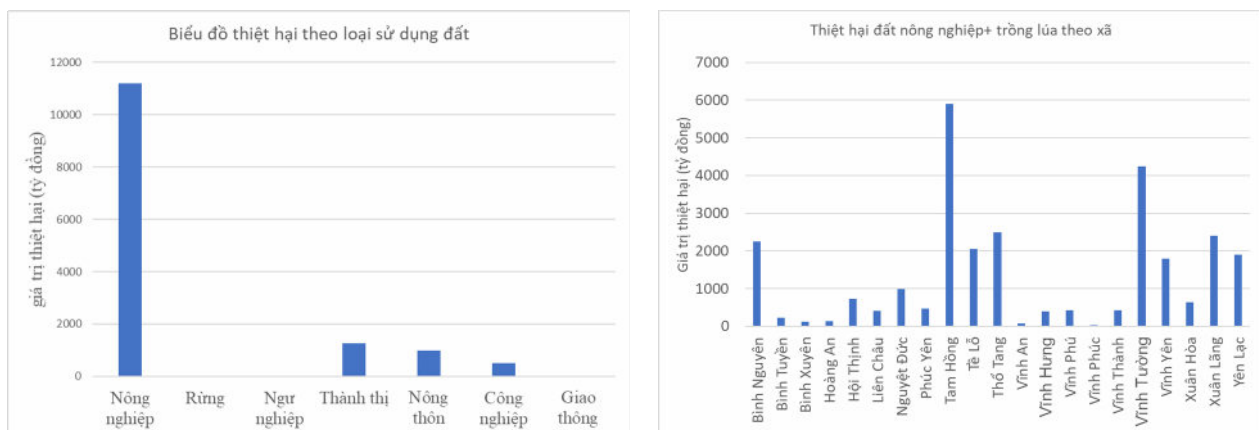
Hình 2. Bản đồ ngập lụt trận mưa lũ 10%

Bản đồ thiệt hại được tính toán từ dữ liệu bảng 1 và các bản đồ ngập lụt ở hình 1, hình 2, bản đồ sử dụng đất, bản đồ hành chính xã sẽ được bản đồ thiệt hại như hình dưới đây. Dựa trên giá trị kinh tế các loại đất thì các loại đất cơ sở hạ tầng thiết yếu, đất du lịch, đất công nghiệp là những vùng đất có giá trị cao nên thiệt hại cũng lớn hơn.



Hình 3. Bản đồ thiệt hại do ngập lụt ứng với trận mưa lũ tần suất 10%

Kết quả tính toán cho thấy trong các loại hình sử dụng đất lưu vực sông Phan – Cà Lò tỉnh Vĩnh Phúc thì đất nông nghiệp, trồng lúa là chính nên thiệt hại cũng lớn nhất với giá trị gần 11200 tỷ đồng, thiệt hại chủ yếu trên các vùng đất nông nghiệp, thành thị, nông thôn và công nghiệp. Khu vực thiệt hại trồng lúa nhiều nhất là xã Tam Hồng, Vinh Tường, Bình Nguyên, giá trị thiệt hại từ 2000 đến 6000 tỷ đồng.



Hình 4. Bản đồ thiệt hại của các loại sử dụng đất ứng với trận mưa lũ tần suất 10%

Kết quả tính toán cho thấy vùng bị rủi ro cao do ngập lụt gây nên tập trung ở khu vực trồng tập trung nhiều khu công nghiệp như Tam Hồng và Vinh Tường hay Yên Lạc nơi có diện tích canh tác nông nghiệp lớn thì thiệt hại cũng lớn.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu xây dựng công cụ đánh giá thiệt hại do ngập lụt một cách tự động bằng ngôn ngữ lập trình Python chạy trong phần mềm ArcGIS. Các kết quả tính toán có thể được cập nhật nhanh chóng, thuận tiện khi thay đổi các bản đồ ngập lụt với các kịch bản ngập lụt khác nhau. Kết quả nghiên cứu có thể hỗ trợ trong công tác quy hoạch đô thị; cung cấp dữ liệu cho việc thiết kế hệ thống thoát nước và các công trình phòng chống lũ lụt. Nâng cao năng lực ứng phó, giúp chính quyền địa phương và cộng đồng chuẩn bị tốt hơn trước các sự kiện thời tiết cực đoan như bão lũ, mưa lớn.

Các kết quả ngập lụt đã được thể hiện trên bản đồ trong phần mềm ArcGIS. Để thuận tiện cho việc tra cứu sử dụng bản đồ có thể đưa lên web để thuận tiện trong việc tra cứu, sử dụng bản đồ.

Trong thời gian tới, các kết quả tính toán có thể được tự động cập nhật lên web để mọi người có thể tra cứu dễ dàng thuận tiện hơn.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Smith, "Flood damage estimation—A review of urban stage-damage curves and loss functions," *Water SA* 1994, 20, p. 145–180.
- [2] Gissing, A.; Blong, R., "Accounting for variability in commercial flood damage estimation," *Aust. Geogr.* 2004, 35, pp. 209-222.
- [3] Merz, B.; Kreibich, H.; Schwarze, R.; Thielen, A., "Review article: Assessment of economic flood damage," *Nat. Hazards Earth Syst.*, pp. 1697-1724, 2010.
- [4] Kreibich, H.; Thielen, A.H.; Petrow, T.; Müller, M.; Merz, B., "Flood loss reduction of private households due to building," *Hazards Earth Syst. Sci.*, no. 5, pp. 117-126, 2005.
- [5] L. Clausen, "Potential Dam Failure: Estimation of Consequences, and Implications for Planning," 1989.
- [6] Jongman, B.; Kreibich, H.; Apel, H.; Barredo, J.I.; Bates, P.D.; Feyen, L.; Gericke, A.; Neal, J.; Aerts, J.C.J.H.; Ward, P.J., "Comparative flood damage model assessment: Towards a European approach," *Nat. Hazards Earth Syst.*, no. 12, pp. 3733-3752, 2012.
- [7] Chang, L.F.; Kang, J.L.; Su, M.D., "Depth-damage curve for flood damage assessments industrial and commercial sectors," pp. 24-26, February 2009.
- [8] ICEM - International Centre for Environmental Management. Tăng cường hỗ trợ ứng phó với thiên tai vùng ven biển Việt Nam- Giai đoạn 2. 2019.
- [9] Hoàng Thái Bình, Nguyễn Bách Tùng và nnk, Đánh giá rủi ro ngập lụt khu vực hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ, tỉnh Quảng Ngãi dưới tác động của các hoạt động kinh tế - xã hội, tạp chí Khí tượng Thủy văn 2025, 769, 102-116; doi:10.36335/VNJHM.2025(769).102-116.

XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG FLAVONOID, POLYPHENOL TỔNG SỐ VÀ SÀNG LỌC HOẠT TÍNH SINH HỌC CỦA CAO CHIẾT LÁ CHÈ DÂY THU TẠI TỈNH YÊN BÁI

Cao Thị Huệ¹, Hoàng Gia Bảo¹, Phạm Thị Kiều Vi¹, Hà Thị Dung²

¹Trường Đại học Thủy lợi, email: caohue@thu.edu.vn

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cây chè dây có tên khoa học là *Ampelopsis cantoniensis* (Hook. et Arn.) Planch, là một loài thực vật hai lá mầm thuộc họ Nho (Vitaceae). Cây chè dây phân bố ở Trung Quốc, Đài Loan, Ấn Độ, Nhật Bản và Việt Nam. Ở nước ta, cây chè dây được tìm thấy ở Lạng Sơn, Cao Bằng, Yên Bái, sau này được tìm thấy thêm ở nhiều nơi như Đồng Văn, Mèo Vạc, Yên Minh, Quản Bạ (thuộc tỉnh Hà Giang cũ), Hương Khê (Hà Tĩnh) và một số địa điểm khác thuộc các tỉnh miền Trung và miền Nam như: Nghệ An, Lâm Đồng [1]. Cây chè dây là một loài thảo dược, được sử dụng nhiều trong y học cổ truyền để điều trị các bệnh như: viêm khớp dạng thấp, viêm gan, viêm da và viêm dạ dày [1]. Theo các tài liệu công bố, cao chiết methanol của cây chè dây gây ra quá trình chết rụng tế bào trong tế bào bạch cầu đơn nhân tủy xương người HL-60, ức chế sự phát triển của tế bào bạch cầu chuột wehi-3 và thúc đẩy một loạt phản ứng miễn dịch *in vivo* [2]. Theo nghiên cứu của nhóm tác giả Trung Quốc, loài cây này được báo cáo là một nguồn nguyên liệu giàu flavonoid như ampelopsin và myricetin [3]. Ở nước ta, cây chè dây được sử dụng phổ biến ở các tỉnh phía Bắc làm trà thảo dược. Bộ phận thường dùng gồm các phần trên mặt đất của cây, bao gồm: lá, thân, cành, được thu hái vào lúc cây chưa ra hoa. Cây được dùng ở dạng khô và dạng tươi, thông thường được phơi khô, nghiền nhỏ và hãm lấy nước [1]. Chè dây được biết đến có một số hoạt tính sinh học đáng quý như: chống stress, giảm đau, kháng khuẩn và chống viêm loét dạ dày [4].

Mặc dù đã được sử dụng nhiều trong y học cổ truyền, nhưng những công bố về thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của cây chè dây vẫn còn hạn chế. Để góp phần nâng cao giá trị sử dụng và mở rộng phạm vi khai thác cây chè dây tại các tỉnh miền núi phía Bắc, chúng tôi tiến hành thu hái mẫu, tạo các cao chiết với các dung môi khác nhau, đánh giá thành phần flavonoid và polyphenol của các cao chiết, sàng lọc hoạt tính chống oxy hóa thông qua khả năng quét gốc tự do DPPH và đánh giá khả năng ức chế sản sinh NO của cao chiết cây chè dây thu hái tại xã Cù Tỷ, tỉnh Yên Bái. Kết quả của những nghiên cứu này làm cơ sở khoa học cho việc bảo tồn, sử dụng hợp lý, khai thác có hiệu quả cây chè dây.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Mẫu thực vật được sử dụng là lá chè dây (*A. cantoniensis*) được thu hái tại xã Cù Tỷ, tỉnh Yên Bái vào tháng 9 năm 2023. Sau đó, chè dây được làm sạch, phơi khô dưới bóng râm, nghiền nhỏ và bảo quản trong các túi hút chân không cho đến khi sử dụng. Tiêu bản mẫu lá chè dây được bảo quản tại Phòng thí nghiệm Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, phường Kim Liên, thành phố Hà Nội. Các loại hóa chất được dùng để tạo cao chiết có xuất xứ từ Công ty Hóa chất Đức Giang (Hà Nội, Việt Nam). Các hóa chất dùng để định lượng flavonoid, polyphenol và đánh giá hoạt tính sinh học của cao chiết (Folin-ciocalteu, quercetin, gallic acid, dung dịch DPPH...) có nguồn gốc từ Công ty Sigma-Adrich, Mỹ. Các hóa chất khác và thiết bị dùng cho nghiên cứu thuộc Phòng thí nghiệm Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Thủy lợi.

2.2. Quy trình tạo các cao chiết từ bột lá chè dây

Bột khô nguyên liệu lá chè dây (100 g) được chiết với các dung môi: cồn 90o, cồn/nước theo tỉ lệ 1/1 (v/v) và nước 100% ở nhiệt độ 50oC. Quá trình chiết với mỗi dung môi/hệ dung môi được thực hiện 3 lần, mỗi lần là 45 phút dưới tác dụng của sóng siêu âm, tỉ lệ dung môi/mẫu là 3 : 1 (v/w); tiến hành thu dịch chiết, gộp lại, lọc bỏ bã, sau đó cô quay chân không dưới áp suất giảm thu được các cao chiết thô kí hiệu lần lượt là: AC-LC-E100, AC-LC-EW55 và AC-LC-W100. Tỉ lệ thu hồi các cao chiết kể trên đạt giá trị tương ứng: 5,72%, 5,01% và 4,23% (tính theo phần trăm bột mẫu khô).

2.3. Phương pháp phân tích thành phần hóa học và hoạt tính sinh học

2.3.1. Phương pháp định lượng flavonoid và polyphenol tổng số

Hàm lượng polyphenol toàn phần được xác định theo phương pháp thuốc thử Folin-Ciocalteu được mô tả bởi Feduraev và cộng sự (2019) [5], trong thành phần của thuốc thử này chứa phức hợp phospho-wolfram-phosphomolybdate bị khử bởi các hợp chất polyphenol tạo thành sản phẩm có màu xanh, hấp thụ cực đại ở bước sóng 765 nm. Hàm lượng flavonoid toàn phần được xác định bằng phương pháp so màu với thuốc thử là $AlCl_3$ trong môi trường kiềm dựa vào sự tương quan giữa độ hấp thụ của quercetin tại bước sóng 510 nm với nồng độ quercetin tương ứng trong điều kiện xác định được mô tả bởi Chang và cộng sự (2002) [6].

2.3.2. Phương pháp đánh giá khả năng thu dọn gốc tự do DPPH

Các chất kháng oxy hóa có khả năng trung hòa gốc DPPH tự do tạo thành sản phẩm khử DPPH-H, dung dịch phản ứng chứa cao chiết sẽ mất dần màu tím và chuyển sang màu vàng, thực nghiệm tiến hành theo mô tả của Inota và cộng sự (2021) [7]. Lần lượt cho 1,5 mL dung dịch 3 mẫu cao chiết: AC-LC-E100, AC-LC-EW55 và AC-LC-W100 đã pha loãng ở dải nồng độ: 6,25; 12,5; 25; 50 và 100 $\mu\text{g/mL}$ trong ethanol 90° vào 1,5 mL dung dịch DPPH. Các mẫu sau đó được để trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 30 phút và đo mật độ quang ở bước sóng 517 nm. Từ đó tính được phần trăm ức chế DPPH (I%) và giá trị IC_{50} .

2.3.3. Phương pháp đánh giá hoạt tính ức chế sản sinh NO

Phương pháp đánh giá khả năng ức chế NO trên mô hình tế bào RAW 264.7 được cảm ứng viêm bằng lipopolysaccharide (LPS). Tiến hành đánh thức tế bào RAW 264.7 từ nitơ lỏng. Tiếp theo, tế bào RAW 264.7 được nuôi trong môi trường DMEM bổ sung 2 mM L-glutamine, 10 mM dung dịch đệm HEPES, 1 mM sodium pyruvate và 10% fetal bovine serum (FBS), để trong tủ ấm CO_2 ở điều kiện 37°C, 5% CO_2 . Sau 3-5 ngày, tùy theo tình trạng tế bào sau khi đánh thức, tế bào được cấy chuyển với tỉ lệ 1:3. Sau đó, tế bào được cấy chuyển vào trong đĩa 96 giếng với mật độ 2×10^5 tế bào/giếng, nuôi trong 24 giờ trong tủ ấm ở điều kiện 37°C, 5% CO_2 . Sau đó, tiến hành hút bỏ môi trường cũ và thay bằng môi trường mới DMEM không có FBS để trong 3 giờ. Tiếp theo, thay môi trường cũ bằng môi trường có chứa mẫu nghiên cứu ở các nồng độ khác nhau và ủ trong 2 giờ. Môi trường của một số giếng không chứa mẫu nghiên cứu mà chỉ có dung dịch pha mẫu được gọi là đối chứng âm. Đối chứng dương được sử dụng là L-NMNA ở các nồng độ 0,8; 4; 20 và 100 $\mu\text{g/mL}$. Tiến hành kích thích sản sinh yếu tố NO bằng LPS nồng độ 1 $\mu\text{g/mL}$ trong 24 giờ. Sau đó, hút 100 μL dịch nổi trong mỗi giếng sang đĩa 96 giếng mới và bổ sung 100 μL thuốc thử Griess reagent và ủ tiếp hỗn hợp trên ở nhiệt độ phòng trong 10 phút. Sau đó, đo mật độ quang bằng máy microplate reader ở bước sóng 540 nm. Môi trường DMEM không có FBS được sử dụng làm blank. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Giá trị IC_{50} (nồng độ ức chế 50% sự hình thành NO) được tính toán bằng phần mềm máy tính TableCurve 2Dv4 [8].

2.4. Xử lý số liệu và phân tích thống kê

Tất cả các thí nghiệm và phép đo đều được thực hiện 3 lần. Số liệu được xử lý và xây dựng đồ thị bằng phần mềm Graphpad. Số liệu trong bài được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ phương sai (SD) và xử lý thống kê bằng phần mềm Two-way ANOVA.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm lượng flavonoid và polyphenol toàn phần

Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số trong các cao chiết từ lá chè dây được xác định tương đương hàm lượng quercetin và gallic acid theo phương trình đường chuẩn $y = 0,0139x - 0,0005$ ($R^2 = 0,9954$) và $y = 0,01x - 0,0666$ ($R^2 = 0,9964$). Qua phương trình đường chuẩn xác định được hàm lượng polyphenol và flavonoid toàn phần, kết quả được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1 - Hàm lượng flavonoid và polyphenol tổng số của các cao chiết từ lá chè dây

Cao chiết	Polyphenol, mg QE/g	Flavonoid, mg GAE/g
AC-LC-E100	$111,24 \pm 1,42^{bc}$	$97,89 \pm 2,58^c$
AC-LC-EW55	$134,92 \pm 1,56^{ac}$	$93,81 \pm 2,01^{ac}$
AC-LC-W100	$101,06 \pm 2,74^{ab}$	$75,96 \pm 2,54^{ab}$

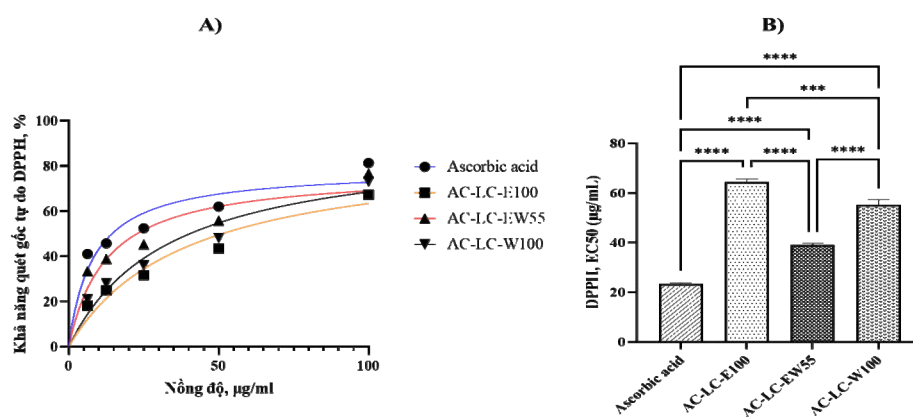
Ghi chú: Các chữ cái “a” thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi so sánh với mẫu AC-LC-E100, “b” thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi so sánh với mẫu AC-LC-EW55, “c” thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi so sánh với mẫu AC-LC-W100 (Turkey’s test, $P < 0,05$).

Kết quả đánh giá hàm lượng polyphenol và flavonoid cho thấy, hàm lượng polyphenol của các mẫu cao chiết được sắp xếp theo thứ tự: AC-LC-EW55 > AC-LC-E100 > AC-LC-W100. Trong đó, cao chiết được thực hiện bởi hỗn hợp dung môi cồn/nước theo tỉ lệ 1/1 (v/v) chứa hàm lượng polyphenol cao nhất, đạt giá trị 134,92 mg QE/g. Đối với chỉ số flavonoid, hai cao chiết AC-LC-EW55 và AC-LC-E100 chứa hàm lượng khác nhau không đáng kể và cao hơn so với mẫu được chiết bởi nước 100% (AC-LC-W100), như vậy dung môi có chứa cồn sẽ chiết xuất nhóm chất flavonoid tốt hơn. Hàm lượng flavonoid của lá chè dây được thu hái tại miền trung và sapa có giá trị lần lượt là $35,50 \pm 0,88$ % và $28,49 \pm 0,96$ % [11] cho thấy, hàm lượng nhóm chất flavonoid không chỉ phụ thuộc vào điều kiện và dung môi chiết xuất, mà còn phụ thuộc vào vị trí và thời điểm thu mẫu. Như vậy, đối với nguyên liệu lá chè dây, sự kết hợp giữa hai dung môi cồn và nước theo tỉ lệ 5/5 cho hiệu suất thu hồi cao chiết tốt nhất, đồng thời trong cao chiết cũng chứa hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số với tỉ lệ cao. Kết quả này cho phép đưa ra định hướng sử dụng hỗn hợp dung môi cồn/nước để chiết lá chè dây nhằm mục đích ứng dụng trong bảo chế thực phẩm và dược phẩm.

3.2. Sàng lọc hoạt sinh học của cao chiết lá chè dây

3.2.1. Khả năng thu dọn gốc tự do DPPH của cao chiết lá chè dây

Kết quả khảo sát khả năng thu dọn gốc tự do DPPH của các cao chiết từ lá chè dây cho thấy, các mẫu đều có khả năng dọn gốc tự do DPPH tại các nồng độ thử nghiệm từ 10 đến 100 $\mu\text{g/mL}$. Tại nồng độ 50 $\mu\text{g/mL}$, khả năng thu dọn gốc tự do DPPH của các mẫu cao chiết AC-LC-E100, AC-LC-W100, AC-LC-EW55 và chất đối chứng dương ascorbic acid lần lượt là: 43,45; 48,11; 55,72 và 61,95%.



Hình 1. Khả năng thu dọn gốc tự do DPPH của cao chiết lá chè dây

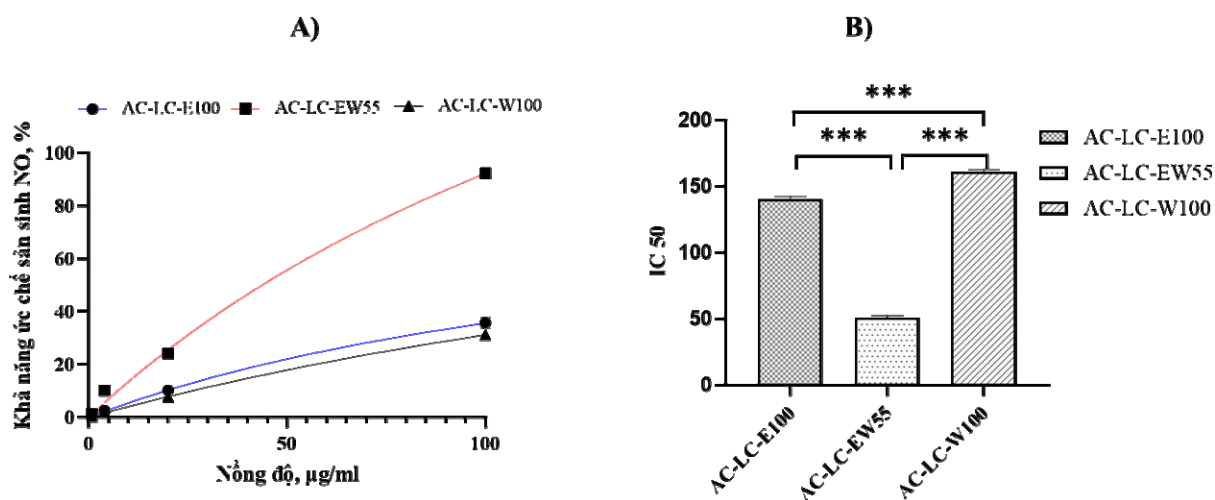
A – Khả năng thu dọn gốc tự do; B – Giá trị IC_{50}

(***Khác biệt có nghĩa thống kê ở mức $p < 0,001$ khi phân tích ANOVA một chiều sử dụng Turkey test)

Khả năng dọn gốc tự do của các cao chiết thu được bởi các dung môi/hệ dung môi khác nhau từ lá chè dây thấp hơn so với ascorbic acid. Tuy nhiên, sự khác biệt là không quá lớn. Trong đó, cao chiết sử dụng dung môi cồn/nước theo tỉ lệ 1/1 cho khả năng thu dọn gốc tự do tốt nhất. Giá trị IC_{50} đối với khả năng thu dọn gốc tự do DPPH của ba cao chiết AC-LC-E100, AC-LC-W100, AC-LC-EW55 lần lượt là: 55,17; 64,4 và 38,92 $\mu\text{g/mL}$ (Hình 1). Hàm lượng polyphenol và flavonoid của cao chiết càng cao (Bảng 1) khả năng quét gốc tự do DPPH càng tốt. Theo tiêu chí công bố bởi Udayani và cộng sự (2022) [9] thì cao chiết từ lá chè dây leo được đánh giá là có hoạt tính quét gốc tự do DPPH tốt với giá trị $IC_{50} < 100 \mu\text{g/mL}$.

3.2.2. Khả năng ức chế sản sinh NO của cao chiết lá chè dây

Sự sản sinh nitric oxide (NO) sinh lý đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ cơ thể. Tuy nhiên, việc sản sinh quá mức NO và các chất chuyển hóa của nó được cho là liên quan đến sự phát triển của các bệnh lý như: sốc nhiễm khuẩn và viêm mãn tính [10]. Do đó, các chất có khả năng ngăn chặn, ức chế sản sinh NO có thể có lợi cho việc điều trị phản ứng viêm. Việc xác định khả năng kháng viêm được đánh giá thông qua phương pháp xác định hoạt tính ức chế sản sinh nitric oxide trên tế bào RAW264.7. Kết quả thử nghiệm đối với ba cao chiết cho thấy, chỉ có mẫu AC-LC-EW55 thể hiện khả năng ức chế sản sinh NO với giá trị IC_{50} đạt 50,88 $\mu\text{g/mL}$. Hai cao chiết còn lại không thể hiện hoạt tính với giá trị $IC_{50} > 100 \mu\text{g/mL}$ (Hình 2). Chất đối chứng dương L-NMNA hoạt động ổn định trong thí nghiệm, thể hiện khả năng ức chế sản sinh NO ở các nồng độ 0,8; 4; 20 và 100 $\mu\text{g/mL}$ lần lượt là 10,84; 21,23; 77,23 và 96,27%. Giá trị IC_{50} của L-NMNA là 14,68 $\mu\text{g/mL}$.



Hình 2. Hoạt tính ức chế sản sinh nitric oxide của cao chiết lá chè dây

A – Khả năng ức chế sản sinh nitric oxide; B – Giá trị IC_{50}

(***Khác biệt có nghĩa thống kê ở mức $p < 0,001$ khi phân tích ANOVA một chiều sử dụng Turkey test)

4. KẾT LUẬN

Ở công trình này, chúng tôi đã thu hái mẫu chè dây từ xã Củ Tỷ, tỉnh Yên Bái và tạo các cao chiết: cồn (100%), cồn nước 1/1 (v/v) và nước 100%; xác định hàm lượng flavonoid và polyphenol của các cao chiết; sàng lọc hoạt tính sinh học của các cao chiết. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng polyphenol và flavonoid được tìm thấy nhiều nhất trong mẫu AC-LC-AC55. Kết quả sàng lọc hoạt tính quét gốc tự do DPPH và kháng viêm thông qua ức chế sản sinh NO cho thấy, cao chiết AC-LC-EW55 thể hiện hoạt tính tốt nhất với giá trị IC_{50} lần lượt là 38,92 và 50,88 $\mu\text{g/mL}$. Như vậy, chè dây có thể được coi là một nguyên liệu tiềm năng cho bào chế các sản phẩm kháng oxy hóa và kháng viêm. Kết quả nghiên cứu này góp phần khẳng định việc sử dụng cây chè dây trong y học cổ truyền để điều trị các bệnh liên quan tới viêm gan, viêm da và viêm loét dạ dày. Việc nghiên cứu đầy đủ hơn về các hoạt tính của cao chiết lá chè dây cần tiếp tục được thực hiện cả trên mô hình *in vitro* và *in vivo*, từ đó có thể bào chế cao chiết lá chè dây thành các dạng thực phẩm bổ sung khác nhau như: trà cốt hòa tan, viên nang thảo dược nhằm phục vụ chăm sóc sức khỏe cộng đồng.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Văn Chi (2021). Từ điển cây thuốc Việt Nam. Nhà xuất bản Y học, 644 tr.
- [2] Tan T. W., Lin Y. T., Yang J. S. (2009). A. cantoniensis inhibits the proliferation of murine leukemia WEHI-3 cells in vivo and promotes immune responses in vivo. *In vivo*, 23, 561-566.
- [3] Chen Z., Wang M., Cai P., Chen X. (1997). Determination of ampelopsin and myricetin in *Ampelopsis cantoniensis*. *Zhong Yao Cai*, 20, 23-25.
- [4] Thuong P. T., Hung T. M., Dang N. H. (2006). Study on the anti-oxidant and COX-1, COX-2 inhibitory of extract of *Ampelopsis cantoniensis* Planch. *Journal of Medicine*, 357, 27-30 (In Vietnamese).
- [5] Feduraev P., Chupakhina G., Maslennikov P., Tacenko N. and Skrypnik L. (2019). Variation in phenolic compounds content and antioxidant activity of different plant organs from *Rumex crispus* L. and *Rumex obtusifolius* L. at different growth stages. *Antioxidants*, 8 (7), 237-251.
- [6] Chang C., Yang M., Wen H., Chem J. (2002). Estimation of flavonoid total content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10 (3), 178-182.
- [7] Ionita P. (2021). The chemistry of DPPH free radical and congeners. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (3), 1545.
- [8] Liao H., Banbury L., Liang H., Wang X., Lü X., Hu L., Wu J. (2014). Effect of Honghua (Flos Carthami) on nitric oxide production in RAW 264.7 cells and α -glucosidase activity. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 34 (3), 362-368.
- [9] Udayani N. N. W., Adrianta K. A., Wardani I. K. (2022). Antioxidant activity of ethanol and methanol extracts of black turmeric (*Curcuma caesia* Roxb.) using The DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) Method. *Science Midwifery*, 10 (5), 4342-4349.
- [10] Wadsworth T. L., Koop D. R. (2001). Effects of Ginkgo biloba extract (EGb 761) and quercetin on lipopolysaccharide-induced release of nitric oxide. *Chem-Biol. Interact*, 137 (1), 43-58.
- [11] Pham T. K. T., Nguyen T. X. T., Dang D. L. (2017). A survey of antioxidant and antibacteria activities of alcoholic extract of *Ampelopsis cantoniensis* leaves from the central region, Viet Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 1 (110), 1859-1531.

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG DIỄN BIẾN XÂM NHẬP MẶN KHU VỰC VEN BIỂN KIM SƠN, NINH BÌNH

Nguyễn Thị Minh Hằng

Trường Đại học Thủy lợi, email: hangntm@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

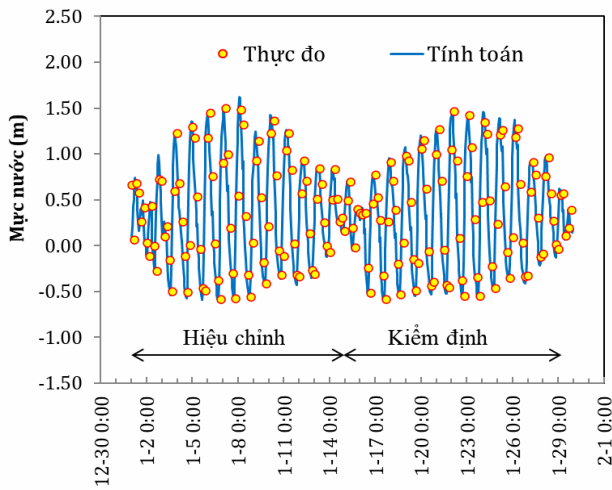
Xâm nhập mặn tại các vùng cửa sông ven biển là một hiện tượng phức tạp và đã được nghiên cứu khá rộng rãi trên thế giới. Nhiều mô hình thủy động lực học hiện đại như MIKE 11, MIKE 21, Delft3D, EFDC, TELEMAC đã được các nhà khoa học quốc tế áp dụng để mô phỏng truyền mặn, đánh giá tác động biến đổi khí hậu, và xây dựng các giải pháp thích ứng. Ở Việt Nam, các nghiên cứu tập trung chủ yếu tại Đồng bằng sông Cửu Long, các cửa sông miền Trung và hệ thống sông Hồng - Thái Bình. Tuy nhiên, tại vùng ven biển Kim Sơn (tỉnh Ninh Bình cũ), các nghiên cứu trước đây chủ yếu dừng ở mức quan trắc thực địa, phân tích xu thế mà chưa có mô hình mô phỏng động lực xâm nhập mặn kết hợp đánh giá các kịch bản biến đổi khí hậu.

Vùng ven biển Kim Sơn (Ninh Bình cũ) là khu vực có giá trị sinh thái và nông nghiệp cao, từng mở rộng ra biển nhờ bồi tụ phù sa. Tuy nhiên, hiện nay khu vực này đang chịu tác động nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế, bao gồm xâm nhập mặn, xói lở, và suy thoái rừng ngập mặn. Độ mặn tại các cống chính như Phát Diệm và Tiên Hoàng tăng nhanh trong các năm gần đây, gây ảnh hưởng nặng nề đến sản xuất nông nghiệp và sinh kế người dân. Nhiều nông dân phải chuyển từ trồng lúa sang nuôi tôm, nhưng hình thức này tiềm ẩn rủi ro môi trường và kinh tế do thiếu kiểm soát chất lượng nước và phá hủy rừng ngập mặn – vốn là vùng đệm tự nhiên bảo vệ bờ biển. Hệ quả là bất ổn sinh kế, suy thoái đất, gia tăng đói nghèo và thiếu việc làm ở vùng ven biển. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm: (1) Mô phỏng quá trình mực nước và độ mặn bằng mô hình MIKE 21; (2) Đánh giá tác động của gió và nước biển dâng; (3) Phân tích hiệu quả đập cao su linh hoạt trong việc ngăn mặn; và (4) Đề xuất chiến lược thích ứng tích hợp và bền vững cho Kim Sơn.

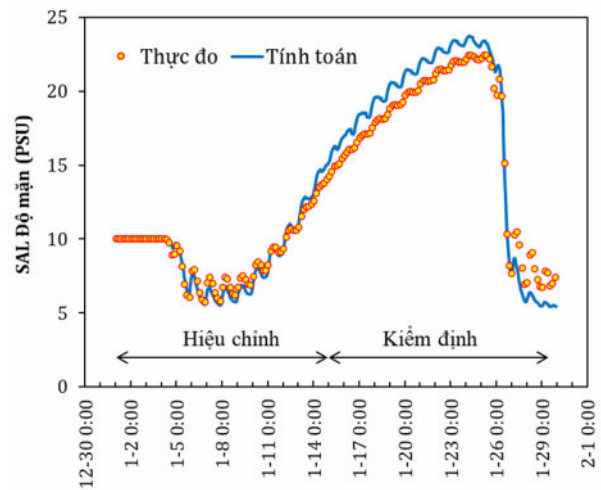
2. THIẾT LẬP MÔ HÌNH

Nhằm phân tích sự tương tác phức tạp giữa các yếu tố thủy động lực và quá trình lan truyền độ mặn tại khu vực đồng bằng ven biển Kim Sơn, nghiên cứu này đã áp dụng phương pháp mô hình hóa định lượng sử dụng bộ công cụ MIKE 21 (DHI). Phương pháp áp dụng bao gồm: (i) xác định ranh giới không gian của khu vực nghiên cứu và miền mô phỏng; (ii) xây dựng mô hình với các bộ dữ liệu đầu vào và thông số kỹ thuật phù hợp với điều kiện địa phương; (iii) thực hiện hiệu chỉnh và kiểm định mô hình một cách nghiêm ngặt dựa trên dữ liệu quan trắc thực tế; và (iv) ứng dụng mô hình sau kiểm định để phân tích một chuỗi các kịch bản dự báo nhằm đánh giá tác động của các yếu tố khí tượng – hải văn đến hiện tượng xâm nhập mặn. Khu vực mô phỏng rộng 15×15 km, bao gồm các cửa sông, hệ thống kênh, ao nuôi trồng thủy sản, và vùng ven Vịnh Bắc Bộ. Địa hình thấp, bằng phẳng do bồi tụ phù sa, thuận lợi cho xâm nhập mặn lan sâu vào nội đồng qua hệ thống thủy lợi.

Mô hình MIKE 21 FM của Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) được lựa chọn, gồm hai mô-đun: Thủy động lực học (HD) mô phỏng mực nước và dòng chảy; và ECO Lab mô phỏng độ mặn. Mô hình sử dụng lưới phi cấu trúc gồm 3.600 phần tử và 7.199 nút, với dữ liệu địa hình từ ảnh vệ tinh MONRE. Biên thượng nguồn lấy lưu lượng từ trạm Nam Định, biên ven biển sử dụng dữ liệu thủy triều từ trạm Như Tân. Thời gian mô phỏng từ 1/1 đến 30/1/2024, với bước thời gian 30 giây. Điều kiện ban đầu của mực nước là 0.1m và độ mặn là 10 PSU. Hiệu chỉnh mô hình được dựa trên số liệu mực nước và độ mặn (thời gian 1–15/1/2024), điều chỉnh hệ số nhám Manning. Sau khi được hiệu chỉnh, mô hình được kiểm định (thời gian 15–30/1/2024) nhằm đánh giá độ tin cậy và khả năng tái hiện điều kiện thủy động lực thực tế. Mức độ phù hợp giữa kết quả mô phỏng và dữ liệu quan trắc, đối với mực nước và độ mặn, được đánh giá thông qua hệ số Nash (Nash & Sutcliffe, 1970).



a) Mức nước



b) Độ mặn

Hình 3. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Các kịch bản mô phỏng được thiết kế nhằm phân tích một cách hệ thống và toàn diện các tác động của từng yếu tố riêng lẻ cũng như các yếu tố kết hợp lên hiện tượng xâm nhập mặn. Kịch bản 1 được xây dựng làm kịch bản cơ sở (baseline), phản ánh điều kiện môi trường và thủy động lực thực tế trong năm 2024. Kịch bản 2 tập trung phân tích ảnh hưởng riêng biệt của yếu tố khí tượng chủ đạo là gió mùa Đông Nam (ĐN) đến các quá trình thủy triều và lan truyền mặn tại khu vực ven biển. Kịch bản 3 dựa trên sự kết hợp của gió mùa Đông Nam (ĐN) với hiện tượng nước biển dâng (NBD), căn cứ vào kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5 cập nhật (Bộ TN&MT, 2020). Kịch bản 4 đánh giá hiệu quả của một giải pháp công trình chủ động để “kiểm soát” xâm nhập mặn thông qua đập cao su linh hoạt – nhằm cung cấp cơ sở định lượng hỗ trợ các quyết định quản lý và thích ứng trong khu vực nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình MIKE 21, sau khi được hiệu chỉnh và kiểm định, đã được ứng dụng để mô phỏng bốn kịch bản nghiên cứu đã xác định trước đó. Kết quả mô phỏng cung cấp một đánh giá định lượng chi tiết về điều kiện cơ sở, tác động của các yếu tố khí hậu chủ yếu lên động thái xâm nhập mặn, cũng như hiệu quả tiềm năng của các giải pháp công trình. Phân tích kết quả được bổ sung bằng một cuộc thảo luận sâu sắc về các tác động kinh tế – xã hội liên quan, đồng thời đưa ra đánh giá toàn diện về các chiến lược thích ứng phù hợp nhằm tăng cường khả năng chống chịu cho khu vực đồng bằng ven biển Kim Sơn.

3.1 Kịch bản 1

Kết quả mô hình cho thấy vùng bờ biển Kim Sơn chịu ảnh hưởng chủ yếu của chế độ nhật triều, với một chu kỳ triều lên và một chu kỳ triều xuống mỗi ngày. Biến động mực nước là đáng kể, với sự chênh lệch trên 2 mét giữa đỉnh triều cao (+1,49 m) và đỉnh triều thấp (-0,7 m) tại cửa sông Đáy. Sự dao động này đóng vai trò là động lực chính thúc đẩy quá trình trao đổi nước giữa cửa sông và vùng biển ven bờ. Dưới điều kiện cơ sở này, mô hình xâm nhập mặn tuân theo một quy luật tương đối ổn định và có thể dự báo. Trong giai đoạn triều lên, nước biển có độ mặn cao từ Vịnh Bắc Bộ xâm nhập sâu vào cửa sông. Kết quả mô phỏng cho một đợt triều lên tiêu biểu cho thấy nước biển có độ mặn khoảng 25,5 PSU bao phủ toàn bộ khu vực ven bờ và kéo dài khoảng 2,5 km vào sâu trong đất liền tại cửa sông Đáy. Ngược lại, trong giai đoạn triều xuống, lưu lượng nước ngọt từ thượng nguồn sông tăng lên đẩy nước mặn trở lại vùng biển, hình thành một vùng nước lợ rộng lớn. Tại đợt triều xuống, độ mặn 27 PSU cách đê hơn 8,5km về phía Nam. Sự cân bằng động giữa lực thủy triều và lưu lượng sông này là yếu tố quyết định phạm vi và mức độ xâm nhập mặn tự nhiên của khu vực.

3.2 Ảnh hưởng của gió ĐN (Kịch bản 2)

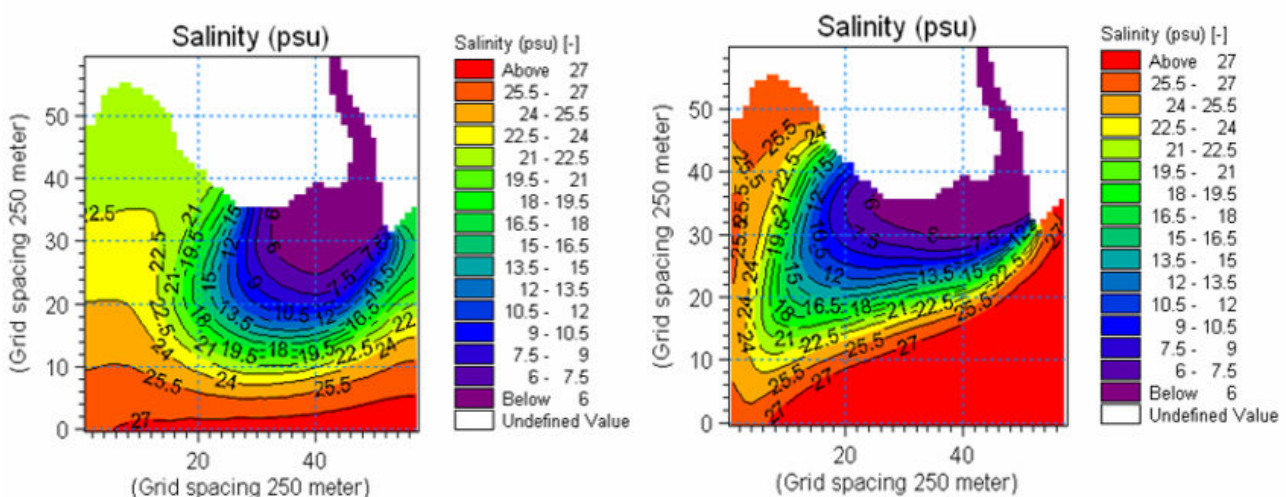
Phân tích các kết quả mô phỏng của Kịch bản 2 đã cho thấy ảnh hưởng rõ nét và sâu rộng của gió ĐN đến động thái xâm nhập mặn trong khu vực nghiên cứu. So sánh về độ mặn giữa các kịch bản được tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh về xâm nhập mặn giữa các kịch bản

Chỉ số	KB 1 (Cơ sở)	KB 2 (Gió ĐN)	KB 3 (Gió ĐN + NBD 50cm)
Độ mặn lớn nhất tại điểm B (PSU)	25.8	27.6	27.8
Diện tích có độ mặn > 25 PSU (km ²)	~35	~105	~110
Chiều dài xâm nhập (nồng độ 4 PSU, km)	~2.5	~5.0	~5.5
Lưu ý: Điểm B nằm về phía thượng nguồn cách điểm A (cửa sông) 3,5 km trên sông Đáy.			

Kết quả mô phỏng cho thấy gió gây ảnh hưởng mạnh đến quá trình xâm nhập mặn. Khi có gió Đông Nam (ĐN) ổn định trong Kịch bản 2, nước mặn đã được xâm nhập đáng kể so với kịch bản cơ sở. Gió đã đẩy dòng nước mặn xâm nhập sâu hơn vào nội địa, đồng thời hạn chế dòng chảy nước ngọt, dẫn đến diện tích khu vực chịu ảnh hưởng bởi độ mặn cao (trên 25 PSU) tăng gần gấp ba lần. Độ mặn lớn nhất tại vị trí cách cửa sông (điểm A) về phía thượng nguồn 3,5 km (điểm B) đã tăng gần 2 PSU, mức thay đổi đáng kể có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các hệ sinh thái thủy sinh và khả năng tưới tiêu trong khu vực.

Kịch bản 3 đã làm chiều dài xâm nhập và độ mặn so với kịch bản chỉ xét đến tác động của gió ĐN. Phần lớn sự gia tăng xâm nhập mặn được gây ra bởi yếu tố gió. Điều này cho thấy rằng trong các sự kiện xâm nhập mặn cấp tính, ngắn hạn, vốn là nguyên nhân chính gây thiệt hại tức thời cho sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản, động thái của gió là nhân tố chi phối và có tác động tức thời hơn so với áp lực kéo dài từ nước biển dâng. Mặc dù nước biển dâng chắc chắn làm gia tăng mực nước nền và tạo ra điều kiện dễ bị tổn thương hơn cho khu vực, các đợt xâm nhập mặn nghiêm trọng lại bị ảnh hưởng chủ yếu bởi các điều kiện khí tượng. Phát hiện này có ý nghĩa quan trọng trong công tác quản lý và ra quyết định, nhấn mạnh rằng các chiến lược vận hành ngắn hạn và hệ thống cảnh báo sớm cần phải ưu tiên dự báo yếu tố gió bên cạnh các thông tin dự báo thủy triều và lưu lượng nước sông.

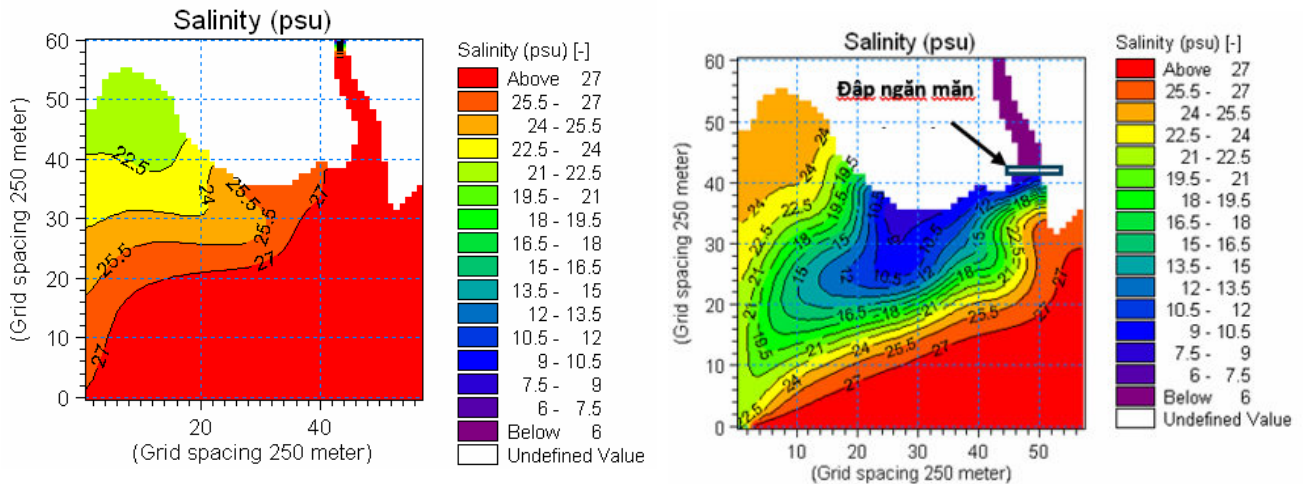


Hình 4. Độ mặn của KB1 và KB2 tại thời điểm 3:00:00 am ngày 14/1/2024

3.3. Đánh giá hiệu quả của giải pháp công trình

Kịch bản 4 tập trung đánh giá hiệu quả của một giải pháp công trình được đề xuất một đập cao su xây dựng tại cửa sông Đáy. Vị trí tuyến đập cách biên trên 2,25 km, cao trình đỉnh 10m, chế độ vận hành : Đập ngăn mặn được vận hành bằng cách điều chỉnh trụ cao su để kiểm soát mực nước, ngăn xâm nhập mặn, xả lũ khi cần thiết, duy trì dòng chảy bình thường, thực hiện bảo trì và xử lý tình huống khẩn cấp, nhằm vừa đảm bảo an toàn công trình vừa bảo vệ nguồn nước ngọt hạ lưu.

Kết quả mô phỏng cho thấy đập hoạt động như một đập ngăn mặn hiệu quả, ngăn chặn đáng kể sự xâm nhập của nước mặn vào hệ thống sông thượng nguồn. Mô hình minh chứng rằng ngay cả trong các đợt triều lên cao nhất dưới tác động của gió bất lợi, vùng nước phía sau đập vẫn duy trì độ ngọt, với độ mặn luôn dưới 6 PSU. Đáng chú ý, tại thời điểm mà kịch bản cơ sở ghi nhận độ mặn trung bình 17,3 PSU tại một vị trí ngay thượng lưu đập đề xuất, kịch bản có đập cao su vẫn duy trì độ mặn chỉ ở mức 5,8 PSU. Chiến lược “kiểm soát” xâm nhập mặn thông qua công trình kết cấu này đã được chứng minh tính khả thi và hiệu quả trong thực tế tại khu vực lân cận.



Hình 5. Độ mặn của KB3 và KB4 trước khi (hình trái) và sau khi có đập ngăn mặn (hình phải)

Ví dụ điển hình là công trình cống Kim Đài, một công trình bê tông quy mô lớn, đã hoàn thành gần đây và mang lại lợi ích thiết thực cho khoảng 830.000 người dân, đảm bảo nguồn nước ngọt ổn định cho sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt, từ đó tăng năng suất cây trồng và cải thiện điều kiện sống (AFD, 2022). Đập cao su được đề xuất sở hữu nhiều ưu điểm vượt trội, bao gồm chi phí xây dựng thấp hơn đáng kể – ước tính chỉ bằng khoảng 60% so với các công trình bê tông truyền thống – khả năng thích ứng tốt với nền móng địa chất yếu, cùng với tính linh hoạt trong vận hành. Khác với đập tràn cố định, đập cao su có thể được bơm phồng để ngăn mặn trong mùa khô và xả hơi nhằm tạo điều kiện thoát lũ cũng như xả trầm tích trong mùa mưa, góp phần duy trì cân bằng sinh thái và hiệu quả vận hành.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này sử dụng mô hình thủy động lực MIKE 21 để đánh giá hiện tượng xâm nhập mặn tại khu vực ven biển Kim Sơn. Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định thông qua chỉ số Nash dựa trên dữ liệu thực đo năm 2024. Kết quả mô phỏng các kịch bản cho thấy gió đóng vai trò chủ đạo trong các sự kiện xâm nhập mặn cấp tính, ảnh hưởng mạnh hơn so với nước biển dâng, điều này nhấn mạnh nhu cầu tích hợp dự báo khí tượng, đặc biệt là gió, trong các hệ thống cảnh báo sớm và quản lý tài nguyên nước. Đồng thời, giải pháp đập cao su linh hoạt tại cửa sông Đáy được xác định là phương án hiệu quả trong việc ngăn chặn nước mặn xâm nhập, bảo vệ nguồn nước ngọt thiết yếu cho nông nghiệp và sinh hoạt, phù hợp với thực tế vận hành các công trình tương tự. Tuy nhiên, khả năng chống chịu bền vững của vùng ven biển đòi hỏi một khuôn khổ thích ứng tích hợp, kết hợp đồng bộ các giải pháp công trình và phi công trình như dự báo tiên tiến và cây trồng chịu mặn, các giải pháp dựa vào thiên nhiên như tái trồng rừng ngập mặn cùng với hỗ trợ kinh tế-xã hội nhằm đa dạng hóa sinh kế.

So với các nghiên cứu trước đây về xâm nhập mặn tại vùng ven biển Bắc Bộ, nghiên cứu này đã sử dụng mô hình MIKE 21 với lưới phi cấu trúc độ phân giải cao, tích hợp đồng thời kịch bản gió mùa – nước biển dâng và phương án vận hành đập cao su linh hoạt cho khu vực Kim Sơn. Cách tiếp cận này cung cấp đánh giá định lượng mới và toàn diện hơn so với các nghiên cứu trước. Tuy nhiên, việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình hiện mới chỉ thực hiện trong một tháng của mùa khô, cần được mở rộng ra nhiều mùa và nhiều năm để đánh giá độ tin cậy dài hạn. Ngoài ra, tác động tiềm

tàng của vận hành đập cao su linh hoạt đối với dòng chảy bùn cát, hệ sinh thái ven sông và các khía cạnh kinh tế – xã hội vẫn cần tiếp tục nghiên cứu. Do đó, các nghiên cứu trong tương lai nên xem xét bổ sung dữ liệu thực đo đa năm, đánh giá kịch bản dài hạn, đồng thời phân tích tổng hợp các giải pháp công trình và phi công trình nhằm nâng cao hiệu quả và tính bền vững trong quản lý xâm nhập mặn.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] AFD. 2022. Vietnam: Vital infrastructure fends off the effects of climate change. Agence Française de Développement. Truy cập từ <https://www.afd.fr/en/actualites/vietnam-vital-infrastructure-fends-effects-climate-change>.
- [2] Bộ TN&MT. 2020. Kịch bản biến đổi khí hậu cập nhật. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam.
- [3] DHI. Hydrodynamic Module - MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM. Truy cập từ DHI Group. Truy cập từ (<https://www.dhigroup.com/upload/dhisoftwarearchive/shortdescriptions/marine/HydrodynamicModuleHD.pdf>).
- [4] DHI. MIKE 21/3 Ecological Modelling - ECO Lab FM Module. Truy cập từ DHI Group. https://www.dhigroup.com/upload/dhisoftwarearchive/shortdescriptions/marine/MIKE213_FM_EL_Short_Description.pdf.
- [5] Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. 1970. River flow forecasting through conceptual models part I-A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282-290.

PHÁT TRIỂN MÔ ĐUN TÍNH TOÁN THỦY LỰC MẠNG LƯỚI CẤP NƯỚC TRÊN NỀN TẢNG QGIS

Bùi Xuân Khoa, Đặng Minh Hải, Lã Phú Hiền

Trường Đại học Thủy lợi, email: hai_ctn@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Thiết kế mạng lưới cấp nước là một quá trình kỹ thuật phức tạp, đòi hỏi phải tổng hợp và xử lý đồng bộ nhiều loại dữ liệu – bao gồm thông tin không gian, đặc điểm địa hình, hiện trạng hạ tầng và nhu cầu sử dụng nước – nhằm phục vụ cho việc bố trí tuyến ống và xây dựng mô hình thủy lực. Trong đó, tính toán thủy lực giữ vai trò cốt lõi trong việc đảm bảo hệ thống cấp nước hoạt động ổn định, liên tục và đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật về áp lực, lưu lượng tại các điểm tiêu thụ. Thông qua mô hình thủy lực, các thông số thiết kế như đường kính ống, tổn thất áp lực, vận tốc, công suất máy bơm và dung tích bể chứa được xác định một cách khoa học và tối ưu, từ đó góp phần nâng cao hiệu quả đầu tư, giảm thất thoát nước và đảm bảo vận hành an toàn của hệ thống.

Trong thực tiễn, EPANET – một phần mềm mô phỏng thủy lực và chất lượng nước được phát triển bởi cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (USEPA) – vẫn là công cụ phổ biến nhờ ưu điểm mã nguồn mở, khả năng mô phỏng chính xác và thao tác đơn giản [1]. Tuy nhiên, EPANET tồn tại những hạn chế cố hữu, đặc biệt là thiếu khả năng tích hợp dữ liệu không gian, không hỗ trợ trực quan hóa địa hình và không thể tự động cập nhật dữ liệu hiện trạng từ bản đồ số. Những hạn chế này khiến quy trình thiết kế trở nên rời rạc, tốn nhiều công sức nhập liệu và dễ phát sinh sai số trong các dự án quy mô lớn hoặc có địa hình phức tạp. Trong khi đó, các phần mềm thương mại như WaterGEMS với khả năng tích hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS) tốt hơn lại đòi hỏi chi phí bản quyền cao, điều này gây trở ngại đối với người dùng ở các nước đang phát triển như Việt Nam.

Trong bối cảnh đó, việc tích hợp GIS vào mô hình tính toán thủy lực không chỉ mang tính hỗ trợ mà còn là một bước phát triển tất yếu nhằm hiện đại hóa công tác thiết kế và quản lý mạng lưới cấp nước. GIS đóng vai trò nền tảng trong việc thu thập, tổ chức và phân tích dữ liệu không gian – bao gồm cao độ địa hình, phân bố dân cư, phạm vi phục vụ, và vị trí các công trình hạ tầng như trạm bơm, bể chứa và tuyến ống. Việc liên kết giữa mô hình thủy lực và GIS không chỉ hỗ trợ tự động hóa quá trình gán cao độ cho các nút mạng mà còn cho phép định vị chính xác các phần tử trong mạng lưới, trực quan hóa kết quả mô phỏng trên bản đồ số và tạo điều kiện thuận lợi để cập nhật dữ liệu trong thời gian thực.

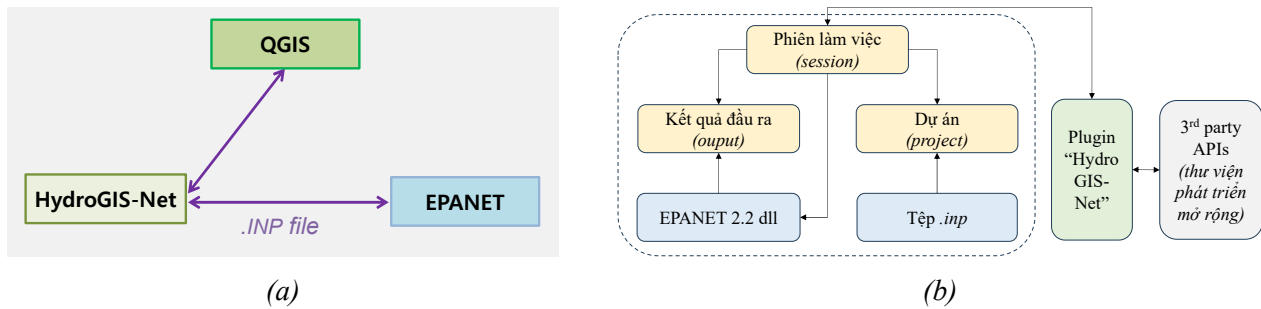
Xuất phát từ những yêu cầu trên, nghiên cứu này phát triển một mô-đun tích hợp EPANET vào môi trường QGIS với tên gọi HydroGIS-Net. Mô-đun này kế thừa khả năng mô phỏng thủy lực mạnh mẽ của EPANET đồng thời khai thác đầy đủ các công cụ xử lý và phân tích không gian của QGIS – một phần mềm mã nguồn mở được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình C++ và Python [2]. Việc phát triển HydroGIS-Net nhằm hướng tới mục tiêu xây dựng một công cụ mô phỏng thủy lực hiệu quả, chi phí thấp, hỗ trợ đầy đủ dữ liệu không gian và phù hợp với điều kiện ứng dụng tại các quốc gia đang phát triển. Nhờ sự tích hợp này, người dùng có thể thực hiện toàn bộ quy trình thiết kế và đánh giá hệ thống cấp nước trong một môi trường duy nhất, từ xây dựng mô hình, hiệu chỉnh, mô phỏng đến cập nhật và quản lý mạng lưới theo thời gian thực.

2. PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH

2.1. Cấu trúc dữ liệu và nền tảng của mô hình

Trong nghiên cứu này, HydroGIS-Net được phát triển nhờ kế thừa các thư viện EPANET đã được biên dịch cho các hệ điều hành Windows để tích hợp vào môi trường QGIS [3]. Mô-đun cho phép gán dữ liệu không gian vào tệp đầu vào của EPANET (tệp *.inp) và đồng thời sử dụng các

công cụ tiêu chuẩn của QGIS để khai báo, chỉnh sửa và biểu diễn kết quả. Điều này cho phép người dùng có thể thực hiện toàn bộ chu trình mô phỏng thủy lực trên nền tảng QGIS. Cấu trúc tổng thể chương trình làm việc giữa các khối trong HydroGIS-Net thể hiện như Hình 1a.



Hình 1. Cấu trúc chương trình tương tác qua lại giữa các khối

Hình 1b trình bày kiến trúc chi tiết của mô đun HydroGIS-Net. Một phiên làm việc (session) kết nối giữa các thành phần chính của EPANET và giao diện đồ họa người dùng được phát triển trong plugin HydroGIS-Net. Phiên làm việc đóng vai trò là trung tâm liên kết dữ liệu đầu vào từ dự án (project) – được tổ chức theo định dạng chuẩn *.inp* của EPANET và kết quả đầu ra (output) từ quá trình mô phỏng thủy lực. Quá trình mô phỏng được thực hiện thông qua thư viện EPANET 2.2 DLL [3]. Dữ liệu đầu vào và đầu ra đều sử dụng chung định dạng tệp **.inp* của EPANET để lưu trữ một dự án mới, bao gồm toàn bộ cấu trúc mạng lưới và kết quả mô phỏng. Điều này cho phép người dùng không phải tạo thêm các tệp bổ sung để lưu dữ liệu mạng lưới. Đặc biệt là có thể nhập các mạng lưới sẵn có từ phần mềm EPANET vào QGIS giúp trực quan hóa và chỉnh sửa bất kỳ tệp **.inp* nào, mở rộng ứng dụng của nó sang các mạng lưới EPANET đã tồn tại.

Các tệp **.inp* của HydroGIS-Net chứa một số thuộc tính phát triển bổ sung mà EPANET tiêu chuẩn không sử dụng (ví dụ: vật liệu ống, hệ số hiệu chỉnh cao độ, v.v.). Những dữ liệu này được lưu ở cuối tệp **.inp*, sau thẻ [END]. EPANET hoàn toàn bỏ qua phần này trong tệp **.inp* khi chạy mô phỏng. Do đó, tệp **.inp* đầu ra của mô hình HydroGIS-Net vẫn có thể được sử dụng ngược trở lại trong phần mềm EPANET để mô phỏng thủy lực mà không làm thay đổi cấu trúc mô hình.

Trong QGIS, mô đun HydroGIS-Net gồm sáu lớp dữ liệu, một lớp đại diện cho mỗi loại phần tử vật lý của mạng lưới cấp nước, bao gồm: mối nối, bể chứa, đài nước, đường ống, máy bơm và van. Vì phần mềm chỉ dựa vào tệp **.inp* để lưu trữ dữ liệu trên hệ thống tệp nên sáu lớp dữ liệu này là những lớp tạm thời chỉ lưu tại một phiên làm việc (session), được tạo khi bắt đầu dự án mới hoặc mở tệp **.inp* có sẵn.

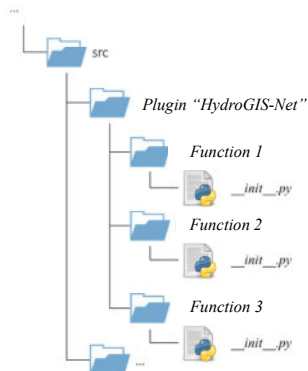
2.2. Phát triển và thiết lập mô hình

Trong nghiên cứu này, mô đun HydroGIS-Net được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình Python. Để tích hợp HydroGIS-Net vào ứng dụng chính của QGIS, cần tạo một thư mục con đặt vào thư mục Plugins trong thư mục chính giao diện, bên dưới là các chức năng phát triển mở rộng trong mô đun, như mô tả ở Hình 2. Một số các tính năng chính trong mô đun được phát triển bao gồm:

- Bổ sung bảng thiết lập/điều chỉnh thuộc tính của các đối tượng trên mạng lưới cấp nước;
- Cho phép tải dữ liệu bản đồ DEM để chỉ định độ cao cho các nút mạng;
- Cho phép gán hệ tọa độ vào vào mạng lưới cấp nước có sẵn hoặc mạng thiết lập mới;
- Cho phép gán độ sâu của các nút so với mặt đất (Delta Z);
- Cho phép tính toán chiều dài đường ống theo không gian ba chiều (3D);
- Cho phép gán vật liệu cho đường ống và hệ số nhám tương ứng với từng loại vật liệu;
- Tùy chọn sử dụng hệ đơn vị SI hoặc hệ đơn vị khác. Khi đó tất cả các thuộc tính của các thành phần mạng sẽ chuyển đổi sang hệ đơn vị đã chọn.

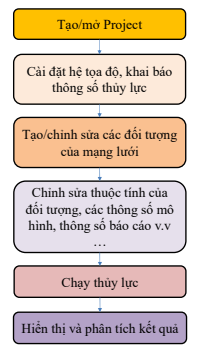
Để sử dụng mô đun tính toán thủy lực mạng lưới cấp nước HydroGIS-Net đã phát triển trong QGIS, người dùng cần cài đặt nó thông qua trình cài đặt “Plugin” của QGIS. Sau khi cài đặt, tất cả các chức năng (như đã đề cập ở trên) đều sẵn sàng sử dụng. Nút khởi động trên thanh công cụ sẽ

cho phép người dùng lựa chọn bắt đầu một dự án tính toán mới hoặc tải một mạng cấp nước hiện có. Các bước thực thi mô hình như mô tả ở Hình 3.



Hình 2. Sơ đồ kiến trúc thư mục phụ trong mô đun HydroGIS-Net

1. Mở mô hình
2. Tạo hoặc mở dự án
3. (Tuỳ chọn) Thêm bản đồ DEM hoặc BD địa hình
4. Khai báo thông số thủy lực và GIS
5. Vẽ mạng lưới/chỉnh sửa các đối tượng
6. Gán, chỉnh sửa thuộc tính của các đối tượng
7. Lựa chọn các tuỳ chọn phân tích
8. Phân tích thủy lực
9. Xem và xuất kết quả

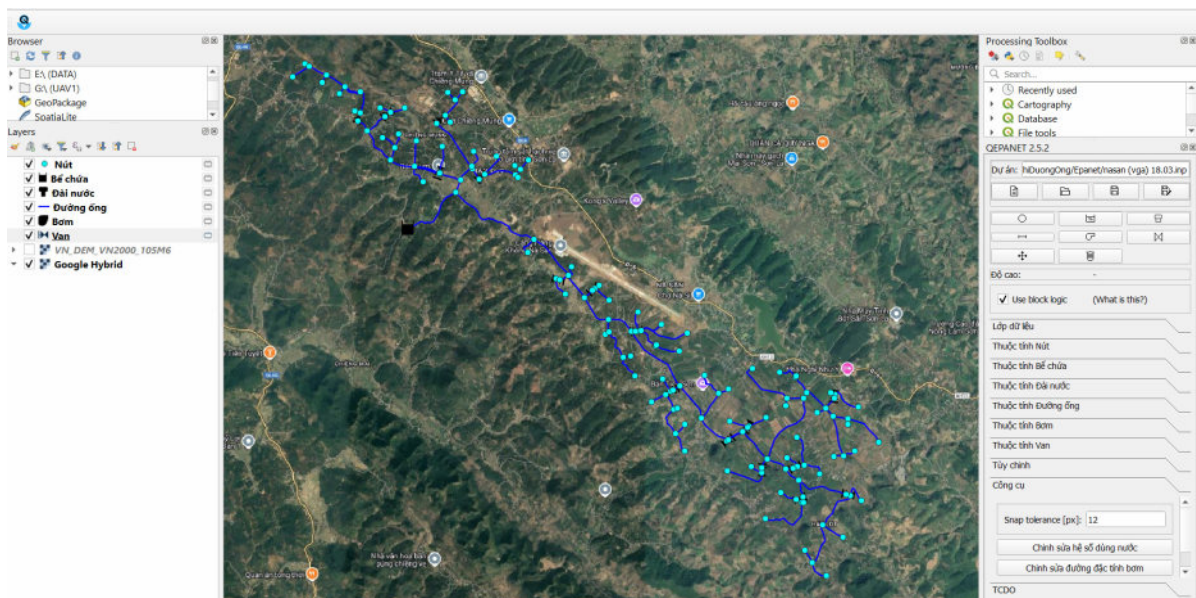


Hình 3. Các bước thực thi mô hình

3. KẾT QUẢ

3.1. Mạng lưới cấp nước ứng dụng

Hệ thống cấp nước (HTCN) Nà Sản, huyện Mai Sơn, tỉnh Sơn La được lựa chọn để kiểm nghiệm khả năng mô phỏng thủy lực, phân tích dữ liệu không gian và trực quan hoá kết quả của HydroGIS-Net. Hệ thống này khai thác nước từ bề áp lực thuộc dự án thủy lợi Nà Sản, phục vụ tưới cho 1.372 ha cây trồng. Mạng lưới gồm tuyến ống chính dài 6,3 km, tuyến ống cấp 1 dài 11,35 km và tuyến ống nhánh dài 30,5 km, với tổng cộng 130 nút và 129 đoạn ống. Cao trình đầu tuyến là 705,8 m, cao trình cuối tuyến là 607,63 m. Mức nước vận hành bề chứa dao động từ cao trình 709,00 m đến 711,02 m. Lưu lượng thiết kế bằng 736 l/s. HTCN Nà Sản được trực quan hoá và tham chiếu trên bản đồ địa lý như Hình 4.



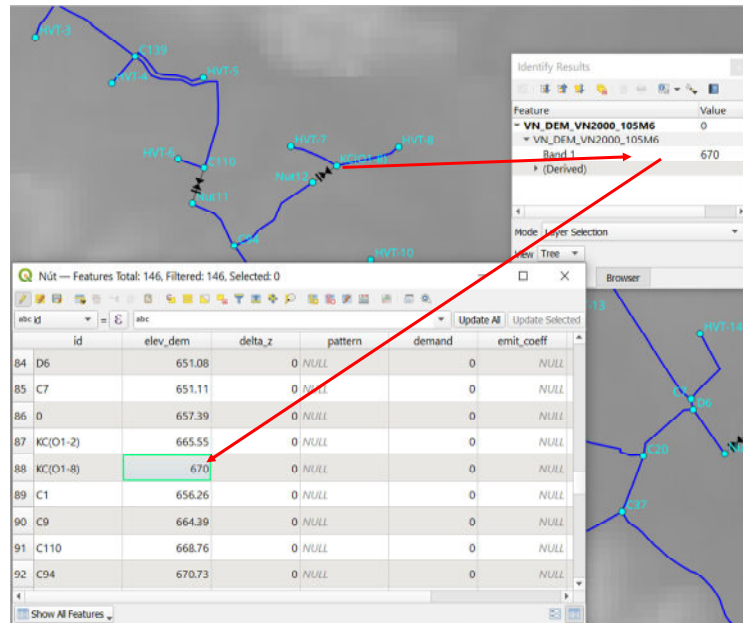
Hình 4. Hệ thống cấp nước Nà Sản trên giao diện của HydroGIS-Net

3.2. Đánh giá khả năng mô phỏng và kiểm nghiệm mô hình

3.2.1. Đánh giá năng lực của mô hình

Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi chỉ đánh giá một số khả năng nổi bật của HydroGIS-Net thông qua 3 trường hợp như sau:

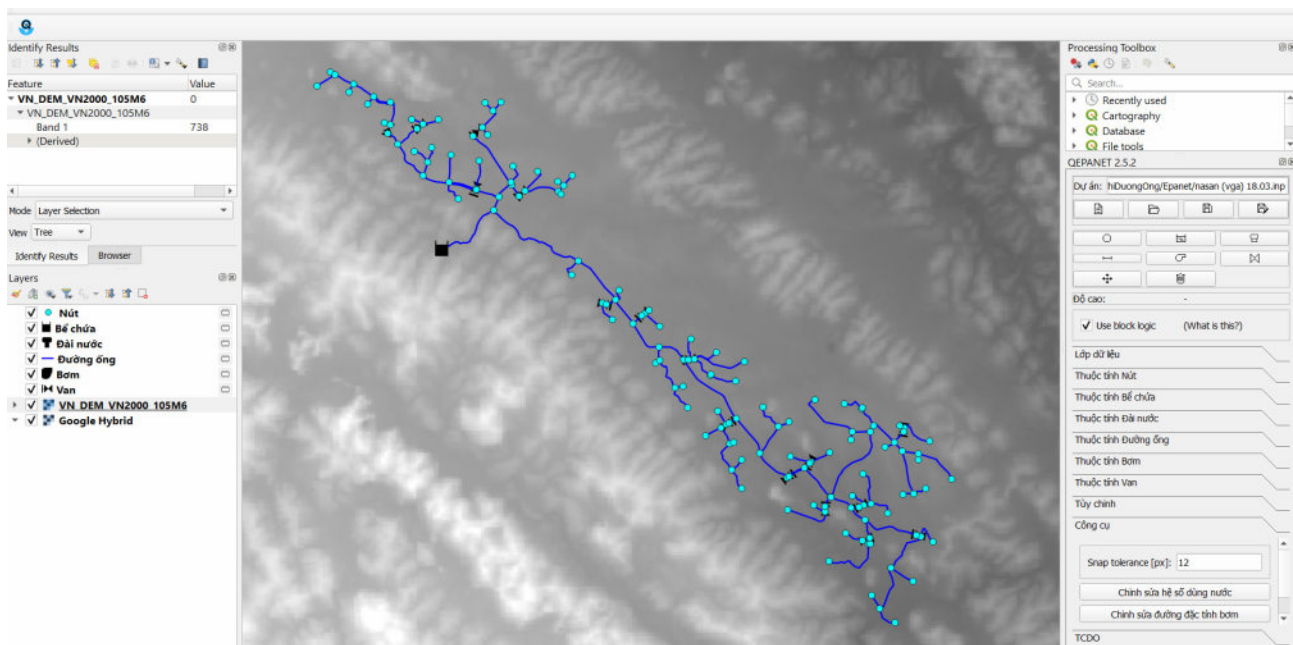
Trường hợp 1: Xây dựng và mô phỏng một mạng lưới cấp nước mới bằng HydroGIS-Net. Người dùng khởi động QGIS và sử dụng các công cụ tích hợp trong mô đun HydroGIS-Net để thiết lập mạng lưới có tham chiếu địa lý, thực hiện mô phỏng thủy lực và trực quan hóa kết quả phân tích.



Hình 5. Bảng khai báo thông mô hình được gán từ bản đồ DEM

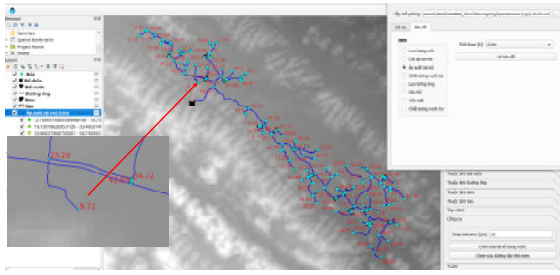
So với phần mềm EPANET, nhờ tích hợp với QGIS, mô đun mới phát triển có thể khai thác các chức năng trích xuất, tính toán không gian như: trích xuất độ cao từ mô hình DEM, tự động tính toán chiều dài tuyến ống bằng hàm length(), v.v... để gán vào bảng thông số mô hình, giúp giảm thiểu các công tác thủ công khi xây dựng mô hình (xem Hình 5).

Trường hợp 2: Tham chiếu địa lý cho một mạng lưới cấp nước hiện có. Người dùng nhập tệp mô hình thủy lực định dạng .inp vào hệ thống, sau đó sử dụng các công cụ tích hợp trong mô đun HydroGIS-Net để gán tọa độ địa lý cho các phần tử của mạng và hiển thị chúng trên bản đồ DEM. Kết quả thể hiện như Hình 6. So với các phần mềm mô phỏng 2D khác (ví dụ như Epanet), tọa độ của các điểm đầu ống, cuối ống và các phần tử khác trên mạng được mô phỏng trong không gian 3D.

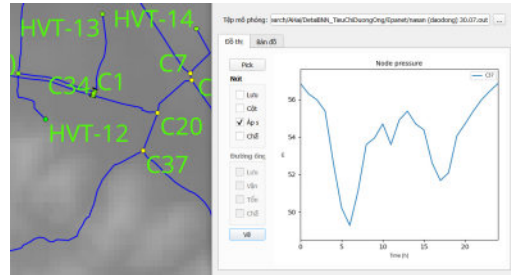


Hình 6. Tham chiếu hệ tọa độ địa lý và chồng lớp bản đồ DEM, ứng dụng cho mạng lưới cấp nước Nà Sản

Trường hợp 3: Phân tích kết quả mô phỏng từ một mô hình cấp nước có sẵn. Người dùng nhập tệp .inp hiện có, sau đó sử dụng trình phân tích đầu ra được tích hợp trong mô đun HydroGIS-Net để đọc tệp kết quả, trực quan hóa dữ liệu và hiển thị các bảng, biểu đồ phục vụ phân tích thủy lực, như thể hiện trong Hình 7 và Hình 8.

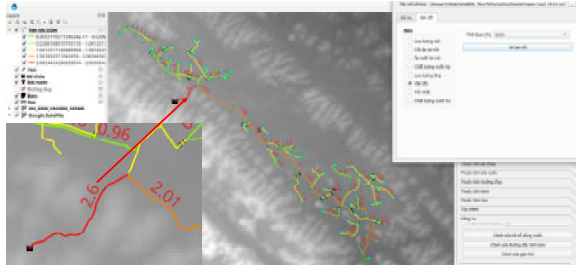


(a)

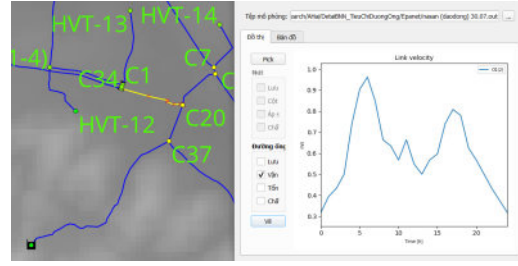


(b)

Hình 7. Trực quan hoá kết quả mô phỏng thủy lực tại nút.
Trong đó, a) sơ đồ tổng thể áp lực các nút, b) đường quá trình áp lực nút C37



(a)

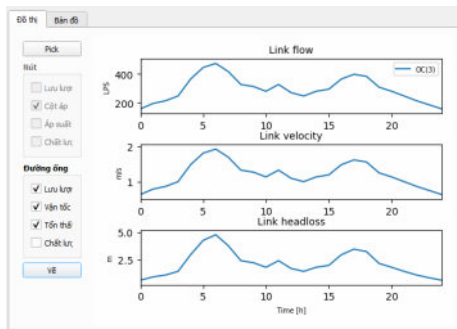


(b)

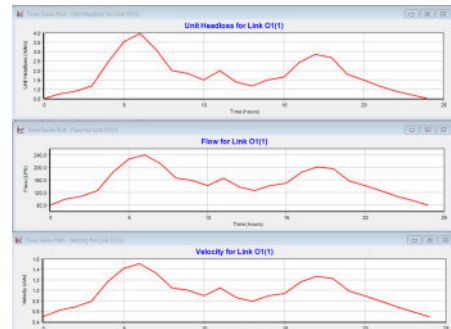
Hình 8. Trực quan hoá kết quả mô phỏng thủy lực tại ống.
Trong đó, a) sơ đồ tổng thể vận tốc tại đường ống, b) đường quá trình vận tốc tại ống O1(2)

3.2.2. Kiểm nghiệm mô hình

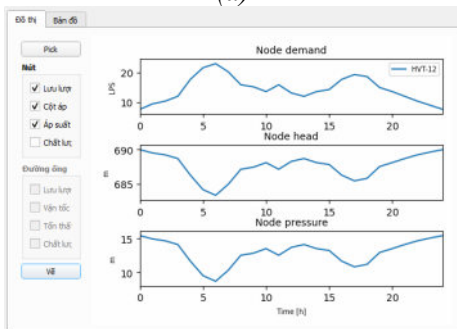
Hình 9a và Hình 9b lần lượt thể hiện kết quả xuất từ HydroGIS-Net và EPANET, so sánh các thuộc tính của ống như lưu lượng, vận tốc và tổn thất áp. Tương tự, Hình 9c và Hình 9d lần lượt so sánh các đặc tính tại nút, bao gồm lưu lượng, cột áp và áp suất, giữa hai mô hình. Hai mô hình đều cho kết quả giống nhau, chứng minh được tính chính xác của trình mô phỏng thủy lực trong HydroGIS-Net. Tuy nhiên, HydroGIS-Net cho phép xuất nhiều thuộc tính của đối tượng trên cùng một biểu đồ, giúp giảm bớt thao tác thực hiện và dễ so sánh, phân tích kết quả hơn so với phần mềm EPANET.



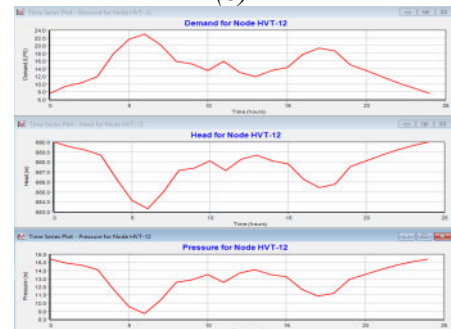
(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 9. Biểu đồ so sánh đường quá trình của các thông số
tại một số ống và nút từ HydroGIS-Net và phần mềm EPANET

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã kế thừa và phát triển mô đun HydroGIS-Net, tích hợp mô hình tính toán thủy lực mạng lưới cấp nước EPANET trong môi trường QGIS bằng ngôn ngữ lập trình Python. Mô đun cho thấy khả năng phân tích thủy lực tương tự như EPANET nhưng vượt trội hơn ở khả năng xây dựng, chỉnh sửa, mô phỏng và phân tích mạng lưới cấp nước thông qua các công cụ chỉnh sửa và phân tích không gian (3D) phong phú trong môi trường QGIS mà không cần chuyển đổi nền tảng. So với các phần mềm thương mại đắt đỏ như WaterGEMS, HydroGIS-Net cung cấp một giải pháp miễn phí, linh hoạt và thêm mới nhiều chức năng cho người dùng. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng để tiếp tục phát triển các mô hình tích hợp đa nền tảng, hướng tới số hóa và quản lý hệ thống cấp nước theo thời gian thực và thiết lập mô hình song sinh số (Digital Twin).

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rossman, L. A. 2000 *EPANET 2: Users Manual*. EPA/600/R-00/ 057. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, USA.
- [2] Quantum GIS 2019 QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System. <https://www.qgis.org/>.
- [3] Rossman, L. A. 2008 *Epanet 2 Programmer's Toolkit Files*. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/en2toolkit.zip>.

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP Ô TRỘN PHÁT TRIỂN CÔNG CỤ PHỤC VỤ DỰ BÁO LŨ LƯU VỰC THƯỢNG NGUỒN SÔNG KONE - HÀ THANH

Nguyễn Thị Ngọc Bắc

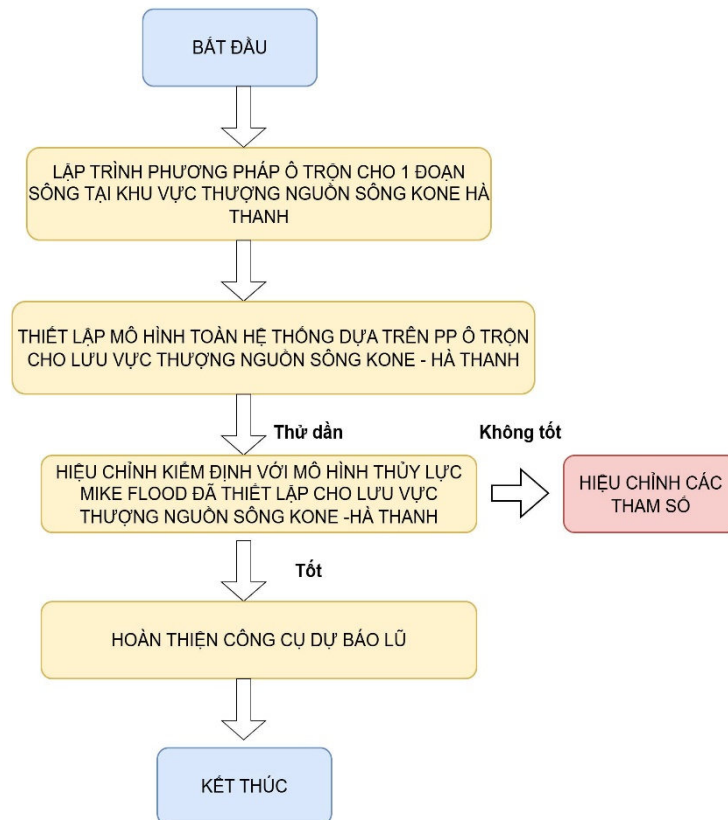
Viện Kỹ thuật Công trình, email: bacntn46@wru.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Lũ lụt là một trong những thảm họa thiên nhiên phổ biến và phân bố rộng rãi, gây ra tổn thất đáng kể về tính mạng và tài sản hàng năm trên toàn thế giới[1]. Dự báo lũ là một phương pháp hiệu quả để cung cấp thông tin nguy hiểm kịp thời cho các nhà hoạch định chính sách và các chuyên gia cũng như những khu dân cư có nguy cơ, đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu rủi ro lũ lụt[2]. Nhiều nỗ lực đã được thực hiện trong việc phát triển các hệ thống dự báo cho các loại lũ khác nhau, như lũ sông, lũ ven biển[2], lũ quét[3]... Dự đoán phản ứng của lưu vực và các quá trình lũ lụt do lượng mưa gây ra là một thành phần thiết yếu khác trong hệ thống dự báo lũ sông hiệu quả, có thể bao gồm việc sử dụng nhiều mô hình thủy văn hoặc thủy lực khác nhau. Ngoài các phương pháp thống kê quá đơn giản, các mô hình thủy văn thường được sử dụng để dự đoán lũ ở quy mô lưu vực[4]. Đầu ra của một mô hình thủy văn thường là chuỗi thời gian của lưu lượng trong các kênh sông. Các mô hình ngập lụt thủy lực dựa trên các giải pháp số cho các phương trình nước nông 2D đầy đủ (mô hình thủy động lực) hoặc một trong các dạng đơn giản hóa của chúng (ví dụ: mô hình sóng khuếch tán và mô hình sóng động học) [5]. Khi cần thiết, một mô hình định tuyến sông 1D cũng có thể được sử dụng để mô phỏng các quá trình dòng chảy trong các kênh sông và truyền tải lũ từ thượng nguồn đến hạ lưu, sau đó được kết hợp với một mô hình ngập lụt để dự đoán tác động lũ[6],[7],[8]. Có thể thấy rằng, các mô hình thủy văn và thủy lực đóng vai trò quan trọng trong dự báo lũ, mang lại nhiều ưu điểm vượt trội khi chúng cung cấp độ chính xác cao trong việc dự đoán lưu lượng dòng chảy, mực nước và vùng ngập lụt. Mỗi một phương pháp có những ưu nhược điểm riêng biệt ví dụ như dự báo lũ bằng mô hình thủy văn có ưu điểm là tính toán nhanh chóng, dễ triển khai và thích hợp với các lưu vực có cấu trúc đơn giản, giúp dự báo lũ hiệu quả trong thời gian ngắn. Trong khi đó việc dự báo lũ bằng mô hình thủy lực mang lại ưu điểm là khả năng mô phỏng chính xác dòng chảy và tác động của các yếu tố như địa hình, mưa, và lưu lượng nước, giúp đưa ra các dự báo lũ chi tiết và tin cậy. Mô hình này cũng có thể dự báo lũ cho các khu vực phức tạp với các đặc thù địa lý đa dạng. Tuy nhiên, việc mô phỏng ngập lụt đồng bằng sử dụng các mô hình 2D đòi hỏi tính toán cao và việc dự đoán trực tiếp động học ngập lụt chi tiết trong thời gian thực vẫn chưa phải là một thực tiễn phổ biến trong một hệ thống vận hành dự báo lũ. Để khắc phục hạn chế phương pháp diễn toán lũ bằng mô hình thủy văn và mô hình thủy lực đã có rất nhiều nghiên cứu trước đó đề xuất các phương pháp gần lược một số thành phần trong diễn toán lũ như nghiên cứu của Violaine Dalmas và cộng sự (2019)[9]; V. P. SINGH và cộng sự (1997)[10]; G.-T. Wang và cộng sự (2006)[11] nhằm dự báo nhanh, nhưng vẫn đem lại kết quả dự báo mang tính chính xác cao. Trong nghiên cứu này, tác giả ứng dụng nghiên cứu của V. P. SINGH và cộng sự (1997)[10] đó là sử dụng phương pháp ô trộn (mixing cell method) một cách tiếp cận sáng tạo để giải phương trình sóng khuếch tán phi tuyến một chiều được rút ra từ hệ phương trình Saint-Venant bằng cách bỏ qua các thành phần quán tính. Phương trình phi tuyến này không có nghiệm phân tích tổng quát. Do đó, các phương pháp số được sử dụng để rời rạc hóa trục không gian và thời gian, chuyển phương trình vi phân thành dạng sai phân. Kết quả cho thấy phương pháp ô trộn đạt hiệu quả cao khi áp dụng cho các sông ở Trung Quốc, như đoạn sông Yaunling-Wangliahe và Longg-Qsoja, với mực nước tính toán phù hợp chặt chẽ với dữ liệu quan trắc. Mặc dù phương pháp ô trộn đã được chứng minh là hiệu quả trong một số trường hợp, việc áp dụng nó cho các lưu vực ở Việt Nam nói chung hay tại khu vực phía thượng nguồn sông Kone - Hà Thanh nói riêng vẫn còn hạn chế. Hơn nữa, điều kiện địa hình phức tạp, dữ liệu quan trắc hạn chế, và sự thay đổi nhanh chóng

của dòng chảy lũ ở thượng nguồn sông Kone - Hà Thanh đòi hỏi một mô hình vừa đơn giản vừa chính xác để hỗ trợ công tác dự báo và quản lý. Khoảng trống nghiên cứu này tạo động lực cho việc phát triển công cụ phục vụ dự báo lũ dựa trên phương pháp ô trộn, tận dụng các ưu điểm của phương pháp trong việc giảm độ phức tạp tính toán, nhanh chóng và phù hợp với các lưu vực có dữ liệu hạn chế. Do vậy trong nghiên cứu này tác giả ứng dụng phương pháp ô trộn nhằm phát triển công cụ phục vụ dự báo lũ cho lưu vực thượng nguồn sông Kone-Hà Thanh với mong muốn đem lại kết quả dự báo nhanh chóng mà vẫn đảm bảo mô phỏng chính xác, phù hợp với điều kiện cơ sở hạ tầng hiện tại ở Việt Nam và mang tính khả thi cao.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU



Hình 1. Sơ đồ tiếp cận phương pháp nghiên cứu

- Phân tích nguyên lý giản ước các thành phần của phương pháp ô trộn (mixxing cell):

Phương pháp ô trộn (Mixing Cell) được xây dựng trên cơ sở hệ phương trình Saint-Venant một chiều mô tả dòng chảy không ổn định trong sông. Tuy nhiên, hệ phương trình đầy đủ này chứa nhiều thành phần phi tuyến, đặc biệt là các thành phần quán tính (gia tốc cục bộ và gia tốc đối lưu), khiến việc giải hệ phương trình trở nên phức tạp và tốn thời gian hơn. Để đơn giản hóa, phương pháp Mixing Cell giả thiết rằng các thành phần quán tính có thể bỏ qua trong nhiều trường hợp thực tế (khi sóng lũ biến đổi chậm trên sông dài, dốc nhỏ, các thành phần quán tính trong phương trình động lượng có thể bỏ qua mà không làm sai lệch bản chất dòng chảy...), từ đó phương trình được rút gọn thành phương trình sóng khuếch tán phi tuyến. Trong điều kiện kênh rộng và nông, bán kính thủy lực được coi gần bằng độ sâu dòng chảy, độ dốc đáy kênh và hệ số nhám (theo công thức Chezy hoặc Manning) được giả định không đổi. Các giả định này cho phép biểu diễn quan hệ giữa lưu lượng (Q), độ sâu (y) và độ dốc (S_0) theo dạng đơn giản hơn, từ đó làm cho phương trình sóng khuếch tán trở nên gọn gàng và dễ áp dụng hơn trong tính toán thực tiễn. Trọng tâm của phương pháp là kỹ thuật rời rạc hóa không gian và thời gian bằng cách chia đoạn sông thành nhiều "ô trộn" (mixing cells). Mỗi ô được coi là một thể tích chứa nước được trộn đều, có lưu lượng vào và lưu lượng ra. Cách tiếp cận này vốn được áp dụng trong thủy văn chất lượng nước và lan truyền chất tan, sau đó được mở rộng để mô phỏng quá trình truyền lũ. Sau đó áp dụng khai triển Taylor và mô hình

sóng động học để thay thế các đạo hàm bậc cao, đồng thời lựa chọn bước không gian Δx phù hợp với bước thời gian Δt và vận tốc sóng động học C_k , thành phần khuếch tán bậc hai trong phương trình sẽ được khử bỏ. Kết quả là hệ phương trình được rút gọn thành dạng sai phân tường minh, với công thức tính toán đơn giản: lưu lượng ra của một ô chỉ phụ thuộc trực tiếp vào lưu lượng vào và trạng thái dòng chảy trong ô đó. Trong giới hạn khi Δt tiến về 0, hệ thống các ô Mixing Cell tương đương với một chuỗi phương trình vi phân thường bậc nhất, mỗi phương trình mô tả sự truyền lưu lượng qua một đoạn đặc trưng của sông. Đây chính là mối liên hệ trực tiếp với khái niệm chiều dài đặc trưng (characteristic length) được Kalinin và Milyukov đề xuất trước đây. Thông qua cách tiếp cận này, quá trình truyền lũ được mô tả như sự lan truyền và làm tròn của nước trong một chuỗi các “khối” liên tiếp dọc theo sông.

Các tham số cốt lõi cần thiết của mô hình bao gồm:

- Tham số hình học và thủy lực:

+ B: chiều rộng kênh (m);

+ y: độ sâu dòng chảy (m);

+ S_0 : độ dốc đáy kênh

+ n: Hệ số nhám

- Tham số động học:

+ C_k : vận tốc sóng động học (m/s), thường được xác định theo quan hệ thực nghiệm hoặc hiệu chỉnh

$$C_k = aQ^b$$

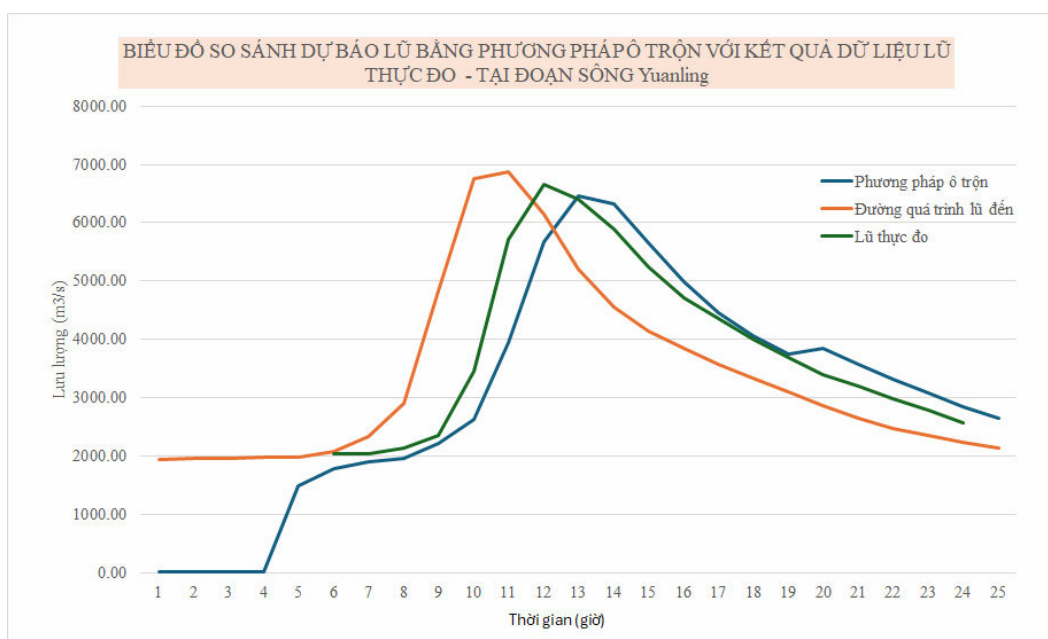
- Tham số tính toán

+ Δt : bước thời gian (s)

+ Δx : bước không gian (m).

Đầu vào của mô hình là đường quá trình lưu lượng tại biên thượng lưu, điều kiện ban đầu trong đoạn sông, nhập lưu (nếu có). Đầu ra của mô hình là sự phân bố theo thời gian và không gian của lưu lượng $Q(x,t)$ và mực nước $y(x,t)$, trong đó đáng chú ý nhất là mực nước tại biên hạ lưu. Điểm mạnh lớn nhất của phương pháp là sự kết hợp hài hòa giữa tính đơn giản, dễ lập trình, ít tốn kém, nhưng vẫn duy trì được độ chính xác chấp nhận được so với các sơ đồ số phức tạp hơn.

- **Lập trình kiểm tra công thức ô trộn:** Để hiểu rõ bản chất cũng như cách thiết lập công thức tính toán của phương pháp ô trộn, từ số liệu ví dụ minh họa trong nghiên cứu tại đoạn sông Yuanling-Wangjiahe, tác giả đã lập trình lại các bước tính toán để kiểm tra công thức, làm cơ sở lập trình phương pháp cho khu vực nghiên cứu.



Hình 2. Kết quả kiểm tra công thức ô trộn trong nghiên cứu của Sing và cộng sự [12]

- **Lập trình phương pháp ô trộn cho 1 đoạn sông:** Khi hiểu rõ bản chất cũng như thành phần giản ước trong phương pháp ô trộn. Tác giả đã lập trình phương pháp ô trộn cho 1 đoạn sông thuộc hệ thống lưu vực sông Kone - Hà Thanh để làm cơ sở xây dựng triển khai mở rộng xây dựng cho toàn hệ thống lưu vực thượng nguồn sông Kone Hà Thanh.

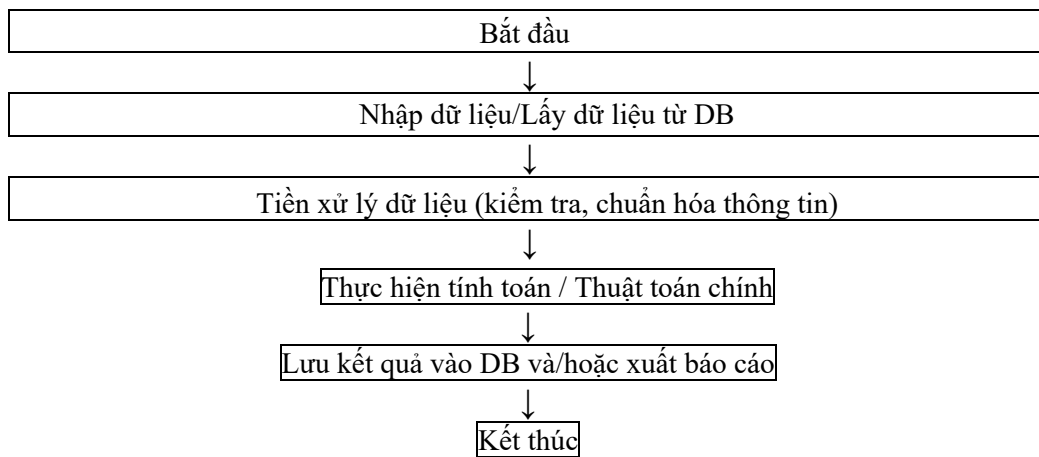
- **Thiết lập, hiệu chỉnh kiểm định mô hình dự báo dựa trên phương pháp ô trộn với mô hình thủy lực 2D Mike Flood:** Từ việc đã kiểm định chính xác phương pháp ô trộn cho 1 đoạn sông, tác giả đã tiến hành phát triển một công cụ phục vụ dự báo lũ, triển khai thiết lập mô hình mô phỏng cho cả hệ thống lưu vực thượng nguồn sông Kone - Hà Thanh bằng phương pháp ô trộn. Sau đó, tiến hành hiệu chỉnh, kiểm định mô hình với mô hình thủy lực Mike Flood đã xây dựng trước đó cho lưu vực thượng nguồn sông Kone (nghiên cứu đã được tác giả công bố trong tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2024) để tìm ra các tham số phù hợp và ứng dụng vào quá trình dự báo lũ tại khu vực nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

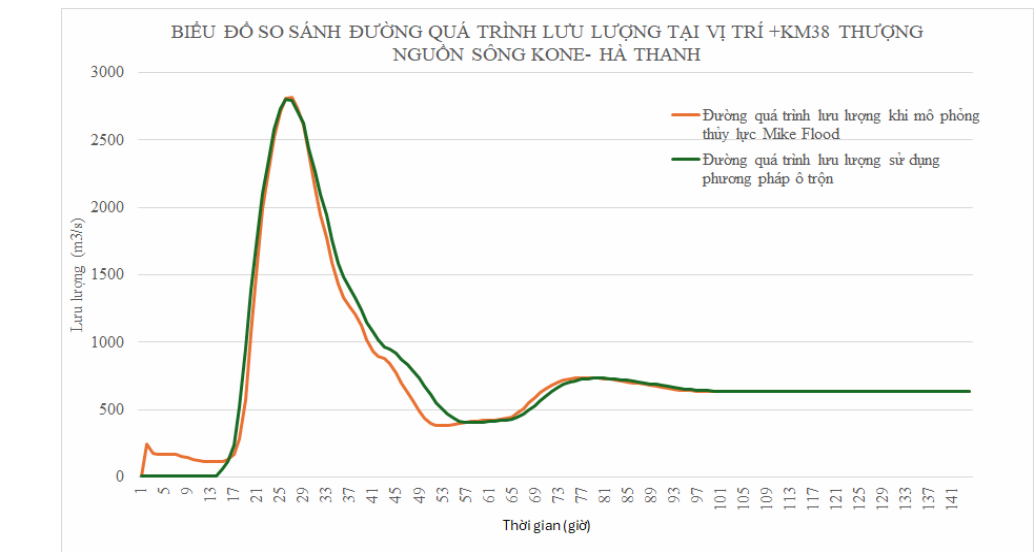
3.1. Lập trình phương pháp ô trộn cho 1 đoạn sông

Trong quá trình nghiên cứu và triển khai, tác giả sử dụng ngôn ngữ lập trình C# làm ngôn ngữ chính. Bên cạnh đó, luận án sử dụng SQLite làm hệ quản trị cơ sở dữ liệu.

Quy trình xử lý dữ liệu trong ứng dụng được mô tả qua sơ đồ thuật toán tổng quát dưới đây:

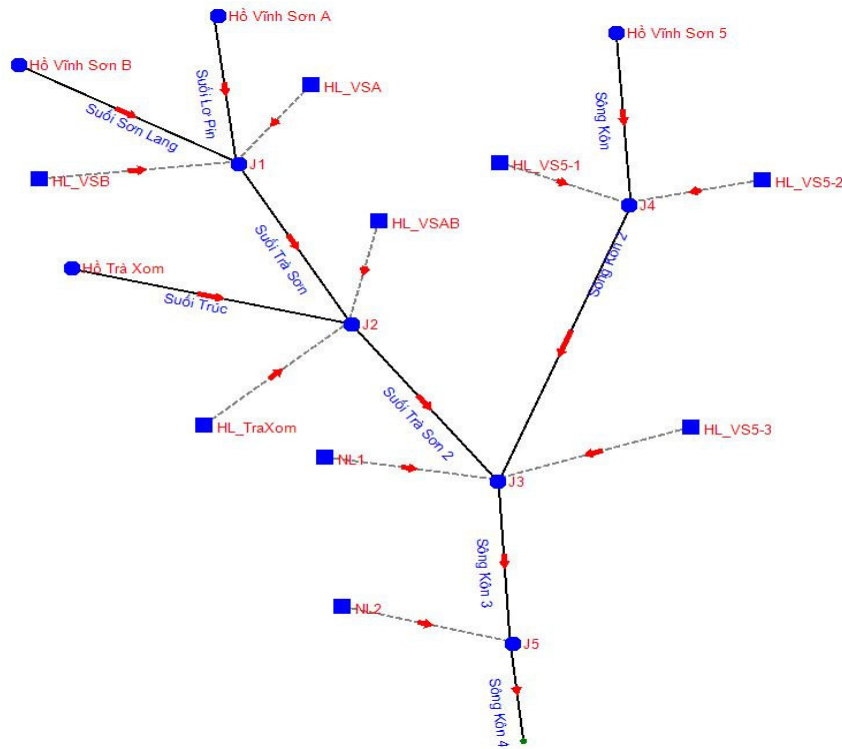


Hình 3. Sơ đồ thuật toán



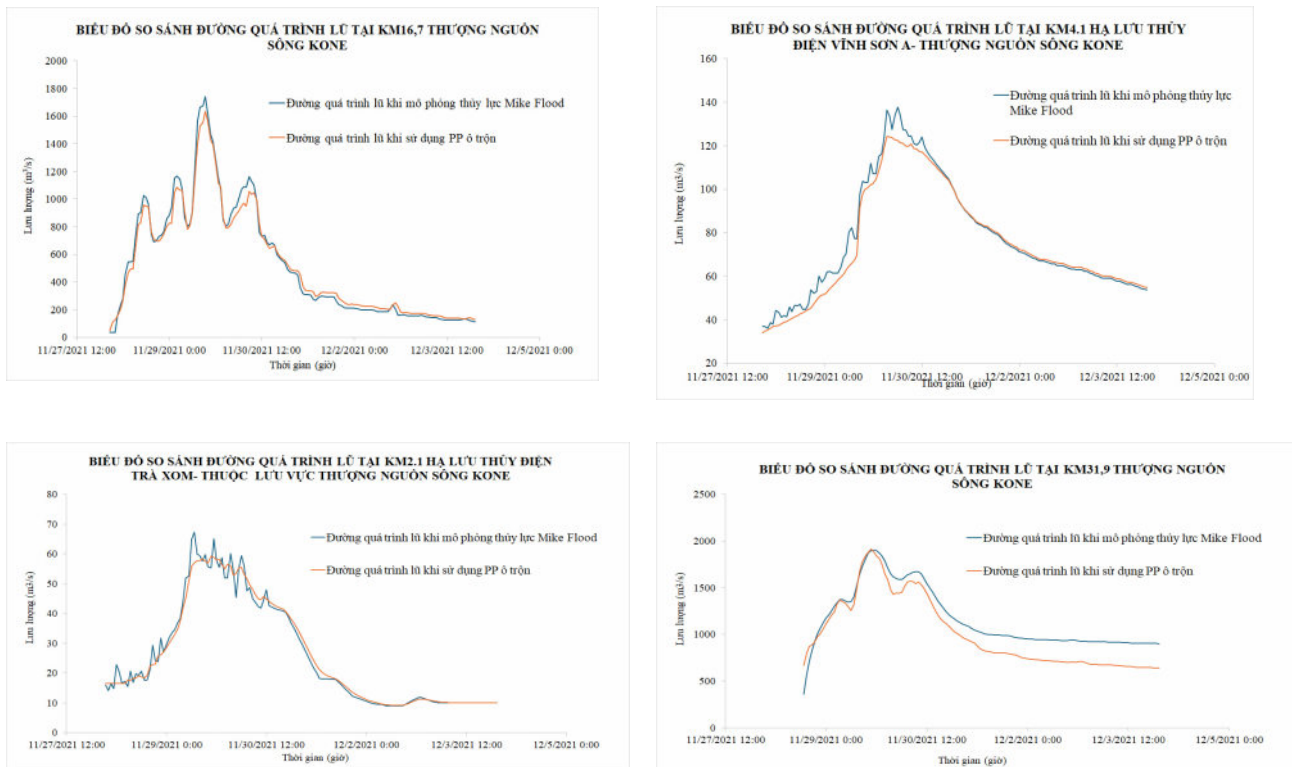
Hình 4. Kết quả so sánh đường quá trình lưu lượng khi mô phỏng thủy lực Mike Flood và sử dụng phương pháp ô trộn tại đoạn sông +Km38 sông Kone

3.2. Thiết lập mô hình cho cả hệ thống lưu vực thượng nguồn sông Kone - Hà Thanh



Hình 5. Thiết lập mô hình mô phỏng cho cả hệ thống lưu vực thượng nguồn sông Kone - Hà Thanh bằng phương pháp ô trộn

3.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình với mô hình thủy lực Mike Flood



Hình 6. Kết quả so sánh đường quá trình lưu lượng khi mô phỏng thủy lực Mike Flood và sử dụng phương pháp ô trộn tại một số vị trí trên sông thuộc hệ thống lưu vực thượng nguồn sông Kone – Hà Thanh

Bảng 1. Kết quả tính toán chỉ số NASH tại một số vị trí thượng nguồn sông Kone Hà Thanh

STT	Vị trí	Chỉ số Nash
1	SONGKONE 16709	0.98
2	VINHSONA 4117.99	0.97
3	SONGKONE 31900	0.84
4	TRAXOM 2186.08	0.92

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả so sánh đường quá trình lưu lượng khi mô phỏng thủy lực Mike Flood và sử dụng phương pháp ô trộn tại một số vị trí trên sông thuộc hệ thống lưu vực thượng nguồn sông Kone - Hà Thanh (hình 6) và bảng 1 đã chứng minh phương pháp ô trộn đã đem lại kết quả dự báo tương đối chính xác xu thế lũ tại khu vực nghiên cứu.

Đối với mô hình thủy lực Mike Flood việc mô phỏng quá trình lũ ứng với mỗi một kịch bản tốn khoảng 4h mô phỏng (mô hình đã được tác giả xây dựng và tính toán công bố trước đó). Trong khi việc áp dụng phương pháp ô trộn đem lại kết quả mô phỏng trong vòng 1 phút. Như vậy, để đảm bảo và phù hợp với điều kiện vật chất cơ sở hạ tầng, có thể sử dụng phương pháp ô trộn để tiến hành phát triển phần mềm dự báo lũ cho lưu vực thượng nguồn sông Kone - Hà Thanh.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. F. Balica, I. Popescu, L. Beevers, and N. G. Wright, "Parametric and physically based modelling techniques for flood risk and vulnerability assessment: A comparison," *Environ. Model. Softw.*, vol. 41, pp. 84–92, 2013, doi: 10.1016/j.envsoft.2012.11.002.
- [2] K. M. Carsell, N. D. Pingel, and D. T. Ford, "Quantifying the Benefit of a Flood Warning System," *Nat. Hazards Rev.*, vol. 5, no. 3, pp. 131–140, 2004, doi: 10.1061/(asce)1527-6988(2004)5:3(131).
- [3] H. A. P. Hapuarachchi, Q. J. Wang, and T. C. Pagano, "A review of advances in flash flood forecasting," *Hydrol. Process.*, vol. 25, no. 18, pp. 2771–2784, 2011, doi: 10.1002/hyp.8040.
- [4] Z. Liu, M. L. V. Martina, and E. Todini, "Flood forecasting using a fully distributed model: application of the TOPKAPI model to the Upper Xixian Catchment," *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 9, no. 4, pp. 347–364, Oct. 2005, doi: 10.5194/hess-9-347-2005.
- [5] A. R. da Paz, W. Collischonn, C. E. M. Tucci, and C. R. Padovani, "Large-scale modelling of channel flow and floodplain inundation dynamics and its application to the Pantanal (Brazil)," *Hydrol. Process.*, vol. 25, no. 9, pp. 1498–1516, 2011, doi: 10.1002/hyp.7926.
- [6] M. Cooper, "Advanced Bash-Scripting Guide An in-depth exploration of the art of shell scripting Table of Contents," Okt 2005 Abrufbar uber <http://www.tldp.org/LDP/absabsguide.pdf> Zugriff 1112 2005, vol. 2274, no. November 2008, pp. 2267–2274, 2010, doi: 10.1002/hyp.
- [7] J. Kim, A. Warnock, V. Y. Ivanov, and N. D. Katopodes, "Coupled modeling of hydrologic and hydrodynamic processes including overland and channel flow," *Adv. Water Resour.*, vol. 37, pp. 104–126, 2012, doi: 10.1016/j.advwatres.2011.11.009.
- [8] R. C. D. Paiva, W. Collischonn, and C. E. M. Tucci, "Large scale hydrologic and hydrodynamic modeling using limited data and a GIS based approach," *J. Hydrol.*, vol. 406, no. 3–4, pp. 170–181, 2011, doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.06.007.
- [9] V. Dalmas, G. Robert, G. Besancon, and D. Georges, "Saint-Venant Reduced Order Model for Water Level Control in Open Channels," in *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jul. 2018, pp. 7158–7163. doi: 10.1109/CDC.2018.8619438.
- [10] V. P. Singh, "Hydrologic modeling: progress and future directions," Dec. 01, 2018, SpringerOpen. doi: 10.1186/s40562-018-0113-z.
- [11] G. T. Wang, C. Yao, C. Okoren, and S. Chen, "4-Point FDF of Muskingum method based on the complete St Venant equations," *J. Hydrol.*, vol. 324, no. 1–4, pp. 339–349, Jun. 2006, doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.10.010.
- [12] V. P. Singh, G.-T. Wang, and D. D. Adrian, "FLOOD ROUTING BASED ON DIFFUSION WAVE EQUATION USING MIXING CELL METHOD," John Wiley & Sons, 1997.

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ THỜI GIAN LƯU HÓA ĐẾN ĐẶC TRƯNG CHỐNG RUNG - GIẢM CHẤN CỦA CAO SU THIÊN NHIÊN

Nguyễn Trọng Quang

Trường Đại học Thủy lợi, email: trongquang@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Tính chống rung của vật liệu là khái niệm dùng để chỉ hiệu ứng vật lý phức tạp, được hiểu là tính chất làm giảm, hạn chế hoặc ngăn chặn các rung động, chuyển đổi năng lượng động học và năng lượng biến dạng thành nhiệt năng [1]. Tính chống rung bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như bản chất của vật liệu, mô đun, tần số, nhiệt độ, khuyết tật và bề mặt phân chia pha. Vật liệu chống rung có thể là kim loại, ceramic và polyme (elastome). Trong đó nổi bật nhất là cao su do có tính chất đàn hồi nhất. Các cao su được áp dụng nhiều trong lĩnh vực chống rung – giảm chấn là cao su thiên nhiên (NR), cao su butyl (NB), cao su butadien nitril (NBR), cao su cloropren (CR) hoặc hỗn hợp cao su blend polypropylen (PP)/butyl (IIB), NR/NBR, NR/CR... NR tuy có hệ số tắt rung không cao [2,3,4] nhưng vẫn được lựa chọn nghiên cứu do khả năng đàn hồi cao, bám dính tốt với kim loại. Các tính chất cơ lý và các đặc trưng chống rung có thể điều chỉnh được thông qua đơn pha chế.

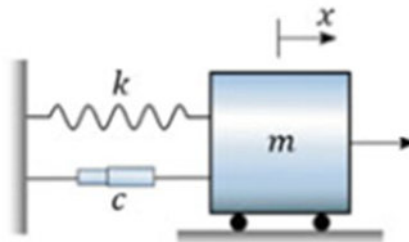
Một số phương pháp nhằm nâng cao khả năng cách ly rung động của NR đã được công bố như : thay đổi đơn phối liệu cho cao su, thêm các phụ gia tăng cường hoặc biến tính polyme... Trong nghiên cứu [5] nhóm tác giả đã tạo ra hỗn hợp NR với ống carbon đơn tường (CNTs) giúp cải thiện hệ số tắt rung và xác định được sự ảnh hưởng của nhiệt độ già hóa đến tính chất cơ lý của hệ cao su – composit tăng cường lực. Ở các nghiên cứu khác [4,6,7], NR được biến tính epoxy (NR/ENR) và thêm các phụ gia với hàm lượng khác nhau, các kết quả cho thấy NR/ENR có hệ số tắt rung cao, các tính chất cơ lý đã được cải thiện, đồng thời xác định được vùng làm việc tối ưu.

Hiện nay, ở Việt Nam và trên thế giới chưa có tiêu chuẩn cụ thể nào được áp dụng cho các sản phẩm cao su chống rung – giảm chấn, nên lĩnh vực này đang được quan tâm nghiên cứu [8]. Nghiên cứu này đề cập một loại NR-chống rung theo đơn pha chế xác định, đồng thời phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian lưu hóa đến các đặc trưng chống rung – giảm chấn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ THỰC NGHIỆM

2.1. Mô hình dao động

Cao su có khả năng chống rung - giảm chấn do có tính đàn hồi và chảy nhớt. Khả năng chống rung được đặc trưng bởi hệ số tắt rung ($\tan\delta$) [9]. Tính chất này được mô hình hóa như là một tổ hợp gồm có lò xo và giảm chấn. Khi có tải trọng và dưới tác dụng của lực cơ học, các thông số dao động của cao su được xác định qua phương trình dao động được xây dựng dựa trên cân bằng lực. Vật có khối lượng m trong mô hình một bậc tự do đơn giản với các đặc tính của lò xo và giảm chấn đều là tuyến tính:



Hình 1. Mô hình dao động một bậc tự do [9]

- Hệ số cản của giảm chấn : c [Ns/m] = const; lò xo có độ cứng : k [N/m] = const.
- m : khối lượng của vật [kg]; x : Tọa độ của vật theo phương chuyển động ở thời điểm t ;
 $x=0$: Vị trí cân bằng tĩnh ở thời điểm $t=0$.

Mô hình hệ dao động tự do có lực cản như hình 1, phương trình dao động là:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = 0 \quad (1)$$

Nghiệm của phương trình trên có dạng: $x = Ae^{\lambda t}$ (2)

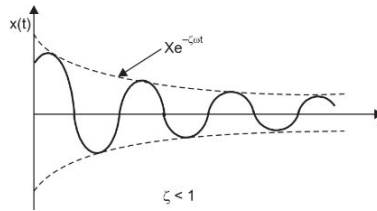
Trong đó: $\lambda_{1,2} = \alpha \pm \beta_0 \sqrt{D^2 - 1}$ (3)

Với: $\alpha = -\frac{c}{2m}$ là chỉ số mũ của biến dạng dao động (4)

$\beta_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ gọi là tần số vòng dao động tự do không cản (5)

$D = \frac{-\alpha}{\beta_0} = \frac{c}{2\sqrt{km}}$ là hệ số cản tương đối Lehr của dao động [9,10] (6)

Trong trường hợp sức cản nhỏ nên dao động thực hiện được một số chu kỳ rồi tắt dần như trong hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của hệ số D (hay ζ) khi $D < 1$ đến biên độ dao động [9]

Nghiệm của phương trình biểu diễn dao động tự do có lực cản là:

$$x = A_1 e^{\lambda_1 t} + A_2 e^{\lambda_2 t} = e^{\alpha t} (A_1 e^{j\beta t} + A_2 e^{-j\beta t}) \quad (7)$$

trong đó: A_1, A_2 là các hằng số phụ thuộc điều kiện đầu.

Biến đổi toán học, dao động tự do trong trường hợp có sức cản nhớt là một dao động họ hình sin với:

$$e^{\alpha t} x_0 = e^{\alpha t} \sqrt{A^2 + B^2} = e^{\alpha t} \sqrt{x_{t0}^2 + \frac{v_{t0}^2}{\beta^2}} \quad (8)$$

Tần số vòng phụ thuộc vào hệ số cản tương đối D tính theo:

$$\beta = \beta_0 \sqrt{D^2 - 1} \quad (9)$$

Từ mô hình lò xo – giảm chấn, lực truyền qua đến bộ đỡ có thể viết dưới dạng:

$$F_t = F_0 \beta_t \sin(\omega t - \varphi) \quad (10)$$

Trong đó: $\beta_t = \frac{\sqrt{1+(2rD)^2}}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2rD)^2}} \quad (11)$

Độ truyền qua β_t (còn được ký hiệu là T) được định nghĩa là tỉ số của biên độ lực truyền qua cực đại so với biên độ lực tác dụng. r là tỷ số tần số dao động. Bài viết này trình bày ngắn gọn về mặt lý thuyết, không đề cập nhiều đến những biến đổi toán học, các trường hợp điều kiện biên và một số công thức được áp dụng từ nguồn [8,9]. Các đặc trưng chống rung – giảm chấn của cao su là tan δ , hệ số cản ζ , hằng số c , hằng số đàn hồi k , tần số dao động riêng f_n (Hz); độ truyền qua T (%); hệ số khuếch đại β . Các giá trị này sẽ được xác định bằng thực nghiệm.

2.2. Đơn phối liệu cao su và phương pháp chế tạo

Đơn phối liệu và thành phần được thể hiện ở bảng 1, được kế thừa kết quả từ đề tài KC.02.06/16-20. Sử dụng các chất phối hợp (truyền thống) thường áp dụng cho NR, kết hợp với hệ lưu hóa lưu huỳnh – xúc tiến kiểu SEV (semi-efficient vulcanization) thích hợp cho NR giảm chấn [11]. Cao su thiên nhiên RSS1 xuất xứ Việt Nam, các hóa chất còn lại đều xuất xứ Trung Quốc.

Hỗn hợp cao su được sơ luyện và hỗn luyện trên máy trộn kín Baopin 8412 qua hai giai đoạn. Giai đoạn 1 trộn hợp cao su thiên nhiên với các chất phòng lão RD, 4020, axit stearic, dầu gia công, chất độn N330, chất trợ xúc tiến ZnO và các chất phụ gia. Giai đoạn này tiến hành trong 10 phút, nhiệt độ

65°C, tốc độ trục 25 vòng/phút. Giai đoạn 2 trộn thêm các chất xúc tiến và S trong điều kiện nhiệt độ 65°C, tốc độ 32 vòng/phút, thời gian 5 phút. Hỗn hợp cao su sau quá trình hỗn luyện để ổn định trong 24 giờ, được cán xuất tấm rồi mới tiến hành lưu hóa trên máy ép thủy lực có gia nhiệt Shinto trong điều kiện nhiệt độ 140, 145, 155 °C và thời gian lưu hóa 10, 15, 20 phút.

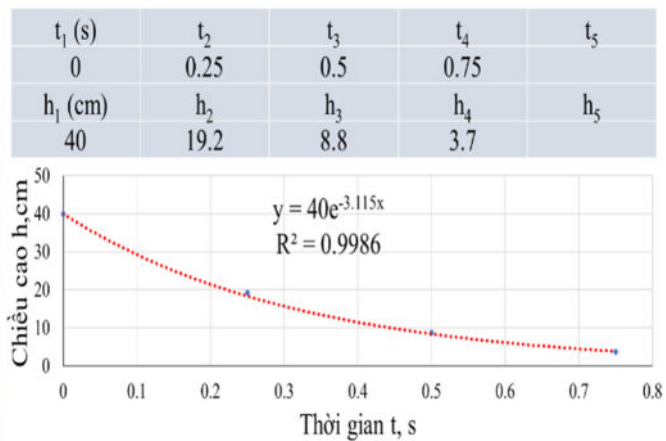
Bảng 1. Đơn phối liệu cao su thiên nhiên

Thành phần	Cao su thiên nhiên, RSS1	Phòng lão RD	Phòng lão 4020	ZnO	Axit Stearic	Than N330	Dầu CPC	Xúc tiến TBBS	Xúc tiến TMTD	S
Hàm lượng (pkl)	100	2	2	5,0	3	33	2	1,0	0,15	1,6

2.3. Phương pháp xác định đặc trưng lưu hóa

Đặc trưng lưu hóa của cao su được đo trên máy MDR Rheometer 2020 theo tiêu chuẩn ASTM D5289. Tiến hành : Nung nhiệt độ 2 khuôn lên nhiệt độ lưu hóa, đưa mẫu thử vào khoang lưu hóa, đóng khoang và duy trì nhiệt độ lưu hóa. Kết quả thu được các giá trị ts_1 , t_2 , tc_{90} , M_H , M_L của cao su. Trong đó: ts_1 : thời gian cảm ứng lưu hóa (phút-giây); tc_{90} : thời gian lưu hóa tối ưu (phút-giây); M_L , M_H : modun của vật liệu trước và sau khi lưu hóa (ib-in).

2.4. Xác định các đặc trưng chống rung thông qua độ đàn hồi nảy thả rơi



Hình 3. Dụng cụ và phép đo độ đàn hồi nảy kiểu thả rơi

Các kết quả được thử nghiệm theo ASTM D2632 – 01. Mẫu thử có bề dày 1,2 (cm) được đặt cố định trên bề mặt bộ gá đỡ và ống sắt thẳng đứng có vạch chia chiều cao. Quả nặng được thả rơi dọc theo ống sắt từ độ cao 40 (cm) và vào mẫu thử sau đó nảy lên, rơi xuống rồi lại nảy lên, lặp đi lặp lại rồi tắt hẳn. Đọc kết quả về chiều cao h_0 , h_1 , h_2 , h_3 , h_4 (cm) tương ứng với thời gian t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4 (s) quả nặng mỗi lần nảy lên cho đến khi dao động tắt hẳn. Xây dựng phương trình $h = f(t)$ từ đó xác định các đặc trưng chống rung của vật liệu.

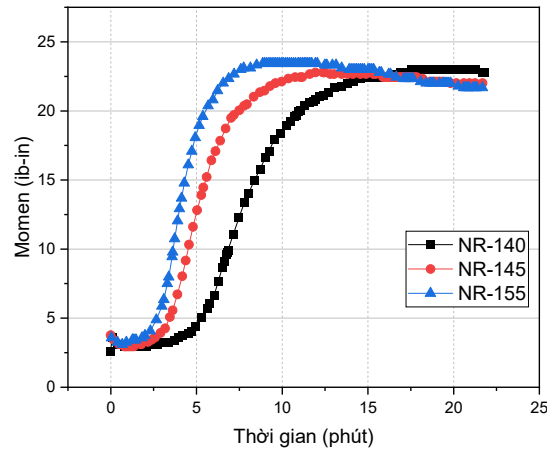
Từ đó kết quả thực nghiệm xác định được hệ số tắt rung $\tan\delta$, hệ số cản ζ theo công thức : $\tan\delta = \delta/\pi = 2\zeta$ [10]. Trong đó : ζ là hệ số cản ; $\pi=3,14$. Phương trình đường cong thực nghiệm $h=f(t)$ có dạng: $h = A \cdot e^{\alpha t}$ (hoặc $y = A \cdot e^{\alpha x}$ như trong hình 3). Giá trị số mũ α thu được từ phương trình đường cong thực nghiệm, áp dụng các công thức (4), (5), (6) để xác định hệ số nhớt c và hệ số đàn hồi k , độ truyền qua T và hệ số khuếch đại β .

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của nhiệt độ lưu hóa

Đường cong lưu hóa của các mẫu thử nghiệm ở các nhiệt độ từ 140°C đến 155°C. Thể hiện ở hình 4. Thấy rằng, ở nhiệt độ 140°C cao su lưu hóa có giai đoạn bình ổn trong khoảng thời gian 12– 21 phút. Ở nhiệt độ 145°C vùng bình ổn nằm trong khoảng thời gian 10 – 20 phút. Ở nhiệt độ 155°C vùng bình ổn nằm trong khoảng thời gian từ 8 – 15 phút. Như vậy, khoảng thời gian lưu hóa tối ưu

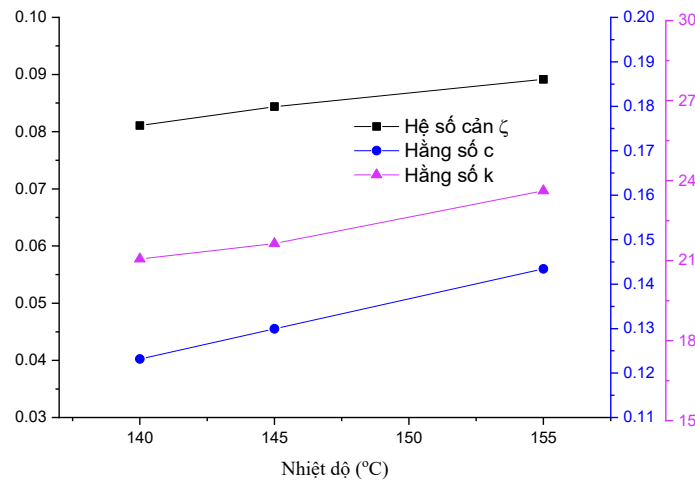
của các mẫu thử nghiệm tương đối rộng. Hơn nữa, các đường cong lưu hóa có độ dốc ‘thấp’ nên trong khoảng thời gian lưu hóa 20 phút hiện tượng quá lưu chưa ảnh hưởng lớn đến các tính chất cơ lý của cao su. Các kết quả tính toán như tang góc tổn hao ($\tan\delta$), hệ số cản ζ , hằng số c (N.s/m), hằng số đàn hồi k (N/m), tần số dao động riêng f_n (Hz); độ truyền qua T (%); hệ số khuếch đại β . được thể hiện trong bảng 2.



Hình 4. Đường cong lưu hóa các mẫu NR ở các nhiệt độ 140, 145, 155 °C

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ lưu hóa đến các thông số cơ bản của cao su chống rung

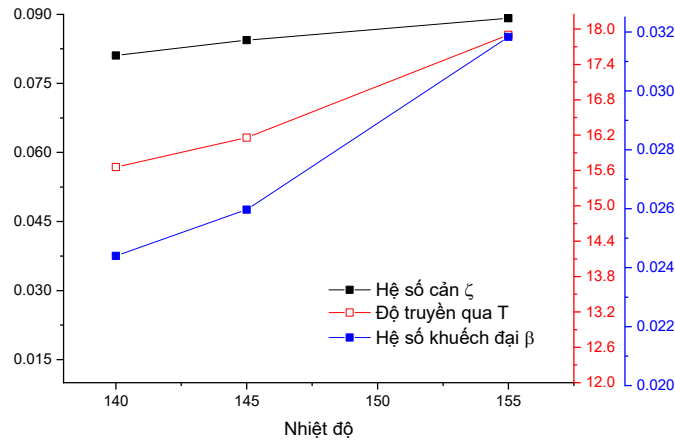
Nhiệt độ lưu hóa, °C	Độ nảy	$\tan\delta$	Hệ số cản ζ	Hằng số c (Ns/m)	Hằng số đàn hồi k (N/m)	Tần số f_n (Hz)	Độ truyền qua T (%)	Hệ số khuếch đại β
140	0,51	0,163	0,081	0,123	21,1	4,5	15,7	0,024
145	0,53	0,169	0,084	0,130	21,6	4,4	16,2	0,026
155	0,56	0,179	0,089	0,143	23,6	4,7	17,9	0,032



Hình 5. Sự phụ thuộc của các hệ số đặc trưng vào nhiệt độ lưu hóa

Khi tăng nhiệt độ từ 140°C đến 155°C, các giá trị hệ số cản ζ , hằng số c (N.s/m), hằng số đàn hồi k (N/m) đều tăng. Điều này có thể được lý giải: khi nhiệt độ tăng, tốc độ phản ứng lưu hóa tăng làm cho mật độ khâu mạch tăng dẫn đến thành phần đàn hồi tăng, nghĩa là hệ số k tăng. Ngoài ra các kết quả cũng cho thấy hằng số c tăng, hệ số cản ζ cũng tăng. Theo công thức toán học (6) do hệ số cản ζ tăng nên hằng số c tăng nhanh hơn hằng số k và dẫn đến khả năng cách ly dung động sẽ tăng. Trong bảng 2, tần số dao động riêng f_n thay đổi không đáng kể có nghĩa là ‘ngưỡng’ hoạt động của cao su được giữ ổn định. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong thực tế, các sản phẩm chế tạo được có độ ổn định cao, dễ dàng thiết kế hệ thống để tránh điểm cộng hưởng nhằm tăng cao tuổi thọ của vật liệu chống rung.

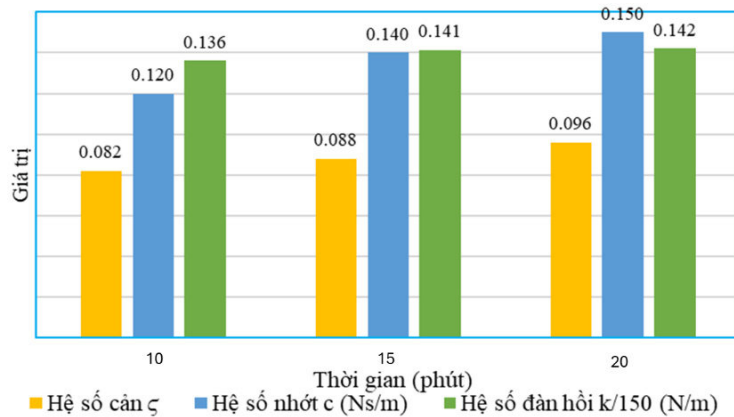
Hình 6 quan sát thấy khi tăng nhiệt độ thì hệ số khuếch đại và độ truyền qua T đều tăng, nhưng hệ số khuếch đại tăng nhanh hơn. Có thể là do khi nhiệt độ lưu hóa cao (155°C), tốc độ phản ứng tăng dẫn đến mật độ khâu mạch sẽ tăng nhưng xảy ra hiện tượng đứt mạch cục bộ (incipient reversion) lại làm mềm hóa cao su. Dẫn đến tổn hao nội tăng, modun giảm khiến tỉ số tần số r tăng. Hệ số khuếch đại β tăng nhanh hơn độ truyền qua T vì độ nhạy theo tỷ số tần số r gần vùng cộng hưởng lớn hơn so với ảnh hưởng của hệ số cản ζ [1,9]. Điều này dẫn đến khả năng cách ly rung động giảm nhưng khoảng làm việc của vật liệu lại rộng hơn. Trên thực tế vật liệu chống rung thường làm việc trong điều kiện tần số và biên dao động không ổn định, nên dải làm việc rộng cũng là một lựa chọn cần xem xét.



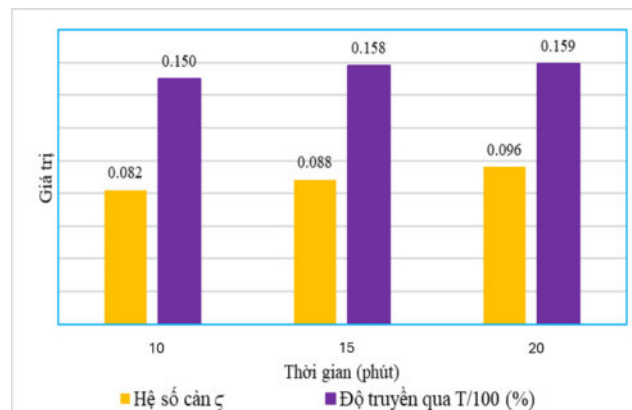
Hình 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hệ số khuếch đại và độ truyền qua

3.2. Ảnh hưởng của thời gian lưu hóa

Từ các kết quả phân tích đường cong lưu hóa ở hình 4 ở mục 3.1, chọn thời lưu hóa các mẫu NR là 10,15,20 phút trong điều kiện nhiệt độ 145°C . Các kết quả thử nghiệm đặc trưng chống rung thể hiện ở hình 7, hình 8.



Hình 7. Sự phụ thuộc của các hệ số đặc trưng vào thời gian lưu hóa



Hình 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hệ số cản và độ truyền qua

Các giá trị đặc trưng cho dao động như ζ , c , k và T đều tăng khi tăng thời gian lưu hóa tăng (hình 7,8). Ngoại trừ hệ số cản ζ các thông số còn lại trong khoảng thời gian 15 - 20 phút tăng chậm hơn khoảng thời gian 10- 15 phút. Vẫn thấy hệ số nhớt c tăng nhanh và hệ số đàn hồi k tăng chậm hơn vì hệ số cản ζ vẫn tăng đều đặn. Có thể là ở thời gian 20 phút hiện tượng quá lưu đang dần trở nên đáng kể, những biến đổi hóa học như: oxi hóa; làm ngắn liên kết ngang và đứt các liên kết ngang dần chiếm ưu thế nên hệ số đàn hồi k tăng chậm. Vì vậy, khả năng cách ly rung động tốt hơn nhưng cao su lại trở nên ‘mềm’ hơn. Như vậy, có thể chọn các khoảng thời gian lưu hóa khác nhau (trong vùng lưu hóa tối ưu) để đáp ứng yêu cầu chống rung giảm chấn nhất định của cao su. Điều này có quan hệ mật thiết với các ứng dụng thực tế, nếu cao su có hệ số nhớt c cao sẽ cách ly rung động cao trong điều kiện động tần số tác động ngoại lực nhỏ và ngược lại cao su chịu tải trọng tốt thì khả năng cách ly rung động sẽ giảm.

4. KẾT LUẬN

Nhiệt độ và thời gian lưu hóa có ảnh hưởng đáng kể tới các đặc trưng chống rung của cao su. Trong điều kiện thí nghiệm, khi tăng nhiệt độ lưu hóa thì khả năng cách ly rung động của cao su giảm nhưng phạm vi làm việc của cao su rộng hơn. Khi tăng thời gian lưu hóa thì khả năng cách ly rung động tốt hơn nhưng cao su trở nên mềm và khả năng chịu tải trọng giảm. Khi tăng mạnh các chế độ công nghệ trên có thể dẫn đến sự suy giảm tính chất chống. Cần lựa chọn chế độ phù hợp nằm trong vùng lưu hóa tối ưu. Dựa trên những biến đổi có quy luật trên để điều chỉnh các chế độ công nghệ chế tạo cao su nhằm đáp ứng các yêu cầu cụ thể trong thực tế.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Hildebrand. 2005. Vibration damping, in: Adhes. Bond. Elsevier. pp. 240–253.
- [2] Azin Adibi , Dylan Jubinville , Guowei Chen , Tizazu H. Mekonnen . 2024. In-situ surface grafting of lignin onto an epoxidized natural rubber matrix: A masterbatch filler for reinforcing rubber composites. *Reactive and Functional Polymers*, Vol 197, 105856.
- [3] Intapun J, Rungruang T, Suchat S, Cherdchim B, Hiziroglu S. 2021. The Characteristics of Natural Rubber Composites with Klason Lignin as a Green Reinforcing Filler: Thermal Stability, Mechanical and Dynamical Properties. *Polymers*, Vol 13(7). 1109.
- [4] Yueqiong Wang, Lusheng Liao, Hongtu Lin, Fuquan Zhang, Jieping Zhong, Kui Xu1f, Zheng Peng. 2018. Damping Properties of Natural rubber/ Epoxidized Natural Rubber composites with different fillers. *Advances in Engineering Research*, Vol 120.
- [5] Bakošová A, Bakošová D, Dubcová P, Klimek L, Dedinský M, Lokšíková S. 2025. Effect of Thermal Aging on the Mechanical Properties of Rubber Composites Reinforced with Carbon Nanotubes. *Polymers*, Vol 17(7). 896.
- [6] Chen B, Dai J, Song T, Guan Q. 2022. Research and Development of High-Performance High-Damping Rubber Materials for High-Damping Rubber Isolation Bearings: A Review. *Polymers*, Vol 14(12). 2427.
- [7] Mahmud I.S.A.R, Kirill V.H, Jem Rongong, Hamid Ahmadi, Judith Picken. 2018. Epoxidized natural rubber for vibro-acoustic isolation. *Polymer Testing*, Vol 67, pp. 92-98.
- [8] Coja M, Kari L. 2021. Using Waveguides to Model the Dynamic Stiffness of Pre-Compressed Natural Rubber Vibration Isolators. *Polymers* , Vol 13. 1703.
- [9] A.A. Shabana. 2019. *Theory of Vibration an Introduction*. 3rd ed. Springer International Publishing. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland.
- [10] N.V. Khang. 2009. *Dao động kỹ thuật*. NXB Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội.
- [11] Đặng Việt Hưng (2020). Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo sản phẩm cao su kỹ thuật chống rung, chịu nén dùng trong đầu máy–toa xe và túi nâng trục vót, cứu hộ đường thủy. Báo cáo tổng kết nhiệm vụ KH&CN cấp quốc gia, Chương trình KC.02/16-20; Mã nhiệm vụ: KC.02.06/16-20; Số đăng ký kết quả: 2021-52-773/KQNC. Viện Kỹ thuật Hóa học, Bộ GD&ĐT, Hà Nội.

SÀNG LỌC THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA CỦA CAO CHIẾT NƯỚC LÁ VÚ SỮA THU HÁI TẠI QUẢNG NINH

Cao Thị Huệ, Nguyễn Thị Thùy Trang, Trần Văn Thiện, Vũ Thành Phát

Trường Đại học Thủy lợi, email: caohue@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cây vú sữa có tên khoa học là *Chrysophyllum cainito* thuộc họ Hồng xiêm (*Sapotaceae*), có nguồn gốc từ Châu Mỹ và Caribe. Ngày nay, cây vú sữa được trồng khá rộng rãi ở Việt Nam. Loại cây này không chỉ mang lại giá trị kinh tế mà còn được coi như một loại thảo dược quý, có thể dùng hàng ngày để hỗ trợ điều trị một số loại bệnh. Một số nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh dịch chiết lá vú sữa có hoạt tính dược lý như ức chế α -glucosidase liên quan tới bệnh đái tháo đường, có khả năng ức chế vi khuẩn HP gây viêm loét dạ dày. Ngoài ra, có một số nghiên cứu đã phân lập và phát hiện một số hợp chất có hoạt tính sinh học có trong các cao chiết lá vú sữa, bao gồm: các hợp chất phenolic, flavonoid, steroid, saponin và tannin [1]. Nghiên cứu của Doan và cộng sự (2020) cũng chứng minh rằng, các cao chiết từ lá, vỏ thân, quả, vỏ quả, thịt quả hoặc hạt của cây vú sữa có tiềm năng chữa bệnh tiểu đường và chống lại các bệnh nhiễm trùng do vi khuẩn, nấm và vi-rút [2]. Tuy nhiên, thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của lá vú sữa còn phụ thuộc vào khí hậu, thổ nhưỡng của vùng trồng nguyên liệu, thời điểm thu hái, đồng thời chịu ảnh hưởng bởi phương pháp và điều kiện chiết xuất như dung môi, nhiệt độ, thời gian... Hiện nay, những nghiên cứu về thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của cây vú sữa tiếp tục được quan tâm. Ở trong nước, có rất ít nghiên cứu về thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của lá vú sữa được công bố. Ở một số tỉnh, lá vú sữa được dùng để hầm lấy nước uống hàng ngày. Ở công trình này, chúng tôi tiến hành thu hái lá vú sữa trồng tại tỉnh Quảng Ninh, tạo cao chiết nước, sàng lọc thành phần hóa học và khảo sát hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết nước thông qua phép thử phosphomolybdenum, khả năng quét gốc tự do DPPH và năng lực khử sắt. Những kết quả này sẽ góp phần khẳng định cơ sở về việc sử dụng lá vú sữa, đồng thời mở ra các hướng nghiên cứu tiếp theo về loài cây này.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu là lá cây vú sữa *Chrysophyllum cainito* được thu hái tại vườn hộ gia đình thôn Tân Yên, xã Hồng Thái Đông, tỉnh Quảng Ninh vào ngày 13 tháng 3 năm 2025. Mẫu lá sau khi thu hái được rửa sạch, phơi khô, nghiền nhỏ rồi tiến hành tạo cao chiết với dung môi nước, sau đó sàng lọc thành phần hóa học và đánh giá hoạt tính chống oxy hóa. Các loại hóa chất dùng để khảo sát sự có mặt của các hoạt chất chứa trong cao chiết có xuất xứ từ Công ty Hóa chất Đức Giang (Việt Nam) và Xilong (Trung Quốc). Các loại hóa chất dùng để đánh giá hoạt tính sinh học có xuất xứ Sigma-Aldrich (Mỹ).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chuẩn bị cao chiết

Cân 50 g mẫu bột lá vú sữa rồi tiến hành chiết với nước cất. Quá trình chiết được thực hiện theo phương pháp được mô tả bởi Ninh và cộng sự (2023) [3]. Theo đó, mẫu được bổ sung dung môi nước cất theo tỉ lệ 1:3 (m/v), siêu âm trong 45 phút ở nhiệt độ 50°C, thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Dịch chiết sau mỗi lần được thu qua giấy lọc Whatman, gom lại và làm khô bằng phương pháp cất quay chân không, mẫu cao chiết thô được kí hiệu là CC-UL.

2.2.2. Phương pháp sàng lọc thành phần hóa học của cao chiết

Khảo sát sự có mặt của các hoạt chất có trong cao chiết CC-UL được thực hiện theo phương pháp hóa học dựa vào hiện tượng của các phản ứng theo mô tả của Shai và cộng sự (2020) [4], Tiwari và cộng sự (2011) [5]. Theo đó, nhóm chất polyphenol và tannin được nhận biết bằng phản ứng với dung dịch FeCl_3 5%; nhóm chất flavonoid được nhận biết qua phản ứng với dung dịch $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 10%; terpenoid được nhận biết thông qua phản ứng với dung môi CH_2Cl_2 bổ sung 2-3 giọt H_2SO_4 đậm đặc; quinone được nhận biết qua phản ứng với dung dịch HCl 1M; coumarin được nhận biết qua phản ứng với dung dịch NaOH 10%. Sự có mặt của alkaloid được kiểm tra thông qua phản ứng với thuốc thử mayer/Wagner; sự có mặt của đường khử được nhận biết bằng thuốc thử Fehling.

2.2.3. Phương pháp đánh giá hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết

Phương pháp đánh giá năng lực khử

Năng lực khử của cao chiết CC-UL được đánh giá theo phương pháp được mô tả bởi Ferreira và cộng sự (2007) [6]. Hỗn hợp phản ứng gồm 0,5 mL cao chiết CC-UL được pha loãng ở dải nồng độ 200-1000 $\mu\text{g/mL}$, bổ sung thêm 0,5 mL đệm phosphate 0,2 M (pH 6,6) và 0,5 mL $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 1%. Tiến hành ủ hỗn hợp trong 20 phút ở nhiệt độ 50°C . Sau đó, bổ sung thêm 0,5 mL CCl_3COOH 10% để dừng phản ứng rồi ly tâm với tốc độ 3000 vòng/phút, thời gian 10 phút. Nhẹ nhàng rút 0,5 mL dịch nổi cho vào 0,5 mL nước, bổ sung thêm 0,1 mL FeCl_3 0,1%. Tiến hành đo độ hấp thụ của hỗn hợp thu được ở bước sóng 700 nm. Đối chứng dương được sử dụng là axit ascorbic. Hiệu quả khử của cao chiết ở các nồng độ khác nhau được so sánh với chất chuẩn mà tại đó giá trị $\text{OD} = 0,5$ ($\text{OD}_{0,5}$).

Phương pháp đánh giá hoạt tính chống oxy hóa tổng

Hoạt tính chống oxy hóa tổng được thực hiện theo phương pháp phosphomolybdenum theo mô tả của Umamaheswari và cộng sự [7]. Pha loãng cao chiết CC-UL đạt dải nồng độ 100-1000 $\mu\text{g/mL}$. Lần lượt cho 0,1 mL dung dịch cao chiết pha loãng với nồng độ tương ứng vào ống eppendorf dung tích 1,5 mL, bổ sung thêm 1 mL dung dịch phản ứng (0,6 M H_2SO_4 , 28 mM sodium phosphate và 4 mM ammonium molybdate theo tỉ lệ 1:1:1). Hỗn hợp phản ứng được ủ ở nhiệt độ 95°C trong 90 phút, sau đó được làm nguội đến nhiệt độ phòng và đo độ hấp thụ ở bước sóng 760 nm bằng máy đo quang phổ. Axit ascorbic được sử dụng làm chất chuẩn.

Phương pháp đánh giá khả năng quét gốc tự do DPPH

Khả năng quét gốc tự do DPPH được thực hiện theo phương pháp mô tả bởi Blois (1958) [8]. Thêm 1,5 mL dung dịch DPPH 0,1 mM vào 1,5 mL dung dịch cao chiết CC-UL pha loãng ở các nồng độ 1, 2, 5 và 10 $\mu\text{g/mL}$. Sau đó, ủ hỗn hợp trong bóng tối trong khoảng thời gian 30 phút rồi tiến hành đo độ hấp thụ quang ở bước sóng 517 nm. Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Khả năng ức chế gốc tự do DPPH (I%) được tính toán theo công thức:

$$I, \% = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó, A_c và A_s là mật độ quang của chất đối chứng âm và dung dịch mẫu thử. Dựa vào giá trị I% thu được ở các nồng độ mẫu khác nhau xác định được giá trị EC_{50} . Axit ascorbic được sử dụng làm đối chứng dương trong thử nghiệm này.

Xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm và phép đo đều được thực hiện 3 lần. Số liệu được xử lý và phân tích sử dụng phần mềm Excel 2024 và được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ phương sai. Phân tích thống kê được thực hiện với sự giúp đỡ của phần mềm thống kê mô tả Tukey - Test, giá trị $p < 0,05$ được sử dụng để biểu hiện sự khác biệt đáng kể có ý nghĩa thống kê.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát sự có mặt của một số hoạt chất trong cao chiết lá vú sữa

Kết quả sàng lọc thành phần các nhóm hoạt chất sinh học trong mẫu cao chiết nước lá vú sữa (CC-UL) cho thấy sự có mặt của polyphenol và tannin, flavonoid, terpenoid và coumarin; không có mặt các nhóm chất quinone, saponin, alkaloid và đường khử (Bảng 1).

Bảng 1. Kết quả sàng lọc sự có mặt của các nhóm hoạt chất trong cao chiết nước lá vú sữa

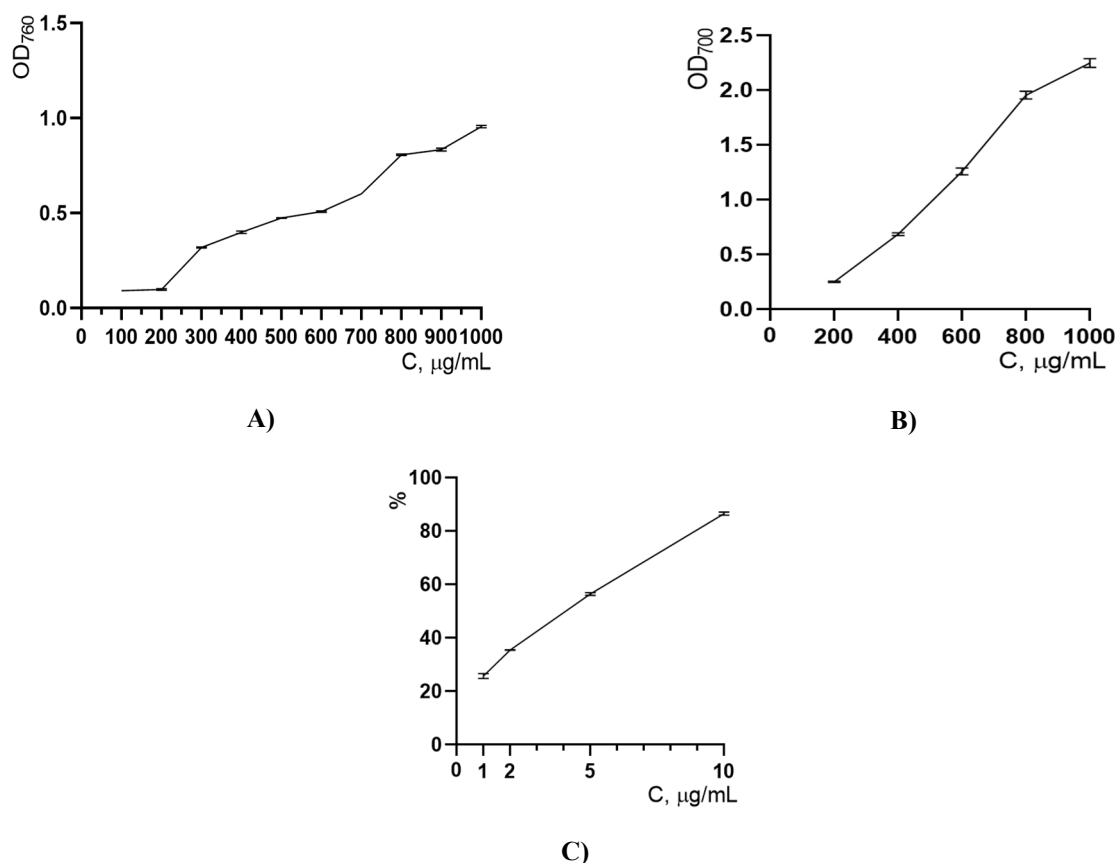
Hợp chất được định tính	Phản ứng thử nghiệm	Định tính sự có mặt trong cao chiết CC-UL	Hiện tượng phản ứng
Polyphenol và tannin	50 μ L dịch chiết + 500 μ L H ₂ O + 2-3 giọt FeCl ₃ 5%	+++	Tủa màu xanh đen
Flavonoid	50 μ L dịch chiết + 500 μ L Pb(CH ₃ COO) ₂ 10%	++	Tủa màu vàng
Terpenoid	50 μ L dịch chiết + 500 μ L CH ₂ Cl ₂ + 2-3 giọt H ₂ SO ₄ đậm đặc	++	Màu đỏ gạch hoặc xanh lá
Quinone	50 μ L dịch chiết + 3-4 giọt HCl	-	Màu xanh lá
Coumarin	50 μ L dịch chiết + 750 μ L NaOH 10%	++	Màu vàng
Saponin	50 μ L dịch chiết + 2 mL nước cất + vài giọt dầu ô liu + đun nóng 90°C	-	Nhũ tương màu sữa
Alkaloid	1 mL dịch chiết + vài giọt thuốc thử Mayer/Wagner	-	Kết tủa màu trắng/màu nâu
Đường khử	1 mL dịch chiết + vài giọt thuốc thử Fehling	-	Kết tủa đỏ gạch

(Ghi chú: CC-UL: cao chiết nước từ lá vú sữa; (+): có hoạt chất; (-): không có hoạt chất; (++) , (+++): các chất có mặt với cường độ mạnh).

Dựa các hiện tượng của các phản ứng hóa học như: lượng và màu kết tủa, màu sắc của phản ứng cho thấy kết tủa thu được của ống nghiệm khảo sát sự có mặt của nhóm chất polyphenol và tannin cho thấy màu rất đậm. Điều này có thể nói hàm lượng của hai nhóm chất này chứa trong cao chiết có thể là khá cao. Các thí nghiệm khảo sát về sự có mặt của flavonoid, terpenoid và coumarin cho thấy cường độ màu sắc cũng thay đổi rõ rệt, điều này cho thấy hàm lượng của các nhóm chất này chứa trong cao chiết cũng đáng kể. Flavonoid và polyphenol là các nhóm chất góp phần vào hoạt tính chống oxy hóa của dược liệu. Việc định lượng của các nhóm chất này cũng như phân lập từng chất sạch riêng biệt trong cao chiết sẽ được xem xét thực hiện ở các nghiên cứu tiếp theo. Ở công trình này, nhóm nghiên cứu tiếp tục sàng lọc hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết lá vú sữa.

3.2. Hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết nước từ lá vú sữa

Trong nghiên cứu này, để đánh giá hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết nước từ lá vú sữa (CC-UL), chúng tôi đã áp dụng ba phương pháp phổ biến: hoạt tính chống oxy hóa tổng (TAC) thông qua phương pháp phosphomolybdenum, năng lực khử (FRAP) và khả năng quét gốc tự do DPPH. Đây là 3 phương pháp đơn giản, dễ thực hiện, dễ dàng áp dụng đối với các phòng thử nghiệm *in vitro*. Trong đó, phương pháp phosphomolybdenum dựa trên nguyên lý các chất chống oxy hóa trong cao chiết nước lá vú sữa có khả năng khử ion molybdenum (VI) (Mo⁶⁺) thành molybdenum (V) (Mo⁵⁺). Phản ứng này tạo thành một phức hợp phosphomolybdenum có màu xanh lục với cường độ màu tỷ lệ thuận với tổng lượng chất chống oxy hóa hiện diện và độ hấp thụ cực đại của phức chất này được đo ở bước sóng 760 nm. Năng lực khử của mẫu CC-UL được đánh giá thông qua khả năng nhường electron của các chất chống oxy hóa để chuyển hóa ion Fe³⁺ thành Fe²⁺. Trong phép thử này, sự chuyển đổi Fe³⁺ thành Fe²⁺ bởi các hợp chất chống oxy hóa trong cao chiết lá vú sữa dẫn đến sự thay đổi màu sắc của dung dịch từ màu vàng sang màu xanh lá cây hoặc xanh dương đậm. Mức độ thay đổi màu sắc được đo bằng độ hấp thụ quang ở bước sóng 700 nm. Cuối cùng, để đánh giá khả năng vô hiệu hóa các gốc tự do của cao chiết, chúng tôi đã sử dụng phương pháp quét gốc tự do DPPH. DPPH là một gốc tự do ổn định với màu tím đặc trưng do có một electron tự do chưa ghép cặp. Khi các chất chống oxy hóa có trong cao chiết nước lá vú sữa phản ứng với gốc tự do DPPH, chúng sẽ nhường electron hoặc hydro, làm khử gốc DPPH và khiến màu tím của dung dịch nhạt dần, chuyển sang màu vàng. Mức độ giảm màu này được định lượng bằng cách đo độ hấp thụ ở bước sóng 517 nm. Kết quả đánh giá TAC, năng lực khử và khả năng quét gốc tự do DPPH được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết nước từ lá vú sữa:

A) Hoạt tính chống oxy hóa tổng; B) Năng lực khử; C) Khả năng quét gốc tự do DPPH

Kết quả ở hình 1 cho thấy, giá trị OD₇₆₀, OD₇₀₀ (đối với khả năng chống oxy hóa tổng, năng lực khử) và khả năng quét gốc tự do DPPH (I, %) tăng khi tăng nồng độ của cao chiết. Trong ba phép thử này, cao chiết nước lá vú sữa cho thấy nhạy hơn cả đối với thử nghiệm quét gốc tự do DPPH. Cao chiết lá vú sữa thay đổi màu sắc rõ rệt khi thử nghiệm khả năng quét gốc tự do DPPH ngay cả ở nồng độ thử nghiệm thấp (1, 2, 5 và 10 µg/mL). Dựa trên đồ thị thu được ở Hình 1 xây dựng sự phụ thuộc của giá trị OD (hoặc I, %) vào nồng độ của cao chiết. Từ đó tính toán được giá trị EC₅₀ đối với mỗi phép thử, kết quả được trình bày ở Bảng 2.

Kết quả thu được ở Bảng 2 cho thấy, giá trị EC₅₀ của các phép thử: hoạt tính chống oxy hóa tổng, năng lực khử và quét gốc tự do DPPH có giá trị lần lượt là $524,6 \pm 1,05$; $307,42 \pm 4,22$ và $4,33 \pm 0,05$ µg/mL. Giá trị EC₅₀ của chất đối chứng dương axit ascorbic đối với ba phép thử lần lượt là $454,88 \pm 1,48$; $113,25 \pm 1,37$ và $4,59 \pm 0,02$ µg/mL. Như vậy chúng ta có thể thấy, giá trị EC₅₀ của thử nghiệm quét gốc tự do DPPH là tốt nhất. Đối với phép thử năng lực khử, mẫu cao chiết nước từ lá vú sữa có hoạt tính thấp hơn gần 3 lần so với chất đối chứng dương là axit ascorbic, trong khi đối với phép thử khả năng quét gốc tự do DPPH, mẫu cao chiết nước từ lá vú sữa thể hiện khả năng quét gốc tự do tương đương với đối chứng axit ascorbic.

Bảng 2. Giá trị EC₅₀ của hoạt tính chống oxy hóa của cao chiết nước từ lá vú sữa

Mẫu thử	Giá trị EC ₅₀ (OD _{0,5}), µg/mL		
	Hoạt tính chống oxy hóa tổng	Năng lực khử	Khả năng quét gốc tự do DPPH
Cao chiết CC-UL	$524,6 \pm 1,05^a$	$307,42 \pm 4,22^c$	$4,33 \pm 0,05^e$
Axit ascorbic	$454,88 \pm 1,48^b$	$113,25 \pm 1,37^d$	$4,59 \pm 0,02^e$

(Ghi chú: CC-UL: cao chiết nước từ lá vú sữa; giá trị được tính = giá trị trung bình $\pm$ phương sai; các chữ số a, b; c, d; e trong cùng một cột thể hiện sự khác nhau có ý nghĩa thống kê (Tukey's test, $P < 0,05$)).

Kết quả khác nhau trong các thử nghiệm chống oxy hóa có thể được giải thích bởi thành phần hóa học của cao chiết nước lá vú sữa, đặc biệt là nhóm các chất phân cực như polyphenol hoặc flavonoid có khả năng trung hòa gốc tự do. Đồng thời, so với với nghiên cứu của Thepthong và cộng sự (2024) [9] cho thấy, cao chiết ethanol từ lá vú sữa có khả năng quét gốc tự do tốt hơn so với cao chiết nước được nghiên cứu bởi chúng tôi với giá trị EC_{50} đạt $0,34 \pm 0,01$ mg AAE/mL. Như vậy, còn có thể được xem như dung môi vạn năng, có thể chiết được cả nhóm chất phân cực và nhóm chất không phân cực, cao chiết còn thường có hoạt tính tốt hơn so với cao chiết nước. Ngoài ra, thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của lá vú sữa có thể phụ thuộc vào: dung môi chiết xuất, điều kiện chiết xuất vào một số các yếu tố khác như: thời điểm thu mẫu, mùa vụ, điều kiện thổ nhưỡng của vùng nghiên cứu.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tạo cao chiết nước từ lá vú sữa, khảo sát thành phần hóa học và hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết lá vú sữa. Kết quả cho thấy, trong cao chiết nước lá vú sữa có chứa polyphenol, flavonoid, terpenoid và coumarin. Cao chiết nước từ lá vú sữa thể hiện hoạt tính kháng oxy hóa tốt qua phép thử quét gốc tự do DPPH, hoạt tính chống oxy hóa tổng và năng lực khử, trong đó khả năng quét gốc tự do DPPH có kết quả nhạy nhất. Như vậy, cao chiết lá vú sữa có thể được coi là một nguyên liệu tiềm năng trong sản xuất các sản phẩm có khả năng chống oxy hóa. Việc định lượng các nhóm chất polyphenol, flavonoid và phân lập các hoạt chất sinh học khác cũng như đánh giá đầy đủ về hoạt tính chống oxy hóa của lá vú sữa cần được thực hiện ở các nghiên cứu tiếp theo.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nicole A. M., Luiz C. K. Jr., Lilian W. R., Zhelmy M. Q., Franco D. M., Valdir C. F., Nara L. M. Q. (2014). Anti-inflammatory and anti-hypersensitive effects of the crude extract, fractions and triterpenes obtained from *Chrysophyllum cainito* leaves in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 151, 975-983.
- [2] Doan H. V., Le T. P. (2020). *Chrysophyllum cainito*: A tropical fruit with multiple health benefits. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, Feb 19, 7259267.
- [3] Ninh T. C. V., Luc Q. T., Nguyen K. T., Nguyen T. K. Y., Dinh T. T. T., Ha T. D., & Cao T. H. (2023). Assessment of antioxidant activities, total phenolics, and flavonoids of different extracts of *Strobilanthes Schomburgkii* leaves. *Journal of Advanced Zoology*, 44, 1179-1187.
- [4] Shaikh J. R., Pati M. (2020). Qualitative tests or preliminary phytochemical screening: An overview. *International Journal of Chemical Studies*, 8 (2), 603-608.
- [5] Tiwari P., Kumar B., Kaur M., Kaur G., & Kaur H. (2011). Phytochemical screening and extraction: A review. *Int. Pharm. Sci.*, 1, 89-106.
- [6] Ferreira I. C., Baptista P., Vilas-Boas M., & Barros L. (2007). Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: Individual cap and stipe activity. *Food Chemistry*, 100 (4), 1511-1516.
- [7] Umamaheswari M., Chatterjee T. K. (2007). In vivo antioxidant activities of the fractions of *Coccinia grandis* L. leaf extract. *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines*, 5 (1), 61-73.
- [8] Blois M. S. (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- [9] Thepthong P., Chana N., Noonmai M., Boonsri W., & Saewan N. (2024). Anti-aging activities and LC-MS analysis of *Chrysophyllum cainito* leaves extract. *Trends in Sciences*, 21 (11), 8375.

TỔNG HỢP ĐIỆN HOÁ VẬT LIỆU NANO Pd SỬ DỤNG ĐIỆN CỰC SIÊU VI VÀ BÌNH PHẢN ỨNG GIỌT NHỮ TƯƠNG ĐƠN LẺ RỜI RẠC

Nguyễn Thị Thu Hà

Trường Đại học Thủy lợi, email: hannt@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Tổng hợp điện hoá vật liệu nano sử dụng điện cực làm việc siêu vi (ultramicroelectrode - UME), các vi bình phản ứng giọt nhũ tương chứa tiền chất oxi hoá/khử, và kỹ thuật điện hoá cổ điển đo dòng điện theo thời gian là một hướng nghiên cứu tân tiến trên thế giới trong vài năm gần đây, thuộc lĩnh vực điện hoá học vi thể đơn lẻ (Single Entity Electrochemistry – SEE) [1-3]. Phương pháp tổng hợp điện hoá này tương đối đơn giản, có thời lượng ngắn, chi phí thấp, có thể áp dụng linh hoạt khả thi cho nhiều vật liệu hạt (kim loại, hữu cơ) khác nhau, cho phép tổng hợp các hạt vật liệu với kích thước chọn lọc, có hình thái học đồng nhất cao, có thể định lượng, v.v [2]. Báo cáo này trình bày một nghiên cứu áp dụng phương pháp tổng hợp điện hoá SEE để tổng hợp vật liệu nano đơn kim loại Pd.

Pd là nguyên tố kim loại quý cùng nhóm, có hàm lượng trong vỏ trái đất cao hơn > 50 lần và có hoạt tính xúc tác vượt trội trong một số quá trình đặc thù (như xúc tác cho quá trình oxi hoá acid formic, ...) so với Pt. Tổng hợp Pd với mỗi phương pháp khử hoá học, nhiệt phân, siêu âm, sinh học, hay điện hoá truyền thống (với khối dung dịch tiền chất) đều mang hạn chế nhất định như khó kiểm soát kích thước, hình thái, độ phân bố hạt, tiêu hao nhiều năng lượng, hoá chất, sản phẩm dễ kết tụ, hoặc tốc độ phản ứng chậm. SEE cung cấp một phương pháp vượt qua được các thách thức chính yếu kể trên gồm: kiểm soát kích thước và sự phân tán hạt vật liệu Pd chế tạo được, tiết kiệm năng lượng hoá chất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hoá chất, vật liệu và thiết bị

$\text{Pd}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, NaClO_4 ($\geq 98,0\%$), CHCl_3 ($\geq 99,5\%$), FcMeOH (97%), PBS (pH 7,4), TBAP ($\geq 99,0\%$), CH_3CN ($> 99,9\%$) được mua từ Sigma-Aldrich. Nước có điện trở suất 18,2 M Ω .cm được cất bằng thiết bị Aquapuri5. Sợi carbon đường kính 7 μm / 10 μm mua được từ Goodfellow, mao quản thủy tinh (1,5 mm o.d. $\times$ 0,75 mm i.d.) mua từ FHC Inc., các điện cực tham khảo Ag/AgCl (3 M NaCl), Ag/Ag⁺ (0,01 M AgNO₃ + 0,1 M TBAP trong CH₃CN) mua từ ALS Co.

Potentiostat CHI model 712e làm việc với hệ điện hoá 3 điện cực đặt trong buồng Faraday, bộ xử lý siêu âm Qsonica Q500, máy đo tán xạ ánh sáng động (Dynamic Light/Laser Scattering - DLS) Zeta sizer Nano ZS90 (Malvern Ins.), kính hiển vi điện tử quét (Scanning electron microscopy – SEM) JEOL-7610F-Plus và bộ phát hiện phổ tia X phân tán năng lượng (energy dispersive x-ray spectroscopy - EDS) Oxford Instruments đã được sử dụng cho nghiên cứu này.

2.2. Thực nghiệm

* Các điện cực C siêu vi dạng đĩa đường kính 7 hoặc 10 μm và các nhũ tương với nồng độ tiền chất Pd²⁺ khác nhau được chế tạo và chuẩn bị trước khi tiến hành thí nghiệm tổng hợp điện hoá:

Chế tạo các điện cực carbon siêu vi (C-UME) 7 hoặc 10 μm : (1) làm sạch sợi carbon (đường kính 7 hoặc 10 μm) bằng các dung môi toluene, CH₃CN, nước rồi hàn nhiệt sợi carbon sạch trong mao quản thủy tinh; (2) Nối dây đồng ở một đầu sợi carbon, mài đầu còn lại trên các film mài kim cương có bề mặt mịn dần (3 $\rightarrow$ 0,1 μm) để đạt được bề mặt điện cực phẳng mịn theo yêu cầu. Kiểm tra hoạt động của điện cực bằng phép đo điện hoá với chất oxi hoá/khử FcMeOH 0,1 M trong dung dịch đệm phosphate pH = 7,4.

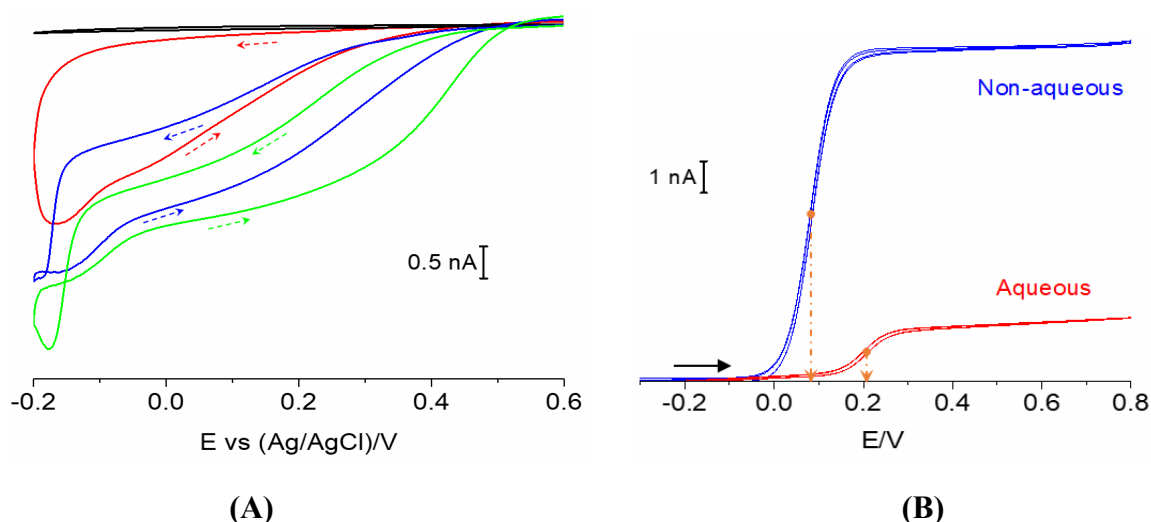
Chuẩn bị nhũ tương Pd^{2+} : (1) pha các dung dịch nước Pd^{2+} ở 0, 5, 25, 50, 100 và 200 mM (dung $Pd(NO_3)_2 \cdot xH_2O$), thêm $NaClO_4$ vào mỗi dung dịch đến 1 M; (2) lấy 10 μ L dung dịch nước Pd^{2+} vừa chuẩn bị vào 5 mL chloroform bão hoà nước; (3) trộn lỏng xoáy hỗn hợp thu được trong 20 s và siêu âm ở biên độ 40% với công suất 130 W trong 5,5 phút theo chế độ xung 3s, nghỉ 7s luân phiên. Kích thước giọt trong các hệ nhũ tương được kiểm tra bằng kỹ thuật DLS ngay sau khi tạo thành và đồng thời với quá trình tổng hợp điện hoá.

Thí nghiệm điện hoá: (1) điện cực C-UME được mài với bột nhão nhôm 0,05 μ m trước mỗi thí nghiệm điện hoá; (2) hệ 3 điện cực sạch gồm C-UME, điện cực tham khảo Ag/AgCl (NaCl 3 M) hoặc Ag/ Ag^+ và dây Pt được nhúng tương ứng vào dung dịch nước Pd^{2+} hoặc hệ nhũ tương Pd^{2+} ; (3) tương ứng sử dụng các kỹ thuật quét thế tuần hoàn (Cyclic voltammetry – CV) hoặc đo dòng – thời gian (i-t) để thực hiện các phép đo điện hoá của nghiên cứu này.

* Vật liệu Pd tạo thành trên bề mặt điện cực C được phân tích đặc trưng hình thái học và phân bố nguyên tố thông qua phương pháp chụp SEM tích hợp EDS.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Điều kiện điện hoá và độ bền nhũ tương đối với sự tổng hợp điện hoá Pd



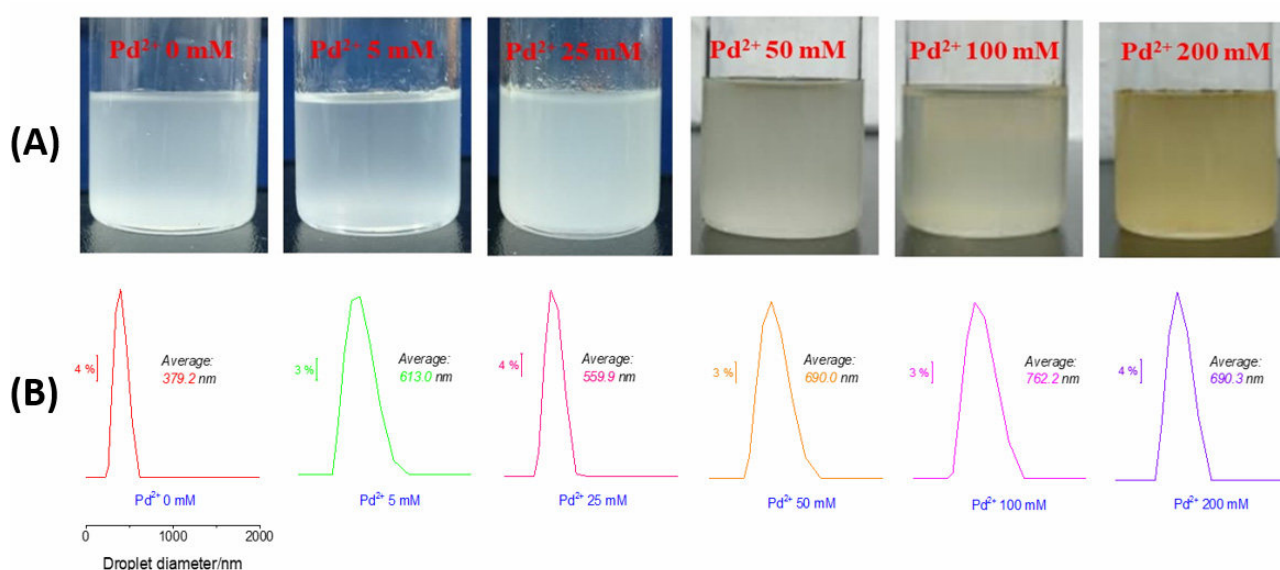
Hình 1: (A) Biểu hiện điện hoá của Pd^{2+} trong pha nước: CV 0,1 $V.s^{-1}$, 7 μ m C-UME + Ag/AgCl + dung dịch $NaClO_4$ 50 mM (đường màu đen) hoặc dung dịch $Pd(NO_3)_2$ 5 mM + $NaClO_4$ 50 mM (vòng I^{st} , 2^{nd} , 3^{rd}). (B) Xác định bằng thực nghiệm mức chênh lệch điện thế giữa 2 điện cực tham khảo dùng trong 2 môi trường điện phân nước và chloroform: CV 0,05 $V.s^{-1}$, 10 μ m C-UME, + Ag/AgCl + dung dịch 1 mM FcMeOH + PBS pH 7,4 hoặc + Ag/ Ag^+ + dung dịch 2 mM FcMeOH + 100 mM TBAP + CH_3CN .

Các phép đo CV được thực hiện đầu tiên trong các dung dịch nước với điện cực tham khảo Ag/AgCl để xác định thế khử của Pd^{2+} trong pha nước. Kết quả thu được như trình bày trong Hình 1 (A) chỉ ra sự khử của Pd^{2+} khởi phát từ +0,25 V so với Ag/AgCl trước khi sự khử thứ 2 của O_2 hoà tan khởi phát sau đó từ -0,17 V so với Ag/AgCl (đường đỏ). Hoạt tính xúc tác cao của Pd tạo thành có thể đã giúp tăng cường sự khử của O_2 hoà tan và cũng đã gây ra hiện tượng độc đáo - mật độ dòng điện trong chiều quét ngược lại của các đường CV cao hơn so với mật độ dòng điện trong chiều quét xuôi (trừ đường màu đen). Như vậy, khoảng thế điện cực tại đó chỉ có duy nhất sự khử của Pd^{2+} xảy ra là từ +0,25V đến -0,17 V so với Ag/AgCl.

Vì thí nghiệm tổng hợp Pd được thực hiện trong hệ nhũ tương nước/ CH_3CN , khi đó cần sử dụng điện cực tham khảo Ag/ Ag^+ thay vì Ag/AgCl để phù hợp với pha liên tục CH_3CN của hệ nhũ tương. Điện thế áp lên điện cực làm việc cần được điều chỉnh tương ứng với sự thay đổi điện cực tham khảo theo sự thay đổi môi trường điện phân từ nước sang CH_3CN để quá trình khử Pd^{2+} xảy ra hoàn toàn theo yêu cầu. Các phép đo CV trong dung dịch nước và trong CH_3CN - với các điện cực tham khảo tương ứng Ag/AgCl và Ag/ Ag^+ và vận dụng tính chất oxi hoá/khử chuẩn của FcMeOH - được

thực hiện để xác định gián tiếp thế khử của Pd^{2+} vs. Ag/Ag^+ (xem Hình 1 (B)). Thế oxi hoá của FcMeOH so với Ag/AgCl và Ag/Ag^+ lệch nhau 0,14V chứng tỏ thế của Ag/Ag^+ dương hơn thế của Ag/AgCl 0,14V. Theo đó, thế khử của Pd^{2+} so với Ag/AgCl sẽ dương hơn 0,14V so với Ag/Ag^+ . Điện thế áp tại điện cực làm việc để sự khử của Pd^{2+} xảy ra duy nhất tại đó là từ +0,11V đến -0,31V so với Ag/Ag^+ .

Ngoài ra, trong thí nghiệm tổng hợp Pd với hệ nhũ tương nước/ CH_3CN , phản ứng khử của Pd^{2+} chỉ có thể xảy ra khi giọt nhũ tương đến và chạm được với bề mặt C-UME. Một điện trở gây ra bởi thành ngoài của giọt nhũ có thể xuất hiện và đòi hỏi một thế điện cực UME phân cực nhiều hơn (so với thế khử của Pd^{2+} trong pha nước) để phản ứng khử của Pd^{2+} xảy ra trong sự kiện va chạm của giọt nhũ tương tại bề mặt điện cực C. Để phản ứng tổng hợp Pd xảy ra hoàn toàn và sản phẩm trong quá trình tổng hợp có thể định lượng, điện thế không đổi -0,15V (đủ phân cực để khử hoàn toàn Pd^{2+} trong sự kiện va chạm của giọt nhũ tương mà không gây ra thêm phản ứng khử của O_2 hoà tan) được lựa chọn để áp lên điện cực làm việc khi thực hiện phản ứng tổng hợp điện hoá sẽ thực hiện tiếp theo.



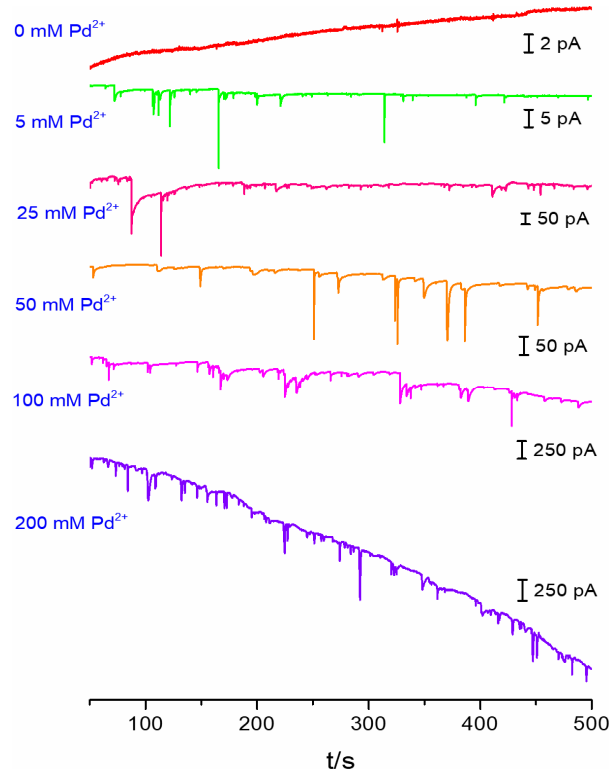
Hình 2. (A) Ảnh các nhũ tương Pd^{2+} ở các nồng độ Pd^{2+} khác nhau. Lưu ý: nồng độ giọt phân tán trong các nhũ tương là giống nhau. (B) Phân bố kích thước giọt nhũ tương ứng đo bằng DLS

Các nhũ tương ở các nồng độ Pd^{2+} khác nhau (Hình 2 (A)) được chuẩn bị cho thí nghiệm tổng hợp Pd đều được đo DLS theo thời gian để xác định độ bền của hệ nhũ tương và qua đó xác định khoảng thời gian thích hợp để thực hiện thí nghiệm tổng hợp điện hoá. Từ kết quả DLS, nhìn chung, các nhũ tương có đường kính giọt nhũ trung bình xấp xỉ 700 ± 100 nm (Hình 2 (B)) và bền ít nhất trong 2 giờ ở kích thước đó. Tất cả các nhũ tương đều có giá trị chỉ số đa phân tán (polydispersity index – PDI) < 0,1 cho thấy các nhũ tương đều là hệ đơn phân tán, các giọt nhũ có sự phân bố kích thước rất đồng đều. Độ bền của các nhũ tương như vậy là đủ thời gian cho việc thực hiện và hoàn thành phản ứng tổng hợp điện hoá SEE tạo nano Pd theo kế hoạch.

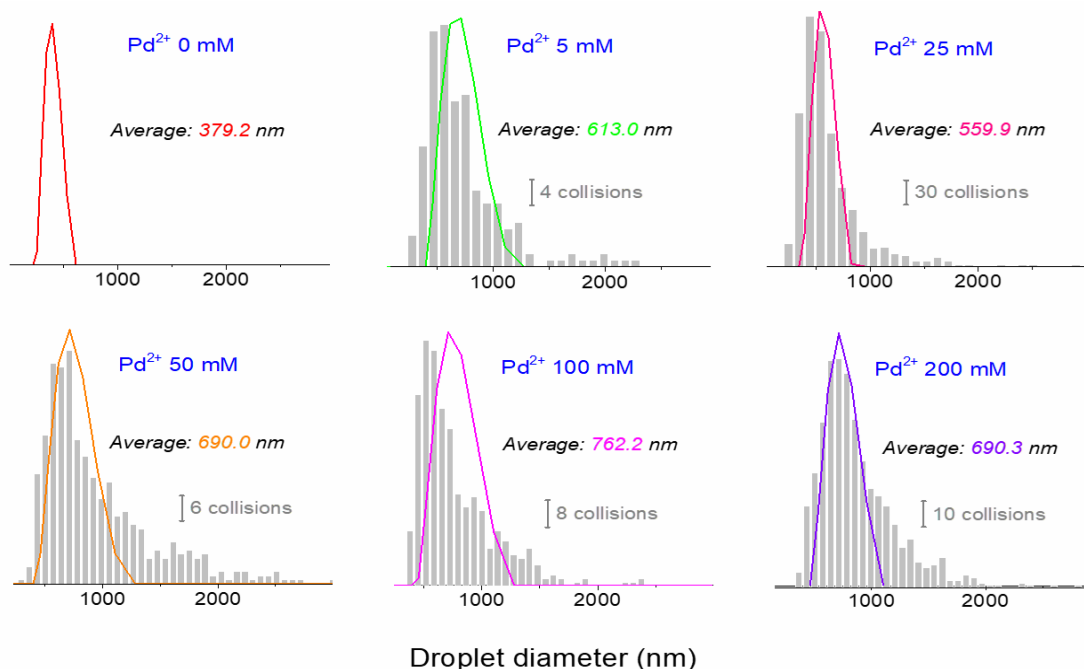
3.2. Điện sa lắng định lượng đơn kim loại Pd từ giọt nhũ tương Pd^{2+}

Trong thí nghiệm tổng hợp điện hoá kim loại Pd, khi các giọt nhũ tương va chạm ngẫu nhiên và Pd^{2+} trong giọt bị khử trên bề mặt điện cực làm việc C-UME, thì các tín hiệu va chạm xuất hiện rời rạc dưới dạng các gai nhọn trong đường đồ thị $i - t$ thu được. Khi nồng độ Pd^{2+} nạp vào pha gián đoạn (các giọt nhũ tương) tăng dần, thì kích thước các tín hiệu gai nhọn cũng tăng dần theo (Hình 3). Trái lại, khi nồng độ Pd^{2+} trong nhũ tương bằng 0, không có tín hiệu dạng gai nhọn xuất hiện trên đường đồ thị $i - t$ được ghi lại (Hình 3 - đường trên cùng màu đỏ). Những điều đó chứng tỏ phản ứng khử của Pd^{2+} đã xảy ra hoàn toàn trong mỗi sự kiện va chạm giọt nhũ tương với điện cực làm việc đã phân cực ở điện thế không đổi -0,15V được lựa chọn. Mặt khác, thống kê tổng số va chạm của các giọt nhũ tương tại bề mặt C-UME trong một khoảng thời gian tổng hợp nano Pd cố định, thông

qua việc đếm tổng số tín hiệu gai nhọn xuất hiện trên các đường i-t cho thấy: với mọi nồng độ Pd^{2+} , số liệu thu được phù hợp với giá trị tần số va chạm tính toán lý thuyết với giả định rằng các giọt nhũ đã di chuyển đến và va chạm với điện cực C-UME chủ yếu qua con đường khuếch tán tự nhiên.



Hình 3. Các đường đồ thị dòng – thời gian ghi được trong quá trình điện hoá SEE tổng hợp đơn kim loại Pd từ các nhũ tương có nồng độ Pd^{2+} khác nhau; 10 μm C-UME, $E = -0,15 \text{ V vs. Ag/Ag}^+$.



Hình 4. So sánh các phân bố kích thước giọt nhũ tương (với nồng độ Pd^{2+} tương ứng) được xác định theo 2 phương pháp tổng hợp điện hoá SEE (các cột xám) và tán xạ ánh sáng động DLS (các đường màu)

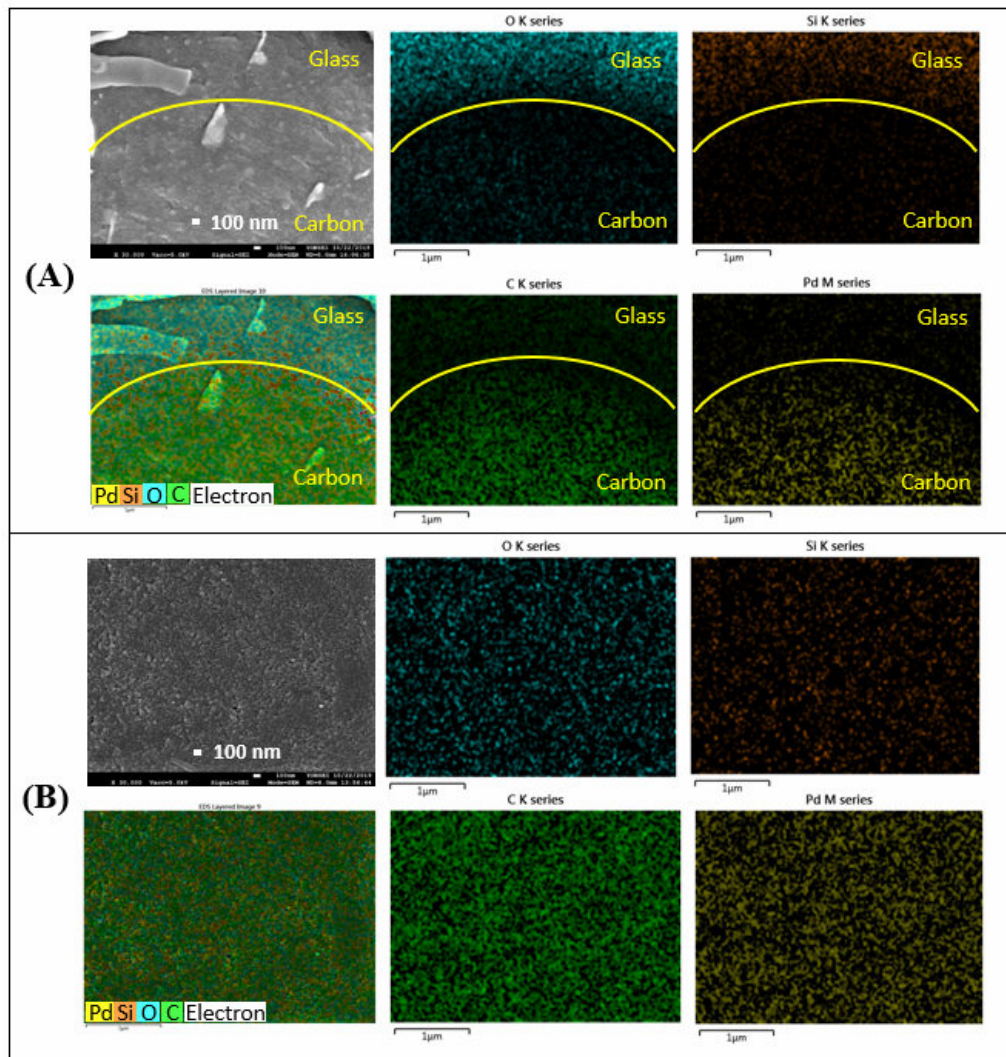
Bằng việc lấy tích phân diện tích bên dưới các tín hiệu gai nhọn trong đường đồ thị dòng điện – thời gian, giá trị điện lượng trao đổi (Q) giữa giọt nhũ và điện cực làm việc trong mỗi sự kiện va chạm của quá trình tổng hợp điện hoá có thể được xác định. Dựa vào các giá trị điện lượng đó, với nồng độ tiền chất Pd^{2+} (C) đã biết trong các giọt nhũ và số electron trao đổi (n) trong phản ứng khử

của Pd^{2+} , kích thước của mỗi giọt nhũ tương (d_{drop}) đã va chạm điện hoá đều có thể được tính toán dựa vào phương trình sau ($F = 96500$):

$$d_{\text{drop}} = 2 \times \sqrt[3]{\frac{3Q}{4\pi F n C}}$$

Từ các giá trị đường kính các giọt nhũ tương va chạm điện hoá đã tính toán được, đồ thị phân bố kích thước của các giọt phân tán trong hệ nhũ tương đã được xây dựng và đối chiếu với kết quả phân bố kích thước của các hạt nhũ tương xác định bằng phương pháp DLS. Sự thống nhất giữa các kết quả phân bố kích thước các hạt nhũ tương xác định được bằng 2 phương pháp khác nhau SEE và DLS (Hình 4) một lần nữa chứng tỏ Pd^{2+} trong các giọt nhũ tương đã bị khử hoàn toàn để tạo thành sản phẩm Pd kim loại đúng như mục đích tổng hợp vật liệu ban đầu. Như vậy, kết quả nghiên cứu cho thấy: có thể thực hiện tổng hợp vật liệu Pd bằng phương pháp tổng hợp điện hoá SEE linh hoạt với các nồng độ Pd^{2+} ban đầu khác nhau.

3.3. Phân tích đặc trưng sản phẩm Pd tạo thành sau quá trình tổng hợp SEE



Hình 5. Các ảnh SEM-EDS bề mặt C-UME sau quá trình tổng hợp Pd (SEE) tại rìa (A) và trung tâm (B)

Theo chiều tăng dần nồng độ tiền chất Pd^{2+} trong nhũ tương dùng để tổng hợp kim loại, lượng Pd ($M_{\text{Pd}} = 106,42 \text{ g/mol}$) tạo thành từ mỗi giọt nhũ tương va chạm, cũng như tổng lượng Pd tạo thành trên bề mặt điện cực (Σm) trong một khoảng thời gian tổng hợp xác định là tăng dần, tính toán khối lượng có thể áp dụng theo công thức bên dưới:

$$\Sigma m = \frac{\Sigma Q}{nF} \times 106.42$$

Trong quá trình tổng hợp vật liệu thông qua va chạm điện hoá, sự hình thành nhân và phát triển cấu trúc của Pd tại bề mặt điện cực xảy ra do sự khử điện hoá của Pd^{2+} . Có nhiều yếu tố có thể gây ảnh hưởng đến đặc điểm hình thái học của sản phẩm Pd kim loại tạo thành, trong đó nồng độ Pd^{2+} tăng dần sẽ ảnh hưởng làm tăng kích thước Pd lắng đọng từ mỗi giọt nhũ và chạm trên điện cực (cho rằng cơ chế sa lắng, tạo nhân và phát triển cấu trúc Pd không thay đổi khi chỉ nồng độ Pd^{2+} trong các hệ nhũ tương thay đổi trong các thí nghiệm tổng hợp điện hoá). Theo đó các mẫu sản phẩm Pd tạo thành trên bề mặt điện cực C-UME từ nhũ tương có nồng độ Pd^{2+} cao nhất (0,2M) được chọn làm mẫu đại diện để tiến hành phân tích đặc trưng vật liệu tổng hợp bằng các phương pháp SEM-EDS.

Từ kết quả phân tích SEM-EDS thu được như trình bày tại Hình 5, Pd nguyên tố xuất hiện trên bản đồ phân bố nguyên tố EDS một lần nữa khẳng định việc tổng hợp thành công Pd đơn kim loại bằng phương pháp điện hoá trong nghiên cứu này. Thêm nữa, phân bố nguyên tố Pd còn được thấy là rất đồng đều ở các vị trí khác nhau trên bề mặt C-UME chứng tỏ các hạt nano Pd tạo thành một lớp đồng nhất trên bề mặt điện cực trong quá trình tổng hợp. Ngoài ra, ở đây, dù được chuyển hoá thành từ Pd^{2+} ban đầu ở nồng độ tương đối cao, song các hạt Pd sản phẩm thu được tương ứng có kích thước nhỏ hơn 100 nm rất nhiều nên thực tế các hạt này không được thấy rõ trong các ảnh SEM ghi được. Bằng cách giả định rằng mỗi giọt nhũ va chạm với điện cực chỉ lắng đọng được một hạt nano Pd kim loại, kích thước của các hạt nano Pd sản phẩm tổng hợp được dự tính là tăng dần từ 10 đến 70 nm tương ứng với sự tăng dần các nồng độ Pd^{2+} đã nghiên cứu (từ 5 đến 200 mM). Điều này chỉ ra rằng cơ chế tạo nhân hay sự sa lắng điện của Pd từ sự va chạm của giọt nhũ tương tại điện cực không đơn giản như đã được giả định, bởi vì các hạt Pd 70 nm lẽ ra có thể xuất hiện rõ ràng trong ảnh SEM được chụp ở độ phân giải cao – nếu giả định là đúng - đã không được nhìn thấy trong thực tế. Nói cách khác, các hạt nano Pd đã tổng hợp được bằng phương pháp điện hoá trong nghiên cứu này có kích thước rất nhỏ (< 50 nm). Các vật liệu kích thước nano càng nhỏ thông thường có tính chất xúc tác càng mạnh. Vì Pd có khả năng xúc tác hiệu quả cho một số quá trình quan trọng trong thực tế, do đó vật liệu Pd tổng hợp định lượng được trong nghiên cứu này hứa hẹn là một xúc tác tiềm năng. Khả năng xúc tác cao của vật liệu này trong một số trường hợp cụ thể đã được nghiên cứu, định lượng và sẽ được trình bày trong một báo cáo khác.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, vật liệu nano Pd có kích thước rất nhỏ đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp điện hoá va chạm đơn lẻ của các giọt nhũ tương trên bề mặt điện cực làm việc có kích thước siêu vi. Phương pháp cho phép tổng hợp nano Pd ở các kích thước khác nhau theo sự thay đổi nồng độ tiền chất Pd^{2+} ban đầu. Vật liệu tạo thành sau quá trình tổng hợp hoàn toàn có thể định lượng được. Tự thân phương pháp tổng hợp điện hoá đã trình bày cho phép cố định sản phẩm tổng hợp ngay trên bề mặt điện cực, do đó nó cho phép rút gọn nhiều công sức thời gian thực nghiệm để có thể trực tiếp nghiên cứu tính chất điện hoá, điện xúc tác của vật liệu tạo thành nếu được quan tâm. Mô hình tổng hợp định lượng SEE hứa hẹn còn có thể áp dụng cho việc tổng hợp các vật liệu đơn hoặc đa kim loại khác.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kim, B.-K., Boika, A., Kim, J., Dick, J.E., Bard, A.J.. 2014. Characterizing emulsions by observation of single droplet collisions-attoliter electrochemical reactors. J. Am. Chem. Soc.
- [2] Nguyen Thi Thu Ha. 2020. Current research on single-entity electrochemistry for soft nanoparticle detection: Introduction to detection methods and applications. Biosensors and Bioelectronics.
- [3] Nguyen Thi Thu Ha. 2022. Electrosynthesis of palladium nanocatalysts using single droplet reactors and catalytic activity for formic acid oxidation. Electrochimica Acta.