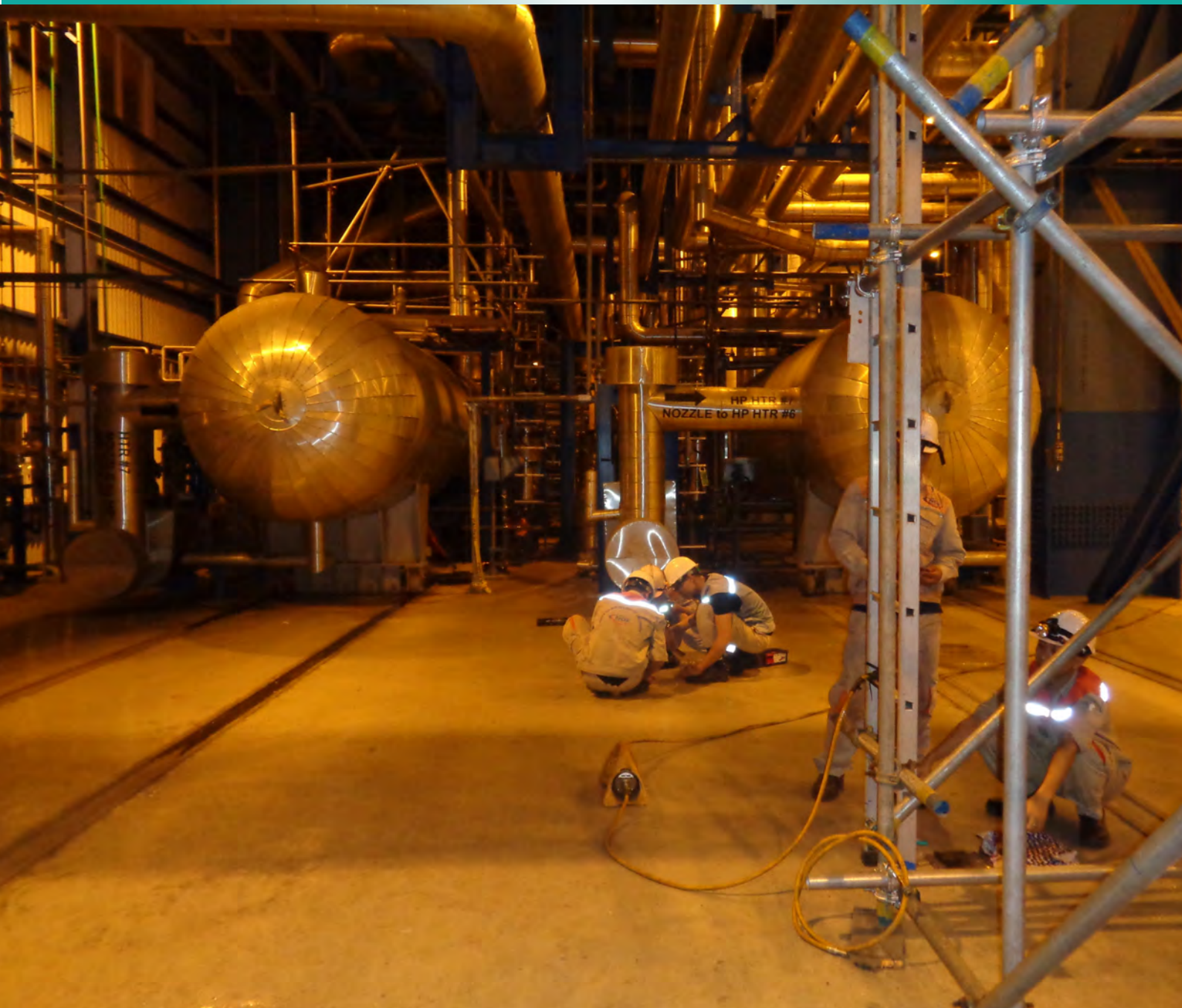


Thông tin

& Khoa học
& Công nghệ

HẠT NHÂN

VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM



ỨNG DỤNG KỸ THUẬT HẠT NHÂN TRONG CÔNG NGHIỆP



VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM

Website: <http://www.vinatom.gov.vn>

Email: infor.vinatom@hn.vnn.vn

SỐ 62

03/2020



BAN BIÊN TẬP

TS. Trần Chí Thành - Trưởng ban
TS. Cao Đình Thanh - Phó Trưởng ban
PGS. TS Nguyễn Nhị Điền - Phó Trưởng ban
TS. Trần Ngọc Toàn - Ủy viên
TS. Trịnh Văn Giáp - Ủy viên
TS. Đặng Quang Thiệu - Ủy viên
TS. Hoàng Sỹ Thân - Ủy viên
TS. Trần Quốc Dũng - Ủy viên
ThS. Trần Khắc Ân - Ủy viên
KS. Nguyễn Hữu Quang - Ủy viên
KS. Vũ Tiến Hà - Ủy viên
ThS. Bùi Đăng Hạnh - Ủy viên

Thư ký: ThS. Nguyễn Thị Thu Hà
Biên tập và trình bày: ThS. Vũ Quang Linh



Địa chỉ liên hệ:

Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam
59 Lý Thường Kiệt, Hoàn Kiếm, Hà Nội
ĐT: (024) 3942 0463
Fax: (024) 3942 2625
Email: infor.vinatom@hn.vnn.vn
Giấy phép xuất bản số: 57/CP-XBBT
Cấp ngày 26/12/2003



THÔNG TIN KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN

NỘI DUNG

1- Nghiên cứu chế tạo cảm biến dòng xoáy dựa trên nguyên lý từ điện trở lớn (GMR) ứng dụng trong đánh giá không phá hủy

NGUYỄN ĐỨC HUYỀN, VŨ TIẾN HÀ, LƯƠNG VĂN SỬ, ĐẶNG THANH DŨNG

7- Nghiên cứu ứng dụng phương pháp từ trường cảm ứng để dò tìm vị trí dòng thấm, dòng rò rỉ qua thân đập thủy điện

BÙI TRỌNG DUY, NGUYỄN HỮU QUANG, ĐẶNG QUỐC TRIỆU, VUONG DUC PHUNG, VIRA PRONENKO

15- Phát triển phần mềm tái tạo hình ảnh chụp cắt lớp điện toán cho cấu hình CT thể hệ thứ IV

NGUYỄN THANH CHÂU, TRẦN THANH MINH, NGUYỄN VĂN CHUẨN, ĐẶNG NGUYỄN THẾ DUY

20- Nghiên cứu động học nước ngầm bằng kỹ thuật thủy văn đồng vị phục vụ quản lý tài nguyên nước khu vực đồng bằng Nam bộ

NGUYỄN KIÊN CHÍNH, LÂM HOÀNG QUỐC VIỆT, HUỖNH LONG, TRẦN THỊ BÍCH LIÊN, NGUYỄN VĂN PHÚC

28- Đánh giá chất lượng của một vài loại dây dẫn điện phổ biến ở Việt Nam bằng phân tích PIXE

TRẦN THỊ NHÀN

33- Một số thuật toán tái tạo ảnh trong kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón

TRẦN THÙY DƯƠNG, BÙI NGỌC HÀ, TRẦN KIM TUẤN

39- Ứng dụng kỹ thuật kiểm tra không phá hủy trong nghiên cứu mẫu vật khảo cổ được phát hiện tại di tích am Ngọa Vân (Đồng Triều, Quảng Ninh)

NGUYỄN VĂN ANH, PHẠM NGỌC ĐỒNG, MAI THÁI NAM

TIN TRONG NƯỚC VÀ QUỐC TẾ

47- Tham vọng cung cấp nhiên liệu cho các lò phản ứng nghiên cứu bằng urani độ giàu thấp

49- Công nghệ hạt nhân: Ma-Rốc đẩy lùi dịch tay chân miệng

50- IAEA giới thiệu chương trình học bổng mới hỗ trợ phụ nữ bắt đầu sự nghiệp trong ngành hạt nhân

51- Virus Covid-19 được phát hiện như thế nào khi sử dụng Real Time RT-PCR?



NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO CẢM BIẾN DÒNG XOÁY DỰA TRÊN NGUYÊN LÝ TỪ ĐIỆN TRỞ LỚN (GMR) ỨNG DỤNG TRONG ĐÁNH GIÁ KHÔNG PHÁ HỦY

Các phương pháp kiểm tra không phá hủy (NDT) được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo cơ khí, năng lượng, xây dựng và duy tu bảo dưỡng các công trình công nghiệp. Những phương pháp này được sử dụng trong việc phát triển sản phẩm, hay trong quá trình sản xuất và kiểm tra sản phẩm cuối cùng. Đặc biệt kỹ thuật dòng điện xoáy (EC) được sử dụng rất hiệu quả và phổ biến để kiểm soát và đánh giá tuổi thọ (ĐGTT) của chi tiết/cấu kiện nhằm đưa ra các giải pháp sửa chữa hoặc thay thế toàn bộ hoặc riêng biệt từng phần. Chế tạo thành công cảm biến mẫu GMR (dạng mẫu thử) có khả năng dò tìm và phát hiện một số dạng bất liên tục trong mẫu (vết đứt gãy, lỗ rỗng trong vật liệu) bằng kỹ thuật dòng điện xoáy được khảo sát và phân tích trong nghiên cứu này. Một từ trường AC được phát ra bởi cuộn kích thích và dòng xoáy sẽ được sinh ra thứ cấp trên vật liệu mẫu thử. Cảm biến GMR được tích hợp bên trong cuộn kích thích. Mẫu đứt gãy được chế tạo thành các rãnh hẹp với các chiều dày khác nhau để đánh giá khả năng của cảm biến EC. Với kết quả thu được cảm biến EC cho phép đánh giá sơ bộ về vị trí điểm đứt gãy trên bề mặt mẫu thử. Trên cơ sở đó tạo tiền đề để tiếp tục hoàn thiện sản phẩm (hệ cảm biến EC) nhằm chế tạo thiết bị EC kiểu cầm tay kết hợp bộ thu thập, xử lý số liệu và máy tính phù hợp với công tác kiểm tra NDT hiện trường.

1. TỔNG QUAN VỀ EC TRONG NDT

Đánh giá không phá hủy (NDT) đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong công nghiệp cho việc đánh giá chất lượng sản phẩm và phát hiện sự sai hỏng trong cấu trúc thành phẩm. Nhìn chung, NDT được xem như là một phương pháp đánh giá trên hầu hết các dạng mẫu kiểm tra mà không cần phá hủy hay can thiệp vào cấu trúc mẫu [1]. Có rất nhiều phương pháp kiểm tra đánh giá được sử dụng trong NDT. Một số đánh giá không phá

hủy điển hình như, điện từ, siêu âm và hiện ảnh màu [2]. Tuy nhiên việc sử dụng EC là một trong những phương pháp phổ biến rộng rãi của phương pháp điện từ trong đánh giá vật liệu kim loại [3].

Cảm biến EC dựa trên sự biến thiên từ thông của từ trường tạo ra do cuộn kích thích được bố trí ngay trên bề mặt mẫu thử. Từ trường kích thích này sẽ sinh ra một từ trường thứ cấp do dòng xoáy và nó có thể được phát hiện bởi cảm biến từ sử dụng cuộn cảm hay các loại cảm biến từ

trường khác [4]. Khi có vết đứt gãy bất liên tục trên bề mặt mẫu, dòng xoáy bị biến động dẫn tới từ trường thứ cấp này cũng biến động. Do đó cảm biến từ ghi nhận sự biến động này để cho ra các thông tin về vết đứt gãy. Hiện nay có rất nhiều công nghệ chế tạo cảm biến EC [4-8], tuy nhiên, việc sử dụng cảm biến GMR để thay thế cuộn cảm truyền thống nhằm mục đích thu nhỏ kích thước cảm biến, tăng độ phân giải của EC và độ nhạy cao hơn [9]. Ví dụ, cảm biến EC với mật độ cao trên mạch in đã được chế tạo và khả năng của nó có thể phát hiện được vết đứt gãy với kích thước độ rộng 70 μm chiều dày 9 μm trên mạch in [10].

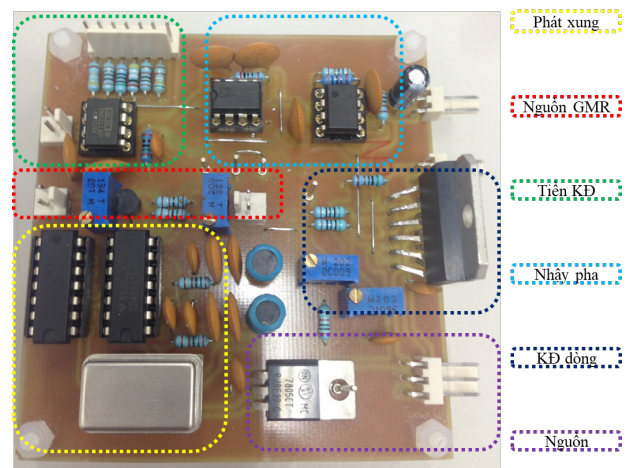
Tình hình trong nước, hoạt động NDT ở Việt Nam đã được đưa vào ứng dụng thực tiễn từ rất sớm (những năm 1960-70 của thế kỷ trước), cho đến năm 2000 vai trò của NDT với các ngành công nghiệp ở Việt Nam mới được thừa nhận rộng rãi và ngày càng phát triển (đến nay ở Việt Nam có khoảng trên 60 công ty NDT). Hầu hết các ngành công nghiệp (Lọc hóa dầu, các nhà máy điện, đóng tàu, xây dựng,...) đều đã và đang sử dụng dịch vụ NDT nhằm đảm bảo và kiểm soát chất lượng sản phẩm, công trình trong nước. Nhu cầu đánh giá tuổi thọ chi tiết/thành phần cấu kiện của các công trình công nghiệp (nhiệt điện, lọc hóa dầu...) đang ngày càng được đặt ra cấp bách hơn (ngay cả ở Việt Nam-Nhà máy nhiệt điện Mông Dương, Formosa Hà Tĩnh, Lọc dầu Dung quất,... các cơ sở công nghiệp này đang phải thuê các tổ chức nước ngoài thực hiện công việc đánh giá tuổi thọ (ĐGTT) cho hệ thống công nghiệp)[11].

Tuy nhiên, vấn đề cần đề cập ở đây là hầu hết các thiết bị và ngay cả phụ tùng thay thế hay vật tư tiêu hao cho các hoạt động NDT ở Việt Nam hiện nay đều được nhập khẩu từ nước ngoài. Điều này đã ảnh hưởng nhiều đến hiệu quả của hoạt động NDT, đặc biệt là giá thành dịch vụ. Hơn nữa, nếu tình trạng này cứ kéo dài thì Việt Nam

sẽ không có công nghệ (lĩnh vực chế tạo thiết bị NDT). Cảm biến từ điện trở được đặt ra nghiên cứu trong khuôn khổ nghiên cứu này thuộc thể hệ GMR theo nguyên lý cảm biến từ điện trở khổng lồ. Thể hệ công nghệ này khắc phục được hầu hết các nhược điểm của thể hệ cuộn cảm và có các ưu điểm nổi trội sau: Dễ dàng cung cấp năng lượng, có thể làm việc với tần số rất thấp (<1Hz), kích thước rất nhỏ (do công nghệ chế tạo màng mỏng dùng kỹ thuật phun xạ) và đặc biệt là hoàn toàn tương thích với công nghệ CMOS hiện đại.

2. THIẾT KẾ CHẾ TẠO

2.1. Mạch điều khiển EC



Hình 1: Mạch điều khiển EC

Hình 1 thể hiện mạch điều khiển cho cảm biến EC bao gồm hai phần: Phần 1 là phần tín hiệu kích thích và phần hai là mạch đo tín hiệu. Mạch được thiết kế trên phần mềm Eagle và thực hiện trên mạch in một lớp. Để đo đáp ứng của EC, một thạch anh 2 MHz được sử dụng. Do tần số của thạch anh khá lớn và EC chỉ yêu cầu vài chục kHz do đó tần số của thạch anh được chia nhỏ bởi 2 IC CD4024. Để tạo ra tín hiệu hình sin từ xung vuông, một mạch lọc thông dải LC được sử dụng. Để tối đa độ nhạy của EC, pha của tín hiệu tham chiếu và tín hiệu kích thích được điều chỉnh bằng mạch dịch pha OP37G. Một tụ 0.1

μF được đưa vào để loại bỏ thành phần DC trong tín hiệu tham chiếu. Tiếp đó song kích thích sin được khuếch đại thông qua một mạch cộng DC nhằm hai mục đích; một là tạo ra tín hiệu kích thích với đủ dòng điện và tín hiệu DC giúp cho việc điều chỉnh điểm làm việc của GMR. Tín hiệu DC được điều chỉnh thông qua biến trở $2\text{ k}\Omega$ trên mạch. Thành phần AC khoảng 20 mA và DC là khoảng 10 mA . Tín hiệu kích thích phải điều khiển được là do nếu ta tạo ra tín hiệu kích thích nhỏ thì đáp ứng của GMR tương tự như khi không có từ trường kích thích, nghĩa là tín hiệu hàm điều hòa của GMR không được tăng cường. Mặt khác nếu tín hiệu kích thích quá lớn dẫn tới GMR bão hòa sẽ dẫn tới GMR sẽ không đáp ứng với bất kỳ thay đổi nào của từ trường ngoài. Ngoài ra dòng lớn dẫn tới tiêu tốn năng lượng. Chỉ có một điểm duy nhất cho ra được đáp ứng hàm điều hòa lớn nhất. Trong thực nghiệm, dòng kích thích được điều chỉnh để đáp ứng của GMR chuyển từ điểm ko bão hòa tới điểm cận bão hòa Do đó với bất kỳ thay đổi nhỏ nào của từ trường ngoài cũng làm cho GMR dịch chuyển điểm làm việc. Tại đó hàm điều hòa bậc hai của đầu ra là đáp ứng cao nhất. Đáp ứng đầu ra của GMR được khuếch đại bởi mạch AD620 với độ khuếch đại có thể được chuyển mạch trong giải 10, 50, 100, 200, 500 và 1000 lần. Mạch nhạy pha sử dụng một IC có chức năng nhân hai tín hiệu là AD633. Tín hiệu tham chiếu cho AD633 là một xung vuông từ CD4024 với tần số đã được xác định khi thiết kế mạch. Hàm chuyển đổi của AD633 được thể hiện như sau:

$$W = \frac{(X_1 - X_2) \cdot (Y_1 - Y_2)}{10} + Z \quad (1)$$

Trong đó W là tín hiệu điều biến, X là tín hiệu đáp ứng của GMR, Y là tín hiệu tham chiếu, Z là tín hiệu DC bổ sung được sử dụng như một cách để điều chỉnh off-set đầu ra W . Cuối cùng đầu ra giải điều biến được lọc qua một mạch lọc thông thấp với tần số cắt cỡ 10 Hz để lấy ra tín hiệu DC, tín

hiệu mà tỉ lệ với từ trường cần đo của EC.

2.2. Thiết kế cuộn kích thích

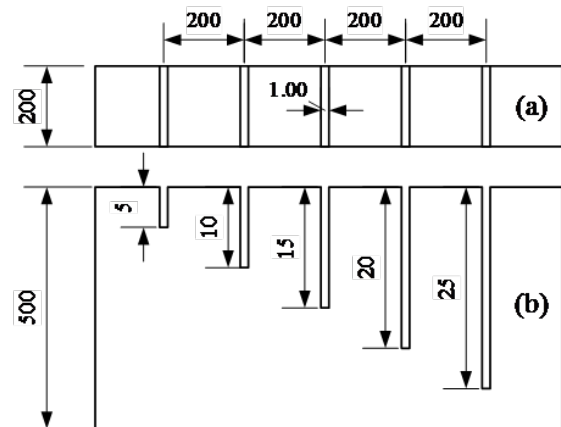
Cuộn kích thích được thiết kế nhằm tạo ra một từ trường sơ cấp với hiệu suất phát tối đa từ thông B , of 0.5 mT . Ta có thể áp dụng định luật của Biot-Savart để tính toán từ trường tạo ra của cuộn dây như sau:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot \sqrt{l^2 + r^2}} \quad (2)$$

trong đó, μ_0 là độ từ thẩm của chân không, N là số vòng dây của cuộn kích thích, l là chiều dài cuộn dây và r là bán kính của cuộn dây.

Ví dụ, $l = 3\text{ mm}$, $r = 2\text{ mm}$ và $N = 100$ vòng. Dòng điện sẽ được tính toán qua công thức (2).

2.3. Thiết kế mẫu thử



Hình 2: hình chiếu đứng và ngang thiết kế mẫu thử



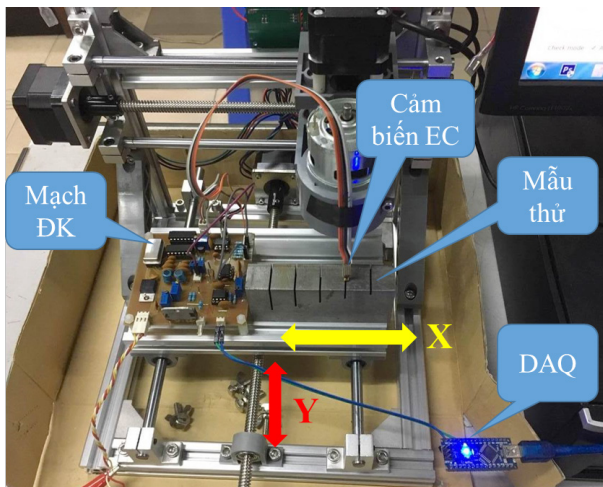
Hình 3: Ảnh chụp của mẫu thử sau khi được gia công

Để cho thấy sự phản ánh mối quan hệ giữa đáp ứng tín hiệu điện và hệ mẫu cần kiểm tra. Mẫu thép (CT38) được chế tạo bằng phương pháp cắt dây với độ rộng vết cắt và chiều sâu khác nhau

như hình 2. Hình 3 thể hiện ảnh chụp của mẫu đã được gia công.

2.4. Thiết lập hệ thực nghiệm

Để đảm bảo tính chính xác của phép đo kiểm tra thử EC với mẫu chuẩn đứt gãy đã được gia công trong phần trước. Cảm biến EC và mẫu thử được gắn lên một máy CNC 3 trục. Trong đó, Trục X di chuyển với bước cố định và cảm biến EC gắn lên trục Z với khoảng cách tới mẫu thử là không đổi (cỡ 0.1 mm). Đầu dò cảm biến EC sẽ được điều khiển bằng máy tính theo trục X với bước di chuyển khoảng 0.5 mm, trong khi trục Y cũng không đổi để đảm bảo dữ liệu đo được là đồng nhất trên một đường thẳng và quét qua tất cả các vết cắt chuẩn trên mẫu kiểm tra. Đáp ứng đầu ra của cảm biến EC sẽ được ghi nhận bởi một bộ DAQ (Arduino Nano) thu thập số liệu và hiển thị qua máy hiện sóng.



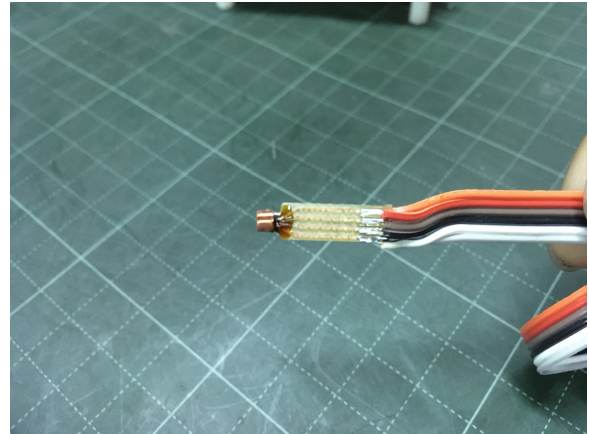
Hình 4: Thiết lập hệ thống kiểm tra cảm biến EC

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đầu dò cảm biến EC

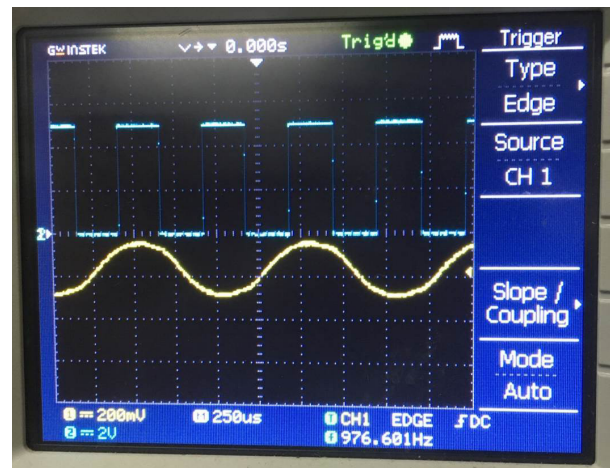
Cảm biến EC trên cơ sở hiệu ứng GMR được chế tạo dạng phần tử đơn thanh với kích thước cùng tích cực $2 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$. Phương pháp 4 đầu dò được áp dụng thông qua công nghệ hàn dây rung siêu âm trong công nghệ đóng gói linh kiện. Hai

trong 4 đầu dây được dùng cho việc cấp dòng phân cực. Hai đầu còn lại sẽ được đưa tới mạch khuếch đại để lấy tín hiệu ra của phần tử GMR. Mạch dòng phân cực cho phần tử GMR được chế tạo dựa trên nguyên lý nguồn dòng và được tích hợp cùng với mạch điều khiển của hệ cảm biến EC. Hình 5 thể hiện hình chụp của đầu dò cảm biến EC với kích thước $3 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$.



Hình 5. Ảnh chụp đầu dò EC

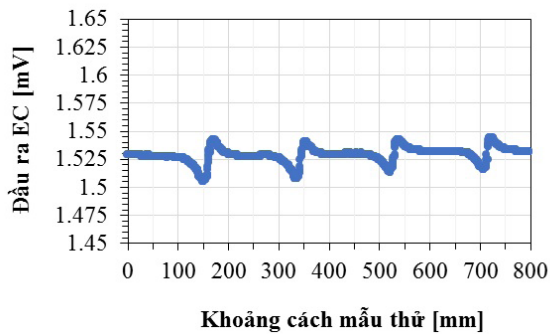
3.2. Kết quả đo



Hình 6. Dạng sóng để cấp cho cuộn kích thích thu được từ mạch điều khiển

Để ứng dụng GMR vào trong NDT, sensor GMR sẽ được tích hợp thêm các thành phần: Bộ tạo xung sine, cuộn dây phát từ trường, mạch phản hồi. Bộ tạo xung sẽ tạo ra xung sine để đưa vào cuộn dây phát từ trường với tần số xấp xỉ 1 kHz. Khi mẫu được đưa và gần từ trường này, trên bề mặt mẫu sẽ xuất hiện dòng xoáy và đặc biệt tại vị

trí khuyết tật dòng điện này sẽ có sự biến động. Dạng sóng được tạo ra từ mạch điều khiển được thể hiện trong hình 6. Ngoài ra trong hình sóng vuông cũng được tạo ra trên mạch với tần số bằng 2 lần tần số sóng sine do cảm biến GMR đáp ứng tốt nhất với hàm điều hòa bậc 2. Tín hiệu xung vuông này sẽ được cấp tới chân tham chiếu của mạch nhảy pha AD633.



Hình 7. Đáp ứng của EC với mẫu thử

Hình 7. Thể hiện kết quả đo được đáp ứng của cảm biến EC chế tạo được với mẫu chuẩn. Tần số đáp ứng tốt nhất của cảm biến được xác định tại 0.976 kHz (~1kHz). Do hạn chế khoảng cách của trục X trên máy CNC của nhóm nghiên cứu, nên khoảng cách đo kiểm tra chỉ đạt quét qua 4 rãnh đứt gãy. Được thể hiện qua 4 điểm biến động tín hiệu trên hình 7. Biên độ tín hiệu tương đối thấp do cảm biến được chế tạo dạng đơn phần tử GMR, tuy nhiên có thể khắc phục được nếu áp dụng phương pháp mạch nối tiếp N phần tử GMR độ nhạy sẽ tăng lên N lần. Biên độ tín hiệu khá tương đồng, chưa thể hiện rõ phân biệt độ rộng cũng như độ sâu của vết gãy. Mặc dù vậy, kết quả đã cho thấy khoảng cách giữa các điểm biến động tín hiệu phù hợp với khoảng cách giữa các vết đứt gãy trên mẫu thử. Hơn nữa mục tiêu ban đầu của nhóm đề ra khi chế tạo loại cảm biến này là để phát hiện ra các vị trí đứt gãy. Các thông tin chi tiết hơn về vết đứt gãy như độ rộng, độ sâu sẽ được tiếp tục phát triển trong tương lai, và phải kết hợp nhiều công nghệ và thuật toán nâng cao.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này tập trung chế tạo một cảm biến dòng xoáy dựa trên cảm biến từ GMR nhằm ứng dụng trong đánh giá không phá hủy ở trong nước. Cảm biến chế tạo được với đáp ứng tín hiệu khá tốt về vị trí các vết đứt gãy được giới thiệu. Để kiểm tra khả năng của cảm biến, tín hiệu ra của cảm biến được so sánh phù hợp với hình thái vị trí vết đứt gãy trên bề mặt mẫu thử chuẩn. Khoảng cách giữa các điểm biến động tín hiệu ra của cảm biến cho thấy đó là các vị trí tương ứng vết gãy trên mẫu thử. Ngoài ra các thông tin về biên độ hay độ lớn tín hiệu của cảm biến sẽ được tiếp tục khai thác để cho ra các thông tin chi tiết hơn về vết đứt gãy như độ rộng, độ sâu. Kết quả thu được từ nghiên cứu này sẽ là cơ sở để tiếp tục đề xuất, thực hiện các nghiên cứu sâu hơn nhằm từng bước hoàn thiện phương pháp, công nghệ cũng như hướng tới chế tạo thành công hệ thiết bị EC góp phần đáp ứng nhu cầu thực tiễn trong kiểm tra NDE tại Việt Nam.

*Nguyễn Đức Huyền, Vũ Tiến Hà,
Lương Văn Sử, Đặng Thanh Dũng
Trung tâm Đánh giá không phá hủy*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. Hellier and M. Shakinovsky, *Handbook of nondestructive evaluation* vol. 10: Mcgraw-hill New York, 2001.
- [2] L. Janousek, K. Capova, N. Yusa, and K. Miya, "Multiprobe Inspection for Enhancing Sizing Ability in Eddy Current Nondestructive Testing," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 44, pp. 1618-1621, 2008.
- [3] D. C. Jiles, "Review of magnetic methods for

- nondestructive evaluation (Part 2),” *NDT International*, vol. 23, pp. 83-92, 1990.
- [4] T. Dogaru and S. T. Smith, “Giant magnetoresistance-based eddy-current sensor,” *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 37, pp. 3831-3838, 2001.
- [5] A. E. Mahdi, L. Panina, and D. Mapps, “Some new horizons in magnetic sensing: high-Tc SQUIDS, GMR and GMI materials,” *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 105, pp. 271-285, 2003.
- [6] A. Jander, C. Smith, and R. Schneider, “Magnetoresistive sensors for nondestructive evaluation,” in *Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics*, 2005, p. 13.
- [7] A. L. Ribeiro and H. G. Ramos, “Inductive Probe for Flaw Detection in non-Magnetic Metallic Plates Using Eddy Currents,” in *2008 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 2008, pp. 1447-1451.
- [8] G. Betta, L. Ferrigno, and M. Laracca, “GMR-Based ECT Instrument for Detection and Characterization of Crack on a Planar Specimen: A Hand-Held Solution,” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 61, pp. 505-512, 2012.
- [9] O. Postolache, A. L. Ribeiro, and H. G. Ramos, “Induction defectoscope based on uniform eddy current probe with GMRs,” in *2010 IEEE Instrumentation & Measurement Technology Conference Proceedings*, 2010, pp. 1278-1283.
- [10] K. Chomsuwan, T. Somsak, C. P. Gooneratne, and S. Yamada, “High-Spatial Resolution Giant Magnetoresistive Sensors - Part I: Application in Non-Destructive Evaluation,” in *Giant Magnetoresistance (GMR) Sensors: From Basis to State-of-the-Art Applications*, C. Reig, S. Cardoso, and S. C. Mukhopadhyay, Eds., ed Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 211-241.
- [11] Tài liệu đào tạo, “Kiểm tra chụp ảnh phóng xạ”, Trung tâm đánh giá không phá hủy, Viện năng lượng nguyên tử Việt Nam, 2014, Lưu hành nội bộ.

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP TỪ TRƯỜNG CẢM ỨNG ĐỂ DÒ TÌM VỊ TRÍ DÒNG THẨM, DÒNG RÒ RỈ QUA THÂN ĐẬP THỦY ĐIỆN

Trong thực tế, việc khảo sát sự rò rỉ của nước hồ qua đập bằng phương pháp đánh dấu chủ yếu chỉ xác định được các thông số đặc trưng cho lưu lượng thấm như vận tốc trung bình, số kênh thấm, ... mà không cho các thông tin về vị trí dòng rò rỉ ngầm trong thân đập cũng như trong nền đập. Việc xử lý khắc phục rò rỉ vì thế vẫn gặp nhiều khó khăn và thiếu hiệu quả do không xác định được vị trí dòng rò.

Từ năm 2016 đến năm 2018, Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong Công nghiệp (CANTI) đã nghiên cứu, tiếp cận phương pháp xác định vị trí dòng thấm và dòng rò bằng phương pháp từ trường cảm ứng. Nghiên cứu của CANTI đã đạt được những kết quả nhất định có thể ứng dụng vào việc xác định dòng rò dòng thấm của những đập thủy điện nhỏ bởi hệ thiết bị chỉ có thể xác định được dòng thấm và dòng rò ở độ sâu tối đa là 70m.

Báo cáo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo bộ cảm biến đo từ trường cảm ứng và mạch điện tử đi kèm nhằm nâng cao độ nhạy của hệ thiết bị đo từ trường cảm ứng, qua đó hệ thiết bị có thể phát hiện được những dòng thấm và dòng rò qua thân đập thủy điện ở độ sâu tối đa 150m.

1. MỞ ĐẦU

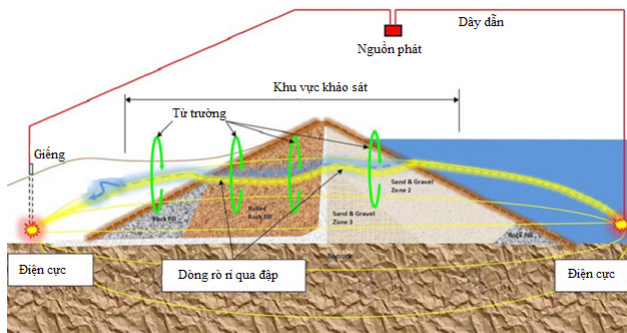
Ngày nay, an toàn đập luôn là một vấn đề cấp thiết và được quan tâm hàng đầu. Việc khảo sát sự rò rỉ của nước hồ qua đập không chỉ gói gọn vào xác định các thông số đặc trưng cho lưu lượng thấm mà còn phải xác định được vị trí dòng rò, từ đó giúp cơ quan quản lý khắc phục sự cố mất an toàn đập kịp thời.

Ứng dụng từ trường cảm ứng trong khảo sát dòng thấm qua đập là một phương pháp mới, tiết kiệm thời gian và chi phí. Phương pháp dựa trên nguyên tắc: nước thấm qua đập từ hồ chứa sẽ làm tăng độ dẫn điện của vật liệu đập. Khi một dòng điện xoay chiều được đặt vào hai bên đập, dòng điện sẽ đi qua các vùng thấm trong thân đập, bằng cách đo các thành phần của từ trường được tạo ra

bởi dòng điện, vị trí cũng như độ rộng của dòng rò sẽ được xác định. Phương pháp này sử dụng dòng phát 380Hz - 433Hz nhằm tối ưu độ nhạy của cảm biến từ và hạn chế nhiễu từ các sóng hài của mạng điện dân dụng. Bên cạnh đó, việc đặt điện cực sao cho hệ thống (gồm nguồn phát, dây dẫn và dòng rò rỉ đập) tạo thành một mạch kín là một lưu ý quan trọng. Các số liệu từ trường thực nghiệm luôn được hiệu chỉnh nhằm loại bỏ sự đóng góp của dây dẫn, điện cực và từ trường Trái Đất, từ đó kết hợp với các số liệu thủy địa chất của đập, tiến hành minh giải để đưa ra kết luận chính xác về vị trí dòng rò rỉ đập.

Báo cáo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo bộ cảm biến đo từ trường cảm ứng và mạch điện tử đi kèm nhằm nâng cao độ nhạy

của hệ thiết bị đo từ trường cảm ứng, qua đó hệ thiết bị có thể phát hiện được những dòng thấm và dòng rò qua thân đập thủy điện ở độ sâu tối đa 150m. Các nghiên cứu tiếp theo sẽ được tiếp tục để hoàn thiện phương pháp, tăng độ nhạy khảo sát đến độ sâu trên 250m để triển khai trên thực địa, phục vụ nhu cầu khảo sát dòng rò, góp phần tích cực vào công tác xử lý, đảm bảo an toàn đập.



Hình 1. Minh họa phương pháp từ trường cảm ứng xác định dòng rò rỉ đập

2. NỘI DUNG

2.1. Cơ sở lý thuyết

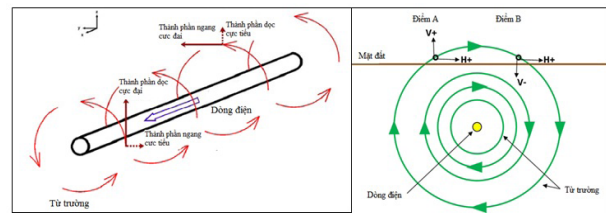
Theo định luật Ampere, độ lớn vector cảm ứng từ tại điểm cách dây dẫn một khoảng R (m) được tạo ra bởi dây dẫn thẳng, dài vô hạn:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot R} \quad (1)$$

Với B là độ lớn vector cảm ứng từ (T), μ_0 là hằng số từ môi ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (T.m/A)), I là cường độ dòng điện (A).

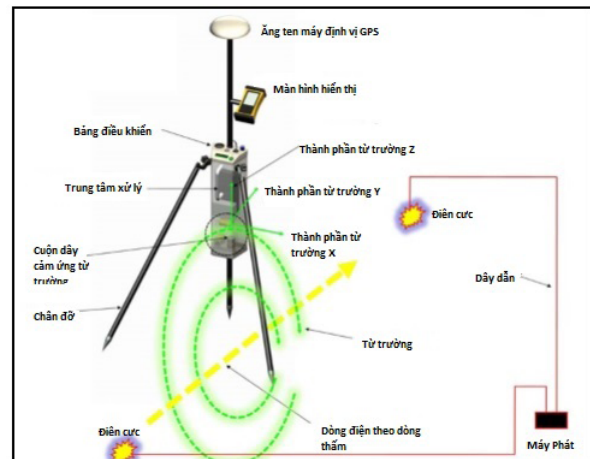
Khi một dòng điện xoay chiều được đặt vào hai bên đập, dòng điện sẽ đi qua các vùng thấm trong thân đập theo con đường ứng với trở kháng nhỏ nhất. Dòng điện ưu tiên được tạo ra bởi dòng rò rỉ đập có thể được xem như một dây dẫn. Dòng điện biến thiên này sẽ được ghi nhận gián tiếp thông qua từ trường biến thiên trên mặt đập bởi cảm biến từ. Bằng cách minh giải số liệu cường

độ từ trường dọc và ngang thực nghiệm, một bản đồ cơ sở biểu diễn vị trí dòng rò sẽ được thiết lập.



Hình 2. Minh họa từ trường tạo ra bởi dây dẫn thẳng dài vô hạn (trái) và các thành phần của từ trường (phải)

2.2. Hệ thiết bị và cảm biến đo từ trường cảm ứng



Hình 3 : Thành phần và cấu trúc của hệ thiết bị đo từ trường cảm ứng

Hệ thiết bị bao gồm 2 điện cực bằng đồng có chiều dài 1m được cắm vào điểm đầu và điểm cuối của vùng cần khảo sát, điện cực được nối với máy phát xung bằng dây dẫn lõi đồng có bọc cách điện.

Máy phát xung có công suất 2000W có thể điều chỉnh được tần số phát từ vài Hz đến vài trăm Hz và tự động ổn định dòng điện phát thông qua điện cực.

Thiết bị đo từ trường cảm ứng có độ nhạy cao gồm 3 cảm biến đặt vuông góc theo các trục XYZ nhằm thu nhận từ trường, tín hiệu được khuếch đại và lọc nhiễu sau đó chuyển đổi từ tín hiệu

tương tự sang tín hiệu số. Số liệu được hiển thị trên màn hình LCD và lưu lại trong thẻ nhớ SD.



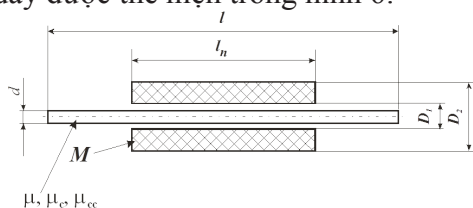
Hình 4 : Hệ thiết bị đo từ trường cảm ứng do CANTI chế tạo



Hình 5 : Máy phát dòng và điện cực do CANTI chế tạo

2.2.1. Chế tạo cảm biến đo từ trường cảm ứng

Bộ cảm biến đo từ trường cảm ứng bao gồm 03 cảm biến được đặt theo các trục X,Y, Z theo chiều không gian. Cảm biến sử dụng lõi Mumetal có độ từ thẩm cao có đường kính 4mm, chiều dài là 38mm, phía bên ngoài lõi từ được cuốn lên 02 cuộn dây vật liệu đồng đường kính 0.1mm, có số vòng lần lượt là 6000 và 33 vòng. Sơ đồ của một cuộn dây được thể hiện trong hình 6:



Hình 6: Sơ đồ nguyên lý cuộn dây cảm biến

Độ thâm từ của lõi cảm biến được tính theo công thức:

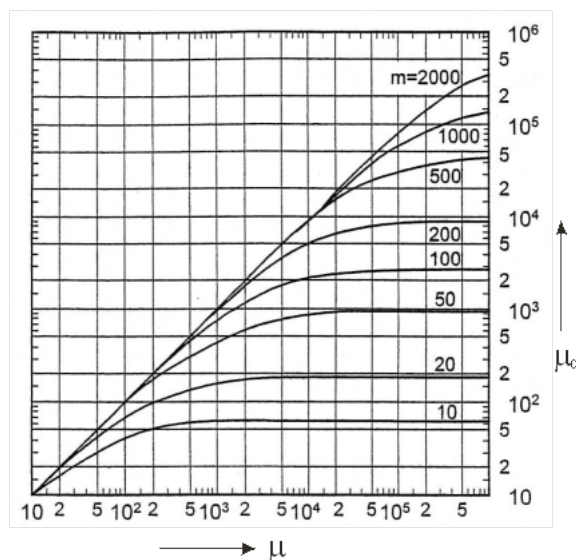
$$\mu_c = \frac{\mu}{1 + N(\mu - 1)} \quad (2)$$

- Trong đó μ là độ từ thẩm của lõi cảm biến

- N là yếu tố khử từ được tính theo công thức:

$$N = 0.974 \frac{A}{l^2} \left[\ln \left(l \cdot \sqrt{\frac{\pi}{A}} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

Khi μ tiến tới ∞ thì $\mu_c \rightarrow 1/N$



Hình 7: Mối tương quan giữa μ và μ_c

Như vậy, để cảm biến đạt được độ nhạy cao thì độ thâm từ μ_c phải cao. Tuy nhiên khi tăng tỷ lệ của chiều dài và đường kính dẫn đến tăng độ từ thẩm của lõi μ nhưng lại ảnh hưởng đến chức năng chuyển đổi của lõi từ. Việc tăng tỷ lệ của chiều dài và đường kính quá mức khiến lõi từ tăng nhạy với từ trường của Trái Đất làm nâng nền nhiễu của cảm biến.

Giá trị tối đa được chấp nhận để giữ cho sự suy giảm của độ nhạy tương đối δ_s của lõi từ trong các giới hạn nhất định.

$$(\mu_c)_{\max} = \frac{\mu}{\sqrt[3]{\left(\frac{1}{\delta_s} - 1\right) \left(\frac{\pi H_{\max} \mu}{2B_s}\right)^2} - 1} \quad (4)$$

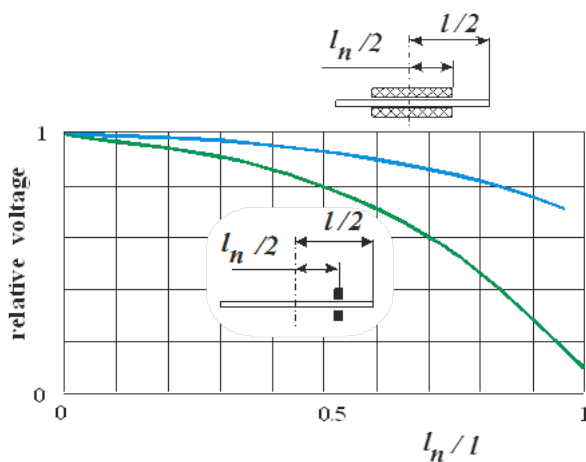
Trong đó: B_s là cảm ứng bão hòa của vật liệu lõi.

μ_c không đồng nhất dọc theo lõi và giá trị cực đại của nó, nằm ở trung tâm, đối với một thanh hình lăng trụ thường sử dụng được đưa ra bởi biểu thức:

$$\mu_{cc} = \frac{\mu}{1 + 0.974 \frac{S}{l^2} \left[\ln \left(l \cdot \sqrt{\frac{\pi}{S}} \right) - 1 \right]} \cdot (\mu - 1) \quad (5)$$

Độ thẩm từ trung bình của lõi tại các phần được tính theo phân bố cảm ứng từ dọc theo lõi là:

$$\mu_{cca} = \mu_{cc} \cdot \left(1 - 0,255 \cdot \left(\frac{l_n}{l} \right)^2 \right) \quad (6)$$



Hình 8: Đường cong điện áp và nhiễu so với chiều dài tương đối

Điện áp tương đối thu được trong một cuộn dây hình trụ so với vị trí của nó trên lõi (đường cong màu xanh lá cây), tín hiệu nhiễu so với chiều dài tương đối l_n/l (đường cong màu xanh nước biển)

Độ tự cảm L của cuộn dây có lõi phụ thuộc vào độ thẩm từ của lõi μ_{cc} và điện trở của cuộn dây:

$$L = \mu_{cca} \cdot k_D \cdot k_{mr} \cdot L_0 \quad (7)$$

Trong đó L_0 là độ tự cảm của cuộn dây không có lõi, k_D là tỉ số giữa đường kính ngoài và đường kính trong của cuộn dây, k_{mr} là hệ số phụ thuộc vào điện trở của cuộn dây và lõi từ:

$$L = \mu_c \cdot \left[1 - 0,255 \cdot \left(\frac{l_n}{l} \right)^2 \right] \cdot \frac{2 \cdot \left(0,25 + 0,625 \cdot \frac{l_n}{l} \right)}{k_d + \sqrt{k_d}} L_0 \quad (8)$$

Điện trở của cuộn dây cảm biến được tính theo công thức:

$$R = \frac{\pi \cdot \rho \cdot n^2 \cdot (k_d + 1)}{l_n \cdot (k_d + 1)} \quad (9)$$

Trong đó ρ là điện trở suất của đồng, l_n là chiều dài cuộn dây trung bình, n là số vòng dây.

Trọng lượng của cuộn dây được tính theo công thức:

$$M = A \cdot l \cdot \gamma_c + \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot l_n \cdot \gamma_{Cu}}{4} \quad (10)$$

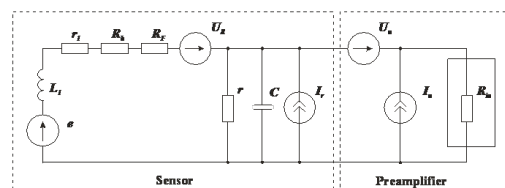
Trong đó γ_c và γ_{Cu} là mật độ của vật liệu lõi và cuộn dây

Phương pháp tối ưu hóa tín hiệu đầu ra của cảm biến: kết hợp tối ưu các tham số đầu ra S của cảm biến và các tham số đầu vào tiền khuếch đại (PA) để có được tín hiệu nhiễu đầu ra của cảm biến thấp nhất có thể W_B . Mức tín hiệu nhiễu tối thiểu có thể (theo công thức bán thực nghiệm từ Berkman-Korepanov):

$$W_B = W_0 \cdot \left(1 + \frac{A}{l^5 \cdot f^2} + \frac{B}{l^5 \cdot f^4} \right) \quad (11)$$

$W_0 \approx 10^{-28} T^2 / \text{Hz}$; l - Chiều dài cảm biến; f - Tần số tín hiệu; $A \approx 30 \text{ m}^5 \text{ Hz}^2$; $B \approx 10^{-4} \text{ m}^5 \text{ Hz}^4$.

Để đạt được sự kết hợp tối ưu qua đó ta tính toán được các thông số cần thiết của cảm biến: n , l , M , μ_c .



Hình 9: Sơ đồ tương đương của cảm biến và mạch

Tổng mật độ nhiễu trong các giá trị của từ trường W_B đo được (sử dụng độ nhạy cuộn dây $G = U_0 / H$) là:

$$W_B = \frac{W}{G^2 \cdot k_V^2} = \frac{1}{G^2} \left[W_r + \frac{W_{Uamp}}{k_V^2} + (W_{Iamp} + W_{I_{r0}}) \cdot Z^2 \right] \quad (12)$$

Trong đó:

$$W_r = 4kT(R + R_h + R_F) \quad (13)$$

$$k_V = \frac{Z_C}{Z_C + Z_L} \quad (14)$$

$$Z = \frac{Z_C \cdot Z_L}{Z_C + Z_L} \quad (15)$$

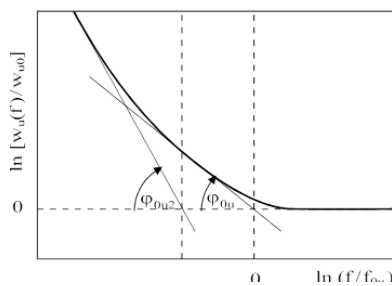
$$Z_C = \frac{R_0 / j\omega C}{R_0 + 1 / j\omega C} \quad (16)$$

$$Z_L = R + R_h + R_F + j\omega L \quad (17)$$

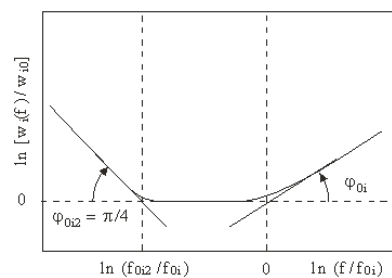
Phổ tần số của nhiễu PA được đặc trưng bởi bộ 8 tham số nhiễu mở rộng: mật độ điện áp nhiễu tối thiểu W_{u0} ; tần số góc và góc độ cao ở tần số thấp f_{u1} , α_u ; tần số góc của độ cao bổ sung ở tần số cực thấp f_{u2} ; mật độ dòng nhiễu tối thiểu W_{i0} ; tần số góc và góc độ cao của nhiễu hiện tại ở tần số cao f_{i1} , α_i ; tần số góc ở tần số thấp f_{i2} . Sau đó, điện áp và mật độ nhiễu hiện tại phụ thuộc vào tần số có thể được tính bằng các phương trình:

$$W_u = W_{u0} \left[1 + \left(\frac{f_{u1}}{f} \right)^{\alpha_u} + \left(\frac{f_{u2}}{f} \right)^2 \right] \quad (18)$$

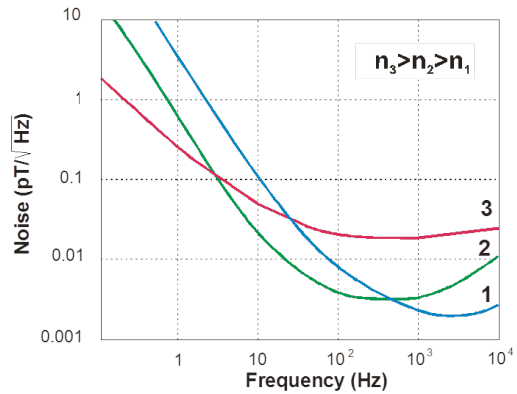
$$W_i = W_{i0} \left[1 + \left(\frac{f_{i1}}{f} \right)^{\alpha_i} + \left(\frac{f}{f_{i2}} \right)^2 \right] \quad (19)$$



Hình 10: Sơ đồ nhiễu điện áp của bộ khuếch đại

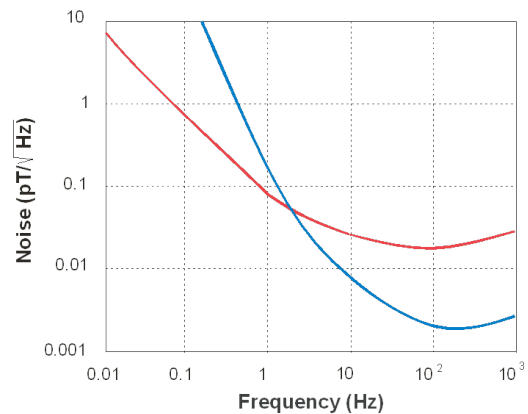


Hình 11: Sơ đồ dòng nhiễu của bộ khuếch đại



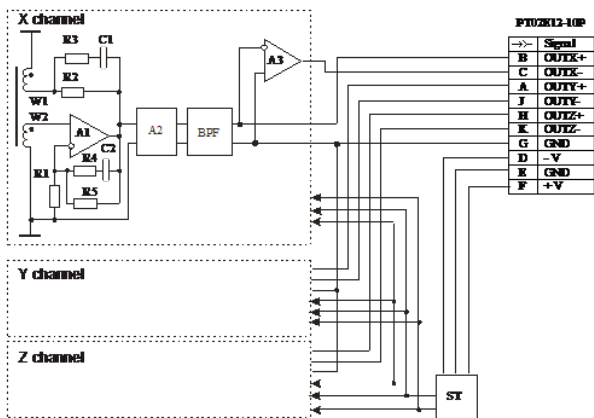
Hình 12: Tín hiệu nhiễu của cảm biến khi thay đổi số vòng dây của cảm biến

Dựa vào đồ thị Hình 12 ta nhận thấy, với dải tần số thấp dưới 50Hz thì khi số vòng dây của cảm biến ít, tín hiệu nhiễu càng cao, với tần số cao trên 50Hz thì tín hiệu nhiễu cao ở cảm biến có số vòng dây nhiều. Thiết bị đo từ trường cảm ứng của đề tài này làm việc tại tần số trên dưới 400Hz nên ta chọn cảm biến sao cho số vòng dây phù hợp và không quá cao.

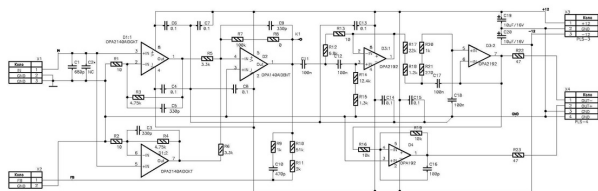


Hình 13: Tín hiệu nhiễu của cảm biến khi thay đổi bộ tiền khuếch đại

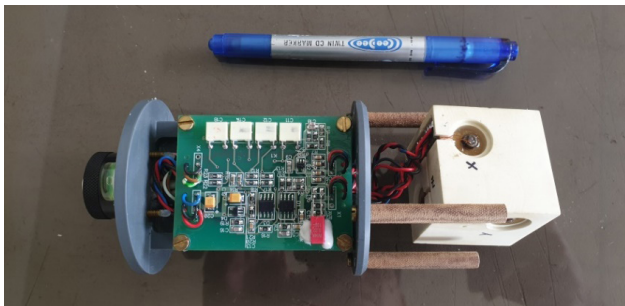
Trong đồ thị hình 13, đường cong số 1 màu xanh thể hiện tín hiệu nhiễu của cảm biến khi cảm biến được kết nối với bộ tiền khuếch đại có trở kháng đầu vào cao; đường cong số 2 màu đỏ thể hiện tín hiệu nhiễu của cảm biến khi cảm biến được kết nối với bộ tiền khuếch đại có trở kháng đầu vào thấp. Như vậy với tần số làm việc của thiết bị là 400Hz thì sử dụng bộ tiền khuếch đại có trở kháng đầu vào cao để giảm nhiễu.



Hình 14: Sơ đồ nguyên lý của cảm biến đo từ trường cảm ứng



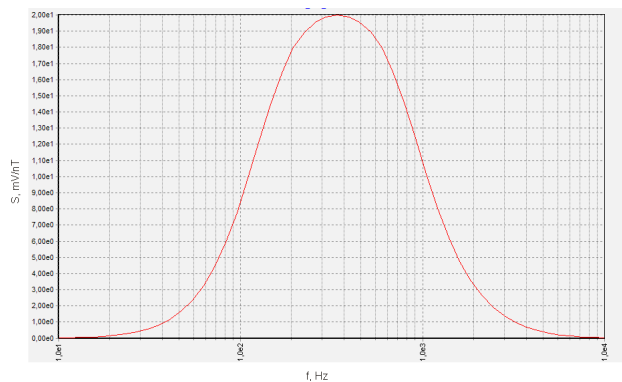
Hình 15: Sơ đồ nguyên lý bộ khuếch đại và bộ lọc tần số



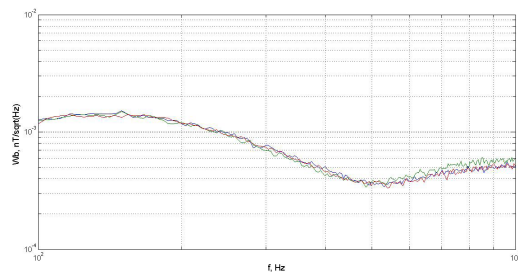
Hình 16: Mạch điện tử và cuộn dây cảm biến



Hình 17: Hình dáng bên ngoài của cảm biến đo từ trường cảm ứng



Hình 18: Tín hiệu thu được của cảm biến theo dải tần



Hình 19: Tín hiệu nhiễu của cảm biến

Các thông số của cảm biến từ trường mà CANTI chế tạo:

Dải tần số đầy đủ của tín hiệu thu được ở mức 3 dB	150 - 800 Hz
Hệ số biến đổi vi sai ở đầu ra	40 mV/nT
Hệ số biến đổi lỗi	< 1 dB
Độ nhiễu tại tần số làm việc 433 Hz	≤ 0.4 pT/√Hz
Độ dài cho phép của cáp kết nối từ sensor tới máy đo	≤ 200 m
Điện áp nguồn (giới hạn điện áp được khuyến nghị)	± (10...12) V
Điện áp đầu ra tối đa	± 9 V
Dòng tiêu thụ (danh nghĩa)	± 21mA
Phạm vi nhiệt độ hoạt động	minus 20 ... + 50° C
Kích thước bên ngoài	l = 148 mm d = 78 mm
Thiết kế	Chắc chắn và không thấm nước
Trọng lượng	~ 400 g

2.3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM TẠI HIỆN TRƯỜNG

Tiến hành thử nghiệm dò tìm dòng rò rỉ qua thân đập tại đập phụ số 2 Hồ thủy điện Hàm Thuận, sau thực nghiệm nhóm nghiên cứu đã tiến hành báo cáo với Công ty Cổ phần Thủy điện Đa Nhim - Hàm Thuận - Đa Mi.

2.3.1. Mô tả thực nghiệm tại hiện trường

Tại đập phụ số 2 Hồ thủy điện Hàm Thuận có

xuất hiện điểm thấm rò phía hạ lưu với lưu lượng là 0.2l/phút, với diện tích mặt bằng toàn bộ thân đập vào khoảng 5-7km² nên nhóm nghiên cứu tiến hành đo trước 1 đường theo chiều dọc thân đập với khoảng cách 2m một điểm đo để xác định vị trí cần khảo sát sau đó tiến hành khảo sát đo trong vùng đã xác định.

Một đầu của điện cực được đặt tại hồ chứa phía thượng nguồn và đầu điện cực còn lại được cắm phía hạ nguồn nơi chân đập, hệ thống dây dẫn điện từ điện cực về máy phát sử dụng 1000m dây dẫn lõi đồng có tiết diện 2,5mm được bọc cách điện chịu được điện áp 1000V.

Máy phát phát ra nguồn điện có tần số phát 380Hz, dòng điện phát 0.2A và hiệu điện thế phát là 500V.

Trên mặt đập khu vực cần khảo sát, tiến hành chia ô lưới theo khoảng cách 2m x 2m, tại các điểm giao là điểm đo.



Điện cực đặt tại hồ

Điện cực đặt phía chân đập



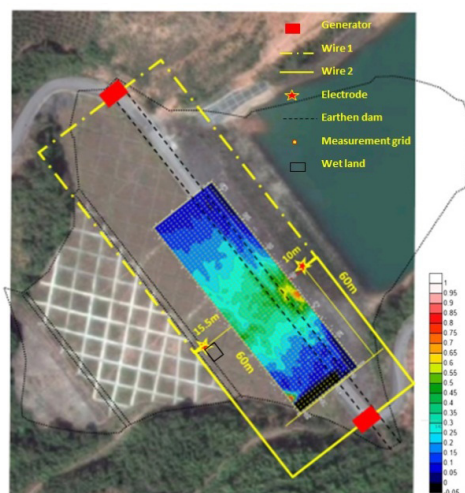
Máy phát đặt tại hiện trường

Đo từ trường cảm ứng tại đập

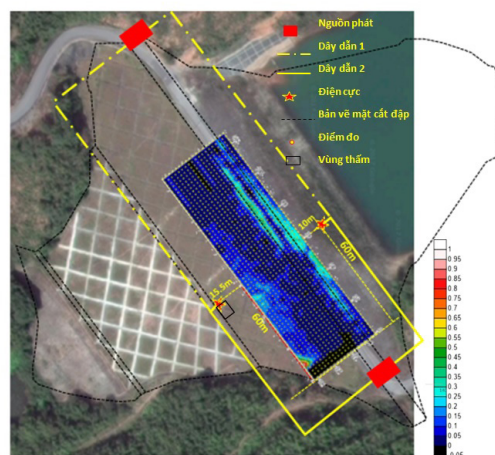
Hình 20: Tiến hành thí nghiệm tại đập phụ số 2 hồ Hàm Thuận

2.3.2. Kết quả thực nghiệm tại hiện trường và thảo luận

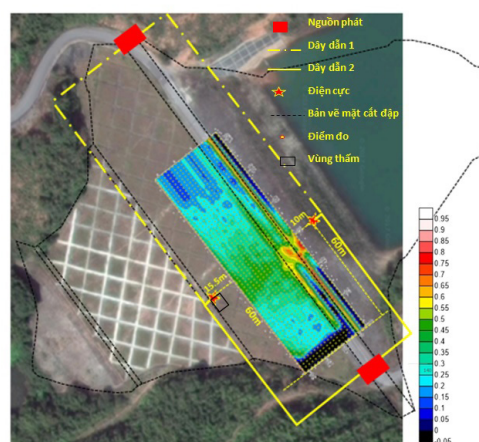
Dựa vào thành phần Bx và By để xác định hướng của dòng thấm và rò rỉ qua thân đập, thành phần Bz nhằm xác định độ sâu của dòng rò thấm.



Hình 21: Bản đồ từ trường thành phần Bx (Cuộn dây song song với thân đập)



Hình 22: Bản đồ từ trường thành phần By (cuộn dây vuông góc với thân đập)



Hình 23: Bản đồ từ trường thành phần Bz (cuộn dây thẳng đứng so với đập)

Bản đồ từ trường thành phần Bx trong hình 21 xác định được một dòng rò thấm từ hồ chứa về thân đập, điểm rò thấm chính cách điện cực 10m về phía máy phát, màu sắc độ thấm theo thang đo màu của bản đồ từ màu đen thể hiện độ thấm ít đến màu trắng thể hiện độ thấm cao.

Do dòng thấm vuông góc với thân đập nên trong bản đồ từ trường thành phần By ở hình 22, từ trường dòng thấm thu nhận được rất thấp.

Hình 23 thể hiện bản đồ từ trường thành phần Bz, dựa vào thành phần Bz ta xác định được độ sâu của dòng thấm.

Tuy nhiên hiện do thân đập có độ dốc chứ không phải là mặt phẳng như trong các thí nghiệm trên mô hình tại phòng thí nghiệm, vì thế cần phải có thêm thời gian để sử dụng các phương pháp tính toán và chiếu ngược mới xác định được độ sâu của dòng thấm.

Trong bản đồ từ trường của 2 thành phần By và Bz có thể hiện được 2 đường từ trường cao phía đường đi trên thân đập, đây là 2 dãy lan can sắt của con đường.

Theo nhận định của nhóm nghiên cứu, do dãy lan can làm bằng sắt cho nên nó thu nhận và tập trung các đường sức từ trường do dòng thấm phía dưới thân đập phát ra sau đó phát ngược lại.

3. KẾT LUẬN

Qua những nghiên cứu thiết kế chế tạo CANTI đã chế tạo ra bộ cảm biến có kích thước nhỏ gọn, có độ nhạy cao qua đó chế tạo hệ thiết bị đo từ trường cảm ứng có thể phát hiện được vị trí dòng thấm và dòng rò ở độ sâu trên 150m.

Các nghiên cứu tiếp theo sẽ được tiếp tục nghiên cứu để nâng cao độ nhạy của thiết bị, hoàn thiện phương pháp và chế tạo thiết bị có khả năng đáp ứng tốt hơn nhằm ứng dụng phương pháp này phục vụ cho công tác quản lý, cảnh báo và khắc

phục kịp thời sự cố mất an toàn đập.

*Bùi Trọng Duy, Nguyễn Hữu Quang,
Đặng Quốc Triệu, Vương Đức Phụng,
Vira Pronenko*

*Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân
trong công nghiệp*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Willowstick Technologies LLC (2007), AquaTrack Technology Explained, White Paper, USA
- [2] Willowstick Technologies LLC (2011), Willowstick Geophysical Investigation of Recycle Tailings Pond Dam Pogo Mine, Alaska, USA
- [3] Willowstick Technologies LLC (2012), Willowstick Geophysical Investigation of Highgate Pond #2, USA
- [4] Filter Design in Thirty Seconds, Application Report SLOA093 – December 2001
- [5] The Bubba Oscillator: An Op Amp Sine Wave Generator By Hunter Scott

PHÁT TRIỂN PHẦN MỀM TÁI TẠO HÌNH ẢNH CHỤP CẮT LỚP ĐIỆN TOÁN CHO CẤU HÌNH CT THỂ HỆ THỨ IV

Nhằm đáp ứng nhu cầu kiểm tra bên trong các thiết bị công nghiệp kích thước lớn phục vụ công tác đảm bảo an toàn trong sản xuất, Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp đã nghiên cứu và phát triển thiết bị CT thể hệ thứ tư trong việc khảo sát các vật thể có đường kính nhỏ hơn 2 m. Cùng với việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo phần cứng làm việc phù hợp trên các thiết bị kích thước lớn, phần mềm dựng ảnh cho cấu hình này cũng được tập trung nghiên cứu, phát triển. Phần mềm xây dựng hình ảnh cho cấu hình CT thể hệ thứ tư có thể tái tạo hình ảnh trên 3 thuật toán bao gồm: Kỹ thuật tái tạo đại số, Chiếu ngược có lọc và Tối đa hóa kỳ vọng được phát triển trên ngôn ngữ lập trình C#.

1. MỞ ĐẦU

Thực tiễn hiện nay kỹ thuật chụp cắt lớp điện toán có rất nhiều cấu hình, ứng với mỗi hệ CT với cấu hình khác nhau, cần một phần mềm tương ứng để có thể tái tạo hình ảnh. Phần mềm xây dựng hình ảnh ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng hình ảnh CT. Do đó, bài báo này sẽ đề cập đến 2 vấn đề chính trong quá trình tái tạo hình ảnh CT bao gồm tính toán hình học của cấu hình CT thể hệ thứ IV và các thuật toán xây dựng hình ảnh CT.

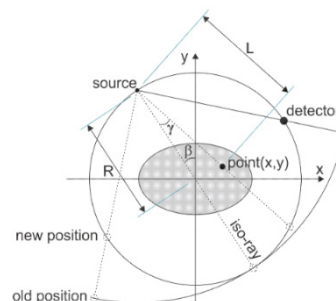
2. NỘI DUNG

2.1. Đối tượng và phương pháp.

a. Cấu hình hình học của CT thể hệ IV

Trong cấu hình CT thể hệ IV, bất kỳ tia chiếu nào đều có thể xác định được bởi 2 tham số γ và β , trong đó γ là góc được tạo bởi tia với tia đi qua tâm (tia ảo nối với nguồn gamma và đi qua tâm của hệ đo), và β là góc tạo bởi tia ảo đi qua tâm nói trên và trục y như trong Hình 1.

γ được gọi là góc dò và xác định vị trí của một tia trong quạt. [1]



Hình 1: Cấu hình CT thể hệ IV

Một tia chiếu $p(\gamma, \beta)$ trong chùm tia chiếu hình quạt là một tia chiếu $p(u, \theta)$ trong chùm tia song song nếu các điều kiện sau được thỏa mãn:

$$\begin{aligned}\theta &= \beta + \gamma \\ u &= R \sin \gamma\end{aligned}\quad (1)$$

Với R là khoảng cách giữa nguồn phát và tia đi qua tâm hệ đo, L là khoảng cách giữa nguồn phát đến pixel (x,y) .

Mối liên hệ trong tính toán hình học đối với cấu hình hình quạt được thể hiện ở công thức bên dưới [2]:

$$L = \sqrt{[R + x \cdot \sin \beta - y \cdot \cos \beta]^2 + [x \cdot \cos \beta + y \cdot \sin \beta]^2} \quad (2)$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left[\frac{x \cdot \cos \beta + y \cdot \sin \beta}{R + x \cdot \sin \beta - y \cdot \cos \beta} \right] \quad (3)$$

b. Thuật toán tái tạo đại số

Hình ảnh CT được xây dựng lại từ dữ liệu chiếu bằng thuật toán tái tạo đại số (ART) bao gồm hai bước [3][4]:

- Dữ liệu ước đoán được ước tính từ lần lặp thứ l:

$$p^l(\theta, \xi) = \sum_{k=1}^{q_z} a_{\xi k} \mu_{xy}^0, \quad k = \overline{1, q_j} \quad (4)$$

Giả sử chúng ta có giá trị hình ảnh được ước tính ở lần lặp thứ l và với bộ số liệu hình chiếu thu được, chúng ta sẽ tính được dữ liệu hình ảnh tại lần lặp thứ l+1 thông qua công thức sau:

$$\mu_{xy}^{l+1} = \mu_{xy}^l + \lambda \frac{p(\theta, \xi) - p^l(\theta, \xi)}{\sum_{k=1}^{q_z} a_{\xi k}} a_{\xi k} \quad (5)$$

Trong đó $p^l(\theta, \xi)$ là tổng tia, $a_{\xi k}$ là hệ số trọng số đại diện cho sự đóng góp của tia thứ k đến điểm ảnh, μ_{xy}^0 là giá trị ước đoán ban đầu. Trong hầu hết các trường hợp, giá trị ước đoán ban đầu được gán bằng 0, λ được gọi là tham số hội tụ. Trong phương pháp tái tạo hình ảnh này, tham số hội tụ được sử dụng là 0,9.

c. Thuật toán chiếu ngược có lọc

Thuật toán FBP đã được thực hiện thông qua các bước sau [6]:

Biến đổi Fourier $p(\theta, \xi): p(\theta, \xi) \rightarrow F(q, \theta)$

$$F(q, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\theta, \xi) e^{-2\pi i q \xi} \quad (6)$$

Biến đổi Fourier ngược $F(q, \theta)$ và nhân với hàm lọc cao qua.

$$\Re\{F^{-1}(q, \theta)\} = H(\xi) * \Re\{F(q, \theta)\} \quad (7)$$

$$\Im\{F^{-1}(q, \theta)\} = H(\xi) * \Im\{F(q, \theta)\} \quad (8)$$

$$F^{-1}(q, \theta) = \Re\{F^{-1}(q, \theta)\} + i\Im\{F^{-1}(q, \theta)\} \quad (9)$$

$$F^{-1}(u, v) = F^{-1}(q, \theta) \quad (10)$$

Với \Re và \Im tương ứng là các phần thực và ảo của biến đổi Fourier, và không gian tần số được thay đổi bởi:

$$\begin{aligned} u &= q \cos \theta \\ v &= q \sin \theta \end{aligned} \quad (11)$$

Trong các công thức (7) và (8), $H(\xi)$ là các bộ lọc. Có các bộ lọc thường được sử dụng:

Bộ lọc Ram – Lak:

$$H(\xi) = |\xi| \operatorname{rect} \left(\frac{\xi}{2\xi_{\max}} \right) \quad (12)$$

Bộ lọc Cosine:

$$H(\xi) = |\xi| \cos \left(\frac{\xi}{2\xi_{\max}} \right) \operatorname{rect} \left(\frac{\xi}{2\xi_{\max}} \right) \quad (13)$$

Bộ lọc Shepp – Logan:

$$H(\xi) = |\xi| \sin \left(\frac{\xi}{2\xi_{\max}} \right) \operatorname{rect} \left(\frac{\xi}{2\xi_{\max}} \right) \quad (14)$$

Thuật toán chiếu ngược được mô tả thông qua công thức sau:

$$\mu(x, y) = \int_0^{\pi} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F^{-1}(u, v) du dv \right\} d\theta \quad (15)$$

d. Thuật toán tối đa hóa kỳ vọng (EM)

Thuật toán EM là một thuật toán lặp đi lặp lại bao gồm hai bước:

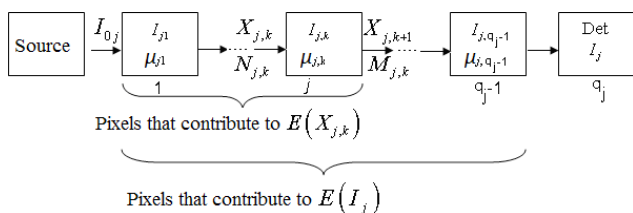
Tìm kỳ vọng (E) và tối đa hóa kỳ vọng (M) [6] [7].

Bước E: Kỳ vọng của bộ dữ liệu hoàn chỉnh có điều kiện trên tập dữ liệu được đo lường (không đầy đủ) được ước tính bằng cách sử dụng các giá trị hiện tại của tập hợp các tham số. Theo cách này, các biểu thức sau được lấy và sử dụng trong bước E (xem Hình 2):

$$E(X_{j,k}) = \gamma_{j,k} = I_{0,j} \exp \left(- \sum_{t=1}^{k-1} I_{j,t} \mu_{j,t} \right) \quad (16)$$

$$E(I_j | X_{j,k}) = \gamma_{j,q_j} = \gamma_{j,k} \exp \left(- \sum_{t=k}^{q_j-1} I_{j,t} \mu_{j,t} \right) \quad (17)$$

$$E(X_{j,k} | I_j) = I_j + E(X_{j,k}) - E(I_j) \quad (18)$$



Hình 2: Sơ đồ tính toán thuật toán EM

Bước M: Trước khi bước tối đa hóa, kết quả của phương trình (18) được sử dụng để tính toán các tia đến và rời khỏi pixel j, $M_{x,y}$ và $N_{x,y}$ tương ứng.

$$\begin{aligned} N_{x,y} &= E(X_{j,k} | I_j) \\ M_{x,y} &= E(X_{j,k+1} | I_j) \end{aligned} \quad (19)$$

Phương trình xấp xỉ hội tụ của dữ liệu hoàn chỉnh:

$$A\mu_{xy}^2 + B\mu_{xy} + C = 0 \quad (20)$$

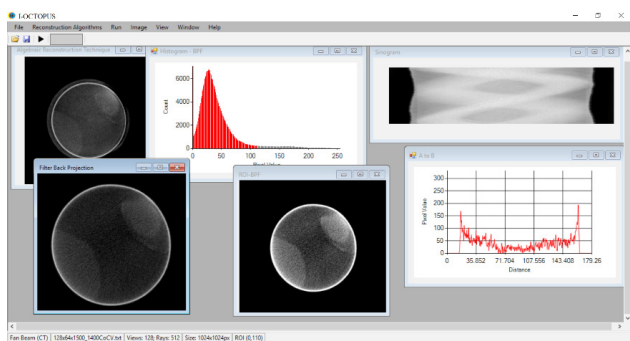
Với $A = \sum_{j \in \text{view}} (N_{xy} - M_{xy})_{xy}^2 / 12$, $B = -\sum_{j \in \text{view}} (N_{xy} + M_{xy})_{xy}^2 / 2$, $C = \sum_{j \in \text{view}} (N_{xy} - M_{xy})$

Và kết quả thu được của phương trình (20) là giá trị $\mu_{x,y}^k$ cần tìm:

$$\mu_{x,y}^k = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad (21)$$

2.2. Kết quả và bàn luận.

Trên cơ sở lý thuyết về các thuật toán như đã trình bày, phần mềm tái tạo hình ảnh CT được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình C# có giao diện tại Hình 3. Phần mềm tái tạo hình ảnh có khả năng thực hiện xây dựng hình ảnh dựa trên cả 3 thuật toán và có khả năng xử lý hình ảnh sau tái tạo để cho hình ảnh tốt nhất.



Hình 3: Giao diện phần mềm iOCTOPUS

Để cho ra một hình ảnh hoàn thiện phần mềm hoạt động theo các bước như sau.

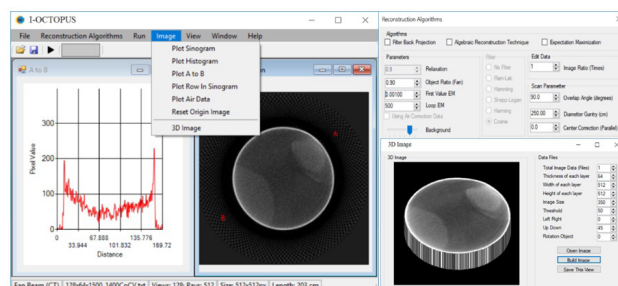
+ Số liệu được thu thập từ các đầu dò qua các góc chiếu, tia chiếu sẽ được tổng hợp lại và xử lý ban đầu.

+ Nhập số liệu vào phần mềm thông qua các thuật toán nhập số liệu.

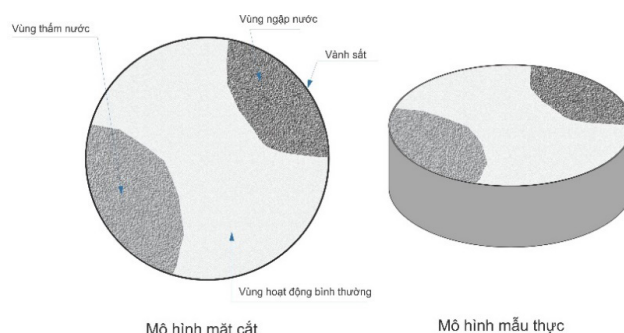
+ Tái tạo hình ảnh.

+ Xử lý hình ảnh và cho ra hình ảnh hoàn thiện.

Chất lượng hình ảnh thu được phụ thuộc vào thuật toán và phương pháp hiệu chỉnh hình ảnh sau tái tạo. Hình ảnh tốt nhất là hình ảnh mịn, phân biệt các vùng mật độ khác nhau. Việc tái tạo hình ảnh 3D thông qua các lát cắt giúp người sử dụng dễ dàng nhận biết các khuyết tật đồng thời hình dung được kết cấu của vật thể được chụp cắt lớp điện toán. Giao diện các thuật toán tái tạo hình ảnh, các phương pháp xử lý ảnh trên phần mềm được mô tả tại Hình 4.



Hình 4: Hình ảnh đang được tái tạo và xử lý



Hình 5: Mô hình mẫu kiểm tra

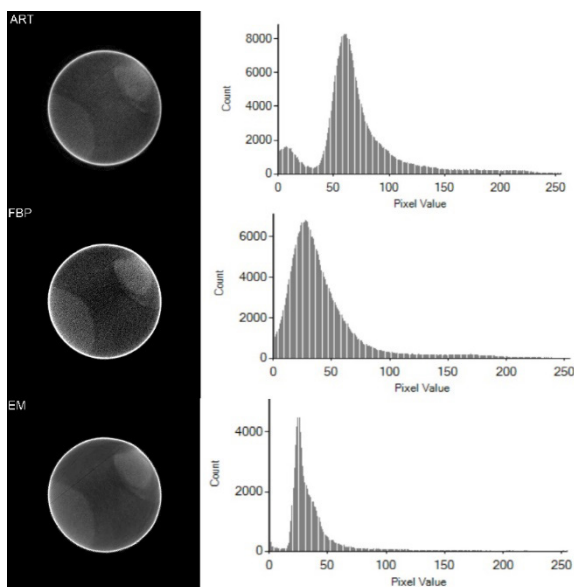
Một số kết quả của hình ảnh CT đã được xây dựng lại bởi phần mềm iOCTOPUS. Mô hình vật mẫu được kiểm tra là mẫu tại Hình 5. Vật liệu làm

mẫu bao gồm vành sắt dày 1,5 cm bên ngoài, bên trong được bố trí mẫu với mật độ tương tự các vùng hoạt động bình thường và bất thường của lớp đệm trong tháp công nghiệp. Đường kính của mẫu là 1,5 m. Dữ liệu hình chiếu dùng để dựng hình bao gồm 256 góc chiếu và 512 tia chiếu.



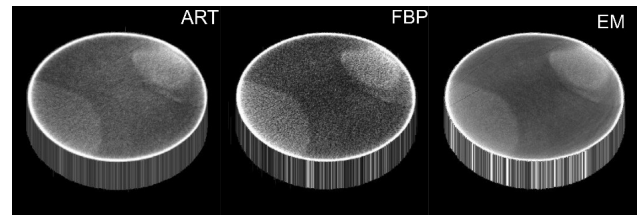
Hình 6: Hình ảnh mẫu thực tế

Phần mềm của chúng tôi cho cấu hình CT này có khả năng xây dựng hình ảnh dựa trên cả 3 thuật toán kể trên. Trong các thuật toán đó, chiều ngược có lọc là thuật toán tái tạo hình ảnh sử dụng nhiều trong y tế. Nó nhanh hơn, đơn giản hơn nhưng dữ liệu đầu vào có dạng $2n$ tia chiếu, có nghĩa là ảnh được tái tạo sẽ có dạng 64×64 , 64×128 hoặc 128×128 , vv.

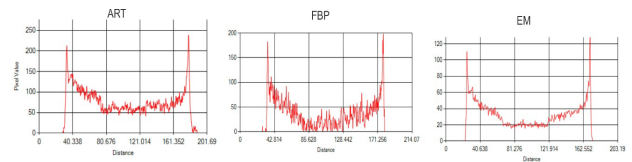


Hình 7: Hình ảnh tái tạo của mẫu đo bằng các thuật toán và biểu đồ mức xám tương ứng

Thuật toán EM cho hình ảnh CT được xây dựng lại tốt nhưng thời gian tính toán chậm hơn thuật toán FBP. Thuật toán ART có thời gian tái tạo khá nhanh và dữ liệu đầu vào linh hoạt nhưng hình ảnh được tái tạo bị ảnh hưởng nhiều khi số liệu đầu vào không tốt. Hình ảnh 3D được tái tạo bằng cả 3 thuật toán được mô tả ở Hình 8.



Hình 8: Hình ảnh 3D của mẫu



Hình 9: Đường cắt đi qua tâm của mẫu

Phân tích biểu đồ mức xám (Hình 7), hình ảnh 3D (Hình 8) và đường cắt qua tâm mẫu (Hình 9) cho cả 2 thuật toán EM và FBP ta thấy hình ảnh khi xây dựng bằng thuật toán FBP cho nhiều nhiễu hơn nhưng nhìn chung với hình ảnh được tái tạo bằng thuật toán này ta vẫn phân biệt được 3 vùng với 3 mật độ khác nhau. Thuật toán EM cho tốc độ xây dựng hình ảnh chậm hơn tuy nhiên hình ảnh xây dựng được tốt hơn và mịn hơn. Thuật toán ART cho hình ảnh rất tốt tuy nhiên như đã đề cập, chất lượng hình ảnh xây dựng bởi thuật toán này phụ thuộc nhiều vào chất lượng của số liệu đầu vào. Nhìn chung hình ảnh xây dựng được cho kết quả tốt đáp ứng yêu cầu khảo sát tháp lọc dầu trong công nghiệp.

3. KẾT LUẬN

Kỹ thuật chụp cắt lớp điện toán sử dụng cấu hình CT thế hệ IV do Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp phát triển hiện nay

đang được ứng dụng để khảo sát sự hư hại bên trong các tháp chưng cất dầu tại nhà máy lọc dầu. Trong phương pháp này, phần mềm tái tạo hình ảnh rất quan trọng. Nó là yếu tố cốt lõi cho việc đánh giá được tình hình hiện tại của tháp hay không. Phần mềm tái tạo hình ảnh được xây dựng đã tái tạo được hình ảnh dựa trên 3 thuật toán bao gồm Kỹ thuật tái tạo đại số, Chiếu ngược có lọc và Tối đa hóa kỳ vọng được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình C# cho chất lượng hình ảnh tốt đáp ứng được yêu cầu kể trên. Thuật toán EM là được coi là cho ra hình ảnh tốt nhất. Sự ổn định, chính xác của phần cứng thiết bị, chất lượng hình ảnh của phần mềm là cơ sở để đánh giá hoạt động bên trong tháp tại các nhà máy phục vụ cho việc nâng cao hiệu suất của các tháp lọc dầu bên cạnh đó an toàn tại các nhà máy và khu vực xung quanh cũng được đảm bảo.

*Nguyễn Thanh Châu, Trần Thanh Minh,
Nguyễn Văn Chuẩn, Đặng Nguyễn Thế Duy*

*Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân
trong công nghiệp*

TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING,
VOL. 12, NO. 3, SEPTEMBER, 1993

[5] Edwin L. Dove, “Notes on Computerized Tomography – Bioimaging Fundamental”, 2003

[6] Zeljko V.Kuzeljevic & prof. Muthanna H. Al – Dahhan. “Expectation – Maximization (EM) algorithm and its use for CT Imaging”.

[7] Kenneth Lange and Richard Carson, “EM Reconstruction Algorithms for Emission and Transmission Tomography”, 1984.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Robert Cierniak, “X-Ray Computed Tomography in Biomedical Engineering”, Springer London, 2011.

[2] Jiang Hsieh. “Computed Tomography principles, design, artifacts, and recent advances”. 2nd Ed, 2009.

[3] A.C. Kak and M. Slaney. “Principles of computerized tomographic imaging”, 1991.

[4] Gabor T. Herman, Fellow, IEEE, and Lorraine B. Meyer, “Algebraic reconstruction techniques can be made computationally efficient”, IEEE

NGHIÊN CỨU ĐỘNG HỌC NƯỚC NGẦM BẰNG KỸ THUẬT THỦY VĂN ĐỒNG VỊ PHỤC VỤ QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN NƯỚC KHU VỰC ĐỒNG BẰNG NAM BỘ

Động học nước ngầm là thông số quan trọng trong quản lý bền vững tầng nước ngầm trong đó khả năng được bổ cấp hiện đại, hướng và tốc độ dịch chuyển của nước ngầm là các thông tin đầu tiên cần thiết để hoạch định khai thác và bảo vệ nguồn nước.

Trong các tầng nước ngầm hiện hữu, do có trữ lượng nước ngầm nhật tương đối lớn và chất lượng tốt, các tầng Plioxen ở đồng bằng Nam bộ đang ngày càng được khai thác nhiều trong khi hiểu biết còn hạn chế nhất là về động học tầng chứa. Trong nghiên cứu này kỹ thuật thủy văn đồng vị đã được sử dụng để xác định các thông số động học như hướng và tốc độ vận động của nước trong các tầng Plioxen cũng như về nguồn gốc hình thành và khả năng được bổ cấp của các tầng nước ngầm này. Các đồng vị bền của nước (^2H , ^{18}O) cho thông tin về nguồn gốc hình thành nước ngầm, các đồng vị phóng xạ tự nhiên triti, các bon phóng xạ được dùng để xác định tuổi nước để xác định tốc độ và hướng vận động của nước trong tầng chứa.

Kết quả nghiên cứu cho thấy nước vận động trong tầng Plioxen trên (n_2^2) theo hướng đông bắc – tây nam với tốc độ khoảng 8,0 cm/năm trong khi nước ngầm tầng Plioxen dưới (n_2^1) vận động theo hướng bắc-nam với tốc độ 4,6 cm/năm. Về khả năng bổ cấp, số liệu đồng vị cho thấy tầng Plioxen trên được bổ cấp trực tiếp từ nước mưa hiện tại, miền bổ cấp là khu vực Đông Nam bộ trong khi tầng Plioxen dưới cũng được bổ cấp bởi nước hiện đại thông qua tầng Plioxen trên tại khu vực Đông Nam bộ và từ nước mưa tại khu vực bên ngoài lãnh thổ Việt Nam.

1. MỞ ĐẦU

Nằm ở cực nam của đất nước, đồng bằng Nam bộ (ĐBNB) là một trong những vùng kinh tế quan trọng của Việt Nam. Ngoài là vùng trọng điểm phát triển công, nông nghiệp phục vụ nhu cầu trong nước và xuất khẩu đây cũng là khu vực tập trung dân cư với các trung tâm kinh tế văn hóa lớn như Cần Thơ, thành phố Hồ Chí Minh. Để đáp ứng nhu cầu về nước cho sản xuất và dân sinh, nước ngầm đang bị khai thác ngày nhiều do các nguồn nước mặt ngày càng bị suy giảm cả về chất và lượng.

Theo kết quả phân tầng địa chất thủy văn mới thì tại ĐBNB có 8 tầng nước ngầm. Cả tám tầng chứa nước này đều là đối tượng khai thác với mức độ khác nhau. Việc khai thác nước ngầm thời gian

qua đã làm suy giảm mực nước tĩnh, tăng tốc độ xâm nhập mặn trong các tầng nước ngầm, sụt lún mặt đất... Điều đó cho thấy cần thiết phải tiếp tục các nghiên cứu để hiểu biết hơn về hệ thống các tầng chứa nước để quản lý và khai thác bền vững tài nguyên nước ngầm khu vực.

Một trong các vấn đề địa chất thủy văn khu vực còn tồn tại là vấn đề bổ cấp của các tầng nước ngầm. Cho tới nay vẫn còn hai quan điểm khác biệt về nguồn gốc nước ngầm dựa trên các nghiên cứu bằng các phương pháp khác nhau. Trong khi các nghiên cứu về cổ địa lý cho thấy nước ngầm ở đồng bằng này có nguồn gốc trên vùi, không có nguồn bổ cấp hiện đại thì các kết quả nghiên cứu bằng kỹ thuật đồng vị lại cho thấy dấu hiệu có bổ cấp hiện đại cho các tầng nước ngầm ở đồng bằng này nên việc làm sáng tỏ khả năng có được bổ

cấp hay không của các tầng nước ngầm khu vực ĐBNB, đặc biệt là với các tầng nước ngầm sâu là rất quan trọng để khai thác hợp lý nước dưới đất cho dân sinh và sản xuất.

Trong các tầng nước ngầm hiện hữu, những tầng nước ngầm sâu như các tầng Plioxen và tầng Mi-oxen hiện có ít số liệu, kết quả nghiên cứu trong khi các tầng này đang bị khai thác ngày càng nhiều để đáp ứng nhu cầu về nước do suy giảm lượng nước khai thác được từ các tầng nông hơn [14].

Với những lý do đó, đối tượng của nghiên cứu này là hai tầng nước ngầm sâu Plioxen trên và Plioxen dưới. Các tác giả sử dụng kỹ thuật đồng vị để xác định nguồn gốc nước ngầm, hướng và tốc độ vận động của nước trong các tầng chứa qua đó đánh giá khả năng bổ cấp hiện đại của tầng nước ngầm góp phần đánh giá đầy đủ hơn về tiềm năng nước ngầm khu vực.

Các đồng vị được sử dụng là các đồng vị oxy-18 (^{18}O), đơteri (^2H), triti (^3H), cac-bon phóng xạ (^{14}C), cac-bon không phóng xạ C-13 (^{13}C) trong đó các đồng vị ^{18}O , ^2H , ^3H dùng để đánh giá nguồn gốc nước ngầm, các đồng vị ^3H , ^{13}C và ^{14}C được dùng để xác định tuổi, hướng và tốc độ vận động của nước ngầm [1,2,3,4].

2. KHÁI QUÁT VỀ ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN VÀ ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN ĐỒNG BẰNG NAM BỘ

2.1. Điều kiện tự nhiên

Nằm giữa $10^{\circ}30'$ và $12^{\circ}00'$ vĩ độ bắc, $103^{\circ}45'$ và $107^{\circ}00'$ kinh độ đông, ĐBNB có diện tích khoảng 54.250 km² với dân số khoảng 31,7 triệu người. Về mặt hành chính, ĐBNB được chia thành hai phần là Đồng Nam bộ gồm các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, Tây Ninh, Bà Rịa - Vũng Tàu và TP. Hồ Chí Minh, và Tây Nam bộ gồm các tỉnh

Long An, Tiền Giang, Bến Tre, Vĩnh Long, Trà Vinh, Sóc Trăng, Hậu Giang, Bạc Liêu, Cà Mau, Kiên Giang, An Giang, Đồng Tháp, và đô thị Cần Thơ (Hình 1).



Hình 1: Khu vực nghiên cứu – Đồng bằng Nam bộ

Nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa cận xích đạo, khí hậu ĐBNB mang tính chất khí hậu gió mùa cận xích đạo, nắng nhiều, nhiệt độ cao quanh năm, với hai mùa rõ rệt theo hoạt động của gió mùa. Mùa khô từ tháng 12 tới tháng 4 là thời gian mà gió mùa đông bắc với đặc điểm khô lạnh chiếm ưu thế. Mùa mưa từ tháng 5 tới cuối tháng 11 hàng năm với chủ đạo là gió mùa tây nam nóng ẩm. Lượng mưa trung bình năm khoảng 1.750 mm với hơn 90% trong mùa mưa, nhiệt độ trung bình khoảng 27 oC.

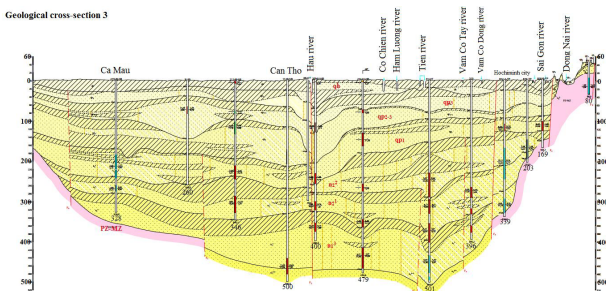
Về mặt địa hình, khu vực này tương đối bằng phẳng. Đông Nam bộ với thành phần thạch học chủ yếu gồm bazan và phù sa cổ có độ cao thay đổi từ khoảng 2,0 m ở ven biển tới cỡ 100 m khu vực biên giới với Campuchia. Miền Tây Nam bộ có độ cao trung bình từ 2 đến 5 m so với mực nước biển, một số khu vực như Đồng Tháp Mười có độ cao thấp hơn mực nước biển, thành phần thạch học chủ yếu là phù sa trẻ [13].

Về mặt thủy văn, ĐBNB có ba hệ thống sông chính là sông Mê Công, hệ thống sông Vàm Cỏ

và hệ thống sông Đồng Nai cùng với hệ thống kênh rạch chằng chịt. Đây đều là các nguồn nước nhạt chính trong đó lớn nhất là sông Mê Công chảy vào khu vực ĐBNB qua hai nhánh là sông Tiền và sông Hậu với lưu lượng hàng năm khoảng 500 km³.

2.2. Đặc điểm địa chất thủy văn

Lộ lên mặt đất ở khu vực phía bắc và đông bắc ĐBNB, đá gốc được hình thành bởi các thành tạo Paleozoic và Mesozoic chìm dần xuống theo hướng đông nam hình thành thung lũng kiến tạo. Thung lũng này được lấp đầy bởi các lớp trầm tích có tuổi từ Paleoxen đến Holoxen qua các đợt biển tiến và lùi. Các lớp trầm tích biển, sông-biển hình thành các tầng chứa nước (TCN) nằm ngang, được phân tách bởi các lớp sét cách nước. Theo kết quả phân tầng địa chất thủy văn mới, ĐBNB có 8 TCN gồm tầng Holoxen (qh), tầng Pleistoxen trên (qp₃), Pleistoxen giữa trên (qp₂₋₃), Pleistoxen dưới (qp₁), tầng Plioxen trên (n₂²), Plioxen dưới (n₂¹), các tầng Mioxen (n₁³, n₁²⁻³) và nước trong đá gốc (Mz) như trong Hình 2.



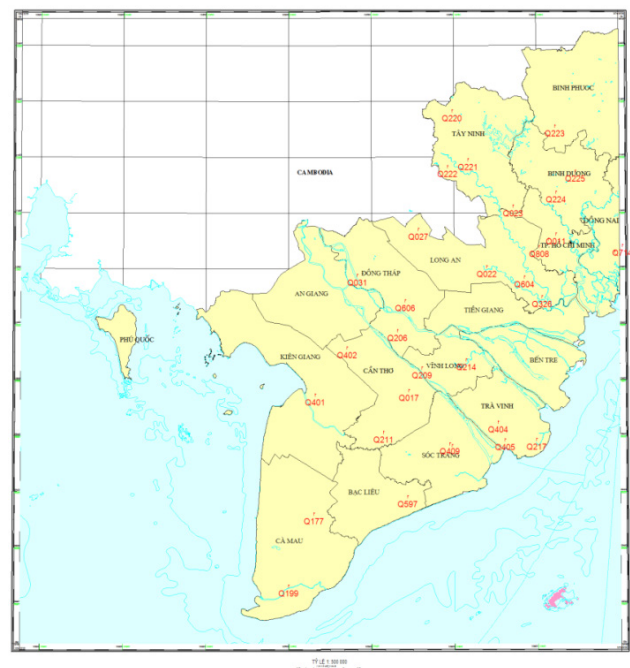
Hình 2: Mặt cắt địa chất hướng đông bắc-tây nam ĐBNB

Trong số các TCN hiện hữu, các tầng Plioxen trên và Plioxen dưới đang là đối tượng bị khai thác ngày càng nhiều để bù thiếu hụt lượng nước nhạt khai thác được từ các tầng nông hơn (do cạn kiệt và/hoặc xâm nhập mặn vì khai thác quá mức). Lộ ra ở khu vực Đông Nam bộ và trong lãnh thổ Campuchia (?) các tầng Plioxen trở thành tầng chứa kín áp lực ở khu vực Tây Nam bộ. Ngoài trừ một số vùng ở phía đông bắc thuộc tỉnh Bến Tre,

Vĩnh Long dọc bờ biển hoặc vùng giữa sông Tiền và sông Hậu nước ngầm bị mặn với tổng độ chất rắn hòa tan trung bình tới 18 mg/L, nước trong các TCN này nhạt. Các số liệu thu được trước đây cho thấy tuổi của nước thay đổi từ khoảng vài nghìn tới hơn 40.000 năm. Do có ít số liệu tuổi nước nên chưa thể thiết lập sơ đồ phân bố tuổi của nước trong các tầng Plioxen và do vậy chưa thể xác định được hướng vận động cũng như ước lượng vùng bổ cấp của các TCN này.

2.3. Lấy và phân tích các mẫu nước ngầm

Các mẫu nước ngầm được lấy tại các giếng khoan thuộc Mạng quan trắc quốc gia về động thái nước dưới đất hiện có tại ĐBNB. Vị trí các giếng khoan lấy mẫu được thể hiện trên Hình 3. Ngoài các mẫu nước tầng Plioxen trên và Plioxen dưới, một số mẫu nước cũng được lấy từ các tầng nước ngầm còn lại (trừ tầng Holoxen) để khảo sát mối quan hệ giữa các TCN.



Hình 3: Vị trí các điểm lấy mẫu nước ngầm

Tổng cộng 71 mẫu nước ngầm đã được thu thập trong đó gồm 18 mẫu lấy từ tầng Plioxen trên, 17 mẫu lấy từ tầng Plioxen dưới, và 5 mẫu từ tầng qp₃, 9 mẫu tầng qp₂₋₃, 9 mẫu tầng qp₁, 11 mẫu

tầng n_1^3 , và 2 mẫu nước trong đá gốc (MZ). Tại mỗi vị trí, nước ngầm được lấy mẫu để phân tích hàm lượng đồng vị ^2H , ^{18}O , các đồng vị phóng xạ ^3H , ^{14}C và thành phần hóa nước cơ bản. Việc lấy mẫu thực hiện theo qui trình lấy mẫu phân tích đồng vị, hóa nước của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) [8].

Các đồng vị ^2H , ^{18}O , ^{13}C được phân tích bằng thiết bị phân tích tỷ số đồng vị dùng kỹ thuật laser DLT 100 (Los Gatos Inst., Mỹ) hoặc Khối phổ kế tỷ số đồng vị (IRMS). Hàm lượng các đồng vị này trong mẫu nước được biểu diễn bằng giá trị δ (delta) là tỷ số giữa sự khác biệt giữa hàm lượng đồng vị của mẫu đo so với hàm lượng đồng vị này trong mẫu chuẩn và hàm lượng đồng vị của mẫu chuẩn, và có đơn vị phần nghìn (‰). Đồng vị phóng xạ của các mẫu nước (^3H , ^{14}C) được phân tích bằng phổ kế nhấp nháy lỏng thông thấp TRI-CARB 3170/TR/SL (Perkin Elmer, Mỹ) sau khi đã được làm giàu (bằng phương pháp điện phân đối với ^3H và tổng hợp thành benzene đối với ^{14}C), hoạt độ ^3H trong mẫu nước được biểu diễn trong đơn vị TU (Tritium Unit, $1\text{TU}=0,118\text{ Bq/L}$); hoạt độ ^{14}C trong mẫu nước được biểu diễn với đơn vị PMC (phần trăm các-bon hiện đại) là tỷ số giữa hoạt độ ^{14}C trong mẫu và hoạt độ ^{14}C của mẫu chuẩn các-bon hiện đại (chuẩn oxalic acid II - ox. II, NIST, Mỹ với hoạt độ ^{14}C là $0,2147\text{ Bq/gC}$) [4,12]. Thành phần hóa nước cơ bản được phân tích bằng phương pháp quang phổ hấp phụ nguyên tử (AA 6601F, Shimazu, Nhật bản) và phương pháp so màu (UV-VIS, Jenway, Anh).

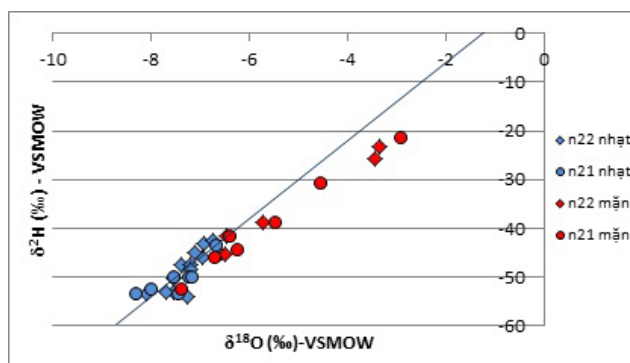
Tất cả các mẫu nước ngầm đã lấy đều được phân tích về hàm lượng đồng vị ^2H , ^{18}O , ^3H , ^{14}C và về thành phần hóa nước cơ bản tại Trung tâm Hạt nhân TP.HCM.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thành phần đồng vị bền của các mẫu nước lấy từ

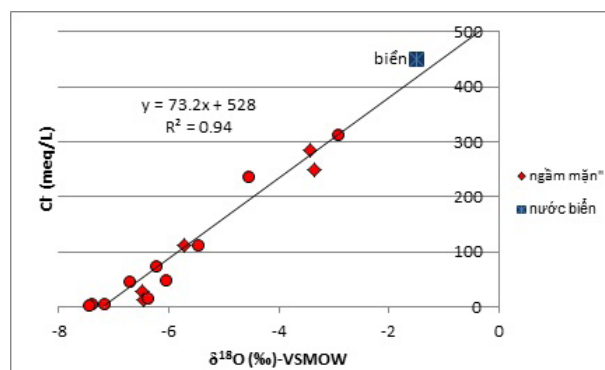
các tầng Plioxen trên và Plioxen dưới cùng với đường nước khí tượng (NKT) được biểu diễn trên đồ thị ở Hình 4.

Sự phân bố quanh và theo đường NKT của các mẫu nước ngầm chứng tỏ nước ngầm có nguồn gốc từ nước khí tượng. Nước ngầm nhạt (điểm màu xanh) có giá trị $\delta^{18}\text{O}$ thay đổi trong khoảng khá rộng (từ $-9,5\text{‰}$ tới $-6,5\text{‰}$) và tương đối nghèo cho thấy nước ngầm được hình thành từ nước khí tượng ở những thời điểm khác nhau [1,6,7]. Hiện tượng nước ngầm mặn (điểm màu đỏ) phân bố dọc theo đường NKT theo một đường thẳng tách ra từ đường NKT và cũng có giá trị thay đổi trong giải rộng cho thấy nước ngầm mặn là do sự hòa trộn giữa nước ngầm nhạt với một nguồn nước rất giàu đồng vị ^{18}O .



Hình 4: Quan hệ giữa $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ của các mẫu nước từ các tầng Plioxen ở ĐBNB

Hàm lượng ^{18}O và chlor trong nước ngầm được vẽ trong đồ thị Hình 5.



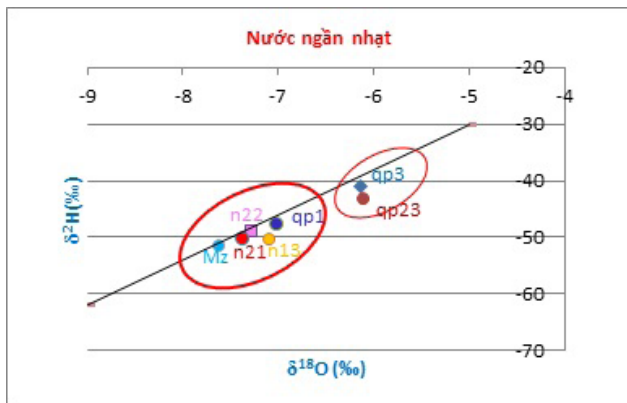
Hình 5: Quan hệ giữa $\delta^{18}\text{O}$ và hàm lượng Cl trong nước ngầm các tầng Plioxen

Đồ thị cho thấy quan hệ $\delta^{18}\text{O}$ - $[\text{Cl}^-]$ trong nước

ngầm mặn là quan hệ tuyến tính ($R^2=94\%$), có nghĩa là nước ngầm mặn chủ yếu là do các muối chlor hòa tan.

Mặt khác các điểm mẫu nước ngầm có xu hướng đi tới cực nước biển (điểm màu xanh), là mẫu nước biển (cách bờ khoảng 150km), có $\delta^{18}O = -1,5\%$ và $[Cl^-] = 450 \text{ meq/L}$. Điều đó chứng tỏ rằng, nước ngầm mặn các tầng Plioxen là do sự hòa trộn giữa nước ngầm nhạt và nước biển.

Hàm lượng 2H và ^{18}O trung bình trong nước ngầm nhạt của các tầng nước ngầm ở khu vực nghiên cứu cùng với đường NKT được biểu diễn trên đồ thị dưới đây:



Hình 6: Quan hệ giữa δ^2H và $\delta^{18}O$ trung bình của nước nhạt các tầng nước ngầm

Đồ thị này cho thấy hai nhóm tầng chứa nước với nhóm thứ nhất gồm các tầng qp_3 và qp_{2-3} trong khi nhóm thứ hai gồm các tầng qp_1 , n_2^2 , n_2^1 , n_1^3 và nước trong đá gốc. Thành phần đồng vị các tầng trong một nhóm không khác nhau nhiều nhưng lại rất khác so với nhóm kia. Điều này cho thấy giữa hai nhóm ít có khả năng có mối quan hệ thủy lực trực tiếp và ngược lại, các tầng nước ngầm trong từng nhóm có thể có quan hệ thủy lực với nhau. Kết quả tính toán bằng phương pháp thống kê Mann Whitney, một phép thử không tham số cho phép so sánh các chuỗi độc lập có kích thước khác nhau mà không có bất kỳ giả thiết sơ bộ nào (Bảng 1) cho thấy nước ngầm tầng qp_{2-3} không quan hệ thủy lực với nước trong tầng nước ngầm

qp_1 ngay bên dưới do giá trị trung bình $\delta^{18}O$ trong nước hai tầng chứa này khác nhau rõ rệt (giá trị chuẩn hóa Z là 2,10 lớn hơn giá trị giới hạn 1,96 tại $\alpha=0.05$) trong khi các cặp tầng chứa liên tiếp như qp_3 và qp_{2-3} , qp_1 và n_2^2 , n_2^2 và n_2^1 , n_2^1 và n_1^3 có quan hệ thủy lực do có giá trị chuẩn hóa nhỏ hơn giá trị giới hạn.

Bảng 1: Kết quả đánh giá quan hệ thủy lực giữa các tầng dựa trên giá trị $\delta^{18}O$ trung bình của nước trong tầng chứa bằng phương pháp Mann Whitney

Tầng chứa	Giá trị $\delta^{18}O$ trung bình (‰)	Sai số chuẩn (\pm)	So sánh giá trị $\delta^{18}O$ trung bình giữa các tầng	Z ($\alpha=0.05$)	Khác nhau giữa các giá trị trung bình
qp_3	-6.13	0.34			
qp_{2-3}	-6.11	0.85	qp_3-qp_{2-3}	-0.58	Không
qp_1	-7.03	0.41	$qp_{2-3}-qp_1$	2.07	Khác
n_2^2	-7.30	0.38	$qp_1-n_2^2$	0.64	Không
n_2^1	-7.38	0.55	$n_2^2-n_2^1$	0.53	Không
n_1^3	-7.10	0.43	$n_2^1-n_1^3$	-0.84	Không
Mz	-7.64	0.20	n_1^3-Mz	0.80	Không

Để xác định hướng và tốc độ vận động của nước trong các tầng Plioxen trên và Plioxen dưới bằng kỹ thuật đồng vị, cần thiết phải xác định tuổi và phân bố tuổi của nước.

Tuổi của nước được tính theo công thức:

$$t = \frac{\tau}{\ln 2} \ln \frac{A_0}{A}$$

Trong đó hàm lượng ^{14}C trong mẫu A được xác định trực tiếp bằng cách đo hoạt độ ^{14}C . Hoạt độ ban đầu A_0 được tính toán dựa trên giá trị hàm lượng đồng vị ^{13}C có trong mẫu trong cacbon vô cơ hòa tan và mô hình hòa trộn đồng vị trong điều kiện trao đổi đồng vị hoàn toàn với khí CO_2 trong đất đối với hệ thống kín do Gonfiantini đề xuất (mô hình Gonfiantini) [7,14]. Theo mô hình này, A_0 được xác định bằng công thức:

$$A_0 = \frac{(\delta - \delta_c)}{(\delta_G - \delta_c + \epsilon)} * \left(1 + \frac{2\epsilon}{1000}\right) * 100 \text{ (PMC)}$$

Với δ là hàm lượng ^{13}C của tổng lượng cacbon vô cơ hòa tan (chủ yếu ở dạng bicacbonat); $\delta_C (= 0)$ là giá trị ^{13}C của thành phần cacbonat có trong đất đá tầng chứa; $\delta_G (= -25\%)$ là hàm lượng ^{13}C của khí CO_2 trong đất tại thời điểm bổ cấp; và ϵ là hệ số phân đoạn đồng vị giữa bicarbonate và khí CO_2 trong đất.

Hệ số ε phụ thuộc nhiệt độ nước và được tính (trong trường hợp cacbon vô cơ hòa tan) bằng công thức:

$$\varepsilon = \frac{9552}{T} - 24.10 (\%)$$

với T là nhiệt độ nước ở đơn vị độ Kelvin [5,9,10,11].

Tiếp theo, để xây dựng sơ đồ đẳng tuổi nước ngầm, nghiên cứu này sử dụng phương pháp địa thống kê để nội suy nội suy tuổi của nước trong tầng dựa trên số liệu tuổi và độ sâu lấy mẫu của các mẫu nước ngầm có từ nghiên cứu này và số liệu có sẵn từ các nghiên cứu trước đây.

Dựa trên ý tưởng của Krige là hiệu chỉnh công thức tính giá trị trung bình cho phù hợp với thực tế bằng cách sử dụng thông tin cả trong và ngoài khối để tính giá trị trung bình gần đúng nhất của khối, G.Matheron (trường đại học Mô quốc gia Pari - Pháp) đã phát triển thành một bộ môn khoa học là địa thống kê với nguyên lý sử dụng triệt để thông tin đã có để xác định quan hệ tương quan về mặt thời gian và không gian thông qua lý thuyết biến vùng một cách hiệu quả nhất nhằm tìm ra quy luật phân bố của biến với sai số nhỏ nhất có thể.

Bộ số liệu để xây dựng sơ đồ tuổi bằng phương pháp địa thống kê được liệt kê trong Bảng 2, gồm 34 số liệu tuổi và độ sâu lấy mẫu tầng Plioxen trên, 25 số liệu tuổi-độ sâu tầng Plioxen dưới. Quá trình nội suy dựa trên hai thông số là tuổi nước ngầm và độ sâu lấy mẫu, trong đó tuổi nước ngầm là thông số chính, thông số độ sâu được dùng để hỗ trợ quá trình chạy mô hình, nâng cao độ chính xác.

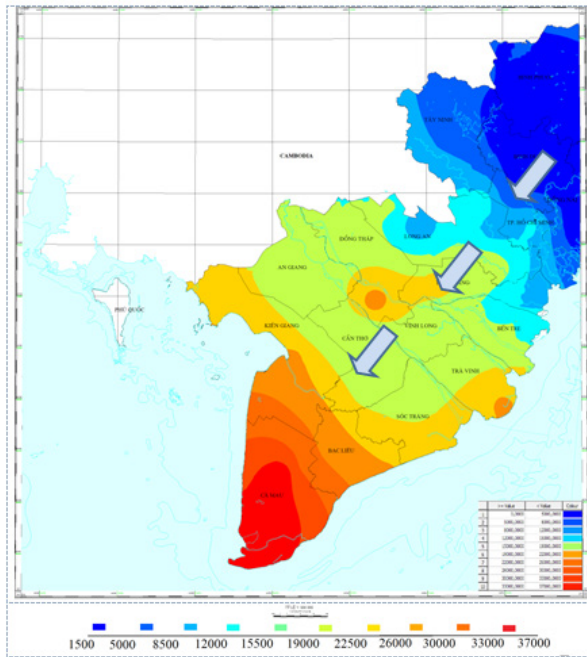
Phương pháp nội suy địa thống kê đã được số hóa thành phần mềm chuyên dụng và thực hiện trên máy tính. Các bước thực hiện như sau: i) Xử lý thông kê số liệu đầu vào (tuổi và độ sâu) để đánh giá các giá trị trung bình số học, trung bình quân phương, hàm mật độ phân phối chuẩn bộ số liệu đầu vào; ii) Phân tích variogram để định lượng

tính ổn định/liên tục hoặc sự tương quan không gian của đối tượng nghiên cứu và lựa chọn loại variogram và mô hình variogram; iii) Nội suy các giá trị tuổi của nước từ bộ các số liệu đầu vào (tuổi, độ sâu): chọn phương pháp nội suy Kriging (chỉ sử dụng số liệu đầu vào là tuổi của nước) hoặc Co-Kriging (sử dụng số liệu tuổi của nước và thông số phụ là độ sâu lấy mẫu) dựa trên hệ số hồi quy, hệ số tương quan của số liệu với giá trị nội suy, các sai số như là sai số chuẩn (SE) và sai số dự đoán (SE Prediction); iv) Xây dựng bản đồ phân bố tuổi dựa trên các số liệu đầu vào và giá trị nội suy.

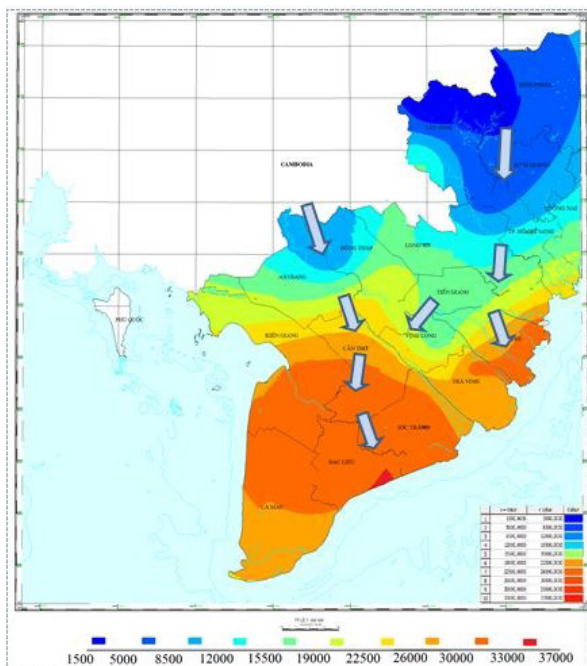
Bảng 2: Số liệu sử dụng xây dựng bản đồ tuổi các tầng Plioxen

Tầng Plioxen trên (n ₁ ')									
Mẫu	X	Y	Tuổi	Độ sâu	Mẫu	X	Y	Tuổi	Độ sâu
V8	659575	1180289	15900	200	LKC3-n22	651847	1217824	0	40
V9	652608	1168129	17900	195	KT1-A	711219	1186817	960	70
V10	654734	1149963	19800	215	Q17704T	516410	1016293	26700	236
V11	653959	1156226	21000	212	Q214030	617291	1118127	12800	272
V31	684568	1193693	15900	100	Q22104Z	618340	1250385	6700	150
V46	657952	1190117	2900	55	Q040040	715412	1189425	0	31
V48	657353	1199506	13500	168	Q223040	675879	1272485	0	11
V70	507649	1016758	39000	175	Q22404T	676610	1228819	350	65
V85	650286	1212088	17200	220	Q714040	720423	1193674	0	30
V132	617169	1149719	22400	250	Q011040	676572	1201297	9400	175
V137	662513	1212724	6300	118	Q02204Z	630917	1179593	15800	205
V153	532840	1052841	25600	200	Q206030	571842	1137282	29500	268
V157	534361	1121353	13400	236	Q32604T	667327	1159843	15700	206
V159	566441	1116878	12400	220	Q19904Z	499584	968467	37100	321
Q17704T	523019	1020718	26700	231	Q597N22	578632	1027670	22400	250
Q206030	571842	1137282	29500	268	Q217030	663811	1065470	25200	230
Q40104T	516435	1100097	25400	211	Q604050	655661	1172842	15600	194
Tầng Plioxen dưới (n ₂ ')									
V51	641982	1098099	36500	390	Q02304Z	648156	1219676	1300	115
V87	648221	1143983	17900	290	Q220050	607681	1282516	6500	158
V127	550667	1022298	29900	287	Q222040	604747	1245793	23000	205
V133	603622	1188382	15500	247	Q606060	576846	1157154	25000	320
V139	685154	1126213	34400	330	Q02704Z	585617	1204227	19700	260
V140	672455	1152021	17900	338	Q022050	630917	1179593	18600	268
V142	556261	1145009	26000	305	Q20904T	588123	1112811	46000	310
V160	565374	1114948	27400	295	Q21104Z	562633	1070141	34400	346
Q40104Z	517226	1094764	29900	282	Q32604Z	667327	1159843	21800	303
Q59704T	580241	1027368	26900	280	Q214040	617291	1118127	13200	366
Q40404Z	638496	1076961	17000	333	Q217040	663811	1065470	28000	352
Q40104Z	516435	1100097	29900	275	Q604060	655661	1172842	16900	296
Q405050	643110	1065326	26000	486	Q02704Z	585666	1206379	19700	335

Với bộ số liệu thực nghiệm như trên (Bảng 2), dùng phương pháp địa thống kê, chọn phương pháp Co-Kriging nội suy tuổi của nước ngầm sử dụng thông số bổ trợ là độ sâu lấy mẫu đã xây dựng được bản đồ đẳng tuổi nước ngầm tầng Plioxen trên (Hình 7) và Plioxen dưới (Hình 8) khu vực ĐBNB dựa trên số liệu tuổi nội suy có độ tin cậy cao (hệ số tương quan $r^2 \sim 1$).



Hình 7: Sơ đồ đẳng tuổi tầng n_2^2 và hướng vận động của nước



Hình 8: Sơ đồ đẳng tuổi tầng n_2^1 và hướng vận động của nước

Bản đồ ở Hình 7 cho thấy, nước trong tầng Plioxen trên vận động theo hướng đông bắc-tây nam với tốc độ vận động khoảng 8,0 cm/năm và thoát ra biển ở khu vực bán đảo Cà Mau; tầng chứa có miền bổ cấp là khu vực màu xanh dương đậm

thuộc các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, Tây Ninh (số liệu thực nghiệm cho thấy tại khu vực này nước có tuổi hiện đại, hàm lượng triti cao, gần bằng hàm lượng triti trong nước mưa).

Hình 8 cho thấy nước ngầm tầng Plioxen dưới vận động chủ yếu theo hướng bắc-nam với tốc độ vận động khoảng 4,6 cm/năm; thoát ra biển khu vực dọc bờ biển từ Bến Tre tới Bạc Liêu, Sóc Trăng; ngược với hướng vận động của nước và tuổi nước ngầm khu vực các tỉnh Bình Dương, Tây Ninh và Bình Phước (khoảng 1000 năm, Bảng 2) cho thấy miền bổ cấp chính của tầng này nằm ngoài lãnh thổ Việt Nam và có thể bên đất Campuchia.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy nước ngầm các tầng Plioxen ở ĐBNB có nguồn gốc từ nước khí quyển được hình thành trong những giai đoạn khác nhau, nước ngầm mặn trong các tầng chứa này là do hòa trộn giữa nước ngầm nhạt và nước mặn có nguồn gốc biển. Tầng Plioxen trên có miền bổ cấp thuộc các tỉnh miền Đông Nam bộ; tầng Plioxen dưới có miền bổ cấp bên ngoài lãnh thổ Việt Nam và do có quan hệ thủy lực với tầng Plioxen trên, tầng chứa nước này nhiều khả năng còn được bổ cấp từ nước mưa thông qua tầng Plioxen trên ở khu vực Đông Nam bộ.

Do tính không biên giới của nguồn nước, để hiểu biết tốt hơn về hệ thống nước ngầm ĐBNB cần thiết phải mở rộng khu vực nghiên cứu sang cả một số khu vực thuộc lãnh thổ Campuchia thông qua các dự án hợp tác nghiên cứu phù hợp [15].

*Nguyễn Kiên Chính, Nguyễn Văn Phúc,
Lâm Hoàng Quốc Việt, Huỳnh Long,
Trần Thị Bích Liên*

Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Craig H., 1961. Isotopic variation in meteoric water. *Sciences* 133, 1702-1703
- [2] Dansgard W., 1964. Stable isotope in precipitation. *Tellus* 16, 438-468
- [3] Gourcy L. et al., 2005. Isotopes in the Water cycle. Past, present and future of developing science.
- [4] Environmental isotope in Hydrological cycle. IAEA and UNESCO, 2000.
- [5] Isotope method for dating old groundwater. IAEA, 2013
- [6] J. Crawford, C. E. Hughes, S. Lykoudis. Alternative least squares methods for determining the meteoric water line, demonstrated using GNIP data. Elsevier, *Journal of Hydrology*, 2014.
- [7] P. K. Aggarwal, J.E. Gat, K.F.O. Froehlich, 2005. *Isotopes in the Water Cycle: Past, Present and Future of a Developing Science*. Springer.
- [8] Sampling procedures for Isotope hydrology; IAEA Water Resources Program; 1987.
- [9] Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology. 1983 Edition, IAEA, 1983.
- [10] E. Mazor, 1997. *Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology. The Applied Approach*.
- [11] STI 859, IAEA, 1992. *Isotope of Noble Gases as Tracers in Environmental Studies*.
- [12] E. Roth et B. Poty, Masson, 1985. *Methodes de Datation par les Phenomenes Nucleaires Naturels Application*.
- [13] Vũ Văn Nghi, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 1998. *Nước dưới đất Đồng bằng Nam Bộ*,
- [14] D. Louvat, H. H. Dung, IAEA TC project VIE/8/003 “Enviromental Isotope Study of Mekong Delta Groundwater (VietNam)”, IAEA – RU – 2813, December 2001.
- [15] Henry R. Anderson, Geological Survey Water-Supply Paper 1608-R. *Hydrogeologic Reconnaissance of the Mekong Delta in South Vietnam and Cambodia*.

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG CỦA MỘT VÀI LOẠI DÂY DẪN ĐIỆN PHỔ BIẾN Ở VIỆT NAM BẰNG PHÂN TÍCH PIXE

Dây cáp điện là một trong những mặt hàng thiết yếu trong sinh hoạt của mọi gia đình. Tuy nhiên, do hiện nay trên thị trường xuất hiện nhiều sản phẩm dây cáp điện kém chất lượng được gắn máng các thương hiệu nổi tiếng, nên người tiêu dùng rất dễ mua phải các sản phẩm dây cáp điện không đạt chuẩn an toàn.

Các loại dây cáp điện kém chất lượng thường được chế tạo từ kim loại đồng có nhiều tạp chất, đường kính các sợi nhỏ và thiếu số sợi nên tiết diện của ruột dẫn nhỏ hơn so với quy định làm cho điện trở dây dẫn tăng, gây tiêu hao điện năng sử dụng nhiều hơn. Chưa kể, khả năng chịu cường độ dòng điện kém do tiết diện và điện trở lớn sẽ gây quá tải và sinh nhiệt khi sử dụng, gây nguy cơ cháy nổ. Có nhiều phương pháp để phân tích thành phần các kim loại trong dây dẫn điện. Trong nghiên cứu mình, chúng tôi sử dụng phương pháp PIXE. PIXE (Phương pháp phát xạ tia X) là một phương pháp hữu ích để phân tích nguyên tố. Bằng cách sử dụng máy gia tốc hạt nhân 5SDH2 hiện đang được lắp đặt tại Đại học Khoa học ĐHQGHN (HUS), phương pháp này đã được áp dụng để ước tính tỷ lệ phần trăm kim loại trong dây dẫn điện phổ biến ở Việt Nam hiện nay.

1. GIỚI THIỆU

Hệ máy gia tốc 5SDH - 2 Pelletron được sản xuất tại hãng National Electrostatics Corporation (NEC), Mỹ và được lắp đặt năm 2011 tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐHQGHN. Với cao thế cực đại 1.7 MV, hệ máy gia tốc có khả năng gia tốc hầu hết các loại ion khác nhau với một dải năng lượng đủ rộng để sử dụng trong các phương pháp bao gồm phương pháp phân tích tán xạ ngược Rutherford (RBS), phương pháp phân tích PIXE (Particle Induced X-rays Emission), phương pháp cấy ghép ion (Ion Implantation) và phương pháp nghiên cứu phản ứng hạt nhân NRA (Nuclear Reaction Analysis).

Mục đích nghiên cứu của chúng tôi là đánh giá tỉ lệ phần trăm của các nguyên tố kim loại có trong dây dẫn điện phổ biến tại Việt Nam hiện nay. Các thí nghiệm được thực hiện trên hệ thống máy gia tốc 5SDH2 tại đại học Khoa học tự nhiên- Đại học Quốc gia Hà Nội sau đó sử dụng phương pháp phân tích PIXE (Phương pháp phân tích tia X) để cho ra tỉ lệ phần trăm hàm lượng của các nguyên tố kim loại trong mẫu.

2. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH PIXE

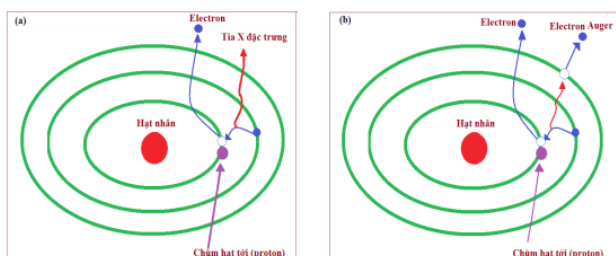
Phương pháp phân tích tia X gây ra bởi chùm hạt hay còn gọi tắt là phương pháp phân tích PIXE (Particle Induced X-rays Emission) lần đầu tiên được giới thiệu ở viện nghiên cứu công nghệ Lund năm 1970. Đây được coi là sự mở đầu cho một kỹ thuật mới trong phân tích nguyên tố.

Phương pháp phân tích PIXE bao gồm hai nội dung chính: thứ nhất là phân tích tia X đặc trưng phát ra từ trạng thái kích thích của nguyên tố; thứ hai là tính toán cường độ tia X phát ra, đồng thời suy ngược lại hàm lượng của nguyên tố đó trong mẫu đo.

Sự phát xạ tia X đặc trưng bao gồm nhiều quá trình. Đầu tiên, chùm ion tới (proton) sẽ tương tác và ion hóa nguyên tử bia bằng tương tác Coulomb, do đó tạo ra các lỗ trống ở các lớp điện tử nằm sâu bên trong nguyên tử. Tiếp theo, một hạt electron từ lớp ngoài sẽ nhảy vào để lấp lỗ trống ấy, quá trình này sẽ giải phóng năng lượng dưới dạng bức xạ điện từ (tia X đặc trưng). Tuy

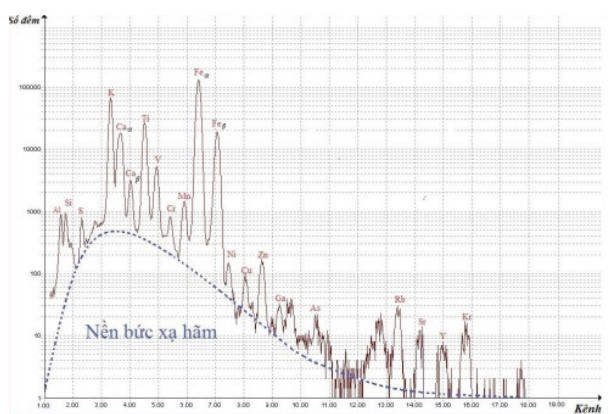
nhiên không phải điện tử nào khi nhảy vào lớp chỗ trống cũng phát ra tia X đặc trưng mà nó còn có thể phát ra electron Auger. Điều này được giải thích như sau: khi electron ở lớp ngoài nhảy vào lớp chỗ trống, nó sẽ phát ra một năng lượng, năng lượng này sẽ kích thích các electron ở lớp xa hơn. Nếu năng lượng kích thích lớn hơn năng lượng liên kết của electron ở lớp xa hơn thì nó sẽ làm bật electron ra khỏi nguyên tử. Electron này gọi là electron Auger.

Hình 1 mô tả quá trình phát tia X đặc trưng (a) và quá trình phát electron Auger (b).



Hình 1: Quá trình phát tia X đặc trưng (a) và quá trình phát electron Auger (b)

Một phổ PIXE sẽ bao gồm hai thành phần chính: các đỉnh tia X đặc trưng và nền bức xạ hãm. Hình 2 là một phổ PIXE điển hình của mẫu đất đá với đường nét liền để chỉ vị trí đỉnh tia X đặc trưng và đường nét đứt để chỉ nền bức xạ hãm.



Hình 2: Phổ PIXE của một mẫu đất

Đối với đỉnh tia X đặc trưng, giới hạn phát hiện của nguyên tố sẽ phụ thuộc vào nền bức xạ hãm liên tục. Có ba thành phần chính đóng góp vào nền bức xạ hãm đó là bức xạ hãm gây bởi elec-

tron thứ cấp, bức xạ hãm gây bởi chùm proton và bức xạ nền gây bởi gamma phát ra trong phản ứng hạt nhân nhưng bị tán xạ Compton nhiều lần trong vật chất của detector. Bức xạ hãm gây bởi electron thứ cấp có đóng góp lớn nhất vào nền bức xạ hãm liên tục, phần này được sinh ra khi electron thoát khỏi trạng thái liên kết (quá trình ion hóa) sẽ mất dần năng lượng thông qua va chạm và bị làm chậm bởi electron và hạt nhân trong bia, đồng thời giải phóng năng lượng dưới dạng bức xạ hãm. Thành phần thứ hai đóng góp vào nền bức xạ hãm liên tục là bức xạ hãm gây bởi chùm proton. Khi chùm proton đi vào trong bia sẽ tương tác và bị làm chậm bởi các electron và hạt nhân bia, đồng thời cũng tạo ra bức xạ hãm. Theo Vật lý cổ điển, cường độ bức xạ hãm sinh ra bởi một hạt tích điện sẽ tỷ lệ nghịch với độ giảm tốc của nó. Do đó, năng lượng của chùm proton càng bị suy giảm bao nhiêu thì cường độ bức xạ hãm sẽ càng tăng bấy nhiêu. Tia gamma được sinh ra bởi quá trình tương tác phản ứng hạt nhân giữa chùm proton tới với hạt nhân bia sẽ tham gia hết vào tán xạ Coulomb ở trong detector và đóng góp vào nền bức xạ hãm.

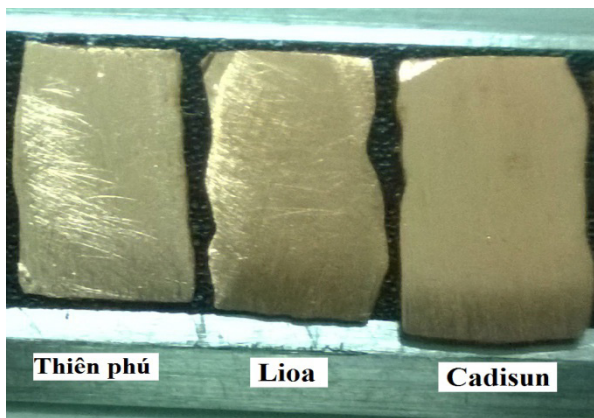
3. PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

3.1. Các bước chuẩn bị mẫu và xử lý mẫu

Chúng tôi lựa chọn ba loại dây điện phổ biến tại Việt Nam hiện nay để tiến hành thực nghiệm là: dây dẫn điện Thiên Phú, Lioa và Cadisun. Sau khi lựa chọn mẫu, việc xử lý mẫu được tiến hành theo quy trình sau:

- Chuẩn bị mẫu dây điện của 3 hãng dây điện loại dây đơn cứng 1x4.0, ghi rõ tên và phân từng loại dây.
- Mỗi mẫu dây điện ta tước phần vỏ cách điện và cắt lấy 1 thanh đồng trong lõi dây có chiều dài tối thiểu 1cm, ghi rõ tên và phân loại từng mẫu.

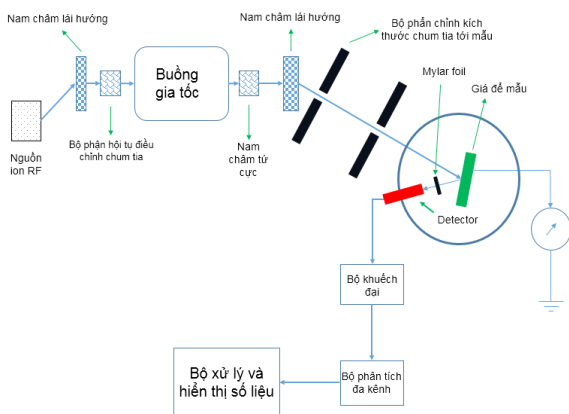
- Cán mỏng từng mẫu đồng thành những miếng đồng phẳng có kích thước khoảng 0,5x1 cm.
- Dùng giấy ráp mịn đánh sạch một mặt cần đo nồng độ tạp chất của mẫu.
- Sử dụng dung môi bằng cồn rửa sạch mẫu cần phân tích, làm sạch bụi bẩn và các tạp chất trên bề mặt do quá trình cán mỏng cũng như làm mịn mẫu đo.
- Sấy khô mẫu và dán lên giá đỡ mẫu bằng băng dính cacbon dẫn điện (Hình 3), đánh dấu vị trí và phân loại từng mẫu và tiến hành đo đạc phân tích.



Hình 3: Các mẫu chuẩn bị phân tích

3.2. Bố trí thí nghiệm

Sau khi xử lý mẫu chúng ta tiến hành phép đo. Nguồn ion được sử dụng là nguồn RF (Radio frequency). Mẫu được đặt vào giá đỡ mẫu và được bố trí như trong hình 4.



Hình 4: Sơ đồ bố trí thí nghiệm hệ máy gia tốc

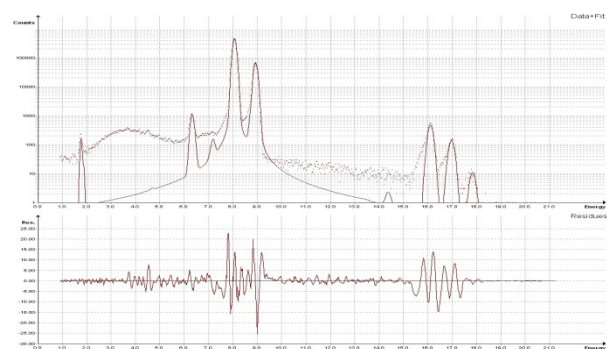
Bố trí của hệ phân tích PIXE trên hệ máy gia

tốc như ở Hình 4 bao gồm các phần chính: một collimator, một buồng phân tích được làm bằng hợp kim thép và luôn giữ ở chân không cao, nhỏ hơn 5×10^{-6} Torr trong quá trình chiếu mẫu. Giá đỡ mẫu được đặt trên hệ điều khiển vị trí sử dụng các mô-tơ cho phép dịch chuyển theo 5 phương tự do (X, Y, Z, xoay quanh trục X và xoay quanh trục Z). Tấm hấp thụ có độ dày thích hợp được lựa chọn có thể làm giảm sự ảnh hưởng của tán xạ trên bề mặt tia tới detector và giảm phong do quá trình phát xạ tia X ở các nguyên tố nhẹ như C ($Z=16$). Thông thường, tấm hấp thụ được làm bằng polymer hoặc loại có Z thấp.

Khi các ion nặng được gia tốc bắn vào bia làm phát ra tia X đặc trưng và được thu nhận bởi detector. Tín hiệu từ detector được đi tới tiền khuếch đại sẽ được khuếch đại sơ cấp và hiệu chỉnh trước khi đi vào khuếch đại chính, khuếch đại chính có nhiệm vụ khuếch đại biên độ tín hiệu đầu vào. Tín hiệu sau khi được khuếch đại sẽ được ghi nhận bởi MCA và truyền tới máy tính. Phổ PIXE được ghi nhận sẽ được phân tích trên máy tính với phần mềm chuyên dụng như GUPIX, RC43 (NEC).

4. KẾT QUẢ

4.1. Kết quả phân tích với mẫu dây dẫn điện Thiên phú

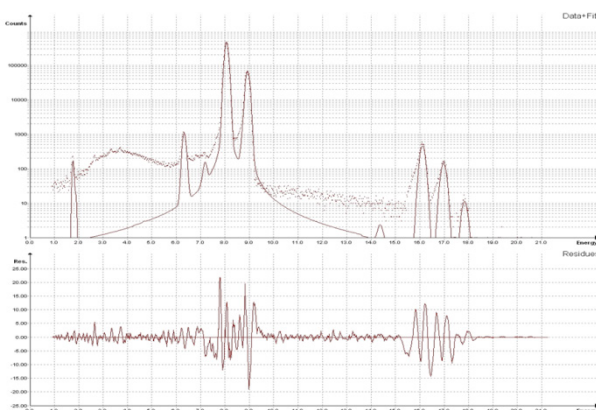


Hình 5: Phổ đã khớp của mẫu dây Thiên Phú

Bảng 1: Kết quả phân tích của mẫu dây Thiên Phú

Thành phần(Z)	Đỉnh phổ	Hàm lượng (ppm)	Sai số (%)
26 Fe	563	51.6	19.37
29 Cu	4899899	992757.6	0.20

4.2. Kết quả phân tích với mẫu dây dẫn điện Lioa

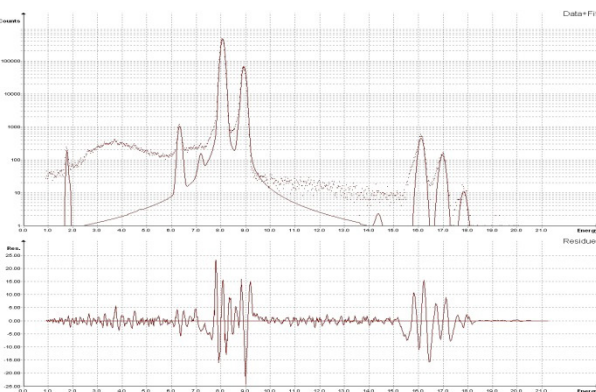


Hình 6: Phổ đã khớp của mẫu dây Lioa.

Bảng 2: Kết quả phân tích của mẫu dây Lioa

Thành phần (Z)	Đỉnh phổ	Hàm lượng (ppm)	Sai số (%)
26 Fe	563	51.6	19.37
29 Cu	4899899	992757.6	0.20

4.3 Kết quả phân tích với mẫu dây dẫn điện Cadisun



Hình 7: Phổ đã khớp của mẫu dây Cadisun

Bảng 3: Kết quả phân tích của mẫu dây Cadisun

Thành phần (Z)	Đỉnh phổ	Hàm lượng (ppm)	Sai số (%)
26 Fe	707	65.3	15.74
29 Cu	4928948	995171.7	0.20

5. KẾT LUẬN

Như vậy nhìn vào kết quả ta thấy chỉ có mẫu dây đồng Thiên phú có kết quả hàm lượng đồng vượt 99,9%. Hai mẫu dây còn lại là Lioa 99,3% và 99,5%.

Tuy nhiên kết quả trên có thể chưa hoàn toàn chính xác vì còn nhiều yếu tố ảnh hưởng dẫn đến sai số của phép đo như sai số hệ đo, sai số khớp phổ, sai số do yếu tố con người trong quá trình gia công mẫu.

Ngoài hàm lượng thì một trong các thông số khác cũng ảnh hưởng đến độ dẫn điện của dây dẫn bằng đồng, đó là cấu trúc mạng tinh thể. Các dây dẫn sau khi được kéo, thường làm biến dạng cấu trúc mạng tinh thể, làm dây dẫn ít mềm dẻo, có điện trở lớn hơn. Vì vậy thông thường sau khi kéo, các dây dẫn cần ủ nhiệt để loại bỏ các ứng suất biến dạng, kết tinh lại mạng tinh thể, làm giảm điện trở của dây dẫn.

Phương pháp phân tích PIXE chỉ cho biết thành phần hàm lượng mà không cho biết thông tin về cấu trúc mạng tinh thể. Tuy nhiên sự biến dạng của cấu trúc mạng tinh thể không ảnh hưởng lớn đến độ dẫn điện của dây dẫn.

Trần Thị Nhân

Trường Đại học Điện lực

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] TS. Nguyễn Đình Thắng: Giáo trình vật liệu điện, nhà xuất bản giáo dục.

[2] ThS. Vi Hồ Phong: Nguyên tắc hoạt động và vận hành máy gia tốc 5SDH-2 Pelletron, trường ĐH-KHTN, 2011.

[3] ThS. Nguyễn Văn Hiệu: Nghiên cứu ô nhiễm các kim loại nặng trong bụi khí ở Hà Nội bằng phương pháp phân tích PIXE trên máy gia tốc 5SDH-2 Pelletron, trường ĐH-KHTN, 2014.

[4] ThS. Nguyễn Thế Nghĩa: Nghiên cứu ứng dụng một số phản ứng hạt nhân gây bởi chùm hạt tích điện trên máy gia tốc tĩnh điện trong phân tích, trường ĐH-KHTN, 2015.

[5] ThS. Nguyễn Thị Bích Nhung: Dòng điện trong kim loại (Vật lý 11), 2014

[6] ThS. Trương Minh Tấn: Giáo trình hệ thống cung cấp điện, 2009.

[7] Phạm Văn Thịnh: Phương pháp phún xạ Magnetron RF trong chế tạo màng mỏng, 2013.

[8] Mai Văn Diệm: Phân tích hàm lượng kim loại nặng trong màu vẽ bằng phương pháp PIXE trên hệ máy gia tốc 5SDH-2 Pelletron, trường ĐH-KHTN, 2015.

MỘT SỐ THUẬT TOÁN TÁI TẠO ẢNH TRONG KỸ THUẬT CHỤP ẢNH CẮT LỚP SỬ DỤNG CHÙM TIA HÌNH NÓN

Kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón có ứng dụng rất quan trọng trong việc chẩn đoán hình ảnh trong y tế và kiểm tra không phá hủy vật liệu, đặc biệt đối với các trường hợp yêu cầu thời gian trả kết quả nhanh và mức độ chính xác cao. Để đáp ứng được yêu cầu đó, giải thuật tái tạo hình ảnh đóng vai trò rất quan trọng. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu và đưa ra đánh giá ưu nhược điểm của một số thuật toán tái tạo ảnh sử dụng trong kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón. Phương pháp mô phỏng hệ chụp ảnh cắt lớp hình nón cũng được sử dụng để tạo ra dữ liệu hình chiếu phong phú hơn, giúp nghiên cứu đánh giá được nhiều khía cạnh của các thuật toán.

1. TỔNG QUAN

Kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp vi tính (CT) đã trải qua sự phát triển nhanh chóng trong vòng 50 năm qua. Hiện nay, nó không chỉ cung cấp các hình ảnh mặt cắt ngang mà còn thêm nhiều thông tin hơn như hình ảnh vật thể ba chiều (3D) sử dụng cho chẩn đoán trong y tế và kiểm tra không phá hủy mẫu trong công nghiệp. Cho đến nay, thiết bị chụp ảnh cắt lớp CT đã trải qua 7 thế hệ. Sự phân biệt giữa các thế hệ chủ yếu thông qua hình học của chùm bức xạ chiếu vào vật, vào cấu trúc của hệ đầu dò ghi nhận bức xạ.

Hiện nay, đa phần các thiết bị chụp ảnh cắt lớp đều được thiết kế dựa trên phương pháp tạo dựng hình ảnh cắt lớp ba chiều từ các đoạn ảnh hai chiều (thế hệ CT cắt lớp thứ 3 đến thứ 6), khi đó các đoạn ảnh hai chiều của một vật thể được tạo ra bằng cách sử dụng chùm tia hình quạt hoặc chùm song song [3,4]. Để có được hình ảnh 3D với các phép quét 2D như vậy, vật phải được di chuyển theo hướng trục quay và phải thực hiện nhiều lần quét. Các thủ tục này tốn nhiều thời gian, vì nó đòi hỏi việc thu thập dữ liệu riêng biệt cho từng lần quét, tuy nhiên với các thuật toán tốt đã xây dựng được các hình ảnh đủ tốt với giá thành hợp lý. Để khắc phục các hạn chế đó và

nâng cao độ phân giải của hình ảnh, kỹ thuật chụp cắt lớp mới (thế hệ thứ 7) đã được phát triển, dựa trên phương pháp chụp cắt lớp sử dụng chùm tia bức xạ hình nón [5]. Những ưu điểm chính trong việc sử dụng các chùm tia hình nón trong kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp là: giảm thời gian thu thập dữ liệu, nâng cao độ phân giải, giảm tán xạ và giảm thời gian chiếu xạ. Với phương pháp này, toàn bộ thông tin ba chiều bên trong của đối tượng thu được và có thể được sử dụng để lấy bất kỳ hình ảnh hoặc hình ảnh cắt ngang nào từ một bộ phận nhỏ nào đó của vật. Gần đây, do sự phát triển của công nghệ đầu dò bản phẳng (FPD), CT sử dụng chùm tia hình nón (CBCT) đã được nghiên cứu và sử dụng một cách rộng rãi trong rất nhiều ứng dụng [1-5].

Mặc dù có nhiều ưu việt trong độ phân giải không gian và khả năng sử dụng, thiết bị chụp ảnh cắt lớp CT thế hệ thứ 7 vẫn chưa được sử dụng một cách rộng rãi bởi vì vẫn còn có những hạn chế cần được nghiên cứu và cải tiến trong thời gian tới. Trong tương lai, các cải tiến rất có thể sẽ được hướng tới như giảm thời gian quét; cung cấp hình ảnh đa thức (kết hợp thêm với các phương pháp khác); nâng cao độ trung thực và độ tương phản của hình ảnh; và kết hợp với các giao thức đặc

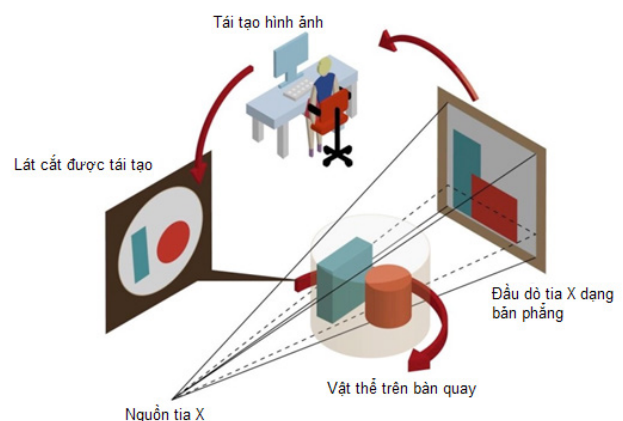
biệt cho công việc để giảm liều chiếu cho bệnh nhân hoặc người sử dụng. Ngoài ra giá của thiết bị khá đắt cũng là một trở ngại cho việc ứng dụng một cách rộng rãi hơn thiết bị này, đặc biệt là tại Việt Nam.

Ngoài việc phát triển về phần cứng, các nghiên cứu về phương pháp tái tạo hình ảnh của CBCT cũng được chú ý và phát triển. Các phương pháp có thể được đánh giá từ rất nhiều các khía cạnh khác nhau như độ chính xác, hiệu suất của việc tính toán, hình học quét và vùng được tái tạo... Kế thừa từ các thế hệ chụp ảnh cắt lớp trước, tái tạo ảnh trong CBCT cũng sử dụng hai phương pháp chính là giải tích và đại số. Các thuật toán đại số có độ chính xác cao, phổ biến nhất là thuật toán lặp (SIR), tuy nhiên yêu cầu cấu hình máy tính cao và tốn thời gian thực hiện. Các thuật toán giải tích tuy có độ chính xác kém hơn nhưng độ linh hoạt và thời gian xử lý nhanh hơn. Một trong số các thuật toán giải tích phổ biến nhất được sử dụng để tái tạo hình ảnh cắt lớp 3 chiều là Feldkamp (FDK) - thuật toán chiếu ngược có lọc với trọng số. Do thuật toán này yêu cầu quỹ đạo tròn nên chỉ có thể thu được hình ảnh tái tạo gần đúng. Tuy nhiên, đây là một trong những thuật toán quan trọng nhất đối với CBCT, thường được sử dụng trong các ứng dụng thực tế do tính đơn giản và khả năng tính toán song song, về chất lượng hình ảnh thỏa mãn trong trường hợp góc chiếu hình nón [1, 3-6].

Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu và đưa ra đánh giá ưu nhược điểm của thuật toán tái tạo ảnh chiếu ngược có lọc phiên bản Feldkamp-Davis-Kress (FDK) và thuật toán thống kê SIRT (Statistical image reconstruction) sử dụng trong CBCT, đánh giá ảnh hưởng của các hàm lọc tới chất lượng ảnh trong thuật toán FDK. Qua đó, cho thấy việc lựa chọn thuật toán FDK là phù hợp nhất trong các ứng dụng CBCT trong công nghiệp tại Việt Nam hiện nay.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong khi kỹ thuật chụp cắt lớp CT thông thường sử dụng chùm tia X hình rẽ quạt và mảng đầu dò ghi nhận bức xạ hẹp, chùm tia X trong kỹ thuật chụp CBCT được phát ra dưới dạng hình nón và được ghi nhận bởi tấm phẳng ma trận đầu dò. Nhiều hình ảnh (thường là hàng trăm) từ các góc khác nhau được chụp qua một vòng quay của bộ phát tia X và tấm phẳng ma trận đầu dò xung quanh vật thể chụp. Thuật toán và phần mềm được sử dụng để tính toán dữ liệu thể tích (voxel) dựa trên nhiều góc chụp xung quanh điểm trung tâm cố định. Kỹ thuật chụp cắt lớp CBCT được thiết kế để tập trung vào một trường không gian nhỏ hơn, chi tiết hơn. Hiện nay, việc nghiên cứu về kỹ thuật CBCT tại Việt Nam còn rất mới mẻ, các hệ thiết bị này mới được sử dụng trong công nghiệp tại một số nhà máy lớn của Samsung hay LG.. chúng ta không thể tiếp cận để có các dữ liệu hình chiếu từ hệ thiết bị thực tế. Do đó, nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo để mô phỏng một hệ CBCT với cấu hình chiếu trong đó đầu dò và máy phát tia X đứng yên, vật mẫu sẽ được quay tròn xung quanh trục vuông góc với đường nối tâm máy phát và hệ đầu dò như mô tả trong hình 1.



Hình 1. Mô hình hệ chụp cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón

Bài báo này không đề cập chi tiết tới việc mô phỏng hệ CBCT bằng MCNP6, mà chỉ coi đây là

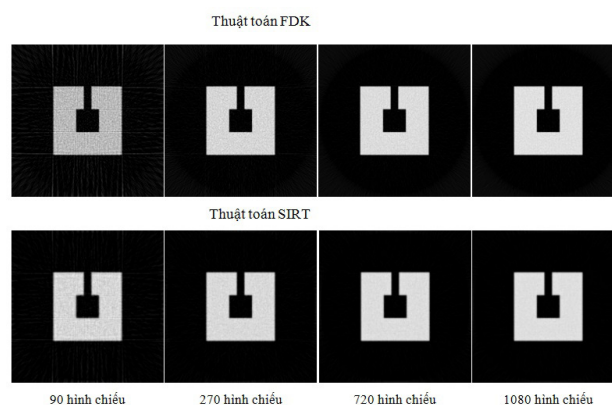
công cụ để tạo dữ liệu hình chiếu cho mục đích nghiên cứu các thuật toán tái tạo hình ảnh. Hệ CBCT mô phỏng có đặc điểm sau: Đầu dò bản phẳng có kích thước 43x43.9 cm, kích thước điểm ảnh $143\mu\text{m}\times 143\mu\text{m}$, vật liệu là CsI với bề dày của vùng tinh thể nhạy cỡ 0.3 mm; Máy phát tia X theo dạng hình nón với góc phát là 30° , có kích thước tiêu điểm $0.004\times 0.004\text{ mm}^2$, cao áp phát ra lớn nhất 240 kV; Hai vật mẫu (phantom) có dạng hình hộp chữ nhật và khối trụ, có kích thước lần lượt là $2.5\times 2.5\times 6.0\text{ cm}$ và $10\times 8\text{ cm}$, được làm bằng nhựa và nhôm. Tally F4 kết hợp với card Fmesh được sử dụng để lấy ra kết quả (thông lượng bức xạ trung bình trong một ô), điều này đáp ứng với yêu cầu đánh giá lượng bức xạ cần thiết để có thể đạt được chất lượng ảnh đủ tốt với sai số $<3\%$. Thông qua việc mô phỏng chúng tôi thu nhận được một ma trận thông lượng, tương đương với các mức xám của các điểm ảnh. Việc hiển thị ảnh được thực hiện thông qua ngôn ngữ Python.

Bộ dữ liệu hình chiếu thu nhận được từ việc mô phỏng sẽ được sử dụng để tái tạo lại ảnh của vật thể thông qua hai thuật toán chiếu ngược có lọc FDK và thuật toán thống kê SIRT. Chúng tôi sử dụng ASTRA Tool Box – một công cụ mã nguồn mở, có thể tích hợp với Matlab hoặc Python để giúp các nhà nghiên cứu, phát triển các hệ thống chụp cắt lớp [7-9] và hỗ trợ việc tái tạo ảnh. Ưu nhược điểm của hai thuật toán trên sẽ được phân tích cụ thể trong các kết quả dưới đây.

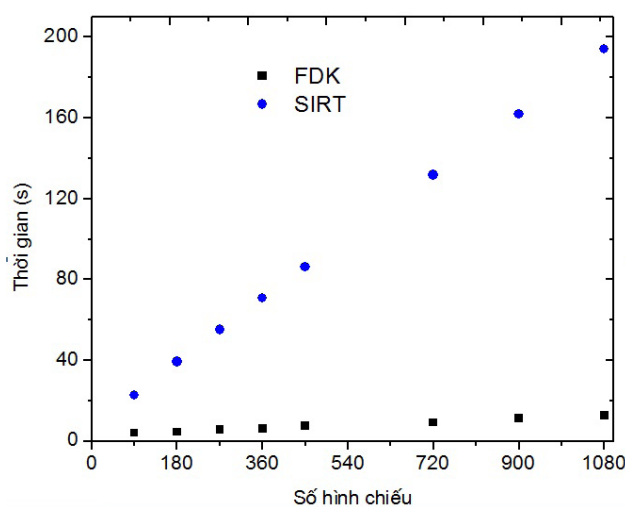
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trước tiên, chúng tôi thực hiện khảo sát chất lượng của ảnh tái tạo bằng hai thuật toán FDK và SIRT khi thay đổi số hình chiếu. Hình 2 biểu diễn ảnh mặt cắt tại tâm (kích thước $200\times 200\text{ pixel}$) của vật thể sau khi được tái tạo với các bộ hình chiếu khác nhau. Thực hiện việc tái tạo được tiến

hành trên máy Work station với cấu hình: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v4 @ 2.20GHz. Đối với thuật toán SIRT, việc tái tạo được thực hiện với cùng số phép lặp là 150 lần. Thời gian thực hiện việc tái tạo ảnh bởi hai thuật toán nói trên đối với cùng một bộ dữ liệu được ghi lại và được biểu diễn trong hình 3.



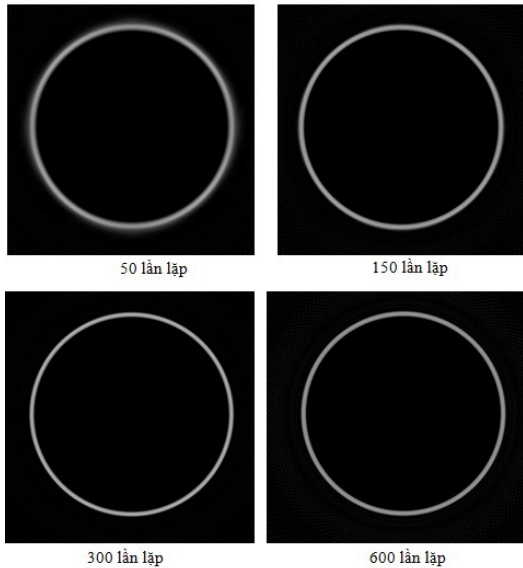
Hình 2. Ảnh tái tạo sử dụng hai thuật toán FDK và SIRT thay đổi theo số hình chiếu



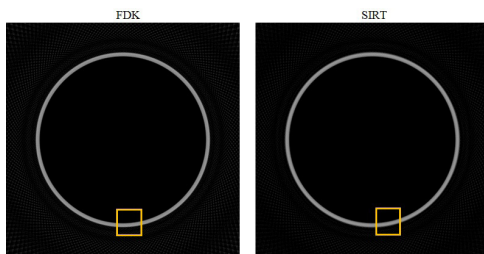
Hình 3. Sự thay đổi thời gian tái tạo ảnh theo số lượng hình chiếu đối với hai thuật toán FDK và SIRT

Từ các kết quả thu được, có thể thấy, đối với cả hai thuật toán, chất lượng của ảnh tái tạo tăng lên, nhiều ít đi khi tăng số lượng hình chiếu. Tuy nhiên, cùng với một số lượng hình chiếu, thuật toán SIRT cho ảnh tốt hơn, với số lượng hình chiếu ít vẫn có thể tái tạo ảnh đạt được chất lượng

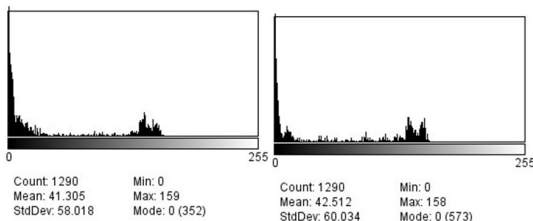
cần thiết. Khi tăng số lượng hình chiếu, thời gian tái tạo của cả 2 thuật toán đều tăng gần như tuyến tính theo số hình chiếu nhưng thời gian thực hiện của thuật toán SIRT tăng mạnh hơn thuật toán FDK.



Hình 4. Ảnh tái tạo bởi thuật toán SIRT khi tăng số phép lặp



Hình 5a. Ảnh tái tạo từ 180 hình chiếu bởi thuật toán FDK và SIRT (với số phép lặp là 400 lần)



Hình 5b. Biểu đồ Histogram của một góc ảnh sau khi tái tạo bằng hai thuật toán FDK (bên trái) và SIRT (bên phải)

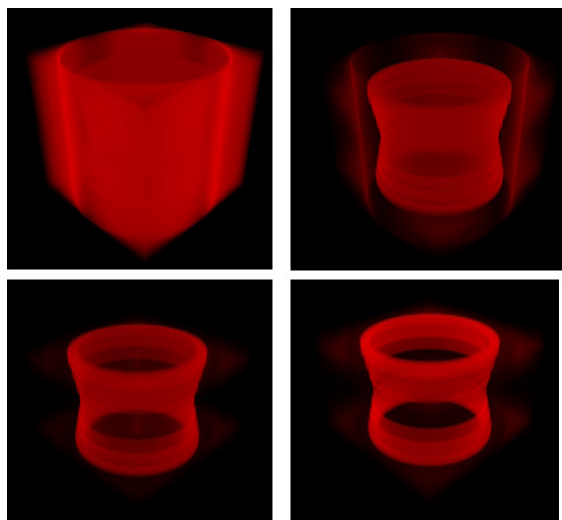
Một phantom lớn hơn với kích thước ảnh 2 chiều là 500x500 pixel được sử dụng để khảo sát chất

lượng ảnh tái tạo bởi thuật toán SIRT khi tăng số phép lặp (xem hình 4). Hình 5a hiển thị ảnh tái tạo từ 180 hình chiếu bởi thuật toán FDK và SIRT (với số phép lặp là 400 lần). Để so sánh về định lượng, biểu đồ histogram của một góc cắt của ảnh tái tạo được từ hai thuật toán được hiển thị trên hình 5b. Lúc này, thời gian thực hiện tái tạo bởi thuật toán FDK là 43.18 giây, còn đối với thuật toán SIRT (lặp 400 lần) là 1439.111 giây (23.9 phút). Khi tăng số lần lặp của thuật toán SIRT có thể thấy ảnh của vật thể rõ nét hơn, tuy nhiên khi số lần lặp lớn, nhiều ở phía ngoài rõ ràng hơn. Ảnh tái tạo của thuật toán SIRT với 3-400 bước lặp gần tương đương với ảnh của thuật toán FDK, tuy nhiên nhiều bên ngoài của thuật toán FDK cao hơn. Tuy vậy, thời gian tái tạo lên tới 23.9 phút đối với bộ dữ liệu gồm 180 hình chiếu, kích thước ảnh 500x500 pixel là rất lớn trong khi thuật toán FDK chỉ mất có 43.18 giây). Như vậy, nhược điểm lớn nhất của thuật toán SIRT chính là thời gian thực hiện lớn, yêu cầu cấu hình máy tính cao đã được khẳng định trong các tài liệu [1, 3-6]. Với việc ứng dụng CBCT trong công nghiệp cần sự linh hoạt cao và chất lượng hình ảnh tái tạo không cần quá tốt như trong các ứng dụng trong y tế thì sử dụng thuật toán FDK phù hợp hơn.

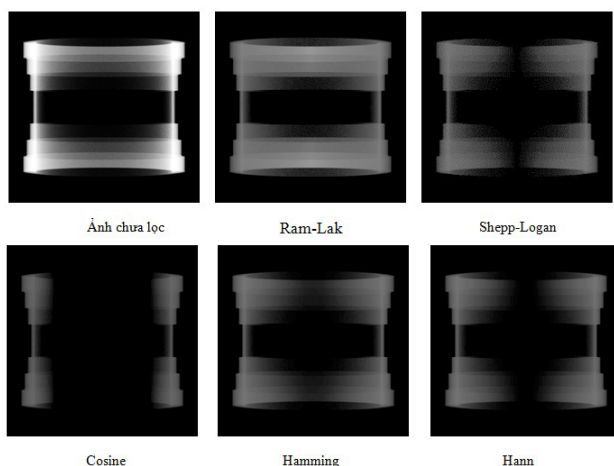
Với các phép chụp yêu cầu số lượng điểm ảnh lớn hơn thì thời gian tái tạo ảnh của thuật toán SIRT là rất lớn. Như vậy, thuật toán này chưa phù hợp với các ứng dụng yêu cầu tốc độ xử lý nhanh (dưới 10 phút). Do đó, nhóm tác giả đề xuất lựa chọn thuật toán FDK cho việc tái tạo ảnh trong các thiết bị sử dụng chùm tia hình nón. Chúng tôi thực hiện tái tạo hình ảnh 3 chiều bằng thuật toán FDK khi tăng liều chiếu lên phantom. Kết quả được hiển thị trên hình 6. Ở đây, bộ dữ liệu gồm 720 hình chiếu, với cường độ chiếu tương đối tăng dần từ trái sáng phải, từ trên xuống dưới theo tỷ lệ 1:4:8:10.

Hình 6 cho thấy, khi tăng cường độ chiếu đến một

giá trị thích hợp thì ảnh 3 chiều tái tạo bằng thuật toán FDK rõ nét hơn. Như vậy, chất lượng ảnh tái tạo không chỉ phụ thuộc vào dữ liệu hình chiếu mà còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố trong quá trình chụp (cao áp, hình học chiếu, cường độ chiếu).



Hình 6. Ảnh tái tạo ba chiều thực hiện bởi thuật toán FDK khi tăng cường độ chùm tia



Hình 7. Hình ảnh trước và sau khi sử dụng hàm lọc của ảnh tái tạo

Các hàm lọc thông thường như: Ram-Lak, Shepp-Logan, Cosine, Hamming, Hann được đưa vào để làm thay đổi chất lượng của hình ảnh tái tạo. Hình ảnh trước và sau khi sử dụng hàm lọc của ảnh tái tạo được hiển thị trong hình 7. Do mỗi hàm lọc có các đáp ứng trong miền tần số khác nhau nên ảnh hưởng tới các vùng của ảnh khác nhau. Đối

với ảnh này, hàm lọc Ram-Lak cải thiện ảnh tốt nhất. Tùy vào từng trường hợp cụ thể, chúng ta có thể chọn hàm lọc phù hợp để ảnh tái tạo hiển thị chất lượng tốt nhất.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã khảo sát một số tính chất của thuật toán tái tạo ảnh FDK và SIRT dùng cho hệ chụp ảnh cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón. Các kết quả cho thấy chất lượng ảnh tái tạo của thuật toán SIRT tốt hơn so với thuật toán FDK. Tuy nhiên, khi số lượng điểm ảnh tăng lên, để đạt được chất lượng ảnh tương đương nhau thì thuật toán SIRT thực hiện lâu hơn rất nhiều so với thuật toán FDK. Do đó, nhóm tác giả đề xuất sử dụng thuật toán FDK để tái tạo ảnh trong các hệ CBCT sử dụng trong công nghiệp với yêu cầu thời gian chụp nhanh. Bên cạnh đó, chất lượng ảnh tái tạo 3 chiều của thuật toán FDK khi tăng liều chiếu và khi sử dụng thêm các hàm lọc ảnh. Các kết quả phù hợp với các nghiên cứu khác trên thế giới.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo này được hỗ trợ nghiên cứu từ đề tài KC0.5/16-20 của Bộ Khoa học và Công nghệ; sự hỗ trợ từ Tập đoàn Mitsubishi – Nhật Bản.

*Trần Thùy Dương, Bùi Ngọc Hà,
Trần Kim Tuấn*

Đại học Bách khoa Hà Nội

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Wang, G., Lin, T. H., Cheng, P. C., & Shinozaki, D. M. (1993). A general cone-beam recon-

- struction algorithm. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 12(3), 486-496.
- [2] Xing, Y., & Zhang, L. (2007). A free-geometry cone beam CT and its FDK-type reconstruction. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 15(3), 157-167.
- [3] Jia, X., Dong, B., Lou, Y., & Jiang, S. B. (2011). GPU-based iterative cone-beam CT reconstruction using tight frame regularization. *Physics in Medicine & Biology*, 56(13), 3787.
- [4] Hsieh, J., Nett, B., Yu, Z., Sauer, K., Thibault, J. B., & Bouman, C. A. (2013). Recent advances in CT image reconstruction. *Current Radiology Reports*, 1(1), 39-51.
- [5] Pack, J. D., Noo, F., & Clackdoyle, R. (2005). Cone-beam reconstruction using the backprojection of locally filtered projections. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 24(1), 70-85.
- [6] Scherl, H., Koerner, M., Hofmann, H., Eckert, W., Kowarschik, M., & Hornegger, J. (2007, March). Implementation of the FDK algorithm for cone-beam CT on the cell broadband engine architecture. In *Medical Imaging 2007: Physics of Medical Imaging* (Vol. 6510, p. 651058). International Society for Optics and Photonics.
- [7] Scherl, H., Koerner, M., Hofmann, H., Eckert, W., Kowarschik, M., & Hornegger, J. (2007, March). Implementation of the FDK algorithm for cone-beam CT on the cell broadband engine architecture. In *Medical Imaging 2007: Physics of Medical Imaging* (Vol. 6510, p. 651058). International Society for Optics and Photonics.
- [8] Van Aarle, W., Palenstijn, W. J., Cant, J., Janssens, E., Bleichrodt, F., Dabrovolski, A., ... & Sijbers, J. (2016). Fast and flexible X-ray tomography using the ASTRA toolbox. *Optics express*, 24(22), 25129-25147.
- [9] Palenstijn, W. J., Batenburg, K. J., & Sijbers, J. (2013, June). The ASTRA tomography toolbox. In *13th International Conference on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering, CMMSE* (Vol. 2013, pp. 1139-1145).

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT KIỂM TRA KHÔNG PHÁ HỦY TRONG NGHIÊN CỨU MẪU VẬT KHẢO CỔ ĐƯỢC PHÁT HIỆN TẠI DI TÍCH AM NGOẠ VÂN (ĐÔNG TRIỀU, QUẢNG NINH)

Kỹ thuật hạt nhân được ứng dụng rộng rãi trong ngành khoa học xã hội, trong đó tiêu biểu: khảo cổ học, lịch sử nghệ thuật, phục chế, vv.. Khảo cổ học thường áp dụng các phương pháp, kỹ thuật như Phương pháp ^{14}C và ^{210}Pb , Chụp ảnh X-Ray, Chụp ảnh Gamma, Chụp ảnh Neutron, Phân tích huỳnh quang tia X, Phân tích kích hoạt neutron, Phổ phát quang, Phổ hấp thụ Nguyên tử... nhằm xác định tính chất, cấu trúc, chất liệu, kỹ thuật, hoa văn và niên đại của di vật. Năm 2017, trong cuộc khai quật tại am Ngoạ Vân, di tích được coi là thánh địa của Phật giáo Trúc Lâm, là nơi đức vua, Phật hoàng Trần Nhân Tông hoá Phật đã phát hiện một hộp đồng được nghi là hộp chứa xá lỵ của Phật hoàng (chúng tôi gọi là mẫu ANV17-AB2L1). Do tính chất quan trọng đặc biệt củ hiện vật, nên hiện trạng của hộp phải được giữ nguyên, không được mở. Vì thế, áp dụng kỹ thuật kiểm tra không phá huỷ sẽ đáp ứng được điều này mà không ảnh hưởng đến mẫu vật. Báo cáo này trình bày việc áp dụng kỹ thuật chụp ảnh phóng xạ tia X để xác định cấu trúc bên trong của mẫu vật và sử dụng phương pháp phân tích phổ huỳnh quang tia X để xác định thành phần vật liệu của mẫu. Kết quả chụp ảnh tia X mẫu vật ANV17-AB2L1 xác định có cấu trúc 2 lớp dạng là hình hộp và bên trong hộp thứ 2 có chứa 01 vật hình cầu có lỗ rỗng ở giữa và 02 vật hình que. Kết quả phân tích thành phần hoá học hộp bên ngoài cho thấy, hộp được làm bằng hợp kim đồng thiếc có độ bền cao về cơ học với tỉ lệ đồng (Cu), thiếc (Sn) và chì (Pb) chiếm tỷ lệ khoảng 95% trong đó chì chiếm đến khoảng 40% có vai trò làm tăng độ chống mài mòn cơ học và hoá học. Những kết quả phân tích bên trong cung cấp nhiều thông tin quan trọng giúp các nhà khảo cổ đư r nhận định về cấu trúc và tính chất, vật liệu, niên đại và chủ nhân của mẫu vật.

1. GIỚI THIỆU

Trên thế giới, ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong khảo cổ học thường được biết đến thông qua bảo tồn/phục dựng, xác định nguồn gốc, niên đại và chứng thực cổ vật. Các phương pháp trong kỹ thuật hạt nhân thường được áp dụng trong khảo cổ như: phương pháp nhiễu xạ tia X (XRF), phương pháp phân tích kích hoạt neutron (NAA), phương pháp kích hoạt gamma tức thời (PGAA), phương pháp xác định tuổi bằng ^{14}C và ^{210}Pb và phương pháp phát xạ tia X (PIXE), phát xạ gamma (PIGE) hay tán xạ Rutherford (RBS) được Cơ quan năng lượng nguyên tử Quốc tế tổng kết và trình bày chi tiết trong cuốn “Các kỹ thuật hạt nhân trong nghiên cứu di sản văn hoá” [1]. Ngoài

việc xác định tuổi của các mẫu vật khảo cổ có nguồn gốc hữu cơ bằng phương pháp ^{14}C , các đặc trưng của mẫu vật có nguồn gốc vô cơ như kim loại, hợp kim, gốm, sứ, vv... còn được xác định bằng nhiều phương pháp và kỹ khác nhau. Kỹ thuật kiểm tra không phá huỷ sử dụng tia X là một trong những kỹ thuật được áp dụng hiệu quả và phổ biến hiện nay đối với các mẫu vật trong khảo cổ nhằm làm rõ cấu trúc bên trong, dấu vết kỹ thuật của mẫu vật là kim loại, sứ, xương mà không cần tác động đến mẫu vật, đồng thời còn xác định được các thành phần vật liệu, từ đó đưa ra các giải đoán về mặt công nghệ cũng như các kỹ thuật, cung cấp luận cứ giúp việc đánh giá về cấu trúc, tính chất, niên đại và tình trạng bảo tồn của di vật.

Ngày nay, công nghệ và kỹ thuật hiện đại cho phép chúng ta nhìn thấu cấu trúc của hiện vật với nhiều lớp khác nhau mà vẫn giữ được nguyên trạng của hiện vật đó. Một trong những ví dụ điển hình là việc sử dụng máy chụp cắt lớp vi tính (CT) để chụp cấu trúc cuộn giấy bằng chì có niên đại 1600 năm phát hiện tại Đức. Bằng việc sử dụng công nghệ CT đã cho phép tái tạo lại hình ảnh ban đầu của cuộn giấy, đặc biệt đã khôi phục các ký tự bằng tiếng Mandaic, ngôn ngữ của một tôn giáo uyên bác thời cổ đại có từ thời chú Kito ra đời (Hình 1) [2].



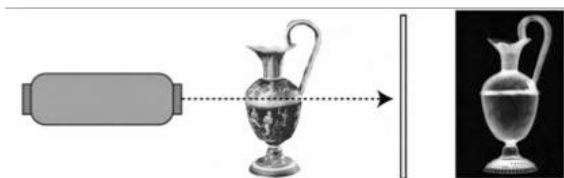
Hình 1. Cuộn giấy 1.600 năm tuổi dài 3,6cm và rộng 1,5cm rất quý giá bởi nó chứa đựng những câu kinh thánh của một tôn giáo uyên bác thời cổ đại (bên trái). Đáng tiếc là mở cuộn giấy ra cũng sẽ làm nó bị tiêu hủy. Hình bên phải là các ký tự được giải mã nhờ sử dụng công nghệ chụp CT và tái tạo lại hình ảnh. Ảnh: GE Oil & Gas Digital Solutions

Về mặt kỹ thuật, chụp ảnh phóng xạ sử dụng tia X và neutron đã trở thành những công cụ quan trọng trong nghiên cứu khảo cổ, đặc biệt là đối với vật liệu như kim loại, đồ sành sứ, giấy và tranh. Về mặt lý thuyết phương pháp chụp ảnh phóng xạ đã được phát triển từ lâu, tuy nhiên, chỉ khi cuốn Radiography of Cultural material (tạm dịch là Chụp ảnh phóng xạ vật liệu văn hoá) của Janet Lang và Andrew Middleton [3] mới có tính hệ thống, đáp ứng yêu cầu của khảo cổ học. Trong cuốn sách này, các tác giả đã trình bày khá chi tiết và tỉ mỉ về mặt phương pháp, kỹ thuật chụp ảnh phóng xạ và những ví dụ cụ thể trong bảo tồn, phục chế và chứng thực cổ vật. Ngoài ra việc xác định cấu trúc của các mẫu vật khảo cổ, liên quan đến việc xác

định đến thành phần nguyên tố cũng có rất nhiều phương pháp xác định như NNA, XRF, AAS ... đặc biệt hiện nay phát triển mạnh các công cụ như máy phân tích khối phổ (ICP-MS) phân tích nguyên tố và tỷ số đồng vị với hàm lượng cực kỳ thấp trong mẫu [1]. Chính vì vậy đối với mẫu vật khảo cổ phát hiện ở Đông Triều thì lựa chọn máy X-R y để nghiên cứu cấu trúc và XRF xác định thành phần nguyên tố đáp ứng yêu cầu không tác động, không phá mẫu.

2. XÁC ĐỊNH CẤU TRÚC CỦA MẪU VẬT

2.1 Nguyên lý chụp ảnh phóng xạ



Hình 2. Nguyên lý chụp ảnh phóng xạ sử dụng Máy phát tia X [3]

Việc thực hiện chụp ảnh phóng xạ đối với một di vật khảo cổ được thực hiện theo nguyên tắc được mô tả như trong hình 2. Cụ thể: thiết bị phát bức xạ (Máy phát tia X) đi qua mẫu vật phụ thuộc vào độ bất đồng đều và năng lượng của chùm tia bức xạ mà thiết bị ghi hình ảnh (phim X-Ray) sẽ cho ta hình ảnh của mẫu vật được thể hiện như trong hình. Chất lượng của hình ảnh phụ thuộc vào năng lượng của chùm bức xạ, bố trí hình học, các yếu tố tán xạ và phụ thuộc vào chất lượng của thiết bị ghi hình ảnh (độ mịn hay kích thước hạt của phim). Năng lượng của chùm bức xạ được sử dụng sẽ phụ thuộc vào loại vật liệu và chiều dày của mẫu vật. Chính vì thế, việc lựa chọn năng lượng hay điện áp đối với máy phát tia X dựa trên yêu cầu cũng như độ chính xác hay độ phân giải của phim sẽ là lựa chọn tối ưu cho mẫu vật mà ta quan tâm. Các chế độ tham khảo cũng như cách xác định loại vật liệu về chiều dày, thời gian

chiều chụp và lựa chọn phim chụp có thể tham khảo trong [3].

2.2 Mẫu vật số hiệu ANV17-AB2L1



Hình 3. Mẫu ANV17-AB2L1

Mẫu vật số hiệu ANV17-AB2L1 được khảo cổ học phát hiện tại am Ngoạ Vân, thị xã Đông Triều, Quảng Ninh năm 2017. Am Ngoạ Vân là nơi gắn liền với cuộc đời tu hành và hoá Phật của đức vua, Phật hoàng Trần Nhân Tông, ông vua thứ 3 của nhà Trần, người đã lãnh đạo quân dân Đại Việt đánh tan hai cuộc tấn công của đế chế Mông Nguyên cuối thế kỷ XIII, giữ vững biên cương bờ cõi của Đại Việt, xây dựng triều đại nhà Trần trở thành một trong những triều đại võ công, văn trị bậc nhất trong lịch sử Việt Nam. Năm 1299, sau thời gian nhường ngôi cho con lên làm Thái Thượng hoàng, Trần Nhân Tông xuất gia tu hành tại am Tử tiêu trên núi Yên Tử, lấy hiệu là Hương Vân Đại đầu đà, sau đó đổi thành Trúc lâm đại sĩ. Tháng 5 năm 1307, Trúc Lâm Đại sĩ lên tu tại am Ngoạ Vân trên núi Bảo Đài. Ngày 1 tháng 11 năm 1308 Trúc Lâm Đại sĩ an nhiên hóa Phật tại Am Ngoạ Vân, các đệ tử hỏa thiêu Ngài ngay tại Ngoạ Vân, thu xá lợi. Tại Ngoạ Vân đệ tử cho dựng tháp và tôn trí một phần xá lợi của Phật hoàng tại đây.

Mẫu vật ANV17-AB2L1 là một hộp chữ nhật được phát hiện tại vị trí trong một hố đen rộng 20cm-25cm, nằm sâu 25cm-30cm so với mặt đất hiện tại, tương đương với độ cao 599,6 mét so với mực nước biển. Hố được đào sâu xuống

lớp đá gốc khoảng 10-5cm, hộp nằm nghiêng, nắp hộp bị móp do chịu sự tác động của một lực khá lớn từ trước. Hộp gồm hai phần, thân và nắp, nắp được khớp kín với thân, kích thước (trên/dưới) của hộp: dài 80/83mm, cao 45/46mm, rộng 46/49mm. Toàn bộ mặt ngoài để trơn, không trang trí hoa văn, song ở đáy và hai mặt hông còn thấy rõ vết vải và dây buộc hình chữ thập (+) cho thấy, vốn hộp được bọc trong một túi vải, ngoài có dây buộc lại hình chữ thập. Bằng mắt thường cho phép suy đoán, hộp được làm bằng hợp kim đồng, tình trạng đã bị hoen gỉ. đồng thời ta cũng nhìn thấy một vết nứt lớn ở nắp trên bên thành do tác động ngoại lực lớn và một vết nứt ở góc đối xứng của nắp vỏ hộp. Các nhà khảo cổ nghi ngờ rằng, đây có thể là hộp chứa xá lợi của Phật hoàng Trần Nhân Tông bởi hình dáng và cấu trúc của hộp này khá giống với các hộp chứa xá lý Phật đã được phát hiện tại Trung Quốc cũng như tại Nhận tháp thuộc tỉnh Nghệ An của Việt Nam. Hộp chứa xá lý Phật phát hiện tại Trung Quốc thường có nhiều lớp khác nhau, đặc biệt, hộp xá lý phát hiện tại địa cung dưới lòng Bảo tháp ở chùa Pháp Môn, tỉnh Thiểm Tây, Trung Quốc [4] có cấu trúc 7 lớp. Do vậy, đối với mẫu vật ANV17-AB2L1, các nhà khảo cổ nghi ngờ rằng hộp này có thể gồm 3 lớp: lớp đồng bên ngoài và lớp thứ 2 có thể bằng bạc và lớp trong cùng có thể là lớp hộp bằng vàng.

2.3 Thiết bị chụp ảnh phóng xạ

Dựa trên những thông tin phỏng đoán là sẽ có nhiều lớp (phỏng đoán sẽ có thêm 2 hộp kim loại khác) bên trong và hình dáng bên ngoài cùng với việc tính tương đối trọng lượng hộp thì chiều dày của hộp bên ngoài bằng đồng sẽ có chiều dày khoảng từ 2-4 mm. Về tính chất của kim loại ta có khối lượng nguyên tử Fe là 56, Cu là 64, Ag là 108 và Au là 197 và mật độ tương ứng của thép, đồng, bạc và vàng là 7,874 g/cm³; 8,94 g/cm³; 10,49 g/cm³; 19,3 g/cm³. Có rất

nhiều phương pháp và kỹ thuật hạt nhân có thể áp dụng xác định cấu trúc của mẫu vật được sử dụng trong nghiên cứu Ai Cập cổ đại, Châu Mỹ cổ đại cũng như triều đại nhà Nguyên và Trung Quốc cổ đại [5]. Ngoài ra, khi dự đoán nếu có hộp bên trong bằng kim loại nặng làm bằng vật liệu bạc hay vàng thì việc chụp ảnh mẫu vật sẽ phải sử dụng loại máy chụp ảnh phóng xạ trong công nghiệp mới có thể chụp được ảnh mẫu vật này [6, 7].

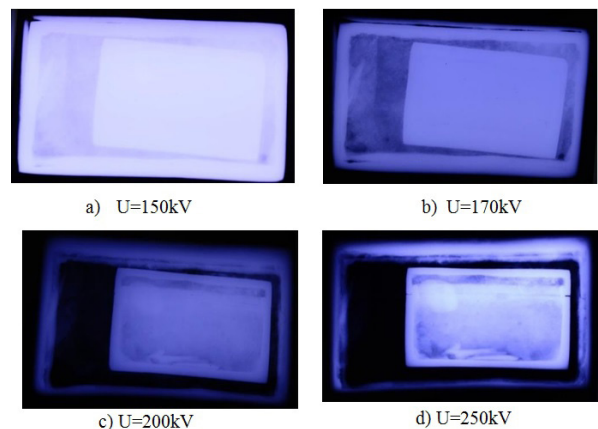
Thiết bị được sử dụng để kiểm tra cấu trúc bên trong mẫu vật là máy chụp ảnh phóng xạ trong công nghiệp X-Ray – RF-300EGM có dải điện áp làm việc từ 130-300 kV với mỗi bước điện áp là 2kV [8]. Dòng điện của ống phóng ở chế độ tiêu chuẩn là 5mV cho dải điện áp từ 160 -300kV và dòng điện là 4.5 mV ở chế độ điện áp thấp hơn 160 kV. Kích thước hội tụ của chùm tia là 2.5mm X 2.5 mm. Khoảng cách chụp tiêu chuẩn là 60 cm với chiều dày của thép là 20mm ở điện áp 170kV thì thời gian chụp của mẫu sẽ là 1phút 40 giây tính cho phim Fuji Ix 100 đạt được độ đen là 2.0.

Khảo sát các chế độ chụp

Để có thể tiến hành xác định được cấu trúc bên trong, chúng tôi thử nghiệm khảo sát với các mức điện áp khác nhau từ 150 kV; 170 kV; 200 kV và 250 kV với các khoảng cách 900 mm; 800 mm và 700 mm, tương ứng với thời gian chiếu chụp là 1 phút; 1,5 phút và 2,5 phút để xác định được chế độ chụp tối ưu nhằm xác định rõ cấu trúc bên trong củ mẫu vật, bề dày của các lớp hộp. Từ chế độ chụp tối ưu thu được cũng giúp đưa ra dự đoán chủng loại vật liệu dùng để chế tạo các lớp hộp bên trong.

Để có thể luận giải một cách rõ ràng hơn chúng ta có thể so sánh các ảnh chụp hình chiếu bằng của mẫu vật với các điện áp khác nhau từ 150kV, 170kV, 200kV và 250kV như trong hình 4 và hình 5. Trong hình 4a và hình 5a, với năng lượng

150kV ta chỉ có thể phát hiện được hai vật thể bên trong và bên ngoài cùng một nắp hộp bên ngoài bị vỡ. Ở năng lượng thấp thì nắp hộp ngoài cùng bên ngoài và thành hộp không phân biệt rõ ràng mà bị nhòe thành một. Khi tăng năng lượng lên 170kV ta thấy rõ hơn lớp phân tách của nắp đây bên ngoài và mẫu vật có độ tương phản cao hơn và phân biệt được rõ hơn vật thể bên trong. Tuy nhiên chưa thấy rõ cấu trúc của vật thể bên trong (Hình 4b).

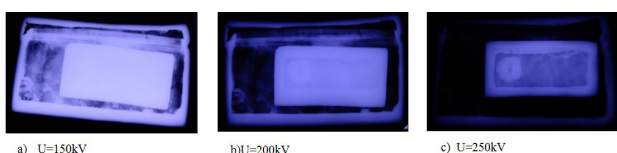


Hình 4: Ảnh hình chiếu bằng của mẫu vật được chụp với các điện áp khác nhau

Khi tăng năng lượng đến 200kV, cấu trúc của hộp bên ngoài càng rõ ràng hơn và cấu trúc bên trong của vật thể bên trong cũng dần được nhìn rõ (Hình 4c). Quan sát Hình 4c ta thấy, bên trong lớp hình hộp thứ hai có chứa các vật thể mà ở các mức năng lượng ở 150kV và 170kV ta không nhìn thấy. Có thể nhìn thấy ít nhất 3 vật thể, trong đó có một vật thể hình tròn và 2 vật thể hình que. Đồng thời trong hình 4c chúng ta cũng nhìn thấy sự tách lớp ở vị trí khớp giữa nắp với thân của hộp bên ngoài, lớp tách này không nhìn thấy khi chụp ở 150kV và 170kV. Ở Hình 4c, tức là hình chiếu bằng, ta có thể thấy sự tách biệt đó là hai hình hộp đặt rất sát nhau. Tuy nhiên khi kết hợp Hình 4c và Hình 4b thì ta không thể khẳng định ngay sát hộp bên ngoài cùng lại tồn tại một vật thể hình hộp nữa. Bởi vì nếu có tồn tại hai hộp thì trên Hình 5b sẽ tồn tại một đường màu trắng có độ dày ở trong hình 5b thể hiện rất mờ. Có hai

giả thiết xảy ra là có thể tồn tại một hộp kim loại mỏng được đặt ngay sát hộp ngoài cùng hoặc đó chỉ là hình ảnh của thành gờ nắp đậy ngoài cùng.

Khi tăng năng lượng lên 250kV, kết quả chúng ta nhìn rất rõ tách lớp của vật thể bên ngoài và đặc biệt là cấu trúc của hộp bên trong đã hiện ra rất rõ nét, đó là vật thể hình hộp chữ nhật có nắp đậy (Hình 4d) và bên trong nó tồn tại 01 vật thể hình cầu và 02 vật thể hình que. Ở đây ta có thể phân biệt rất rõ nắp đậy của vật thể bên trong. Hình 5c chiếu đứng cũng quan sát được thành gờ nắp đậy của hộp bên trong. Tuy nhiên, Hình 5c ảnh chụp hình chiếu đứng chỉ nhìn thấy một vật thể bên trong hình cầu có lỗ khuyết, không nhìn được 2 vật thể hình que.



Hình 5: Ảnh hình chiếu đứng của mẫu vật được chụp với các điện áp khác nhau

Tiến hành chụp mẫu

Để tiến hành xác định một cách chính xác hơn của vật thể bên trong về mặt không gian chúng tôi tiến hành chụp thêm một ảnh hình chiếu cạnh và đồng thời tăng thời gian chụp ở năng lượng 250kV lên 2,5 phút để kiểm tra cấu trúc sâu hơn nếu có.

Bảng 1: Kết quả so sánh mẫu vật với các hình chiếu và chế độ chụp khác nhau

TT	Chế độ chụp	Hình chiếu bằng	Hình chiếu đứng	Hình chiếu cạnh
1	U=200kV, I= 5mA D=700 mm T=1,5 phút			
2	U=250kV, I= 5mA D=700 mm T=1,5 phút			
3	U=250kV, I= 5mA D=700 mm T=2,5 phút			

Các chế độ chụp tiêu chuẩn sau khi đã khảo sát theo 2 chế độ chụp tại 200kV và 250kV tương ứng với thời gian chụp là 1,5 và 2,5 phút với mẫu vật ANV.17-AB2L1 với 3 hình chiếu bằng, đứng và cạnh được mô tả chi tiết trong Bảng 1.

Với các chế độ chụp như trên ta có thể nhìn thấy rõ cấu trúc bên trong của vật thể hình hộp chữ nhật có chứa 01 vật thể hình tròn rỗng trụ và 02 vật thể hình que. Vật thể hình tròn nằm ở phía trên gần nắp hộp còn 2 vật hình que thì nằm ở phía đáy hộp. Vật thể hình que có thể nhìn rất rõ trên ảnh của hình chiếu bằng và chiếu cạnh nhưng hầu như không nhìn thấy ở hình chiếu đứng. Kết quả chụp ở hình chiếu cạnh và chiếu bằng cho phép xác định chính xác vật thể nằm ở chỗ nào trong không gian của hộp nhưng với ở hình chiếu đứng thì không thể hiện rõ vị trí của hai vật thể hình que.

3. XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN CỦA MẪU VẬT

Để xác định thành phần vật liệu của mẫu vật ta phải tiến hành kiểm tra, đánh giá hàm lượng nguyên tố của hộp bên ngoài bằng cách sử dụng kỹ thuật tán xạ tia X là một trong những kỹ thuật phổ biến trong khảo cổ học hiện nay [9]. Với các thiết bị cầm tay sử dụng kỹ thuật tán xạ tia X sẽ linh hoạt và cung cấp kết quả nhanh nhưng vẫn đáp ứng được tính chính xác so với các kỹ thuật có như nhiễu xạ tia X hay phân tích khối phổ (ICP-MS) với thiết bị lớn, đắt tiền và không linh hoạt với các hình học khác nhau của mẫu vật và có thể sử dụng ngay tại hiện trường. Chúng tôi tiến hành kiểm tra mẫu trên hai thiết bị XRF – X-MET7500 và XRF– Amptek ADMCA. Máy phân tích phổ XRF – X-MET7500 là thiết bị cầm tay phân tích nhanh hàm lượng của Oxford Instruments có khả năng phân tích chính xác với hàm lượng từ ppm (phần triệu) đến phần trăm của hơn 40 nguyên tố phổ biến đặc biệt các nguyên tố như Fe, Cr, Mo, Cu, Ni, Sb ...[10]. Để kiểm tra

một cách kỹ lưỡng hơn chúng tôi sử dụng thiết bị XRF- Amptek ADMCA để phân tích thêm dùng để kiểm chứng kết quả phân tích của X-MET7500 làm tham chiếu [11]. Các kết quả phân tích tuy có sự sai khác phụ thuộc vào vị trí phân tích cũng như không được phép đánh bóng làm sạch bề mặt mẫu cũng làm giảm độ chính xác của phép đo. Tuy nhiên ta có thể thấy rằng có vật liệu là thành phần chủ yếu trong mẫu vật là Cu (Đồng), Sn (Thiếc) và Pb (Chì). Đây chính là hợp kim loại đồng thiếc có độ bền cao và chịu mài mòn tốt đồng thời ta cũng thấy sự xuất hiện của chì làm tăng độ mài mòn cho vật liệu. Tại sao lại có sự khác nhau chủ yếu giữa thành phần phần trăm (%) của hai nguyên tố Cu (Đồng) và Pb (Chì)? Đó có thể là sự ăn mòn về mặt hoá học của Cu lớn hơn Pb nên khi kiểm tra những nơi có độ ăn mòn hoá cao sẽ xuất hiện thành phần % của Cu thấp và những vị trí có độ ăn mòn thấp thì thành phần % của Cu cao hơn.

Bảng 2: Kết quả so sánh thành phần % nguyên tố với 2 thiết bị phân tích khác nhau

STT	Nguyên tố	Thành phần % (XRF - X-MET7500)	Thành phần % (XRF - Amptek ADMCA)
1	Pb	41,30 ± 0,531	44,167 ± 0,148
2	Cu	27,15 ± 0,086	27,312 ± 0,079
3	Sn	26,92 ± 0,243	25,438 ± 0,246
4	Fe	2,08 ± 0,038	1,761 ± 0,026
5	As	1,44 ± 0,250	0,497 ± 0,010
6	Sb	0,55 ± 0,086	0,553 ± 0,041
7	Bi	0,32 ± 0,015	N/A
8	Ag	0,21 ± 0,032	0,264 ± 0,018
9	Zn	0,03 ± 0,007	N/A

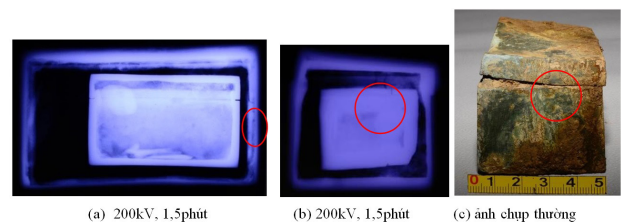
4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Qua kết quả kiểm tra về cả thành phần và cấu trúc bên trong mẫu vật ANV.17-AB2L1 chúng tôi có một vài nhận xét như sau:

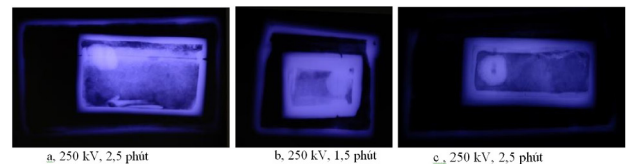
Về mặt cấu trúc, mẫu vật có 2 lớp hình hộp chữ nhật với hai hình đặt lồng vào nhau nhưng không đồng hướng, hộp bên trong đặt nằm ngang theo phương chiều đứng của hộp bên ngoài. Nếu quan sát chỉ hình chiếu đứng trong hình 5 ta không phân biệt được sự tách lớp nhưng khi nhìn hình chiếu bằng trong Hình 4d ta có thể đánh giá đó

là sự tách lớp như là hai hộp nhưng thực chất đó chỉ là hình chiếu của nắp đậy và gờ bên trong của nắp đậy hộp ngoài. Điều đó có thể minh chứng khi ta nhìn chi tiết vào bên trong hộp ngoài và so sánh hình chiếu đứng (Hình 6a) và hình chiếu cạnh chụp bằng máy ảnh thông thường như trong Hình 6b và 6c.

Hộp ngoài có kích thước dài 80/83mm, cao 45/46mm, rộng 46/49mm; chiều dày thành hộp khoảng 3mm. Hộp bên trong có kích thước 5cm x 2,3cm x 3cm; chiều dày thành hộp khoảng 3mm. Bên trong trống còn lại bên trong hộp ngoài có chứa những vật liệu nhẹ khác làm lớp đệm để hộp thứ 2 không bị di chuyển hoặc thay đổi vị trí khi bị rung lắc nhẹ (xem Hình 4b và Hình 4d). Tuy nhiên do hộp bên ngoài đã bị nứt nên có thể vật liệu nhẹ đã bị mòn hoá theo thời gian và bị đất, mòn xâm lấn nên khi bị rung lắc mạnh ta vẫn nghe và cảm nhận thấy có sự thay đổi vị trí nhỏ.



Hình 6. Hình chiếu bằng (a) và hình chiếu cạnh (b) của ảnh chụp X ray và ảnh chụp chiếu cạnh (c) bằng máy ảnh thông thường



Hình 7. Hình chiếu bằng (a), chiếu cạnh (b) và hình chiếu đứng (c) của mẫu vật được chụp ở điện áp 250 kV với thời gian chụp là 1,5 và 2,5 phút

Tương tự như thế bên trong hộp thứ 2 cũng có vật liệu nhẹ làm lớp đệm để giữ vị trí các đồ vật bên trong hộp thứ 2. Điều đó được chứng minh khi vị trí của hai vật thể hình trụ và hình que bên trong hộp thứ 2 không hề di chuyển vị trí khi ta

thay đổi tư thế chụp theo hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh (xem Hình 7a và Hình 7c). Cũng vì lý do này mà ta có thể xác định chính xác các vật thể bên trong của hộp thứ 2.

Về mặt thành phần hoá học, các nguyên tố của hộp bên ngoài dựa vào kết quả phân tích ta có thể khẳng định rằng, đó là hợp kim của đồng thiếc đây là hợp kim có độ bền cơ học cao với tỷ lệ đồng (Cu) và thiếc (Sn) chiếm tỷ trọng khoảng 70% đồng thời chì (Pb) cũng được pha vào để làm tăng độ chống mài mòn cơ và hoá học.

Ngoài ra tuy không kiểm tra được trực tiếp thành phần hoá học để xác định được vật liệu của hộp thứ 2 bên trong. Cấu trúc của hộp thứ 2 ta cũng có thể thấy rằng nó có một nắp bên trên được. Dựa vào suy đoán ở mức độ quan trọng của mẫu vật và tính chất của vật liệu chế tạo cũng như hình học và công nghệ gia công thì phương án vật liệu được sử dụng làm hộp thứ 2 sẽ bị loại trừ. Tuy nhiên có thể xác định một cách tương đối thông qua giả thuyết về mật độ khối nguyên tố của hộp thứ 2 dựa trên năng lượng và thời gian chụp cũng như tính toán độ đen của phim chụp cho ta thấy nguyên tố đó có mật độ khối lượng lớn hơn nhiều so với đồng (Cu) của hộp bên ngoài nên rất có thể là vàng (Au).

Qua những phân tích đã trình bày ở phần liên quan đến kỹ thuật chụp và phân tích nhóm tác giả cũng đưa ra một số nhận định bước đầu:

- Cấu trúc của mẫu vật có hai lớp được cấu tạo bởi hai loại vật liệu khác nhau có cấu trúc hình hộp có nắp đậy. Hộp thứ hai được đặt nằm ngang so với phương đứng ở bên trong của hộp thứ nhất. Bên trong giữa các hộp có một lớp đệm là các vật liệu nhẹ để điền đầy không gian, không làm cho hộp bên trong hoặc mẫu vật chứ bên trong đó bị thay đổi vị trí. Về mặt vật liệu, có thể khẳng định được rằng thành phần nguyên tố cấu tạo của hộp bên ngoài là loại đồng thiếc còn hộp bên trong là

loại vật liệu có khối lượng riêng nặng hơn và có thể là vàng (?).

- Bên trong hộp thứ 2 có chứa ít nhất 3 vật thể trong đó có 01 vật hình cầu có lỗ rỗng ở giữa và 02 vật hình que. Xác định được vị trí trong không gian của các vật bên trong vật bên ngoài và cả các vật bên trong hình hộp chứa vật hình cầu và hình que. Vật hình cầu nằm ở vị trí bên trên gần nắp của hộp thứ 2 và 2 vật hình que nằm bên dưới đáy của hộp. Ảnh của hai vật này được nhìn thấy bởi chùm tia năng lượng cao 250 kV trong thời gian 2,5 phút thì chắc chắn là những vật liệu có mật độ lớn và đây có thể là xương hoặc là ngọc.

- Dựa trên các cứ liệu lịch sử, vị trí phát hiện mẫu vật và đặc biệt là địa tầng phát hiện các nhà khảo cổ tin rằng, hộp phải được chôn dấu trước khi việc trùng tu di tích này vào năm 1707. Kết quả phân tích thành phần chất liệu của hộp bên ngoài đang ủng hộ giả thuyết này. Cả hai kết quả phân tích thành phần đều cho thấy, chất liệu chủ yếu của bằng hợp kim đồng (Cu), chì (Pb) và thiếc (Sn), hàm lượng kẽm rất thấp, chiếm $0,03\% \pm 0,007$, với hàm lượng này cho thấy đây hoàn toàn là thành phần kẽm tự nhiên. Trên thế giới, kẽm được sử dụng như một thành tố quan trọng trong luyện kim khoảng nửa đầu thế kỷ 18, ở Việt Nam, chúa Nguyễn ở Đàng trong cho đúc tiền kẽm lần đầu tiên năm 1746 chúa Nguyễn Phúc Khoát lần đầu tiên cho đúc tiền kẽm, nguồn kẽm chủ yếu được nhập thông qua các thương nhân Hà Lan. Với thành phần vật chất như vậy, các nhà khảo cổ tin rằng hộp được đúc trước thế kỷ 18.

- Hình dáng và cấu trúc bên ngoài của hộp, đặc biệt kết quả chụp cho phép xác định chính xác cấu trúc nhiều lớp của hộp cung cấp thêm các minh chứng để các nhà khảo cổ học cho rằng mẫu vật ANV17-AB2L1 là hộp xá ly. Vấn đề còn lại là, đây là xá ly của ai rõ ràng là vấn đề cần được các nhà khảo cổ, lịch sử văn hoá tiếp tục giải đáp.

Với những kết quả nghiên cứu mẫu vật ANV17-AB2L1 về phương diện ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong khảo cổ học, ta có thể thấy rằng việc áp dụng các phương pháp đánh giá không phá huỷ vào nghiên cứu cấu trúc cũng như xác định thành phần hoá học đóng vai trò quan trọng và không thể thiếu, đồng thời đóng góp những luận cứ khoa học giải đáp những vấn đề liên quan trong nghiên cứu di sản văn hoá.

Nguyễn Văn Anh

Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn

Phạm Ngọc Đồng

Trung tâm Đào tạo hạt nhân

Mai Thái Nam

Trung tâm Đánh giá không phá huỷ

[7] Ewelina A. Mista et al, X-Ray and neutron radiography studies of archeological object, Advanced Mechatronics Solutions, pp 187-192, 2016.

[8] EGM2-Series-AXT, Radioflex - Portable Industrial X-ray Inspection Apparatus, Rigaku Corporation, <http://www.axt.com.au/wp-content/uploads/2014/09/EGM2-Series-AXT.pdf>

[9] M. Schreiner et al, X-ray in art and archeology – An overview, International Centre for Diffraction Data 2004, Advances in X-ray Analysis, Volume 47, pp 1-17.

[10] X-MET7000 Series, Oxford Instruments, <https://www.oxford-instruments.com/OxfordInstruments/media/x-ray-fluorescence/x-met-brochures/X-MET7000-Mining-4pp-brochure-Nov2013.pdf>

[11] XRF– Amptek ADMCA, Amptek Inc., <http://www.amptek.com/pdf/fp.pdf>

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] IAEA Radiation Technology Series No.2, Nuclear Techniques for Cultural Heritage Research, Vienna, 2011.

[2] GE Report, Nhìn thâu quá khứ 1600 năm, April 11, 2017.

[3] Janet Lang and Andrew Middleton, Radiography of Cultural material, Second edition 2005.

[4] Viện Khảo cổ học tỉnh Thiểm Tây, Báo cáo khai quật khảo cổ chùa Pháp môn, Tạp chí Văn vật, quyển thượng, 2007.

[5] Pieter Meyers, Applications of X-Ray Radiography in the Study of Archaeological Objects, Archaeological Chemistry II, Advances in Chemistry, Vol 171, pp 79-96, 1978.

[6] M. Uda et al, X-ray for Archeology, Springer, 2005.

TIN TRONG NƯỚC VÀ QUỐC TẾ

THAM VỌNG CUNG CẤP NHIÊN LIỆU CHO CÁC Lò PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU BẰNG URANI ĐỘ GIÀU THẤP

Trong vài thập kỷ qua, IAEA đã hỗ trợ xóa sổ gần 3500 kg uranium độ giàu cao (high enriched uranium) khỏi các lò phản ứng nghiên cứu trên toàn thế giới như một phần trong những nỗ lực toàn cầu nhằm chống lại thảm họa hạt nhân. Theo yêu cầu của các quốc gia thành viên, IAEA giúp đỡ các lò phản ứng nghiên cứu trong việc chuyển đổi nhiên liệu thành uranium chứa hàm lượng U235 gần 20%, hay còn được biết đến là uranium độ giàu thấp (low enriched uranium) nhằm làm giảm những rủi ro liên quan đến uranium độ giàu cao.



Đảm bảo lượng uranium độ giàu cao được vận chuyển an toàn. (Ảnh: GAEC)

Trong khi hầu hết các lò phản ứng nghiên cứu được xây dựng trong khoảng những năm từ 1960 đến 1970 đều yêu cầu sử dụng uranium độ giàu cao để thực hiện các thí nghiệm dành cho nghiên cứu khoa học, nhưng ngày nay phần lớn những nghiên cứu này đều có thể được thực hiện bằng uranium độ giàu thấp, trong đó nồng độ uranium-235 chứa phóng xạ thấp hơn 20%.

Theo ông Thomas Hanlon, chuyên gia hạt nhân tại IAEA cho biết: “Các tổ chức quốc tế đã nghiên cứu thành công các giải pháp công nghệ

để chuyển đổi nhiên liệu uranium độ giàu cao thành nhiên liệu uranium độ giàu thấp trong các lò phản ứng nghiên cứu. Đây là một bước tiến trong việc chuyển đổi nhiên liệu mà không làm ảnh hưởng đến các kết quả nghiên cứu khoa học.

Ngày nay đang có khoảng 220 lò phản ứng nghiên cứu hoạt động trên 53 quốc gia và 171 lò phản ứng này được xây dựng với lõi uranium độ giàu cao, trong đó 71 lò phản ứng đang sử dụng nhiên liệu uranium độ giàu cao đã được chuyển đổi thành uranium độ giàu thấp từ năm 1978. Lò phản ứng điện hạt nhân tạo ra điện năng sử dụng uranium độ giàu thấp.

IAEA đã hỗ trợ chuyển đổi nhiên liệu uranium độ giàu cao sang uranium độ giàu thấp hoặc tái nhận uranium độ giàu cao ở Áo, Bulgaria, Chile, Trung Quốc, Cộng hòa Séc, Georgia, Ghana, Hungary, Jamaica, Kazakhstan, Latvia, Libya, Mexico, Nigeria, Ba Lan, Bồ Đào Nha, Romania, Serbia, Ukraine, Uzbekistan và Việt Nam. Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế đã giúp đỡ các quốc gia giảm thiểu uranium độ giàu cao thông qua các dự án hợp tác kỹ thuật, tiền trạm, dự án nghiên cứu phối hợp, các cuộc họp tư vấn kỹ thuật và cung cấp trang bị.

Bài học kinh nghiệm

Ghana là một minh chứng cho việc đã chuyển đổi thành công lò phản ứng nguồn neutron thu nhỏ (MNSR) hay được biết đến là Lò phản ứng nghiên cứu Ghana-1 (GHARR-1) với sự giúp đỡ của IAEA. Năm 2017, GHARR-1 trở thành nghiên cứu điển hình cho các quốc gia vận hành lò phản ứng nguồn neutron thu nhỏ (MNSR) khác. Ủy ban Năng lượng nguyên tử Ghana (GAEC) đã

xây dựng một cơ sở đào tạo MNSR quốc tế cho phép các học viên đến từ các quốc gia được tham gia thực hành trích xuất uranium độ giàu cao từ bể lò phản ứng.

Ông Benjamin Nyarko, Tổng giám đốc GAEC phát biểu: “Với độ giàu ít hơn, chúng tôi đang giảm sự phụ thuộc vào nguyên liệu Uranium và làm cho việc vận hành trở nên an toàn hơn. Việc giảm độ giàu của uranium từ 90,2% xuống còn 13% đi kèm với sự đột phá trong công nghệ đã giúp tăng công suất của lò phản ứng lên hơn 10%.

Năm 2018, Nigeria chỉ hoạt động lò phản ứng nghiên cứu Nigeria Research Reactor-1 (NIRR-1) trong quá trình loại bỏ uranium độ giàu cao và chuyển sang dùng uranium độ giàu thấp. IAEA đã hỗ trợ quốc gia này trong việc chuyển đổi cũng như đào tạo nhân viên chủ chốt và chia sẻ kinh nghiệm của các quốc gia khác. Để thực hiện chuyển đổi lò phản ứng, các chuyên gia của Nigeria đã tiến hành một đợt thử loại bỏ uranium độ giàu cao tại trung tâm đào tạo Ghana. Sau khi lò phản ứng Nigeria được chuyển đổi thành công, hiện nay ở châu Phi không còn lò phản ứng nghiên cứu sử dụng nhiên liệu uranium độ giàu cao.



Các chuyên gia đang thử nghiệm tại cơ sở đào tạo của Ghana từ MNSR. (Ảnh: GAEC)

Quá trình chuyển đổi đòi hỏi nhân viên và các thiết bị phải tuân thủ theo những quy tắc được tạo ra một cách khắt khe nhất. Bước phức tạp nhất trong cả quy trình là sử dụng xe tải, tàu hoặc máy bay để vận chuyển uranium độ giàu cao. Khi nhiên liệu uranium độ giàu cao đến đích sẽ được

bảo quản theo tiêu chuẩn an toàn hoặc pha loãng để làm giảm độ giàu.

Rosamel Muñoz Quintana, Trưởng phòng Truyền thông doanh nghiệp tại Ủy ban Năng lượng hạt nhân Chile phát biểu: “Năm 2010, chúng tôi đã vận chuyển khoảng 14 kg uranium độ giàu cao từ Chile sang Mỹ. Đây là hoạt động cuối cùng trong chuỗi 3 hoạt động.” Ông cũng cho biết thêm: “Vận chuyển là công đoạn được chú trọng nhất. Toàn bộ xe tải và máy bay chuyên dụng được sử dụng cũng như tất cả các biện pháp an ninh và bảo vệ bức xạ cần thiết được áp dụng ở mức độ cao nhất”

Chuyển đổi lò phản ứng nghiên cứu sử dụng uranium độ giàu thấp

Công việc vẫn tiếp tục duy trì. Mặc dù 71 lò phản ứng nghiên cứu đã chuyển sang sử dụng uranium độ giàu thấp và 28 lò phản ứng khác sử dụng nhiên liệu độ giàu cao đã ngừng hoạt động tuy nhiên 72 lò phản ứng khác vẫn được cung cấp uranium độ giàu cao nhằm mục đích nghiên cứu khoa học.

Ông Han Hanlon cho rằng: “Để tìm ra giải pháp tối ưu hóa công suất cho lò phản ứng sử dụng uranium độ giàu thấp trong cùng một không gian được thiết kế ban đầu cho uranium độ giàu cao cần đến rất nhiều nghiên cứu sáng tạo. Điều đó giống như việc bạn cố gắng pha một tách espresso có độ đậm đặc như bạn đã từng uống với một lượng nước chứa trong tách như trước, nhưng phải sử dụng ít hạt cà phê hơn.

Bài viết này cũng được giới thiệu trong Bản tin IAEA về Lò phản ứng nghiên cứu được xuất bản vào tháng 11 năm 2019.

***Trần Thiện Phương Anh (dịch)
Ban Kế hoạch và Quản lý khoa học***

Nguồn: <https://www.iaea.org/newscenter/news/countries-move-towards-low-enriched-uranium-to-fuel-their-research-reactors>

CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN: MA-RÓC ĐẨY LÙI DỊCH TAY CHÂN MIỆNG

Năm ngoái, cơ quan thú y Ma-rốc đã thành công trong việc sử dụng các công nghệ có nguồn gốc hạt nhân nhằm xác định chủng vi-rút mới gây bệnh lở mồm long móng (FMD), một bệnh rất dễ lây lan ở động vật. Với sự trợ giúp của IAEA và Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO), các chiến dịch tiêm chủng đã được thực hiện ở quốc gia này, đem lại kết quả khả quan khi trong suốt một năm qua chưa ghi nhận thêm trường hợp nào mắc bệnh lở mồm long móng.



Vi-rút FMD rất dễ lây lan và gây hại đến các loài gia súc và động vật nhai lại, để lại hậu quả nghiêm trọng đến an ninh lương thực và kinh tế. Ngành chăn nuôi của Ma-rốc có tới 29 triệu gia súc, cừu, dê và lạc đà, chiếm gần 13% GDP nông nghiệp.

Tháng 1 năm 2019, dịch lở mồm long móng bùng phát ở một số tỉnh. Số lượng gia súc bị nhiễm bệnh nhanh chóng lan rộng trong năm địa phương. Đối với mỗi trường hợp được xác định dương tính với virus, tất cả vật nuôi trong bán kính 3 km đều bị tiêu hủy và các chốt giám sát trong vòng 10 km được lập ra nhằm ngăn chặn nạn buôn bán động vật và chế phẩm có nguồn gốc từ động vật.

Để kiểm soát sự lây lan của dịch bệnh, phòng thí nghiệm phân tích và nghiên cứu khu vực Casa-blanca (LRARC) đã sử dụng các kỹ thuật có nguồn gốc hạt nhân để có những phân tích về trình tự di truyền gen nhanh chóng và chính xác

nhất. Các kỹ thuật truyền thống sẽ mất nhiều thời gian hơn trong việc xác định bệnh, dẫn đến số lượng động vật bị nhiễm bệnh tăng lên và phát sinh chi phí liên quan đến dịch bệnh.

Ông Ivancho Naletoski, Cố vấn Thú y tại Bộ phận FAO / IAEA Kỹ thuật hạt nhân trong thực phẩm và nông nghiệp cho rằng: “Thách thức thực sự đối với các cơ quan thú y quốc gia là phải xác định các ổ dịch có được gây ra bởi cùng một loại vi-rút FMD đã được phát hiện vào năm 2015 trong đợt bùng phát trước đó hay không.”

Năm 2017, các chuyên gia của IAEA / FAO với sự hỗ trợ từ chương trình hợp tác kỹ thuật của IAEA, đã đào tạo 10 nhân viên phòng thí nghiệm thú y từ Morocco và trang bị cho họ các thiết bị và vật tư để chẩn đoán bệnh và các biện pháp kiểm soát cũng như ứng phó. Các học viên bao gồm các nhân viên từ phòng thí nghiệm LRARC, những người đã xác định thành công chủng FMD mới vào đầu năm 2019 bằng cách sử dụng các kỹ thuật mới có được và hệ thống phân tích trình tự gen được phát triển bởi FAO / IAEA.

Ngay sau khi dịch lở mồm long móng, bộ gen virus cụ thể đã được phòng thí nghiệm thú y Ma-rốc giải trình tự gen phân tích và so sánh với các chủng hiện hành tại địa phương. Phòng thí nghiệm LRARC đồng thời gửi mẫu để phân tích trình tự di truyền gen đến Phòng thí nghiệm Thú y (ANSES) ở Maisons-Alfort, Pháp, đơn vị đã xác định thành công vi-rút FMD nhằm xác nhận chẩn đoán.

Ngài Naletoski cho rằng: “Phát hiện chủng vi-rút là bước đầu tiên của các cơ quan thú y quốc gia trong trường hợp dịch bệnh bùng phát. Cần thiết phải phát triển một loại vắc-xin đặc trị vì mỗi chủng cần một loại cụ thể.”

Sau khi chủng mới và vắc-xin được xác định, cơ quan thú y Ma-rốc đã thực hiện các chiến dịch tiêm phòng thành công, dẫn đến việc ngăn chặn

nhanh chóng sự lây lan của bệnh. Các chiến dịch tiêm phòng đại trà bắt buộc đối với động vật nhai lại như gia súc, dê và cừu đã được thực hiện miễn phí cho nông dân trong cả nước. Chiến dịch này đã giúp tăng cường khả năng miễn dịch của động vật và đã ngăn chặn sự lây lan của virus.

“Theo ông Fatiha El Mellouli, Trưởng phòng Dịch vụ Thú y và Thực vật tại LRARC: “Trình tự bộ gen được IAEA chuyển đến phòng thí nghiệm cho phép chúng tôi nhanh chóng xác định được các chủng lưu hành trong nước và đưa ra phương án kiểm soát dịch bệnh phù hợp”.

Một năm sau, những nỗ lực đã mang lại những lợi ích thiết thực cho nông dân, nhà sản xuất và xuất khẩu động vật và chế phẩm từ động vật ở Morocco. Chương trình kiểm soát FMD quốc gia được Tổ chức Thú y Thế giới (OIE) xác nhận từ năm 2012 vẫn đang được duy trì và tiếp tục nỗ lực cải thiện sức khỏe động vật và giải quyết những vấn đề thương mại liên quan.

KHOA HỌC

Giải trình tự gen

Giải trình tự là một kỹ thuật có nguồn gốc hạt nhân, phân tích cách thức sắp xếp thông tin axit nucleic (RNA và DNA) bên trong mầm bệnh. Trình tự di truyền mô tả thành phần của vật liệu di truyền, giúp các nhà khoa học dự đoán chức năng của gen được phân tích, tác động của nó đến mầm bệnh. Điều này không chỉ giúp chẩn đoán bệnh mà còn có thể xác định nguồn gốc và sự tiến hóa của nó, cũng như mối nguy hiểm tiềm tàng.

Các công cụ và kỹ thuật có nguồn gốc hạt nhân như vậy thường được sử dụng để phân tích phylogeny của nhiều bệnh như bệnh dại, bệnh Brucellosis, Ebola, bệnh lở mồm long móng và các bệnh khác.

PCR

Phản ứng chuỗi polymerase (PCR) là một kỹ

thuật có độ nhạy và độ chính xác cao, rất phù hợp để xác định nhanh các mầm bệnh động vật và động vật, như vi khuẩn và virus. Kỹ thuật này sử dụng một loại enzyme để nhân lên một vùng di truyền cụ thể của mầm bệnh RNA RNA / DNA hàng tỷ lần chỉ trong nửa giờ. Các nhà khoa học phát hiện và theo dõi sự khuếch đại di truyền này thông qua các đồng vị phóng xạ hoặc bằng cách đếm các phân tử huỳnh quang gắn liền với các chuỗi gen được tạo ra.

*Trần Thiện Phương Anh (dịch)
Ban Kế hoạch và Quản lý khoa học*

Nguồn: <https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-technologies-keep-morocco-free-of-foot-and-mouth-disease>

IAEA GIỚI THIỆU CHƯƠNG TRÌNH HỌC BỔNG MỚI HỖ TRỢ PHỤ NỮ BẮT ĐẦU SỰ NGHIỆP TRONG NGÀNH HẠT NHÂN

Ngày 9/3/2020, IAEA đã giới thiệu 1 chương trình Học bổng mới cung cấp hỗ trợ cho những phụ nữ trẻ có dự định phát triển sự nghiệp trong các ngành khoa học hay công nghệ hạt nhân. Chương trình được đặt tên theo nhà khoa học đã 2 lần giành giải Nobel Marie Sklodowska Curie này được giới thiệu với mục đích tăng số lượng phụ nữ nghiên cứu và học tập trong các ngành khoa học, công nghệ và ngăn chặn phổ biến vũ khí hạt nhân thông qua học bổng và cơ hội thực tập.

Chương trình này đã được Tổng Giám đốc IAEA, Ông Rafael Mariano Grossi giới thiệu trong sự kiện chào mừng Ngày Quốc tế phụ nữ của cơ quan này tại Vienna, ngày 9/3/2020. Ông Grossi cho biết: “Sự hiện diện của phụ nữ trong lĩnh vực hạt nhân hiện nay vẫn rất hạn chế, và điều đó là khó chấp nhận. Khoa học và công nghệ hạt nhân ngày nay giúp các quốc gia chiến đấu chống lại rất nhiều thách thức, do đó, nhu cầu về các chuyên gia trình độ cao là rất lớn và còn tăng

trong tương lai.

Đại sứ thường trực của Ba Lan tại Liên Hợp Quốc ở Vienna, bà Dominika Anna Krois và Đại sứ thường trực của Pháp, ông Xavier Sticker đã phát biểu tại sự kiện trên với tư cách là hai nước chủ nhà của chương trình học bổng.

Để tưởng nhớ cuộc đời của Sklodowska Curie, khi bà rời Ba Lan vào năm 24 tuổi và đi học ở Paris, bà Krois phát biểu: “Chương trình học bổng sẽ tôn vinh một phụ nữ phi thường, một nhà khoa học lừng danh đã giành được 2 giải thưởng Nobel. Ba Lan sẽ có nhiều cách để hỗ trợ chương trình này khi IAEA đề xuất”.

Ông Sticker cũng cho biết: “Marie Sklodowska Curie là phụ nữ đầu tiên đạt được học viện Tiến sĩ tại Đại học La Sorbonne và cũng là phụ nữ đầu tiên dạy học tại đây. Những gì tôi nhớ về cuộc đời Bà không chỉ có những thành tích, mà còn ở những gì Bà đã cống hiến. IAEA sẽ nhận được phần đóng góp của Pháp thông qua Cơ quan năng lượng nguyên tử của Pháp và chúng tôi sẽ đảm bảo rằng những sự hỗ trợ này còn mở rộng ra khỏi các lĩnh vực tư nhân”.



Ra mắt Chương trình học bổng IAEA Marie Skłodowska-Curie được tổ chức tại trụ sở IAEA ở Vienna, Áo, ngày 9 tháng 3 năm 2020. (Ảnh: D. Calma / IAEA)

Ngoài 2 Đại sứ Krois và Sticker, trong buổi lễ của IAEA còn có sự hiện diện của rất nhiều đại diện đến từ các nước thành viên khác bày tỏ sự cảm kích với Giám đốc cơ quan này về chương

trình học bổng chắc chắn và kịp thời này, trong đó có thể kể đến các nước như Bỉ, Canada, Trung Quốc, Nhật, Kuwait, Ma Rốc, Hà Lan, Pakistan, Paraguay, Anh, Mỹ và Uruguay.

Trong sự kiện này, cháu gái của Marie Sklodowska Curie, nhà vật lý hạt nhân Helene Langevin-Joliot cũng gửi một đoạn phim ghi lại sự ủng hộ của mình đến cho chương trình, trong đó có đoạn: “Marie Sklodowska Curie luôn tin vào sự bình đẳng về năng lực giữa nam và nữ trong khoa học. Bà chắc chắn luôn hy vọng vào sự phát triển vượt bậc về vai trò của phụ nữ trong ngành này”.

Nhà vật lý hạt nhân người Argentina, người đã đoạt giải thưởng L’Oreal-UNESCO giành cho phụ nữ làm khoa học, Karen Hallberg đã nhắc lại thông tin từ UNESCO rằng chỉ có 30% các nhà khoa học trên thế giới là phụ nữ. Và cũng nhắc đến những định kiến về giới tính trong khoa học và các bằng chứng khoa học về những tin đồn về sự liên quan giữa giới tính đến bộ não: “Ảnh hưởng của giới tính đến bộ não cũng chẳng khác gì các cơ quan khác như tim, thận hay gan”.

IAEA sẽ cung cấp một khoản học bổng tối đa 2 năm cho các phụ nữ theo học các ngành khoa học, công nghệ và chống phổ biến vũ khí hạt nhân. Người nhận học bổng đồng thời cũng có cơ hội được thực tập tại IAEA.

Thục Phương, An Thái
Viện Công nghệ xạ hiếm

Nguồn: https://www.iaea.org/newscenter/news/new-iaea-fellowship-to-support-women-in-starting-careers-in-nuclear?fbclid=IwAR2uGBOzV2ILfYmdrOll02Kp581Gqi8wxAc88h9Db6_OERgbgKZuBUfwNU

VIRUS COVID-19 ĐƯỢC PHÁT HIỆN NHƯ THẾ NÀO KHI SỬ DỤNG REAL TIME RT-PCR?

Do virus gây bệnh COVID-19 lây lan trên toàn

thế giới, IAEA, hợp tác với Tổ chức Nông lương Liên Hợp Quốc (FAO), đang cung cấp hỗ trợ và chuyên môn của mình để giúp các quốc gia sử dụng phản ứng tổng hợp chuỗi phiên mã ngược (Reverse polymerase- polRT-PCR), một trong những phương pháp chính xác nhất trong phòng thí nghiệm để phát hiện, đánh giá và nghiên cứu virus corona.

Vậy real time RT-PCR là gì? Nguyên lí của kĩ thuật Real time PCR? Và nó có liên quan gì đến công nghệ hạt nhân? và đây là một tổng quan hữu ích về kĩ thuật, cách thức hoạt động và một vài chi tiết giới thiệu về virus và di truyền.

Real time RT-PCR là gì?

Real time RT-PCR là một phương pháp dựa trên ứng dụng của hạt nhân để phát hiện sự có mặt vật chất di truyền đặc trưng của các loại mầm bệnh, bao gồm cả virus. Chìa khóa chính trong kĩ thuật real time- PCR chính là chất phát huỳnh quang (đồng vị phóng xạ). Chất phát huỳnh quang được gắn lên vật liệu di truyền đích, sau mỗi chu kì phản ứng, cường độ ánh sáng phát ra tăng lên. Do vậy, kĩ thuật real time PCR cho phép phát hiện và định lượng trực tiếp sản phẩm PCR sau mỗi chu kì phản ứng, thông thường kết quả PCR được báo cáo cuối chu trình phản ứng, nhuộm huỳnh quang.

Hiện nay, real time RT-PCR là phương pháp đang được sử dụng phổ biến nhất để phát hiện coronavirus, nhiều quốc gia vẫn cần hỗ trợ trong việc thiết lập và áp dụng kĩ thuật này.

Virus là gì? Vật liệu di truyền là gì?

Một virus là một loại kí sinh trùng siêu nhỏ, vật liệu di truyền của chúng được đóng gói và bao quanh bởi một lớp vỏ phân tử. Vật liệu di truyền có thể là DNA hoặc RNA.

DNA là phân tử mang thông tin di truyền dạng sợi đôi được tìm thấy trong hầu hết các sinh vật,

chẳng hạn như động vật, thực vật và vi rút, và nó mang mã di truyền, hoặc bản sắp xếp mã di truyền từ đó quy định cách tạo ra và phát triển của các sinh vật.

RNA là phân tử mang thông tin di truyền dạng sợi đơn, được sao chép, phiên mã và dịch mã tạo thành protein mang chức năng từ mã di truyền ban đầu. Do vậy, chúng có thể tổng hợp và mang chức năng nhất định giúp cơ thể sinh trưởng và phát triển. RNA có nhiều loại phù hợp từng loại chức năng: ARN thông tin (Marn), ARN ribosome (rARN) và ARN vận chuyển (tARN).

Vật chất di truyền của một vài virus như coronavirus (SARS-Cov2) chỉ chứa RNA, chúng xâm nhập vào các tế bào khỏe mạnh để nhân lên và tồn tại. Khi ở trong tế bào chủ, RNA của virus corona được nhân lên và tạo sản phẩm đích giúp chúng kiểm soát và tái lập trình lại tế bào chủ để tế bào chủ trở thành nơi sản xuất virus tiếp theo.

Để sớm phát hiện virus corona trong cơ thể bằng phương pháp realtime RT-PCR các nhà khoa học cần phải chuyển đổi RNA thành DNA. Đây là một quá trình gọi là phiên mã ngược. Phiên mã ngược phải được thực hiện vì chỉ DNA có thể được sao chép hoặc khuếch đại – chìa khóa quan trọng để thực hiện phản ứng real time RT-PCR để phát hiện virus.

Các nhà khoa học tiến hành phiên mã ngược và khuếch đại đoạn DNA đặc trưng của virus lên hàng trăm ngàn lần. Việc khuếch đại rất quan trọng tạo ra 1 lượng đủ lớn DNA để phát hiện sự xâm nhập của virus thay vì cố gắng phát hiện một lượng virus cực nhỏ trong số hàng triệu chuỗi thông tin di truyền.

Làm thế nào để real time RT-PCR phát hiện được coronavirus?

Mẫu phẩm được thu từ các bộ phận của cơ thể bị virus corona xâm nhập như dịch mũi hoặc cổ họng. Mẫu phẩm được xử lý bằng dung dịch

hóa học để loại bỏ hỗn hợp vật liệu di truyền của người và RNA của virus corona, nếu có.

RNA được phiên mã ngược sang DNA bằng enzyme đặc trưng. Ngoài ra, các nhà khoa học sau đó bổ sung một số thành phần đặc biệt (marker), chỉ có khả năng gắn vào DNA của virus được tạo ra. Do vậy, trong quá trình khuếch đại, các DNA virus sẽ được phát hiện dựa vào thành phần đặc biệt này.

Hỗn hợp phản ứng sau đó được đặt trong máy RT-PCR. Các chu trình nhiệt nóng và lạnh của máy được thiết lập phù hợp với các phản ứng hóa học để tạo ra các bản sao mới, giống hệt nhau và giống với DNA đích ban đầu.. Chu trình nhiệt lặp đi lặp lại nhiều lần để tiếp tục sao chép DNA đích virus. Sau mỗi chu kỳ, lượng sản phẩm PCR gấp đôi số lượng trước đó: hai bản sao trở thành bốn, bốn bản sao trở thành tám, v.v. Một chu trình phản ứng real time RT-PCR thường gồm 35 chu kỳ, nghĩa là vào cuối quá trình, khoảng 35 tỷ bản sao mới của các phần DNA virus được tạo ra từ một chuỗi DNA virus có trong mẫu.

Khi các bản sao mới của DNA virus được tạo ra, các marker (thường dùng chất huỳnh quang) có áp lực cao và gắn vào các chuỗi DNA và áp lực này làm cho sợi đôi phát được ánh sáng huỳnh quang khi nhận nguồn ánh sáng. Do đó máy sẽ xác định được cường độ ánh sáng huỳnh quang phát ra tăng lên sau mỗi chu kỳ phản ứng. Khi số lượng chất huỳnh quang giải phóng vượt qua một mức độ cho phép, điều này xác nhận rằng virus đang tồn tại. Các nhà khoa học cũng theo dõi có bao nhiêu chu kỳ để đạt đến mức này để ước tính mức độ nghiêm trọng của nhiễm trùng: càng ít chu kỳ, nhiễm virus càng nghiêm trọng.

Tại sao sử dụng real time RT-PCR?

Kỹ thuật real time RT-PCR rất nhạy, đặc hiệu và đáng tin cậy để hỗ trợ việc chẩn đoán nhanh, trong khoảng ba giờ, (thông thường các phòng

thí nghiệm mất trung bình từ 6 đến 8 giờ để hoàn thành). So với các phương pháp phân lập virus khác, real time RT-PCR rút ngắn thời gian đáng kể để đánh giá và hạn chế khả năng nhiễm, giảm sai sót vì toàn bộ quá trình phản ứng được thực hiện trong một ống kín. Cho đến nay, phương pháp real time PCR được coi là phương pháp chính xác nhất để phát hiện coronavirus.

Bên cạnh việc sử dụng real time PCR để phát hiện sự phát triển và lây lan của virus gây ra các bệnh nhiễm trùng như trước đây, real time RT-PCR có thể được sử dụng phát hiện sự có mặt của virus ngay cả khi cơ thể bệnh nhân chưa hoặc không có các triệu chứng bệnh.

IAEA, hợp tác với FAO, đã đào tạo và trang bị cho các chuyên gia từ khắp nơi trên thế giới sử dụng phương pháp real time RT-PCR trong hơn 20 năm, đặc biệt thông qua mạng lưới phòng thí nghiệm chẩn đoán thú y VETLAB. Gần đây, kỹ thuật này cũng đã được sử dụng để chẩn đoán các bệnh khác như Ebola, Zika, MERS-Cov, SARS-Cov1 và các bệnh của động vật khác. Bệnh Zoonotic là các bệnh của động vật cũng có thể lây nhiễm cho con người.

Nguyễn Thị Thu Hà (dịch)

Ban Kế hoạch và Quản lý khoa học

<https://www.iaea.org/newscenter/news/how-is-the-covid-19-virus-detected-using-real-time-rt-pcr>

CHỤP ẢNH PHÓNG XẠ, ỨNG DỤNG KỸ THUẬT HẠT NHÂN - DÙNG NGUỒN PHÓNG XẠ GAMMA VÀ MÁY PHÁT TIA X, MÁY X-RAY TẠI DỰ ÁN XÂY DỰNG CẦU HOÀNG VĂN THỤ - HẢI PHÒNG VÀ DỰ ÁN BẢO DƯỠNG NHÀ MÁY LỌC HÓA DẦU NGHI SƠN - THANH HÓA

