

## PHƯƠNG PHÁP CHIẾU SÓNG ĐỊA CHẤN THEO TIA\*

NGUYỄN VĂN QUÝ, Công ty cổ phần công nghệ Địa vật lý Tiên Phong  
PHAN THIÊN HƯƠNG, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

**Tóm tắt:** Trên thế giới, phương pháp chiếu sóng địa chấn đã được ứng dụng rộng rãi trong khảo sát các đặc điểm cơ bản của nền móng địa chất công trình, kiểm tra các khối bê tông của thân đập chứa nước, cầu cống và các công trình xây dựng dân dụng; quan trắc trữ lượng mỏ trong khai thác dầu khí; quan trắc độ an toàn trong khai thác mỏ than và khoáng sản; nghiên cứu địa chất thủy văn; nghiên cứu môi trường và tai biến địa chất. Tuy nhiên tại Việt Nam phương pháp chiếu sóng địa chấn theo tia còn chưa được phổ biến, ứng dụng chủ yếu dựa trên kinh nghiệm, vì vậy phương pháp cần phải được nghiên cứu một cách khoa học và cấp thiết. Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu lý thuyết cơ bản của phương pháp, cụ thể là phương pháp khai triển chuỗi với thuật toán Kaczmarz; ứng dụng phương pháp Kaczmarz phát triển thuật toán “khôi phục lặp đồng thời” (SIRT) xây dựng được mô hình phân bố vận tốc sóng âm trong đối tượng nghiên cứu; và cuối cùng là ứng dụng phương pháp chiếu sóng địa chấn đánh giá chất lượng bê tông thân đập cho công trình xây dựng thủy điện sông Bung-Quảng Nam.

### 1. Mở đầu

Vào đầu những năm 1970, học giả người Anh G. Honsfield đã phát minh ra công nghệ chụp cắt lớp (CT) và nó đã nhanh chóng được ứng dụng rộng rãi trong y học. Công nghệ này dựa vào việc phát và thu sóng siêu âm hay năng lượng bức xạ gamma, xử lý chúng để đưa ra hình ảnh của những phần “không nhìn thấy” trong cơ thể con người [3]. Công nghệ CT đã nhanh chóng được nhiều nhà khoa học nghiên cứu phát triển và ứng dụng trong nghiên cứu địa kỹ thuật và địa chất công trình với tên gọi là chiếu sóng địa chấn, chiếu sóng siêu âm hay chiếu sóng nói chung [1].

“Tomography” xuất phát từ chữ Hy Lạp là mặt cắt. Mặt cắt này được thiết lập dựa trên những số liệu quan sát được liên quan tới các giá trị đo được dọc theo đường hay tia của một đối tượng vật lý. Mặt cắt này chính là một bức hình kỹ thuật vẽ ra cấu trúc bên trong đã được cắt lớp của đối tượng thu được khi gửi sóng không phá hủy (ở đây chính là sóng đàn hồi) xuyên qua đối tượng nghiên cứu (đối tượng địa chất) và thu được sự đáp ứng của đối tượng nghiên cứu gọi là tài liệu chiếu (projection data) với sóng này. Mặt cắt theo lớp thường được dùng để khôi phục lại mô hình của một đối tượng sao cho tài liệu chiếu ra từ mô hình trùng với số liệu đo được. Vấn đề của địa vật lý mặt cắt cổ điển (classic

geophysical tomography) là xây dựng mô hình vận tốc của một phần trái đất theo đó thời gian truyền sóng phù hợp với thời gian quan sát được. Nói cách khác lát cắt địa chấn cho phép chúng ta từ giá trị thời gian quan sát được xây dựng được cấu trúc vận tốc của trái đất.

Trong địa vật lý tomography, vấn đề được tập trung là bài toán nghịch đảo của thời gian truyền sóng địa chấn. Có 2 trường hợp được quan tâm, i) đó là sóng phản xạ khi cả nguồn phát và thu đều nằm trên mặt đất; ii) trường hợp thứ 2 là trường hợp sóng qua trong đó nguồn và/hoặc máy thu nằm trong giếng khoan dưới lòng đất. Trường hợp kết hợp (hybrid), thí dụ như VSP [5] thì cả sóng phản xạ và sóng qua đều quan trọng. Cần phải giả sử là kích thước của nguồn gây sóng và bước sóng là rất nhỏ so với môi trường - đối tượng nghiên cứu. Chỉ khi điều kiện này được chấp nhận thì sự truyền năng lượng của sóng địa chấn mới đúng với khái niệm nghiên cứu địa chấn theo tia. Còn nếu không thì phải dùng khái niệm địa chấn sóng tán xạ.

Vấn đề cắt lớp địa chấn (hay tại Việt Nam hiện nay quen gọi là chiếu sóng địa chấn) được nghiên cứu một cách chính thức do Backus và Gilbert đưa ra vào năm 1968 [2] để nghiên cứu những đối tượng địa chất.

Hiện nay trên thế giới phương pháp cắt lớp địa chấn đã được ứng dụng rộng rãi không chỉ trong lĩnh vực khảo sát địa chất công trình mà còn được sử dụng để quan trắc trữ lượng mỏ trong khai thác dầu khí, quan trắc an toàn trong khai thác mỏ than và khoáng sản, nghiên cứu địa chất thủy văn, môi trường, tai biến địa chất và kiểm tra, quan trắc các khối bê tông xây dựng [3].

Ở Việt Nam, trong những năm gần đây việc áp dụng phương pháp chiếu sóng địa chấn đã thu được một số kết quả bước đầu đáng khích lệ. Tuy nhiên, quá trình thi công thu thập số liệu, xử lý và minh giải tài liệu dựa nhiều vào kinh nghiệm lĩnh hội được từ các chuyên gia nước ngoài, còn chứa nhiều cảm tính. Vì vậy phương pháp mặt cắt địa chấn cần phải được nghiên cứu một cách khoa học và cấp thiết. Trong bài báo này cơ sở lý thuyết của phương pháp chiếu sóng địa chấn sẽ được trình bày.

## 2. Cơ sở lý thuyết phương pháp

Trong cắt lớp địa chấn, nguồn năng lượng để khảo sát là sóng đàn hồi và các đối tượng khảo sát là các bất đồng nhất nằm bên dưới bề mặt, giữa các hố khoan hay giữa các mặt thoáng. Bằng sử dụng sóng địa chấn với các bước sóng khác nhau, các bất đồng nhất với các kích thước khác nhau được khảo sát và giải đoán để xây dựng lại hình ảnh [4].

Phương pháp cắt lớp địa chấn được minh giải dựa trên 2 thuật toán, đó là: a) **các phương pháp biến đổi** (transform methods) và b) **các phương pháp khai triển chuỗi** (series expansion methods). **Các phương pháp biến đổi** thường được ứng dụng trong nghiên cứu thiên văn và y học, chúng được sử dụng rất hạn chế trong chiếu sóng địa chấn do liên quan đến tia truyền thẳng và góc quan sát rộng. **Các phương pháp khai triển chuỗi** là một nhóm các thuật toán tính toán dùng xác định hàm mô hình của đối tượng, mà những thuật toán này dễ dàng cho phép chiếu tia cong qua đối tượng (hình 1) và do đó chúng phù hợp với các ứng dụng trong chiếu sóng địa chấn [3]. Do vậy, trong khuôn khổ bài báo này tác giả chỉ tập trung trình bày phần cơ sở lý thuyết của phương pháp cắt lớp địa chấn theo tia dựa theo **các phương pháp khai triển chuỗi** [4]. Cụ thể hơn: 1) đầu

tiên chúng ta sẽ xác định mô hình thuận, mô hình cho phép chúng ta đoán được lát cắt dựa trên các phương trình tuyến tính; 2) thảo luận về ứng dụng của phương pháp Kaczmarz xác định mô hình thật; 3) ứng dụng phương pháp Kaczmarz phát triển thuật toán kỹ thuật khôi phục lặp đồng thời (SIRT).

### a. Mô hình thuận

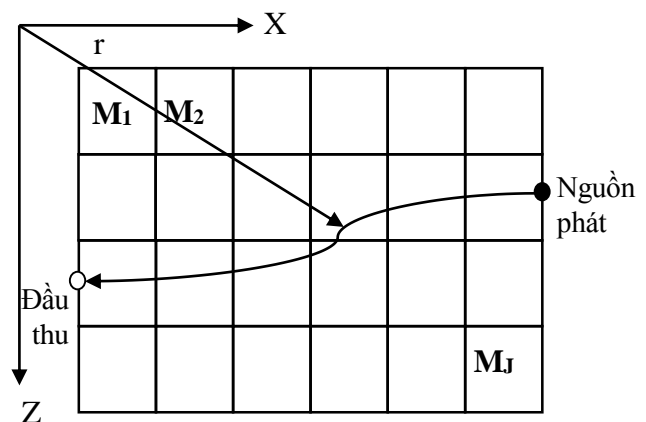
Phương pháp khai triển chuỗi là sự cập nhật liên tục bằng cách lặp các hàm mô hình ước lượng  $M^{est}$  (đặc trưng cho tham số vật lý của đối tượng) cho đến khi mô hình hội tụ về hàm mô hình thật  $M^{true}$ . Các cập nhật này thu được bằng cách so sánh hàm số liệu quan sát được  $P^{obs}$  với hàm số liệu ước lượng  $P^{pre}$  theo mô hình. Mô hình thuận được tính toán để xác định hàm mô hình thật. Trong phương pháp cắt lớp địa chấn, mô hình  $M$  chính là sự phân bố vận tốc truyền sóng trong không gian và  $r$  đặc trưng cho đường sóng truyền. Đối với một cặp thu phát đã cho, tích phân đường dọc theo tia truyền sóng ( $r$ ) của hàm mô hình thực  $M^{true}(r)$  là:

$$P^{obs} = \int_{ray} M^{true}(r) dr \quad (1)$$

Sau khi cập nhật bằng một số lần lặp, biểu thức cuối cùng được sử dụng làm công thức mô hình thuận như sau:

$$P = \int_{ray} M(r) dr \quad (2)$$

Lúc này  $P$  là hàm số liệu dự đoán và  $M(r)$  là hàm mô hình dự đoán của đối tượng nghiên cứu. Như vậy, mô hình thuận  $M$  được xác định chính xác bằng cách tính toán từ tích phân tham số vật lý đo được dọc theo tia  $r$  đã biết thông qua hàm ước lượng.



Hình 1. Sơ đồ minh họa tia sóng truyền qua mô hình rời rạc [4]

Để thực hiện phép tính toán bằng máy tính, hàm mô hình được rời rạc hóa. Hình 1 chỉ ra một khu vực hình ảnh của đối tượng được rời rạc hóa bằng cách chia ra thành nhiều ô nhỏ (trong hình 1 là  $j$  ô). Mỗi một ô được gán cho một giá trị tham số vật lý trung bình  $M_j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) của hàm liên tục  $M(r)$  trong chính ô đó. Trong hình 1 có vẽ một tia truyền qua mô hình rời rạc từ điểm phát đến điểm thu. Biểu thức (2) được viết lại dưới dạng rời rạc hóa mô tả tia thứ  $i$  truyền qua mô hình tổng quát như sau:

$$P_i = \sum_{j=1}^J M_j S_{ij}; \quad i = 1, \dots, I, \quad (3)$$

ở đó  $S_{ij}$  là chiều dài của tia thứ  $i$  đi qua ô thứ  $j$  và  $M_j$  là đánh giá riêng rẽ hàm mô hình vận tốc cho ô thứ  $j$ ,  $I$  đặc trưng cho số tia. Biểu thức (3) là công thức “bài toán mô hình thuận” được sử dụng trong các lớp địa chấn theo khai triển chuỗi.

Biểu thức (3) sẽ giải quyết được bài toán mô hình thuận nếu  $P_i^{obs}$ ,  $i=1, \dots, I$  là số liệu quan sát

và hàm mô hình  $M_j$ ,  $j=1, \dots, J$ , là hàm mô hình thực  $M_j^{true}$ , nhưng chưa biết, có:

$$P_i^{obs} = \sum_{j=1}^J M_j^{true} S_{ij} \quad \text{với } i = 1, \dots, I. \quad (4)$$

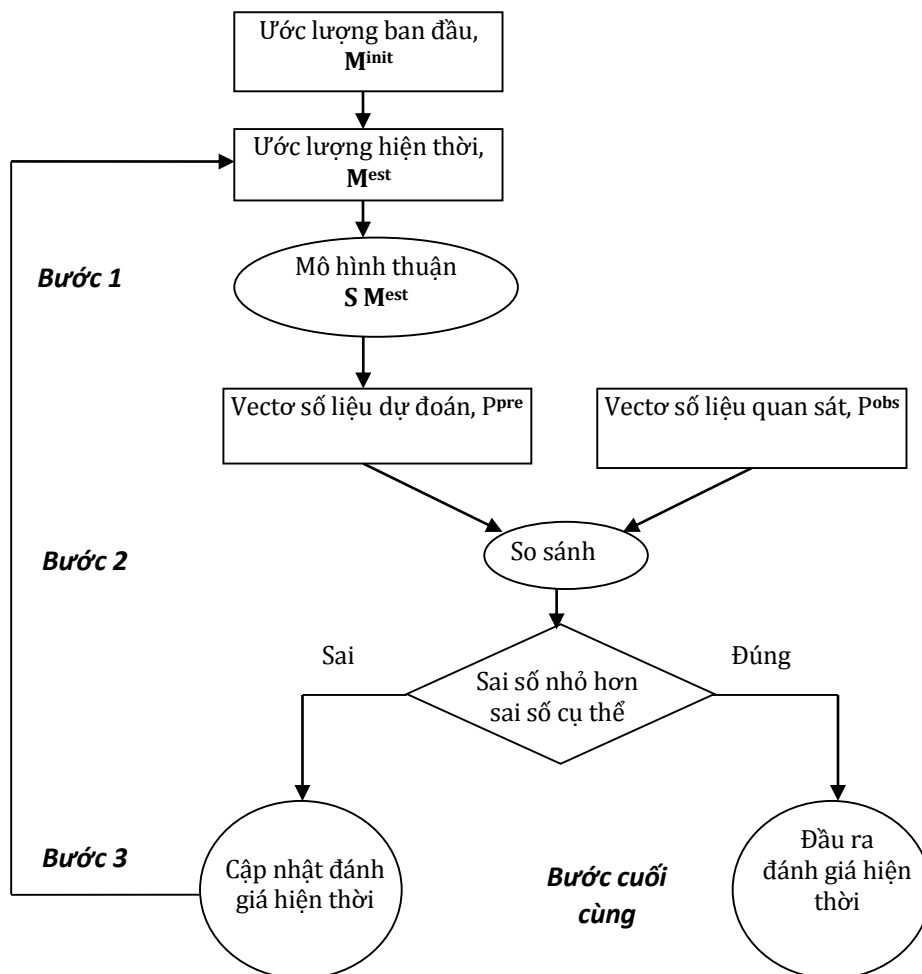
### b. Phương pháp Kaczmarz

Chúng ta sẽ dùng phương pháp Kaczmarz để giải gián tiếp biểu thức (4) cho mô hình thực là một lát cắt  $M_j^{true}$ ,  $j=1, \dots, J$ . [3]

Để đơn giản trong toán học, chúng ta sẽ chuyển biểu thức (3) thành dạng ma trận. Do biểu thức (3) là các thành phần rời rạc nên rất dễ dàng đưa vào ma trận. Ở dạng ma trận biểu thức (3) trở thành (5):

$$P = SM$$

hay 
$$\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdot & \cdot & S_{1j} \\ S_{21} & S_{22} & \cdot & \cdot & S_{2j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{i1} & S_{i2} & \cdot & \cdot & S_{ij} \end{bmatrix}. \quad (5)$$



Hình 2. Biểu đồ phương pháp Kazmarz [3]

Chúng ta cũng có thể biểu diễn biểu thức (4) dưới phép toán ma trận như sau:

$$P^{obs} = SM^{true} \quad (6)$$

$P^{obs}$ ,  $M^{true}$  là vector, còn  $S$  là ma trận với số hàng là số tia được nghiên cứu trong đối tượng và số cột là số ô mà đối tượng nghiên cứu được rời rạc hóa.

Mặc dù không giải được trực tiếp biểu thức (6), nhưng chúng ta mong muốn xác định vector mô hình thực  $M^{true}$  theo  $P^{obs}$  và  $S$ . Bài toán trở thành tìm toán tử nghịch đảo  $S^{-g}$ . Sau đó áp dụng toán tử nghịch đảo  $S^{-g}$  tới cả 2 vế của biểu thức (6) để xác định vector mô hình thực, hay  $S^{-g}P^{obs} = S^{-g}SM^{true} = M^{true}$ .

Phương pháp Kaczmarz giúp giải quyết những vấn đề vừa nêu trên trong việc giải biểu thức (6) bằng sử dụng một qui trình giải lặp. Hình 2 là một biểu đồ phương pháp Kaczmarz mà trong đó có 3 bước cơ bản trong phần giải lặp.

**Bước 1:** Ước lượng ban đầu của vector mô hình  $M^{init}$  được đưa vào vòng lặp của thuật toán và cung cấp như “đánh giá hiện thời” đầu tiên  $M^{est}$  của lời giải đúng  $M^{true}$ . Lúc này chúng ta giả định vector mô hình ban đầu  $M^{init}$  đã biết.

Với đánh giá hiện thời của vector mô hình  $M^{est}$  đã biết, bước đầu tiên là phải sử dụng bài toán mô hình thuận được định nghĩa bởi biểu thức (5) để xác định vector số liệu dự đoán  $P^{pre}$ . Bước này được tiến hành bởi áp dụng toán tử tuyến tính  $S$  được định nghĩa bởi biểu thức (5) đối với vector mô hình ước lượng được  $M^{est}$ ,

$$P^{pre} = SM^{est} \quad (7)$$

**Bước 2:** vector số liệu dự đoán  $P^{pre}$  được so sánh với vector số liệu quan sát  $P^{obs}$  bằng cách tính hiệu số giữa chúng và được gọi là sai số. Sai số nhỏ ngụ ý sự “giống nhau” giữa vector mô hình ước lượng  $M^{est}$  và vector mô hình thật  $M^{true}$ . Vì vậy, nếu sai số chấp nhận được thì ước lượng hiện thời của vector mô hình  $M^{est}$  là lời giải của biểu thức (6) - bước cuối cùng của thuật toán. Sai số chấp nhận là sai số có giá trị nhỏ hoặc có trị số ổn định sau một số lần giải lặp [3].

**Bước 3:** là phần giải lặp của phương pháp Kaczmarz, được hình thành khi hiệu số giữa vector số liệu dự đoán và quan sát là lớn hơn sai số cụ thể. Bước quan trọng này phải sử dụng hiệu số  $P^{obs} - P^{pre}$  để cập nhật mô hình ước lượng hiện thời  $M^{est}$  bằng đánh giá mới của vector mô hình

$M^{(new)est}$  mà sau mỗi bước lặp gần sát vector mô hình thật  $M^{true}$  hơn. Bước thứ 3 này được viết ở dạng biểu thức như sau:

$$M^{(new)est} = M^{est} + \Delta^i M \quad (8)$$

đối với  $i=1, \dots, n$ . Ở đó  $\Delta^i M$  là cập nhật bổ sung đối với đánh giá vector mô hình ước lượng hiện thời và chỉ số  $i$  nghĩa là áp dụng biểu thức (8) khi dòng thứ  $i$  của vector  $P^{obs}$  và  $P^{pre}$  được so sánh. Đánh giá mới  $M^{(new)est}$  sau đó được lấy như là đánh giá hiện thời cho bước giải lặp tiếp theo. Như đã thấy, biểu thức (8) đưa đánh giá mô hình hiện thời về phía lời giải đúng, ít nhất là về mặt lý thuyết.

Phương pháp tính  $\Delta^i M$  trong biểu thức (8) rõ ràng là một hệ số quan trọng trong sự thành công của phương pháp Kaczmarz. Phương pháp Kaczmarz tính  $\Delta^i M$  bằng biểu thức:

$$\Delta^i M = \begin{bmatrix} \Delta^i M_1 \\ \Delta^i M_2 \\ \vdots \\ \Delta^i M_j \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\text{với } \Delta^i M_j = S_{ij} \frac{P_i^{obs} - P_i^{pre}}{\sum_{j=1}^J (S_{ij})^2} = S_{ij} \frac{P_i - \sum_{j'=1}^J S_{ij'} M_{j'}^{est}}{\sum_{j'=1}^J (S_{ij'})^2} \quad (10)$$

Lưu ý rằng số liệu dự đoán  $P_i^{pre}$  được tìm thấy ở biểu thức (7) cho tia thứ  $i$ .

### 3. Ứng dụng phương pháp

Ứng dụng phổ biến của phương pháp Kaczmarz trong phương pháp cắt lớp địa chấn là phương pháp xây dựng giải lặp đồng thời (SIRT là simultaneous iterative reconstruction technique) [3]. Khi thực hiện SIRT, tất cả các tia sóng  $I$  được “mô tả” qua mô hình sao cho tất cả các hiệu chỉnh  $\Delta^i M_j$  được xác định cho các siêu phẳng (hyperplane) đã biết. Sau đó một giá trị trung bình của  $\Delta^i M_j$  tương ứng với chỉ số  $i$  được lấy từ mỗi ô mô hình, để đạt được các mô hình đánh giá mới  $M_j^{(new)est}$ . Các mô hình đánh giá  $M_j^{est}$  được cập nhật đến khi số liệu tính toán  $P_i^{pre}$  gần đúng với số liệu quan sát  $P_i^{obs}$ .

Sau khi thiết lập hàm mô hình đánh giá hiện thời thành hàm mô hình ban đầu,  $M_j^{est} = M_j^{init}$  đối với  $j=1, \dots, J$ , ba bước tiếp theo được lặp lại để cập nhật các mô hình đánh giá.

**Bước 1:** tính mô hình thuận (theo tia) bằng sử dụng biểu thức (3) hay biểu thức (5)

$$P_i^{\text{pre}} = \sum_{j=1}^J S_{ij} M_j^{\text{est}}$$

đối với tất cả các tia  $i = 1, \dots, I$ .

*Bước 2:* Tìm hiệu chỉnh cho mỗi ô bằng cách kiểm tra các tia cắt qua các ô đó và trung bình các hiệu chỉnh sinh ra bởi mỗi tia. Thao tác này thực hiện đối với ô thứ  $j$  bởi công thức:

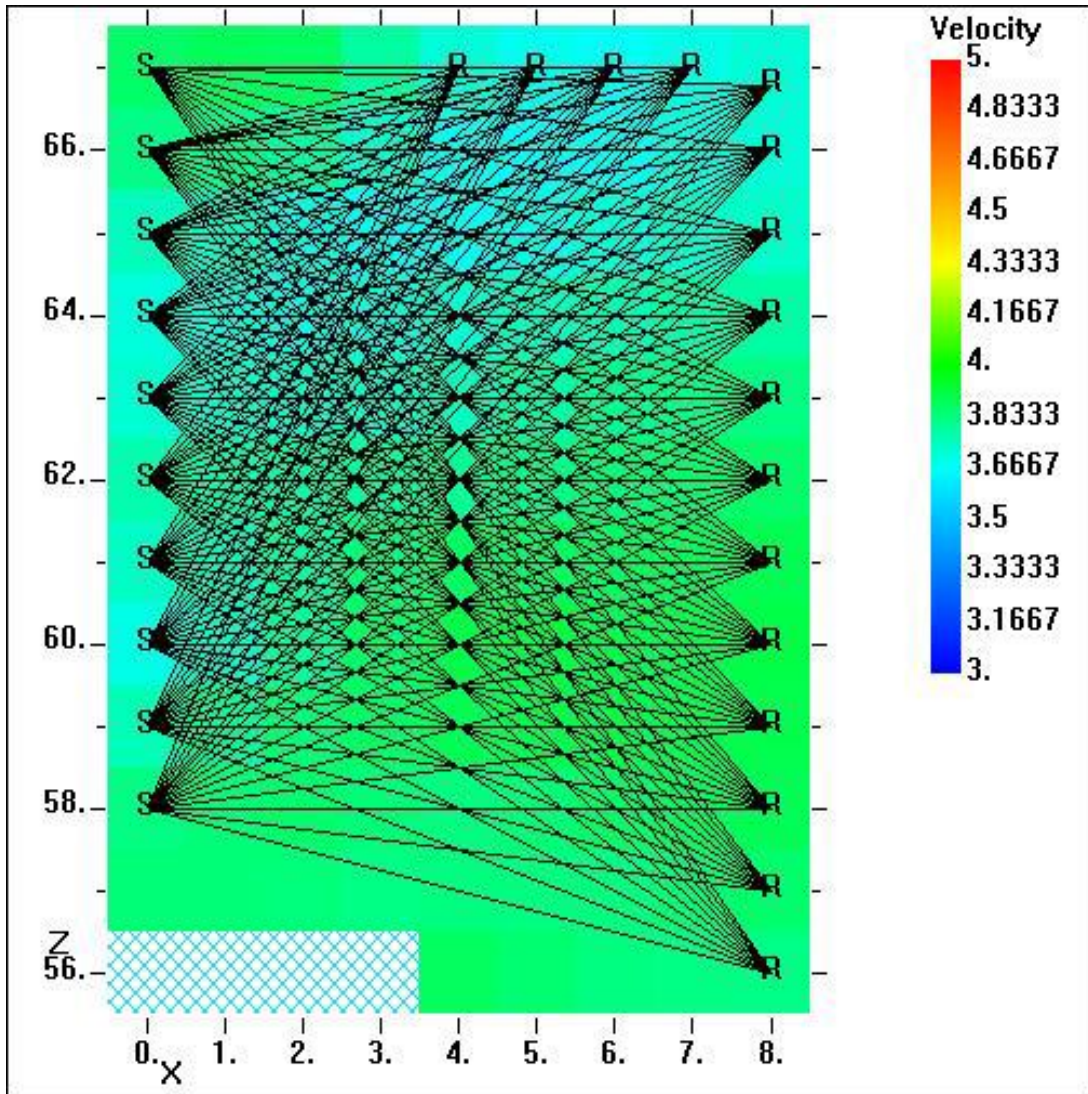
$$\Delta M_j = \frac{1}{W_j} \sum_{i=1}^I \Delta^i M_j = \frac{1}{W_j} \sum_{i=1}^I S_{ij} \frac{P_i^{\text{obs}} - \sum_{j=1}^J S_{ij} M_j^{\text{est}}}{\sum_{j=1}^J (S_{ij})^2}, \quad (12)$$

Trọng số  $W_j$  là số tia cắt qua ô thứ  $j$  hay một vài trọng số mật độ tia thích hợp được sử dụng để đạt được hiệu chỉnh trung bình  $\Delta M_j$ .

*Bước 3:* Xác định các mô hình đánh giá mới từ hiệu chỉnh mô hình trung bình  $\Delta M_j$ , hay:

$$M_j^{(\text{new})\text{est}} = M_j^{\text{est}} + \Delta M_j, j = 1, \dots, J.$$

Thuật toán SIRT có mục đích giải các biểu thức tuyến tính giống như được mô tả bởi biểu thức (6) mà nó có liên hệ rõ ràng giữa hàm mô hình với hàm số liệu. Để giải quyết vấn đề không tuyến tính trong thực tế, chúng ta tính chiều dài tia đánh giá bằng sử dụng các độ làm chậm đánh giá trong hàm mô hình và sử dụng chiều dài các tia đánh giá trong thuật toán SIRT. Điều này được gọi là giải lặp xấp xỉ tuyến tính để giải các bài toán không tuyến tính.

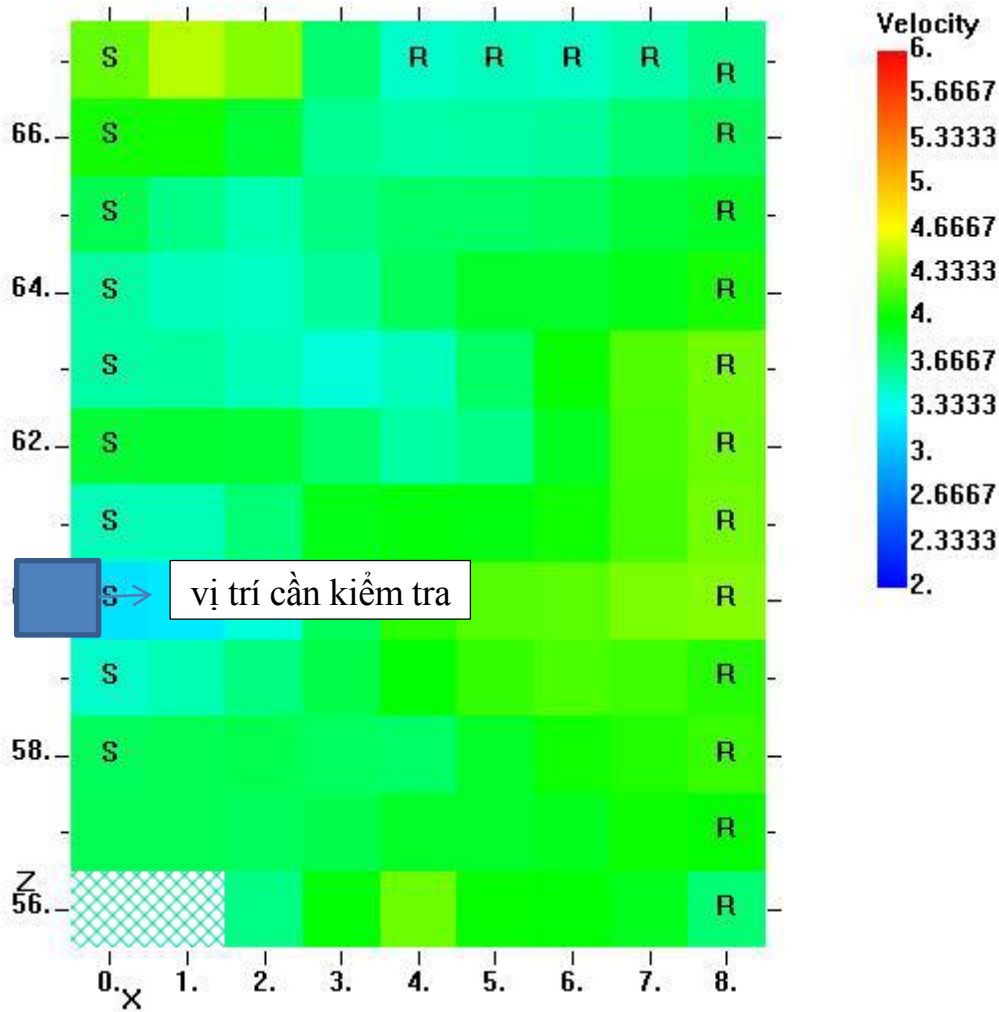


Hình 3. Sơ đồ bố trí điểm thu phát sóng địa chấn và mô hình vận tốc ban đầu ở mặt cắt

Một điều cần chú ý, trong các bài toán thực tế tại vị trí biên nơi tia sóng đi qua ít hơn các ô trung tâm nên độ tin cậy tại các ô này thấp hơn độ tin cậy tại các ô trung tâm.

Trong thực tế, phương pháp này đã được ứng dụng để nghiên cứu khối đá nền móng ở một số dự án như đập thủy lợi, thủy điện, xây dựng nhà máy điện hạt nhân. Ngoài ra phương pháp này cũng được ứng dụng trong nghiên cứu địa chất

thủy văn, đánh giá môi trường và đã cho những kết quả chứng minh ứng dụng hiệu quả của phương pháp. Hình 3 và hình 4 mô tả kết quả nghiên cứu được tiến hành tại nhà máy thủy điện Sông Bung thuộc địa phận huyện Đông Giang, tỉnh Quảng Nam nhằm kiểm tra chất lượng khối bê tông thân đập, tạo cơ sở dữ liệu quan trắc chất lượng khi công trình hoàn thành, đi vào tích nước phát điện.



Hình 4. Lát cắt vận tốc truyền sóng dọc thu được ở mặt cắt nhà máy thủy điện Sông Bung

Hình 3 là sơ đồ bố trí điểm phát và điểm thu ở mặt cắt MC20, trong đó S là ký hiệu vị trí nguồn, R là ký hiệu vị trí thu. Tại đây sóng được thu trong giếng khoan và 4 vị trí trên mặt đập. Hình 4 là lát cắt vận tốc truyền sóng thu được sau khi giải lập bằng phương pháp SIRT. Dựa vào mối quan hệ giữa vận tốc truyền sóng và chất

lượng bê tông có thể thấy bê tông ở mặt cắt này tương đối tốt tuy nhiên tại cao trình 60m có khối bê tông có vận tốc truyền sóng thấp hơn 3,5km/s cần xem xét chất lượng. Tuy nhiên, như trên đã nói những ô biên có sai số lớn hơn những ô trung tâm. Trong trường hợp này nếu có tài liệu GK thì có thể dùng để kiểm chứng.



#### 4. Kết luận

Qua sự phân tích về phương pháp chiếu sóng địa chấn theo tia (hay Cát lớp Địa chấn) ở trên, ta có thể thấy mặc dù đây vẫn là việc phát sóng và thu sóng như địa chấn thông thường vẫn được nghiên cứu trước đây, tuy nhiên sự khai thác tài liệu thu được lại sử dụng khái niệm và những thuật toán khác. Phương pháp này cũng đã bước đầu được ứng dụng tại Việt Nam nhưng sự hiểu sâu về lý thuyết của phương pháp này còn rất hạn chế.

Cát lớp địa chấn trên thực tế đã có nhiều ứng dụng từ nông đến sâu, từ lĩnh vực xây dựng công trình, điều tra khoáng sản đến tai biến môi trường trên thế giới. Phương pháp này không làm ảnh hưởng đến môi trường, không phá hủy đối tượng nghiên cứu và có độ phân giải cao, vì vậy đây là một phương pháp mang nhiều ưu điểm trong kiểm tra chất lượng công trình, những ảnh hưởng trong các quá trình khai thác khoáng sản cũng như xây dựng. Trong bài báo này khái niệm thế nào là cát lớp địa chấn, thuật toán cơ bản Kaczmarz và cuối cùng là ứng dụng của thuật toán vào để giải bài toán địa chất cát lớp từ đó thu được bức tranh chi tiết về cấu trúc nằm dưới

đất đã được trình bày. Đây chỉ là một trong những bài báo mà nhóm tác giả sẽ đề cập đến về phương pháp địa chấn cát lớp theo tia.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ecoublet P. E., et al., 2002. Bent-ray travelttime tomography and migration without ray tracing, Geophysical journal international, vol.149, is. 3, pp.633-645.
- [2]. Jones. I.F, 2010. Tutorial: velocity estimation via ray-based tomography, First break, Vol 28, pp 45-52.
- [3]. Mingjie Zhao, Xibin Xu, Xujun Wang, 2004. The concrete wave-velocity tomography and its application in hydro-structure testing, 29th Conference on Our World in concrete & structure: 25 – 26 August, 2004, Singapore.
- [4]. Tien-when Lo and Philip Inderwiesen, 1994. Fundamental of seismic tomography, Society of Exploration Geophysicists, United States of America.
- [5]. Tien-when Lo, 1988. Seismic borehole tomography, Ph.Dr. thesis, Massachusetts Institute of Technology, United States of America.

#### SUMMARY

##### Seismic ray tomography

**Nguyen Van Quy**, *Pioneer Geophysics JointStock Company*

**Phan Thien Huong**, *Hanoi University of Mining and Geology*

Seismic tomography has been widely used in civil engineering, test the concrete dams, bridges and other civil constructions; monitoring the progress of a steam-flood enhanced oil recovery, monitoring mine safety during works, studies of hydrological and environmental geology around the world. However, in Vietnam, this method had just obtained some initial results in recent years, mainly based on the experiences .In the results, we must study focus on seismic tomography urgently and scientifically. The authors introduce the theoretical basis with transform method of the seismic ray tomography, Kaczmarz mathematical algorithm SIRT method- simultaneous iterative reconstruction technique to get a elastic velocity model of studied projects; finally application of the method “seismic tomography” to evaluate quality of the dam belonging to the hydroelectric power plant Song Bung – Quang Nam.

\*Nguyên văn: Seismic ray tomography ở Việt Nam vẫn được dùng là phương pháp chiếu sóng địa chấn theo tia