

Sử dụng phương pháp từ telua để nghiên cứu cấu trúc sâu của đứt gãy sông Sài Gòn khu vực lân cận Thành phố Hồ Chí Minh

Lưu Việt Hùng^{1,*}, Nguyễn Thành Văn², Vũ Trọng Tấn³, Seong Kon Lee⁴, Ngô Sỹ Mạnh⁵, Trần Thái Dương⁵, Đinh Quốc Tuấn³, Trần Hải Nam³, Nguyễn Quang Dũng⁶, Lê Ngọc Thanh⁶



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

³Liên đoàn Bản đồ Địa chất Miền Nam

⁴Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM)

⁵Liên đoàn Vật lý Địa chất

⁶Viện Địa lý Tài nguyên Thành phố Hồ Chí Minh

Liên hệ

Lưu Việt Hùng, Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

Email: hungluu@hcmute.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 10-12-2021
- Ngày chấp nhận: 09-3-2022
- Ngày đăng: 30-6-2022

DOI: 10.32508/stdjns.v6i2.1154



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả khảo sát 2 tuyến đo từ telua cắt ngang qua vị trí giả định của đứt gãy sông Sài Gòn. Tuyến thứ nhất dài 13,5 km gồm 8 điểm đo, kéo dài từ huyện Củ Chi Thành phố Hồ Chí Minh sang huyện Bến Cát tỉnh Bình Dương, và tuyến thứ hai dài 11,7 km, gồm 7 điểm đo, thuộc huyện Nhơn Trạch, tỉnh Đồng Nai. Thiết bị sử dụng là máy GEPARD-4 do Canada sản xuất. Số liệu đo là các tín hiệu điện từ tự nhiên trong dải chu kỳ từ 0,002 s đến 259 s. Các số liệu điện trở suất biểu kiến trong dải chu kỳ nhỏ hơn xấp xỉ 1 s được sử dụng để phân tích nhằm tránh ảnh hưởng của dòng điện xích đạo đối với tenxơ trở kháng từ telua trong khu vực nghiên cứu. Phương pháp nghịch đảo 2D sử dụng phần mềm MT2DinvMatlab đã được áp dụng cho các số liệu điện trở suất biểu kiến của cả hai mode TE và TM để thu được các mặt cắt điện trở suất bên dưới các tuyến đo đến các độ sâu 3 km và 10 km. Các mặt cắt điện trở suất đến độ sâu 10 km của cả 2 tuyến đo đều thể hiện cấu trúc chính gồm có 3 lớp: trên cùng là lớp điện trở suất thấp, có bề dày khoảng 2 km, ở giữa là lớp điện trở suất cao, có bề dày khoảng 6–7 km và dưới cùng là lớp điện trở suất thấp. Trên các mặt cắt đến độ sâu 10 km này đứt gãy sông Sài Gòn chưa có biểu hiện rõ ràng. Trên các mặt cắt điện trở suất đến độ sâu 3 km, cấu trúc điện trở suất bên dưới các tuyến đo đã được thể hiện một cách chi tiết, cho phép thu được thông tin về đứt gãy sông Sài Gòn: đối với tuyến Củ Chi–Bến Cát, đứt gãy sông Sài Gòn tương ứng với vùng điện trở suất thấp, hiện diện tại các điểm CB5 và CB6; đối với tuyến Nhơn Trạch, đứt gãy sông Sài Gòn tương ứng với vùng điện trở suất thấp, hiện diện bên dưới các điểm NT3 và NT4. Các kết quả thu được đã xác định sự tồn tại của đứt gãy sông Sài Gòn, vị trí và sự kéo dài liên tục của nó từ khu vực Củ Chi–Bến Cát, qua thành phố Thủ Đức đến huyện Nhơn Trạch của tỉnh Đồng Nai.

Từ khóa: Nghịch đảo 2D, cấu trúc sâu, đứt gãy Sông Sài Gòn, từ telua

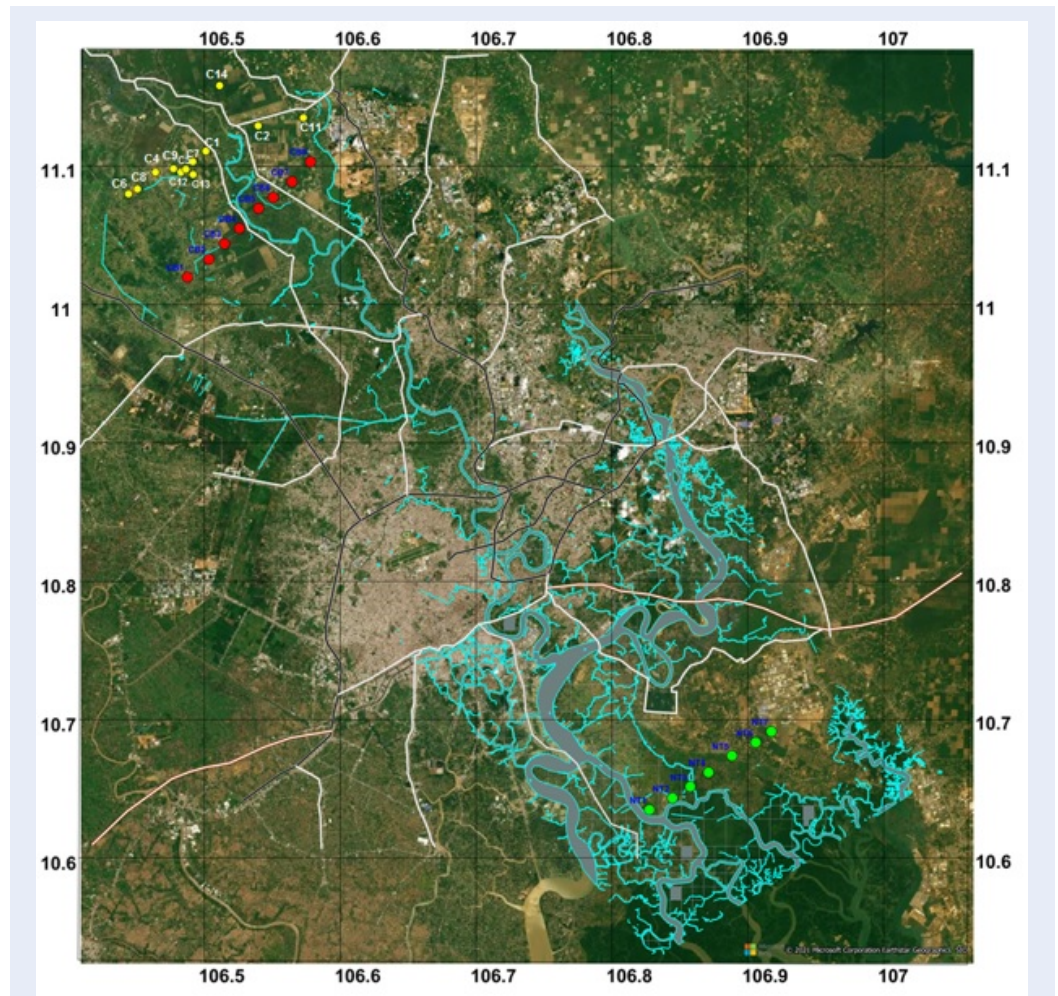
GIỚI THIỆU

Theo các tài liệu địa chất¹⁻³, đứt gãy sông Sài Gòn chạy gần như dọc theo sông Sài Gòn từ địa phận tỉnh Tây Ninh qua vùng giáp ranh giữa thành phố Hồ Chí Minh và tỉnh Bình Dương, sau đó chạy qua huyện Nhơn Trạch, tỉnh Đồng Nai đi ra biển. Việc nghiên cứu đứt gãy sông Sài Gòn nhằm xác định chính xác các thông số của nó như vị trí, hướng cắm, độ sâu phát triển... là cần thiết vì đây là những thông tin làm cơ sở cho việc đánh giá độ nguy hiểm động đất, phục vụ việc thiết kế kháng chấn cho các công trình sẽ được xây dựng mới, đánh giá độ rung lắc và đưa ra phương án phòng chống phù hợp cho các công trình hiện có, cũng như đánh giá mức độ của các tai biến địa chất như sạt lở bờ sông... Tuy nhiên cho đến nay thông tin về đứt gãy sông Sài Gòn như vị trí, góc cắm, độ sâu phát triển... vẫn còn chưa thống nhất. Thí dụ, tại khu vực Củ Chi–Bến Cát, theo Đỗ Văn Linh⁴, vị trí đứt gãy sông Sài Gòn nằm ở địa phận huyện Củ Chi, còn theo Lưu Việt Hùng⁵ thì đứt gãy sông Sài Gòn

lại chạy qua địa phận huyện Bến Cát, cách đó khoảng 6 km. Trong khi đó, trong sơ đồ phân bố hệ thống các đứt gãy khu vực thành phố Hồ Chí Minh theo kết quả xử lý tổng hợp tài liệu địa vật lý do Nguyễn Ngọc Thu xây dựng⁶ không thấy có sự xuất hiện của đứt gãy sông Sài Gòn. Về góc cắm, theo Đỗ Văn Linh³ đứt gãy sông Sài Gòn cắm về hướng Tây Nam với góc dốc trung bình 70–80°, còn theo Nguyễn Huy Dũng², đứt gãy sông Sài Gòn có góc dốc thoải dần từ trên mặt (60–80°) và khi xuống sâu 20 km chỉ còn 40–45°. Về độ sâu phát triển của đứt gãy, các tác giả của các công trình²⁻⁴ đều cho rằng độ sâu ảnh hưởng của đứt gãy khoảng 20 km và là loại đứt gãy cấp 2. Trong khi đó, quan sát mặt cắt điện trở suất trong công trình⁵ thì thấy đứt gãy này khó có thể phát triển đến độ sâu 3-4 km.

Việc sử dụng các phương pháp trường thế để nghiên cứu đứt gãy sông Sài Gòn đã tỏ ra không hiệu quả vì đứt gãy này không có biểu hiện rõ ràng trên các bản đồ dị thường trọng lực và dị thường từ, cũng như trên

Trích dẫn bài báo này: Hùng L V, Văn N T, Tấn V T, Lee S K, Mạnh N S, Dương T T, Tuấn D Q, Nam T H, Dũng N Q, Thanh L N. **Sử dụng phương pháp từ telua để nghiên cứu cấu trúc sâu của đứt gãy sông Sài Gòn khu vực lân cận Thành phố Hồ Chí Minh.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 6(2):2103-2115.



Hình 1: Sơ đồ vị trí điểm đo từ telua của các tuyến. Hình tròn màu đỏ là các điểm đo tuyến Cù Chi–Bến Cát, hình tròn màu xanh là các điểm đo tuyến Nhơn Trạch, hình tròn màu vàng là các điểm đo tuyến MT-2014.

các tuyến số liệu trường thế được đo chi tiết cắt ngang qua đứt gãy. Điều này gợi ý rằng đây là một đứt gãy ở dưới sâu. Do đó cần phải áp dụng những phương pháp nghiên cứu cấu trúc sâu có độ sâu nghiên cứu lớn và độ phân giải cao thí dụ phương pháp từ telua để nghiên cứu nó. Việc áp dụng phương pháp từ telua nghiên cứu đứt gãy sông Sài Gòn đã được thực hiện trước đây và kết quả đã được công bố bởi Lưu Việt Hùng⁵ (trong công trình này tuyến đo từ telua đó được đặt tên là tuyến MT-2014). Tuy nhiên do sự phân bố của các điểm đo trên tuyến MT-2014 là không đều (Hình 1) nên trong bài báo đó các tác giả mới chỉ đề nghị mà chưa khẳng định vị trí của đứt gãy sông Sài Gòn. Do đó, để thu được thông tin về đứt gãy sông Sài Gòn một cách chính xác và tin cậy, vào đầu năm 2021, 2 tuyến đo từ telua, gọi là tuyến Cù Chi–Bến Cát và tuyến Nhơn Trạch, cắt qua vị trí giả định

của đứt gãy này đã được thực hiện, mỗi tuyến dài hơn 10 km và cách nhau khoảng 50 km (Hình 1). Tuyến Cù Chi–Bến Cát được bố trí gần tuyến MT-2014 để có thể so sánh, đối chiếu các kết quả của chúng với nhau. Khoảng cách lớn (khoảng 50 km) giữa tuyến đo Cù Chi–Bến Cát và tuyến Nhơn Trạch là do điều kiện đo đạc trong thành phố không cho phép bố trí chúng gần nhau hơn.

SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Số liệu được đo dọc theo 2 tuyến cắt ngang qua đứt gãy sông Sài Gòn (Hình 1). Tuyến thứ nhất được đo từ huyện Cù Chi, thành phố Hồ Chí Minh đến huyện Bến Cát, tỉnh Bình Dương. Tuyến này dài 13,5 km gồm 8 điểm đo, kí hiệu từ CB1 đến CB8, được phân bố đều. Tuyến thứ hai được đo tại huyện Nhơn Trạch tỉnh Đồng Nai, dài 11,7 km, gồm 7 điểm đo, kí hiệu

NT1 đến NT7, được phân bố đều. Thiết bị sử dụng là GEPARD-4 do hãng AGCOS (Canada) sản xuất, cho phép ghi 2 thành phần điện trường Ex, Ey và 3 thành phần từ trường Hx, Hy, Hz. Tại mỗi điểm đo, hướng x và hướng y được bố trí tương ứng song song và vuông góc với đường phương của đứt gãy sông Sài Gòn, còn hướng z theo phương thẳng đứng. Tại phần lớn điểm đo, số liệu đo là các tín hiệu điện từ biến thiên trong dải tần số từ 481,5–0,00138 Hz, tương ứng dải chu kỳ 0,002–179 s, còn tại các điểm C1, C2 và C5 dải tần số đo đặc là 481,5–0,00557 Hz, tương ứng dải chu kỳ 0,002–720 s. Sau đó các tín hiệu này được xử lý bằng phần mềm Gepard-processing để thu được các giá trị điện trở suất và pha. Các giá trị điện trở suất ρ_{xy} và pha ϕ_{xy} được tính từ các thành phần điện Ex và thành phần từ Hy, được gọi là mode TE. Các giá trị điện trở suất ρ_{yx} và pha ϕ_{yx} được tính từ các thành phần điện Ey và thành phần từ Hx, được gọi là mode TM. Kết quả điện trở suất và pha cùng với độ lệch chuẩn của chúng tại tất cả các điểm đo được biểu diễn trên các Hình 2a, b, c và d. Có thể thấy, đối với mỗi điểm đo các đường cong điện trở suất ρ_{xy} và ρ_{yx} có giá trị gần bằng nhau và có độ lệch chuẩn nhỏ, cho thấy đây là những số liệu đáng tin cậy. Trong khi đó các đường cong pha ϕ_{xy} và ϕ_{yx} rời xa nhau và có độ lệch chuẩn quá lớn, nên đây là các số liệu không chính xác. Do đó, ở phần sau chúng tôi chỉ sử dụng số liệu điện trở suất mà không sử dụng số liệu pha cho việc tính toán nghịch đảo nhằm thu được các mặt cắt điện trở suất. Để xác định sơ bộ tính chất của môi trường dưới mỗi điểm đo là cấu trúc 1D, 2D hay 3D, thông số Skew (Swift 1967)⁷ đã được tính cho số liệu tại mỗi tần số ω theo công thức:

$$S(\omega) = \frac{z_{xx}(\omega) + z_{yy}(\omega)}{z_{xy}(\omega) - z_{yx}(\omega)}$$

Trong đó $Z_{xx}(\omega)$, $Z_{xy}(\omega)$, $Z_{yx}(\omega)$ và $Z_{yy}(\omega)$ là các thành phần của tenxơ trở kháng và là các đại lượng phức.

Thông số bất biến với tần số Skew cho biết cấu trúc điện trở suất của môi trường bên dưới: đối với các cấu trúc có dạng 1D Skew nhỏ hơn 0,1; các cấu trúc có dạng 2D và 3D Skew khoảng 0,2 đến 0,3 hoặc lớn hơn. Kết quả tính thông số Skew cho tất cả các điểm đo của hai tuyến được biểu diễn trên Hình 3. Hình vẽ này cho thấy thông số Skew tại các điểm đo đều có giá trị lớn. Nếu số liệu đo đặc có chất lượng tốt thì các giá trị Skew này thể hiện môi trường bên dưới có cấu trúc 3D phức tạp. Tuy nhiên như đã đề cập ở trên, do số liệu pha không chính xác nên các giá trị của thông số Skew thu được có thể không phản ánh chính xác tính chất của cấu trúc bên dưới. Điều này cũng cho thấy

rằng đối với số liệu tenxơ trở kháng trong bài báo này thì việc áp dụng các phương pháp phân tích khác (sẽ đề cập trong bài báo sắp đến) để xác định tính chất 1D, 2D, 3D của môi trường và hướng cấu trúc chính có thể dẫn đến kết quả không đáng tin cậy. Do đó, chúng tôi chấp nhận giả thiết cấu trúc bên dưới là 2D để thực hiện nghịch đảo nhằm thu được các mặt cắt điện trở suất.

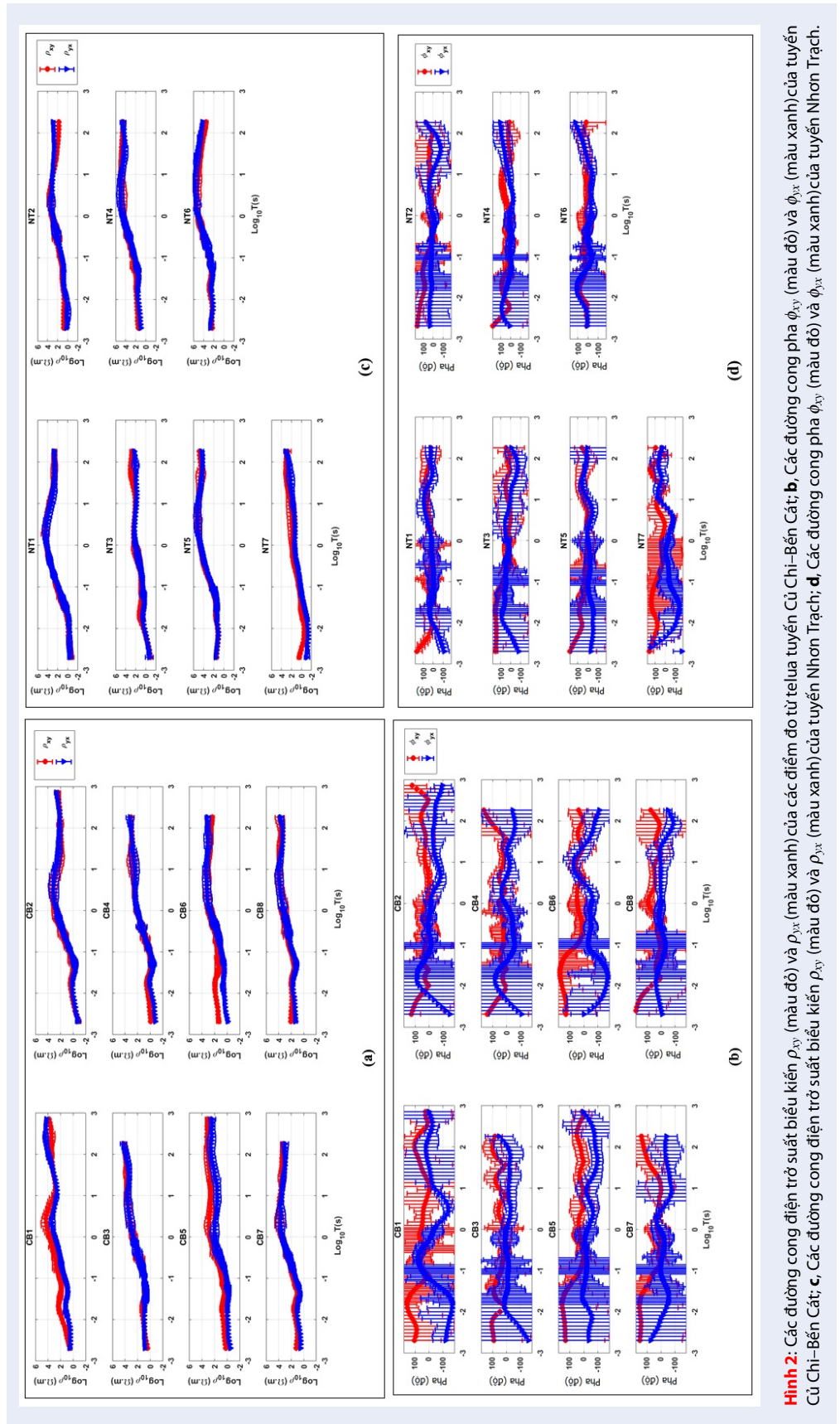
Do khu vực nghiên cứu nằm gần xích đạo, các nghiên cứu điện từ bị ảnh hưởng bởi dòng điện xích đạo^{5,8,9}. Trong nghiên cứu trước đây⁵ chúng tôi đã chỉ ra rằng khi áp dụng phương pháp từ telua trong khu vực Củ Chi, các chu kỳ dài hơn khoảng gần 1 s bị ảnh hưởng bởi dòng điện xích đạo. Do đó trong công trình này chúng tôi chỉ sử dụng các giá trị trong dải chu kỳ 0,002–1 s để thực hiện nghịch đảo 2D.

Bài toán nghịch đảo số liệu từ telua tổng quát có dạng như sau:

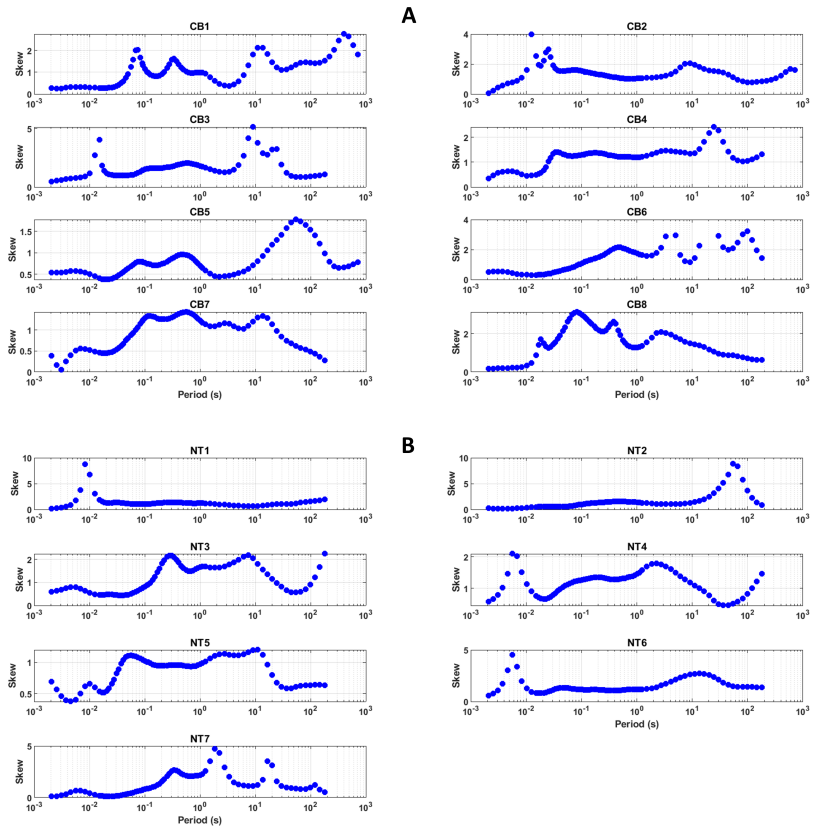
$$P(m) = \phi(m) + \lambda^2 s(m) \quad (2)$$

Trong đó $\phi(m) = | -A(m) |^2$ là tổng các bình phương sai số giữa số liệu quan sát d và số liệu tính từ mô hình A(m), với m là mô hình, A là toán tử bài toán thuận. $s(m) = | (m) |^2$ là hàm ổn định, C là ma trận tham số mô hình có trọng số, λ là tham số chính quy hóa hay còn gọi là nhân tử Lagrange.

Việc tính toán nghịch đảo theo công thức (2) được thực hiện bằng phần mềm MT2DinvMatlab (Lee et al 2009)¹⁰. Đây là một chương trình mã nguồn mở, được lập trình dựa theo phương pháp được trình bày trong công trình của Myeong-Jong Yi và nnk¹¹. Để thực hiện việc nghịch đảo, môi trường bên dưới dọc theo tuyến đo được mô hình hóa bằng hệ thống các khối hình chữ nhật có điện trở suất đồng nhất. Lúc đầu tất cả các khối được gán cho cùng một giá trị điện trở suất được lấy bằng trung bình nhân của các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của điện trở suất biểu kiến quan sát. Sau đó việc tính toán theo công thức (2) được thực hiện thông qua quá trình lặp để thu được mô hình điện trở suất cuối cùng. Trong mỗi bước lặp, các giá trị điện trở suất của mô hình được điều chỉnh sao cho thỏa mãn đồng thời hai điều kiện (i) giảm sai số giữa các giá trị điện trở suất biểu kiến quan sát và tính toán từ mô hình và (ii) sự biến đổi theo không gian của các giá trị điện trở suất của mô hình là trơn. Hai tiêu chí này được ràng buộc với nhau bởi nhân tử Lagrange (λ) để cân bằng sự đóng góp của chúng. Nếu nhân tử Lagrange (λ) có giá trị lớn thì mô hình nghịch đảo thu được sẽ trơn và quá trình nghịch đảo dễ hội tụ. Tuy nhiên nếu mô hình trơn quá sẽ là mất các cấu trúc nhỏ làm cho mặt cắt điện trở suất thu được có độ phân giải thấp. Ngược lại, nếu tham số λ



Hình 2: Các đường cong điện trở suất biểu kiến ρ_{xy} (màu đỏ) và ρ_{yx} (màu xanh) của các điểm đo từ telua tuyến Cui-Ben-Cat; **b:** Các đường cong pha ϕ_{xy} (màu đỏ) và ϕ_{yx} (màu xanh) của tuyến Cui-Ben-Cat; **c:** Các đường cong điện trở suất biểu kiến ρ_{xy} (màu đỏ) và ρ_{yx} (màu xanh) của tuyến Nhon-Trach; **d:** Các đường cong pha ϕ_{xy} (màu đỏ) và ϕ_{yx} (màu xanh) của tuyến Nhon-Trach.



Hình 3: A. Các đường cong thông số Skew đối với các điểm đo của tuyến Cù Chi–Bến Cát; B. Các đường cong thông số Skew đối với các điểm đo của tuyến Nhơn Trạch.

có giá trị nhỏ thì mật cắt điện trở suất thu được sẽ càng chi tiết, sự khớp giữa số liệu quan sát và tính toán từ mô hình sẽ tốt, tuy nhiên quá trình nghịch đảo sẽ khó hội tụ.

Trong phần mềm MT2DinvMatlab, tham số chính quy hóa λ không phải là một hằng số mà được cho biến đổi theo không gian, phụ thuộc vị trí và độ sâu $\lambda(x, z)$, và được đặt tên là ACB. Trong quá trình nghịch đảo, tham số này được tính toán và cập nhật cho mỗi bước lặp. Kết quả nghịch đảo là giá trị điện trở suất của các khối mô hình và giá trị ACB tương ứng của từng khối được biểu diễn ở dạng mặt cắt. Mặt cắt ACB cho biết mức độ phân giải của mô hình điện trở suất thu được từ việc nghịch đảo: tại những vị trí ACB có giá trị nhỏ thì mật cắt điện trở suất thu được có độ phân giải cao, và ngược lại.

KẾT QUẢ

Các kết quả nghịch đảo số liệu của hai tuyến đo Cù Chi–Bến Cát và Nhơn Trạch sử dụng phần mềm MT2DinvMatlab được trình bày dưới đây.

Tuyến Cù Chi– Bến Cát

Số liệu dùng để nghịch đảo là các giá trị điện trở suất ρ_{xy} và ρ_{yx} trong dải chu kì từ 0,002-1 s. Trước tiên số liệu được nghịch đảo tới độ sâu 10 km để thu được thông tin sơ bộ về cấu trúc sâu của khu vực đo đạc. Mô hình nghịch đảo là lưới gồm 19 khối theo phương ngang và 34 khối theo phương thẳng đứng, tổng cộng có 646 khối. Bề dày của các khối lớp trên cùng gần bề mặt được cho bằng 20 m, còn bề dày các lớp bên dưới được cho tăng theo độ sâu bởi hệ số 1,2 so với lớp nằm ngay bên trên nó. Tham số chính quy hóa được chọn trong khoảng từ 1 đến 3. Kết quả mật cắt điện trở suất thu được từ quá trình nghịch đảo ở bước lặp thứ 10 được trình bày trên Hình 4a. Mật cắt điện trở suất này thể hiện cấu trúc gồm 3 lớp chính: lớp điện trở suất thấp trên cùng có bề dày khoảng 2 km, lớp ở giữa có điện trở suất cao, có bề dày khoảng 6–7 km và dưới cùng là lớp điện trở suất thấp. Sự phân bố của tham số chính quy hóa (Hình 4b) cho thấy từ độ sâu khoảng 2 km trở xuống λ có giá trị nhỏ, tức là từ độ sâu này mật cắt điện trở suất thu được có sự phân giải

tốt hơn so với phần nông trên 2 km. Điều này cũng được thể hiện trên hình vẽ so sánh giữa số liệu quan sát (Hình 5a và Hình 5b) và số liệu tính toán từ mô hình (Hình 5c và Hình 5d): ở dải các tần số thấp số liệu quan sát và số liệu tính toán từ mô hình có sự phù hợp tốt hơn ở dải tần số cao. Như vậy mặt cắt điện trở suất đến 10 km thu được phản ánh những nét chính về cấu trúc sâu của khu vực nghiên cứu đó là sự phân chia thành 3 lớp theo phương ngang mà chưa thể hiện được rõ những cấu trúc nhỏ để cho phép xác định vị trí của đứt gãy sông Sài Gòn, nhất là ở lớp trên cùng tới độ sâu khoảng 2 km nơi độ phân giải của mô hình nghịch đảo thu được là thấp.

Do đó, để thu được mặt cắt điện trở suất có độ phân giải cao hơn cho lớp điện trở suất thấp trên cùng nhằm xác định vị trí của đứt gãy sông Sài Gòn, mô hình đã được giới hạn ở độ sâu 3 km để tiến hành nghịch đảo. Các khối của mô hình bây giờ được chia với bề dày nhỏ hơn, với bề dày của lớp trên cùng là 5 m, còn bề dày các lớp tiếp theo vẫn cho tăng theo hệ số 1,2 so với lớp ngay trên nó. Kết quả mặt cắt điện trở suất thu được từ quá trình nghịch đảo đối với mô hình này được trình bày trên Hình 4c, sự phân bố các giá trị chính hóa được trình bày trên Hình 4d, và các giá trị điện trở suất tính từ mô hình được biểu diễn trên các Hình 5e và Hình 5f.

Mặt cắt điện trở suất thu được cho thấy sự thay đổi của điện trở suất theo cả phương ngang và phương thẳng đứng. Theo phương thẳng đứng, có khoảng 5 lớp điện trở suất cao và thấp xen kẽ nhau nằm chồng lên trên một cấu trúc điện trở suất cao bên dưới. Cụ thể, lớp điện trở suất thấp trên cùng gần bề mặt dày khoảng vài ba chục mét, tiếp theo là lớp điện trở suất cao dày cỡ 100–150 m rồi đến lớp điện trở suất thấp có bề dày khoảng 200–300 m. Dưới các lớp này là lớp điện trở suất cao dày khoảng 500–700 m, và lớp điện trở suất thấp bên dưới nó có bề dày cũng khoảng 500–700 m chồng lên cấu trúc điện trở suất cao bên dưới. Theo phương ngang, có hai vùng điện trở suất thấp nổi bật ở độ sâu khoảng 1,5 km: vùng thứ nhất ở đầu tuyến đo (dưới điểm CB1-CB2) và vùng kia nằm ở khoảng hai phần ba tuyến (dưới các điểm CB5 và CB6). Các đới điện trở suất thấp này phát triển cắt xuyên qua lớp điện trở suất cao ở độ sâu khoảng 1 km phía trên nó.

Tuyến Nhơn Trạch

Việc nghịch đảo số liệu tuyến Nhơn Trạch cũng được thực hiện đến 2 độ sâu 10 km và 3 km tương tự như đối với tuyến Cù Chi-Bến Cát đã trình bày ở trên. Kết quả nghịch đảo mặt cắt điện trở suất đến độ sâu 10 km được trình bày trên Hình 6a, mặt cắt tham số chính quy hóa λ được cho trên Hình 6b. Số liệu quan sát

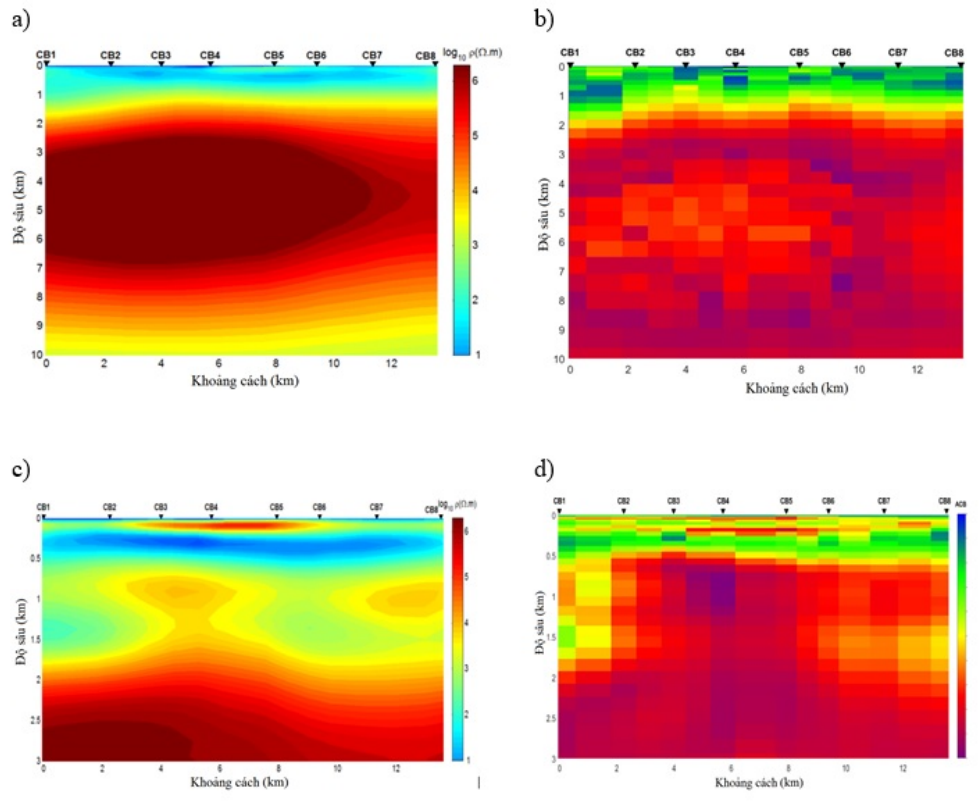
được trình bày trên Hình 7a và Hình 7b, số liệu tính từ mô hình nghịch đảo được trình bày ở Hình 7c và Hình 7d.

Hình 7a cho thấy mặt cắt điện trở suất thu được có dạng cấu trúc gồm 3 lớp tương tự như tuyến Cù Chi-Bến Cát: lớp trên cùng đến độ sâu 2 km, sau đó đến lớp điện trở suất cao dày khoảng 5–6 km, dưới cùng là lớp điện trở suất thấp. Hình 7b cho thấy tại các độ sâu ứng với ranh giới của các lớp này tham số chính quy hóa có giá trị nhỏ, cho thấy tại ranh giới này số liệu quan sát và số liệu nghịch đảo có sự phù hợp tốt, chứng tỏ độ tin cậy của thông tin về ranh giới giữa các lớp. Ở 2 km trên cùng, mặt cắt điện trở suất thể hiện một vùng điện trở suất cao ở phần đầu tuyến, và tiếp theo dọc theo tuyến là vùng điện trở suất thấp. Phần mặt cắt tới độ sâu 2 km này chưa cho phép rút ra các thông tin chi tiết về cấu trúc địa điện của môi trường bên dưới tuyến đo để xác định vị trí đứt gãy sông Sài Gòn.

Kết quả nghịch đảo đến độ sâu 3 km được trình bày trên Hình 6c, mặt cắt tham số chính quy hóa λ được cho trên Hình 6d. Số liệu tính từ mô hình nghịch đảo được cho trên Hình 7e và Hình 7f. Mặt cắt điện trở suất thu được cho thấy các vùng điện trở suất cao và thấp khá rõ. Theo phương ngang, ngoài vùng điện trở suất cao ở độ sâu khoảng 500 m nằm ở phần đầu tuyến đo đã quan sát được ở kết quả nghịch đảo đến độ sâu 10 km, thì có một vùng điện trở suất thấp nổi bật nằm giữa các điểm NT3 và NT4, bên cạnh là một khối điện trở suất cao và cuối cùng là một khối điện trở suất thấp ở cuối tuyến. Theo phương thẳng đứng, sự phân chia thành các lớp vẫn quan sát thấy nhưng không được rõ nét như ở tuyến Cù Chi-Bến Cát.

THẢO LUẬN

Các mặt cắt điện trở suất đến độ sâu 10 km của tuyến Cù Chi-Bến Cát và tuyến Nhơn Trạch đều thể hiện cấu trúc địa điện bên dưới gồm 3 lớp chính: lớp điện trở suất thấp trên cùng dày khoảng 2 km, lớp điện trở suất cao ở giữa dày khoảng 6 km và lớp điện trở suất thấp dưới cùng. Các kết quả này là phù hợp với kết quả của tuyến đo từ telua MT-2014 đã được thực hiện trước đây ở vùng này. Việc luận giải địa chất các mặt cắt điện trở suất của tuyến Cù Chi-Bến Cát và tuyến Nhơn Trạch do đó cũng tương tự như đã luận giải đối với tuyến đo từ telua MT-2014. Lớp điện trở suất thấp có bề dày khoảng 400–500 m gần bề mặt phản ánh các vật liệu trầm tích Kainozoi và các trầm tích Mesozoi. Ranh giới ở độ sâu khoảng 400–500 m được xem là bắt đầu của móng điện trở suất cao. Lớp điện trở suất cao từ độ sâu khoảng 400–500 m đến khoảng 2 km có thể tương ứng với các đá xâm nhập tuổi Krêta sớm có điện trở suất lên đến vài nghìn Ωm như đã quan

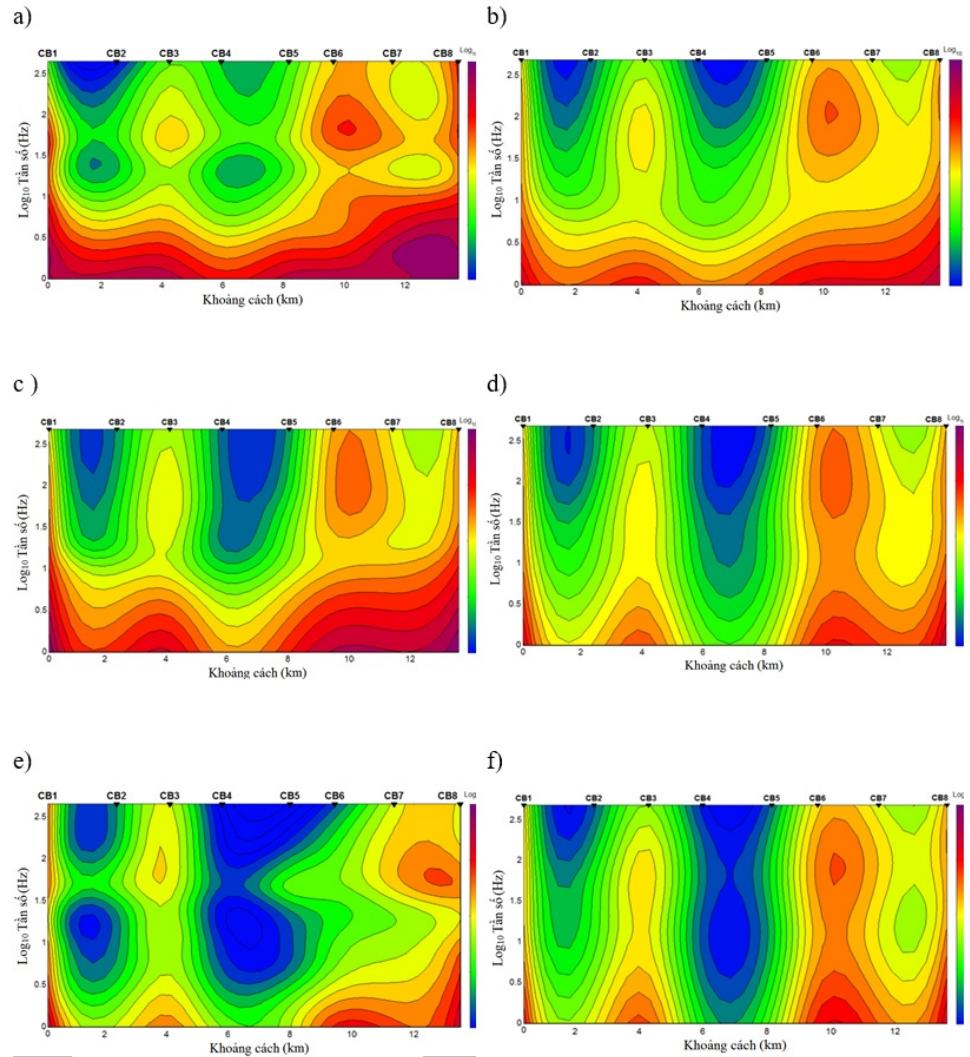


Hình 4: (a) Mô hình nghịch đảo tuyến Củ Chi–Bến Cát đến độ sâu 10 km. (b) Các giá trị chính quy hóa ACB của mô hình nghịch đảo tuyến Củ Chi–Bến Cát đến độ sâu 10 km. (c) Mô hình nghịch đảo tuyến Củ Chi–Bến Cát đến độ sâu 3 km. (d) Các giá trị chính quy hóa ACB của mô hình nghịch đảo tuyến Củ Chi–Bến Cát đến độ sâu 3 km.

sát thấy ở vùng thành phố Hồ Chí Minh⁹. Các vùng điện trở suất thấp bên dưới các điểm C4 và C2 tại độ sâu khoảng 2 km trong lớp này có thể liên quan đến các vật liệu có điện trở suất thấp, chẳng hạn các đá trầm tích Jura sớm hoặc đá trầm tích núi lửa tuổi Jura muộn - Kreta sớm đã quan sát thấy trong khu vực nghiên cứu, hoặc có thể liên quan đến các đứt gãy, vì trong các đới đứt gãy có nước làm cho điện trở suất đất đá bị giảm xuống. Mặt cắt điện trở suất từ độ sâu khoảng 2 km phản ánh một cấu trúc dạng nền, có thể là móng kết tinh. Kết quả này cũng phù hợp với các công bố về độ sâu tới móng kết tinh khu vực thành phố Hồ Chí Minh^{12,13}.

Các mặt cắt điện trở suất của các tuyến đo đều cho thấy lớp ở giữa (từ độ sâu khoảng 2-3 km đến khoảng 8-9 km) có điện trở suất rất cao và ổn định, không có dấu hiệu bị phá vỡ, chứng tỏ không có đứt gãy lớn nào xuyên cắt qua nó. Như vậy đứt gãy Sông Sài Gòn khó có thể là một đứt gãy xuyên vỏ Trái Đất. Khi biểu diễn các mặt cắt điện trở suất đến độ sâu 3 km của tuyến Củ Chi–Bến Cát, tuyến Nhơn Trạch và mặt

cắt điện trở suất của tuyến MT-2014 lên trên bản đồ (Hình 8), có thể thấy rằng các vùng điện trở suất thấp bên dưới các điểm CB5-CB6 của tuyến Củ Chi –Bến Cát, các điểm NT3-NT4 của tuyến Nhơn Trạch và các điểm C14-C2 của tuyến MT-2014 gần như nằm trên cùng một đường thẳng. Như vậy các vùng điện trở suất thấp này có thể tương ứng với đứt gãy Sông Sài Gòn. Dựa vào hình dạng và quy mô các vùng điện trở suất thấp này có thể thấy độ sâu phát triển của đứt gãy Sông Sài Gòn là đến khoảng 2-3 km. Như đã mô tả ở phần kết quả nghịch đảo, do gần bề mặt có một lớp điện trở suất thấp rồi đến lớp điện trở suất cao khá ổn định theo phương ngang nên đứt gãy Sông Sài Gòn không thể hiện trên các số liệu trường thế, là những nguồn số liệu mà ảnh hưởng của lớp trên cùng lên số liệu quan sát là mạnh nhất. Trên cả 3 mặt cắt điện trở suất ta đều thấy về phía bên trái của vùng điện trở suất thấp (là vùng có thể phản ánh đứt gãy Sông Sài Gòn) có một vùng điện trở suất cao. Độ sâu và hình dạng của vùng điện trở suất cao này trên cả 3 mặt cắt khá tương đồng nhau, cho thấy dọc theo đường



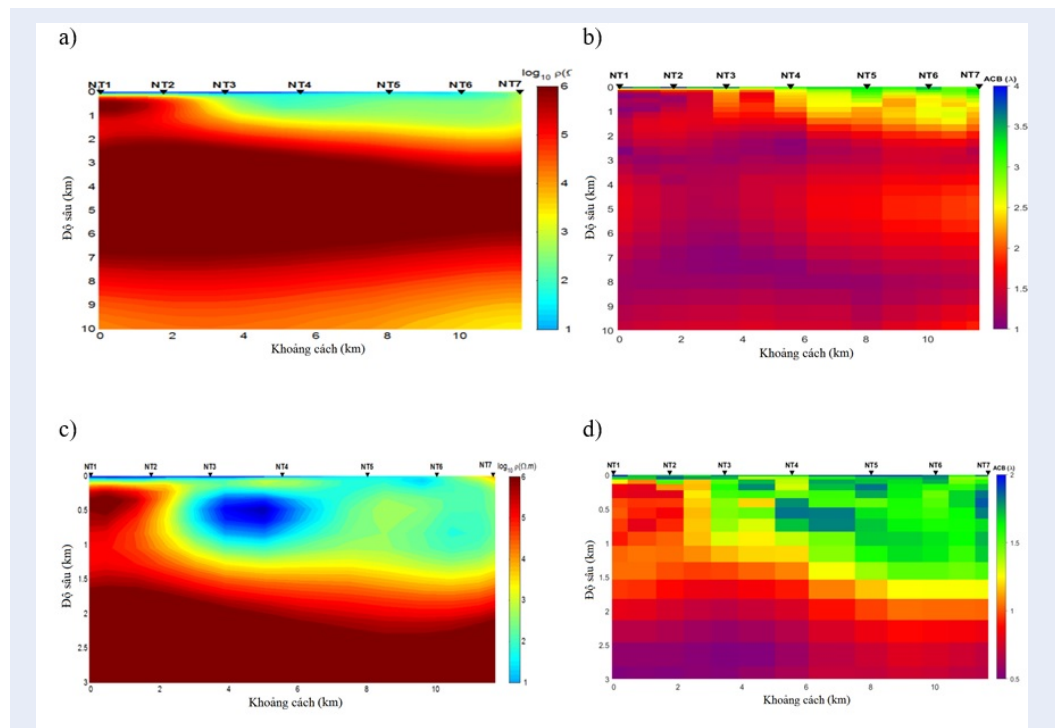
Hình 5: Số liệu quan sát và tính từ mô hình nghịch đảo tuyến Củ Chi–Bến Cát: (a) ρ_{xy} quan sát (b) ρ_{yx} quan sát, (c) ρ_{xy} tính toán từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 10 km, (d) ρ_{yx} tính từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 10 km; (e) ρ_{xy} tính từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 3 km, (f) ρ_{yx} tính từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 3 km.

phương của đứt gãy môi trường địa chất bên dưới có dạng 2D. Ta thấy rằng vùng điện trở suất thấp ở phần đầu của tuyến Củ Chi–Bến Cát và vùng điện trở suất thấp dưới điểm C4 của tuyến MT-2014 có thể phản ánh một đứt gãy nhỏ hơn chạy gần như song song với đứt gãy Sông Sài Gòn. Đứt gãy này đã thấy xuất hiện trong một số tài liệu địa chất của vùng này. Do phạm vi chiều dài của tuyến Nhơn Trạch nên không thể có thêm thông tin đứt gãy này có kéo dài đến Nhơn Trạch hay không. So sánh hình ảnh mặt cắt điện trở suất của tuyến Củ Chi–Bến Cát và tuyến MT-2014, ta thấy chúng có sự tương quan khá rõ về sự phân lớp cũng như sự phân bố của các vùng điện trở suất cao

và thấp. Đến độ sâu khoảng 500 m, kết quả tuyến Củ Chi–Bến Cát có sự chi tiết hơn do số liệu dùng trong nghiên cứu này được đo ở dải tần số cao hơn so với số liệu của tuyến MT-2014. Các lớp thu được đến độ sâu này cũng hoàn toàn trùng hợp với kết quả trước đây của Phạm Văn Ngọc¹⁴ đã thực hiện dọc theo tuyến từ telua Hóc Môn- Củ Chi (Hình 9- nửa sau của tuyến là vùng Củ Chi).

KẾT LUẬN

Trong bài báo này, thông qua việc phân tích và nghịch đảo số liệu từ telua, sự tồn tại của đứt gãy sông Sài Gòn đã được xác định, và vị trí của nó đã được chỉ ra



Hình 6: (a) Mô hình nghịch đảo tuyến Nhơn Trạch đến độ sâu 10 km. (b) Các giá trị chính quy hóa ACB của mô hình nghịch đảo tuyến Nhơn Trạch đến độ sâu 10 km. (c) Mô hình nghịch đảo tuyến Nhơn Trạch đến độ sâu 3 km. (d) Các giá trị chính quy hóa ACB của mô hình nghịch đảo tuyến Nhơn Trạch đến độ sâu 3 km.

trên mỗi tuyến đo. Kết quả cũng cho thấy độ sâu phát triển của đứt gãy sông Sài Gòn chỉ khoảng 2–3 km. Từ khu vực Củ Chi–Bến Cát đến huyện Nhơn Trạch tỉnh Đồng Nai đứt gãy này kéo dài liên tục, không bị phân đoạn. Để xác định các thông số của đứt gãy sông Sài Gòn như bề rộng đới phá hủy, hướng cắm, mức độ hoạt động của nó cần phải thực hiện thêm những đo đạc chi tiết hơn trong các nghiên cứu tiếp theo.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo này là một phần kết quả của đề tài “Nghiên cứu cấu trúc nền ba chiều (3D) đến độ sâu 50 m khu vực nội thành Thành phố Hồ Chí Minh và hiện trạng hoạt động đứt gãy sông Sài Gòn làm cơ sở cho việc đánh giá rung chấn và quản lý xây dựng”. Tập thể tác giả chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ thực hiện đề tài.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

- 1D: one-dimension: một chiều
- 2D: two-dimension: hai chiều
- 3D: three-dimension: ba chiều
- MT: Magnetotellurics: từ telua
- TE: Transverse Electric: Điện trường ngang
- TM: Transverse magnetic: Từ trường ngang

ACB: Active Constraint Balancing: Cân bằng ràng buộc chủ động

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH TÁC GIẢ

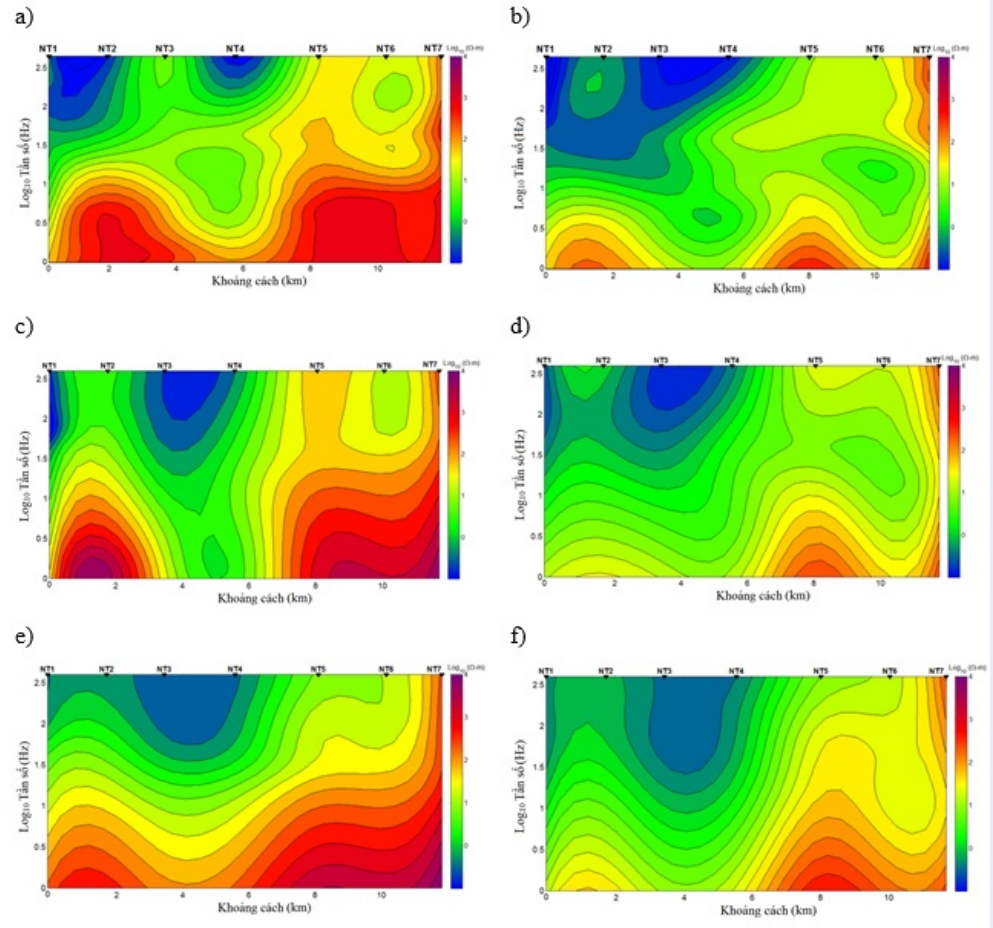
Các tác giả tuyên bố rằng không có xung đột lợi ích.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

- Lưu Việt Hùng phân tích số liệu và viết bài.
- Nguyễn Thành Vấn đề xuất đề tài, đọc và sửa bản thảo bài báo.
- Vũ Trọng Tấn chỉ đạo việc thực địa đo đạc số liệu.
- Seong Kon Lee cung cấp phần mềm phân tích dữ liệu.
- Ngô Sỹ Mạnh đo đạc và xử lý số liệu.
- Trần Thái Dương, Đinh Quốc Tuấn, Trần Hải Nam tham gia đo đạc số liệu.
- Nguyễn Quang Dũng tham gia đo đạc số liệu và giám sát quy trình thực địa.
- Lê Ngọc Thanh chủ nhiệm đề tài, đọc và sửa bản thảo.

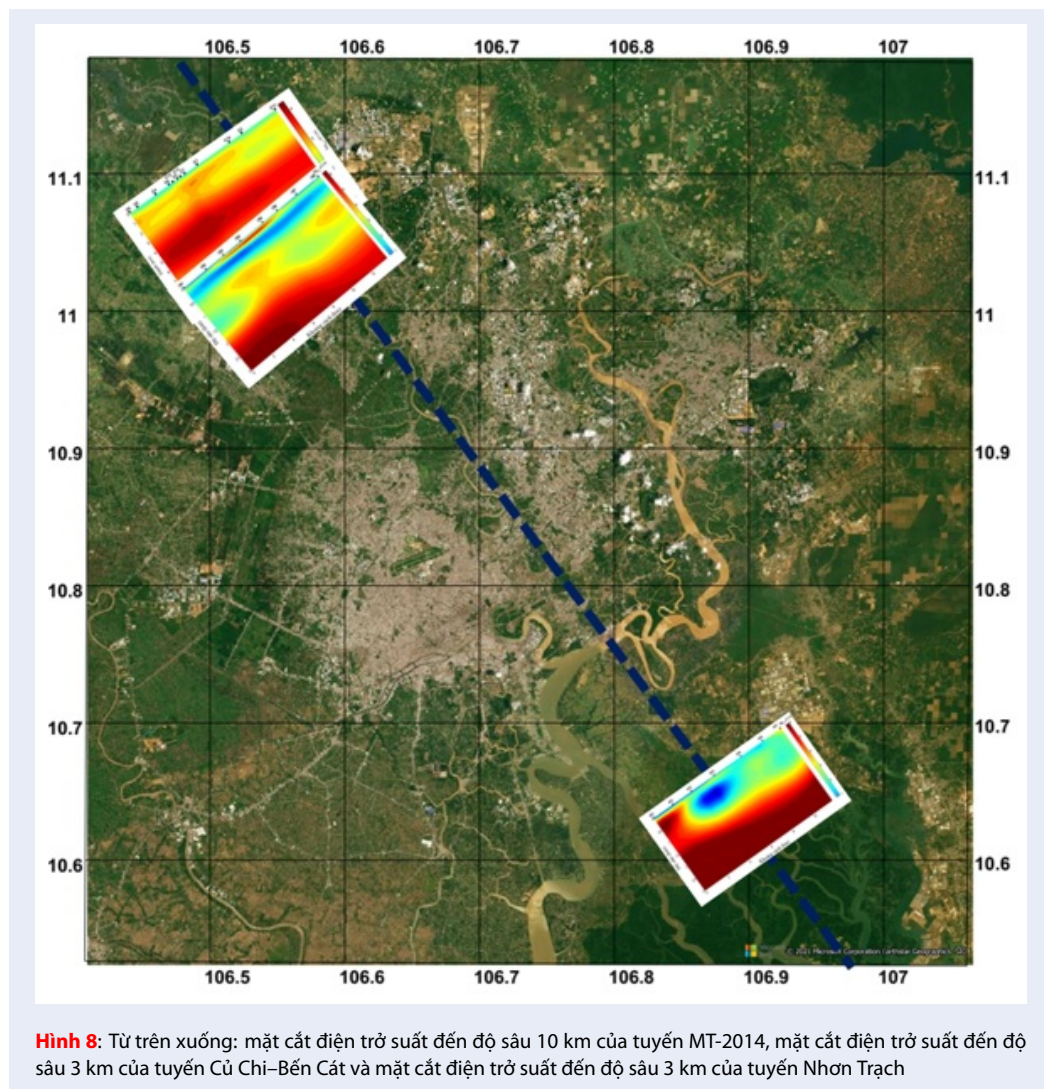
TÀI LIỆU THAM KHẢO

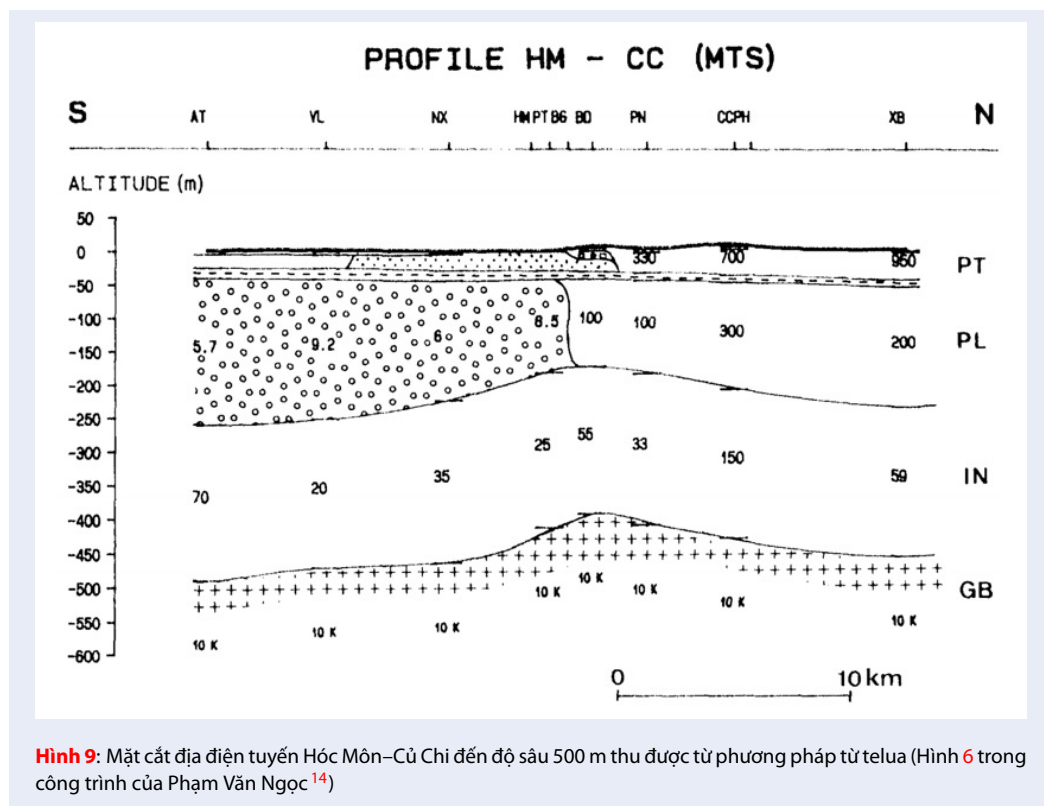
1. Nguyễn NH. Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam, tỉ lệ 1:200.000, tờ C-48-XI, Thành phố Hồ Chí Minh. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội; 1995.
2. Nguyễn HD. Báo cáo đề án “Phân chia địa tầng N-Q và nghiên cứu cấu trúc địa chất đồng bằng Nam Bộ”. Hà Nội; 2004.



Hình 7: Số liệu quan sát và số liệu tính từ mô hình nghịch đảo tuyến Nhon Trạch: (a) ρ_{xy} quan sát, (b) ρ_{yx} quan sát, (c) ρ_{xy} tính từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 10 km, (d) ρ_{yx} tính từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 10 km; (e) ρ_{xy} tính từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 3 km, (f) ρ_{yx} tính từ mô hình nghịch đảo đến độ sâu 3 km.

3. Đỗ VL. Báo cáo thuyết minh đề tài KC.09.38/16-20 "Nghiên cứu đặc điểm kiến tạo và tác động của các hoạt động nhân sinh có khả năng làm thay đổi trường ứng suất kiến tạo liên quan đến độ nguy hiểm động đất vùng biển từ Tuy Hoà đến Vũng Tàu". Vietnam; 2020.
4. Đỗ VL. Báo cáo thuyết minh đề tài "Phân vùng nhỏ động đất khu vực thành phố Hồ Chí Minh". Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh; 2009.
5. Lưu VH, Michel M, Lê Huy M, Võ TS, Nguyễn CT, Guy M, et al. Nghiên cứu cấu trúc sâu khu vực đứt gãy sông Sài Gòn bằng phương pháp từ telua. Tạp chí các Khoa học về Trái Đất. 2014;36(3):233-40.
6. Nguyễn NT. Xử lý tổng hợp tài liệu địa vật lý vùng thành phố Hồ Chí Minh. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên T.P. Hồ Chí Minh: Đại học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh; 2004.
7. Swift CM. A Magnetotelluric Investigation of an Electrical Conductivity Anomaly in the Southwestern United States. Massachusetts Institute of Technology. 1967.
8. Trương QH, Lương VT. Xác định một vài thông số của dòng điện xích đạo ở Việt Nam. 2005. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học kỹ thuật địa vật lý Việt Nam lần thứ 4. 2005;4: 47-70.
9. Đặng VH. Tính chất của trường điện từ tự nhiên miền xích đạo từ và độ chính xác của của phương pháp MTS ở Việt Nam. Tạp chí các Khoa học về Trái Đất. 1987;9(2):61-6.
10. Lee SK, Song Y, Lee C-K. MT2DInvMatlab-A program in MATLAB and FORTRAN for two-dimensional magnetotelluric inversion. Computers & Geosciences. 2009;35:1722-34; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2008.10.010>.
11. Yi M-J, Kim JH, Chung S-H. Enhancing the resolving power of least-squares inversion with active constraint balancing. Geophysics. 2003;68; Available from: <https://doi.org/10.1190/1.1581045>.
12. Cao ĐT. Trường địa vật lý và cấu trúc thạch quyển lãnh thổ Việt Nam. Hà Nội: NXB KHKT; 2005.
13. Cao ĐT, Phạm HL, Đỗ VL, Lê VD, Cao ĐT. Địa động lực hiện đại lãnh thổ Việt Nam: Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ; 2013.
14. Phạm VN, Boyer D, Nguyen TKT, Nguyen VG. Deep groundwater investigation by combined VES/MTS methods near Ho Chi Minh City, Viet Nam. Ground Water. 1994;32 (4):675-82; Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1994.tb00904.x>.





Hình 9: Mặt cắt địa điện tuyến Hóc Môn-Củ Chi đến độ sâu 500 m thu được từ phương pháp từ telua (Hình 6 trong công trình của Phạm Văn Ngọc¹⁴)

Using the magnetotelluric method to study the deep structure of the Sai Gon river fault in the vicinity of Ho Chi Minh City

Luu Viet Hung^{1,*}, Nguyen Thanh Van², Vu Trong Tan³, Seong Kon Lee⁴, Ngo Sy Manh⁵, Tran Thai Duong⁵, Dinh Quoc Tuan³, Tran Hai Nam³, Nguyen Quang Dung⁶, Le Ngoc Thanh⁶



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

This paper presented the study of the two magnetotelluric profiles crossing the Saigon river fault. The first one was 13.5 km long consisting in 8 stations extending from Cu Chi district, Ho Chi Minh city to Ben Cat district, Binh Duong province, and the second was 11.7 km long including 7 stations in Nhon Trach district, Dong Nai province, Vietnam. The data were recorded in the period range 0.002–259 s using the GEPARD-4 instrument. Because of the influence of the equatorial electrojet (EEJ) on magnetotelluric soundings in this region, only data in the period range shorter than about 1 s for the analysis were used. The resistivity data of both TE and TM modes were used for inversion using the MT2DinvMatlab software. Firstly, data were inverted down to a depth of 10 km to obtain the main electric features of the region. The results showed that on both profiles, the resistivity cross-sections showed a 3-layer geoelectric structure in which the top low resistivity layer had a thickness of about 2 km, the resistive intermediate layer was about 6–7 km thick, and the underlying low resistivity layer. On these cross-sections, the Saigon river fault could not be observed. Then data were inverted down to 3 km to obtain more detailed information to determine the location and dip direction of the Saigon river fault. The geoelectric cross-sections of 3 km depth showed that for the Cu Chi–Ben Cat profile, the Saigon river fault corresponded to the low resistivity region below the stations CB5 and CB6, and for the Nhon Trach profile, the river fault Saigon would be related to the low resistivity region below the stations NT3 and NT4. The obtained results confirmed the existence of the Saigon river fault, with the location and its continuous extension from the Cu Chi–Ben Cat area, through Thu Duc city to Nhon Trach district of Đồng Nai province.

Key words: 2D inversion, deep geoelectrical structure, magnetotelluric, Saigon river fault

¹Department of Applied Sciences, Ho Chi Minh University of Technology and Education

²University of Science, Vietnam National University Ho Chi Minh City

³South Vietnam Geological Mapping Division

⁴Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM)

⁵Geophysical Division, General Department of Geology and Minerals of Vietnam

⁶Ho Chi Minh City Institute of Resources Geography

Correspondence

Luu Viet Hung, Department of Applied Sciences, Ho Chi Minh University of Technology and Education

Email: hungluu@hcmute.edu.vn

History

- Received: 10-12-2021
- Accepted: 09-3-2022
- Published: 30-6-2022

DOI : 10.32508/stdjns.v6i2.1154



Cite this article : Hung L V, Van N T, Tan V T, Lee S K, Manh N S, Duong T T, Tuan D Q, Nam T H, Dung N Q, Thanh L N. **Using the magnetotelluric method to study the deep structure of the Sai Gon river fault in the vicinity of Ho Chi Minh City.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 2022, 6(2):2103-2115.