

XÁC ĐỊNH ĐỊA HÌNH MẶT MÓNG BỒN TRÂM TÍCH THEO PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TOÁN NGƯỢC TRONG LỰC 3D

NGUYỄN NHƯ TRUNG, NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG

I. MỞ ĐẦU

Xác định mô hình cấu trúc vỏ Trái Đất từ các số liệu dị thường địa vật lý thường được sử dụng phương pháp giải lập truyền thống [1, 2]. Theo cách này, các tham số về mô hình cấu trúc vỏ được xác định trên cơ sở sự trùng khớp giữa giá trị dị thường tính lý thuyết so với dị thường đo được ngoài thực tế. Các trường dị thường lý thuyết thường được xác định từ việc chia nhỏ mô hình thành các đối tượng đơn giản hơn như mô hình các khối chữ nhật, đa giác... Tuy nhiên, một trong những nhược điểm của phương pháp giải lập này là khi môi trường thực tế phức tạp và số lượng các điểm quan sát lớn thì việc giải theo phương pháp này sẽ tốn rất nhiều thời gian vì số lượng các phép tính sẽ tăng lên rất nhiều. Hơn nữa, việc tăng nhiều yếu tố cấu trúc của mô hình sẽ càng làm cho bài toán ngược tăng số nghiệm tương đương lên, dẫn đến kết quả nhiều khi hoàn toàn không phù hợp với thực tế địa chất [2]. Hiện nay, với khả năng của máy tính và các thuật toán tối ưu hiện đại, thì việc cho ra được nghiệm của bài toán ngược địa vật lý theo phương pháp giải lập không còn là vấn đề nữa, mà khó khăn nhất là ở chỗ làm thế nào hạn chế được các nghiệm tương đương và hướng được nghiệm hội tụ về miền nghiệm thực [1, 2]. Một phương pháp giải bài toán ngược 3D trực tiếp dựa trên công thức của R.L. Parker [3] được D.T. Sandwell và W. Smith sử dụng đặc biệt có hiệu quả trong xác định địa hình đáy biển từ số liệu trọng lực vệ tinh [6, 7]. Thuật toán cho phép tính được địa hình mặt ranh giới trực tiếp từ phương trình tuyến tính biểu diễn mối quan hệ giữa địa hình mặt ranh giới và dị thường trọng lực qua miền tần số. Bằng phương pháp giải này vấn đề nghiệm tương đương đã được hạn chế đáng kể. Với mong muốn khai thác được thế mạnh của thuật toán này trong xác định địa hình của mặt ranh giới, các tác giả xin

giới thiệu một số kết quả nghiên cứu trên mô hình và ứng dụng trên thực tế của phương pháp giải này trong việc xác định địa hình mặt móng các bồn trầm tích. Kết quả ứng dụng thực tế trong khảo sát địa hình mặt móng trước Kainozoi bồn trũng Cửu Long và Nam Côn Sơn đã chứng tỏ tính hiệu quả cao của phương pháp, mở ra một triển vọng mới trong khảo sát địa hình mặt móng các bồn trũng nước sâu ngoài thềm lục địa Việt Nam từ nguồn số liệu trọng lực vệ tinh.

II. CƠ SỞ TOÁN HỌC

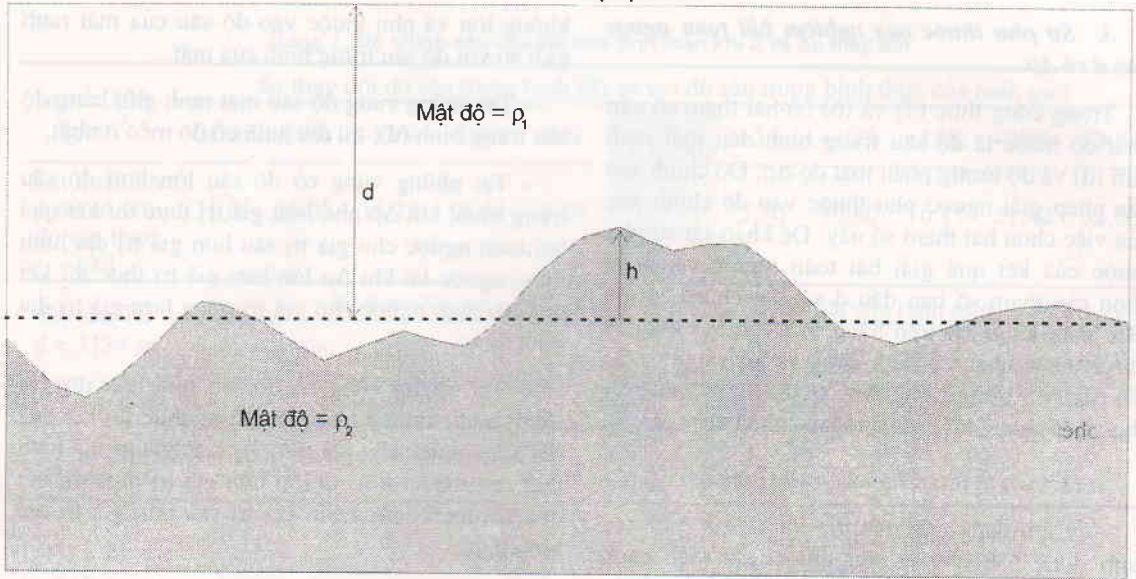
1. Bài toán cho mô hình vô cùng

Như chúng ta biết, địa hình mặt ranh giới mặt độ và dị thường trọng lực được biểu diễn tốt nhất thông qua phép biến đổi Fourier hai chiều. Công thức chính xác biểu diễn mối quan hệ này được R.L. Parker xây dựng như sau [3]:

$$F[\Delta g] = 2\pi G \Delta \rho \exp[-2\pi k d] \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\pi k^{n-1}}{n!} F[h(x, y)] \quad (1)$$

trong đó (hình 1): $F|$ - toán tử biến đổi Fourier hai chiều, G - hằng số hấp dẫn, $\Delta \rho$ - độ tương phản mật độ qua ranh giới, k - số sóng, d - chiều sâu trung bình của ranh giới, $h(x, y)$ - độ cao của mặt ranh giới so với chiều sâu trung bình

Về phía của công thức (1), là biến đổi Fourier của khai triển chuỗi Taylor, có tính chất: khi địa hình mặt ranh giới nằm dưới mặt quan sát, góc tọa độ được chọn ở điểm trung bình của đường địa hình, thì chuỗi vô hạn trên hội tụ rất nhanh; khi biên độ cực đại của địa hình nhỏ hơn nhiều so với độ sâu trung bình (d), thì giá trị của biểu thức (1) chủ yếu phụ thuộc vào số hạng đầu tiên của chuỗi ($n=1$) [3, 6, 7].



Hình 1. Địa hình mặt ranh giới giữa hai lớp có mật độ khác nhau
 d - độ sâu trung bình mặt ranh giới, h - độ cao địa hình mặt ranh giới

Với tính chất này, người ta thường dùng số hạng đầu tiên của chuỗi (1) để biểu diễn mối quan hệ tuyến tính và đẳng hướng giữa giá trị trọng lực và địa hình mặt ranh giới, khi đó ta có [1, 6, 7] :

$$F[\Delta g] = 2\pi G \Delta \rho \exp[-2\pi|k|d] F[h(x, y)] \quad (2)$$

Từ công thức (2) cho phép ta xác định trực tiếp địa hình mặt ranh giới phân chia mật độ thông qua giá trị dị thường trọng lực theo công thức biến đổi ngược sau :

$$h(x, y) = F^{-1} \left[\frac{F[\Delta g]}{2\pi G \Delta \rho \exp[-2\pi|k|d]} \right] \quad (3)$$

trong đó $F^{-1}[\]$ - toán tử biến đổi Fourier ngược 2 chiều.

Công thức (3) là công thức tính nhanh địa hình mặt ranh giới phân chia mật độ thông qua giá trị hiệu ứng trọng lực quan sát (Δg). Công thức này thoả mãn trong trường hợp diện tích khảo sát nhỏ, khi đó vỏ thạch quyển có thể được coi là cứng, không bị võng do sức tải của địa hình [6, 7].

2. Bài toán cho mô hình vỏ đàn hồi

Khi diện tích khảo sát lớn, vỏ Trái Đất có thể bị võng xuống do sức tải của địa hình. Nếu giả thiết mô hình vỏ Trái Đất là phiến mỏng đàn hồi nằm trên tầng địa quyển lỏng, thì độ võng xuống của mặt ranh giới vỏ và Manti (mặt Moho) được biểu diễn theo công thức sau [6, 7] :

$$M(k) = - \left(\frac{\rho_c - \rho_w}{\rho_m - \rho_c} \right) \Phi(|k|) H(k) \quad (4)$$

trong đó $\Phi(|k|) = [1 + (\lambda|k|)^4]^{-1}$; bước sóng đàn hồi đặc trưng λ phụ thuộc vào độ dày đàn hồi của vỏ Trái Đất

Độ võng của mặt ranh giới giữa vỏ Trái Đất và Manti sẽ sinh ra một hiệu ứng trọng lực có bước sóng lớn. Khi đó hàm biểu diễn mối quan hệ tuyến tính giữa mặt địa hình và dị thường trọng lực có dạng sau [6, 7] :

$$F[\Delta g] = 2\pi G \Delta \rho \exp[-2\pi|k|d] [1 - \Phi(|k|)] \times \exp(-2\pi|k|d) F[h(x, y)] \quad (5)$$

hay

$$F[\Delta g] = Z(|k|) F[h(x, y)]$$

Bằng cách tính ngược công thức (5) ta có được giá trị địa hình mặt ranh giới từ giá trị dị thường trọng lực quan sát :

$$F[h(x, y)] = Z^{-1}(|k|) F[\Delta g] \quad (6)$$

Công thức (3) và công thức (6) là công thức cơ sở cho phép chúng ta giải bài toán ngược 3D trọng lực để xác định trực tiếp địa hình mặt ranh giới thông qua giá trị dị thường trọng lực quan sát được.

3. Sự phụ thuộc của nghiệm bài toán ngược vào d và $\Delta\rho$

Trong công thức (3) và (6) có hai tham số cần phải có trước là độ sâu trung bình đến mặt ranh giới (d) và độ tương phản mật độ $\Delta\rho$. Độ chính xác của phép giải ngược phụ thuộc vào độ chính xác của việc chọn hai tham số này. Để khảo sát sự phụ thuộc của kết quả giải bài toán ngược vào việc chọn các tham số ban đầu d và $\Delta\rho$, chúng tôi đã tiến hành khảo sát trên hàng loạt các mô hình lý thuyết khác nhau có hình dạng và kích thước gần với các bồn trũng trong thực tế. Kết quả tính toán cho phép chúng tôi đưa ra một số nhận xét sau :

a) Đối với tham số độ sâu trung bình (d) :

+ Hình dạng của mặt địa hình ranh giới xác định được hầu như ít phụ thuộc vào việc chọn tham số ban đầu d . Nghĩa là ta có thể chọn các tham số d sai khác nhiều so với giá trị thực của nó thì kết quả của bài toán ngược vẫn cho được hình dạng địa hình mặt ranh giới. Khi chọn d lớn hơn giá trị độ sâu trung bình thực thì mặt ranh giới tính được sẽ bị tịnh tiến xuống dưới và ngược lại.

+ Việc chọn giá trị ban đầu d càng gần với giá trị thực thì kết quả giải ngược càng cho ta độ chính xác cao. Sai số của kết quả giải ngược tỷ lệ thuận với độ chính xác của việc chọn d và $\Delta\rho$. Khi chọn d và $\Delta\rho$ đúng bằng độ sâu trung bình và độ tương phản mật độ thực của mặt ranh giới thì kết quả giải ngược có độ chính xác cao nhất tại những khu vực có độ sâu gần bằng độ sâu trung bình ($-0 - 0.3\%$). Đối với mỗi độ sâu trung bình (d) được chọn, thì độ chính xác của kết quả giải ngược sẽ tăng theo chiều tăng của độ sâu mặt ranh giới.

+ Khi biên độ địa hình của mặt ranh giới nhỏ hơn nhiều so với độ sâu trung bình d , kết quả càng cho ta độ chính xác cao hơn.

b) Đối với tham số độ tương phản mật độ $\Delta\rho$:

+ Độ chính xác của kết quả giải ngược phụ thuộc nhiều vào việc chọn d , trong khi đó nó phụ thuộc ít vào việc chọn $\Delta\rho$. Ví dụ, khi d thay đổi trong khoảng $\pm 30\%$ thì độ chính xác của kết quả giải ngược sẽ thay đổi khoảng 30-32%, trong khi $\Delta\rho$ thay đổi khoảng 30% thì độ chính xác của kết quả giải ngược chỉ thay đổi khoảng từ 5-8%.

+ Khi chọn độ tương phản mật độ $\Delta\rho$ khác với giá trị thực, thì hình dạng địa hình bị méo so với hình dạng thực của nó. Tuy nhiên, mức độ méo

không lớn và phụ thuộc vào độ sâu của mặt ranh giới so với độ sâu trung bình của mặt :

- Tại những vùng độ sâu mặt ranh giới bằng độ sâu trung bình (d), thì địa hình có độ méo ít nhất,

- Tại những vùng có độ sâu lớn hơn độ sâu trung bình, khi $\Delta\rho$ nhỏ hơn giá trị thực thì kết quả bài toán ngược cho giá trị sâu hơn giá trị địa hình thực, ngược lại khi $\Delta\rho$ lớn hơn giá trị thực thì kết quả bài toán ngược cho giá trị nông hơn giá trị địa hình thực.

- Tại những vùng có độ sâu nhỏ hơn độ sâu trung bình, khi $\Delta\rho$ nhỏ hơn giá trị thực thì kết quả bài toán ngược cho giá trị nông hơn giá trị địa hình thực, ngược lại khi $\Delta\rho$ lớn hơn giá trị thực thì kết quả bài toán ngược cho giá trị sâu hơn giá trị địa hình thực.

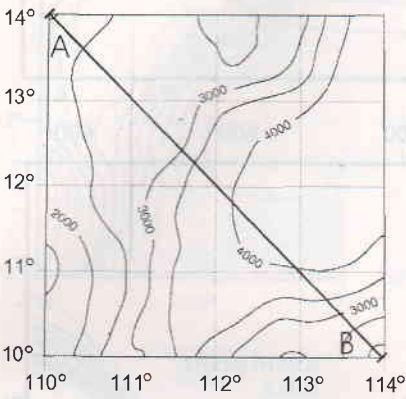
Hình 2a là mô hình một mặt ranh giới có độ sâu trung bình $d_{th} = 3.184$ m có đặc điểm địa hình thay đổi phức tạp, biên độ địa hình thay đổi trong khoảng $h_{max} = 4.200$ m và $h_{min} = 1.400$ m. Giả sử độ tương phản mật độ qua ranh giới này là $\Delta\rho = 0,23$ g/cm³, thì hiệu ứng trọng lực do ranh giới này gây ra được biểu diễn trên hình 2b. Chúng ta lấy giá trị dị thường này (cộng với nhiễu ngẫu nhiên) coi là giá trị dị thường quan sát và giá trị độ sâu (hình 2a) là nghiệm đúng của dị thường này. Kết quả giải ngược dị thường hình 2b theo thuật toán nêu trên cho ta các kết quả sau :

Khi giữ nguyên giá trị $\Delta\rho = 0,23$ và lần lượt chọn d bằng các giá trị : $d = 3.184$ m, 3.343 m (cộng thêm 5%), 3.502 m (+10% d_{th}), 3.661 m (+15% d_{th}), 3.820 m (+20% d_{th}), 4.139 m (+30% d_{th}), 3.025 m (-5% d_{th}), 2.865 m (-10% d_{th}), 2.706 m (-15% d_{th}), 2.547 m (-20% d_{th}) và 2.228 m (-30% d_{th}). Khi chọn d bằng đúng độ sâu trung bình thực (d_{th}) của mặt ranh giới thì giá trị độ sâu mặt ranh giới tính được có độ chính xác đạt đến 0,7%, khi d tăng dần (hoặc giảm dần) so với độ sâu trung bình thực, thì độ chính xác cũng giảm dần. Khi d thay đổi từ 5-30% thì độ chính xác của độ sâu tính được thay đổi trong khoảng từ 5 đến 32% (bảng 1). Hình dạng của địa hình mặt ranh giới không thay đổi khi chọn d khác nhau (hình 3a và 4). Với các d khác nhau, trên hình ta cũng nhận thấy độ chính xác của kết quả tính cũng tăng dần theo hướng tăng của độ sâu mặt địa hình (hình 4a).

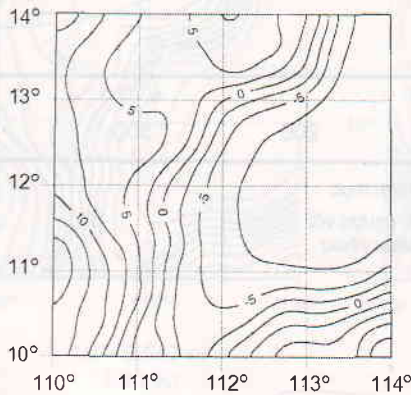
- Khi giữ nguyên $d = 3.184$ m và thay đổi $\Delta\rho = 0,23, 0,2, 0,16$ và $0,25$ g/cm³ độ chính xác của kết

Bảng 1. Độ chính xác của kết quả tính toán khi d và $\Delta\rho$ thay đổi

$\Delta\rho = 0,23$ g/cm^3	Sự thay đổi độ sâu trung bình (d) so với độ sâu trung bình thực của ranh giới										
	-30%	-20%	-15%	-10%	-5%	0% (3184 m)	+5%	+10%	+15%	+20%	+30%
Kết quả tính toán so với độ sâu thực (%)	31,6	21,05	15,75	10,44	5,10	0,77	5,50	10,80	16,11	21,42	32,06
Độ sâu TB $d = 3184$ m	Sự thay đổi $\Delta\rho$ so với độ tương phản mật độ thật của ranh giới										
	-30%	-20%	-15%	-10%	-5%	0% 0,23 g/cm^3	+5%	+10%	+15%	+20%	+30%
Kết quả tính toán so với độ sâu thực (%)	8,74	4,79	3,17	1,74	0,62	0,77	1,83	2,78	3,66	4,46	5,86



a)



b)

← Hình 2.
Mô hình mặt ranh giới mật độ

- a) Mô hình độ sâu mặt ranh giới (đường đồng mức 500 m)
- b) Dị thường trọng lực do mặt ranh giới gây ra (đường đồng mức 2,5 mGal)

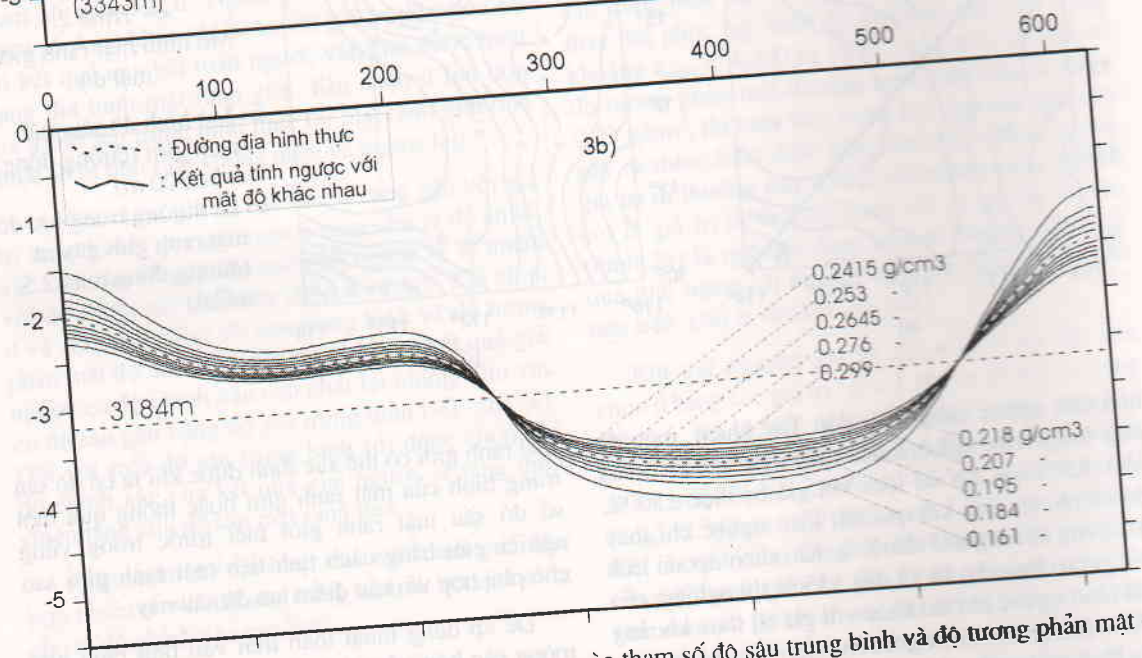
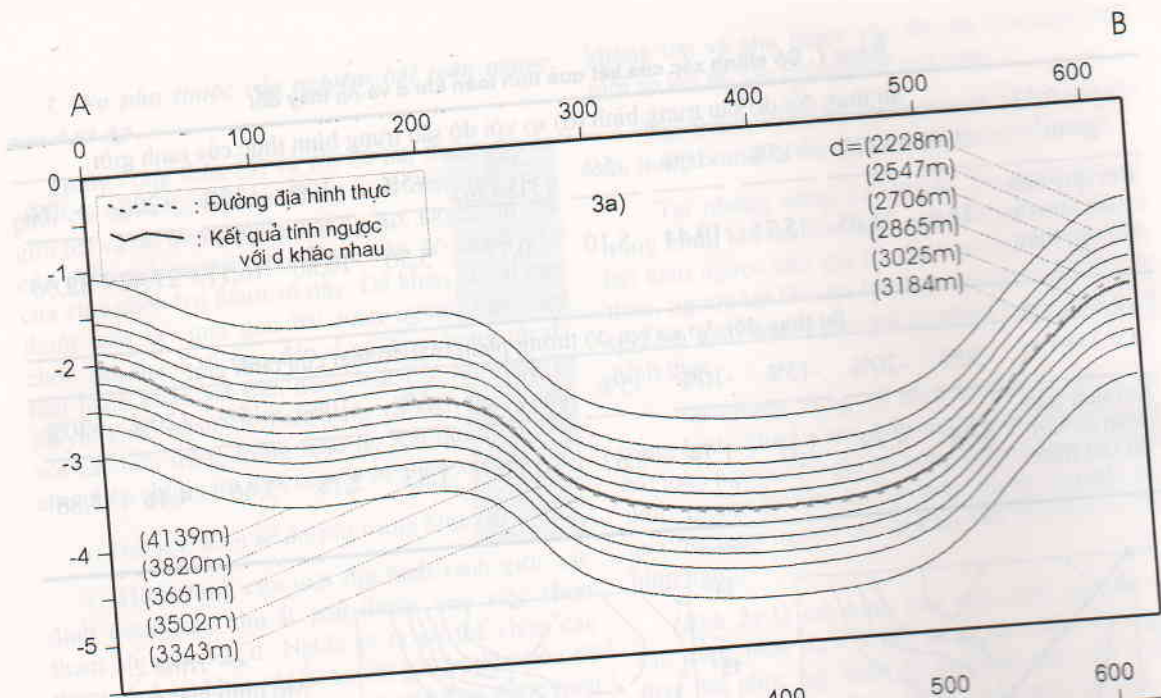
quả tính ngược cũng thay đổi. Tuy nhiên, mức độ phụ thuộc của nghiệm bài toán ngược vào $\Delta\rho$ là nhỏ. Khi chọn $\Delta\rho$ sai lệch với giá trị thực $\pm 30\%$, độ chính xác của kết quả bài toán ngược chỉ thay đổi trong khoảng từ 5 đến 8%. Khi chọn $\Delta\rho$ sai lệch với giá trị thực $\Delta\rho$ từ ± 5 đến $\pm 15\%$ thì nghiệm của bài toán ngược chỉ sai khác với giá trị thực khoảng 1-2% (bảng 1) và trong trường hợp này, hình dạng địa hình mặt ranh giới cũng thay đổi rất nhỏ khi $\Delta\rho$ thay đổi (hình 3b).

2. Giải bài toán ngược xác định mặt móng bốn trầm tích

Ưu điểm nổi bật của thuật toán nêu trên là chúng ta có thể tính nhanh được hình dạng của địa hình mặt ranh giới mà không cần nhiều thông tin tiên nhiệm ban đầu. Độ tương phản mật độ của lớp có thể xác định được gần đúng từ dị thường trọng lực quan sát và các thông tin khác. Độ sâu thực của

mặt ranh giới có thể xác định được khi ta có độ sâu trung bình của mặt ranh giới hoặc thông qua một số độ sâu mặt ranh giới biết trước trong vùng nghiên cứu bằng cách tịnh tiến mặt ranh giới sao cho phù hợp với các điểm tựa độ sâu này.

Để áp dụng thuật toán trên vào tính ranh giới móng các bồn trầm tích chúng ta giả thiết vỏ Trái Đất gồm 4 lớp chính: lớp nước biển, lớp trầm tích, lớp đá móng, Manti và các khối bất đồng nhất địa phương. Trong đó mật độ đất đá trong từng lớp là không đổi. Do đó, dị thường trọng lực thu được bao gồm các yếu tố sau: a) hiệu ứng của lớp nước biển, b) hiệu ứng do địa hình mặt móng giữa lớp trầm tích và đá móng, c) hiệu ứng trọng lực của mặt Moho và d) dị thường do các khối bất đồng nhất ở dưới sâu (gây ra dị thường có bước sóng lớn) và các khối bất đồng nhất ngay trên mặt (gây ra các dị thường có bước sóng rất ngắn). Như vậy, nếu ta loại bỏ được hiệu ứng trọng lực của lớp

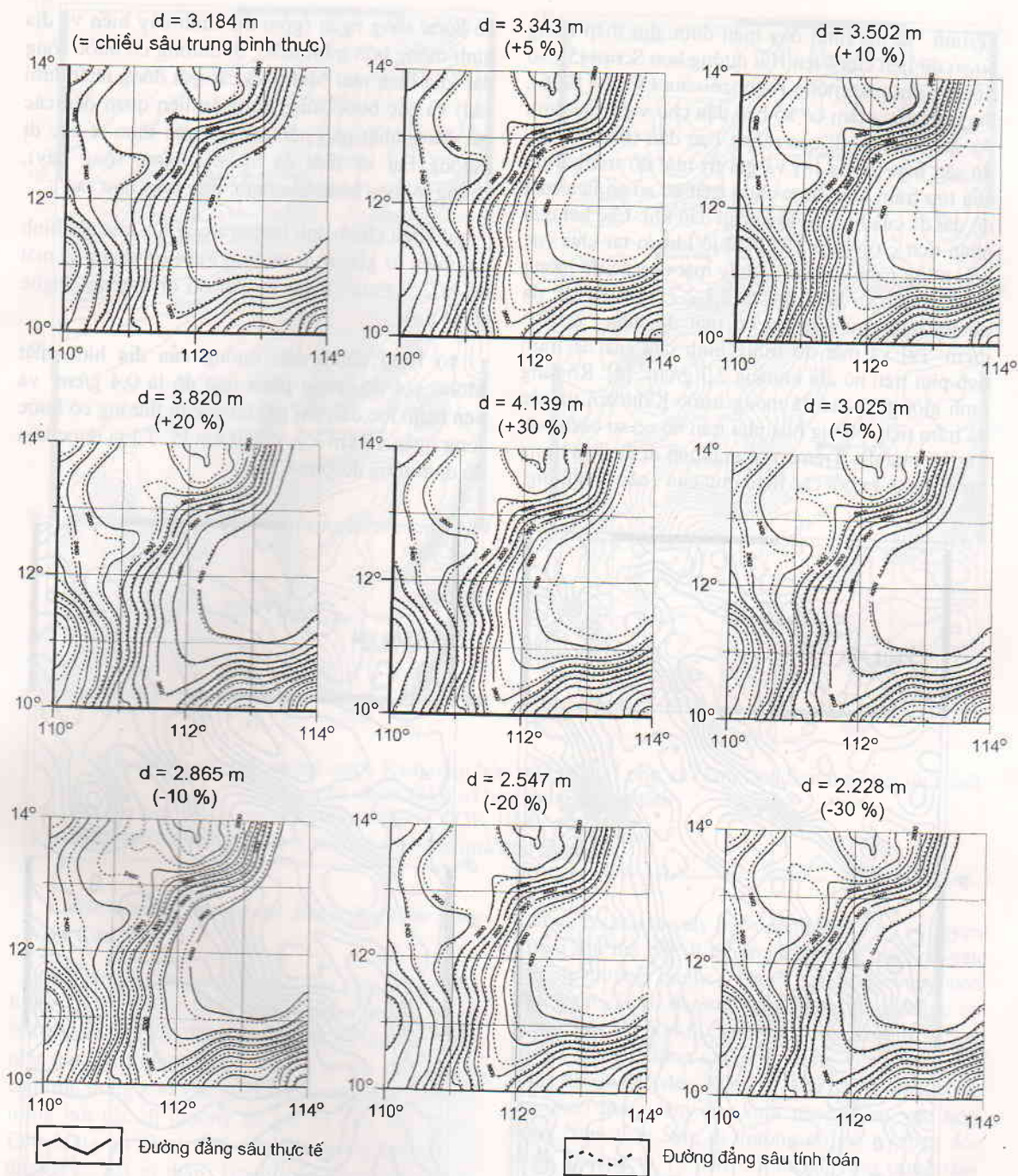


Hình 3. Sự phụ thuộc của nghiệm bài toán ngược vào tham số độ sâu trung bình và độ tương phản mật độ theo tuyến AB (vị trí tuyến ghi trên hình 2)

- a) Ranh giới tính được có hình dạng không thay đổi khi tham số d thay đổi, khi d bằng chiều sâu trung bình thực, kết quả gần như trùng với nghiệm thực (sai số 0,7%); khi d lớn hơn, ranh giới bị tịnh tiến xuống dưới sâu hơn và khi d nhỏ hơn, ranh giới bị tịnh tiến lên phía trên
- b) Ranh giới tính được phụ thuộc vào độ tương phản mật độ

nước biển, mặt Moho và các yếu tố bất đồng nhất địa phương ra khỏi dị thường quan sát, thì công thức (3) và (6) có thể áp dụng cho việc xác định địa hình mặt móng. Từ đó chúng tôi đưa ra lược đồ tính mặt móng được tóm tắt như sau :

- a) Tính hiệu ứng trọng lực gây ra do lớp nước biển và ranh giới địa hình mặt Moho gây ra ;
- b) Tính dị thường dư do mặt móng gây ra bằng giá trị dị thường F_{ai} trừ đi hiệu ứng trọng lực của



Hình 4. Kết quả tính bài toán ngược 3D trên mô hình, nghiệm của bài toán ngược phản ánh rất tốt hình dạng địa hình mặt ranh giới, ít phụ thuộc vào việc chọn tham số d

lớp nước biển và mặt Moho. Sau đó loại bỏ ảnh hưởng của các yếu tố bất đồng nhất địa phương thông qua phép lọc dải.

c) Tính địa hình mặt móng từ các dị thường dư do mặt móng gây ra theo công thức (3) hoặc (6).

IV. VÍ DỤ ỨNG DỤNG CHO BỒN TRỪNG CỬU LONG - NAM CÔN SƠN

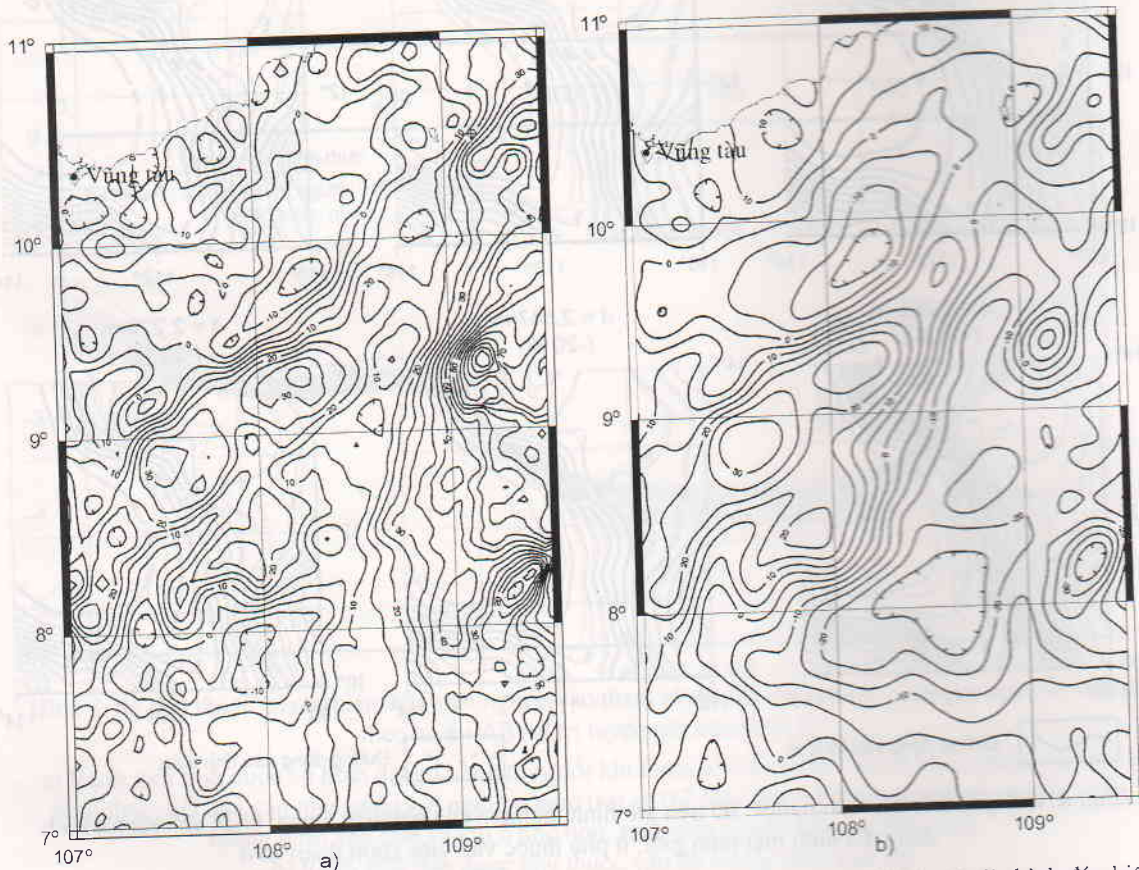
Vùng nghiên cứu được giới hạn từ vĩ độ 7° - 11° N và kinh độ từ 107° - $109^{\circ}30'$ E. Số liệu sử dụng trong phân tích ở đây gồm : số liệu dị thường Fai

vệ tinh và địa hình đáy biển được thu thập trong cơ sở dữ liệu của Viện Hải dương học Script [5], số liệu độ sâu mặt móng Kainozoi của CCOP [1996], được sử dụng làm cơ sở ban đầu cho việc xác định độ sâu trung bình của móng ban đầu (tham số d), độ sâu mặt Moho [8] và giá trị mật độ trung bình của lớp trầm tích được chọn trên cơ sở số liệu mật độ đất đá của hơn 30 lỗ khoan dầu khí. Các kết quả phân tích cơ lý của các mẫu lỗ khoan tại khu vực bồn trũng Cửu Long cho thấy mật độ của đá móng trước Kainozoi biến đổi từ 2,7-2,72 g/cm³, các đá phong hoá phủ trên nó có mật độ thấp 2,5-2,6 g/cm³ [9] và mật độ trung bình của các đá trầm tích phủ trên nó chỉ khoảng 2,3 g/cm³ [4]. Rõ ràng ranh giới giữa các đá móng trước Kainozoi và các đá trầm tích, phong hoá phủ trên nó có sự cách biệt lớn về mật độ. Trên cơ sở giả thiết dị thường trọng lực Fai gây ra bởi các hiệu ứng của : các dị thường

có bước sóng ngắn (gồm địa hình đáy biển và địa hình móng bồn trầm tích), dị thường có bước sóng dài (địa hình mặt Moho và các bất đồng nhất dưới sâu) và các bước sóng rất ngắn liên quan đến các bất đồng nhất nhỏ nằm nông (trên thực tế các dị thường Fai vệ tinh đã lọc các bước sóng này), chúng tôi tiến hành các bước tính toán như sau :

a) Hiệu chỉnh ảnh hưởng trọng lực của địa hình đáy biển từ giá trị dị thường Fai (với tham số mật độ là 2,3 g/cm³) cho ta bản đồ dị thường Bughe (hình 5a).

b) Hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình mặt Moho với độ tương phản mật độ là 0,4 g/cm³ và tiến hành lọc dài, chỉ giữ lại các dị thường có bước sóng ngắn 15 km < λ < 250 km [5, 7] ta được bản đồ dị thường dư (hình 5b).

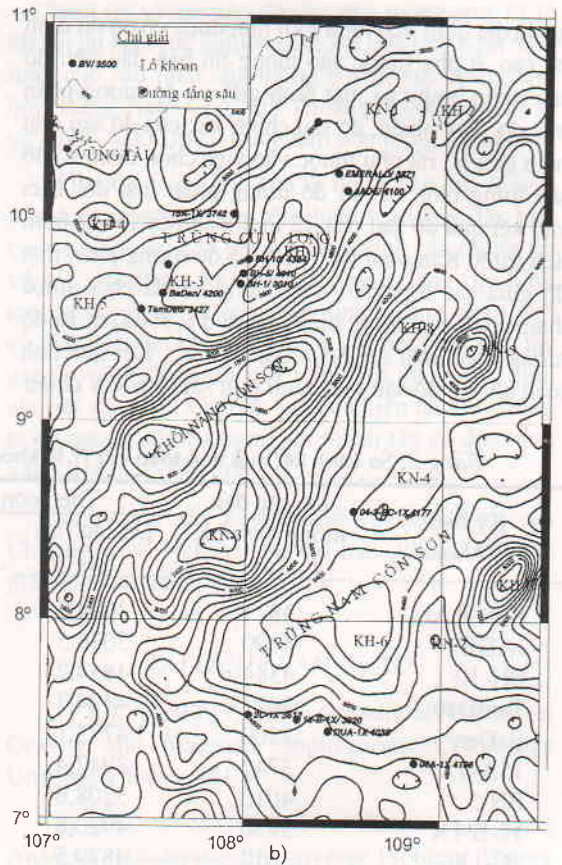
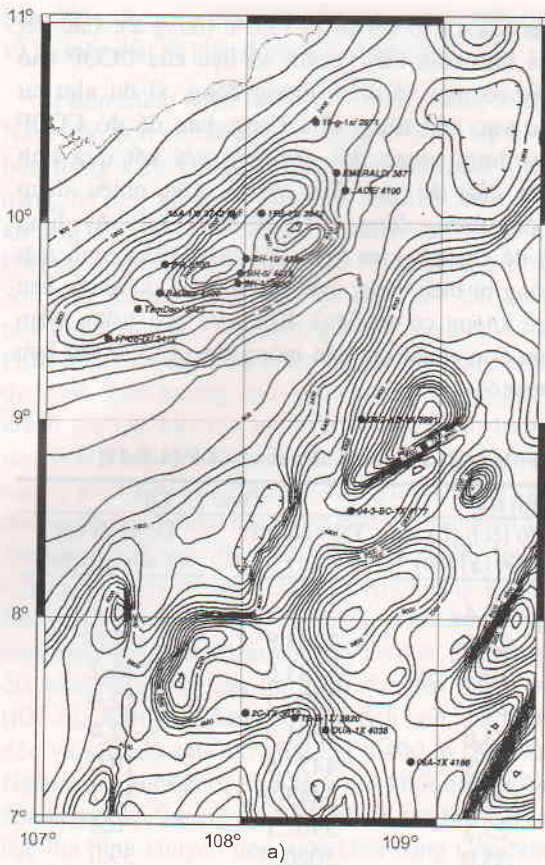


Hình 5. Dị thường Bughe (a) và dị thường dư (b) sau khi loại ảnh hưởng của mặt Moho và địa hình đáy biển

c) Trên cơ sở bản đồ dị thường dư chúng tôi tiến hành tính ngược theo thuật toán nêu trên đã xác định được mặt ranh giới móng của khu vực

ngiên cứu (hình 6).

Dưới đây là một số đặc điểm chính của các kết quả tính toán cho khu vực nghiên cứu :



Hình 6. Bản đồ độ sâu mặt móng trước Kainozoi bốn trũng Cữu Long và Nam Côn Sơn theo kết quả tính ba chiều (3D) số liệu trọng lực vệ tinh

- a) Độ sâu mặt móng trước Kainozoi theo CCOP, 1996
 b) Độ sâu mặt móng trước Kainozoi theo kết quả tính toán

1. Đặc điểm dị thường dư bốn trũng Cữu Long - Nam Côn Sơn

Sau khi loại bỏ ảnh hưởng của các yếu tố địa hình đáy biển, địa hình mặt Moho các yếu tố có bước sóng dài, bản đồ dị thường dư có các đặc điểm như sau : dị thường phản ánh rất rõ nét các yếu tố cấu trúc trong khu vực gồm khối nâng Côn Sơn đặc trưng bởi các dị thường có giá trị cao, bốn trũng Cữu Long và Nam Côn Sơn đặc trưng bởi các dị thường có giá trị thấp. Trong toàn vùng, biên độ dị thường có giá trị thay đổi trong khoảng từ -35 mGal đến +30 mGal. Các đường đồng mức dị thường có dạng dải, kéo dài theo phương đông bắc - tây nam, chạy dọc theo hai phía tây bắc và đông nam của bốn trũng Cữu Long và khối nâng Côn Sơn. Dọc theo hai sườn của khối nâng Côn Sơn các dị thường có gradient cao. Phần phía bắc của trũng Cữu Long và phần phía nam của trũng Nam Côn Sơn xuất hiện các dải dị

thường có phương tây bắc - đông nam và á vĩ tuyến (trong khi hai dải dị thường này xuất hiện rất yếu trên dị thường Bughe). Ngoài ra, trong vùng còn xuất hiện các dị thường dạng khối, dạng thước có kích thước 25-50 km. Khu vực khối nâng Côn Sơn có giá trị dị thường cao nhất trong vùng, thay đổi trong khoảng 15 đến 30 mGal. Giá trị cao nhất chạy dọc theo trung tâm của khối nâng. Khu vực bốn trũng Nam Côn Sơn, dị thường có giá trị thay đổi trong khoảng từ 10 đến -35 mGal. Khu trung tâm bốn trũng dị thường có giá trị nhỏ nhất trong vùng (-25 đến -35 mGal). Tại khu vực bốn trũng Cữu Long, dị thường có giá trị thay đổi trong khoảng từ 10 đến -15 mGal, đạt giá trị thấp nhất ở phần trung tâm của bốn trũng (từ -5 đến -15 mGal).

2. Độ chính xác của kết quả phân tích

Như đã trình bày ở phần 1, ưu điểm lớn nhất của thuật toán giải ngược trực tiếp 3D số liệu trọng

lực là địa hình mặt ranh giới tính được có độ ổn định rất cao, ít phụ thuộc vào thông tin ban đầu như độ sâu trung bình của mặt ranh giới và độ tương phản mật độ. Tuy nhiên, độ sâu chính xác của độ sâu mặt ranh giới lại rất phụ thuộc vào việc chọn tham số độ sâu trung bình (d) và độ tương phản mật độ. Dựa vào kết quả độ sâu của 12 lỗ khoan đến móng trầm tích trước Kainozoi [4, 9, 10] và độ tương phản mật độ giữa các lớp trầm tích chúng tôi đã chọn được tham số độ sâu trung bình khả dĩ $d = 3.400$ m và độ tương phản mật độ $\Delta\rho = 0,23$ g/cm³. Kết quả tính toán cho ta độ sâu mặt ranh giới sai lệch với chiều

sâu của 12 lỗ khoan là 19,0% (bảng 2). Các kết quả tính toán này so với số liệu của CCOP cho thấy có một số điểm tương đồng, ví dụ như tại khu vực bồn trũng Cửu Long, bản đồ do CCOP xây dựng tương đối phù hợp với kết quả tính toán của tác giả. Tuy nhiên, còn nhiều điểm không tương đồng : bản đồ do CCOP xây dựng có độ chi tiết kém hơn, đặc biệt là địa hình mặt móng bị biến dạng, méo mó (có thể do nhiều khu vực không có số liệu). Khu vực bồn trũng Nam Côn Sơn chiều sâu đến móng theo CCOP sâu hơn (hình 6).

Bảng 2. So sánh kết quả tính toán với 17 lỗ khoan đến móng và theo số liệu của CCOP [4, 9-11]

Ký hiệu lỗ khoan	Độ sâu đến móng theo LK (a)	Theo công trình này		Theo CCOP	
		Độ sâu (m) (b)	Độ lệch (b) so với (a) (%)	Độ sâu (m) (c)	Độ lệch (c) so với (a) (%)
EMERALD	3871	4934,8	27,4	3123,1	19,3
JADE	4100	5036,5	22,8	2743,8	33,0
BH-10	4384	4834,2	10,2	5533,6	26,2
TamDao	3427	4424,7	29,1	3872,2	12,9
BaDen	4200	4773,1	13,6	4301,9	2,4
15A-1X	3742	4773,1	5,3	4453,6	19,0
BH-5	4010	3942,4	29,8	5443,0	35,7
12-B-1X	3920	5208,6	25,5	3902,1	0,3
2C-1X	3612	4920,8	35,0	5020,7	39,0
DUA-1X	4038	4879,5	17,0	5590,1	38,4
04-3-BC-1X	4177	4726,0	35,4	4822,7	15,47
06A-1X	4186	5655,8	1,3	7100,5	69,6
			Sai số TB : 19,0	Sai số TB : 23,9	

3. Đặc điểm cấu trúc mặt móng bồn trũng Cửu Long và Nam Côn Sơn

Bản đồ độ sâu mặt móng trầm tích trước Kainozoi tính toán được có mối tương quan chặt chẽ với đặc trưng cấu trúc địa chất của khu vực. Cấu trúc chung của mặt móng được chia làm ba phần : phần bồn trũng Cửu Long, khối nâng Côn Sơn và bồn trũng Nam Côn Sơn (hình 6). Đặc điểm cấu trúc của từng phần cụ thể như sau :

a) Bồn trũng Cửu Long : có dạng hình bầu dục, kéo dài theo phương ĐB-TN, biên độ địa hình thay đổi trong khoảng 3200 m. Phần trung tâm bồn trũng (khối KH-1) độ sâu mặt móng thay đổi trong khoảng từ 4.000 đến 6.000 m. Đi dần về phía đông bắc địa hình, mặt ranh giới nâng lên dần đến độ sâu khoảng 3600-4000 m, tại đây các đường đồng mức địa hình thay đổi theo phương tây bắc - đông nam.

Phía đông bắc khu vực đảo Hòn Tro bề mặt địa hình võng xuống và phía tây mặt địa hình nâng lên hình thành khối nâng KN-1 và khối hạ KH-2. Từ trung tâm bồn trũng đi về phía tây nam, địa hình mặt ranh giới cũng nâng dần lên, tại đây xuất hiện ba khối hạ địa phương (KH-3, KH-4 và KH-5). Phần rìa đông nam và tây bắc của bồn trũng, địa hình mặt móng dốc, chạy dài theo hướng đông bắc - tây nam. Phần rìa tây bắc tại khu vực kinh độ 108E, xuất hiện các đường đồng mức địa hình định hướng theo phương bắc nam.

b) Khối nâng Côn Sơn : từ khối nâng Côn Sơn chạy dài theo hướng đông bắc tây nam đến phần phía nam đảo Hòn Tro địa hình mặt móng nâng rất cao, tạo thành một sống địa hình chia vùng nghiên cứu thành hai phần : phần phía tây bắc là bồn trũng Cửu Long, phần phía tây nam là bồn trũng Nam Côn Sơn.

Sơn. Phía tây nam địa hình, nhô cao (800-1000 m) và hạ thấp dần về phía đông bắc (3000-3600 m).

c) **Bồn trũng Nam Côn Sơn** : nhìn chung trũng Nam Côn Sơn có cấu tạo đa dạng và phức tạp hơn bồn trũng Cửu Long, tại đây xuất hiện các khối nâng, hạ xen kẽ nhau. Biên độ địa hình biến đổi khoảng 6.200 m, khu vực sâu nhất đạt đến 8.400 m. Phía tây nam của bồn trũng (giáp với khối nâng Côn Sơn) các đường đồng mức địa hình kéo dài theo phương đông bắc - tây nam, gradient địa hình lớn. Phần phía nam của bồn trũng các đường đồng mức địa hình định hướng theo phương đông tây, hình thành lên các bậc địa hình rất rõ nét. Phần trung tâm bồn trũng (có diện tích khoảng 22.000 km²), nằm ở phía nam vùng nghiên cứu, giới hạn bởi các đường đồng mức địa hình theo phương bắc nam và đông tây. Độ sâu địa hình móng thay đổi trong khoảng từ 3.200 m đến 7.000 m. Khối nâng KN-2, định hướng theo phương bắc nam, phân chia vùng này thành hai phần. Phần phía tây có diện tích rộng, địa hình thoải, độ sâu lớn nhất đạt đến 7.000 m (KH-6), phần phía đông có diện tích hẹp, địa hình dốc và sâu, độ sâu lớn nhất đạt 8.400 m (KH-7). Ngăn cách giữa khối hạ KH-6 với khối nâng Côn Sơn là một khối nâng địa hình KN-3, tạo thành một bậc địa hình chuyển tiếp giữa khối nâng Côn Sơn và phần trũng sâu KH-6. Phần phía bắc của bồn trũng Nam Côn Sơn, địa hình mặt móng được nâng lên dần và diện tích bị thu hẹp lại. Tại đây xuất hiện các khối nâng và hạ địa phương KN-4, KN-5 và KH-8, độ sâu địa hình thay đổi trong khoảng từ 5.600 m đến 2.400 m.

KẾT LUẬN

Thuật toán giải ngược trọng lực 3D trực tiếp từ số liệu dị thường trọng lực là một thuật toán có độ ổn định và tin cậy. Bằng thuật toán này cho phép chúng ta xác định nhanh và chính xác hình dạng địa hình mặt ranh giới phân chia mật độ. Thông qua việc tính toán mô hình, cho phép xác định được tương đối độ tương phản mật độ của vùng nghiên cứu. Độ sâu của mặt ranh giới có thể xác định được khi trong vùng nghiên cứu có một số điểm độ sâu biết trước. Kết quả tính toán kiểm nghiệm trên khu vực bồn trũng Cửu Long và Nam Côn Sơn cho thấy chúng có sự phù hợp rất cao với các thông tin đã biết. Kết quả đã cung cấp cho ta bức tranh khá chi tiết về cấu trúc địa hình và chiều sâu đến mặt móng.

Trên cơ sở tựa vào độ sâu đến móng của 12 lỗ khoan tại khu vực nghiên cứu, kết quả tính toán cho thấy chỗ sâu nhất của móng ở khu vực trung tâm bồn trũng Nam Côn Sơn khoảng 7.000-8.400 m và 4.600-6.000 m tại trung tâm bồn trũng Cửu Long.

Với mức độ đo phủ của số liệu trọng lực vệ tinh trên biển như hiện nay, thì thuật toán này đặc biệt có hiệu quả, nó cho phép ta có nhanh các thông tin về các đặc trưng về cấu trúc, hình dạng địa hình mặt móng phục vụ công tác định hướng phân tích và thăm dò dầu khí ở các bước chi tiết hơn. Các tác giả tin rằng địa hình mặt móng sẽ được xác định chi tiết và chính xác hơn kết quả hiện tại khi chúng ta có nguồn số liệu trọng lực thành tựu có độ chính xác và tỷ lệ đo lớn hơn.

Công trình này hoàn thành với sự hỗ trợ của Chương trình Nghiên cứu Cơ bản 2004-2005, tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.J. BLAKELY, 1995 : Potential Theory in Gravity and Magnetic applications. Cambridge University Press, 441 p.
- [2] MAX A. MEJU, 1994 : Geophysical Data Analysis : Understanding inverse Problem Theory and Practice. Course Notes Series, Volume 6, Society of Exploration Geophysicists.
- [3] R.L. PARKER, 1972 : The rapid calculation of potential anomalies. Geophysics Journal R. Astr. Soc., **31**, 447-455.
- [4] HÀ QUỐC QUÂN (chủ Biên) và nnk, 1993 : Cấu trúc địa chất và khả năng chứa dầu khí của móng trước Kainozoi thêm lục địa Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước, lưu trữ Viện Dầu Khí, Tổng Công Ty Dầu Khí Việt Nam.
- [5] D.T. SANDWELL, et al, 1997 : Marine gravity anomaly from Geosat and ERS 1 satellite altimetry. J. Geophys. Res., **102**, 10039-10054.
- [6] D.T. SANDWELL, W.H.F. SMITH, 1999 : Bathymetric Estimation, appear in Satellite Altimetry and Earth Science, Academic Press.
- [7] W.H.F. SMITH, and DAVIT T. SANDWELL, 1994 : Bathymetric prediction from dense satellite altimetry and sparse shipboard bathymetry. Journal of Geophysics Research, Vol. 99, **B11**, 21803-21824.

SUMMARY

Calculation of the topography of basin's basement using direct 3D gravity inversion

In this paper, the authors present how the direct 3D gravity inversion is applied for estimating the topography of the basin basement. The model calculated results show that the method has high effectiveness for predicting topography and depth of the density boundary. The boundary topography is calculated by this procedure do not much depend on the initial information. The topography of the Pre-Cenozoic basement of the Cuulong and Namconson Basins inverted from the satellite gravity by this procedure well coincide with the known geological structures of the region. Based on the 12 Pre-Cenozoic basement drill holes, the depth to the Pre-Cenozoic basement of the Cuulong and Namconson are predicted in detail. The result shows that the deepest basement are about 7000-8400 meter in Namconson Basin and 4600-6000 meter in the Cuulong basin.

Ngày nhận bài : 30-8-2004

Phân viên Hải dương học Hà Nội

[8] NGUYỄN NHƯ TRUNG và NGUYỄN THỊ THU HUƠNG, 2003 : Cấu trúc vỏ Trái Đất khu vực Biển Đông theo số liệu trọng lực vệ tinh và địa chấn sâu. Tuyển tập Báo cáo Hội Nghị Khoa học - Công nghệ Viện Dầu khí 25 năm xây dựng và trưởng thành. Nhà xuất bản KHvKT, 336-434.

[9] NGÔ XUÂN VINH, 2000 : Những yếu tố chính ảnh hưởng đến tính chất thấm chứa của đá vụn lục nguyên Miocen sớm - Oligocen bể Cửu Long. Tuyển tập Hội nghị KHCN 2000 "Ngành dầu khí Việt Nam trước thềm thế kỷ 21", Nhà xuất bản TN, 282-294.

[10] NGÔ XUÂN VINH, 2000 : Những quá trình biến đổi chính của đá móng bể Cửu Long và đặc tính chứa dầu khí của chúng. Tuyển tập Hội nghị KHCN 2000 "Ngành dầu khí Việt Nam trước thềm thế kỷ 21", Nhà xuất bản TN, 273-281.

[11] CCOP, 1996 : Bản đồ độ sâu móng trầm tích, CDROOM