

NGHIÊN CỨU CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM THỪA LƯỚI NHẪM LƯU GIỮ TÍNH BẤT ĐỒNG NHẤT CỦA MÔI TRƯỜNG ĐỊA CHẤT TRONG MÔ HÌNH KHAI THÁC MỎ TÊ GIÁC TRẮNG

Nguyễn Quốc Hưng ⁽¹⁾, Mai Cao Lâm ⁽²⁾

(1) Công ty Cửu Long JOC

(2) Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 05 tháng 11 năm 2010, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 25 tháng 04 năm 2011)

TÓM TẮT: Mô hình địa chất của một mỏ dầu khí thường được xây dựng với số lượng ô lưới rất lớn ($10^6 - 10^7$ ô lưới) nhằm mô tả chi tiết môi trường bất đồng nhất về địa chất của mỏ. Hiện nay, dù với sự phát triển vượt bậc của công nghệ, các máy tính thế hệ mới nhất vẫn gặp khó khăn trong việc mô phỏng các phương án khai thác trên mô hình với số lượng ô lưới lớn như vậy. Do đó, việc làm thưa lưới mô hình (Upscaling) là một bước cần thiết nhằm giảm số lượng kích thước bài toán mô phỏng nhưng vẫn đảm bảo duy trì tính bất đồng nhất của môi trường địa chất trong khu vực mỏ. Bài báo tổng hợp cơ sở lý thuyết của phương pháp làm thưa lưới mô hình và trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng các phương pháp này cũng như đề xuất giải pháp thích hợp nhất cho mỏ Tê giác trắng.

1. KHÁI NIỆM LÀM THỪA HÓA, CHUYỂN ĐỔI TỶ LỆ

Bản chất của quá trình làm thưa lưới là trung bình hóa các tính chất của vỉa chứa và thực tế cho thấy quá trình này có khả năng làm thay đổi hoàn toàn đặc tính địa chất của mô hình địa chất chi tiết như sự phân bố độ rỗng, thấm, hình dáng của đứt gãy, sự liên thông của các vỉa chứa cũng như hướng của đường dòng. Sai số không thể tránh khỏi trong quá trình làm thưa lưới là hệ quả của quá trình chuyển đổi tỷ lệ và chất lượng làm thưa hóa được đánh giá qua sai số trong kết quả dự báo khai thác của mô hình thủy động lực. Do từng mỏ cụ thể có các nhóm các yếu tố khác nhau ảnh hưởng mạnh đến kết quả làm thưa lưới nên khi tiến hành làm thưa lưới cần tiếp cận bằng nhiều phương pháp khác nhau để đánh giá được các yếu tố đó nhằm đảm bảo chất lượng mô hình sau khi làm thưa lưới.

2. PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM THỪA HÓA

Các phương pháp làm thưa hóa thường được chia làm 4 nhóm chính như sau [1, 2, 3, 4]:

2.1. Nhóm 1: Thưa hóa theo các thông số được chuyển đổi tỷ lệ

- Chuyển đổi tỷ lệ một pha (Single phase

- upscaling): chỉ chuyển đổi tỷ lệ thông số độ thấm tuyệt đối, độ thấm pha được áp dụng trực tiếp trên mô hình thủy động lực.
- Chuyển đổi tỷ lệ đa pha (Multiphase
- phase upscaling): chuyển đổi tỷ lệ thông số độ thấm tuyệt đối, độ thấm pha được và áp suất mao dẫn.

2.2. Nhóm 2: Thưa hóa theo diện tích

- Cục bộ (Local): Thông số làm thưa hóa được tính toán trên một diện tích xác định.
- Cục bộ mở rộng (Extended Local hoặc
- Quasi global): Thông số làm thưa hóa được tính toán trên một diện tích xác định có xét đến một phần diện tích của biên mở rộng.
- Toàn bộ (Global): Thông số làm thưa hóa được tính toán trên toàn bộ mô hình

2.3. Nhóm 3: thưa hóa theo phương pháp thực hiện

- Phương pháp giải tích (analytical)
- Phương pháp số (numerical)
- Phương pháp TENSOR

2.4. Nhóm 4: thưa hóa cấu trúc – phân lớp theo chiều thẳng đứng

- Phương pháp Proportion, Fraction
- Phương pháp Follow Top, Follow Base

- Phương pháp làm thưa chi tiết

3. PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT

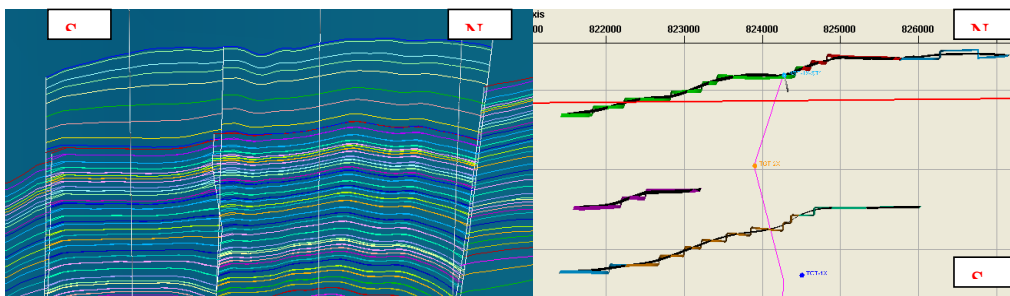
Quá trình làm thưa lưới được thực hiện trên cơ sở mô hình địa chất chi tiết mô Tê Giác Trắng với kích thước ô lưới là 50x50x0.5 m. Đầu tiên cấu trúc mô hình chi tiết được làm thưa, sau đó các vỉa chứa được phân lớp và cuối cùng là các thông số vỉa chứa như Net-to-gross (NTG), độ rỗng và thấm được chuyển đổi tỷ lệ. Sau khi làm thưa lưới, chất lượng làm thưa được kiểm tra bằng cách so sánh các thông số tĩnh cũng như động thái khai thác dự báo giữa mô hình chi tiết

và mô hình lưới thưa nhằm đánh giá mức độ đảm bảo tính bất đồng nhất về mặt địa chất trong mô hình khai thác.

Trong bài báo này, quá trình làm thưa theo phương thẳng đứng được khảo sát bằng hai phương pháp Proportion/Fraction và phương pháp làm thưa chi tiết (làm thưa từ lưới 0.5m lên 1m).

4. KẾT QUẢ KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG LÀM THƯA LƯỚI DỰA VÀO CÁC THÔNG SỐ TĨNH CỦA MÔ HÌNH

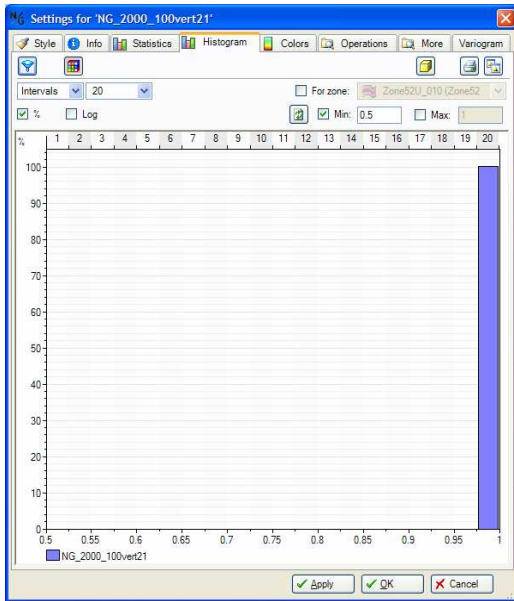
4.1. Thông số hình dáng của các mặt phản xạ và đứt gãy



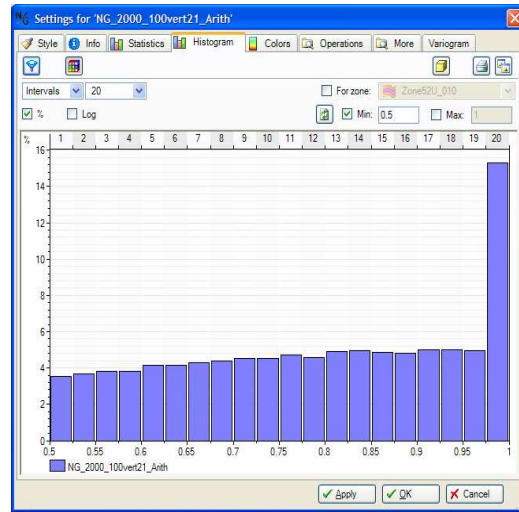
Hình 1. Hình dáng mặt phản xạ và đứt gãy trước và sau khi làm thưa lưới

Hình 1 mô tả hình dạng các đứt gãy của mô hình chi tiết và các đứt gãy hình dạng zig-zag của mô hình lưới thưa. Các đứt gãy được làm thưa với dạng zig-zag giúp cho việc tính

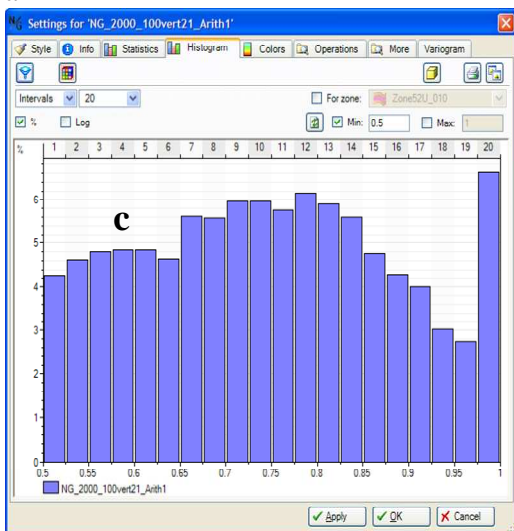
toán trên mô hình thủy động lực dễ dàng hơn đồng thời không làm ảnh hưởng đến chất lượng mô hình [5]. Hình 1 cho thấy sự sai khác các mặt phản xạ của hai mô hình là không đáng kể.



a



b



Hình 2. Phân bố của thông số NTG trước và sau khi làm thưa hóa. (a) Mô hình chi tiết (trước khi làm thưa); (b) Mô hình lưới thưa 1m; (c) Mô hình lưới thưa Proportion/Fraction.

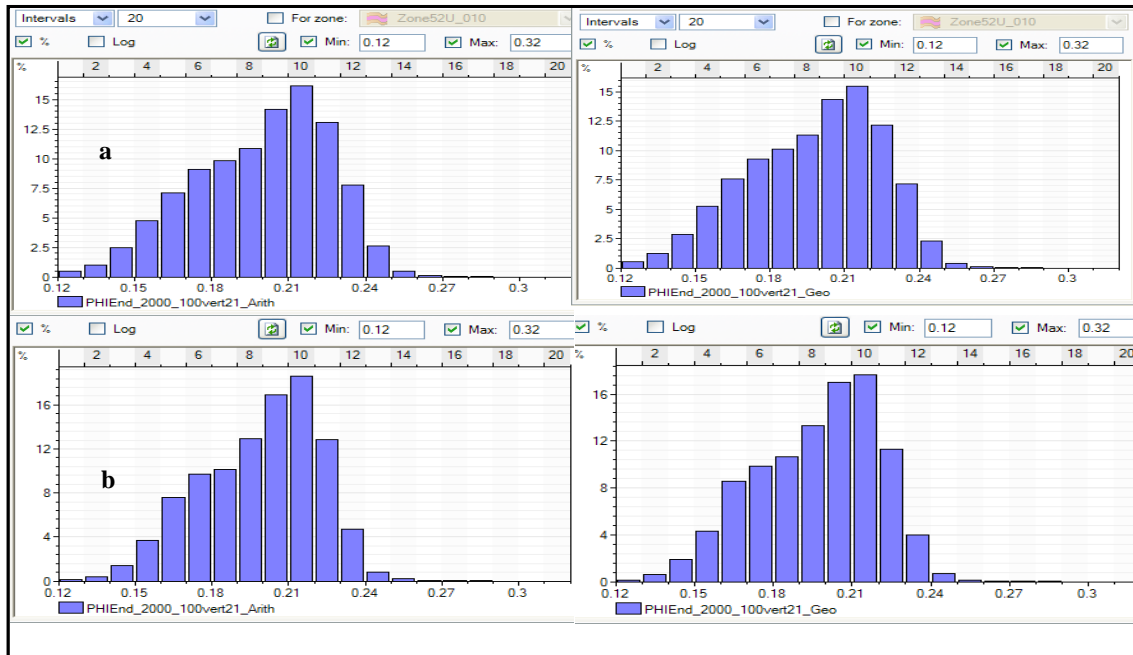
4.2. Các thông số vỉa chứa

4.2.1 Thông số NTG

Với phương pháp Arithmetic có xét đến trọng số Bulk Rock Volume (BRV), giá trị phân bố NTG của mô hình lưới thưa

Proportion/Fraction bị trung bình hóa tương đối nhiều, thể hiện ở giá trị NTG=1 chỉ chiếm khoảng 6% trong khi đó mô hình lưới thưa 1m lại chiếm đến 14% (mô hình chi tiết được xây dựng với tương cát NTG=1 và sét NTG=0).

4.2.2. Thông số độ rỗng

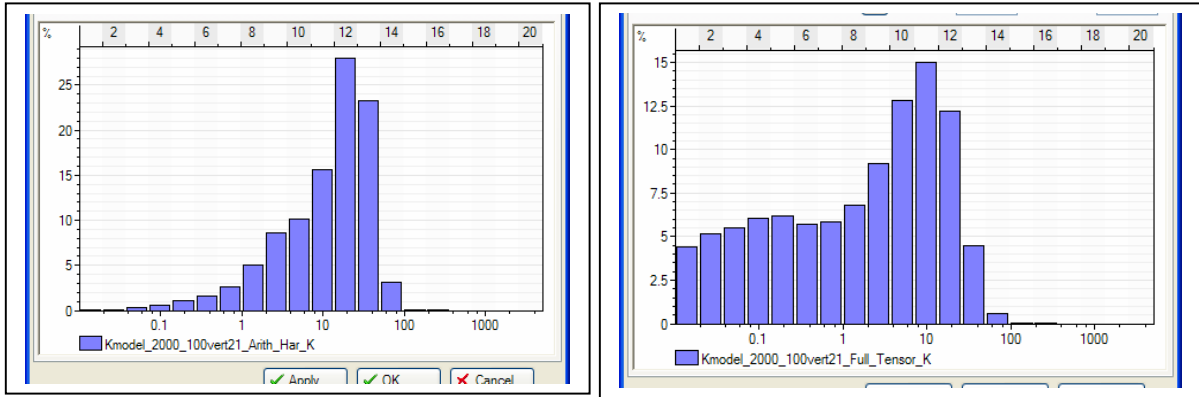


Hình 3. Kết quả chuyển đổi tỷ lệ cho độ rỗng bằng phương pháp Arithmetic (trái) và Geometric (phải) có xét đến NTG trên mô hình lưới thưa 1m (hình a) và mô hình lưới thưa Proportion/Fraction (hình b).

Đối với thông số độ rỗng, việc sử dụng hai phương pháp Arithmetic và Geometric để chuyển đổi tỷ lệ đồng thời có xét đến trọng số NTG cho thấy phương pháp Arithmetic và Geometric cho giá trị thể tích rỗng (PV) cho từng vỉa và giá trị tổng của PV không sai lệch nhiều trên hai mô hình lưới thưa 1m và Proportion/Fraction (Hình 3). Tuy nhiên trong một số vỉa cụ thể, sự khác biệt này là đáng kể, từ 7 đến 18% cho vỉa 52U_10 và 52U_105 (cả hai phương pháp Arithmetic và Geometric).

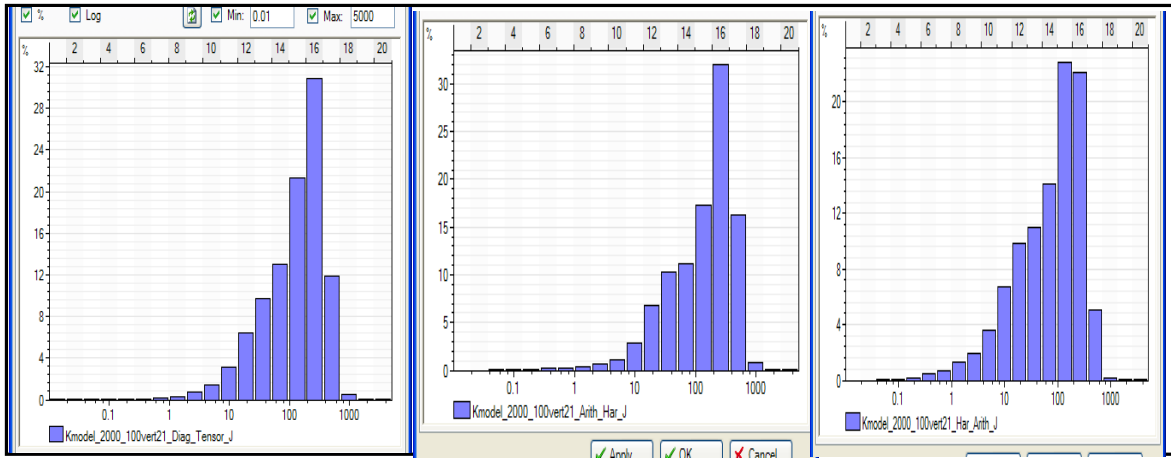
4.2.3 Thông số độ thấm

Việc so sánh các phương pháp chuyển đổi (ở cả hai mô hình lưới thưa) cho thấy giá trị độ thấm theo phương đứng (K) của phương pháp Arithmetic-Harmonic và Harmonic-Arithmetic hoàn toàn khác với phương pháp Full Tensor và Diagonal Tensor. Phương pháp Full Tensor và Diagonal Tensor cho phân bố độ thấm tương đối đều từ thấp đến cao trong khi đó sự phân bố độ thấm theo phương pháp Arithmetic-Harmonic và Harmonic-Arithmetic tập trung phần lớn ở giá trị cao (Hình 4).



Hình 4. Sự khác biệt về phân bố độ thấm theo phương thẳng đứng K bằng phương pháp Arithmetic-Harmonic và phương pháp Full Tensor.

Giá trị độ thấm theo phương ngang (J) cho thấy phương pháp Harmonic-Arithmetic (Hình 9) khác với các phương pháp còn lại với giá trị phân bố độ thấm tập trung nhiều ở giá trị cao.



Hình 5. Phân bố độ thấm theo phương ngang (J) bằng phương pháp Diagonal Tensor (trái), Arithmetic-Harmonic (giữa) và Harmonic-Arithmetic (phải).

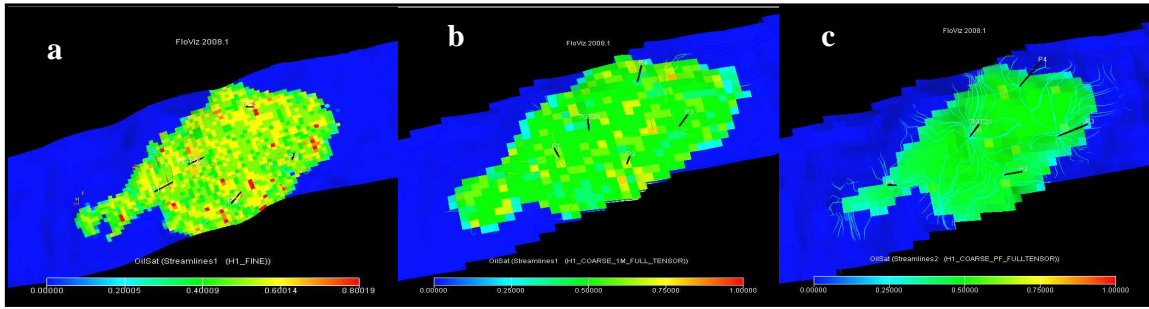
4.2.4 Thông số BRV,PV và trữ lượng dầu tại chỗ OIIP

Sai số giữa mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa đối với các thông số tính của mô hình

như BRV, PV và OIIP (Bảng 1) là rất nhỏ. Tuy nhiên sự khác biệt trong phân bố độ bão hòa dầu được thể hiện rõ nét giữa các mô hình (Hình 6).

Bảng 1. So sánh trữ lượng dầu tại chỗ trước và sau khi làm thưa mô hình

OIIIP (mmstb)		
Fine Grid	Coarse Grid	
	1m	Proportion_Fraction
49,560,600	48,203,900	46,727,800
% khác nhau	Fine Grid và Coarse Grid 1m	2.81%
% khác nhau	Fine Grid và Coarse Grid PF	6.06%



Hình 6. Bản đồ phân bố độ bão hòa dầu: (a) Mô hình chi tiết; (b) Mô hình lưới thưa 1m; (c) Mô hình lưới thưa Proportion/Fraction.

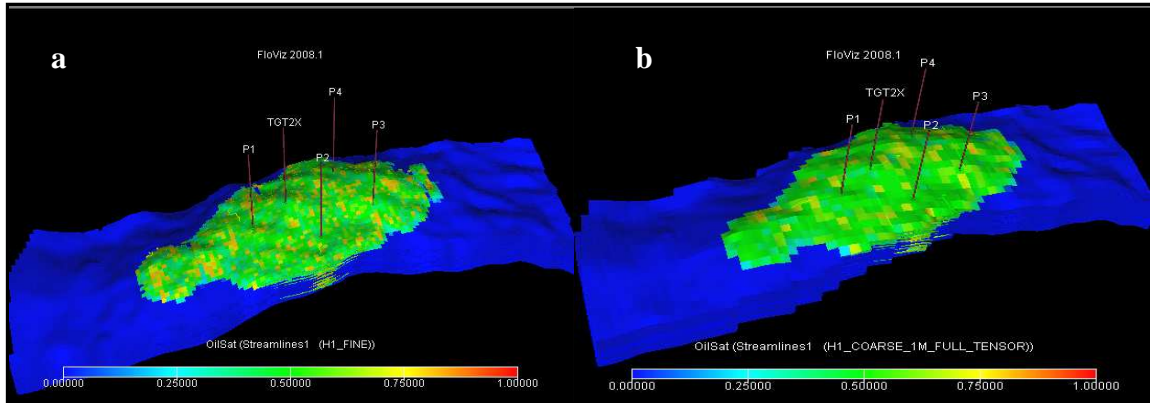
5. KẾT QUẢ KIỂM TRA MÔ HÌNH Ở TRẠNG THÁI ĐỘNG TRƯỚC VÀ SAU KHI LÀM THƯA HÓA

Sau khi phân bố các thông số tĩnh của mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa được khảo sát, mô hình thủy động lực trước và sau khi làm thưa được dùng để dự báo khai thác, qua đó chất lượng làm thưa lưới sẽ được đánh giá. Định hướng chung cho việc lựa chọn các trường hợp khảo sát như sau: Trước hết việc khảo sát sẽ được thực hiện trên quy mô toàn mô hình nhằm đánh giá kết quả dự báo khai thác của mô hình chi tiết và các mô hình lưới thưa, sau đó tiến hành khảo sát trên các khu vực quan trọng như khu vực lân cận giếng khoan, đứt gãy và ranh giới dầu nước.

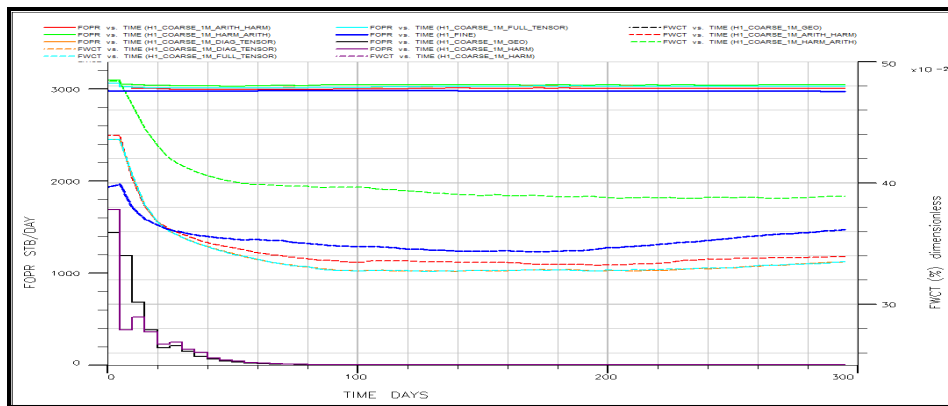
5.1. Khảo sát trên quy mô toàn mô

Có tất cả 5 giếng khoan khai thác được đặt cách đều nhau sao cho diện tích ảnh hưởng che phủ toàn bộ khu vực vỉa chứa dầu (Hình 7). Các giếng khai thác này được mở vỉa toàn bộ nhằm khảo sát một cách tổng thể lưu lượng khai thác, hàm lượng nước dự báo và hướng của các đường dòng chính.

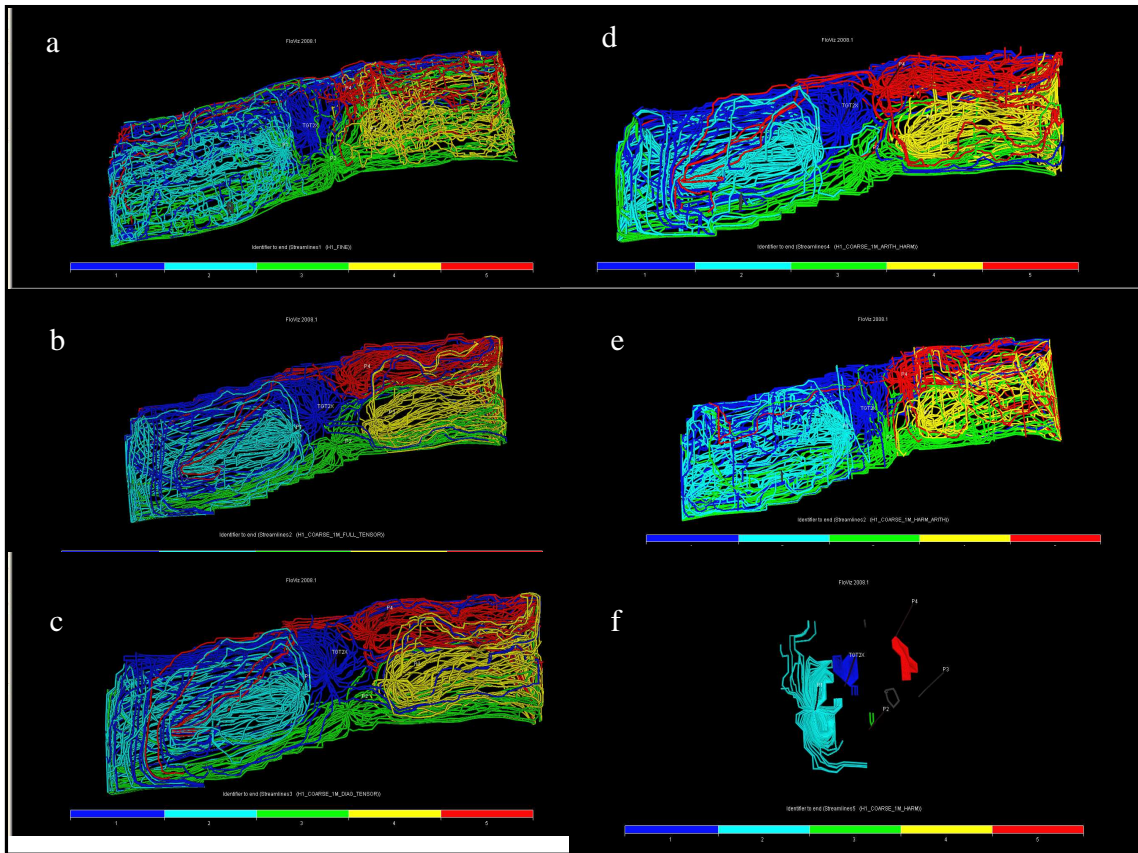
Kết quả khảo sát toàn mô cho thấy lưu lượng dầu khai thác dự báo (Hình 8) và xu hướng đường dòng (Hình 9) của mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau là tương đối trùng khớp. Tuy nhiên lưu lượng dầu khai thác dự báo tại từng giếng có sự khác biệt giữa mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau mặc dù tổng lưu lượng dầu khai thác dự báo cho toàn mô giống nhau (Hình 8).



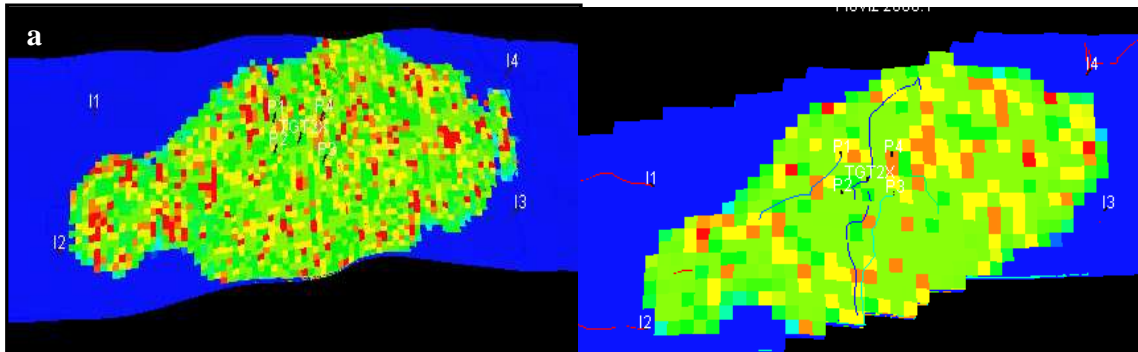
Hình 7. Vị trí đặt giếng khoan khảo sát trên toàn mô (a) Mô hình chi tiết (b) Mô hình lưới thưa 1m



Hình 8. Kết quả dự báo khai thác ứng với mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa 1m



Hình 9. Phân bố đường dòng đến các giếng khai thác tại cuối thời điểm nghiên cứu trên mô hình chi tiết (a) và mô hình lưới thưa 1m với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau. (b: Full Tensor; c: Diagonal Tensor; d: Harmonic - Arithmetic; e: Harmonic; f: Geometric).



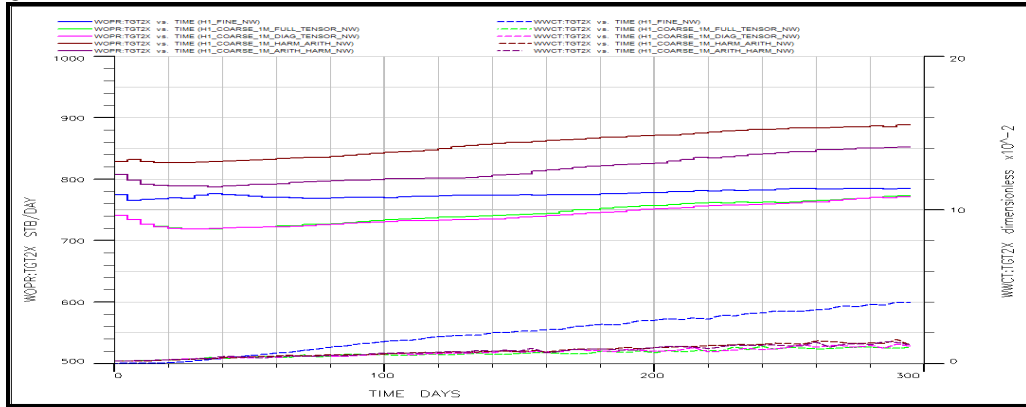
Hình 10. Vị trí các giếng khoan được đặt tại khu vực lân cận giếng khoan thăm dò TGT-2X trên mô hình chi tiết (a) và mô hình lưới thưa 1m (b)

5.2. Khảo sát chất lượng làm thưa lưới tại các vị trí lân cận giếng khoan

Hình 10 mô tả khu vực lân cận giếng khoan cần khảo sát (giếng TGT-2X).

Hình 11 cho thấy lưu lượng dầu và hàm lượng nước dự báo của mô hình chi tiết và mô

hình lưới thưa tương tự nhau về xu hướng cũng như giá trị. Hình 12 cho thấy hướng dòng chính của mô hình chi tiết lần mô hình lưới thưa là tương đối trùng khớp mặc dù mô hình chi tiết có nhiều đường dòng phụ hơn.

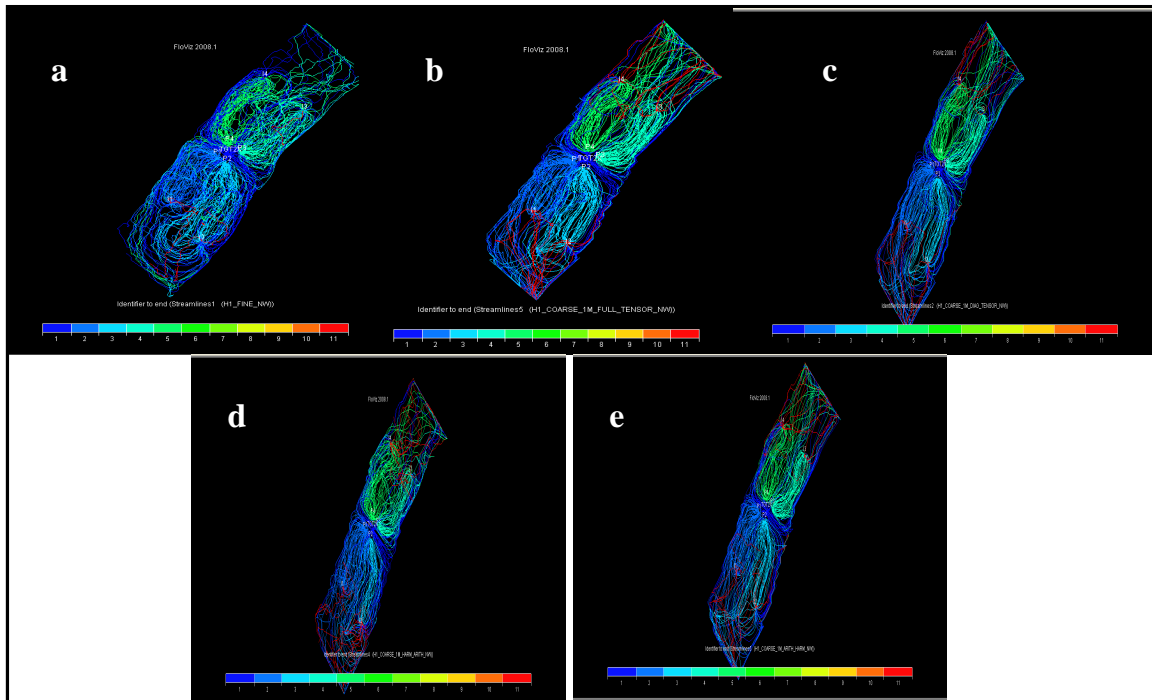


Hình 11. Kết quả dự báo khai thác ứng với mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa 1m tại khu vực lân cận giếng khoan thăm dò TGT-2X với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau.

5.3. Khảo sát chất lượng mô hình tại vị trí lân cận đứt gãy

Các đứt gãy đóng vai trò quan trọng trong việc tính toán trữ lượng dầu tại chỗ và các thông số đá chứa cho các vỉa riêng biệt cũng như ảnh hưởng đến động thái khai thác của mỏ do tính

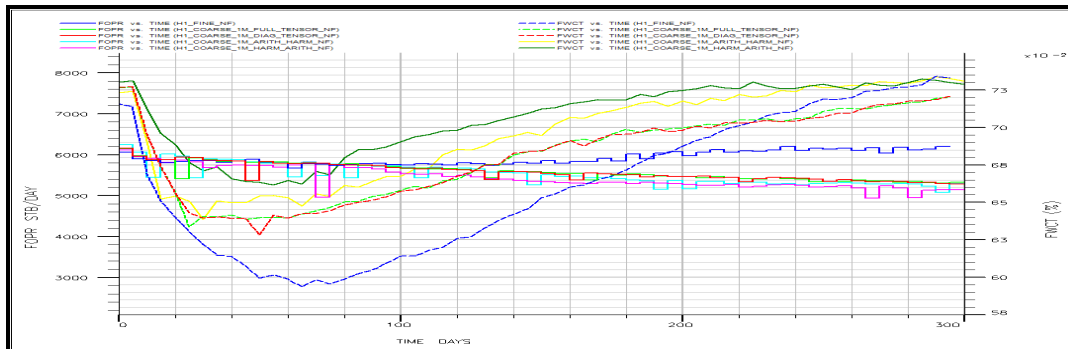
chấn cũng như hướng dòng chảy. Hai giếng khoan khai thác và hai bơm ép với các khoảng mở via toàn bộ được đặt song song với đứt gãy nhằm khảo sát lưu lượng khai thác dự báo, hàm lượng nước và hướng của các đường dòng dọc theo đứt gãy của mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa.



Hình 12. Phân bố đường dòng đến các giếng khai thác tại cuối thời điểm nghiên cứu trên mô hình chi tiết (hình a) và mô hình lưới thưa 1m với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau (hình b: Full Tensor; hình c: Diagonal Tensor; hình d: Arithmetic-Harmonic; hình e: Harmonic-Arithmetic)

Việc làm thưa hóa đứt gãy không làm thay đổi các thông số vỉa chứa xung quanh khu vực này do đó các thông số tĩnh được đảm bảo trước và sau khi làm thưa hóa là như nhau. Kết

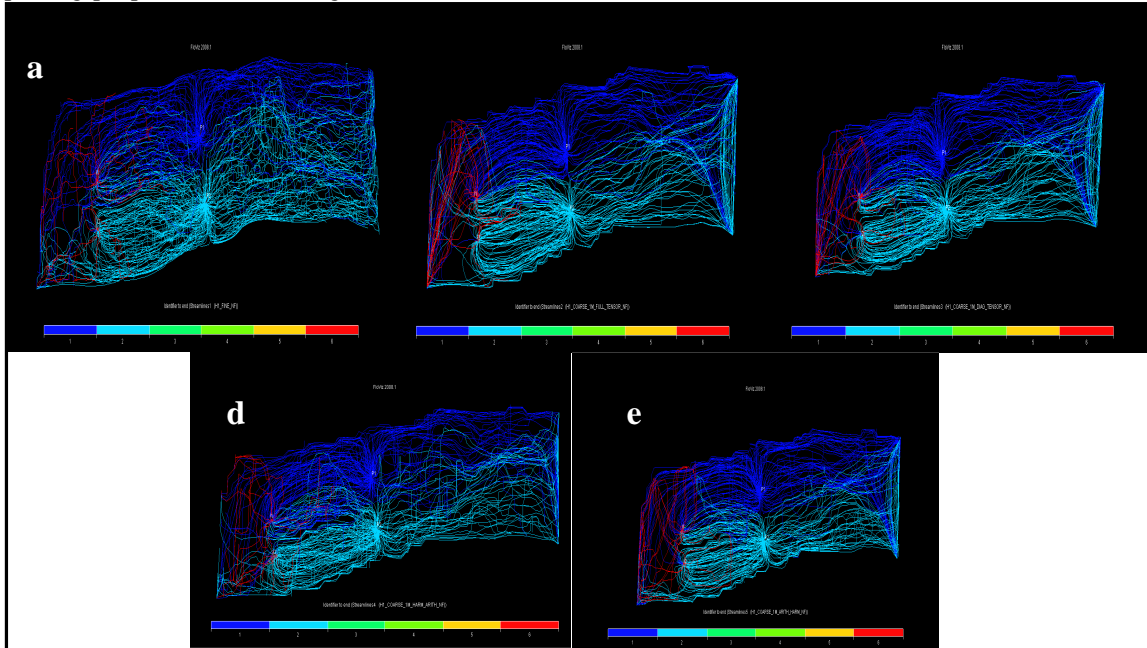
quả dự báo khai thác (Hình 13) cho thấy lưu lượng dầu cũng như hàm lượng nước khai thác dự báo tương đối trùng khớp giữa mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa.



Hình 13. Kết quả dự báo khai thác ứng với mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa 1m tại khu vực lân cận đứt gãy với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau Full Tensor, Diagonal Tensor, Arithmetic-Harmonic và Harmonic-Arithmetic.

Kết quả khảo sát về hình dáng đường dòng tại khu vực lân cận đứt gãy cho thấy các phương pháp Full Tensor, Diagonal Tensor và

Arithmetic-Harmonic cho kết quả tương tự với mô hình chi tiết (Hình 14).



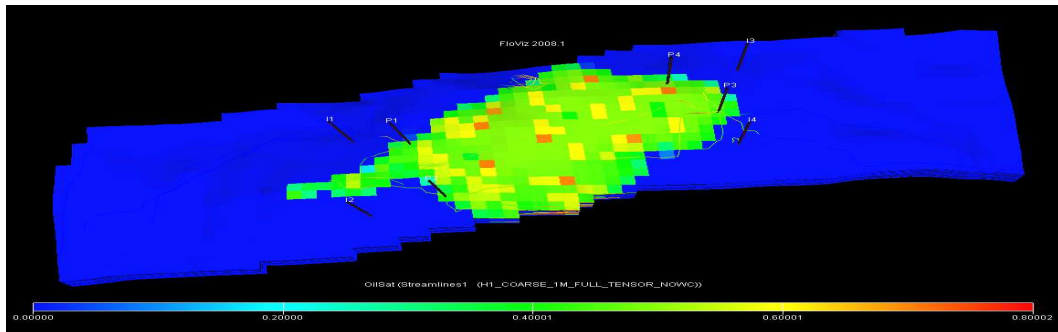
Hình 14. Phân bố đường dòng đến các giếng khai thác tại cuối thời điểm nghiên cứu trên mô hình chi tiết (hình a) và mô hình lưới thưa 1m với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau (hình b: Full Tensor; hình c: Diagonal Tensor; hình d: Arithmetic-Harmonic; hình e: Harmonic-Arithmetic)

5.4. Khảo sát chất lượng mô hình tại vị trí lân cận ranh giới dầu nước

Phần lớn các vỉa chứa trong mô Tê Giác Trắng có ranh giới dầu nước riêng biệt, do đó có khả năng mô sẽ được khai thác với tình trạng ngập nước sớm. Khu vực lân cận ranh giới dầu nước cần được quan tâm đặc biệt vì đây sẽ là nơi nước xâm nhập nhanh nhất. Bốn giếng khoan khai thác và bốn giếng bơm ép với các khoảng mở vỉa toàn bộ sẽ được đặt rất gần với ranh giới dầu nước nhằm khảo sát lưu lượng khai thác dự

báo và xu hướng hàm lượng nước khai thác theo thời gian (Hình 15).

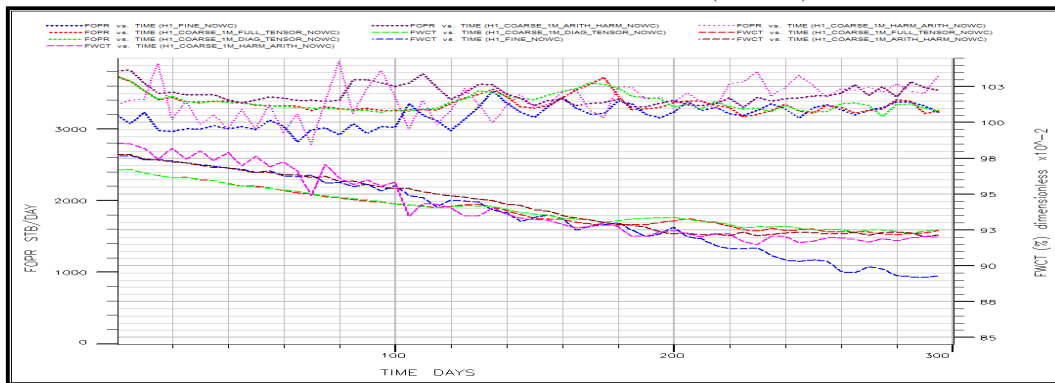
Kết quả khảo sát cho thấy lưu lượng khai thác dự báo giống nhau giữa hai mô hình chi tiết và giá trị lưu lượng tương đối ổn định. Đường xu hướng hàm lượng nước khai thác dự báo theo thời gian của hai mô hình trong khu vực lân cận ranh giới dầu nước tương đối giống nhau, sự thay đổi các giá trị hàm lượng nước giữa hai mô hình với các phương pháp khác nhau nằm trong một khoảng hẹp (Hình 16).



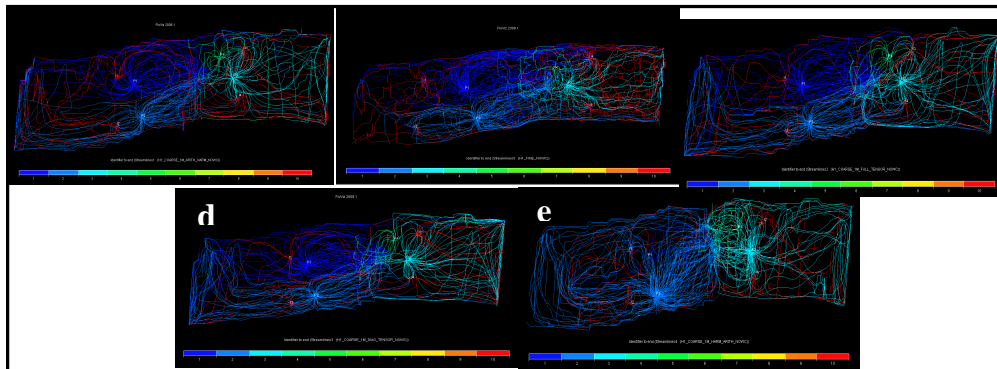
Hình 15. Vị trí giếng khoan khai thác và bơm ép được đặt tại khu vực lân cận ranh giới dầu nước

Hình dáng đường dòng tại khu vực lân cận ranh giới dầu nước cho thấy chỉ có mô hình lưới thưa với phương pháp chuyển đổi tỷ lệ Harmonic-Arithmetic là khác với mô hình chi

tiết, trong khi đó mô hình lưới thưa với các phương pháp Full Tensor, Diagonal Tensor và Arithmetic-Harmonic tương đối giống với mô hình chi tiết (Hình 17).



Hình 16. Kết quả dự báo khai thác ứng với mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa 1m tại khu vực lân cận ranh giới dầu nước với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau



Hình 17. Phân bố đường dòng đến các giếng khai thác tại cuối thời điểm nghiên cứu trên mô hình chi tiết (a) và mô hình lưới thưa 1m với các phương pháp chuyển đổi tỷ lệ khác nhau (b: Full Tensor; c: Diagonal Tensor; d: Arithmetic-Harmonic; e: Harmonic-Arithmetic)

6. KẾT LUẬN

Trên cơ sở tổng hợp nền tảng lý thuyết về phương pháp làm thưa lưới mô hình cũng như tìm hiểu điều kiện địa chất phức tạp của mô Tê Giác Trắng, các tác giả đã tiến hành khảo sát các phương pháp làm thưa lưới khác nhau tại một số khu vực quan trọng quyết định chất lượng mô hình lưới thưa như khu vực lân cận giếng khoan, đứt gãy và ranh giới dầu nước trong quá trình làm thưa hóa nhằm lựa chọn phương pháp làm

thưa lưới phù hợp. Kết quả khảo sát cho thấy tính bất đồng nhất của mô hình địa chất chi tiết được bảo tồn trong mô hình khai thác phản ánh qua sự tương đồng về các thông số tĩnh (BRV, PV, OIIP, phân bố NTG, độ rỗng và thấm) cũng như các thông số động (xu hướng các đường dòng và kết quả khai thác dự báo) trong mô hình chi tiết và mô hình lưới thưa đối với phương pháp làm thưa hóa phân lớp chi tiết 1m.

ON THE INVESTIGATION OF UPSCALING METHODS WITH THE PURPOSE OF RETAINING THE GEOLOGICAL HETEROGENEITY IN THE SIMULATION MODEL FOR TE GIAC TRANG FIELD

Nguyen Quoc Hung ⁽¹⁾, Mai Cao Lan ⁽²⁾

(1) Cuu Long JOC Company

(2) University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: Geological model is normally built with huge number of grid cells ($10^6 - 10^7$ cells) in order to model in details the geological heterogeneity of an oil field. Although increasingly developed nowadays, modern computers would be faced with substantial problems size in reservoir simulation. Upscaling the geological model before running numerical simulation, therefore, is greatly important to reduce the simulation model size while retaining the geological heterogeneity of the oil field. This paper presents an overview of fundamental background on upscaling methods and reports research results in applying various upscaling methods as well as suggests the most suitable methods for Te Giac Trang oilfield.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. John Mansoori “A Review of Basic Upscaling Procedures: Advantages and Disadvantages” Amoco Production Company, Tulsa, Oklahoma.
- [2]. X.HWu, M.T.Stone, R.R Parashkevov, D.Stern and S.L.Lyons “Reservoir Modelling with Global Scale Up”, SPE 105237.
- [3]. R.Sablok, K.Aziz, Standford University “Upscaling and Discretization Errors In Reservoir Simulation”, SPE 93372.
- [4]. Hoang Long JOC “Outline Development Plan”, 2008.
- [5]. Dasheng Qi and Tim Hesketh, University of NSW “Quantative Evaluation of Information Loss in Reservoir Upscaling”, SPE 87035.
- [6]. Michael J King, BP , SPE Distinguished Lecturer “Upgridding and Upscaling: current trend and future directions”.
- [7]. Amit K. Sarkar, Sohail A Faruqi, I Baaman, M.K.Wang “Efficient Use of Streamline Simulation and Inversion Techniques to Improve Reservoir Modelling”, SPE 63291.