

Nghiên cứu và phát triển mô phỏng dầu tràn ngược thời gian trên khu vực Biển Đông

Nguyễn Quốc Trinh

Tóm tắt — Bài báo đưa ra đánh giá về mô phỏng tràn dầu ngược thời gian với một số điều kiện yếu tố môi trường đầu vào (từ đơn giản đến phức tạp) và sự cố dầu tràn (với một vị trí một thời điểm và nhiều vị trí nhiều thời điểm) trong khu vực Biển Đông. Các quá trình tham gia tính toán mô phỏng bao gồm quá trình vật lý và quá trình phong hoá và quá trình biến đổi tính chất dầu trên mặt biển. Các kết quả nghiên cứu và phát triển mô phỏng quá trình ngược thời gian được xem xét đánh giá dầu tràn trên biển phù hợp với các giả thuyết và hiện tượng tự nhiên như là di chuyển ngược hướng dòng lực, nồng độ tăng lên ngược thời gian, đặc biệt là có khu vực nồng độ vượt trội. Nó cho thấy khả năng có thể truy tìm nguồn thải cụ thể trong không gian và theo thời gian của mỗi điều kiện đầu vào tương ứng.

Từ khoá — dầu tràn, Biển Đông, nồng độ, vết dầu, ngược thời gian

1 GIỚI THIỆU

Kinh tế biển trong đó dầu khí đóng góp quan trọng cho sự phát triển của đất nước. Bên cạnh đó, vấn đề ô nhiễm dầu trên biển đã trở thành một trong những mục tiêu quan trọng trong khoa học nghiên cứu biển. Ví dụ, trên khu vực Biển Đông và biển Việt Nam trong năm 2007 và 2008 hiện tượng dầu tràn trên biển không rõ nguồn gốc và trôi dạt vào bờ biển ước tính trên 5000 tấn dầu thu gom [2]. Trong quá khứ đã xảy ra trên 50 vụ sự cố dầu tràn trong khoảng từ năm 1990 đến năm 2015. Hiện tại, hoạt động giao thông hàng hải vẫn tiếp diễn và tai nạn gây ra sự cố tràn dầu ra môi trường biển thường xuyên xảy ra [34, 35].

(Bài nhận ngày 22 tháng 6 năm 2017, chấp nhận đăng ngày 24 tháng 12 năm 2017).

Nguyễn Quốc Trinh, Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương, Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia, Bộ Tài nguyên và Môi trường (e-mail: maitrinhvinh@gmail.com)

Do đó, nguy cơ khả năng xảy ra sự cố tràn dầu trong tương lai ở khu vực Biển Đông và biển Việt Nam tăng lên do một số nguyên nhân: (1) Từ hệ thống các cảng biển ngày càng gia tăng; (2) Từ kho chứa dầu, ống dẫn dầu, giàn khoan và các lỗ khoan thăm dò dưới đáy biển; (3) Từ các hoạt động vận tải biển với mật độ lớn thứ 2 thế giới sau khu vực Địa Trung Hải.

Trong các công trình nghiên cứu khả năng truy tìm nguồn dầu tràn trong quá khứ đã tồn tại một số phương pháp nhưng vẫn còn là vấn đề gặp nhiều khó khăn. Lịch sử phát triển theo hướng mô hình hoá để truy tìm nguồn gốc gây ô nhiễm thì lĩnh vực khí tượng đi tiên phong sau đó mới đến hải dương, thủy văn. Các mô hình xây dựng theo hai phương pháp tiếp cận Euler (gọi tắt là mô hình Euler) và Lagrange (gọi tắt là mô hình Lagrange).

Các nghiên cứu về sự di chuyển của sinh vật phù du trong biển bằng mô hình Lagrange để giải quyết mô hình LPTMs (Lagrangian Particle-Tracking Models) [12]. LPTMs là mô hình tích hợp của mô hình quỹ đạo di chuyển theo thời gian (FITT: Forward in Time Trajectory) và mô hình xác định khu vực nguồn ngược thời gian (BITT: Backward in Time Trajectory) mà không xét đến quá trình khuếch tán. Các nghiên cứu về vật thể trôi dạt trên biển, mô hình Lagrange đã được sử dụng để truy tìm nguồn gốc khu vực xảy ra tai nạn với những đánh giá thực nghiệm [7, 8]. Những bài giảng về nghiên cứu về cấu trúc nhánh bằng mô hình Lagrange (LCSs: Lagrangian Coherent Structures) xác định quỹ đạo hay đường dòng của các vật thể có thể di chuyển [28].

Đối với bài toán tràn dầu, các công trình nghiên cứu ở nhiều khía cạnh khác nhau như so sánh đồng vị tính chất hoá học của dầu để xác định nguồn gốc [30]; sử dụng phương pháp thử mẫu trong mô phỏng theo thời gian bằng mô hình Euler [31]; sử dụng mô hình thương mại MIKE theo mô hình Lagrange [29]; giải quyết bài toán bằng cách đảo ngược thời gian với mô hình Lagrange [21].

Mặc dù, mô hình Lagrange được sử dụng phổ biến, rộng rãi và mô phỏng sự biến đổi của các chất điểm rời rạc. Còn đối với mô hình Euler ít được sử dụng và mô phỏng sự biến đổi của trường liên tục. Tuy nhiên, đối tượng dầu tràn trên biển từ các sự cố khác nhau thông thường là chất lỏng, do đó trong nghiên cứu này, tác giả lựa chọn mô hình Euler để mô phỏng dầu tràn trên biển với sự tham gia của một số quá trình vật lý, phong hoá và biến đổi tính chất dầu tràn ra môi trường biển sẽ được trình bày.

2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT DẦU TRÀN NGƯỢC THỜI GIAN

Bài toán lan truyền và biến đổi dầu ngược thời gian được giải quyết dựa trên những giả thuyết sau:

- Theo định luật Newton [14], nếu trong quá trình lan truyền theo thời gian, dầu tràn chịu tác động của lực (F) di chuyển được một quãng đường thì quá trình ngược thời gian cũng cần một lực tương ứng tác động theo chiều ngược lại (-F) để có thể di chuyển được về vị trí ban đầu;

- Theo định luật Fick [5], nếu quá trình khuếch tán theo thời gian là nơi nồng độ cao di chuyển về nơi nồng độ thấp xung quanh thì quá trình ngược thời gian là hướng di chuyển sẽ từ nơi nồng độ thấp xung quanh tập trung về nơi nồng độ cao.

- Theo định luật bảo toàn vật chất, quá trình lan truyền tiêu tán theo thời gian và tích tụ ngược thời gian là quá trình cân bằng thuận và nghịch, có nghĩa là quá trình xuôi là tiêu tán thì quá trình ngược là tích tụ;

- Điều kiện giải bài toán nghiệm không âm. Có nghĩa là dầu tràn có tồn tại hoặc không tồn tại.

Từ những giả thuyết trên, cơ sở lý thuyết sẽ được lựa chọn như sau:

Quá trình biến đổi nồng độ dầu tổng quát theo thời gian dưới tác động của môi trường [13, 15, 17, 20], viết dưới dạng:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = - \left(V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \left(D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \pm \sum_m S_m \quad (1)$$

Trong bài toán ngược thời gian thì được xử lý theo giả thuyết nêu trên nên phương trình (1) được viết lại dưới dạng:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = - \left((-V_x) \frac{\partial C}{\partial x} + (-V_y) \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \left(D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \mp \sum_m S_m \quad (2)$$

Phương trình về mô phỏng độ dày của lớp dầu [6, 26] song song với nồng độ dầu thì quá trình ngược thời gian cũng được thể hiện:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = - \left((-V_x) \frac{\partial h}{\partial x} + (-V_y) \frac{\partial h}{\partial y} \right) - \left(D_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) \mp \sum_m \frac{S_m}{\rho_m} \quad (3)$$

Mật độ dầu tràn trên mặt biển có mối quan hệ giữa nồng độ và độ dày của lớp dầu tràn trên mặt biển được xác định thể hiện qua biểu thức sau:

$$\rho_0 = \frac{C}{h} \quad (4)$$

Các công trình nghiên cứu cho thấy mật độ dầu biến đổi phụ thuộc vào tỷ lệ bay hơi, nhiệt độ dầu, tỷ lệ nhũ tương hoá và mật độ dầu ban đầu [9, 10, 19, 32]. Công thức xác định biến đổi ngược thời gian của mật độ dầu được sử dụng:

$$\rho = \frac{\rho_0 - F_w \rho_w}{(1 + F_w)[1 + C_1(T - T_e)](1 - C_2 F_e)} \quad (5)$$

Thể tích dầu tràn trên mặt biển có mối quan hệ chặt chẽ giữa độ dày và diện tích của dầu tràn trên mặt biển được xác định là:

$$V_0 = hA \quad (6)$$

Quá trình dầu tràn trên biển chịu tác động biến đổi của các quá trình phong hoá [11, 13] nên thể tích dầu tràn biến đổi ngược thời gian phụ thuộc vào quá trình phong hoá dầu, được xác định dưới dạng:

$$V = V_0 \frac{(1 + F_e + F_d + F_{disc} + F_{sed} + F_{coats} + F_{oxy} + F_{bio})}{(1 + F_w)} \quad (7)$$

Độ nhớt là một tham số phụ thuộc vào nhiệt độ, quá trình bay hơi và nhũ tương hoá [9, 10, 11, 16, 18, 19, 32] nên biến đổi độ nhớt động học của dầu tràn ngược thời gian, được xác định dưới dạng:

$$\nu = \nu_0 \exp \left[C_6 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_e} \right) - C_5 F_e - \frac{C_3 F_w}{1 + C_4 F_w} \right] \quad (8)$$

Quan hệ giữa độ nhớt động học và động lực học của dầu tràn là:

$$\mu = \rho \nu \quad (9)$$

Sức căng bề mặt là lực hấp dẫn giữa các phân tử trên bề mặt của một chất lỏng [10, 32]. Đối với ngược thời gian, sức căng bề mặt được sử dụng là:

- Xác định sức căng bề mặt dầu – nước là:

$$\sigma_w = \frac{\sigma_{w0}}{(1 - F_e)} \quad (10)$$

- Xác định sức căng bề mặt dầu – không khí là:

$$\sigma_A = \frac{\sigma_{A0}}{(1 - F_e)} \quad (11)$$

Điều kiện ổn định: Bài toán lan truyền chất sử dụng số Péclet [37] và phụ thuộc vào điều kiện ổn định [27] là :

$$\Delta t \leq \min \left(\frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{\max}} + (V_x)_{\max}}; \frac{(\Delta x)^2}{2D_x}; \frac{\Delta y}{\sqrt{2gh_{\max}} + (V_y)_{\max}}; \frac{(\Delta y)^2}{2D_y} \right) \quad (12)$$

Các ký hiệu trong các phương trình trên từ (1) đến (12) được giải thích ý nghĩa và đơn vị đo của chúng trong bảng 1.

3 ĐIỀU KIỆN TÍNH TOÁN

3.1 Thông tin dữ liệu địa hình đáy biển (nền)

Trường địa hình với quy mô lưới vuông (bước lưới $dx=dy=1/64^\circ$) với giới hạn trong khu vực Biển Đông (từ 99 đến 121° kinh Đông và từ 1 đến 24° vĩ Bắc). Cơ sở dữ liệu được thu thập từ các hải đồ với các tỷ lệ khác nhau và sử dụng phương pháp lồng ghép bản đồ để đưa về cùng chuẩn cao độ quốc gia [24]. Các miền lưới tính cụ thể được xác định theo hàm nội suy trọng số theo khoảng cách (hàm nội suy có tên gọi là Inverse distance weighting) [38]. Miền lưới tính được lựa chọn phục vụ tính toán mô phỏng là $0,044 \times 0,044^\circ$ với số nút là 500×500 cho khu vực Biển Đông.

3.2 Thông tin dữ liệu các yếu tố môi trường:

Yếu tố môi trường bao gồm khí tượng bề mặt (gió, nhiệt độ không khí), sóng, và hải văn tầng 5m trên mặt biển (dòng chảy, nhiệt độ nước biển và độ muối nước biển). Một số phương án sử dụng đầu vào cho tính toán gồm:

+ Phương án không gian và thời gian đồng nhất được sử dụng số liệu trung bình nhiều năm [1];

+ Phương án thời gian thực:

- Số liệu khí tượng từ trường số liệu tái phân tích (CFSR viết tắt từ "Climate Forecast System Reanalysis") của Mỹ [36] quy mô toàn cầu với bước lưới $0,5 \times 0,5^\circ$ bước thời gian là 6 giờ (Hình 1);

- Số liệu hải văn tầng mặt từ sản phẩm mô hình ba chiều (POM được viết tắt từ "Princeton Ocean Model") [22, 39] quy mô khu vực Biển Đông với bước lưới $1/12 \times 1/12^\circ$ với bước thời gian 1 giờ (Hình 2).

3.3 Thông tin dữ liệu dầu tràn

Dữ liệu dầu tràn được sử dụng dựa trên cơ sở các sự cố tràn dầu đã xảy ra trong quá khứ như là:

+ Phương án một sự cố dầu tràn được phát hiện lựa chọn là 0,001[tấn]. Vì nồng độ dầu này trên một ô lưới tính xấp xỉ là $1,0 \times 10^{-5} \text{ [kg.m}^{-2}]$ là ứng với QCVN về chất lượng nước của giới hạn ô nhiễm

Bảng 1. Các đơn vị đo cho các đại lượng tính toán

Ký hiệu	Đại lượng	Đơn vị đo SI
C	Nồng độ của dầu tràn trên mặt nước	kg/m^2
h	Độ dày của lớp dầu tràn trên mặt nước	m
$h_{\max}$	Độ dày cực đại của lớp dầu tràn trên mặt nước	m
ρ_m	Mật độ nguồn của dầu tràn	kg/m^3
ρ_0	Mật độ của dầu tràn trên mặt nước	kg/m^3
ρ	Mật độ của dầu tràn trước phong hoá trên mặt nước	kg/m^3
S_m	Nguồn dầu tràn	$\text{kg/m}^2/\text{s}$
A	Diện tích của vệt dầu tràn	m^2
V_0	Thể tích của dầu tràn trên mặt nước	m^3 hoặc l
V	Thể tích của dầu tràn trước phong hoá trên mặt nước	m^3 hoặc l
T	Nhiệt độ của dầu tràn [23]	K
μ	Độ nhớt động lực học của dầu tràn trên mặt nước	kg/m.s hoặc cP
ν_0	Độ nhớt động học của dầu tràn trên mặt nước	m^2/s hoặc cSt
ν	Độ nhớt động học của dầu tràn trước phong hoá trên mặt nước	m^2/s hoặc cSt
σ_{w0}	Sức căng bề mặt dầu – nước	N/m
σ_w	Sức căng bề mặt dầu – nước trước phong hoá trên mặt nước	N/m
σ_{A0}	Sức căng bề mặt dầu – không khí	N/m
σ_A	Sức căng bề mặt dầu – không khí trước phong hoá trên mặt nước	N/m
F_{tr}	Tỷ lệ của quá trình nhũ tương hoá [23]	
F_e	Tỷ lệ của quá trình bay hơi [23]	
F_d	Tỷ lệ của quá trình phân tán thẳng đứng [23]	
F_{disc}	Tỷ lệ của quá trình hoà tan [23]	
F_{sed}	Tỷ lệ của quá trình hấp thụ trầm tích [23]	
F_{coats}	Tỷ lệ của quá trình lắng đọng bờ bãi [23]	
F_{oxy}	Tỷ lệ của quá trình ô-xy hoá [23]	
F_{bio}	Tỷ lệ của quá trình phân huỷ sinh vật [23]	
T_e	Nhiệt độ môi trường	K
V_x	Tốc độ di chuyển theo trục Ox [25]	m/s
$(V_x)_{\max}$	Tốc độ di chuyển cực đại theo trục Ox	m/s
V_y	Tốc độ di chuyển theo trục Oy [25]	m/s
$(V_y)_{\max}$	Tốc độ di chuyển cực đại theo trục Oy	m/s
D_x	Tham số khuếch tán ngang theo trục Ox [25]	m^2/s
D_y	Tham số khuếch tán ngang theo trục Oy [25]	m^2/s
C_1	Hằng số thực nghiệm	
C_2	Hằng số thực nghiệm	
C_3	Hằng số thực nghiệm	
C_4	Hằng số thực nghiệm	
C_5	Tham số phụ thuộc loại dầu	
C_6	Tham số phụ thuộc nhiệt độ dầu	1/K
t	Thời gian	s
Δt	Thời gian theo bước tính	s

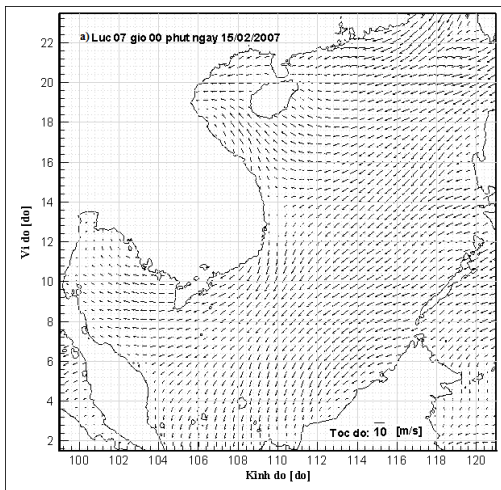
Ghi chú: Đơn vị tính được viết tắt như sau: kg = ki-lô-gam; m = mét; K = độ Kelvin; s = giây; N = Newton; cP = centiPoise; cSt = centistokes(cSt).

dầu [3, 4]

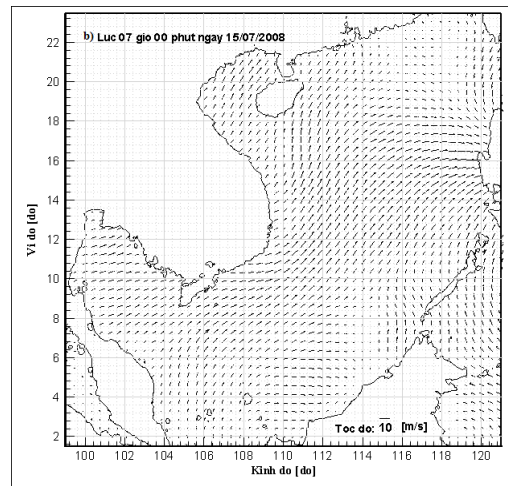
+ Phương án thực theo sự cố dầu tràn trên biển năm 2007 và 2008 từ ảnh viễn thám theo nguồn cung cấp của Trung tâm Quan trắc Môi trường

thuộc Tổng cục Môi trường và Trung tâm Quan

trắc thuộc Cục Viễn thám Việt Nam.



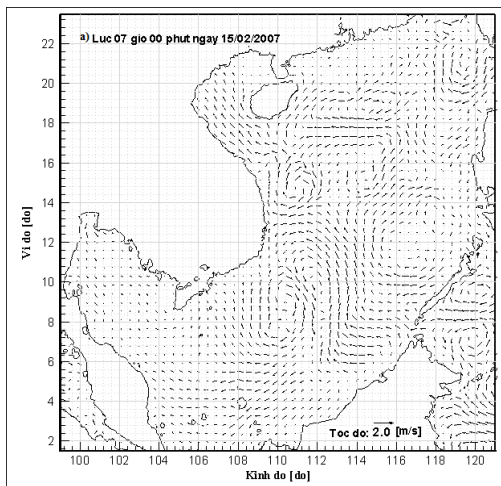
a) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/02/2007



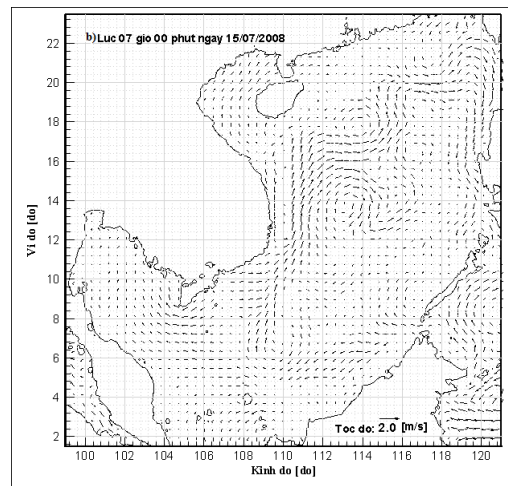
b) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/07/2008

Hình 1. Trường gió [m/s] ở độ cao 10 m so với mặt nước biển từ nguồn số liệu tái phân tích (CFRS)

(a) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/02/2007 (trái); b) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/07/2008 (phải))



a) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/02/2007



b) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/07/2008

Hình 2. Trường dòng chảy [m/s] trung bình tầng 5m trên mặt biển từ nguồn số liệu sản phẩm mô hình ba chiều (POM)

(a) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/02/2007 (trái); b) Lúc 07 giờ 00 phút ngày 15/07/2008 (phải))

3.4 Thông tin dữ liệu thời gian mô phỏng:

Thời gian tính toán mô phỏng là:

- + Phương án cho một sự cố dầu tràn là trong khoảng 15 ngày;
- + Phương án cho thời gian thực là tháng 02 năm 2007 và tháng 07 năm 2008.

3.5 Các đơn vị đo

Sử dụng các đại lượng trong các phương trình ở mục 2 theo đơn vị đo SI được trình bày ở Bảng 1.

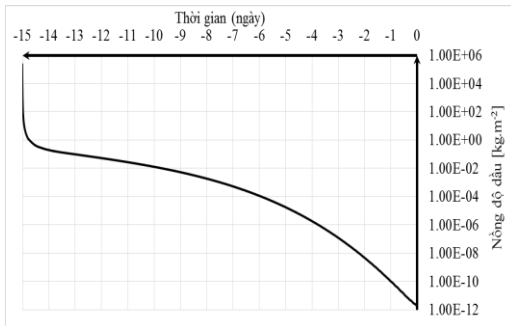
4 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

4.1 Trường hợp các yếu tố môi trường đầu vào đồng nhất với một vị trí phát hiện sự cố dầu tràn

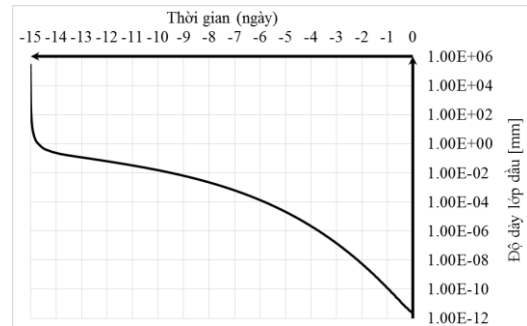
Quá trình mô phỏng truy tìm nguồn gây ra sự cố dầu tràn ngược thời gian được tính toán theo điều kiện yếu tố môi trường đầu vào đồng nhất. Các kết quả của mô phỏng này được thể hiện dưới dạng biến trình ngược thời gian tại vị trí có nồng độ dầu lớn nhất (Hình 3) và thay đổi trường nồng độ dầu ngược thời gian (Hình 4).

Hình 3 thể hiện trường hợp tính toán với điều kiện yếu tố môi trường đồng nhất và bước lưới tính toán là $0,044^\circ$ cho thấy được các kết quả của các yếu tố tính chất dầu với vị trí nồng độ lớn nhất biến

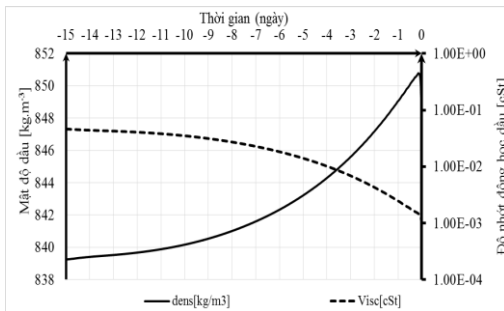
đổi theo thời gian được thực hiện như nồng độ dầu, độ dày lớp dầu, mật độ dầu, độ nhớt dầu, nhiệt độ dầu, gradient, nhiệt độ dầu.



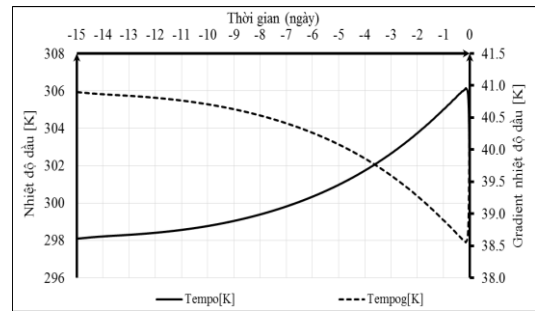
a. Nồng độ dầu $[\text{kg}/\text{m}^3]$ lớn nhất



b. Độ dày lớp dầu $[\text{mm}]$ lớn nhất



c. Mật độ (đường liền) $[\text{kg}/\text{m}^3]$ và độ nhớt động học (đường đứt) $[\text{cSt}]$



d. Nhiệt độ (đường liền) $[\text{K}]$ và gradient nhiệt độ (đường đứt) $[\text{K}]$

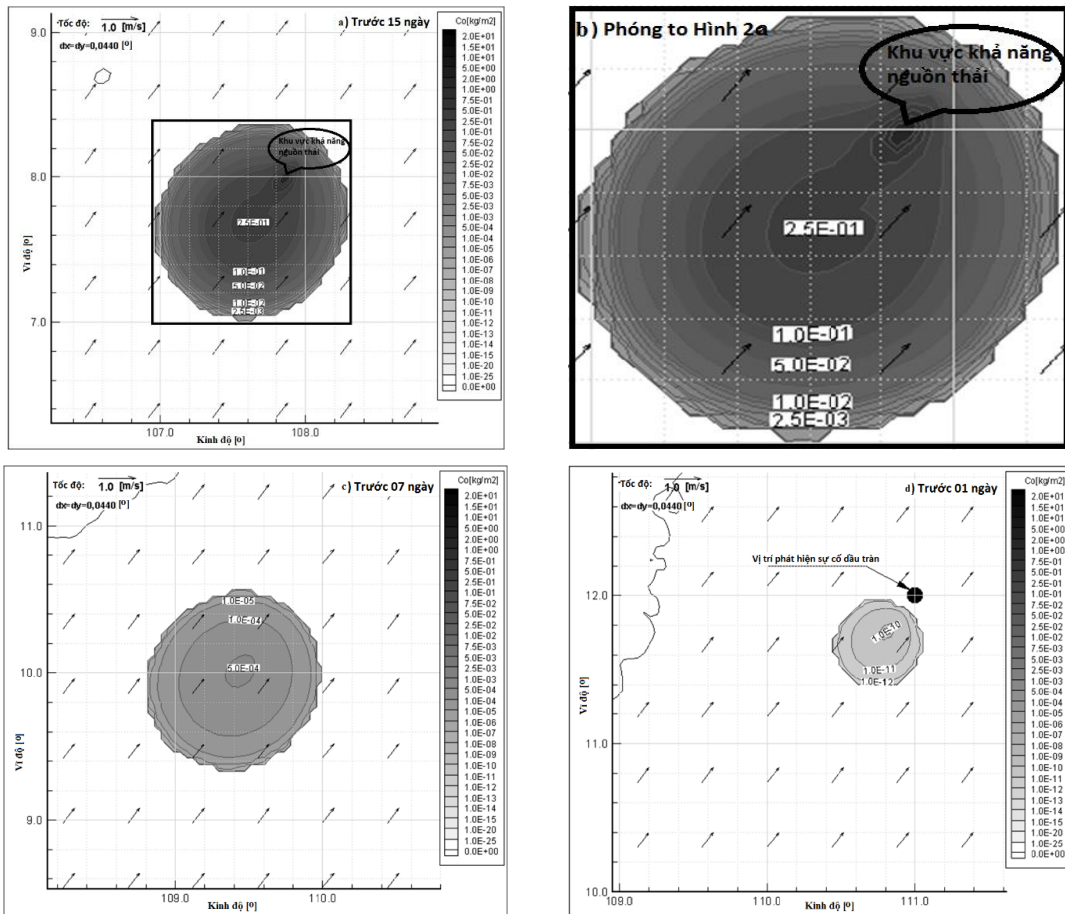
Hình 3. Biến đổi một số tính chất dầu tràn ngược thời gian với điều kiện yếu tố môi trường đầu vào đồng nhất (a. Nồng độ dầu $[\text{kg}/\text{m}^3]$ lớn nhất (trên-trái); b. Độ dày lớp dầu $[\text{mm}]$ lớn nhất (trên-phải); c. Mật độ (đường liền) $[\text{kg}/\text{m}^3]$ và độ nhớt động học (đường đứt) $[\text{cSt}]$ (dưới-trái); d. Nhiệt độ (đường liền) $[\text{K}]$ và gradient nhiệt độ (đường đứt) $[\text{K}]$ (dưới-phải))

Hình 3a và 3b cho thấy biến đổi dầu tràn phù hợp quy luật là nồng độ và độ dày lớp dầu thời điểm trước lớn hơn thời điểm sau. Đặc biệt là sau thời gian tính toán đã xuất hiện sự nhảy vọt về nồng độ và độ dày của lớp dầu tràn trên mặt (Hình 3a và 4b). Sự nhảy vọt có nghĩa là nồng độ và độ dày của lớp dầu trên mặt nước trong khoảng thời gian ngắn đã tăng rất nhanh. Cụ thể, trong khoảng xấp xỉ 15 ngày đầu nồng độ dầu tăng từ $1,0\text{e}^{-12}\text{kg}/\text{m}^3$ đến $1,0\text{e}^0\text{kg}/\text{m}^3$ nhưng sau đó nhảy vọt trong vài giờ tăng từ $1,0\text{e}^0\text{kg}/\text{m}^3$ đến xấp xỉ $1,0\text{e}^6\text{kg}/\text{m}^3$. Tương tự đối với độ dày lớp dầu cũng là trong khoảng xấp xỉ 15 ngày tăng từ $1,0\text{e}^{-12}\text{mm}$ đến $1,0\text{e}^0\text{mm}$ và sau đó nhảy vọt trong vài giờ tăng từ $1,0\text{e}^0\text{mm}$ đến xấp xỉ $1,0\text{e}^6\text{mm}$. Bên cạnh đó, mật độ cũng biến đổi phù hợp với mật độ thời điểm trước nhỏ hơn thời điểm sau do tác động của phong hoá. Ở khía cạnh biến đổi theo trường nồng độ của dầu tràn trong không gian theo lát cắt thời gian được xem xét (Hình 4).

Hình 4 thể hiện trường nồng độ dầu theo các thời điểm khác nhau trên cùng tỷ lệ không gian (Hình 4a, 4c và 4d) nhưng khu vực thay đổi do vết dầu di chuyển. Sự thể hiện này có thể cho thấy diện tích vết dầu thay đổi theo thời gian. Hình 4b là hình phóng to về vết dầu của Hình 4a nhằm thể hiện khu vực tập trung nồng độ dầu nhảy vọt rõ hơn. Các kết quả mô phỏng về biến đổi nồng độ vết dầu đã thể hiện chứng minh giả thuyết khả năng truy tìm nguồn gốc dầu tràn ngược thời gian (Hình 4a, 4c và 4d) như là hướng di chuyển của vết dầu tràn ngược hướng động lực với giả thuyết ngược hướng theo định luật Newton; nơi có nồng độ dầu lớn sẽ tăng mạnh hơn nơi có nồng độ dầu nhỏ với giả thuyết ngược khuếch tán (còn gọi là hội tụ) theo định luật Fick; điểm không có nồng độ dầu ở hiện tại có thể xuất hiện có nồng độ dầu ở bước tính sau thuộc thời gian trước với giả thuyết ngược tiêu tán (còn gọi là tích tụ) theo định luật bảo toàn vật chất. Các quá trình ngược hướng động lực, hội tụ và tích tụ kết

hợp để tạo nên sự phù hợp ngược thời gian là sau thời gian tính toán xuất hiện khu vực có nồng độ và độ dày của lớp dầu nhảy vọt. Khu vực và thời điểm

này được xác định khả năng xảy ra nguồn dầu tràn đang được tìm kiếm (Hình 3a, Hình 3b và Hình 4b).

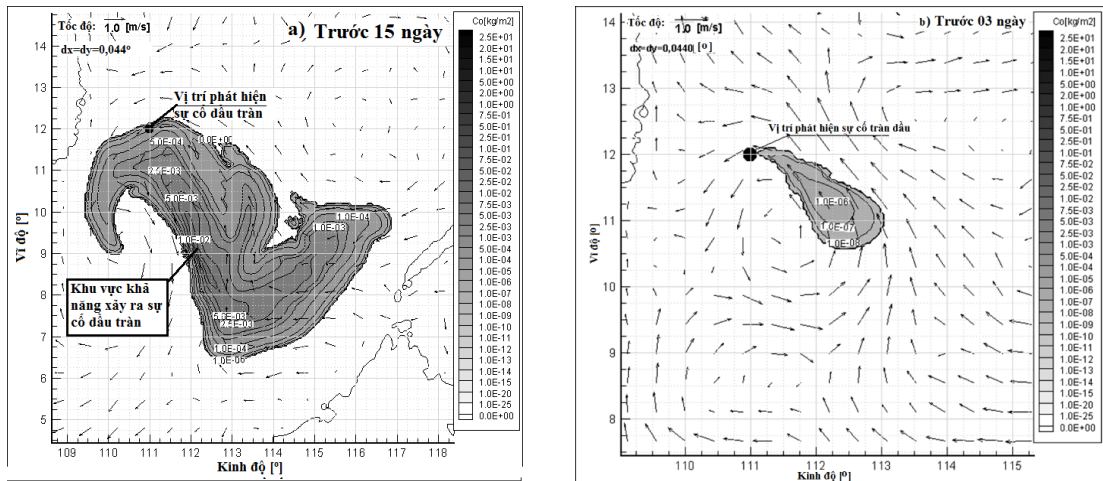


Hình 4. Kết quả tính toán lan truyền nồng độ dầu $[kg.m^{-2}]$ theo các thời điểm khác nhau
(a. Trước 15 ngày (trên- trái); b. Phóng to cấu hình a (trên phải); c. Trước 7 ngày (dưới-trái); d. Trước 01 ngày (dưới-phải))

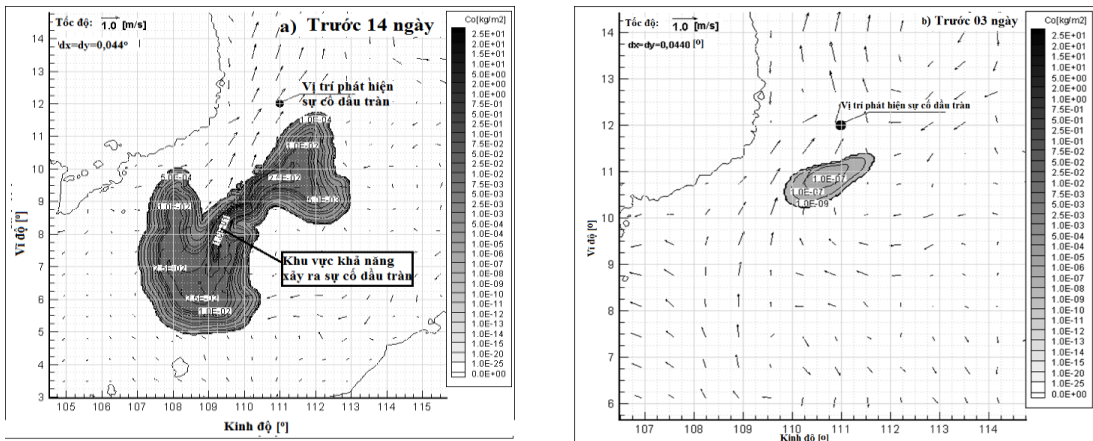
Ngoài ra, tác giả lý giải cho sự bất hợp lý trực quan là vết dầu tràn ngược thời gian càng ngày càng rộng ra khả năng một số nguyên nhân như sau: (1) dầu vào ban đầu là một điểm nút lưới, sau mỗi bước thời gian tính toán các nút lưới sẽ có tương tác với các nút lưới xung quanh nó nên khả năng nồng độ dầu ở các nút sẽ được sinh ra theo mô hình Euler, nếu duy trì một nút hay một điểm chỉ là mô hình Lagrange. Hiện tượng này thường được gọi là hiệu ứng khuếch tán số; (2) theo định luật Fick, các nút lưới xung quanh nút lưới có nồng độ dầu lớn hơn sẽ có khả năng có nồng độ dầu lớn hơn sau một bước thời gian tính toán; (3) quá trình tính toán có thể bị ảnh hưởng bởi quá trình khác như quá trình

xấp xỉ, quá trình khuếch tán khác ...; (4) đặc biệt đây là bài toán khả năng tìm kiếm khu vực nguồn thải dầu tràn trong quá khứ nên vùng tìm kiếm sẽ phải được khoanh vùng rộng ra theo thời gian trong quá khứ mà phù hợp với bài toán dự đoán, dự báo.

Như vậy, đối với phương án này cho thấy kết quả tính toán mô phỏng thể hiện được thời gian và vị trí khu vực có khả năng xảy ra sự cố tràn dầu. Có nghĩa là luôn tồn tại một vùng có nồng độ lớn hơn nhiều so với xung quanh. Kết thúc là có giá trị nhảy vọt về nồng độ dầu cho khu vực hẹp. Đây là ưu điểm khả năng giới hạn được không gian và thời gian tìm kiếm nguồn thải dầu.



Hình 5. Trường nồng độ $[kg.m^{-2}]$ vết dầu lan truyền với điều kiện môi trường thực (CFSR và POM) tháng 2 năm 2007 của một vị trí phát hiện sự cố dầu tràn
(a. Trước 15 ngày (trái); b. Trước 03 ngày (phải))



Hình 6. Trường nồng độ $[kg.m^{-2}]$ vết dầu lan truyền với điều kiện môi trường thực (CFSR và POM) tháng 7 năm 2008 của một vị trí phát hiện sự cố dầu tràn
(a. Trước 15 ngày (trái); b. Trước 03 ngày (phải))

4.2 Trường hợp điều kiện môi trường dầu vào thực năm 2007 và 2008

Ở phần này, tác giả sẽ đi kiểm chứng theo điều kiện yếu tố môi trường biến đổi theo không gian và thời gian tựa thực tế vì các yếu tố môi trường là từ các sản phẩm mô hình (CFSR là nguồn số liệu khí tượng tái phân tích (xem Hình 1); POM là nguồn số liệu hải văn từ sản phẩm mô hình POM (xem Hình 2) nên vẫn có sự sai khác so với thực tế. Từ các thông tin trên đã đưa vào tính toán mô phỏng quá trình lan truyền dầu năm 2007 và năm 2008. Các kết quả mô phỏng dầu tràn ngược thời gian của phần này được trình bày từ Hình 5 đến Hình 8, mà trong đó các hướng di chuyển được thể hiện dưới

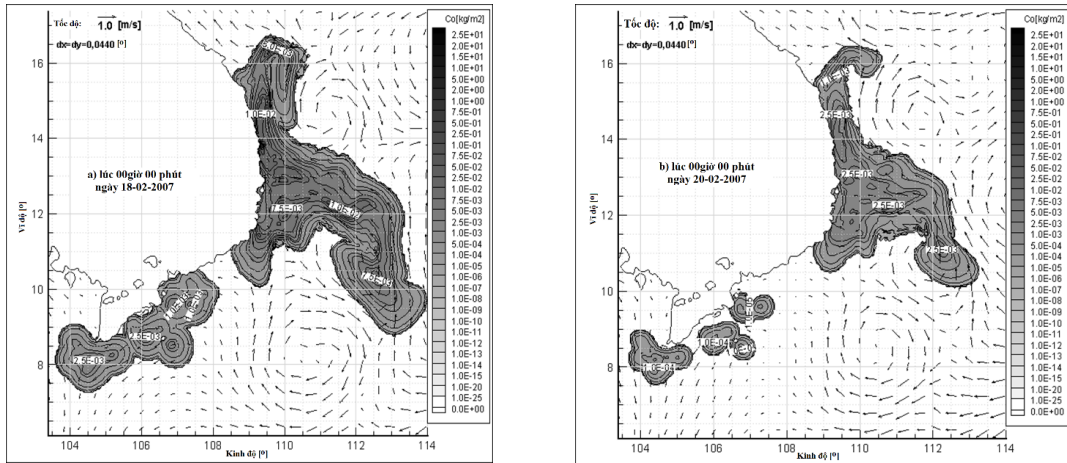
dạng trường véc-tơ. Các véc-tơ này là kết quả kết quả tổ hợp giữa các trường khí tượng (CFSR) và hải dương (POM).

Mô phỏng quá trình lan truyền dầu ngược thời gian đối với trường hợp một vị trí sự cố dầu tràn được phát hiện được tính toán ở điều kiện yếu tố môi trường biến đổi thực trong tháng 2 năm 2007 và tháng 7 năm 2008. Các kết quả được thể hiện dưới dạng trường phân bố nồng độ trong không gian theo lát cắt thời gian tháng 2 năm 2007 (Hình 5) và tháng 7 năm 2008 (Hình 6). Hình 5 và hình 6 cho thấy sự thay đổi hình dạng của vết dầu theo thời gian đa dạng hơn so với trường hợp điều kiện yếu tố môi trường đồng nhất (Hình 4). Hình dạng vết dầu giữa hai mùa cũng khác nhau trong cùng

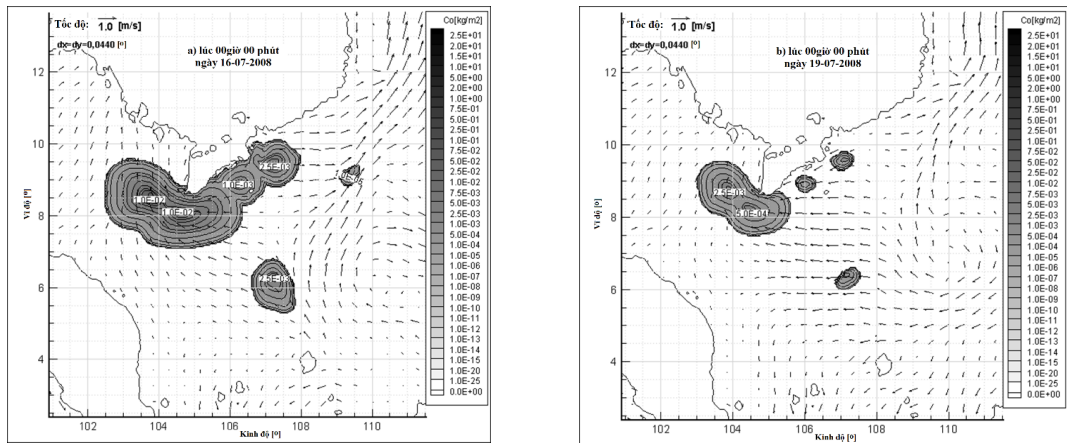
khoảng thời gian tính (Hình 5b và Hình 6b).

Mặc dù, sự thay đổi phức tạp của các vết dầu khác nhau nhưng chúng đều xuất hiện các khu vực có nồng độ dầu nhảy vọt ở các thời điểm khác nhau trong quá khứ (Hình 5a và Hình 6a). Các khu vực

này đều thể hiện được giới hạn không gian và thời gian về khả năng nguồn thải dầu tràn khác nhau phụ thuộc vào điều kiện yếu tố môi trường làm đầu vào tính toán.



Hình 7. Trường nồng độ $[kg.m^{-2}]$ vết dầu lan truyền với điều kiện môi trường thực (CFRS và POM) tháng 2 năm 2007 của phát hiện nhiều vị trí theo nhiều thời điểm dầu tràn (a. lúc 00giờ 00 phút ngày 18-02-2007 (trái); b. lúc 00giờ 00 phút ngày 20-02-2007 (phải))



Hình 8. Trường nồng độ $[kg.m^{-2}]$ vết dầu lan truyền với điều kiện môi trường thực (CFRS và POM) tháng 7 năm 2008 của phát hiện nhiều vị trí theo nhiều thời điểm dầu tràn (a. lúc 00giờ 00 phút ngày 16-07-2008 (trái); b. lúc 00giờ 00 phút ngày 19-07-2008 (phải))

Mô phỏng dầu tràn trên biển sử dụng thông tin số liệu dầu tràn và trôi dạt trên biển từ các nguồn ảnh vệ tinh được phân tích bởi các cơ quan chuyên môn về viễn thám nên thông tin số liệu là đáng tin cậy. Các số liệu dầu tràn này được đưa vào mô hình theo thời gian thực, mỗi vị trí dầu tràn phát hiện là một điểm làm đầu vào và sẽ phát triển vết dầu tương tự như hình 3 hoặc hình 4. Điều kiện yếu tố môi trường biến đổi thực (CFRS và POM) năm 2007 và 2008. Các kết quả mô phỏng trong tháng 2 năm 2007 (Hình 7) và tháng 7 năm 2008 (Hình

8). Hình 7 và hình 8 cho thấy tại các vị trí phát hiện dầu tràn trên biển từ ảnh vệ tinh được phát triển thành các tâm có nồng độ cao và hình dạng vết dầu tràn trên biển đa dạng và sự phức tạp tăng lên nhiều lần so với trường hợp một vị trí dầu tràn được phát hiện tương ứng hình 5 và hình 6. Các kết quả này cũng cho thấy sự biến đổi về giá trị và hướng di chuyển của nồng độ dầu tràn phù hợp với giả thuyết bài toán khi sử dụng các yếu tố môi trường thực làm đầu vào.

5 KẾT LUẬN

Bài toán khả năng truy tìm nguồn thải dầu tràn trên biển là bài toán khó và phức tạp. Nhưng cơ sở lý thuyết đã lựa chọn đảm bảo về toán học và giả thuyết đưa ra bám sát các quá trình vật lý theo các định luật vật lý.

Các dữ liệu sử dụng phục vụ tính toán có nguồn gốc rõ ràng và độ đảm bảo tin cậy như địa hình, các yếu tố khí tượng bề mặt (CFSR), sóng và yếu tố hải dương trung bình tầng 5m trên mặt biển (POM). Số liệu dầu tràn từ sự cố tràn dầu trong quá khứ, đặc biệt là dầu tràn trôi nổi và dạt vào bờ năm 2007 và 2008 theo phân tích từ nguồn số liệu vệ tinh.

Các kết quả xem xét đánh giá kiểm nghiệm với điều kiện các yếu tố môi trường làm đầu vào từ đơn giản (đồng nhất theo không gian và thời gian) đến phức tạp (biến đổi thực) và sự cố dầu tràn trên biển (theo một vị trí sự cố và nhiều vị trí dầu tràn trong nhiều thời điểm khác nhau) áp dụng cho khu vực Biển Đông. Các kết quả này cho thấy sự biến động đảm bảo giả thuyết và phù hợp quy luật tự nhiên. Chúng cũng đã phản ánh được khả năng tìm kiếm khu vực nguồn thải hay vết dầu trong quá khứ theo các lát cắt thời gian. Đặc biệt là kết quả mô phỏng luôn xuất hiện một khu vực có nồng độ cao hơn nhiều so với xung quanh. Do đó, vấn đề khả năng tìm kiếm nguồn thải sẽ được giải quyết với khu vực có nồng độ cao hơn và tăng đột biến ở trong các thời điểm cụ thể trong quá khứ.

Vậy, trong nghiên cứu này thể hiện được sự phù hợp về bản chất vật lý, đặc biệt cho thấy khả năng có thể xác định khu vực cụ thể trong không gian và theo thời gian với các điều kiện đầu vào cụ thể tương ứng. Để kiểm chứng được độ chính xác cần có các kết quả thực nghiệm để so sánh cụ thể. Ngoài ra, những hạn chế còn tồn tại như sự biến đổi của vết dầu lớn (hiệu ứng khuếch tán số) hoặc cải thiện độ chính xác định lượng sẽ được đề cập ở những nghiên cứu tiếp theo.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả cảm ơn PGS.TS. Nguyễn Minh Huân (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội) và PGS.TS. Phùng Đăng Hiếu (Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam) đã đóng góp ý kiến và giúp đỡ rất nhiều để hoàn thiện bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp Nhà nước KHCN.09 (KC.09), “Biển Đông, tập II, Khí tượng thủy văn động lực biển”, Tuyển tập báo cáo kết quả về Điều tra nghiên cứu biển cấp Nhà nước giai đoạn, 1996-2000, Nxb ĐHQG Hà Nội, 2001.

[2] Cục Kiểm soát ô nhiễm, “Điều tra, đánh giá, dự báo nguy cơ sự cố tràn dầu gây tổn thương môi trường biển; đề xuất các giải pháp ứng phó thuộc dự án Điều tra, đánh giá mức độ tổn thương tài nguyên – môi trường, khí tượng thủy văn biển Việt Nam; dự báo thiên tai, ô nhiễm tại các vùng biển”. Báo cáo tổng kết dự án thuộc Tổng cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, 2011.

[3] QCVN 08:2008/BTNMT, “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt”. Hà Nội, 2008

[4] QCVN 10:2008/BTNMT, “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước biển ven bờ”. Hà Nội, 2008.

[5] A.Fick, “Ueber Diffusion”, *Ann. der Physik* (in German), 1855. Vol. 170(1), pp. 59–86.

[6] A.Warluzel and J. P. Benque, “Un modèle mathématique de transport et d’étalement d’une nappe d’hydrocarbures”. *Proc. Conference of Mechanics of Oil Slicks*. Paris, France: 1981, pp.199–211.

[7] Breivik Ø, Allen AA., 2008. “An operational search and rescue model for the Norwegian Sea and the North Sea”. *J. of Marine Systems*. 2008. Vol.69(1–2), pp. 99–113.

[8] Breivik Ø, Bekkvik TC, Ommundsen A, Wettre C., “BAKTRAK: backtracking drifting objects using an iterative algorithm with a forward trajectory model”. *Ocean Dynamamic*, 2011b. doi:10.1007/s10236-011-0496-2, also available as arXiv:1111.0756v

[9] Buchanan and N. Hurdford, “Methods for predicting the physical changes in oil spilt at sea”. *Oil & Chemical Pollution*, 1988. Vol.4, pp. 311–328.

[10] D. Mackay, “Oil spill process and models”. EE-8, *Env. Protection Service*. Canada. 1980

[11] Ehsan Sarhadi Zadeh and Kourosh Hejazi, “Eulerian Oil SpillsModel Using Finite-VolumeMethod with Moving Boundary andWet-Dry Fronts”, *Hindawi Publishing Corporation. Modelling and Simulation in Engineering*. Vol. 2012, Article ID 398387, 7 pages.

[12] H. P. Batchelder, “Forward-in-Time-/Backward-in-Time-Trajectory (FITT/BITT) Modeling of Particles and Organisms in the Coastal Ocean”. *J. of Atmospheric and Oceanic Technogy*, 2006. Vol. 23, pp. 727–741.

[13] H.B. Fisher, E. J. List, R. C. Y. Koh, J. Imberger and N. H. Brooks, “Mixing in Inland and Coastal waters”. *Academic Press*, San Diego, CA, USA, 1979.

[14] I. Newton, “Mathematical Principles of Natural Philosophy”, 1729 *English translation based on 3rd Latin edition* (1726), Vol. 1&2, containing Book 1, 2 & 3.

[15] J. A. Carmo, J.L. Pinho and J.P. Vieira, 2010. “Oil Spills in Coastal Zones: Predicting Slick Transport and Weathering Processes”. *Journal of The Open Ocean Engineering*, Vol. 3, pp. 129–142.

[16] K. Aghajanoloo, M. D. Pirooz and M. M. Namin, “Numerical Simulation of Oil Spill Behavior in the Persian Gulf”. *Int. J. Environ. Res.*, 2013. Vol. 7(1), pp. 81–96.

[17] M. De Dominicis, N. Pinardi, G. Zodiatis and R. Lardn, “MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting – Part 1: Theory”. *Geosci. Model Dev.*, 2013. Vol.6, pp. 1851–1869. www.geosci-model-dev.net/6/1851/2013/. doi:10.5194/gmd-6-1851-2013

- [18] M. Reed et al., "Oil Spill Modeling towards the Close of the 20th Century: Overview of the State of the Art". *Spill Science & Technology Bulletin*, 1999. Vol. 5(1), pp. 3-16.
- [19] Mooney M., "The viscosity of a concentrated suspension of spherical particles". *J. Colloidal Science*, 1951. Vol. 10, pp.162-170.
- [20] N. Fabbri, "Numerical simulations of passive tracers dispersion in the sea," PhD thesis, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Bologna, Italy, 2009.
- [21] Nguyễn Hữu Nhân, "Phần mềm trợ giúp quản trị ô nhiễm do tràn dầu ra biển OILSAS". *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, ISSN 0866-8744, số 567, tháng 3/2008, trang14-28.
- [22] Nguyễn Minh Huân và nnk, "Nghiên cứu mô phỏng dòng chảy, nhiệt độ và độ muối ba chiều khu vực Biển Đông bằng mô hình POM", *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 2015. T. 31(3S), tr 225-234.
- [23] Nguyễn Quốc Trinh và nnk, "Mô phỏng một số quá trình phong hóa dầu trong môi trường biển". *Tạp chí Dầu khí*, số tháng 04/2015, tr 51-59, ISSN-0866-854X.
- [24] Nguyễn Quốc Trinh và nnk, "Quy chuẩn hệ cao độ phục vụ lồng ghép bản đồ lục địa và bản đồ biển". *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học ngành địa hình quân sự lần thứ 4, Hà Nội, tháng 09/2014*, tr 41-46.
- [25] Nguyễn Quốc Trinh, và nnk, "Đánh giá quá trình vật lý dầu tràn trong môi trường biển". *Tạp chí Dầu khí*, số tháng 12/2015, tr 51-60, ISSN-0866-854X.
- [26] P. Tkalich and E. S. Chan, "The third-order polynomial method for two-dimensional convection and diffusion". *Int. J. for Numerical Methods in Fluids*, 2003. Vol. 41 (9), pp. 997-1019.
- [27] R. Courant, K. Friedrichs and H. Lewy, "Über die partiellen Differenzengleichungen der mathematischen Physik", *Mathematische Annalen* (in German), 1928. Vol. 1, pp 32–74.
- [28] Thomas Peacock, "Lectures for Lagrangian Coherent Structures (LCSs) and their application to ocean transport". Vietnam National University, Hanoi, December 2012.
- [29] Trần Hồng Thái và nnk, 2007. "Xây dựng mô hình xác định nhanh nguồn gây ô nhiễm dầu và mô phỏng diễn biến ô nhiễm dầu trên biển Đông bằng mô hình MIKE-SA". *Hội nghị Cơ học Thủy khí toàn quốc tháng 7/2007*.
- [30] Vũ Công Thắng, "Nghiên cứu đặc trưng biến đổi của dầu thô Việt Nam trong điều kiện môi trường biển miền Đông Nam Bộ và khảo sát một số phương pháp nhận dạng nguồn gốc dầu ô nhiễm". Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Bộ Giáo dục và Đào tạo, Hà Nội, 2004.
- [31] Vũ Thanh Ca và Hoàng Đức Cường, Trần Hồng Thái, Nguyễn Quốc Trinh, Nguyễn Xuân Đạo, "Nghiên cứu xác định nguyên nhân tràn dầu khu vực Trung Trung bộ". *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 10, Viện KTTV, Hà Nội, 3/2007*, tr. 32-39.
- [32] W. J. Lehr, Review of modeling procedures for oil spill weathering behavior. Hazmat Division, NOAA, USA. 2010.
- [33] Wang J. and Yongming C.. "Modeling oil spills transportation in seas based on unstructured grid, finite-volume, wave-ocean model". *Ocean Engineering*, 2010. Vol. 35, pp. 332-344.
- [34] <http://www.itopf.com/>
- [35] <https://www.vesselfinder.com/>
- [36] <http://cfs.ncep.noaa.gov/cfsr/>
- [37] https://en.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9cle_number
- [38] https://en.wikipedia.org/wiki/Inverse_distance_weighting
- [39] <http://www.ccpo.odu.edu/POMWEB/POM2K/>

Research and development for oil spill simulation backward in time at South China Sea in Viet Nam

Nguyen Quoc Trinh

Abstract - The paper presented the evaluation of oil spill simulation backward in time with some input data conditions at South China Sea in Vietnam such as the environment factors (from simple to complex conditions) and oil spills (from one to multifarious). Oil spill processes are computed simulations such as physical processes and weathering processes and the oil properties change. The results of research and development for oil spill simulation backward in time are considered và determined with oil spill on sea that

are consistent with hypotheses and natural phenomena such as reversing the direction of divergence, increased concentration backward in time, especially with an remarkable concentration area. It determines the ability to trace emission source in space and time under each corresponding input condition. Besides, this study may still not be optimized so they will continue to be solved in the future.

Keywords - Backward in time, concentration, South China Sea in Viet Nam, Oil spill, oil streaks.