

# NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN MÔ PHỎNG LAN TRUYỀN VÀ BIẾN ĐỔI DẦU TRÀN TẠI KHU VỰC BIỂN ĐÔNG

**Nguyễn Quốc Trinh**

Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương, Bộ Tài nguyên và Môi trường  
Email: maitrinhvinh@gmail.com

## Tóm tắt

**Bài báo giới thiệu kết quả đánh giá, kiểm định mô hình mô phỏng lan truyền và biến đổi dầu tràn tại khu vực Biển Đông với các điều kiện gồm: quá trình vật lý (bình lưu, khuếch tán ngang), quá trình phong hóa (bay hơi, nhũ tương, hòa tan, phân tán, hấp thụ trầm tích, tương tác bờ bãi, oxy hóa, phân hủy sinh học) và quá trình biến đổi tính chất dầu trên mặt biển (mật độ, độ dày, nhiệt độ, độ nhớt, sức căng bề mặt)... Bằng phương pháp tiếp cận bài toán Euler, tác giả đã tổng hợp, nghiên cứu và phát triển mô phỏng lan truyền và biến đổi dầu tràn khu vực Biển Đông dựa trên quá trình vật lý, phong hóa và biến đổi tính chất dầu tràn ra môi trường biển.**

**Từ khóa:** Dầu tràn, Biển Đông, nồng độ, vệt dầu.

## 1. Giới thiệu

Nghiên cứu ô nhiễm dầu do sự cố trên biển đã được triển khai trong khuôn khổ đề tài cấp Nhà nước 48.B.05.03 “Ô nhiễm biển” do Phạm Văn Ninh chủ nhiệm [1]. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng và hoàn thiện phần mềm OST-2D, OST-3D [2, 3]; áp dụng mô hình thương mại MIKE3 PA/SA của Đan Mạch để tính toán lan truyền, biến đổi của dầu trên biển [4]; tự xây dựng và phát triển mô hình lan truyền và biến đổi dầu theo bài toán Euler [5]; sử dụng mô hình của Vũ Thanh Ca để ứng dụng tính toán mô phỏng với các điều kiện yếu tố môi trường trung bình mùa và điều kiện thực cho các khu vực khác nhau [6 - 8]; xây dựng phần mềm OilSAS [9]; nghiên cứu, xây dựng và hoàn thiện mô hình tính toán lan truyền ô nhiễm dầu theo bài toán Lagrange [10]; phát triển mô hình lan truyền ô nhiễm dầu sử dụng bài toán Euler [11].

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu trên thế giới và trong nước, tác giả đã tổng hợp, nghiên cứu và phát triển mô phỏng lan truyền và biến đổi dầu tràn khu vực Biển Đông bằng phương pháp tiếp cận bài toán Euler dựa trên quá trình vật lý, phong hóa và biến đổi tính chất dầu tràn ra môi trường biển.

## 2. Cơ sở lý thuyết dầu tràn

Lehr đã nghiên cứu lựa chọn sử dụng mô hình thủy động lực học để làm đầu vào các mô hình vận chuyển và biến đổi dầu [12]. Theo phương pháp tiếp cận bài toán Euler, nồng độ dầu biến đổi theo phương ngang, theo thời gian dưới dạng:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = - \left( V_{ax} \frac{\partial C}{\partial x} + V_{ay} \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \left( D_{hx} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_{hy} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \pm \sum_m S_m \quad (1)$$

Trong đó:

C: Nồng độ trên đơn vị diện tích bề mặt của dầu (kg.m<sup>-2</sup>);

V<sub>ax</sub> và V<sub>ay</sub>: Vận tốc di chuyển dầu thành phần theo trục x và y (m.s<sup>-1</sup>) [13];

D<sub>hx</sub> và D<sub>hy</sub>: Tham số khuếch tán ngang thành phần theo trục x và y (m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>) [13];

S<sub>m</sub>: Nguồn hoặc tiêu tán của dầu tràn (kg.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>);

t: Thời gian (giây).

Ngoài ra, tồn tại mối tương quan chặt chẽ giữa nồng độ, mật độ và độ dày lớp dầu. Phương trình về mô phỏng độ dày của lớp dầu song song với nồng độ dầu [14, 15] viết dưới dạng:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = - \left( V_{ax} \frac{\partial h}{\partial x} + V_{ay} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \left( D_{hx} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + D_{hy} \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) \pm \sum_m \frac{S_m}{\rho} \quad (2)$$

Trong đó:

h: Độ dày lớp dầu (m);

ρ: Mật độ dầu (kg.m<sup>-3</sup>).

Mối quan hệ dầu tràn trên mặt biển giữa nồng độ dầu, độ dày lớp dầu và mật độ dầu được xác định thể hiện qua biểu thức sau:

$$\rho = \frac{C}{h} \quad (3)$$

Các tính chất và thành phần của dầu biến đổi ngoài quá trình phong hóa được tham khảo qua các công trình nghiên cứu đã công bố [16, 17]. Đó là sự biến đổi mật độ, thể tích, độ nhớt, sức căng bề mặt của dầu. Một số nghiên

cứ cụ thể đã thể hiện được biến đổi tính chất dầu quan hệ chặt chẽ với các quá trình phong hóa [18 - 20].

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 hóa và mật độ dầu ban đầu như xác định mối liên hệ này với quá trình bay hơi và nhũ tương [18, 21, 22]; xác định mật độ phụ thuộc vào bay hơi, nhũ tương và chênh lệch nhiệt độ (dầu và môi trường) [12, 23]. Có thể sử dụng công thức xác định biến đổi của mật độ dầu dưới dạng:

$$\rho = F_w \rho_w + (1 - F_w) \rho_0 [1 - C_1 (T - T_e) (1 + C_2 F_e)] \quad (4)$$

Xác định chỉ số API phụ thuộc vào mật độ [24, 25] dưới dạng:

$$SG = \frac{\rho}{\rho_w}; \quad API = \frac{141,5}{SG} - 131,5 \quad (5)$$

Xác định nhiệt độ dầu biến đổi phụ thuộc chỉ số API [26]:

$$T = 542,6 - 30,275API + 1,565API^2 - 0,03439API^3 + 0,0002604API^4 \quad (6)$$

Xác định thể tích dầu biến đổi phụ thuộc vào quá trình phong hóa dầu [27 - 30]:

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

Trong đó:

$V_0$  và  $V$ : Thể tích dầu tại thời điểm trước ( $t$ ) và thời điểm hiện tại ( $t + \Delta t$ ) ( $m^3$ );

$\rho_0$  và  $\rho$ : Mật độ dầu tại thời điểm trước ( $t$ ) và thời điểm hiện tại ( $t + \Delta t$ ) ( $kg.m^{-3}$ );

$\rho_w$ : Mật độ nước ( $kg.m^{-3}$ );

$C_1$  và  $C_2$ : Các hằng số thực nghiệm tương ứng  $8 \times 10^{-4} (K^{-1})$  và  $1,8 \times 10^{-2}$ ;

$T$  và  $T_e$ : Nhiệt độ dầu và môi trường (K);

$F_w, F_e, F_d, F_{disc}, F_{sed}, F_{coats}, F_{oxy}$  và  $F_{bio}$ : Tỷ lệ của các quá trình tương ứng nhũ tương, bay hơi, phân tán, hòa tan, trầm tích, bờ bãi, oxy hóa và phân hủy sinh học [31].

Độ nhớt là một tham số phụ thuộc vào nhiệt độ, quá trình bay hơi và nhũ tương hóa. Mooney mô tả tương quan ảnh hưởng biến đổi tính chất nhớt khác nhau [21]; phát triển theo hướng giải tích và vi phân [12, 18, 22, 32]; xác định mối quan hệ phụ thuộc vào độ nhớt ban đầu, bay hơi, nhũ tương và chênh lệch nhiệt độ dầu và môi trường [30, 33]; xác định mối quan hệ phụ thuộc vào độ nhớt ban đầu và nhiệt độ môi trường [34]; xác định độ nhớt ban đầu phụ thuộc tỷ lệ nhựa đường (asphalt) [23]. Tác giả đã lựa chọn hệ thống công thức:

- Xác định độ nhớt động lực học ban đầu của dầu tràn:

$$\mu_0 = 224 \sqrt{C_A} \quad (8)$$

- Xác định biến đổi độ nhớt động lực học của dầu tràn:

$$\nu = \nu_0 \exp \left[ C_6 \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_e} \right) + C_5 F_e + \frac{C_3 F_w}{1 - C_4 F_w} \right] \quad (9)$$

- Xác định quan hệ giữa độ nhớt động lực học và động lực học của dầu tràn:

$$\mu = \rho \nu \quad (10)$$

Trong đó:

$\mu_0$  và  $\mu$ : Độ nhớt động lực học tại thời điểm trước ( $t$ ) và thời điểm hiện tại ( $t + \Delta t$ ) ( $kg.m^{-1}.s^{-1}$ ) hoặc (cP);

$\nu_0$  và  $\nu$ : Độ nhớt động lực học tại thời điểm trước ( $t$ ) và thời điểm hiện tại ( $t + \Delta t$ ) ( $m^2.s^{-1}$ ) hoặc (cSt);

$C_A$ : Tỷ lệ asphalt trong dầu  $C_A = 2,56$  (wt%);

$C_3$ : Tham số ( $\sim 2,5$ );

$C_4$ : Tham số ( $\sim 0,654$ );

$C_5$ : Tham số phụ thuộc vào loại dầu (= 1 với dầu nhẹ, = 15 đối với dầu thô [18, 35]);

$C_6$ : Hằng số độ nhớt có liên quan đến nhiệt độ  $T (K^{-1}) (9 \times 10^3 (K^{-1}) [36] \text{ và } 5 \times 10^3 (K^{-1}) [16])$ ;

$F_e$ : Phần bay hơi của dầu;

$F_w$ : Phần nước trong nhũ tương trong nước;

$T$  và  $T_e$ : Nhiệt độ dầu và môi trường (K).

Sức căng bề mặt là lực hấp dẫn giữa các phân tử trên bề mặt của một chất lỏng. Xây dựng các công thức để mô tả sự thay đổi sức căng bề mặt với thời gian [12, 18]:

- Xác định sức căng bề mặt dầu - nước:

$$\sigma_w = \sigma_{w0} (1 + F_e) \quad (11)$$

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

$$\sigma_A = \sigma_{A0} (1 + F_e) \quad (12)$$

Trong đó:

$\sigma_{w0}$  và  $\sigma_w$ : Sức căng bề mặt tiếp giáp dầu - nước tại thời điểm trước ( $t$ ) và thời điểm hiện tại ( $t + \Delta t$ ) ( $N.m^{-1}$ );

$\sigma_{A0}$  và  $\sigma_A$ : Sức căng bề mặt tiếp giáp nước - không khí tại thời điểm trước ( $t$ ) và thời điểm hiện tại ( $t + \Delta t$ ) ( $N.m^{-1}$ );

$F_e$ : Tỷ lệ bốc hơi.

Để giải được bài toán cần xác định các điều kiện sau:

- Điều kiện ban đầu

Hoặc 
$$\begin{aligned} C(x, y, t = 0) &= C_0(x, y) \\ H(x, y, t = 0) &= H_0(x, y) \end{aligned} \quad (13)$$

tại thời điểm ban đầu  $t = 0$

- Điều kiện biên trên mặt biển thoáng

Đối với quá trình môi trường có gió trên mặt, dòng chảy tầng mặt, sóng mặt, nhiệt độ không khí trên mặt, nhiệt độ nước bề mặt và độ muối nước biển bề mặt.

- Điều kiện biên cứng tại bờ và đáy

Dầu dính vào bờ khi chạm bờ và đáy hấp thụ hoàn toàn: 
$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0 \text{ khi } d \leq 0 \quad (14)$$

Trong đó,  $n$  là hướng về phía biên.

- Điều kiện biên hở

Dầu phát tán tự do ra ngoài:

$$\frac{\partial}{\partial n} \left( D_{hn} \frac{\partial C}{\partial n} \right) = 0 \quad (15)$$

Trong đó:

$n$ : Hướng về phía biên;

$D_{hn}$ : Tham số khếch tán tại biên.

### 3. Điều kiện tính toán

- Thông tin dữ liệu địa hình đáy biển (nền): Cơ sở số liệu địa hình đã thu thập được từ các hải đồ với các tỷ lệ khác nhau và thông tin trên internet với phân giải 1 phút, tác giả giới hạn khu vực Biển Đông (kinh độ từ 99 - 121° kinh Đông và vĩ độ từ 1 - 24° vĩ Bắc). Sử dụng phương pháp lồng ghép bản đồ để đưa về cùng chuẩn cao độ quốc gia [37]. Sử dụng phần mềm Surfer để tạo ra lưới tính với bước lưới theo phương ngang và quy mô lưới vuông là 1/64°. Dựa trên nền địa hình và bước lưới đã được chuẩn bị, quá trình tính toán sẽ được sử dụng hàm nội suy để đưa về lưới tính cho từng miền cụ thể theo các phương án tính toán.

- Thông tin dữ liệu các yếu tố môi trường (gió, nhiệt độ không khí, sóng, dòng chảy, nhiệt độ nước và độ muối): Các phương án trường đồng nhất sử dụng số liệu trung bình nhiều năm. Các phương án chế độ mùa sẽ sử dụng số liệu trung bình tháng của nhiều năm từ sản phẩm đề tài cấp Nhà nước [38, 39]. Phương án thời gian thực sử dụng số liệu khí tượng từ trường tái phân tích (CFSR) của Mỹ [40] và số liệu hải văn từ sản phẩm mô hình 3 chiều (POM).

- Thông tin dữ liệu dầu tràn dựa trên cơ sở các sự cố tràn dầu đã xảy ra trong quá khứ gồm:

Các phương án tính toán theo thời gian 1 sự cố được lựa chọn theo dữ liệu tương tự sự cố KASCO va vào cầu tàu ngày 21/1/2005 là 100 tấn;

Đối với phương án tính toán với thời gian thực, sự cố tràn dầu được lựa chọn là sự cố dầu tràn trên biển năm 2007 và 2008.

- Thông tin dữ liệu thời gian mô phỏng: Thời gian tính toán trong khoảng 15 ngày cho các phương án tính toán đối với một sự cố tràn dầu và trong tháng theo thời gian thực.

### 4. Kết quả mô phỏng và thảo luận

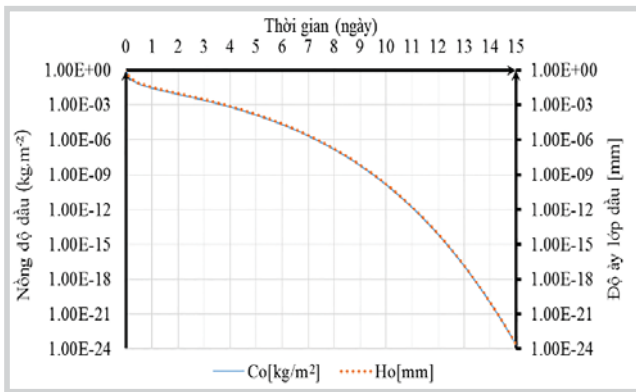
- Đánh giá kiểm nghiệm điều kiện môi trường đầu vào đồng nhất

Hình 1 là kết quả tính toán với điều kiện yếu tố môi trường đồng nhất và bước lưới là 0,044° cho thấy 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, sức căng bề mặt dầu - nước và dầu - khí và các quá trình phong hóa. Ngoài ra, còn thể hiện diện tích dầu lan truyền đối với từng giới hạn theo đồng mức nồng độ dầu.

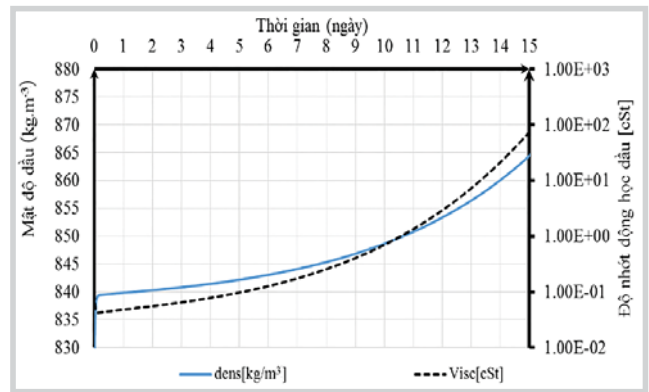
Kết quả tính toán cho thấy tính chất dầu tại vị trí nồng độ lớn thay đổi theo thời gian phù hợp quy luật (Hình 1); diện tích dầu lan được giới hạn theo các đường đồng mức nồng độ cũng biến đổi phù hợp quy luật (Hình 2). Hình 1 và 2 thể hiện sự biến đổi ổn định và phù hợp quy luật theo thời gian và không gian.

- Đánh giá kiểm nghiệm điều kiện môi trường đầu vào trung bình tháng

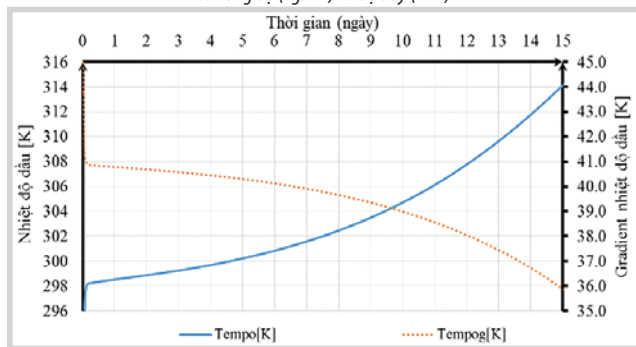
Quá trình mô phỏng lan truyền dầu dựa trên điều kiện đầu vào là các yếu tố khí tượng hải văn trung bình tháng và nguồn dầu theo các thông tin sự cố tràn dầu. Mục đích của mô phỏng là đánh giá điều kiện môi trường tương đối phức tạp, biến đổi theo không gian mang tính chế độ cho từng khu vực nhỏ riêng biệt. Kết quả mô phỏng phản ánh theo chế độ, xu thế, xu hướng cho khoảng thời gian trung bình tháng. Các kết quả tính toán đối với 1 vị trí điểm tràn dầu thể hiện ở các tháng có sự biến động và hình dạng khác nhau trong cùng 1 thời điểm sau khi sự cố xảy ra (Hình 3). Hình 3 thể hiện thời điểm sau 3 ngày xảy ra các sự cố của tháng 1 và tháng 7, hướng di chuyển của vệt dầu phù hợp quy luật chế độ đặc trưng khí tượng hải văn theo mùa đông (gió mùa Đông Bắc thường xảy ra trong tháng 1) và thời kỳ mùa hè (gió mùa Tây Nam thường xảy ra trong tháng 7).



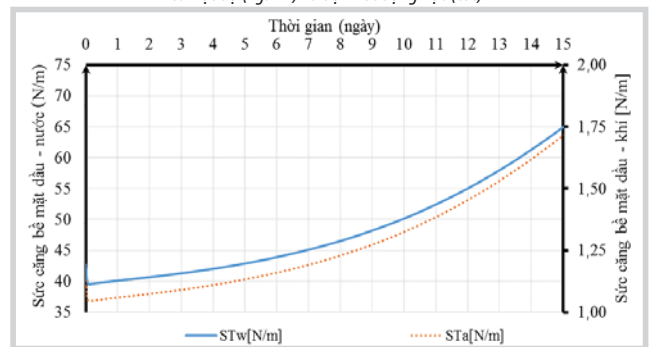
a. Nồng độ ( $kg.m^{-2}$ ) và độ dày (mm)



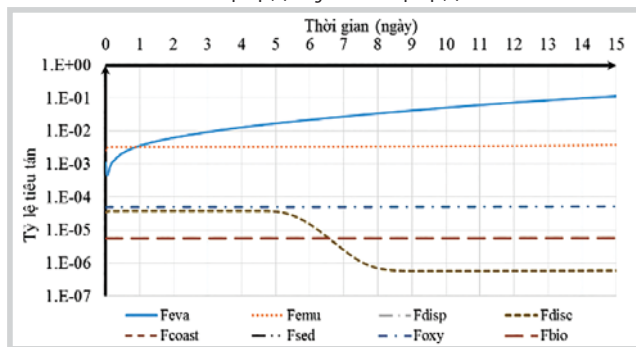
b. Mật độ ( $kg.m^{-3}$ ) và độ nhớt động học (cSt)



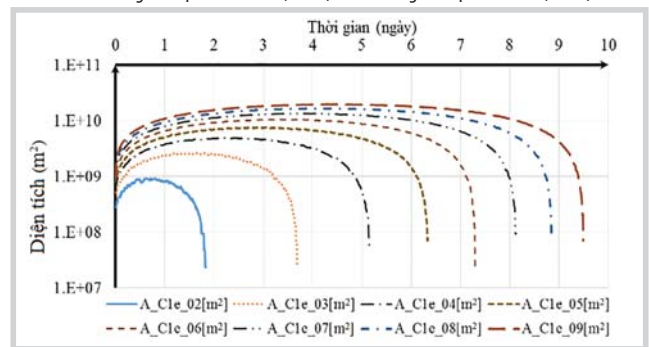
c. Nhiệt độ (K) và gradient nhiệt độ (K)



d. Sức căng bề mặt dầu - nước ( $N.m^{-1}$ ) và sức căng bề mặt dầu - khí ( $N.m^{-1}$ )

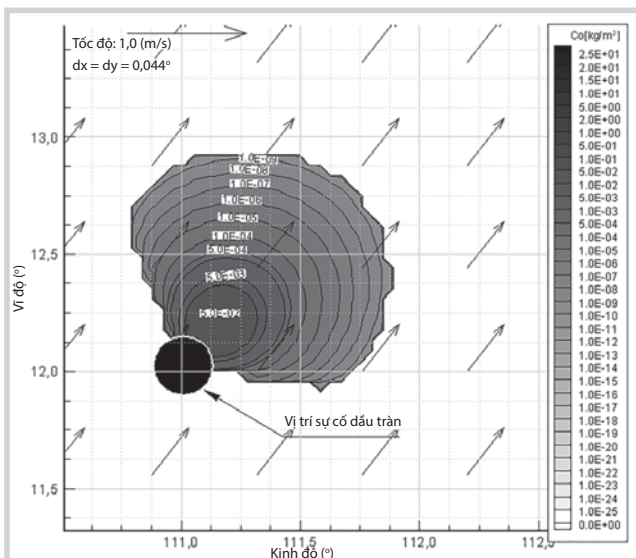


e. Các thành phần phong hóa

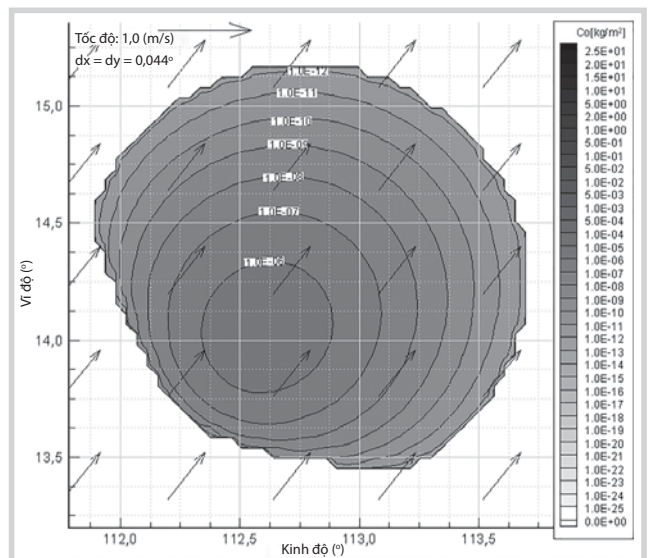


f. Diện tích ( $m^2$ ) theo đường đẳng nồng độ

**Hình 1.** Biến đổi của vị trí nồng độ dầu lớn nhất với yếu tố môi trường đồng nhất theo thời gian

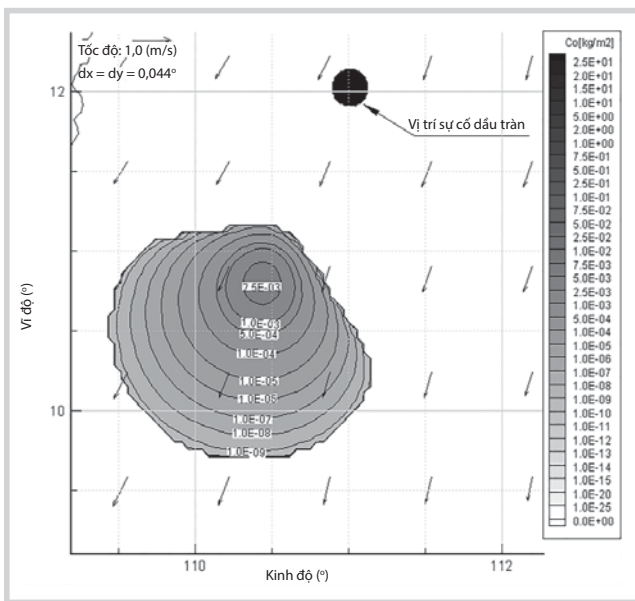


a. Sau 1 ngày

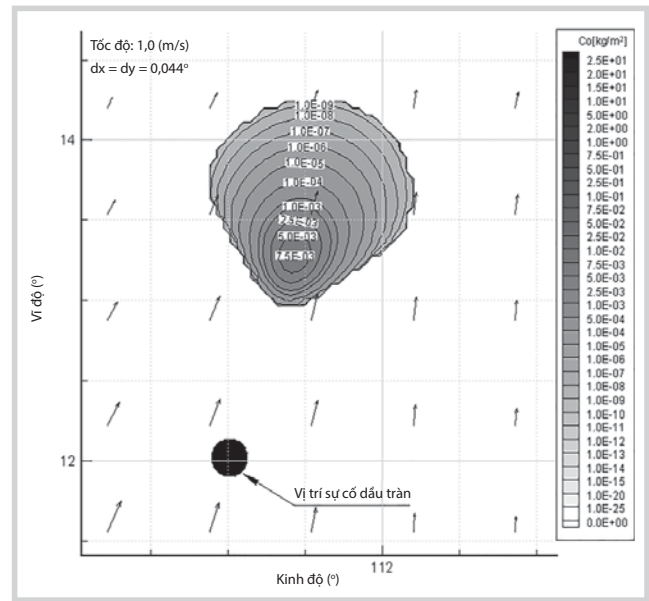


b. Sau 7 ngày

**Hình 2.** Kết quả tính toán lan truyền nồng độ dầu ( $kg.m^{-2}$ ) theo các thời điểm khác nhau

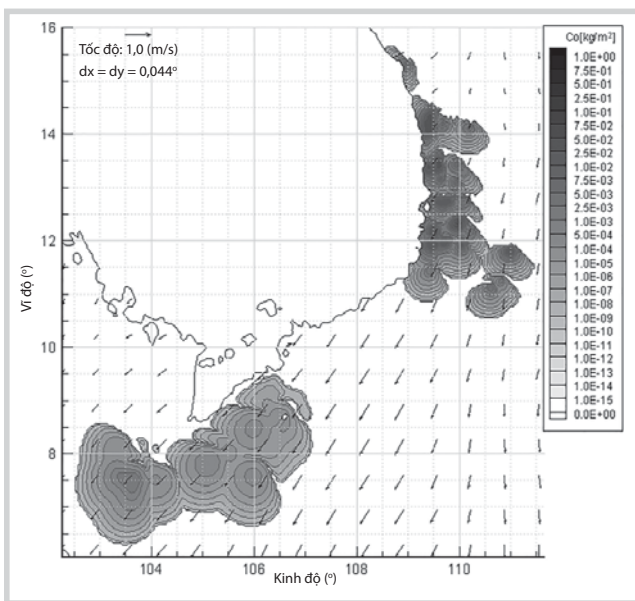


a. Tháng 1

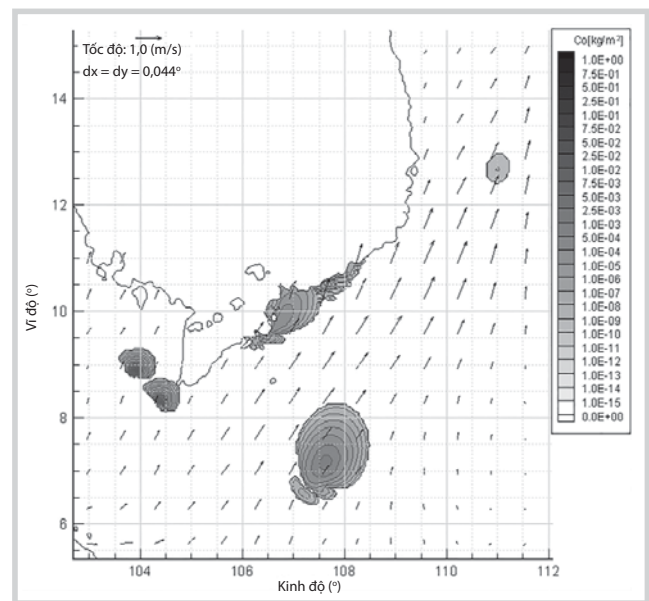


b. Tháng 7

**Hình 3.** Trường nồng độ ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) vết dầu lan truyền sau 3 ngày tính toán với yếu tố môi trường trung bình tháng và bước lưới đều (bước lưới  $dx = dy = 0,044^\circ$ )



a. Lúc 12 giờ ngày 23/2/2007



b. Lúc 6 giờ ngày 22/7/2008

**Hình 4.** Trường nồng độ ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) vết dầu lan truyền với yếu tố môi trường trung bình tháng tháng 2 (a), tháng 7 (b) và bước lưới đều (bước lưới  $dx = dy = 0,044^\circ$ )

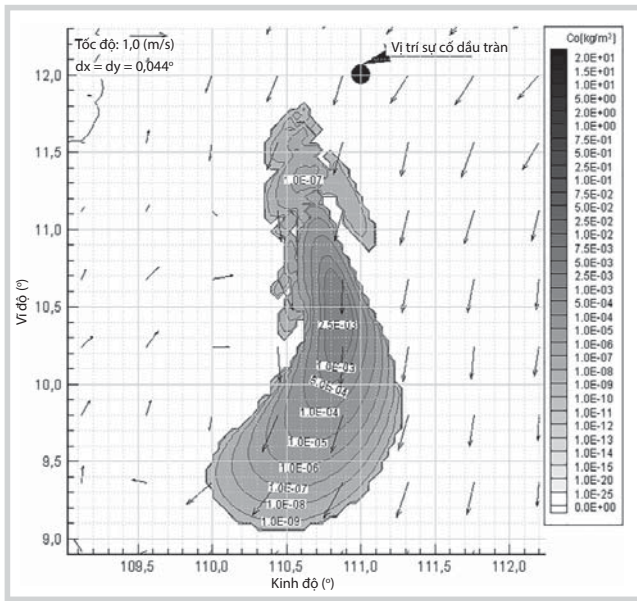
Các kết quả mô phỏng (Hình 4) cho thấy các vết dầu thời điểm trước không trùng với các vị trí phát hiện thời điểm sau vì có thể do nguồn dầu khác nhau và yếu tố môi trường đầu vào không thực.

Kết quả tính toán thể hiện sự phù hợp đối với điều kiện môi trường phức tạp (trung bình tháng) theo xu thế từng tháng theo mùa đối với cả trường hợp sự cố tại một vị trí (đại diện cho sự cố điển hình như va chạm tàu thuyền, rò rỉ kho chứa hoặc tai nạn giàn khoan) hay nhiều vị trí với nhiều thời điểm khác nhau (sự cố tràn dầu và trôi dạt trên biển).

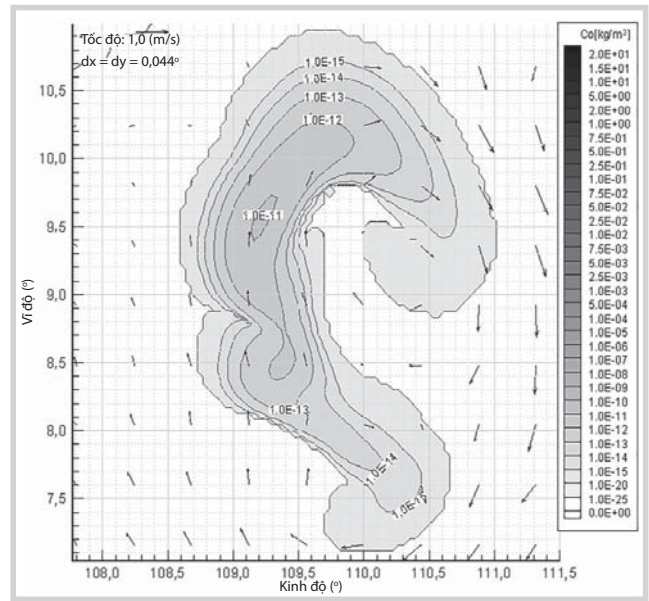
- Đánh giá kiểm nghiệm điều kiện môi trường đầu vào thực

Tác giả kiểm chứng kết quả tính toán mô phỏng quá trình lan truyền dầu với điều kiện môi trường biến đổi theo không gian và thời gian thực tế năm 2007 và năm 2008 (Hình 5 và 6).

Đối với trường hợp sự cố xảy ra tại một vị trí, sự biến động của trường nồng độ trong không gian và theo lát cắt thời gian (Hình 5 và 6) phức tạp hơn so với điều kiện môi trường theo chế độ mùa (Hình 3). Sự phức tạp này cho thấy rõ tác động của môi trường động lực lên dầu tràn

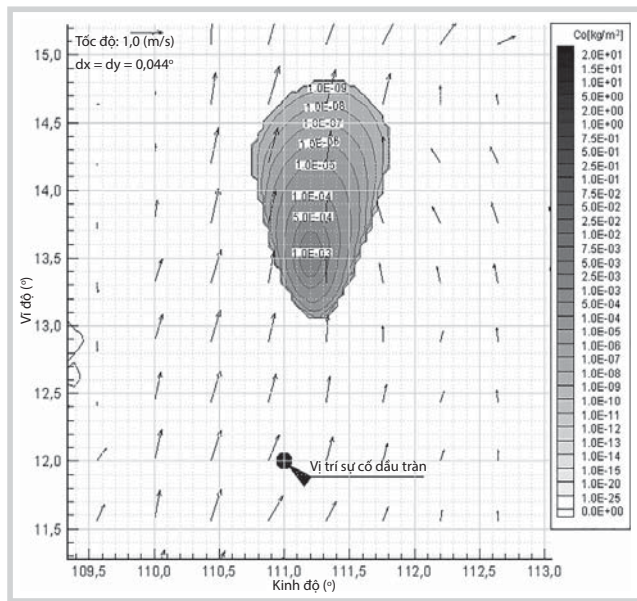


a. Sau 72 giờ

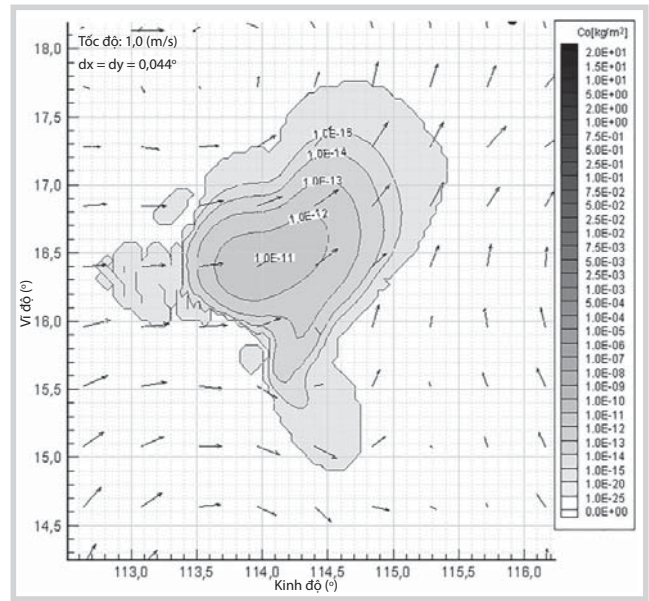


b. Sau 240 giờ

**Hình 5.** Trường nồng độ ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) vết dầu lan truyền với điều kiện môi trường thực tháng 2/2007 (CFRS và POM) và bước lưới ( $dx = dy = 0,044^\circ$ ) của sự cố dầu tràn một lần



a. Sau 72 giờ



b. Sau 240 giờ

**Hình 6.** Trường nồng độ ( $\text{kg.m}^{-2}$ ) vết dầu lan truyền với điều kiện môi trường thực tháng 7/2008 (CFRS và POM) và bước lưới ( $dx = dy = 0,044^\circ$ ) của sự cố dầu tràn một lần

trên biển, vai trò chế độ mùa vẫn còn nhưng đã bị biến dạng rất nhiều.

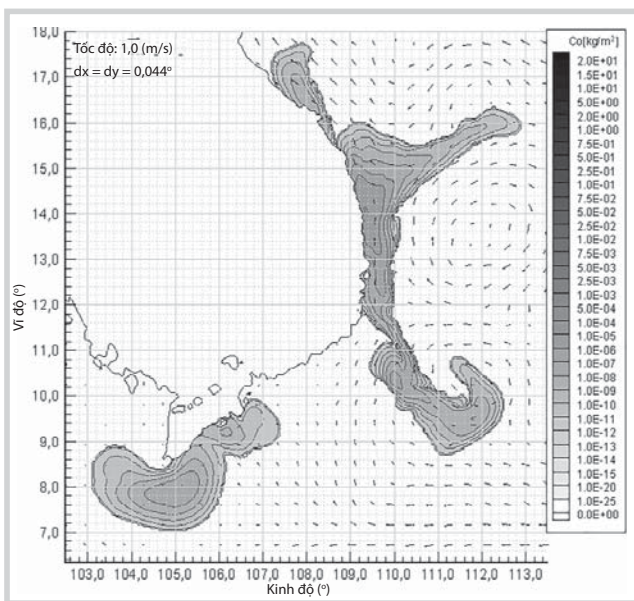
Theo thông tin số liệu dầu tràn và trôi dạt trên biển được phân tích từ ảnh vệ tinh, Hình 7 thể hiện kết quả tính toán mô phỏng biến đổi trường nồng độ dầu theo điều kiện tính toán thực (CFRS và POM) năm 2007 và 2008.

### 5. Kết luận

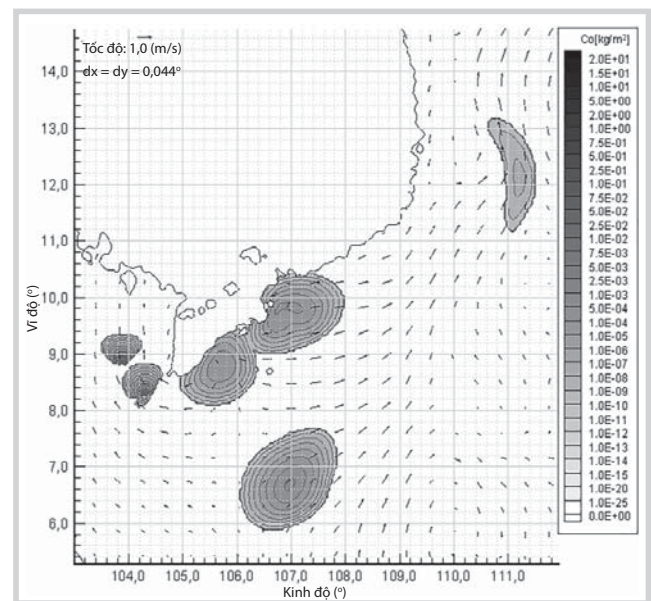
Dữ liệu sử dụng để tính toán mô phỏng lan truyền và biến đổi dầu tràn cho khu vực Biển Đông có nguồn gốc rõ ràng và độ tin cậy cao như: số liệu địa hình từ nguồn gốc của bản đồ đáy biển (hải đồ); số liệu khí tượng và hải

dương; số liệu khí tượng tái phân tích (CFRS) của Mỹ được cập nhật qua internet; số liệu hải dương thực từ sản phẩm mô hình 3 chiều (POM) đã được kiểm định; số liệu dầu tràn được xác định cụ thể, đặc biệt là dầu tràn trôi nổi và dạt vào bờ năm 2007 và 2008 theo phân tích từ dữ liệu vệ tinh.

Kết quả nghiên cứu đã được thực hiện cho khu vực Biển Đông dựa trên điều kiện các yếu tố môi trường đầu vào từ đơn giản đến phức tạp và sự cố dầu tràn trên biển (theo một hoặc nhiều vị trí dầu tràn trong từng thời điểm khác nhau); đồng nhất thời gian và không gian, theo chế độ mùa với tháng điển hình (đồng nhất thời gian và biến động theo không gian) và biến động theo thời gian thực



a. Lúc 12 giờ ngày 23/2/2007



b. Lúc 6 giờ ngày 22/7/2008

**Hình 7.** Trường nồng độ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) vết dầu lan truyền với điều kiện môi trường thực (CFSR và POM) tháng 2/2007 và tháng 7/2008 và bước lưới ( $dx = dy = 0,044^\circ$ ) của sự cố dầu tràn nhiều lần nhiều vị trí

sử dụng sản phẩm khí tượng (CFRS) và hải dương (POM)... Mô hình tính toán mô phỏng lan truyền và biến đổi dầu tràn có khả năng áp dụng cho các điều kiện đầu vào khác nhau; cần tiếp tục triển khai thực nghiệm để kiểm chứng độ chính xác.

**Lời cảm ơn**

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

**Tài liệu tham khảo**

1. Phạm Văn Ninh và nnk. *Ô nhiễm biển*. Đề tài cấp Nhà nước mã số 48B-05-03. 1990.
2. Đinh Văn Mạnh và nnk. *Hướng dẫn sử dụng phần mềm OST-2D, dự báo quỹ đạo vết dầu tràn do sự cố*. Công ty Dầu khí Việt - Nhật. 2002.
3. Đinh Văn Mạnh và nnk. *Hướng dẫn sử dụng phần mềm OST-3D, dự báo quỹ đạo vết dầu tràn do sự cố*. Xí nghiệp Liên doanh Dầu khí Việt - Xô (Vietsovetropet). 2003.
4. Trần Hồng Thái và nnk. *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. 2007.
5. Vũ Thanh Ca, 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

. Tuyến tập Báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 10. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn. 2007.

6. Nguyễn Quốc Trinh. *Nghiên cứu chế độ động lực và môi trường vùng biển Đông Nam Bộ*. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. 2008.

7. Dư Văn Toán và Nguyễn Quốc Trinh. *Mô phỏng một số kịch bản lan truyền dầu vùng biển Đông Nam Bộ*. Tạp chí Dầu khí. 2013; 8: trang 52 - 57.

8. Nguyễn Quốc Trinh, Nguyễn Minh Huấn, Phùng Đăng Hiếu, Dư Văn Toán. *Mô phỏng lan truyền dầu trong sự cố tràn dầu trên vịnh Bắc Bộ bằng mô hình số trị*. Tạp chí Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. 2013; 29(15): trang 168 - 178.

9. Nguyễn Hữu Nhân. *Phần mềm trợ giúp quản trị ô nhiễm do tràn dầu ra biển OILSAS*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. 2008; 567: trang 14 - 28.

10. Phùng Đăng Hiếu. *Xây dựng chương trình mô phỏng vết dầu loang khu vực biển phía Nam và Tây Nam Bộ Việt Nam*. Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường. 2011.

11. Dinh Van Uu. *Development of modeling system to simulate hydrodynamic and environmental quantities in the coastal estuarine regions, Vietnam*. Hội thảo Việt Nam - Hàn Quốc lần thứ 2 về Khắc phục sự cố tràn dầu. 27 - 28/6/2013.

12. William J.Lehr. *Review of modeling procedures for*

- oil spill weathering behavior*. Hazmat Division, NOAA, USA. 2010.
13. Nguyễn Quốc Trinh, Nguyễn Minh Huấn, Phùng Đăng Hiếu, Nguyễn Quang Vinh. *Đánh giá quá trình vật lý dầu tràn trong môi trường biển*. Tạp chí Dầu khí. 2015; 12: trang 51 - 60.
  14. A.Warluzel, J.P.Benque. *Un modèle mathématique de transport et d'étalement d'une nappe d'hydrocarbures*. Proceeding Conference of Mechanics of Oil Slicks, Paris, France. 1981.
  15. Pavlo Tkalic, Eng Soon Chan. *The third-order polynomial method for two-dimensional convection and diffusion*. International Journal for Numerical Methods in Fluids. 2003; 41(9): p. 997 - 1019.
  16. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). *ADIOS (automate data inquiry for oil spill) user's manual*. 1994.
  17. E.Comerma, A.Poutchkovsky, J.Guyomarch, F.Cabioc'h, A.Doré, P.Daniel. *Inclusion of and oil database into a forecasting system*. Proceeding of AMOP, Victoria, Canada. 2003.
  18. D.Mackay. *Oil spill process and models*. Protection Service. 1980.
  19. Mark Reed, Øistein Johansen, Per Johan Brandvik, Per Daling, Alun Lewis, Robert Fiocco, Don Mackay, Richard Prentki. *Oil spill modeling towards the close of the 20th century: Overview of the state of the art*. Spill Science & Technology Bulletin. 1999; 5(1): p. 3 - 16.
  20. Per S.Daling, Merete Øverli Moldestad, Øistein Johansen, Alun Lewis, Jon Rødal. *Norwegian testing of emulsion properties at sea - the importance of oil type and release conditions*. Spill Science & Technology Bulletin. 2003; 8(2): p. 123 - 136.
  21. M.Mooney. *The viscosity of a concentrated suspension of spherical particles*. Journal of Colloid Science. 1951; 6(2): p. 162 - 170.
  22. Perry. *Manual del Ingeniero Químico*. McGraw-Hill. 1992.
  23. Ian Buchanan, Neil Hurdford. *Methods for predicting the physical changes in oil spilt at sea*. Oil and Chemical Pollution. 1988; 4(4): p. 311 - 328.
  24. Maria Angelica Echavarria Gregory. *Predictive Data-Derived bayesian Statistic-Transport model and simulator of sunken oil mass*. University of Miami. 2010.
  25. M.De Dominicis, N.Pinardi, G.Zodiatis, R.Lardner. *MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting - Part 1: Theory*. Geoscientific Model Development. 2013; 6: p. 1851 - 1869.
  26. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). *ADIOS (automated data inquiry for oil spills) version 2.0*. Hazardous Materials Response and Assessment Division, NOAA. The US Coast Guard Research and Development Center. 2000.
  27. S.D.Wang, Y.M.Shen, Y.H Zheng. *Two-dimensional numerical simulation for transport and fate of oil spills in seas*. Ocean Engineering. 2005; 32(13): p. 1556 - 1571.
  28. Shou-Dong Wang, Yong Ming Shen, Ya-Kun Guo, Jun Tang. *Three-dimensional numerical simulation for transport of oil spills in seas*. Ocean Engineering. 2008; 35(5 - 6): p. 503 - 510.
  29. Jinhua Wang, Yongming Shen. *Modeling oil spills transportation in seas based on unstructured grid, finite-volume, wave-ocean model*. Ocean Modelling. 2010; 35(4): p. 332 - 344.
  30. Ehsan Sarhadi Zadeh, Kourosh Hejazi. *Eulerian oil spills model using Finite-Volume method with moving boundary and Wet-Dry fronts*. Modelling and Simulation in Engineering. 2012.
  31. Nguyễn Quốc Trinh, Nguyễn Minh Huấn, Phùng Đăng Hiếu, Nguyễn Quang Vinh. *Mô phỏng một số quá trình phong hóa dầu trong môi trường biển*. Tạp chí Dầu khí. 2015; 4: trang 51 - 59.
  32. Laurier L.Schramm. *Emulsions fundamentals and applications in the petroleum industry*. American Chemical Society. 1992.
  33. K.Aghajanloo, M.D.Pirooz, M.M.Namin. *Numerical Simulation of Oil Spill Behavior in the Persian Gulf*. International Journal of Environmental Research. 2013; 7(1): p. 81 - 96.
  34. Mark Reed. *The physical fates component of the natural resource*. Damage assessment model system. Oil and Chemical Pollution. 1989; 5(2 - 3): p. 99 - 123.
  35. P.Sebastião, C.Guedes Soares. *Modeling the fate of oil spills at sea*. Spill Science & Technology Bulletin. 1995; 2(2 - 3): p. 121 - 131.
  36. James R.Payne, G.Daniel McNabb, Jr. *Weathering of petroleum in the marine environment*. Marine Technology Society Journal. 1984; 18(3): p. 24 - 42.

37. Nguyễn Quốc Trinh, Nguyễn Minh Huấn, Dư Văn Toán, Phạm Văn Tiến. *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. 2014.

38. Nguyễn Minh Huấn. *Nghiên cứu phát triển và ứng dụng công nghệ dự báo hạn ngắn trường các yếu tố thủy văn biển khu vực Biển Đông*. Báo cáo tổng kết đề tài KC.09.16/06-10, Chương trình Khoa học Công nghệ Biển. 2011.

39. Nguyễn Minh Huấn. *Nghiên cứu xây dựng quy trình công nghệ dự báo quỹ đạo chuyển động trôi trên mặt nước của vật thể phục vụ công tác tìm kiếm cứu hộ, cứu nạn trên Biển Đông*. Báo cáo tổng kết đề tài KC.09.27/11-15, Chương trình Khoa học Công nghệ Biển. 2016.

40. Climate Forecast System (CFS). <http://cfs.ncep.noaa.gov/cfsr/>.

---

## Study and development of oil spill simulation at the East Sea

**Nguyen Quoc Trinh**

*National Centre for Hydro-Meteorological Forecasting,*

*Ministry of Natural Resources and Environment*

*Email: maitrinhhinh@gmail.com*

### Summary

***The paper presents the results of evaluation of oil spill simulation at the East Sea to be run forward in time with environmental conditions including physical processes (advection and horizontal diffusion), weathering processes (evaporation, emulsion, dissolution, dispersion, sedimentation, shoreline interaction, oxygenation, and biodegradation) and oil property changing process (density, thickness, temperature, viscosity, and surface tension). Using the Eulerian approach, the author has studied and developed the oil spill simulation to forecast oil spill movement at the East Sea based on the trend of changing environmental factors.***

***Key words:*** Oil spill, East Sea, concentration, oil streaks.