Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

# مدل انتقال و پخش لکهٔ نفتی با درنظرگرفتن عوامل تجزیه و استهلاک نفت

مجید عباسپور
(دانشیار دانشکده مکانیک
دانشگاه صنعتی شریف)

امیر حسین جاوید
( عضوهیئت علمی واحد علوم تحقیقات
دانشگاه آزاد اسلامی)

## ۱- مقدمه

هیدرو کربورهای نفتی وارد شده به آب تحت تأثیربردارهای سرعت ناشی از باد، جریانهای دریایی ، امواج جزرومد و غیره در سطح آب جابجا می‌گردد. همچنین نفت در اثر نیروهای جاذبه ، لزجت،کشش سطحی ، واپنرسی در سطح پخش می‌گردد که نتیجهٔآن افزایش سطح لکهٔ نفتی می‌باشد . از طرفی در طول زمان لکه مذکور دستخوش تغییرات مختلف نظیر تبخیر، تجزیه، انحلال،امولسه شدن و غیره قرار گرفته و نه تنها حجم آن کم می‌گردد بلکه برخی خصوصیات فیزیکی آن نظیر لزجت تغییر می نماید که این امر برروی پدیدهٔ پخش آن تأثیر عمده‌ای دارد . در این تحقیق با استفاده از نتایج مدل هیدرودینامیکی که قبلا تدوین گردیده است [۴]، مدل سازی حرکت و پخش لکهٔ نفتی با در نظر گرفتن همه عوامل فوق الذکر انجام پذیرفته است . ویژگی این مدل در آن است که روند واقعی حرکت و پخش لکهٔ نفتی را با در نظر گرفتن اثر پارامترهای جریان تعیین می نماید همچنین مدل در هر لحظه می تواند این نکته که آیا لکهٔ نفتی در عمق به بستر رسیده است یا خیر را کنترل نماید . در نهایت آنکه مدل میزان و موقعیت نفتی را که به سواحل رسیده و باعث آلودگیهای زیست محیطی شدید و وسیع گردیده و به تأسیسات و تجهیزات ساحلی و بندری آسیب می‌رساند، مشخص می‌نماید. برای صحت سنجی، نتایج حاصل از این مدل با نتایج حاصل از مدلهای تجاری مقایسه گردیده است.

## ۲- مدلسازی پدیده

### ۲-۱- مشخصات جریان

با حل عددی معادلات پیوستگی و ناویراستوکس متوسط گیری شده در عمق در محدودهٔ مورد نظر، فاکتورهای جریان شامل سرعتها و ارتفاع موج بدست می‌آید. شکل برداری این معادلات بصورت زیر می‌باشد[۳]:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial F_1}{\partial x} + \frac{\partial F_2}{\partial y} + S = 0 \qquad (1)$$

که شارهای و منابع بصورت زیر تعریف شده‌اند.

$$Q = \begin{pmatrix} au \\ av \\ a \end{pmatrix}, \quad F_1 = \begin{pmatrix} au^2 + \frac{1}{2}ga^2 \\ auv \\ au \end{pmatrix}, \quad F_2 = \begin{pmatrix} auv \\ av^2 + \frac{1}{2}ga^2 \\ av \end{pmatrix}, \quad S = \begin{pmatrix} -fav - C_f u\sqrt{u^2+v^2} \\ +fau - C_f v\sqrt{u^2+v^2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

درصورتیکه محیط حل بصورت المانهای نامنظم مثلثی شبکه بندی گردد و معادلات فوق براساس چنین شبکه‌ای حل گردند،پارامترهای جریان در گره‌های شبکه در فواصل زمانی گوناگون ،بدست خواهد آمد.

### ۲-۲- نحوهٔ انتقال لکهٔ نفتی

لکهٔ نفتی پخش شده و یا در حل پخش درسطح، تحت تأثیر جریانهای سطحی جابجا خواهد شد به منظور مدل سازی این پدیده سطح دایره‌ای شکل لکهٔ نفتی اولیه به تعدادی سطح کوچکتر تقسیم گردیده است . (شکل۱) مختصات مرکز هر لکهٔ کوچکتر مشخص بوده و لذا موقعیت آن نسبت به گره‌های شبکهٔ مثلثی شکل محدوده مورد بررسی، معین می‌باشد.

به منظور اعمال مشخصات جریان درگره‌هابرروی قطعات نفتی کوچکتر ضروری است دو عمل انجام گیرد:

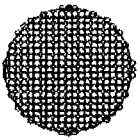
الف- تعیین المان احاطه کنندهٔ لکهٔ مورد نظر

ب - انترپولاسیون صفحه‌ای به منظور اعمال پارامترهای جریان در گره‌ها برلکهٔ نفتی



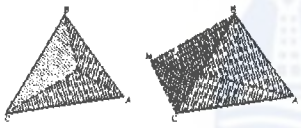
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- وضعیت اولیهٔ لکهٔ نفتی

جهت تعیین المان مرتبط با لکهٔ مورد نظر مجموع ۳ سطح حاصل از ارتباط نقطه مرکز لکه و سه گرهٔ المان ها با سطح هـر المـان مقابـه می‌شوند درصورتیکه لکه داخل المان قرار گرفته باشد مجموع سه سطح برابر سطح المان بوده و در غیر اینصورت مجمـوع ایـن سـه سـطح مساوی سطح المان نخواهد بود(شکل ۲ الف و ب).



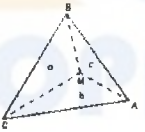
(الف) (ب)

شکل ۲- الف – گرهٔ درون المان ، ب – گرهٔ بیرون المان

به منظوراعمال پارامترهای شار برروی لکه در داخل المان انترپولاسیون در داخل المان انجام خواهد شد . این عمل بـا فـرض خطـی بـودن تغییرات در یالهای المان انجام می‌گیرد. روابط گوناگونی برای این کار وجود دارد که در این تحقیق از رابطـهٔ وزنـی زیـر براسـاس شـکل ۳ استفاده شده است . در این روش تأثیر گره‌ها برنقطه بصورت تأثیر سطح مثلث برروی نقطه بطور مستقیم نشان داده شده است.بدین ترتیـب که هرچه نقطه به گره نزدیکتر باشد تأثیر آن بیشتر بوده و لذا سطح مثلث تشکیل شده در روبروی گره، بزرگتر است.

$$Q_M = \frac{Q_a A_a + Q_b A_b + Q_c A_c}{\sum_{i=1}^{3} A_i} \qquad (۲)$$

در این رابطه $A_a$ و $A_b$ و $A_c$ سطوح مثلثهای داخلی المان بوده و به ترتیب مربوطه به گره‌های A و B و C می‌باشند.



شکل ۳- رابطه بین نقطه مورد نظر، گره‌ها و سطوح مربوط به هرنقطه

### ۲-۳- نحوهٔ پخش لکهٔ نفتی

بخش اعظم مواد نفتی نشت یافته ، بر اثر نیروی جاذبه وکشش سطحی ، در سطح آبهای آرام دریا پخش می‌شود . نیروهای جاذبـه پـس از گذشت زمان کوتاهی درمقابل نیروی کشش سطحی قابل چشم پوشی بوده وعمل پخش تا زمانیکه نیروی ویسکوزیته بر نیروی پخش فائق آید ، ادامه می یابد . اثرکشش‌سطحی درپخش نفت مهم بوده وبعلت اختلاف بین کشش‌های بین لایه‌های نفـت- آب صـورت مـی گیـرد . تئوری پخش نفت توسط (FAY) ارائه شده و در آن روند پخش نفت به سه مرحله اساسی زیر تقسیم می شود :

۱- ابتدا نرخ پخش نفت بستگی به اختلاف دانسیته بین آب ونفت داشته وسرعت پخش توسط اینرسی کنترل می گردد .

۲- سپس نرخ پخش همچنان توسط نیروی جاذبه کنترل می‌گردد. اما نیروی بازدارنده ویسکوزیته بین نفت و آب ، نـرخ پخـش رامحـدود می سازد .



www.SID.ir

Archive of SID

۳- سرانجام نرخ پخش بوسیلهٔ اختلاف کشش سطحی بین نفت وآب کنترل می شود. روابط زیر برای پخش نفت درفازهای مختلف ارائـه شده است .

فاز اول : جاذبه – اینرسی

$$r = 1.14(\Delta g.v.t^2)^{1/4} \qquad (۳)$$

فاز دوم : جاذبه – ویسکوزیته

$$r = 1.45(\frac{\Delta g v^2 t^3}{V_w^{1/2}})^{1/6} \qquad (۴)$$

فاز سوم : کشش سطحی – ویسکوزیته

$$r = 2.3(\frac{a^2 t^3}{\rho_{ii}^2 V_w})^{1/4} \qquad (۵)$$

در روابط فوق r : شعاع لکه،t : زمان ،V : حجم نفت ،g : شتاب ثقل، $\Delta$ : نسبت تفاضل دانسـیته بیـن آب ونفـت، $\rho_{ii}$ : دانـسیته نفت ، $V_w$ : ویسکوزیته سینماتیکی آب ، a : ضریب پخش میباشد.

همچنین روابط تجربی کلی زیر ، به منظورمحاسبه پخش نفت بصورت دایره ای ، درسطح آب آرام ، توسط (FAY) پیشنهاد شده است :

$$HR^2_{Max} = A = 10^5 v^{0.25} \qquad (۶)$$

در رابطه فوق Rmax : ماکزیمم شعاع پخش دایره‌ای ، A : سطح فیلم نفت پخش شده و V : حجم نفت پخش شده ،میباشد.

ضخامت فیلم لایه نفت $h_{oil}$ از رابطه زیر بدست می آید [۵] :

$$h_{oil} = \frac{V}{A} \qquad (۷)$$

## ۲-٤- عوامل مستهلک کنندهٔ لکهٔ نفتی

سرنوشت یک لکه نفت بستگی به‌کلیه فرآیندهایی دارد که طی آن ماهیت نفت تغییر کرده و روی آن اثر می‌گذارد. از مهمترین این فرآیندها می‌توان به تبخیر، پراکنده شدن ، تجزیه فوتوشیمیائی،امولسیون شدن، انحلال، جذب توسط ذرات ،شناورشـدن ،حـذف شـدن، انتشـار مولکولـی ،تجزیه بیولوژیکی، تجمع سلولی ، جذب و دفع توسط رسوبات فرآیندهای ساحلی شامل نفوذ ، جذب ، دفع و تجزیه بیولوژیکی اشاره کرد.

مهمترین فرآیند موثر بر لکهٔ نفتی پس از تخلیه به محیط ، تبخیر می‌باشد. تبخیر به دو دلیل قابل توجه می‌باشد:

- کاهش جرم هیدروکربنها ( بیش از ۲۵٪ سرعت پس از تخلیه برطبق گزارش(EPA) در آمریکا )
- افزایش دانسیته سطح نفت که ناشی از کاهش فشار بخار وکاهش نقطه اشتعال می‌باشد .

براساس نظر BISHOP مقدار تبخیر از رابطه تجربی زیر به دست می‌آید :

$$E_i = \frac{K_e C_i P_i}{RT} \qquad (۸)$$

که در آن $E_i$ : فلوی تبخیر ، $C_i$ : نسبت مولی، غلظت i امین جزء ماده نفتی ، $P_i$ : فشار بخار جزء i ام خالص در دمای نفت نـمـشت شده R : ثابت گازها ، T : دمای هوای بالای سطح لکه نفتی میباشد.

در رابطه فوق مقدار $K_e$ به طریق زیر محاسبه می‌شود که در آن U سرعت باد می‌باشد.

$$K_e = 0.005U^{0.78} \qquad (۹)$$

میزان کل تبخیر را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$E = \int E_i(M_w)_i dt \qquad (۱۰)$$

که در آن E : نرخ تبخیر کلی ،$M_{wi}$ : وزن مولکولی i امین جزء می باشد.

از آنجا که انحلال نفت کم است( ۳۰ $gr/m^3$ )لذا اهمیت این فرآیند در کاهش جرم جزئـی اسـت . انحـلال نفـت بـرای i امیـن جزءنفت در رابطه زیر بیان شده است.

$$\frac{dN_{si}}{dt} = K_{si} C_i^{sat} X_{moli} \frac{M_i}{\rho i} A_{Oil} \qquad (۱۱)$$



www.SID.ir

Archive of SID

که $N_S$: میزان انحلال، $\rho_i$ : دانسیتهٔ جزءi ام ،Ks: ضریب انتقال جرم ،$m_i$: وزن مولی جزء iام ، $C_i^{Sat}$ : انحلال جزءi ام و$X_i$: تقاضل مولی جزء i ام می‌باشند.

ضریب انتقال جرم براساس تحقیقات MACKAY و همکارانش از رابطه زیر بدست می‌آید [۱]:

$$K_M = 2.36 \times 10^{-6} c_i \qquad (۱۲)$$

$c_i$ در این رابطه فاکتور افزایش یافته انحلال می‌باشد که به ازاء اجزاء مختلف نفت مقادیر گوناگونی دارد. ایـن فـاکتور بـرای آلکانـها ۱/۴ ، سیکلوآلکانها ۲/۲ ، آروماتها ۳/۲ و برای اولفین ها ۱/۸ می‌باشد.

چنانچه دریا به هنگام نشت نفت متلاطم باشد، نفت به ذرات کوچک تقسیم شده و تا اعماق آب پراکنده می‌شود. بنابراین در زیـر لکه نفتی می‌توان قطرات بسیار ریزی که نتیجه امولـه شدن نفت در آب می‌باشد را مشاهده نمود . این قطرات نتیجه تداخـل لایـه سـطحی نفت در دریا براثر حرکت امواج و جریانهای آبی می‌باشد که تا اعماق آب نفوذ کرده و تا مسافات زیادی از محل نشر، توسط جریانـها منتقـل می‌شوند.

تشکیل امولسیون نفت در آب که نقش مهمی در پراکندگی لکه نفتی و افزایش آلودگی محیط زیست و تجزیه بیولـوژیکـی دارد، به هنگام غلیظ بودن لکه نفتی،صورت گرفته و می‌تواند حاوی ۸۰ درصد آب باشد. این مواد که به موس شکلات موسومند،ممکن اسـت بـه صورت ذرات جامد، مدتها برروی آب پایدارمانده وضخامت آنها پس ازالحاق به یکدیگر، به چند سانتیمتر برسد.

میزان پایداری و تشکیل این امولسیونها وابستگی زیادی به نوع نفت و شرایط نیروهای محیطی دارد. امولـه شدن بصورت تعادل مابین دو فاز «آب در نفت» و «نفت بعلاوهٔ آب » تعریف می‌شود.

تغییر در میزان آب موجود در نفت بصورت زیر بدست می‌آید.

$$\frac{dY_w}{dt} = R_1 - R_2 \qquad (۱۳)$$

$$R_1 = K_1 (Y_w^{sat} - Y_w)(1+U)^2 / \vartheta_{Oil} \qquad (۱۴)$$

$$R_2 = K_2 Y_w / (A_S w a x \nu_{Oil}) \qquad (۱۵)$$

در این رابطه $R_1$ :میزان جذب آب و $R_2$ : میزان از دست دادن آب میباشد.

$K_1, K_2$ : ضرایب ثابت بوده و از روابط زیر بدست می‌آیند.

$$K_1 = 5 \times 10^{-7} (kg/m^3) \qquad (۱۶)$$

$$K_2 = 1.2 \times 10^{-5} (kg(w\%)/S^2) \qquad (۱۷)$$

$\nu_{OIL}$ : ویسکوزیته لکهٔ نفت، $A_S$ : مقدار آسفالتن موجود در لکه بر حسب درصد وزنی ،w : مقدار واکس موجود در لکه بـر حسـب درصـد وزنی و U : سرعت باد (m/s) می‌باشند[۱] :

## ۳ - نتایج

مدل تدوین شده برای یک مخزن آب بکاررفته است. با مقایسه بین نتایج بدست آمده و نتایج قابل انتظار صحـت محاسـبات مـورد بررسـی قرار گرفته‌اند. همچنین این نتایج با نتایج یک مدل تجاری بصورت گرافیکی مقایسه گردیده است.


## ٤- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سرکار خانم مریم جلائی که در تایپ این مقاله زحمت فراوان کشیده اند تشکر میگردد.


## ۵- مراجع اصلی


1-Bishop, P.L.,"Marine Pollution and Its Control"; Mcgraw- Hill Book Company; 1983

2-NOAA, National Oceanic &Atmospheric Administration, "Oil Type"; Office of Response & Restoration, National Ocean Service ; July 2001.

3-Vreugdenhil, C.B.," Numerical Methods for Shallow Water Flow ",Kluwer Academic Pub, London, 1994.

۴- حیاغ یزدی – سیدرضا ، جاوید، امیرحسین؛ میراسازی نوسانات حاصل از حل صریح معادلات جریان غیر لزج با سطح آزاد با استفاده از استهلاک مصنوعی، ۱۳۸۱.

۵- عباسپور ، مجید، مهندسی محیط زیست ، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی ،۱۳۷۱.




www.SID.ir

Archive of SID

# Model of Oil Slick Transfer and Release Considering Oil Refraction and Depreciation Factors

**M Abbaspour**

Assistant Professor, Sharif University of Technology

**A H Javid**

Faculty member, Islamic Azad University, Science and Research Branch

**Abstract:**

The oil hydro carbonates which entered into the water move on the surface of water affected by speed vectors due to wind, sea currents, tidal waves and etc. Also, oil releases on the water surface affected by gravity, viscosity, surface tension and inertia and the result is the increase of oil slick surface area. The oil slick undergoes some changes over time such as evaporation, dissolution and emulsion which not only its size shrinks but also some of its physical properties such as viscosity changes that influences the distribution phenomenon. In the present research, using the results of previously done hydrodynamic modeling, modeling of movement and release of oil slick is done considering all the above mentioned factors. The characteristic of this model is that it defines the real process of oil slick movement and release considering the current parameters. Also, this model can control the point that if the oil slick has reached the bed or no in each moment. In the end, the model defines the rate and situation of the oil which reached coast and resulted environmental pollutions. To verify, the results of this model are compared with the results of other commercial models.

**Key words:** oil slick, release, transfer, oil refraction, depreciation

www.SID.ir