مدلسازي دو بعدي پخش و انتشار لكه هاي نفت بر روي آب هاي خليج فارس

براي تعيين سرنوشت نفت ريخته شده دردريا وتعيين جهت و نرخ حركت لكه هاي نفتي علاوه برخصوصيات نفت، لازمست شرايط محيطي نظير باد ،جريان آب، امواج ، اغتشاش جريان، شوري و دما نيز بررسي شود. از آنجا كه اكثر مدلهاي انتشار نفت، حركت نفت را از جمع بردارهاي انتقال شامل جريان ميانگين، جزر و مد، باد، امواج و پراكندگي آشفتگي بدست مي‌آورند و از طرف ديگر، ساختار جريان آب در خليج فارس بسيار پيچيده وكاملاً سه بعدي مي‌باشد لازمست، اطلاعات مربوط به جريان وجزر ومد بوسيله مشاهدات يا مدلهاي هيدروديناميكي براي منطقه موردنظر بدست آيد وتاثيرباد وامواج نيزبصورت تركيبي و برمبناي يک پايه تجربي وابسته به سرعت موضعي باد و جهت آن اعمال گردد. در اين مقاله، به منظور مدلسازي دو بعدي حركت لكه هاي نفتي بر روي خليج فارس، پايگاه داده ها شامل هندسه بستر، داده هاي مربوط به باد، سرعت جريان جزرو مدي و جريان آب، خصوصيات نفت و هوا تهيه شده است. ابتدا به‌دليل پراكندگی ايستگاه‌های هواشناسی درمنطقه خليج فارس، داده‌های هواشناسی روی نقاط شبكه با استفاده ازروش Cressman و برنامه‌ای كه به زبان فرترن نوشته شده به‌دست آمده است. در هريک از نقاط شبكه، طول وعرض جغرافيايی، سرعت باد، ارتفاع و پريود موج، مؤلفه هاي جزر ومدي و ارتفاع ميانگين جزرومد، تعيين شده‌اند. به منظوركاربردي تر نمودن اين پايگاه داده ها و به كمك برنامه كامپيوتري ديگري، مساحت سطح لكه نفت و ضخامت آن بر حسب زمان و نيز ميزان تبخير، حل شدگي وامولسيون نفت محاسبه وارائه شده است. مقايسه نتايج حاصل از محاسبه سرعت باد، مولفه هاي جزر و مدي با داده هاي اندازه گيري و نيز ارتفاع متوسط آب با داده هاي يك تحقيق مشابه انطباق خوبي رانشان ميدهند

محمد علي بدري [۱]
دانشجوي دكترا

احمد رضا عظيميان [۲]
استاد

واژه‌های راهنما: پخش و انتشار لكه هاي نفت، خليج فارس، پايگاه داده ها

۱- مقدمه

در فيزيک دريا مهم‌ترين پارامتر مؤثر هواشناسی كه بر دريا اثر می‌گذارد عامل باد است. باد يک نيروی تنش برشي بر روی لايه‌های آب ايجاد می‌كند و اين نيـروی تـنش برشـي باعـث حركـت لايـه‌هـای آب روی هـم می‌شود و جريان آب ايجاد مي گردد. بنابراين شناخت و مطالعه باد و به دنبال آن شناخت و بررسـی جريـان

[۱] نويسنده مسئول، دانشجوي دكترا مكانيك، دانشگاه صنعتي اصفهان malbdr@cc.iut.ac.ir

[۲] استاد، دانشكده مكانيك، دانشگاه صنعتي اصفهان

آب در حرکت و پیشروی لکه هاي نفتي مؤثر و مهم میباشد[۱]. اهمیت این موضوع از آن نظر مي باشد که از يك سو، انرژی که باعث حرکت آب میشود تحت تاثیر سه نیروی باد، جزر و مد و اختلاف چگالی مي باشد و از سوي ديگر چرخش آب در منطقه خليجفارس به فصل و سال بستگي دارد و به شدت به ميدان باد وابسته است. بنابراین يك شبیه سازي كامل مستلزم اندازهگیری یا دستيابي به پارامترهاي واقعي جريان در تمام بازه زماني كه نفت در آب ريخته شده و نيز اطلاع از تاثيركليه پارامترهاي انتشار واستهلاك نفت، مي باشد[۱و۲]. اهمیت نیروی تنش باد باعث شده است که برای اندازهگیری کمیتهای هواشناسی روی سطح آب در مکانهای مختلف در منطقه خلیجفارس ثبت دادههای باد روی نقاط شبکه مهم باشد. به این منظور از يك روش ميانيابي[1] استفاده شده است [۳]. این روش از دقت خوبی برخوردار است و در واقع برای تولید و ميانيابي دادههای باد روی نقاط شبکه بر روی سطح خلیجفارس کاربرد مطلوبي دارد. برای تولید دادههای باد، از تعداد مشخصي ایستگاه هواشناسی ساحلی موجود در حوزه خلیجفارس که به طور نامنظم نسبت به شبکه قرار دارند استفاده نموده و اطلاعات هواشناسي به شبكه مسئله بسط داده شده است. دادههای ثبت شده سرعت و جهت باد، مربوط به ایستگاههای هواشناسی ساحلی براساس موقعیت ایستگاه (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع) مشخص شده اند.

در چند كار پژوهشي در حوزه خليج فارس، مسئله انتشار موضعي نفت در نزديكي برخي جزاير خليج فارس مورد بررسي واقع شده است. در يكي از اين مطالعات، با استفاده از الگوريتم MPDATA که معمولا براي جريانهاي جوي به كار ميرود، شبيه سازي ميعانات گازي در منطقه عسلويه، واقع در شمال خليج فارس براي حوادث نفتي انجام شده است. در اين پژوهش خصوصيات آب در عمق ثابت فرض شده و نتايج اعتبار دهي شده است[۴]. دركار ديگري بر روي خليج فارس[۵] در نزديكي جزيره سيري، صرفا اثرات تبخير و نيز جزر و مد به صورت دو بعدي به روش اويلري با فرض آبهاي كم عمق، بررسي گرديده است. درمطالعه حاضر، از بعضي نتايج پژوهش اخير به منظور اعتبار دهي استفاده شده است.

با توجه به مطالعات صورتگرفته برای مدلسازی پخش نفت در دریا، علاوه بر دانستن اطلاعات سرعت باد که در واقع تولید موج میکند، پارامترهای جزرومدی برای پیشبینی جریانهای جزرومدی و هندسه بستر[2] و عمق محل مورد مطالعه و پارامترهای مربوط به شوری، دما و چگالی[3] نیز مهم میباشند که در این پژوهش این پارامترها بر روي شبكه تعريف شده به دست آمده اند. پارامترهای باد با استفاده از روش Cressman و برنامه تهیه شده استخراج گردیده و از طریق مقایسه با دادههاي سایت NOAA ، که دارای اطلاعات روزانه باد در کل دنیا میباشد اعتباردهي شدهاست. برای بهدستآوردن عمق و پارامترهاي جزرومدي، از دادهها و نقشههاي موجود در سازمان نقشهبرداري استفاده شدهاست و در بعضي نقاط شبكه (كه اطلاعات تجربي آنها موجود ميباشد)، پارامترهای جزرومدي با دادههاي اندازهگيريشده توسط سازمان نقشه-برداري مقايسه و مقادير خطا محاسبهشدهاند.

---

[1] Cressman
[2] Bathymetry
[3] Salinity, Temperature and Density(S,T,D)

۲- پایگاه داده ها[1]

پايگاه داده ها شامل هندسه خليج فارس، داده هاي مربوط به سرعت و جهت باد در ايسـتگاه هـاي از پـيش تعيين شده با لحاظ نمودن اثرجزرو مد، مختصات موج واطلاعات زمان، حجم و مكان ريزش نفت مـي باشـد. در الگوريتم لاگرانژي، لكه نفت به تعداد زيادي شبكه كوچك تقسيم شده و يك مجموعه مختصات صفحه‌اي براي هر شبكه در نظرگرفته شده است. اين ذرات در محل لكه با نرخي برابر نرخ انتشار حركت مي‌كنند. بـه منظور فراهم نمودن اجراي مدل انتشار و پخش نفت، مراحل زير انجام پذيرفته است:

- ايجاد يك شبكه نقاط بر روي منطقه خليج فارس
- جمع آوري و تهيه داده‌هاي پيش‌بيني هوا شامل سرعت وجهت باد مربوط به چند ايستگاه هواشناسـي در محدوده محل ريزش نفت و در همان محدوده زماني ريخته شدن نفت و بسط اطلاعات بر روي شبكه
- محاسبه ارتفاع و پريود موج ناشي از باد بر حسب سرعت باد و طول حوزه بادگير بر روي شبكه نقاط با استفاده از برنامه WAM[2]
- تعيين مولفه هاي هارمونيك جزر و مد در نقاط گره از طريق چارت [3] و اطلاعـات موجـود در سـازمان نقشه برداري كشور، تعيين دامنه جزر و مد و جريانهاي ناشي از آن به وسيله نرم افزار تحليل جزر و مد[4]
- تهيه اطلاعات هندسي كف (بستر) حوزه مورد بررسي
- تهيه اطلاعات مربوط به شوري، دما و چگالي آب در نقاط گره
- دسته بندي اطلاعات باد، موج و جزر ومد شامل سرعت و جهت باد، طول حـوزه بـادگير ومـدت وزش باد، ارتفاع و پريود موج ناشي از باد، دامنه جزر ومد و اطلاعات هندسي كف (بستر) حوزه مـورد بررسـي، شوري، دما و چگالي و بسط مجموعه اطلاعات بر روي شبكه نقاط

اطلاعات استخراج شده باد ، موج، ميدان هاي شوري، دما و چگالي، نه تنها مورد استفاده اين پژوهش به طور مستقيم قرار گرفته، بلكه به طور غير مستقيم، مي توانـد توسـط مـدل اقيانوسـي پرينسـتون POM بـه تعيين الگوي جريان منجر مي گردد.

۲-۱- تولید داده‌های باد روی نقاط شبکه

اندازه‌گيري‌های فیزیکی در نقاط خواسته‌شده به دلیل پراکنده‌بودن ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه خلیج فارس و عدم دسترسی به اطلاعات جوی در هر نقطه از منطقه ممکن نیست. به این دلیل، درون‌یابی، مهم و جزء اصول آنالیز در دو بعد می باشد. برای تولید داده‌ها در این پژوهش، از روش Cressman استفاده شده است. چون محیط واقعی یک محیط کروی است، این انتقال برای یک محیط کروی شبیه‌سازی شد. در ابتدا یک ماکزیمم فاصله برای هر نقطه شبکه تعریف کرده و کلیه داده‌های دیده‌بانی شده آن محدوده برای برآورد پارامتر فیزیکی در آن نقطه شبکه در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که فاصله ایستگاه‌ها تا نقطه

---

[1] Portal
[2] Wave Model
[3] Co-tidal chart
[4] Tidal stream analysis

مورد نظر شبکه یک خط راست نیست بلکه طول یک منحنی است که انحنای آن با انحنای کره زمین هما هنگ بوده و از رابطه زیر محاسبه گردیده است.

$$r_{i,j} = \cos^{-1}\left[\sin(glat)\times\sin(slat)+\cos(glat)\times\cos(slat)\times\cos(glon-slon)\right]\times earthradius \qquad (۱)$$

که $r_{i,j}$ فاصله دو نقطه s و g مربوط به ایستگاه‌هاي هواشناسی و نقاط گره ، lat و lon به ترتیب عـرض و طول جغرافیایي مي باشد. سپس مقدار داده بر روی نقاط شبکه از روابط (۲) و(۳)محاسبه شده است.

$$F_g = \frac{\sum_{i=1}^{n}(W_{i,j}\times F_o)}{\sum_{i=1}^{n}W_{i,j}} \qquad (۲)$$

$$W_{i,j} = \max(0,\frac{R^2-r_{i,j}^2}{R^2+r_{i.j}^2}) \qquad (۳)$$

که F_g مقدار اطلاعات محاسبه شده بر روی نقطه شبکه، F_o اطلاعات داده شده ایستگاه و $W_{i,j}$ ضـریب وزنی آن ایستگاه نسبت به نقطه شبکه می‌باشد. اگر نقطه شبکه و ایستگاه بر هم منطبـق باشـند، تـابع وزن $W_{i,j}$ برابر واحد مي باشد. این تابع وزن، يك تابع كاهشي نسبت به فاصله بوده و درصـورتیکه $r_{i,j}$ بزرگتـر از R باشد، تابع برابر صفر خواهد بود. R يك ثابت[1] مي باشد كـه در برنامـه كـامپیوتري تهیـه شـده، تعریـف گردیده و خارج از آن، تاثیر ایستگاه وجود ندارد و $r_{i,j}$ فاصله بین نقـاط شـبکه تـا ایسـتگاه مـی‌باشـد. ایـن درونیابی دوبعدی بوده و روش اصلی مورد استفاده ECMWF [2] است. در پژوهش حاضر و به منظور بـه کـار گیري در مدل WAM [۶ و۷ و۸] از این روش استفاده شده است. برای انجام این کار برنامه‌ای تهیـه شـده و اطلاعات برای نقاط شبکه به‌دست آمده‌اند.

۲-۲- پارامترهاي جزرومد

کل نیروی حاصـل از جـزر و مـد برابـر مجمـوع تعـدادي حامـل اصـلی مـوج مـي باشـد. ایـن مولفـه هـای اساسی عبارتند از :

- مولفه هاي نیمروزانه M_2 براي کره ماه و S_2 براي کره خورشید که هردو پریودي حدود نصـف روز و سرعتي قریب به $30^\circ/hour$ دارند.
- مولفه هاي روزانه K_1 و O_1 براي کره ماه با پریود حدود يك روز و سرعتي قریب به $15^\circ/hour$.
- مولفه هاي روزانه K_1 و P_1 براي خورشید، مولفه هاي M_f و M_m براي مـاه، مولفـه هـاي S_{sa} و S_a براي خورشید، داراي دامنه هاي نسبتا کوچك در مقایسه با دیگر مولفه ها بوده و در عمـل، اغلـب جـدا کردن آنها از سري مشاهدات جزرو مدي بسیار مشکل است. در پژوهش حاضر مولفه هاي M_2، S_2،

[1] Influence Radius
[2] European Center for Medium –range Weather Forecasts

K_1 و O_1 بااستفاده از چارت هاي مربوط به پيش‌بيني جزرومد[1] استخراج مي شوند. اين ثوابت بعلاوه مقداری ثابت که بعنوان تصحيحي براي واردکردن جريانات فصلي در نظر گرفته مي‌شود، مقدار ارتفاع ميانگين جزرومد را با توجه به رابطه زير بدست مي دهد. [۹]

$$ML = M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + 0.15 \quad (۴)$$

اين پارامترها در ۳۳۹ نقطه شبکه محاسبه شده و جهت اعتباردهي اين مقادير از اطلاعات اندازه‌گيري شده در چهار بندر بوشهر، کنگان، شهيد رجايي و لنگه استفاده شده است. در کار حاضربرای اولين بار از امواج پيشرونده کلوين در تعيين سرعت جزر و مد در خليج فارس استفاده کاربردي شده است. اين استفاده به دليل وضعيت قرار گيری خليج فارس از لحاظ فيزيکي و هندسي و نيز زاويه باد غالب مي باشد. با استفاده از اطلاعات مولفه هاي جزر و مد در تئوري امواج پيشرونده Kelvin ، سرعت افقي حاصل از جزر و مد به دست آمده است.

بستر خليج فارس در اينجا به صورت يک مستطيل با عمق ثابت $h = 35\,\mathrm{m}$، پهنای $L = 300\,\mathrm{Km}$ و عرض جغرافيايی $\phi = 27^\circ$ در نظر گرفته شده است و مدل امواج جزرومدی بر امواج پيشرونده Kelvin منطبق گرديده است[۱۰]. براي خليج فارس با عمق متوسط ۳۵ متر، محاسبه پارامتر kh (k مدول عدد موج و h عمق متوسط آب)که قدرت تاثيرات عمق را اندازه گيري مي کند ($kh \approx 0.9 < 3.0$)، نشان مي دهد که خليج فارس آب کم عمق ميباشد (Hasselmann-1981) [۱۱]. در مرز های صلب، از سرعت در جهت عمود بر مرز (y) صرفنظر شده است (شکل ۱) و خواهيم داشت:

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial y \partial t} - f\,\frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \qquad , \qquad y = 0, L \quad (۵)$$

بنابراين، معادله حاکم برای η (ارتفاع موج Kelvin) در حالت عمق ثابت بصورت زير خواهد بود[۱۰]:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left\{ \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + f^2\right)\eta - C_0^2 \nabla^2 \eta \right\} = 0 \quad (۶)$$

و حل موج که بر حسب x وt پريوديک است از طريق رابطه ۷ قابل تعريف مي باشد.

$$\eta = \mathrm{Re}\,\overline{\eta}(y)\,e^{i(kx - \sigma t)} \quad (۷)$$

که $\overline{\eta}(y)$ دامنه موج مختلط می‌باشد که با مختصات y تغيير می‌کند. با جايگزينی رابطه (۷) در (۵) معادله حاصل برای $\overline{\eta}$ بصورت زير بدست می‌آيد.

$$\frac{d^2 \overline{\eta}}{dy^2} + \alpha^2 \overline{\eta} = 0 \ , \ \ \alpha^2 = \frac{\sigma^2 - f^2}{C_0^2} - k^2 \quad (۸)$$

$$\frac{d\overline{\eta}}{dy} + f\,\frac{k}{\sigma}\overline{\eta} = 0 \qquad , \quad y = 0, L \quad (۹)$$

حل عمومی (۸) بصورت زير خواهد بود:

$$\overline{\eta} = A \sin \alpha y + B \cos \alpha y \quad (۱۰)$$

با استفاده از کاربرد شرايط مرزی (۹) در $y = 0$ و $y = L$ دو معادله همگن برای A وB خواهيم داشت:

[1] Admiralty Method of Tidal Prediction NP 159

$$\alpha A+\frac{fk}{\sigma}B=0 \quad (۱۱)$$

$$A\left\{\alpha\cos\alpha L+\frac{fk}{\sigma}\sin\alpha L\right\}+B\left\{\frac{fk}{\sigma}\cos\alpha L-\alpha\sin\alpha L\right\}=0 \quad (۱۲)$$

که دارای مقادیر ویژه زیر می‌باشند:

$$(\sigma^2-f^2)(\sigma^2-C_0^2k^2)\sin\alpha L=0 \quad (۱۳)$$

با انتخاب حل درحالت $\sigma^2=C_0^2k^2$، این حل نقش مود $n=0$ برای نشان دادن آثار چرخش را دارد و بنام موج Kelvin خوانده می‌شود. در کار حاضر، انتشار موج در جهت مثبت x مورد توجه قرار گرفته است و لذا:

$$\alpha^2=-\frac{f^2}{C_0^2} \quad ,\alpha=\pm\frac{if}{C_0} \quad (۱۴)$$

در اینجا با انتخاب $\alpha=\frac{if}{C_0}$، میدان دینامیکی بصورت زیر معرفي شده است:

$$\eta=\eta_0 e^{-fy/C_0}\cos(k[x-C_0t]+\varphi) \quad (۱۵)$$

$$u=\frac{\eta_0}{h}C_0\ e^{-fy/C_0}\cos(k[x-C_0t]+\varphi)=-\frac{g}{f}\frac{\partial\eta}{\partial y} \quad (۱۶)$$

$$v=0 \quad (۱۷)$$

که η ارتفاع موج Kelvin، f عامل کوریولیس، η_0 دامنه موج، $C_0=\sqrt{g\cdot h}$ سرعت انتشار موج، y فاصله ازدیواره (شکل ۱)، $\sigma=C_0k$ فرکانس زاویه ای موج، ϕ فاز، x فاصله از مبدأ درجهت طول و h عمق متوسط دامنه محاسباتي می باشند. ارتفاع سطح آب و سرعت جزر و مدي در سري زماني ريخته شدن لكه نفت، با توجه به كاربرد تئوري امواج پيشرونده Kelvin به وسيله برنامه اي كه تهيه شده است بدست آمده و با نتايج ديگران مقايسه شده است (شكل هاي ۲و۳). در اين پژوهش، بخشي از سرعت افقي جريان كه حاصل از جزر و مد مي باشد، به عنوان جمع آثار مولفه هاي اصلي M_2، S_2، K_1 و O_1 بدست آمده است.

$$u=\sum_{j=1}^{4}u_j \quad , \quad \eta=\sum_{j=1}^{4}\eta_j \quad , \quad j=Main\ \ Constituents \quad (۱۸)$$

$$\eta_{water\ surface\ level}=\sum_{j=1}^{4}\ [\eta_{0\,j}.e^{\frac{-f\,y}{C_0}}\ \cos\left(kx-\sigma\ t+\varphi_j\right)] \qquad \mathrm{j,\ \ used\ for\ M_2, S_2, K_1\ \&\ O_1} \quad (۱۹)$$

$$u_{tidal\ \ stream}=\sum_{j=1}^{4}\ [(\eta_{0\,j}C_0/h).e^{\frac{-f\,y}{C_0}}\ \cos\left(kx-\sigma\ t+\varphi_j\right)] \qquad \mathrm{j,\ \ used\ for\ M_2, S_2, K_1\ \&\ O_1} \quad (۲۰)$$

در كار حاضر، ارتفاع متوسط آب و سرعت جزر و مدي با استفاده از اصل جمع آثار از روابط (۱۹) و(۲۰) بدست آمده است. در اين روابط، $\eta_{0\,j}$ و φ_j به ترتيب دامنه و فاز مولفه هاي غالب انتخاب شده در هر گره مي باشد. بدين سبب، ايده استفاده از تئوري امواج پيشرونده Kelvin در خليج فارس، تحقيق و اعتبار دهي شده است.

۲-۳- عمق، شوري، دما و چگالي آب

عمق نقاط مختلف خليج فارس با استفاده از داده‌هاي با مقياس ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ گرفته‌شده از سازمان نقشه‌برداري در نقاط مختلف شبكه به‌دست آمده‌است. مقادير شوري، دما و چگالي آب نيز از طريق داده هاي اندازه گيري شده در چند مكان تهيه و مجددا با استفاده از روش Cresman براي نقاط شبكه ميانيابي شده است.

۳- مدل مسيريابي دوبعدي به عنوان كاربرد پايگاه داده ها

ريزش نفت در نزديكي جزيره سيري با موقعيت عرض جغرافيايي ۲۸/۸۸ درجه شمالي و طول جغرافيايي ۵۴/۴۸ درجه شرقي و در ماه فوريه سال ۱۹۹۵ در نظر گرفته شده و پايگاه داده ها براي اين موقعيت آماده گرديده است. انتخاب محدوده زمانی مناسبی که نتايج حاصله در آن بازه قابليت تعميم به زمان های ديگر را داشته باشد، بسيار مهم می باشد. اصولاً در شبيه سازی بسياری از پديده ها ، تعيين دقيق و جامع بعضی از مقادير شرايط اوليه ، بسيار مشکل و حتی غير ممکن است . به عنوان مثال تعيين تراز سطح آب در تمامی گره های شبکه محاسباتی مدل، در زمان آغاز شبيه سازی غير ممکن می باشد. با عنايت به اين مسئله ، چندين گام زمانی طول می کشد تا مدل، پس از اعمال شرايط مرزی ، اثرات اين شرايط خاص را در محدوده شبيه سازی شده منعکس نموده و به همگرايی مطلوب برسد. اين تعداد گام زمانی که به توصيه مراجع، در حدود ۲ پريود جزر و مدی کامل می باشد ، مرحله گرم شدن مدل [۱] می باشد. با توجه به طبيعت هارمونيک پديده جزر و مد، استفاده از حداقل يک بازه زمانی ۷ روزه که حاوی حداقل يک جزر و مد ضعيف[۲] و قوی[۳] باشد ، به منظور شبيه سازی پديده لازم است. بنابراين با افزودن زمان کوتاهی به مدت زمان شبيه سازی برای عبور مدل از مرحله گرم شدن، حداقل طول زمانی بيش از ۷ روز برای شبيه سازی حاصل می گردد. در تحقيق حاضر زمان شبيه سازی ۱۲ روز با احتساب زمان گرم شدن مدل انتخاب گرديده است.

در مدل لاگرانژي تك ذره اي دو بعدي كه در كار حاضر استفاده شده است، شبيه سازي مسير لكه نفت تحت تاثير انتشار و استهلاك لكه در حوزه خليج فارس و در نزديكي جزيره سيري مورد بررسي قرار گرفته است. به تاثيرات ثقلي، اينرسي، لزجت و كشش سطحي، ميدان باد، مؤلفه سرعت افقي با توجه به اثرات جريان آب، باد و جزر ومد در هنگام بررسي پديده انتشار توجه شده و نيز اثر پديده هاي تبخير، امولسيون و حلاليت به عنوان پارامتر هاي غالب استهلاك لحاظ گرديده است.

۱-۳- پديده انتشار بر روي سطح آب

در اين تحقيق، براساس رابطه Lehr و همكاران -۱۹۸۴ ،[۱۲] معادله‌ي انتشار به عنوان توسعه فرمول Fay از طريق رابطه (۲۱)به دست آمده است.

---

[1] Warm up
[2] Neap
[3] Spring

$$A = 2270\Delta^{2/3}.V^{2/3}.t^{1/2} + 40\Delta^{1/3}.V^{1/3}.U_{wind-10m}^{4/3}.t \qquad (۲۱)$$

كه A مساحت لكه نفتي ، V كل حجم لكه نفت، $\Delta = (\rho_w - \rho_o)/\rho_o$ ، ρ_w چگالي آب، ρ_o چگالي نفـت، $U_{wind-10m}$ سرعت باد در۱۰ متري بالاي سطح آب و t زمان ميباشد. در اين مدل، سطح اوليه لكه به شـبكه هاي كوچك تقسيم شده و خصوصيات جابه جايي براي هر نقطه شبكه محاسبه شده و سـرعت جابـه جـايي براي هر نقطه $\vec{U}(U_x, U_y)$ به صورت زير و با لحاظ نمودن آثار باد، موج و جزر و مد محاسبه گرديده است:

$$\vec{U} = k_t \vec{U}_{tide} + k_w(\vec{U}_{wind} + \vec{U}_{wave}) \qquad (۲۲)$$

كه $\vec{U}_{wind}$ و $\vec{U}_{wave}$ به ترتيب سرعت باد و سرعت موج مـي باشـد و در حالـت كلـي جهـت بردارهـاي آنهـا منطبق نمي شوند. U_{tide} سرعت جريان در اثر جزر و مد مي باشـد. k_t عامـل جـزر و مـد[1] و k_w عامـل بـاد مي باشد. مجموع $(\vec{U}_{wind} + \vec{U}_{wave})$ بر مبناي سرعت بـاد در ۱۰ متـري بـالاي سـطح آب يعنـي $\vec{U}_{wind-10m}$ و ضريب k_w تعريف مي شود.

$$\vec{U} = k_t \vec{U}_{tide} + k_w \vec{U}_{wind-10m} \qquad (۲۳)$$

k_t ضريب جريان بوده و چون سرعت جريان، سرعت سطحي است، k_t برابر يك انتخاب گرديـده اسـت. k_w ضريب جريان دريفت بوده و ۰/۰۳ انتخاب شده است.

۲-۳- پديده نفوذ اغتشاش افقي

جابجايي افقي هرنقطه شبكه درهر قدم زماني توسط روابط زيربدست آمده است :

$$S_h = [R]_0^1 \sqrt{12 D_h \Delta t} \qquad (۲۴)$$

$$X = X_0 + U_x \Delta t + S_h \cdot \cos\theta \qquad (۲۵)$$

$$Y = Y_0 + U_y \Delta t + S_h \cdot \sin\theta \qquad (۲۶)$$

$$\theta = 2\pi [R]_0^1 \qquad (۲۷)$$

كه $[R]_0^1$ يك عدد تصادفي درمحدودة صفر تا يك است. D_h ضريب نفـوذ افقـي و θ زاويـه جهـت بـوده و فرض می‌شود به طور يكنواخت واتفاقی در فاصله ۰ تا ۲π توزيع شود. همچنـين X_0 و Y_0 موقعيـت اوليـه لكه نفت، X و Y جابجايي هاي هرنقطه و $\vec{U}(U_x, U_y)$ سرعت هاي افقي انتشار درجهات x وy ميباشـند. از اين طريق، مختصات x وy ذرات نفت درهرقدم زماني و سپس شكل و مسير لكـه نفـت تعيـين گرديـده است.

۳-۳- استهلاك نفت تحت تاثير پديده هاي تبخير، حلاليت و امولسيون

پديده تبخير بلافاصله پس از ريزش نفت اتفاق می‌افتد. در اين مطالعه از روشMackay-1980 [۱۳]كه يك تئوري تك مؤلفه‌اي براي محاسبه نرخ تبخير مي باشد استفاده شده است.

[1] Tidal factor

$$F_{ev} = (\frac{\alpha_{ev}}{C}).\left[\ln P_0 + \ln(C.K_E.t + 1/P_0\right]$$ (۲۸)

که F_{ev} در صد نفت تبخیر شده، α_{ev} ، ضریب تصحیح براساس تشکیل ذرات معلق (امولسیون) و سایر فرآیندهاي آب و هوايي است. $k_E = 0.0025 U_{wind}^{0.78} A.v/(R.T.V_0)$ ، A مساحت سطح ریزش نفت، v حجم مولي، R ثابت گازها ، T دماي سطح نفت و V_0 حجم اولیه نفت ریخته شده است. براي تعیین فشار بخار اولیه P_0 در دماي T_E و ضریب C بر اساس اندیس نفت از روابط (۲۹) و(۳۰) استفاده شده است.

$$\ln P_0 = 10.6(1 - T_0/T_E)$$ (۲۹)

$$C = 1158.9 API^{-1.1435}$$ (۳۰)

برخي از اجزاء نفت، علاوه بر تبخیر در داخل ستون آب حل ميگردند. گرچه کاهش حجم نفت تحت تأثیر حلشدگي ناچیز است، اما آثار محیطي آن مهم ميباشد. در اینجا روش Cohen-1980 [۱۴] استفاده شده است. در این روش، نرخ حلالیت از رابطه (۳۱) محاسبه ميگردد.

$$F_{dis} = k_d AS$$ (۳۱)

که F_{dis} کل نرخ حلالیت لکه نفت ، k_d ضریب انتقال جرم، A مساحت سطح لکه و S درجه حلالیت نفت در آب ميباشد. تحت تأثیر موج، قطرات آب ممکن است به داخل نفت نفوذ نموده و امولسیون آب-در- نفت ایجاد کند. فرآیند امولسیون توسط سرعت باد، ضخامت لکه، دماي محیط و ... تحت تأثیر قرار ميگیرد. تغییرات تدریجي محتویات آب بر روي سطح با استفاده از پیشنهاد Rasmussen-1985 محاسبه شده است[۱۵].

$$F_{em} = \left(1 - e^{-k_A k_B (1+U_{wind-10m})^2 t}\right) / k_B$$ (۳۲)

که F_{em} ، میزان محتویات آب از طریق امولسیون بوده و k_A و k_B اعداد ثابت ميباشند که به ترتیب ۴/۵× ۱۰

۴- نتایج

تولید پایگاه دادهها شامل اطلاعات مربوط به سرعت و جهت باد، اطلاعات مربوط به ارتفاع و پریود موج، مولفه هاي دامنه و فاز جزرومدي ، ارتفاع متوسط آب و سرعت افقي جزر و مد و عمق مربوط به نقاط شبکهبندي خلیج فارس از نیاز هاي اولیه مورد استفاده در این پژوهش ميباشند. برخي از پارامترها به منظور اعتبار دهي در شرایط واقعي اندازهگیري شده اند. سرعت باد از طریق روش Cressman بر روي شبکه محاسبه شده و با داده هاي سایت NOAA مقایسه گردیده است (جدول ۱). همانطور که ملاحظه ميشود کمترین مقدار خطا، برای نقاط شمالی خلیج فارس ۸/۶ درصد و بیشترین مقدار خطا براي نقاط جنوبی ۴۵/۳ درصد است که این روند قابل پیشبیني بوده و دلیل آن عدم دسترسي به اطلاعات مربوط به جنوب خلیج فارس ميباشد. براي تکمیل این نقیصه مي توان اطلاعات باد مربوط به ایستگاههاي حوزه جنوبي

خليج فارس در سمت كشور هاي عربي را در صورتيكه تهيه آنها امكان پذير باشد، جهت افزايش دقت مقادير مربوط به سرعت باد در نقاط شبكه اعمال نمود. همانگونه كه قبلا ذكر شد، جدول شماره ۱ نتـايج حاصـل از محاسبات را در سال ۱۹۹۵ نشان مي دهد كه با مقادير نمونه حاصل از سايت NOAA مقايسه شده انـد. در تحقيق حاضر، چهار مولفه هارمونيكي M_2، S_2، K_1 و O_1 كه ازطريق جـداول جـزرو مـد Admiralty بـه دست آمده اند با اطلاعات استخراج شده در چهار بندر بوشهر، كنگان، شهيد رجايي و لنگه مقايسـه وجـدول بندي شده اند. جدول۲ به عنوان يك نمونه، مقايسه دادههاي مربوط به دامنه و فاز مولفه هاي جزرومدي در بندر بوشهر را ارائه نموده است. براي مقايسه دادههاي جزرومدي در كـل شـبكه، بيشـينه و كمينـه خطـاي مقادير محاسبه شده با داده هاي اندازه گيري دراين چهار بندر، بـه جـدول شـماره ۳ مراجعـه شـود. ارتفـاع متوسط سطح آب بر اثر جزر ومد و سرعت افقي جريان آب در نزديكي جزيره سيري در مدت ۱۲ روز(۶ روز قبل و ۶ روز بعد از حادثه با احتساب زمان گرم شدن) در خليج فارس با استفاده از تئوري امـواج پيشـرونده Kelvin محاسبه و با نتيجه مشابه ارائه شده [۵] با استفاده از نگرش اويلري مقايسه شده (شكل هـاي ۳و۴) كه انطباق خوبي ملاحظه مي شود. در مدل لاگرانژي تك ذره اي دو بعدي كه در كار حاضـر اسـتفاده شـده است، شبيه سازي مسير لكه نفت تحت تاثير انتشار و استهلاك لكه در حوزه خليج فارس در نزديكي جزيـره سيري مورد بررسي قرار گرفته است. به تاثيرات ثقلي، اينرسي، لزجت، ميدان باد، مؤلفه سرعت افقي با توجه به اثرات جريان آب، باد و جزر ومد در هنگام بررسي پديده انتشـار توجـه شـده و نيـز تبخيـر، امولسـيون و حلاليت به عنوان پارامتر هاي غالب استهلاك لحاظ شده است. در شكل۵، تغييرات ضخامت لكه نفتـي پـس از۵۲ ساعت از ۱۴ ميلي متر به ۴ ميلي متر كاهش يافته و با نتـايج نـرم افـزار ADIOS مقايسـه شـده انـد. همانطور كه در اين شكل ملاحظه مي شود، نتايج اين مدل نسبت به نتايج نرم افزار ADIOS ، ضخامت لكـه را مقدار كمتري پيش بيني مي كند زيرا اساس نرم افزار ADIOS بر فرمول هاي تجربي و اندازه گيري هـاي ميداني بنا نهاده شده و پارامترهاي بيشتري در راستاي پخش و نفوذ لحـاظ مـي شـود. در مـدل حاضـر بـر مبناي فرمول Lehr و توسعه فرمول Fay مساحت و ضخامت لكه پيش بيني مي شـود. شـكل ۶ بـه مقايسـه ضريب تنظيم مساحت سطح لكه نفتي در خليج فارس در طي ۷۲ ساعت مي پردازد. با انتخاب اين ضريب به ميزان ۶/۳ انطباق مناسبي حاصل ميشود. در جدول ۴ و شـكل ۷، مقايسـه ميـزان اسـتهلاك نفـت در اثـر تبخير، حلاليت و امولسيون پس از ۵۲ ساعت از ريـزش نفـت ارائـه شـده اسـت. همـان طـور كـه ملاحظـه مي گردد، درصد تبخير و معلق شدن نفت پس از ۵۲ ساعت به ترتيب ۸/۸ و ۸/۶ در صد نفت باقي مانـده در سطح، در همان گام زماني بوده و درصد نفـت حـل شـده تقريبـا صـفر ميباشـد. بنـابراين حلاليـت از ميـان پارامترهاي استهلاك قابل صرفنظر بوده و ميزان تبخير و امولسيون بـه نسـبت نفـت باقيمانـده، بـه جـز در ساعات اوليه، از يك رسته برخوردار ميباشند. البته نرخ تغييرات تبخير به دليل تبخيـر سـريع اجـزاء سـبك نفت در ساعات ابتدايي بيشتر مي باشد و سپس كند ميگردد و بر عكس، نرخ تغييرات امولسـيون در سـاعات ابتدايي كمتر و سپس به دليل افزايش تاثير اجـزاء باقيمانـده نفـت كـه سـنگين تـر مـي باشـند سـريع تـر مي گردد . شكل ۸، جابه جايي و مسير بخشي از لكه نفتي در صفحه افق در طول ۵۲ ساعت را با توجـه بـه نمايش راستاي باد غالب در شكل ۲ ارائه نموده است. اين جابه جايي بـه ميـزان ۳۲/۱ كيلـومتر در راسـتاي ۳۲۲/۵ تا ۳۳۷ درجه در راستاي شمال غربي- جنوب شرقي نشان داده شده است[۱۶]. شكل هـاي ۹ و ۱۰

به ترتيب ميزان تغييرات نفت باقيمانده بر روي آب و ميزان تبخير نفت از سطح آب (به عنوان غالبترين پديده استهلاك) بر حسب زمان، پس از گذشت ۵۲ ساعت براي سه نوع نفت سبك، معمولي و سنگين در حوزه خليج فارس را نشان مي دهد. چنانچه ملاحظه مي گردد، نفت سبك تر(API بزرگ تر) با نرخ سريعتري تبخير مي شود.

۵- جمع بندي و نتيجه گيري

مدل تهيه شده قادر به پيشگويي مسير لكه نفت، تعيين مساحت سطح و ضخامت لكه، در صد نفت تبخير شده، حل شده و امولسيون شده و نيز تعيين ميزان نفت باقيمانده بر روي سطح آب مي باشد. به دليل تاثيرات بسيار جزئي استهلاك نفت در اثر پديده حل شدن، مي توان از اين پديده صرفنظر نمود. چنانچه بررسي هاي كوتاه مدت تغييرات لكه نفت در مقياس ساعت مورد نظر باشد، پديده غالب تبخير بوده و هر دو پديده تبخير و امولسيون در بررسي هاي ميان مدت در مقياس هفته بايد لحاظ شود. با توجه به اينكه دامنه حل، آب كم عمق مي باشد و نيز به دليل هندسه خليج فارس، دقت پيشگويي به تعيين دقيق مولفه هاي جزر و مد وابستگي زيادي خواهد داشت. بنابراين، ارائه كاربردي مدلسازي مسيرحركت نفت كه در اين تحقيق به آن پرداخته شده است، مي تواند نقش موثري در چگونگي جمع آوري آن ايفا نمايد. در واقع، اين پيشگويي با در نظرگرفتن تاثيرات ميدان باد و جزر و مد و با تعيين مساحت سطح، ضخامت و مسيرلكه نفت مي تواند به تهيه يك سناريوي جمع آوري لكه از روي آب منجر گردد. بنابراين به طور خلاصه مي توان تحقيق حاضر را در حوزه خليج فارس، از جنبه هاي زير زمينه ساز پژوهش ها ي بعدي دانست:

- ايجاد امكان استفاده از ميدان باد و موج واقعي و نيز مصنوعي در تعيين الگوي جريان
- استفاده كاربردي از امواج پيشرونده كلوين در تعيين سرعت جزر و مد در خليج فارس
- اجرا و كاليبراسيون يك مدل هيدروديناميكي، مقايسه با نتايج حاصل ازتئورى امواج پيشرونده كلوين وتعيين الگوي جريان با در نظر گرفتن هندسه سه بعدي خليج فارس

خارج ازحل يك مسئله عددي، ارتباط تنگاتنگ با مسائل محيط زيست دريايي درطي توسعه حوزه هاي نفتي و انتقال نفت به منظور مديريت بركنترل آثار مخرب زيست محيطي، براهميت اين پژوهش مي افزايد.

مراجع

[۱] بدري، محمد علي، معرفي مكانيزم هاي مهم جهت پيش بيني نحوه پراكندگي نفت حاصل از رها سازي مداوم، دومين همايش ملي علوم و فناوري هاي زيردريا، صفحه ۲۱۳-۲۲۱ ، اصفهان، آذر (۱۳۸۲) .

[۲] عظيميان، احمد رضا، بدري ، محمد علي، مولويان جزي، مهدي، رفيعي، مصطفي، مدلسازي مقدماتي پديده هاي انتشار و استهلاك لكه نفت بر روي سطح آب تحت تاثير برخي مكانيزمهاي موثر، پانزدهمين كنفرانس سالانه مهندسي مكانيك،ISME2007 ، صفحه ۵۴۵-۵۴۶، تهران، ارديبهشت (۱۳۸۶) .

[3] Yamamoto, J. K., An Alternative Measure of the Reliability of Ordinary Kriging Esti-

mates, Mathematical Geology, Vol.32, pp. 489-509, (2002).

[4] Habibi, S., Torabi Azad, M., and Bidokhti, A.," A Numerical Model for the Prediction of Movement, Gas Condensate from Spill Accidents in Assalouiyeh Marine Region (Persian Gulf)", Indian Journal of Marine Science, Vol. 37(3), pp. 233-242, (2008).

[5] Sabbagh Yazdi, S. R.," Coupled Solution of Oil Slick and Depth Averaged Tidal Currents on Three-dimensional Geometry of Persian Gulf ", International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 2, No. 4, pp. 309-317, (2006).

[6] Hasselmann S., Hasselmann, K., Bauer, E., Janssen, P., Cardone, V. C., and Reisad, M. "The WAM Model, A Third Generation Ocean Wave Prediction Model", Journal of Physics Oceanography, Vol. 1, pp. 1775-1810, (1988).

[7] WMO, "Guide to Wave Analysis and Forecasting", No. 702, Secretariat of Word Meteorological Organization, Geneva, (1988).

[8] Mellor, G. L., User Guide for a Three-dimensional Primitive Equation", Numerical Ocean Model, Program in Atmospheric and Oceanic Science, Princeton University, Princeton (2004).

[9] Tides and Tidal streams, Admiralty Manual of Hydrographic Surveying, Vol. 2, chapter 2, pp. 134b(2), (1969).

[10] Pedlosky, J., *"Geophysical Fluid Dynamics"*, 2nd Edition, Springer-Verlag, pp. 75-80, (1992).

[11] Komen, G. J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, S., and Janssen P.A.E.M.," *Dynamics and Modeling of Ocean Waves*", Cambridge Univ. Press, pp. 156, (1995).

[12] Lehr, W. J., Cekirge, H. M., Fraga, R. J. and Belen, M. S., "A New Technique to Estimate Initial Spill Site using a Modified Fay-type Spreading Formula", Marine Pollution Bulletin, Vol. 15, pp. 326-329, (1984).

[13] Mackay, D., and Matsugu, R.S., " Evaporation Rates of Liquid Hydrocarbon Spills on Land and Water", Canadian Journal of Chemical Engineering, Vol. 51, pp. 434–439, (1973).

[14] Cohen, Y., Mackay, D., and Shiu, W.Y., "Mass Transfer Rates Between Oil Slicks and Water", Journal of Chemical Engineering, Vol. 58, pp. 569-574, (1980).

[15] Rasmussen, D., Oil Spill Modeling, a Tool for Cleanup Operations", Proceeding of Oil Spill Conference, US Coast Guard, American Petroleum Institute, Environment Protection Agency, California, pp. 243-249, (1985).

[16] Badri, M.A., and Azimian, A. R., "An Oil Spill Model for Northern Persian Gulf Waters", 12th Asian Congress of Fluid Mechanics (12ACFM), 18-21 August Daejeon, Korea, (2008).

فهرست نمادهاي انگليسي

A : مساحت لكه نفتي برحسب مترمربع
A : دامنه موج
API : انديس مربوط به نوع نفت
C : ضريب وابسته به انديس نفت
C_0 : سرعت انتشار موج
D_h : ضريب نفوذ افقي
f : عامل كوريوليس
F_{dis} : كل نرخ حلاليت لكه نفت
F_{em} : محتويات آب درنفت از طريق امولسيون
F_{ev} : در صد حجم نفت تبخير شده
F_g : اطلاعات داده شده بر روی نقطه شبکه
F_o : اطلاعات داده شده ايستگاه
h : عمق متوسط دامنه محاسباتي
K_1 : مولفه جزر ومد روزانه براي كره ماه
k_A : عدد ثابت
k_B : عدد ثابت
k_d : ضريب انتقال جرم
k_t : عامل جزر و مد
k_w : عامل باد
lat : عرض جغرافيايي نقطه مورد نظر در شبكه
lon : طول جغرافيايي نقطه مورد نظر در شبكه
M_2 : مولفه جزر ومد نيمروزانه براي كره ماه
ML : ارتفاع متوسط سطح آب
O_1 : مولفه هاي روزانه براي كره ماه
P_0 : فشار بخار اوليه نفت
R : ثابت گازها
$[R]_0^1$: يك عدد تصادفي درمحدودة صفر تا يك
$r_{i,j}$: فاصله دو نقطه s و g در شبكه محاسباتي
S : درجه حلاليت نفت در آب
S_2 : مولفه جزر ومد نيمروزانه براي كره خورشيد
T : دماي سطح نفت

t : زمان

U_x : سرعت افقي انتشار درجهت x

U_y : سرعت افقي انتشار درجهت y

U_{tide} : سرعت افقي جريان آب در اثر جزر و مد

U_{wind} : سرعت باد در ۱۰ متري بالاي سطح آب

V : کل حجم لکه نفت

V_0 : حجم اوليه نفت ريخته شده

$W_{i,j}$: ضريب وزنی ايستگاه نسبت به نقطه شبکه

x : فاصله از مبدأ درجهت طول

y : فاصله ازديواره

X : جابجايي هرنقطه در راستاي محور طول

X_0 : موقعيت اوليه لکه در راستاي محور طول

Y : جابجايي هرنقطه در راستاي محور عرض

Y_0 : موقعيت اوليه لکه در راستاي محور عرض

فهرست نمادهاي يوناني

α_{ev} : ضريب تصحيح براساس تشكيل ذرات معلق

ϕ : فاز

φ_j : فاز مولفه جزر و مدي مربوطه در هر گره

η : ارتفاع موج كلوين

$\overline{\eta}(y)$: دامنه موج مختلط

η_{0j} : دامنه مولفه جزر و مدي مربوطه در هر گره

v : حجم مولي

σ : فرکانس زاويه ای موج

θ : زاويه جهت

ρ_w : چگالي آب

ρ_0 : چگالي نفت

جدولها

جدول۱- مقايسه سرعت باد بدست آمده از روش Cressman و سايت NOAA در نقاط نمونه، فوريه۱۹۹۵

رديف	مختصات مكان مورد مقايسه: عرض جغرافيايي	مختصات مكان مورد مقايسه: طول جغرافيايي	مقادير محاسبه شده از طريق برنامه كامپيوتري	مقادير بدست آمده از سايت NOAA	خطا (درصد)
۱	۲۸	۵۱	۱/۳۵	۱/٤۷۷	۸/٦
۲	۲۷/۵	۵۱	۱/۳٦۲	۱/۷۲	۲۰/۸
۳	۲۷	۵۰	۱/۳۳٦	۱/۵۸	۱۵/٤
٤	۲۷	۵۲	۱/۱٦۷	۱/۷	۳۱
۵	۲٦/۵	۵۱	۱/۳۷۱	۱/۷۲	۲۰/۳
٦	۲٦/۵	۵۳	۱/۰۲۷	۱/۷۳	٤۰/٦
۷	۲٦/۵	۵٤/۲۵	۰/۹۵۲	۱/۷	٤٤
۸	۲۵/۵	۵۵	۰/۹۲۹	۱/۷	٤۵/۳

جدول۲- مقايسه داده‌هاي مربوط به دامنه و فاز مولفه هاي جزرومدي در بندر بوشهر و نقطه متناظر آن در شبكه

پارامترهاي جزرومدي	M_2 فاز	M_2 دامنه	S_2 فاز	S_2 دامنه	K_1 فاز	K_1 دامنه	O_1 فاز	O_1 دامنه	ML
مقدار اندازه گيري شده	۲۳۲/۴	۰/۳۷۴	۲۸۶/۷	۰/۱۳۹	۲۸۳/۶	۰/۳۹۲	۲۴۹/۲	۰/۲۱۹	۱/۱۸
مقدار محاسبه شده	۲۳۳/۸	۰/۳۴۱	۲۸۳	۰/۱۴۴	۲۸۶/۱	۰/۳۲۰	۲۴۱/۹	۰/۲۱۲	۱/۱۷
(%) خطا	۰/۶	۸/۸۲	۱/۲۹	۳/۶	۰/۸۹	۱۸/۳۷	۲/۹۳	۳/۲	۱/۲۷

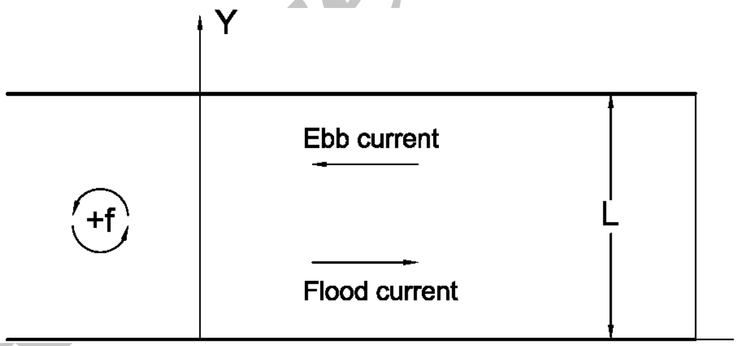
جدول۳- بيشينه وكمينه خطاي محاسباتي در مقايسه با مقادير اندازه گيري شده براي دامنه و فاز مولفه هاي جزرومدي در بنادربوشهر، كنگان، رجايي و لنگه

پارامترهاي جزرومدی	M2 فاز	M2 دامنه	S2 فاز	S2 دامنه	K1 فاز	K1 دامنه	O1 فاز	O1 دامنه	ML
(%)بيشينه خطا	۱۵/۲	۱۴/۱	۲۱/۱	۲۷/۵	۱۹/۸	۱۸/۴	۲۰/۷	۲۳/۴	۱۸/۹
(%)كمينه خطا	۰/۶	۰	۱/۳	۳/۶	۰/۸۹	۱/۸	۲/۹	۲/۹	۱/۳

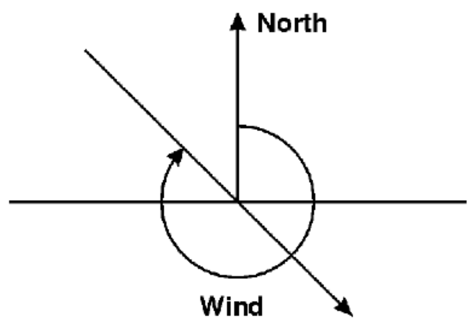
جدول۴- نسبت استهلاك نفت در اثرتبخیر، حلالیت و امولسیون به نفت باقیمانده در گام هاي زماني

ردیف	زمان (ساعت)	نفت تبخیر شده به کل نفت ریخته شده (%)	نفت حل شده به کل نفت ریخته شده (%)	نفت امولسیون شده به کل نفت ریخته شده (%)
۱	۵	۱۰/۲	۰/۰۰۱	۱
۲	۱۰	۱۰/۷	۰/۰۰۲	۲
۳	۱۵	۱۰/۱	۰/۰۰۴	۲/۹
۴	۲۰	۹/۳	۰/۰۰۶	۳/۸
۵	۲۵	۸/۸	۰/۰۰۸	۴/۶
۶	۳۰	۸/۷	۰/۰۱۰	۵/۵
۷	۳۵	۸/۶	۰/۰۱۱	۶/۳
۸	۴۰	۸/۵	۰/۰۱۳	۷/۱
۹	۴۵	۸/۴	۰/۰۱۴	۷/۸
۱۰	۵۰	۸/۳	۰/۰۱۴	۸/۶

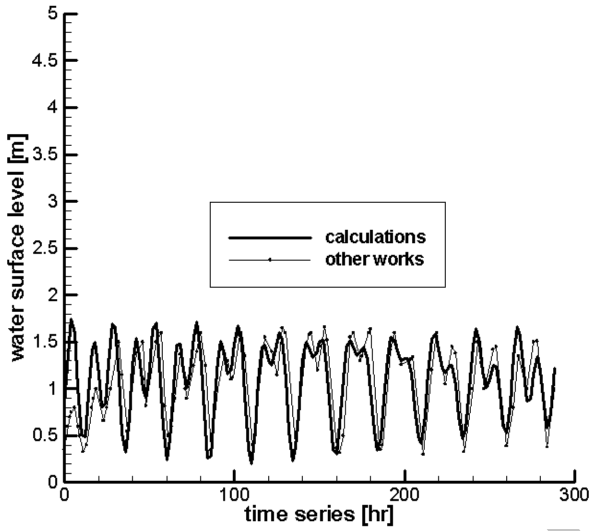
شکلها



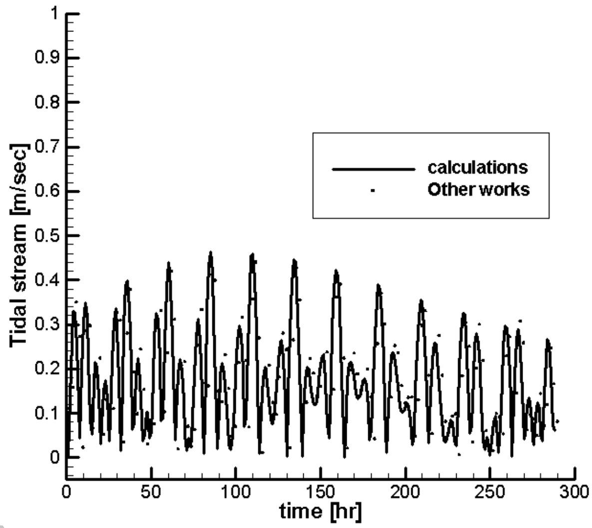
شکل ۱- مدلسازي خلیج فارس و انطباق آن بر امواج پیشرونده کلوین در استفاده از مدل امواج جزر و مدی



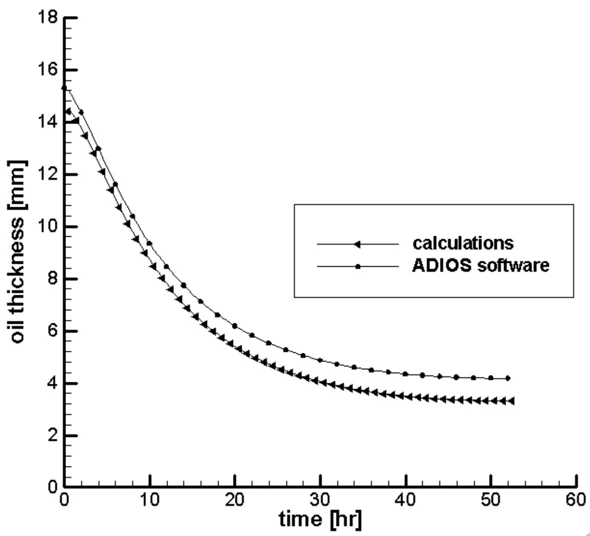
شکل۲- نمایش جهت باد غالب در خلیج فارس



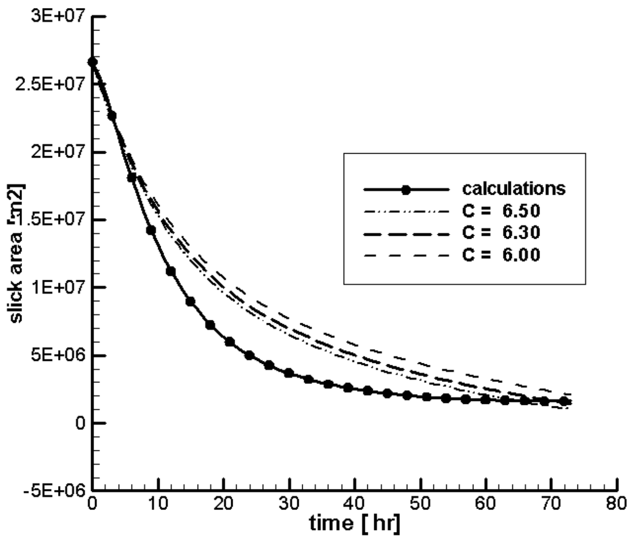
شکل۳- سري زماني ارتفاع سطح آب در نزديكي جزيره سيري



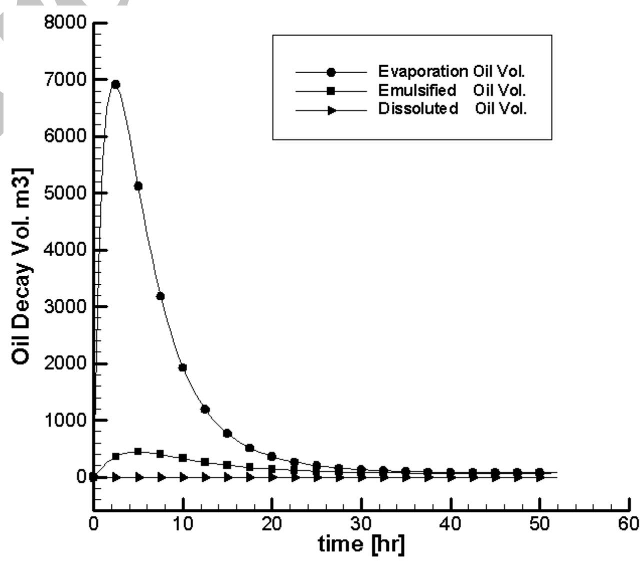
شکل۴- سري زماني سرعت لايه سطحي آب در نزديكي جزيره سيري در طول ۱۲ روز



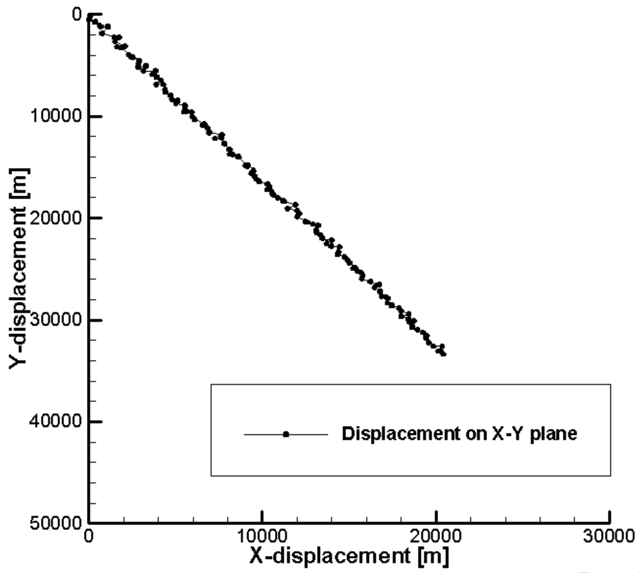
شکل۵- تغييرات ضخامت لکه نفتي در طي ۵۲ ساعت



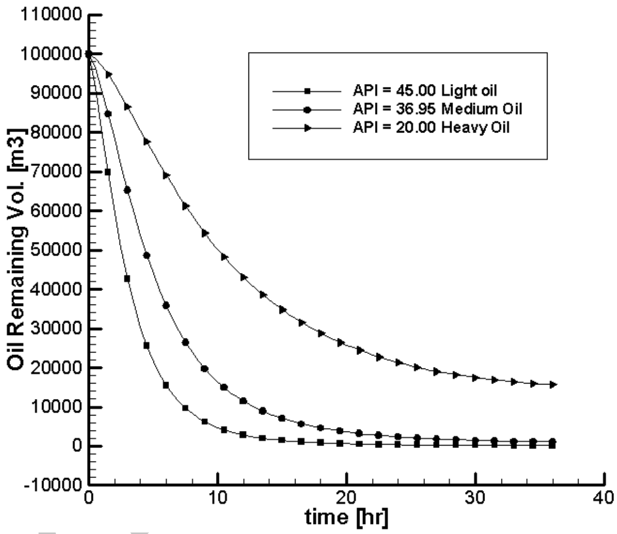
شکل۶- مقايسه ضريب تنظيم مساحت سطح لکه نفتي در خليج فارس



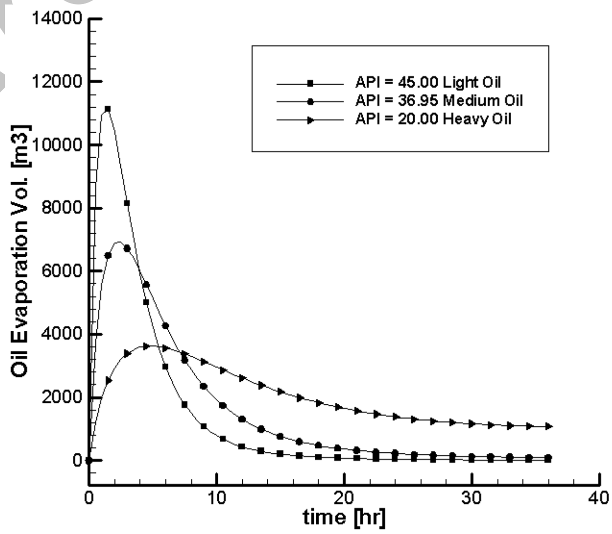
شکل ۷- مقايسه ميزان استهلاك نفت در طي ۵۲ ساعت



شکل۸- مسیرلکه نفتي درصفحه افق درطي۵۲ ساعت



شکل ۹- میزان نفت باقیمانده بر روي آب در طي ۳۶ ساعت براي سه نوع نفت



شکل ۱۰- میزان تبخیر نفت ازسطح آب درطي ۳۶ ساعت براي سه نوع نفت

Abstract

The transport and fate of spilled oil in water bodies are governed by physical, chemical and biological processes that depend on the environmental conditions such as wind, wave, water current, turbulent diffusion, salinity and temperature. Oil spill models usually determine oil movements by vectorial summation of surface current, tidal stream, wind and wave fields and turbulent diffusion. As flow pattern in Persian Gulf is very complicated, it is necessary to obtain water current and tidal stream by measurements or a hydrodynamic model to superimpose wind and wave effects based on an experimental relation.

Here, water current and wind-induced velocities are taken into account to develop a 2-D trajectory model for prediction of oil slick motion. So, a portal including bathymetry, wind field, tidal constituents, oil and water characteristics have been provided for the northern of Persian Gulf waters. Firstly, meteorological data including wind velocity and direction from cynoptical stations, have been interpolated by Cressman analysis and an in-house program in whole grids. Then, latitude, longitude, wind velocity, wave height and period, amplitude and phase of constituents and mean water surface level in grids have been determined.

The portal is then, applied to obtain time series of oil surface area and thickness, oil evaporation, oil dissolution and oil emulsification. Sample simulations for oil spill are presented and a comparison of wind and tide data and water surface level for the domain of solution with the observed data and numerical results shows good conformity.