

## مدل سازی عددی پخش آلودگی در خلیج نابیند

پوران خداری<sup>۱</sup>، مسعودصدری نسب\*<sup>۱</sup>، وحید چگینی<sup>۲</sup>، حسین پاشا زانوسی<sup>۱</sup>

۱. گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲. موسسه ملی اقیانوس شناسی

### چکیده

در این تحقیق از مدل سه بعدی هیدرودینامیکی کوهرنس برای مدلسازی و بررسی آلودگی در خلیج نابیندا استفاده شده است، که در آن معادلات ناویراستوکس و پیوستگی در سه بعد، و معادله های انتقال شوری و دما به روش جداسازی حل شده اند. در مدل از مختصات دکارتی برای راستای افق و از مختصات سیگما با پنج لایه برای راستای قائم استفاده شده است. داده های هواشناسی به صورت میانگین و هم چنین چهارمولفه اصلی جزرومد،  $M_2$ ،  $S_2$ ،  $K_1$  و  $O_1$  در مدل اعمال شده است. در این مدل از شبکه یکنواخت به ابعاد  $79 \times 100$  با دقت ۲۴۳ متر استفاده شده است. پس از تنظیم مدل و وارد کردن داده های مورد نیاز، مدل برای این خلیج اجرا شد که پس از رسیدن به حالت پایداری، جریانات کشندی با مشاهدات میدانی سازمان بنادر و دریانوردی مورد اعتبارسنجی قرار گرفت. پس از آن نحوه پخش آلودگی افقی در لایه های متفاوت پیش بینی شد.

نتایج مدل نشان می دهد که پخش آلودگی در خلیج نابیند، تحت تأثیر جریان های کشندی این خلیج رخ می دهد نتایج این مدل را می توان در نحوه پخش آلودگی و مسیر حرکت آلاینده در خلیج نابیند مورد استفاده قرار داد.

**واژگان کلیدی:** کوهرنس، مدل سازی عددی، خلیج نابیند، پخش آلودگی

## ۱. مقدمه

جریان ها و همچنین پارامترهای فیزیکی مواد آلاینده ای که به دریا ریخته می شود، کنترل می شود. بنابراین انتقال آلودگی به عنوان برداری که مجموعه مولفه های جریانات جزر و مد و تنش باد بر روی آلاینده را در بر می گیرد، محاسبه می شود. علاوه بر انتقال سطحی لکه های نفتی، امکان ماندگاری آلاینده و اختلاط عمودی آن با ستون آب را باید در نظر گرفت.

Bingchen و همکاران آلودگی و انتقال رسوب را در خلیج یانگپو با به کار بردن نتایج مدل سوان و مدل کوهرنس، مدل سازی کردند و نتایج تحقیق خود را با مشاهدات میدانی مورد مقایسه قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که نتایج مدل با مشاهدات میدانی تفاوتی دارد (Bingchen *et al.*, 2008).

محمودی (۱۳۸۶)، با استفاده از مدل کوهرنس به مدل سازی پخش آلودگی در خلیج فارس پرداخته و روشن ساخت که پخش آلودگی در خلیج فارس در سطح و بستر، تابع حرکت جریان و زمان ماندگاری خلیج می باشد.

انتشار آلودگی در محیط های آبی یک پدیده روبه رشد می باشد. نگرانی از عواقب محیطی و اقتصادی ناشی از انتشار آلودگی در آبها، محققین را بر آن داشته است که در این باب تحقیقات فراوانی انجام داده و مدل هایی را جهت بررسی این پدیده و پیش بینی اثرات آن ارائه نمایند. به طور کلی میتوان گفت که هدف این مدلها بررسی فرآیند پخش اثرات زیست محیطی و برآورد مناسب ترین استراتژی پاسخ می باشد. از آنجایی که حوادث دریایی اکثرا در محیط های گسترده و غیر قابل دسترسی رخ می دهد، لذا دسترسی محلی به آلودگی در موقعیت مورد نظر تقریبا غیر اقتصادی و زمانبر می باشد. یکی از روشهایی که میتواند در پیش بینی حرکت آلودگی و پاکسازی آن کمک شایانی کند، مدل سازی عددی است.

حرکت یک آلاینده ریخته شده به آب دریا بوسیله شرایط آب و هوایی، شرایط اقیانوسی کشند،



شکل ۱. خلیج نایبند و منطقه مورد مطالعه

## ۲. مواد و روش ها

با وسعت ۴۱/۳ کیلومتر مربع و عرض دهانه ۷۴۰۰ متر و خط ساحلی به طول ۲۰/۷۵ کیلومتر در ردیف خلیج های کوچک قرار می گیرد (شکل ۱). این دسته از خلیج ها نوعی از فرم های هیدرولوژیک ساحلی می باشند که به واسطه نیروی هیدرودینامیک آب ایجاد

منطقه مورد مطالعه خلیج نایبند می باشد که در سواحل شمالی خلیج فارس در محدود جغرافیایی ۵۸°۲۴' تا ۵۲°۳۸' طول شرقی و ۵۸°۲۲' تا ۲۷°۳۹' عرض شمالی واقع شده است این خلیج

لایه های متفاوت بادقت بسیار خوبی پیشبینی می کند.

در این مطالعه از قسمت هیدرودینامیکی مدل کوهرنس استفاده شده است که بر اساس یک مختصات سیگمای عمودی عمقی<sup>۱</sup> متشکل از ۵ لایه سیگما و فضای شبکه ای کارتیزین با  $\Delta x = 243m$  (از سمت شرق به غرب) و  $\Delta y = 243m$  (از سمت شمال به جنوب) می باشد.

برای تهیه فایل عمق سنجی از نقشه های هیدروگرافی سازمان نقشه برداری در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده و به کمک نرم افزارهای اکسل، مطلب و سورفرقومی و درون یابی شده اند. کمترین عمق آب ۳ متر و بیشترین عمق آب ۶۶ متر می باشد. نیروهای میانگین ماهیانه اتمسفری استفاده شده در مدل (مولفه های سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی) برای یک دوره ۴ ساله از داده های بویه عسلویه و برای پارامترهای بارش و پوشش ابر از داده های ایستگاه سینوپتیکی عسلویه استفاده شده است. نیروهای کشنده، باد، اصطکاک و تغییرات چگالی به طور همزمان به مدل اعمال شده اند.

مدل دارای دو مرز باز غربی و جنوبی می باشد دامنه و فاز چهار مؤلفه اصلی جزرومدی  $M_2$ ،  $S_2$ ،  $K_1$  و  $O_1$  مخصوص خلیج ناپبند، در مرزهای باز مدل در نظر گرفته شده است. همچنین، دما و شوری مرز باز مدل را با توجه به داده های شبیه سازی دما و شوری مدل کوهرنس در خلیج فارس انتخاب شد، که با مشاهدات ماهیانه هیدروگرافیالسی مطابقت دارد (Alessi et al., 1999).

برای رسیدن به مرحله پایداری، مدل برای ۵ سال اجرا شد. طی این فرایند، رژیم گردش آب در خلیج ناپبند در مدت مورد نظر به یک چرخه پایدار رسید. برای سنجش صحت مدل از داده های میدانی جریان، اندازه گیری شده توسط سازمان بنادر و دریانوردی استفاده شد. پروژه گسترده ای تحت عنوان "مونیتورینگ و مطالعات مدلینگ سواحل جنوبی

می گردند. این منطقه دریایی دارای زیستگاههای حساس دریایی از جمله جنگل های حرا می باشد. فاصله ۳۵ کیلومتری منطقه مورد مطالعه با بندر عسلویه این ناحیه را مورد تهدید انواع آلودگی بخصوص آلودگی نفتی قرار داده است، بنابراین با توجه به اهمیت زیست محیطی منطقه نیاز به بررسی روند پخش آلودگی امری ضروری است.

هدف از این مطالعه بررسی نحوه پخش آلودگی افقی در لایه های متفاوت بوسیله مدل سه بعدی هیدرودینامیکی کوهرنس می باشد.

کوهرنس یک مدل هیدرودینامیکی سه بعدی چند منظوره است، که برای آبهای کران های دریاها و فلات قاره ها از آن استفاده می شود. این مدل علاوه بر مدل های هیدرودینامیکی، شامل مدل سازی زیستی، مدل بررسی ذرات معلق، آلودگی ها و مواد محلول در آب نیز هست که از نتایج آن می توان فرایند مقیاس سازی فصلی را نام برد. این مدل، برای دریای کم عمق و مناطق ساحلی نوشته شده است و قابل تغییر برای نقاط متفاوت و فراساحل نیز هست. این مدل دارای چهار مولفه یا بخش اصلی است.

۱- بخش فیزیکی که مدلی عمومی برای حل معادلات فرارفتی و پخش است.

۲- بخش چگونگی رسوبگذاری در مختصات اوپلری.

۳- بخش بررسی توزیع وانتقال آلودگی، در مختصات اوپلری و یالا گرانیژی

۴- بخش زیستی، که بررسی تحرک میکروپلانکتونها، ذرات و محلولهای غیرآلی مانند نیتروژن و اکسیژن را به عهده دارد (Luyten et al., 1999).

این مدل برای مدلسازی جریانهای دریایی، معادلات ناویر-استوکس را مورد استفاده قرار می دهد و بر اساس تغییرات چگالی، شوری و تبادل باروکلینیکی بینگراد یا فشار و گرادیان چگالی سامانه، الگوی پخش را از سطح تا بستر محاسبه و شبیه سازی و نحوه پخش آلودگی را در خلیج ناپبند و در

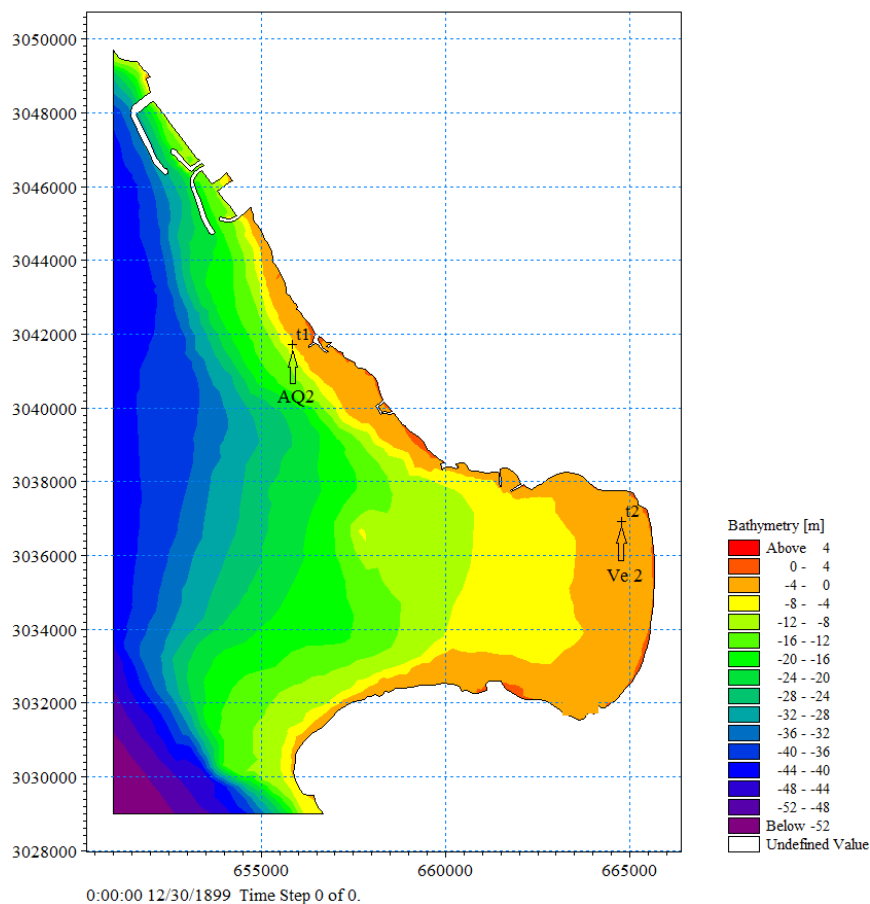
1- Bottom-following

گیری شد. در این پروژه مطالعاتی ۲ ایستگاه اندازه گیری جریان، در منطقه ی خلیج نایبند در نظر گرفته شد، موقعیت ایستگاهها و پارامترهای اندازه گیری شده هر ایستگاه در جدول ۱ آورده شده است. شکل ۲ موقعیت ایستگاهها را نشان می دهد.

کشور" از طرف سازمان مذکور تعریف شد. این پروژه مطالعاتی در یک دوره ۴ساله در ۳ مرحله شامل محدوده خلیج چابهار، منطقه خلیج نایبند تا دیر و دیر تا منطقه شرق بوشهر در برمی گیرد. در هر فاز این پروژه پارامترهای دریایی در طول یک سال توسط ۷ دستگاه موج نگار و جریان سنج و... اندازه

جدول ۱. محل نصب دستگاهها

محل نصب	موقعیت نصب	عمق نصب (m)	پارامتر اندازه گیری	ایستگاه	نوع دستگاه
Y	X				
بندرخل تقی	۲۷°۲۵' ۸۲"	۵۲°۳۴' ۲۳"	۴-	t <sub>1</sub>	ADCP
خلیج نایبند	۲۷°۲۶' ۳۸"	۵۲°۳۸' ۵۸"	۲/۵-	t <sub>2</sub>	ADV

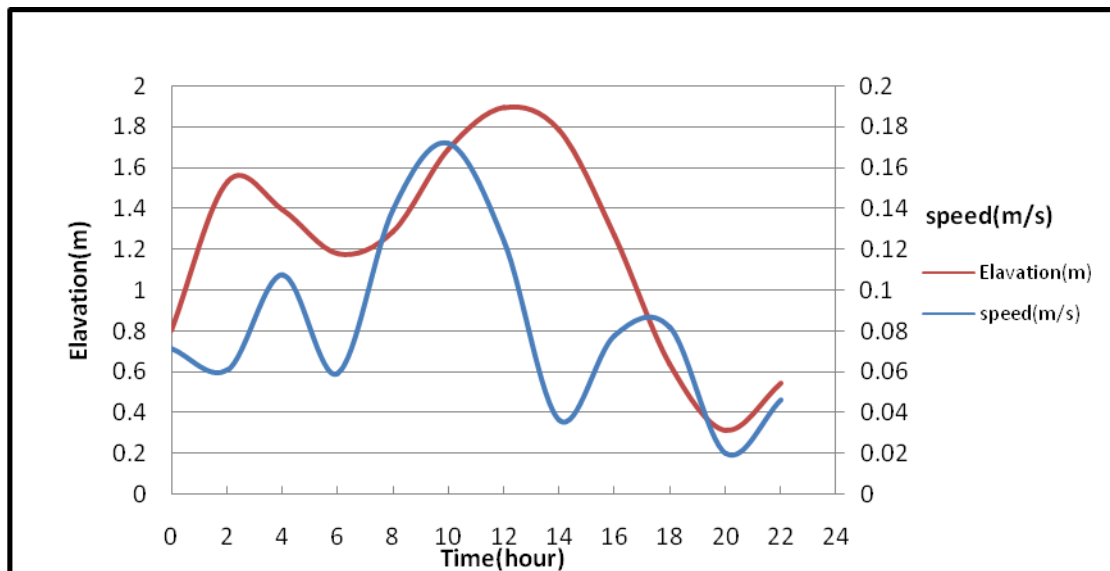


شکل ۲. موقعیت ایستگاههای اندازه گیری

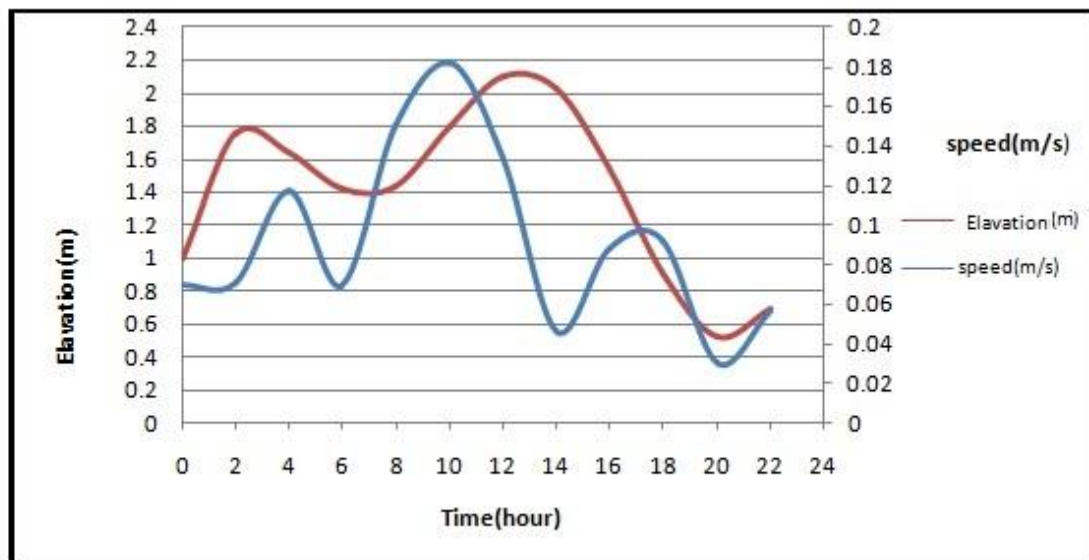
### ۳. نتایج

را نشان می دهند. نمودارهای مذکور نشان می دهند در زمانیکه نوسان سطح آب در نقاط بیشینه و کمینه قرار دارد اندازه جریان کمینه مقدار خود را داراست (وضعیت آب ساکن).

شکل های (۳) و (۴) نوسان سطح آب و اندازه جریان بدست آمده از اندازه گیری و مدل را طی یک دوره تناوب جزرومدی در ایستگاه  $t_1$  نشان می دهد. مقایسه بین این دو نمودار تطابق بالای مدل با واقعیت



شکل ۳. نوسان سطح آب و اندازه جریان بدست آمده از اندازه گیری



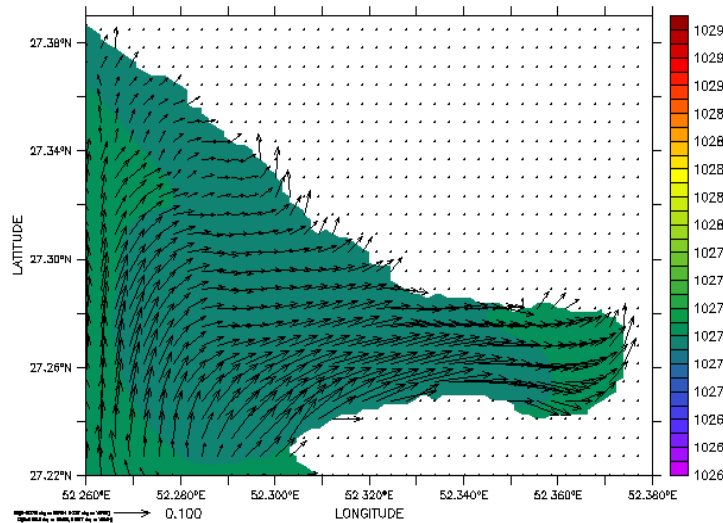
شکل ۴. نوسان سطح آب و اندازه جریان بدست آمده از مدل

سطح مطابق شکل (۵) می باشد. همچنین در این شکل ها در بازه زمانی ۱۴ تا ساعت ۲۲، ارتفاع سطح آب کاهش می یابد و جریان فروکش را خواهیم داشت ،

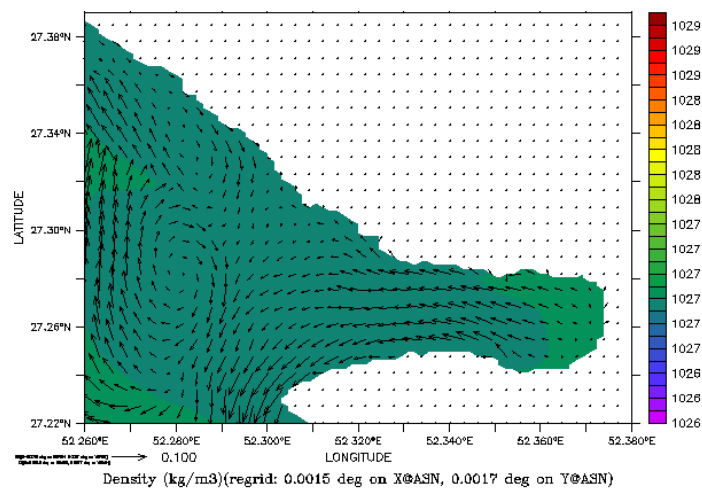
در شکل های (۳) و (۴) در بازه زمانی ۰ تا ساعت ۴، ارتفاع سطح آب افزایش می یابد و جریان سیلان را خواهیم داشت، الگوی جریان سیلان در

جریانهای سیلان و فروکش، به ترتیب شرق سوی و غرب سوی هستند. همچنین، مدل نشان می دهد جریان سیلان قوی تر از جریان فروکش می باشد.

الگوی جریان فروکش در سطح مطابق شکل (۶) می باشد. شکل های (۵) و (۶) این واقعیت را می رسانند که جریان سیلان به سمت ساحل نزدیک و جریان فروکش از سمت ساحل دور می شود.



شکل ۵. الگوی جریان سیلان سطحی بر روی چگالی حاصل از مدل

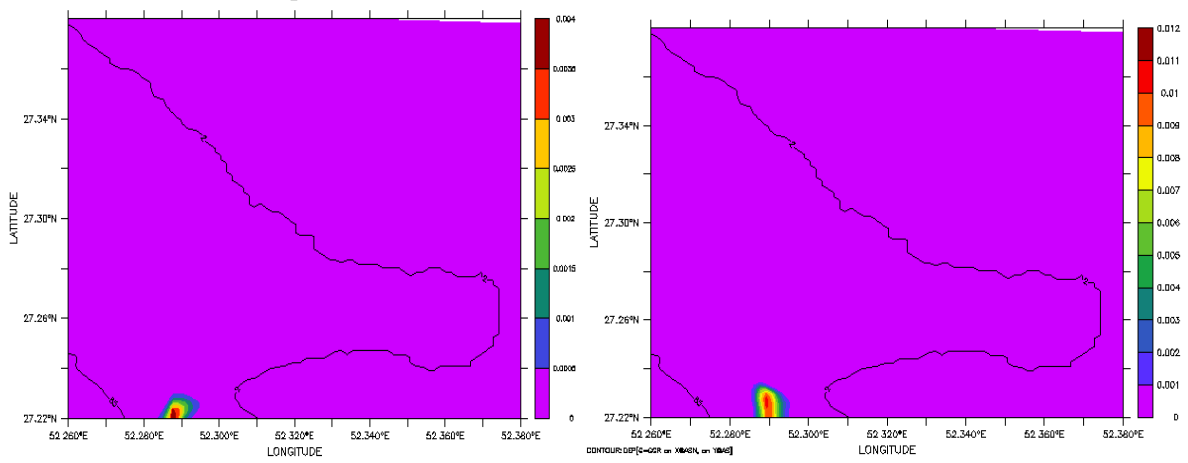


شکل ۶. الگوی جریان فروکش سطحی بر روی چگالی در خلیج نابیند

ب نمایش داده شده است. شکل های (۸-الف و ب) و (۹-الف و ب) به ترتیب ۷ روز و ۱۴ روز پس از شروع آلودگی را نشان می دهد. شکل های مذکور نشان می دهند این منبع آلودگی عمدتاً در ساحل شمالی منطقه مورد مطالعه پخش می شود علت این امر این است که جریان سیلان (که قوی تر از جریان فروکش است) در موقعیت مورد نظر به سمت سواحل شمالی است.

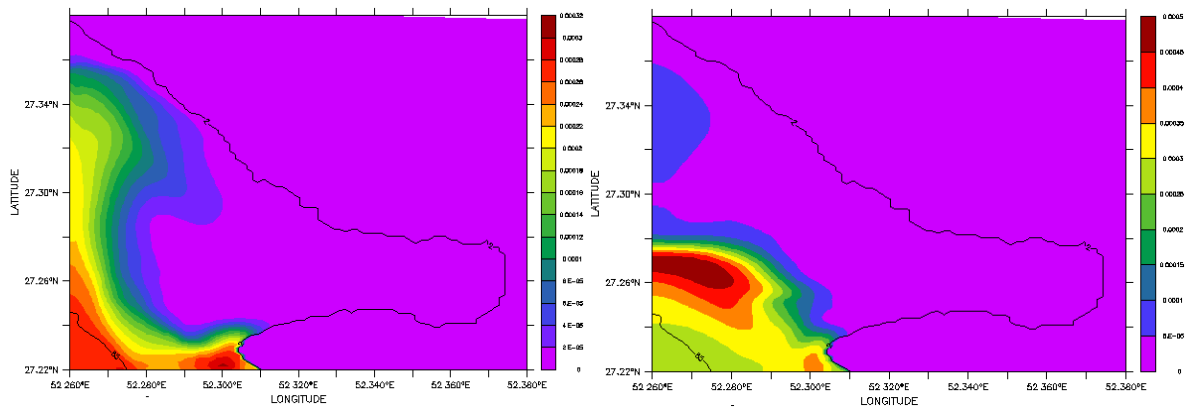
در نهایت با حصول اطمینان از تطابق خوب مدل با واقعیت، به بررسی چگونگی الگوی پخش آلودگی پرداخته شد. چشمه آلودگی در نقاط متفاوت خلیج نابیند در نظر گرفته و در مدت زمان ۷ روز و ۱۴ روز پس از شروع آلودگی، الگوهای پخش آلودگی پیش بینی شد.

لحظه شروع آلودگی برای چشمه آلودگی در جنوب خلیج در لایه سطح و بستر در شکل ۷ الف و



(الف) (ب)

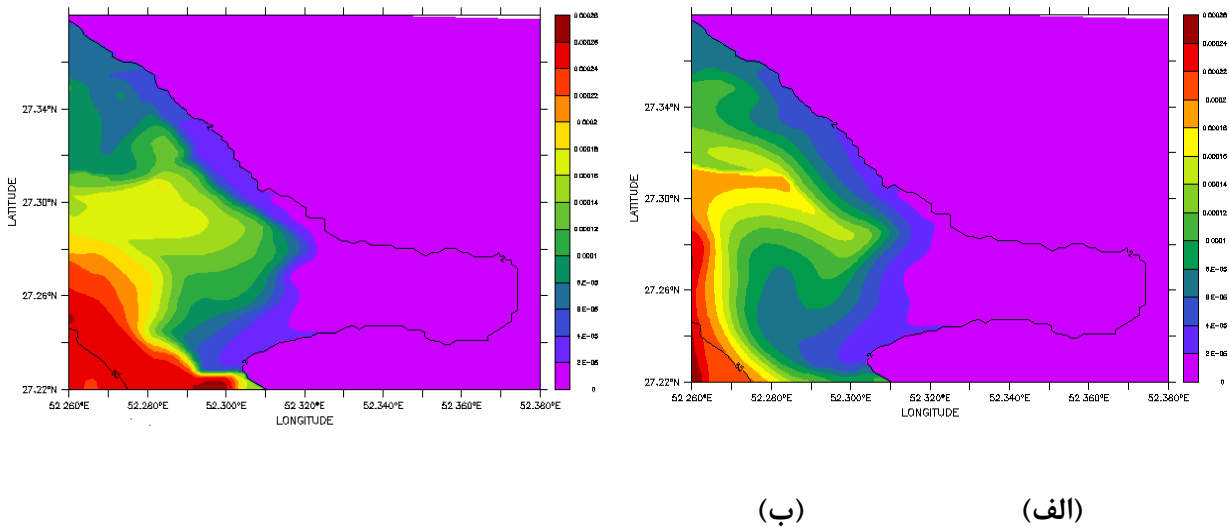
شکل ۷. الف) لحظه شروع آلودگی در جنوب خلیج در لایه سطح، ب) لحظه شروع آلودگی در جنوب خلیج در لایه بستر.



(الف) (ب)

شکل ۸. الف) الف) لحظه شروع آلودگی در جنوب خلیج در لایه سطح، ب) لحظه شروع آلودگی در جنوب خلیج در لایه بستر. در جنوب خلیج در لایه سطح، ب) الف) لحظه شروع آلودگی در جنوب خلیج در لایه سطح، ب) لحظه شروع آلودگی در جنوب خلیج در لایه بستر. شروع آلودگی در جنوب خلیج در لایه بستر.

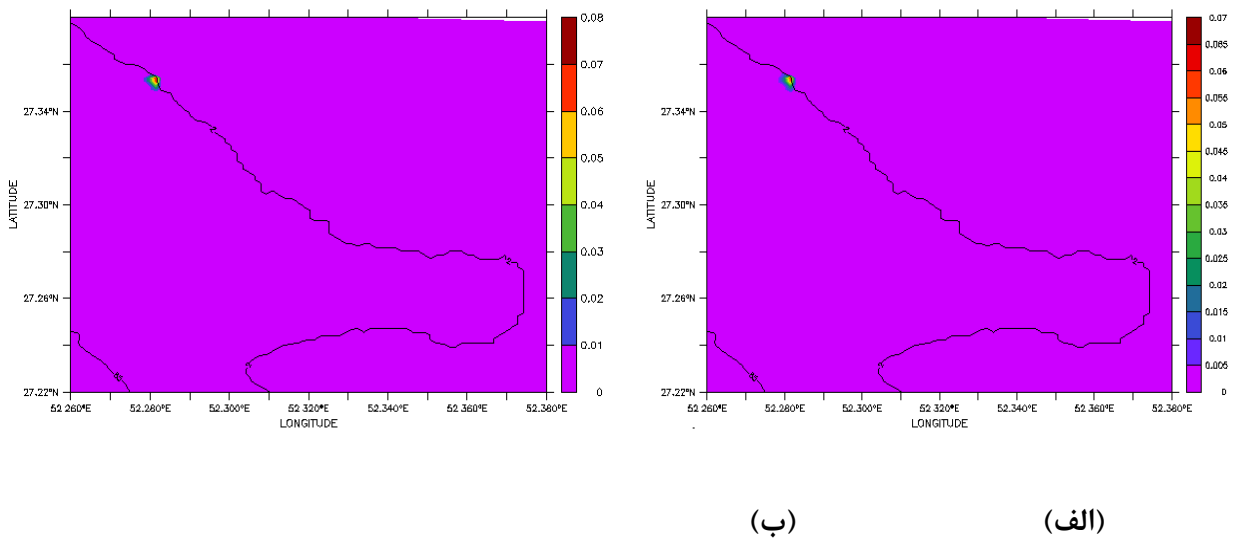
جنوب خلیج، در لایه بستر



شکل ۹. الف) ۱۴ روز پس از شروع پخش آلودگی در جنوب خلیج در لایه بستر، ب) ۱۴ روز پس از شروع پخش آلودگی در جنوب خلیج، در لایه بستر

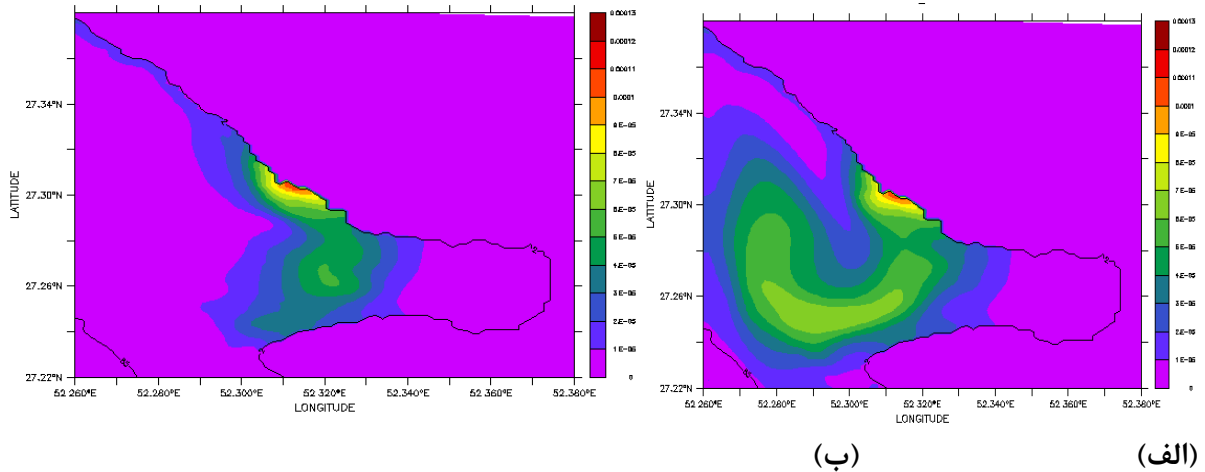
۱۲) الف و ب) به ترتیب ۷ روز و ۱۴ روز پس از شروع آلودگی را نشان می دهند. منبع آلودگی مورد نظر نیز در جهت جریان سیلان پخش می شود.

شکل (۱۰- الف و ب) لحظه شروع آلودگی، برای چشمه آلودگی در شمال خلیج در لایه سطح و بستر را نمایش می دهد. شکل های ۱۱ (الف و ب) و

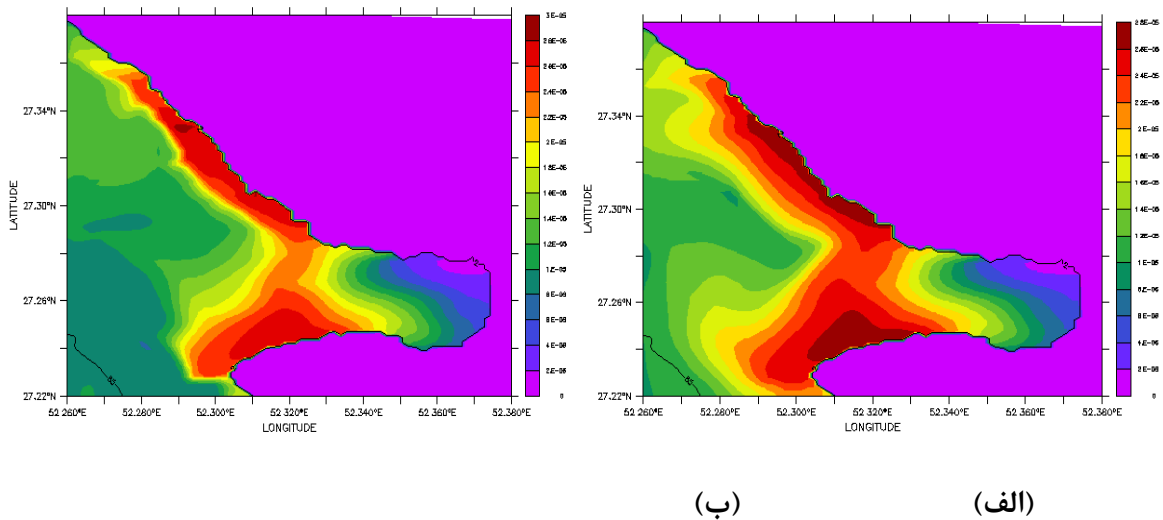


شکل ۱۰. الف) لحظه شروع آلودگی در شمال خلیج در لایه سطح، ب) لحظه شروع آلودگی در شمال خلیج در لایه بستر.





شکل ۱۱. الف) ۷ روز پس از شروع آلودگی در شمال خلیج در لایه سطح، ب) ۷ روز پس از شروع آلودگی در شمال خلیج در لایه هیستر



شکل ۱۲. الف) ۱۴ روز پس از شروع آلودگی در شمال خلیج در لایه سطح، ب) ۱۴ روز پس از شروع آلودگی در شمال خلیج در لایه بستر

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

جهت جریان سیلان پخش می شود که در مورد هر دو چشمه آلودگی، در سطح و بستر صادق است. منبع آلودگی در شمال خلیج در مدت ۱۴ روز در کل منطقه مورد مطالعه پخش می شود. در صورتی که منبع آلودگی در جنوب خلیج در همین بازه زمانی در ساحل شمالی محدوده مورد مطالعه پخش می شود شود علت این امر این است که جریان سیلان (که قوی تر از جریان فروکش است) در موقعیت مورد نظر به سمت سواحل شمالی است.

بررسی نتایج تحقیق که در بالا ذکر شد، نشان می دهد در خلیج ناپبند کوتاه بودن طول بادگیر باعث می شود که جریانات بادرانده قوت چندانی نداشته باشند و جریانات کشندی جریانات غالب منطقه باشند، و از آنجایی که عامل اساسی پخش آلودگی جریانات می باشد می توان گفت پخش آلودگی در خلیج ناپبند تحت تاثیر جریانات کشندی می باشد. از آنجا که در منطقه مورد بررسی، جریان سیلان قویتر از جریان فروکش است آلودگی بیشتر در

Alessi, C. A., Hunt, H. D. and Bower A. S. 1999. Hydrographic data from the U. S. Naval Oceanographic Office: Persian Gulf, southern Red Sea and Arabian Sea 1923- 1996. Technical Report WHOI-99-02, Woods Hole Oceanography. Institute.

Bingchen, L., Huajun, L., Aiqun, W. 2008. Application of COHERENS-SED in modeling contaminant transport of Yangpu Bay, Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering, Darmstadt.

Galperin, B., Kantha, L.H., Hassid, S., Rosati, A. 1988. A quasi-equilibrium turbulent energy model for geophysical flows. J. Atmospheric Sci. 45: 55-62.

Sadrinasab, M., Poorkiani, K. 2011. A Three-dimensional numerical modeling of contaminant dispersion from Arvand Rood River into the Persian Gulf. J. Persian Gulf 4: 19-26

Luyten, P.J., Jones, J.E., Proctor, R., Tabor, A., Tett, P., Wild-Allen, K. 1999. COHERENS A Coupled Hydrodynamical Ecological Model for Regional and Shelf Seas: User Documentation, MUMM Report, Management Unit of the Mathematical Models of the North Sea, p911.

یکسان بودن غلظت و الگوی پخش آلودگی در سطح و بستر در هر دو گام زمانی ۷ روز و ۱۴ روز بیانگر زمان ماندگاری طولانی آلودگی در این نواحی است که در مورد هر دو چشمه آلودگی صدق می کند.

با استفاده از نتایج مدل که دارای دقت بالایی می باشد میتوان برای پیش بینی و ردگیری پخش آلودگی در محیط دریایی خلیج ناپبند استفاده کرد.

### منابع

محمودی، س.م. ۱۳۸۶. مدلسازی آلودگی در خلیج فارس با مدل کوهرنس. پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.

حسینی، س. ط. ۱۳۸۸. مدل سازی عددی جریانات سطحی و زیر سطحی خلیج بوشهر. پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.