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
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
ICOPMAS 2010
10- 8 آذر ماه (تهران)

ارزیابی زمانی تجدید پذیری آب، بر اساس پخش آلودگی فرضی در خلیج چابهار با استفاده از مدلسازی سه‌بعدی.

شاهین بابک ، دانشجوی کارشناسی ارشد ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، shaheen_babak@yahoo.com
محمد جواد کتابداری ، دانشیار ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، ketabdar@aut.ac.ir
مسعود محمودف ، کارشناس ارشد ، موسسه ملی اقیانوس شناسی ، m_mahmoudov@yahoo.com

کلید واژه‌ها: خلیج چابهار، تجدید پذیری آب، پخش آلودگی، COHERENS

چکیده

خلیج چابهار در شمال دریای عمان و سواحل جنوب شرقی ایران واقع شده است. برنامه‌های عظیم حمل و نقلی طرح‌ریزی شده برای این منطقه از یک سو و موقعیت برجسته محیط زیستی این منطقه از سوی دیگر بر اهمیت توجه به اثرات سوء فعالیت‌های صنعتی که می‌تواند گیاهان و جانوران دریایی و همچنین اقتصاد محلی وابسته به ماهیگیری این منطقه را تهدید کند افزوده است. در این مقاله کاربرد کاوش عددی در برآورد زمانی تجدید پذیری آب را بر اساس پیگردی آلودگی فرضی در خلیج چابهار را نشان می‌دهیم. بدین منظور از مدل عددی هیدرودینامیکی تفاضل محدود open source چند منظوره به نام "COHERENS" که قابلیت مدلسازی محیط زیستی در محیطهای آبی مانند فلات قاره‌ها و مصب رودها و انتقال آلودگی‌ها و رسوب را دارا می‌باشد استفاده شده است [1]. مدت زمان لازم برای تجدید آب به سادگی قابل اندازه‌گیری مستقیم نیست اما به صورت غیر مستقیم با استفاده از این مدل عددی به‌دست آمده است. این مدل با در نظر گرفتن مولفه‌های جزر و مدی و سرعت جریان موازی ساحل در مرز آزاد دریا، تنش سطحی به صورت تابعی از سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی و انتقال حرارت در سطح آب مدلسازی شده است. اطلاعات تکمیل شده در مورد مدت زمان لازم برای تجدید آب می تواند در تعیین کیفیت آب در محیطهای ساحلی و همچنین در مدیریت حد پایداری منابع دریایی مورد استفاده قرار گیرد.

مقدمه

خلیج چابهار در قسمت شمال شرقی دریای عمان و در منتهی‌الیه جنوب شرقی کشور در کنار آب‌های نیلگون دریای عمان و اقیانوس هند واقع‌است. مساحت تقریبی آن در حدود 320 کیلومتر مربع و اقلیم آب و هوایی آن متأثر از جریانات و بادهای موسمی دریای عمان و اقیانوس هند است. خلیج چابهار از دیرباز جزو مهمترین مناطق بندری تجاری ـ اقتصادی ایران بشمار می آمده و از موقعیت ویژه استراتژیک و به عنوان دروازه کشور برای ورود به آب های بین المللی برخوردار است. این منطقه علاوه بر دارا بودن صنعت شیلات با دارا بودن سواحل بکر و چشم‌انداز های کم‌نظیر دارای پتانسیل‌های فراوان صنعت توریسم نیز می‌باشد. در حال حاضر این منطقه، از نظر فعالیتهای اقتصادی در حال توسعه است و عرصه‌های دیگر بالقوه منطقه با در نظرگیری فعالیت‌های تجاری منطقه آزاد چابهار، پتانسیل بالایی را در توسعه اقتصادی این منطقه متجلی ساخته است. به طور حتم گسترش فعالیت‌های صنعتی و استفاده از منابع طبیعی به منظور افزایش تولیدات صنعتی و افزایش ترددهای دریایی اثرات خاص خود را بر روی طبیعت خواهد داشت. درصورت عدم رعایت موازین علمی و محیط زیستی، این فعالیت‌ها اثرات جبران ناپذیری از خود به‌جا خواهند گذاشت. تأکید بر توسعه پایدار صنایع مستلزم بررسی دقیق اثرات توسعه این صنایع بر روی منابع طبیعی به همراه شناسایی روش‌های کاهش و کنترل آلودگی است. تخلیه بیشتر پساب‌ها و افزایش حجم تخلیه و بارگیری محموله‌های نفتی و شیمیایی در اسکله‌ها و بالا

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

رفتن احتمال سوانح دریایی درکنار افزایش عملیات‌های تعمیر و نگهداری در باراندازهای منطقه، احتمال وقوع آلودگی‌های مختلف را افزایش می‌دهد.

در این پروژه با مدلسازی هیدرودینامیک منطقه و ردیابی توده آلودگی فرضی که کل محدوده داخل خلیج را در بر گرفته، مدت زمان لازم برای جابجایی کامل آب ویا به بیان دیگر مدت زمانی که طول می‌کشد تا آب خلیج یک بار کاملا جایگزین شود برآورد گردیده است. این تخمین می‌تواند نقش مهمی در برآوردهای دیگر نظیر حد پایداری منطقه در مقابل فشارهای خارجی مانند آلودگی‌های صنعتی و شهری، صید وصیادی و شوری مازاد تحمیلی از جانب تاسیسات آب شیرین‌کن داشته باشد. با استفاده از نتایج این گونه تحقیقات و مطالعات، می‌توان با احداث تاسیسات تصفیه‌خانه‌ای و وضع محدودیت‌های لازم بر فعالیت‌های مختلف و تدوین استانداردها و قوانین دقیق‌تر از بروز آسیب به محیط زیست و منابع منطقه جلوگیری کرده و ضمن ارتقای مدیریت منابع طبیعی با اطمینان بیشتر، استفاده صحیح از این منابع طبیعی را گسترش داد.

معرفی مدل عددی COHERENS

COHERENS[1] یک مدل هیدرودینامیکی سه بعدی چند منظوره open source برای نواحی ساحلی و فلات قاره است. این مدل با زبان برنامه‌نویسی Fortran 77 و با فرض استفاده کاربر از سیستم عامل UNIX نوشته شده است. مدول هیدرودینامیک با مدول‌های زیست‌شناسی و بیولوژیکی، انتقال رسوب و آلودگی همراه شده، و فرآیندهای با مقیاس زمانی متوسط تا فصلی را مدل‌سازی و حل می‌کند. این مدل معادلات مومنتوم و پیوستگی را با فرض تعادل هیدرواستاتیکی در راستای قائم، به همراه معادلات حرارت و شوری با استفاده از سیستم مختصات سیگما و با در نظر گرفتن شرایط مرزی دقیق در سطح، کف و مرزهای باز حل می‌نماید. معادلات اساسی مدل به قرار زیر است:

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}-fv=-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_T\frac{\partial u}{\partial z}\right)+\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}-fu=-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_T\frac{\partial v}{\partial z}\right)+\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial y} \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z}=-\rho g \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}=\frac{1}{c_p\rho_0}\frac{\partial I}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_T\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_H\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_H\frac{\partial T}{\partial y}\right) \quad (5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t}+u\frac{\partial S}{\partial x}+v\frac{\partial S}{\partial y}+w\frac{\partial S}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_T\frac{\partial S}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_H\frac{\partial S}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_H\frac{\partial S}{\partial y}\right) \quad (6)$$

در این معادلات (u,v,w) مولفه‌های جریان، $f=2\Omega\sin\phi$ فرکانس کوریولیس، $\Omega=2\pi/86164(rad/\sec)$ سرعت زاویه‌ای چرخش زمین، T دما، S شوری، g شتاب گرانش، p فشار، ν_T و λ_T ضرایب لزجت گردابه‌ای و ضریب پخش، λ_H ضریب انتشار افقی برای شوری و دما، ρ چگالی، ρ_0 چگالی مبنا، c_p گرمای ویژه سطح آب در فشار ثابت و $I(x,y,z,t)$ تابش خورشیدی هستند.

[1]. COupled Hydrodynamical Ecological model for REgioNal and Shelf seas

www.SID.ir

Archive of SID

COHERENS و NOMADS[2] به ترتیب بین سال‌های 1990 تا 1998 و 1995 تا 1997 توسط یک گروه چند ملیتی به عنوان بخشی از پروژه‌های MAST[3] توسط سازمان تحقیقات علمی اتحادیه اروپا[4] با هزینه این اتحادیه طراحی و اجراء شده است. این مدل که در ابتدا برای مدل‌سازی دریای شمال [2] به کار گرفته شده است، هم اکنون در دسترس گروه‌های مختلف علمی و تحقیقاتی است. این مدل وسیله‌ای مناسب برای شناخت فرآیند های فیزیکی، زیست شناسی و پیش بینی و نظارت بر توزیع مواد آلاینده در نواحی فلات قاره و آب‌های ساحلی به‌شمار می رود. طراحی، آزمایش و معتبرسازی یک مدل یکپارچه نیازمند سال‌ها تلاش است، از این رو این مدل با در دسترس بودن اصل برنامه آن در اختیار محققان قرار داده شده تا در سراسر جهان با اجراء در پروژه‌های مختلف دقت آن محک خورده و در صورت نیاز کالیبراسیون‌های لازم در مدل اعمال شود.

مروری بر کارهای انجام گرفته

جدا از مدل‌سازی دریای شمال که این مدل با آن هدف طراحی و تدارک دیده شده است از سال 2000 که این مدل در اختیار محققان قرار داده شده تا کنون به کمک این مدل تعداد بسیار زیادی پروژه‌های مختلف در سراسر جهان انجام شده است. این پروژه ها در مقیاس‌های کوچک و بزرگ شامل مدلسازی دریاها و مناطق ساحلی، خلیج‌ها، فلات قاره‌ها، مصب رودها گرفته تا مدلسازی دریاچه‌ها و در دوره‌های زمانی چند هفته تا چندین سال برای بررسی‌های هیدرودینامیکی، پارامترهای زیستی، انتقال آلودگی و رسوب بوده است. به‌دلیل وجود مشکلاتی که خاص مدل‌هایی هستند که به‌صورت open source در اختیار کاربر قرار می‌گیرند، این مدل در کشور ما کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. برخلاف نرم‌افزارهای تجاری که به‌کرات با وجود عدم دارا بودن ارزش آکادمیک در مراکز علمی کشورمان به‌کار گرفته می‌شوند. از پروژه‌های انجام گرفته توسط این مدل در رابطه با کشورمان می‌توان به سه کار تحقیقاتی شامل تحلیل سه‌بعدی مدت زمان تخلیه در خلیج فارس؛ گردش آب خلیج فارس : مطالعه عددی؛ مدل سازی عددی سه‌بعدی جهت مطالعه فراجوشی ساحلی در خلیج فارس اشاره نمود [3، 4، 5].

در منطقه چابهار تا سال 2007 هیچ پروژه مدلسازی هیدرودینامیکی صورت نگرفته بود. اما پس از انجام عملیات گسترده اندازه‌گیری میدانی در یک دوره یکساله در سال‌های 2006 و 2007 توسط سازمان بنادر و دریانوردی در این منطقه این سازمان اقدام به مدلسازی سه‌بعدی هیدرودینامیکی خلیج چابهار نموده است. موقعیت ایستگاه‌ها را در شکل 1 و دوره‌های برداشت در هر ایستگاه را در جدول 1 ملاحظه می‌کنید.

منابع مورد استفاده و روند انجام مطالعه

در این پروژه از اطلاعات عمق‌سنجی دقیقی با فواصل شبکه 10 متر که بیش از 3200000 نقطه برداشت را شامل می‌شود استفاده شده است. شبکه دارای تعداد تقسیمات 103 در راستای شرق به غرب و 86 در راستای شمال به جنوب بوده است. با توجه به ابعاد هر چشمه از شبکه مدل که 250 در 250 متر بود، میانگین عمق 676 نقطه در هر چشمه شبکه گرفته و به این چشمه از شبکه اختصاص داده شد. بخش جنوب شرقی شبکه که محدوده بنادر شهید بهشتی و شهید کلانتری را در خود جای داده است در شکل 2 و بخش شرقی شبکه که محدوده اسکله ماهی‌گیری کنارک را در خود جای داده است در شکل 3 مشاهده می‌گردد. هر عدد نشان دهنده عمق متوسط در هر چشمه است که برای سهولت در نمایش به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده است. نقاطی که با رنگ تیره تر مشخص شده‌اند، نقاطی هستند که باوجود دارا بودن عمق متوسط به‌جهت اعمال موجشکن‌ها عمق صفر به آنها اختصاص داده شه است. نقاطی که دارای هاشور افقی هستند محل‌های برداشت میدانی سرعت جریان هستند که نتایج آنها در اختیار قرار گرفته است. نقاط دارای هاشور عمودی نیز آنهایی هستند که در دوره مدلسازی ما دارای اطلاعات سرعت جریان بوده‌اند ولی نتایج آنها در اختیار ما قرار داده نشده است. با هدف اجتناب از صفر شدن عمق در طول شبیه‌سازی در هریک از چشمه‌ها به سبب جزر و مد و امواج که منجر به قطع اجراء برنامه می‌شود عمق حداقلی را باید برای چشمه‌ها در نظر گرفت. از آنجا که فاصله بین مد حداکثر و جزر حداقل در چابهار حدود 1 متر و 70 سانتیمتر است، عمق حداقلی برابر 2 متر در نظر گرفته شده است.

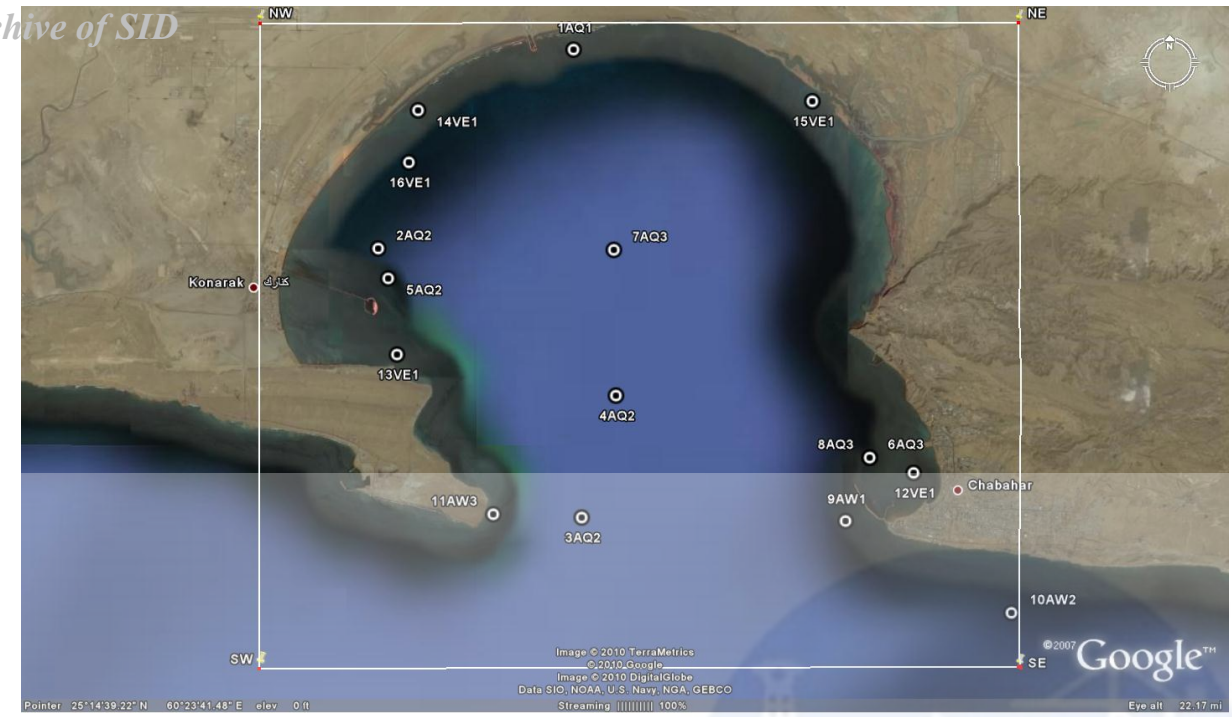
---

[2]. North Sea Model Advection Dispersion Study
[3]. Marine Science and Technology Programme http://ec.europa.eu/research/marine/mast-ser.html
[4]. European Commission Research http://ec.europa.eu/research/index.cfm

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID



شکل 1) محدوده مورد مطالعه و موقعیت مکانی دستگاه‌های اندازه‌گیری برداشت میدانی پارامترهای دریایی در چابهار

جدول 1) موقعیت مکانی و زمانی دستگاه‌های اندازه‌گیری در پروژه برداشت میدانی پارامترهای دریایی در چابها

Instrument Name	Station Number	Measurement Period		Depth (m)	Position of Instruments		Position on Our Mesh	
		Start	End		Longitude	Latitude	i	j
AQ1	1	8/21/06 19:00	9/3/07 22:40	-3	60.5021	25.4345	44.0	84.0
AQ2	2	8/22/06 13:00	3/1/07 18:00	-3	60.4358	25.3733	17.0	57.0
	3	3/5/07 15:00	5/22/07 6:00	-13	60.5049	25.2906		
	4	5/22/07 0:00	7/10/07 7:00	-11	60.5165	25.3281		
	5	7/11/07 11:00	8/29/07 13:00	-5	60.4392	25.3641		
AQ3	6	10/31/06 14:00	5/31/07 18:00	-10	60.6026	25.3090		
	7	6/1/07 11:00	6/30/07 13:20	-10	60.5158	25.3729		
	8	7/1/07 11:00	9/3/07 16:00	-10	60.6026	25.3090		
AW1	9	8/25/06 11:00	9/2/07 11:00	-10	60.5944	25.2895	81.0	21.0
AW2	10	8/27/06 11:08	6/14/07 10:20	-30	60.6507	25.2612	102.0	6.0
AW3	11	8/30/06 11:08	9/2/07 11:40	-11	60.4749	25.2916	33.0	22.0
VE1	12	8/22/06 8:00	10/26/06 14:00	-3	60.6175	25.3043	90.0	27.0
	13	10/31/06 11:00	2/1/07 15:00	-3	60.4422	25.3407		
	14	2/5/07 14:00	2/20/07 7:00	-2	60.4493	25.4158		
	15	2/5/07 12:00	6/30/07 14:00	-2	60.5832	25.4186		
	16	7/13/07 13:00	8/31/07 5:00	-3	60.4462	25.3998		

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

13	13	12	10	9	9	8	7	6	6	2											
13	13	12	10	9	9	8	7	6	5	3	2										
11	13	12	10	9	8	8	7	7	6	5	2	2									
11	13	12	9	9	8	8	7	7	6	5	4	2									
11	13	10	9	9	8	8	7	7	7	5	4	3	2								
12	13	12	10	12	12	12	10	10	10	10	10	5	2	2							
12	11	11	13	9	8	8	8	8	7	6	11	10	2	2							
12	12	12	10	9	8	8	7	7	6	6	4	0	0	0							
12	12	13	12	9	9	8	8	7	7	6	5	4	2	2							
13	12	11	12	10	9	8	8	7	7	6	5	4	3	2	2						
13	12	11	13	10	9	9	8	7	7	5	5	4	3	2	2						
13	13	12	13	12	10	9	8	7	6	5	4	4	3	3	2						
14	13	12	11	12	10	9	8	7	6	5	4	3	3	2	2						
14	14	13	12	9	10	9	8	6	5	4	3	3	2	2	2						
15	14	13	13	0	8	8	8	5	4	3	2	2	2	2	2						
15	15	13	12	12	0	7	6	4	0	2	2	2	2	2							
16	15	12	12	9	6	0	4	0	2	2	2	2									
15	13	13	9	8	7	5	0		2												
15	13	12	10	9	8	7	6														
15	14	13	12	13	9	9	10	7	2	2	2										
17	16	15	14	13	12	13	9	9	9	5	3	2	2	2	2	2					
17	16	16	15	14	13	12	11	13	13	10	9	7	5	4	3	2	2	2	2	2	2
18	17	16	15	14	13	13	14	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	6	6
19	18	17	16	15	15	15	15	15	15	15	14	13	13	12	11	13	10	9	9	8	8	8
23	23	23	20	20	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	14	14	13	13	13	13	12	12

شکل 2) بخش جنوب شرقی شبکه مورد استفاده در مدل، محدوده بنادر شهید بهشتی و شهید کلانتری

61							2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4
60							2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
59						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
58						2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
57					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
56					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
55					2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5
54				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5
53				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
52				0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
51				2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5
50			2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	5
49			2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	2	3	4	4	4	5
48			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	3	4	4	4	5
47			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
46				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
45				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4
44				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4
43					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4
42					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
41						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
40																			2	2	2
39																				2	2

شکل 3) بخش شرقی شبکه مورد استفاده در مدل، محدوده اسکله ماهی‌گیری کنارک

www.SID.ir

www.SID.ir

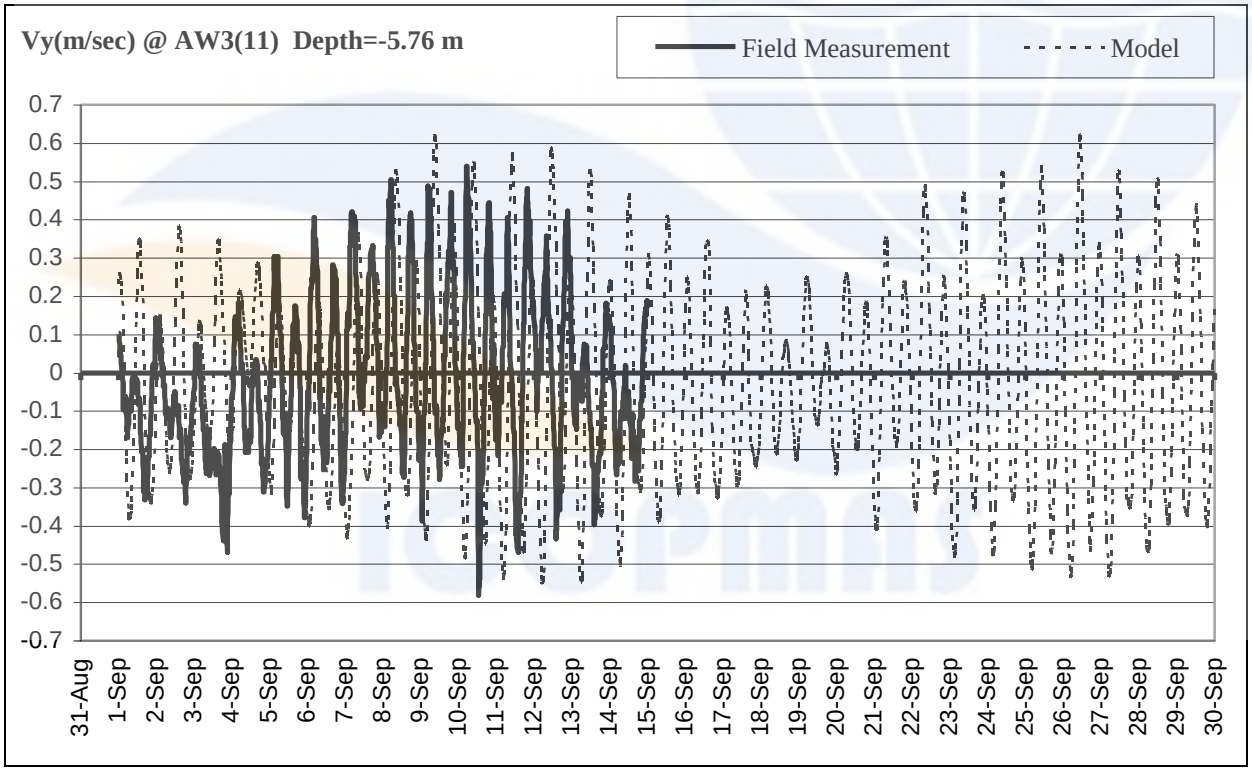
Archive of SID

چهار مؤلفه جزر و مدی جدول 2 بر اساس جداول جزرومدی بنادر کشور، ارائه شده توسط سازمان نقشه برداری در سال 2006 برای اعمال در مرز آزاد جنوبی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول 2) چهار مؤلفه جزر و مدی بندر چابهار، ارائه شده توسط سازمان نقشه برداری برای سال 2006

Tidal Constituent	Amplitude (m-ft)	Period (hr)	Phase (deg)
Principal lunar semidiurnal M2	0.62 - 2.034	12.42	267.3
Principal solar semidiurnal S2	0.24 - 0.787	12.00	299.6
Lunisolar diurnal K1	0.40 - 1.312	23.93	34.5
Principal lunar diurnal O1	0.20 - 0.656	25.82	35.8

به عنوان بخشی از طرح مونیتورینگ و مطالعات مدلینگ بخش‌هایی از سواحل استان سیستان و بلوچستان اطلاعات امواج و جریان در چندین نقطه از ناحیه خلیج چابهار با استفاده از 6 دستگاه ADCP و 2 دستگاه ADV برای یک دوره یکساله از سپتامبر 2006 تا آگوست 2007 اندازه‌گیری شده‌اند. موقعیت این ایستگاه‌ها و دوره اندازه‌گیری در آنها در جدول 1 آورده شده است، همچنین این نقاط در شکل 1 نمایش داده شده‌اند. نتایج جریان‌سنجی در نقاط 2 ، 9 ، 10 و 11 از جدول 1 در دو هفته اول سپتامبر توسط سازمان بنادر و دریانوردی در اختیار این پروژه قرار گرفت. البته نقاط 1 و 12 از این جدول نیز در مدت زمان مدلسازی یعنی سپتامبر 2006 دارای نتایج سرعت جریان بوده‌اند. از نتایج سریهای زمانی سرعت جریان برای سنجش دقت مدل استفاده شد. نتایج نشان داد که تشابه قابل قبولی در الگوی تغییرات و دامنه تغییرات با سریهای زمانی خروجی جریان توسط مدل وجود دارد. یک نمونه از این نمودارها در شکل 4 نشان داده شده است. در این شکل سری زمانی مؤلفه سرعت در راستای شمال–جنوب در عمق 5 متر و 67 سانتیمتری در نقطه 11 که همان AW3 می‌باشد دیده می شود.

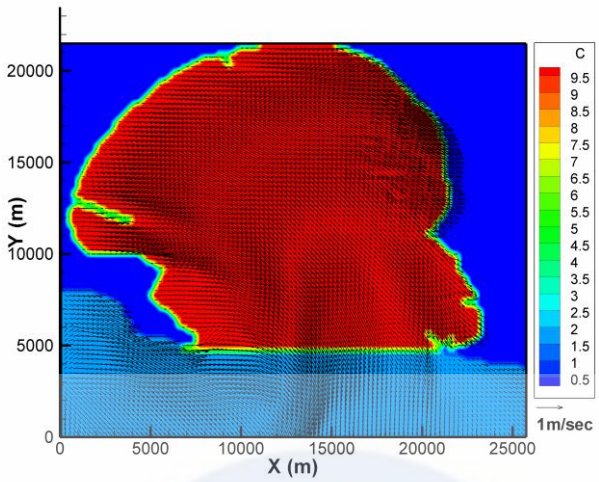


شکل 4) سری زمانی مؤلفه سرعت در راستای شمال–جنوب در عمق 5 متر و 67 سانتیمتری در AW3

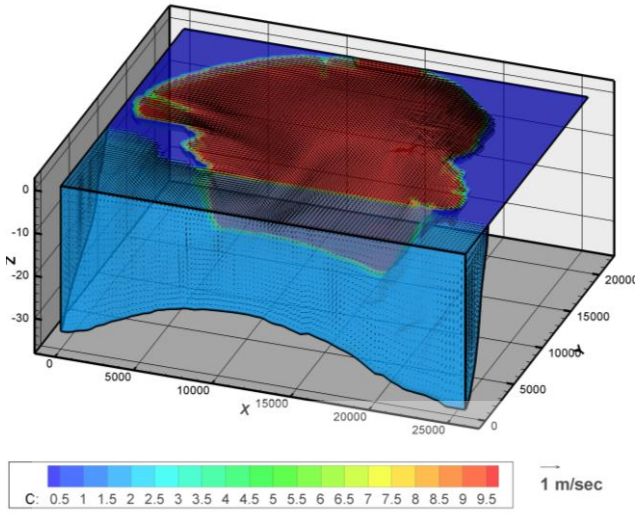
www.SID.ir

Archive of SID

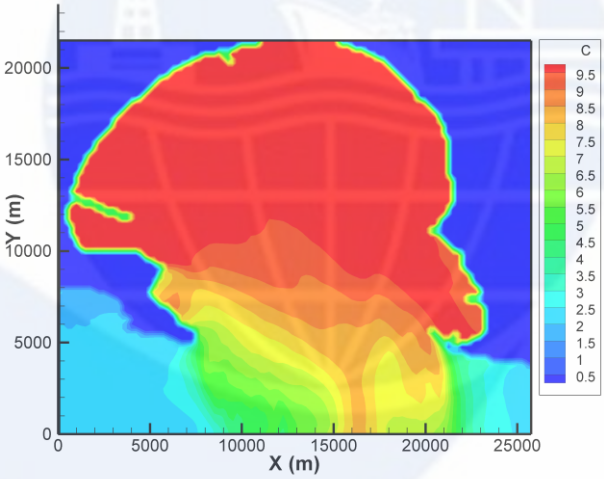
Archive of SID



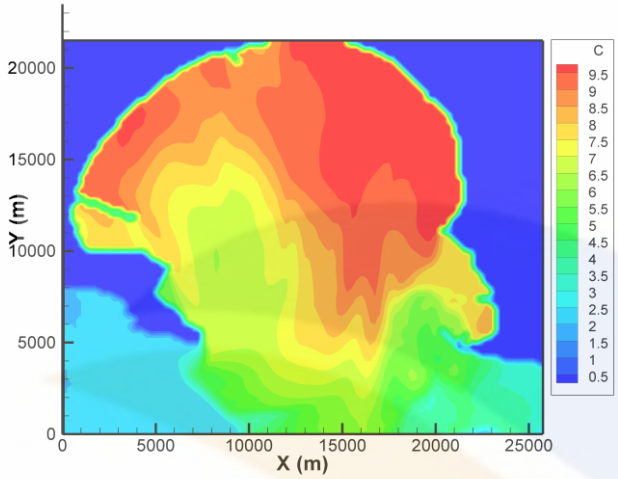
شکل 5) غلظت آلودگی در 1 سپتامبر (دو بعدی)



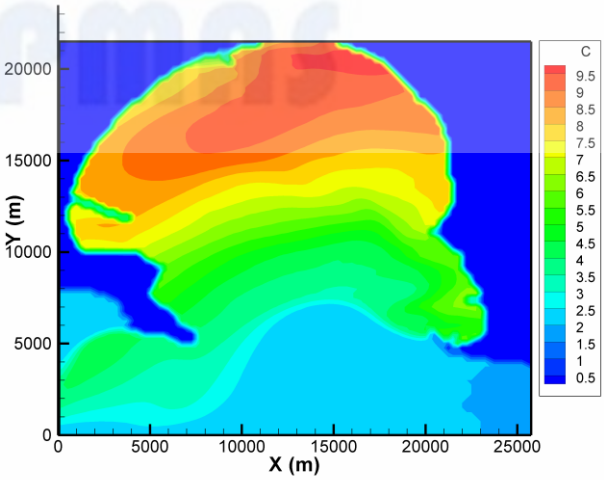
شکل 6) غلظت آلودگی در 1 سپتامبر (سه بعدی)



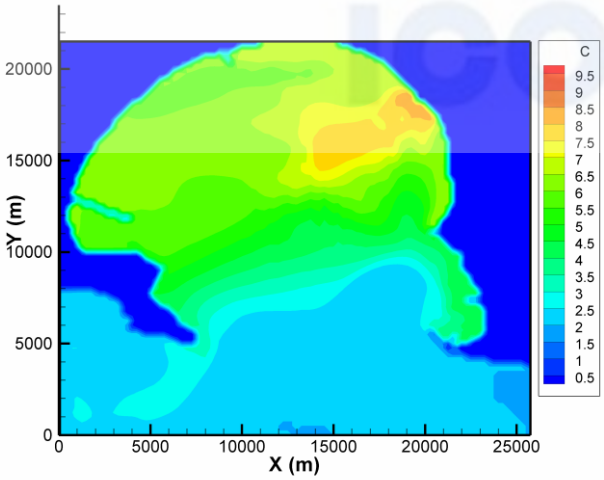
شکل 7) غلظت آلودگی در 3 سپتامبر



شکل 8) غلظت آلودگی در 5 سپتامبر



شکل 9) غلظت آلودگی در 7 سپتامبر



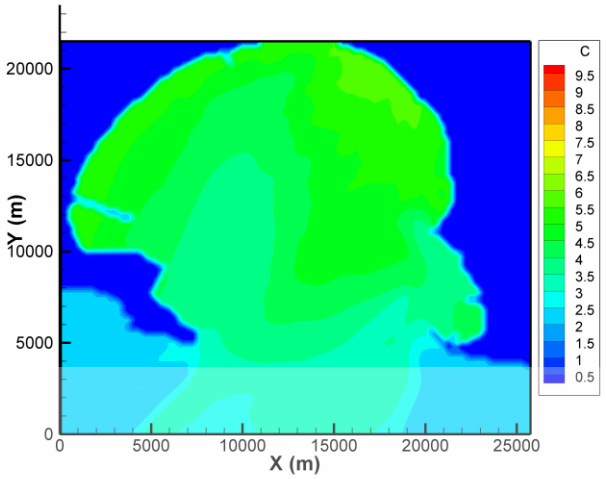
شکل 10) غلظت آلودگی در 9 سپتامبر

www.SID.ir

www.SID.ir

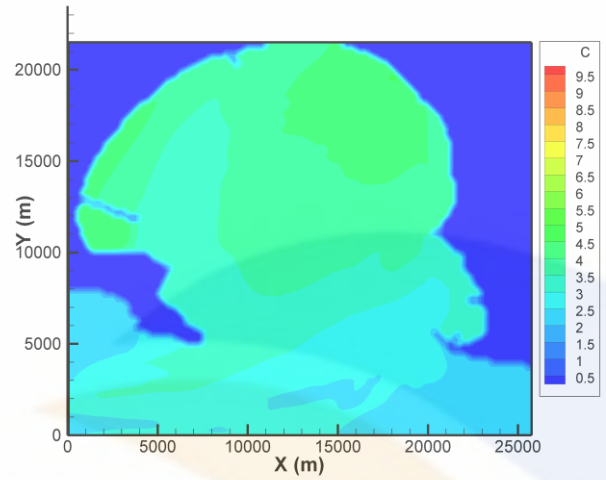
Archive of SID

Archive of SID



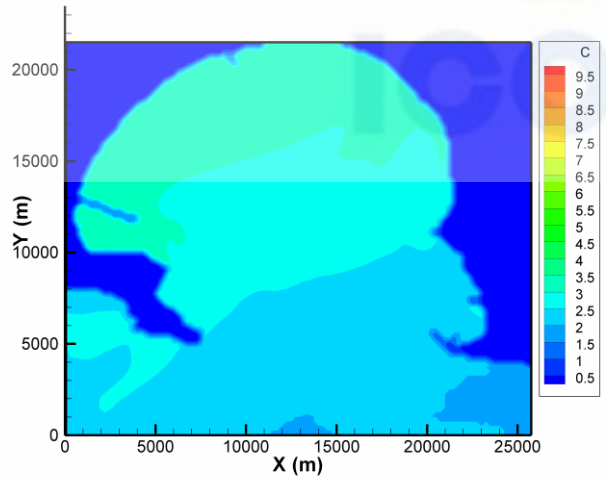
شکل 11) غلظت آلودگی در 11 سپتامبر

شکل 12) غلظت آلودگی در 13 سپتامبر



شکل 13) غلظت آلودگی در 15 سپتامبر

شکل 14) غلظت آلودگی در 17 سپتامبر



شکل 15) غلظت آلودگی در 19 سپتامبر

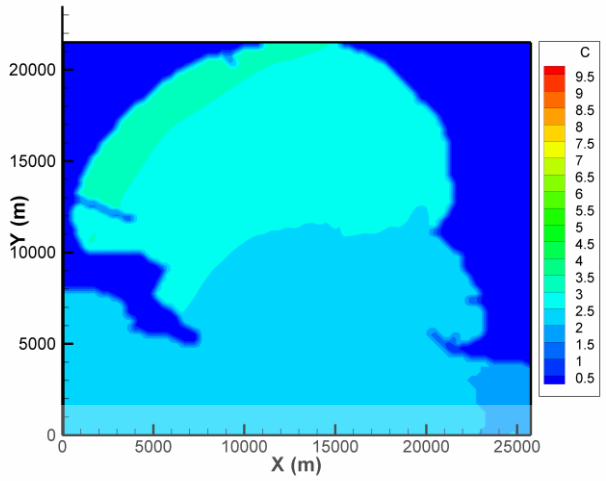
شکل 16) غلظت آلودگی در 21 سپتامبر

www.SID.ir

www.SID.ir

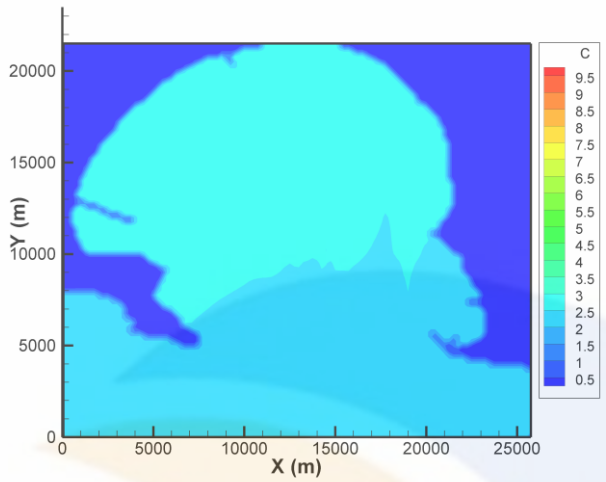
Archive of SID

Archive of SID



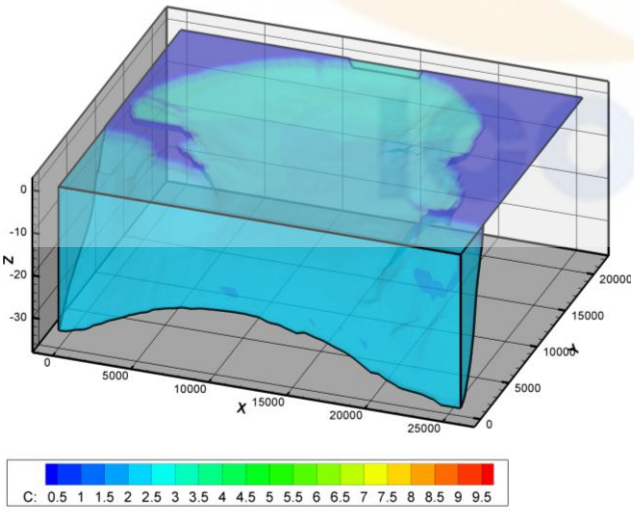
شکل 17) غلظت آلودگی در 23 سپتامبر

شکل 18) غلظت آلودگی در 25 سپتامبر



شکل 19) غلظت آلودگی در 27 سپتامبر

شکل 20) غلظت آلودگی در 29 سپتامبر



شکل 21) غلظت آلودگی در 30 سپتامبر (دو بعدی)

شکل 22) غلظت آلودگی در 30 سپتامبر (سه بعدی)

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

در این مدل از اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک چابهار در ماه‌های آگوست و سپتامبر 2006 استفاده شده است. این اطلاعات شامل سرعت و جهت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی، میزان بارش‌ها و درصد آفتابی بودن روز می‌باشد. از آنجایی که در این تحقیق از حالت اعمال شرایط جوی یکنواخت در کل محدوده مدلسازی و متغیر با زمان استفاده شده است، فشار هوا تأثیری در مدل نداشت. در واقع فشار هوا زمانی در مدل تأثیرگذار می‌شود که شرایط آب و هوایی به‌صورت سریهای زمانی برای هر نقطه به مدل داده شود. درصورت طولانی بودن دوره مدلسازی نیاز به تشکیل ماتریس‌های بسیار حجیم خواهد بود. بنابراین معمولا در چنین مواردی از یک مدل هواشناسی جانبی استفاده می گردد که با مدل حاضر کوپل شده و وضعیت پارامترهای هواشناسی را در هر نقطه در طول اجراء برنامه در اختیار مدل قرار قرار می‌دهد. در این صورت، تفاوت فشار هوا بین محدوده‌های مختلف سبب ایجاد تغییرات در تراز سطح آب و تشکیل امواج ناشی از تفاوت فشار می‌شود.

ابتدا مدل جهت به چرخش درآمدن اولیه از تاریخ 29 تا 31 آگوست بدون نیاز به دریافت خروجی خاصی اجراء شد. در پایان این دوره سه روزه شرایط نهایی مدل به‌ویژه سرعت‌های جریان و تراز سطح آب در نقاط مختلف توسط مدل ثبت گردید. این اطلاعات به‌عنوان شرایط اولیه در مدلسازی اصلی از تاریخ 1 تا 30 سپتامبر 2006 مورد استفاده قرار گرفت. سپس در ابتدای ماه سپتامبر یک آلودگی فرض C با غلظت 10 گرم در متر مکعب در محدوده داخلی خلیج و شمال خطی که AW1 را به AW3 وصل می‌کند در کل عمق در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن ضریب پخش صفر برای این آلودگی در حقیقت حلالیت از این آلودگی گرفته شد و این کار سبب گشت که تنها تأثیر جریانات همرفتی در محدوده نعل‌اسبی شکل خلیج چابهار قابل مشاهده شود. در حقیقت اگر جریانی که ناشی از جزرومد، باد و جریان در مرزهای آزاد است وجود نداشت این توده آلودگی هیچ تغییر مکانی را از خود نشان نمی‌داد. میزان غلظت C در بیرون محدوده خلیج و در مرزهای آزاد برابر 2 گرم بر متر مکعب در نظر گرفته شد. سپس مدل برای مدلسازی 30 روز به اجراء در آمد. میزان غلظت C و الگوی تغییرات آن برای برآورد تازه شدن آب در مناطق مختلف خلیج به عنوان معیار استفاده گردید. در شکل 5 وضعیت مدل در اول سپتامبر مشاهده می گردد. در این حالت آلودگی فرضی در محدوه خلیج اعمال شده و میدان‌های جریان از بازه سه روزه چرخش اولیه در مدل وارد شده‌اند. شکل 6 نمایی سه بعدی از این لحظه را نشان می‌دهد. این در حالی است که در ابتدای دوره سه روزه چرخش اولیه هیچ جریانی در مدل وجود نداشته و تمام ذرات از حالت سکون به آهستگی شروع به حرکت کردند. شکل‌های 7 تا 20 وضعیت غلظت آلودگی را از 3 سپتامبر تا 29 سپتامبر در فواصل زمانی 2 روزه نشان می دهند. اشکال 21 و 22 وضعیت را در روز 30 سپتامبر در حالت های دو بعدی و سه بعدی نشان می دهند.

بحث و نتیجه‌گیری

از خروجی‌ها چنین بر می‌آید که آب قسمت‌های جنوب شرقی خلیج با سرعت بیشتری درحال جایگزین شدن هستند. این درحالیست که نواحی شمال شرقی خلیج یکی از کندترین مناطق در حال جایگزینی به‌حساب می‌آیند. جریان عموماً از دماغه غربی به سمت داخل خلیج است پس در صورت احداث تأسیسات صنعتی آلودگی‌زا یا وقوع سوانح دریایی در این ناحیه آلودگی به سمت داخل خلیج پیش خواهد رفت. چنانکه از شکل 11 بر می‌آید، پس از گذشت ده روز آب ورودی با آب موجود در خلیج مخلوط شده و غلظت آلودگی فرضی را در کل محدوده خلیج از 10 به حدود 5 تا 6 گرم بر متر مکعب رسانده است. با توجه به دامنه تغییرات ممکن برای C که بین 10 تا 2 گرم بر متر مکعب است می‌توان گفت آب کل خلیج پس از ده روز تا حدود پنجاه درصد جایگزین شده است. پس از گذشت این دوره کماکان نفوذ آب تازه از سمت غرب بوده و پس از گذشت سی روز از شروع مدلسازی نیمه جنوبی خلیج بطور کامل و نیمه شمالی آن بیش‌از نود درصد جایگزین شده است.

بطور کلی می‌توان گفت که خلیج چابهار به سبب محدوده کوچک و دهانه نسبتاً بازی که دارد از چرخش آب خوبی برخوردار است. بر خلاف خلیج فارس که به سبب محدوده بسته خود و تردد نفتکش ها و کشتی های بزرگ، خشکسالی های پیاپی ،عمق کم و فرسودگی تاسیسات نفتی فراوان آن از آلوده ترین آب‌های جهان است. خلیج‌ها و آب‌های کم عمق همواره به لحاظ اکوسیستم ارزشمند خود مورد توجه بوده و هستند و با توجه به جمعیت کثیری که در حاشیه آنها زندگی و معمولاً از آنها امرار معاش می‌کنند هم در معرض خطر و هم شایان توجه و مراقبت فراوان می‌باشند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم میدانند از سازمان بنادر و دریانوردی و اداره کل سواحل و بنادر این سازمان به سبب دراختیار قراردادن اطلاعات جریان‌سنجی در منطقه چابهار تشکر نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

مراجع

[1]- Luyten P.J., Jones J.E., Proctor R., Tabor A., Tett P. and 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, 914 pp.

[2]- Luyten, P.J., Jones, J.E., Proctor, R., (2003). A numerical study of the long- and short-term temperature variability and thermal circulation in the North Sea. Journal of Physical Oceanography 33, 37e56.

[3]– Sadrinasab, M. and Kämpf, J. (2004), Three-dimensional flushing times of the Persian Gulf, Geophysical Research Letters, 31, L24301, doi:10.1029/2004GL020425.

[4]- Kampf, J., Sadrinasab, M. (2005) The circulation of the Persian Gulf: a numerical study, Ocean Science, 2, 129–164,

[5]- Sadrinasab, M. (2009), Three-Dimensional Numerical Modeling Study of the Coastal Upwelling in the Persian Gulf, Research Journal of Environmental Science 3(5): 560-566

www.SID.ir

www.SID.ir