

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب و محیط زیست

برآورد زمان تخلیه و پالایش خلیج ها و خورهای ساحلی بر اساس
رویکرد "ارزیابی سریع"؛ مطالعه موردی: خلیج چابهار

نگارنده : سیده نگار حسینی

استاد راهنما

دکتر مهدی عجمی

استاد مشاور :

مهندس اردلان حامدی

دی ۱۳۹۵

فرم شماره ۶: صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم سیده نگار حسینی به شماره دانشجویی ۹۳۰۶۳۷۴ رشته مهندسی عمران گرایش سازه های دریایی تحت عنوان برآورد زمان تخلیه و پالایش خلیج ها و خورهای ساحلی بر اساس رویکرد "ارزیابی سریع"؛ مطالعه موردی: خلیج چابهار که در تاریخ ۱۳۹۵/۱۰/۰۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : امتیاز) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐
--

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر مهدی عجمی	استادیار	
۲- استاد مشاور	اردلان حامدی	کارشناس	
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی		استادیار	
۵- استاد ممتحن اول		دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم		استادیار	

رئیس دانشکده: دکتر احمد احمدی

تقدیم‌نامه

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم میکنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام بخش آلام زمینی‌ام است

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق آنان آموختم و هرچه بکوشم قطره‌ای از دریای بی‌کران مهربانیشان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی‌ام به امید شماس‌ت و فردا کلید باغ بهشت‌م رضای شما

پروردگارا:

نه میتوانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دست‌های پینه بسته‌شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم. پس توفیقم ده که هر لحظه شکرگزارشان باشم و ثانیه‌های عمرم را در عصای دست‌شان بودن بگذرانم.

شکر و سپاس خدا را که بزرگترین امید و باور در لحظه لحظه‌ی زندگیست.

تشکر و قدردانی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را، که به من هستی بخشید و به طریق علم و دانش رهنمودم شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرم نمود، بزرگواری که درهای علم را بر ما گشودند و فرصتی فراهم ساختند تا وسعت آن را از دریچه اندیشه های ناب آنان به تماشا بنشینیم.

بدین جهت شایسته است به مصداق « من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق » از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر مهدی عجمی که با قلب به عظمت دریایش مرا صمیمانه یاری کردند و در به سرانجام رساندن تحصیل همراه دلسوزم بودند قدردانی نمایم.

با امتنان بیکران از تلاش های بی شاعبه ی جناب آقای مهندس اردلان حامدی استاد مشاور محترم بنده، که از محضر پر فیض ایشان بهره بردم.

با تقدیر و درود فراوان از اساتید بزرگوار جناب آقایان دکتر احمد احمدی و دکتر سید فضل الله ساغروانی که با لطف بی دریغشان زحمت داوری پایان نامه را تقبل فرمودند.

و با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند.

امید دارم که نوشتار حاضر بخشی از زحماتشان را سپاس گوید.

تعهد نامه

اینجانب سیده نگار حسینی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - سازه های دریایی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه عنوان برآورد زمان تخلیه و پالایش خلیج ها و خورهای ساحلی بر اساس رویکرد "ارزیابی سریع"؛ مطالعه موردی: خلیج چابهار تحت راهنمایی دکتر مهدی عجمی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

در این پژوهش به صورت مطالعه موردی به بررسی وضعیت تجدید پذیری و گردش آب در خلیج چابهار پرداخته شده است و با استفاده از نرم افزار روش های عددی MIKE 21 تغییرات غلظت آلودگی و تجدید پذیری خلیج تحت سناریوهای مختلف و با اثر پذیری از پدیده های موج، باد و جزرومد بررسی شده است.

با تحلیل و بررسی های به عمل آمده، نتایج حاکی از آن است که با استفاده از روش RAM از ضریب پراکندگی (m^2/s) ۵ در مدلسازی عددی استفاده شده است و زمان تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM و زمان تجدید پذیری حاصل از مدل عددی بسیار به هم نزدیک می باشند و این نشان می دهد که رابطه RAM در خلیج چابهار که به خلیج دوحه شباهت بسیاری دارد، جواب منطقی و درستی می دهد. نتایج حاصل از برآورد زمان تجدید پذیری در همه ی ماه های سال، نشان می دهد که جهت جریان ورودی دریا از سمت جنوب شرقی دهانه خلیج است که کمترین زمان تجدید پذیری مربوط به ماه های اردیبهشت، تیر، بهمن و اسفند است و پس از گذشت ۶ روز تحت تاثیر موج، باد و جزرومد آب خلیج تجدید یافته است. در حالی که در ماه های شهریور، آذر و دی انتقال و پخش آلودگی با سرعت کمتری انجام می شود به طوری زمان تجدید پذیری به ۱۹ روز می رسد. در مونسون تابستانه بیشترین زمان تجدید پذیری به ۱۹ روز است و در مونسون زمستانه بیشترین زمان تجدید پذیری به ۹ روز است. همچنین با بررسی هریک از پدیده های موج، باد و جزرومد مشاهده شده است که پدیده جزرومد کنترل کننده فرآیند تجدید پذیری در خلیج چابهار است در حالی که پدیده موج تاثیر ناچیزی بر زمان تجدید پذیری در خلیج چابهار دارد. در حالتی که جزرومد در بیشترین تراز آب قرار دارد در واقع زمانی که جریان مد داریم زمان تجدید پذیری تغییر زیادی نمی کند ولی در حالتی که کمترین تراز آب را داریم به عبارت دیگر پدیده جزر در خلیج حاکم می شود، مقدار زیادی از آب خلیج تخلیه می شود و بیشترین مقدار آلودگی در این حالت از خلیج خارج می شود.

کلید واژه: تجدید پذیری خلیج، خلیج چابهار، RAM، MIKE 21، پخش آلودگی، ضریب پراکندگی.

مقالات مستخرج از پایان نامه:

۱. حسینی ن، عجمی م، حامدی ا، (۱۳۹۵)، " بررسی و مقایسه اثر موج، باد، جزرومد بر زمان تجدید پذیری آب، در خلیج چابهار با استفاده از مدل عددی MIKE 21"، هجدهمین همایش صنایع دریایی، کیش، ایران.
۲. حسینی ن، عجمی م، حامدی ا، (۱۳۹۵)، " بررسی و وحاسبه زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار با استفاده از مدل عددی MIKE 21"، نشریه مهندسی دریا(ارسال شده - در مرحله داوری).
۳. حسینی ن، عجمی م، حامدی ا، (۱۳۹۵)، " بررسی اثر مونسون تابستانه و زمستانه بر زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار با استفاده از مدل عددی MIKE 21"، نشریه علمی- پژوهشی دریا فنون(ارسال شده - در مرحله داوری).

فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان
۱	فصل اول
۱	کلیات و تعاریف
۲	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ تعاریف
۴	1-2-1- هیدرودینامیک سواحل
۴	2-2-1- جزر و مد در سواحل
۴	3-2-1- تجدید پذیری خلیج های ساحلی
۵	۳-۱ ضرورت و اهمیت تحقیق
۵	۴-۱ سوالات پژوهش
۷	۵-۱ اهداف و روش های تحقیق
۸	۶-۱ فرضیات تحقیق
۸	۷-۱ ساختار پایان نامه و روند بررسی و تحلیل موضوع
۹	فصل دوم
۹	تجدید پذیری در خلیج های ساحلی
۱۰	۱-۲ مقدمه
۱۰	۲-۲ شرح تجدید پذیری آب در خلیج های ساحلی
۱۰	۳-۲ زمان تجدید پذیری
۱۱	۱-۳-۲ مقیاس های زمانی برای ارزیابی تجدید پذیری در یک خلیج:

۱۲	۲-۳-۱-۲- مقیاس های زمانی انتقال گسترده:
۱۴	۲-۴- عوامل موثر بر تجدید پذیری و زمان ارزیابی آن
۱۷	۲-۵- انتقال و ترکیب فرایندها
۱۷	۲-۵-۱- پخش مولکولی
۱۸	۲-۵-۲- انتشار و پخش ناشی از آشفستگی میدان جریان
۱۸	۲-۶- مروری بر تحقیقات گذشته
۱۸	۲-۶-۱- کمی سازی فرآیند تجدید پذیری و روش های پایه تحلیلی
۱۹	۲-۶-۱-۱- مدل منشور جزر و مدی
۲۰	۲-۶-۱-۲- روش ردیاب:
۲۲	۲-۶-۲- روش عددی و مدل مناسب
۲۲	۲-۶-۳- ارزیابی تجدید پذیری آب در خلیج دوحه:
۲۵	۲-۶-۴- مطالعه و بررسی تجدید پذیری آب برای یک جزیره ی مصنوعی در مصر:
۲۵	۲-۶-۵- بررسی گردش آب در تنگه هرمز:
۲۷	۲-۶-۶- مدل کو هیرنس برای مدل سازی پخش آلودگی در خلیج بوشهر:
۲۹	فصل سوم
۲۹	منطقه مطالعاتی؛ خلیج چابهار
۳۱	۳-۲- رفتار هیدرودینامیکی خلیج چابهار
۳۱	۳-۳- اندازه گیری های دریایی
۳۲	۳-۳-۱- اطلاعات موج و باد خلیج چابهار:
۳۵	۳-۳-۲- جریان جزر و مدی خلیج چابهار
۳۶	۳-۴- پدیده مونسون در خلیج چابهار
۳۷	۳-۵- جمع بندی
۳۹	فصل چهارم
۳۹	مدلسازی و تفسیر نتایج

۴۰	۱-۴- پیشگفتار
۴۰	۲-۴- معرفی نرم افزار روش های عددی Mike 21
۴۳	۳-۴- معرفی ماژول sw و معادلات حاکم بر این ماژول
۴۴	۱-۳-۴- داده های ورودی و اطلاعات خروجی در ماژول sw
۴۹	۲-۳-۴- تعیین محدوده جغرافیایی در نرم افزار
۵۰	۳-۳-۴- شرایط مرزی در مرزهای مدل SW
۵۱	۴-۴- معرفی ماژول Flow Model FM
۵۲	۱-۴-۴- ماژول هیدرودینامیک (HD)
۵۳	۱-۱-۴-۴- داده های ورودی و اطلاعات خروجی در ماژول HD
۵۸	۲-۱-۴-۴- شرایط مرزی در مرزهای مدل
۵۹	۲-۴-۴- ماژول انتقال و پخش آلودگی TP
۶۰	۱-۲-۴-۴- داده های ورودی و اطلاعات خروجی
۶۱	۵-۴- کالیبراسیون و اجرای نهایی مدل خلیج چابهار
۶۲	۱-۵-۴- حساسیت سنجی ابعاد مش
۶۲	۲-۵-۴- کالیبراسیون مدل SW
۶۲	۱-۲-۵-۴- ضرایب کالیبراسیون
۶۵	۳-۵-۴- کالیبراسیون مدل HD
۶۶	۱-۳-۵-۴- ضرایب کالیبراسیون مدل HD
۶۷	۴-۵-۴- کالیبراسیون مدل TP
۶۷	۱-۴-۵-۴- تشریح رابطه RAM
۶۹	۲-۴-۵-۴- کاربرد روش RAM در خلیج دوحه
۷۰	۳-۴-۵-۴- برآورد ضریب پراکندگی در خلیج چابهار
۷۵	۶-۴- سناریوهای اجرای مدل خلیج چابهار
۷۷	۱-۶-۴- برآورد زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در همه ی ماه های سال
۸۸	۳-۶-۴- مقایسه اثر موج، باد و جزر و مد بر زمان تجدید پذیری
۹۹	۴-۶-۴- بررسی زمان تجدید پذیری در خلیج چابهار در مونسون تابستانه و مونسون زمستانه
۱۱۵	۵-۶-۴- اثر پارامترهای ورودی موج، باد و جزر و مد
۱۱۷	۶-۶-۴- اثر سازه دیوارهای کاهنده بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار
۱۱۷	۱-۶-۶-۴- تشریح سازه دیوارهای کاهنده و کاربرد آن
۱۲۱	۷-۶-۴- اثر شوری و دمای آب بر زمان تجدید پذیری

۱۲۵	فصل پنجم
۱۲۵	نتیجه گیری
۱۲۶	۵-۱- پیشگفتار
۱۲۶	۵-۲- نتیجه گیری
۱۲۸	۵-۳- پیشنهادات
۱۲۹	مراجع فارسی
۱۳۰	مراجع انگلیسی

فهرست شکل ها

شماره صفحه

شکل (۱-۱)، تخلیه پساب پتروشیمی	۳
شکل (۲-۱)، تخلیه فاضلاب شهری	۳
شکل (۱-۲)، معرفی شماتیک مقیاس های زمانی انتقال شامل سن، زمان اقامت. [۵]	۱۲
شکل (۲-۲)، نمایش شماتیک دو دریاچه با یک دهانه ورودی و یک دهانه خروجی. [۵]	۱۴
شکل (۳-۲)، فرآیند تجدید پذیری آب خلیج، فلش قرمز: آب آلوده خلیج، فلش سبز: آب دریا [۵]	۱۶
شکل (۴-۲)، جریان جت مانند و ته نشینی در هنگام جزر و مد در خلیج [۱۲]	۱۷
شکل (۵-۲)، C غلظت جریان در خلیج، حجم کل خلیج V، نرخ حجم جریان ورودی و خروجی به صورت Q_i و Q و غلظت جریان ورودی C_i می باشد	۲۰
شکل (۶-۲)، نمودار نسبت تغییرات غلظت بر حسب نسبت تغییرات زمان [۱۸]	۲۱
شکل (۷-۲)، موقعیت خلیج دوحه	۲۳
شکل (۸-۲)، الف) خلیج کویت ب) خلیج باستون ج) بندر ونیز	۲۴
شکل (۹-۲)، موقعیت جزیره مصنوعی در مصر	۲۵
شکل (۱۰-۲)، موقعیت تنگه هرمز	۲۶
شکل (۱۲-۲)، موقعیت خلیج بوشهر	۲۷
شکل (۱-۳)، الف) موقعیت خلیج چابهار	۳۰
شکل (۱-۳)، ب) موقعیت خلیج چابهار	۳۱
شکل (۲-۳)، الف) نمودار گلموج	۳۳
شکل (۲-۳)، ب) نمودار گلباد	۳۴
شکل (۳-۳)، تراز سطح آب در خلیج چابهار	۳۶
شکل (۱-۴)، داده های هیدروگرافی	۴۵
شکل (۲-۴)، مش بندی مثلثی	۴۶
شکل (۳-۴)، هیدروگرافی نهایی برای مدلسازی	۴۶
شکل (۴-۴)، انتخاب داده ها و مقایسه سال بحرانی	۴۷
شکل (۵-۴)، گل موج سال ۲۰۰۲	۴۸
شکل (۶-۴)، سیستم تصویر UTM برای ایران	۵۰
شکل (۷-۴)، مرزهای مدل	۵۱
شکل (۸-۴)، گلباد سال ۲۰۰۲	۵۴
شکل (۹-۴)، تنش شعشی حاصل از امواج در مازول SW	۵۶
شکل (۱۰-۴)، تغییرات تراز آب	۵۷
شکل (۱۱-۴)، مرزهای مدل HD	۵۸
شکل (۱۲-۴)، شرایط اولیه غلظت در مدل	۶۰

- شکل (۱۳-۴) ، مرزهای مدل ۶۱
- شکل (۱۴-۴) ، محل بویه برداشت داده ها ۶۲
- شکل (۱۵-۴) ، مقایسه داده های اندازه گیری شده بویه و داده های خروجی مدل مربوط به جهت امواج ۶۴
- شکل (۱۶-۴) ، مقایسه داده های اندازه گیری شده بویه و داده های خروجی مدل مربوط به ارتفاع امواج ۶۵
- شکل (۱۷-۴) ، مقایسه داده های اندازه گیری شده و داده های حاصل از خروجی مدل مربوط به سرعت جریان در دهانه خلیج ۶۶
- شکل (۱۸-۴) ، مقایسه مقدار ضریب پراکندگی و زمان تجدید پذیری حاصل از مدل عددی ۷۳
- شکل (۱۹-۴) ، مقایسه مقدار ضریب پراکندگی و نتایج زمان تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM ۷۳
- شکل (۲۰-۴) ، مقایسه مقدار ضریب پراکندگی و نتایج زمان تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM و مدل عددی ۷۴
- شکل (۲۱-۴) ، مقایسه نتایج زمان تجدید پذیری حاصل از مدل عددی و رابطه RAM ۷۵
- شکل (۲۲-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه فرودین ۷۷
- شکل (۲۳-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه اردیبهشت ۷۸
- شکل (۲۴-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه خرداد ۷۸
- شکل (۲۵-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه تیر ۷۹
- شکل (۲۶-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه مرداد ۸۰
- شکل (۲۷-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه شهریور ۸۰
- شکل (۲۸-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه مهر ۸۱
- شکل (۲۹-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه آبان ۸۲
- شکل (۳۰-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه آذر ۸۲
- شکل (۳۱-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه دی ۸۳
- شکل (۳۲-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه بهمن ۸۴
- شکل (۳۳-۴) ، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه اسفند ۸۴
- شکل (۳۴-۴) (الف) بعد از ۲ روز ۸۶
- شکل (۳۴-۴) (ب) بعد از گذشت ۶ روز ۸۶
- شکل (۳۵-۴) ، نقاط T1 تا T10 ۸۷
- شکل (۳۶-۴) (الف) پس از ۳ روز ۸۹
- شکل (۳۶-۴) (ب) پس از گذشت ۳۹ روز ۸۹
- شکل (۳۷-۴) (الف) بعد از گذشت ۳ روز ۹۰
- شکل (۳۷-۴) (ب) بعد از گذشت ۲۱ روز ۹۱
- شکل (۳۸-۴) (الف) بعد از گذشت ۳ روز ۹۲
- شکل (۳۸-۴) (ب) بعد از گذشت ۱۰ روز ۹۲
- شکل (۳۹-۴) (الف) پس از گذشت ۳ روز ۹۳
- شکل (۳۹-۴) (ب) پس از گذشت ۱۰ روز ۹۴

۹۵	 شکل (۴-۴۰) الف) پس از گذشت ۳ روز
۹۵	 شکل (۴-۴۰) ب) پس از گذشت ۱۲ روز
۹۶	 شکل (۴-۴۱) الف) پس از گذشت ۳ روز
۹۷	 شکل (۴-۴۱) ب) پس از گذشت ۷ روز
۹۸	 شکل (۴-۴۲) الف) پس از گذشت ۳ روز
۹۸	 شکل (۴-۴۲) ب) پس از گذشت ۷ روز
۱۰۰	 شکل (۴-۴۳) الف) بعد از گذشت ۳ روز
۱۰۰	 شکل (۴-۴۳) ب) بعد از گذشت ۷ روز
۱۰۱	 شکل (۴-۴۴)، محل برداشت خروجی ROSE PLOTE
۱۰۲	 شکل (۴-۴۵)، ROSE PLOTE سرعت
۱۰۳	 شکل (۴-۴۶)، الف) بعد از گذشت ۳ روز
۱۰۳	 شکل (۴-۴۶)، ب) بعد از گذشت ۶ روز
۱۰۴	 شکل (۴-۴۷)، ROSE PLOTE سرعت
۱۰۵	 شکل (۴-۴۷) الف) بعد از گذشت ۳ روز
۱۰۵	 شکل (۴-۴۷) ب) بعد از گذشت ۱۹ روز
۱۰۶	 شکل (۴-۴۹)، ROSE PLOTE سرعت
۱۰۸	 شکل (۴-۵۰)، الف) بعد از گذشت ۳ روز
۱۰۹	 شکل (۴-۵۰)، ب) بعد از گذشت ۸ روز
۱۱۰	 شکل (۴-۵۱)، ROSE PLOTE سرعت
۱۱۱	 شکل (۴-۵۲)، الف) بعد از گذشت ۳ روز
۱۱۱	 شکل (۴-۵۲)، ب) بعد از گذشت ۶ روز
۱۱۲	 شکل (۴-۵۳)، ROSE PLOTE سرعت
۱۱۳	 شکل (۴-۵۴)، الف) بعد از گذشت ۳ روز
۱۱۳	 شکل (۴-۵۴)، ب) بعد از گذشت ۹ روز
۱۱۴	 شکل (۴-۵۵)، ROSE PLOTE سرعت
۱۱۸	 شکل (۴-۵۶)، طرح شماتیک دیوارهای منقطع کاهنده
۱۱۹	 شکل (۴-۵۷)، الف) هیدروگرافی خلیج چابهار با در نظر گرفتن سازه های منقطع
۱۱۹	 شکل (۴-۵۷)، ب) نمای نزدیک سازه های منقطع در خلیج چابهار
۱۲۰	 شکل (۴-۵۸)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار بعد از گذشت ۳ روز
۱۲۰	 شکل (۴-۵۹)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار بعد از گذشت ۱۱ روز
۱۲۱	 شکل (۴-۶۰)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار بعد از گذشت ۱۹ روز
۱۲۲	 شکل (۴-۶۱)، بعد از ۱۱ روز
۱۲۳	 شکل (۴-۶۲)، بعد از ۱۱ روز

جدول (۱-۳)، میزان کمینه و بیشینه کشند در منطقه چابهار بر حسب متر	۳۵
جدول (۱-۴)، معرفی ویژگی مرزها در ماژول SW	۵۱
جدول (۲-۴)، معرفی ویژگی ها مرزها برای ماژول HD	۵۸
جدول (۳-۴)، معرفی ویژگی مرزها برای ماژول TP	۶۱
جدول (۴-۴)، ضرایب کالیبراسیون مدل sw	۶۴
جدول (۵-۴)، مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل SW	۶۵
جدول (۶-۴)، مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل HD	۶۷
جدول (۷-۴)، مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل HD	۶۷
جدول (۸-۴)، پارامترهای اساسی خلیج برای تنظیم مدل شماتیک دو بعدی	۶۹
جدول (۹-۴)، مقادیر پارامترهای RAM، مربوط به خلیج چابهار	۷۱
جدول (۱۰-۴)، نتایج حاصل از تغییرات ضریب پراکندگی در رابطه RAM و نرم افزار MIKE	۷۲
جدول (۱۱-۴)، سناریوهای اجرای مدلسازی خلیج چابهار	۷۶
جدول (۱۲-۴)، تغییرات غلظت نقاط T1 تا T10	۸۸
جدول (۱۳-۴)، نتایج حاصل از ROSE PLOTE سرعت و زمان تجدید پذیری در مونسون تابستانه	۱۰۷
جدول (۱۴-۴)، نتایج حاصل از ROSE PLOTE سرعت و تجدید پذیری در مونسون زمستانه	۱۱۴
جدول (۱۵-۴)، نتایج حاصل از اثر پارامترهای موج، باد و جزر و مد بر زمان تجدید پذیری	۱۱۶

فهرست علامت های اختصاری

پارامتر	واحد	تعریف پارامتر
V	m^3	حجم خلیج
M	kg	جرم اسکالر در مخزن آب
A_b	m^2	مساحت سطح خلیج
d_b	m	میانگین عمق خلیج
a_t	m	دامنه جزر ومدی
T_t	m	پریود جزر ومدی
Q_r	m^3/s	دبی تخلیه رودخانه
T	sec	زمان
P_t	m^3	معادل تفاوت حجم بیشترین و کمترین سطح آب
Q	m^3/s	دبی جریان
T_f	sec	زمان تجدید پذیری
C	Kg/m^3	غلظت آب در خلیج
L	m	طول خلیج
D	m^2/s	ضریب پراکندگی
T_r	sec	متوسط زمان اقامت
W_b	m	عرض خلیج
a_i	m^2	مساحت مقطع عرضی دهانه ورودی خلیج
K_s	m	عدد زبری

کمترین تراز سطح آب	m	LLW
بیشترین تراز سطح آب	m	HHW
میانگین کمترین تراز سطح آب	m	MLLW
میانگین بالاترین بالا‌های تراز سطح آب	m	MHHW
میانگین سطح آب دریا	m	MSL
سرعت گروهی امواج	m/s	C_g
سرعت انتشار موج	m/s	C
عمق آب	m	H
مختصات دکارتی در حالت دو بعدی	-	X,Y
ضریب اصطکاک باد	-	F
ضریب شزی	$m^{1/2}/s$	C
فشار هوا	N/sec	P_a
جرم حجمی آب	Kg/m^3	P_w
سرعت متوسط عمقی در جهت های مختلف	m/s	u, v
دانسیته شار در جهت های مختلف	M^3/m	p, q
تغییرات تراز سطح آب	m	ξ
ضریب پراکندگی در جهت X	m^2/s	D_x
ضریب پراکندگی در جهت Y	m^2/s	D_y
ضریب همبستگی	-	CC
جذر متوسط مربع خطاها	-	RMSE

درصد خطا

- ERROR
E

ضریب مقاومت بستر

$\frac{m^3}{se}$ 1/n
c

فصل اول

کلیات و تعاریف

کشور ایران با دارا بودن کیلومترها ساحل در شمال و جنوب، دارای مرزهای دریایی طولی بوده و طبعا در چنین موقعیتی، مطالعات مهندسی سواحل و بنادر و طراحی سازه های دریایی از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهند بود. مناطق ساحلی اراضی حساسی هستند که از دو سو تحت تاثیر اکولوژی دریا و خشکی قرار دارند. این مناطق دارای زیستگاهها و آبزیان حساس، منابع معدنی و تفرجگاهی قابل ملاحظه ای بوده و پشتهای بسیار مهمی برای فعالیت های معیشتی شیلات و صنایع حمل و نقل به شمار می آیند. یکی از اجزای طبیعی ساحلی، خلیج ها^۱ می باشند. خلیج ها عموما زیرمجموعه مناطق طبیعی حفاظت شده به شمار می روند. این سیستم ساحلی بازشوهایی هستند که در اثر نفوذ آب به داخل خط ساحلی ایجاد شده اند. در واقع خلیج بخشی از دریا است که در خشکی پیش رفته باشد. خلیج ها می توانند ارتباط بین اقیانوس ها و پدیده های طبیعی ساحلی را برقرار نمایند. [۱].

خلیج ها که حاصل پیشروی آب در خشکی هستند به دلیل دارا بودن شرایط محافظت شده طبیعی، محیط مناسبی برای توسعه بنادر و کشتیرانی و همچنین کاهش هزینه ها می باشند.

ورود انواع آلاینده های صنعتی، آلودگی ناشی از کشتی ها، حفاری و اکتشاف در بستر عمیق دریاها، تخلیه مواد زاید و سمی و پساب کشتی ها، فاضلاب های خانگی علاوه بر مشکلات زیست محیطی بر کیفیت و جمعیت ذخایر دریاها اثرات منفی دارد. منشا حدود ۹۰ درصد آلودگی های نفتی، فعالیت های داخل دریا، اعم از تردد کشتی ها، تخلیه آب توازن، اکتشافات و حفاری ها و اکتشافات نفتی است. در ادامه در شکل (۱-۱) و (۲-۱) نمونه ای از این آلودگی ها نشان داده شده است [۲].

^۱ Bay



شکل (۱-۱)، تخلیه پساب پتروشیمی



شکل (۲-۱)، تخلیه فاضلاب شهری

با توجه به اهمیت شناخت وضعیت خلیج ها در مواجهه با انتقال آلودگی و پخش آلودگی در حال حاضر این مناطق، در حال توسعه هستند. به طور حتم گسترش فعالیت های صنعتی و استفاده از منابع طبیعی به منظور افزایش تولیدات صنعتی و افزایش تردد های دریایی اثرات خاص خود را بر روی طبیعت خواهد داشت. در صورت عدم رعایت موازین علمی و محیط زیستی، این فعالیت ها اثرات جبران ناپذیری از خود به جا خواهند گذاشت. تاکید بر توسعه پایدار صنایع مستلزم بررسی دقیق اثرات توسعه این صنایع بر روی منابع طبیعی به همراه شناسایی روش های کاهش و کنترل آلودگی است. بنابراین ضروری است، بررسی های کامل و علمی در جهت شناخت پارامترهای تاثیر گذار بر گردش و تجدید پذیری آب از قبیل نیروهای جزرو مدی، نیروی باد، جریان رودخانه انجام گیرد و

فرآیند تجدید پذیری آب خلیج ها به درستی مدل سازی شده و زمان تجدید پذیری در این خلیج ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۲-۱ تعاریف

1-2-1- هیدرودینامیک سواحل

به بخشی از پروسه ساحلی که شامل تولید، انتقال و پخش امواج، تاثیر موج در تغییرات تراز آب، تاثیر موج بر جریان های طولی و عرضی، باد و اثر جزر و مد هیدرودینامیک سواحل می گویند [۳].

1-2-2- جزر و مد در سواحل

تغییرات پریودیک ناشی از اندرکنش نیروهای جاذبه و گریز از مرکز بین زمین، خورشید و ماه را جزر و مد نجومی می گویند. امواج جزر و مدی دارای پریودی بین ۱۲ تا ۲۴ ساعت می باشند که جزر و مد با پریود ۱۲ ساعت را نیم روزانه^۲ و پریود ۲۴ ساعته را جزر و مد روزانه^۳ می گویند. ارتفاع آب و خشکی در مناطق ساحلی نسبت به مآخذ جزر و مدی متنوع در مناطق مختلف جهان و برای اهداف گوناگون تعیین می شوند که به آن تراز های جزر و مدی می گویند [۴].

1-2-3- تجدید پذیری خلیج های ساحلی

در واقع تجدید پذیری آب باعث کاهش غلظت آلودگی بوسیله جابجایی هیدرودینامیکی می شود، زیرا آب حامل مواد آلوده کننده است. به عبارتی دیگر تجدید پذیری آب خلیج با ورود و خروج آب دریا به خلیج که باعث از کاهش آلودگی می شود همراه است. تبادل میان سیال درون خلیج و آب دریا فرآیند مهمی برای جابجایی آلاینده ها، رسوبات و مواد محلول در آب می باشد و در تعیین کیفیت آب بسیار تاثیر گذار است. خروج آلودگی یا کاهش غلظت آلودگی بوسیله ورود و خروج آب دریا تحت تاثیر عوامل مختلف در یک بازه زمانی انجام می شود. در واقع زمان تجدید پذیری آب خلیج مدت

^۲ Semi Diurnal

^۳ Diurnal

زمانی است که آب خلیج یک بار بوسیله آب دریا کاملاً جایگزین شود که برای ارزیابی تجدید پذیری آب خلیج از زمان تجدید پذیری آب خلیج استفاده خواهیم کرد [۵].

۳-۱ ضرورت و اهمیت تحقیق

خلیج چابهار به جهت موقعیت ممتاز جغرافیایی و نزدیکی به دریاهای آزاد از اهمیت بالایی اقتصادی، سیاسی و راهبردی برخوردار است. وجود بنادر، مناطق مهم اقتصادی و کانال های ناوبری در محدوده خلیج ها، حفظ کاربری آن ها در دوره بهره برداری تحت شرایط هیدرودینامیکی اهمیت زیادی دارد. شبیه سازی گردش و تجدید پذیری آب و تغییرات غلظت آلودگی در خلیج چابهار، می تواند در شناخت بیشتر این خلیج و ویژگی های آن موثر باشد و همچنین با تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی خلیج (نظیر جریانها و گردش آب)، می توان از آن در طرح های زیست محیطی، شیلاتی، کشتیرانی، کاربردهای نظامی و نظایر آنها استفاده کرد. بررسی و مطالعه گردش و تجدید پذیری آب در این خلیج کمک موثری در راستای طراحی و اجرای تاسیسات ساحلی و طرح های عمرانی منطقه می نماید. بنابراین ضروری است، تا بررسی های کامل و علمی در جهت شناخت تاثیر پارامترهای موثر بر تجدید پذیری خلیج چابهار انجام گیرد تا بتوان نسبت به مشکلات بوجود آمده در زمینه های توریستی، اقتصادی، حمل و نقل، بهسازی و بهره برداری از سازه ها و ابنیه های موجود و مسائل زیست محیطی اقدامات لازم صورت پذیرد.

۴-۱ سوالات پژوهش

خلیج ها به دلیل وجود شرایط حفاظت شده طبیعی و ارتباط با دریاهای آزاد از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند، لذا به منظور درک درست فرآیند تجدید پذیری آب و بررسی این فرآیند در خلیج چابهار، لازم است در این پژوهش به سوالات زیر پاسخ داده شود.

سوالات اساسی این پژوهش شامل موارد زیر هستند:

به منظور بررسی گردش آب در ابتدا لازم است تا شناخت کافی نسبت به چگونگی انجام فرآیند تجدید پذیری بدست آورد. همچنین باید بررسی شود که این فرآیند توسط چه فرآیندهای فیزیکی انجام می شود. به این دلیل سوال ۱ مطرح خواهد شد:

۱. فرآیند تجدید پذیری آب در خلیج ها چگونه انجام می شود ؟

به منظور بررسی گردش آب لازم است، پدیده های تاثیر گذار و کنترل کننده بر فرآیند تجدید پذیری شناخته شود و اثر هر کدام از آنها بر تجدید پذیری آب مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. به این دلیل سوال ۲ مطرح خواهد شد:

۲. پدیده های تاثیر گذار بر فرآیند تجدید پذیری آب خلیج ها چیست ؟

به منظور بررسی گردش آب لازم است از پارامترهای کمی جهت برآورد زمان تجدید پذیری در خلیج ها استفاده کرد به همین دلیل روش های برآورد و ارزیابی تجدید پذیری مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور سوال ۳ مطرح خواهد شد.

۳. چه روش هایی برای ارزیابی فرآیند تجدید پذیری آب خلیج وجود دارد ؟

بعد از بررسی تجدید پذیری آب در خلیج چابهار و شناخت فرآیند آن و همچنین پدیده های تاثیر گذار بر آن، اثر هندسه ورودی خلیج بر فرآیند تجدید پذیری قابل بررسی است به همین منظور سوال ۴ مطرح خواهد شد:

۴. آیا هندسه ورودی خلیج بر فرآیند تجدید پذیری آب خلیج چابهار تاثیر دارد ؟

در این پژوهش به همه سوالات مطرح شده پاسخی مناسب و علمی داده خواهد شد تا بتوان در مدیریت این پدیده، رویکردی منطقی، مهندسی و صحیح داشت.

۱-۵ اهداف و روش های تحقیق

در این پژوهش بناست تا شناخت کافی نسبت به پدیده تجدید پذیری و عوامل موثر بر آن را بدست آورد و در ادامه اثر هر کدام از پدیده های طبیعی موج، باد، جزرومد بر تجدید پذیری در خلیج چابهار به کمک مدلسازی عددی مورد بررسی و مقایسه قرار خواهیم داد. مدلسازی عددی خلیج چابهار مطابق سناریوهای تعیین شده به وسیله نرم افزار روش های عددی مایک^۴ (انجمن هیدرولیک دانمارک^۵)، انجام گرفته است.

هدف از این تحقیق، مدلسازی جریان ها و بررسی تغییرات فصلی گردش و تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در زمان های مونسون تابستانه و زمستانه و درستی سنجی مدل عددی با استفاده از داده های اندازه گیری شده میدانی و در نهایت، ارائه نتایج تحقیق برای کاربردهای مختلف است.

این خصوصیات که نقش مهمی در فرآیندهای ساحلی، هواشناسی و اقلیمی منطقه ایفا می نمایند، در طول یک دوره یک ساله شبیه سازی شده و امکان در نظر گرفتن تغییرات فصلی در طول یک دوره یک سال را فراهم می کنند. علاوه بر این، تحقیق حاضر فرصت مناسبی جهت آزمایش کارایی مدل عددی MIKE 21 برای مدلسازی آب های کشور به دست می دهد که می تواند به عنوان اهداف فرعی مدل در نظر گرفته شود.

در این پژوهش بناست که با تعریف درست پدیده ها و درک و شناخت کامل تاثیرات آنها بر فرآیند تجدید پذیری آب و تشخیص مناسب ترین شاخص برای تجدید پذیری با استفاده از روش ها و نظریه

^۴ MIKE

^۵ DHI(Denmark Hydraulic Institute)

های تحلیلی و عددی ذکر شده در فصل دوم، از روشی سریع و مناسب منطقه خلیج چابهار برای ارزیابی فرآیند تجدید پذیری آب و تخمین زمان تجدید پذیری آب استفاده خواهیم کرد و اثر سازه دیواره های منقطع^۶ را بر زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار مورد بررسی قرار خواهیم داد.

۱-۶ فرضیات تحقیق

فرضیه مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

۱. در خلیج مورد نظر فرض خواهیم کرد که آلودگی در سراسر خلیج به صورت یکنواخت پخش شده است و خلیج کاملاً مخلوط است [۵].

برای فهم فرآیند تجدید پذیری در خلیج چابهار نیاز داریم که فرآیندها و پارامترهای فیزیکی دخیل و تاثیر گزار به درستی شناخته شوند.

۱-۷ ساختار پایان نامه و روند بررسی و تحلیل موضوع

این پایان نامه شامل ۵ فصل می باشد که در فصل اول به بیان کلیات پژوهش پرداخته می شود. در فصل دوم، به شرح تئوری تجدید پذیری در خلیج های ساحلی همراه با شرح روش به کار گرفته شده و انتخاب مدل مناسب برای این پژوهش پرداخته می شود. در فصل سوم، منطقه مورد مطالعه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته شده است. در فصل چهارم، ابتدا به معرفی نرم افزار روش عددی MIKE 21 پرداخته شده و در ادامه به معرفی ماژول های مورد استفاده و روابط پایه ساختار آنها، پرداخته شده است. سپس خلیج چابهار شبیه سازی شده و پس از اطمینان از صحت مدل، عوامل مختلف مورد آنالیز و بررسی قرار گرفته می شود و در آخر نیز خروجی های نرم افزار همراه با تحلیل

^۶ Reduction Barreir

و تفسیر نتایج ارائه خواهد شد. در فصل پایانی، به جمع بندی نتایج بدست آمده در فصل چهارم پرداخته شده و پیشنهادات لازم برای پژوهش های آتی ارائه شده است.

فصل دوم

تجدید پذیری در خلیج های ساحلی

در هر پژوهش با توجه به انجام تحقیق‌های مشابه در زمینه‌های مختلف یک کار علمی، بررسی و مطالعه دقیق کارهای انجام‌شده در رابطه با یک تحقیق از عوامل مؤثر و ضروری در پیشبرد هدفمند یک پروژه علمی است. به همین منظور در این فصل در ابتدا به شرح تجدید پذیری خلیج‌های ساحلی پرداخته شده و در ادامه به مطالعات مرتبط با موضوع پژوهش و روش‌های تحلیلی و عددی مورد استفاده برای ارزیابی تجدید پذیری یک خلیج، اختصاص یافته است.

۲-۲ شرح تجدید پذیری^۷ آب در خلیج‌های ساحلی

همانطور که در فصل اول تجدید پذیری شرح داده شده، به منظور برآورد زمان تجدید پذیری، در گام اول باید فرآیند تجدید پذیری به طور کامل بررسی شود. بنابراین در این فصل به توضیح فرآیند تجدید پذیری و همچنین فرآیندهای فیزیکی دخیل در تجدید پذیری خواهیم پرداخت.

در واقع تجدید پذیری آب باعث کاهش غلظت آلودگی، بوسیله جابجایی هیدرودینامیکی می شود، زیرا آب حامل مواد آلاینده است. به عبارتی دیگر تجدید پذیری آب خلیج با ورود و خروج آب دریا به خلیج که باعث کاهش غلظت آلودگی می شود همراه است. تبادل میان سیال درون خلیج و آب دریا فرآیند مهمی برای جابجایی آلاینده‌ها، رسوبات و مواد محلول در آب می باشد و در تعیین کیفیت آب بسیار تاثیر گذار است [۶].

۲-۳ زمان تجدید پذیری

خروج آلودگی یا کاهش غلظت آلودگی بوسیله ورود و خروج آب دریا تحت تاثیر عوامل مختلف در یک بازه زمانی انجام می شود. در واقع زمان تجدید پذیری آب خلیج مدت زمانی است که آب خلیج یک بار بوسیله آب دریا کاملاً جایگزین شود [۵].

^۷ Flushing

۲-۳-۱ مقیاس های زمانی برای ارزیابی تجدید پذیری در یک خلیج:

تجدید پذیری معمولاً به وسیله مقیاس زمانی انتقال و حمل و نقل ارزیابی می شود. این مقیاس های زمانی بر اساس اطلاعات مربوط به فرآیندهای کیفیت آب که در یک منطقه خاص اتفاق می افتد، برآورد می شوند. مقیاس های زمانی انتقال در مطالعات کیفیت آب به فرآیندهای بیوشیمیایی و توزیعات غلظت در ترکیبات مختلف مربوط است [۷].

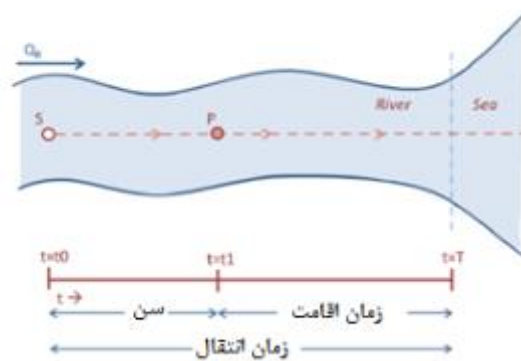
بسیاری از مفاهیم زمان یافت می شود که برای فرآیندهای انتقال و تبادل استفاده می شوند. یکی از دلایل استفاده از تعاریف مقیاس های زمانی این است که فرض شده مکانیزم جابجایی و انتقال در یک خلیج که به طور کامل مخلوط شده و به صورت پایدار و ماندگار است، انجام می شود. در این مطالعه مقیاس های زمانی به نمایندگی از ویژگی های تبادل و جابجایی یک سیستم گسترده مورد توجه است. با این حال برای اولین بار از مفاهیم "محلی" سن، زمان اقامت، زمان حمل و نقل به عنوان اساس مقیاس زمانی "تبادل و جابجایی سیستم" استفاده شده است که به صورت شماتیک در شکل (۲-۱) نشان داده شده است و در ادامه به توضیح آنها پرداخته شده است [۸].

- سن^۸: مدت زمانی است که ذرات آب برای ورود به مرزهای محیط آبی سپری می کنند.
- زمان اقامت^۹: مدت زمانی است که طول می کشد تا یک ذره از محیط آبی خارج شود. در واقع زمان اقامت مکمل سن می باشد.
- زمان انتقال^{۱۰}: بیشترین مقدار سن یا زمانی که یک ذره در محیط آبی می ماند.

^۸ Age

^۹ Residence time

^{۱۰} Transit time



شکل (۱-۲)، معرفی شماتیک مقیاس های زمانی انتقال شامل سن، زمان اقامت. [۵]

در شکل فوق زمان انتقال برای ذره "p" در زمان $t=t_1$ ، "QR" دبی تخلیه رودخانه، "S" مبدأ و سرچشمه و "t" زمان را نشان می دهد. شروع در $t = t_0$ لحظه ای که ذره وارد رودخانه می شود. تعاریف فوق از مقیاس های زمانی مربوط به یک ذره منفرد است که می تواند با استفاده از یک مورد ساده برای یک رودخانه پایدار تجسم شود که در شرایط پایدار سن و زمان اقامت باهم برابرند. همانطور که گفته شد برای ارزیابی تجدید پذیری و حمل و نقل آب در خلیج های ساحلی، دریاچه ها و رودخانه ها سه مقیاس زمانی به طور معمول تعریف می شود. که شامل زمان تجدید پذیری، سن و زمان اقامت می باشد. در ادامه این مقیاس ها برای یک سیستم گسترده تعمیم داده شده است [۷،۸].

۲-۱-۳-۲- مقیاس های زمانی انتقال گسترده ۱۱:

- زمان گردش یا زمان تجدید پذیری^{۱۲}: مدت زمانی است که طول می کشد تا آب درون سیستم با آب خارجی سیستم به طور کامل تبادل و جایگزین شود.
- متوسط سن^{۱۳}: میانگین وزنی سن های ذرات ورودی در محیط آب است.

^{۱۱} مقیاس های زمانی انتقال غیر محلی

^{۱۲} Turnover time or flushing time

^{۱۳} Average age

- متوسط زمان اقامت^{۱۴}: میانگین وزنی زمان اقامت ذرات ورودی در محیط آب. در شرایط

پایدار میانگین زمان اقامت با میانگین سن برابر می باشد.

- متوسط زمان جابجایی یا انتقال^{۱۵}: میانگین زمان جابجایی همه ذرات که از سیستم خارج می

شوند. در شرایط پایدار متوسط زمان جابجایی یا انتقال با زمان تجدید پذیری برابر

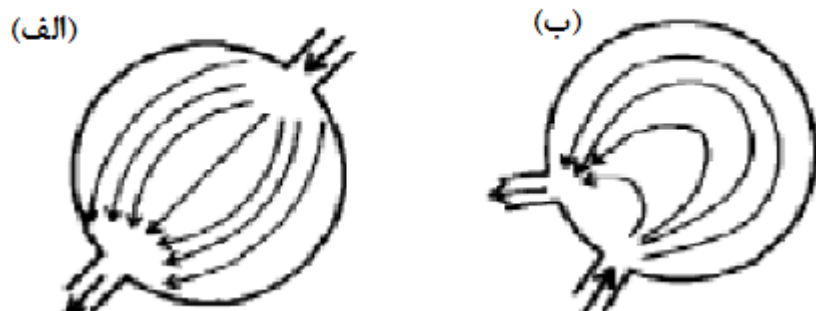
است. [۷،۸]

با فرض شرایط پایدار خلیج، متوسط زمان اقامت مناسب ترین مقیاس زمانی برای ارزیابی زمان تجدیدپذیری آب خلیج است و برابر با زمان تجدید پذیری خلیج در نظر گرفته می شود. در واقع زمان تجدید پذیری به عنوان زمان گردش و جابجایی آب شناخته شده است که مقدار زمانی است که صرف جابجایی توده آب یا مواد منتقله از طریق آب می شود که این مقدار آب به عنوان حجم یا جرم اسکالر برای ارزیابی زمان تجدید پذیری در نظر گرفته می شود [۹].

در ادامه در شکل (۲-۲)، دو دریاچه با فواصل مختلف بین ورودی و خروجی، نشان داده شده است. اگر دو دریاچه حجم یکسان و نرخ جریان یکسانی را داشته باشند، در شرایط پایدار زمان تجدید پذیری دو دریاچه باهم برابر خواهد بود. اگرچه متوسط زمان اقامت خلیج (b) بزرگتر از خلیج (a) خواهد بود، به این معنی که آب در خلیج (b) مدت زمانی بیشتری نسبت به خلیج (a) می ماند. در واقع دریاچه (a) سریع تر تبادل یا جایگزین می شود. به دلیل مشخصات نوسانی نیروهای جزر و مدی خلیج ساحلی در حالت ماندگار و پایدار نمی باشد. با این حال برای استفاده از مفاهیم توصیف زمان برای برآورد زمان تجدید پذیری، در حالت گسترده از فرض پایدار بودن خلیج استفاده می شود و جریان ورودی معادل جریان خروجی در نظر گرفته می شود. بدیهی است که همه ی ساده سازی های واقعیت، برای استفاده از مقیاس های زمانی و برآورد زمان تجدید پذیری به منظور بررسی مشکلات زیست محیطی به کار گرفته شده است [۹].

^{۱۴} Average residence time

^{۱۵} Average transit time



شکل (۲-۲)، نمایش شماتیک دو دریاچه با یک دهانه ورودی و یک دهانه خروجی. [۵]

۲-۴- عوامل موثر بر تجدید پذیری و زمان ارزیابی آن

به طور کلی تجدید پذیری آب در خلیج بوسیله زمان تجدید پذیری آب خلیج یا زمان جابجایی آب خلیج با آب دریا ارزیابی می شود. زمان تجدید پذیری آب به اطلاعاتی نظیر فرآیندهای کیفیت آب، فرآیندهای بیولوژیکی، شیمیایی و توزیع غلظت آب بستگی دارد. همانطور که گفته شد در حالت پایدار متوسط زمان اقامت با زمان تجدید پذیری خلیج باهم برابر است و می توان برای ارزیابی تجدید پذیری خلیج از مفاهیم متوسط زمان اقامت استفاده کرد.

عوامل موثر بر متوسط زمان اقامت عبارت اند از: عرض یا پهنای خلیج، سطح خلیج، عمق خلیج، طول

خلیج، سطح مقطع ورودی خلیج، زبری کف، دوره زمانی جزر و مد، دامنه جزرومدی [۵]

عوامل اصلی در کنترل فرآیند تجدید پذیری، نیروهای جزر و مدی، نیروی باد، جریان رودخانه، تغییرات چگالی، هندسه و عمق سنجی خلیج هستند. با این حال، نیروها و فرآیندهای تبادل که از فرآیندهای انتقال نتیجه می شود به حضور و تسلط انواع نیروهای مختلف بستگی، منحصر از هندسه و عمق سنجی خلیج بستگی دارد [۱۰].

در ادامه به بررسی اثر هریک از عوامل طبیعی و فیزیکی تاثیر گذار بر فرآیند تجدید پذیری خواهیم پرداخت:

✓ اثر باد:

عملکرد باد روی سطح آب باعث ایجاد جریان سطحی می شود، که این جریان در جهت باد شکل می گیرد. معمولا تبادل آب انجام شده بر اثر باد، تاثیر کمتری نسبت به تبادل آب بوجود آمده بر اثر عملکرد جزر و مد دارد [۱۱].

✓ اثر جریان رودخانه:

آب های تازه مانند جریان رودخانه، به صورت رواناب سطحی وارد خلیج می شوند. ممکن است جریانات رودخانه به افزایش آلودگی در خلیج کمک کند، زیرا ممکن است آلودگی های کشاورزی و پساب های صنعتی وارد آب رودخانه شده باشد.

معمولا تبادل آب انجام شده بر اثر باد، تاثیر کمتری نسبت به تبادل آب بوجود آمده بر اثر عملکرد جزر و مد دارد و پدیده جزر و مد تاثیری بیشتری نسبت به سایر فرآیندها بر پدیده تجدید پذیری دارد [۱۱].

از این رو در ادامه به بررسی مکانیزم تجدید پذیری تحت تاثیر پدیده جزر و مد خواهیم پرداخت:

✓ اثر جریان های جزر ومدی و بررسی مکانیزم تجدید پذیری تحت تاثیر پدیده جزر و مد:

جریان های سطحی جزر ومدی به صورت چرخان است به طوری که با در نظر گرفتن مسیر یک ذره آب در یک دوره جزر و مد، ذره آب مسیری به شکل یک بیضی ناهموار را طی می کند. به همین دلیل جریان های جزر ومد غالبا موازی با ساحل است و به صورت امواج بلند ظاهر می شوند. در واقع جریان های جزر و مدی مولفه بزرگی از کل انرژی جنبشی در نزدیکی ساحل می باشند. جریان جزر و مد افقی، نتیجه جریان ناشی از نوسانات جزر ومد سطح آب است. از آنجایی که جزر و مد حجم

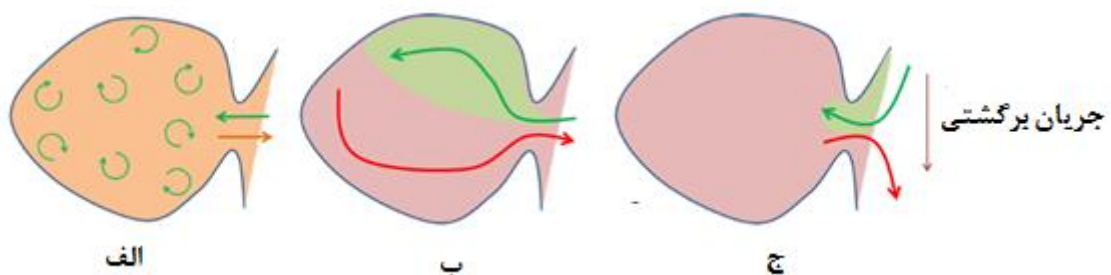
یکسانی از آب در داخل و خارج خلیج را جابجا می کند، برای یک تبادل واقعی، مکانیزم ترکیب و انتقال در داخل و دهانه ورودی خلیج ضروری است [۱۱].

در ادامه سه مکانیزم در تجدید پذیری آب خلیج تحت تاثیر جزر و مد را شرح خواهیم داد و در شکل (۳-۲) به صورت شماتیک نشان داده شده است:

الف) فرآیند ترکیب: ترکیب آب ورودی دریا با آب آلوده خلیج. در طول جزر آب خلیج رقیق شده و از خلیج خارج می شود. در هر چرخه ی جزر و مدی آب خلیج رقیق تر خواهد شد. در واقع از غلظت آلودگی کم خواهد شد.

ب) فرآیند تبادل: تبادل و جابجایی بین آب ورودی و خروجی از طریق مسیرهای مختلف. در این فرآیند آب آلوده خلیج با آب تمیز دریا جابجا خواهد شد.

ج) جریان برگشتی: جابجایی حجمی از آب که در طول جزر از خلیج خارج می شود از جریانی که در طول مد به خلیج باز می گردد جلوگیری می کند، که جریان بازگشتی نامیده می شود [۵].

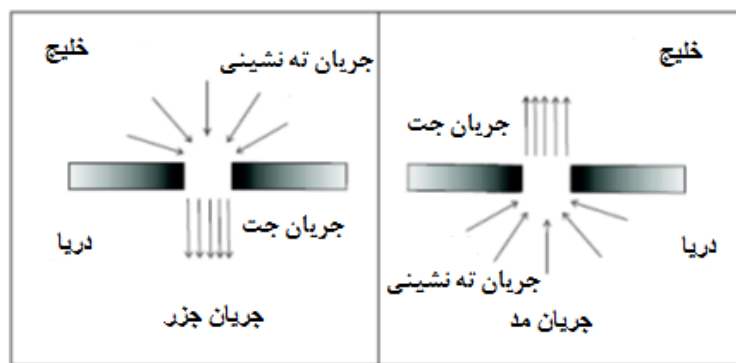


شکل (۳-۲)، فرآیند تجدید پذیری آب خلیج، فلش قرمز: آب آلوده خلیج، فلش سبز: آب دریا [۵].

برای توصیف خلیج هایی با سائز و دهانه ای کوچک که جریان جزر و مدی در داخل و خارج خلیج وجود دارد اصطلاح پمپاژ جزر ومدی^{۱۶} استفاده شده است. همانطوری که در شکل (۴-۲) نشان داده

^{۱۶} Tidal Pumping

شده است، در هنگام مد جریان جت مانند وارد خلیج می شود و یک جریان ته نشینی و باقیمانده در خارج خلیج وجود داد. در هنگام جزر جریان جت مانند خارج از خلیج وجود دارد و در داخل خلیج جریان ته نشینی و باقیمانده وجود دارد [۱۲].



شکل (۲-۴)، جریان جت مانند و ته نشینی در هنگام جزر و مد در خلیج [۱۲].

۲-۵- انتقال و ترکیب فرایندها

فرایندهای فیزیکی تجدید پذیری شامل فرایندهای پخش^{۱۷} و انتقال^{۱۸} می شوند. پخش در واقع بوسیله تغییرات و کاهش غلظت انجام می شود و انتقال بوسیله جریانات و عوامل خارجی انجام می شود. در واقع انتشار یا پخش در مقیاس مولکولی رخ می دهد. در این بخش فرآیند پخش شرح داده می شود [۵].

۲-۵-۱- پخش مولکولی

پخش مولکولی در واقع پخش و کاهش غلظت، بوسیله فعالیت جمعی مولکول ها و برخورد تصادفی آنها با یکدیگر است. با توجه به انرژی جنبشی مولکول ها که ناشی از دما می باشد، مولکول ها در حرکت مداوم هستند و باهم برخورد می کنند. برخورد با مولکول های دیگر باعث تغییر جهت ذرات شده که در نتیجه، ذرات مسیر " گام تصادفی " را طی می کنند. رفتار ذرات در نتیجه برخورد آنها با

^{۱۷} Dispersion

^{۱۸} Advection

یکدیگر، نشان می دهد که ذرات از منطقه هایی با غلظت بالاتر به سمت مناطق با غلظت پایین تر حرکت می کنند و گسترش غلظت منجر به پراکندگی می شود. از آنجا که پخش مولکولی در مقیاس مولکولی مورد بحث می باشد، با توجه به مقیاس های زمانی بزرگتر، پخش مولکولی فرآیند تجدید پذیری در خلیج ساحلی قابل اغماض است. با این حال فرمول سازی مقیاس های بزرگتر، انتشار و پخش ناشی از آشفتگی میدان جریان را در نظر می گیرد [۶].

۲-۵-۲- انتشار و پخش ناشی از آشفتگی میدان جریان

آشفتگی میدان جریان شامل سطح های متفاوتی از جریانات نوسانی است که به عنوان حرکات منحنی در جریان، به صورت پیچش و گرداب می باشند. آشفتگی می تواند در اثر تعامل جریان جزر و مدی و زبری بستر یا تنش باد وارد بر سطح آب بوجود آید. انتقال و ترکیب فرآیند با توجه به مقدار پراکندگی سیال متفاوت است. بنابراین پراکندگی در تجدید پذیری نقش مهمی را ایفا می کند و فرآیند تجدید پذیری را در خلیج های ساحلی همانطور که در بخش های پیشین گفته شده، می توان به وسیله معادله پخش انتقال^{۱۹} توصیف کرد [۱۳].

۲-۶- مروری بر تحقیقات گذشته

در این بخش روابط پایه و تحلیلی تجدید پذیری و همچنین مدل های عددی مورد استفاده در رابطه با این پژوهش همراه با مرور مطالعات گذشته شرح داده شده است.

۲-۶-۱- کمی سازی فرآیند تجدید پذیری و روش های پایه تحلیلی

با توجه به پدیده های حاکم بر فرآیند تجدید پذیری آب، روش های متفاوتی برای محاسبه زمان تجدید پذیری وجود دارد. بدین منظور تعریف یک شاخص مناسب برای ارزیابی شرایط تجدید پذیری

^{۱۹} Advection Dispersion

و مشخصات و ویژگی های نسبی تجدید پذیری، ضروری است. دربخش های قبلی نشان داده شده است که مفاهیم زمانی حمل و نقل و انتقال برای ارزیابی شرایط تجدید پذیری مقیاس های مناسبی هستند. بنابراین در این فصل هدف پیدا کردن مقیاس زمانی مناسب برای ارزیابی شرایط تجدید پذیری می باشد. در ادامه به بررسی روش های پایه و عددی ارزیابی تجدید پذیری خلیج همراه با مطالعات گذشته پرداخته شده است.

۲-۶-۱-۱- مدل منشور جزر و مدی ۲۰

مدل منشور جزر و مدی برای گردش آب ناشی از جزر و مد در خلیج ها قابل استفاده است. این روش پایه و اساس بیشتر مدل های تحلیل تجدید پذیری آب تحت تاثیر جزر و مد است. این روش حجم کل آب که در یک دوره جزر و مدی بین دریا و خلیج تبادل می شود را در نظر می گیرد.

به تبادل و تخلیه و پر شدن آب خلیج توسط جزر و مد، به اصطلاح جزر و مد عمودی گفته می شود. منشور جزر و مدی در واقع تفاوت حجم آب خلیج در طی بالا و پایین رفتن آب می باشد. در این فرآیند حجم کل آب خلیج، در یک دوره جزر و مدی بین دریا و خلیج تبادل می شود. منشور جزر و مدی اساس بیشتر روش های تحلیلی مدل های تجدید پذیری تحت تاثیر جزر و مد می باشد. رابطه (۱-۲) معادله منشور جزر و مدی را بیان می کند [۱۴].

$$P_t = 2a_t A_b \quad (1-2)$$

$A_b (m^2)$ سطح خلیج، $2a_t (m)$ ، دامنه جزر و مد و $P_t (m^3)$ معادل تفاوت حجم آب بین بالاترین و کمترین سطح آب می باشد.

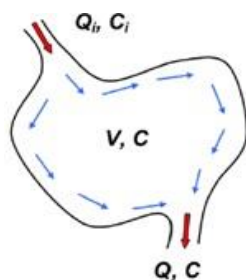
۲-۶-۱-۲- روش ردیاب ۲۱:

مقیاس های زمانی جابجایی یا حمل و نقل آب، در یک سیستم ساحلی مانند دهانه ورودی یک خلیج یا خور، بر اساس جایگزین شدن مواد محلول و معلق در آب به وسیله ی جرم دیگری از آب ارزیابی می شوند. فرآیند هایی مانند شوری یا آب شیرین، مواد مغذی و آلاینده ها می توانند به عنوان مواد ردیاب در برآورد مقیاس زمانی حمل و نقل در خلیج ها با در نظرگیری معادله $Advection - Dispersion$ استفاده شود. در حالت کلی رابطه (۲-۸) برای به دست آوردن زمان تجدید پذیری آب خلیج وجود دارد که در ادامه به آن اشاره شده است [۱۵].

$$T_f = \frac{M}{f} \quad (2-2)$$

در رابطه فوق، T_f زمان تجدید پذیری آب، f نرخ جرم جریان اسکالر در مخزن آب، M جرم اسکالر در مخزن آب، در سیستم می باشد.

در ادامه در شکل (۲-۵) یک خلیج ایده آل برای فرآیند تجدید پذیری که در حال جایگزین شدن با آب تازه است، نشان داده شده است.



شکل (۲-۵)، C غلظت جریان در خلیج، V حجم کل خلیج، Q_i و Q و غلظت جریان ورودی C_i می باشد.

موازنه جرم ردیاب در خلیج نشان داده شده در شکل (۲-۶)، در معادله (۲-۳) نشان داده شده است [۱۶].

$$V \frac{dc}{dt} = Q_i C_i - QC \quad (2-3)$$

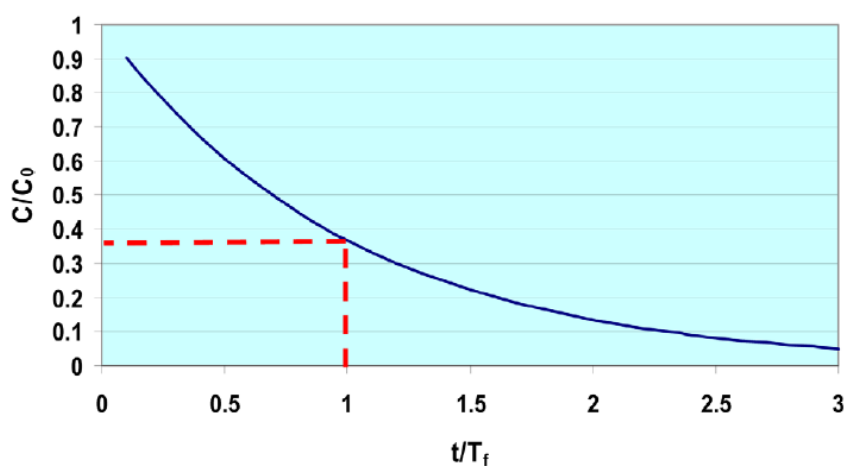
^{۲۱} Tracer Method, CSTR

با فرض اینکه نرخ جریان ورودی یا غلظت جریان ورودی صفر است ($C_i=0$) و غلظت اولیه برای خلیج کاملاً پایدار و مخلوط C_0 است. معادله (۳-۲) مطابق معادله (۴-۲) می شود.

$$C(t)=C_0 e^{-\frac{Q}{V}t}=C_0 e^{-\frac{t}{T_f}} \quad (4-2)$$

بر اساس معادله (۴-۲)، زمان تجدید پذیری با فرض پایداری و مخلوط بودن کامل خلیج براساس تغییرات غلظت ماده ردیاب بدست می آید. که برای بررسی زمان تجدید پذیری در خلیج غلظت آلودگی در کل خلیج ۱۰۰ گرم بر متر مکعب در نظر گرفته می شود و غلظت آب دریا که در واقع آب ورودی به خلیج می باشد صفر در نظر گرفته می شود [۱۸، ۱۷]

مطابق نمودار شکل (۶-۲) مدت زمانی که طول می کشد تا حدود ۳۷ درصد ردیاب ورودی در خلیج باقی بماند یا ۶۳ درصد ردیاب از خلیج خارج شود، زمان تجدید پذیری آب خلیج می باشد که خلیج به طور کامل تجدید یافته است که معادل متوسط زمان اقامت در نظر گرفته می شود [۱۶].



شکل (۶-۲)، نمودار نسبت تغییرات غلظت بر حسب نسبت تغییرات زمان [۱۸].

در روش ردیاب در واقع زمان های اقامت محلی مورد نظر است به طوریکه وقتی غلظت در هر شبکه به ۳۷٪ غلظت اولیه خود برسد، متوسط زمان اقامت با میانگین گیری زمان های اقامت شبکه ها بدست می آید. از آنجا که خواص آب در یک شبکه محاسباتی یکنواخت است خلیج به صورت یک

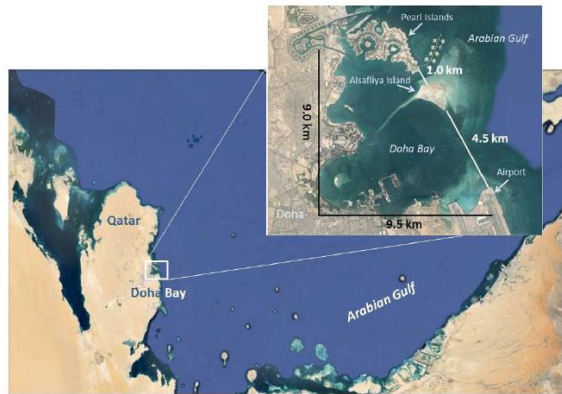
سیستم کاملاً مخلوط در نظر گرفته می شود و متوسط زمان اقامت با زمان تجدید پذیری آب برابر خواهد بود. زمانی که دقت شبکه بالا است، فرض کاملاً مخلوط بودن سلول معتبر است. در مطالعات دیگر متوسط زمان اقامت، مدت زمانی است که غلظت ثانویه به جای در نظر گرفتن ۳۷ درصد به ۱۰ یا ۵۰ درصد غلظت اولیه برسد [۱۹].

۲-۶-۲- روش عددی و مدل مناسب

به منظور مدل سازی هیدرودینامیکی و تجدید پذیری بایستی در قدم اول یک مدل مناسب انتخاب نمود که با شرایط سیستم مورد بررسی، انطباق داشته و فرضیات مورد نظر در خلیج قابل لحاظ کردن در آن باشد. چنانچه مرحله انتخاب مدل به خوبی انجام نشود و مدل مناسبی برای مدل سازی هیدرودینامیکی و تجدید پذیری آب انتخاب نشود این امکان وجود دارد که نتایج بدست آمده از مدل ها با واقعیت سیستم مورد مطالعه بی شباهت باشد و یا عملیات ریاضی مورد استفاده در محاسبات مربوط به آن مدل، به نحو مطلوبی انجام نشود. برای همین منظور در ادامه به بررسی مطالعات تجدید پذیری انجام گرفته در اقص نقاط دنیا و منطقه پرداخته شده و سپس با توجه به مشابهات های آنها با منطقه خلیج چابهار و در دسترس بودن مدل های عددی، یکی از آنها برای انجام فرایند مطالعات انتخاب می گردد.

2-6-3- ارزیابی تجدید پذیری آب در خلیج دوحه:

خلیج دوحه در ساحل جنوبی خلیج فارس واقع شده است. موقعیت این خلیج در شکل (۲-۷) نشان داده شده است.



شکل (۲-۷)، موقعیت خلیج دوحه

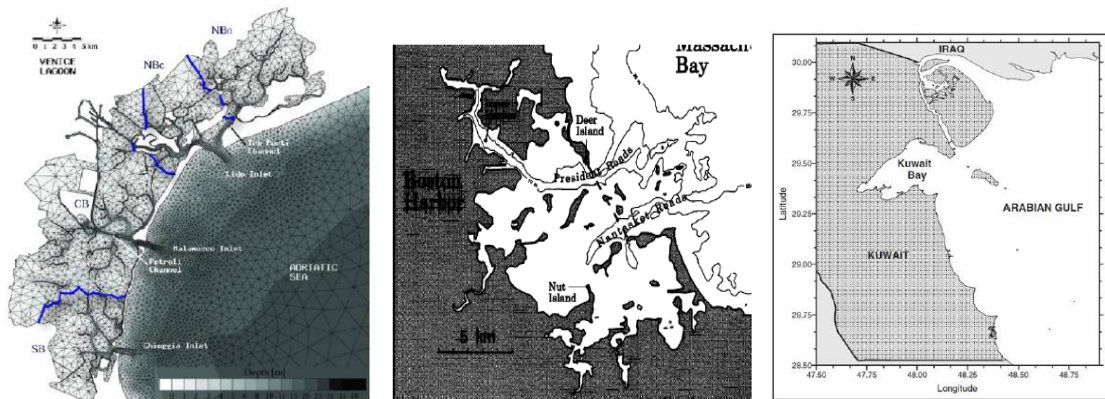
این خلیج با مقیاس کوچک تحت تاثیر پدیده جزر و مد، کم عمق و دارای یک ورودی نسبتاً گسترده می باشد. در این پژوهش با استفاده از آنالیز ابعادی و بررسی تاثیر هریک از پارامترهای اساسی موثر بر زمان تجدید پذیری، رابطه (۲-۵) برای متوسط زمان اقامت بدست آمده است، که این رابطه را RAM^{۲۲} نامگذاری کرده است [۵].

$$\frac{T_r}{T_t} = \frac{d_b}{2a_t} \left(0.051 \frac{2a_t}{d_b} \left(\frac{W_b}{L_b} \right)^{-1.32} \left(\frac{d_b}{\sqrt{A_b}} \right)^{-0.76} \left(\frac{a_i}{A_b} \right)^{1.07} \left(\frac{K_s}{\sqrt{A_b}} \right)^{0.34} \left(\frac{DT_t}{A_b} \right)^{-0.33} \left(\frac{a_t}{\sqrt{A_b}} \right)^{-1.31} \right) \quad (۲-۵)$$

در رابطه فوق T_r ، متوسط زمان اقامت بر اساس روز، T_t دوره زمانی جزر ومدی، W_b پهنای خلیج، L_b طول خلیج، d_b عمق متوسط خلیج، a_i مساحت مقطع عرضی دهانه ورودی، K_s عدد زبری، D ضریب پراکندگی، a_t دامنه جزر و مدی.

رابطه فوق برای سه مورد واقعی خلیج کویت، بندر باستون و تالاب ونیز استفاده شده است که در شکل (۲-۸) ارائه شده است. در این پژوهش نتایج حاصل از رابطه RAM و نتایج واقعی و درست بدست آمده از مدل عددی مقایسه شده است تا میزان تخمین رابطه RAM و صحت آن مورد بررسی قرار گیرد. در هر سه مورد از روش ردیاب برای بدست آوردن زمان تجدیدپذیری استفاده شده است. در ادامه نتایج بررسی تجدید پذیری آب در سه مورد مذکور توضیح داده می شود:

^{۲۲} Rapid Assessment Method



شکل (۲-۸)، الف) خلیج کویت ب) خلیج باستون ج) بندر ونیز

در خلیج کویت با عمق متوسط ۵/۲ متر و دامنه جزر و مدی ۱/۵ متر، پدیده ی جزرو مد نسبت به سایر پدیده ها غالب است و این خلیج جز خلیج های کم عمق به شمار می آید و دارای یک دهانه ورودی نسبتا عمیق می باشد. با مقایسه زمان تجدیدپذیری بدست آمده از رابطه با مدل عددی بوسیله تاثیر مقادیر مختلف ضریب پراکندگی، پی بردند که مقدار بدست آمده از رابطه RAM در محدوده عادی و طبیعی است [۵].

خلیج باستون با عمق متوسط ۲/۴ متر کم عمق بوده و پدیده جزر و مد با دامنه ۱/۳ متر نسبت به سایر پدیده ها غالب می باشد و همچنین هندسه نا منظم و دو کانال ورودی نسبتا عمیق دارد. روش RAM در این منطقه نیز با تغییرات ضریب پراکندگی عملکرد منطقی داشته است.

بندر ونیز با مقیاس کوچک، و با عمق ۱/۵ متر کم عمق بوده و دارای سه دهانه ورودی می باشد. در این تالاب پدیده ی جزر و مد با دامنه ۰/۵ متر غالب می باشد. روش RAM در این منطقه عملکرد مناسبی نداشته و تخمین درستی از میانگین زمان اقامت بدست نمی دهد.

نتایج حاصل از مقایسه ارزیابی تجدید پذیری درسه بندر ذکر شده نشان می دهد که روش RAM در آبهای خیلی کم عمق و عمق کمتر از ۲ متر، به دلیل عدم تقارن و نامنظمی های کف بستر، تقریب درستی از الگوی جریان به دست نمی دهد. همچنین خلیج هایی که تحت تاثیر جزر و مد با دامنه جزرومدی ۱ تا ۲ متر هستند و همچنین خلیج هایی که خیلی عمیق یا خیلی کم عمق نیستند و

خلیج هایی که دارای یک دهانه ورودی هستند و رودخانه ای وارد خلیج نمی شود، جواب منطقی تر و درست تری می دهد. این رابطه برای خلیج هایی که داری ویژگی های ذکر شده باشند و همچنین از نظر شکل ظاهری و هندسه به خلیج دوحه شباهت داشته باشند. برای تخمین زمان تجدید پذیری خلیج رابطه درستی است [۵].

2-6-4- مطالعه و بررسی تجدید پذیری آب برای یک جزیره ی مصنوعی در مصر: موقعیت این جزیره در شکل (۲-۹) نشان داده شده است. در این پژوهش از مدل عددی هیدرودینامیکی MIKE 21 و ماژول های HD و AD برای شبیه سازی تجدید پذیری آب استفاده شده است. این مدل از شبیه سازی غلظت ماده ردیاب، که فرض شده در سراسر خلیج آلودگی به صورت کاملاً مخلوط وجود دارد، استفاده می کند. در این مدل اثر پدیده باد به همراه پدیده جزر و مد بر تجدید پذیری آب جزیره مورد بررسی قرار گرفته است.



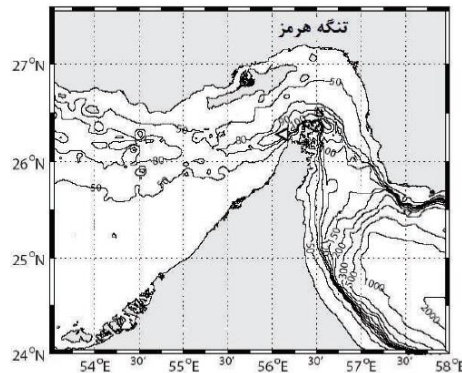
شکل (۲-۹)، موقعیت جزیره مصنوعی در مصر

نتایج پژوهش پیش گفته نشان می دهد که پدیده باد اثر زیادی در تجدید پذیری آب جزیره داشته است [۲۰].

2-6-5- بررسی گردش آب در تنگه هرمز: موقعیت تنگه هرمز در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده است. بررسی گردش آب در این منطقه با استفاده از مدل COHERENS^{۲۳} انجام شده است. این مدل به صورت روزانه، الگوی جریان از سطح تا

^{۲۳} Coupled Hydrodynamical Ecological model for Regional and Shelf seas

بستر را بر اساس تغییرات چگالی و شوری و تبادل بارو کلینیکی بین گرادیان فشار و گرادیان چگالی را محاسبه و شبیه سازی نموده است.



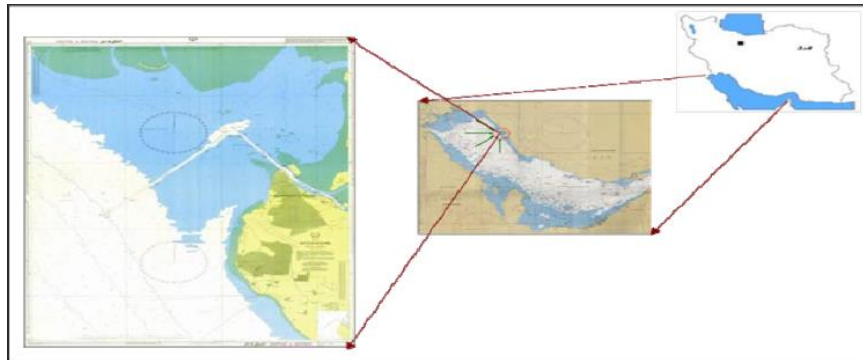
شکل (۲-۱۰)، موقعیت تنگه هرمز

COHERENS یک مدل سه بعدی هیدرودینامیکی چند منظوره است، که برای آب های کرانه ای دریاها و فلات قاره ها از آن استفاده می شود. این مدل علاوه بر مدل های هیدرودینامیکی، شامل مدل سازی زیستی، مدل بررسی مسیر ذرات معلق، آلودگی ها و مواد محلول در آب نیز است که از نتایج آن می توان فرآیندهای مقیاس سازی فصلی را نام برد. این مدل، برای دریاهای کم عمق و مناطق ساحلی نوشته شده است و قابل تغییر برای نقاط مختلف عمیق و فراساحل نیز است. این مدل الگوی پخش آلودگی را از سطح تا بستر بر اساس معادلات ناویر استوکس محاسبه و شبیه سازی می کند و دقت خوبی برخوردار می باشد.

پیش بینی های به عمل آمده توسط مدل با مشاهدات میدانی در تنگه هرمز مقایسه شده که دارای توافق خوبی هستند. تحلیل خروجی های مدل حاکی از وجود گردش آب در تنگه هرمز در طول سال است. این مدل به مدت ۲۰ سال اجرا شده تا سیستم به حالت پایدار برسد سپس گردش آب مورد بررسی قرار گرفته است [۲۱].

2-6-6- مدل کوهیرنس برای مدل سازی پخش آلودگی در خلیج بوشهر:

در شکل (۲-۱۲) موقعیت خلیج بوشهر در خلیج فارس نشان داده شده است. مدل پیش گفته به مدت ۵ سال در این خلیج اجرا شده است تا رژیم گردش آب به همراه دیگر خواص توده آب در خلیج بوشهر در مدت مورد نظر به یک چرخه ی پایدار برسد.



شکل (۲-۱۲)، موقعیت خلیج بوشهر

بررسی گردش آب در خلیج بوشهر با استفاده از مدل مذکور، نشان می دهد که آلودگی در خلیج بوشهر، تحت تاثیر جریان های عمدتاً جزر و مدی این خلیج پخش می شود [۲۲].

بررسی زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار با استفاده از مدل COHERENS بر اساس پخش آلودگی فرضی:

در این مدل از اطلاعات سرعت و جهت باد استفاده شده است. همچنین اثر جزر و مد هم در این مدل در نظر گرفته شده است. این مدل بر اساس پخش آلودگی فرضی شبیه سازی شده است به طوری که محدوده ی داخل خلیج را یک آلودگی با غلظت یکسان در سراسر خلیج و در کل عمق خلیج در برگرفته است. با در نظر گرفتن ضریب پخش صفر در واقع حلالیت از این آلودگی گرفته شده است و این کار سبب گشت که تنها تاثیر جریانات همرفتی در محدوده نعل اسبی شکل خلیج چابهار مشاهده شود. در حقیقت اگر جریانی که ناشی از جزر و مد، باد و جریان در مرزهای آزاد است وجود نداشت

این توده آلودگی هیچ تغییر مکانی را از خود نشان نمی داد. از خود نشان نمی داد. نتایج این بررسی نشان می دهد که خلیج چابهار به سبب محدوده کوچک و دهانه بزرگ به نسبت مساحت آن، از چرخش و تبادل آب خوبی با محیط پیرامون خود برخوردار است [۲۳].

نتیجه گیری

برای بررسی اثر تجدید پذیری آلودگی در خلیج چابهار نیاز به مدلسازی همزمان شرایط محیطی نظیر جریانهای ناشی از جزرومد، باد، موج و نحوه پخش و گسترش آلودگی می باشد. نرم افزارهای عددی کمی هستند که قابلیت این مدلسازی ها را دارند. از جمله این مدلها نرم افزار Mike 21 و Delf 3D می باشند. از آنجایی که نرم افزار Mike 21 قادر به حل معادلات Advection-Dispersion می باشد و همچنین با توجه به مدلسازی های انجام شده در این خلیج با این نرم افزار و امکان مقایسه نتایج کالیبراسون صورت گرفته این مدل در خلیج چابهار و در دسترس بودن آن، برای بررسی تجدید پذیری خلیج چابهار از این نرم افزار استفاده خواهد شد [۲۵، ۲۴].

با توجه به امکان استفاده از روشهای تجربی در شبیه سازی فرآیند تجدید پذیری که در پژوهش ها و خلیج های مشابه استفاده شده است، از این روشها نیز برای تکمیل مطالعات و مقایسه بهتر استفاده شده است. یکی از این روشها، روش ردیاب است که در خلیج هایی که مشابهاتی هایی با خلیج چابهار دارند نظیر خلیج دوحه، در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفت است.

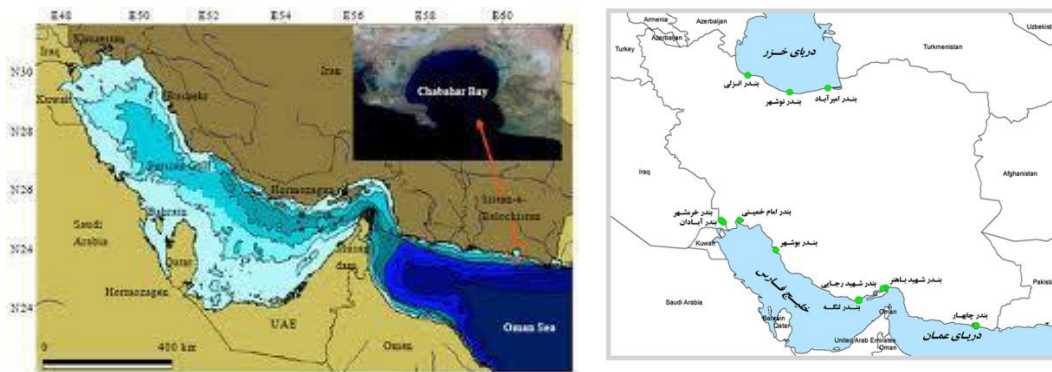
فصل سوم
منطقه مطالعاتی؛ خلیج چابهار

۳-۱- موقعیت جغرافیایی خلیج چابهار

خلیج چابهار بزرگترین خلیج ایران در حاشیه کرانه های دریای عمان است. این خلیج به خاطر شکل حلقه ای (Ω) خود در زمین شناسی از نوع خلیج های امگایی نامیده می شود و در شمال دریای عمان و سواحل جنوب شرقی ایران واقع شده است. مساحت تقریبی آن در حدود ۳۲۰ کیلومتر مربع و اقلیم آب و هوایی آن متأثر از جریانات و بادهای موسمی دریای عمان و اقیانوس هند است. عرض دهانه این خلیج در حدود ۱۳,۵ کیلومتر و ژرفای آب در دهانه خلیج در حدود ۱۴,۵ متر است که با نزدیک شدن به کرانه ها کاهش می یابد، به طوریکه در ۳,۵ کیلومتری کرانه شمالی و کرانه غربی خلیج، عمق آب به ۴,۵ متر می رسد. رودخانه قابل ملاحظه ای وارد این خلیج نمی شود. موقعیت جغرافیایی بندر چابهار در ساحل شرقی خلیج چابهار و در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۱۲ دقیقه در جنوب استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است. عمق متوسط آن ۶ متر و عمق بیشینه آن در دهانه ورودی خلیج اندازه گیری شده است. شکل (۳-۱) تصویر خلیج چابهار را نشان می دهد [۲۶].



شکل (۳-۱) ، الف) موقعیت خلیج چابهار



شکل (۳-۱) ، ب) موقعیت خلیج چابهار

۳-۲- رفتار هیدرودینامیکی خلیج چابهار

هیدرودینامیک خلیج چابهار تحت تاثیر جریان‌های ناشی از باد و جزر عامل اصلی و مد است. با توجه به نتایج بادهای غالب خلیج چابهار که از جنوب غرب به شمال غرب می وزند دیده می شود که، این بادهای به قدری قدرتمند هستند که باعث ایجاد جریان در بستر می شوند. بنابراین ترکیب باد و جزر و مد نقش مهمی در تعادل مقدار آب موجود در خلیج دارد.

جریان آب در خلیج چابهار تحت تاثیر سرعت و جهت باد، اختلاف دما، اختلاف چگالی، اختلاف شوری و آرایش ساختاری خلیج در طول سواحل و بستر آن قرار دارد. عامل ژئوفیزیکی که گردش آب در این ناحیه را تحت تاثیر قرار می دهد، بادهای موسمی است که از سواحل آفریقا تا نیمه ی دریای سرخ کشیده شده، در شرق به دریای عمان رسیده و این منطقه را تحت تاثیر قرار می دهد بررسی و مطالعه جدول و نمودارهای ارائه شده توسط سازمان هواشناسی کشور نشان می دهد که در بندر چابهار بیشینه ارتفاع جزر و مد برابر ۳ متر و کمینه ارتفاع جزر و مد ایجاد شده برابر ۰/۳ متر است. نوع کشند حاکم در منطقه چابهار نیم روزانه با دو دامنه متفاوت و نابرابر است [۲۶].

۳-۳ - اندازه گیری های دریایی

اولین قدم در جهت شناخت عوامل تاثیرگذار بر محیط های دریایی و نواحی ساحلی، تعیین الگوی

امواج و جریان های ساحلی است. در مناطق ساحلی، امواج و جریان ها نقش مهمی در تعیین هندسه و شکل سواحل بازی می کنند. در ابتدای امر می بایست اطلاعاتی از قبیل موج، باد و جریان جزر و مد را از طریق سازمان بنادر و کشتیرانی فراهم نمود، سپس منطقه مورد نظر را از نظر هندسه، عمق سنجی و نوع پدیده ی تاثیر گذار برآیند تجدید پذیری که نسبت به بقیه پدیده ها غالب است، شناسایی خواهیم کرد.

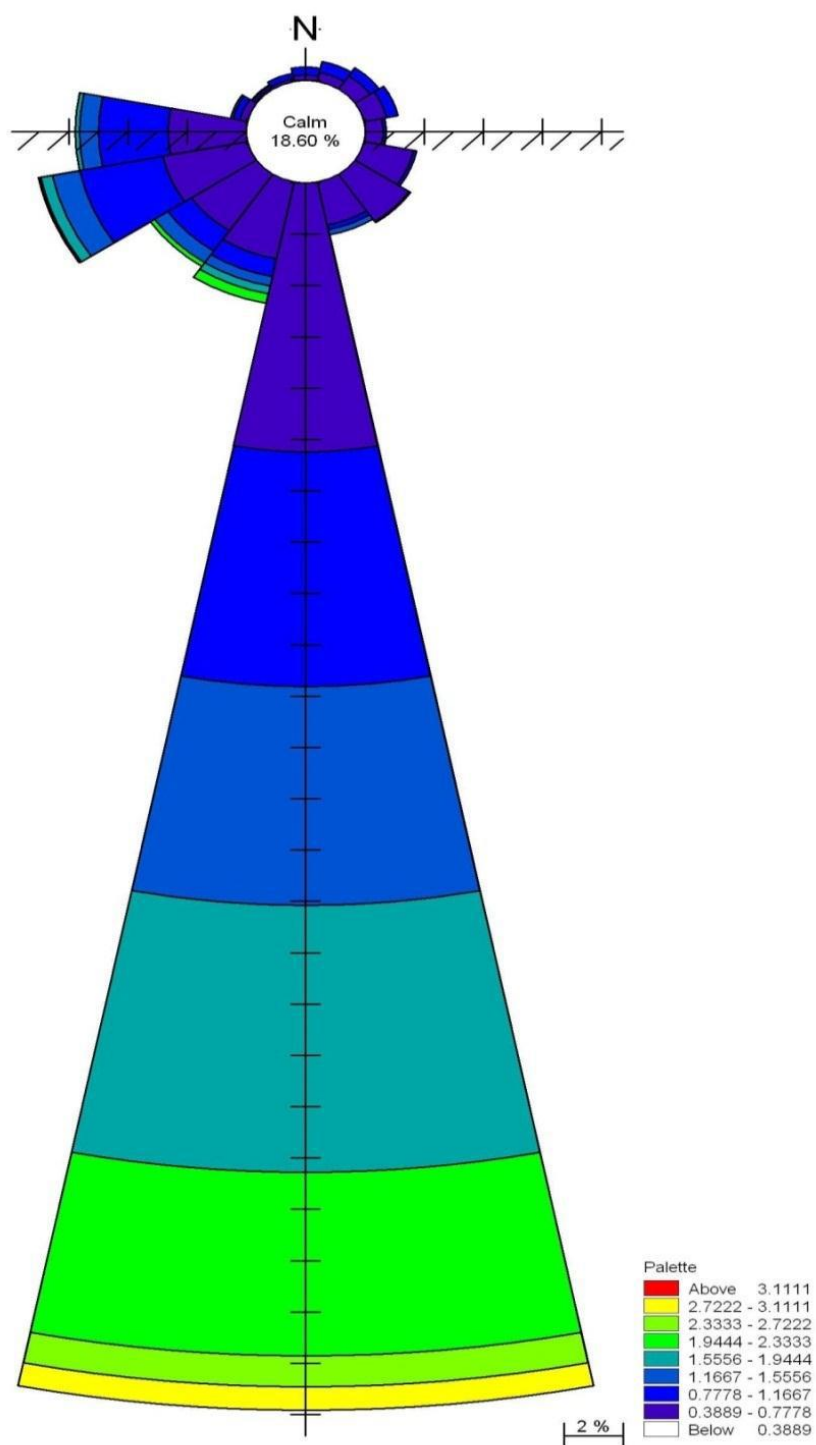
اندازه گیری ها شامل داده های سال ۲۰۰۲ سازمان نقشه برداری تغییرات تراز آب و سرعت جریان جزر و مدی در ایستگاه خلیج چابهار می باشد که در فصل چهارم به آن پرداخته شده است. همچنین داده های هیدروگرافی از سازمان نقشه برداری تهیه شده که آن هم در فصل چهارم آورده شده است.

۳-۱-۳- اطلاعات موج و باد خلیج چابهار:

امواج نقش مهمی را در تعیین وضعیت هندسی و ترکیب سواحل بازی می کنند. در این تحقیق امواج ناشی از باد در منطقه دریایی چابهار با استفاده از مدل SW^{24} محاسبه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

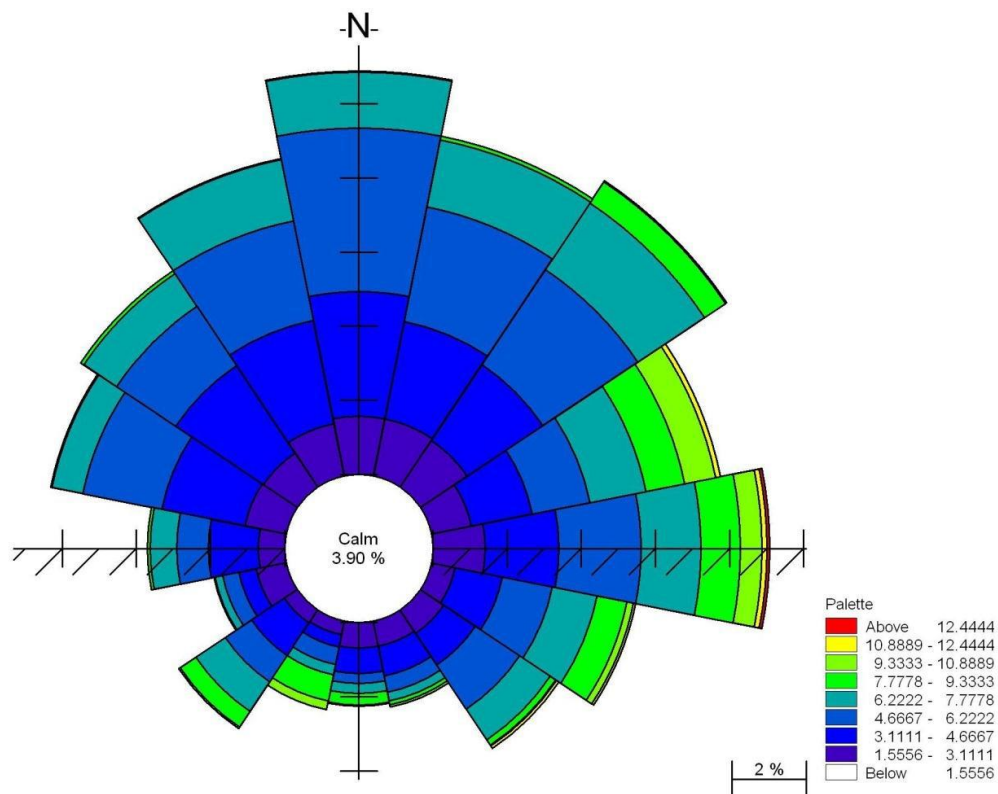
اطلاعات موج در مرز باز جنوب مدل، بروی خط ۲۵ درجه شمالی به عنوان شرط مرزی مدل مورد نیاز می باشد. این داده ها نیز پس از دریافت و ساخت سری زمانی با توجه به دوره مدلسازی به مرزها اعمال شده است. باد به عنوان عامل محرک اولیه در ایجاد امواج مهم ترین داده در مدلسازی می باشد. شکل (۲-۳) نمودار گلموج و گلباد را در سال ۲۰۰۲ نشان می دهد.

^{۲۴} Spectral Waves



شکل (۲-۳) ، الف) نمودار گلموج

با توجه به شکل فوق، جهت غالب تابش امواج در خلیج چابهار در جهت ۹۰ درجه می باشد. در این جهت ۱ درصد امواج دارای ارتفاع ۳/۱ تا ۲/۷ متر، ۱،۱ درصد دارای ارتفاع ۲/۷ تا ۲/۳ متر، ۷/۷ درصد دارای ارتفاع ۲/۳ تا ۱/۹ متر، ۱۰/۲ درصد دارای ارتفاع ۱/۹ تا ۱/۵ متر، ۸/۱ درصد دارای ارتفاع ۱/۵ تا ۱/۱۷ متر، ۹/۷ درصد دارای ارتفاع ۱/۱۷ تا ۰/۸ متر و بالاخره ۱۰/۲ درصد دارای ارتفاع ۰/۸ تا ۰/۳۹ متر در جهت ۲۷۰ درجه می باشند.



شکل (۳-۲) ، ب) نمودار گلباد

با توجه به شکل فوق، جهت غالب وزش باد در جهت شمال است. به طوریکه در این جهت، ۱/۸ درصد دارای سرعت ۶/۲ تا ۷/۸ متر بر ثانیه، ۴/۲ درصد دارای سرعت ۴/۶ تا ۶/۲ متر بر ثانیه، ۴ درصد دارای سرعت ۴/۷ تا ۳/۱ متر بر ثانیه و ۱/۸ درصد دارای سرعت ۳/۱ تا ۱/۵ متر بر ثانیه هستند.

۳-۳-۲- جریان جزر ومدی خلیج چابهار

انرژی در حرکت آب می‌تواند مرتبط به سه نیرو باشد. نیروهای جزر و مدی، نیروی باد و نیروهای مربوط به اختلاف چگالی. معمولاً جریانهای جزر و مدی هنگامی که به ساحل نزدیک می‌شوند، قویتر شده و نقش مهمی در گردشهای محلی دارند. جریانهای جزر و مدی مولفه بزرگی از کل انرژی جنبشی در مناطق نزدیک ساحل هستند. در جدول (۳-۱) مقادیر کمینه و بیشینه کشند خلیج چابهار آورده شده است. نوع کشند حاکم در منطقه چابهار نیم روزانه با دو دامنه متفاوت و نابرابر است. بررسیهای گوناگون مشخص نموده که در مناطق مختلف دریا عمان جریانهای سطحی متفاوت است. با تغییر جهت وزش باد جریان آب نیز به همان سمت تغییر جهت می‌یابد. [۲۲].

با توجه به داده ای سازمان نقشه برداری کشور (NCC) به شرح جدول (۳-۱) می‌توان میزان میانگین سطح دریا در منطقه مورد مطالعه را استخراج نمود [۲۷].

جدول (۳-۱)، میزان کمینه و بیشینه کشند در منطقه چابهار بر حسب متر

MSL ^{۲۹}	MHHW ^{۲۸}	MLHW ^{۲۷}	MHLW ^{۲۶}	LLW ^{۲۵}
۱/۶۱	۲/۵۳	۱/۹۳	۱/۲۸	۰/۶۹

اطلاعات تراز سطح آب در دوره زمانی ۲۰۰۲/۶/۱ تا ۲۰۰۲/۸/۳۱ شکل (۳-۳) نشان داده شده است.

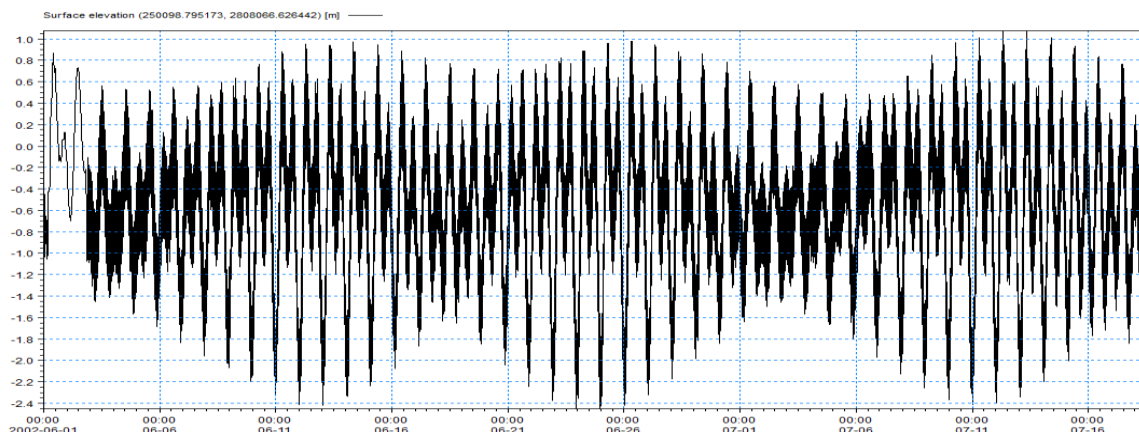
^{۲۵} Lower Low Water

^{۲۶} Mean Higher Low Water

^{۲۷} Mean Lower High Water

^{۲۸} Mean Higher Higher Water

^{۲۹} Mean Sea Level



شکل (۳-۳)، تراز سطح آب در خلیج چابهار

۳-۴ - پدیده مونسون در خلیج چابهار

مونسون به تغییرات فصلی باد اطلاق می گردد. آب و هوای مونسون باعث ایجاد تغییرات قابل ملاحظه ای در الگوی بارش و دما و رطوبت میگردد. مانسون گرم و مرطوب متناوباً و به صورت فصلی جایگزین مانسون سرد و خشک می گردد.

بادهای موسمی اقیانوس هند به ۲ دوره زمانی تقسیم می شوند:

- مونسون تابستانه
- مونسون زمستانه

نقش باد در شکل گیری جریانات سطحی که در اقیانوس هند وجود دارد حائز اهمیت است. در واقع، جهت و سرعت جریانه‌ها و گردش های موجود در اقیانوس هند با مونسون ارتباطی مستقیم دارد که در این پژوهش تاثیر مونسون بر تجدید پذیری مورد بررسی قرار می گیرد. همه ساله در اقیانوس هند دو مونسون رخ می دهد، مونسون ضعیف تر شمال شرقی در فصل زمستان و مونسون قویتر جنوب غربی در تابستان اتفاق می افتد. مونسون زمستانه از نیمه دوم آبان شروع شده و در بهمن و اسفند به اوج

خود می رسد و در فروردین فروکش می کند اما مونسون تابستانه از اردیبهشت ماه شروع شده و در تیر و مرداد به اوج خود می رسد و در شهریور فروکش می کند [۲۸].

۳-۵- جمع بندی

با توجه به آنچه در بخش های پیشین گفته شده و هیدرودینامیک و اهمیت خلیج چابهار، این خلیج تحت تاثیر پدیده های موج، باد، جزر و مد در سناریوهای مختلف در رابطه با بررسی تجدید پذیری در این خلیج مورد بررسی قرار می گیرد و مقایسه می شود. همچنین به دلیل وجود پدیده مونسون و نقش مهم آن، اثر این پدیده در تجدید پذیری خلیج چابهار در دوره های زمانی مختلف مورد بررسی قرار می گیرد.

فصل چهارم

مدلسازی و تفسیر نتایج

مدلسازی به عنوان یکی از ابزارهای ساده سازی و نمایش نمادین نظریه است. اندیشمندان با آگاهی از مزیت های غیر قابل انکار مدل، ابزاری برای شناخت دنیا و پدیده های پیچیده موجود در آن، به مدلسازی پدیده ها، برای شناخت پدیده ها و نحوه تاثیر آنها بر یکدیگر، دست می زنند. با توجه به وجود موانعی همچون خطا در کارهای آزمایشگاهی و عدم امکان ایجاد برخی شبیه سازی های آزمایشگاهی، مدلسازی های نرم افزاری کمک شایانی به پیشرفت در زمینه های علمی می کند.

از آنجایی که پدیده های دریایی دارای پیچیدگی های بسیاری هستند، برای بررسی و پیش بینی عوامل موثر بر الگوهای حاکم دریا در مقیاس بزرگ می توان با مطالعات میدانی دراز مدت با صرف هزینه های بسیار و با استفاده از نرم افزارهای قدرتمند مدلسازی همانند Delft 3D ، MIKE (DHI) و ... بهره برد.

۴-۲- معرفی نرم افزار روش های عددی Mike ۲۱

مدل های مختلف ریاضی، اعم از Mike 11 ، Mike 21 ، Mike 3 و ... در این نرم افزار گنجانده شده است. از میان مدل های ریاضی مطرح در جهان تحلیل پدیده های حاکم بر محیط های دریا، مدل ریاضی Mike 21 یکی از شناخته ترین آنهاست. این برنامه کامپیوتری که توسط انستیتو هیدرولیک دانمارک^{۲۰} و با همکاری انستیتو کیفیت آب^{۲۱} پایه ریزی و به مرور زمان تکمیل و توسعه یافته است، دارای قابلیت های محاسباتی و گرافیکی بالایی در زمینه ی مدل کردن پدیده های مربوط به خورها، دریاچه ها، نواحی کم عمق ساحلی، خلیج ها و دریاها می باشد.

^{۲۰} Danish Hydraulic Institute

^{۲۱} Water Quality Institute

این نرم افزار سیستم جامعی برای مدل کردن جریان های آزاد^{۳۲} دو بعدی است که در آنها لایه بندی^{۳۳} جریان سیال قابل صرف نظر باشد و در عین حال در کامپیوترهای موجود قابل اجرا است. رقم های پسوند ۲۱ از چپ به راست در واقع کاربرد این سیستم برای جریان های دوبعدی و یک لایه را بیان می کند. علیرغم اینکه برنامه کامپیوتری Mike 21 از مدرن ترین امکانات نرم افزاری بهره گرفته است، بطور پیوسته تحت بازنگری قرار داشته و کاربردهای جدیدتری به آن اضافه می شود.

بر اساس علم انسیتو هیدرولیک دانمارک نرم افزار Mike 21 حاصل ۲۹ سال تلاش مداوم برای ایجاد یک سیستم پیشرفته ی مدل کردن ریاضی است که در بیش از ۳۹۹ موارد کاربرد علمی در پروژه های مختلف در سراسر دنیا، بکار گرفته شده و بر اساس نتایج و تجربیات حاصله از آنها مورد تجدید نظر و توسعه و تکمیل قرار گرفته است. این مدل با دارا بودن قابلیت های گوناگون در دریافت اطلاعات ورودی در محدوده ی وسیعی از کاربردها و ارائه ی خروجی های مناسب جهت کاربردهای تحقیقاتی و مهندسی، ابزاری مناسب جهت تحلیل پدیده های آلودگی در بنادر و سواحل می باشد. این مدل با بهره گیری از ماژول های مختلف، توانایی بررسی پدیدهایی همچون موارد زیر را دارا می باشد:

- ✓ تغییرات سطح آب و جریان های ناشی از پدیده جزر و مد (Tidal Exchange and Currents)
- ✓ افزایش ارتفاع سطح آب در اثر بادهای شدید (Storm Surge)
- ✓ انتشار یا توزیع شوری و حرارت (Heat and Salt Recirculation)
- ✓ بررسی کیفیت آب (Water Quality)
- ✓ انتشار یا توزیع آلودگی هایی از جنس فلزات سنگی (Heavy Metals Dispersion)
- ✓ توزیع امواج در داخل بندرگاه (Harbors-Wave disturbance)
- ✓ انتشار امواج از منطقه آب عمیق به منطقه ساحلی (Near shore spectral Wind-Wave)

^{۳۲} Free Surface Flows

^{۳۳} Stratification

✓ تعیین مشخصات امواج فراساحل با استفاده از منحنی های هم فشار (Deep Water Wave Characteristics)

✓ ناوبری در بنادر (Ship Motion)

✓ برآورد انتقال رسوبات و میزان نهشت و فرسایش در منطقه ساحلی (Longshore sediment transport & erosion and deposition in coastal region)

این مدل قادر است با گرفتن اطلاعات اولیه مربوطه پارامترهای اساسی و لازم برای امر طراحی در پروژه هایی نظیر ساخت بندرگاه ها، انتخاب روش های حفاظت سواحل، مدل های متشابه برای ناوبری و مانور کشتی ها، سازه های دور از ساحل و حتی خطوط لوله در بستر دریاها را فراهم آورد.

مدل ریاضی Mike 21 از ماژول های متعددی جهت شبیه سازی پدیده ها استفاده می نماید که از نظر موضوعی به شرح ذیل قابل دسته بندی می باشند:

۱- هیدرولیک ساحلی و اقیانوس شناسی "Coastal Hydraulics & Oceanography"، که شامل مدل سازی هیدرولیک جزر و مد، باد، موج های بوجود آمده توسط جریان ها، امواج طوفانی و امواج سیلاب می باشد.

✓ ماژول باد طیف موج (Spectral Wind-Wave Module)

✓ ماژول هیدرودینامیک (Hydrodynamic Module)

۲- هیدرولیک محیط زیست "Enviromntal Hydraulics"، این بخش هر چیزی را از جابجایی و حرکت طبقات اتمسفری بصورت افقی تحت تاثیر گرما به صورت نرمال و پراکندگی آلاینده های محافظه کارانه تا کیفیت آب شامل واکنش های شیمیایی را شبیه سازی می کند.

✓ ماژول کیفیت آب (Water Quality Module)

✓ ماژول فلزات سنگین (Heavy Metal Module)

۳- امواج "Wave"، این بخش نیز تلاطم امواج در بندرگاه ها، پیش بینی، پارامترهای طراحی موج، تغییر شکل های غیر خطی و تکان های کشتی را شامل می شود و به عنوان ابزاری برای طراحی بندرگاه، سازه های ساحلی، کانال های کشتیرانی و آزمایش اثر امتداد موج شکن های جدید به کار گرفته می شود.

✓ ماژول امواج بوسینسک (Boussinesq Wave)

۴- مراحل رسوب بر سواحل "Sediment Processes on Coastal"، شامل پژوهش های انتقال رسوب جهت کانال های کشتیرانی، دهانه بنادر، سواحل، اسکله ها و ... می شود.

✓ ماژول انتقال مواد ماسه (Sand Transport Module)

۴-۳- معرفی ماژول SW و معادلات حاکم بر این ماژول

مدل ریاضی مورد استفاده جهت پیشبینی مشخصه های امواج، مدل SW می باشد. مبنای این مدل برای پیش بینی موج، حل معادلات انتقال انرژی همراه با ترم های چشمه و چاه می باشد. به منظور لحاظ کردن طبیعت تصادفی امواج دریا، معادله انرژی در شکل طیفی آن در نظر گرفته می شود. شکل معادلات انتقال در حالت دو بعدی به صورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\cos \theta}{c} \frac{\partial (E.C.C_g)}{\partial X} + \frac{\sin \theta}{C} \frac{\partial (E.C.C_g)}{\partial y} + \frac{C_g}{C} \left(\sin \theta \frac{\partial C}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial C}{\partial y} \right) \frac{\partial E}{\partial \theta} = S \quad 4-1$$

E: طیف انرژی موج فرکانسی جهتی

t: زمان

f: فرکانس

θ : جهت انتشار امواج

C_g : سرعت گروهی موج

C : سرعت انتشار موج

S : عبارت چشمه و چاه

معادله فوق خاطر نشان می کند که هر مولفه از یک طیف فرکانسی جهتی با سرعت گروهی موج حرکت می کند و در مسیر حرکت خود تحت اثر افزایش یا کاهش انرژی ناشی از توپوگرافی کف دریا، سرعت و جهت باد و نیز شکل طیف قرار می گیرد. آخرین عبارت در سمت چپ معادله مذکور اثر انکسار و پشته کردن موج را در نظر می گیرد. عبارت منبع در سمت راست معادله انتقال موج به صورت زیر تعریف می شود:

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} + S_{surf} \quad ۴-۲-$$

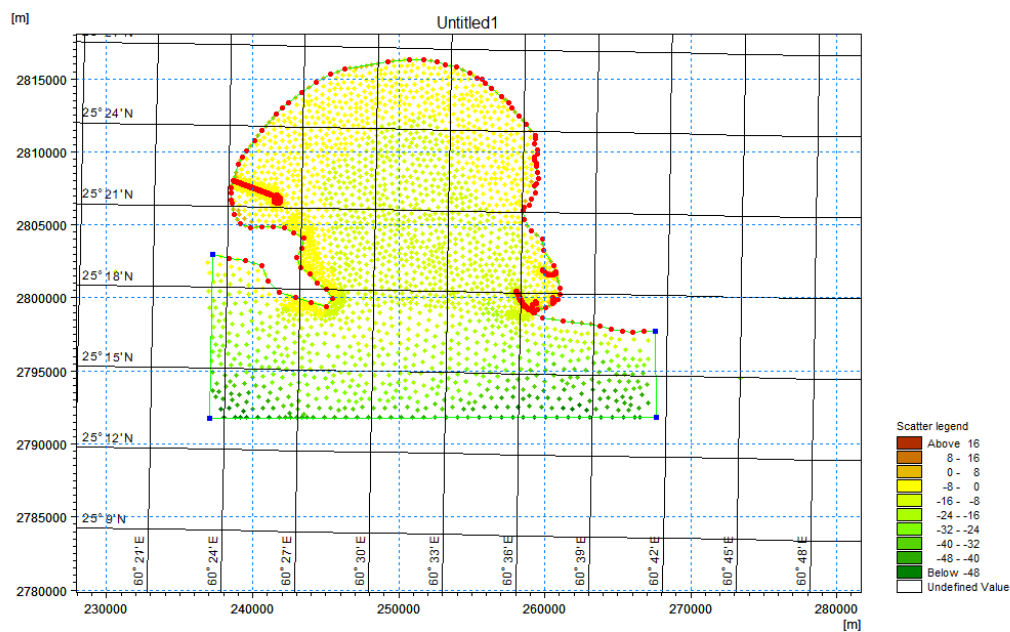
که در آن S_{in} معرف انتقال انرژی از باد به سطح آب، S_{nl} معرف انتقال انرژی از یک فرکانس به فرکانس دیگر توسط اندرکنش غیر خطی امواج، S_{dis} معرف استهلاک انرژی موج در اثر پدیده سفیدک راس موج، S_{surf} معرف استهلاک انرژی موج ناشی از شکست موج در ناحیه کم عمق می باشد [۲۹].

۴-۳-۱- داده های ورودی و اطلاعات خروجی در ماژول SW

داده های ورودی در این ماژول شامل داده های عمق سنجی، داده های مربوط به هندسه مرزهای مدل، داده های موج، داده های باد، داده های مربوط به شرایط مرزی در مرزهای مدل بوده و داده

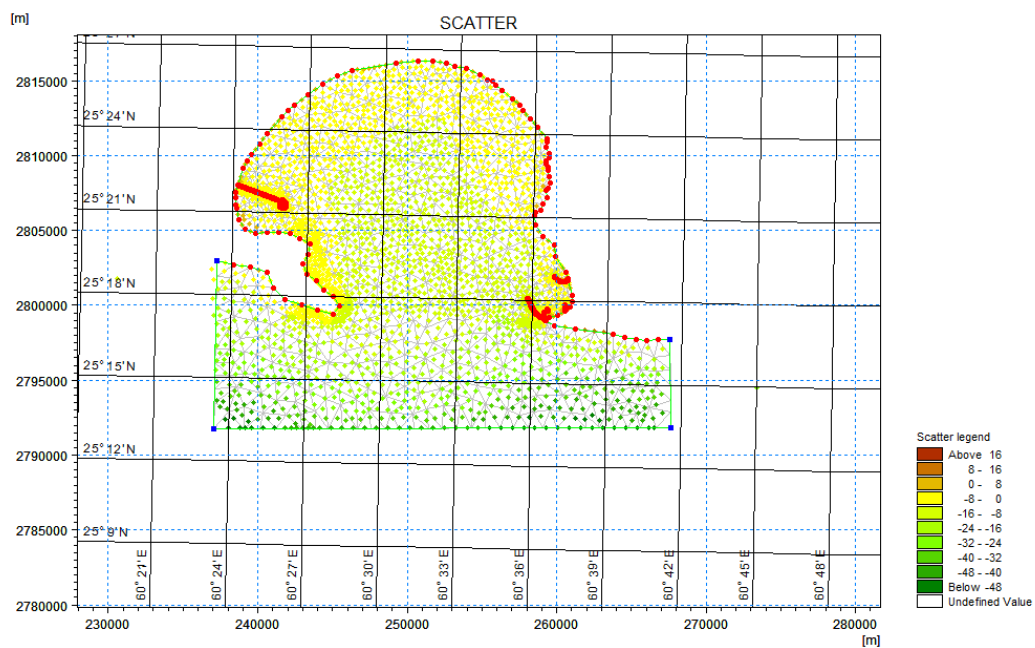
های خروجی نیز شامل خصوصیات موج اعم از ارتفاع و پریود آن و همچنین تنش تشعشعی^{۳۴} می باشد.

✓ برای خلیج چابهار داده های عمق سنجی و همچنین فایل مش ساختار نیافته (مش مثلثی) و نهایی در شکل (۴-۱ تا ۴-۳) قابل مشاهده است.

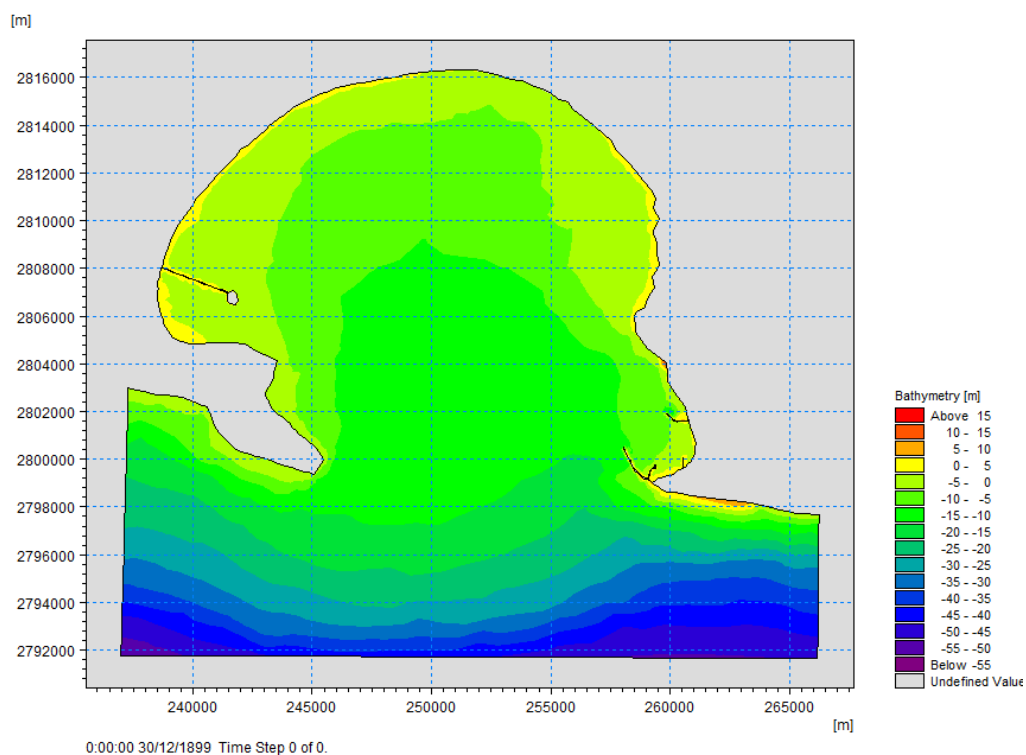


شکل (۴-۱)، داده های هیدروگرافی

^{۳۴} Radiation Stress



شکل (۴-۲)، مش بندی مثلثی



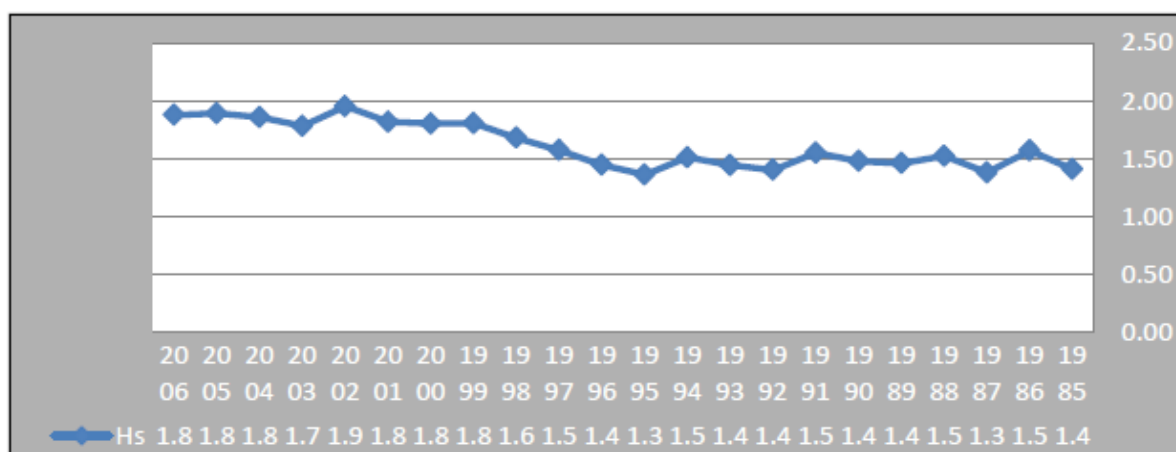
شکل (۴-۳)، هیدروگرافی نهایی برای مدل سازی

✓ داده های موج و باد شامل داده های دریافت شده از سازمان بنادر و دریانوردی که

داده های پیشیابی ۲۲ ساله سازمان بنادر از سال ۱۹۸۵ تا سال ۲۰۰۷ است که

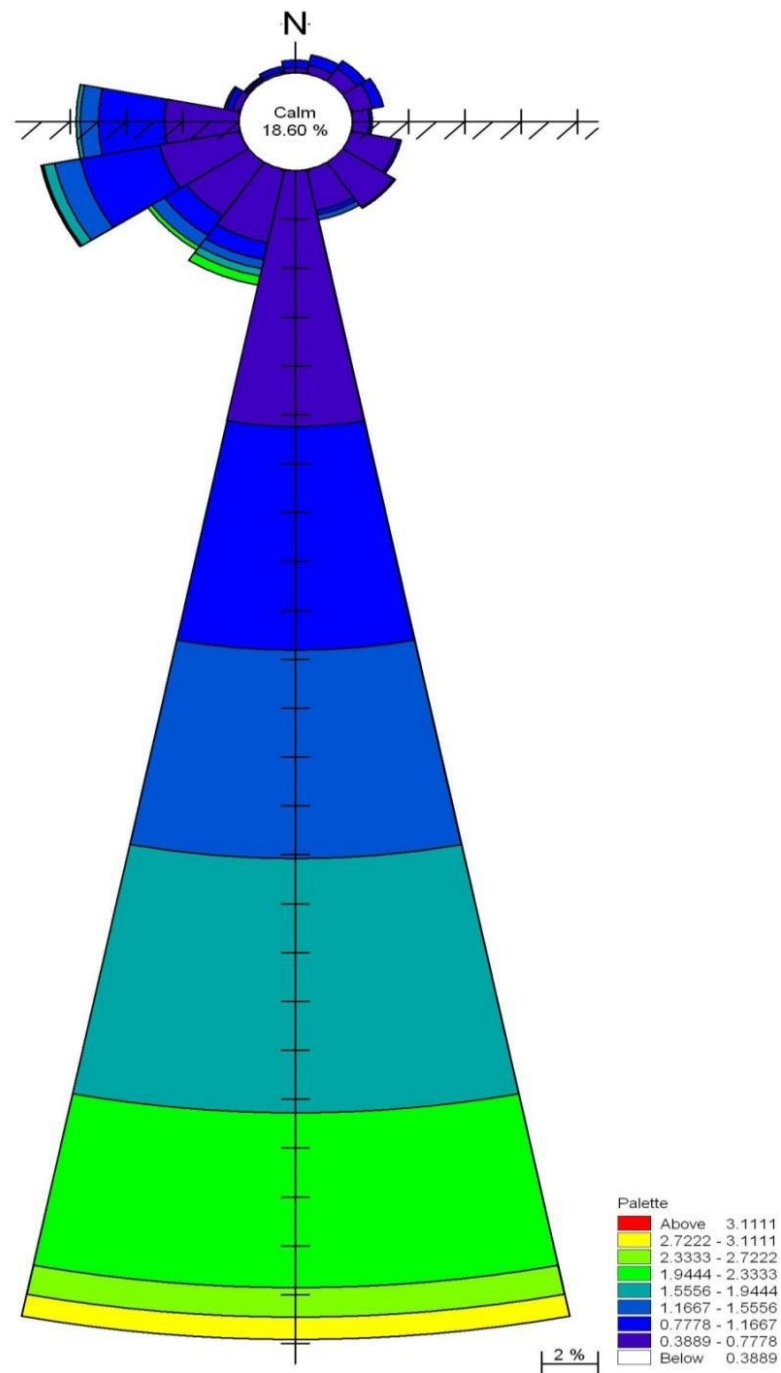
نتیجه مطالعات مونیتورینگ می باشد.

اجرای مدلسازی برای این بازه زمانی، به رایانه ای با پردازشگر و حافظه ای قوی نیاز دارد. اما به دلیل محدودیت در امکانات، مجبور به استفاده از تنها یک سال از این داده ها بوده و با استفاده از برنامه نوشته شده در محیط ویژوال بیسیک^{۳۵} نرم افزار Excele سال بحرانی مشخص گردید. روش کار به این صورت است که ابتدا داده های امواج که در جهت غالب بوده اند جداسازی شده و برای هر سال به صورت جداگانه به ترتیب صعودی مرتب می شوند، سپس یک سوم پایین داده های مرتب شده میانگین گیری شده و بزرگترین مقدار سال بحرانی را بدست می دهد. در اینجا سال ۲۰۰۲ به عنوان سال بحرانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در شکل (۴-۴) نتایج مقایسه برای سال های مختلف قابل مشاهده است [۲۸].



شکل (۴-۴)، انتخاب داده ها و مقایسه سال بحرانی

اطلاعات موج سال ۲۰۰۲ در مرز باز مدل به عنوان شرط مرزی مدل مورد نیاز می باشد. این داده ها پس از دریافت و ساخت سری زمانی با توجه به دوره مدلسازی به مرز اعمال خواهد شد. شکل (۴-۵) گل موج سال ۲۰۰۲ را نشان می دهد.



شکل (۴-۵)، گل موج سال ۲۰۰۲

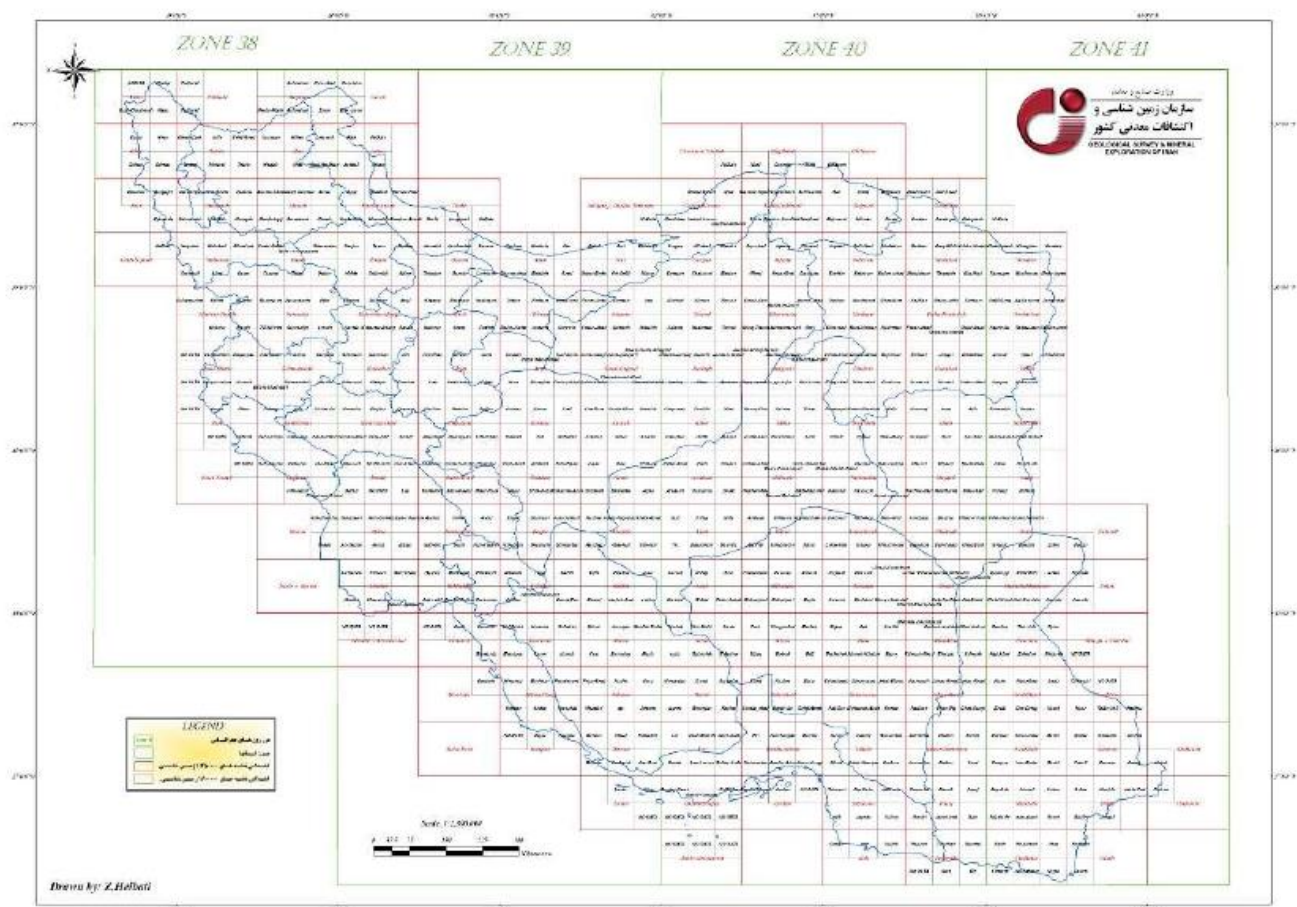
نمودار ستاره گونه، نمایش فراوانی نسبی جهت و ارتفاع موج در یک ایستگاه برای دوره زمانی معین را گلباد می گویند. با توجه به شکل (۴-۵) جهت غالب تابش امواج در منطقه خلیج چابهار جهت ۹۰ درجه می باشد. در این جهت ۱ درصد امواج، دارای ارتفاع ۲/۷ تا ۳/۱ متر، ۱/۱ درصد امواج دارای ارتفاع ۲/۳ تا ۲/۷ متر، ۷/۷ درصد دارای ارتفاع ۱/۹ تا ۲/۳ متر، ۱۰/۲ درصد دارای ارتفاع ۱/۵ تا ۱/۹، ۸/۱ دارای ارتفاع ۱/۱۷ تا ۱/۵ متر، ۹/۷ درصد دارای ارتفاع ۰/۸ تا ۱/۱۷ متر و ۱۰/۲ درصد دارای ارتفاع ۰/۳۹ تا ۰/۸ متر، در جهت ۹۰ درجه می باشند.

۴-۳-۲- تعیین محدوده جغرافیایی در نرم افزار

از آنجا که زمین تقریباً به شکل کروی است، به منظور تصویر کردن صحیح موقعیت های نقاط روی سطح زمین، سیستم طول و عرض جغرافیایی ابداع شده است. اما برای تهیه نقشه، سطح منحنی زمین باید به سطحی مستوی تغییر پیدا کند. مسلم است تصویر کردن یک سطح منحنی بر روی یک صفحه موجب جابجایی نقاط و تغییر شکل عوارض خواهد شد. برای نمایش صحیح سطح کروی زمین بر روی یک نقشه مسطح نیاز به یک سیستم تصویر داریم، به کمک یک سیستم، تصویر مختصات جغرافیایی به یک سیستم مختصات متریک دو بعدی تبدیل می شود. سیستم تصویر مورد استفاده در ایم مدلسازی، سیستم تصویر UTM^{۳۶} است.

سیستم تصویر UTM در سالهای آخر دهه ۱۹۴۰ به وسیله ارتش آمریکا ابداع شد و بر اساس این سیستم تصویر، زمین به ۶۰ زون ۶ درجه ای در طول های جغرافیایی تقسیم بندی شده است. این زونها از غرب به شرق و از یک تا ۶۰ نامگذاری شده اند. کشور ما در زون های ۳۸ تا ۴۱ قرار گرفته است. همانگونه که در شکل (۴-۶) مشاهده می شود منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در منطقه با مختصات UTM 41 واقع شده است، که در نرم افزار به عنوان اولین ورودی وارد می گردد [۲۸].

^{۳۶} Universal Transverse Mercator

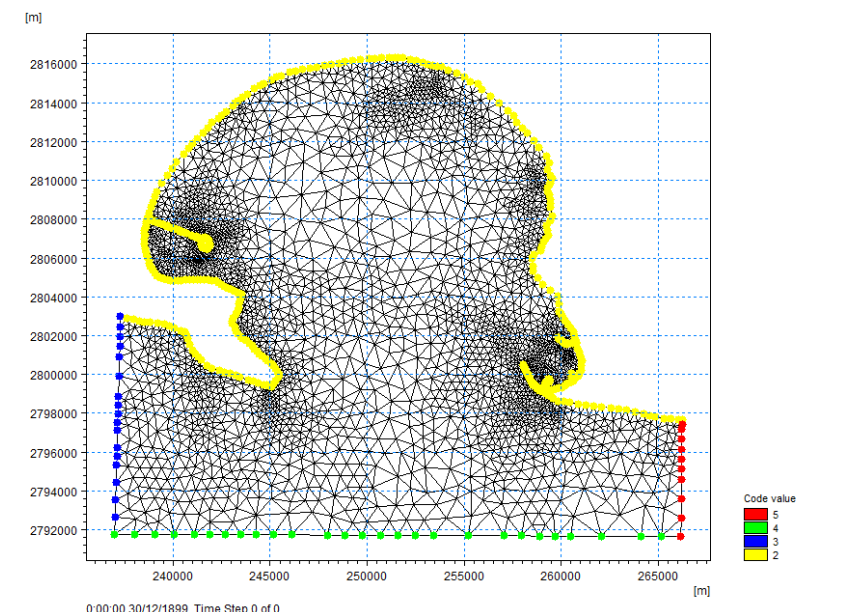


شکل (۴-۶)، سیستم تصویر UTM برای ایران

۴-۳-۳- شرایط مرزی در مرزهای مدل SW

مدل خلیج چابهار مطابق شکل (۴-۷)، دارای ۴ مرز به شماره کدهای ۲ تا ۵ می باشد که مطابق

جدول (۴-۱) هر کد بیانگر ویژگی آن می باشد.



شکل (۴-۷)، مرزهای مدل

جدول (۴-۱)، معرفی ویژگی مرزها در ماژول SW

Code 2	Yellow boundry	Land(Zero Normal Velocity)
Code 3	Blue boundry	Lateral Boundry
Code 4	Green boundry	Wave Parameters(Varying in time, Constant along time)
Code 5	Red boundry	Lateral Boundry

۴-۴- معرفی ماژول FM FlowModel

Flow Model FM یک سیستم مدل سازی جامع برای مدل سازی های دو بعدی و سه بعدی توسعه یافته توسط DHI است. این سیستم برای عملکردهای مختلط در اقیانوس ها، مناطق ساحلی و مناطق با اهمیت محیط زیستی همچون خلیج ها توسعه یافته است و از زیر برنامه های زیر تشکیل شده است:

✓ ماژول هیدرودینامیک (HD)

✓ مازول نقل و انتقالات دریایی

✓ مازول مدلسازی آزمایشگاهی

✓ مازول انتقال گل و لای (MT)

✓ مازول انتقال ماسه (ST)

۴-۴-۱- مازول هیدرودینامیک (HD)

ماژول هیدرودینامیک (HD)، تغییرات سطح آب و جریان در واکنش به نیروهای مختلف در محیط های دریایی را نشان می دهد و معادلات این مازول به صورت متداول در حالت سه بعدی بیان می شوند ولی معادلات برای جریان دو بعدی، با انتگرال گیری بر روی اعماق بدست می آید. معادلات بقای جرم و مومنتوم به عنوان معادلات حاکم در این مازول می باشد که در معادلات (۴-۳ تا ۴-۵) آورده شده است. در این مازول جهت حل معادلات از روش تفاضل محدود استفاده شده است [۳۰].

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (۳-۴)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 h^2} - \gamma \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] - \omega q - fv v_x + h \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{p_a}{p_w} \right] \quad (۴-۴)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 h^2} - \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] - \omega q - fv v_y + h \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{p_a}{p_w} \right] \quad (۵-۴)$$

در معادلات فوق پارامترها به صورت زیر معرفی می گردد:

h : عمق آب

t : زمان

x,y : مختصات دکارتی در حالت دو بعدی

f : ضریب اصطکاک باد

C : ضریب شزی

P_a : فشار هوا

P_w : جرم حجمی آب

v, u : سرعت متوسط عمقی در جهت های مختلف

P, q : دانسیته شار در جهت های مختلف

ξ : تغییرات تراز سطح آب

۴-۱-۱- داده های ورودی و اطلاعات خروجی در ماژول HD

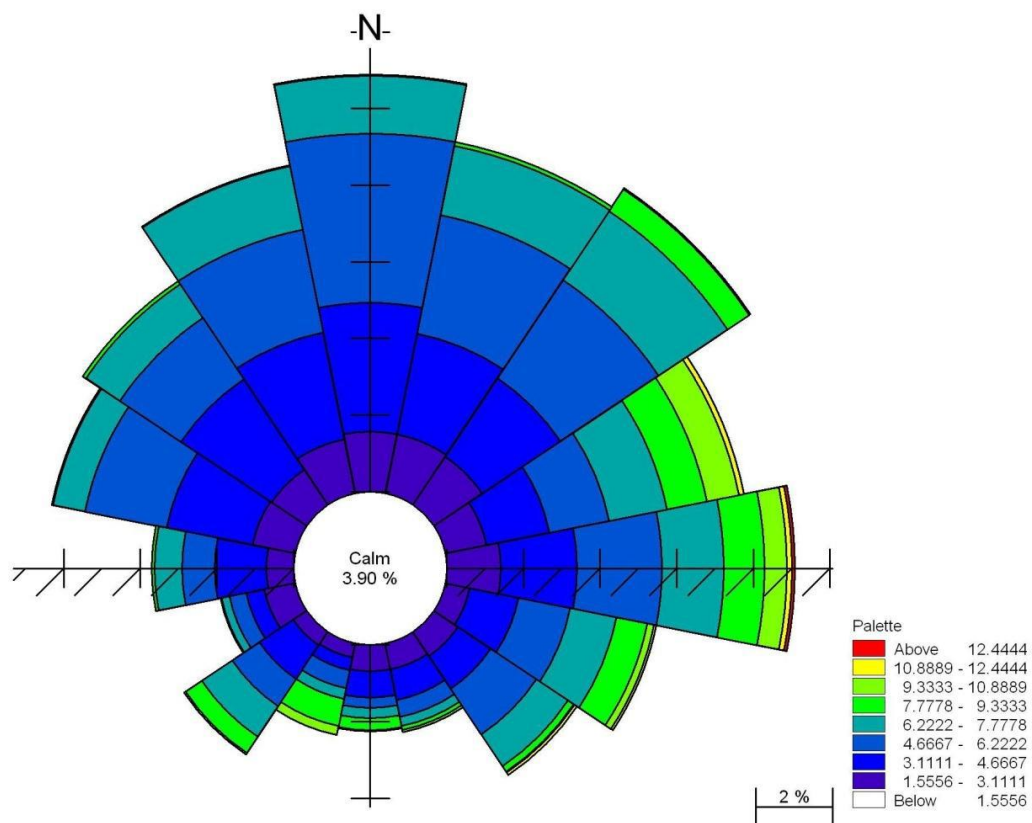
ورودی های مورد نیاز در برخی موارد مشابه ماژول SW می باشد که عبارتند از : داده های عمق سنجی، مولفه های جزر و مدی در مرزها، آمار سرعت جهت جریان در چند نقطه، دبی چشمه و چاه ها، دبی رودخانه ها.

همچنین تنش تشعشی حاصل از خروجی ماژول SW و داده های باد، داده های جزر ومد(تغییرات تراز آب دریا).

خروجی های این ماژول عبارتند از : سرعت جریان و تغییرات تراز آب

✓ اطلاعات باد ورودی مدل

باد به عنوان عامل محرک اولیه در ایجاد امواج، مهمترین داده مورد استفاده در مدلسازی می باشد. در این بخش داده های دریافتی از سازمان بنادر و دریانوردی به صورت یک سری زمانی متناظر با دوره زمانی مورد استفاده موج که همان داده های مربوط به سال ۲۰۰۲ می باشد در مدلسازی به نرم افزار داده شده است. گلباد داده های مورد استفاده در این نرم افزار همراه با سری زمانی حاصل از آن در شکل (۴-۸) قابل مشاهده است.



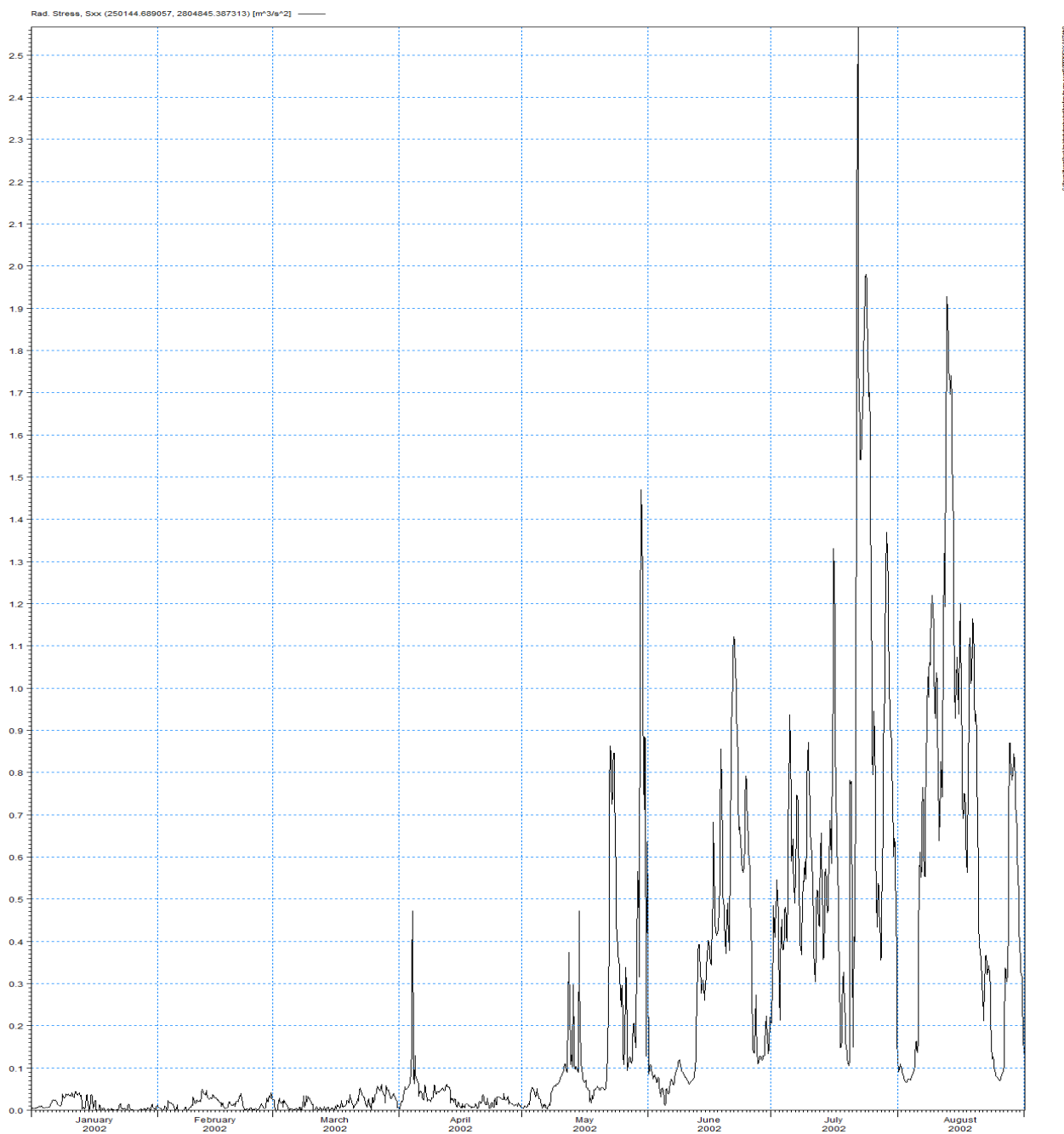
شکل (۴-۸)، گلباد سال ۲۰۰۲

نمودار ستاره گونه نمایش فراوانی نسبی جهت و سرعت باد در یک ایستگاه برای دوره زمانی معین را گلباد می گویند. در شکل (۴-۸)، بازه ها ۲۲/۵ درجه تقسیم بندی شده و برای ۱۶ جهت گلباد رسم شده است. جهت غالب وزش باد در این منطقه با توجه به شکل از سمت شمال است به طوریکه در این جهت، ۱/۸ درصد دارای سرعت ۶/۲ تا ۷/۸ متر بر ثانیه، ۴/۲ درصد دارای سرعت ۴/۶ تا ۶/۲ متر بر ثانیه، ۴ درصد دارای سرعت ۳/۱ تا ۴/۷ متر بر ثانیه و ۱/۸ درصد دارای سرعت ۱/۵ تا ۳/۱ متر بر ثانیه هستند.

✓ تنش های تشعشعی خروجی ماژول SW

تنش های تشعشعی^{۳۷}، خروجی ماژول SW، با واحد متر مکعب بر مجذور ثانیه به عنوان ورودی در ماژول FM و در بخش HD مورد استفاده قرار گرفته می شود تا سرعت های خروجی از نرم افزار حاصل عملکرد همزمان موج، باد و جزرومد در منطقه بوده و ارزیابی تجدید پذیری آب در خلیج چابهار صورت پذیرد. که در ادامه نمودار در شکل (۴-۹) تنش تشعشعی موج مربوط به سال ۲۰۰۲ که در نقطه ای به طول ۲۵۰۲۳۶/۶۱۹ متر و عرض ۲۸۰۵۱۲۱ /۱۷ متر برداشت شده، ارائه شده است.

^{۳۷} Radiation Stresses



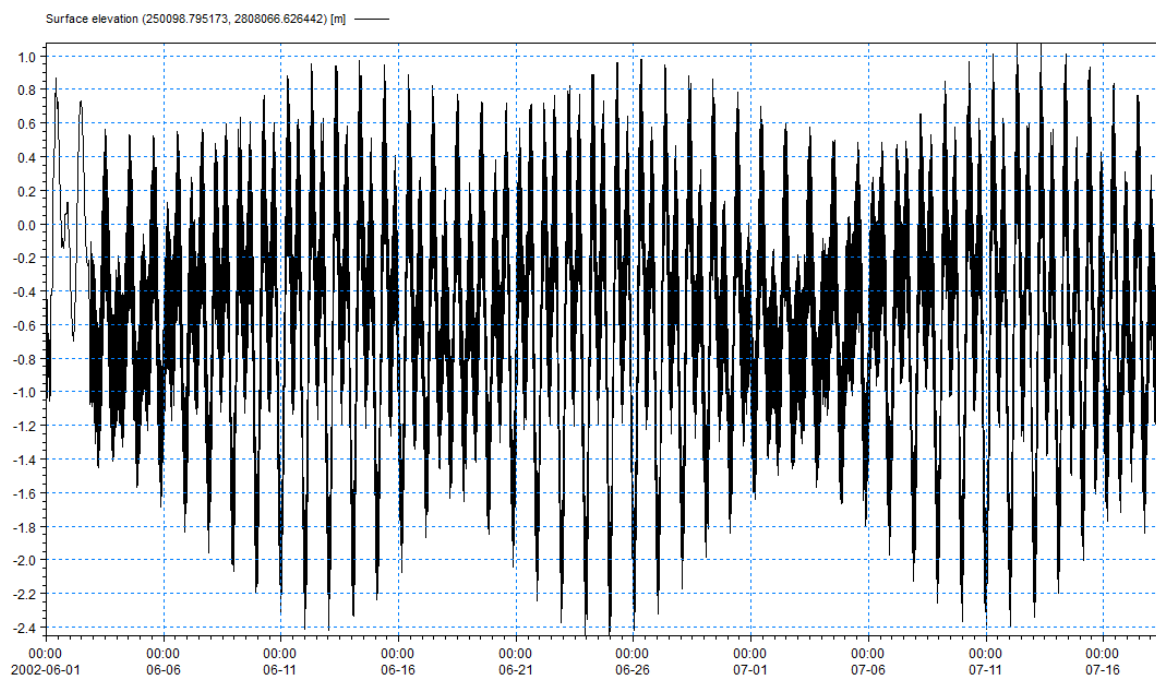
شکل (۴-۹)، تنش شعشی حاصل از امواج در ماژول SW

بیشترین مقدار این تنش $2/5 \text{ m}^3/\text{s}^2$ می باشد. اغلب مقادیر در محدوده $0/1$ تا $1/4 \text{ m}^3/\text{s}^2$ می باشند.

✓ اطلاعات جزر و مد ورودی مدل (داده های تغییرات تراز آب دریا)

این داده ها سری زمانی تغییرات تراز آب دریا در منطقه چابهار با فرمت dfs0 بوده که به فواصل زمانی ۶۰۱ ثانیه و در هریک از مرزهای مدل خلیج چابهار ساخته شده اند.

معمولا مبنای سنجش تراز در نقشه ها از جمله داده های عمق یابی ^{۳۸} CD می باشد. با توجه به میانگین سطح دریا^{۳۹}، در نقاط مختلف لازم است، جهت دستیابی به یک فایل صحیح ژرفا سنجی، مقادیر عمق نسبت به تراز مبنا با استفاده از مقدار MSL منطقه اصلاح شوند. با توجه به داده های سازمان نقشه برداری کشور^{۴۰}، به شرح جدول (۳-۱) می توان میزان میانگین سطح دریا در منطقه مربوط به این پژوهش را استخراج نمود.



شکل (۴-۱۰)، تغییرات تراز آب

^{۳۸} Chart Datum

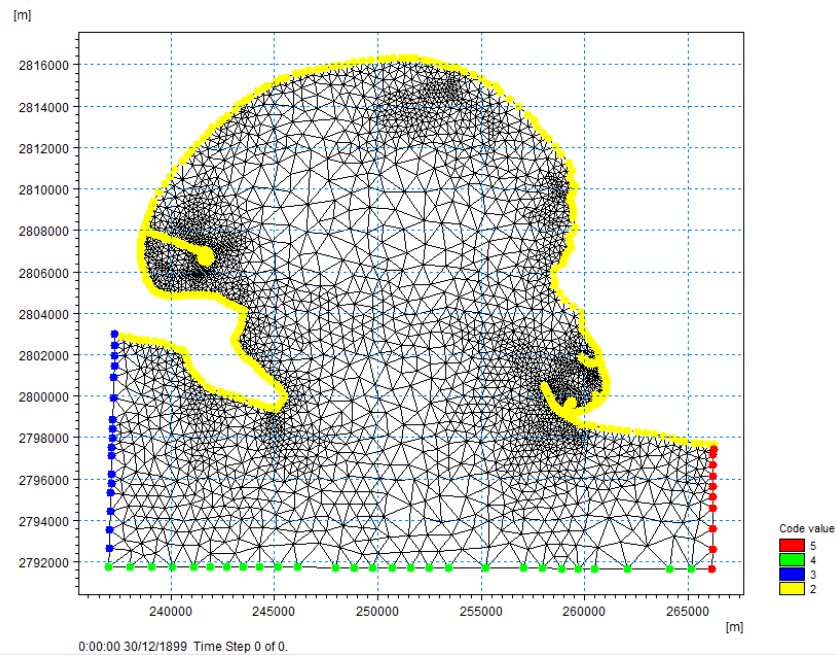
^{۳۹} Mean Sea Level

^{۴۰} NCC

۴-۱-۲- شرایط مرزی در مرزهای مدل

مدل خلیج مطابق شکل (۴-۱۱)، دارای ۴ مرز به شماره کدهای ۲ تا ۵ می باشد که مطابق جدول

(۴-۲) هر کد بیانگر ویژگی آن می باشد.



شکل (۴-۱۱)، مرزهای مدل HD

جدول (۴-۲)، معرفی ویژگی ها مرزها برای ماژول HD

Code 2	Yellow boundry	Land
Code 3	Blue boundry	Specified level
Code 4	Green buoundry	Specified level
Code 5	Red boundry	Specified level

۴-۴-۲- مازول انتقال و پخش آلودگی TP

ماژول انتقال (TP)، جهت شبیه سازی انتقال و پخش آلودگی و مواد آلاینده مورد استفاده قرار می گیرد. در این مازول مدلسازی با استفاده از معادلات انتقال و پخش^{۴۱} انجام می شود که در ادامه این معادله معرفی می شود. معادله انتقال و پخش همان معادله موازنه جرم، بر حسب غلظت است. در Mike 21 معادله انتقال و پخش دو بعدی به صورت رابطه (۴-۶) می باشد [۱۹].

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) - \frac{\partial}{\partial x}\left(h.Dx \frac{\partial c}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(h.Dy \frac{\partial c}{\partial y}\right) - Q_s(cs-c) - S_c = 0 \quad ۴-۶$$

که در آن:

Dx : ضریب پخش در جهت x

Dy : ضریب پخش در جهت y

u, v : سرعت در جهت x و y

S_c : منبع آلودگی

C : غلظت

D : ضریب پخش در است که به صورت یک عدد ثابت در نظر گرفته می شود و در این پژوهش

بوسیله رابطه RAM تعیین می شود.

در رابطه فوق فرآیند انتقال به دو صورت زیر در نظر گرفته می شود:

^{۴۱} Advection Dispersion

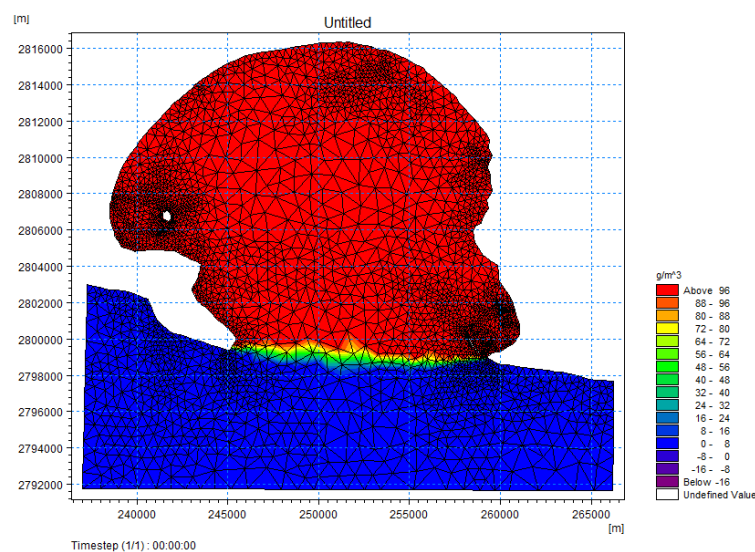
حرکت پهن رفت^{۴۲} که در آن آلاینده متناظر با سرعت میانگین جابجا می شود.

حرکت پخش^{۴۳} که به دلیل گرادیان غلظت اتفاق می افتد.

۴-۲-۱- داده های ورودی و اطلاعات خروجی

این ماژول که زیربرنامه ماژول *HD* می باشد ، علاوه بر ورودی های ماژول *HD* غلظت آلاینده در خلیج و دریا به عنوان شرایط اولیه را دریافت می کند و خروجی این ماژول شامل تغییرات غلظت می باشد.

شرایط اولیه تعریف شده بر اساس غلظت پخش شده در خلیج در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده است که غلظت آلودگی در خلیج (gr/m^3) ۱۰۰ و غلظت دریا (gr/m^3) ۰ در نظر گرفته شده است.



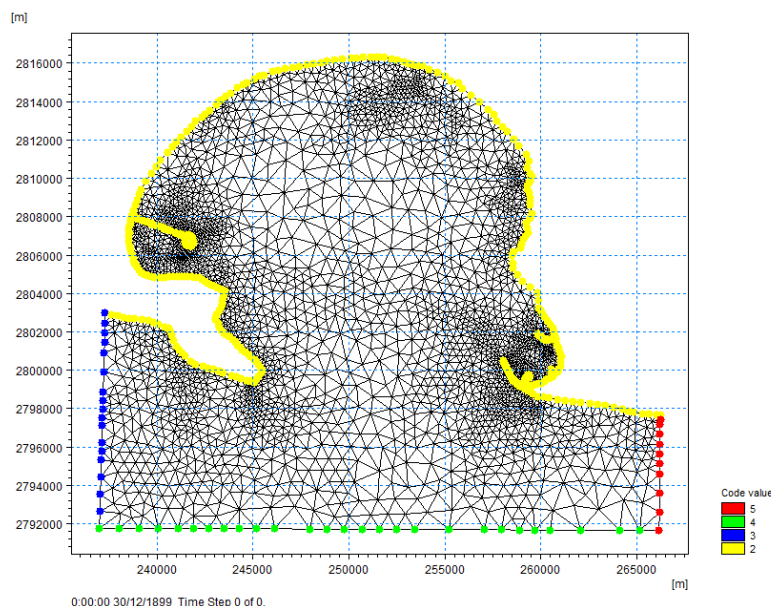
شکل (۴-۱۲)، شرایط اولیه غلظت در مدل

مدل خلیج مطابق شکل (۴-۱۳)، دارای ۴ مرز به شماره کدهای ۲ تا ۵ می باشد که مطابق جدول

(۴-۳) هر کد بیانگر ویژگی آن می باشد.

^{۴۲} Advection

^{۴۳} Dispersion



شکل (۴-۱۳) ، مرزهای مدل

جدول (۴-۳) ، معرفی ویژگی مرزها برای ماژول TP

Code 2	Yellow Boundry	Land
Code 3	Blue Boundry	Specified values
Code 4	Green Boundry	Specified values
Code 5	Red Boundry	Specified values

۴-۵- کالیبراسیون و اجرای نهایی مدل خلیج چابهار

هدف از کالیبراسیون یک مدل ریاضی، تعیین شرایطی است که به کمک آنها مدل قادر به شبیه سازی بهتر یک پدیده فیزیکی باشد. ضرایب کالیبراسیون نرم افزار، شامل ضرایب شکست موج و اصطکاک بستر می باشد. در این مرحله با استفاده از مقایسه اطلاعات اندازه گیری شده میدانی و نتایج حاصل از مدلسازی و با تغییرات ضرایب کالیبراسیون به منظور همپوشانی هر چه بیشتر اطلاعات میدانی و اطلاعات مدلسازی، مدل کالیبره می شود.

۴-۵-۱- حساسیت سنجی ابعاد مش

برای حساسیت سنجی مدل مورد نظر ابتدا با درشت ترین مش مثلثی ممکن، مدل اجرا می شود. این کار در ابتدا برای سنجش حساسیت مدل نسبت به ابعاد مش می باشد که ابعاد مش به شکل پلکانی کم شده تا به اندازه مشی رسیده که اولاً مدل ناپایدار نشود ثانیاً اختلاف زیادی در مقایسه خروجی دیده نشود. که برای این مدل ابتدا اندازه مش 8000 m^2 انتخاب شده و در نهایت به اندازه 5000 m^2 رسیده ایم.

۴-۵-۲- کالیبراسیون مدل SW

مختصات بویه داده های اندازه گیری شده در طول جغرافیایی $60/5$ درجه و عرض جغرافیایی $25/125$ درجه قرار دارد. محل بویه در منطقه در شکل (۴-۱۴) قابل مشاهده است [۲۸].



شکل (۴-۱۴)، محل بویه برداشت داده ها

۴-۵-۲-۱- ضرایب کالیبراسیون

✓ ضریب شکست موج

شکست ناشی از عمق زمانی رخ می دهد که امواج به سمت مناطق خیلی کم عمق نفوذ می کنند و ارتفاع نمی تواند توسط عمق تحمل شود. با تغییرات ضریب شکست موج، ارتفاع موج نیز تغییر می کند به طوری که رابطه ی مستقیمی با هم دارند. با افزایش ضریب شکست موج، ارتفاع امواج بیشتر

می شود و با کاهش شکست موج ارتفاع امواج کمتر خواهد شد. این مقدار به شیب ساحل و پارامترهای موج بستگی دارد و می تواند از ۰/۵ تا ۰/۰۰۰۲۵ تغییر کند [۲۹].

✓ اصطکاک بستر

زمانی که یک موج از آب عمیق به طرف آب کم عمق منتشر می شود، حرکت چرخشی ذرات آن به بستر می رسد، لذا در این حالت اثر اصطکاک بستر در عبارت منبع اهمیت بیشتری پیدا می کند. مقدار این ضریب با ارتفاع امواج رابطه عکس دارد به طوری که با افزایش ضریب زبری بستر، ارتفاع امواج کاهش می یابد و با کاهش ضریب زبری بستر، ارتفاع امواج افزایش می یابد. مقدار این ضریب بسته به شرایط جریان و بستر معمولاً در محدوده ۰/۰۱-۰/۰۰۱ متر بر ثانیه می باشد [۲۹].

در این مدل سازی، ضرایب کالیبراسیون مطابق جدول (۴-۴) مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج کالیبراسیون در شکل (۴-۱۵) و (۴-۱۶) ارائه شده است. در شکل (۴-۱۵)، خط ممتد مشکی نشان دهنده داده های ثبت شده بویه و خط ممتد قرمز نشان دهنده ارتفاع خروجی^{۴۴} حاصل از مدل سازی است. در شکل (۴-۱۶) خط ممتد آبی نشان دهنده، اطلاعات ثبت شده بویه و خط ممتد نارنجی نشان دهنده میانگین جهت امواج^{۴۵} حاصل از مدل سازی است. همچنین از روش های نیمه تجربی یا همان پارامترهای آماری نیز میزان دقت مدل مشخص شده است. از روابط زیر برای مقایسه دقت داده های مدل سازی نسبت به داده های واقعی استفاده شده است:

$$CC = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

ضریب همبستگی:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (Y_i - X_i)^2}$$

جذر متوسط مربع خطاها:

$$ERROR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - x_i|}{x_i} \cdot 100$$

درصد خطا:

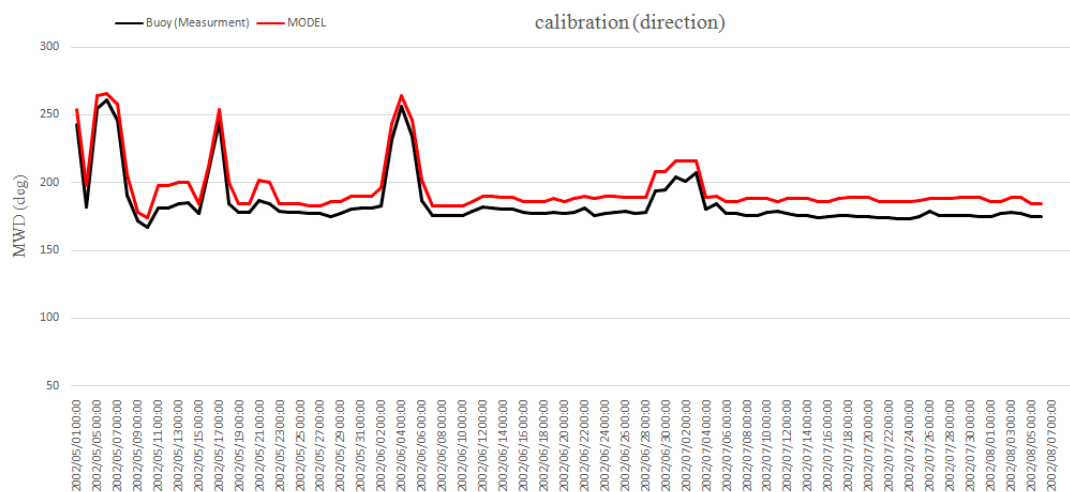
^{۴۴} Significant Wave height

^{۴۵} Mean wave direction

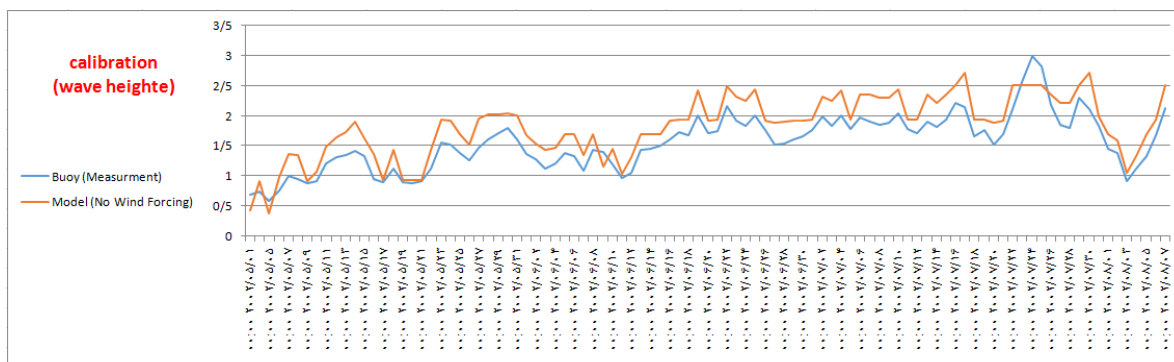
در این روابط آماری، X سری آماری نتایج اندازه گیری، Y سری آماری نتایج پیش بینی شده و $\hat{X}$ و $\hat{Y}$ متوسط هریک از این دو سری را نشان می دهد. n نیز تعداد کل داده ها در سری آماری می باشد. بر این اساس مطابق جدول (۴-۵) و (۴-۸) ضرایب فوق، مربوط به کالیبراسیون مدل SW و HD نشان داده شده است.

جدول (۴-۴)، ضرایب کالیبراسیون مدل SW

ضرایب کالیبراسیون	مقدار پیش فرض	مقدار نهایی
ضریب شکست موج، پارامتر گاما (γ)	۰/۸	۰/۶
ضریب شکست موج، پارامتر α_{BJ}	۱	۱
ضریب زبری، پارامتر Nikurads	۰/۰۹	۰/۰۰۰۲



شکل (۴-۱۵)، مقایسه داده های اندازه گیری شده بویه و داده های خروجی مدل مربوط به جهت امواج



شکل (۴-۱۶)، مقایسه داده های اندازه گیری شده بویه و داده های خروجی مدل مربوط به ارتفاع امواج

جدول (۴-۵)، مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل SW

ضریب شکست بوج	ضریب زبری	CC%	RMSE(m)	ERRORE%
۰/۶	۰/۰۰۰۲	۹۷/۰۵	۰/۱۲	۸/۱۹

۴-۵-۳- کالیبراسیون مدل HD

برای کالیبراسیون مدل از ضریب مقاومت بستر $(1/n)^{۴۶}$ (معکوس ضریب مانینگ^{۴۷}) و ضریب اصطکاک باد استفاده شده است، بدین شکل که با اجرای مدل هیدرودینامیک، با تغییر مقاومت ضریب بستر و ضریب اصطکاک باد در نرم افزار از مدل خروجی سرعت جریان در دهانه خلیج گرفته شده است. با مقایسه سرعت جریان از خروجی مدل و داده های اندازه گیری شده بوسیله دستگاه AQ2 میزان هم پوشانی داده ها در نمودار با تغییر ضریب مقاومت بستر و ضریب اصطکاک باد مشخص شده است.

^{۴۶} Bed Resistance

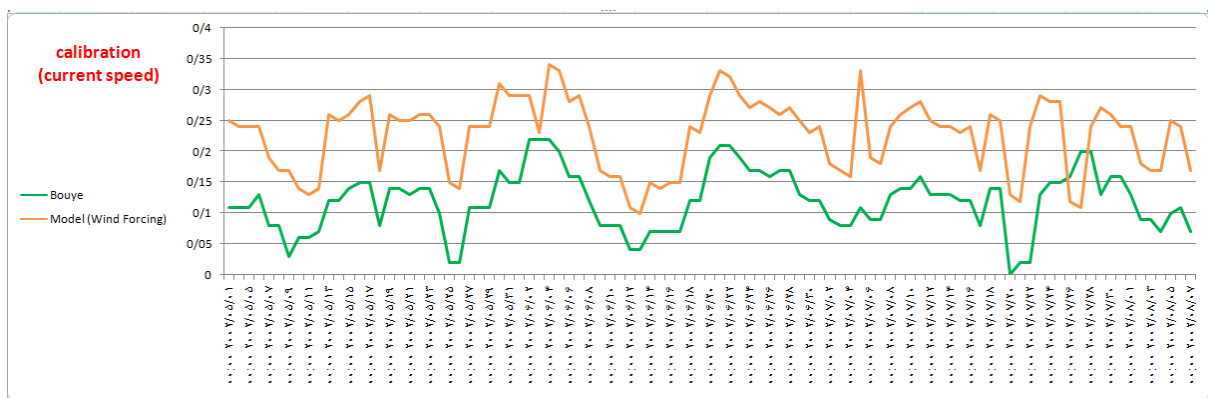
^{۴۷} Manning Number

۴-۵-۳-۱- ضرایب کالیبراسیون مدل HD

✓ ضریب مقاومت بستر: این ضریب یک پارامتر بسیار مهم در محاسبات هیدرودینامیکی می باشد. مهم ترین عاملی که در مقدار ضریب مقاومت بستر موثر است، زبری بستر می باشد. زبری بستر از طریق اندازه و شکل مواد و یا مصالح بستر ایجاد می شود و هرچقدر که مواد درشت دانه تر باشند و یا دارای زبری زیاد باشند باعث افزایش ضریب مقاومت بستر می شود. از طرفی هرچقدر عمق آب در بستر خلیج افزایش یابد اثر زبری بستر روی جریان آب کمتر می شود، یعنی با افزایش عمق، ضریب زبری بستر کاهش می یابد [۳۰].

✓ ضریب اصطکاک باد: معمولا ضریب اصطکاک باد 0.0026 برای بادهای معتدل و قوی در دریاها و باز نتایج خوبی می دهد. برای بادهای ضعیف ضرایب کوچکتر می تواند استفاده شود. در این پایان نامه از این ضریب به عنوان ضریب کالیبراسیون استفاده شده است.

در این مدل سازی ضرایب کالیبراسیون مطابق جدول (۴-۶)، مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج کالیبراسیون در شکل (۴-۱۷) ارائه شده است. در شکل (۴-۱۷)، خط ممتد نارنجی نشان دهنده داده های مربوط به خروجی مدل و خط ممتد سبز نشان دهنده داده های اندازه گیری شده می باشند.



شکل (۴-۱۷)، مقایسه داده های اندازه گیری شده و داده های حاصل از خروجی مدل مربوط به سرعت جریان در دهانه خلیج

جدول (۴-۶)، مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل HD

ضرایب کالیبراسیون	مقدار پیش فرض	مقدار نهایی
ضریب زبری بستر مانینگ	۳۲	۴۵
ضریب اصطکاک باد	۰/۰۰۱۲۵۵	۰/۰۰۳

جدول (۴-۷)، مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل HD

ضریب اصطکاک باد	ضریب زبری مانینگ	CC%	RMSE(m)	ERRORE%
۰/۰۰۳	۴۵	۸۹/۰۲	۰/۳۲	۱۵/۷۳

۴-۵-۴- کالیبراسیون مدل TP

برای کالیبراسیون ماژول TP، از پارامتر ضریب پراکندگی استفاده می شود. به دلیل کمبود اطلاعات و عدم دسترسی به داده های واقعی برای کالیبره ضریب پراکندگی، مقدار این پارامتر از طریق رابطه RAM^{۴۸} تعیین می شود.

۴-۵-۴-۱- تشریح رابطه RAM

رابطه RAM برای اولین بار برای ارزیابی تجدید پذیری آب در خلیج دوحه به عنوان روش ارزیابی سریع مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش پارامترهای اساسی خلیج که شامل پارامترهای هندسی و پارامترهای هیدرودینامیکی می شوند و مطابق جدول (۴-۹) می باشند، با استفاده تئوری پی باکینگهام بدون بعد می شوند سپس مدل شماتیک دو بعدی برای بدست آوردن زمان تجدید پذیری آب در نرم افزار تنظیم می شود. در واقع مدل شماتیک دو بعدی، یک مدل جعبه دوبعدی است که همه ی پارامترهای هندسی و هیدرودینامیکی خلیج با مقدار متوسط و ثابت در همه ی قسمت های خلیج در نظر گرفته شده است. بعد از برپایی مدل شماتیک دو بعدی، مقدار هر یک از پارامترهای اساسی خلیج را در چند مرحله و به صورت جداگانه تغییر داده اند به طوری که وقتی

^{۴۸} Rapid Assessment Methode

مقدار یک پارامتر در چند مرحله تغییر می کند بقیه پارامترها ثابت باقی می مانند. سپس با استفاده از روش ردیاب مقدار متوسط زمان اقامت حاصل از هر خروجی که مربوط به مقادیر متفاوت پارامترها می باشد را بدست می آوردند. با مقایسه نتایج بدست آمده و با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی رابطه تحلیلی برای متوسط زمان اقامت بدست آمده است که در رابطه (۴-۸) ارائه شده است. سپس میزان پیش بینی رابطه RAM، با استفاده از مقایسه و بررسی درصد خطا نتایج حاصل از رابطه RAM و نتایج حاصل از مدل شماتیک دو بعدی مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این نتیجه رسیده اند که این رابطه درصد خطای کمی دارد و می توان از آن برای برآورد زمان اقامت در خلیج دوحه استفاده کرد. در ادامه برای اطمینان بیشتر از صحت این رابطه، خلیج کویت، بندر باستون و تالاب ونیز که در فصل دوم در بخش (۲-۶-۲) تشریح شده است، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته اند. در واقع برای این ۳ منطقه مقدار واقعی زمان تجدید پذیری آب بدست آمده بود. بر این اساس رابطه RAM در این ۳ منطقه مورد صحت سنجی و ارزیابی قرار گرفته است. سرانجام به این نتیجه رسیده اند که رابطه RAM، در آبهای خیلی کم عمق و عمق کمتر از ۲ متر، به دلیل عدم تقارن و نامنظمی های کف بستر، تقریب درستی از الگوی جریان به دست نمی دهد. همچنین خلیج هایی که تحت تاثیر جزر و مد با دامنه جزرومدی ۱ تا ۲ متر هستند و خلیج هایی که خیلی عمیق یا خیلی کم عمق نیستند و خلیج هایی که دارای یک دهانه ورودی هستند و رودخانه ای وارد خلیج نمی شود، جواب منطقی تر و درست تری می دهد. این رابطه برای خلیج هایی که داری ویژگی های ذکر شده باشند و همچنین از نظر شکل ظاهری و هندسه به خلیج دوحه شباهت داشته باشند، قابل استفاده است [۵].

جدول (۴-۸) ، پارامترهای اساسی خلیج برای تنظیم مدل شماتیک دو بعدی

واحد	نام پارامتر
M	L_b : طول خلیج
M	W_b : عرض خلیج
M	d_b : عمق خلیج
m^2	A_b : سطح خلیج
m^2	a_i : مساحت دهانه ورودی خلیج
M	k_s : زبری بستر
m^2/s	D : ضریب پراکندگی
S	T_t : پریود جزر ومدی
M	a_t : دامنه جزر ومدی

$$\frac{T_r}{T_t} = \frac{d_b}{2a_t} \left(0.051 \frac{2a_t}{d_b} \left(\frac{W_b}{L_b} \right)^{-1.32} \left(\frac{d_b}{\sqrt{A_b}} \right)^{-0.76} \left(\frac{a_i}{A_b} \right)^{1.07} \left(\frac{K_s}{\sqrt{A_b}} \right)^{0.34} \left(\frac{DT_t}{A_b} \right)^{-0.33} \left(\frac{a_t}{\sqrt{A_b}} \right)^{-1.31} \right) \quad ۴-۷$$

۴-۵-۲- کاربرد روش RAM در خلیج دوحه

در خلیج دوحه به دلیل عدم دسترسی به مقدار ضریب پراکندگی، قادر به مدلسازی دقیق برای ارزیابی تجدید پذیری خلیج نبوده اند. به همین دلیل با استفاده از روش ارزیابی سریع و رابطه حاصل از آن، مقدار ضریب پراکندگی را با هر بار تغییر همزمان این ضریب در مدل عددی و رابطه RAM و مقایسه نتایج حاصل از آنها تخمین زده اند. به این صورت که وقتی زمان تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM و نتیجه حاصل از مدل عددی در یک مقدار مشخص از ضریب پراکندگی باهم برابر شد، آن مقدار ضریب پراکندگی برای خلیج دوحه به منظور برآورد زمان تجدید پذیری قابل قبول است.

۴-۵-۳- برآورد ضریب پراکندگی در خلیج چابهار

✍ در این بخش در ابتدا باید بررسی شود که آیا خلیج چابهار مشابه خلیج دوحه می باشد و از

رابطه RAM می توان برای برآورد ضریب پراکندگی در خلیج چابهار استفاده کرد؟!

✓ هر دو خلیج دارای یک دهانه ورودی هستند.

✓ هر دو خلیج دارای عمق متوسط ۵-۶ متر هستند.

✓ هر دو خلیج تحت تاثیر پدیده جزر و مد نیز می باشند

✓ رودخانه قابل توجهی به این دو خلیج وارد نمی شود.

✓ هر دو خلیج امگایی شکل هستند.

از آنجایی که خلیج چابهار بسیار مشابه خلیج دوحه می باشد و مقدار ضریب پراکندگی برای این منطقه در دسترس نیست، از روش ارزیابی سریع برای برآورد و تخمین ضریب پراکندگی به منظور استفاده در مدل عددی، استفاده خواهیم کرد. در ادامه مقادیر پارامترهای مورد استفاده در رابطه RAM، در خلیج چابهار در جدول (۴-۹) ارائه شده است.

جدول (۴-۹)، مقادیر پارامترهای RAM، مربوط به خلیج چابهار

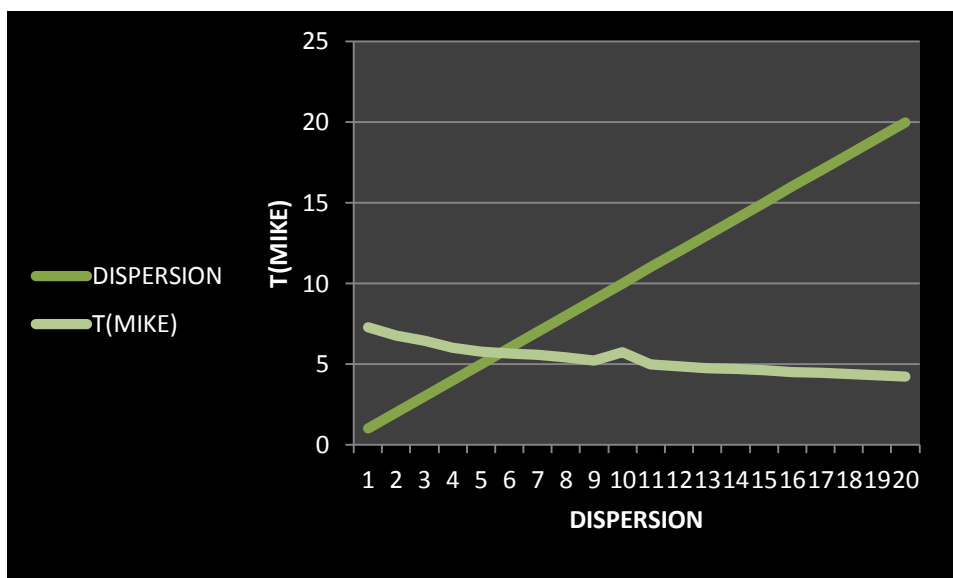
L_b : طول خلیج	۱۷km
W_b : عرض خلیج	۲۰ km
d_b : عمق خلیج	۶ m
A_b : سطح خلیج	۳۲۰ km ²
a_i : مساحت دهانه ورودی خلیج	۱۹۵/۷۵km ²
k_s : زبری بستر	۰/۰۰۰۲ m
D : ضریب پراکندگی	؟
T_t : پریود جزر ومدی	۱۲/۴ h
a_t : دامنه جزر ومدی	۱/۷ cm

در ادامه مقادیر مختلف ضریب پراکندگی که بین ۱ تا ۲۰ متغیر است، در نرم افزار و رابطه RAM مورد محاسبه قرار می گیرد [۸].

مقایسه بین نتایج حاصل از رابطه ی RAM و نتایج حاصل از مدل عددی و همچنین مقایسه ضریب پراکندگی و نتایج مدل عددی و رابطه RAM در جدول (۴-۱۰) و شکل های (۴-۱۸)، (۴-۱۹)، (۴-۲۰) و (۴-۲۱) ارائه شده است.

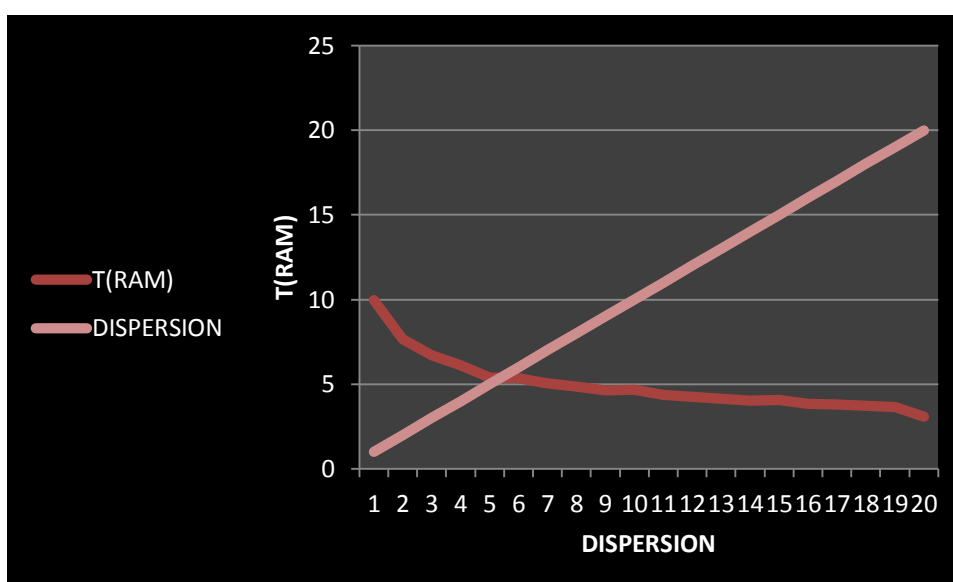
جدول (۴-۱۰)، نتایج حاصل از تغییرات ضریب پراکندگی در رابطه RAM و نرم افزار MIKE

D(m ² /s)	T _{RAM} (day)	T(day)
۱	۹/۹۶	۷/۲۹
۲	۷/۶۶	۶/۷۹
۳	۶/۷	۶/۴۵
۴	۶/۰۹	۶
۵	۵/۴	۵/۷۸
۶	۵/۳۳	۵/۶۸
۷	۵/۰۶	۵/۵۸
۸	۴/۸۴	۵/۴۴
۹	۴/۶۶	۵/۲۱
۱۰	۴/۴۶	۵/۷۶
۱۱	۴/۳۶	۴/۹۷
۱۲	۴/۲۴	۴/۸۷
۱۳	۴/۱۳	۴/۷۶
۱۴	۴/۰۳	۴/۶۹
۱۵	۴/۰۷	۴/۶۲
۱۶	۳/۸۵	۴/۵۱
۱۷	۳/۷۸	۴/۴۷
۱۸	۳/۷۱	۳/۷۱
۱۹	۳/۶۴	۳/۶۴
۲۰	۳/۰۷	۴/۲۴



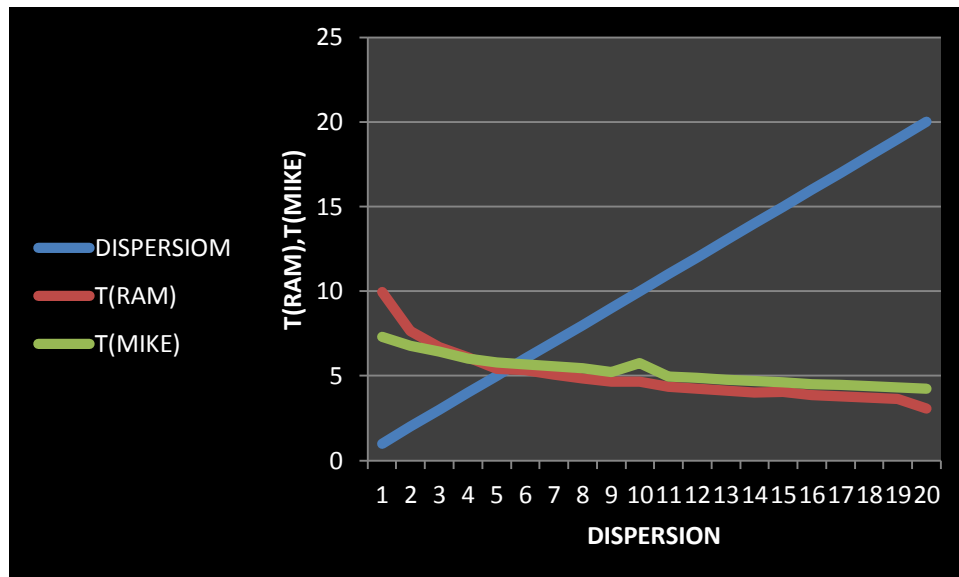
شکل (۴-۱۸)، مقایسه مقدار ضریب پراکندگی و زمان تجدید پذیری حاصل از مدل عددی

همانطور که در شکل (۴-۱۸) مشاهده می شود ضریب پراکندگی و زمان تجدید پذیری در نرم افزار MIKE با هم رابطه عکس دارند و با افزایش ضریب پراکندگی، زمان تجدید پذیری کاهش می یابد و آلودگی سریع تر پخش و جابجا می شود.



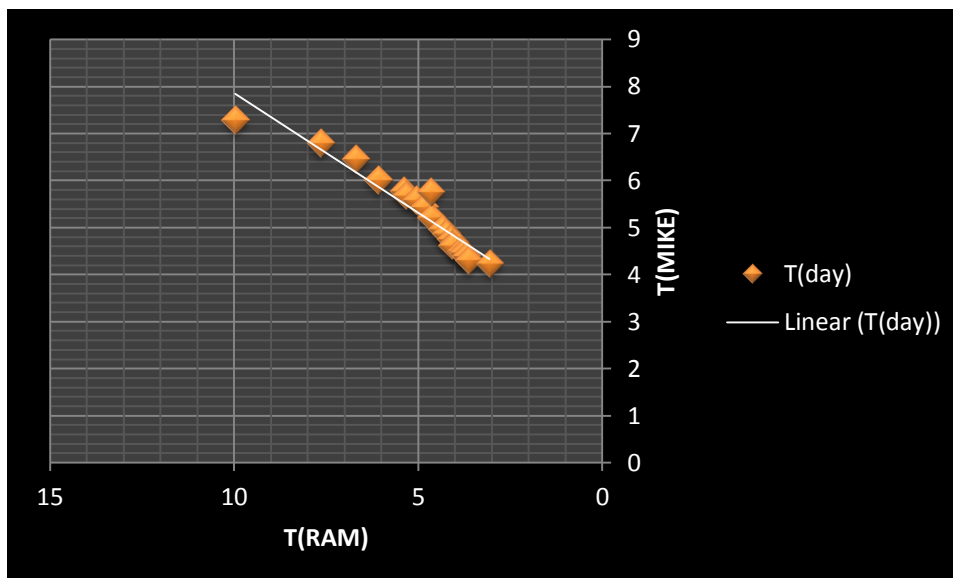
شکل (۴-۱۹)، مقایسه مقدار ضریب پراکندگی و نتایج زمان تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM

با توجه به شکل (۴-۱۹)، ضریب پراکندگی در رابطه RAM و نتایج زمان تجدید پذیری رابطه عکس دارند و با افزایش ضریب پراکندگی زمان تجدید پذیری کاهش می یابد.



شکل (۴-۲۰)، مقایسه مقدار ضریب پراکندگی و نتایج زمان تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM و مدل عددی

در شکل (۴-۲۰) نتایج تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM و نرم افزار MIKE و مقادیر مختلف ضریب پراکندگی باهم مقایسه شده اند. مشاهده می شود که در ضریب پراکندگی $5 \text{ m}^2/\text{s}$ ، زمان تجدید پذیری حاصل از نرم افزار و رابطه RAM باهم برابر می شوند. پس این مقدار ضریب پراکندگی در نرم افزار برای مدلسازی قابل استفاده است و برای خلیج چابهار از این عدد می توانیم برای شبیه سازی تجدید پذیری استفاده کنیم.



شکل (۴-۲۱)، مقایسه نتایج زمان تجدید پذیری حاصل از مدل عددی و رابطه RAM

با توجه به شکل (۴-۲۱)، زمان تجدید پذیری در رابطه RAM با سرعت بیشتری تغییر می کند و شیب نمودار بیشتر است. به طوریکه در نرم افزار این مقدار کاهش کمتری دارد. ولی در نهایت رابطه RAM برای خلیج چابهار درست عمل می کند و نتایج حاصل از آن به نتایج حاصل از نرم افزار شباهت بسیاری دارد. همانطور که در شکل فوق مشخص است، این دو نمودار برازش خوبی نسبت به هم دارند.

۴-۶-سناریوهای اجرای مدل خلیج چابهار

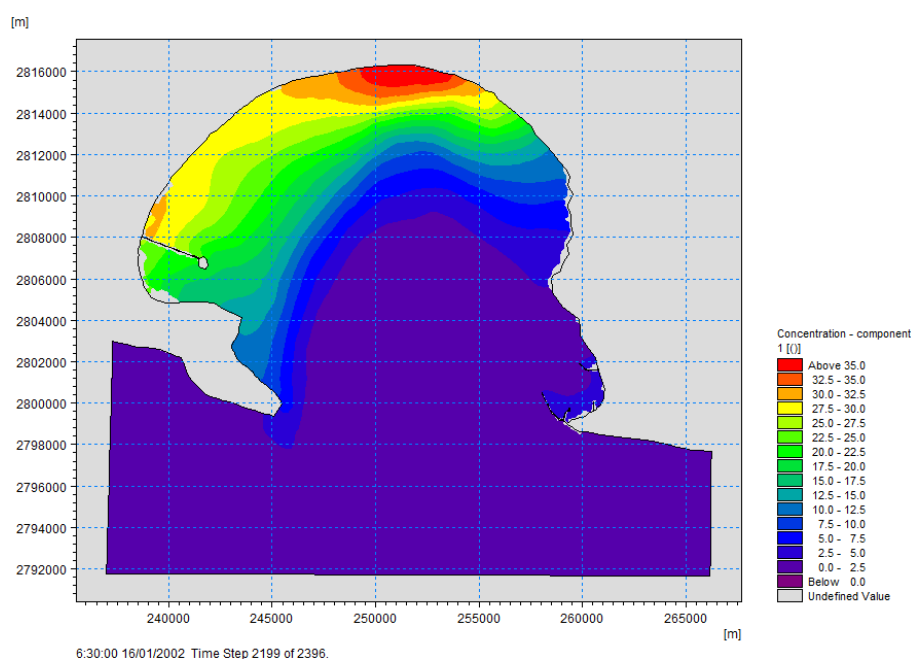
در این پایان نامه ۱۳ سناریو مطابق جدول (۴-۱۱) برای تحقیق و بررسی لحاظ شده است که در ادامه به تحلیل و بررسی نتایج حاصل از سناریوهای ارائه شده در جدول (۴-۱۱) خواهیم پرداخت.

جدول (۴-۱۱)، سناریوهای اجرای مدلسازی خلیج چابهار

شماره	سناریو	توضیحات
۱	اثر موج بر تجدید پذیری	در این سناریو تنها تحت تاثیر پدیده موج تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۲	اثر باد	در این سناریو تنها تحت تاثیر پدیده باد تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۳	اثر جزر و مد	در این سناریو تنها تحت تاثیر پدیده جزرومد تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۴	اثر موج + باد	در این سناریو تحت تاثیر پدیده موج و باد تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۵	اثر موج + جزر و مد	در این سناریو تحت تاثیر پدیده موج و جزرومد تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۶	اثر باد + جزر و مد	در این سناریو تحت تاثیر پدیده باد و جزرومد تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۷	اثر باد + موج + جزر و مد	در این سناریو تحت تاثیر هر سه پدیده باد، موج و جزرومد تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۸	اثر مونسون تابستانه	در این سناریو اثر مونسون تابستانه با در نظر گرفتن سرعت و جهت باد بر تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۹	اثر مونسون زمستانه	در این سناریو اثر مونسون زمستانه با در نظر گرفتن سرعت و جهت باد بر تجدید پذیری خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۱۰	اثر سازه های منقطع	در این سناریو اثر سازه های منقطع بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۱۱	اثر ارتفاع موج	در این رابطه اثر ارتفاع موج بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.
۱۲	اثر پریود موج	در این سناریو اثر پریود موج بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار خواهد گرفت.
۱۳	اثر سرعت باد	در این سناریو اثر سرعت باد بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار مورد بررسی و ارزیابی قرار خواهد گرفت.

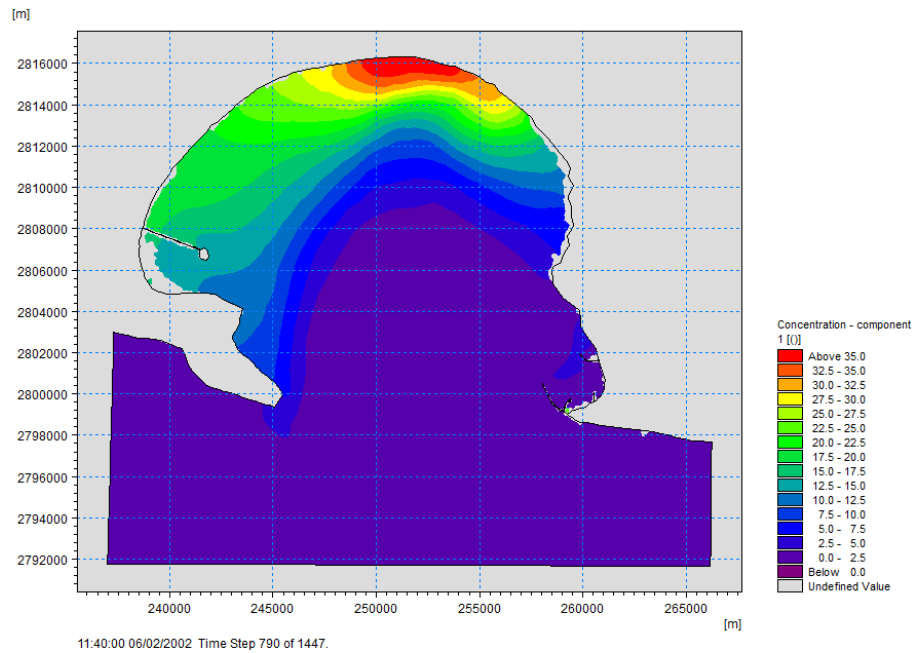
۴-۶-۱- برآورد زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در همه ی ماه های سال
در این بخش زمان تجدید پذیری در همه ی ماه های سال با استفاده از روش ردیاب مورد محاسبه
قرار گرفته است و در ادامه ارائه شده است.

✓ ماه فروردین: با توجه به خروجی نرم افزار در این ماه بعد از گذشت ۹ روز غلظت آب خلیج
به ۳۷ درصد غلظت اولیه خود رسیده و خلیج تجدید یافته است. همانطور که از شکل (۴-۲۲-
۲۲)، مشخص است آلودگی از قسمت شمالی خلیج خارج می شود.



شکل (۴-۲۲)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه فرودین

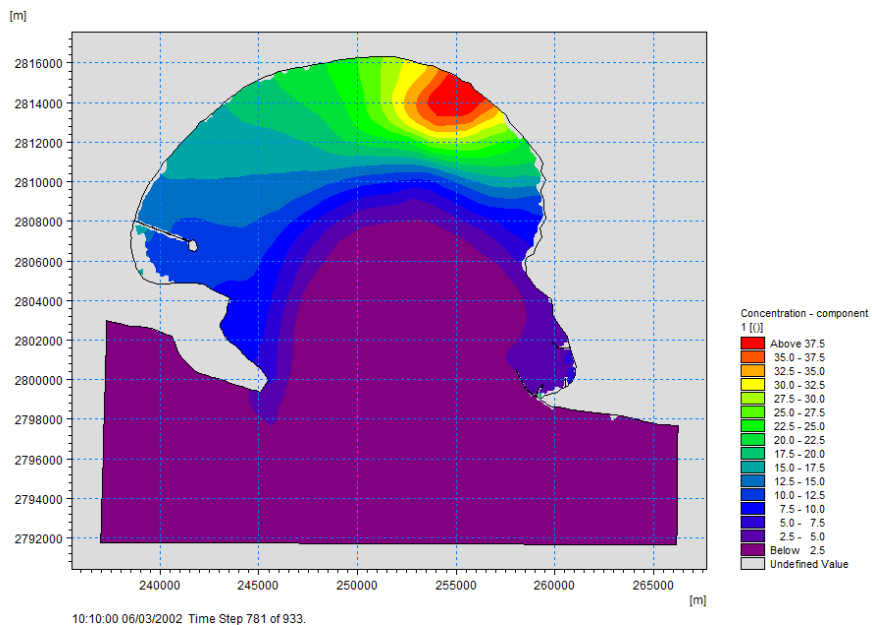
✓ ماه اردیبهشت: در این ماه بعد از گذشت ۶ روز آب خلیج تجدید یافته است و جهت خروج
آلودگی با توجه به شکل (۴-۲۳)، مشابه ماه فرودین می باشد.



شکل (۴-۲۳)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه اردیبهشت

✓ ماه خرداد: در این ماه بعد از گذشت ۷ روز آب در خلیج چابهار تجدید یافته است و آلودگی

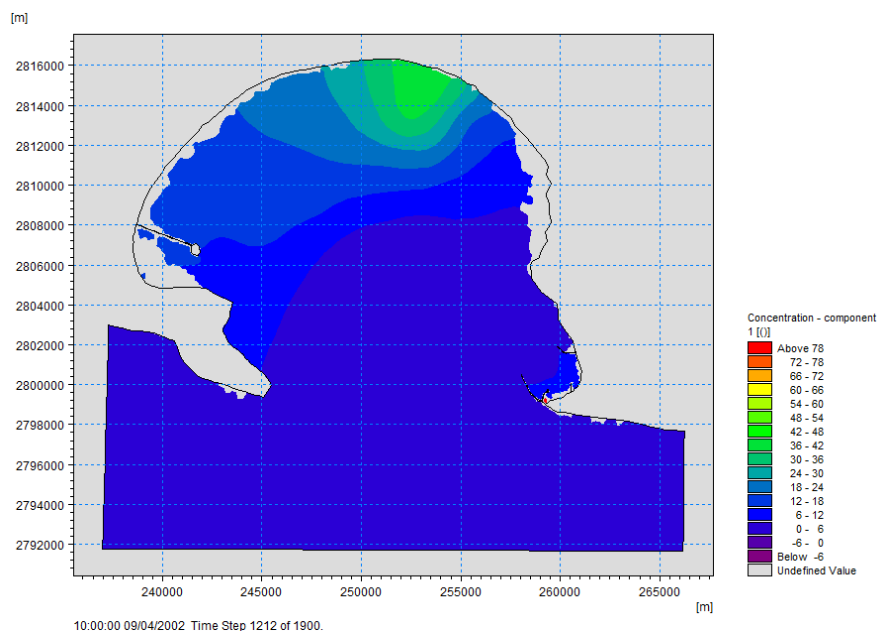
در این خلیج با توجه به شکل (۴-۲۴)، در نهایت از سمت شمال شرقی خارج می شود.



شکل (۴-۲۴)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه خرداد

✓ ماه تیر: بعد از گذشت ۶ روز آب خلیج تجدید یافته است و جهت خروج آلودگی با توجه به

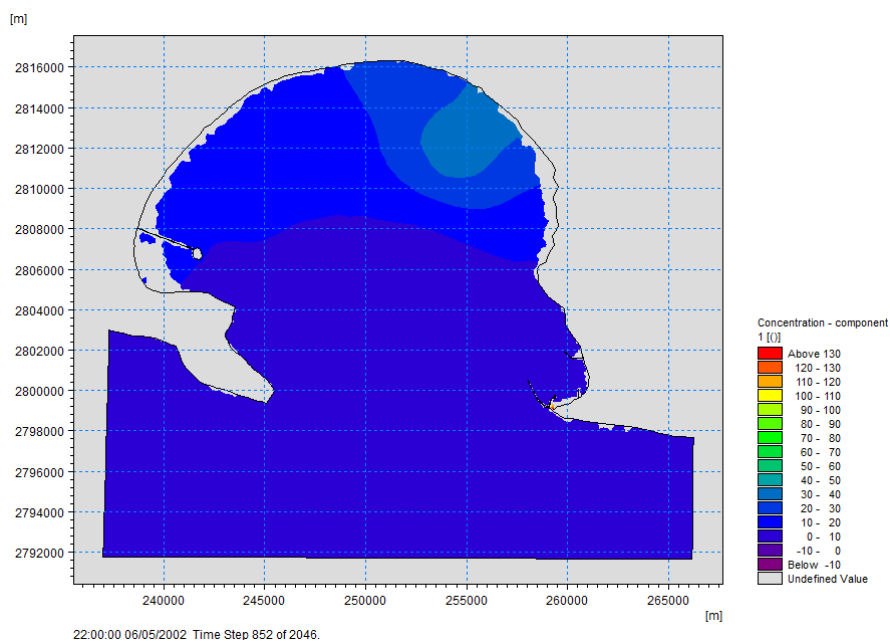
شکل (۴-۲۵)، مشابه ماه قبل می باشد.



شکل (۴-۲۵)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه تیر

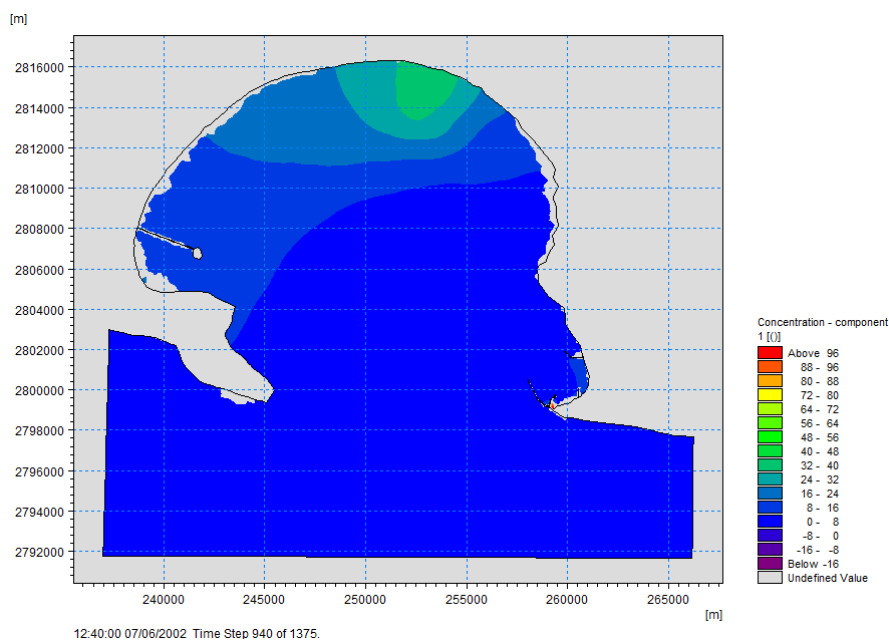
✓ ماه مرداد: بعد از گذشت ۱۲ روز آب خلیج تجدید یافته است و جهت خروج جریان با توجه

به شکل (۴-۲۶)، همچنان از سمت شمال شرقی می باشد.



شکل (۴-۲۶)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه مرداد

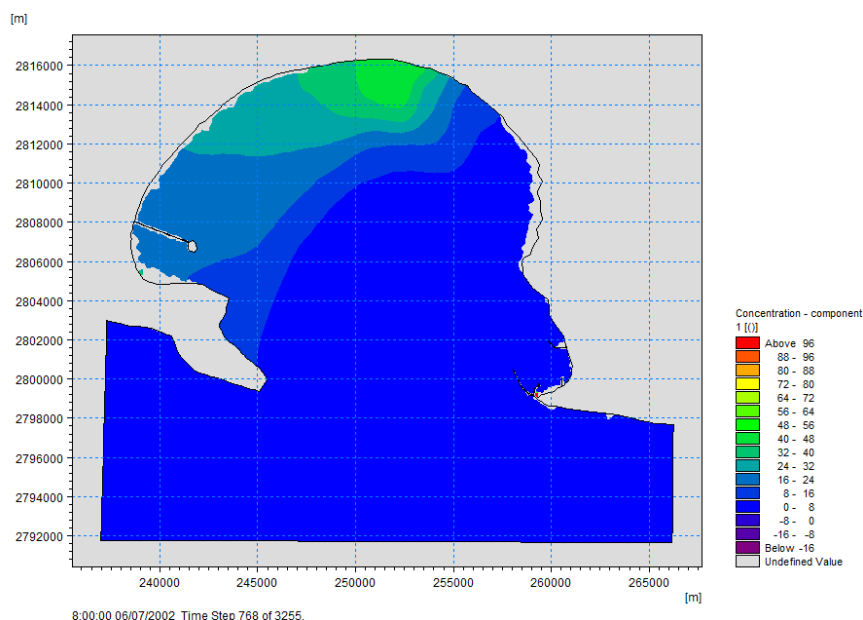
✓ ماه شهریور: بعد از گذشت ۱۹ روز آب خلیج تجدید یافته است و جهت خروج جریان با توجه به شکل (۴-۲۷)، تقریباً از سمت شمال می باشد.



شکل (۴-۲۷)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه شهریور

✓ ماه مهر: بعد از گذشت ۸ روز خلیج تجدید یافته است و جهت خروج آلودگی با توجه به

شکل (۴-۲۸)، از سمت شمال و متمایل به شمال غربی می باشد.

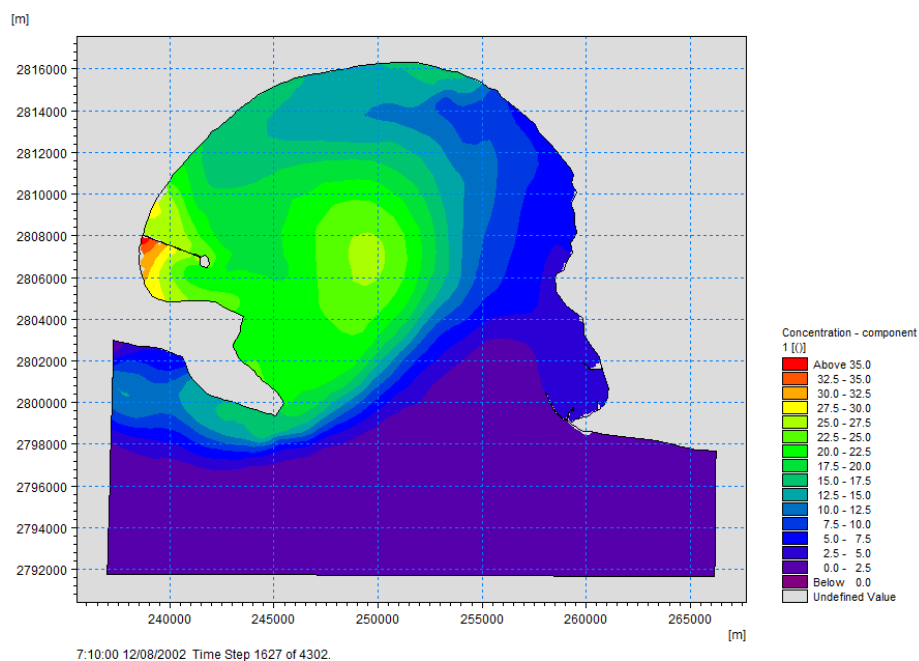


شکل (۴-۲۸)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه مهر

✓ ماه آبان: بعد از گذشت ۷ روز خلیج تجدید یافته است و جهت خروج آلودگی با توجه به

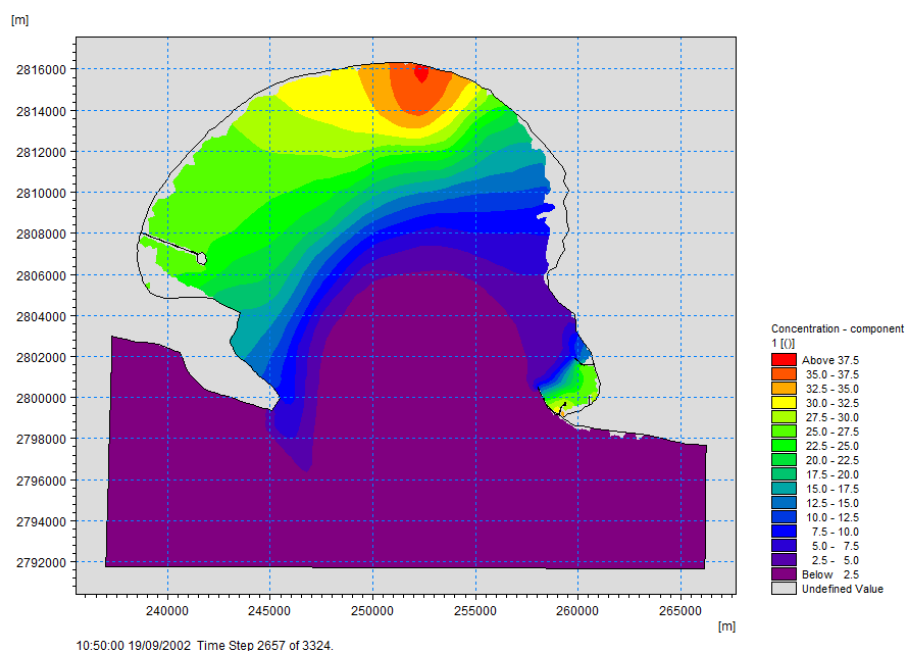
شکل (۴-۲۹)، از سمت شمال غربی متمایل به دهانه جنوب غربی خلیج می باشد. همچنین

قسمت کوچکی از آلودگی از سمت شمالی خلیج خارج می شود.



شکل (۴-۲۹)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه آبان

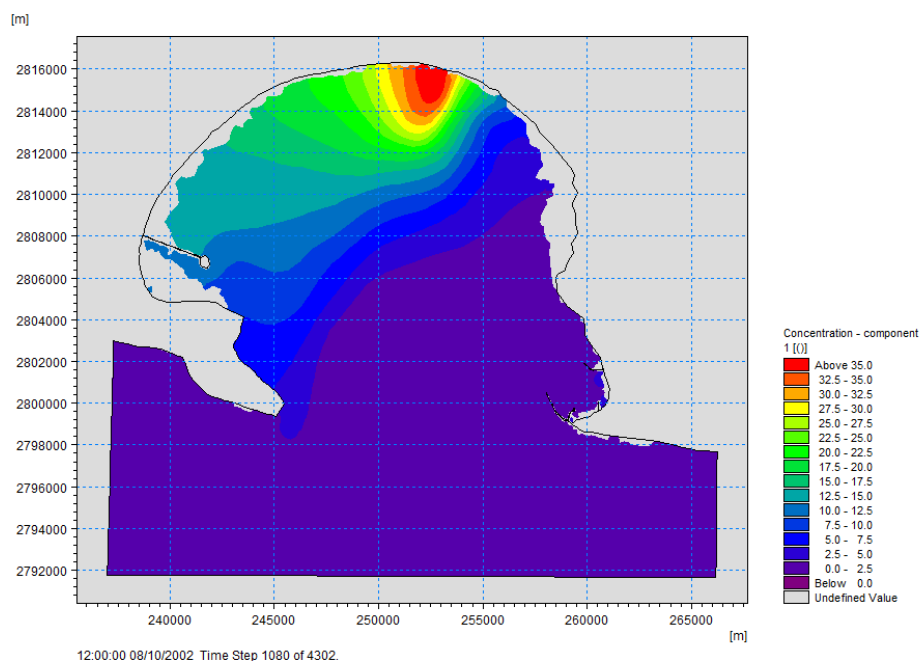
✓ ماه آذر: بعد از گذشت ۱۶ روز خلیج تجدید یافته است و با توجه به شکل (۴-۳۰)، آلودگی از سمت شمالی متمایل به شمال شرقی خلیج خارج می شود.



شکل (۴-۳۰)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه آذر

✓ ماه دی: در این ماه بعد از گذشت ۱۶ روز آب خلیج تجدید یافته است و جهت خروج آلودگی

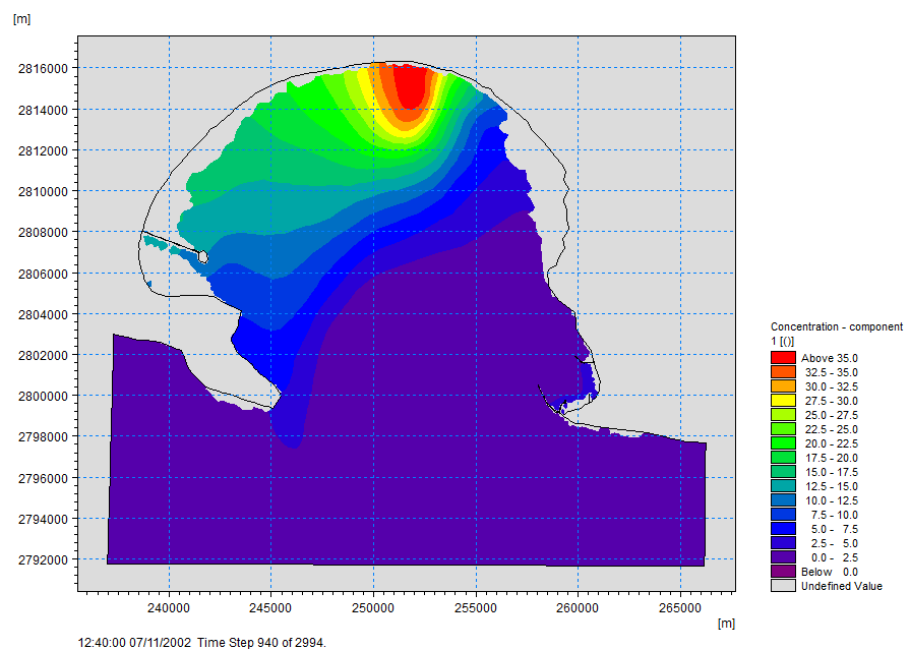
با توجه به شکل (۴-۳۱)، مشابه ماه قبل است.



شکل (۴-۳۱)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه دی

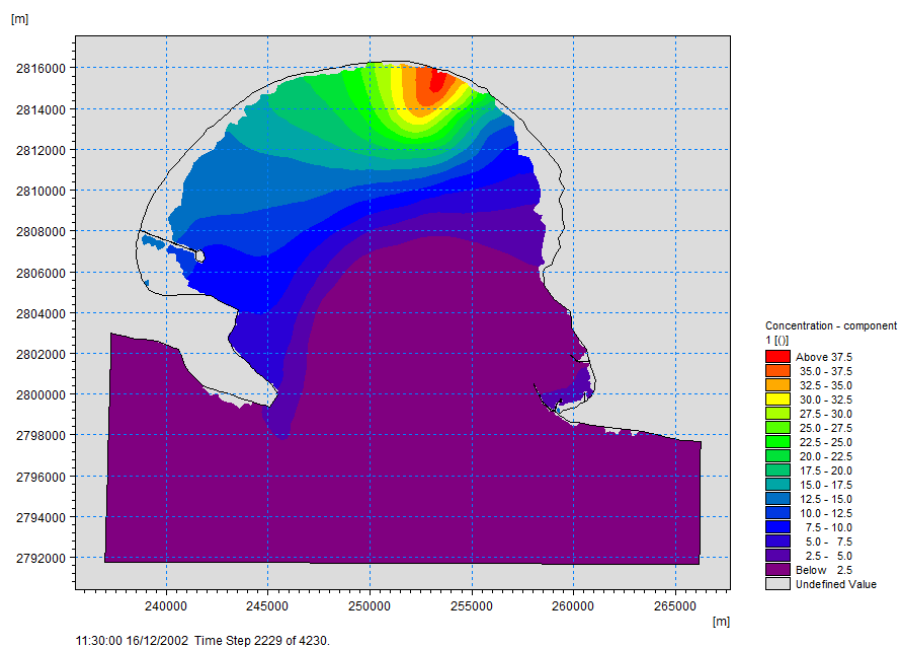
✓ ماه بهمن: بعد از گذشت ۶ روز خلیج تجدید یافته است و جهت خروج آلودگی با توجه به

شکل (۴-۳۲)، مشابه ماه قبل است.



شکل (۴-۳۲)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه بهمن

✓ ماه اسفند: بعد از گذشت ۶ روز آب خلیج تجدید یافته است و جهت خروج جریان و آلودگی
با توجه به شکل (۴-۳۳)، از سمت شمالی و متمایل به شمال شرقی است.

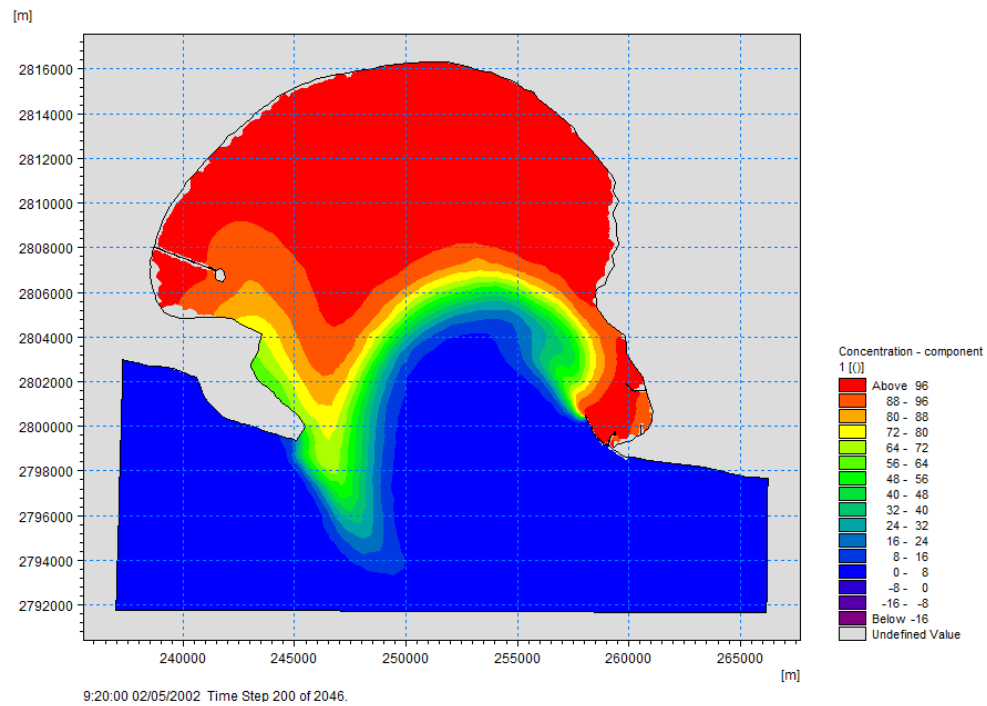


شکل (۴-۳۳)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در ماه اسفند

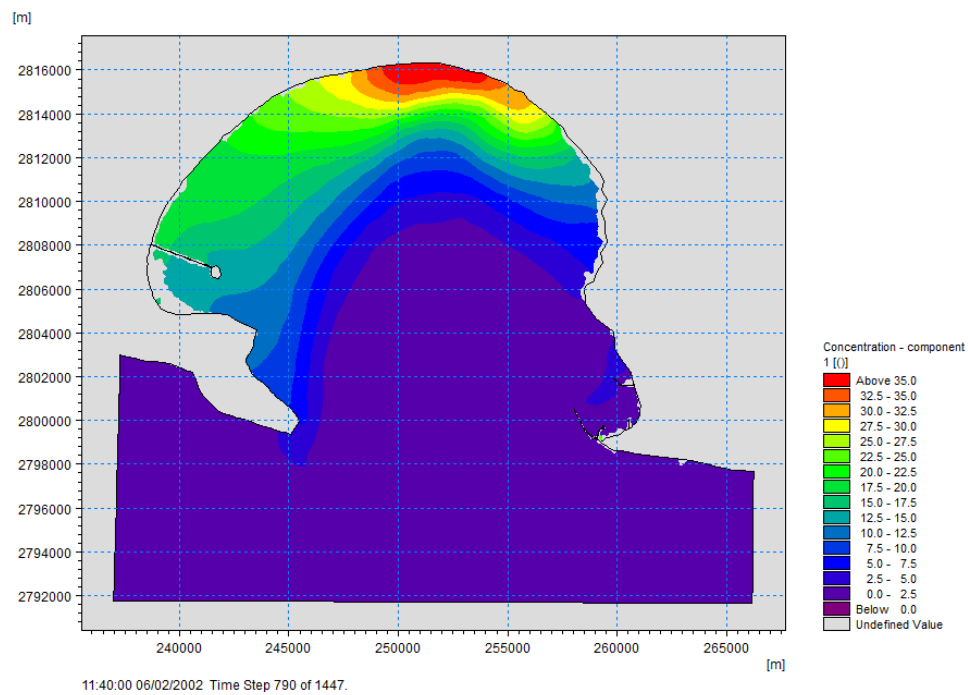
با توجه به شکل های ارائه شده در فوق، مشاهده می شود جهت جریان ورودی دریا از سمت جنوب شرقی دهانه خلیج می باشد که کمترین زمان تجدید پذیری مربوط به ماه های اردیبهشت، تیر، بهمن و اسفند می باشد و پس از گذشت ۶ روز تحت تاثیر موج، باد و جزرو مد آب خلیج تجدید یافته است و این نشان می دهد که خلیج در این ماه های سال از گردش آب بسیار خوبی برخوردار است. در حالی که در ماه های شهریور، آذر و دی تجدید پذیری آب بسیار کند انجام می شود و انتقال و پخش آلودگی با سرعت کمتری انجام می شود به طوری که در ماه شهریور زمان تجدید پذیری به ۱۹ روز می رسد. ولی در کل زمان تجدید پذیری در اکثر ماه های سال، زمان مناسبی است و خلیج چابهار به دلیل دهانه نسبتا بازی که دارد از گردش آب خوبی برخوردار است. در ادامه در بخش (۴-۶-۴) به بررسی اثر پدیده مونسون بر زمان تجدید پذیری و اثر سرعت جریان ایجاد شده و جهت باد پرداخته شده است.

۴-۶-۲- بررسی تغییرات غلظت در نقاط مختلف خلیج

در این بخش تغییرات غلظت خلیج در بخش های مختلف در ماه اردیبهشت مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه مسیر ورود جریان دریا و خروج آلودگی در زمان های مختلف در شکل (۴-۳۴) ارائه شده است.

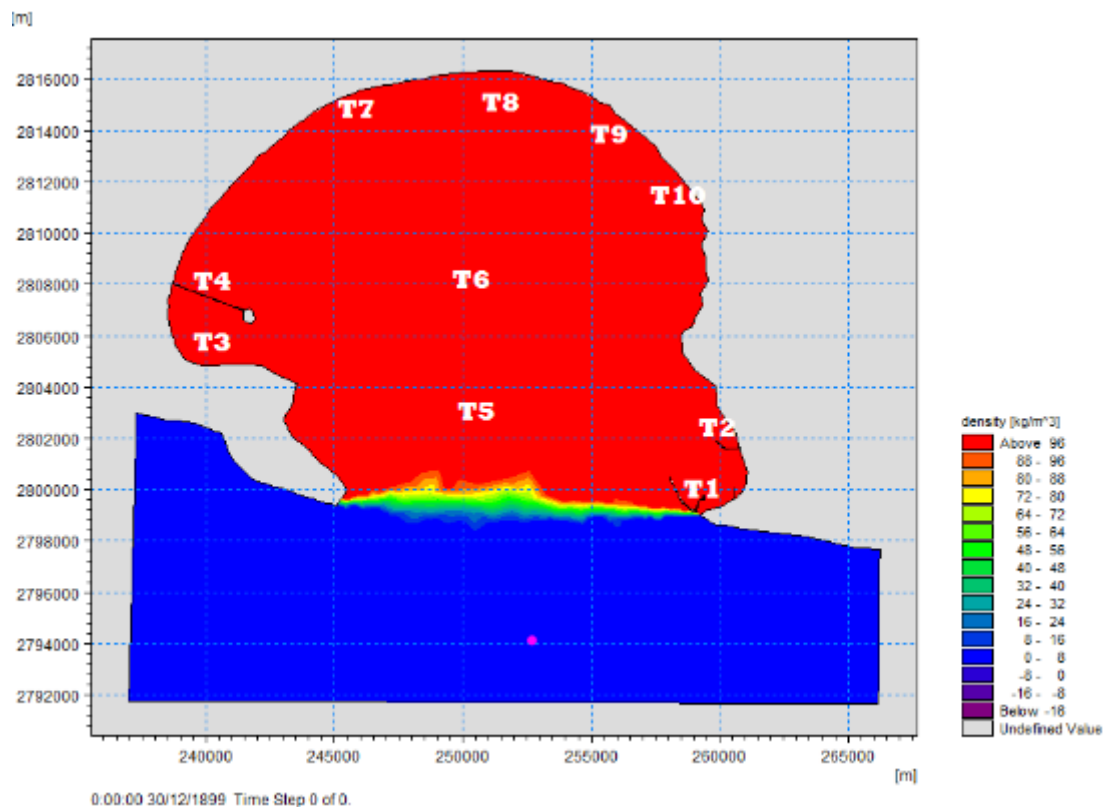


شکل (۴-۳۴) الف) بعد از ۲ روز



شکل (۴-۳۴) ب) بعد از گذشت ۶ روز

همانطوری که در شکل های فوق مشاهده می شود در نقاطی از خلیج آلودگی به تله می افتد و روند پخش و انتقال آلودگی کندتر انجام می شود و آلودگی در این نقاط به کندی حرکت می کند و جریان می یابد. در واقع این نقاط هستند که باعث می شوند زمان تجدید پذیری در خلیج بیشتر شود. در ادامه تغییرات غلظت این نقاط که از T1 تا T10 در شکل (۴-۳۵) مشخص شده اند در جدول (۴-۱۲) ارائه شده است.



شکل (۴-۳۵)، نقاط T1 تا T10

جدول (۴-۱۲)، تغییرات غلظت نقاط T1 تا T10

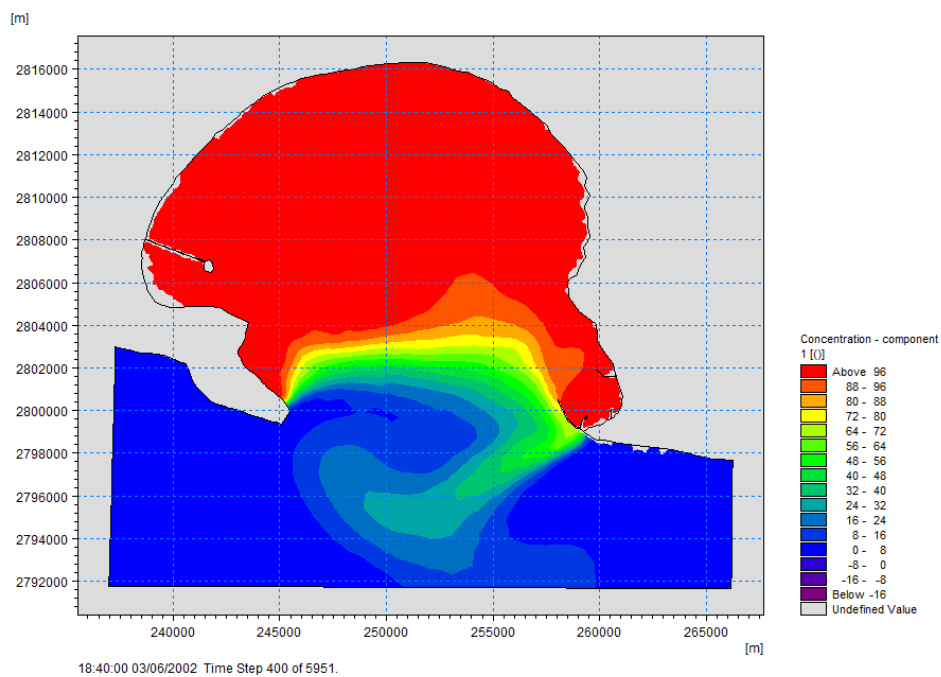
date	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
01/05/2002 00:00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
01/05/2002 03:40	97/53	99/34	99/99	99/99	✓37/78	99/99	100	100	100	100
02/05/2002 00:00	95/48	99/49	99/99	99/98	24/87	99/97	99/99	99/99	100	100
03/05/2002 00:00	93/73	58/41	90/06	91/61	2/46	38/98	98/1	99/83	99/9	92/05
03/05/2002 05:40	89/5	44/8		89/31	0/97	✓37/09	96/35	99/7	98/94	
03/05/2002 09:20	73/5	✓35/57	75/51	84/53	0/71	10/67	94/72	99/48	96/97	71/35
04/05/2002 00:00	53/62	12/68	58/84	68/83	0/56	11/72	80/09	94/41	77/63	✓37/14
04/05/2002 09:40	✓34/56	9/17	44/76	53/64	0/29	5/3	72/23	91/31	60/29	28/48
04/05/2002 09:30	24/5	4/19	✓37/43	43/63	0/2	7/81	56/88	76/51	54/82	17/22
05/05/2002 00:00	23/65	3/99	35/17	41/36	0/18	6/44	54/39	73/4	58/19	17/56
05/05/2002 04:20	20/71	3/59	32/11	✓37/73	0/24	7/98	50/56	70/12	57/89	17/77
05/05/2002 04:10	89/5	44/8		89/31	0/97	37/09	✓37/94	99/7	98/94	
06/05/2002 00:00	9/27	2/86	20/3	23/89	0/11	5/11	30/94	40/94	57/54	22/85
06/05/2002 04:10	7/97	3/3	17/77	21/62	0/13	4/49	28/33	✓37/73	52/81	24/86
06/05/2002 04:10	5/02	3/25	13/22	15/47	0/11	2/66	20/47	26/23	✓37/59	25/97

با توجه به جدول، مشاهده می شود که در نقطه T9 که در قسمت شمال شرقی خلیج می باشد نسبت به نقاط دیگر، غلظت دیرتر به ۳۷ درصد غلظت اولیه خود می رسد. در واقع نقاط T10،T9،T8،T7،T4،T3،T2،T1 نقاطی هستند که آلودگی در نهایت از این قسمت خارج می شود. اما نقاطی همچون نقاط T4،T3،T2،T1 نقاطی هستند که آلودگی و جریان به دلیل وجود تاسیسات بنادری به تله می افتد و مدت زمان بیشتری نسبت به سایر نقاط خلیج که به طور تقریبی در همان عرض و طول جغرافیایی می باشند، تجدید یابند.

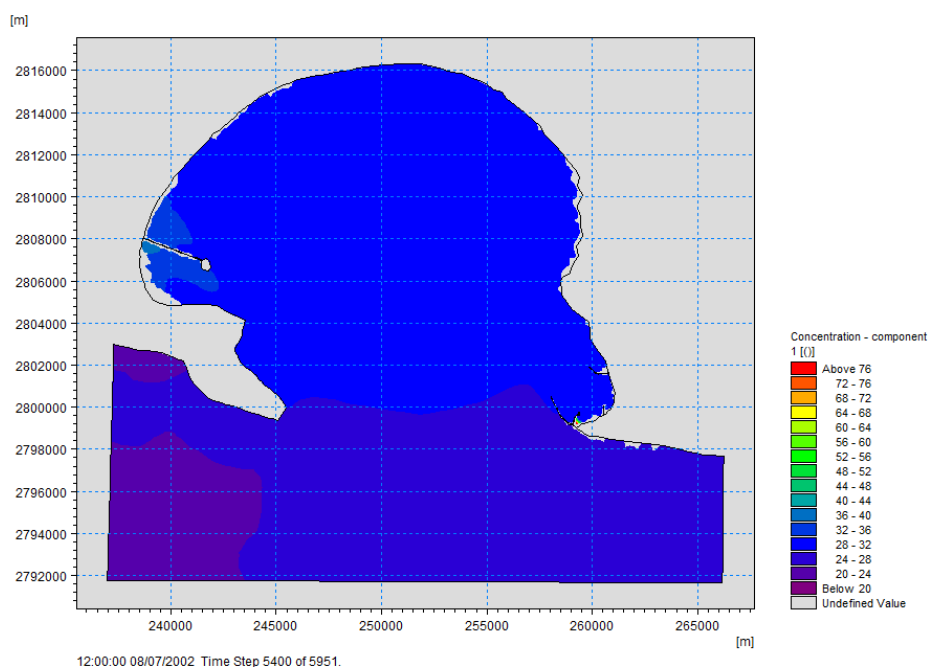
۴-۶-۳- مقایسه اثر موج، باد و جزر و مد بر زمان تجدید پذیری

در این سناریو اثر هریک از پدیده های موج، باد و جزرو مد به صورت جداگانه و همچنین باهم، بر زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در نظر گرفته می شود.

✓ حالت اول : در نظر گرفتن اثر موج بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار. شکل (۴-۳۶)



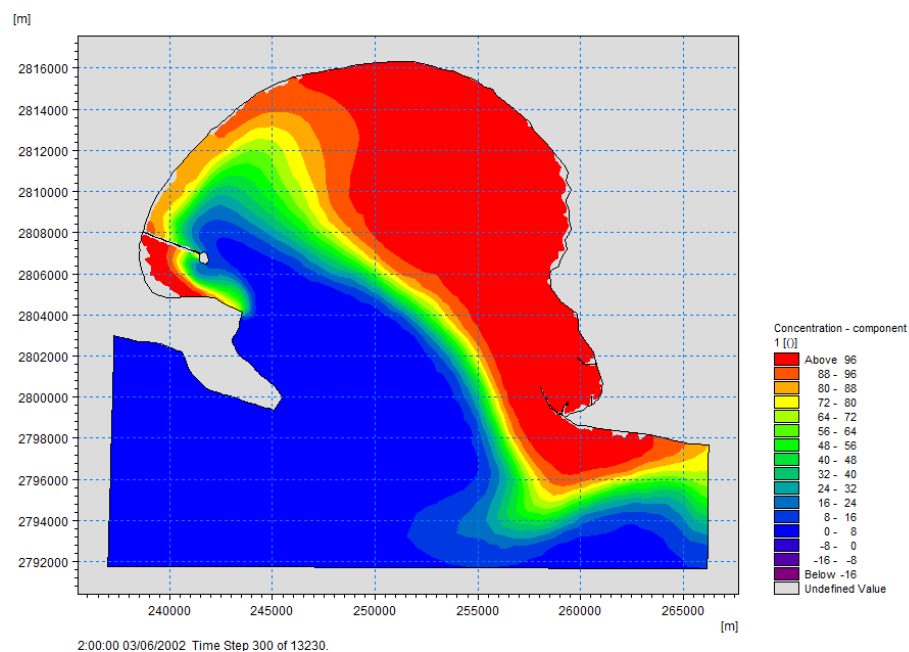
شکل (۴-۳۶)، الف) پس از ۳ روز



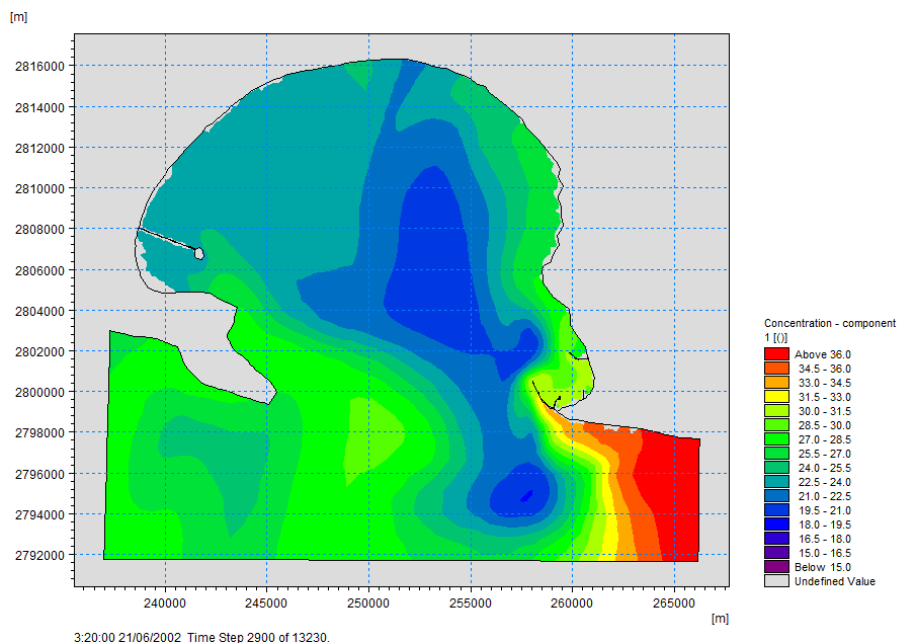
شکل (۴-۳۶)، ب) پس از گذشت ۳۹ روز

با در نظر گرفتن اثر موج، زمان تجدید پذیری به ۳۹ روز می رسد، به این معنی که اگر اثر پدیده ی باد و جزر و مد را نادیده بگیریم زمان تجدید پذیری ۳۲ روز افزایش پیدا می کند و موج تاثیر ناچیزی بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار دارد. همچنین جهت جریان ورودی از سمت جنوب غربی است.

✓ حالت دوم : در نظر گرفتن اثر باد بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار، شکل (۴-۳۷)



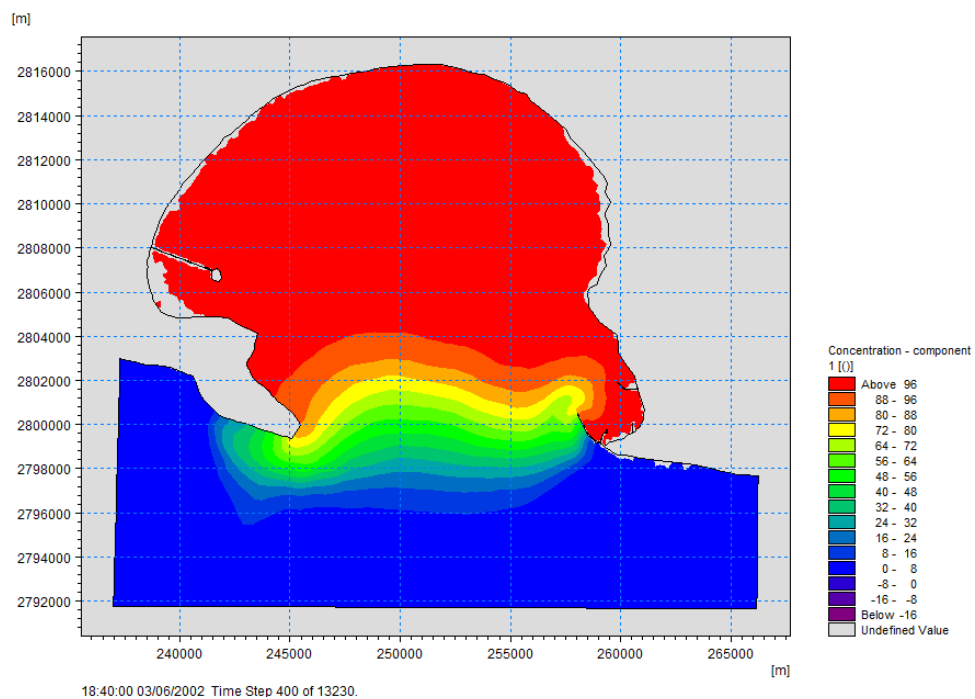
شکل (۴-۳۷) الف) بعد از گذشت ۳ روز



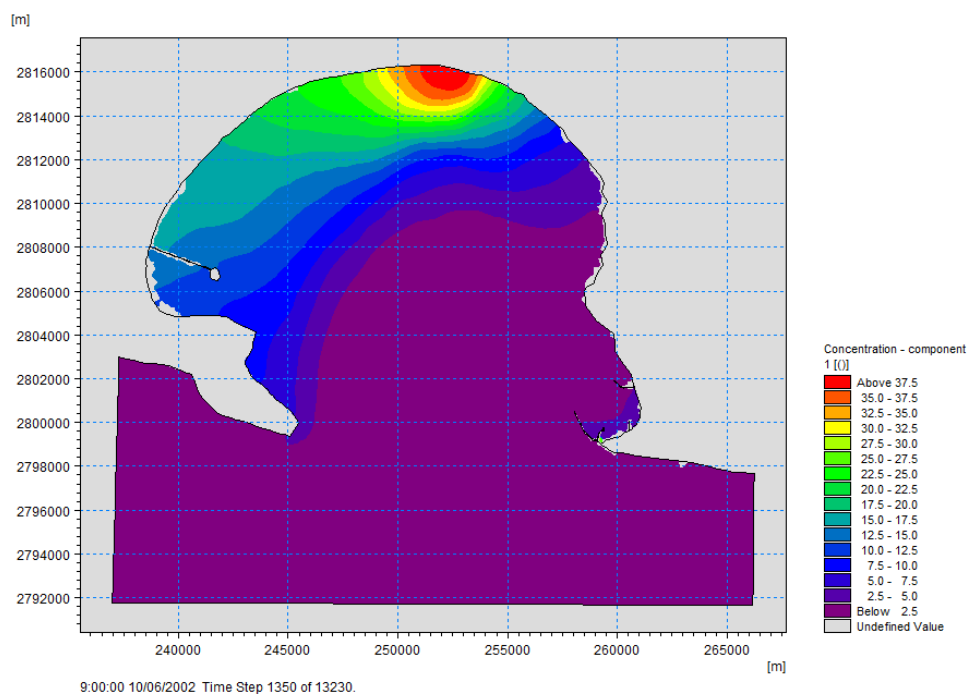
شکل (۳۷-۴) ب) بعد از گذشت ۲۱ روز

با در نظر گرفتن اثر باد زمان تجدید پذیری به ۲۱ روز می رسد و ۱۴ روز افزایش پیدا می کند. بنابراین پدیده باد تاثیر مثبتی تجدید پذیری آب در خلیج چابهار داشته است و باعث کاهش زمان تجدید پذیری می شود. در این حالت نیز جهت جریان ورودی از سمت جنوب غربی است.

✓ حالت سوم: در نظر گرفتن اثر جزرومد بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار. شکل (۳۸-۴)



شکل (۳۸-۴) الف) بعد از گذشت ۳ روز

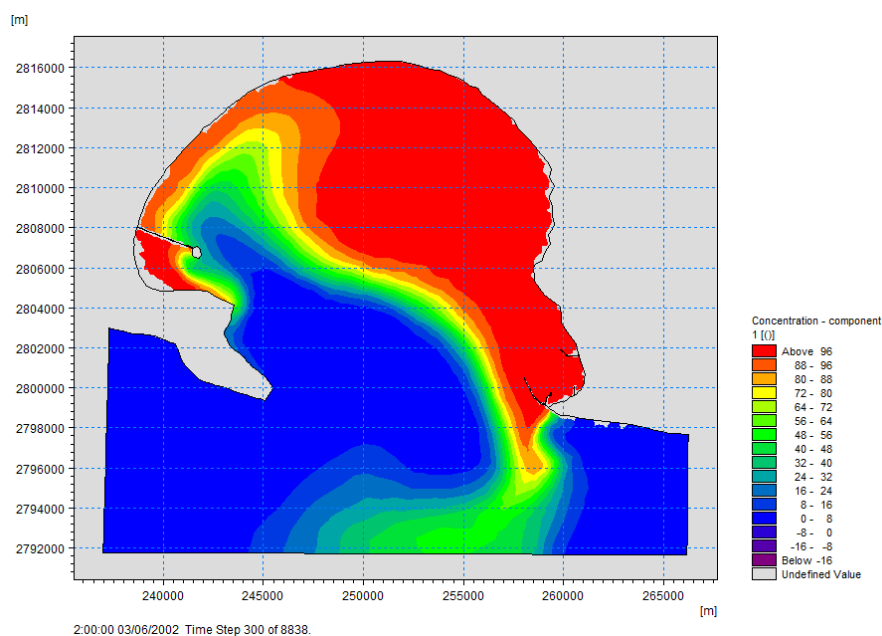


شکل (۳۸-۴) ب) بعد از گذشت ۱۰ روز

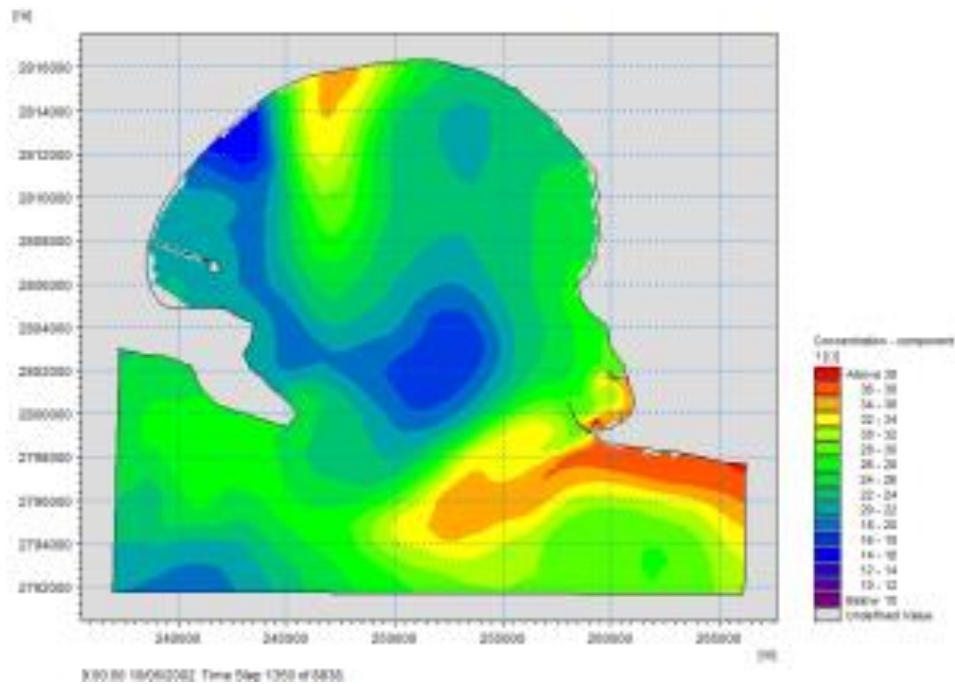
با در نظر گرفتن اثر جزر و مد زمان تجدید پذیری به ۱۰ روز می رسد و زمان تجدید پذیری به مدت ۳ روز نسبت به حالتی که هر سه پدیده را داریم افزایش پیدا می کند. بنابراین پدیده جزر و مد تاثیر زیادی بر زمان تجدید پذیری داشته و کنترل کننده فرآیند تجدید پذیری در خلیج چابهار است.

✓ حالت چهارم: در نظر گرفتن اثر موج و باد بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار. شکل (۴) -

(۳۹)



شکل (۴-۳۹) الف) پس از گذشت ۳ روز

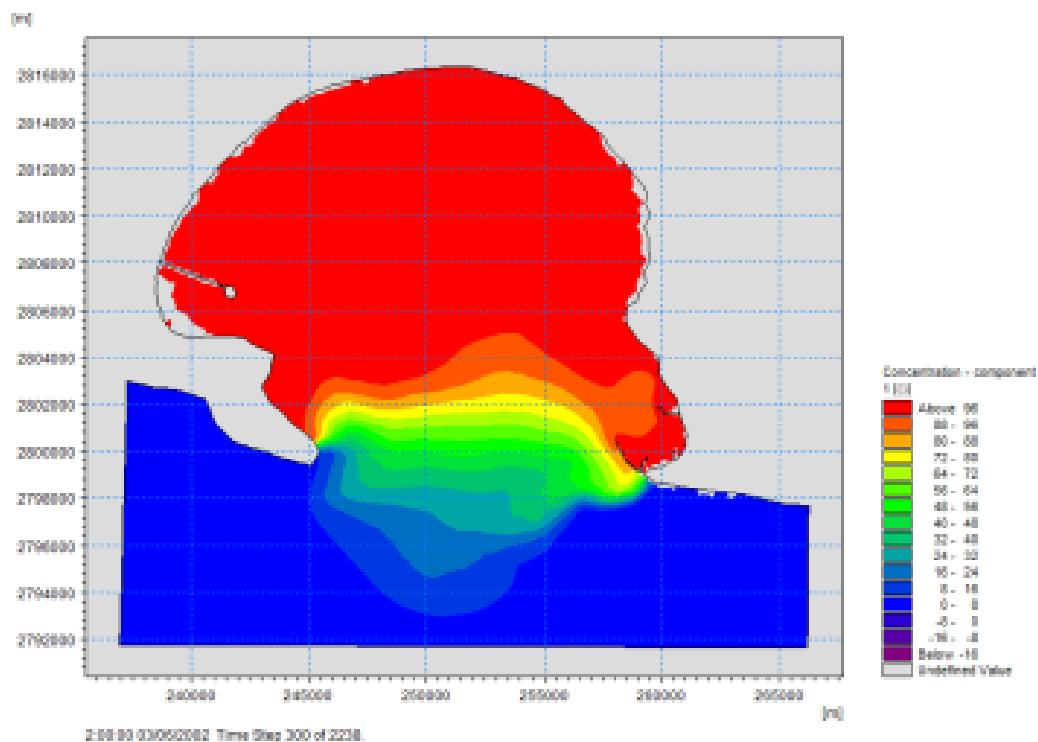


شکل (۴-۳۹) ب) پس از گذشت ۱۰ روز

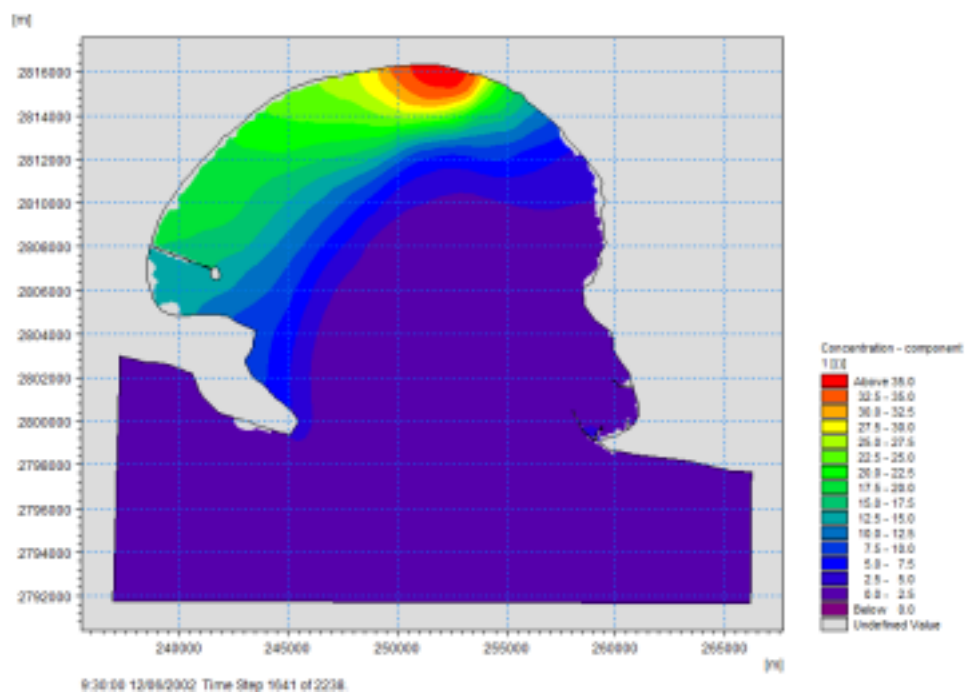
با در نظر گرفتن اثر موج و باد زمان تجدید پذیری به ۱۰ روز می رسد. مشاهده می شود که این زمان برابر با زمان تجدید پذیری در حالتی است که فقط پدیده جزر و مد وجود دارد. بنابراین پدیده موج و باد در تعامل باهم به اندازه پدیده جزر و مد بر زمان تجدید پذیری تاثیر می گذارند. در این حالت جهت جریان ورودی آب دریا به داخل خلیج از سمت جنوب غربی خلیج است.

✓ حالت پنجم: در نظر گرفتن اثر موج و جزرومد بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار. شکل

(۴-۴۰)



شکل (۴-۴) الف) پس از گذشت ۳ روز

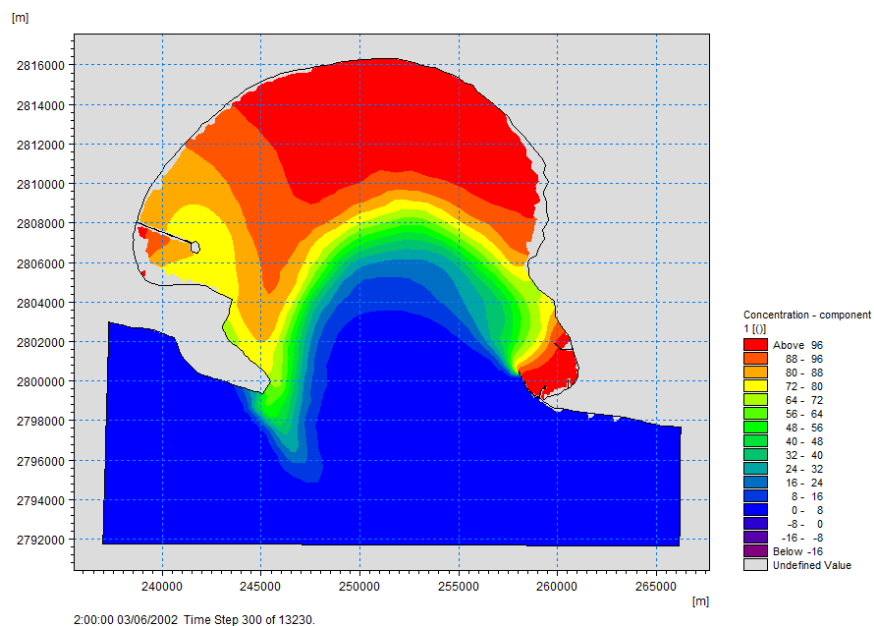


شکل (۴-۴) ب) پس از گذشت ۱۲ روز

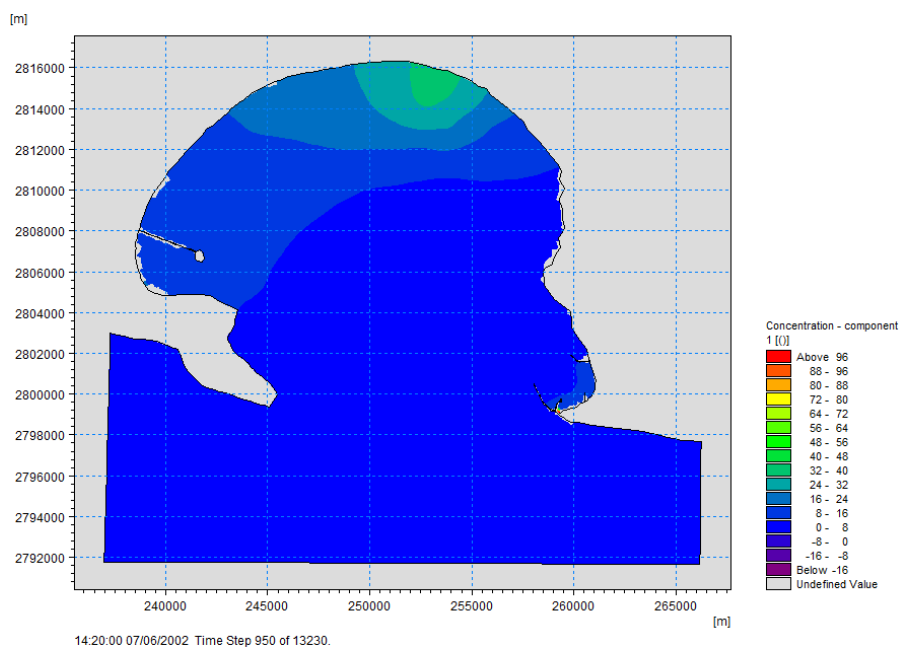
با در نظر گرفتن اثر موج و جزر و مد، زمان تجدید پذیری در خلیج چابهار به ۱۲ روز می رسد و به مدت ۵ روز افزایش پیدا می کند. بنابراین موج و جزرومد در تعامل مثبتی در جهت کاهش زمان تجدید پذیری ندارند و پدیده جزر و مد به تنهایی تاثیر بیشتری بر زمان تجدید پذیری دارد. در این حالت جهت جریان ورودی آب دریا به داخل خلیج از سمت مرز جنوبی خلیج می باشد.

✓ حالت ششم : در نظر گرفتن اثر باد و جزرومد بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار. شکل

(۴۱-۴)



شکل (۴۱-۴) الف) پس از گذشت ۳ روز

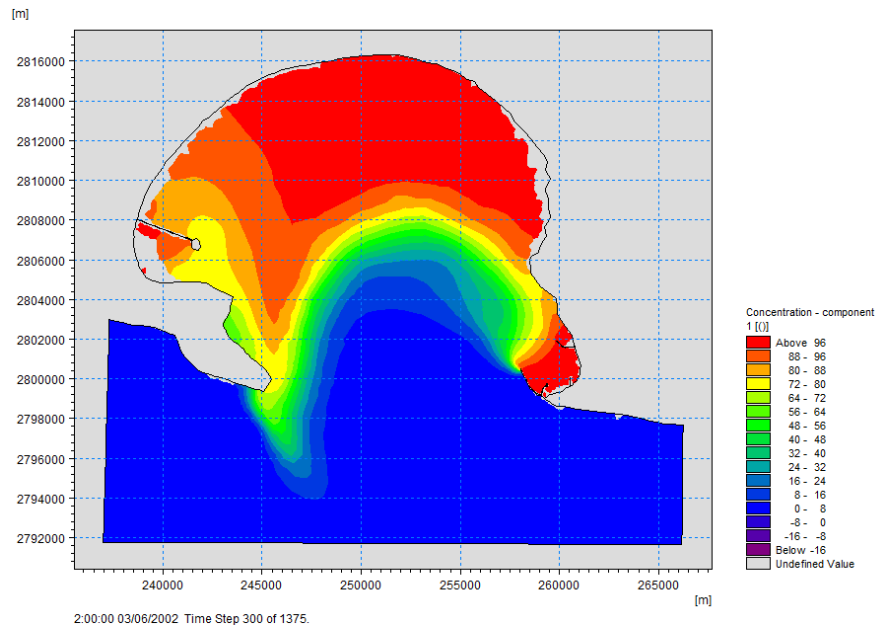


شکل (۴-۴۱) ب) پس از گذشت ۷ روز

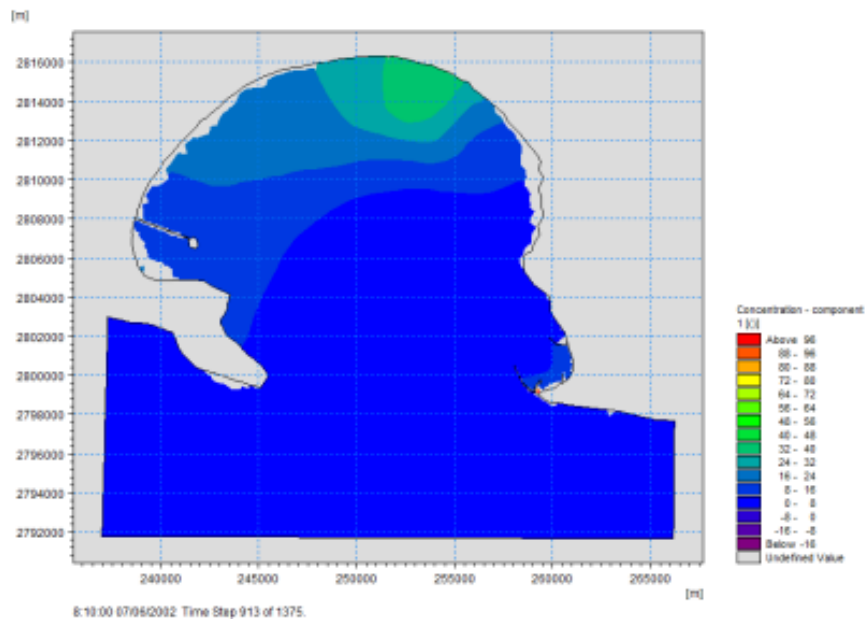
با در نظر گرفتن اثر باد و جزر و مد زمان تجدید پذیری به ۷ روز می رسد . بنابراین این دو پدیده تعامل مثبتی در جهت کاهش زمان تجدید پذیری در خلیج چابهار داشته اند. همچنین جهت جریان ورودی آب دریا به درون خلیج از سمت جنوب شرقی می باشد.

✓ حالت هفتم : در نظر گرفتن اثر موج، باد و جزرومد بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار.

شکل (۴-۴۲)



شکل (۴۲-۴) الف) پس از گذشت ۳ روز



شکل (۴۲-۴) ب) پس از گذشت ۷ روز

پدیده جزرومد در خلیج چابهار بسیار تاثیر گذار است در حالی که موج تاثیر بسیار ناچیزی در تجدید پذیری آب در خلیج چابهار دارد. در واقع پدیده جزرومد نسبت به سایر پدیده ها بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار حاکم است. زمانی که جزرومد داریم جهت جریان ورودی آب دریا از سمت جنوب

شرقی دهانه خلیج است و آلودگی از سمت شمالی خارج می شود و زمان تجدید پذیری ۱۰ روز است و در صورتی که وقتی جزرومد و موج را وقتی باهم داریم جهت جریان همان جهت جریان جزرومد است در واقع جزرومد بر موج حاکم است و زمان تجدید پذیری به ۱۲ روز می رسد. این نشان می دهد که موج و جزرومد تعامل خوبی نداشته اند و پدیده موج باعث کند شدن انتقال آلودگی و افزایش زمان تجدید پذیری شده است. در حالی که در حالت اثر باد به تنهایی، جهت جریان ورودی از سمت جنوب غربی و جهت جریان خروجی از سمت جنوب شرقی دهانه خلیج است و زمان تجدید پذیری ۲۱ روز نمی باشد. زمانی که اثر موج و باد را باهم داریم باز هم جهت جریان همان جهت جریان باد است و زمان تجدید پذیری به ۱۰ روز می رسد. این نشان می دهد که موج و باد باهم تعامل مثبتی در جهت کاهش زمان تجدید پذیری داشته اند. در واقع جزرومد بر باد حاکم است و باد به همراه موج و جزرومد تعامل خوبی دارد و تاثیر مثبتی بر زمان تجدید پذیری می گذارد. در حالتی که باد و جزرومد را داریم جهت جریان، جهت جریان جزرومدی می باشد و زمان تجدید پذیری به ۷ روز می رسد که تعامل بسیار خوبی است. در حالتی که هر سه نوع پدیده را داریم زمان تجدید پذیری همان ۷ روز است و این نشان می دهد اثر موج بر اثر باد و جزرومد باهم ناچیز است و کنترل کننده زمان تجدید پذیری در مرتبه اول جزرومد و در مرتبه دوم باد است.

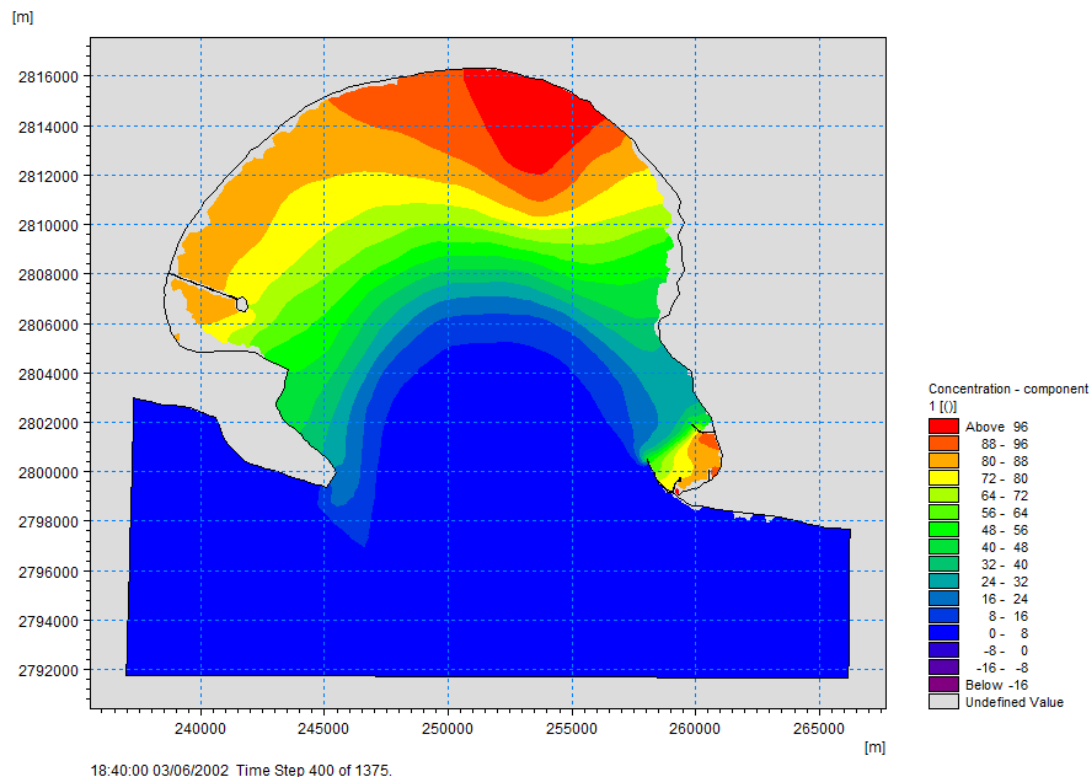
۴-۶-۴- بررسی زمان تجدید پذیری در خلیج چابهار در مونسون تابستانه و مونسون زمستانه

سناریو اول : مونسون تابستانه

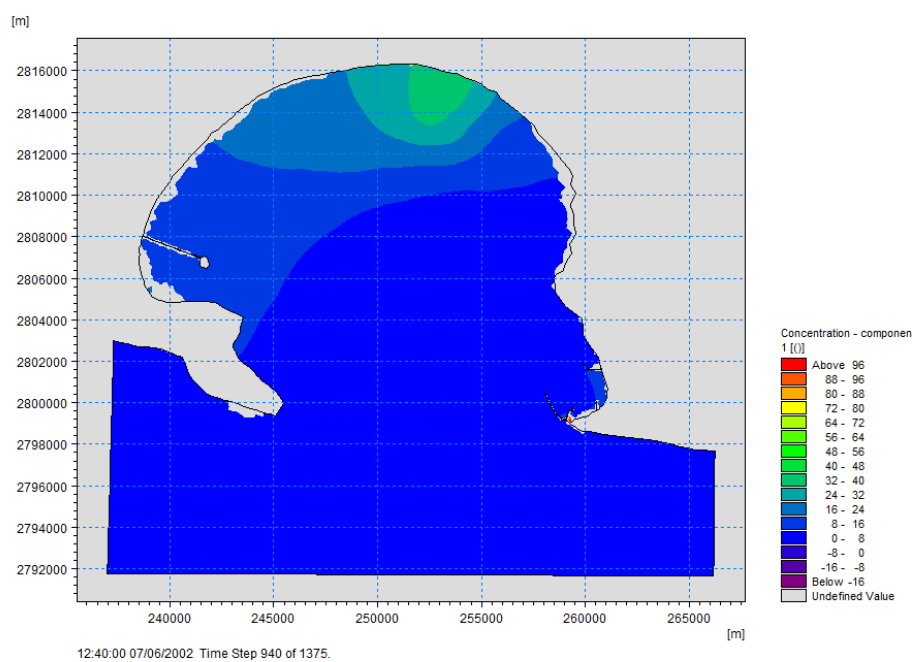
شروع مونسون تابستانه از ماه خرداد می باشد و در تیر به حداکثر شدت خود می رسد و در اواخر شهریور فروکش می کند.

در ادامه شکل های (۴-۴۳) تا (۴-۴۹) مربوط به زمان تجدید پذیری و نمودار سرعت جریانات در ماه های مختلف مونسون تابستانه ارائه شده است. همچنین مطابق جدول (۴-۱۳)، نتایج مربوط به گلبادهای ارائه شده و زمان تجدید پذیری ارائه شده است.

✓ ماه خرداد: شروع مونسون تابستانه



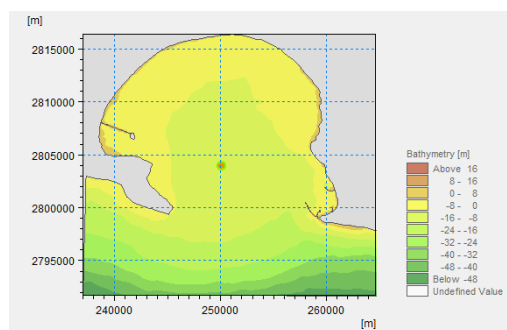
شکل (۴-۴۳) الف) بعد از گذشت ۳ روز



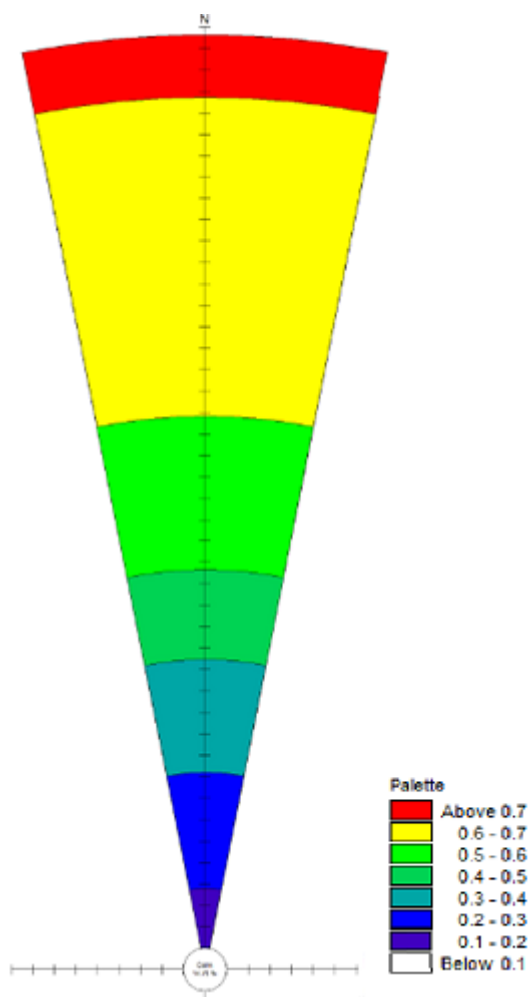
شکل (۴-۴۳) ب) بعد از گذشت ۷ روز

همانطور که از شکل فوق مشخص است، جهت جریان از سمت جنوب به سمت داخل خلیج است و آلودگی از سمت شمال و متمایل به شمال شرقی در حال خارج شدن است. بعد از گذشت ۳ روز تقریباً نیمی از خلیج تجدید یافته است و بیشترین غلظت در این حالت ۹۶ درصد غلظت اولیه می باشد. بعد از ۷ روز خلیج کاملاً تجدید یافته است و غلظت در همه نقاط خلیج به ۳۷ درصد مقدار اولیه خود رسیده است.

سرعت جریان در نقطه ای به طول ۲۵۰۰۹۸/۷۹۵ متر و عرض ۲۸۰۳۹۷۸/۷۴۹ مطابق شکل (۴-۴۴) از خروجی برداشت می شود.



شکل (۴-۴۴)، محل برداشت خروجی ROSE PLOTE

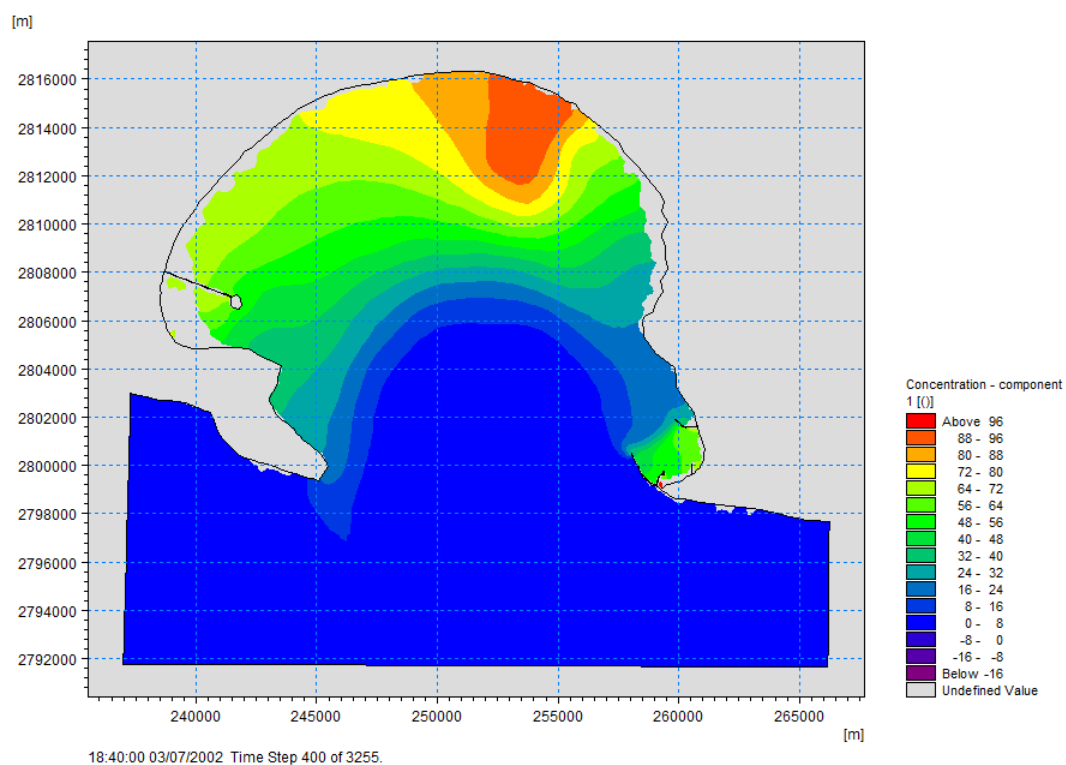


شکل (۴-۴۵)، ROSE PLOTE سرعت

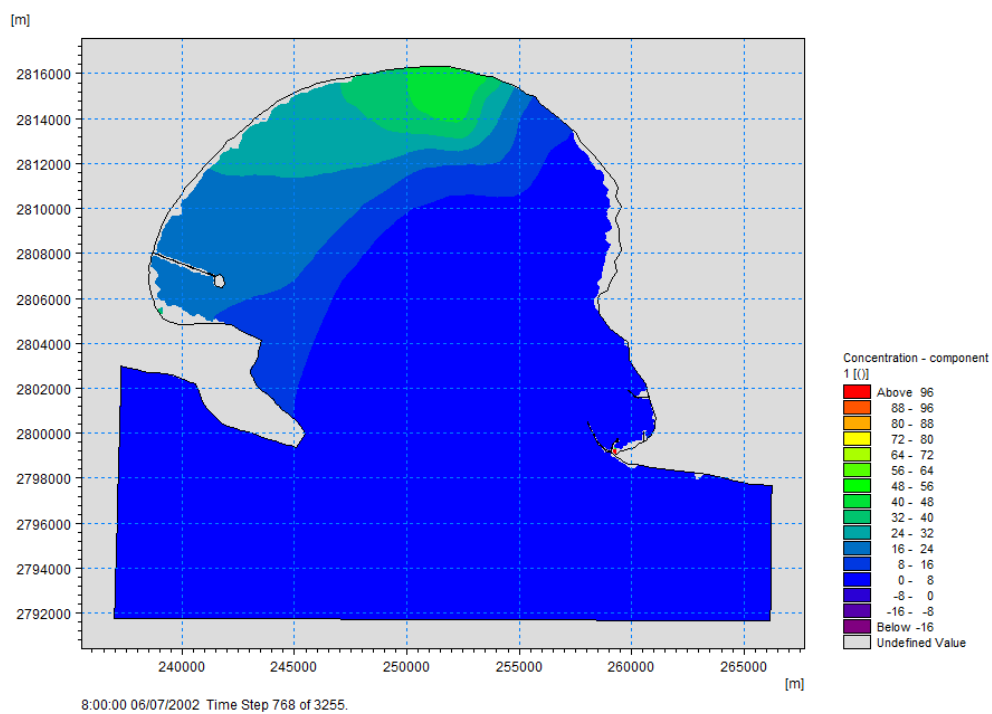
با توجه به شکل فوق، مشاهده می شود که اغلب سرعت های جریان $0/6$ تا $0/7$ متر بر ثانیه است. این

در حالی است که مقادیر سرعت بیشتر از $0/7$ متر بر ثانیه هم وجود دارد.

✓ ماه تیر : حداکثر مونسون تابستانه

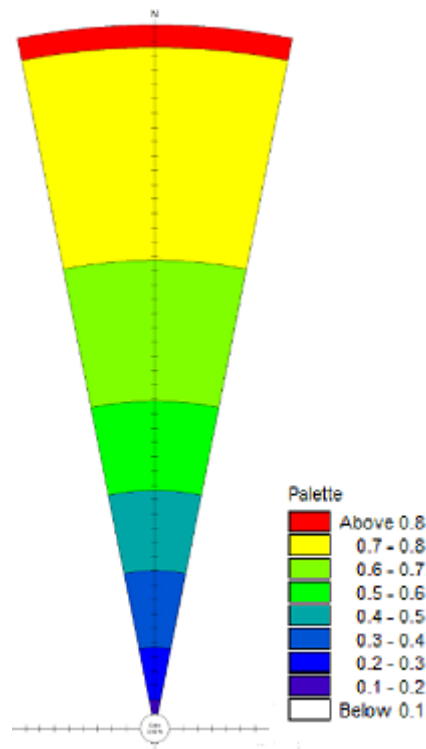


شکل (۴-۴۶)، الف) بعد از گذشت ۳ روز



شکل (۴-۴۶)، ب) بعد از گذشت ۶ روز

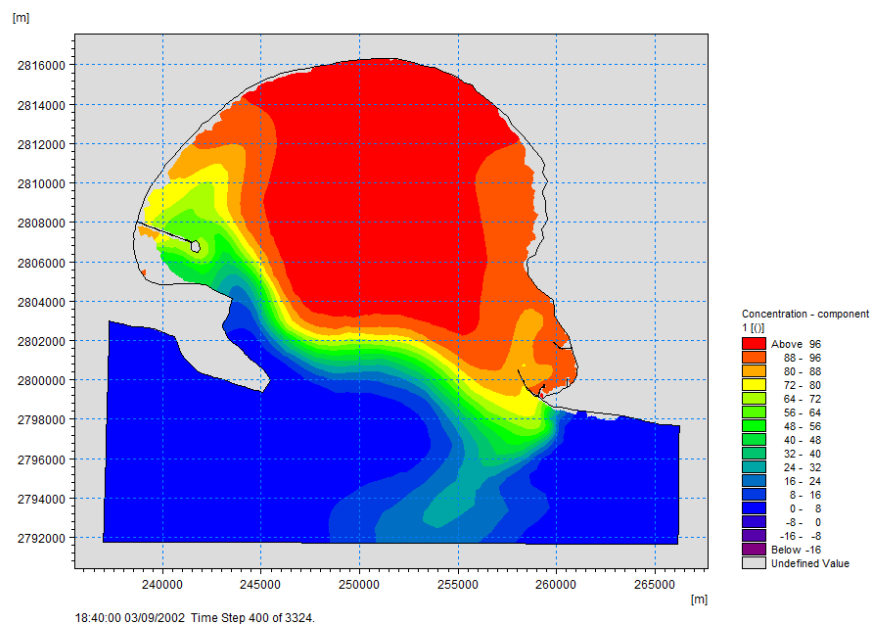
با توجه به شکل های فوق، در اوج مونسون تابستانه در ماه تیر بعد از گذشت ۳ روز تقریباً نیمی از خلیج تجدید یافته است و بیشترین غلظت در این حالت ۸۸ درصد غلظت اولیه است. بعد از گذشت ۶ روز خلیج به طور کامل تجدید یافته است.



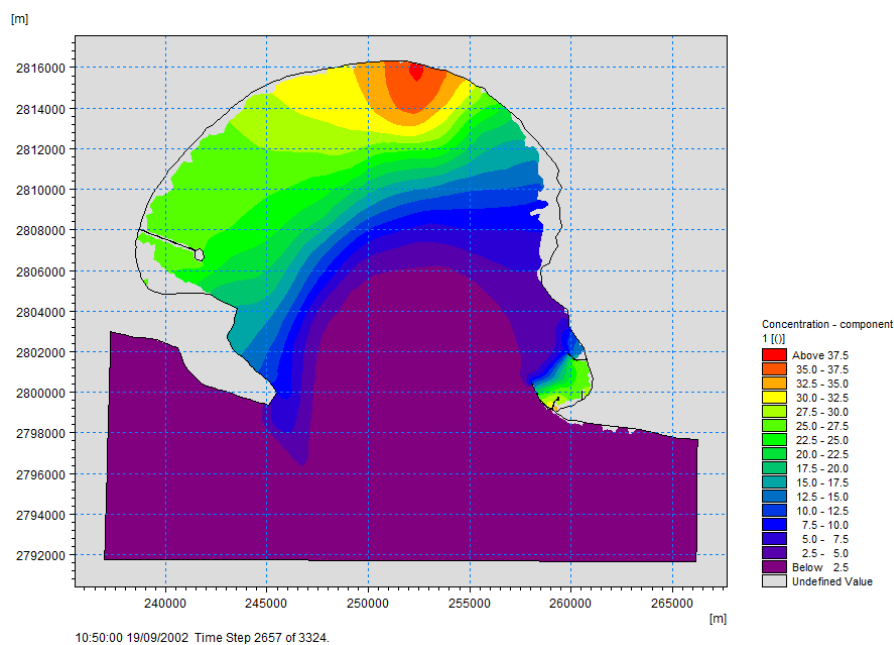
شکل (۴-۴۷)، ROSE PLOTE سرعت

در شکل فوق که مربوط به سرعت های جریان در ماه تیر است، اغلب سرعت های جریان ۰/۵ تا ۰/۸ متر بر ثانیه است و مقادیر سرعت بیشتر از ۰/۸ متر بر ثانیه هم وجود دارد.

✓ اواخر ماه شهریور: فروکش کردن مونسون تابستانه

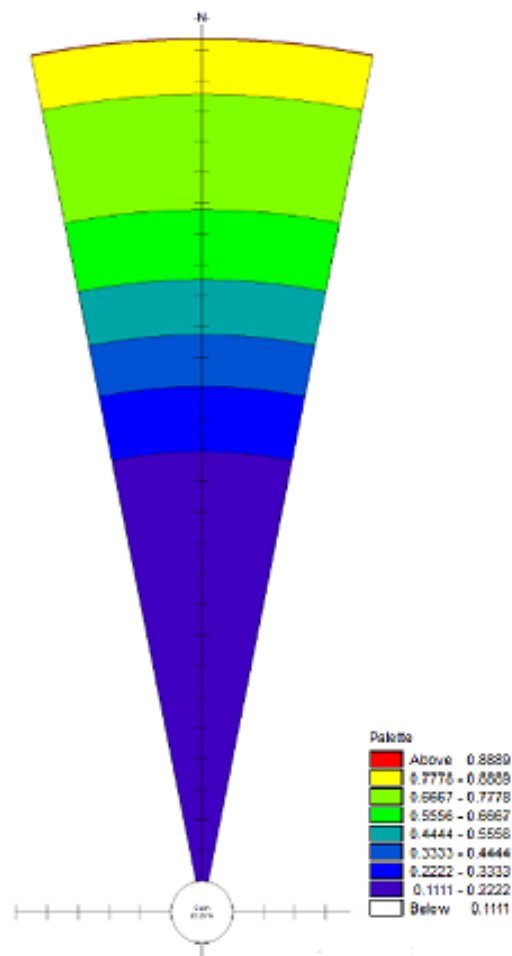


شکل (۴-۴۷) الف) بعد از گذشت ۳ روز



شکل (۴-۴۷) ب) بعد از گذشت ۱۹ روز

با توجه به شکل های فوق در زمان فروکش کردن مونسون تابستانه در ماه شهریور بعد از گذشت ۳ روز هنوز آب دریا به طور کامل وارد خلیج نشده است و بیشترین غلظت در خلیج ۹۶ درصد غلظت اولیه است. در این حالت نیمی از خلیج هم تجدید نیافته است. بعد از گذشت ۱۹ روز خلیج به طور کامل تجدید یافته است.



شکل (۴-۴۹)، ROSE PLOTE سرعت

با توجه به شکل فوق که مربوط به سرعت های جریان در زمان فروکش کردن مونسون تابستانه در ماه شهریور است، اغلب سرعت های جریان در محدوده ۰/۱ تا ۰/۳ متر بر ثانیه است و مقادیر سرعت بیشتر از ۰/۸ متر بر ثانیه هم وجود دارد.

جدول (۴-۱۳)، نتایج حاصل از ROSE PLOTE سرعت و زمان تجدید پذیری در مونسون تابستانه

ماکزیمم محدوده سرعت جریان	جهت باد غالب	زمان تجدید پذیری	زمان	مونسون
۰/۶ تا ۰/۷ متر بر ثانیه	جنوب و جنوب غربی	۷ روز	خرداد ماه	شروع مونسون تابستانه
۰/۵ تا ۰/۸ متر بر ثانیه	جنوب غربی	۶ روز	تیر ماه	اوج مونسون تابستانه
۰/۱ تا ۰/۳ متر بر ثانیه	جنوب و جنوب غربی	۱۹ روز	شهریور ماه	فروکش کردن مونسون تابستانه

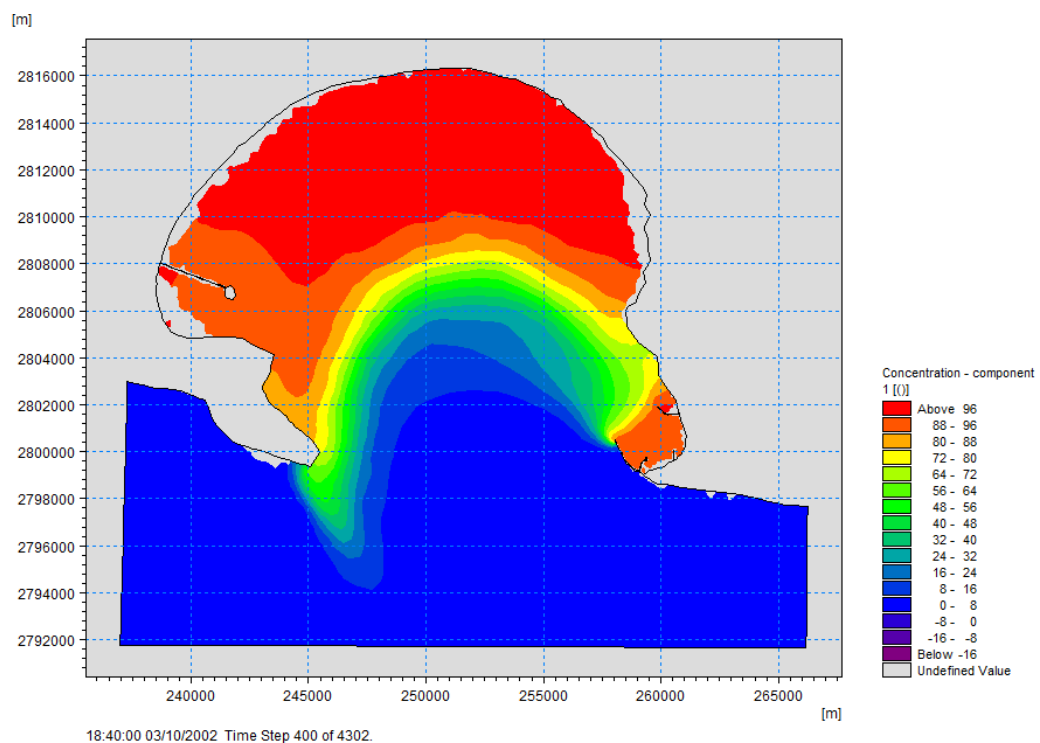
همانطور که در جدول فوق مشاهده می شود، زمان تجدید پذیری با سرعت جریانات ایجاد شده در خلیج رابطه عکس دارد. در واقع هرچه سرعت جریانات در خلیج کمتر می شود. زمان تجدید پذیری در خلیج افزایش می یابد و انتقال و پخش آلودگی به کندی انجام می شود و در نهایت آلودگی دیر تر از خلیج خارج می شود. جهت باد در ماه های تیر و شهریور که به ترتیب زمان اوج و فروکش کردن مونسون تابستانه می باشد در جهت جنوب غربی می باشد. مشاهده می شود کمترین زمان تجدید پذیری مربوط ماه تیر می باشد که اوج مونسون تابستانه است و سرعت جریان به بیشترین مقدار خود می رسد. بنابراین مونسون تابستانه تاثیر مثبتی در زمان تجدید پذیری داشته است.

سناریو دوم : مونسون زمستانه

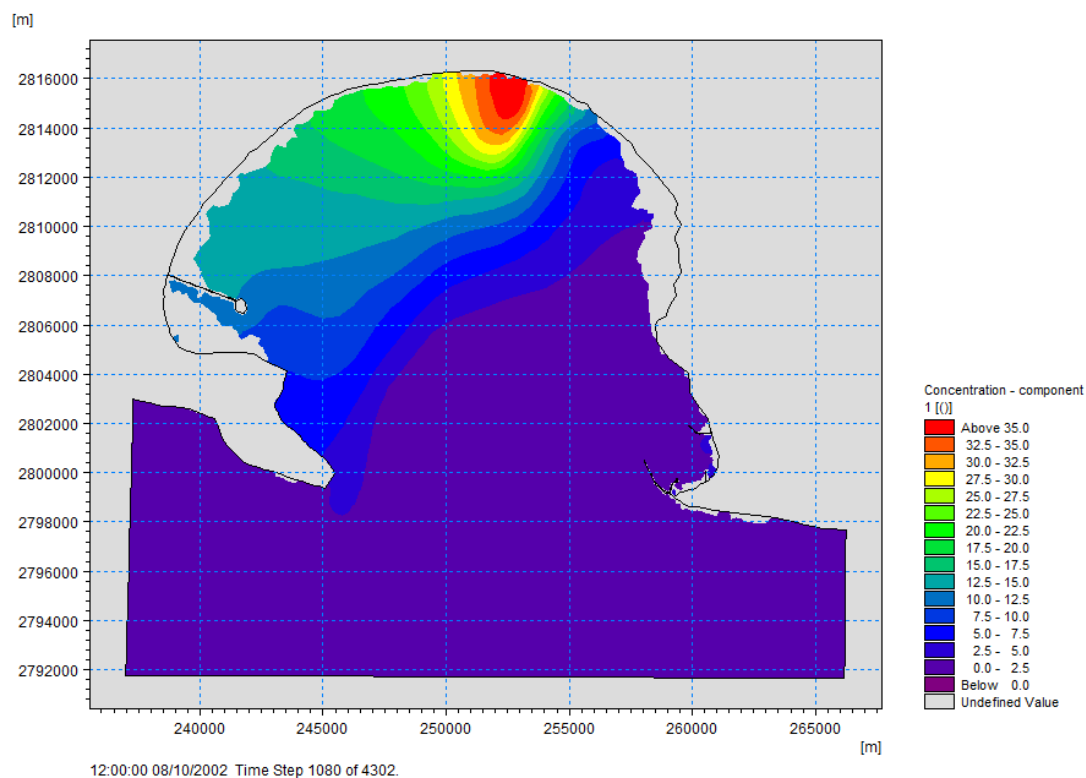
شروع مونسون زمستانه از ماه آبان می باشد و در اسفند به اوج خود می رسد و در فرودین فروکش می کند.

در ادامه شکل های (۴-۵۰) تا (۴-۵۵) مربوط به زمان تجدید پذیری، گلباد و نمودار سرعت جریانات در ماه های مختلف مونسون زمستانه ارائه شده است. همچنین مطابق جدول (۴-۱۶)، نتایج مربوط به زمان تجدید پذیری ارائه شده است.

✓ شروع مونسون زمستانه : ماه آبان

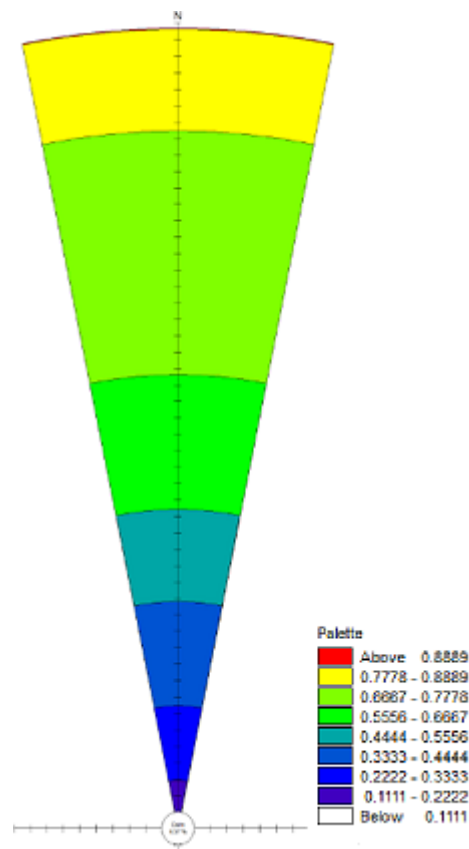


شکل (۴-۵۰)، الف) بعد از گذشت ۳ روز



شکل (۴-۵۰)، ب) بعد از گذشت ۸ روز

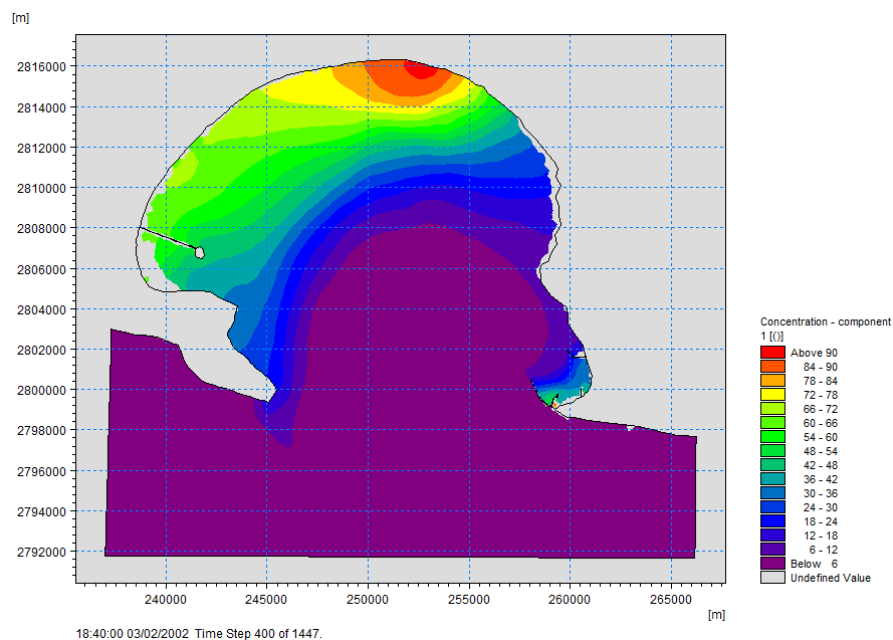
با توجه به شکل های فوق، مشاهده می شود که در زمان شروع مونسون زمستانه در ماه آبان، بعد از گذشت ۳ روز نزدیک به نیمی از خلیج تجدید یافته و بیشترین غلظت در خلیج ۹۶ درصد غلظت اولیه است. بعد از گذشت ۸ روز کل خلیج تجدید یافته است و غلظت در کل خلیج به ۳۷ درصد غلظت اولیه می رسد.



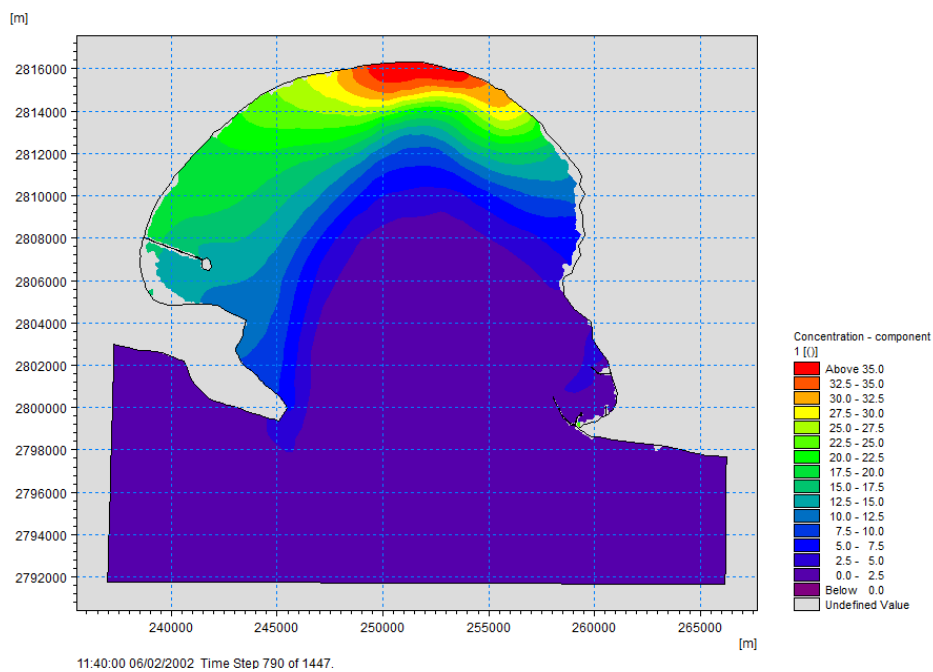
شکل (۴-۵۱)، ROSE PLOTE سرعت

همانطور که در شکل فوق مشاهده می شود، اغلب سرعت های جریان در زمان شروع مونسون زمستانه در ماه آبان، در محدوده ۰/۵ تا ۰/۷ متر بر ثانیه است و مقادیر سرعت بیشتر از ۰/۸ متر بر ثانیه نیز وجود دارد.

✓ اوج مونسون زمستانه : ماه اسفند

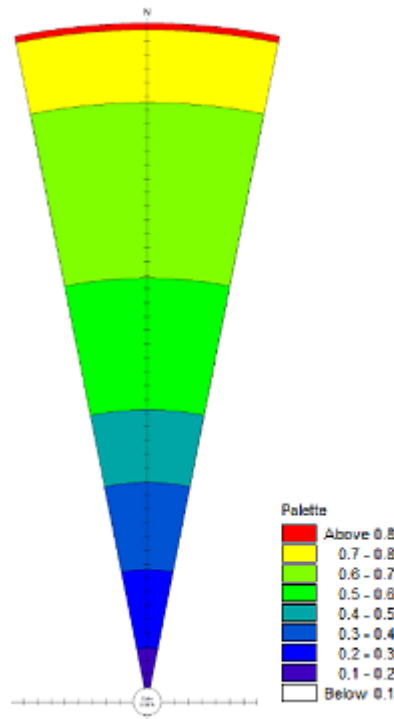


شکل (۴-۵۲)، الف) بعد از گذشت ۳ روز



شکل (۴-۵۲)، ب) بعد از گذشت ۶ روز

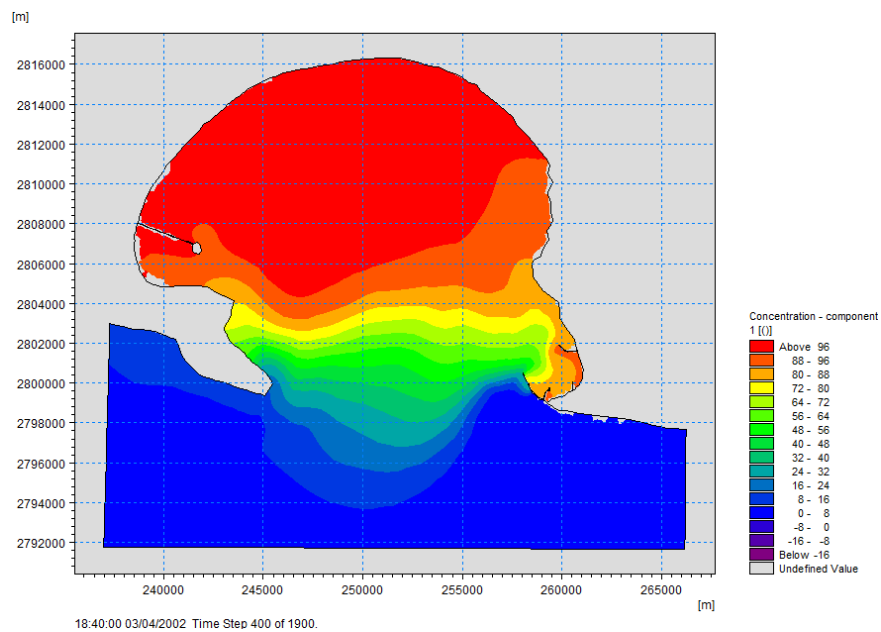
همانطور که در شکل های فوق مشاهده می شود، در زمان اوج مونسون زمستانه در ماه اسفند بعد از گذشت ۳ روز نیمی از خلیج تجدید یافته است و بعد از گذشت ۶ روز تجدید پذیری به طور کامل در خلیج انجام می شود.



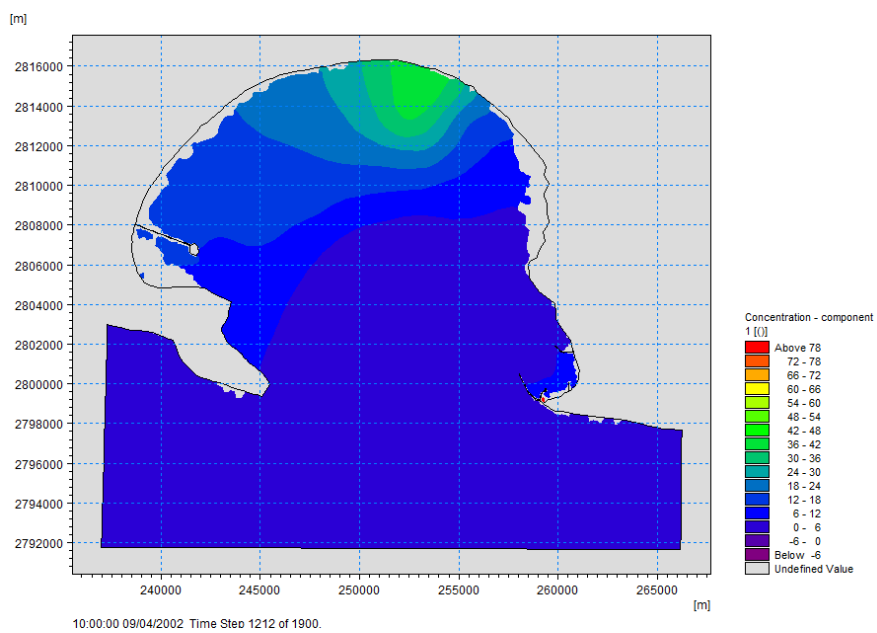
شکل (۴-۵۳)، ROSE PLOTE سرعت

بر اساس شکل فوق که مربوط به سرعت های جریان در زمان اوج مونسون زمستانه در ماه اسفند است، اغلب سرعت های جریان در محدوده ۰/۵ تا ۰/۷ متر بر ثانیه است و مقادیر سرعت بیشتر از ۰/۸ نیز وجود دارد.

✓ فروکش کردن مونسون زمستانه : ماه فرودین

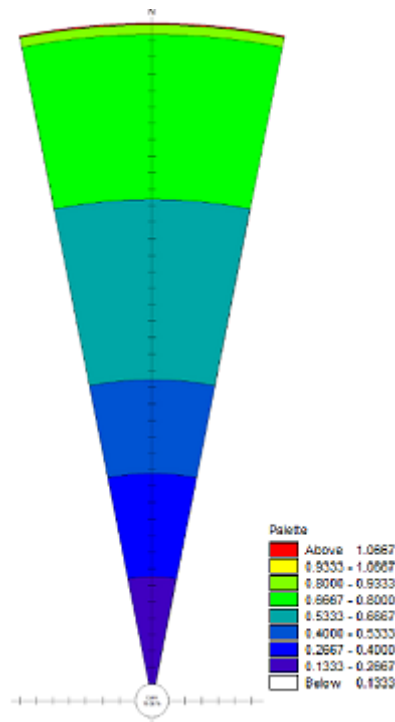


شکل (۴-۵۴)، الف) بعد از گذشت ۳ روز



شکل (۴-۵۴)، ب) بعد از گذشت ۹ روز

با توجه به شکل های فوق، در زمان فروکش کردن مونسون زمستانه در ماه فروردین بعد از گذشت ۳ روز هنوز آب دریا وارد خلیج نشده است. در این حالت تجدید پذیری خلیج بعد از گذشت ۹ روز انجام می شود.



شکل (۴-۵۵)، ROSE PLOTE سرعت

بر اساس شکل فوق که مربوط به سرعت های جریان در زمان فروکش کردن مونسون زمستانه در ماه فروردین است، اغلب سرعت های جریان ۰/۱ تا ۰/۵ متر بر ثانیه است و مقادیر سرعت بیشتر از ۱/۰۶ نیز وجود دارد.

جدول (۴-۱۴)، نتایج حاصل از ROSE PLOTE سرعت و تجدید پذیری در مونسون زمستانه

مونسون زمستانه	زمان	زمان تجدید پذیری	جهت باد غالب	ماکزیمم سرعت جریان ایجاد شده
شروع مونسون زمستانه	آبان	۸ روز	شمال شرقی	۰/۵ تا ۰/۷ متر بر ثانیه
اوج مونسون زمستانه	اسفند	۶ روز	شمال شرقی	۰/۵ تا ۰/۷ متر بر ثانیه
فروکش کردن مونسون زمستانه	فروردین	۹ روز	شمال شرقی	۰/۱ تا ۰/۵ متر بر ثانیه

با توجه به جدول فوق مشاهده می شود بیشترین زمان تجدید پذیری مربوط به ماه فروردین می باشد که مونسون فروکش می کند و سرعت جریان به کمترین مقدار خود می رسد. کمترین زمان تجدید پذیری هم مربوط به ماه اسفند می باشد که سرعت جریان بیشتر است. جهت وزش باد در مونسون زمستانه جنوب غربی می باشد، همچنین مشاهده می شود که مونسون زمستانه باعث کاهش ۲ روز در زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار شده است و تاثیر مثبتی داشته است.

۴-۶-۵- اثر پارامترهای ورودی موج، باد و جزر و مد

در این بخش تاثیر هریک از پارامترهای مربوط به موج، باد و جزر و مد را بر زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار بررسی خواهیم کرد. در واقع هر بار با در نظر گرفتن یکی از پارامترهای موج، باد و جزر و مد در حالت مینیمم، ماکزیمم و متوسط بررسی خواهیم کرد. نتایج حاصل مربوط به این بخش مطابق جدول (۴-۱۵) می باشد.

جدول (۴-۱۵)، نتایج حاصل از اثر پارامترهای موج، باد و جزر و مد بر زمان تجدید پذیری

پارامترهای تاثیر گذار بر زمان تجدید پذیری		حالت های مدلسازی	زمان تجدید پذیری (روز)
موج	ارتفاع (متر)	بیشترین	۶
		کمترین	۶
		متوسط	۶
	پریود (ثانیه)	بیشترین	۶
		کمترین	۶
		متوسط	۶
باد	سرعت (متر بر ثانیه)	بیشترین	۴
		کمترین	۹
		متوسط	۷
جزر و مد	تراز آب (متر)	بیشترین	۷
		کمترین	۳
		متوسط	۶

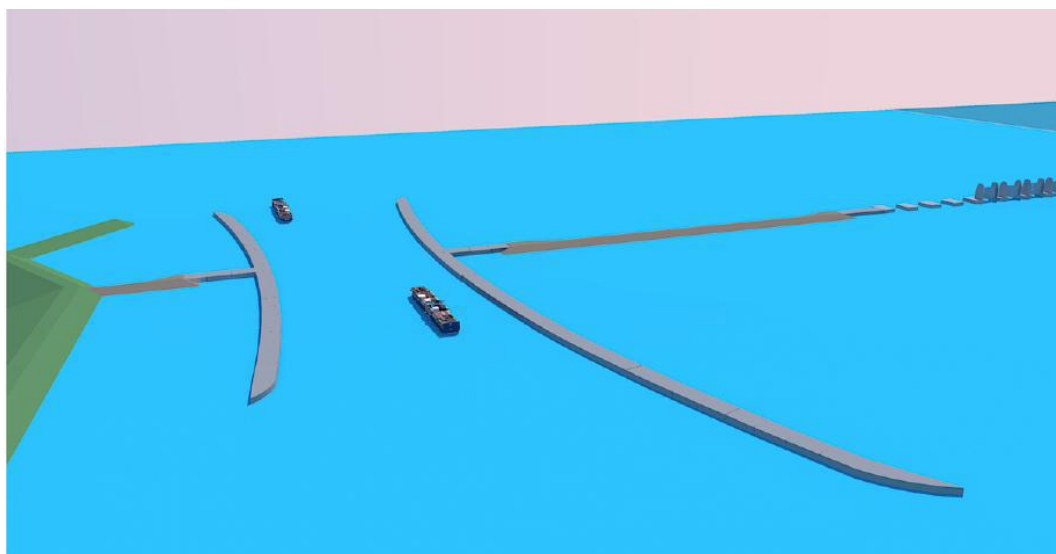
با توجه به جدول فوق ، همانطور که مشاهده می شود پارامترهای ورودی موج در حالت های مختلف تاثیری بر زمان تجدید پذیری ندارد. اما مشاهده می شود که در حالتی که سرعت باد به بیشترین مقدار خود می رسد به علت اینکه سرعت جریان نیز زیاد می شود و گردش آب سریع تر انجام می شود. زمان تجدید پذیری کاهش می یابد و آلودگی در مدت زمان کمتری پخش و به خارج از خلیج

انتقال می یابد. همچنین در حالتی که سرعت باد به کمترین مقدار خود می رسد به علت اینکه سرعت جریان کم می شود زمان تجدید پذیری افزایش می یابد. بنابراین سرعت باد با زمان تجدید پذیری رابطه عکس دارد در واقع هرچه سرعت باد بیشتر شود زمان تجدید پذیری کاهش می یابد و هرچه سرعت باد کمتر شود زمان تجدید پذیری افزایش می یابد. در حالتی که جزرومد در بیشترین تراز آب قرار دارد، تجدید پذیری تغییر زیادی نمی کند ولی در حالتی که کمترین تراز آب را داریم، مقدار زیادی از آب خلیج تخلیه می شود و آلودگی در این حالت از خلیج خارج می شود و زمان تجدید پذیری به شدت کاهش می یابد. به طوری که به نصف مقدار اولیه خود می رسد. بنابراین با کاهش تراز آب، زمان تجدید پذیری نیز کاهش می یابد و آلودگی در مدت زمان کمتری از خلیج خارج می شود. در واقع تجدید پذیری در حالت جزر بیشتر است.

۴-۶-۶- اثر سازه دیوارهای کاهنده بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار
در این بخش به بررسی اثر سازه های منقطع بر زمان تجدید پذیری و سرعت جریانات در دهانه ورودی خلیج چابهار خواهیم پرداخت. در ابتدا شرحی از سازه های منقطع در بخش بعد ارائه شده است.

۴-۶-۶-۱- تشریح سازه دیوارهای کاهنده و کاربرد آن
سازه دیوارهای منقطع کاهنده^{۴۹} به عنوان یکی از روش های نوین حفاظت از ساحل می باشد. دیوارهای منقطع کاهنده شامل یک سد سراسری می باشد که دارای بازشوهایی با فواصل مشخص می باشد. این بازشوها علاوه بر تازه نگه داشتن جریان آب و فراهم کردن شرایط مطلوب جهت انتقال رسوب بین خلیج و دریا، شرایط مطلوبی را نیز جهت تردد کشتی ها و شناورها فراهم می کنند. در شکل (۴-۵۶) به طور شماتیک این سازه نشان داده شده است

^{۴۹} Reduction Barrier



شکل (۴-۵۶)، طرح شماتیک دیوارهای منقطع کاهنده

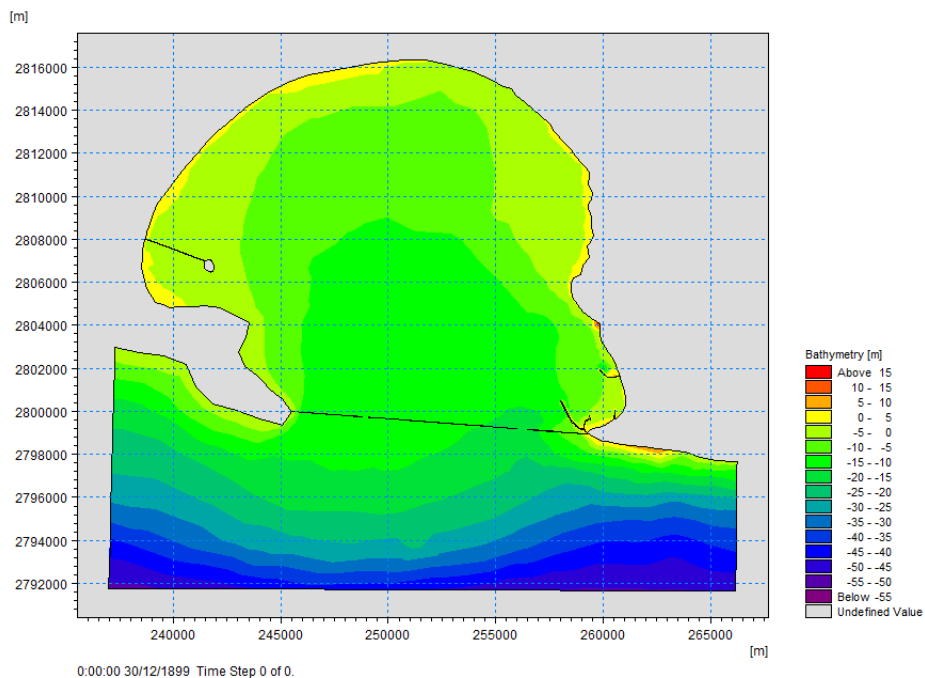
طرح این سازه ها در پژوهش های قبلی در دهانه خلیج مدلسازی شده است و به این نتیجه رسیده اند که این سازه ها برای خلیج چابهار مناسب و کاربردی می باشند.

در این طرح خلیج دارای سازه با یک سری بازشوی ۱۰ تایی و ۱ سری بازشوی ۲۰ تایی ۵۰ متری می باشد.

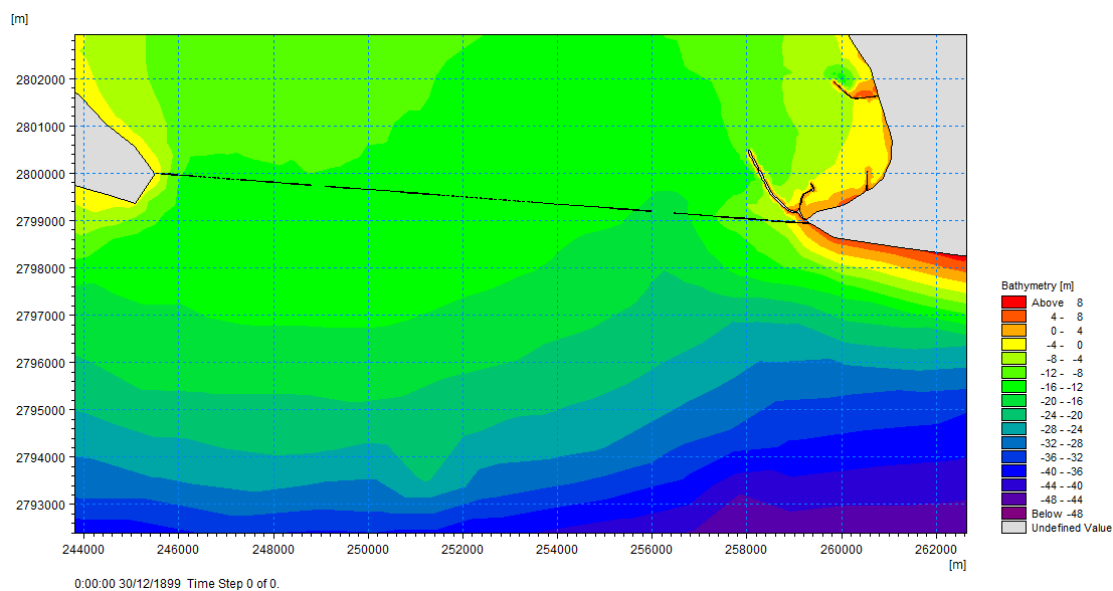
این سازه ها دارای دو سری بازشو به تعداد ۱۰ بازشو در سری اول با ارتفاع تقریبی ۱۴- متر و ۲۰ عدد بازشو در سری دوم با ارتفاع متوسط ۱۶/۵- متر می باشد. در این سازه ها نیز دو بازشو کشتیرانی در سازه تعبیه شده است، یک بازشو در شناورهای متوسط و کوچک با ابعاد ۳۰۰*۱۴ متر مربع در سمت چپ سازه و یک بازشو برای شناورهای بزرگ دارای ابعاد ۵۰۰*۱۸ متر مربع می باشد [۲۸].

از آنجایی که طرح ذکر شده برای خلیج چابهار در پژوهش قبلی مناسب بوده است و کاربردی می باشد، همان طرح در این پژوهش نیز مدلسازی شده است تا تجدید پذیری خلیج چابهار تحت تاثیر این سازه ها و در حالتی که این سازه ها در دهانه خلیج وجود دارند بررسی و ارزیابی شود. در شکل (۴-۵۷)، هیدروگرافی خلیج چابهار به همراه سازه های منقطع نشان داده شده است. همچنین شکل

های (۴-۵۸) تا (۴-۶۰) تجدید پذیری خلیج چابهار را در زمان های مختلف تحت تاثیر دیواره های منقطع نشان می دهد.

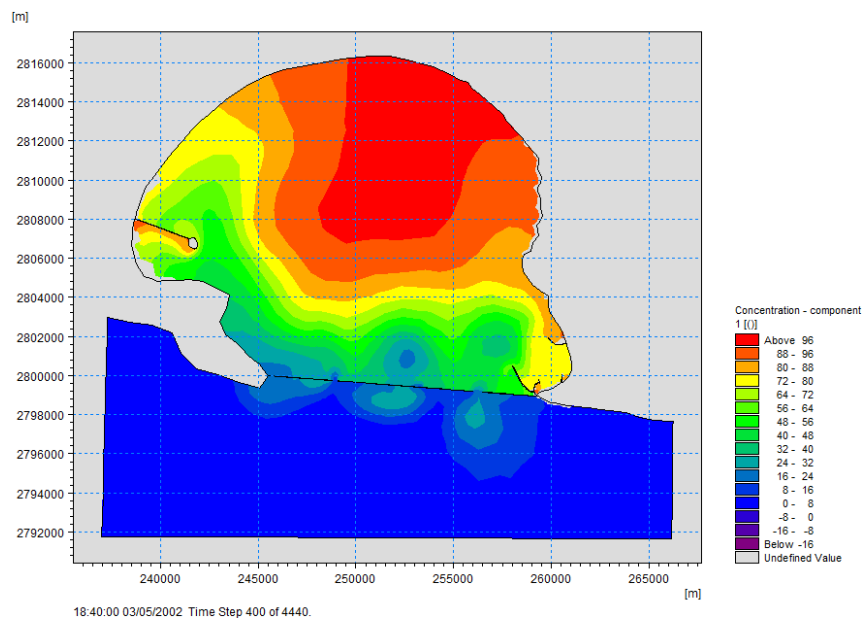


شکل (۴-۵۷)، الف) هیدروگرافی خلیج چابهار با در نظر گرفتن سازه های منقطع

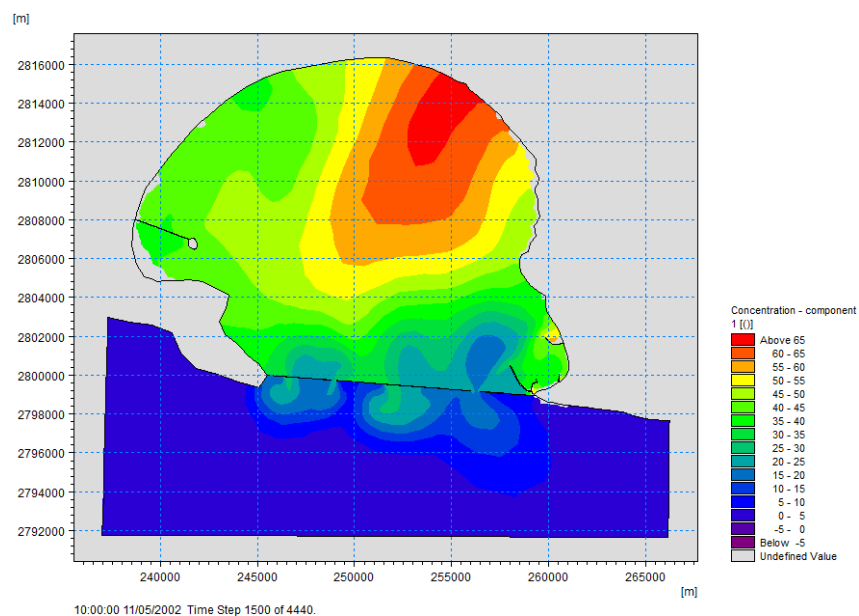


شکل (۴-۵۷)، ب) نمای نزدیک سازه های منقطع در خلیج چابهار

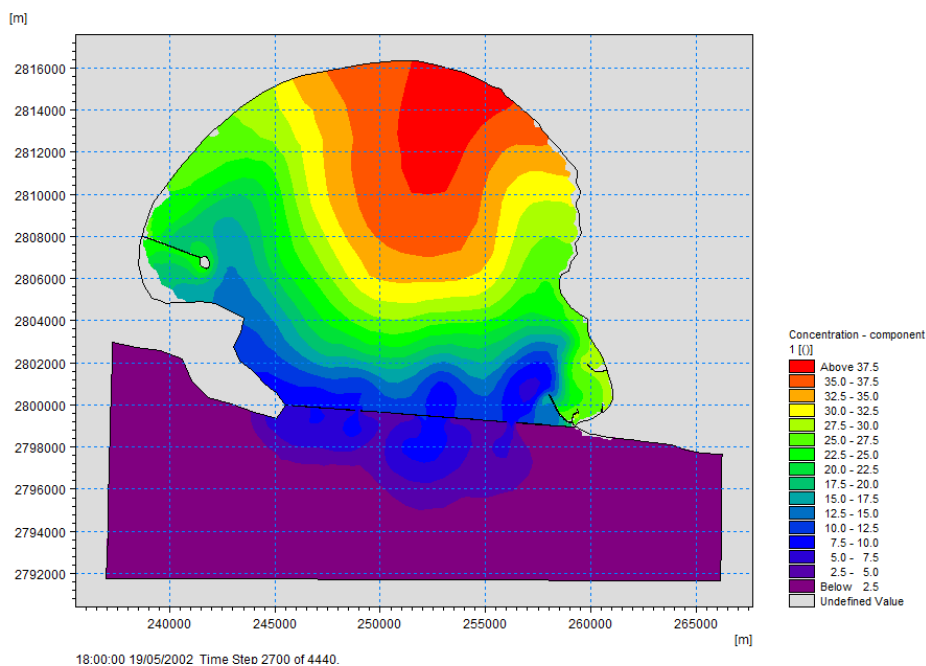
تجدید پذیری آب با در نظر گرفتن سازه دیواره های مقطع



شکل (۴-۵۸)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار بعد از گذشت ۳ روز



شکل (۴-۵۹)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار بعد از گذشت ۱۱ روز



شکل (۴-۶۰)، تجدید پذیری آب در خلیج چابهار بعد از گذشت ۱۹ روز

همانطور که در شکل های فوق مشاهده می شود، سازه های منقطع باعث می شوند زمان تجدید پذیری افزایش یابد و خروج آلودگی با سرعت کمتری انجام شود. به عبارتی دیگر چون دهانه خلیج تنگ تر می شود خروج آلودگی سخت تر شده و سرعت جریان کند تر می شود و آلودگی مدت زمانی بیشتری درون خلیج باقی می ماند. به طوریکه در حالت عادی و بدون سازه دیوارهای مقطع زمان تجدید پذیری ۶ روز بوده است ولی در حالی که سازه دیواره های منقطع وجود دارد، زمان تجدید پذیری به ۱۹ روز می رسد و ۱۳ روز افزایش پیدا می کند.

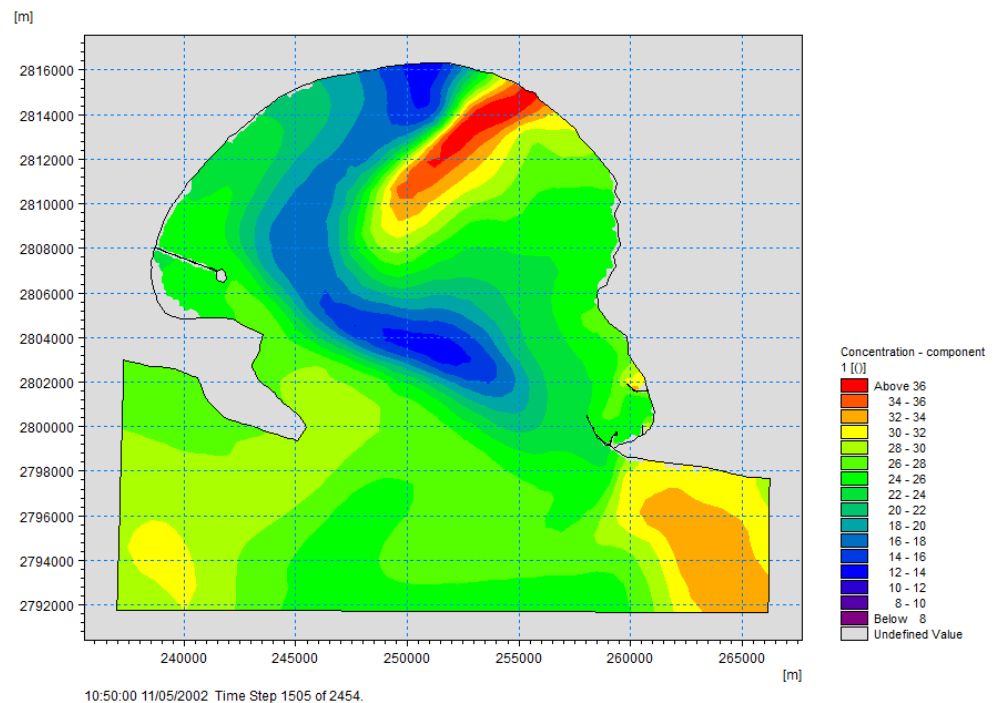
۴-۶-۷- اثر شوری و دمای آب بر زمان تجدید پذیری

از آنجایی که در پروپوزال اشاره ای به در نظر گرفتن اثر شوری و دمای آب در بحث بررسی تجدید پذیری آب نشده بود، در بخش های قبلی در فصل چهارم تجدید پذیری بدون در نظر گرفتن اثر شوری و دمای آب مورد بررسی قرار گرفته است. در این بخش اثر شوری و دمای آب را بر زمان تجدید پذیری که از مقدار آنها از پژوهش های قبلی برداشته شده است، تحت حالت های ذیل در نظر

خواهیم گرفت و مورد بررسی قرار خواهیم داد. در ادامه در شکل های (۴-۶۱) و (۴-۶۲) تجدید پذیری و تغییرات غلظت آلودگی در خلیج نشان داده شده است.

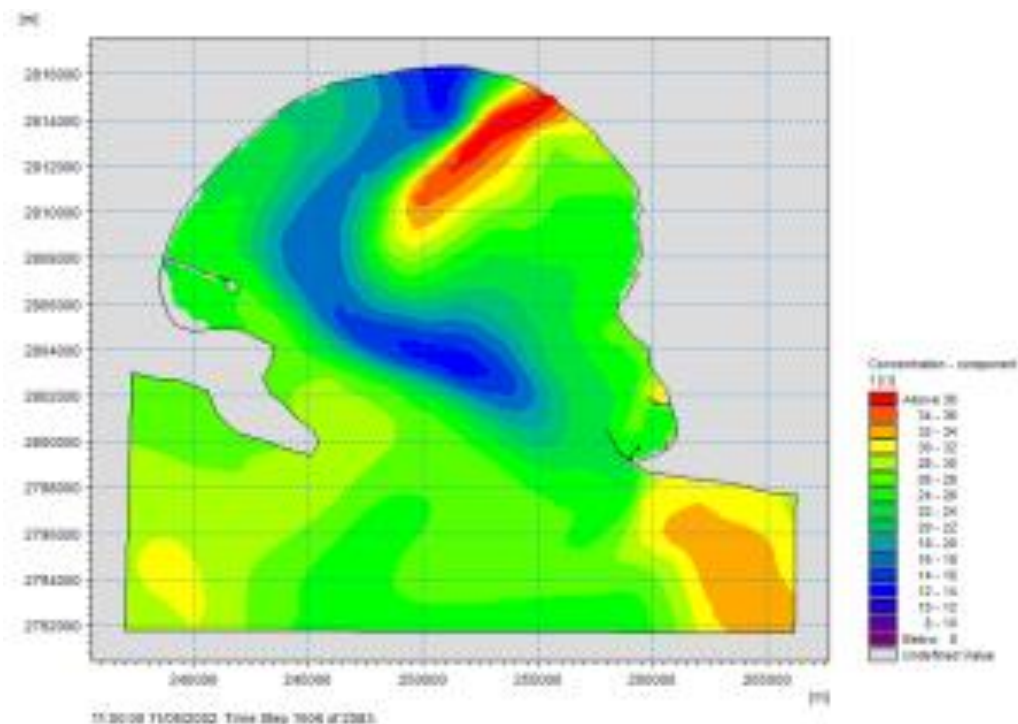
✚ اثر شوری و دما در حالت پیش فرض مدل عددی MIKE 21 با دمای 10°C و شوری

۳۲ PSU



شکل (۴-۶۱)، بعد از ۱۱ روز

✚ اثر شوری و دما با مقدار دمای $22/5^{\circ}\text{C}$ و شوری ۳۶/۶۳ PSU [۲۷].



شکل (۴-۶۲)، بعد از ۱۱ روز

با توجه به شکل های ارائه شده، تجدید پذیری خلیج چابهار در دو حالت پیش فرض نرم افزار و اطلاعات واقعی شوری و دمای خلیج چابهار باهم برابر است و به مدت ۱۱ روز می باشد و زمان تجدید پذیری به دلیل چگال تر شدن آب و کاهش سرعت تغییرات غلظت به مدت ۵ روز افزایش یافته است. در واقع در حالتی که اثر شوری و دمای آب در خلیج در نظر گرفته نشده بود زمان تجدید پذیری ۶ روز بوده است. در این حالت به این نتیجه می رسیم که اگر بخواهیم اثر شوری و دمای آب را در این خلیج در نظر بگیریم همه ی زمان های بدست آمده برای تجدید پذیری به مدت ۵ روز افزایش می یابند.

فصل پنجم

نتیجه گیری

۵-۱- پیشگفتار

این پژوهش با هدف ارزیابی تجدید پذیری آب و بررسی عوامل تاثیر گذار بر زمان تجدید پذیری در خلیج چابهار و در صورت عدم گردش آب مناسب در خلیج، ارائه راهکارهایی برای گردش مناسب انجام پذیرفت، که در آن با استفاده از داده های موجود به شبیه سازی امکان سنجی اجرای این مدل در خلیج چابهار با استفاده از نرم افزار MIKE 21 پرداخته شده است. پس از ارزیابی زمان تجدید پذیری و بررسی عوامل تاثیر گذار بر تجدید پذیری این مدل تحت ۱۳ سناریو مورد ارزیابی و مدلسازی قرار گرفته است و نتایج و تفسیر خروجی های مدلسازی در فصل چهارم ارائه گردیده است. در این فصل با توجه به مدلسازی ۱۳ سناریو در فصل چهارم، به جمع بندی نهایی پرداخته شده است.

۵-۲- نتیجه گیری

تحت سناریوهای مطرح شده در فصل چهارم در ادامه نتایج ارائه شده است.

❖ نتایج تجدید پذیری حاصل از رابطه RAM و نرم افزار MIKE و مقادیر مختلف ضریب

پراکندگی حاکی از آن است که در ضریب پراکندگی $5 \text{ m}^2/\text{s}$ ، زمان تجدید پذیری حاصل از

نرم افزار و رابطه RAM باهم برابر هستند و این مقدار ضریب پراکندگی در نرم افزار برای

مدلسازی قابل استفاده است و برای خلیج چابهار از این عدد برای شبیه سازی تجدید پذیری

استفاده شده است.

❖ تحت برآورد زمان تجدید پذیری در همه ی ماه های سال، کمترین زمان تجدید پذیری پس از

گذشت ۶ روز انجام می شود و بیشترین زمان تجدید پذیری پس از گذشت ۱۹ روز انجام می

شود.

❖ تحت بررسی تغییرات غلظت در نقاط مختلف خلیج، در قسمت شمال شرقی خلیج نسبت به

نقاط دیگر، غلظت دیرتر به ۳۷ درصد غلظت اولیه خود می رسد. آلودگی در نهایت از قسمت

شمالی خارج می شود.

❖ تحت بررسی و مقایسه اثر موج، باد و جزرومد بر زمان تجدید پذیری، پدیده جزرومد در خلیج چابهار نسبت به سایر پدیده ها بر تجدید پذیری آب در خلیج چابهار حاکم است. در حالی که موج تاثیر بسیار ناچیزی در تجدید پذیری آب در خلیج چابهار دارد.

❖ تحت بررسی زمان تجدید پذیری در خلیج چابهار در مونسون تابستانه و زمستانه، کمترین زمان تجدید پذیری در مونسون تابستانه مربوط ماه تیر است که اوج مونسون تابستانه است و بیشترین زمان تجدید پذیری مربوط به ماه فروردین است که مونسون فروکش می کند. همچنین کمترین زمان تجدید پذیری در مونسون زمستانه مربوط به ماه اسفند است.

❖ تحت بررسی اثر پارامترهای ورودی موج، باد و جزرومد بر زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار در حالتی که کمترین تراز آب را داریم به عبارت دیگر پدیده جزر در خلیج حاکم می شود، مقدار زیادی از آب خلیج تخلیه می شود و آلودگی در این حالت از خلیج خارج می شود و زمان تجدید پذیری به شدت کاهش می یابد. به طوری که به نصف مقدار اولیه خود می رسد.

❖ تحت بررسی اثر سازه های منقطع بر زمان تجدید پذیری آب در خلیج چابهار، در زمان تجدید پذیری به ۱۹ روز می رسد و ۱۳ روز افزایش پیدا می کند.

۵-۳- پیشنهادات

تحقیقات در حیطه مهندسی سواحل دامنه کار بسیار زیادی دارد و در زمینه بررسی گردش آب و برآورد زمان تجدید پذیری در خلیج ها، خورها و محیط های بندری می توان مطالعات و تحقیقات و نوآوری های زیادی داشت.

✓ در ادامه کار حاضر پیشنهاداتی ارائه می گردد:

از آنجایی که مقدار کاملاً دقیقی از ضریب پراکندگی در خلیج چابهار به منظور بررسی هرچه دقیق تر فرآیند تجدید پذیری و گردش آب در دسترس نمی باشد به همین منظور پیشنهاد ۱ ارائه خواهد شد:

۱. برآورد ضریب پراکندگی از طریق مطالعات میدانی به منظور بررسی تجدید پذیری

آب در خلیج چابهار.

با توجه به موقعیت ممتاز خلیج چابهار و اهمیت بالایی که این خلیج در زمینه اقتصادی، فرهنگی، حمل و نقل و کشتیرانی و محیط زیستی دارد، طرح های توسعه بسیاری در این خلیج همه ساله انجام می شود. به همین منظور پیشنهاد ۲ برای خلیج چابهار ارائه خواهد شد:

۲. بررسی تجدید پذیری و گردش آب در خلیج چابهار با در نظر گرفتن طرح توسعه

خلیج چابهار.

از آنجایی که در خلیج چابهار آلاینده هایی همچون نفتی، صنعتی و کشتیرانی وجود دارد، بررسی پخش این آلاینده ها در خلیج چابهار امری تاثیر گذار در شناخت فرآیند تجدید پذیری آب در خلیج چابهار می باشد به همین منظور پیشنهاد ۳ ارائه خواهد شد:

۳. بررسی ورود منابع آلاینده به صورت نقطه ای در نقاط مختلف خلیج و بررسی پخش

و انتقال آنها در خلیج چابهار

مراجع فارسی

- [۱]. جندقی علایی م، کلاهدوزان م، نظرعلی م، (۱۳۸۷)، "مدلسازی هیدرودینامیک و انتقال رسوب محدوده ای از بندر امام خمینی (ره)"، هشتمین همایش بیت المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران.
- [۲]. کریم خوانی ا، (۱۳۸۴)، "معرفی ویژگی های زمین شناسی دریایی منطقه چابهار"، ششمین همایش علوم و فنون دریایی.
- [۴]. اعرابی م، بنی هاشمی، بنی حبیب، (۱۳۷۹)، "بررسی نرخ انتقال رسوب بر جابجایی مصب رودخانه های استان گیلان"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه تهران، تهران.
- [۱۱]. وفایی ب، چگینی و، سقایی ع، عظام م، (۱۳۹۲)، "دسته بندی توده های آب در خلیج چابهار با استفاده از روش خوشه بندی"، نشریه علمی پژوهشی اقیانوس شناسی، ۴(۱۳)، ۱۱-۱۹.
- [۲۱]. صدری نسب م، (۱۳۸۹)، "مدل سازی عددی سه بعدی گردش آب در تنگه هرمز"، نشریه علمی-پژوهشی اقیانوس شناسی، ۱(۱)، ۱۹-۲۴.
- [۲۲]. حسینی ط، فرجامی ح، محمودی م، (۱۳۹۰)، "عملکرد مدل کوهیرنس در مدلسازی پخش آلودگی در یک خلیج کم عمق تحت تاثیر کشند(خلیج بوشهر)"، مجله ی فیزیک زمین و فضا، دوره ۷، شماره ۳، ۱۷۳-۱۸۹.
- [۲۳]. بابک ش، کتابداری م، (۱۳۹۱)، "ارزیابی زمان تجدید پذیری آب، بر اساس پخش آلودگی فرضی در خلیج چابهار با استفاده از مدل سازی سه بعدی"، نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران، سازمان بنادر و دریانوردی.
- [۲۷]. چگینی و، سنجانی م، (۱۳۸۷)، "بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای فیزیکی (دما، شوری و چگالی) آب خلیج چابهار"، هشتمین همایش بیت المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران.

[۲۸]. سجادیانفرد ف.(۱۳۹۳)، پایان نامه کارشناسی ارشد، "ارزیابی و تاثیر احداث دیواره های منقطع در دهانه خلیج ها و خورها بر فرآیندهای هیدرودینامیکی، زیست محیطی و افزایش کاربری دریایی/بندری آنها؛ مطالعه امکان سنجی و طراحی موردی: خلیج چابهار"، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود.

مراجع انگلیسی

- [3]. Dean R.G & Dalrymple R.A. (2004), "Coastal processes with engineering applications", Cambridge.
- [5]. Van der ven, M. (2014). *Rapid assessment of Flushing Of coastal embayments with application to Doha bay*, MSC Thesis, Delft University of Technology.
- [6]. Fischer. H.B, List. E.J. Koh R.C.Y, Imberger, J. And Brooks, N.H. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Academic Press, New York, **1**, 243-280.
- [7]. Zimmerman, J.T.F (1986). *The Tidal Whirlpool: A Review of Horizontal Dispersion by Tidal and Residual Currents*. Netherlands Journal of Sea Research, **20**, 133-154.
- [8]. James E. Lisa V. (2002), "A comment on the use of flushing time, residence time, and age as transport time scales ", *Limnol. Oceanogr.* **47**(5, 1545–1553), by the American Society of Limnology and Oceanography, Inc.
- [9]. Takeoka H. (1984). *Fundamental Concepts of Exchange and Transport Time Scales in a Coastal Sea*. Continental Shelf Research, **3**(3), 311-326.
- [10]. Zhen-Gang JI (2008). *Hydrodynamics and Water Quality: Modelling Rivers, Lakes, and Estuaries*. John Wiley & Sons, New York, 13-62; 567-633.
- [12]. Elwell F. (2004), "Flushing of Embayments", Phd Thesis University of Cambridge.
- [13]. ROBERTS, P.J.W. AND WEBSTER, D.R. (2002). *Turbulent Diffusion*. In *Environmental Fluid Mechanics: Theories and Applications*, Shen, H.H., Cheng, A.H.D., Wang, K.-H., Teng, M.H. and Liu, C.C.K. (eds.).

- [14]. Williams B.L. (1986), " *Flushing times Calculations for the upper Waitmata Harbour, New Zealand*", New Zealand Journal of Marin and Freshwater Research,**20:3**, **455-465**.
- [15].Georgenese H. Feary D. (2012)," *Examination of residence time and its relevance to water quality within a coastal mega-structure: The Palm Jumerirah Lagoon*", Journal of hydrology,**468-469(2012)111-119**.
- [16]. Honghai L. Mitchell E, (2010)," *Concepts and Applications of Water Transport TIME Scales for Coastal Inlet Systems*", US Army Corps of Engineers, CHETN-**IV-77**.
- [17]. Abdelrhman M. (2005), " *Simplified modeling of flushing and residence times in 42 embayments in New England, USA, with special attention to Greenwich Bay , Rhod Island*", Estuarine, Coastal and shelf Sciense, **62(339-351)**.
- [18]. Andrew M. Andre S, (2008)." *Coastal Engineering Manual, Coastal Hydrodynamic*", CEM, **V, 1110-2-1100**.
- [19]. Choi K.W. Lee J.H.W.(2004), " *Numerical determination of flushing time for stratifaid water bodies*", Journal of Marine Systems, **50(263-281)**.
- [20]. Lebleb,A. and Tolba, E. (2015), *flushing study for artificial island, international conference on water resources*, COASTAL AND OCEAN, **4(2015), 1086-1093**
- [24].Rupali S.(2012), " *Residence time of pollutants discharged in the Gulf of Kachchh, northwestern Arabian Sea*",Mar. Pollut. Bull, **64(1659-1666)**.
- [25]. Lam N. Stive M.(2008)," *Seasonal behavior of tidal inlets in a tropical monsoon area*", Copedec **VII ,170**.
- [26].Chabaharport.pmo.ir/fa/safety/zist/pishgeri.
- [29].DHI. (2012), " MIKE 21, Spectral Wave Module".
- [30].DHI. (2012), " MIKE 21, Flow Module FM, Hydrodynamic and Transport Module".

Abstract

In this study as a case study to check the status of renewable water circulation in the Gulf has been **Chabahar** And using software MIKE 21 numerical methods and renewable Bay pollution concentration changes under different scenarios and the impact of the phenomenon of wave, wind and tidal currents have been investigated.

The analysis carried out, the results indicate that using RAM coefficient of dispersion 5 (m^2/s) and is used in numerical modeling of the relationship between RAM and renewable period of time reproducibility numerical models are very close together and this shows that the relationship is a lot like RAM in **Chabahar** Bay to Bay Doha, logical and gives the right answer. Results from renewable estimated time all months of the year, indicating that the direction of the current flowing into the sea from the south-east of the mouth of the Gulf is the lowest since the reproducibility of the months of April, July, October and March, and After 6 days under the influence of wave, wind and tidal bay water is renewed. While in the months of November, December and January of transmission of infection can be done slowly so the renewable reaches 19 days. Summer monsoon is the most time-renewable in 19 days and the longest winter monsoon renewable nine days. Examining the phenomenon of each wave, wind and tidal tide has been observed that the phenomenon of Chabahar Bay is renewable controller process while a negligible impact on the wave phenomenon is renewable **Chabahar** Bay. and the maximum amount of pollution in the Gulf state of exits.

Keywords: renewable Bay, Gulf of Chabahar, MIKE 21, RAM, pollution, scattering coefficient.



Faculty of Civil Engineering
M.Sc. Thesis in Environmental Engineering

**Estimated time of discharge and refining coastal bays and estuaries
approach based on "rapid assessment": Case Study of Chabahar Bay**

By: Seyedeh Negar Hosseini

Supervisors:
Doctor M. Ajami

Advisor:
Mr. Ardalan Hamed

January 1395