





دانشکده مهندسی عمران

گروه مهندسی آب و محیط زیست

بررسی تاثیر افزایش نسبی سطح آب دریاها بر عملکرد هیدرودینامیکی و
مورفولوژیکی خورها (مطالعه موردی؛ خور موسی)

امیر جباری خامنه

اساتید راهنما:

دکتر مهدی عجمی

استاد مشاور:

مهندس مصطفی نظر علی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

خرداد ماه ۱۳۹۵

یارب دل مارا توبہ رحمت جان دہ

درد ہمہ را بہ صابری دمان دہ

این بندہ چه داند کہ چه می باید جست

دانندہ تو بی حرا آنچه دانی آن دہ

شہریار

باعشق و پاس بسیار

تقدیم بہ

پدر و مادر

عزیز و دوست داشتنی ام

شکر خداوند متعال را به جای آورده که توفیق نصیب من نمود تا این پایان نامه را به سرانجام رساندم. در اینجا لازم می دانم از تمام عزیزانی و دوستانی که با مساعدت های بی دریغ خود در پیشبرد اهداف این پایان نامه مؤثر بوده اند، کمال تشکر و قدردانی را به جای آورم.

از زحمات استاد راهنمای بنده، **جناب آقای دکتر مهدی عجمی**، که راهنمایی ها و مساعدت های فکری ایشان راهگشای بسیاری از مشکلات موجود در پایان نامه بود، سپاس و قدردانی فراوان داشته و از ایزد منان برای ایشان آرزوی توفیق و سلامتی می طلبم.

همچنین از مساعدت و راهنمایی های بی دریغ استاد مشاور گرامی، **جناب آقای مهندس احمد رضایی**، کارشناس ارشد مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، شرکت مهندسی مشاور هندسه پارس به جهت راهنمایی های بسیار سودمند و در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز و کمک در تکمیل فرآیند مدلسازی و تکمیل فرایند تحقیق، کمال سپاسگزاری را دارم.

با تشکر و سپاس فراوان از اساتید و مهندسیین گرامی

تعهد نامه

اینجناب امیر جباری خامنه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - سازه های دریایی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی تاثیر افزایش نسبی سطح آب دریاها بر عملکرد هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورها (مطالعه موردی؛ خور موسی) تحت راهنمایی دکتر مهدی عجمی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجناب 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

خورها یا همان شاخابه های جزر و مدی به واسطه پیشرفت آب دریا از جمله جزر و مد، موج و حتی رودخانه ها با نفوذ به سمت ساحل شکل گرفته اند که نواحی ساحلی جدیدی را به وجود می آورند. این مناطق به دلیل شرایط محافظت شده در مقایسه با دریاها و آب های آزاد، نواحی مناسبی برای شکل گیری مناطق تجاری بندری، توریستی و ... می باشد؛ از این روی خورها را می توان در زمره مناطق مهم و استراتژیک به شمار آورد. در قرن اخیر به دلیل افزایش گازهای گلخانه ای و در نتیجه بالا رفتن دمای کره زمین باعث شده تا یخچال های قطبی کم کم ذوب شوند که می تواند طبعاتی در پی داشته باشد. در این پژوهش به صورت مطالعه موردی به بررسی وضعیت خورموسی در منتهی الیه شمال غرب خلیج فارس پرداخته شده است. در ابتدا وضعیت ساختاری و مورفولوژیکی این خور مشخص شده و در ادامه وضعیت هیدرودینامیکی و پایداری دهانه خورموسی شناخته شده است. در ادامه به کمک نرم افزار روش های عددی مایک ۲۱ تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورموسی تحت تاثیر سه سناریو در حالت های No RSLR، RSLR 20cm و RSLR 70cm بررسی شده است.

با تحلیل و بررسی های انجام گرفته اجزای سازنده مورفولوژیکی خورموسی مشخص شده و به لحاظ هیدرودینامیکی ثابت شد که خورموسی زیر مجموعه ی خور هایی است که دارای جریان جزر و مد حاکم، انرژی امواج کم و دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا می باشد. همچنین به لحاظ بررسی پایداری هیدرودینامیکی خورموسی در دو روش Bruun و نرم افزار CEA یک خور کاملاً پایدار مشاهده شد. در بحث مطالعه عددی به کمک نرم افزار مایک ۲۱ الگوی جریان و رسوب گذاری تعیین گردید و مشخص شد که افزایش تراز آب دریاها در الگوی تراز جزر و مدی منطقه تغییر محسوسی ایجاد نکرده ولی سرعت جریان با افزایش تراز آب بیشتر می شود همچنین مقادیر رسوب معلق نیز با افزایش سطح آب دریاها افزایش می یابد.

کلیدواژه: هیدرودینامیک خورها، مورفولوژی خورها، پایداری دهانه خورها، خورموسی، مایک ۲۱،

افزایش نسبی سطح آب دریاها (RSLR)

مقالات برگرفته از پایان نامه و چاپ شده در مراجع معتبر:

1. Jabari, A., Adjami, M. (2016), " On The Relative Sea Level Rise Effects on Hydrodynamic Processes and Morphology Evolution of Tidal Inlets (Case Study: Khowr E Musa) ". *The 35th International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2016), Istanbul, TURKEY.*

2. Jabari, A., Adjami, M. (2015), "Stability Investigation and Hydrodynamic Classification, of Tidal Inlets". *3rd International Congress on Civil Engineering, Architecture & Urban Development, Shahid Beheshti University, Iran 2015.*

۳. جباری خامنه ا.، عجمی م.، رضایی ا.، (۱۳۹۵)، " پایداری و عملکرد هیدرودینامیکی شاخه های جزر و مدی (مطالعه موردی؛ خورموسی)"، *مجله علمی - ترویجی علوم و فناوری دریا* (ارسال شده - در مرحله داوری).

۴. جباری خامنه ا.، عجمی م.، همتی ل.، (۱۳۹۴)، " مقایسه روش های نیمه تجربی برای بررسی اقلیم امواج ناشی از باد (مطالعه موردی؛ بندر انزلی)"، *چهاردهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، زاهدان، ایران.*

فهرست مطالب

س	فهرست شکل ها	.....
ظ	فهرست جدول ها	.....
ع	فهرست علامت های اختصاری	.....

فصل اول (کلیات و تعاریف)

۲	۱-۱ مقدمه	.....
۳	۲-۱ تعاریف	.....
۳	۱-۲-۱ مورفولوژی سواحل	.....
۴	۲-۲-۱ هیدرودینامیک سواحل	.....
۴	۳-۲-۱ تغییرات تراز آب دریا	.....
۴	۱-۳-۲-۱ جزر و مد نجومی	.....
۵	۲-۳-۲-۱. اثرات آب و هوایی (افزایش نسبی سطح آب دریاها)	.....
۶	۳-۱ سوالات پژوهش	.....
۸	۴-۱ ضرورت بررسی موضوع	.....
۸	۵-۱ اهداف و روش های تحقیق	.....
۹	۶-۱ ساختار پایان نامه و روند بررسی و تحلیل موضوع	.....

فصل دوم (هیدرودینامیک و مورفولوژی خورها)

۱۲	۱-۲ پیشگفتار	.....
۱۲	۲-۲ مقدمه	.....
۱۳	۳-۲ ریخت شناسی خورها	.....

- ۱۳-۳-۲ اجزای مورفولوژیکی سازنده خورها ۱۳
- ۱۶-۳-۲ روابط پایه تجربی مورفولوژیکی حاکم در خورها ۱۶
- ۲۰-۴-۲ طبقه بندی هیدرودینامیکی و پایداری خورها ۲۰
- ۲۰-۴-۲-۱ طبقه بندی هیدرودینامیکی خورها ۲۰
- ۲۰-۴-۲-۱-۱ روش تحلیلی ۲۰
- ۲۳-۴-۲-۱ روش آماری ۲۳
- ۲۴-۴-۲ طبقه بندی بر اساس پایداری دهانه خورهای جزر و مدی ۲۴
- ۲۶-۵-۲ افزایش نسبی سطح آب دریاها ۲۶

فصل سوم (منطقه مطالعاتی؛ خورموسی)

- ۳۰-۱-۳ موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی (خورموسی) ۳۰
- ۳۱-۲-۳ شرایط زمین شناسی ۳۱
- ۳۱-۳-۳ اندازه گیری های دریایی ۳۱
- ۳۳-۴-۳ ریخت شناسی خورموسی ۳۳
- ۳۵-۴-۳-۱ روابط پایه تجربی مورفولوژیکی ۳۵
- ۳۷-۵-۳ طبقه بندی هیدرودینامیکی و پایداری خورموسی ۳۷
- ۳۷-۵-۳-۱ طبقه بندی هیدرودینامیکی ۳۷
- ۳۸-۵-۳-۲ بررسی پایداری ۳۸
- ۴۱-۶-۳ جمع بندی ۴۱

فصل چهارم (مدلسازی و تحلیل نتایج)

- ۴۴-۱-۴ پیشگفتار ۴۴

۴۴	..... Mike21	۲-۴ معرفی نرم افزار روش های عددی
۴۷	..... Flow Model FM	۱-۲-۴ معرفی ماژول
۴۷	..... (HD)	۱-۱-۲-۴ ماژول هیدرودینامیک
۴۸	.....	۳-۴ مدلسازی نرم افزار
۴۸	.....	۴-۴ داده های ورودی
۴۹	.....	۱-۴-۴ مدل بزرگ مقیاس
۴۹	.....	۱-۱-۴-۴ داده های مدلسازی مدل بزرگ مقیاس
۵۳	.....	۲-۱-۴-۴ کالیبراسیون و اجرای نهایی مدل بزرگ مقیاس
۵۷	.....	۲-۴-۴ مدل محلی
۵۷	.....	۱-۲-۴-۴ داده های مدلسازی مدل محلی
۶۰	.....	۲-۲-۴-۴ حساسیت سنجی و کالیبراسیون مدل محلی
۶۳	.....	۳-۲-۴-۴ سناریوهای اجرای مدل محلی خورموسی
۶۳	.....	۵-۴ تحلیل و بررسی نتایج مدلسازی
۶۳	..... (Hydrodynamic Module)	۱-۵-۴ تحلیل نتایج ماژول هیدرودینامیک
۶۵	.....	۱-۱-۵-۴ تغییرات ترازوی الگوی جریان جزر و مد در ایستگاه ها مطابق سناریوها
۶۷	.....	۲-۱-۵-۴ تغییرات الگوی سرعت جریان جزر و مد در ایستگاه ها مطابق سناریوها
۷۰	.....	۳-۱-۵-۴ بررسی وضعیت خورموسی به لحاظ حاکمیت جریان مد یا جزر(تقارن در جزر و مد)
۷۲	.....	۴-۱-۵-۴ بررسی الگوی جریان جزر و مد به لحاظ روزانه یا نیم روزانه بودن در خورموسی
۷۳	.....	۵-۱-۵-۴ بررسی سطحی الگوی جریان جزر و مدی در خورموسی
۸۴	.....	۵-۱-۵-۴ مقایسه تغییرات پشته های شکل گرفته در دلتای جزر مطابق سه سناریو
۸۶	..... (Mud Transport Module)	۲-۵-۴ تحلیل نتایج ماژول رسوب چسبنده
۸۹	..... Particle Tracking	۱-۲-۵-۴ تایید قابلیت انتقال رسوب مدل جریان توسط ماژول

- ۹۱ ۲-۲-۵-۴ کالیبراسیون کیفی مدل رسوب
- ۹۱ ۳-۲-۵-۴ مقایسه کیفی سه سناریو به صورت تصویری
- ۹۳ ۴-۲-۵-۴ مقایسه کیفی تصویری بین الگوی سرعت جریان و SSC در وضعیت موجود
- ۹۴ ۵-۲-۵-۴ مقایسه تغییرات SSC با تغییر سناریو در ایستگاه ها
- ۹۷ ۶-۲-۵-۴ مقایسه کیفی بین تغییرات سرعت جریان و تنش برشی در ایستگاه ها
- ۹۹ ۶-۴ جمع بندی

فصل پنجم (نتیجه گیری)

- ۱۰۲ ۱-۵ پیشگفتار
- ۱۰۲ ۲-۵ نتیجه گیری
- ۱۰۳ ۳-۵ پیشنهادات

منابع و مراجع

- ۱۰۶ مراجع فارسی
- ۱۰۷ مراجع انگلیسی

فهرست شکل ها

فصل اول (کلیات و تعاریف)

- شکل ۱-۱ سیکل جزر و مد نیم روزانه در یک ماه ۵
- شکل ۲-۱ پیش بینی افزایش نسبی سطح آب دریاها از سال ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ ۶

فصل دوم (هیدرودینامیک و مورفولوژی خورها)

- شکل ۱-۲ نمایش شماتیک ساختار ریخت شناسی تشکیل دهنده خورها ۱۴
- شکل ۲-۲ نمایش شماتیک حجم کانال جزر و مدی ۱۶
- شکل ۳-۲ نمایش شماتیک منشور جزر و مدی و مساحت حوضه جزر و مدی ۱۷
- شکل ۴-۲ نمایش شماتیک حجم و مساحت سطوح جزر و مدی ۱۸
- شکل ۵-۲ نمایش شماتیک پروفیل عرضی دلتای جزر ۱۹
- شکل ۶-۲ نمایش شماتیک خورهای امواج حاکم (دامنه جزر و مد ضعیف) ۲۱
- شکل ۷-۲ نمایش شماتیک خورهای تحت تاثیر همزمان امواج و جریان جزر و مد ۲۲
- شکل ۸-۲ نمایش شماتیک سواحل جزر و مد حاکم (دامنه جزر و مدی بالا یا متوسط بالا) ۲۳
- شکل ۹-۲ طبقه بندی هیدرودینامیکی خورها ۲۴
- شکل ۱۰-۲ پیش بینی افزایش نسبی سطح آب دریاها IPCC ۲۷

فصل سوم (منطقه مطالعاتی؛ خورموسی)

- شکل ۱-۳ موقعیت قرار گیری خورموسی در خلیج فارس ۳۰
- شکل ۲-۳ گلموج منطقه خورموسی ۳۲
- شکل ۳-۳ اجزای سازنده خورموسی Google Earth ۳۴
- شکل ۴-۳ مقطع عرضی ورودی کانال خورموسی نرم افزار Civil3D ۳۴

شکل ۳-۵ نمودار پایداری خورموسی خروجی از نرم افزار CEA ۳۹

شکل ۳-۶ سرعت حداکثر بدست آمده با مدلسازی خورموسی در نرم افزار Mike21 ۴۱

فصل چهارم (مدلسازی و تحلیل نتایج)

شکل ۴-۱ محدوده مدل بزرگ مقیاس ۴۹

شکل ۴-۲ داده های هیدروگرافی مدل بزرگ مقیاس ۵۰

شکل ۴-۳ مش بندی مثلثی مدل بزرگ مقیاس ۵۰

شکل ۴-۴ هیدروگرافی نهایی برای مدلسازی ۵۰

شکل ۴-۵ مرز های مدل بزرگ مقیاس ۵۱

شکل ۴-۶ محل ایستگاه های جزر و مدی ۵۲

شکل ۴-۷ مقایسه داده های مشاهداتی و مدلسازی در ماه می سال ۲۰۰۰، الف. بندر جاسک ۵۴

شکل ۴-۷ مقایسه داده های مشاهداتی و مدلسازی در ماه می سال ۲۰۰۰، ب. بندر شهید رجایی .. ۵۵

شکل ۴-۷ مقایسه داده های مشاهداتی و مدلسازی در ماه می سال ۲۰۰۰، پ. بندر بوشهر ۵۶

شکل ۴-۷ مقایسه داده های مشاهداتی و مدلسازی در ماه می سال ۲۰۰۰، ت. خورموسی ۵۶

شکل ۴-۸ محدوده مدل محلی خورموسی جهت مدلسازی ۵۷

شکل ۴-۹ داده های هیدروگرافی مدل محلی خورموسی ۵۸

شکل ۴-۱۰ مش بندی مثلثی مدل محلی خورموسی ۵۸

شکل ۴-۱۱ هیدروگرافی نهایی برای مدلسازی ۵۸

شکل ۴-۱۲ مرز های مدل محلی ۵۹

شکل ۴-۱۳ مدل ناپایدار در خورموسی ۶۱

شکل ۴-۱۴ نمونه مدل ناپایدار در مرز منحنی با تغییرات در پارامترهای مقاومت بستر و لزجت گردابه

ای ۶۲

- شکل ۴-۱۵ مقایسه داده های اندازه گیری و مدلسازی در مدل محلی خورموسی ۶۲
- شکل ۴-۱۶ نمایش ایستگاه های مورد بررسی در مدل محلی خورموسی ۶۴
- شکل ۴-۱۷ مقایسه تغییرات ترازى الگوی جزر و مد خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی ۶۵
- شکل ۴-۱۷ مقایسه تغییرات ترازى الگوی جزر و مد خورموسی در ۴ ایستگاه، ب) بندر امام ۶۵
- شکل ۴-۱۷ مقایسه تغییرات ترازى الگوی جزر و مد خورموسی در ۴ ایستگاه، ج) S.C₁ ۶۶
- شکل ۴-۱۷ مقایسه تغییرات ترازى الگوی جزر و مد خورموسی در ۴ ایستگاه، د) S.C₂ ۶۶
- شکل ۴-۱۸ مقایسه تغییرات سرعت جریان خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی ۶۷
- شکل ۴-۱۸ مقایسه تغییرات سرعت جریان خورموسی در ۴ ایستگاه، ب) بندر امام ۶۸
- شکل ۴-۱۸ مقایسه تغییرات سرعت جریان خورموسی در ۴ ایستگاه، ج) S.C₁ ۶۸
- شکل ۴-۱۸ مقایسه تغییرات سرعت جریان خورموسی در ۴ ایستگاه، د) S.C₂ ۶۹
- شکل ۴-۱۹ الف و ب، الگوی سرعت جریان جزر و مد در ایستگاه خورموسی برای تشخیص حاکمیت
جریان جزر یا مد ۷۱
- شکل ۴-۲۰ الگوی جریان به لحاظ روزانه یا نیم روزانه ۷۲
- شکل ۴-۲۱ الگوی تغییرات تراز جریان مد جزر و مدی در خورموسی ۷۳
- شکل ۴-۲۲ جریان مد، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی ۷۴
- شکل ۴-۲۲ جریان مد، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی ۷۴
- شکل ۴-۲۲ جریان مد، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی ۷۶
- شکل ۴-۲۲ جریان مد، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی ۷۷
- شکل ۴-۲۲ جریان مد، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی ۷۷
- شکل ۴-۲۲ جریان مد، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی (ره) ۷۸
- شکل ۴-۲۳ الگوی تغییرات تراز جزر جریان جزر و مدی در خورموسی ۷۹
- شکل ۴-۲۴ جریان جزر، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی ۷۹

- شکل ۴-۲۴ جریان جزر، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی ۸۰
- شکل ۴-۲۴ جریان جزر، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی ۸۱
- شکل ۴-۲۴ جریان جزر، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی ۸۱
- شکل ۴-۲۴ جریان جزر، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی ۸۲
- شکل ۴-۲۴ جریان جزر، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی(ره) ۸۳
- شکل ۴-۲۵ نمایش کدگذاری پشته های جزر در خورموسی ۸۴
- شکل ۴-۲۶ تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه (الف) ترکیب باند طبیعی (باند ۴: قرمز، باند ۳: سبز، باند ۲: آبی) (ب) ترکیب باند جهت مطالعه رسوبات معلق (باند ۷: قرمز، باند ۶: سبز، باند ۴: آبی) ۸۷
- شکل ۴-۲۷ بررسی غلظت رسوبات معلق -SSC (رنگ آبی) ۸۸
- شکل ۴-۲۸ محل قرارگیری منبع رسوبی ۸۹
- شکل ۴-۲۹ الگوی پخش ذرات در خورموسی ۹۰
- شکل ۴-۳۰ مسیر حرکت ذرات رسوبی در خورموسی ۹۰
- شکل ۴-۳۱ تغییرات SSC خروجی از نرم افزار برای کالیبراسیون ۹۱
- شکل ۴-۳۲ تغییرات SSC در سه سناریو، الف) No RSLR، ب) RSLR20cm، ج) RSLR70cm .. ۹۲
- شکل ۴-۳۳ مقایسه الگوی SSC و سرعت جریان در وضعیت موجود، الف) SSC ۹۳
- شکل ۴-۳۳ مقایسه الگوی SSC و سرعت جریان در وضعیت موجود، ب) سرعت جریان ۹۴
- شکل ۴-۳۴ مقایسه تغییرات SSC خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی ۹۵
- شکل ۴-۳۴ مقایسه تغییرات SSC خورموسی در ۴ ایستگاه، ب) بندر امام خمینی ۹۵
- شکل ۴-۳۴ مقایسه تغییرات SSC خورموسی در ۴ ایستگاه، ج) S.C₁ ۹۶
- شکل ۴-۳۴ مقایسه تغییرات SSC خورموسی در ۴ ایستگاه، د) S.C₂ ۹۶
- شکل ۴-۳۵ مقایسه تغییرات تنش برشی و سرعت جریان در خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی ۹۷
- شکل ۴-۳۵ مقایسه تغییرات تنش برشی و سرعت جریان در خورموسی در ۴ ایستگاه، ب) بندر امام خمینی ۹۷

شکل ۴-۳۵ مقایسه تغییرات تنش برشی و سرعت جریان در خورموسی در ۴ ایستگاه، ج) S.C₁ ۹۸

شکل ۴-۳۵ مقایسه تغییرات تنش برشی و سرعت جریان در خورموسی در ۴ ایستگاه، د) S.C₂ ۹۸

فهرست جدول ها

فصل دوم (هیدرودینامیک و مورفولوژی خورها)

- جدول ۱-۲ شناخت خور ها در قیاس کلی بین دریاها، خور ها و رودخانه ها ۱۳
- جدول ۲-۲ تقسیم بندی خور ها بر اساس میانگین دامنه جزر و مدی ۲۳
- جدول ۳-۲ تقسیم بندی خور ها بر اساس ارتفاع موج مشخصه (Hs) ۲۴
- جدول ۴-۲ طبقه بندی خور ها بر اساس پارامتر پایداری ۲۵

فصل سوم (منطقه مطالعاتی؛ خورموسی)

- جدول ۱-۳ تراز های جزر و مدی ایستگاه خورموسی ۳۳
- جدول ۲-۳ پارامتر های ورودی نرم افزار CEA ۳۸

فصل چهارم (مدلسازی و تحلیل نتایج)

- جدول ۱-۴ معرفی ویژگی مرزها ۵۱
- جدول ۲-۴ مختصات جغرافیایی ایستگاه های جزر و مدی ۵۲
- جدول ۳-۴ مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل بزرگ مقیاس ۵۳
- جدول ۴-۴ معرفی ویژگی مرزها مدل محلی ۵۹
- جدول ۵-۴ حساسیت سنجی مش ها ۶۰
- جدول ۶-۴ سناریو های اجرای مدلسازی ۶۳
- جدول ۷-۴ مشخصات ایستگاه های مورد بررسی در مدل محل خورموسی ۶۴
- جدول ۸-۴ مساحت پشته های جزر دلتای جزر در خورموسی ۸۴
- جدول ۹-۴ مساحت پشته های جزر در سناریو های RSLR ۸۵

فهرست علامت های اختصاری

تعریف پارامتر	واحد	پارامتر
حجم کانال جزر و مدی	m^3	V_c
حجم منشور جزر و مدی	m^3	P
پارامتر کالیبراسیون بی بعد، رابطه حجم کانال	-	α_c
پارامتر بی بعد، رابطه حجم کانال	-	β_c
مساحت حوضه جزر و مدی	m^2	A_{basin}
رنج دامنه جزر و مدی	m	$H_{Tidal Range}$
مساحت سطوح جزر و مدی	m^2	A_f
پارامتر کالیبراسیون بی بعد، رابطه مساحت سطوح جزر و مدی	-	β
دامنه جزر و مد	m	a
میانگین عمق کانال در خورها	m	h_c
تراز میانگین سطوح جزر و مدی	m	h_f
ضریب کالیبراسیون برای تراز میانگین سطوح جزر و مدی	m	α_{fe}
مساحت مقطع عرضی کانال	m^2	A_c
ضریب کالیبراسیون رابطه مقطع عرضی کانال جزر و مدی	m	C
حجم دلتای جزر	m^3	$V_{Ebb Delta}$
ضریب ثابت و بی بعد وابسته به شرایط انرژی موج رابطه دلتای جزر	-	α_{WA}
ارتفاع موج مشخصه	m	H_S
عدد پایداری Bruun در خورها	-	r
عمق ناحیه فرورفتگی قبل از پشته (حوضه)	$m^3/year$	M

پارامتر	واحد	تعریف پارامتر
HAT	<i>m</i>	بلندترین ارتفاع جزر و مد نجومی
MHHW	<i>m</i>	میانگین بالاترین بالا‌های تراز آب
MWL	<i>m</i>	میانگین تراز جزر و مد
MLLW	<i>m</i>	میانگین کمترین پایین‌های تراز آب
LAT	<i>m</i>	پایین‌ترین ارتفاع جزر و مد نجومی
L_{Channel}	<i>m</i>	طول کانال
W_{Channel}	<i>m</i>	عرض کانال
M₄	–	مولفه جزر و مد اقیانوسی
1/n	<i>m^{1/3}/Sec</i>	معکوس عدد مانینگ یا ضریب مقاومت بستر
U₁₀	<i>m/sec</i>	سرعت باد در جهت U در ارتفاع ۱۰ متر از سطح آب
V₁₀	<i>m/sec</i>	سرعت باد در جهت V در ارتفاع ۱۰ متر از سطح آب
CC	–	پارامتر آماری ضریب همبستگی
RMSE	–	پارامتر آماری جذر متوسط مربع خطاها
ERROR	–	پارامتر آماری درصد خطای
Q	<i>m³/sec</i>	دبی جریان
V	<i>m/sec</i>	سرعت جریان
SSC	<i>Kg/m³</i>	غلظت رسوبات معلق
τ_{Bed}	<i>N/m²</i>	تنش برشی بستر
T	<i>Sec</i>	دوره تناوب
h	<i>m</i>	عمق آب

تعریف پارامتر	واحد	پارامتر
زمان	Sec	t
مختصات دکارتی در حالت دوبعدی	-	X, Y
ضریب اصطکاک باد	-	f
تغییرات تراز سطح آب	m	ζ
ضریب شزی	$m^{1/2}/sec$	C
فشار هوا	N/Sec	P_a
جرم حجمی آب	Kg/m^3	P_w
سرعت متوسط عمقی در جهت های مختلف	m/Sec	U, V
دانسیته شار در جهت های مختلف	$m^3/m.sec$	p, q

فصل اول

کلیات و تعاریف

۱-۱. مقدمه

علم مهندسی عمران در شاخه مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، مرتبط به تحلیل و طراحی ها در سه زمینه است. تحقیقات فراساحل^۱ که مربوط به تحلیل و طراحی سازه و سکوه های اکتشاف، حفاری و استخراج منابع نفت و گاز و لوله های انتقال این فرآورده ها است؛ تحقیقات بندری که مرتبط با تحلیل و طراحی انواع سازه های ساحلی اعم از انواع موج شکن، اسکله های پهلوگیری، سامانه های تخلیه بار کشتی ها و حوضچه های بندر است؛ همچنین، تحقیقات در حیطه مهندسی سواحل، که به تحلیل و بررسی امواج و نحوه شکل گیری آنها، جریان های طولی و عرضی، جریان های دریایی، جریان های جزر و مدی، انتقال رسوب طولی و عرضی، تغییرات هیدرودینامیکی^۲، تغییرات مورفولوژیکی^۳، نیمرخ های طولی و عرضی^۴ و نیز تغییرات خطوط ساحلی^۵ می پردازد. تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی^۶ در نواحی ساحلی توسط دو عامل بادها و جزر و مد^۷ به وقوع می پیوندند. وزرش باد مستقیماً عامل تولید امواج، جریان ها و تغییرات تراز سطح آب می باشد؛ در حالی که جزر و مد در دوره زمانی متناوب، سطح آب را بالا و پایین برده و جریان های دریایی را تولید می کند.

یکی از اجزای طبیعی ساحلی خورها^۸ (ورودی های جزر و مدی^۹) می باشند. خورها عموماً زیر مجموعه مناطق طبیعی حفاظت شده به شمار می روند. این سیستم های ساحلی باز شو هایی هستند که در اثر نفوذ آب به داخل خط ساحلی ایجاد شده اند. خورها می تواند ارتباط بین اقیانوس ها و پدیده های ساحلی را برقرار نماید. ورودی های جزر و مدی در حدود ۱۲٪ از خطوط ساحلی دنیا را تشکیل می دهند که به مجموعه ورودی و قسمت دریاچه ای تشکیل شده، حوضه جزر و مدی^{۱۰} می گویند.

امروزه بیش از ۹۰ درصد مبادلات تجارت جهانی از طریق دریاها و کشتیرانی صورت می گیرد و نقش و اهمیت بنادر به عنوان حمل و نقل دریایی در پاسخ گویی به این حجم عظیم اعم از کالا و مسافر بیش

⁶ Morphologically

⁷ Tide

⁸ Estuaries

⁹ Tidal Inlets

¹⁰ Tidal Basin

¹ Offshore

² Hydrodynamic

³ Morphologically

⁴ Cross-shore and Long-shore Profiles

⁵ Coastlines

از پیش نمایان می شود. در کشورهای همجوار با دریا، سواحل به عنوان کانون فعالیت های اقتصادی اعم از تجارت، صنعت و حمل و نقل کالا و مسافر، تفریحی، گردشگری و شیلات و پرورش آبزیان محسوب گردیده و در همه حال فرصت های ایده آلی را برای توسعه اقتصادی و سرمایه گذاری های کلان فراهم می سازد. وجود قریب به ۹۹۰۰ کیلومتر طول سواحل کشور ایران سبب شده است تا طی دهه های اخیر سرمایه گذاری های قابل توجهی در جهت ساخت و توسعه سازه ها و تاسیسات ساحلی و دریایی صورت پذیرد و فاصله پیشرفت های قابل توجه علمی و فنی و اجرائی در زمینه طراحی و ساخت بنادر، احداث سازه های ساحلی نظیر موج شکن، اسکله، ابنیه حفاظتی و تجهیزات دریایی و بندری و سایر تاسیسات ساحلی و فراساحلی، به نحوی که متضمن تردد ایمن شناورها باشد، حاصل گردد. از این رو خلیج ها و خورها (ورودی های جزر و مدی) 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 (مجید جندقی علایی و همکاران، ۱۳۸۷).

با توجه به اهمیت شناخت وضعیت خور ها در مواجهه با انتقال رسوب چسبنده و ریزدانه، رسوب گذاری در حوضه جزر و مدی و کانال کشتیرانی، عمر مفید سرویس دهی بنادر موجود در داخل خورها و تغییرات خط ساحلی در محدوده حوضه جزر و مدی می باشد. از این روی شناخت مورفولوژی منطقه مورد مطالعه و عوامل هیدرودینامیکی موثر، اعم از تاثیر جریانات دریایی، امواج، بادها و افزایش نسبی سطح آب دریاها^{۱۱} (گرمای جهانی^{۱۲}) قابل توجه می باشد.

۲-۱. تعاریف

۱-۲-۱. مورفولوژی سواحل

تغییرات مورفولوژی نتیجه مستقیم تغییرات در حمل و نقل رسوبات می باشد چه به لحاظ حجم و چه

¹² Climate Change

¹¹ Relative Sea Level Rise

به لحاظ زمان، هنگامی که انتقال رسوبات کاهش می یابد ارتفاع بستر افزایش یافته و برعکس آن با افزایش انتقال فرسایش رخ می دهد. در نواحی ساحلی تغییرات مورفولوژیکی معمولاً سبب تغییرات موقعیت خط ساحلی می شود که این عامل یا به علت فرسایش یا رسوب گذاری رخ می دهد. این تغییرات در خورها هم مشابه خطوط ساحلی رخ می دهد که عمده این تغییرات در پشته های جزر و مدی^{۱۳} می باشد. این تغییرات ممکن است مثل طوفان های بزرگ یا گرمای جهانی تغییرات دراز مدت داشته باشد و یا طی تغییرات آب و هوایی و جریان های جزر و مدی و امواج در طی سال تغییرات کوتاه مدتی را ایجاد کند.

۱-۲-۲. 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.

۱-۲-۳. تغییرات تراز آب دریا

تغییرات تراز آب دریاها به طور عمده توسط دو عامل افزایش نسبی سطح آب دریاها و جزر و مد نجومی رخ می دهد.

۱-۳-۲-۱. جزر و مد نجومی^{۱۴}

تغییرات پرئودیک 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 پرئودی بین ۱۲ تا ۲۴ ساعت می باشند که جزر و مد با پرئود ۱۲ ساعت را نیم روزانه^{۱۵} و پرئود ۲۴ ساعته را جزر و مد روزانه^{۱۶} می گویند (سورنسن، ۲۰۰۶).

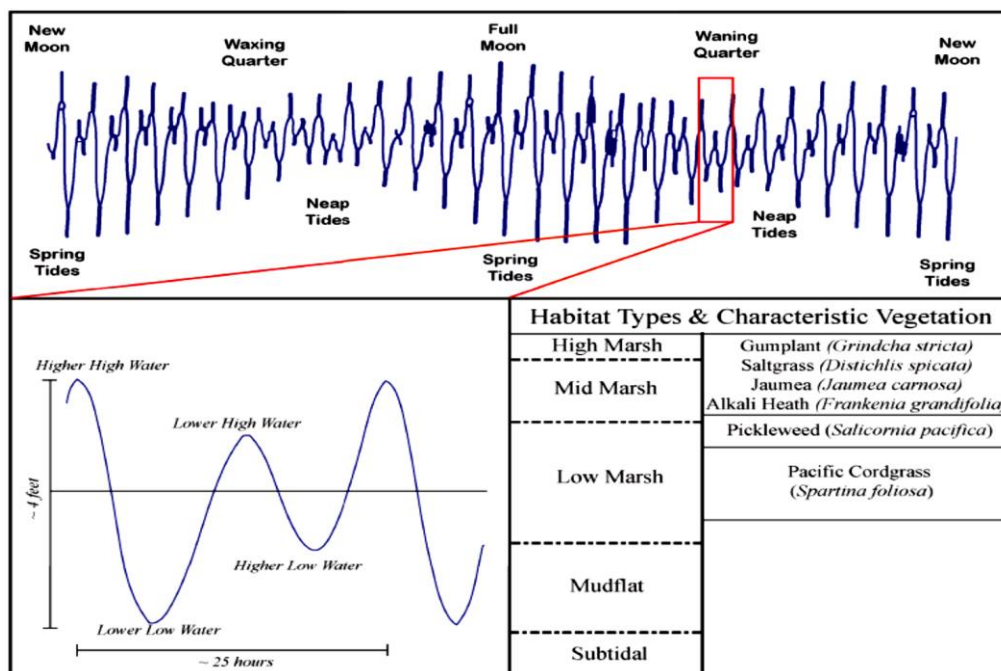
¹⁵ Semi Diurnal

¹⁶ Diurnal

¹³ Tidal Flats

¹⁴ Astronomical Tide

ارتفاع آب و خشکی در مناطق ساحلی نسبت به ماخذ جزر و مدی متنوع در مناطق مختلف جهان و برای اهداف گوناگون تعیین می شوند که به آن ترازهای جزر و مدی می گویند، همچنین مطابق شکل ۱-۱ یک سیکل کامل جزر و مد نیم روزانه و تغییرات جزر و مد در یک ماه قابل مشاهده است (ین شنان و همکاران، ۲۰۱۵)^{۱۷}. از آنجایی که خورها به لحاظ هیدرودینامیکی به طور کلی به سه دسته موج حاکم، ترکیبی و جزر و مد حاکم تقسیم می شوند، لذا جزر و مد در خورها یکی از مهمترین پارامترهای تعیین کننده می باشد، چرا که بیشتر تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی تحت تاثیر این پارامتر انجام می گیرد (مزدک اعرابی و همکاران، ۱۳۷۹).



شکل (۱-۱)، سیکل جزر و مد نیم روزانه در یک ماه (ین شنان و همکاران، ۲۰۱۵)

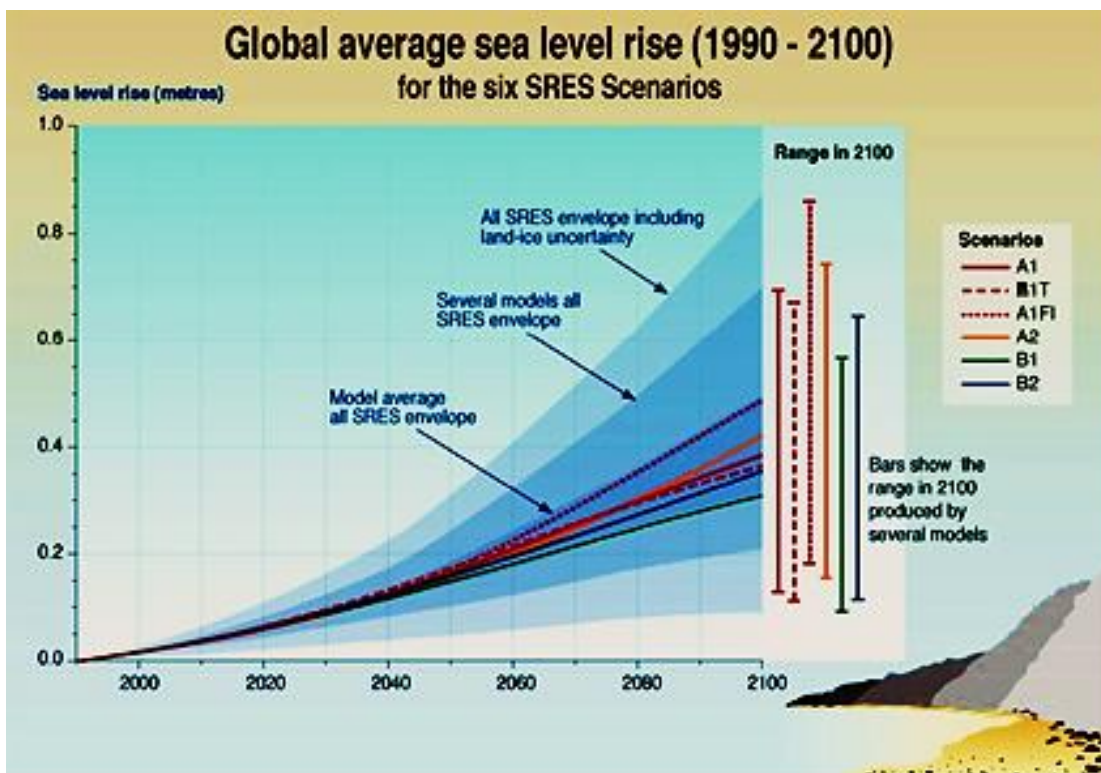
۱-۲-۳-۲. اثرات آب و هوایی (افزایش نسبی سطح آب دریاها)

با توجه به این که در سال های اخیر به واسطه افزایش تولید گازهای گلخانه ای یخ های قطبی شروع

¹⁷ Ian Shennan et al

به ذوب شدن نموده که این عامل به همراه انبساط حرارتی باعث افزایش نسبی سطح آب دریاها شده است. از این رو توجه و تحقیقات مهندسیین سواحل و سازه های دریایی در سال های اخیر به این پدیده معطوف شده است.

بر اساس پیش بینی های انجام گرفته توسط موسسه IPCC^{۱۸} مطابق شکل ۱-۲ افزایش تراز سطح آب در یک دوره ۱۱۰ ساله طی سال های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ میلادی به طور متوسط حداکثر ۰/۷۰ متر و حداقل ۰/۲۰ متر افزایش تراز در آب های آزاد ایجاد خواهد کرد.



شکل (۱-۲)، پیش بینی افزایش نسبی سطح آب دریاها از سال ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰

۳-۱. سؤالات پژوهش

عموم خور ها به دلیل وجود شرایط حفاظت شده طبیعی و ارتباط با دریا های آزاد از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند از این روی شناخت وضعیت حال و تغییراتی که در آینده به لحاظ هیدرودینامیکی و

¹⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change

مورفولوژیکی در آن ها روی می دهد قابل توجه می باشد.

در دهه های اخیر، گرم شدن مداوم زمین در اثر عواملی چون تغییرات اقلیمی، گازهای گلخانه ای، دخالت ها و تغییر و تحولات بشر و همچنین ساخت و ساز در طبیعت، منجر به ذوب شدن یخ های قطبی و نیز گرم شدن آب های کره زمین شده است؛ این امر موجب افزایش سطح آب در هر سال خواهد شد. پیش بینی ها نشان می دهد، که سطح آب های آزاد جهانی بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ میلادی چیزی به طور میانگین در حدود ۲۸۰ تا ۳۴۰ میلیمتر افزایش خواهد یافت (چرچ و وایت، ۲۰۰۶)^{۱۹}. از آنجایی که دریای عمان و خلیج فارس با دریای آزاد در ارتباط هستند، تاثیر این افزایش سطح آب را می بایست در تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورهای موجود بررسی نمود.

سوالات مهم مطرح شده در این پژوهش به شرح ذیل می باشد:

۱. طبقه بندی خورها به لحاظ هیدرودینامیکی، مورفولوژیکی و پایداری چگونه است؟
 ۲. پدیده های تاثیرگذار در عملکرد هیدرودینامیکی خورها چیست؟
 ۳. پدیده های موثر در عملکرد مورفولوژیکی خورها چیست؟
 ۴. فرآیند هیدرودینامیکی چگونه رفتار مورفولوژیکی خورها را تحت تاثیر قرار می دهد؟
 ۵. افزایش نسبی سطح آب دریاها چه تاثیری در عملکرد هیدرودینامیکی خورها می گذارد؟
 ۶. افزایش نسبی سطح آب دریاها چه تاثیری در روند رسوب گذاری حوضه و همچنین تغییرات در پشته های جزر و مدی دارد؟
 ۷. افزایش نسبی سطح آب دریاها چه تاثیری در دلتاهای جزر و دلتاهای مد می گذارد؟
- در این پژوهش سعی خواهد شد تا حدودی به برخی از این سوالات پاسخی مناسب و علمی داده شود تا بتوان در مقابل این پدیده، منطقی ترین و مهندسی ترین عکس العمل ها را در پیش گرفت.

¹⁹ Church J. A. & White N. J

۴-۱. ضرورت بررسی موضوع

تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورهای جزر و مدی کم عمق بدلیل تاثیر عوامل هندسی به مراتب پیچیده تر از دریاهاى آزاد می باشد، همواره مورد توجه بسیاری از محققین و مهندسين سواحل بوده است، از این روی تا کنون بررسی های متعدد ریاضی و مدل سازی های عددی بر روی خورهای جزر و مدی تا کنون انجام گرفته است.

وجود جزایر، بنادر، مناطق مهم اقتصادی و کانال های ناوبری در محدوده خورها، حفظ کاربری آن ها در دوره بهره برداری تحت شرایط هیدرودینامیکی موثر از جمله افزایش نسبی سطح آب دریاها به دلیل گرم شدن زمین ضروری می باشد.

بنابراین ضروری است، تا بررسی های کامل و علمی در جهت شناخت تاثیر پارامتر افزایش نسبی سطح آب به همراه سایر پدیده های تاثیرگذار از قبیل موج، جزر و مد، جریان ها و فرآیند انتقال رسوب انجام گیرد تا بتوان نسبت به مشکلات بوجود آمده در زمینه های اقتصادی، توریستی، حمل و نقل، بهسازی و بهره برداری از سازه ها و ابنیه های موجود و مسائل زیست محیطی اقدامات لازم صورت پذیرد.

۵-۱. اهداف و روش های تحقیق

پژوهش های بسیاری تا کنون در رابطه با شناخت ساختار خورها، پیش بینی تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی و تاثیر گرمای جهانی متعاقب آن افزایش نسبی سطح آب دریاها در عملکرد خورها انجام گرفته است، اما در ایران این تحقیقات بسیار محدود بوده است.

در این پژوهش بناست تا شناخت کافی نسبت به ساختار خورهای جزر و مدی، طبقه بندی آن ها به لحاظ هیدرودینامیکی، مورفولوژیکی، شکل هندسی و پایداری دهانه خورها بدست آورد، در ادامه موارد مطرح شده را به عنوان مطالعه موردی برای خور موسی که در شمال غربی خلیج فارس واقع شده است، بیان کرد.

تحقیقاتی در رابطه با عملکرد هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورموسی تحت اثر پدیده های موج، جریان جزرومد و... در گذشته انجام گرفته است اما نوآوری به کار رفته در این پژوهش، لحاظ نمودن اثر پدیده افزایش نسبی سطح آب دریاها به واسطه گرمای جهانی زمین می باشد که این پدیده به همراه سایر پدیده های تاثیرگذار در عملکرد هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورموسی به کمک مدلسازی عددی بررسی شده است. مدلسازی عددی خورموسی مطابق سناریوهای تعیین شده به وسیله نرم افزار روش های عددی مایک^{۲۰} (انجمن هیدرولیک دانمارک^{۲۱})، ماژول جریان (Flow Model) انجام گرفته است.

۱-۶. ساختار پایان نامه و روند بررسی و تحلیل موضوع

در **فصل دوم**، ابتدا به شناخت خورها و تفاوت آن ها در مقایسه با سایر سیستم های ساحلی پرداخته خواهد شد، سپس اجزای تشکیل دهنده و معادلات تجربی مورفولوژیکی حاکم آن ها، طبقه بندی هیدرودینامیکی و بررسی پایداری خورها پرداخته خواهد شد. در ادامه نیز به بررسی تحقیقاتی که تا کنون در زمینه افزایش نسبی سطح آب دریا و تاثیر آن در عملکرد خورها انجام گرفته پرداخته خواهد شد و در انتها بررسی تحقیقاتی که تا کنون در منطقه خورموسی انجام گرفته است.

در **فصل سوم**، ابتدا معرفی منطقه مورد مطالعه و اهمیت آن پرداخته شده است و در نهایت موارد ذکر شده در فصل دوم برای خورموسی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در **فصل چهارم**، ابتدا به معرفی نرم افزار روش های عددی Mile21 پرداخته شده در ادامه به معرفی ماژول Flow Model بخش های هیدرودینامیک^{۲۲}، انتقال لای^{۲۳} و روابط پایه ساختار آن ها، سپس مدل بزرگ مقیاس و مدل محلی معرفی شده، در ادامه صحت سنجی مدل بزرگ مقیاس و مدل محلی

²² HD Module

²³ MUD Transport

²⁰ MIKE

²¹ DHI(Denmark Hydraulic Institute)

انجام گرفته است و پس از احراز صحت مدل به معرفی سناریو هایی که قرار است مورد آنالیز قرار گیرند پرداخته شده است و در آخر نیز خروجی های نرم افزار تحلیل و تفسیر نتایج ارائه خواهد شد.

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

فصل دوم

هیدرودینامیک و مورفولوژی خورها

۲-۱. پیشگفتار

خورها یا همان شاخابه های جزر و مدی به واسطه پیشرفت آب دریا از جمله جزر و مد، موج و حتی رودخانه ها به سمت ساحل شکل گرفته اند که نواحی ساحلی جدیدی را به وجود می آورند. این مناطق به دلیل شرایط محافظت شده در مقایسه با دریاها و آب های آزاد، نواحی مناسبی برای شکل گیری مناطق تجاری بندری، توریستی و یا حتی مسکونی می باشد، از این روی خورها را می توان در زمره مناطق مهم و استراتژیک به شمار آورد. بر این اساس بنا است در این فصل به معرفی ساختار و اجزای مورفولوژیکی سازنده خورها و عملکرد هیدرودینامیکی خورها در برابر پارامترهای محیطی پرداخته می شود.

۲-۲. مقدمه

خورها و رودی های جزرومدی، به بازشو هایی که در اثر نفوذ آب به داخل خط ساحلی ایجاد شده باشند گفته می شود این بازشو ها می تواند ارتباط بین اقیانوس ها و پدیده های ساحلی را برقرار نماید (دیویس و فیتزگارد، ۲۰۰۴)^{۲۴}. ورودی های جزر و مدی در حدود ۱۲٪ از خطوط ساحلی دنیا را تشکیل می دهند که به مجموعه ورودی و قسمت دریاچه ای تشکیل شده حوضه جزر و مدی می گویند (گلیرز، ۱۹۷۸)^{۲۵}، بر این اساس برای شناخت بیشتر خور ها نسبت به سایر سیستم های ساحلی مقایسه ای اجمالی بین دریاها، خور ها و رودخانه ها در جدول ۱-۲ انجام گرفته است (سوانیه، ۲۰۰۵)^{۲۶}. این فرم مورفولوژیکی ساحلی، معمولا دارای طولی بیشتر از عرض آن بوده و به تدریج با عبور از طرف دریا به سمت ساحل باریک شده و سرانجام انتهای آن در اراضی هم سطح ناپدید می گردد. از دیگر مشخصه های این خور ها حالت شاخه ای آن ها در پشته ها و شاخابه ها می باشد، از آنجایی که این پشته ها به

²⁶Hubert H.G. Savenije

²⁴Davis, R.A. and Fitzgerald, D.M

²⁵Glaeser, D.J

تدریج شکل می گیرند، پشته های قدیمی در اثر تحکیم خاک به تدریج از آب بیرون مانده و معمولا پس از خشک شدن با پوشش گیاهی تثبیت می شوند (رحیمی پور انارکی ح، ۱۳۷۷). به طور کلی خور ها را می توان بر اساس تفاوت جریان های جزر و مدی و دبی جریان در رودخانه و با در نظر گرفتن شوری و نحوه گردش آب طبقه بندی کرد. خور ها تحت تاثیر سه عامل کیفی؛ جریان رودخانه، جزر و مد و موج تشکیل می گردند (اعرابی م و بنی هاشمی ب، ۱۳۷۹).

جدول (۱-۲)، شناخت خور ها در قیاس کلی بین دریاها، خور ها و رودخانه ها (سوانیه، ۲۰۰۵)

رودخانه (RIVER)	خور (INLET)	دریا (SEA)	خصوصیات
منشوری	کیفی شکل (عمدتا)	حوضه (دریاچه ای)	شکل
انتقال آب و رسوب	مخزن و انتقال	مخزن	معادلات اصلی هیدرولیکی
تک جهت به سمت پایین	جهت توام (رفت و برگشت)	جهت خاص ندارد	جهت جریان
شیب به سمت پایین دست	بدون شیب	بدون شیب	شیب بستر
آب شیرین	آب شیرین و شور	آب شور	شوری
موج پیش رونده	موج مخلوط	موج ایستاده	نوع موج
مواد غذایی غنی	بهره وری توده زیستی و تنوع زیستی بالا	مواد غذایی ضعیف	اکوسیستم

۲-۳. ریخت شناسی خورها

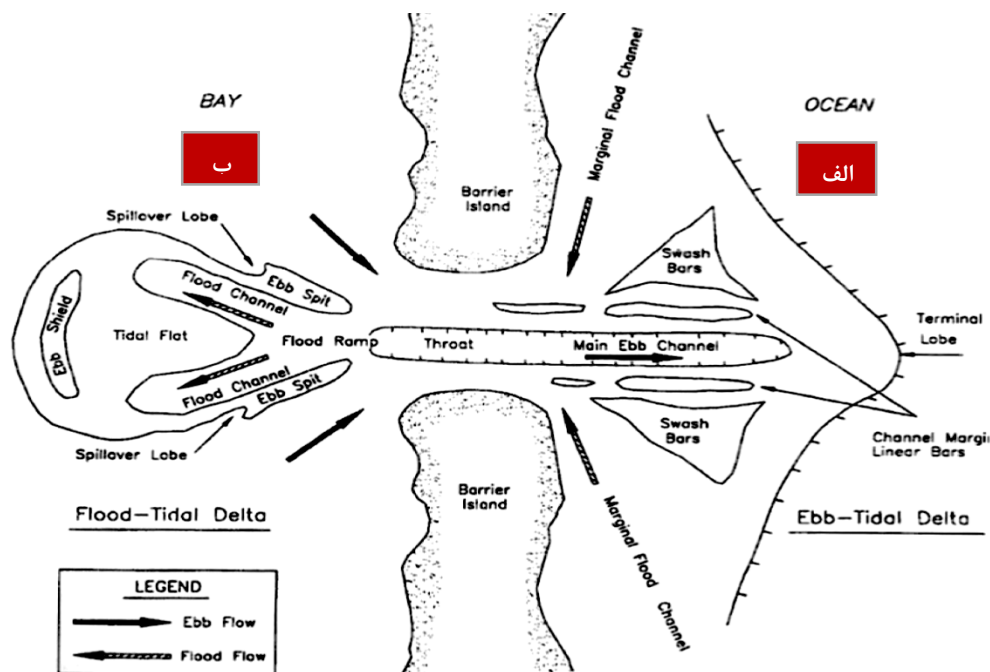
۲-۳-۱. اجزای مورفولوژیکی سازنده خورها

خور ها از نظر اجزای تشکیل دهنده دارای سه واحد اصلی مورفولوژیکی می باشند که عبارت است از:

- ✓ دلتا های شکل گرفته به وسیله جریان جزر عموما ماسه ای بوده و در سمت دریا، قسمت ورودی خور ها شکل می گیرند.
- ✓ تنگه جزرومدی به فضای باز ایجاد شده در ساحل یا همان ورودی خورها گفته می شود.

✓ دلتاهای شکل گرفته به وسیله جریان مد عموماً ماسه ای بوده و در سمت ساحل، قسمت انتهایی خورها تشکیل می‌گردد.

با توجه به موارد گفته شده، در شکل ۱-۲ واحدهای مورفولوژیکی کوچکتر تشکیل دهنده ی یک خور مطابق قسمت (الف و ب) نشان داده شده است (بوثریوید، ۱۹۸۵)^{۲۷}.



شکل (۱-۲)، نمایش شماتیک ساختار ریخت شناسی تشکیل دهنده خورها (بوثریوید، ۱۹۸۵)

الف) دلتاهای جریان جزر: (تانگ، ۱۹۸۵)^{۲۸}

✓ Marginal Flood Channel^{۲۹}: کانالهایی که به واسطه آن جریان مد وارد خور شده و محل قرارگیری آن در حاشیه دلتای جزر می باشد.

✓ Main Ebb Channel^{۳۰}: این کانال تحت تاثیر جریان جزر شکل گرفته و مسیر خروجی این جریان می باشد.

^{۲۹} کانال های حاشیه ای جریان مد
^{۳۰} کانال اصلی جریان جزر

^{۲۷} Boothroyd, J.C

^{۲۸} Tung, T.T

✓ Channel Margin Linear Bars^{۳۱}: این کانال ها در سمت دلتای جزر واقع شده که به دلیل اندر

کنش جریان جزر و مد و امواج در کنار پشته های خطی ماسه ای به وجود می آید.

✓ Terminal Lobe^{۳۲}: به شیب ماسه ای نسبتا تندی گفته می شود، که در قسمت انتهایی دلتای

جزر به عنوان فصل مشترک خور با دریای آزاد می باشد.

✓ Swash platforms and bars^{۳۳}: عارضه ای ماسه ای که بین مسیر اصلی جریان جزر یک خور و

جزیره سدی مجاور آن قرار گرفته است.

ب) دلتا های جریان مد: (تانگ، ۱۹۸۵)

✓ Flood Ramp Throat^{۳۴}: این رمپ پس از کانال اصلی جریان جزر در سمت دلتای مد واقع شده

که در نهایت به چند کانال عمیق تقسیم می شود.

✓ Flood Channel^{۳۵}: جریان از رمپ جریان مد به کانال های جریان مدی می ریزد که این کانال

ها جریان مد را به همراه رسوبات شن و ماسه به این دلتا می رساند.

✓ Ebb Shields^{۳۶}: این پشته ها به عنوان بلندترین قسمت از دلتای مد در منتهی الیه این دلتا قرار

گرفته است که اغلب ممکن است دارای پوشش گیاهی هم باشد. این پشته ها تحت تاثیر جریان

جزر و مد قرار نمی گیرند.

✓ Tidal Flats^{۳۷}: به پشته هایی که در سمت ساحل، خور ها قرار گرفته و در طول روز در اثر

جریان جزر و مد غرق شده و دوباره آشکار می گردد، پشته های جزر و مدی می گویند. این پشته

ها با توجه به نوع ورودی جزر و مدی (خور) به دفعات می تواند دیده شود.

✓ Ebb Spit^{۳۸}: این زبان ها به وسیله جریان جزر ایجاد شده و از فرسایش پشته های جزر و مدی

در قسمت دلتای مد به وجود می آیند.

۳۰ کانال جریان مد

۳۱ سبب جریان جزر

۳۲ پشته های جزر و مدی

۳۳ زیانه های جزر و مدی

۳۱ سی انال حاشیه پشته های خطی

۳۲ شیب انتهایی دلتای جزر

۳۳ سی کوی برش یا بالاروی موج

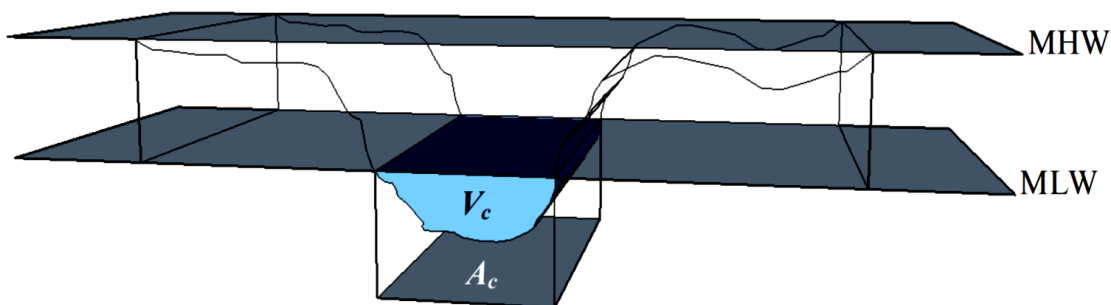
۳۴ رمپ جریان مد

۲-۳-۲. روابط پایه تجربی مورفولوژیکی حاکم در خورها

هنگامی که در شرایط محیطی خورها تغییری به وجود نمی آید، خورها به سمت شرایط پایدار مورفولوژیکی میل خواهند کرد. در این وضعیت پایدار، روابطی بین حالت تعادلی و پارامترهای هیدرودینامیکی برقرار است. زمانی که در این پارامترها تغییراتی رخ دهد، این روابط می توانند وضعیت جدید ایجاد شده را پیش بینی نمایند. بنابراین تحقیقات گسترده ای در این زمینه انجام گرفته است تا رابطه ای بین منشور جزر و مدی و شرایط مورفولوژی پایدار مشخص گردد. این معادلات پایه تجربی برای اولین بار در خورهای کشور ایالات متحده آمریکا توسط (آبرین، ۱۹۶۹)^{۳۹} و در سال های بعد توسط (گرت و همکاران، ۱۹۷۶)^{۴۰} انجام گرفته است اما در سال های بعد برای سایر نقاط دنیا این روابط توسط (ایسینگ و بیگل، ۱۹۹۲)^{۴۱} تکمیل گردید. روابط پایه تجربی ارائه شده به شرح ذیل می باشند:

۱. حجم کانال: یکی از روابط معروف ارائه شده، رابطه بین حجم کانال و منشور جزرومدی می باشد که در ذیل آمده است، در این رابطه V_c حجم کانال جزرومدی برحسب متر مکعب، P منشور جزر و مدی بر حسب متر مکعب، α_c پارامتر کالیبراسیون بی بعد و $\beta_c = 1.50$ می باشد (ایسینگ، ۱۹۹۱)، حجم کانال به صورت شماتیک در شکل ۲-۲ نشان داده شده است (ون گیبر، ۲۰۰۷)^{۴۲}.

$$V_c = \alpha_c \cdot P^{\beta_c} \quad (2-1)$$



شکل (۲-۲)، نمایش شماتیک حجم کانال جزر و مدی (ون گیبر، ۲۰۰۷)

⁴¹ Eysink and Biegel

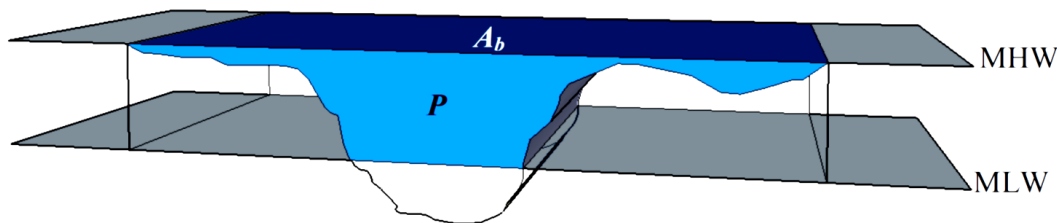
⁴² Van Geer

³⁹ O'Brien

⁴⁰ Jarret et al

منشور جزر و مدی^{۴۳}، به حجم آبی گفته می شود که در طول چرخه جزر و مدی بین حوضه جزر و مدی و دریا تبادل می گردد، مطابق شکل ۲-۳ منشور جزر و مدی و مساحت حوضه جزر و مدی به صورت شماتیک نشان داده شده است (ون گییر، ۲۰۰۷)، بدین ترتیب مطابق رابطه ۲، مساحت حوضه جزر و مدی بر حسب متر مربع، $H_{TidalRange}$ رنج جزر و مدی بر حسب متر و V_{Flats} حجم سطوح جزر و مدی بر حسب متر مکعب می باشد. حجم منشور جزر و مدی برابر است با:

$$P = A_{basin} \times H_{TidalRange} - V_{Flats} \quad (2-2)$$



شکل (۲-۳)، نمایش شماتیک منشور جزر و مدی و مساحت حوضه جزر و مدی (ون گییر، ۲۰۰۷)

۲. مساحت سطوح جزر و مدی^{۴۴}: به سطوحی که در داخل حوضه جزر و مدی قرار گرفته و در طول چرخه جزر و مدی تر و خشک می گردند گفته می شود، همچنین برخی از این سطوح به مرور زمان تثبیت شده و سطوحی جزیره ای را تشکیل می دهند. در شکل ۲-۴ حجم و مساحت سطوح جزر و مدی (ون گییر، ۲۰۰۷)، قابل مشاهده هست. رابطه ۳ به عنوان یک رابطه عمومی بین مساحت حوضه و سطوح جزر و مدی ارائه شده است (دی وریند و همکاران، ۱۹۸۹)^{۴۵} در این رابطه A_f مساحت سطوح جزر و مدی می باشد که بر حسب متر مربع بوده، β ضریب بی بعد کالیبراسیون می باشد، a دامنه جزر و مدی بر حسب متر و h_c میانگین عمق کانال در خورها بر حسب متر می باشد. که در سالهای بعد این رابطه برای خور وایدن هلند توسط (ایسینگ، ۱۹۹۱) بهینه شد که در رابطه ۳-۱ مشاهده می شود.

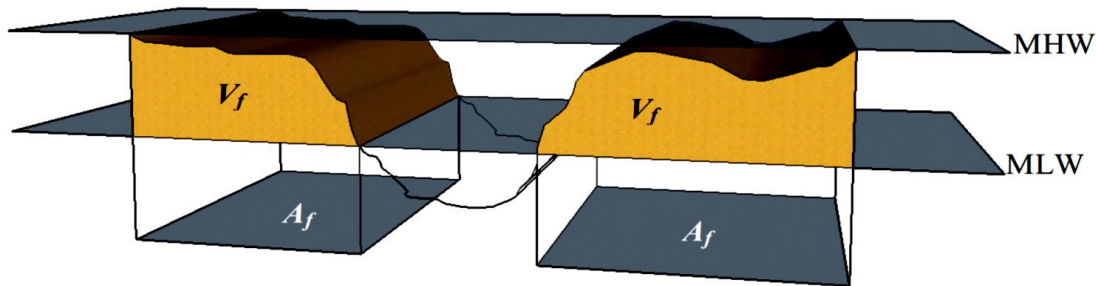
⁴⁵ De Vriend et al

⁴³ Tidal Prism

⁴⁴ Tidal Flats

$$A_f = A_{basin} - \beta \frac{2a}{h_c} A_b^{\frac{2}{3}} \quad (3-2)$$

$$\frac{A_f}{A_b} = 1 - 0.025 \times A_b^{\frac{1}{2}} \quad (1-3-2)$$



شکل (۴-۲)، نمایش شماتیک حجم و مساحت سطوح جزر و مدی (ون گیبر، ۲۰۰۷)

۳. تراز سطوح جزر و مدی: سطوح جزر و مدی برای رسیدن به تعادل تراز با دامنه جزر و مدی رابطه دارند (ایسینگ، ۱۹۹۰) که مطابق روابط ۴ و ۵ ارائه شده اند بر این اساس h_f تراز میانگین سطوح جزر و مدی بر حسب متر، ضریب کالیبراسیون برای تراز میانگین سطوح جزر و مدی است که بی بعد می باشد:

$$h_f = \alpha_{fe} \cdot 2a \quad (4-2)$$

$$\alpha_{fe} = \alpha_f - 0.24 \times 10^{-9} \cdot A_{basin} \quad (5-2)$$

۴. حجم سطوح جزر و مدی: باتوجه به روابط گفته شده در خصوص تعادل تراز سطوح و تعادل مساحت سطوح جزر و مدی رابطه زیر برای حجم متعادل سطوح جزر و مدی ارائه شده است (ایسینگ، ۱۹۹۰).

$$V_{flat} = (\alpha_f - 0.24 \times 10^{-9} \cdot A_b) \cdot \left(\frac{A_f}{A_b}\right) \cdot A_b \cdot 2a \quad (6-2)$$

۵. مساحت مقطع عرضی^{۴۶}: در ابتدا روابطی خطی توسط (آبرین، ۱۹۶۹ و دی وریند، ۱۹۹۶) در ارتباط بین منشور جزر و مدی و سطح مقطع عرضی ورودی خورها ارائه گردید. رابطه ۷ برای خورهای مختلف قابل استفاده است که توسط (ایسینک و همکاران، ۱۹۹۰) ارائه شده است. در این رابطه A_c مساحت مقطع ورودی خور بر حسب متر مربع، C ضریب کالیبراسیون و $n = 0.945$ پارامتر ثابت برای مساحت مقطع ورودی می باشد.

$$A_c = C.P^n \quad (۲-۸)$$

(۷)

۶. دلتای جزر: دلتای جزر همانند خانه ذخیره برای رسوب می باشد. حجم دلتا مطابق شکل ۲-۵، (والتون و آدامز، ۱۹۷۶)^{۴۷} به منشور جزر و مدی و شرایط موج وابسته است، بر این اساس مطابق رابطه ۸، $V_{EbbDelta}$ حجم دلتاهای جزر بر حسب متر مکعب و α_{WA} ضریب ثابت بر حسب شرایط موج به واحد متر به توان $1/23$ می باشد، هرچه انرژی موج کمتر باشد دلتاها بزرگتر از حالتی است که انرژی موج زیاد می باشد (والتون و آدامز، ۱۹۷۶).

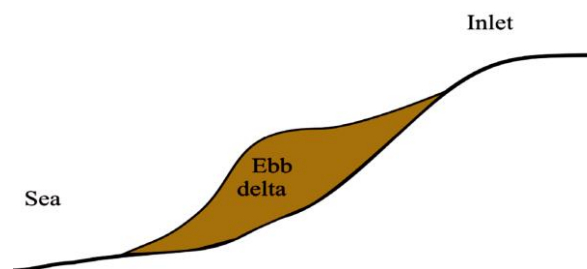
$$V_{EbbDelta} = \alpha_{WA}.P^{1.23} \quad (۲-۸)$$

برای تعیین α_{WA} مطابق با شرایط موج داریم:

$$\alpha_{WA} = 8.64 \times 10^{-3} \quad \checkmark \text{ انرژی موج ضعیف سواحل:}$$

$$\alpha_{WA} = 6.44 \times 10^{-3} \quad \checkmark \text{ انرژی موج متوسط سواحل:}$$

$$\alpha_{WA} = 5.33 \times 10^{-3} \quad \checkmark \text{ انرژی موج بالای سواحل:}$$



شکل (۲-۵)، نمایش شماتیک پروفیل عرضی دلتای جزر (والتون و آدامز، ۱۹۷۶)

⁴⁷ Walton and Adams

⁴⁶ Area of Cross Section

۴-۲. طبقه بندی هیدرودینامیکی و پایداری خورها

خورهای جزر و مدی بر اساس پارامترهای مختلفی طبقه بندی می شوند که از مهمترین آنها می توان به طبقه بندی براساس پارامترهای هیدرودینامیکی و پایداری دهانه ورودی خورها اشاره کرد.

۴-۲-۱. طبقه بندی هیدرودینامیکی خورها

در این بخش برای شناخت طبقه بندی خور ها به لحاظ هیدرودینامیکی دو روش تحلیلی و آماری بیان شده است :

۴-۲-۱-۱. روش تحلیلی

در طبقه بندی ورودی های جزر و مدی با افزایش دامنه جزر و مدی اثر موج کمتر می شود و اگر در حالتی که جریان جزر و مد دارای دامنه کمی باشد، می توان شاهد تاثیر پدیده موج و ترکیبی از موج و جریان در ورودی های جزر و مدی بود. بر این اساس خور ها به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

الف) سواحل امواج حاکم، ب) سواحل ترکیبی، تحت تاثیر همزمان موج و جریان جزر و مد، ج) سواحل جریان جزر و مد حاکم

الف) سواحل امواج حاکم^{۴۸}: این خور ها تحت تاثیر بیشتر قدرت امواج شکل می گیرند، مطابق شکل ۴-۲ از مهمترین ویژگی ظاهری این خور ها می توان به موارد زیر اشاره کرد: (هیس و کانا، ۱۹۷۶)^{۴۹}

✓ وجود مانع سدی بلند و کشیده.

✓ دلتا های جزر به صورت ضعیف شکل می گیرند یا تشکیل نمی شوند.

✓ دلتا های مد تقریبا به خوبی تشکیل می شوند.

⁴⁹ Hayes, M.O. and Kana, T.W

48 Wave Dominated Coasts

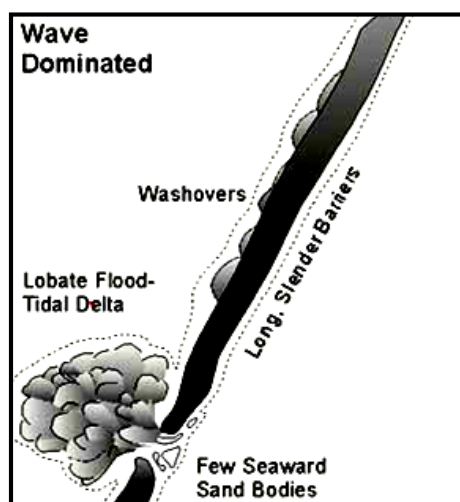
✓ عموماً در این حالت از خور ها، پشته های جزر و مدی در حاشیه ها و چسبیده به ساحل تشکیل می گردد.

✓ پشته های جزر و مدی به صورت کوچک تشکیل شده یا به طور کلی شکل نمی گیرند.

✓ تپه های شنی نزدیک و موازی ساحل به خوبی شکل می گیرند.

✓ این خور ها عموماً با باز و بسته شدن دهانه ورودی در طول سال مواجه هستند که با باز شدن دهانه خور و ورود رسوبات به داخل خور باعث تشکیل محدوده آبخستگی رسوبات^{۵۰} می شود که به فراوانی در این خور ها یافت می گردد.

خورهای امواج حاکم، عموماً همان خور های با دامنه جزر و مد ضعیف^{۵۱} محسوب می شوند.



شکل (۲-۶)، نمایش شماتیک خور های امواج حاکم (دامنه جزر و مد ضعیف) (هیس و کانا، ۱۹۷۶)

ب) سواحل ترکیبی تحت تاثیر موج و جریان جزر و مد^{۵۲}: این سواحل تحت تاثیر همزمان امواج و جریان جزر و مدی شکل می گیرند، مطابق شکل ۲-۷ از مهمترین ویژگی ظاهری این خور ها می توان

به موارد زیر اشاره کرد: (هیس و کانا، ۱۹۷۶)

✓ مانع سدی کوتاه و چاق.

⁵² Mixed Energy Coast

⁵⁰ Wash Over Fan

⁵¹ Micro tidal

✓ وجود چند دهانه و بیشتر.

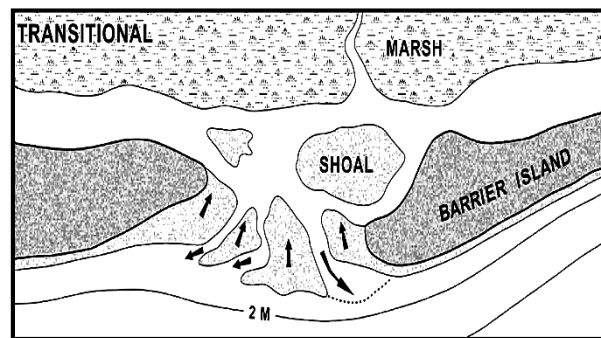
✓ دلتا های مد و دلتا های جزر به خوبی شکل گرفته و پویا می باشند.

✓ مرداب ها و پشته های جزر و مدی در این خور ها به فراوانی یافت می شود.

✓ دارای تپه های ماسه ای عموماً بزرگتر از خور های تحت غلبه موج می باشند.

ورودی های جزرومدی تحت تاثیر همزمان امواج و جزر و مد، عموماً همان خور های با دامنه جزر و

مدی متوسط^{۵۳} محسوب می گردند.



شکل (۲-۷)، نمایش شماتیک خور های تحت تاثیر همزمان امواج و جریان جزر و مد (دامنه جزر و مد متوسط)

(هیس و کانا، ۱۹۷۶)

ج) سواحل تحت جریان جزر و مد حاکم^{۵۴}: این خور ها تحت سلطه بیشتر جریان های جزر و مدی

شکل می گیرند. مطابق شکل ۲-۸ از مهمترین ویژگی ظاهری این خور ها می توان به موارد زیر اشاره

کرد: (هیس و کانا، ۱۹۷۶)

✓ موانع سدی به دلیل قدرت بالای جریانات جزر و مدی دچار فرسایش شده و از بین می روند.

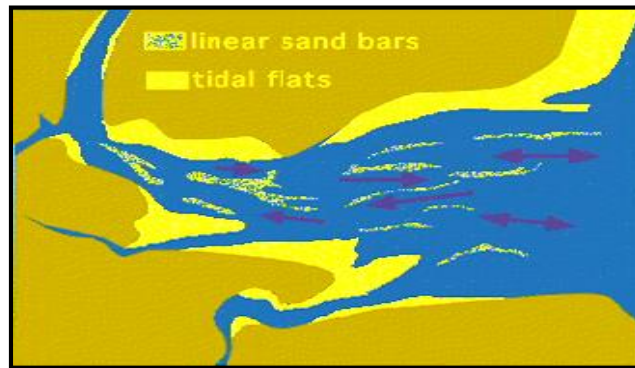
✓ رسوباتی که از طریق دریا حمل می شود به صورت خط های موازی عمود بر ساحل در داخل خور

ها دپو می شوند.

✓ پشته های جزر و مدی نزدیک سواحل به همراه مرداب ها در داخل خور شکل می گیرد.

✓ خصوصیت دهانه این خور ها به صورت قیفی شکل می باشد.

خورهای جزر و مد حاکم، عموماً همان خورهای دامنه جزر و مدی بالا یا دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا^{۵۵} محسوب می گردند.



شکل (۲-۸)، نمایش شماتیک سواحل جزر و مد حاکم (دامنه جزر و مدی بالا یا دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا) (هیس و کانا، ۱۹۷۶)

۲-۴-۱-۲. روش آماری

برای طبقه بندی هیدرودینامیکی خورها به روش آماری، این طبقه بندی بر اساس تاثیر جریان جزر و مد با در نظر گرفتن ۵ ناحیه مطابق جدول ۲-۲ طبقه بندی دیگری بر اساس ارتفاع مشخصه موج H_s ، مطابق جدول ۲-۳ قابل مشاهده است (هیس، ۱۹۷۹)^{۵۶}. در تحقیقات جدیدتر انجام گرفته طبقه بندی هیدرودینامیکی خور ها مطابق شکل ۲-۹ قابل بیان می باشد (هیس و دیویس، ۱۹۸۴)^{۵۷}.

جدول (۲-۲)، تقسیم بندی خور ها بر اساس میانگین دامنه جزر و مدی (هیس، ۱۹۷۹)

Mean Tidal Range	Definition
< 1 m	Micro tidal
1 - 2 m	Low - Mesotidal
2 - 3.5 m	High - Mesotidal
3.5 - 5 m	Low - Macro tidal
> 5 m	Macro tidal

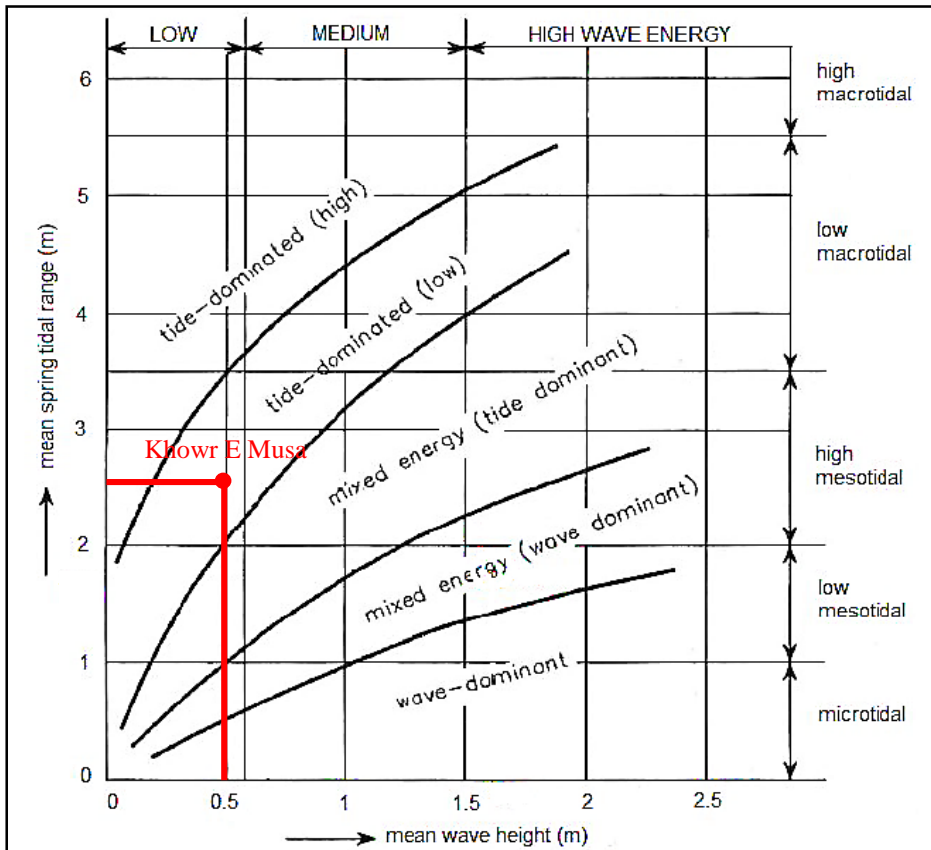
⁵⁷ Hayes and Davis

⁵⁵ High - Mesotidal

⁵⁶ Hayes, M.O

جدول (۲-۳)، تقسیم بندی خور ها بر اساس ارتفاع موج مشخصه (Hs) (هیس، ۱۹۷۹)

Wave Height Range	Definition
< 0.6 m	Low wave energy
0.6 - 1.5 m	Medium wave energy
> 1.5 m	High wave energy



شکل (۲-۹)، طبقه بندی هیدرودینامیکی خور ها (هیس و دیویس، ۱۹۸۴)

۲-۴-۲. طبقه بندی بر اساس پایداری دهانه خور های جزر و مدی

پایداری دهانه خورها به تغییرات رسوبی در دهانه ورودی خورها گفته می شود یعنی در زمان هایی از طول سال دهانه خور باز بوده و در سایر فصول دهانه بسته می شود این روند تکرار ناپایداری خورها به شمار می رود ولی در حالتی که همواره با تغییرات فصول دهانه خور همواره باز است که به این خورها پایدار می گویند.

الف) پارامتر پایداری Bruun: یکی از معروف ترین پارامترهای پایداری ورودی های جزر مدی پارامتر پایداری Bruun می باشد. در این طبقه بندی، پارامتری بر مبنای نرخ رسوب گذاری^{۵۸} در داخل خور و منشور جزر و مدی^{۵۹}، به نام پارامتر پایداری خورها معرفی شده است (براوون، ۱۹۷۸).^{۶۰} مطابق رابطه ۹ :

$$r = \frac{P}{M} \quad (۹-۲)$$

بر این اساس P منشور جزر و مدی حجم آب ورودی بین میانگین مد و میانگین جزر بر حسب متر مکعب می باشد، همچنین M نرخ رسوب گذاری سالیانه در داخل خور ها به میزان حجم انتقال رسوب در یکسال $m^3/year$ گفته می شود و پارامتر r هم نشان دهنده عدد پایداری خورها می باشد. در جدول ۲-۴ رنج عدد پایداری و ویژگی هر یک از آنها بیان شده است (براوون، ۱۹۷۸).

جدول (۲-۴)، رنج عدد پایداری (براوون، ۱۹۷۸)

<i>P/M</i>	<i>Channel Stability</i>
> 150	دهانه ورودی کاملاً پایدار بوده و دارای چند پشته کوچک می باشد. همچنین عملیات ورودی و خروجی جریان (فلاشینگ) به شکل کاملاً خوب صورت می گیرد. این خور ها زیر مجموعه ی خور های <u>تحت سلطه ی جزر و مد</u> می باشند.
50 - 150	دهانه ورودی این خور ها دارای دلتای جزر - جزر و مد توسعه یافته بوده و دارای یک یا چند کانال جریان می باشد. این خور ها زیر مجموعه ی خور های <u>تحت ترکیبی</u> می باشند.
20 - 50	دهانه ورودی این خور ها دارای کانال هایی با مکان و مساحت نامشخص می باشد. این ورودی ها می توانند پشته های ماسه ای زیادی داشته باشند. برای پایداری دهانه این خور ها به جتی هایی برای حفظ عمق کشتی رانی نیاز می باشد. این خور ها زیر مجموعه ی خور های <u>تحت سلطه ی موج</u> می باشند.
< 20	دهانه ورودی این خور ها به دلیل وجود منشور جزر و مدی ضعیف <u>همواره ناپایدار</u> می باشد.

⁶⁰ Bruun

⁵⁸ Total Littoral Drift

⁵⁹ Tidal Prism

ب) بررسی پایداری با استفاده از نرم افزار CEA^{۶۱}: (سیبرق و کراوس، ۱۹۹۷)^{۶۲}

این نرم افزار مساحت تعادلی کانال نام دارد که از یک روش ساده و سریع جهت محاسبه پارامترهای مورد نیاز برای رسیدن به تعادل در خورها یا ورودی های ساحلی استفاده می کند. همچنین این نرم افزار وضعیت فعلی ورودی های جزر و مدی را هم مشخص می کند. از پارامترهای مهم که نقش کلیدی در ایجاد وضعیت پایداری دارند می توان به دوره تناوب جزر و مد، طول کانال، عرض کانال و جزر و مد اقیانوسی اشاره کرد.

این نرم افزار بر پایه نظریه Scoffier در خصوص آنالیز پایداری ورودی های جزر و مدی (اسکافیر، ۱۹۴۰)^{۶۳} و رابطه نظری بین منشور جزر و مدی (P) - مساحت مقطع عرضی کانال (Ac) بنا شده است (اُبرین، ۱۹۷۶).

نظریه Scoffier تحت عنوان یک نمودار که محور افقی آن سطح مقطع ورودی کانال و محور قائم سرعت حداکثر می باشد که بر این اساس خط تعادلی ورودی جزر و مدی در آن مشخص می گردد. همچنین O'Brien رابطه شماره ۷ را برای تعادل منشور جزر و مدی ارائه شده است.

۲-۵. افزایش نسبی سطح آب دریاها

وقتی که تراز متوسط دریا در مکان های متعددی از ساحل و در طول مدت زمان طولانی اندازه گیری می شود، ملاحظه می گردد که این تراز نسبت به خشکی تغییر می کند. این تغییر ناشی از یک بالا آمدگی کلی در تراز متوسط دریاها به علاوه احتمال بالا آمدگی یا فرونشینی زمین ساختی^{۶۴} ساحل می باشد (دین، ۱۹۸۳)

گمان می رود که بالا آمدن تراز کلی دریاها طی یک قرن گذشته بر اثر گرم شدن جو، انبساط حرارتی آب دریاها و در نتیجه آب شدن توده های یخی و گسترش آب دریاها باشد. پیش بینی هایی در خصوص

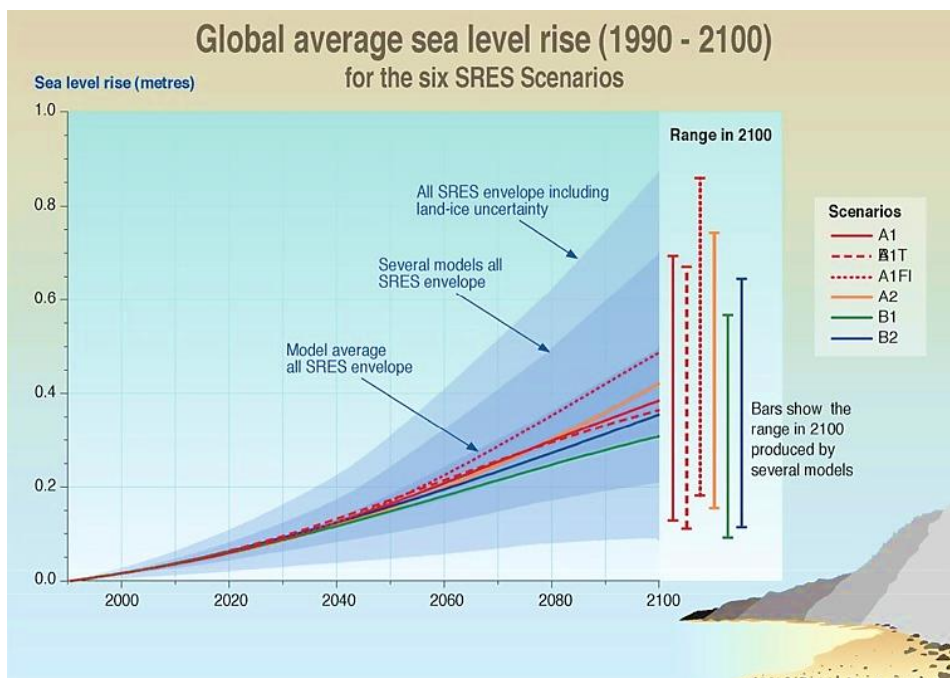
⁶³ Escoffier

⁶⁴ Tectonic uplift or subsidence

⁶¹ Channel Equilibrium Area

⁶² Seabergh and Kraus

سریع تر شدن بالا آمدگی تراز کلی دریاها طی قرن آتی وجود دارد. چنان چه این امر رخ دهد، اثرات آن در خط ساحلی قابل ملاحظه خواهد بود (نیکولز^{۶۵} و کازناو، ۲۰۱۰؛ واریک و اورلمنز^{۶۶}، ۱۹۹۰). تغییرات زیادی در تراز متوسط آب در دریاچه های بزرگ مشاهده شده است. این مساله اصولاً ناشی از تغییرات فصلی و بارندگی طولانی مدت می باشد. این دریاچه ها دارای تغییرات متوسط فصلی برابر ۰/۳ متر و یا بیشتر و تغییرات بلند مدت برابر ۱ تا ۲ متر در طی چند سال خواهند بود (برگی، ۱۳۸۷). سناریو های متعدد فرضی در خصوص گازهای گلخانه ای توسط موسسه IPCC تحت عنوان (SRES)^{۶۷} منتشر شد (هووکتون و همکاران، ۲۰۰۱)^{۶۸}. مطابق سناریو های مطرح شده از یک مدل جهت پیش بینی تغییرات تراز آب دریاها به نام (AOGCM)^{۶۹} استفاده شد که این شکل ۲-۱۰ را پیش بینی کرد که در بازه سال های ۱۹۹۰-۲۱۰۰ می باشد. افزایش نسبی سطح آب دریاها ی سراسر دنیا توسط IPCC بین ۲۰ تا ۷۰ سانتیمتر به طور میانگین تخمین زده شده است (بین داف و همکاران، ۲۰۰۷)^{۷۰}.



شکل (۲-۱۰)، پیش بینی افزایش نسبی سطح آب دریاها IPCC (هووکتون و همکاران، ۲۰۰۱)

⁶⁸ Houghton et al

⁶⁹ Atmosphere-Ocean General Circulation Models

⁷⁰ Bindoff et al

⁶⁵ Nicholls R. J.

⁶⁶ Warrick R. A. & Oerlemans J.

⁶⁷ Special Report on Emission Scenarios

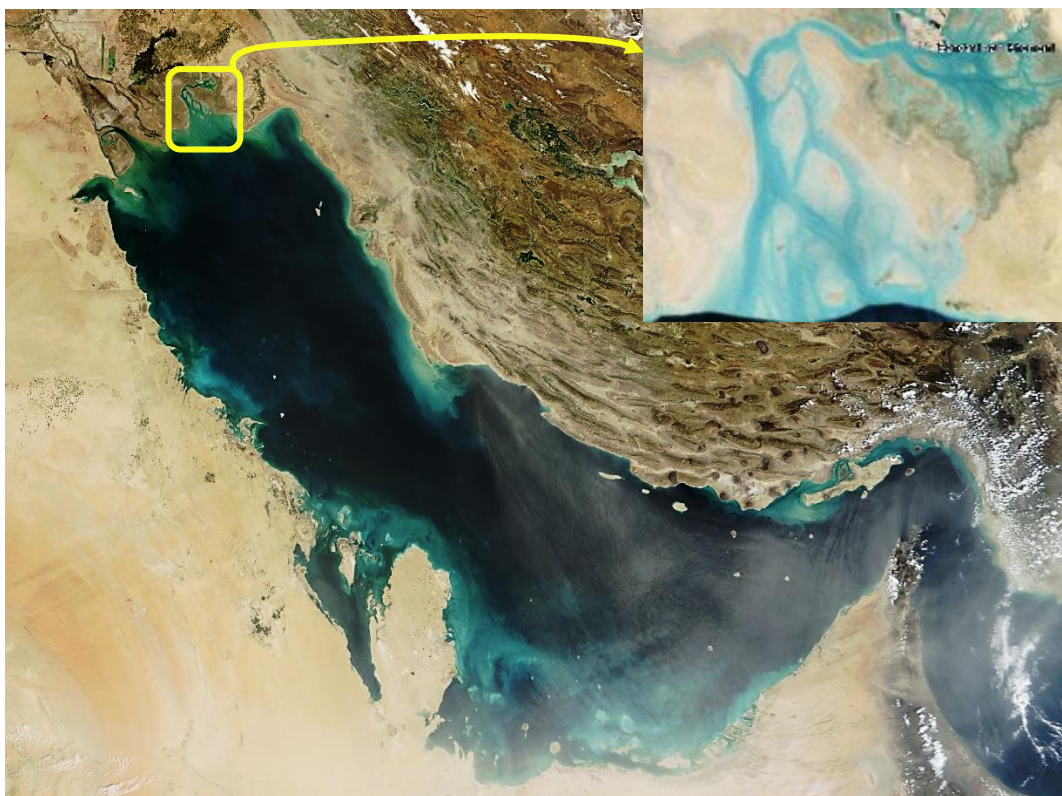
فصل سوم

منطقه مطالعاتی؛ خورموسی

۳-۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی (خورموسی)

خورموسی^{۷۱} بین مدارهای 30° تا $30^{\circ} 42'$ شمالی و نصف النهارهای $48^{\circ} 52' 30''$ تا $49^{\circ} 40'$ شرقی قرار گرفته است، مطابق شکل ۳-۱ (Google Earth) محل خورموسی در شمال غربی خلیج فارس می باشد. پهنای ورودی خورموسی در حدود ۳۷ تا ۴۲ کیلومتر و طول آن از دهانه تا بندر امام خمینی ۹۰ کیلومتر و تا بندر ماهشهر ۱۲۰ کیلومتر می باشد. در شمال این خور بندر امام خمینی (ره)، بندر ماهشهر، سربندر و منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی قرار دارد از این رو این منطقه از نظر استراتژیکی منطقه مهمی محسوب می گردد (بنی سلطان س و کاویانپور م، ۱۳۸۹).

ژرفای خورموسی در حدود ۲۰ تا ۵۰ متر بوده و در برخی نقاط به ۷۰ متر نیز می رسد. وجود چنین عمقی باعث شده تا کشتی هایی با ظرفیت ۷۰ هزار تن هم بتوانند از این گذرگاه عبور نمایند. زمین های پیرامون این خور را عموماً مرداب یا گل زارها تشکیل می دهند (موسسه گیاتشناسی).



شکل (۳-۱)، موقعیت قرار گیری خورموسی در خلیج فارس (Google Earth)

⁷¹ Khowr E Musa

۳-۲. شرایط زمین شناسی

دشت خوزستان که در دامنه جنوب غرب زاگرس واقع شده از نظر ساختمان زمین شناسی ادامه پلتفرم عربستان محسوب می گردد. دشت های آبرفتی خوزستان مانند سایر نقاط ایران جایگاه رسوبگذاری جوانترین واحد های آبرفتی است که بالاترین قسمت آن شامل رسوبات هولسون با عمر ۱۰۰۰۰ سال می باشد. ضخامت آبرفت هولسون در دشت های آبرفتی منطقه ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر است که با نزدیک شدن به ارتفاعات (شمال دشت) کاهش و به سمت جنوب خوزستان افزایش می یابد. آبرفت هولسون به دو واحد زیرین و بالایی تقسیم می گردد که ضخامت واحد زیرین در دشت های خوزستان به طور معمول بیشتر از ۷ متر است. رسوبات کواترنری (عهد حاضر) متشکل از رسوبات رسی - سیلتی ماسه و گاهی شن و رسوبات تبخیری دریایی کلیه مناطق مسطح و دشت های استان خوزستان را پوشانیده و به صورت پوششی بر روی سایر تشکیلات منطقه قرار گرفته است. از نظر منشاء این رسوبات را می توان نتیجه فرسایش و تخریب ارتفاعات دانست. این رسوبات دارای دو منشاء متفاوت است که یکی حاصل فعالیت بادهای غالب منطقه (حاصل آن ها رسوبات بادرفتی یا تپه های ماسه ای بادی) و دیگری حاصل فعالیت رودخانه های جاری در استان بوده که از ارتفاعات و محل رسوبات تخریبی به دشت وارد و به ترتیب بزرگی و وزن رسوبات ته نشین شده است. این نهشته ها در شمال استان بیشتر درشت دانه و با عبور به سمت جنوب استان و سواحل خلیج فارس دانه ریز و به رس و سیلت تبدیل می گردند (قنواتی، فرنگیس و همکاران، ۱۳۷۹).

۳-۳. اندازه گیری های دریایی

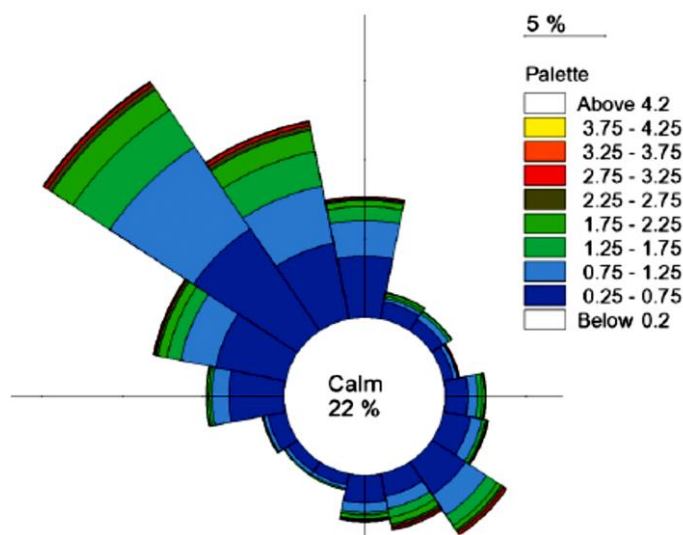
اندازه گیری ها شامل داده های سال ۲۰۰۰ سازمان نقشه برداری تغییرات تراز آب و سرعت جریان جزر و مدی در ایستگاه خورموسی می باشد که در فصل چهارم به آن پرداخته شده است. همچنین داده

های هیدروگرافی سال ۲۰۰۳ از سازمان نقشه برداری تهیه شده که آن هم در فصل چهارم آورده شده است (سازمان نقشه برداری کل کشور، ۲۰۰۲).

۱. اطلاعات موج و باد خور موسی: با استفاده از آمار و اطلاعات میدانی اندازه گیری شده توسط موسسه Metoffice، سازمان هواشناسی ماهشهر و مرکز تحقیقات آب خلیج فارس و استان خوزستان:

✓ در منطقه خور موسی امواج عمدتاً ناشی از بادهای محلی می باشند و میانگین سرعت باد در منطقه ۵ m/sec می باشد.

✓ با توجه به گل موج منطقه شکل ۲-۳ خور موسی ارتفاع موج مشخصه (HS) برابر ۰/۵۰ m می باشد (باقری م و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل (۲-۳)، گلموج منطقه خور موسی (باقری م و همکاران، ۱۳۸۴)

۲. اطلاعات جریان جزر و مدی خور موسی: تغییرات جزر و مد در خلیج فارس بزرگ و در هر نقطه به بیش از ۱/۰۰ m می رسد ولی در خور موسی به دلیل باریک شدن کانال، رنج دامنه جزر و مدی در هر نقطه به بیش از ۲/۰۰ m خواهد رسید. جزر و مد در ابتدای خور موسی نیم روزانه بوده و هر چه به سمت انتهای خور حرکت می کنیم تغییر کرده و به جزر و مد روزانه تبدیل می شود (مجید نوریان اصفهانی، ۱۳۸۵) البته در فصل چهارم خلاف این مطلب ثابت شد.

اطلاعات تهیه شده از سازمان نقشه برداری در خصوص دستگاه ثبت تغییرات تراز سطح آب به نام ایستگاه خورموسی در ورودی خور واقع شده است که دارای مختصات جغرافیایی 30° عرضی و $48/05^{\circ}$ طولی می باشد (سازمان نقشه برداری کشور، ۲۰۰۰). جدول ۱-۳ تغییرات تراز سطح آب در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ خورموسی را نشان می دهد به صورت دیتا برداری به فواصل زمانی ۵ دقیقه بوده که به کمک کدنویسی این اعداد نقطه ای به تغییرات تراز آب تبدیل شدند این جدول با دیتاهای سازمان نقشه برداری مطابقت دارد.

جدول (۱-۳)، تراز های جزر و مدی ایستگاه خورموسی

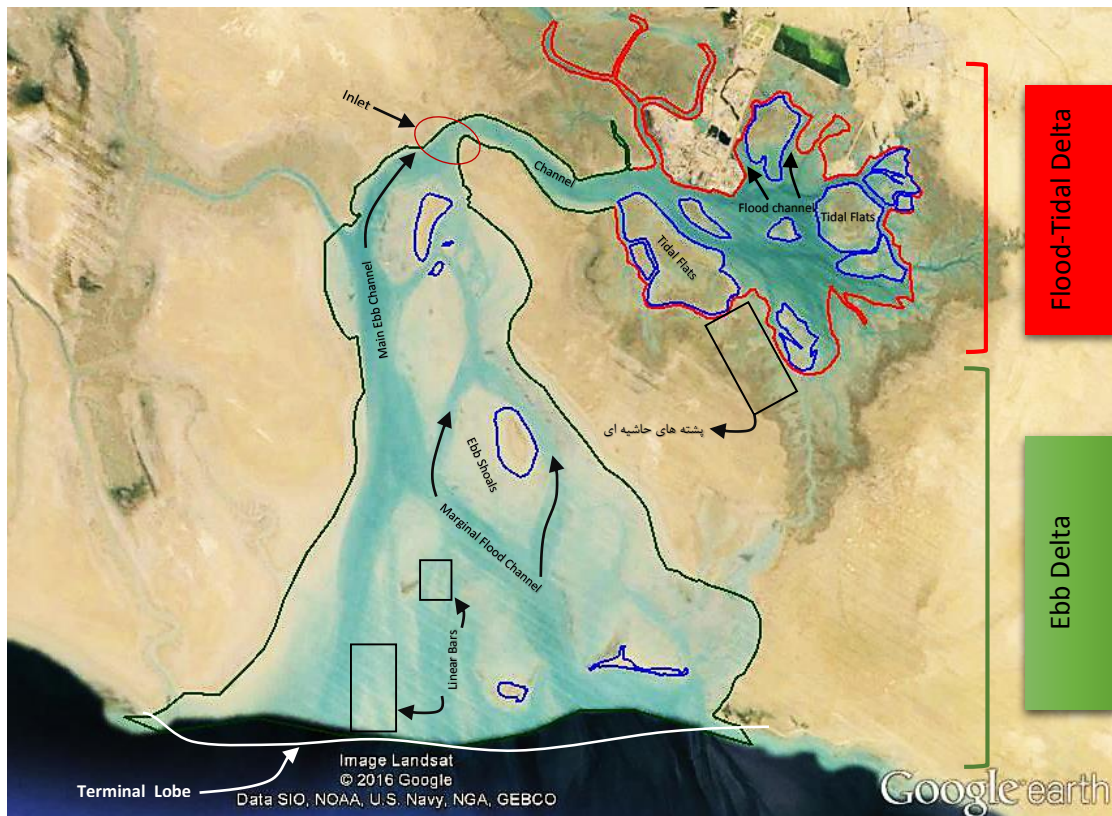
HAT	۴/۴۲
MHHW	۳/۴۸
MWL	۲/۳۴
MLLW	۰/۷۰
LAT	۰/۱۷

۳-۴. ریخت شناسی خورموسی

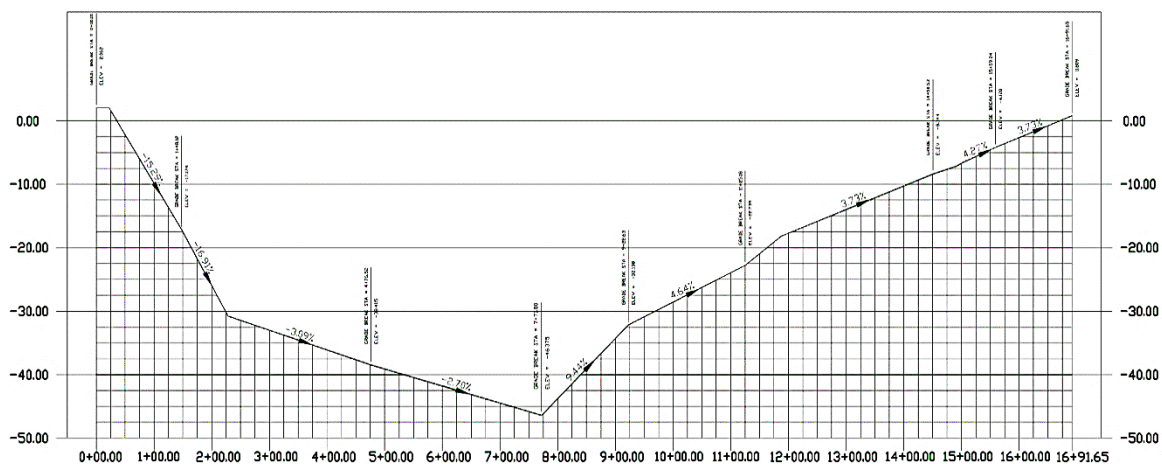
در این بخش به بررسی ساختار ریخت شناسی خورموسی که در فصل دوم به طور کلی به آن پرداخته شده بود در اینجا به صورت جزئی در خصوص خورموسی پرداخته می شود. مطابق شکل ۳-۳ اجزای سازنده خورموسی مشخص شده است.

مقطع عرضی ورودی کانال خورموسی برای بررسی عملکرد خور در پایداری دهانه محاسبه شده است. مساحت نیمرخ مقطع عرضی ورودی خورموسی A_c توسط نرم افزار Civil3D و داده های هیدروگرافی موجود مطابق شکل ۳-۴ بدست آمده است. بر اساس شکل ۳-۴ مساحت مقطع ورودی کانال برابر $A_c = 46336.75m^2$ محاسبه شده است، همچنین طول کانال جزر و مدی خورموسی $L_{Channel} = 15800.00m$ و عرض کانال به طور متوسط برابر $W_{Channel} = 1968.00m$ می باشد.

مساحت حوضه جزر و مدی (دلتای مد) و مساحت دلتای جزر مطابق شکل ۳-۳ با انتقال مرز خشکی هر دو قسمت از Google Earth به فرمت .dxf محاسبه شده است. بر این اساس مساحت دلتای مد $A_{EbbDelta} \approx 1300.00km^2$ و مساحت دلتای جزر $A_{FloodDelta} \approx 270.00km^2$ بدست آمده است.



شکل (۳-۳)، اجزای سازنده خورموسی



شکل (۳-۴)، مقطع عرضی ورودی کانال خورموسی نرم افزار Civil3D

۳-۴-۱. روابط پایه تجربی مورفولوژیکی

در این روابط سعی شده که با توجه با وضعیت موجود خورموسی ضرایب بدون بعد (کالیبراسیون) تعادلی محاسبه شود.

۱. **حجم کانال:** برای محاسبه ضریب α_c که در رابطه ۱ آمده است، ابتدا حجم کانال در تراز میانگین جزر آب دریاها و حجم منشور جزر و مدی در خورموسی محاسبه شده است بر این اساس حجم کانال در خور موسی مطابق رابطه ۱۰ از حاصل ضرب مساحت کانال در تراز میانگین جزر آب دریاها و عمق متوسط کانال بدست می آید.

$$V_c = A_{channel} \times \bar{H}_{channel} \quad (۱۰-۳)$$

مساحت کانال به طور میانگین در تراز MLW برابر $\bar{A}_{Channel} \approx 47336.75m^2$ مترمربع محاسبه شده است. عمق کانال به کمک میانگین گیری از داده های هیدروگرافی خورموسی محاسبه شده است، همچنین طول کانال ها در Google Earth اندازه گیری شده است که در بخش ۳-۴ گفته شده است. مطابق با هیدروگرافی کانال دسترسی میانگین عمق کانال برابر با $\bar{H}_{channel} \approx 37.00m$ محاسبه شده است. بر این اساس مطابق رابطه ۱۰ حجم کانال جزر و مدی برابر با $V_c = 1751459.75m^3$ مترمکعب بدست آمد. برای محاسبه حجم منشور جزر و مدی؛ ابتدا مطابق جدول ۳-۱ رنج دامنه جزر و مدی برابر با $H_{Tidalrange} = MHHW - MLLW = 2.40(m)$ بدست می آید در ادامه مساحت حوضه جزر و مدی مطابق بخش ۳-۴ برابر با $A_{basin} \approx 270.00km^2$ می باشد همچنین ارتفاع متوسط سطوح جزر و مدی (Tidal Flats) به کمک داده های هیدروگرافی حوضه مورد بررسی برابر با $h_{Flats} \approx 2.20m$ محاسبه شد، با استفاده از این ارتفاع متوسط و مساحت این سطوح که برابر $A_{Flats} \approx 130.00km^2$ می باشد، حجم سطوح جزر و مدی $V_{Flats} \approx 286.00 \times 10^6 m^3$ محاسبه شده است مطابق رابطه ۲ حجم منشور جزر و مدی برابر با $P = 362.00 \times 10^6 m^3$ بدست آمده است که با جایگذاری در رابطه ۱ ضریب کالیبراسیون حجم کانال برای برقراری تعادل برابر با $\alpha_c = 2.54 \times 10^{-7}$ محاسبه شد.

۲. مساحت سطوح جزر و مدی: ضریب ثابت کالیبراسیون مربوط به سطوح جزر و مدی در رابطه ۳ برای خورموسی برابر $\beta = 3.10 \times 10^{-5}$ محاسبه شده است.

۳. ارتفاع سطوح جزر و مدی: بر اساس روابط ۴ و ۵ پارامترهای کالیبراسیون مربوط به تراز سطوح جزر و مدی برای خورموسی به ترتیب برابر $\alpha_f = 0.92$ و $\alpha_{fe} = 0.85$ بدست آمده است.

۴. حجم سطوح جزر و مدی: مطابق رابطه ۶ پارامتر کالیبراسیون مربوط به حجم سطوح جزر و مدی برابر $\alpha_f = 0.92$ محاسبه شد که برابر قسمت قبل بدست آمده است.

۵. مساحت مقطع عرضی ورودی خورها: برای محاسبه α_A در ابتدا سطح مقطع عرضی ورودی خورموسی محاسبه شد، بدین منظور مساحت نیمرخ مقطع عرضی ورودی خورموسی A_C مطابق شکل ۳-۴ برابر $A_C = 46336.75 m^2$ می باشد. مطابق رابطه ۷ پارامتر کالیبراسیون برای مساحت مقطع عرضی خورموسی برابر $C = 3.78 \times 10^{-4}$ محاسبه شده است.

۶. حجم دلتای جزر: حجم دلتای جزر در خورموسی در واقع حجم پشته هایی است که به واسطه رسوب گذاری به وسیله جریان جزر ایجاد شده اند. میزان حجم این رسوبات به جریان جزر و مد و انرژی موج وابسته است از آنجایی که ارتفاع موج مشخصه در خورموسی برابر 0.50 متر بوده و انرژی موج مطابق جدول ۲-۳ در فصل دوم در خورموسی ضعیف بوده و $\alpha_{WA} = 8.64 \times 10^{-3}$ می باشد با محاسبه حجم پشته ها دلتای جزر مطابق رابطه ۸، $V_{EbbDelta} = 290.90 \times 10^6 m^3$ می باشد با محاسبه حجم پشته های جزر به کمک Google Earth انتقال خطوط به نرم افزار AutoCAD مساحت این پشته ها برابر $A_{EbbShoal} = 140.00 \times 10^6 m^2$ بدست آمده و با توجه به هیدروگرافی منطقه میانگین ارتفاع پشته ها برابر $\bar{H}_{EbbShoal} = 1.60 m$ می باشد که حجم این پشته ها برابر با $V_{EbbDelta} = 224.00 \times 10^6 m^3$ بدست آمده که اختلاف نشان می دهد که اگر با توجه به شرایط موجود خورموسی بخواهد به تعادل برسد می بایست حجم این پشته افزایش یابد که دلیل کم بودن این حجم نسبت به حجم تعادل، دامنه بالای جزر و مد و انرژی زیاد این جریان می باشد.

۳-۵. طبقه بندی هیدرودینامیکی و پایداری خورموسی

۳-۵-۱. طبقه بندی هیدرودینامیکی

مطابق بخش های ۲-۴-۱ و ۳-۳ طبقه بندی هیدرودینامیکی به روش تحلیلی و آماری در خورموسی نشان می دهد که در طبقه بندی هیدرودینامیکی خورموسی به روش تحلیلی، همانگونه که در شکل ۳-۳ قابل مشاهده است:

الف) موانع سدی به دلیل وجود جریان جزر و مد بالا در خورموسی مشاهده نمی شود. ب) رسوباتی که از طریق دریا به محیط خور حمل می شوند، عمدتاً به صورت خطوط موازی عمود بر ساحل قابل مشاهده است. ج) پشته های جزر و مدی علاوه بر داخل خور ها کنار سواحل نیز شکل می گیرد. د) کانال ورودی خورموسی تقریباً کیفی شکل می باشد، بنابراین با توجه به موارد مطرح شده خورموسی از نوع خور های جزر و مدی می باشد.

در طبقه بندی هیدرودینامیکی خورموسی به روش آماری:

ابتدا در طبقه بندی هیدرودینامیکی خور ها به روش آماری، به کمک جداول ۲-۲ و ۳-۲، با توجه به دامنه جزر و مدی $2/40\text{ m}$ خورموسی از نوع دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا بوده و با در نظر گرفتن ارتفاع مشخصه موج $0/50\text{ m}$ خورموسی دارای موج با انرژی کم می باشد. با تاثیر هر یک از این پارامترها به صورت توامان طبقه بندی هیدرودینامیکی خورموسی مطابق شکل ۲-۹ مشخص می گردد. با تلاقی ارتفاع مشخصه موج و دامنه جزر و مدی، محل قرار گیری خورموسی تعیین گردید بر این اساس خورموسی به لحاظ هیدرودینامیکی، همانند روش تحلیلی جریان جزر و مد حاکم (پایین)^{۷۲} بوده و دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا^{۷۳} به همراه انرژی موج کم محسوب می گردد.

⁷³ High Mesotidal

⁷² Tide _ Dominated(Low)

۳-۵-۲. بررسی پایداری

الف. بررسی پایداری خورموسی به روش **Bruun**: بر طبق رابطه ۹ با تقسیم حجم منشور جزر

ومدی $P = 362.00 \times 10^6 m^3$ بر نرخ رسوب گذاری سالیانه در حوضه جزر و مدی خورموسی برابر

$M = 1.30 \times 10^6 \frac{m^3}{year}$ (آب محیط خاورمیانه، مهندسين مشاور، ۱۳۸۹) محاسبه می شود. در نهایت با

توجه به رابطه ۹ پارامتر پایداری **Brunn** برای کانال خورموسی برابر با $r = 278.5$ بدست آمده است.

مطابق جدول ۲-۴ از آنجایی که عدد پایداری r بیش از ۱۵۰ می باشد، خورموسی یک خور کاملاً پایدار

بوده، عملیات فلاشینگ در این خور به خوبی صورت می گیرد و در حالت جزر و مد حاکم می باشد.

ب) بررسی پایداری در خورموسی با استفاده از نرم افزار **CEA**: اطلاعات ورودی نرم افزار بر اساس

بخش ۳-۳ و ۴-۳ مطابق جدول ۲-۳ می باشد.

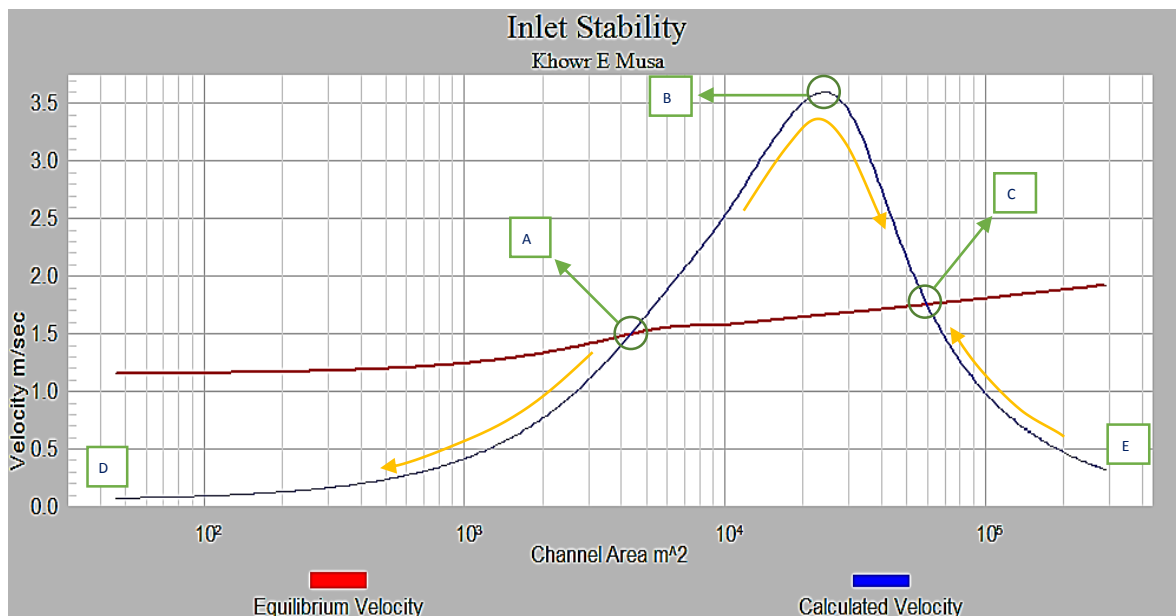
جدول (۲-۳)، پارامترهای ورودی نرم افزار **CEA**

Parameter	Value
Fundamental Ocean Tide (m)	2.40
Ocean Overtide; M ₄ (m)	0.0026
Tidal or Seiche Period (hr)	12.42
Tidal Mean Basin Surface Area (km ²)	270.00
Hydraulic Radius (m)	28.27
Channel Length (m)	15800.00
Channel Width (m)	1968.00
Channel Cross Sectional Area (m ²)	46336.75
Ken	0.50
Kex	0.50
Manning's Number ($m^{\frac{1}{3}}/Sec$)	0.015

با توجه به جدول بالا پارامترها به ترتیب نشان دهنده:

دامنه جزر و مد اصلی برحسب متر، دامنه مولفه جزر و مدی M_4 بر حسب متر، سیکل جزر و مدی منطقه که دارای سیکل نیم روزانه می باشد، مساحت متوسط حوضه جزر و مدی بر حسب کیلومتر مربع، شعاع هیدرولیکی که از تقسیم سطح مقطع عرضی کانال $A_c = 46336.75m^2$ بر پیرامون مرطوب کانال خورموسی $P = 1639.10m$ می باشد، اعداد کولگان کارپنتر که به صورت پیش فرض نرم افزار برابر 0.50 لحاظ شده است و عدد مانینگ هم با مدلسازی انجام گرفته در ماژول هیدرودینامیک مایک و صحت سنجی مدل این عدد برابر 0.15 بدست آمده که در اینجا لحاظ شده است.

مطابق شکل ۳-۵ خروجی گرفته شده از نرم افزار را نشان می دهد. در این نمودار محور قائم سرعت جریان و محور افقی سطح مقطع عرضی دهانه کانال را نشان می دهد. در این شکل نقاط مهمی جهت تحلیل و بررسی انتخاب شده است که در ادامه به بررسی و ارزیابی آن ها و نحوه عملکرد نمودار پرداخته شده است.



شکل (۳-۵)، نمودار پایداری خورموسی خروجی از نرم افزار CEA

مطابق شکل خط قرمز رنگ نشان دهنده خط تعادلی در خورموسی می باشد که در نقاط A و B سرعت $1/50$ و $1/80$ متر بر ثانیه را در بر می گیرد. بر این اساس در محدوده (A-D)؛ سرعت جریان در حال کاهش بوده که همین عامل صلی نشست رسوبات در محل بوده و مساحت مقطع عرضی کانال نیز کم

شده به همین خاطر با کاهش سرعت و سطح مقطع کانال رسوب گذاری در مقطع کانال و بسته شدن مسیر جریان را در پی خواهد داشت.

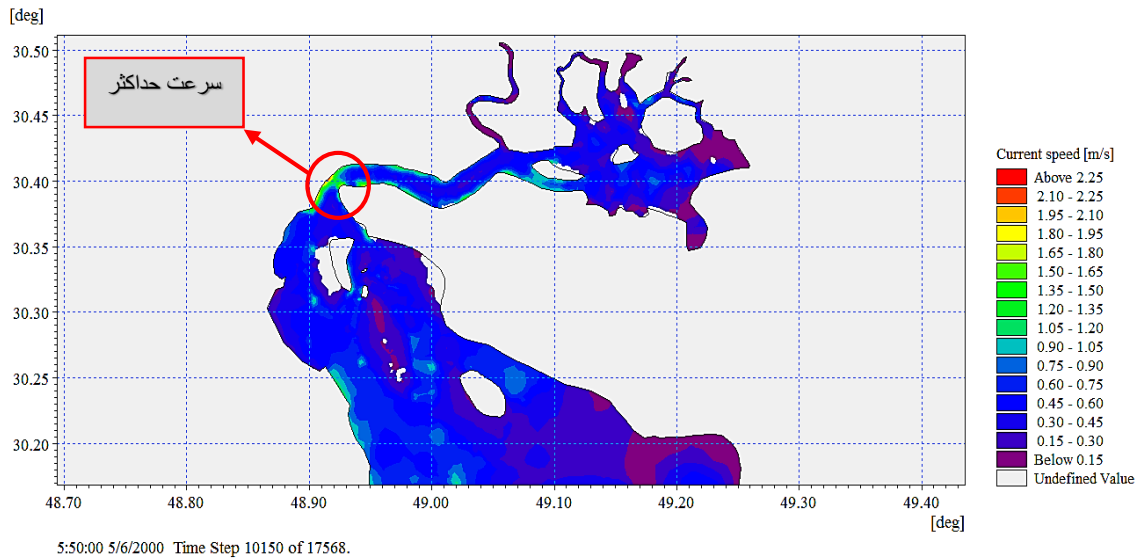
بر این اساس در محدوده (A-C)؛ سرعت جریان دارای بیشترین مقدار بوده و بالاتر از خط بحرانی سرعت یا خط تعادلی سرعت می باشد. این عامل خود به تنهایی کفایت که فرسایش در کانال اتفاق افتاده و با افزایش میزان فرسایش سطح مقطع کانال نیز افزایش پیدا می کند به همین دلیل خور از نقطه A حرکت کرده و به سمت نقطه C حرکت می کند.

بر این اساس در محدوده (C-E)؛ سطح مقطع کانال در این ناحیه به شدت زیاد بوده که خود باعث کاهش در جریان سرعت کانال می شود. کاهش سرعت رسوب گذاری در دهانه ورودی را در پی دارد که با افزایش رسوب گذاری سطح مقطع کانال به تدریج کاهش یافته و سرعت افزایش می یابد تا اینکه خور به سمت نقطه C حرکت نماید.

نقاط A و B نقاط تعادلی بر روی نمودار به حساب می آیند. ولی دارای دو فرق عمده هستند نقطه A همواره ناپایدار به شمار می آید چرا که می تواند با تغییر سرعت و افزایش رسوب گذاری باعث کاهش سطح مقطع جریان شده به نقطه D میل نماید و یا با افزایش سرعت و افزایش سطح مقطع جریان به سمت نقطه C حرکت نماید. اما نقطه D دارای وضعیت همواره پایدار می باشد چرا که در هر صورت وضعیت ورودی به همان نقطه باز خواهد گشت.

بر این اساس با توجه به مساحت مقطع عرضی کانل خورموسی و سرعت جریان حداکثر در کانال که توسط مدلسازی هیدرودینامیک در نرم افزار روش های عددی Mike 21 انجام گرفته است. مطابق شکل ۳-۶ انجام گرفته است، در حدود ۲/۲۰ متر بر ثانیه می باشد.

با رسم خط از محور سرعت و محور مساحت کانال بر منحنی شکل ۳-۵ محل قرارگیری یا وضعیت تعادلی خورموسی در ناحیه B-C می باشد. در این ناحیه خورموسی همواره دارای وضعیتی پایدار بوده ولی به لحاظ تعادلی با نقطه متعادل یعنی نقطه C فاصله دارد و بدین منظور برای رسیدن به این نقطه به سطح مقطع جریانی در حدود $A_c = 61000.00m^2$ نیاز دارد.



شکل (۳-۶)، سرعت حداکثر بدست آمده با مدلسازی خورموسی در نرم افزار Mike 21

۳-۶. جمع بندی

طبقه بندی هیدرودینامیکی خورها به روش تحلیلی و بر اساس ویژگی های ظاهری انجام گرفت که در خورموسی؛ ۱- موانع سدی به دلیل دامنه جزرومدی بالا دیده نمی شود؛ ۲- رسوبات حمل شده از دریا به داخل خور به صورت خطوط موازی هم دیده می شوند؛ ۳- پشته های جزرومدی علاوه بر داخل خور در حاشیه ها دیده می شود؛ ۴- خورموسی تقریباً دارای حالت قیفی شکل می باشد. بنابراین با توجه به موارد مطرح شده دارای خصوصیات خور های جزرومد حاکم بوده و به لحاظ دامنه جزرومدی دارای دامنه جزرومدی بالا می باشد همچنین در طبقه بندی هیدرودینامیکی به روش آماری به کمک شکل ۲-۹ و با استفاده از میانگین رنج جزر و مدی و ارتفاع موج مشخصه، ثابت شد که خورموسی زیر مجموعه ی خور هایی است که دارای جریان جزر و مد حاکم کم، انرژی امواج کم و دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا می باشد. با مقایسه این دو روش در طبقه بندی هیدرودینامیکی خور ها تقریباً جواب های مشابهی بدست آمد، تنها تفاوت در تشخیص دامنه جزر و مدی بالا یا دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا بود از این رو به عنوان جمع بندی از دو روش آماری و تحلیلی، خورموسی زیر مجموعه ی خور های جزر و مدی، دامنه جزر و مد متوسط رو به بالا و امواج با انرژی کم می باشد.

بررسی پایداری خورموسی با دو روش نظری Bruun و نرم افزار تحلیلی CEA انجام گرفت بر این اساس: در روش پایداری Bruun، پایداری دهانه ورودی جزر و مدی خورموسی به کمک پارامتر پایداری Bruun تعیین شد، بر اساس این پارامتر، مطابق جدول ۲-۴ از آنجایی که عدد پایداری برای خورموسی برابر $r = 278.50$ بوده که با شرط $r > 150$ مطابقت می نماید، لذا خورموسی زیر مجموعه خورهای کاملاً پایدار بوده و عملیات فلاشینگ در آن به خوبی صورت می گیرد همچنین این خورها زیر مجموعه ی خورهای با حاکمیت جریان جزر و مدی می باشند.

در بررسی پایداری با استفاده نرم افزار CEA، با بررسی انجام شده مطابق شکل ۳-۵ محل قرارگیری یا وضعیت تعادلی خورموسی در ناحیه B-C می باشد. در این ناحیه خورموسی همواره دارای وضعیتی پایدار بوده ولی به لحاظ تعادلی با نقطه متعادل یعنی نقطه C فاصله دارد و بدین منظور برای رسیدن به این نقطه به سطح مقطع جریانی در حدود $A_c = 61000.00m^2$ نیاز دارد یعنی با کاهش سرعت به $1/80$ متر بر ثانیه و رسیدن به مساحت گفته شده خورموسی به طور کامل پایدار و متعادل خواهد شد، ولی به طور کلی خورموسی بر اساس تحلیل نتایج نرم افزار همواره پایدار بوده و در خصوص تعادل در حالت بین آ بینی قرار دارد که به سمت نقطه تعادلی C میل می نماید. بر این اساس مطابق دو روش خورموسی یک ورودی جزر و مدی کاملاً پایدار می باشد.

مدلسازی و تحلیل نتایج

۴-۱. پیشگفتار

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 درازمدت با صرف هزینه های بسیار و یا استفاده از نرم افزارهای قدرتمند مدلسازی همانند (MIKE (DHI ، Delft 3D و ... بهره برد.

۴-۲. معرفی نرم افزار روش های عددی Mike21

مدل های مختلف ریاضی، اعم از Mike11 ، Mike21 ، Mike3 و ... در این نرم افزار گنجانده شده است. از میان مدل های ریاضی مطرح در جهان در تحلیل پدیده های حاکم بر محیط دریا، مدل ریاضی Mike21 یکی از شناخته ترین آنهاست. این برنامه ی کامپیوتری که توسط انستیتو هیدرولیک دانمارک^{۷۴} و با همکاری انستیتو کیفیت آب^{۷۵} 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 دریا ها می باشد.

این نرم افزار سیستم جامعی برای مدل کردن جریان های آزاد^{۷۶} دوبعدی است که در آنها لایه بندی^{۷۷} جریان سیال قابل 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

⁷⁶ Free Surface Flows

⁷⁷ Stratification

⁷⁴ Danish Hydraulic Institute

⁷⁵ Water Quality Institute

کند. علیرغم اینکه برنامه کامپیوتری Mike21 از مدرن ترین امکانات نرم افزاری بهره گرفته است، بطور پیوسته تحت بازنگری قرار داشته و کاربردهای جدیدتری به آن اضافه می شود.

براساس اعلام انستیتو هیدرولیک دانمارک نرم افزار Mike21 حاصل ۲۹ سال تلاش مداوم برای ایجاد یک سیستم پیشرفته ی مدل کردن ریاضی است که در بیش از ۳۹۹ مورد کاربرد عملی در پروژه های مختلف در سراسر دنیا، بکارگرفته 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 ی رسوب گذاری و فرسایش در سواحل و تعیین نرخ انتقال رسوب می باشد.

این مدل با بهره گیری از ماژول های مختلف، توانایی بررسی پدیده هایی 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 باد های شدید (برکشند طوفان) (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)
- ✓ بررسی اثرات پدیده تفرق امواج با در نظر گرفتن موج طیفی (Spectral Wave Diffraction)
- ✓ انتشار امواج از منطقه آب عمیق به منطقه ساحلی (Near shore spectral Wind-Wave)
- ✓ تعیین مشخصات امواج فراساحل با استفاده از منحنی های هم فشار (Deep Water Wave Characteristics)
- ✓ نوبری در بنادر (Ship Motion)

✓ برآورد نرخ انتقال رسوبات و میزان نهشت و فرسایش در منطقه ساحلی (Longshore sediment)

(transport rate & 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 نوبری و مانور کشتی ها، سازه های دور از ساحل و حتی خطوط لوله در بستر دریاها را فراهم آورد.

مدل ریاضی Mike21 از ماژول های متعددی جهت شبیه سازی پدیده ها استفاده می نماید که از نظر موضوعی به شرح زیر قابل دسته بندی می باشند:

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

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

✓ ماژول هیدرودینامیک (Hydrodynamic Module)

۲. هیدرولیک محیط زیست " Environmental Hydraulics "، این بخش هرچیزی 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 " Waves "، 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 بکار گرفته می شود.

✓ ماژول امواج بوسینیسک (Boussinesq wave)

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

✓ ماژول انتقال مواد ماسه (Sand Transport Module)

✓ ماژول انتقال گل (Mud Transport Module)

۴-۲-۱. معرفی ماژول Flow Model FM

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

✓ ماژول هیدرودینامیک (HD)

✓ ماژول نقل و انتقالات دریایی

✓ ماژول مدل سازی آزمایشگاهی

✓ ماژول انتقال گل و لای (MT)

✓ ماژول انتقال ماسه (ST)

۴-۲-۱-۱. ماژول هیدرودینامیک (HD)

ماژول هیدرودینامیک (HD)، تغییرات سطح آب و جریان در واکنش به نیروهای مختلف در محیط های دریایی را نشان می دهد. معادلات این ماژول به صورت متداول در حالت سه بعدی بیان می شود ولی معادلات برای جریان دو بعدی، با انتگرال گیری معادلات بر روی اعماق بدست می آید. معادلات بقای جرم و مومنتم به عنوان معادلات حاکم در این ماژول می باشد که در معادلات (۴-۱ تا ۴-۳) آورده شده است. در این ماژول جهت حل معادلات از روش تفاضل محدود استفاده شده است. در این روابط h عمق آب، t زمان، X و Y مختصات دکارتی در حالت دو بعدی، f ضریب اصطکاک باد، k تغییرات تراز

آب، C ضریب شزی، P_a فشار هوا، P_w جرم حجمی آب، U و V سرعت متوسط عمقی در جهات مختلف، p و q دانسیته شار در جهت های مختلف می باشند.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (1-4)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \gamma \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] - \omega q - f v v_x + h \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{p_a}{p_w} \right] = 0 \quad (2-4)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \gamma \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] - \omega p - f v v_y + h \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{p_a}{p_w} \right] = 0 \quad (3-4)$$

۳-۴. مدل سازی نرم افزار

خورموسی در طبقه بندی خورها مطابق فصل ۳ زیر مجموعه خورهای جزر و مدی به حساب می آید از این روی برای مدل سازی این خور از ماژول Flow Model (FM) برای بررسی عملکرد هیدرودینامیکی و تغییرات مورفولوژیکی استفاده شده است. روش کار بدین شکل است که دو مدل ساخته شده: ۱- مدل بزرگ مقیاس (گلوبال)^{۷۸} و ۲- مدل کوچک مقیاس (محلی)^{۷۹} با ساخت و خروجی گرفتن از مدل گلوبال شرایط مرزی مدل محلی بدست می آید.

۴-۴. داده های ورودی

در کلیه پروژه های مدل سازی اعم از هواشناسی، هیدرولیکی، امواج و جریان های دریایی، رسوب گذاری و ... دقت نتایج رابطه مستقیمی با دقت ورودی های مدل دارد. داده های ورودی مدل های محلی و بزرگ مقیاس در این مدل سازی شامل موارد زیر می باشد:

✓ داده های هیدروگرافی (ژرفاسنجی)

✓ داده های مربوط به هندسه مرزهای مدل

✓ داده های تغییرات تراز آب دریا

✓ داده های باد

✓ داده های مربوط به شرایط مرزی در مرزهای مدل

۴-۴-۱. مدل بزرگ مقیاس

مدل بزرگ مقیاس از دریای عمان محدوده خلیج چابهار شروع شده و تا انتهای خلیج فارس را در بر می گیرد. در ادامه به معرفی مدل بزرگ مقیاس، داده های ورودی، کالیبراسیون مدل بزرگ مقیاس و اجرای مدل نهایی ارائه شده است. در شکل ۴-۱ با توجه به تصویر دریافتی از Google Earth محدوده مدل بزرگ مقیاس قابل مشاهده است.

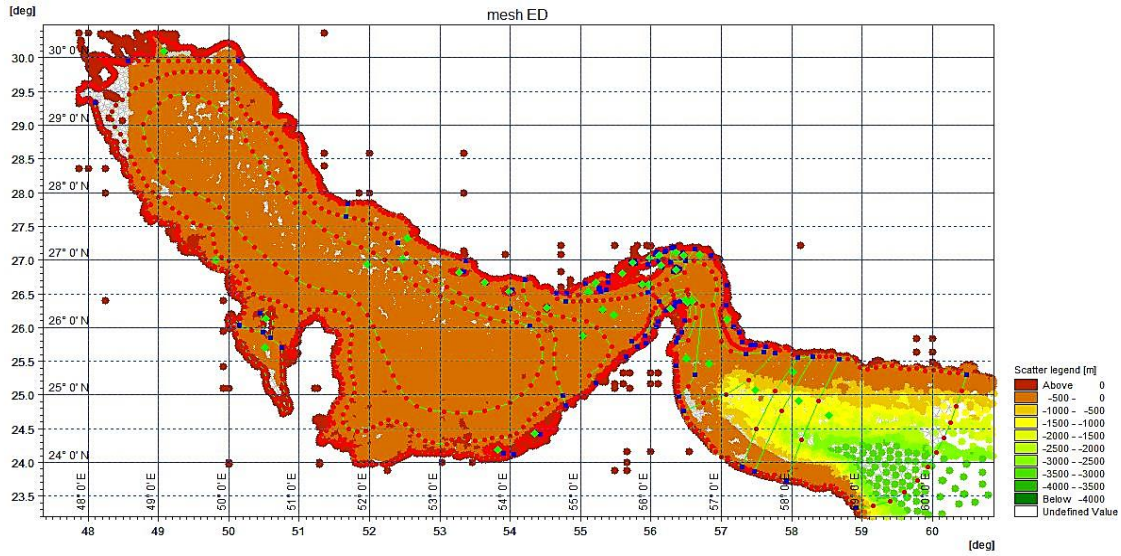


شکل (۴-۱)، محدوده مدل بزرگ مقیاس (Google Earth)

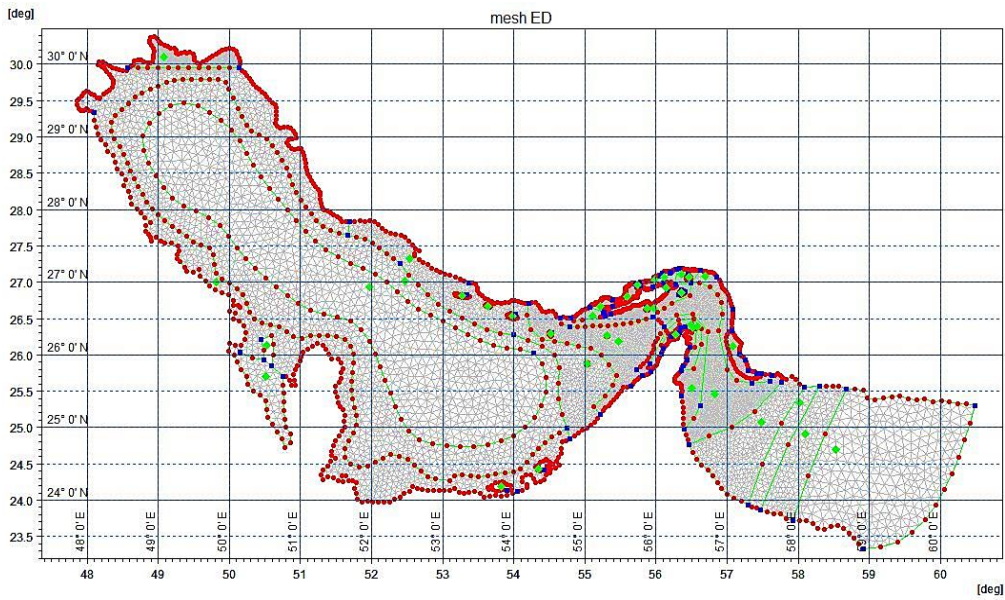
۴-۴-۱-۱. داده های مدلسازی مدل بزرگ مقیاس

الف. داده های هیدروگرافی: داده های هیدروگرافی دریای عمان و خلیج فارس مطابق شکل ۴-۲ قابل مشاهده هست، همچنین فایل مش ساختار نیافته^{۸۰} (مش مثلثی) مدل بزرگ مقیاس مطابق شکل ۴-۳ و هیدروگرافی نهایی که به عنوان ورودی به نرم افزار داده می شود مطابق شکل ۴-۴ می باشد.

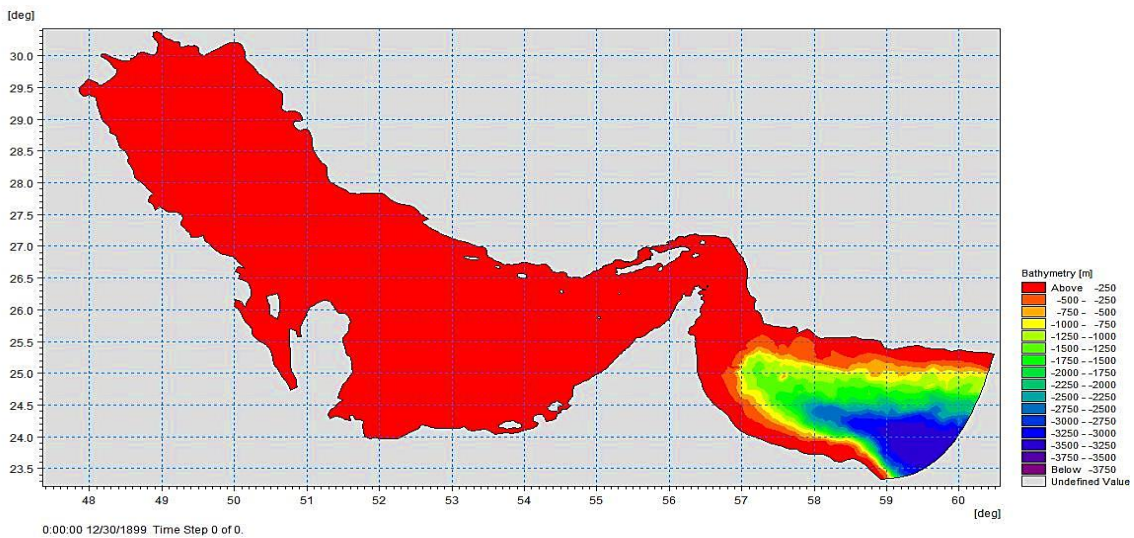
⁸⁰ Unstructured Mesh



شکل (۲-۴)، داده های هیدروگرافی مدل بزرگ مقیاس

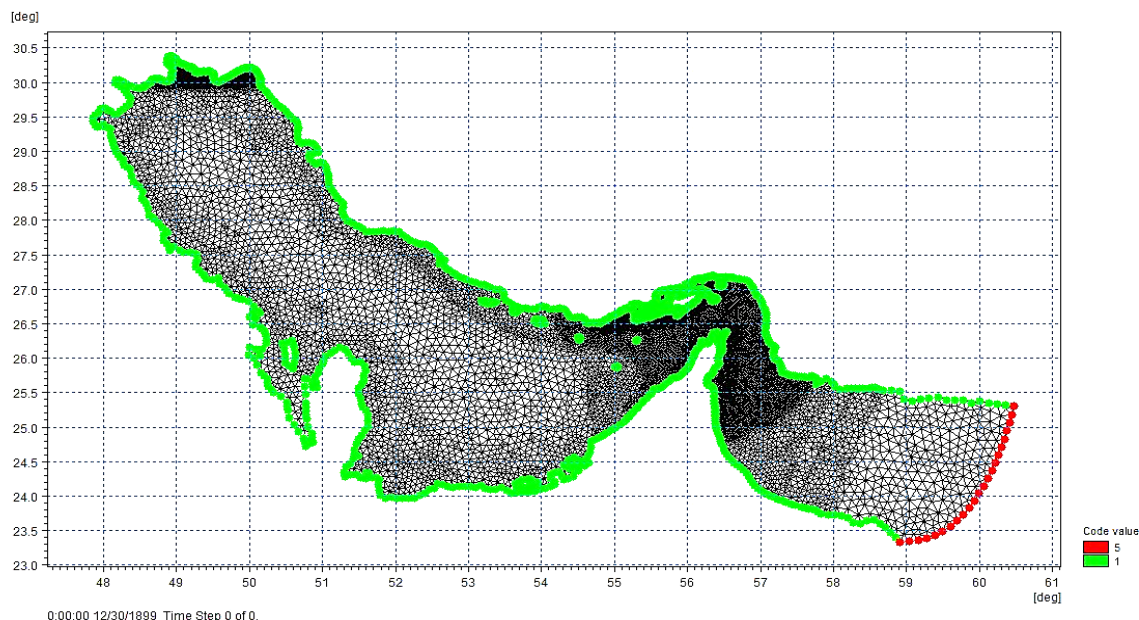


شکل (۳-۴)، مش بندی مثلثی مدل بزرگ مقیاس



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

ب. هندسه مرز مدل و داده ها مرز ورودی: مدل بزرگ مقیاس مطابق شکل ۴-۵ دارای دو مرز به شماره کد های ۱ و ۵ می باشد که مطابق جدول ۴-۱ هر کد بیانگر ویژگی آن می باشد.



شکل (۴-۵)، مرز های مدل بزرگ مقیاس

جدول (۴-۱)، معرفی ویژگی مرزها

Code 1	Land (Zero Normal Velocity)
Code 5	Specified Level (Varying in time, constant along Boundary)

ج. داده های تغییرات تراز آب دریا: این داده به دویخش داده ورودی و داده های صحت سنجی مدل تقسیم می شوند. این داده ها سری زمانی با فرمت dfs0. بوده که به فواصل زمانی ۳۰۰ ثانیه و به مدت یکسال اندازه گیری شده است که همگی مربوط به سال ۲۰۰۰ میلادی می باشند. داده ورودی نرم افزار، ایستگاه سنجش تغییرات تراز آب دریا در منطقه خلیج چابهار است که به کد شماره ۵ وارد می شود همچنین از داده ایستگاه های؛ بندر جاسک، بندر شهید رجایی، بندر بوشهر و خورموسی برای کالیبراسیون (صحت سنجی) مدل استفاده شده است. مطابق شکل ۴-۶ که از Google Earth تهیه شده است، محل ایستگاه ها و مختصات جغرافیایی آن ها در جدول ۴-۲ مشاهده می شود.

جدول (۴-۲)، مختصات جغرافیایی ایستگاه های جزر و مدی

ایستگاه تغییرات تراز آب دریا	طول جغرافیایی (درجه) ^{۸۱}	عرض جغرافیایی (درجه) ^{۸۲}
بندر چابهار	۶۰/۶۱۶۷	۲۵/۲۸۳۳
بندر جاسک	۵۷/۷۶۶۷	۲۵/۶۵۰۰
بندر شهید رجایی	۵۶/۰۶۶۷	۲۷/۱۰۰۰
بندر بوشهر	۵۰/۸۳۳۳	۲۸/۹۸۳۳
خور موسی	۳۰/۰۰۰۰	۴۹/۰۵۰۰



شکل (۴-۶)، محل ایستگاه های جزر و مدی (Google Earth)

د. میدان باد: برای اینکه اثر خیزاب ناشی از باد قوس خلیج فارس در مدل محلی دیده شود نیاز است تا میدان باد به عنوان داده ورودی در مدل وارد شود این میدان باد از وبسایت ECMWF^{۸۳}، مرکز اروپایی پیش بینی میان برد آب و هوا استخراج می شود که داده آن مربوط به سال ۲۰۰۰ میلادی و با فرمت dfs2 بوده که برای بررسی الگوی جریان دارای پارامترهای سرعت U_{10} و V_{10} در ارتفاع ۱۰ متری از سطح آب به همراه میانگین فشار سطح آب^{۸۴} می باشند.

⁸³ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

⁸⁴ Mean Sea Level Pressure

⁸¹ Longitude

⁸² Latitude

۴-۱-۲. کالیبراسیون و اجرای نهایی مدل بزرگ مقیاس

برای کالیبراسیون مدل بزرگ مقیاس از ضریب مقاومت بستر ($1/n$)^{۸۵} (معکوس ضریب مانینگ^{۸۶}) استفاده شده است، بدین شکل که با اجرای مدل هیدرودینامیک در ایستگاه های گفته شده در بخش قبل، با تغییر ضریب مقاومت بستر در نرم افزار از مدل خروجی سری زمانی تغییرات تراز آب دریا گرفته شد با مقایسه سری زمانی تغییرات تراز آب خروجی مدل سازی و داده های اندازه گیری شده میزان هم پوشانی داده ها در نمودار با تغییر ضریب مقاومت بستر مشخص شده 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:

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - x_i)^2} \quad \text{جذر متوسط مربع خطاها:}$$

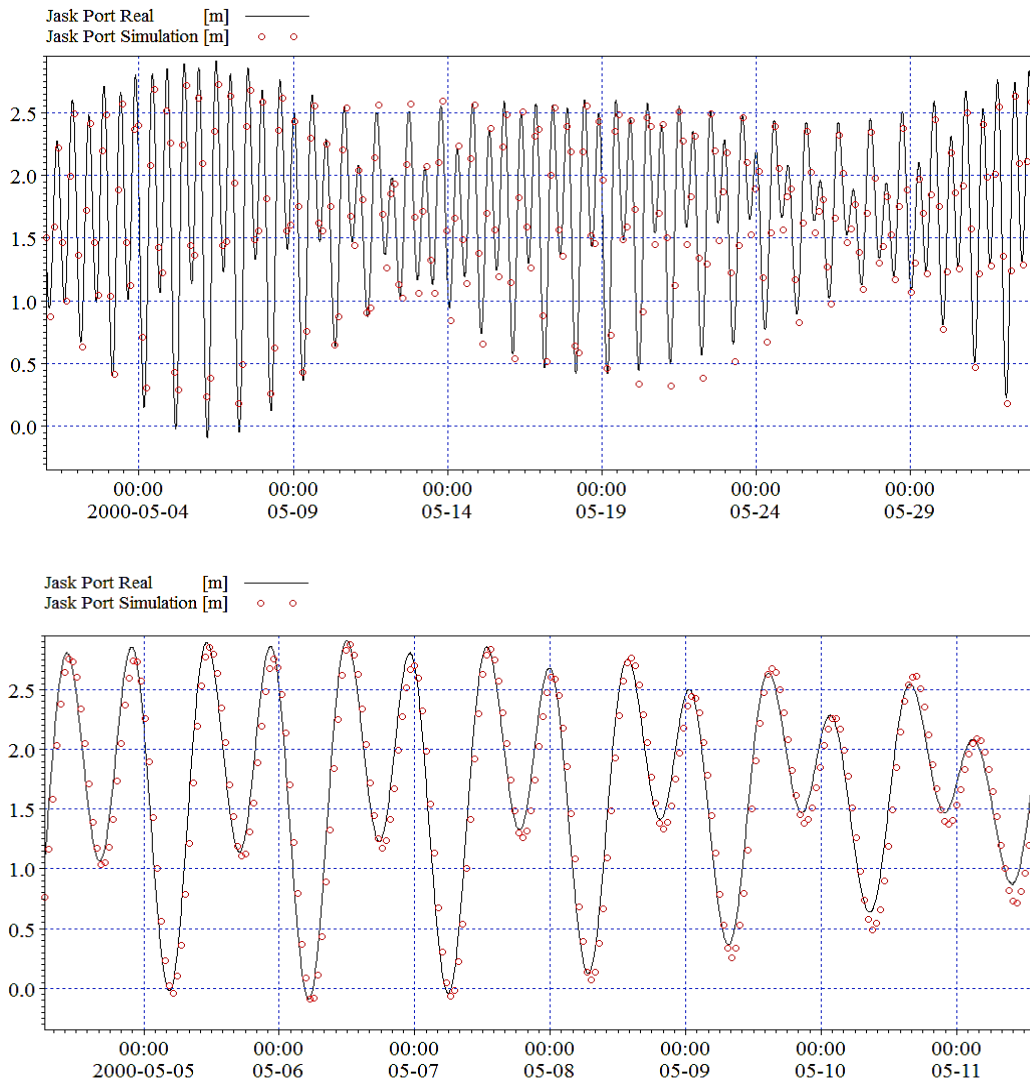
$$ERROR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - x_i|}{x_i} \cdot 100 \quad \text{درصد خطا:}$$

در این روابط آماری، X سری آماری نتایج اندازه گیری، Y سری آماری نتایج پیش بینی شده و \bar{X} و \bar{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 ۳-۴، در هر ایستگاه دقت داده با ضریب بهینه مقاومت بستر مشاهده می شود.

جدول (۳-۴)، مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل بزرگ مقیاس

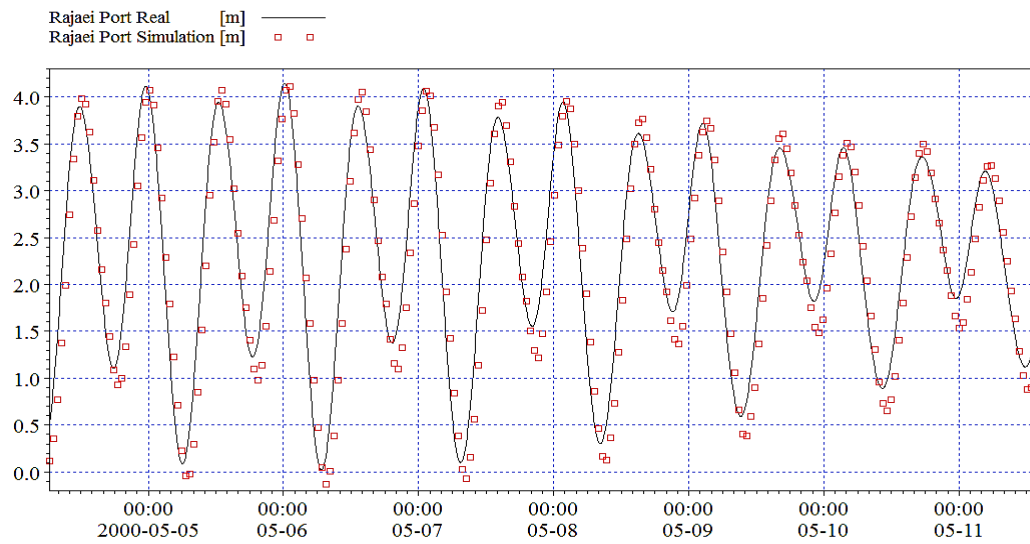
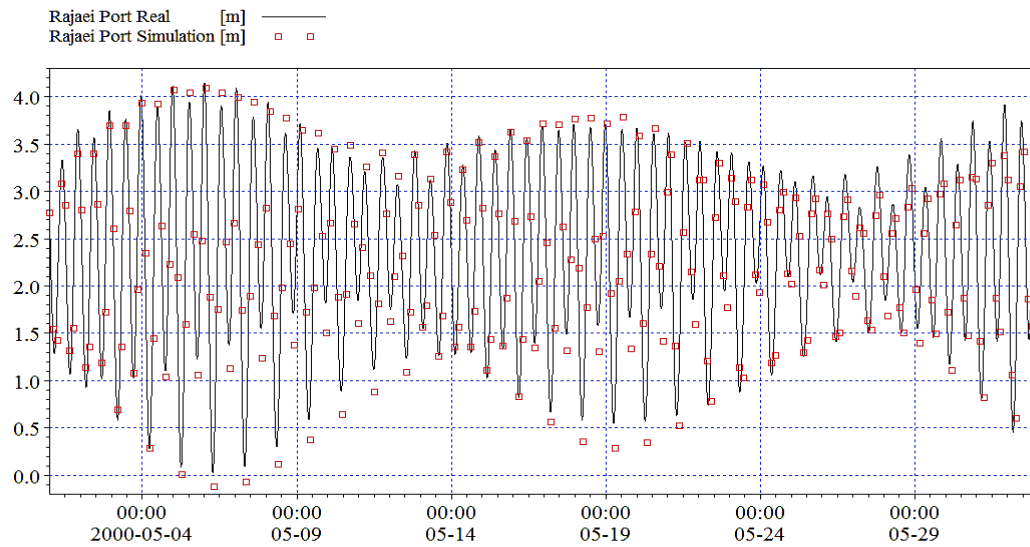
ایستگاه تغییرات تراز آب	ضریب $1/n$ ($m^{1/3}/\text{Sec}$)	CC%	RMSE(m)	ERROR%
بندر جاسک	۶۸	۹۷/۶۲	۰/۱۴	۷/۵۴
بندر شهید رجایی	۶۸	۹۶/۹۵	۰/۱۹	۱۰/۶۲
بندر پوشهر	۶۷	۹۷/۰۵	۰/۱۲	۸/۱۹
خورموسی	۶۸	۸۹/۰۲	۰/۳۲	۱۵/۷۳

با توجه به شکل ۴-۷ میزان همپوشانی داده های مدل سازی با مشاهداتی بسیار بالا می باشد که با این دقت بالا را نیز پارامترهای آماری در جدول ۴-۳ نشان داده است البته برای مقایسه به دلیل روند یکسان تغییرات تراز آب دریا فقط ماه پنجم میلادی به عنوان نماینده یک سال انتخاب شده است. بر این اساس:



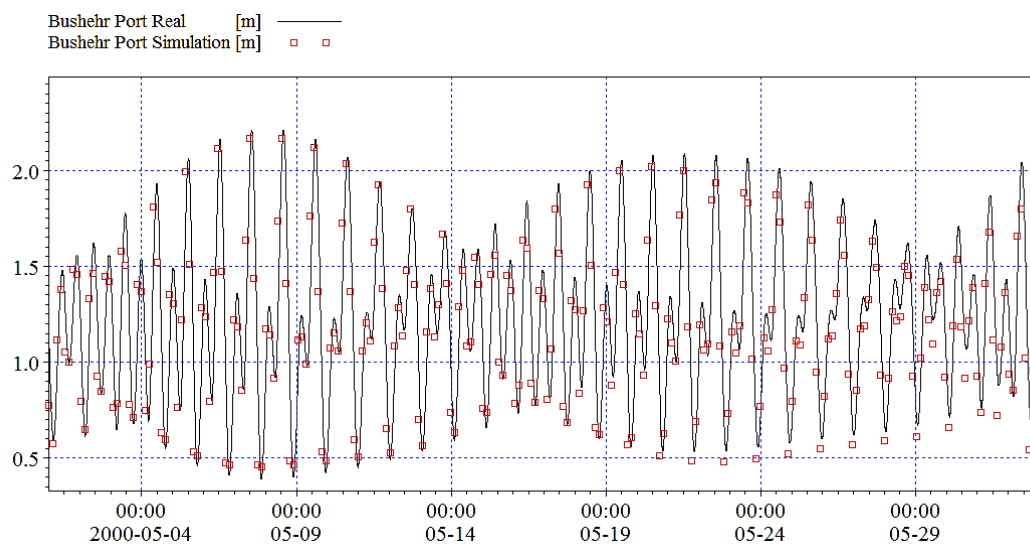
(الف)

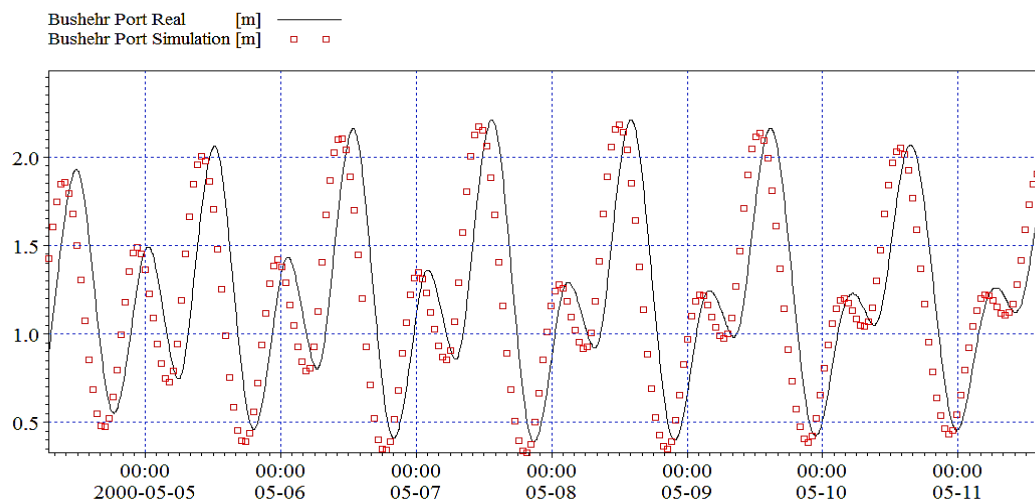
شکل (۴-۷)، مقایسه تغییرات تراز جزر و مدی داده های مشاهداتی و مدل سازی تغییرات تراز الگوی جزر و مدی در ماه می سال ۲۰۰۰، الف. بندر جاسک، ب. بندر شهید رجایی، پ. بندر بوشهر، ت. خور موسی



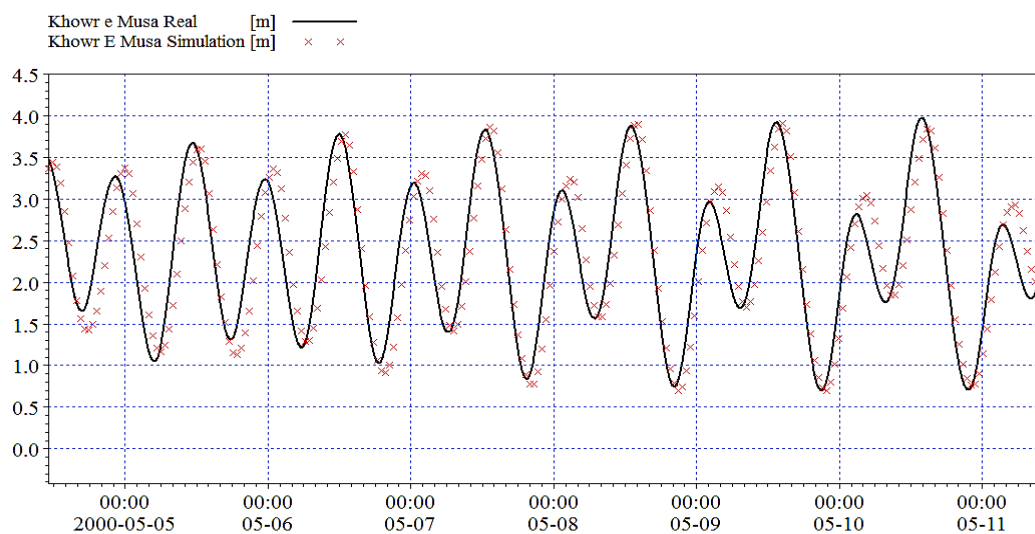
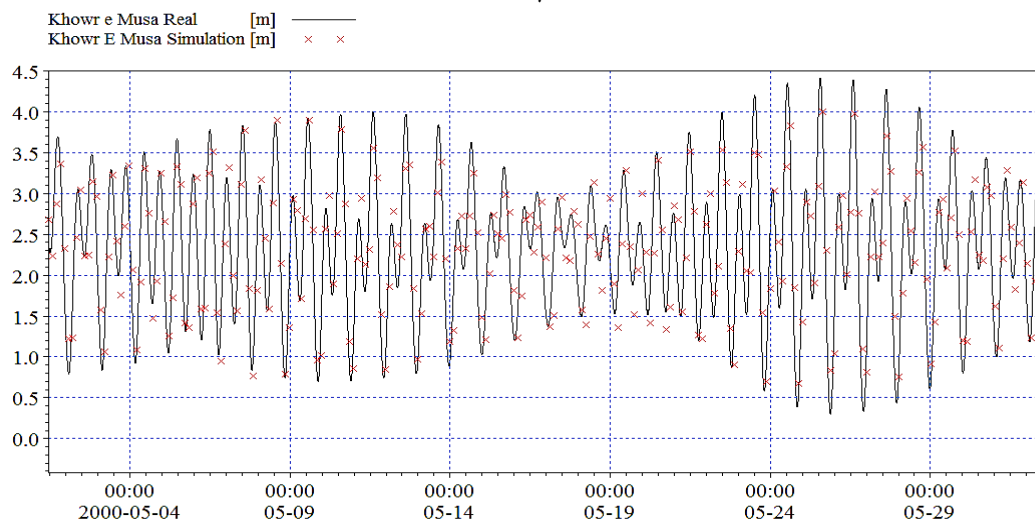
(ب)

شکل (۴-۷)، مقایسه تغییرات تراز جزر و مدی داده های مشاهداتی و مدلسازی تغییرات تراز الگوی جزر و مدی در ماه می سال ۲۰۰۰، الف. بندر جاسک ، ب. بندر شهید رجایی، پ. بندر بوشهر، ت. خورموسی (ادامه)





(پ)



(ت)

شکل (۴-۷)، مقایسه داده های مشاهداتی و مدلسازی تغییرات تراز الگوی جزر و مدی در ماه می سال ۲۰۰۰، الف. بندر جاسک ، ب. بندر شهید رجایی، پ. بندر بوشهر، ت. خورموسی (ادامه)

مطابق جدول ۳-۴ و شکل ۷-۴ همانگونه که مشاهده می شود با ضریب مقاومت بستر ۶۸ داده های مدلسازی و مشاهداتی دارای بیشترین همپوشانی و دقت در مقایسه با سایر ضرایب می باشند، که بر این اساس با توجه به حصول اطمینان از صحت عملکرد مدل بزرگ مقیاس، مدل نهایی با گرفتن خروجی از تغییرات تراز آب در مرز مدل محلی تمام شده است.

۲-۴-۴. مدل محلی

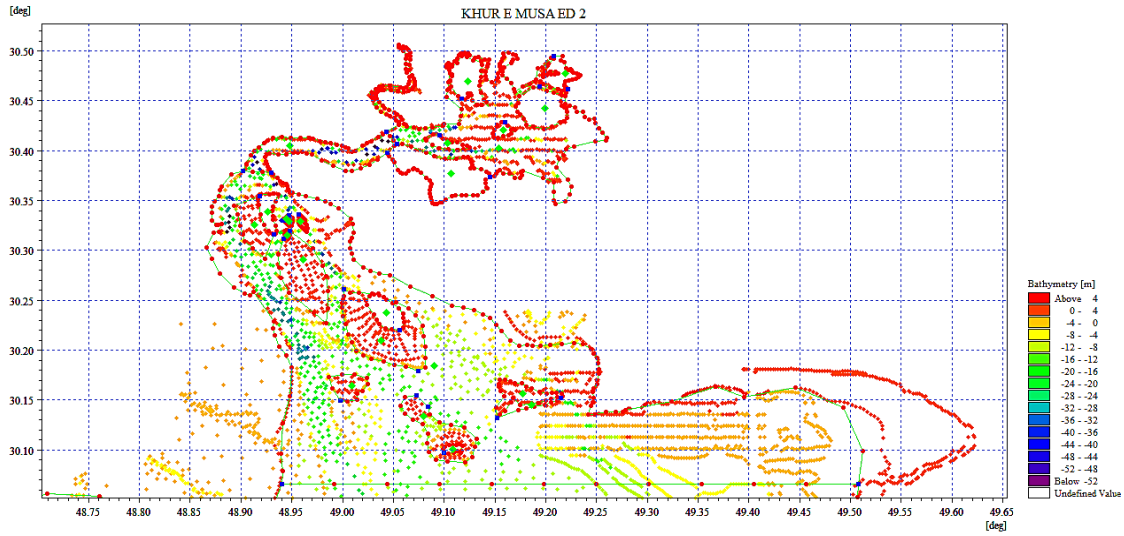
محدوده مدل محلی خورموسی جهت مدلسازی مطابق شکل ۸-۴ با توجه به تصویر دریافتی از Google Earth، دیده می شود که داده تغییرات تراز آب دریا به صورت خروجی از مدل بزرگ مقیاس در مرز مدل محلی وارد می شود. در ادامه داده های ورودی در مدل محلی، کالیبراسیون مدل محلی و سناریو های مورد بررسی بیان شده است.



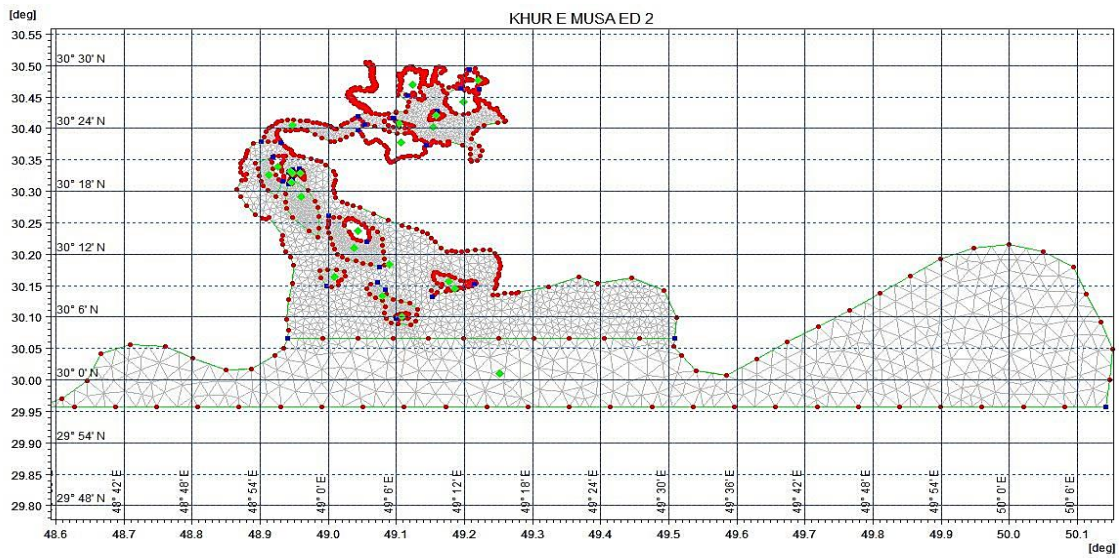
شکل (۸-۴)، محدوده مدل محلی خورموسی جهت مدلسازی (Google Earth)

۱-۲-۴-۴. داده های مدلسازی مدل محلی

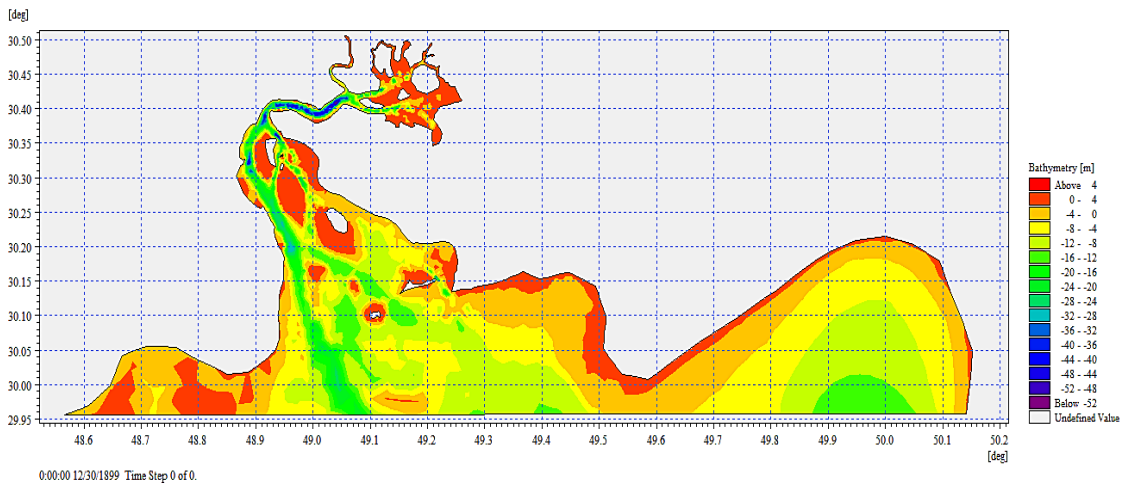
الف. داده های هیدروگرافی: داده های هیدروگرافی منطقه خورموسی و بندر امام خمینی مطابق شکل ۹-۴ قابل مشاهده هست، همچنین فایل مش ساختار نیافته (مش مثلثی) مدل بزرگ مقیاس مطابق شکل ۱۰-۴ و هیدروگرافی نهایی به عنوان ورودی نرم افزار داده مطابق شکل ۱۱-۴ می باشد.



شکل (۴-۹)، داده های هیدروگرافی مدل محلی خور موسی

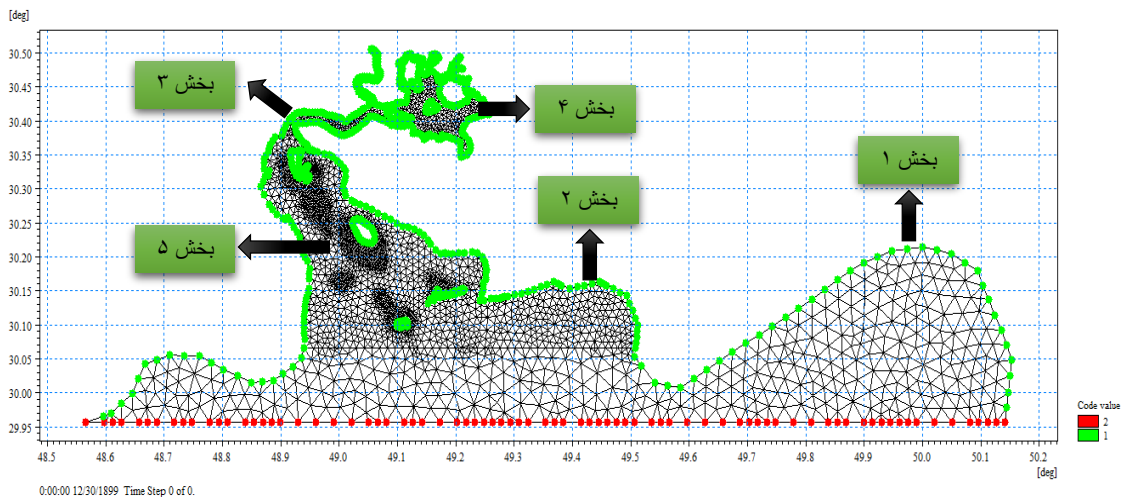


شکل (۴-۱۰)، مش بندی مثلثی مدل محلی خور موسی



شکل (۴-۱۱)، هیدروگرافی نهایی برای مدل سازی

ب. هندسه مرز مدل و داده ها مرز ورودی: مدل محلی مطابق شکل ۴-۱۲ دارای دو مرز به شماره کد های ۱ و ۲ می باشد که مطابق جدول ۴-۴ هر کد بیانگر ویژگی آن می باشد.



شکل (۴-۱۲)، مرز های مدل محلی

جدول (۴-۴)، معرفی ویژگی مرزها مدل محلی

Code 1	Land (Zero Normal Velocity)
Code 2	Specified Level (Varying in time, constant along Boundary)

ج. داده های تغییرات تراز آب دریا: این داده به دوبرخش داده ورودی و داده صحت سنجی مدل محلی تقسیم می شود. این داده ها سری زمانی با فرمت dfs0 بوده که به فواصل زمانی ۳۰۰ ثانیه و به مدت یکسال اندازه گیری و خروجی گرفته شده است که همگی مربوط به سال ۲۰۰۰ میلادی می باشند.

داده ورودی مدل محلی، بر اساس بخش ۴-۴-۱ از مدل بزرگ مقیاس خروجی گرفته شده است که به عنوان ورودی داده تغییرات تراز آب دریا به مرز مدل محلی یعنی کد ۲ وارد شده است. همچنین برای کالیبراسیون (صحت سنجی) مدل محلی از داده ایستگاه سنجش تغییرات تراز آب دریا در خورموسی که داخل مرز مدل قرار گرفته و در بخش ۴-۴-۱ مربوط به مدل بزرگ مقیاس مشخصات ایستگاه خورموسی ذکر شده است.

۴-۲-۲. حساسیت سنجی و کالیبراسیون مدل محلی

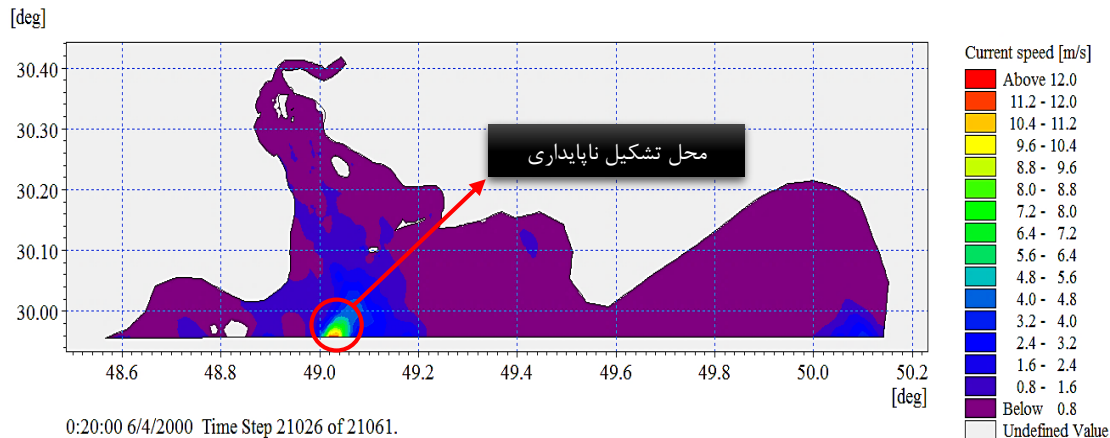
الف. حساسیت سنجی ابعاد مش: برای حساسیت سنجی مدل محلی ابتدا با درشت ترین مش مثلثی ممکن، مدل محلی اجرا می شود این کار در ابتدا برای سنجش حساسیت مدل نسبت به ابعاد مش می باشد. که ابعاد مش به شکل پلکانی کم شده تا به اندازه مشی رسیده که اولاً مدل ناپایدار نشود ثانیاً اختلاف زیادی در مقایسه خروجی دیده نشود این روش ریچاردسون نام دارد. مطابق شکل ۴-۱۲ بخش بندی نشان داده شده در مدل محلی نشان داده شده است بر این اساس مطابق جدول ۴-۵ تغییرات ابعاد مش و ابعاد نهایی که واحد آن بر حسب deg^2 می باشد، مشاهده می شود همچنین در سیستم جغرافیایی هر درجه روی تغییر روی کره زمین معادل ۱۰۰ کیلومتر می باشد.

جدول (۴-۵)، حساسیت سنجی مش ها

<i>Final</i>	<i>Rough</i> 16	<i>Rough</i> 8	<i>Rough</i> 4	<i>Rough</i> 2	<i>Rough</i>	منطقه بندی
0.0004	0.0005	0.001	0.002	0.004	0.008	بخش ۱
0.00008	0.000125	0.00025	0.0005	0.001	0.002	بخش ۲
0.000015	0.0000625	0.000125	0.00025	0.0005	0.001	بخش ۳
0.000025	0.00009375	0.0001875	0.000375	0.00075	0.0015	بخش ۴
0.00001	0.0000625	0.000125	0.00025	0.0005	0.001	بخش ۵

در ابتدا قبل از آنالیز حساسیت مدلسازی ای انجام گرفت که در طول اجرا، ناپایداری در نزدیکی مرز ورودی مدل به وجود می آمد. ابعاد مش خصوصاً در بخش ۱ که ورودی مدل محسوب می شود نسبتاً ریز به شمار می آمد به عنوان مثال شکل شماره ۴-۱۳ این ناپایداری را نشان می دهد. در این حالت سرعت جریان در محل نشان داده شده به عدد ۱۵ متر بر ثانیه می رسد که این یک ناپایداری محسوب می گردد. البته در ابتدا پس اینکه مدل ناپایدار شد حدس بر این بود که ممکن است مرض راست باعث ایجاد ناپایداری شده باشد به این دلیل که ابتدا و انتهای مرز بر مرز زمین عمود نیست با این حال مرز به حالت منحنی با وضعیت عمود بر خط زمین ساخته شد که باز هم مدل در همان ناحیه دچار ناپایداری شد، از این رو با درشت کردن ابعاد مش مشخص شد که ناپایداری به تدریج کم شده و در نهایت از بین

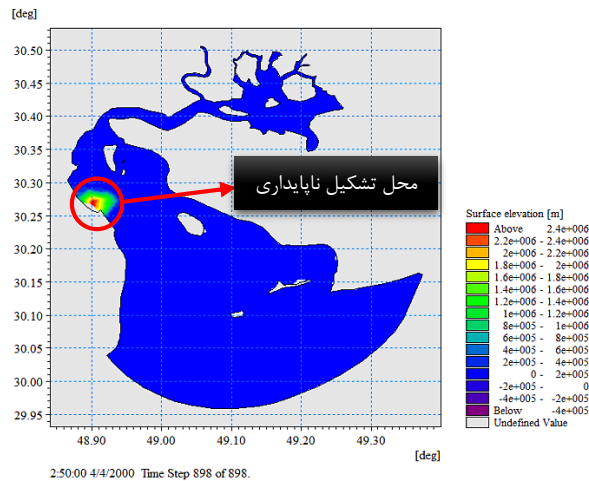
می رود بر این اساس آنالیز حساسیت مطابق جدول ۴-۵ انجام گرفت که ابعاد مناسب مش جهت جلوگیری از ناپایداری مدل صورت گیرد. بر این اساس مرز راست به عنوان مرز نهایی انتخاب شد.



شکل (۴-۱۳)، مدل ناپایدار در خورموسی

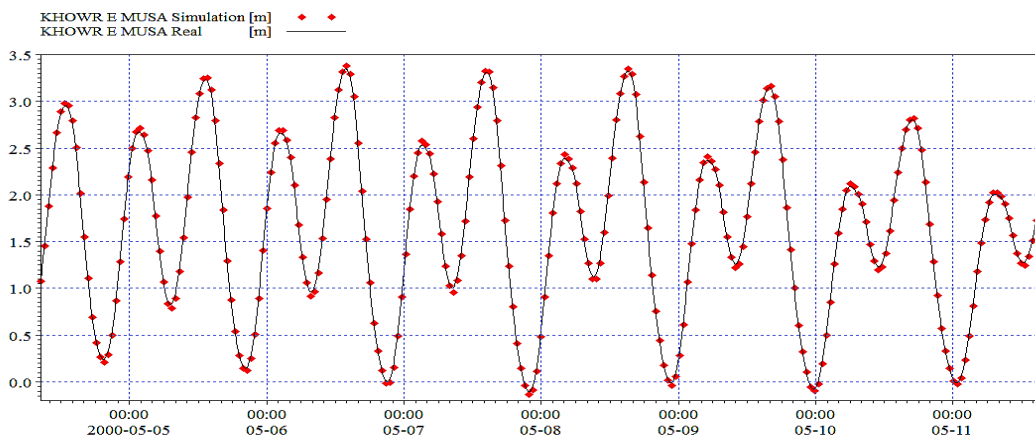
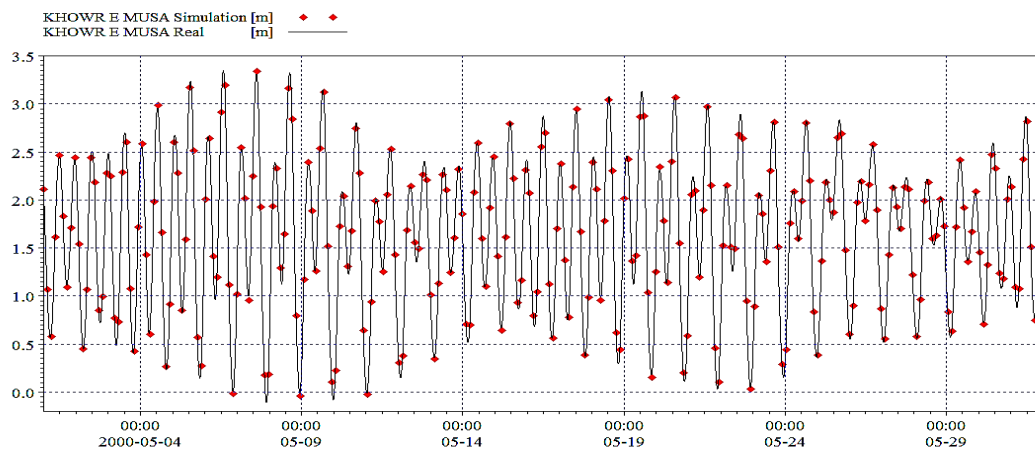
ب. کالیبراسیون مدل محلی: برای کالیبراسیون مدل محلی از تغییر پارامترهای ضریب مقاومت بستر یا همان معکوس پارامتر مانینگ ($1/n$) و تغییر پارامتر لزجت گردابه ای^{۸۷} استفاده شد بدین شکل که ۳۶ مدل با تغییر این پارامترها اجرا شد البته این ۴۲ مدل در هر دو حالت مرز منحنی و مرز راست انجام شد که در مجموع ۸۴ حالت با بزرگترین اندازه مش برای تایید صحت مدل محلی اجرا صورت گرفت. در تمامی این اجراها مدل با مرز منحنی به دلیل اینکه نقطه کنترل یعنی ایستگاه تراز سنج خورموسی در نزدیکی مرز قرار می گرفت به این دلیل نتایج تغییراتی را نمایش نمی دادند از این رو این مدل پس از بررسی کامل در خصوص تغییر پارامترها کنار گذاشته و مدل مرز راست استفاده شد ولی نکته ای که وجود دارد، مدل با مرز منحنی و راست نسبت به برخی تغییرات مربوط به پارامترها حساسیت شدیدی از خود نشان می دادند و مدل به سرعت ناپایدار می شد. مجموعه پارامترهای ناپایدار کننده بیان شده است. نمونه ای از ناپایداری در مدل با مرز منحنی در شکل ۴-۱۴ قابل مشاهده است.

⁸⁷ Eddy Viscosity



شکل (۴-۱۴)، نمونه مدل ناپایدار در مرز منحنی با تغییرات در پارامترهای مقاومت بستر و لزجت گردابه ای

با مقایسه داده های مدل سازی و مشاهداتی در مرحله کالیبراسیون مشخص شد که ضریب عکس العمل بستر ۶۸ و لزجت آشفتگی ۰,۲۸ بهترین همپوشانی داده ها را دارد. مطابق شکل ۴-۱۵ همپوشانی داده های تغییرات تراز آب در ایستگاه تراز سنج خورموسی در دو حالت مدل سازی و اندازه گیری مشاهده می شود.



شکل (۴-۱۵)، مقایسه داده های تغییرات تراز آب اندازه گیری و مدل سازی در محل خورموسی

۴-۲-۳. سناریوهای اجرای مدل محلی خورموسی

در این پایان نامه سه سناریو مطابق جدول ۴-۶ برای تحقیق و بررسی لحاظ شده است که به دو بخش ماژول هیدرودینامیک (Hydrodynamic) و مورفولوژی رسوب چسبنده (Mud Transport) تقسیم می شود که در هر کدام سه سناریو گفته شده بررسی شده و در ادامه به تحلیل و بررسی نتایج پرداخته شده است.

جدول (۴-۶)، سناریو های اجرای مدلسازی

سناریو	نماد سناریو	توضیحات
۱	<i>No RSLR</i>	در این سناریو بدون در نظر گرفتن افزایش نسبی سطح آب دریاها و با در نظر گرفتن شرایط مرزی در مدل محلی مدل در دو حالت تغییرات هیدرودینامیک و مورفولوژی و انتقال رسوب چسبنده انجام می شود و در نهایت تحلیل و بررسی نتایج صورت می گیرد.
۲	<i>RSLR IPCC_L</i>	در این سناریو با در نظر گرفتن حداقل ۲۰ سانتیمتر، میانگین افزایش نسبی سطح آب دریاها در این حالت ((میانگین کمترین افزایش نسبی سطح آب دریاها از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۱۰۰)) و با در نظر گرفتن شرایط مرزی در مدل محلی مدل در دو حالت تغییرات هیدرودینامیک و مورفولوژی و انتقال رسوب چسبنده انجام می شود.
۳	<i>RSLR IPCC_H</i>	در این سناریو با در نظر گرفتن حداکثر ۷۰ سانتیمتر، میانگین افزایش نسبی سطح آب دریاها در این حالت ((میانگین بیشترین افزایش نسبی سطح آب دریاها از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۱۰۰)) و با در نظر گرفتن شرایط مرزی در مدل محلی مدل در دو حالت تغییرات هیدرودینامیک و مورفولوژی و انتقال رسوب چسبنده انجام می شود.

۴-۵. تحلیل و بررسی نتایج مدلسازی

۴-۵-۱. تحلیل نتایج ماژول هیدرودینامیک (Hydrodynamic Module)

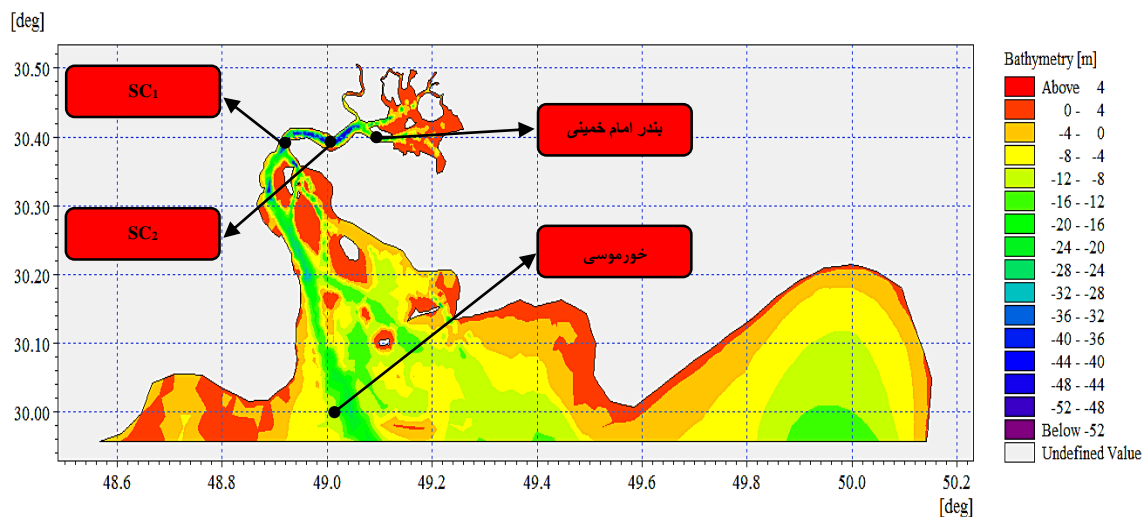
در این بخش به بررسی تغییرات ترازوی الگوی جریان جزر و مد در ایستگاه های خورموسی، بندر امام خمینی(ره)، SC₁ و SC₂ مطابق سناریو ها پرداخته شده است که در جدول ۴-۷ مختصات جغرافیایی و شکل ۴-۱۶ موقعیت ایستگاه ها نشان داده شده است. در ادامه تغییرات سرعت در ایستگاه های گفته شده بر اساس سناریو ها بررسی شده، سپس با بررسی ایستگاه خورموسی وضعیت خور به لحاظ حاکم

بودن جریان جزر^{۸۸} یا جریان مد^{۸۹} مشخص شده است و در نهایت تحلیلی بر این مساله که آیا با حرکت از ایستگاه ترازسنج خورموسی به سمت انتهای خور و بندر امام خمینی (ره) جزر و مد از حالت نیم روزانه به روزانه تغییر خواهد کرد یا خیر.

در بررسی سطحی جریان نیز به بررسی الگوی جریان در نقاط مد و جزر Spring Tide در سه سناریو بیان شده پرداخته شده است سپس به بررسی تغییر سطوح یا پشته های شکل گرفته در دلتای جزر خورموسی در ناحیه جزر Spring Tide پرداخته شده است.

جدول (۴-۷)، مشخصات ایستگاه های مورد بررسی در مدل محل خورموسی

ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)
خورموسی	۳۰/۰۰	۴۹/۰۵
بندر امام خمینی (ره)	۳۰/۴۰	۴۹/۰۸
S.C ₁	۳۰/۳۹	۴۸/۹۱
S.C ₂	۳۰/۳۹	۴۹/۰۰



شکل (۴-۱۶)، نمایش ایستگاه های مورد بررسی در مدل محلی خورموسی

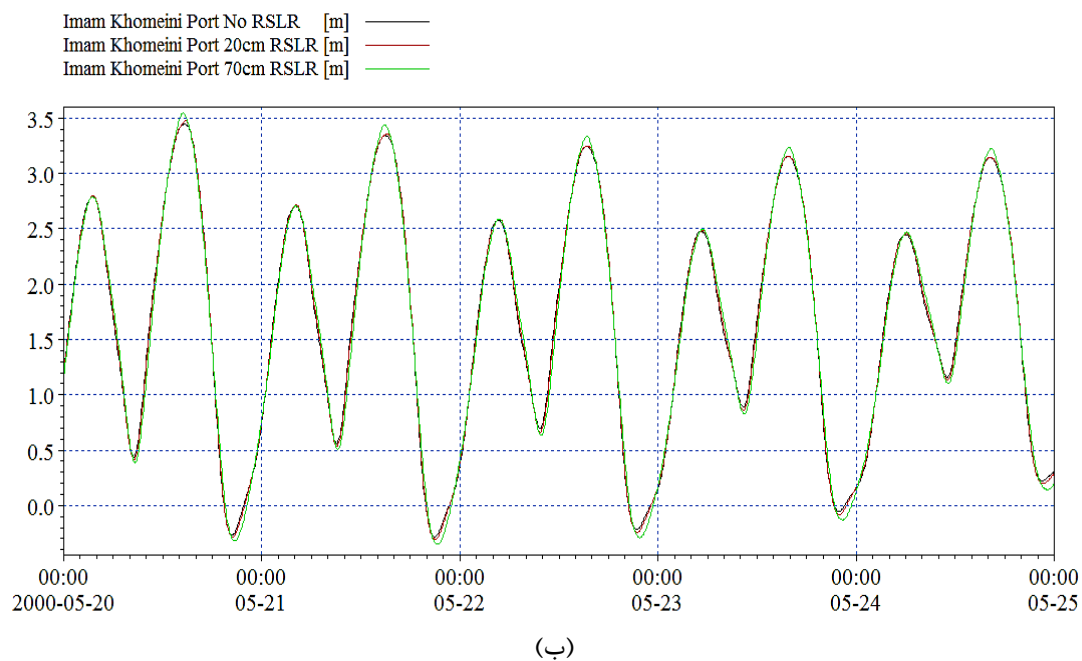
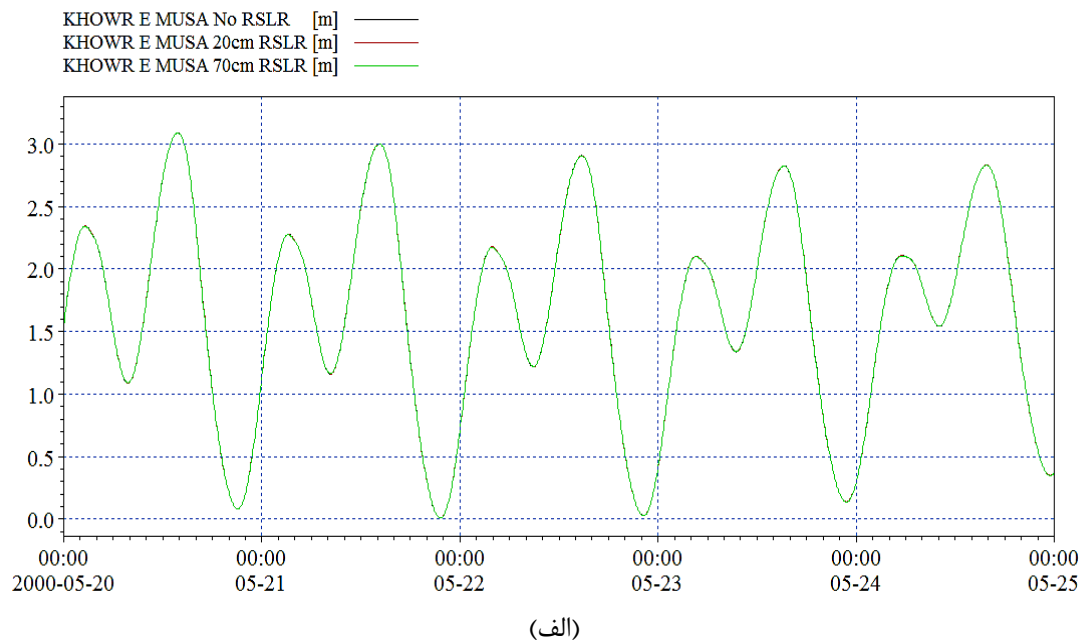
۴-۵-۱-۱. تغییرات تراز الگوی جریان جزر و مد در ایستگاه ها مطابق سناریوها

⁸⁹ Flood Dominate

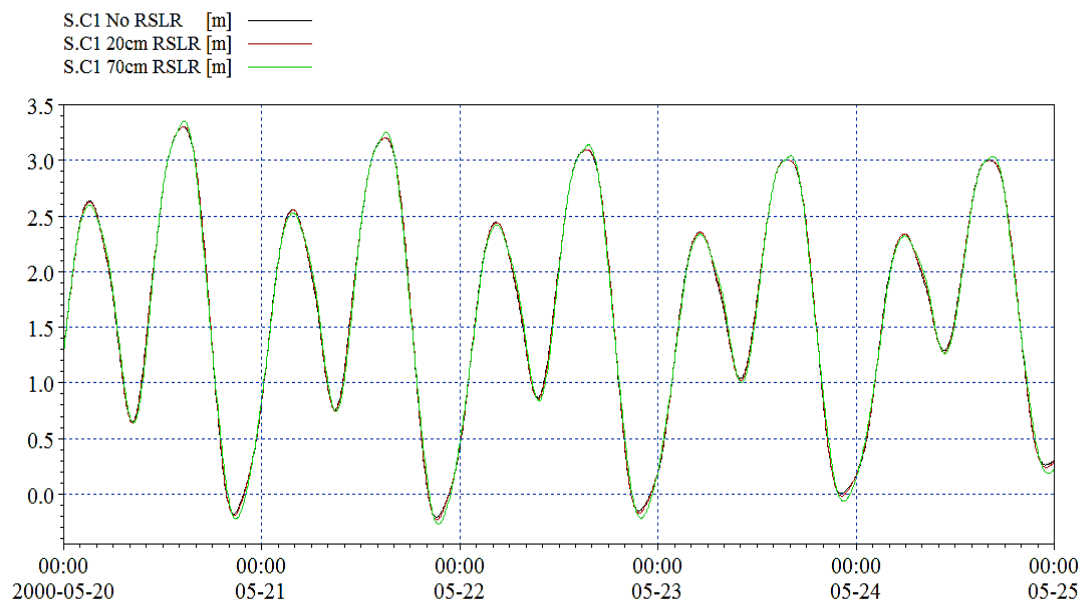
⁸⁸ Ebb Dominate

در شکل های ۴-۱۷ قسمت الف تا د تغییرات ترازوی الگوی جریان جزر و مد در ۴ ایستگاه و مطابق

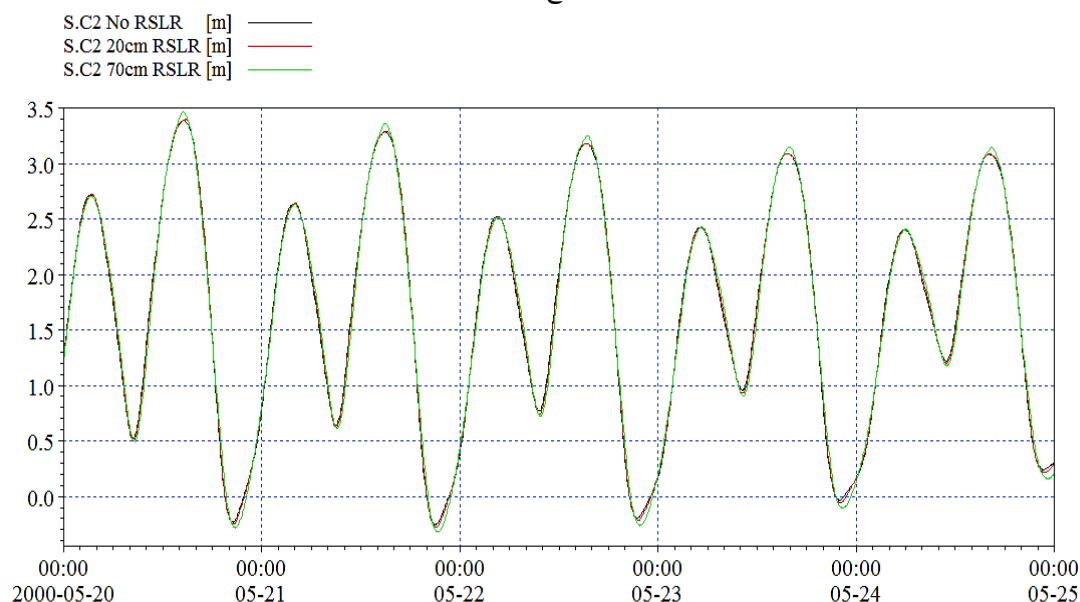
سه سناریو مقایسه شده است:



شکل (۴-۱۷)، مقایسه تغییرات ترازوی الگوی جزر و مد خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C1، د) S.C2



(ج)



(د)

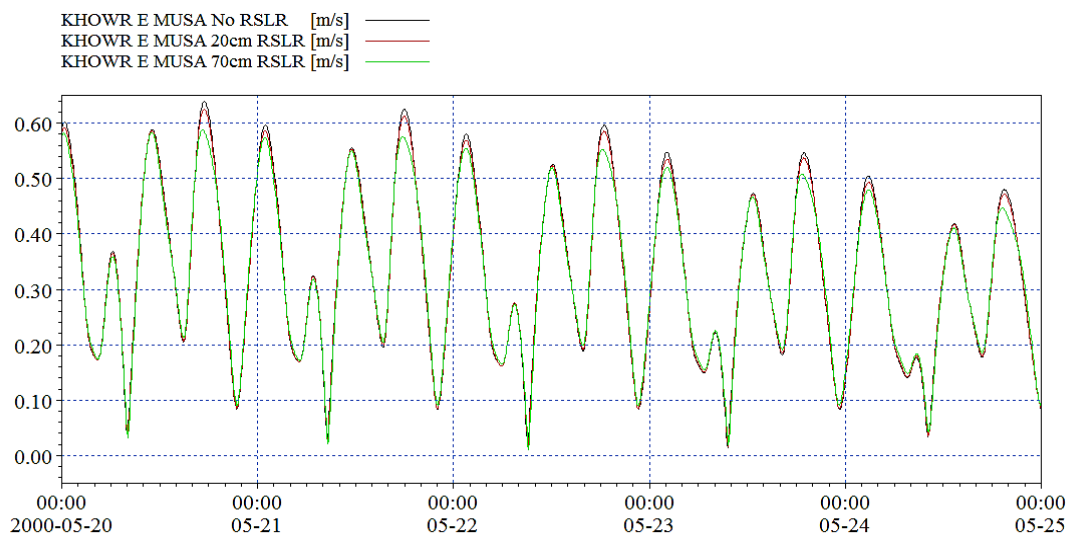
شکل (۴-۱۷)، مقایسه تغییرات ترازوی الگوی جریان جزر و مد خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C1، د) S.C2 (ادامه)

تحلیل: با بررسی نمودارهای شکل ۴-۱۷ نتیجه می شود که؛ در ایستگاه خورموسی با اعمال افزایش سطح آب در مدل نرم افزاری تغییراتی در الگوی جریان جزر و مد به چشم نمی خورد و خطوط بر هم منطبق می باشند یکی از دلایلی که برای عدم تغییر در الگوی جریان جزر و مد می توان به آن اشاره کرد این است که ایستگاه خورموسی در نزدیکی مرز ورودی مدل قرار گرفته است که باعث می شود

فرصت تغییرات جزئی هم وجود نداشته باشد. با عبور از ایستگاه خورموسی و حرکت به سمت انتهای خور مشاهده می شود که در ایستگاه های بندر امام خمینی (ره)، S.C₁، S.C₂ با افزایش تراز آب دریا در مدل تغییرات کمی نسبت به حالت بدون تغییر در افزایش سطح آب به چشم می خورد بر این اساس نتیجه گیری می شود که افزایش سطح تراز آب دریاها تغییرات ناچیزی در الگوی جریان جزر و مد خورموسی خواهد گذاشت به لحاظ فاز زمانی جریان سه سناریو گفته برهم منطبق هستند و فقط در تراز تغییرات دیده می شود، اما نکته ای که در شکل های ب تا د به چشم می خورد این است که هر چقدر افزایش سطح آب بیشتر باشد در افزایش تراز الگوی جریان جزر و مد موثرتر است که در این شکل ها افزایش نسبی سطح آب دریا ۷۰ سانتیمتری (RSLR 70cm) دارای تغییرات تراز بیشتری نسبت به دو حالت دیگر می باشد. همچنین افزایش نسبی سطح آب دریا ۲۰ سانتیمتری (RSLR 20cm) نیز دارای تغییرات تراز بیشتری نسبت به حالت بدون افزایش سطح آب دریا (No RSLR) می باشد.

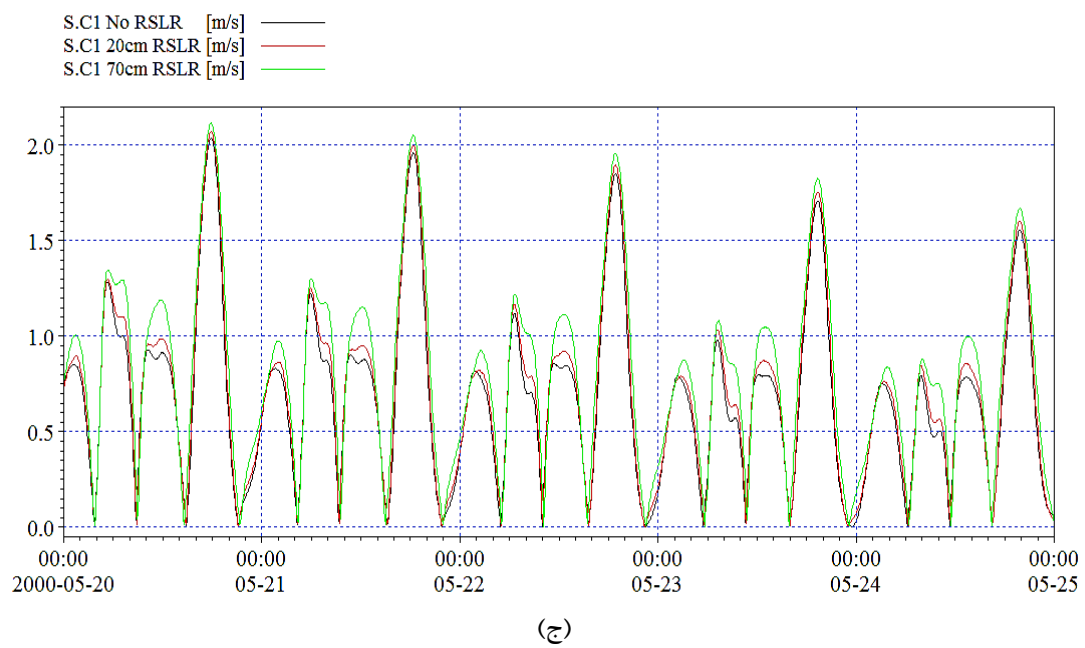
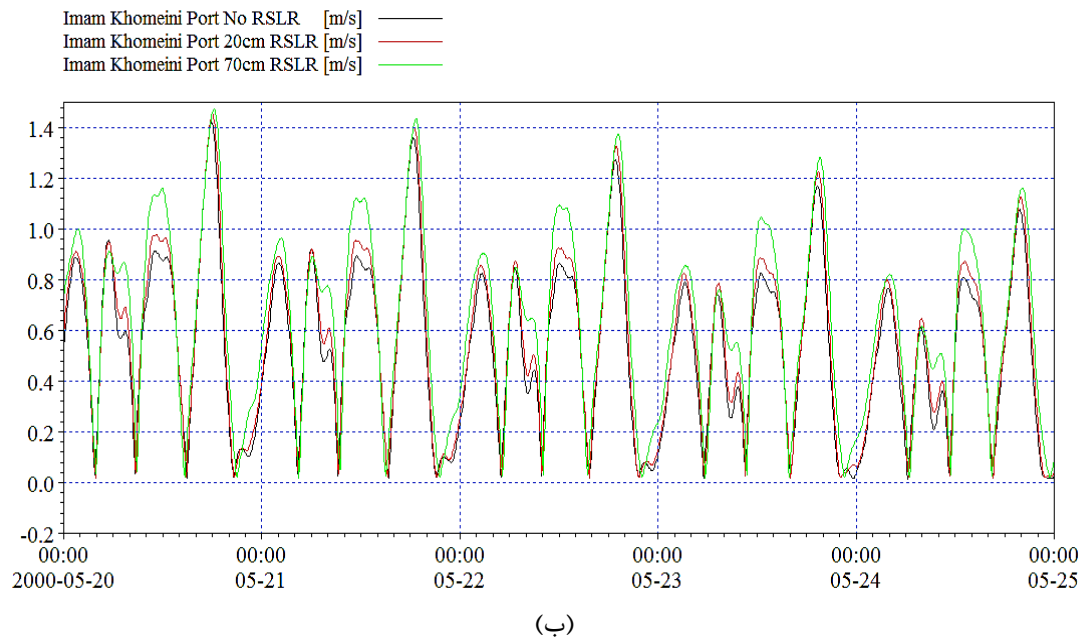
۴-۵-۱-۲. تغییرات الگوی سرعت جریان جزر و مد در ایستگاه ها مطابق سناریو ها

در شکل ۴-۱۸ قسمت الف تا د تغییرات سرعت جریان در ۴ ایستگاه و مطابق سه سناریو مقایسه شده است:

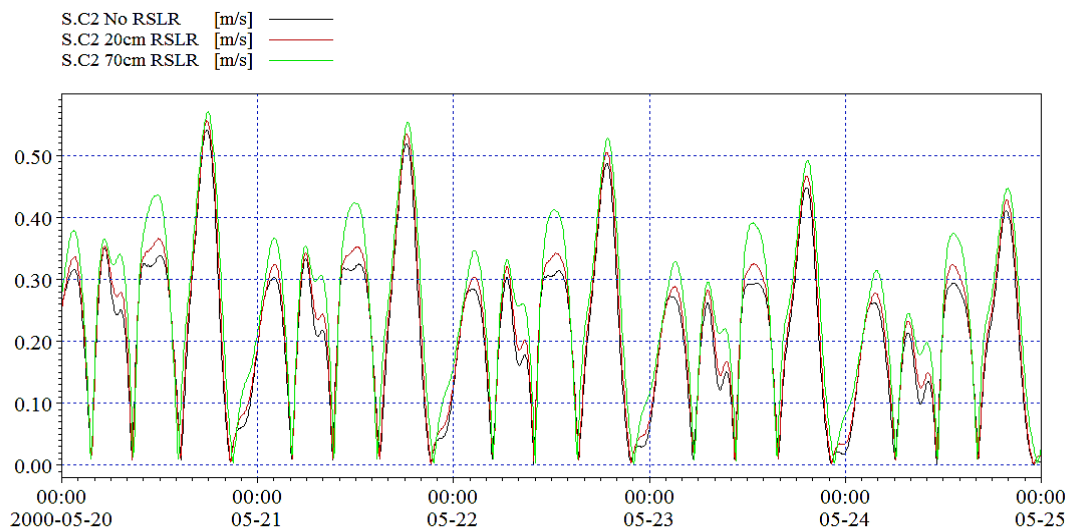


(الف)

شکل (۴-۱۸)، مقایسه تغییرات سرعت جریان خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C₁، د) S.C₂



شکل (۴-۱۸)، مقایسه تغییرات سرعت جریان خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C₁، د) S.C₂ (ادامه)



(د)

شکل (۴-۱۸)، مقایسه تغییرات سرعت جریان خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C₁، د) S.C₂ (ادامه)

تحلیل: با بررسی نمودارهای شکل ۴-۱۸ نتیجه می شود که؛ با اعمال افزایش نسبی سطح آب دریاها به مدل در ایستگاه خورموسی تغییرات کمی همانند بخش تغییرات تراز جزر و مد به چشم می خورد و در مقایسه ایستگاه خورموسی با سه ایستگاه دیگر مشاهده می شود الگوی تغییرات سرعت در این ایستگاه با سه ایستگاه دیگر کاملاً متفاوت است ولی این تغییرات در سه ایستگاه دیگر کاملاً مشابه می باشد. مطابق بخش قبل دلیل این تغییرات کم در ایستگاه خورموسی می تواند نزدیکی ایستگاه به مرز ورودی مدل محلی باشد.

در سایر ایستگاه ها همانطور که مشاهده می شود، با افزایش سطح تراز آب دریا سرعت جریان جزر و مد نیز افزایش می یابد یعنی سرعت جریان در سناریو ۳ (RSLR 70cm) بیشتر از دو سناریو دیگر بوده و با کاهش در افزایش تراز آب دریا این سرعت به تدریج کاهش میابد. بر این اساس می توان نتیجه گرفت که با افزایش در تغییرات تراز آب دریاها (RSLR) باعث افزایش کلی در الگوی سرعت جریان جزر و مدی خورموسی می گردد.

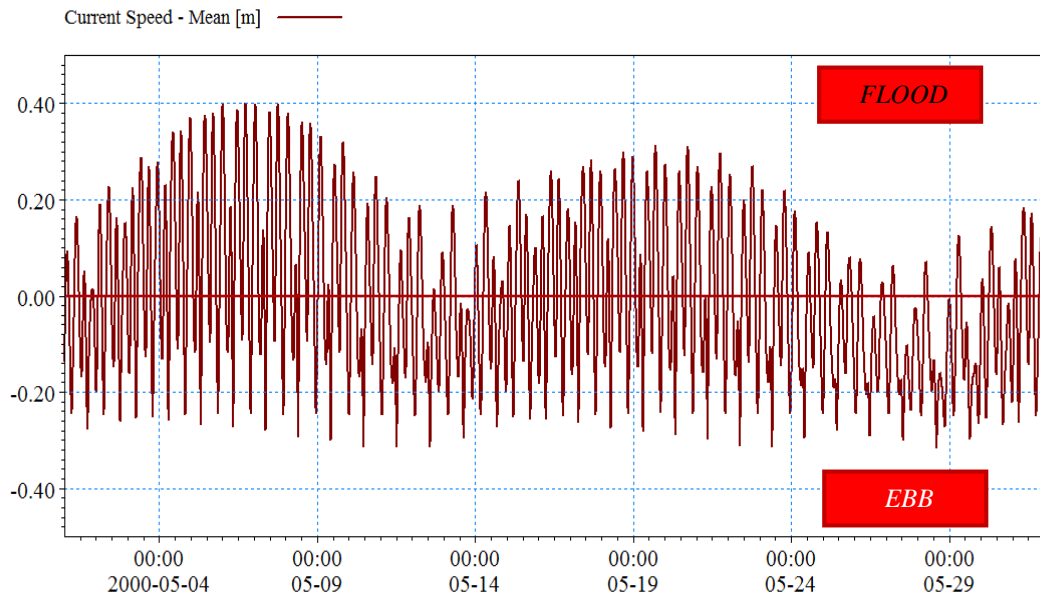
مساله قابل توجه دیگر این است که با حرکت از ایستگاه خورموسی مطابق شکل ۴-۱۶ در ورودی خور به سمت بقیه ایستگاه ها و در نهایت آخرین ایستگاه یعنی بندر امام خمینی (ره) تغییرات در میزان

سرعت جریان این ایستگاه ها قابل ملاحظه است. در ایستگاه خورموسی سرعت حداکثر در حدود ۰/۶۵ متر بر ثانیه بوده با حرکت به سمت ایستگاه S.C₁ که ورودی کانال خورموسی محسوب می شود سرعت به شدت افزایش پیدا کرده است و به ۲/۲۰ متر بر ثانیه رسیده است مشخص ترین دلیلی که برای این موضوع وجود دارد این است که جریان آب از محیطی عریض به یکباره به نقطه ای رسیده عرض و مساحت مقطع عبوری جریان به میزان قابل توجهی کاهش یافته است بر این اساس طبق اصل پیوستگی $Q = V.A$ در یک دبی ثابت با کاهش سطح مقطع جریان سرعت می بایست افزایش پیدا کند بر این اساس تغییر سرعت قابل توجه در این ایستگاه توجیه می شود با رسیدن به ایستگاه S.C₂ که در میانه کانال قرار دارد مشخصی شود که سرعت به میزان قابل توجهی کاهش یافته است به در حالت حداکثر به ۰/۵۷ متر بر ثانیه رسیده است مطابق هیدروگرافی خورموسی در قسمت های میانی کانال عمق آب به طور میانگین در حدود ۴۰/۰۰ متر می باشد که عدد بزرگی به حساب می آید، از این رو به دلیل افزایش سطح مقطع جریان مطابق قانون پیوستگی سرعت جریان می بایست کاهش یابد که این میزان سرعت توجیه گردد. مطابق شکل هیدروگرافی خورموسی در حاشیه های کانال ورودی خور عمده تا عمق کمتری نسبت به میانه ها شاهد هستیم از این روی طبق اصل پیوستگی سرعت جریان در حاشیه کانال نسبت به میانه کانال بیشتر خواهد بود و نهایتاً در ایستگاه آخر یعنی بندر امام خمینی (ره) سرعت افزایش پیدا کرده و در حالت حداکثر به مقدار ۱/۴۵ متر بر ثانیه رسیده است، در توجیه این تغییر سرعت می توان گفت که در کانال به دلیل وجود سطح مقطع جریان نسبتاً زیاد که در مقایسه با مقطع جریان محل قرار گیری ایستگاه بندر امام خمینی (ره) هست طبق اصل پیوستگی می بایست سرعت جریان افزایش یابد.

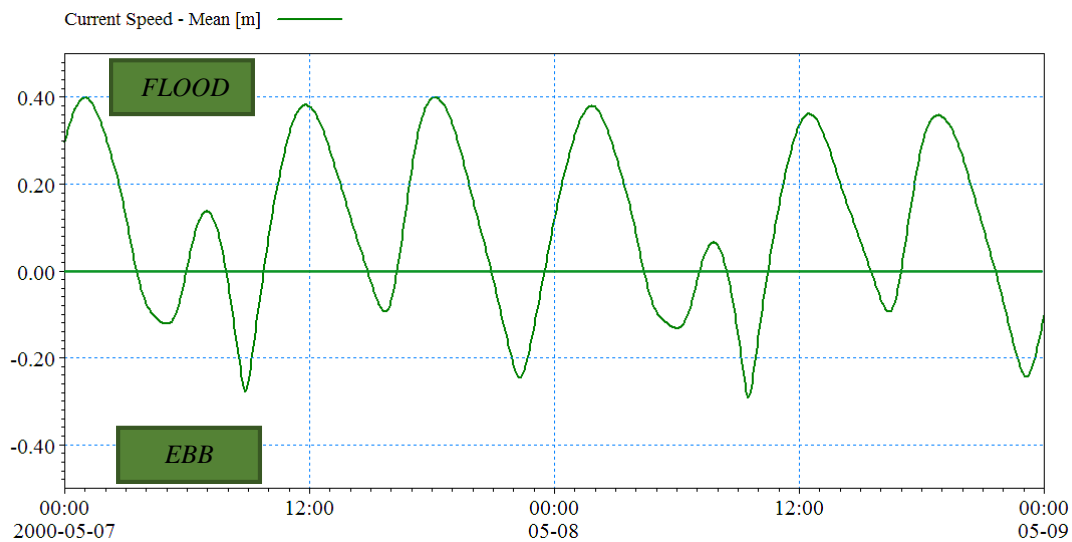
۴-۵-۱-۳. بررسی وضعیت خورموسی به لحاظ حاکمیت جریان مد یا جزر (تقارن در جزر و مد):

با توجه به الگوی جریان جزر و مد و مطابق سرعت جریان می توان در این مورد نظر داد. از آنجایی که فصل سوم در خصوص ویژگی انواع خورها صحبت شده است ؛ خورموسی زیر مجموعه خورهای جزر و

مدی به شمار رفته که با توجه به سرعت جریان، حاکمیت جریان جزر یا جریان مد در داخل خور مشخص می گردد بدین منظور ابتدا بایستی با کم کردن میانگین سرعت جریان از مجموعه سرعت های ثبت شده نمودار را در نقطه مقایسه صفر آورده تا مبنای نتیجه گیری قرار گیرد نمودار به شکل ۴-۱۹ الف تبدیل شده و در مقیاس کوچکتر هم مطابق شکل ب مشاهده می شود که:



(الف)



(ب)

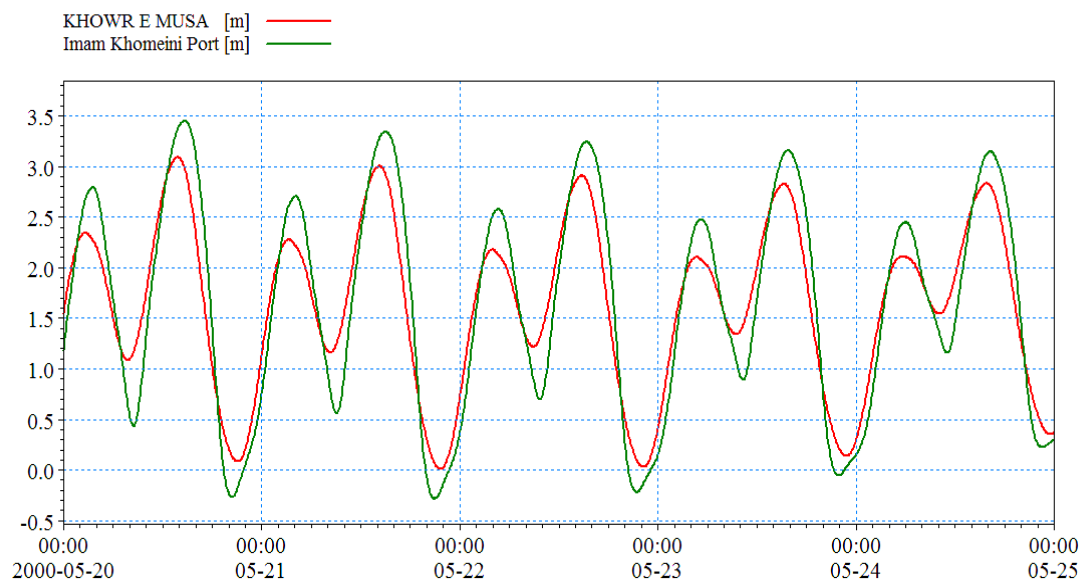
شکل (۴-۱۹)، الف و ب - الگوی سرعت جریان جزر و مد در ایستگاه خورموسی برای تشخیص حاکمیت جزر یا مد

مطابق شکل ۴-۱۹ قسمت ب همانطور که مشاهده می شود، خورموسی به دلیل فراوانی سرعت بالای خط مبنا یعنی سرعت صفر، تحت حاکمیت جریان مد می باشد. همچنین مطابق شکل ب تقارنی در

بالا و پایین محور صفر، بین سرعت جریان در مد و جزر مشاهده نمی شود از این روی خورموسی به لحاظ الگوی جریان یک خور جزر و مدی با حاکمیت جریان مد و نامتقارن^{۹۰} به شمار می آید.

۴-۵-۱-۴. بررسی الگوی جریان جزر و مد به لحاظ روزانه یا نیم روزانه بودن در خورموسی

برای بررسی دو ایستگاه جهت مقایسه انتخاب می شوند، اولین ایستگاه خورموسی بوده که در ورودی خور قرار گرفته است و دومین ایستگاه بندر امام خمینی می باشد که در انتهای خور واقع شده است. هدف از انتخاب این ایستگاه ها فاصله زیاد بین آن ها می باشد چرا که احتمال می رفت جریان جزر و مد از ورودی خور تا انتها دچار تغییرات در الگوی روزانه یا نیم روزانه گردد از این روی همانطور که در شکل ۴-۲۰ مشاهده می شود:



شکل (۴-۲۰)، الگوی جریان به لحاظ روزانه یا نیم روزانه

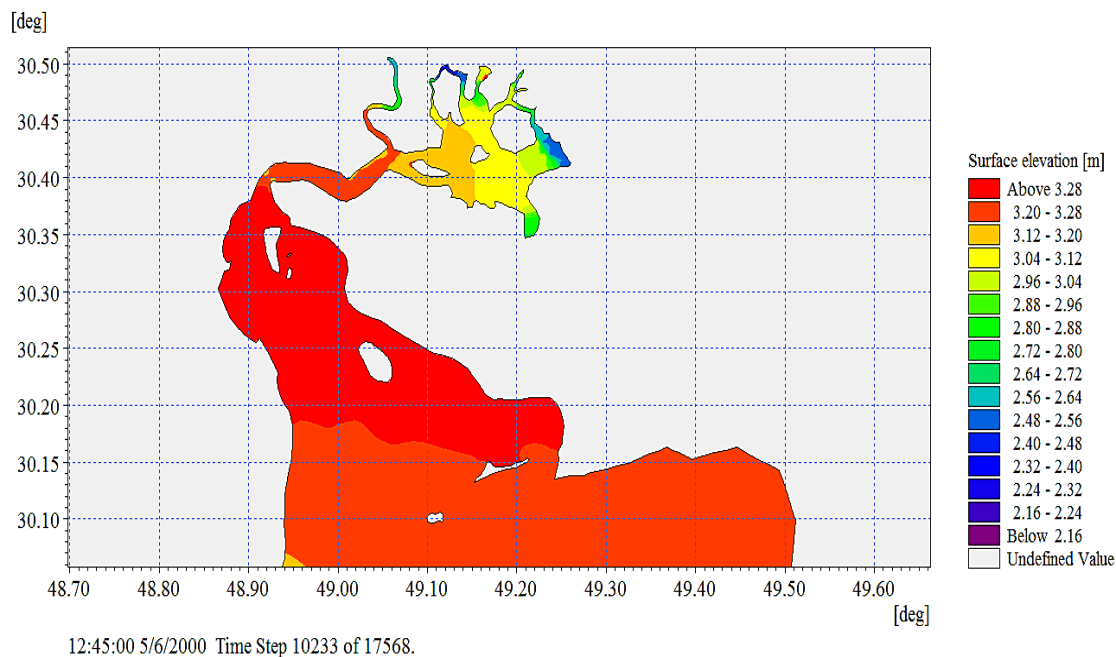
مطابق شکل ۴-۲۰ نتیجه می شود که، در هر دو ایستگاه جریان جزر و مد به صورت نیم روزانه یعنی ۱۲/۴۲ ساعته می باشد چرا که در طول یک روز دو قله و دو حوضیض یکی بلندتر از دیگری رخ می دهد ولی در حالت روزانه ۲۴/۸۴ ساعته بوده که یک قله و حوضیض به چشم می خورد بر این اساس الگوی

⁹⁰ Asymmetric

جریان جزر و مد به لحاظ روزانه یا نیم روزانه بودن در کل خورموسی ثابت بوده و نیم روزانه می باشد.

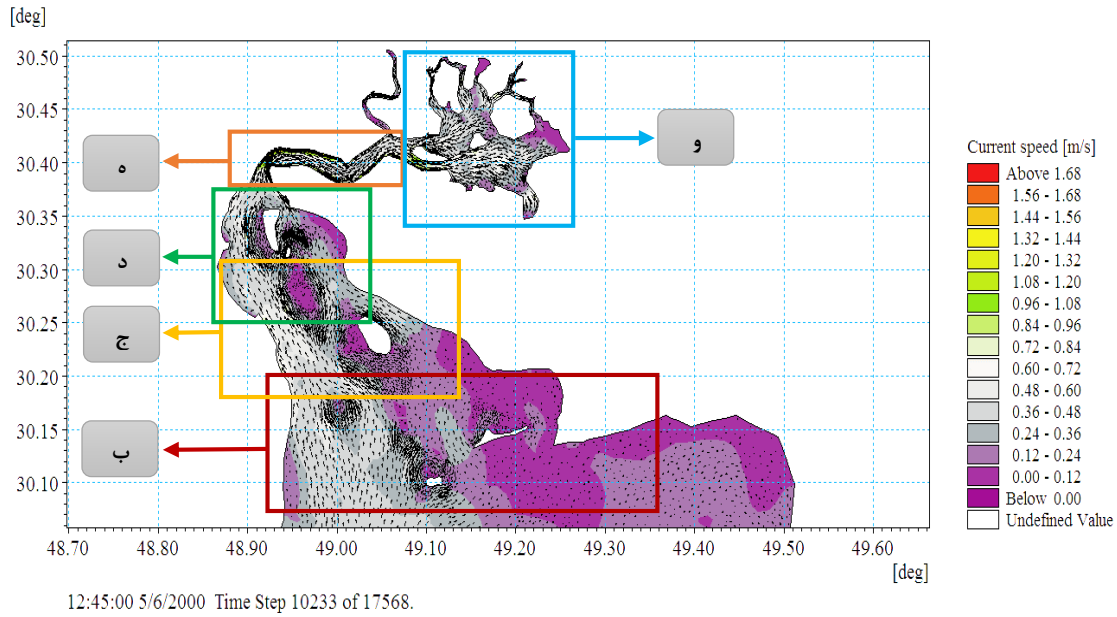
۵-۱-۵-۴. بررسی سطحی الگوی جریان جزر و مدی در خورموسی

برای بررسی الگوی جریان در خورموسی در دو زمان Spring Tide برای ارزیابی استفاده می کنیم. در این تحلیل با توجه به این که در بخش های ۱-۱-۵-۴ و ۲-۱-۵-۴ مطابق ایستگاه های انتخابی ثابت شد که با افزایش نسبی سطح آب دریا (RSLR) تغییرات زیادی در الگوی تغییرات تراز جریان جزر و مدی دیده نمی شود همچنین با توجه به تغییرات سرعت دیده شد که با افزایش سطح آب سرعت نیز بیشتر می شود که این روند هم در طول همه ایستگاه ها و خورموسی ثابت بوده است، پس نیازی به بررسی تغییرات الگوی جریان جزر و مدی به صورت سطحی نمی باشد چرا که تغییرات مطابق بررسی های نقطه ای ثابت تکرار می شوند از این رو الگوی جریان جزر و مدی را در دو زمان گفته شده یعنی در گام زمانی ۱۰۲۳۳ مطابق شکل ۴-۲۱ الگوی تغییر مد تراز جزر و مدی و ۴-۲۲ الگوی سرعت جزر و مدی در Spring Tide بررسی و در گام زمانی ۱۰۶۰۹ مطابق شکل ۴-۲۳ الگوی تغییر جزر تراز جزر و مدی و ۴-۲۴ الگوی سرعت جزر و مدی در Spring Tide بررسی شده است.

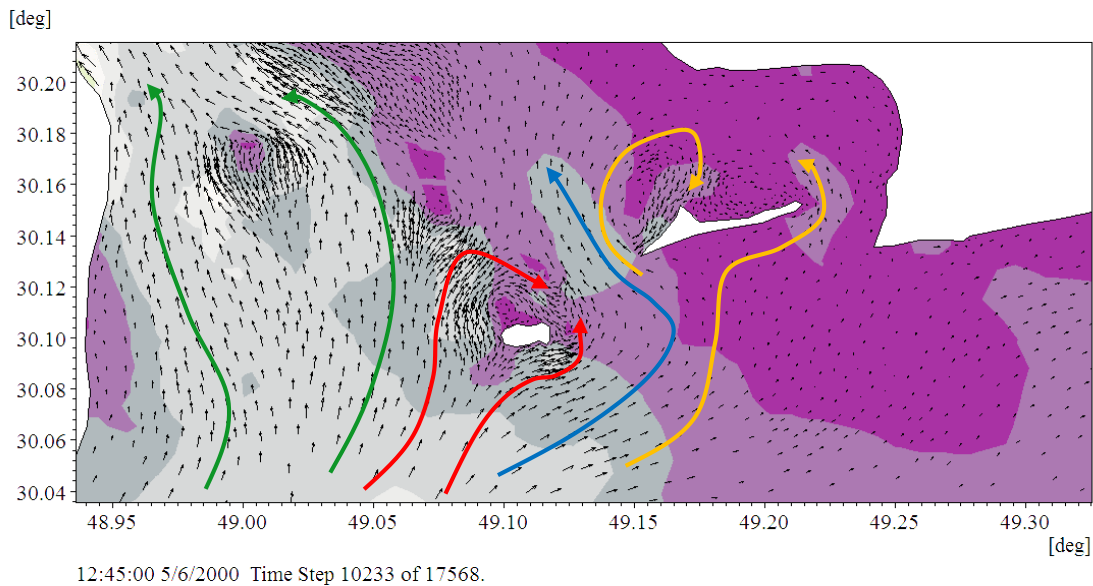


شکل (۴-۲۱)، الگوی تغییرات تراز جریان مد جزر و مدی در خورموسی

بررسی الگوی سرعت جریان در گام زمانی ۱۰۲۳۳ مربوط به جریان مد Spring Tide مطابق ذیل می باشد:



(الف)



(ب)

شکل (۴-۲۲) سرعت جریان مد، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی (ره)

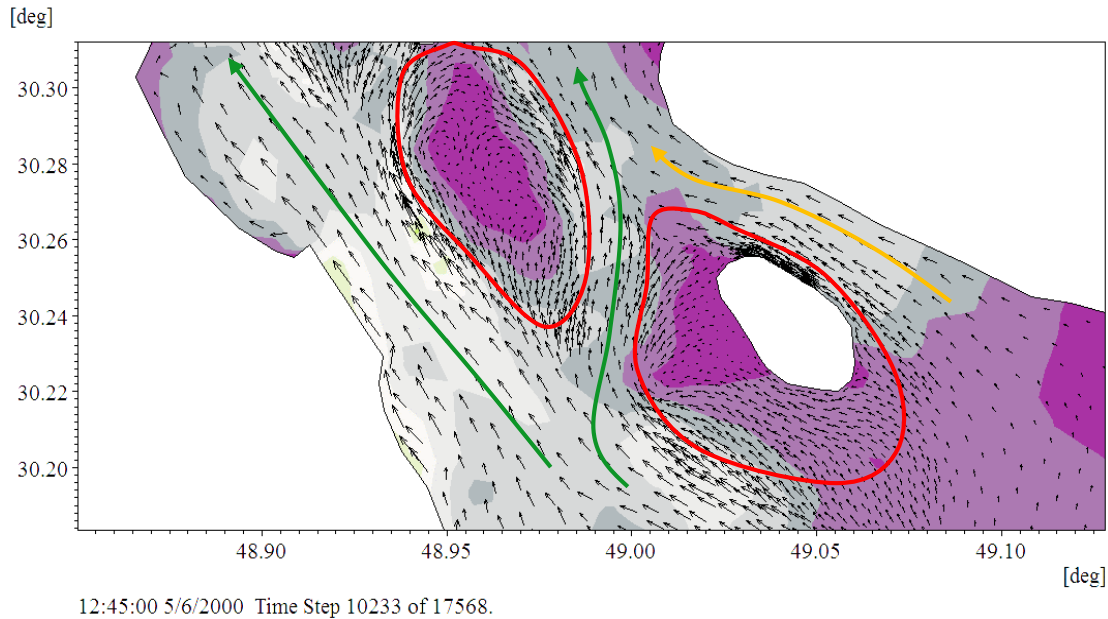
شکل (الف) الگوی سرعت جریان مد در خورموسی را نشان می دهد برای بررسی دقیق تر این محدوده به ۵ قسمت تقسیم شده که در ادامه به آن ها پرداخته شده است :

در شکل (ب)؛ همانطور که مشاهده می شود خطوطی جهت توصیف مطابق با الگوی فلش های جریان ترسیم شده است. بر این اساس پس از ورود جریان به داخل دلتای جزر خورموسی خطوط سبز در

سمت چپ خور شکل می گیرند. در این محدوده به دلیل عمق مناسب جریان به خوبی شکل گرفته و دارای سرعت مناسب نسبت به نقاط دیگر می باشد، خطوط سبز در انتهای مسیر به پشته شکل گرفته از جریان جزر می رسند که در این محل سرعت جریان کاهش یافته و از دو طرف پشته را دور زده و به مسیر حرکت خود ادامه می دهند. در این نقطه احتمال فرسایش و حمل آن به محل هایی که دارای انرژی کم جریان و سرعت کم می باشد، وجود دارد.

همانطور که در خطوط قرمز مشاهده می شود، جریان ضعیف تر نسبت به خطوط سبز شکل گرفته است این جریان به جزیره دارا برخورد کرده و جریان گردابه ای در اطراف جزیره دارا ایجاد می شود. همان گونه که در خط آبی رنگ مشاهده می شود جریان با انرژی کم و سرعت کم در قبل از حد فاصل دو جزیره دارا و بونه به دلیل عمق کم نسبت به خطوط سبز رنگ، به دلیل افزایش عمق در حد فاصل دو جزیره سرعت افزایش داشته و انتقال انرژی زیادی رخ می دهد این انرژی زیاد باعث شده که خطوط قرمز رنگ را نیز تحت تاثیر قرار دهد از این روی خط قرمز سمت چپ با دور زدن جزیره دارا با کاهش انرژی مواجه شده و در قسمت آخر به جریان آبی رنگ برخورد کرده، قسمتی از آن به جریان آبی رنگ پیوسته و قسمت دیگر نیز به دلیل کاهش شدید سرعت ساکن می شود.

در بخش خطوط زرد رنگ نیز جریان به جزیره بونه برخورد کرده از آنجایی که خط زرد سمت راست دارای انرژی کم و سرعت کمی می باشد به همین خاطر پس از رسیدن به پشت جزیره جریان گردابه ای ایجاد شده و در نهایت متوقف می شود اینجا محل مناسبی برای رسوبگذاری به شمار می رود. جریان زرد رنگ سمت چپ نیز از جریان پر انرژی آب جدا شده در پشت جزیره جریان گردابه ای ایجاد کرده و در نهایت سرعت آن به شدت کم می شود و شرایط ویژه ای جهت رسوبگذاری خواهد داشت.

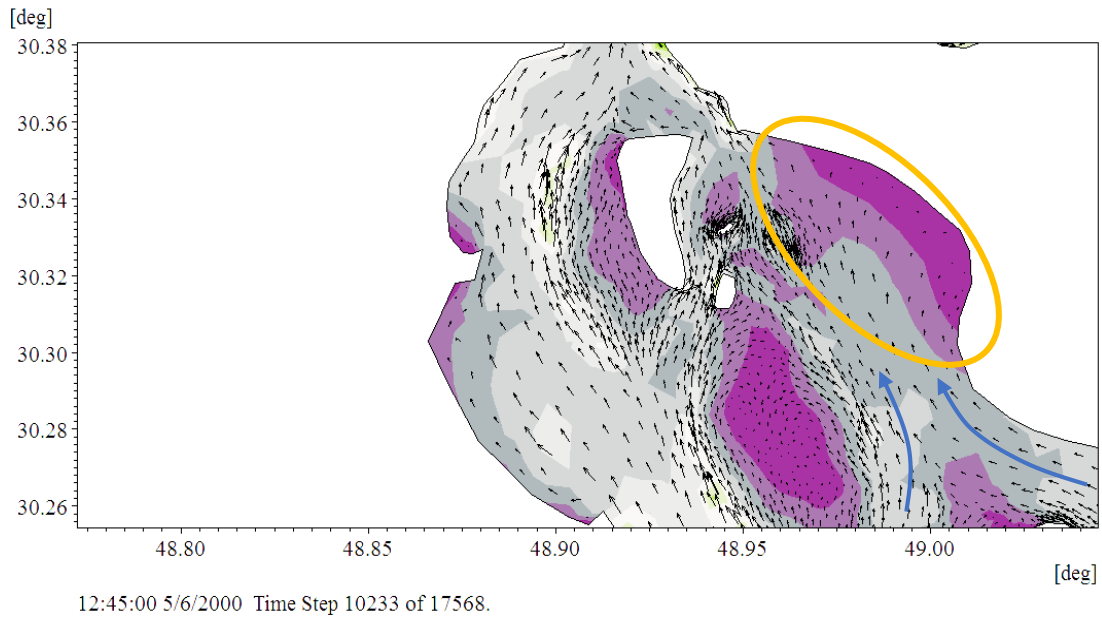


(ج)

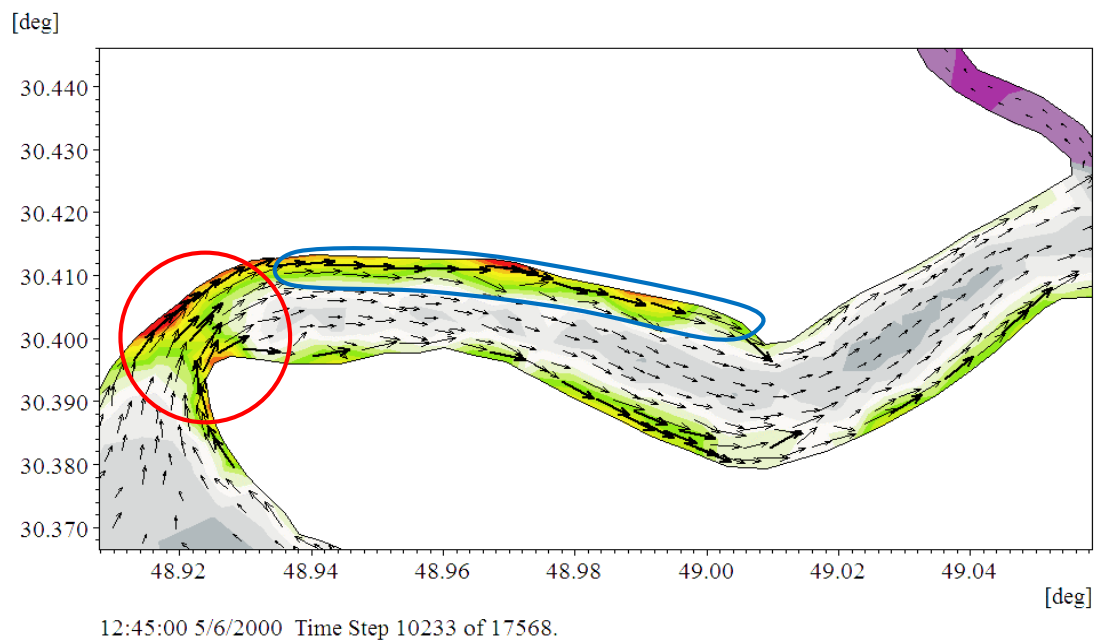
شکل (۴-۲۲)، سرعت جریان مد الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالایی خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی(ره)

در شکل (ج)؛ خطوط سبز به راحتی از مسیرهایی که دارای عمق نسبتاً زیاد هستند با سرعت مناسب عبور می کنند که بردارهای سرعت خود گویای این امر هستند. کادر قرمز رنگ پایین گویای این امر است که عمق آب در این نواحی به شدت کم است یا اینکه پشته های به وجود آمده به دلیل داشتن ارتفاعی بیشتر از سطح آب دارند از این روی جریان مد بر روی این سطوح حرکت کرده و سرعت اندکی را ایجاد می کنند. در نقاطی از این پشته ها هم می توان دید که بردارهای سرعت چرخیده و به حالت عمود در آمده است که نشان دهنده بالا رفتن جریان از پشته ها به واسطه شیب دار بودن می باشد. این وضعیت در خصوص کادر قرمز بالایی نیز صادق است که به واسطه جریان سبز رنگ عبوری از دو طرف پشته ایجاد می شود. می توان گفت رسوباتی که در مسیر جریان با سرعت های زیاد قرار دارند مطابق با الگوی جریان دچار فرسایش شده و به نقاطی مثل این پشته ها آورده می شوند و ته نشین می گردند. خط زرد رنگ نشان دهنده جریانی است که از محدوده ای با سرعت کم وارد شده است دلایل آن هم می تواند وجود جزایر شکل (ب) که عامل به وجود آمدن جریان گردابه ای و کاهش سرعت می باشد همچنین عمق کمتر آن محدوده نسبت به نقاط دیگر نیز مزید بر علت است. افزایش سرعت در این

ناحیه می تواند باعث حمل رسوبات از نواحی با سرعت کم به نواحی بالا دست و مستعد رسوب گذاری شود.



(د)

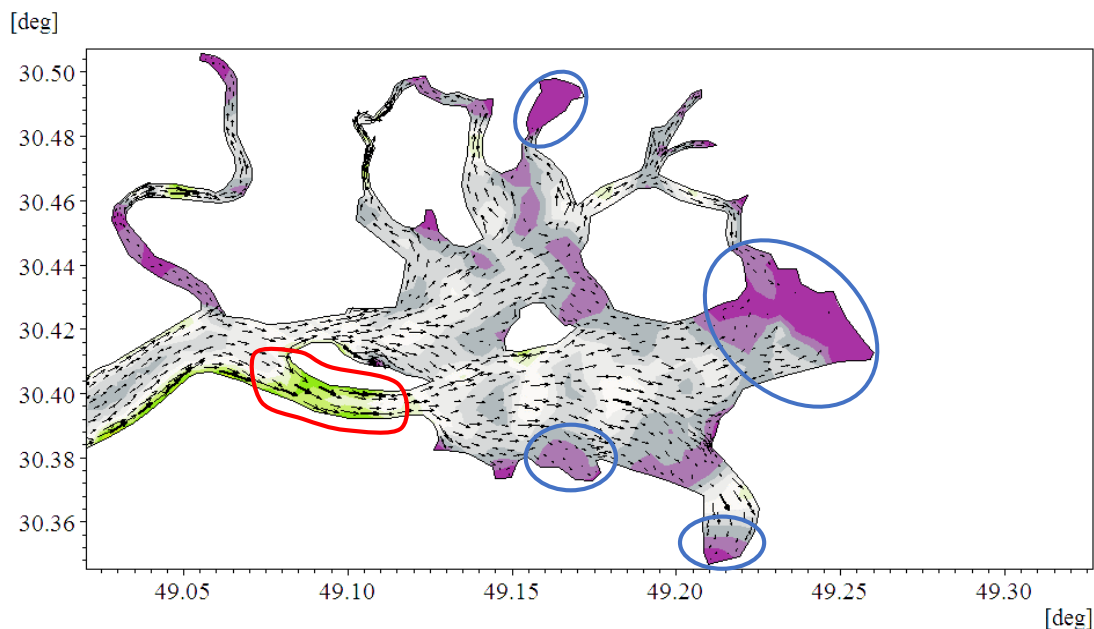


(ه)

شکل (۴-۲۲)، سرعت جریان مد الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالایی خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی(ره)

در شکل (د)؛ ملاحظه می شود که پشته ها وضعیتی مشابه با قسمت (ج) دارند و بحث در مورد آنها لازم نیست اما در کادر زرد رنگ همانطور که مشاهده می شود سرعت جریان به میزان قابل توجهی کاهش یافته است و به لحاظ برداری وضعیتی مشابه پشته های مطرح شده دارند از این و می توان گفت که در این قسمت پشته حاشیه ای وجود داشته و جریان های آبی رنگ رسوباتی که به وسیله فرسایش حمل کرده اند در این ناحیه می توانند رسوب گذاری نمایند.

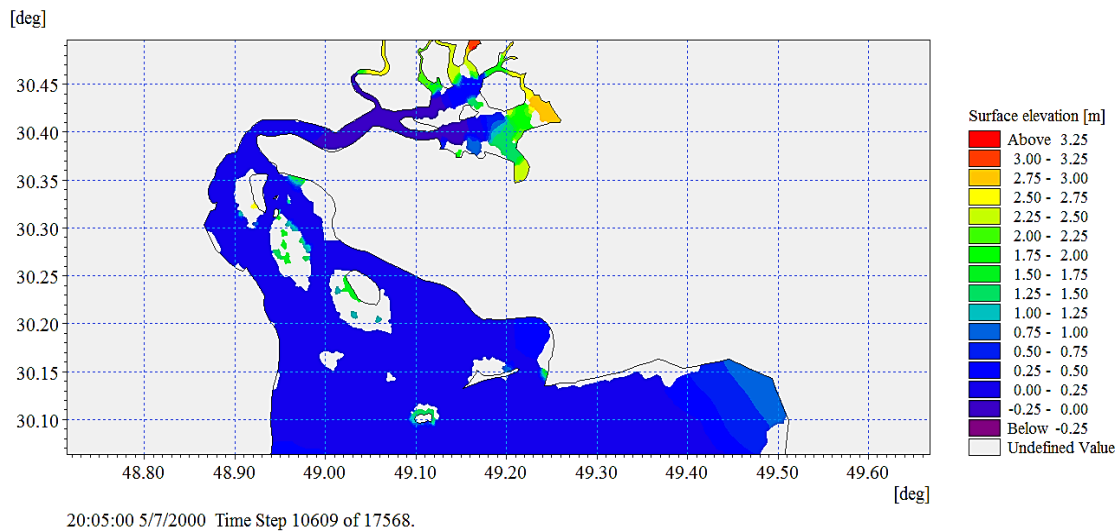
در شکل (ه)؛ همانطور که ملاحظه می شود محدوده قرمز رنگ به دلیل تنگ شدگی ناگهانی مقطع جریان که می بایست تمامی حجم آب ورودی از دلتای جزر خورموسی را به داخل هدایت کند از این رو مطابق اصل پیوستگی $Q = V \cdot A$ به دلیل کاهش سطح مقطع جریان سرعت به میزان قابل توجهی افزایش یافته و به میزان ۲/۲۰ متر بر ثانیه رسیده است. در محدوده آبی رنگ نیز سرعت بالا می باشد به همین دلیل رسوباتی که در حاشیه کانال واقع شده اند دچار فرسایش شده و به مسیر جریان کانال هدایت می شوند از انجایی که در ادامه مسیر کانال سرعت کاهش پیدا کرده احتمال رسوب گذاری در میانه کانال و حاشیه ها یا انتهای کانال و حاشیه آن وجود دارد.



(و)

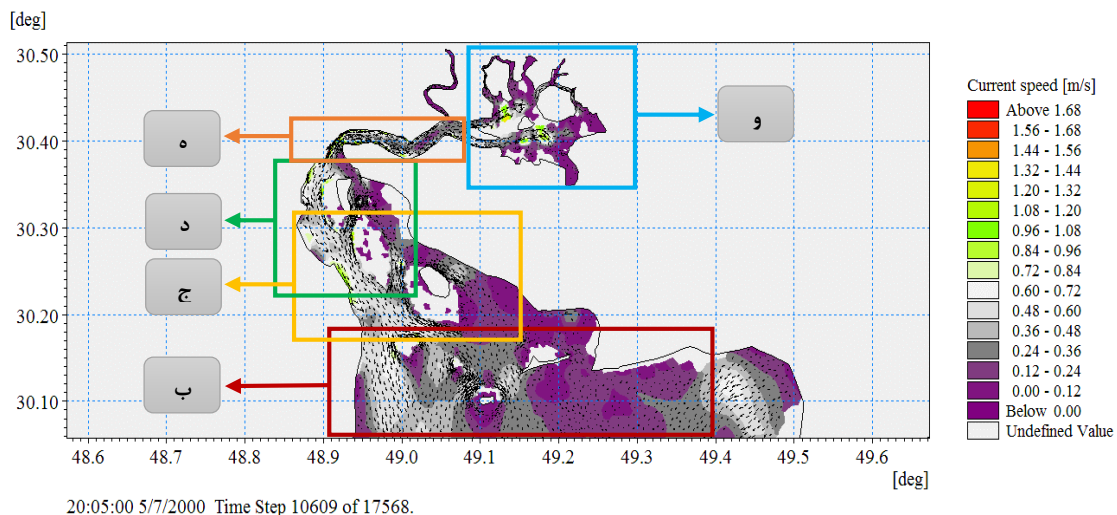
شکل (۴-۲۲)، سرعت جریان مد الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی(ره)

در شکل (و)؛ همانطور که دیده می شود در مکان هایی که با خطوط آبی رنگ نمایش داده شده به دلیل کاهش شدید سرعت رسوب گذاری رخ می دهد پشته های حاشیه ای را به وجود می آورند همچنین خط قرمز رنگ نشان می دهد که سرعت به یکباره تغییر کرده و افزایش یافته است دلیل آن هم به دلیل کاهش ناگهانی سطح مقطع جریان می باشد.



شکل (۴-۲۳)، الگوی تغییرات تراز جزر جریان جزر و مدی در خورموسی

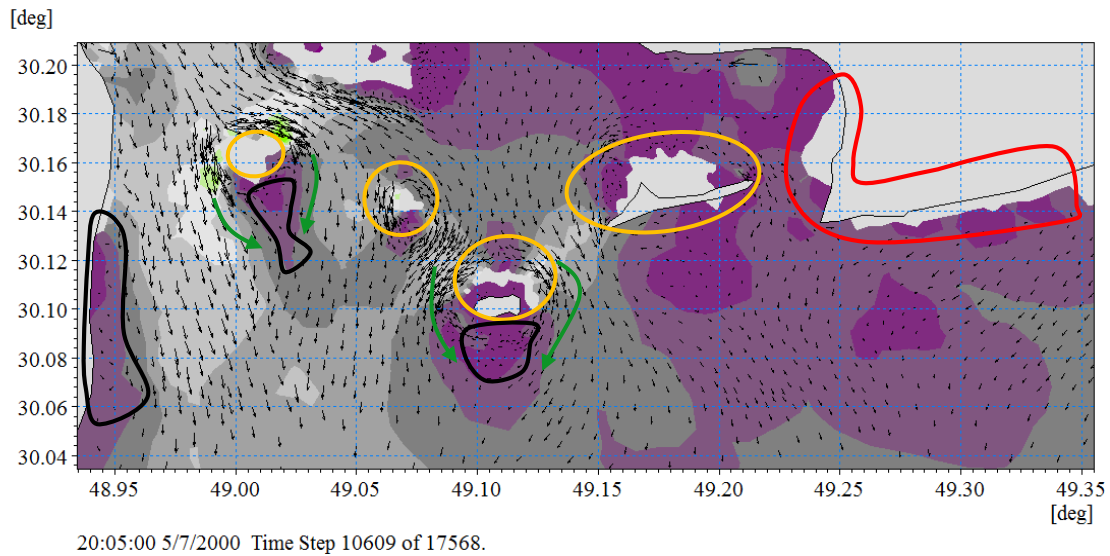
بررسی الگوی سرعت جریان در گام زمانی ۱۰۶۰۹ مربوط به جزر Spring Tide مطابق ذیل می باشد:



(الف)

شکل (۴-۲۴) سرعت جریان جزر، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی (ره)

شکل (الف) الگوی سرعت جریان مد در خورموسی را نشان می دهد برای بررسی دقیق تر این محدوده به ۵ قسمت تقسیم شده که در ادامه به آن ها پرداخته شده است :

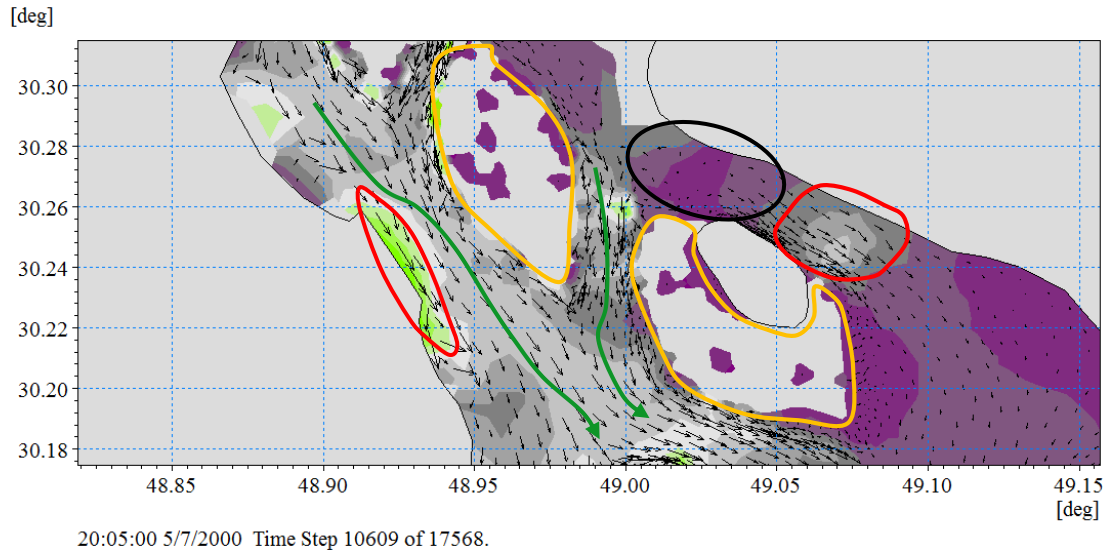


(ب)

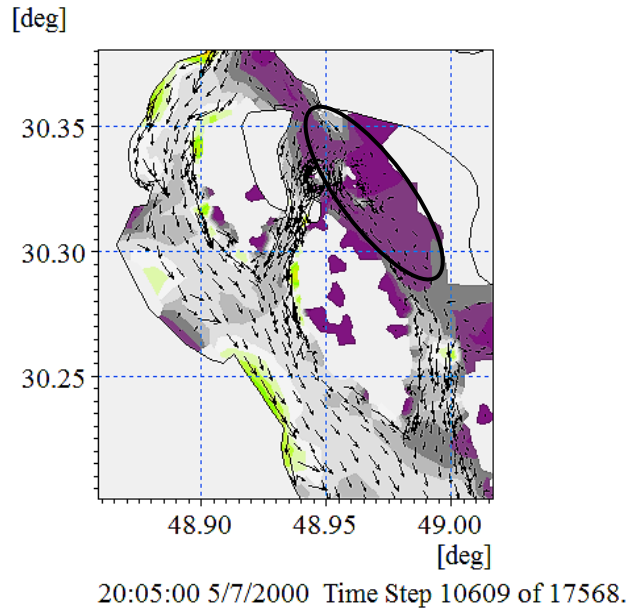
شکل (۴-۲۴) سرعت جریان جزر، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی(ره)

در شکل (ب)؛ خطوط زرد رنگ نشان دهنده این است که به دلیل ارتفاع بیشتر پشته ها به خاطر رسوب گذاری و کاهش سطح آب به دلیل پدیده جزر مطابق شکل ۴-۲۳ این سطوح از آب خارج می ماند از آنجایی که این سطوح همانند قسمت های سفید رنگ که دارای مرز هستند تثبیت شده نمی باشند لذا تغییر آنها در چرخه های جزر و مدی بسیار محتمل می باشد.

خطوط سبز رنگی که مشاهده می شود در حاشیه پشته ها دارای سرعت بیشتری نسبت به سایر نقاط می باشند از این رو در این قسمت ها احتمال فرسایش بسیار زیاد بوده و رسوبات حمل شده به مناطقی با عمق پایین و سرعت کم همانند خطوط مشکی حمل می شوند. محدوده خط قرمز نیز کم عمق بوده و پشته حاشیه ای قرمز رنگ نیز به دلیل ارتفاعی بیشتر از تغییرات تراز آب در این محدوده زمانی بدون سرعت می باشد.



(ج)



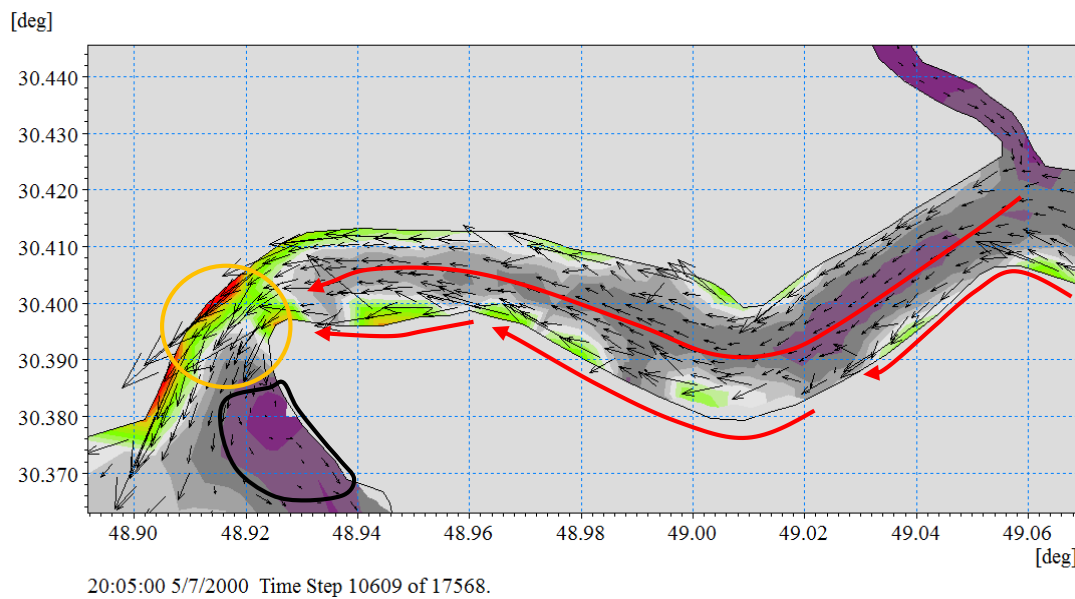
(د)

شکل (۴-۲۴) سرعت جریان جزر، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی(ره)

در شکل (ج)؛ همانند شکل (ب) خطوط زرد رنگ به واسطه عمق بسیار کم و بالا بودن سطح نسبت به تغییرات تراز عملا خشک و بدون سرعت می باشند. خط مشکی رنگ نشان دهنده سرعت بسیار کم بوده که دلیل آن عمق بسیار کم در آن ناحیه می باشد که احتمال رسوب گذاری در این ناحیه بالا می رود، با افزایش عمق سرعت در خط قرمز رنگ افزایش یافته و با فرسایش حاشیه ها رسوبات را به پایین

دست با سرعت پایین حمل می کند. خطوط سبز رنگ نیز مسیر جریان با سرعت بالا را نشان می دهند که با فرسایش حاشیه پشته ها آن ها را به نواحی پایین دست حمل کرده و رسوب گذاری انجام می گیرد.

در شکل (د)؛ همه موارد گفته شده در شکل های قبلی تکرار شده که نیاز به توضیح اضافی نمی باشد. فقط در خط مشکی رنگ به دلیل سرعت کم که ناشی عمق کم ناحیه می باشد رسوب گذاری رخ خواهد داد.

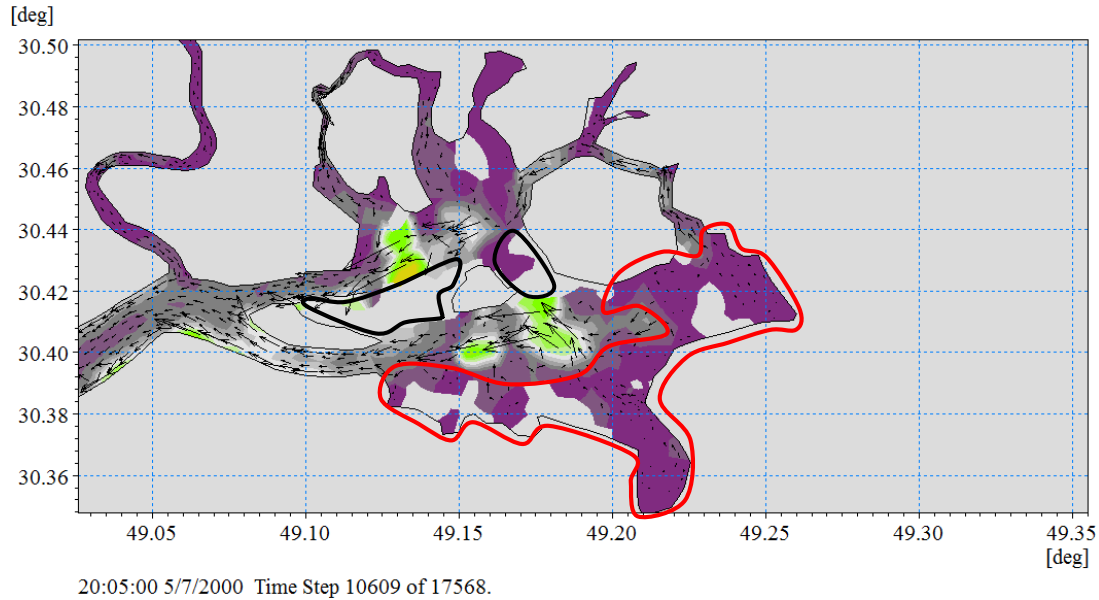


(ه)

شکل (۴-۲۴) سرعت جریان جزر، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی (ره)

در شکل (ه)؛ مهمترین نکته ای که در این شکل به چشم می خورد افزایش تدریجی سرعت با نزدیک شدن به تنگ شدگی در کانال طبق اصل پیوستگی می باشد که در انتهای کانال به حداکثر میزان خود یعنی $2/20$ متر بر ثانیه می رسد که مشابه جریان مد می باشد. همچنین بر اساس جریان مد که عقب تر توضیح آن بیان شده بود در میانه های کانال مجاورت حاشیه ها مستعد رسوب گذاری بوده حال مطابق شکل در حاشیه ها سرعت به تدریج زیاد شده بنابراین پدیده فرسایش نیز رخ داده و می تواند

رسوب ها را به بیرون از کانال منتقل کرده و بلافاصله پس از کاهش سرعت رسوب گذاری رخ دهد که در خط مشکی رنگ به چشم می خورد.



(و)

شکل (۴-۲۴) سرعت جریان جزر، الف) الگوی تغییرات سرعت جزر و مدی در خورموسی، ب) الگوی سرعت جریان در قسمت پایین خورموسی، ج) الگوی سرعت جریان در قسمت میانی خورموسی، د) الگوی سرعت جریان در قسمت بالای خورموسی، ه) الگوی سرعت جریان در کانال ورودی، و) الگوی سرعت جریان در محدوده بندر امام خمینی(ره)

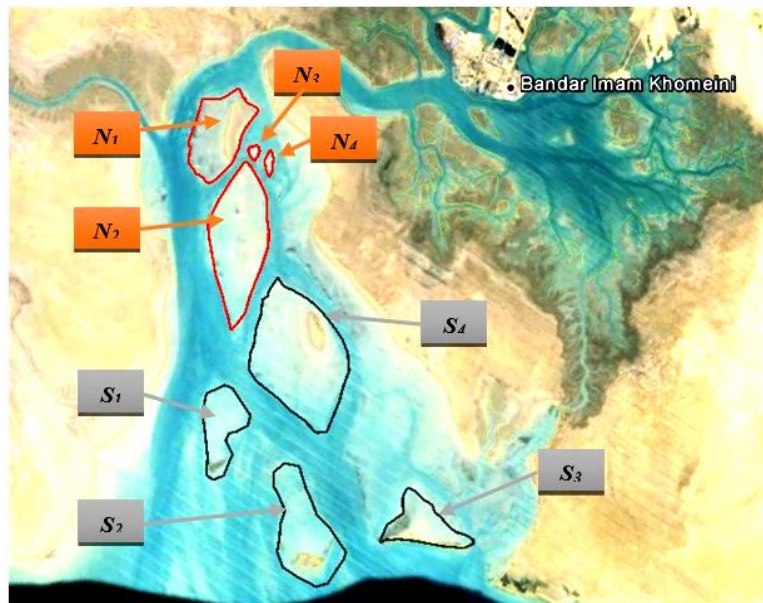
در شکل (و)؛ به دلیل فضای بسته ای که در حوضه جزر و مدی دیده می شود، در جریان جزر حجم آب ورودی می بایست به سمت دریا باز گردد از این رو جریان با سرعت و عمق کم از حاشیه های حوضه به سمت کانال های نشان داده شده در شکل وارد می شوند بر این اساس به دلیل سرعت کم احتمال فرسایش به شدت کم شده و مکان های مناسبی برای شکل گیری پشته ها و مرداب ها به وجود می آورند. خطوط مشکی نیز نشان می دهد سطح پشته ها از سطح آب بالاتر بوده و به این دلیل جریانی در این نقاط ایجاد نمی شود.

۴-۵-۱-۶. مقایسه تغییرات پشته های شکل گرفته در دلتای جزر مطابق سه سناریو

جدول ۴-۸ نشان دهنده مساحت پشته های جزر دلتای جزر در حالت بدون افزایش سطح آب دریاها می باشد که در شکل ۴-۲۵ کدگذاری آن ها نشان داده شده است:

جدول (۴-۸)، مساحت پشته های جزر دلتای جزر در خورموسی

<i>Ebb Shoals Name</i>	<i>Area of Ebb Shoals (km²)</i>
N_1	20.00
N_2	33.50
N_3	0.65
N_4	0.79
S_1	11.20
S_2	19.50
S_3	12.90
S_4	50.80
<i>Total A_{Ebb Shoal}</i>	<i>149.00</i>



شکل (۴-۲۵)، نمایش کدگذاری پشته های جزر در خورموسی

با انتقال مرز این پشته ها از مدلسازی به نرم افزار اتو کد^{۹۱} سطوح اندازه گیری شده در سناریوهای ۲ و ۳ اندازه گیری شده است با اندازه گیری های انجام گرفته مساحت تغییر یافته این سطوح مطابق جدول ۴-۹ بدست آمد است:

⁹¹ Auto CAD

جدول (۴-۹)، مساحت پشته های جزر در سناریو های RSLR

<i>Ebb Shoals Name</i>	<i>RSLR 20cm, Area of Ebb Shoals (km²)</i>	<i>RSLR 70cm, Area of Ebb Shoals (km²)</i>
<i>N1</i>	<i>16.00</i>	<i>14.30</i>
<i>N2</i>	<i>26.80</i>	<i>23.85</i>
<i>N3</i>	<i>0.52</i>	<i>0.46</i>
<i>N4</i>	<i>0.61</i>	<i>0.55</i>
<i>S1</i>	<i>8.80</i>	<i>8.00</i>
<i>S2</i>	<i>15.50</i>	<i>13.95</i>
<i>S3</i>	<i>10.40</i>	<i>9.45</i>
<i>S4</i>	<i>40.75</i>	<i>36.70</i>
<i>Total A_{Ebb Shoal}</i>	<i>119.40</i>	<i>107.30</i>

با مقایسه بین مساحت پشته های جزر در سناریو RSLR 20cm با سناریو اول مشخص می شود که در حدود ۲۰٪ کاهش در مساحت این سطوح به وجود آمده است که این تاثیر افزایش تراز آب دریاها را در تغییر سطح پوشش نمایان می کند همچنین در قیاس بین سناریو RSLR 70cm با سناریو اول مشخص می شود که در حدود ۲۸٪ کاهش در سطح پشته های جزر به وجود خواهد آمد دلیل کاهش مساحت کمتر در سناریو ۳ در قیاس با سناریو ۲ کاملاً مشخص است که مطابق با هیدروگرافی منطقه هرچه از حاشیه پشته ها به سمت مرکز آن برویم به دلیل شیبی که وجود دارد مساحت کمتری پوشش داده خواهد شد.

۴-۵-۲. تحلیل نتایج ماژول رسوب چسبنده (Mud Transport Module)

در بحث مطالعه رسوب به دلیل اینکه داده‌هایی مبنی بر اندازه‌گیری دقیق میدانی در منطقه خورموسی وجود ندارد لذا مدل به لحاظ عددی امکان کالیبراسیون نداشته و فقط به صورت کیفی می‌توان از صحت عملکرد مدل اطمینان حاصل کرده و سناریوهای مطرح شده را نیز به صورت کیفی توصیف نمود. بر این اساس کالیبراسیون با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای و تصویر مدلسازی در ساعت ۲۳:۰۰ تاریخ ۲۲ می سال ۲۰۰۰ میلادی که هر دو در یک زمان می‌باشند، صحت مدل تایید شده است.

در این بخش از پایان‌نامه تصاویر ماهواره‌ای Landsat 7 در بازه‌ای که مدلسازی عددی انجام شده یعنی تاریخ (۲۲/۰۵/۲۰۰۰)، مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از نرم‌افزار ENVI تصاویر ماهواره‌ای مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته است. در شکل ۴-۲۶ تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه در بازه مدلسازی نشان داده شده است. همانگونه که در شکل مشخص است، دو ترکیب باند طبیعی و ترکیب باند غلظت رسوبات معلق (SSC)^{۹۲} به کار گرفته شده است (کیو ال، ۲۰۱۴)^{۹۳}. در ترکیب باند طبیعی، باند ۴: قرمز، باند ۳: سبز و باند ۲: آبی و در ترکیب باند غلظت رسوبات معلق (SSC) باند ۷: قرمز، باند ۵: سبز و باند ۳: آبی در نظر گرفته شده است. در تصویر ماهواره‌ای با ترکیب باند جهت مطالعه رسوبات معلق نشان داده شده است.

در شکل ۴-۲۷ الگوی تغییرات غلظت رسوبات معلق، با توجه به تغییرات وضوح تصاویر قابل بررسی می‌باشد. رنگ‌های آبی روشن‌تر نشان از غلظت رسوبات معلق در محدوده مورد مطالعه دارد. همانگونه که در تصاویر مشخص است، میزان غلظت رسوبات معلق در کانال ناوبری بسیار ناچیز می‌باشد.

⁹³ Qu, L

⁹² Suspended sediment concentration

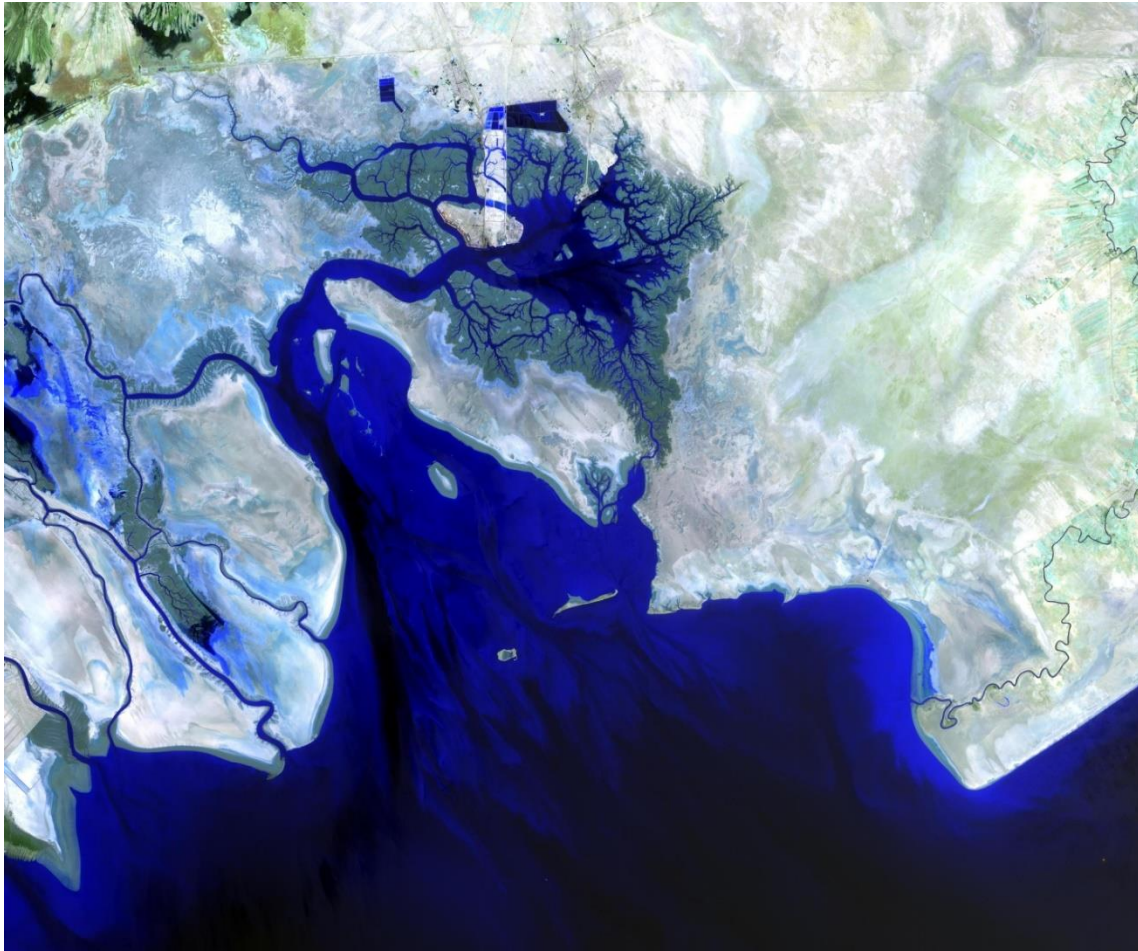


(الف)



(ب)

شکل (۴-۲۶)، تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه (الف) ترکیب باند طبیعی (باند ۴: قرمز، باند ۳: سبز، باند ۲: آبی) (ب) ترکیب باند جهت مطالعه رسوبات معلق (باند ۷: قرمز، باند ۶: سبز، باند ۴: آبی) (کیو ال، ۲۰۱۴)



شکل (۴-۲۷)، بررسی غلظت رسوبات معلق-SSC (رنگ آبی)

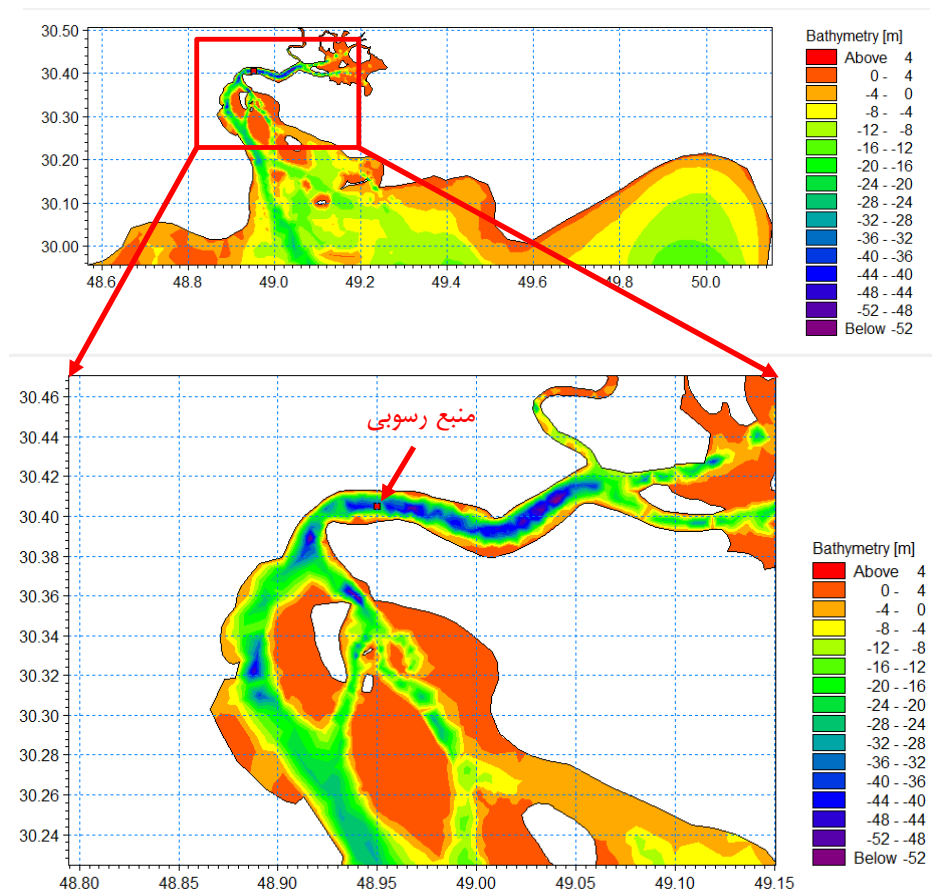
ابتدا به کمک ماژول پخش ذره (Particle Tracking) تایید مدل هیدرودینامیک مبنی بر توانایی انتقال رسوب توسط جریان انجام گرفته است و پس از تایید مدل جریان به لحاظ توانایی حمل رسوب کالیبراسیون مدل رسوب انجام می گیرد. در ادامه ابتدا تصویر مدل غلظت رسوبات معلق (SSC) در گام زمانی شکل ۴-۲۷ برای کالیبراسیون مدل آورده شده است و به آن پرداخته شده است. سپس به مقایسه کیفی سه تصویر در این گام زمانی و در سه سناریو پرداخته شد. همچنین مقایسه بین الگوی جریان و (SSC) انجام گرفته است که شرایط مرزی برای تغییرات مقادیر SSC از منحنی ROSE استفاده شده است.

در بحث مقایسه نقطه ای، در ایستگاه های جدول ۴-۷ میزان غلظت رسوبات معلق (SSC) به طور کیفی مقایسه شده تا مشخص شود با افزایش سطح آب دریاها چه تاثیری در میزان (SSC) در مقایسه با

وضعیت موجود خورموسی خواهد داشت. در ادامه به بررسی تغییرات سرعت جریان در مقایسه با (SSC) در هر ایستگاه برای وضعیت موجود پرداخته شده تا اطلاعات نسبت به الگوی جریان و رسوب گذاری تکمیل گردد. سپس به بررسی سرعت جریان در قیاس با تنش برشی^{۹۴} در ایستگاه ها پرداخته شده است.

۴-۵-۲-۱. تایید قابلیت انتقال رسوب مدل جریان توسط ماژول Particle Tracking

در این ماژول ابتدا یک منبع رسوبی در ۴-۲۸ تعریف شده که مطابق الگوی جریان، این ذره در طول خور حرکت کره و مسیر طی شده رسوب در خورموسی را نشان می دهد.

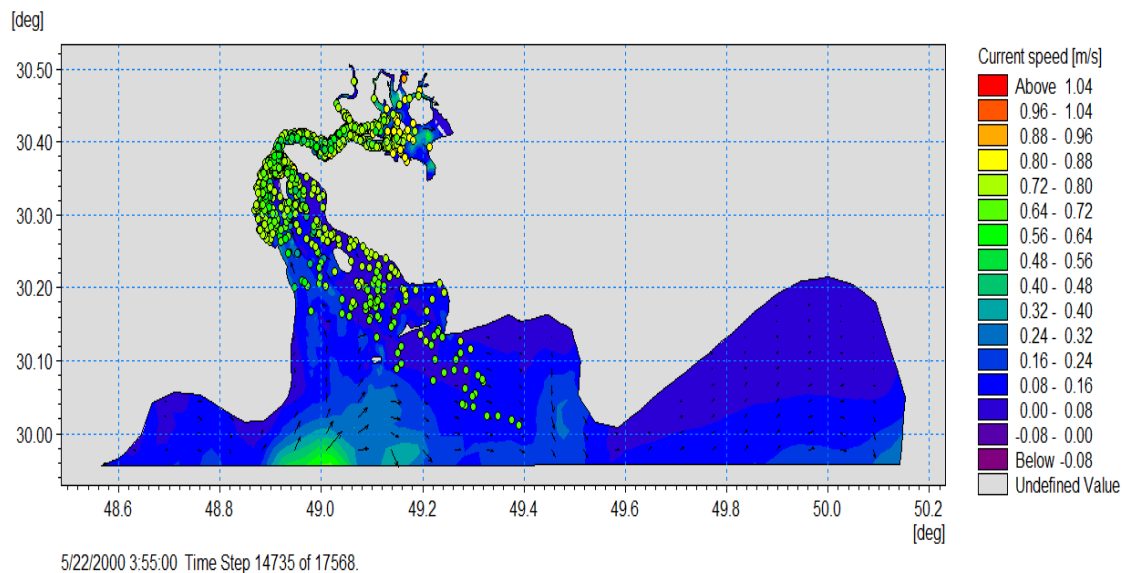


شکل (۴-۲۸)، محل قرارگیری منبع رسوبی

⁹⁴ Shear Stress

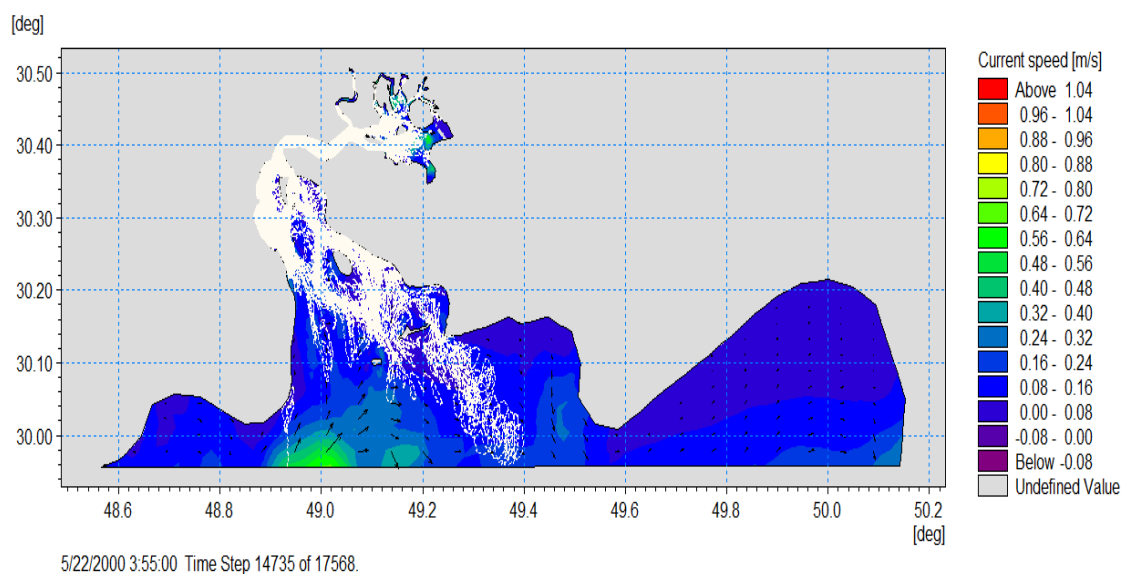
با تعریف منبع رسوبی در نظر گرفته شده برای انجام مطالعات Particle Tracking الگوی پخش ذرات

مطابق شکل ۴-۲۹ بدست آمد:



شکل (۴-۲۹)، الگوی پخش ذرات در خور موسی

البته در مطالعات انجام گرفته تنها یک منبع رسوبی در نظر گرفته شده است در صورتی که تمامی منابع رسوبی شناخته شود می توان الگوی مناسب تری از نحوه پخش ذرات رسوبی در محدوده مورد مطالعه ارائه نمود. با توجه به نحوه پخش کلی ذرات رسوبی می توان اظهار داشت الگوی کلی رسوب گذاری با تصاویر ماهواره ای همخوانی مناسبی دارد. شکل ۴-۳۰ مسیر حرکت رسوب ها را نشان می دهد.

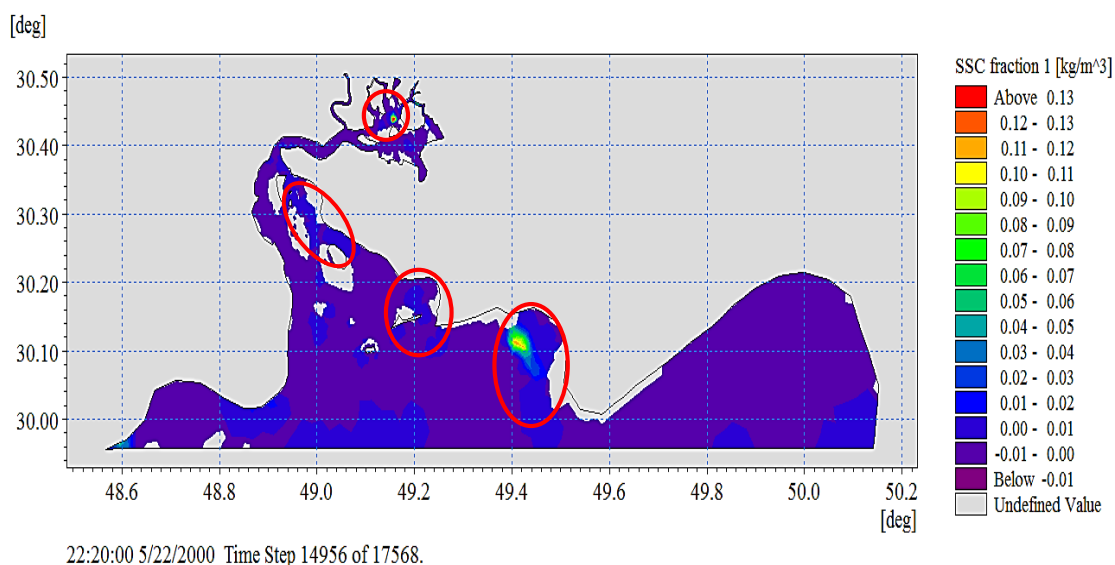


شکل (۴-۳۰)، مسیر حرکت ذرات رسوبی در خور موسی

با توجه به اینکه مدل جریان توانایی حمل ذرات رسوبی در خورموسی را دارد بنابراین می توان به بررسی مدل رسوبی پرداخت.

۴-۵-۲-۲. کالیبراسیون کیفی مدل رسوب

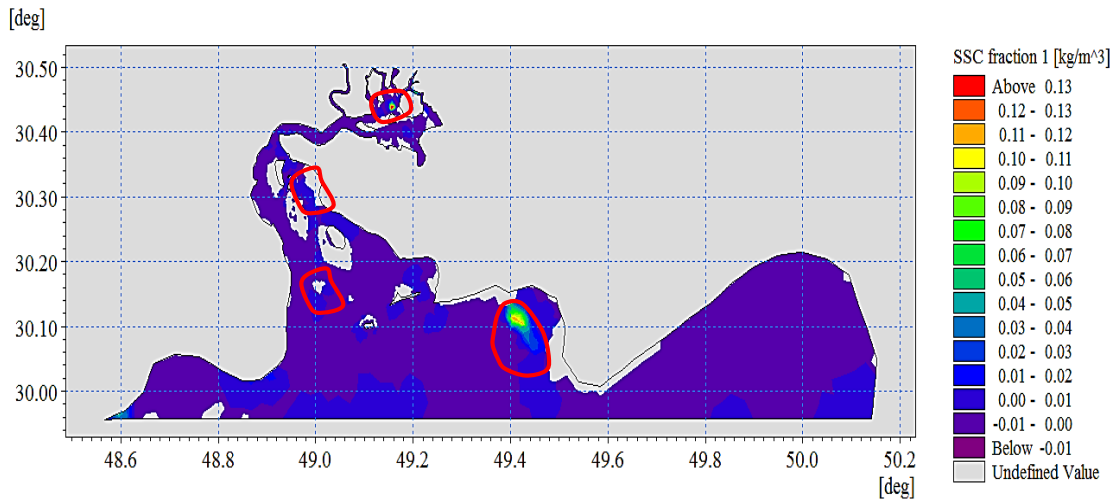
مطابق بحث های مطرح شده در بخش قبل به دلیل محدودیت های ناشی از عدم وجود داده های رسوبی وجود دارد مدل به صورت کیفی کالیبره شده است بر اساس شکل ۴-۳۱ تغییرات SSC دیده می شود، با مقایسه کیفی تصویر با تصویر شکل ۴-۲۷ مشخص می شود که همانند تصویر ماهواره ای کانال ناوبری غلظت رسوبات بسیار کمی در مقایسه با مکان های دیگر دارد همچنین با توجه به شکل ماهواره ای خطوط قرمز رنگ نیز با غلظت بیشتر به وضوح قابل رویت هستند. با تایید موارد مطرح شده می توان گفت که مدل رسوب به طور کیفی کالیبره بوده و عملکرد مناسبی دارد.



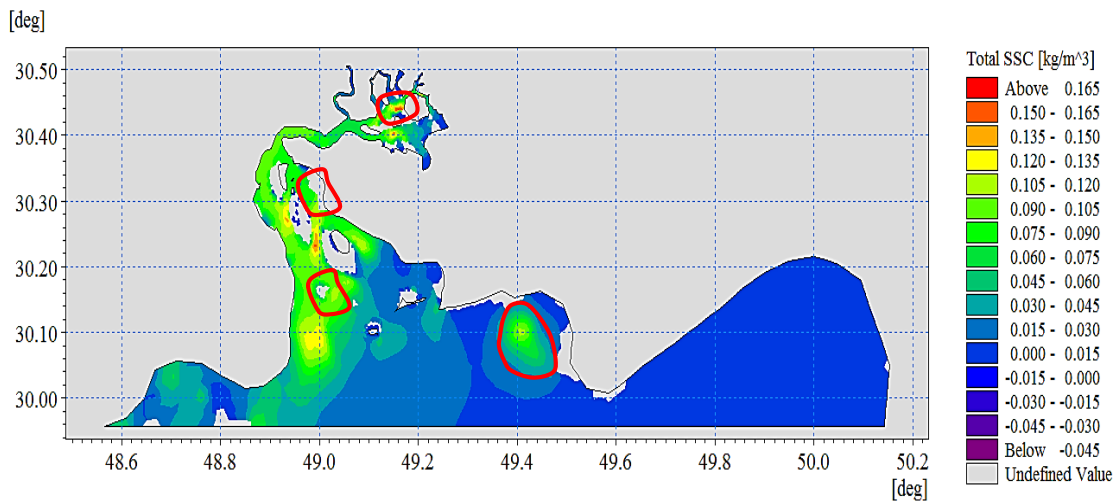
شکل (۴-۳۱)، تغییرات SSC خروجی از نرم افزار برای کالیبراسیون

۴-۵-۲-۳. مقایسه کیفی سه سناریو به صورت تصویری

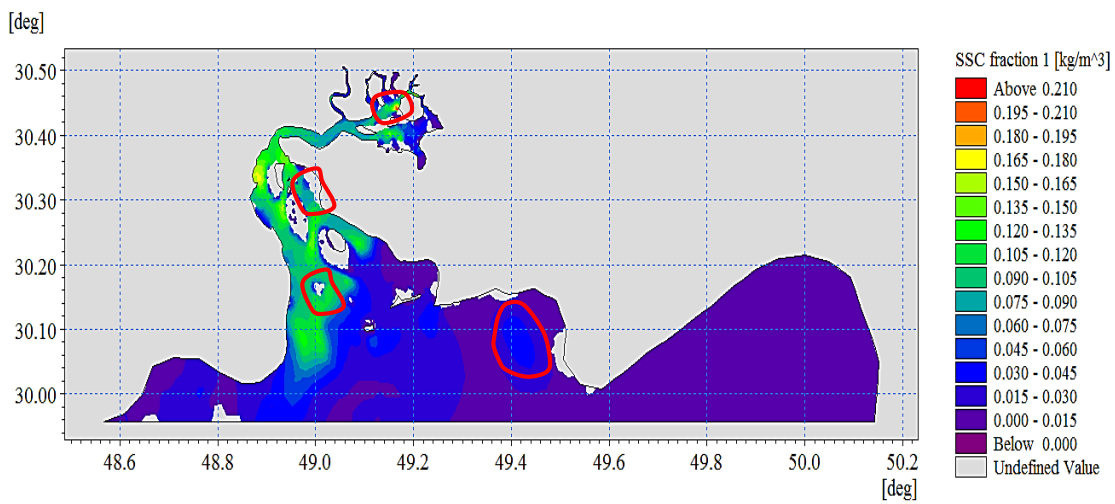
با تایید کالیبره شدن مدل مقایسه ای بین سه سناریو مطرح شده انجام گرفته است مطابق شکل ۴-۳۲:



(الف)



(ب)



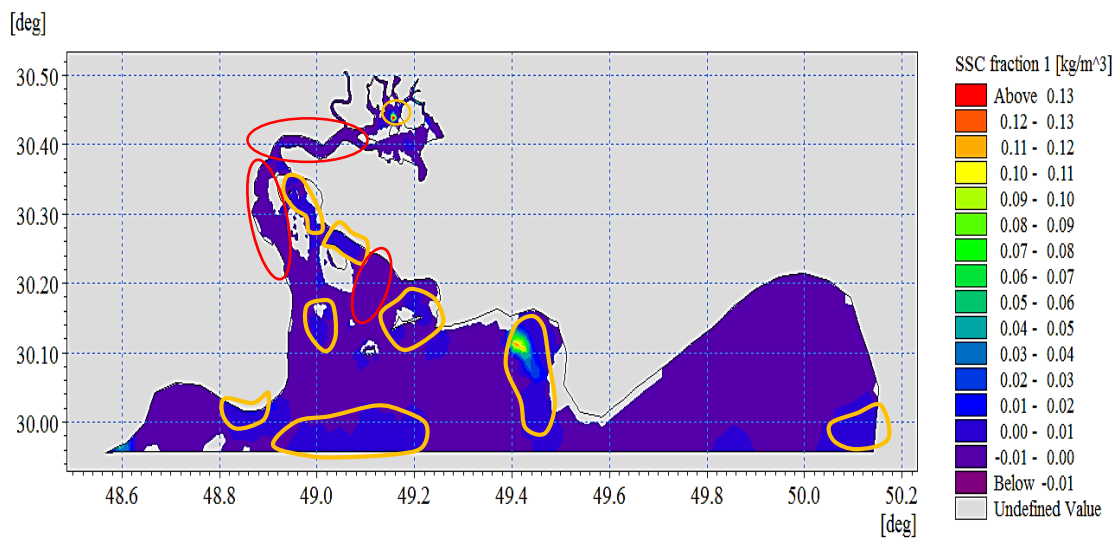
(ج)

شکل (۴-۳۲)، تغییرات SSC در سه سناریو، الف) No RSLR، ب) RSLR20cm، ج) RSLR70cm

همانطور که مشاهده می شود با افزایش نسبی سطح آب دریاها به طور نسبی غلظت رسوبات افزایش پیدا کرده اند و در سناریو سوم این میزان بیشتر از سناریو دوم می باشد. به طور کلی غلظت رسوبات در سه سناریو تکرار شده است اما تفاوتی که وجود دارد این است که غلظت رسوبات یا همان SSC در کانال ناوبری نیز در سناریوهای ۲ و ۳ افزایش یافته است در صورتی که در سناریو اول غلظت رسوبات در کانل ناوبری از سایر نقاط کمتر بوده است. بر این اساس می توان گفت که افزایش سطح آب باعث افزایش سرعت جریان شده است که این افزایش حامل رسوبات معلق بیشتری خواهد بود. در خطوط قرمز رنگ به طور کیفی تشابهات رسوبات معلق قابل مشاهده می باشد.

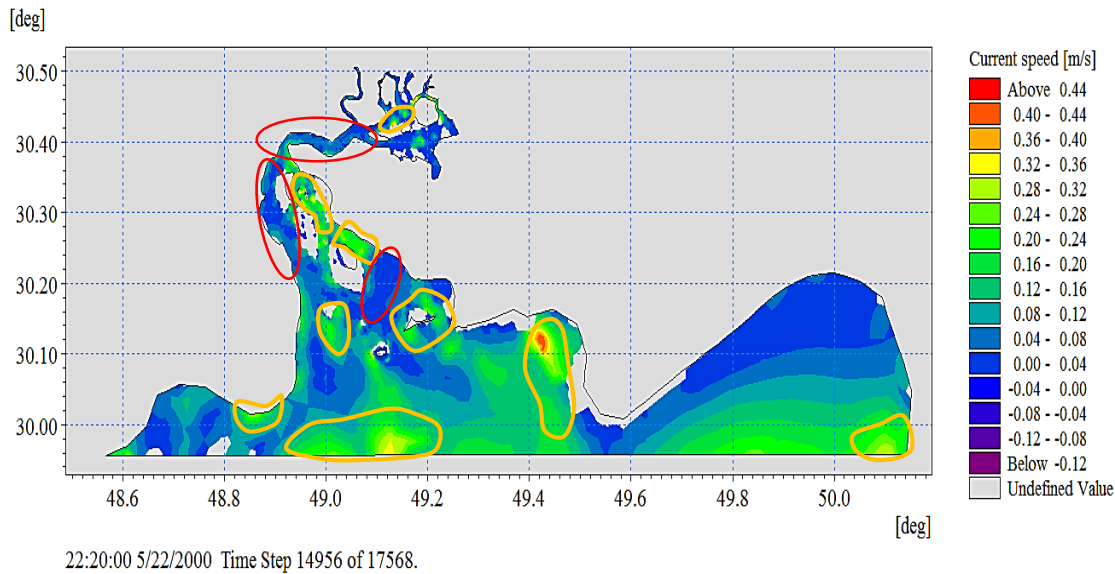
۴-۵-۲-۴. مقایسه کیفی تصویری بین الگوی سرعت جریان و SSC در وضعیت موجود

بر اساس شکل ۴-۳۳ قسمت الف نشان دهنده SSC و قسمت معرف سرعت جریان در وضعیت موجود خورموسی می باشند با مقایسه کیفی بین این دو مشخص می شود که:



(الف)

شکل (۴-۳۳)، مقایسه الگوی SSC و سرعت جریان در وضعیت موجود، (الف) SSC، (ب) سرعت جریان



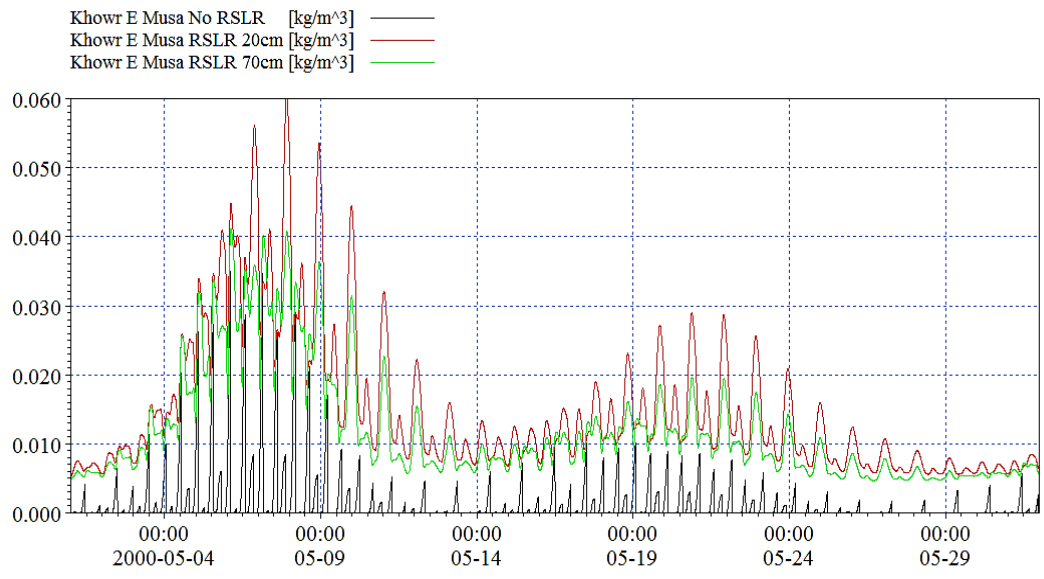
(ب)

شکل (۴-۳۳)، مقایسه الگوی SSC و سرعت جریان در وضعیت موجود، الف) SSC، ب) سرعت جریان (ادامه)

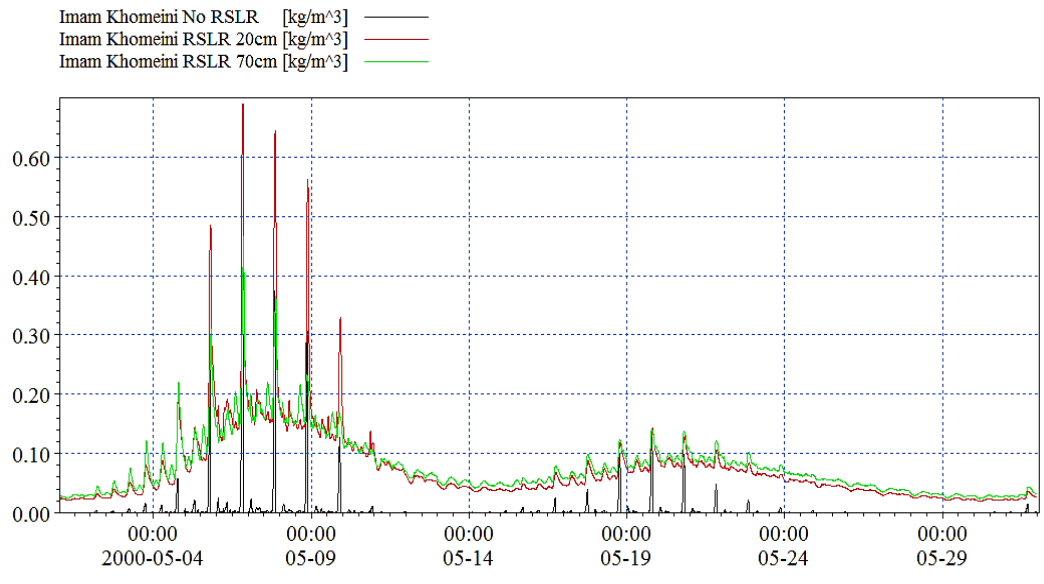
الگوی سرعت جریان و رسوبات معلق همپوشانی زیادی داشته و می توان تایید کرد که همانگونه انتظار می رفت با افزایش سرعت جریان میزان رسوبات معلق نیز افزایش می یابد. مطابق شکل ب خطوط قرمز رنگ نشان دهنده سرعت پایین می باشند بر اساس شکل الف غلظت رسوبات نیز باید مقادیر پایین را نشان دهند که خطوط قرمز رنگ این مساله را تایید می کند. خطوط زرد رنگ در شکل ب نیز گویای سرعت بالا بوده که طبیعتاً غلظت رسوبات شکل الف در این نقاط بیشتر از سایر نقاط می باشد که این مساله تایید می شود. بنابراین الگوی سرعت جریان و مقادیر SSC همپوشانی خوبی را با یکدیگر نشان می دهند.

۴-۵-۲-۵. مقایسه تغییرات SSC با تغییر سناریو در ایستگاه ها

مطابق جدول ۴-۷ و شکل ۴-۱۶، ۴ ایستگاه جهت مقایسه مقادیر SSC در سه سناریو مطرح شده انجام گرفته است بر این اساس با توجه به شکل ۴-۳۴ قسمت الف تا د :

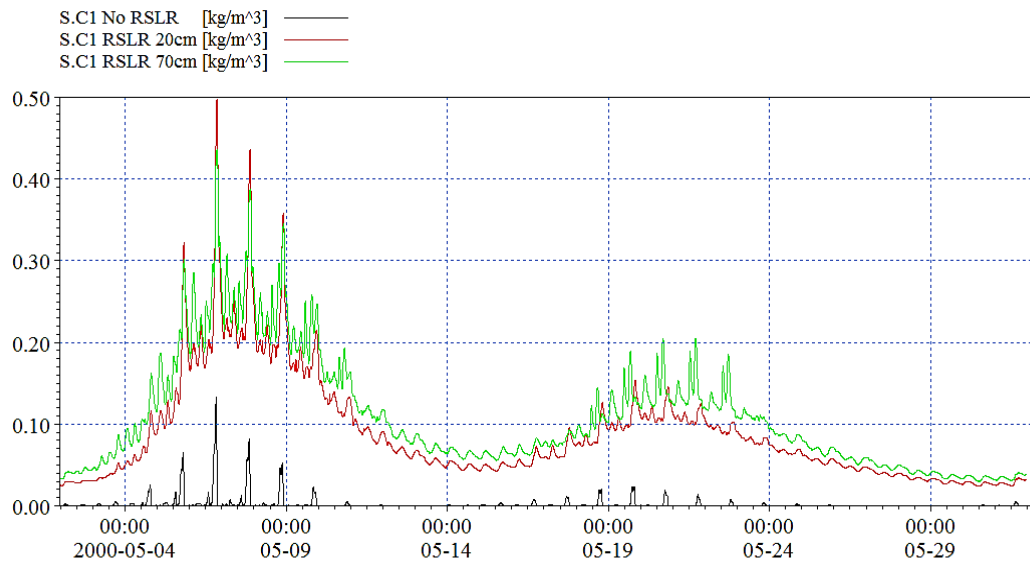


(الف)

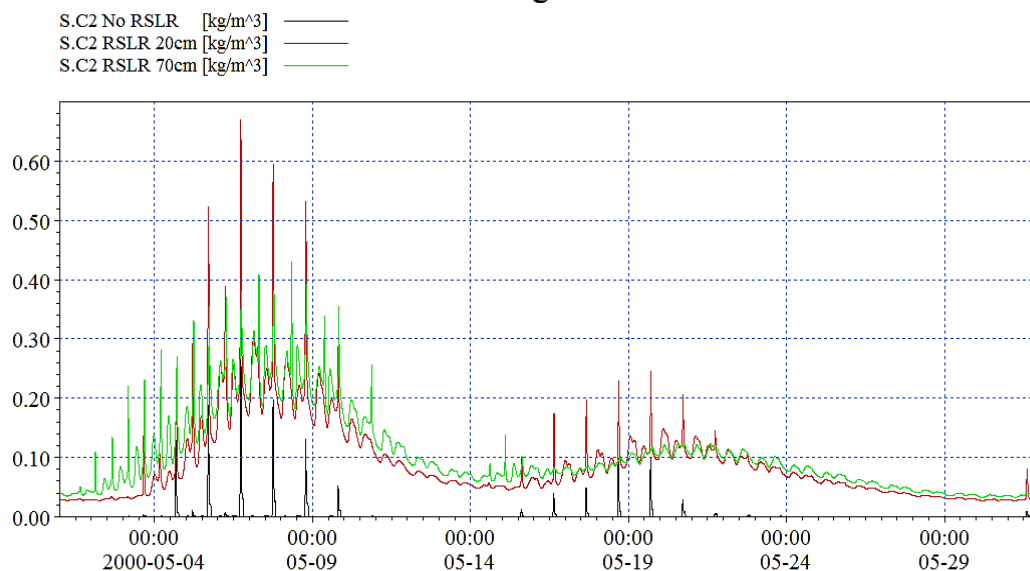


(ب)

شکل (۴-۳۴)، مقایسه تغییرات SSC خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) $S.C_1$ ، د) $S.C_2$



(ج)



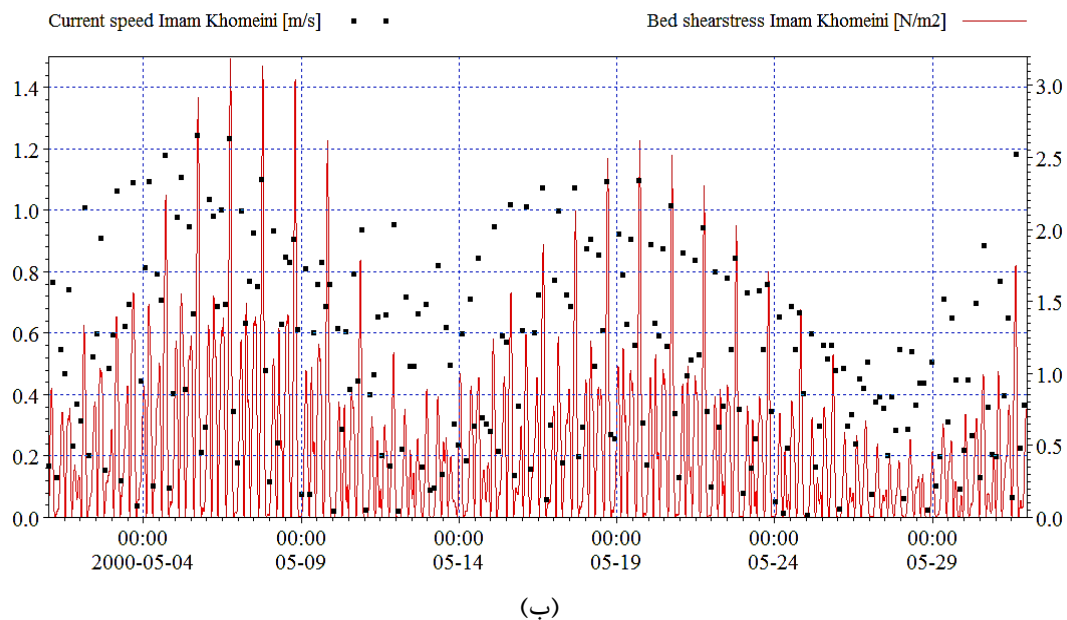
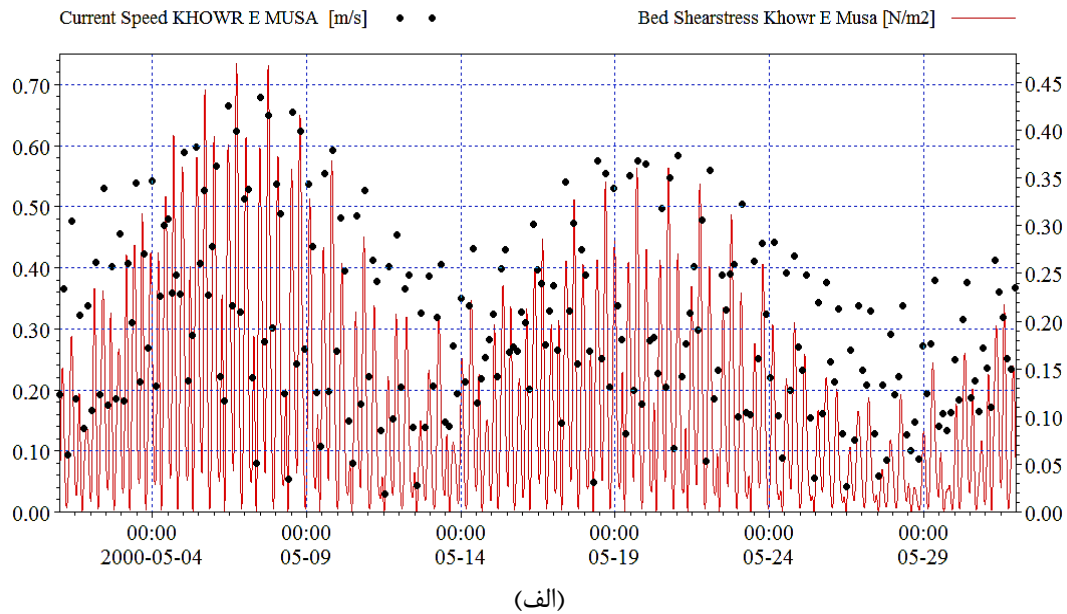
(د)

شکل (۴-۳۴)، مقایسه تغییرات SSC خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C₁، د) S.C₂ (ادامه)

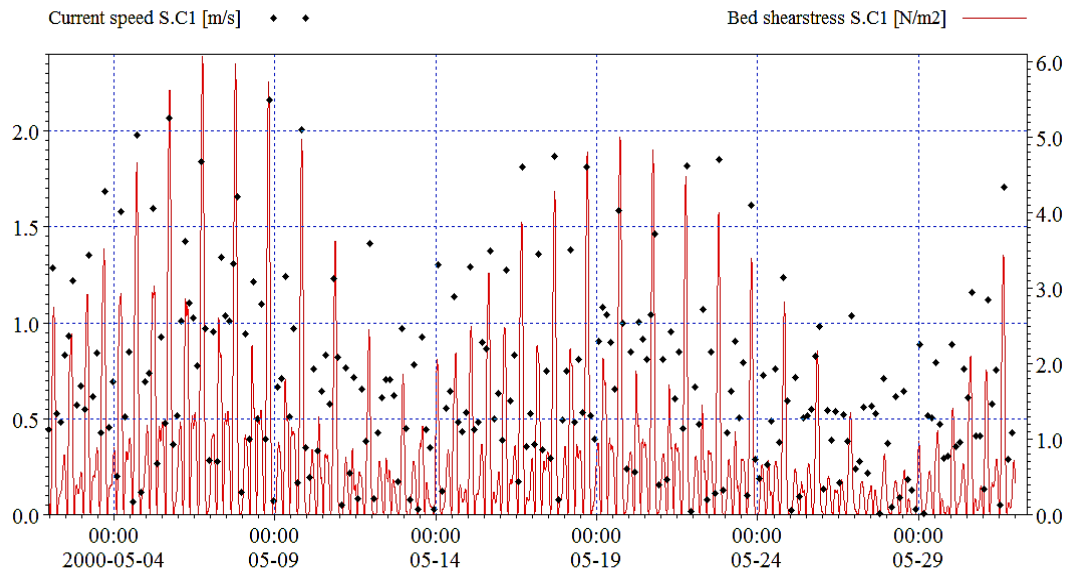
با بررسی شکل ۴-۳۴ مشخص می شود که به جز ایستگاه خورموسی در بقیه ایستگاه ها با افزایش تراز آب دریاها به طور کلی SSC نیز افزایش می یابد با مقایسه بین این بخش و بخش ۴-۵-۱-۲ مشخص می شود که افزایش سرعت جریان با افزایش SSC همگام می باشد که به طور کلی می توان گفت که افزایش نسبی سطح آب دریاها باعث افزایش میزان SSC در یک منطقه می گردد. دلیل عدم همخوانی شکل الف با سایر شکل ها را می توان به دلیل نزدیکی ایستگاه به مرز ورودی مدل محلی عنوان کرد ولی با این حال در این شکل هم افزایش SSC به وسیله افزایش نسبی سطح آب را نشان می دهد.

۴-۵-۲-۶. مقایسه کیفی بین تغییرات سرعت جریان و تنش برشی در ایستگاه‌ها

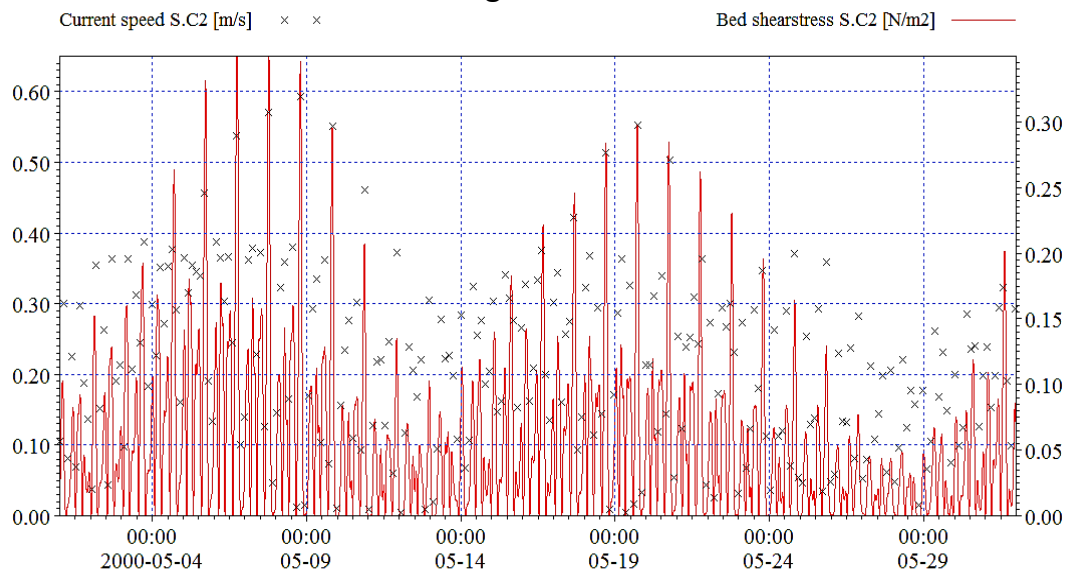
مطابق شکل ۴-۳۵ قسمت الف تا د، مقایسه بین تنش برشی بستر و سرعت جریان در وضعیت موجود در ایستگاه‌های ۴ گانه انجام گرفته است. بر این اساس:



شکل (۴-۳۵)، مقایسه تغییرات تنش برشی و سرعت جریان در خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C₁، د) S.C₂



(ج)



(د)

شکل (۴-۳۵)، مقایسه تغییرات تنش برشی و سرعت جریان در خورموسی در ۴ ایستگاه، الف) خورموسی، ب) بندر امام خمینی (ره)، ج) S.C₁، د) S.C₂ (ادامه)

با مقایسه انجام گرفته بین سرعت جریان در مدل هیدرودینامیک و تنش برشی بستر در مدل رسوب چسبنده در غالب یک نمودار مشخص می شود که تغییرات سرعت و تنش در یک راستا عمل می کنند یعنی در نقاطی که تنش برشی افزایش یافته طبعاً سرعت نیز افزایش داشته است و در زمان هایی که تنش برشی کم می شود سرعت جریان نیز کاهش داشته است که در هر چهار ایستگاه مشاهده می شود.

نکته دیگری که وجود دارد این است که مقادیر تنش برشی با افزایش میزان سرعت جریان افزایش پیدا می کند در شکل ب و ج همانطور که مشاهده می شود مقادیر سرعت نسبت به دو ایستگاه دیگر بسیار بیشتر است که متعاقب آن تنش برشی بستر نیز مقادیر بالاتری را نشان می دهد و در دو شکل الف و د نیز به دلیل مقادیر سرعت پایین تر تنش برشی نیز کمتر می باشد.

۴-۶. جمع بندی

در این بخش به جمع بندی نتایجی که در فصل چهارم بدست آمد، پرداخته شده است بر این اساس:

- ✓ بررسی الگوی تغییرات تراز جریان جزر و مدی مطابق با سه سناریو و ایستگاه های بیان شده نشان می دهد که RSLR تاثیر قابل توجهی نداشته ولی مقدار ناچیزی تراز جزر و مدی را افزایش می دهد.
- ✓ بررسی الگوی تغییرات سرعت جریان جزر و مدی مطابق با سه سناریو و ایستگاه های بیان شده نشان می دهد که RSLR تاثیر بیشتری در افزایش سرعت ها داشته است.
- ✓ در بحث حاکمیت جریان جزر یا مد در خورموسی مطابق شکل ۴-۱۹ مشخص شد که خورموسی به لحاظ الگوی جریان یک خور جزر و مدی با حاکمیت جریان مد و نامتقارن به شمار می آید.
- ✓ الگوی جریان جزر و مد در تمام قسمت های خور از پایین ترین قسمت ورودی از خلیج فارس تا انتهای خورموسی و حوضه بندر امام خمینی (ره) تغییرات جریان جزر و مد نیم روزانه می باشد.
- ✓ در بررسی سطحی الگوی جریان در ناحیه جریان جزر و جریان مد Spring Tide مشخص شد که در هر دو سرعت ماکزیمم برابر $2/20$ متر بر ثانیه می باشد. همچنین مقایسه الگوی سرعت جریان در هر دو زمان تقریباً همخوان می باشند و سرعت ماکزیمم در هر دو زمان در کانال رخ داده سرعت های پایین نیز همخوانی دارند.

✓ در تغییرات مساحت پشته های جزر دلتای جزر همانطور که محاسبه شد در سناریو RSLR 20cm، ۲۰٪ کاهش در مساحت پشته ها به وجود آمد و در سناریو RSLR 70cm، ۲۸٪ در مساحت پشته ها کاهش داشتیم.

✓ برای تایید صحت مدل هیدرودینامیک مبنی بر توانایی انتقال رسوب از ماژول Particle Tracking استفاده شد که نشان داد مدل به درستی توانایی انتقال رسوب را داراست.

✓ در مقایسه کیفی تصاویر ماهواره ای در ساعت ۲۲:۲۰ روز ۲۲/۰۵/۲۰۰۰ با نتایج مدلسازی در همین گام زمانی مشخص شد که غلظت رسوبات معلق SSC مدل به لحاظ کیفی همپوشانی خوبی با تصاویر داشته و مدل کالیبره می باشد.

✓ با مقایسه سطحی غلظت رسوبات معلق در گام زمانی و سه سناریو گفته شده، نشان می دهد که به طور کلی الگوی غلظت رسوبات در هر سه شکل شباهت داشته و فقط نکته ای که مطرح می باشد افزایش غلظت رسوبات با افزایش سطح آب بوده است.

✓ با مقایسه تصویری بین SSC و سرعت جریان در وضعیت موجود نشان می دهد که هر جا که سرعت بیشتر بوده میزان غلظت رسوبات معلق نیز بیشتر می شود و در قسمت هایی که سرعت کاهش داشته غلظت رسوبات نیز مقادیر کمتری را نشان می دهد، که کاملاً درست می باشد.

✓ با مقایسه ایستگاهی مقادیر SSC در سه سناریو مشخص می شود که با افزایش تراز آب دریاها SSC نیز افزایش می یابد که این به دلیل افزایش سرعت مطابق آنچه که قبل تر گفته شد می باشد.

✓ در مقایسه بین تنش برشی بستر و سرعت جریان در ۴ ایستگاه مشخص می شود که هر جا سرعت افزایش داشته تنش برشی نیز زیاد شده و بالعکس و همچنین این میزان افزایش متناسب با میزان سرعت می باشد هرچه مقادیر سرعت کمتر باشد مقادیر تنش برشی نیز کمتر و با افزایش سرعت این مقادیر نیز به شدت افزایش می یابند.

فصل پنجم

نتیجه گیری

۵-۱. پیشگفتار

تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورهای جزر و مدی کم عمق بدلیل تاثیر عوامل هندسی به مراتب پیچیده تر از دریاهاى آزاد می باشد، وجود جزایر، بنادر، مناطق مهم اقتصادی و کانال های ناوبری در محدوده خورها، حفظ کاربری آن ها در دوره بهره برداری تحت شرایط هیدرودینامیکی موثر از جمله افزایش نسبی سطح آب دریاها به دلیل گرم شدن زمین اهمیت زیادی دارد. بنابراین بررسی های کامل و علمی در جهت شناخت تاثیر پارامتر افزایش نسبی سطح آب به همراه سایر پدیده های تاثیرگذار از قبیل موج، جزر و مد، جریان ها و فرآیند انتقال رسوب انجام گیرد تا بتوان نسبت به مشکلات بوجود آمده در زمینه های اقتصادی، توریستی، حمل و نقل، بهسازی و بهره برداری از سازه ها و ابنیه های موجود و مسائل زیست محیطی اقدامات لازم صورت پذیرد.

در این پژوهش به بررسی تغییرات هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی خورموسی پرداخته شده است که **فصل سوم؛** در خصوص ساختار و روابط پایه تجربی مورفولوژیکی، طبقه بندی هیدرودینامیکی به صورت تحلیلی و آماری و بررسی پایداری خورموسی انجام گرفته است. در **فصل چهارم** نیز با تعریف سه سناریوی افزایش نسبی سطح آب دریاها No RSLR، RSLR 20cm و RSLR 70cm توسط نرم افزار مایک ۲۱ تغییرات مورفولوژیکی و هیدرودینامیکی خورموسی بررسی شده است.

۵-۲. نتیجه گیری

ضرایب کالیبراسیون مورفولوژیکی خورموسی تعیین گردید و مشخص شد که خورموسی به لحاظ هیدرودینامیکی جریان جزر و مد حاکم بوده و دامنه جزر و مدی متوسط رو به بالا به همراه انرژی موج کم محسوب می گردد همچنین در بررسی پایداری دهانه خورموسی به دو صورت نرم افزاری و تئوری ثابت شد که خورموسی همواره پایدار می باشد.

با اعمال سناریو های افزایش نسبی سطح آب دریاها و مقایسه نتایج در بخش هیدرودینامیک مشخص شد که؛ بررسی الگوی تغییرات تراز جریان جزر و مدی نشان می دهد که RSLR تاثیر قابل توجهی نداشته ولی مقدار ناچیزی تراز جزر و مدی را افزایش می دهد همچنین بررسی الگوی تغییرات سرعت جریان جزر و مدی نشان داد RSLR تاثیر بیشتری در افزایش سرعت داشته است و نهایتا با بررسی تغییرات سطوح پشته های جزر در سناریو RSLR 20cm، ۲۰٪ کاهش در مساحت پشته ها به وجود آمد و در سناریو RSLR 70cm، ۲۸٪ در مساحت پشته ها کاهش به وجود آمد. در حالت کلی بدون اعمال سناریو ها تعیین شد که خورموسی به لحاظ الگوی جریان یک خور جزر و مدی با حاکمیت جریان مد و نامتقارن به شمار می آید و الگوی جریان جزر و مد در تمام قسمت های خور از پایین ترین قسمت ورودی از خلیج فارس تا انتهای خورموسی و حوضه بندر امام خمینی(ره) تغییرات جریان جزر و مد نیم روزانه می باشد.

در بخش تغییرات مورفولوژیکی خورموسی با اعمال سناریو ها تعیین شد که؛ الگوی غلظت رسوبات معلق در هر سه سناریو یکسان بوده و فقط با اعمال RSLR این مقادیر افزایش میابد همچنین با مقایسه بین SSC و سرعت جریان نشان می دهد که هر جا که سرعت بیشتر بوده میزان غلظت رسوبات معلق نیز بیشتر می شود و در قسمت هایی که سرعت کاهش داشته غلظت رسوبات نیز مقادیر کمتری را نشان می دهد، که کاملا درست می باشد و در نهایت مقایسه بین تنش برشی بستر و سرعت جریان مشخص می کند که هر جا سرعت افزایش داشته تنش برشی نیز افزایش یافته است.

۳-۵. پیشنهادات

پیشنهاداتی که برای ادامه در پژوهش های آینده مطرح می گردند عبارتند از:

۱. مطالعه میدانی در خصوص انتقال رسوبات و تغییرات مورفولوژیکی منطقه خورموسی.

۲. بررسی کمی تغییرات مورفولوژیکی دراز مدت در خورموسی در صورت تهیه داده های اندازه گیری مناسب که توسط سازمان بنادر و دریانوردی می بایست ارائه گردد.
۳. تاثیر افزایش نسبی سطح آب دریاها در عملکرد هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی سایر خورهای سواحل جنوبی کشور.
۴. بررسی تاثیر افزایش نسبی سطح آب دریاها بر رسوبگذاری در قیاس بین رسوبات چسبنده و غیر چسبنده.
۵. بررسی افزایش نسبی سطح آب دریاها و تاثیر آن در عملکرد زیست محیطی خورموسی.
۶. تاثیر افزایش نسبی سطح آب دریاها در تغییرات خطوط ساحلی منطقه خورموسی.

منابع

منابع و مراجع

❖ مراجع فارسی

رحیمی پور انارکی ح، (۱۳۷۷)، "تحلیلی بر روند تغییرات خط ساحلی دریای خزر در مجورت سپیدرود"،
سومین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی.

قنواتی ف، عطری م، هویزه ح، (۱۳۷۹)، "مسائل زیست محیطی ساحل خوردورق (خورموسی)"،
چهارمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، مجتمع بندری شهیدرجایی،
بندرعباس.

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.

نوریان اصفهانی م، (۱۳۸۵)، "مطالعه و بررسی گردش آب در خورموسی"، هفتمین همایش بین المللی
سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران.

جندقی علایی م، کلاهدوزان م، نظرعلی م، (۱۳۸۷)، "مدلسازی هیدرودینامیک و انتقال رسوب محدوده
ای از بندر امام خمینی (ره)"، هشتمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی،
تهران.

برگی خ، (۱۳۸۷)، "اصول مهندسی دریا"، انتشارات دانشگاه تهران.

بنی سلطان س، کاویانپور م، (۱۳۸۹)، "شبیه سازی عددی رسوب گذاری در مصب دریا (مطالعه موردی؛
خورموسی)"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

آب محیط خاورمیانه، مهندسین مشاور، (۱۳۸۹)، "گزارش رسوب گذاری و لایروبی در بندر امام خمینی
(ره)"، سازمان بنادر و دریانوردی کشور، تهران.

نقشه سیاسی تاریخی خلیج فارس، "نقشه شماره ۱۹۲"، موسسه گیتاشناسی.

❖ مراجع انگلیسی

- Bindoff N. L., J. Willebrand V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C.K. Shum, L.D. Talley and A. Unnikrishnan, (2007), "Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)" *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 409-416.*
- Boothroyd J. C. (1985), "Coastal Sedimentary Environments: Tidal Inlets and Tidal Deltas", *Springer-Verlag, New York Inc.*
- Bruun P. (1978), "Stability of Tidal Inlets - Theory and Engineering", *New York: Elsevier Scientific Publishing Company.*
- Church J. A. & White N. J. (2006), "A 20th century acceleration in global sea-level rise", *Geophysical research letters, 33(1).*
- Davis R. A., & Fitzgerald D. M. (2004), "Beaches and Coasts", *Blackwell Science Ltd.*
- Davis R. A. & Hayes M. O. (1984), "What is a wave dominated coast? ", *Marine Geology, no. 60, pp. 313-329.*
- Dean R. G. (1983), "Shoreline erosion due to extreme storms and sea level rise", *Sea Grant Program, University of Delaware.*
- Dean R. G. & Dalrymple R. A. (2004), "Coastal processes with engineering applications", *Cambridge.*
- De Vriend H. J., Louters T., Berben F. M. L., & Steijn R. C. (1989), "Hybrid Prediction of Intertidal Flat Evolution in an Estuary", *International Conference of Hydraulic and Environmental Modelling of Coastal, Estuarine and River Waters, Bradford, U.K.*
- Escoffier F. F. (1940), "The Stability of Tidal Inlets", *Shore and Beach, Vol. VIII, No. 4, 114-115.*

- Eysink W. D. & Biegel E. J.(1992), "ISOS*2 Project : Impact of Sea Level Rise on the Morphology of the Wadden Sea In the Scope of Its Ecological Function, phase 2" *Delft Hydraulic report H1300, Delft, The Netherlands.*
- Eysink W. D. (1991), "ISOS*2 Project: Impact of Sea Level Rise on the Morphology of the Wadden Sea in the Scope of Its Ecological Function, phase 1" *Delft Hydraulic report H1300, Delft, The Netherlands.*
- Eysink, W.D. 1990. "Morphological response of tidal basins to change" *Proc. 22nd Coastal Engineering Conference, ASCE, Delft, July 2-6, Vol. 2, the Dutch Coast.*
- Glaeser D. J. (1978), "Global distribution of barrier islands in terms of tectonic setting", *Journal of Geology* 86, 283 – 297.
- Hayes M. O. & Kana T. W. (1976), "Terrigenous Clastic Depositional Environments", *Technical Report 11-CRD.Columbia, South Carolina: Geology Department, University of South Carolina, 315 pp.*
- Hayes M. O. (1979), "Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime", *in Leatherman, S.P. (ed.) Barrier Islands, New York: Academic Press.*
- Houghton G. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguera M., Van der Linden P. J., Dai X., Maskell K., Johnson C. A. (2001), "Climate Change Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) ", *Cambridge University Press, UK, pp.74-77.*
- Jarret J. T. (1976), "Tidal Prism-Inlet Area Relationship", *Coastal Engineering Research Centre, Ft. Belvoir, Virginia.*
- National Cartographic Center (NCC). (2004), "Iranian Tide Gauge Network", Tehran, Iran.
- National Cartographic Center (NCC). (2000), "Iranian Tide Gauge Network", Tehran, Iran.
- Nicholls R. J. & Cazenave A. (2010), "Sea-level rise and its impact on coastal zones", *science*, 328(5985), 1517-1520.
- O'Brien M. P. (1969), "Equilibrium flow areas of inlets and sandy coasts" *Journal of Waterways, Harbors, and Coastal Engineering* 95, 43-55.

- O'Brien M. P. (1976), "Notes on Tidal Inlets on Sandy Shores", *U.S. Army Coastal Engineering Research Center, GITI Report 5*, 27 p.
- Qu L. (2014), "Remote Sensing Suspended Sediment Concentration in the Yellow River", *University of Connecticut Graduate School. Doctoral Dissertations*.
- Savenije H. G. (2005), "Salinity and Tides in Alluvial Estuaries", *Elsevier, New York*.
- Seabergh W. C. & Kraus N. C. (1997), "PC Program for Coastal Inlet Stability Analysis using Escoffier Method", *Coastal Engineering Technical Note CETN IV-11, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS*, 7 p.
- Shennan L., Long A. J. & Horton B. P. (2015), "Hand Book of Sea-Level Research", *John Wiley & Sons, Ltd*.
- Sorensen R. M. (2006), "Basic coastal engineering", *Third Edition, Springer*, pp. 330.
- Tung T. T. (2011), "Morphodynamics of Seasonally Closed Coastal Inlets at the Central Coast of Vietnam", *PhD Thesis, Technische Universiteit Delft*.
- Van Geer P. (2007), "Long-Term Modeling of Western Part of Dutch Wadden Sea" *Parallel Study, Private Communication, to be Published as Delft Hydraulic Report*.
- Walton T. L. & Adams W. D. (1976), "Capacity of Inlet Outer Bars to Store Sand", *Proc. 15th Coast. Eng. Conf., ASCE, Honolulu, Hawaii, Volume 2, 1919-1937*.
- Warrick R. A. & Oerlemans J. (1990), "Sea level rise", 257-281.

Abstract

Tidal Inlets have formed by the sea water developments such as tidal, wave and even rivers with the influence towards the coast that create some new coastal areas. These areas due to protected conditions compared with the sea and open waters are suitable areas for development of port business districts, tourist and etc.; hence, the Tidal Inlets can be regarded as strategically important areas. In the last century due to increased greenhouse gases in the Earth's temperature rises, polar ice began to melt which can cause consequences.

In this research has been paid as a case study to examine the **Khawr E Musa** situation in the far North West of the Persian Gulf. At first specified structural and morphological state of this estuary and then hydrodynamic condition and stability of the spans of **Khawr E Musa** has been known. The following, with the help of numerical methods software (Mike 21), hydrodynamic and morphological changes of **Khawr E Musa** have been investigated affected of three scenarios in case of No RSLR, RSLR 20cm and RSLR 70cm.

With conducted analysis the morphologic components of the **Khawr E Musa** have been identified and in terms of hydrodynamic was proven that **Khawr E Musa** is a subset of estuaries which has dominated tidal flow, low wave energy and tidal range is moderate to high. Also in terms of hydrodynamic stability of **Khawr E Musa** in two methods (Bruun and CEA Software) was observed a quite stable Tidal Inlet. In the discussion to numerical study with Mike 21, was determined flow pattern and sedimentation and determined that the sea level rise was not created a significant change in the region tidal level pattern; but the flow rate increases with increasing water level.

Keywords: Tidal Inlets hydrodynamics, Tidal Inlets morphology, Tidal Inlets stability, Khawr E Musa, Mike 21, Relative Sea Level Rise (RSLR).



Shahrood University of Technology

Faculty of Civil Engineering

**On The Relative Sea Level Rise Effects on Hydrodynamic
Processes and Morphology Evolution on Tidal Inlets**

(Case Study: Khowr E Musa)

Amir Jabari Khameneh

Supervisor:

Dr. Mehdi Adjami

Advisor:

Eng. Mostafa Nazarali

June 2016