بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشکده مهندسی عمران**

**گروه مهندسی آب و محیط زیست**

# ارزیابی و تاثیر احداث دیواره های منقطع در دهانه خلیج ها و خورها بر فرآیندهای هیدرودینامیکی، زیست محیطی و افزایش کاربری دریایی/بندری آنها؛ مطالعه، امکان سنجی و طراحی موردی: خلیج چابهار

**فهیمه سجادیانفرد**

**استاد راهنما :**

**دکتر مهدی عجمی**

**پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد**

بهمن ۱۳۹۳

## تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.

## و تقدیم به همسرم

همسفر مهربان زندگیم

که با هم آغاز کردیم، در کنار هم آموختیم و به امید هم به آینده چشم می دوزیم.

# قدردانی

حال که به لطف و رحمت لایتناهی حضرت حق، مراحل این پایان‌نامه رو به اتمام نهاده، بر خود لازم دانسته تا از همه دوستانی که در پیشبرد اهداف این پایان‌نامه، اینجانب را مساعدت و یاری نموده‌اند، سپاس و قدردانی به عمل آورم.

ابتدا از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوارم، که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه‌های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده‌اند، سپس از زحمات بی‌دریغ و بی‌شائبه استاد محترم، جناب آقای دکتر مهدی عجمی که راهنمایی این تحقیق را بر عهده داشتند و از هرگونه راهنمایی و مساعدت مضایقه نکردند، تشکر و قدردانی ویژه‌ای داشته باشم. بی‌شک بدون حمایت و پشتیبانی این استاد بزرگوار انجام این تحقیق مقدور نبود.

همچنین از جناب آقای مهندس حاج مومنی و جناب آقای مهندس مدیحی که نقشی ارزنده و مکمل در انجام این پایان نامه داشتند سپاس گزاری می‌کنم. نیز از سازمان بنادر و دریانوردی که همکاری‌های لازم را مبذول نموده و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار اینجانب قرار دادند کمال تشکر را دارم.

و از همسرم، به پاس قدر دانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش برای من فراهم آورده است.

و در انتها سپاسگزار کلیه دوستان و عزیزانی هستم که در مراحل مختلف تحصیلی مرا یاری نمودند؛ هرچند مجالی برای بیان نام تک‌تک این دوستان نیست، لیکن همیشه خود را مرهون لطف و مهربانی آن‌ها دانسته و امید دارم به لطف الهی روزی توان جبران محبت‌هایشان را داشته باشم.

# تعهد نامه

اینجانب **فهیمه سجادیانفرد** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی عمران-سازه‌های هیدرولیکی** دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **ارزیابی و تاثیر احداث دیواره های منقطع در دهانه خلیج ها و خورها بر فرآیندهای هیدرودینامیکی، زیست محیطی و افزایش کاربری دریایی/بندری آنها؛ مطالعه، امکان سنجی و طراحی موردی: خلیج چابهار** تحت راهنمائی **جناب آقای دکتر مهدی عجمی** متعهد می شوم .

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

**تاریخ**

**امضای دانشجو**

## مالکیت نتایج و حق نشر

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

## چکیده

حمل و نقل ارزان، ایمن و سریع کالا و مسافر یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بشر امروزی می‌باشد. در میان روش‌های متداول حمل‌ونقل، حمل‌ونقل دریایی به دلیل قابلیت حمل حجم بالا، ارزان و ایمنی بودن با استقبال بیشتری مواجه است. این امر لزوم استفاده ی بهینه، ایمن، حداکثری و اقتصادی از مرزهای دریایی موجود را جهت ایجاد زیرساخت های لازم، ضروری می‌سازد. اما در بررسی و گزینش سازه‌های حفاظت از ساحل، از جمله موج شکن‌ها و دیواره‌های حفاظت ساحلی، باید به این نکته توجه ویژه شود که سازه‌ی برگزیده شده حداقل تغییرات در شرایط زیست محیطی و اقلیمی منطقه را داشته باشد، قابلیت کشتیرانی منطقه را حفظ نموده و حتی افزایش دهد و تا حدامکان اقتصادی باشد. با توجه به این موضوع در این پایان-نامه سعی شده است به بررسی سیستم دیواره‌های منقطع کاهنده[1] به عنوان یکی از روش‌های نوین حفاظت ساحلی پرداخته شده و در کنار ذکر مزایای آن، پیش‌بینی می‌شود که با بکارگیری این سازه در دهانه خلیج‌ها وخورها بجای ساخت موجشکن‌های متعدد و ساخت تاسیسات مانور، تخلیه و بارگیری در هریک از از این بنادر در یک خلیج، با ساخت یک سازه، محیط ایمن و به دور از تلاطم امواج جهت عملیات شناورها با صرف هزینه‌های کلی و درازمدت کمتر به وجود آورد. مسئله قابل توجه چگونگی عملکرد این سازه در خلیج و واکنش این محیط دریایی ویژه به این سازه است، که در این پژوهش با استفاده از مدلسازی چهار چیدمان برای المان‌های این سازه در دهانه خلیج چابهار که در جنوب استان سیستان و بلوچستان واقع است با استفاده از ماژول‌های SW و Flow Model FM از بسته نرم‌افزاری Mike 21 تغییرات ایجاد شده از جمله ارتفاع موج مشخصه و سرعت جریان به علت وجود بازشوها در سازه، مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد و در نهایت با امتیازدهی به سازه‌ها با توجه به عملکرد آنها در هر بخش، سازه با بهترین چیدمان از جنبه تاثیر آن بر فرآیندهای هیدرودینامیکی، زیست محیطی و کاربری دریایی/بندری در خلیج معرفی می‌گردد.



**کلمات کلیدی:** سازه‌های حفاظت ساحلی، سد منقطع کاهنده، خلیج چابهار، مایک ۲۱.


[1] Reduction Barrier

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱. احداث دیواره‌های منقطع کاهنده در دهانه خورها و خلیج‌ها به عنوان یکی از روش‌های نوین حفاظت ساحلی. جهت ارائه شفاهی در سومین کنفرانس ملی مصالح و سازه‌های نوین در مهندسی عمران، برگزار شده در تاریخ چهارم و پنجم اسفند ماه سال ۱۳۹۳.

۲. مدلسازی سازه دیواره منقطع کاهنده در دهانه خلیج‌ها: مطالعه موردی خلیج چابهار. جهت ارائه شفاهی در دومین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، برگزار شده در تاریخ سیزدهم اسفند ماه سال ۱۳۹۳.

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| **فصل ۱- مقدمه** | ۱ |
| ۱-۱- پیشگفتار | ۲ |
| ۱-۲- شیوه‌های حفاظت از سواحل | ۳ |
| ۱-۲-۱- تغذیه مصنوعی و انتقال رسوبات | ۴ |
| ۱-۲-۲- سازه‌های حفاظت از سواحل | ۴ |
| ۱-۲-۲-۱- آب شکن‌ها و تیغه های ساحلی | ۵ |
| ۱-۲-۲-۲- سازه‌های روی خط ساحلی | ۶ |
| ۱-۲-۲-۳-موجشکن‌ها | ۷ |
| ۱-۳- پیامدهای ساخت سازه‌های حفاظت از ساحل | ۱۰ |
| ۱-۴- سازه‌های حفاظت از سواحل ویژه | ۱۰ |
| ۱-۴-۱- ساخت سد سراسری | ۱۱ |
| ۱-۴-۲- سدهای متحرک | ۱۲ |
| ۱-۴-۳- سدهای نیمه باز و Storm Serge barrierها | ۱۳ |
| ۱-۴-۴- سازه دیواره‌های منقطع کاهنده (Reduction barriers) | ۱۷ |
| ۱-۵- ضرورت انجام تحقیق | ۱۸ |
| ۱-۶- هدف از انجام تحقیق | ۲۴ |
| ۱-۷- فصل بندی پایان‌نامه | ۲۴ |
| **فصل ۲- پیشینه و سابقه تحقیق** | ۲۷ |
| ۲-۱- پیشگفتار | ۲۸ |
| ۲-۲- مروری برتحقیقات گذشته | ۲۸ |
| **فصل۳- منطقه مورد مطالعه** | ۳۷ |
| ۳-۱- پیشگفتار | ۳۸ |
| ۳-۲- خلیج چابهار | ۳۸ |
| ۳-۳- جایگاه اقتصادی چابهار و تاسیسات دریایی آن | ۳۹ |

۳-۳-۱- موقعیت جغرافیایی بندر چابهار ۴۱
۳-۳-۲- مزیت های بندر چابهار ۴۲
۳-۳-۳- بنادر موجود در بندر چابهار ۴۲
۳-۴- طرح توسعه محور شرق ۴۴
۳-۴-۱- اهداف طرح توسعه ۴۵
۳-۵- بررسی قابلیت‌های چابهار نسبت به بنادر دیگر ۴۶
۳-۶- محیط‌های آبی اطراف خلیج چابهار ۴۸
۳-۷- مانسون ۴۹
**فصل۴- سازه دیواره منقطع کاهنده** ۵۳
۴-۱- پیشگفتار ۵۴
۴-۲- معرفی کلی سازه ۵۴
۴-۳- مزایای احداث دیواره‌های منقطع کاهنده ۵۵
۴-۴- اصول طراحی سازه دیواره‌های منقطع کاهنده ۵۵
۴-۴-۱-بازشوها در سازه دیواره منقطع کاهنده ۵۶
۴-۴-۱-۱- اصول طراحی بازشوهای کشتیرانی ۵۷
۴-۴-۱-۲- الزامات آیین‌نامه ایران در طراحی بازشوهای کشتیرانی و تعیین کشتی طرح ۵۸
۴-۴-۱-۳- اصول طراحی بازشوهای تسهیل عبور و مرور آب بین دریا و خلیج ۷۲
۴-۴-۱-۴- تاثیر عرض بازشوها بر الگوی جریان ۷۲
۴-۴-۱-۵- تاثیر تعداد بازشوها بر الگوی جریان ۷۳
۴-۵- معایب دیواره‌های منقطع کاهنده ۷۶
**فصل۵- مواد و روش‌ها** ۷۷
۵-۱- پیشگفتار ۷۸
۵-۲- انتخاب مدل مناسب ۷۸
۵-۳- معرفی بسته نرم‌افزاریMike21 ۷۹
۵-۴- ماژولSW ۸۱

۵-۴-۱- معادلات حاکم بر ماژول SW ۸۱
۵-۴-۲- داده های ورودی ۸۳
۵-۴-۲-۱- تهیه فایل شبکه‌بندی و ژرفا سنجی ۸۴
۵-۴-۲-۲- تعیین محدوده جغرافیایی منطقه مطالعاتی و تراز مبنای طراحی ۸۵
۵-۴-۲-۳- داده‌های مربوط به شرایط مرزی در مرزهای مدل ۸۷
۵-۴-۲-۴- اطلاعات موج ورودی مدل ۸۸
۵-۴-۲-۵- اطلاعات باد ورودی مدل ۹۰
۵-۴-۳- برپایی مدل ۹۱
۵-۴-۳-۱- نحوه فرمولبندی طیفی و فرمولبندی زمانی ۹۱
۵-۴-۳-۲- منقطع سازی طیفی ۹۱
۵-۴-۳-۳- ضرایب کالیبراسیون (واسنجی) ۹۲
۵-۴-۳-۳-۱- ضرایب شکست موج ۹۳
۵-۴-۳-۳-۲- اصطکاک بستر ۹۴
۵-۴-۳-۴- صحت سنجی مدل ۹۶
۵-۴-۴- خروجی مدل SW ۹۷
۵-۵- ماژولFlow Model FM ۹۹
۵-۵-۱- معادلات حاکم بر ماژول Flow Model FM ۹۹
۵-۵-۲- داده‌های ورودی ۱۰۰
۵-۵-۳- خروجی ماژول Flow Model FM ۱۰۱
**فصل ۶- مدلسازی و تفسیر نتایج** ۱۰۳
۶-۱- پیشگفتار ۱۰۴
۶-۲- مدلسازی و تفسیر نتایج ۱۰۶
۶-۲-۱- محاسبه دبی ۱۰۶
۶-۲-۲- خروجی‌های محدوده‌ای در حالت ماکزیمم و مینیمم ارتفاع ایجاد شده ۱۰۸
۶-۲-۳- خروجی‌های نقطه‌ای ۱۱۵

۶-۲-۳-۱- مقایسه نموداری ارتفاع مشخصه ۱۲۱
۶-۲-۴- خروجی خطی ۱۲۴
۶-۲-۵- بررسی ورود و خروج آب به خلیج ۱۲۹
**فصل ۷- نتیجه گیری و پیشنهادات** ۱۳۳
۷-۱- پیشگفتار ۱۳۴
۷-۲- نتیجه گیری ۱۳۵
۷-۳- پیشنهادات ۱۳۷
**منابع ومأخذ** ۱۳۸

# فهرست اشکال


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| شکل (۱-۱) آب شکن‌ها و تیغه‌های ساحلی | ۶ |
| شکل (۱-۲) سازه های روی خط ساحلی | ۶ |
| شکل (۱-۳) موجشکن‌ها | ۸ |
| شکل (۱-۴) انواع مختلف موجشکن ازنظر نوع ساختمان | ۹ |
| شکل (۱-۵) سد Afsluitdijk در هلند | ۱۲ |
| شکل (۱-۶) سد متحرک در ونیز ایتالیا | ۱۲ |
| شکل (۱-۷) بخش‌های مختلف یک سد متحرک | ۱۳ |
| شکل (۱-۸) storm surge barrier in Eastern Scheldt | ۱۵ |
| شکل (۱-۹) سد متحرک در هلند | ۱۵ |
| شکل (۱-۱۰) مقایسه سازه سد متحرک هلند و برج ایفل از لحاظ ارتفاع | ۱۶ |
| شکل (۱-۱۱) بخش‌های مختلف سد متحرک هلند | ۱۷ |
| شکل (۱-۱۲) نمای بالای سازه دیواره منقطع کاهنده | ۱۸ |
| شکل (۲-۱) سرزمین هلند | ۲۹ |
| شکل (۲-۲) ترکیب امواج جزرومد و امواج مدطوفان در شرایط مرزی مدل | ۳۰ |
| شکل (۲-۳) کارایی Reduction Barrier در کنارLevee در یک خلیج | ۳۰ |
| شکل (۲-۴) مقطع سد در Western Scheldt هلند | ۳۱ |
| شکل (۲-۵) مسائل قابل بررسی در طراحی سد دیواره منقطع کاهنده | ۳۲ |
| شکل (۲-۶) عملکرد سازه دیواره‌های منقطع کاهنده با نصب دریچه در آن در خلیج Western Scheldt | ۳۲ |
| شکل (۲-۷) جانمایی سازه دیواره منقطع کاهنده | ۳۳ |
| شکل (۲-۸) طرح شماتیک سازه دیواره منقطع در خلیجGalveston | ۳۳ |
| شکل (۲-۹) محل‌های پیشنهادی برای ساخت سازه | ۳۴ |
| شکل (۲-۱۰) تقسیم بندی خلیج جهت دسترسی به خیزاب موج کمتر | ۳۵ |
| شکل (۲-۱۱) دریچه‌های پیشنهادی برای بازشو کشتیرانی | ۳۶ |
| شکل (۲-۱۲) طراحی‌های پیشنهادی برای بازشوهای زیست محیطی | ۳۶ |
| شکل (۳-۱) موقعیت خلیج چابهار در ایران | ۳۹ |
| شکل (۳-۲) موقعیت تاسیسات دریایی خلیج چابهار | ۳۹ |
| شکل (۳-۳) موجشکن‌های موجود درخلیج چابهار | ۴۱ |

شکل (۳-۴) نمای اسکله شهید کلانتری در خلیج چابهار ۴۳
شکل (۳-۵) موقعیت چابهار ایران و گوادر پاکستان ۴۷
شکل (۳-۶) محیط‌های آبی اطراف خلیج چابهار ۴۸
شکل(۳-۷) مناطق متاثر از مانسون های فصلی ۴۹
شکل (۳-۸) پدیده نسیم دریا-خشکی ۵۰
شکل (۴-۱) طرح شماتیک دیواره‌های منقطع کاهنده ۵۴
شکل (۴-۲) آبراهه نامحدود، نیمه محدود و کاملا محدود ۵۸
شکل (۴-۳) پروفیل بستر در دهانه خلیج چابهار ۶۰
شکل (۴-۴) تعاریف مربوط به ابعاد اصلی شناور ۶۳
شکل (۴-۵) طرح شماتیک عوامل موثر در تعیین عمق آبراهه ۶۸
شکل (۴-۶) عناصر تشکیل دهنده عرض آبراهه ۶۹
شکل (۴-۷) نحوه استقرار کانال ورودی بندر نسبت به موجشکن‌های محافظ ۷۱
شکل (۴-۸) نمایش محدوده حریم آبراهه ۷۲
شکل (۴-۹) الگوهای متفاوت جریان از میان بازشوها با عرض متفاوت ۷۳
شکل (۴-۱۰) پدیده انکسار در بازشوها ۷۳
شکل (۴-۱۱) طرح شماتیک چیدمان پیشنهادی المان‌های سازه ۷۴
شکل (۵-۱) مختصات محل بویه برداشت داده‌ها ۸۳
شکل (۵-۲) مقایسه داده‌ها و انتخاب سال بحرانی ۸۴
شکل (۵-۳) Grid Zones UTM ۸۶
شکل (۵-۴) کد گذاری مرزهای مدل جهت تعیین نوع مرز ۸۷
شکل (۵-۵) گلموج سال ۲۰۰۲ ۸۹
شکل (۵-۶) گلباد سال ۲۰۰۲ ۹۰
شکل (۵-۷) فایل متغیر، ضریب اصطکاک بستر (ضریب زبری Nikuradse) در منطقه خلیج فارس و دریای عمان ۹۳
شکل (۵-۸) نتایج صحت سنجی‌مدل ۹۷
شکل (۶-۱) طرح شماتیک سازه های STR 1 و STR 2 ۱۰۵
شکل (۶-۲) طرح شماتیک سازه هایSTR 3 و STR 4 ۱۰۵
شکل (۶-۳) پروفیل بستر در دهانه خلیج چابهار ۱۰۶
شکل (۶-۴) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج درWithout STR ۱۰۹
شکل (۶-۵) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج درSTR 1 ۱۱۰

شکل (۶-۶) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج درSTR 2 ۱۱۱
شکل (۶-۷) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج درSTR 3 ۱۱۲
شکل (۶-۸) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج درSTR 4 ۱۱۳
شکل (۶-۹) محل برداشت خروجیRose plot ۱۱۵
شکل (۶-۱۰) ترسیم Rose plot در حالت Without STR ۱۱۶
شکل (۶-۱۱) ترسیم Rose plot در حالت STR 1 ۱۱۷
شکل (۶-۱۲) ترسیم Rose plot در حالت STR 2 ۱۱۸
شکل (۶-۱۳) ترسیم Rose plot در حالت STR 3 ۱۱۹
شکل (۶-۱۴) ترسیم Rose plot در حالت STR 4 ۱۲۰
شکل (۶-۱۵) مقایسه ارتفاع امواج در خروجی نقطه‌ای ۱۲۳
شکل (۶-۱۶) محل برداشت خروجی‌های خطی ۱۲۵
شکل (۶-۱۷) مقایسه ماکزیمم سرعت بازشوها در STR 1 و STR 2 ۱۲۶
شکل (۶-۱۸) مقایسه ماکزیمم سرعت بازشوها در STR 3 و STR 4 ۱۲۷
شکل (۶-۱۹) ورود و خروج آب به خلیج در حالت وجود سازه‌ها ۱۲۹

# فهرست جداول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| جدول (۱-۱) تجارت خارجی برحسب مدهای مختلف حمل و نقل (میلیون تن)- غیرنفتی | ۱۹ |
| جدول (۱-۲) نسل‌های مختلف بنادر و عملیات پیش‌بینی شده در آنها | ۲۲ |
| جدول (۳-۱) جتی شهید کلانتری | ۴۳ |
| جدول (۳-۲) جتی شهید بهشتی | ۴۴ |
| جدول (۳-۳) فازبندی طرح توسعه بندر چابهار | ۴۵ |
| جدول (۳-۴) مقایسه کیفی بنادر چابهار و گوادر | ۴۷ |
| جدول (۴-۱) طبقه‌بندی آبراهه‌های ایران | ۵۹ |
| جدول (۴-۲) عوامل مؤثر در طراحی آبراهه ها | ۶۰ |
| جدول (۴-۳) ابعاد اصلی کشتی در حالتی که شناور طرح مشخص نمی‌باشد | ۶۳ |
| جدول( ۴-۴) تعیین شناور طرح برای بازشوهای کشتیرانی | ۶۶ |
| جدول(۴-۵) انتخاب عمق آراهه نسبت به تراز مبنای طراحی | ۶۷ |
| جدول (۴-۶) تعیین مقدماتی عرض کف آبراهه در مسیرهای مستقیم | ۶۹ |
| جدول (۴-۷) شیب‌های کناره پیشنهادی برحسب انواع مختلف خاک برای شیروانی زیر آب | ۷۰ |
| جدول (۴-۸) امتیازدهی روش‌های حفاظت از ساحل در منطقه خلیج چابهار | ۷۵ |
| جدول (۵-۱) میزان کمینه و بیشینه کشند در منطقه چابهار بر حسب متر | ۸۶ |
| جدول (۵-۲) کدگذاری شرایط مرزی در مرزهای مدل در ماژولSW | ۸۷ |
| جدول (۵-۳) ضرایب کالیبراسیون مدل | ۹۳ |
| جدول (۵-۴) کدگذاری شرایط مرزی در مرزهای مدل در ماژول Flow Model FM | ۱۰۱ |
| جدول (۶-۱) نامگذاری اختصاری سازه‌ها | ۱۰۴ |
| جدول (۶-۲) محاسبه دبی در Without STR | ۱۰۷ |
| جدول (۶-۳) محاسبه دبی در STR 1 | ۱۰۷ |
| جدول (۶-۴) محاسبه دبی در STR 2 | ۱۰۷ |
| جدول (۶-۵) محاسبه دبی در STR 3 | ۱۰۷ |
| جدول (۶-۶) محاسبه دبی در STR 4 | ۱۰۷ |
| جدول (۶-۷) امتیازدهی میزان دبی عبوری از سازه‌ها در مقایسه با خلیج بدون سازه | ۱۰۸ |
| جدول (۶-۸) امتیازدهی سازه‌ها از جهت مینیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج | ۱۱۴ |
| جدول (۶-۹) امتیازدهی سازه‌ها از جهت ماکزیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج | ۱۱۴ |
| جدول (۶-۱۰) امتیازدهی سازه‌ها برای مقایسه سرعت جریان ایجاد شده در خلیج با توجه به | ۱۲۱ |

ترسیمه‌های Rose plot
جدول (۶-۱۱) مقایسه ارتفاع امواج در خروجی نقطه‌ای ۱۲۲
جدول (۶-۱۲) امتیازدهی عملکرد سازه‌ها کاهش ارتفاع ایجاد شده در خروجی نموداری ۱۲۴
جدول (۶-۱۳) امتیازدهی سازه‌ها در ماکزیمم سرعت بازشوهای کشتیرانی ۱۲۸
جدول (۶-۱۴) ارتفاع مجاز امواج در داخل حوضچه آرامش ۱۳۱
جدول (۷-۱) جمع‌بندی امتیاز سازه‌ها تحت خروجی‌های نرم‌افزار ۱۳۵

# فصل اول

# مقدمه

## ۱-۱- پیشگفتار

امروزه بیش از ۹۰ درصد مبادلات تجارت جهانی از طریق دریاها و کشتیرانی صورت می‌گیرد و نقش واهمیت بنادر به عنوان حمل ونقل دریایی در پاسخ گویی به این حجم عظیم اعم از کالا و مسافر بیش از پیش نمایان می شود. درکشورهای همجوار با دریا، سواحل به عنوان کانون فعالیت های اقتصادی اعم از تجارت، صنعت و حمل ونقل کالا و مسافر، تفریحی، گردشگری و شیلات و پرورش آبزیان محسوب گردیده و در همه حال فرصت‌های ایده آلی را برای توسعه اقتصادی و سرمایه گذاری های کلان فراهم می سازد. وجود قریب به ۵۸۰۰ کیلومتر طول سواحل کشور ایران سبب شده است تا طی دهه‌های 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 سازه‌های 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. خلیج‌ها که حاصل پیشروی آب در خشکی هستند مکان‌های مناسبی جهت تحقیقات بیشتر و شاید کاهش قابل توجهی در هزینه‌ها باشند.[۱]

مناطق ساحلی هر کشور در زمره منابع ارزشمند ملی آن به شمار می آیند. مجاورت با آب‌های آزاد، نه‌تنها امتیاز بی‌نظیر حمل و نقل‌های آسان و ارزان را در اختیار می‌گذارد، بلکه مجموعه‌ای از استعدادهای متنوع برای فعالیت‌های اقتصادی، فرهنگی، نظامی و ... را عرضه می‌دارد. در عین حال، دریا به عنوان منبع این استعدادها، در برخی موارد دارای کنش‌ها و رفتارهای پیچیده‌ای است که عدم شناخت و توجه لازم به این رفتارها موجبات اخلال در بهره‌برداری از این استعدادها و یا حتی وارد آمدن خسارات هنگفت جانی و مالی خواهد بود. با توجه به موارد فوق، در دهه‌های اخیر، عملی‌ترین شیوه‌های حفاظت از سواحل، مورد توجه قرار گرفته است.

## ۱–۲– شیوه‌های حفاظت از سواحل

فرایندهای طبیعی ساحل همواره مرز بین دریا و خشکی را تحت اثر قرار داده و تغییرات و دگرگونی‌های مختلفی را که در زمان و مکان متفاوت نیز هستند به وجود می آورند. این تغییرات ممکن است در راستای فرسایش سواحل و رسوب برداری، رسوبگذاری و یا پیشروی خشکی باشد. عوامل طبیعی مؤثر بر رسوب‌گذاری و فرسایش سواحل شامل موارد ذیل می شوند:

- باد؛

- امواج، مؤلفه انرژی آنها در راستای ساحل و جریان‌های عمود بر ساحل؛

- تغییرات سطح آب شامل جزر و مد، خیزاب ناشی از باد و طوفان؛

- تغییرات بار رسوبی رودخانه‌هایی که در ساحل به دریا می ریزند؛

- بارش‌های شدید که موجب شستشوی تپه‌های ماسه ای می گردد؛

-عوامل دیگر نظیر حرکت زمین ،فعالیت حیوانات و غیره.

از میان عوامل فوق سه عامل اول بیشترین نقش را در شکل‌دهی ساحل دارند. همچنین به طوردقیق-تر می‌توان موج و جریان‌های در امتداد ساحل ناشی از آن را از جمله اصلی‌ترین عوامل تغییر در وضعیت سواحل به حساب آورد.

روش‌های حفاظتی شامل طرح‌های تغذیه مصنوعی و سازه‌های مختلف حفاظت سواحل می‌شوند. هرکدام از روش‌ها با توجه به خصوصیات خود می‌تواند برای حالات و شرایط مختلف فرسایش یا رسوب گذاری به کار برده شوند. این روش‌ها به طور مستقیم بر فرایندهای فرسایش و رسوب‌گذاری در سواحل اثر می‌گذارند.

با فرض ضروری بودن حفاظت ساحل در یک منطقه باید مجموعه ای از روش‌های قابل اتخاذ و مناسب برگزیده شوند و با توجه به پارامترهای مؤثر مختلف، روش‌های مختلف، ارزش‌گذاری گردند. نتایج حاصله از این ارزش‌گذاری می تواند برای انتخاب گزینه‌های نهایی برای طراحی مورد استفاده قرار گرفته و یا تصمیم گیری برای حفاظت ساحلی را تحت تأثیر قرار دهند.

## ۱-۲-۱-تغذیه مصنوعی و انتقال رسوبات

یکی از طرح‌های اصلی در توسعه سواحل، تغذیه مکانیکی سواحل به وسیله ماسه است. این طرح با آنکه در نگاه اول غیر عملی و گران به نظر می‌رسد؛ لیکن در بسیاری از موارد، پس از بررسی دقیق شرایط، عملی ترین و اقتصادی‌ترین گزینه ممکن خواهد بود. در این طرح، ماسه از یک منبع قرضه به ساحل انتقال داده می شود. این منبع می تواند منابع خشکی یا دریایی باشد. اگر منبع رسوبات، رسو بگذاری‌های صورت گرفته در یک قسمت دیگر از طرح ساحل باشد، به این شکل از تغذیه مصنوعی، انتقال رسوب گفته می شود. تغذیه مصنوعی و انتقال رسوب به طور معمولی در کنار سازه‌های حفاظتی طراحی می شوند تا کارایی آن افزایش یابد.

به طور کلی طرح‌های تغذیه مصنوعی و انتقال رسوب به صورت پیوسته یا مرحله به مرحله در تمام طول عمر یک سازه ساحلی انجام می شود و با این وجود جزو طرح‌های اقتصادی است. تغذیه به صورتی انجام می شود که برای هر متر از زمین احیا شده در طول عمر سازه کمترین هزینه صرف شود.

## ۱-۲-۲-سازه های حفاظت از سواحل

سازه‌های حفاظت ساحلی برای اهداف مختلفی مورد طرح و اجرا قرار می‌گیرند. این اهداف را می-توان در موارد ذیل خلاصه کرد:

- پایدار سازی یا توسعه یک ناحیه از ساحل؛
- حفظ خط ساحلی در پشت یک سازه از خطر فرسایش، حملات امواج و بالا آمدن آب؛
- حفاظت و پایدارسازی ورودی‌های تأسیسات بندری؛
- ایجاد یک ناحیه آرام برای شناورها جهت لنگراندازی.

مجموعه این سازه‌ها به سه شکل کلی، طرح و اجرا می گردد. گروه اول سازه‌هایی هستند که عمود بر خط ساحل و چسبیده به آن ساخته می‌شوند. آب شکن‌ها و تیغه‌های ساحلی از این دسته‌اند. گروه

دوم سازه‌های موازی خط ساحل و روی ساحل می‌باشند. دیوارهای حایل ساحلی، پوشش‌های حفاظتی و سدهای ساحلی، جزو این گروه از سازه‌ها هستند. گروه سوم سازه‌های موازی خط ساحل و دور از آن می باشند. در این دسته می توان از موجشکن‌های دور از ساحل نام برد.

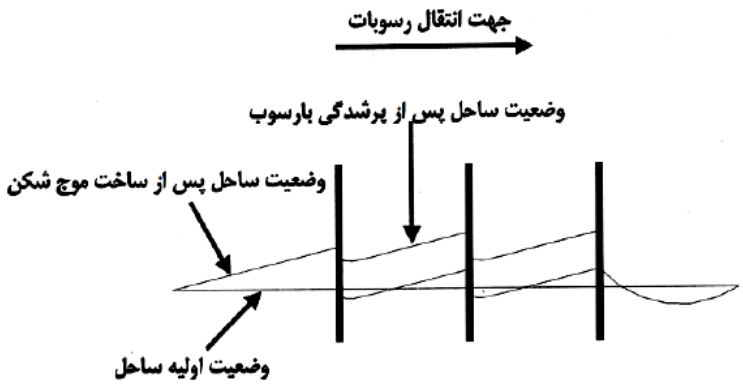
اما انتخاب نوع سازه حفاظتی مورد نیاز برای یک ساحل ویژه به سه شرط اساسی زیر بستگی دارد:

- **نوع مشکل** (قبل از انتخاب سازه حفاظتی باید شرایط و پدیده‌های غالب در منطقه برای مثال موج، جزرومد، مدطوفان، جریان‌های طولی و عرضی و... بطور دقیق بررسی و تعیین گردد تا سازه‌ای با بیشترین بازدهی برگزیده و احداث شود)
- **شرایط ریخت شناسی** (نوع خط ساحلی، نوع نیمرخ ساحلی و در کل شرایط هندسی و اقلیمی ساحل موردنظر باید تعیین گردد)
- **نوع کاربری مورد نیاز** (مقیاس و سطح فضای مورد نیاز، برای مثال فضای موردنیاز برای عملیات ورود، مانور، پهلوگیری، تخلیه و بارگیری و همچنین تعمیر انواع شناورها در یک بندر، و یا حتی نوع کاربری‌های متنوع ساحلی)

در ادامه به اختصار به بررسی روش‌های حفاظت ساحلی پرداخت می‌شود.

### ۱-۲-۲-۱-آب شکن‌ها و تیغه‌های ساحلی

آب شکن‌ها و تیغه‌های ساحلی برای تثبیت رسوبی که توسط جریان‌های در امتداد ساحل انتقال داده می‌شود یا رسوباتی که به طور مصنوعی تغذیه شده‌اند بکار می‌روند. تیغه‌های ساحلی از آب شکن‌ها بزرگ‌تر و حجیم‌تر بوده و در طول بیشتری به سمت دریا امتداد پیدا می‌کنند شکل(۱-۱). تیغه‌های ساحلی اغلب برای ایجاد کانال‌های کشتیرانی ایمن در ساحل ساخته می شود.




**شکل(۱-۱) آب شکن‌ها و تیغه‌های ساحلی**

### ۱-۲-۲-۲- سازه های روی خط ساحلی

پوشش‌های حفاظتی، دیوارهای آب‌بند، دیوارهای ساحلی و شیب‌های مصنوعی، سازه‌های حجیمی هستند که معمولاً از سنگ، بتن یا به صورت ترکیبی برای حفظ سرزمین‌های پشت خود طراحی و ساخته می شوند. این سازه‌ها در فرایند فرسایش یا رسوب اثری ندارند و تنها جنبه حفاظتی دارند. شکل (۱-۲)

**شکل(۱-۲) سازه‌های روی خط ساحلی**

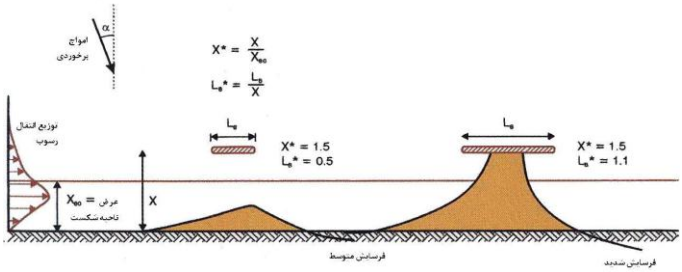
### ۱-۲-۲-۳-موجشکن‌ها

موجشکن‌ها، تداعی کننده حوضچه‌های آرام و قابل استفاده در مواقع تلاطم دریاست، که کشتی-های باری یا مسافری و شناورهای ماهیگیری می‌توانند در درون حوضچه‌هایی که با موجشکن‌ها احاطه شده‌اند، عملیات بارگیری و یا تخلیه را در کنار اسکله یا سازه پهلوگیر به سهولت انجام دهند. طی ۱۵۰ سال گذشته موجشکن‌های توده سنگی، به صورتی که امروزه طراحی و ساخته می‌شوند شکل گرفته‌اند. البته شواهد احداث این سازه به گذشته‌های دور بازمی‌گردد. شاید اولین مورد ثبت شده، مربوط به شهر گمشده (آتلانتیس) با سابقه‌ای حدود ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح باشد. این موجشکن اکنون زیر دریاست اما به گفته شواهد و قرائن، هنوز هم ظاهری زیبا و حیرت انگیز دارد.[۲] احداث موج شکن یکی از راهکارهای اولیه در خصوص موضوع حفاظت از ساحل می‌باشد. موج شکن‌ها سازه‌هایی هستند که از بنادر و سواحل در مقابل امواج و جریان‌های ساحلی محافظت می‌کنند. به طورکلی موج شکن‌ها را می‌توان به دو دسته جدا از ساحل و متصل به ساحل تقسیم کرد. موج شکن-های متصل به ساحل، به طور عمده برای حفاظت ساحل، بندر خارجی و در مواردی بندر داخلی، لنگرگاه و یا حوضچه، در برابر امواج مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سازه با کاستن از انرژی امواج، ارتفاع آن را در ناحیه بندر کاهش می‌دهد و منطقه حفاظت شده‌ای برای پهلوگیری و مهار کشتی‌ها و بارگیری و باراندازی آنها و دیگر تاسیسات بندر به وجود می‌آورد.

موجشکن‌های جدا از ساحل به طور عمده برای حفاظت ساحل، از اثر موج یا تسونامی ساخته می‌شود. این سازه‌ها به موازات ساحل و با فاصله از آن ساخته می‌شوند. کم شدن انرژی امواج در پشت سازه باعث می‌شود تا رسوبات در حال انتقال به وسیله جریان‌های در امتداد ساحل در پشت سازه ته‌نشین گردند و یک جلو آمدگی در ساحل به وجود آورد[۲]. در بعضی حالات، این جلوآمدگی تا پشت موجشکن ادامه پیدا می‌کند (پشته ارتباطی[۳])شکل(۱-۳). حجم رسوبی که در پشت سازه نشست می-

[2] Salient
[3] Tombolo

کند با طول سازه، فاصله آن از خشکی به نسبت عرض منطقه زوال موج[۴] و این که آیا امکان عبور انرژی از درون یا روی سازه وجود دارد، بستگی پیدا می‌کند. در طرح این سازه‌ها مانند آب‌شکن‌ها، ممکن است از مجموعه‌ای از سازه‌های در امتداد یکدیگر استفاده شود. [۳]




تعریف پارامترهای هندسی و شیوه انباشت رسوب برای موج شکن جدا از ساحل

موجشکن چسبیده به ساحل

**شکل(۱-۳) موجشکن‌ها**

موجشکن براساس نوع سازه ای به انواع زیر تقسیم می شود[۱]:

- موجشکن ها
  - موجشکن های شیبدار
    - موجشکن های شیبدار با آرمور سنگی
    - موجشکن های شیبدار با آرمور بتنی
  - موجشکن های قائم
    - موجشکن های قائم نوع صندوقه ای
    - موجشکن های قائم نوع بلوک بتنی
    - موجشکن های قائم نوع بلوک بتنی سلولی
    - موجشکن های قائم نوع بلوک بتنی حجیم
  - موجشکن های مرکب
    - موجشکن های مرکب نوع صندوقه ای
    - موجشکن های مرکب نوع بلوک بتنی سلولی
    - موجشکن های مرکب نوع بلوک بتنی
    - موجشکن های قائم نوع بلوک بتنی حجیم
  - موجشکن های صندوقه ای پوشیده شده با بلوک های بتنی مستهلک کننده موج
  - انواع دیگر موجشکن ها

[4] Surf zone

هنگام طراحی موجشکن موارد زیر باید بررسی شود:

۱) جانمایی موجشکن؛

۲) تاثیر اجرای موجشکن بر توپوگرافی اطراف؛

۳) همخوانی با محیط اطراف؛

۴) شرایط طراحی؛

۵) انواع سازه‌ای موجشکن؛

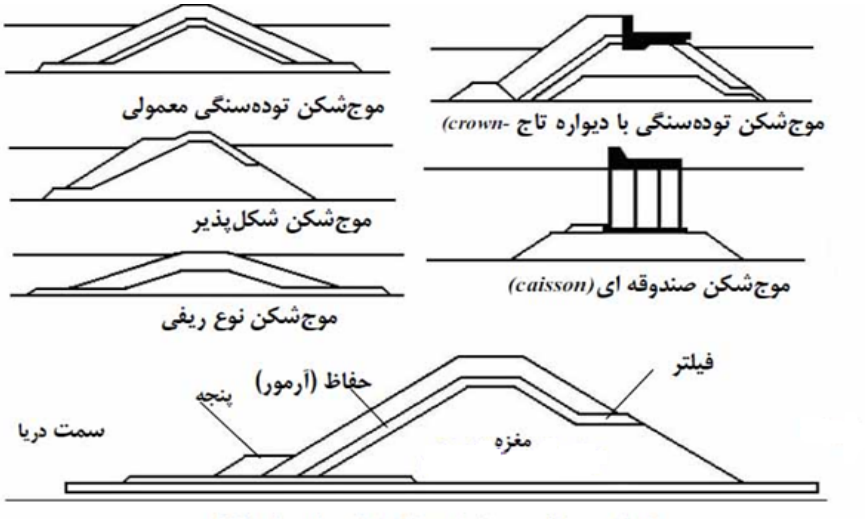
۶) امکان استفاده چندگانه از موجشکن؛

۷) روش طراحی؛

۸) روش اجرا؛

۹) جنبه‌های اقتصادی.

بر اساس شرایط طراحی (شرایط موج، قابلیت جابجایی آب، نیاز به کاهش بازتاب موج، میزان آرامش مورد نیاز درون بندر، شرایط زمین، مواد موجود در محل یا در نزدیکی آن، عمق آب، تجهیزات موجود برای ساخت موج شکن و غیره) می‌توان یکی از انواع موجشکن‌ها را انتخاب نمود شکل(۱-۴).




**شکل (۱-۴) انواع مختلف موجشکن ازنظر نوع ساختمان**

## ۱–۳– پیامدهای ساخت سازه‌های محافظت از ساحل

سازه‌های حفاظت از ساحل در کنار مزایایی که برای انسان‌ها به همراه دارند دارای اثرات و پیامدهایی در محیط می‌باشند که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) ساخت سازه های محافظ در یک ساحل ماسه ای ممکن است باعث ایجاد تغییرات مورفولوژیک گسترده ای مانند فرسایش یا رسوبگذاری در محیط اطراف شود؛

ب) ساخت موجشکن ممکن است به دلیل بازتاب امواج در محدوده خارجی سازه‌های محافظ باعث افزایش ارتفاع موج شود؛

پ) در اثر ساخت یک سازه محافظ جدید و یا نوسانات ناشی از تغییر شکل حوضچه در درون لنگرگاه، ممکن است آرامش حوضچه داخل لنگرگاه به دلیل بازتاب مضاعف امواج بر هم زده شود؛

ت) اجرای سازه های محافظ ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در جریانات جزر و مدی محیط اطراف و شرایط جریان در دهانه رودخانه‌ها و متعاقبا تغییر موضعی کیفیت آب گردد[۱].

## ۱–۴–سازه‌های حفاظت از سواحل ویژه

در بخش قبل اهمیت سواحل و روش های حفاظت از سواحل به صورت کلی شرح داده شد ولی مسئله قابل توجه، ویژه بودن برخی از سواحل و لزوم دقت و توجه بیشتر در طراحی سازه های حفاظتی برای چنین مناطقی است. از جمله پهنه‌های آبی که باید بیش از دیگر مناطق ساحلی مورد توجه قرار گیرد مناطق همچون خلیج‌ها می‌باشد. خلیج‌ها حاصل پیشروی دریاها در خشکی هستند و یکی از با ارزش‌ترین زیست بوم های آبی جهان محسوب می‌گردند که متنوع ترین رویش‌های گرمسیری و سردسیری، گونه‌های مختلف جانداران آبزی و ... در آنها یافت می‌شوند. شناخت جایگاه ویژه این مناطق و حفظ محیط زیست آنها از لحاظ وضعیت ژئومورفولوژیک، اکولوژیک، بیولوژیک، و جایگاه اقتصادی- اجتماعی این مناطق نیازمند همفکری و همکاری منطقه‌ای و بین‌المللی است. با توجه به وضعیت کم آبی، خشکسالی و نیاز مبرم به ذخیره آب، ساخت و ساز سدها

از مسایلی است که بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد. تاکنون ساخت سدها بیشتر در مناطقی همچون رودخانه مورد توجه بوده است اما در سال‌های اخیر در کشورهایی همچون هلند و دیگر کشورهای پیشرفته دنیا از انواع خاصی از سدها جهت استفاده بهینه و حداکثری از خلیج‌ها و پهنه-های آبی ویژه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در زیر برخی از انواع این سدها به صورت مختصر بررسی خواهد شد.

### ۱-۴-۱-ساخت سد سراسری

یکی دیگر از راهکارهای حفاظت ساحلی، احداث سدهای سراسری در دهانه خلیج می‌باشد. احداث چنین سازه‌ای محیط را از خطر یورش امواج و بالا آمدن سطح آب محافظت می‌کند. با این حال یکی از اصلی ترین معایب احداث سدهای سراسری و بدون هیچ نوع بازشویی، ممانعت از جریان یافتن آب و به این ترتیب تغییرات زیست محیطی بسیار شدیدی می‌شود. باید توجه داشت تغییرات زیست محیطی به هیچ وجه قابل قیمت گذاری نمی‌باشد و همین موضوع باعث شده است که استفاده از این سازه چندان با اسقبال خوبی همراه نگردد. علاوه بر این، یکی دیگر از مشکلات احداث سدهای سراسری، مختل شدن حمل و نقل دریایی می باشد و به این ترتیب احداث چنین سازه‌ای از نظر اقتصادی نیز توجیه ندارد. یکی از نمونه‌های احداث چنین سازه‌ای، سد دریا بند عظیم در میانه هلند است(شکل۱-۵)، بر روی این سد یک بزرگراه می‌گذرد و در دو سوی سد دو آبراه انسدادی برای کشتی‌ها و چندین دریچه تخلیه قرار دارد. طول این مانع خاکی ۳۲ کیلومتر و عرض آن ۹۰ متر است. همچنین ارتفاع متوسط آن از سطح آبهای آزاد ۷.۲۵ متر می‌باشد.

**شکل (۱-۵) سد** Afsluitdijk **در هلند**

### ۱-۴-۲-سدهای متحرک[۴]

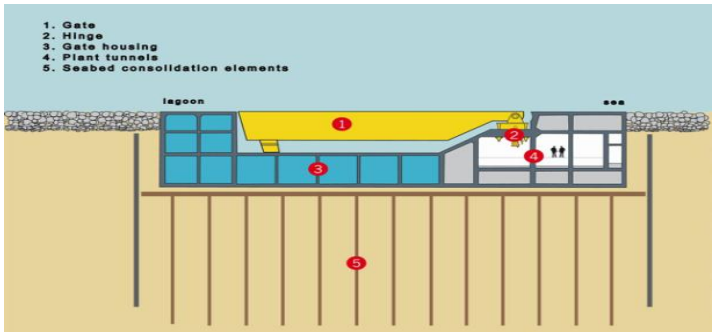
استفاده از این سازه برای اولین بار در ونیز ایتالیا انجام شد. با توجه به غرق شدن تدریجی ونیز، ایتالیایی ها می‌دانستند در صورتی که بخواهند این شهر تاریخی را نگه دارند باید راه حلی برای این مشکل پیدا کنند. این پروژه شامل چند دروازه متحرک است که بصورت ردیفی در کنار هم قرار می-گیرند و در زمانی که ارتفاع موج‌ها از حد تعیین شده (۱۱۰ سانتی‌متر) بیشتر شود بصورت اتوماتیک دریاچه محیطی ونیز را از دریای آدریاتیک جدا می‌کند شکل(۱-۶). در مجموع ۷۸ دروازه متحرک که به چهار ردیف تقسیم شده‌اند در این پروژه در نظر گرفته شده است. این موجشکن‌های متحرک می-توانند جلوی موج‌های تا ارتفاع ۳ متر را بگیرند.

**شکل(۱-۶) سد متحرک در ونیز ایتالیا**

یکی از دلایل انتخاب این طرح، جلوگیری از ایجاد مزاحمت برای فعالیت‌های بندر و عبور و مرور کشتی‌ها بوده است. در واقع با متحرک بودن این موانع، زمانی که هیچ خطری ونیز را تهدید نمی‌کند این موانع کاملا کنار رفته و هیچگونه مزاحمتی ایجاد نمی‌کنند. حتی هیچ تغییری در منظره ایجاد

نمی‌کنند که خود این موضوع نیز از اهمیت خاصی برخوردار بود.

این موج شکن‌های متحرک، جعبه های فلزی توخالی هستند با ابعاد ۵ *۲۰ * ۲۰ متر (طول و عرض ۲۰ متر و ضخامت ۵ متر) که با آب پر شده‌اند و در یک بستر بتنی پیش ساخته قرار می‌گیرند. زمانی که ارتفاع موج‌ها بلندتر از۱۱۰ سانتی متر شود آب داخل این جعبه‌های فلزی توسط هوای فشرده خارج می‌شود و به همین دلیل جعبه های فلزی حول محور مورد نظر بالا می‌آیند. مدت زمان لازم برای بالا آمدن این سدهای متحرک ۳۰ دقیقه است و ۱۵ دقیقه زمان برای بازگشت به حالت عادی نیاز است. در شکل (۱-۷) قسمت‌های مختلف یک سد متحرک نشان داده شده است.




**شکل(۱-۷) بخش‌های مختلف یک سد متحرک**

### ۱-۴-۳-سدهای نیمه‌باز و storm surge barrierها[۵]

قبل از بررسی این نوع سازه‌ها ابتدا باید علل و مکان ساخت این سازه‌ها مورد توجه قرار گیرد. این سدها به دلیل هزینه‌های ساخت و ساز و نگهداری بالا در مناطقی که خطر بالا آمدن آب دریا زیاد بوده و حفاظت از مناطق ساحلی اهمیت زیادی دارد همچون کشور هلند بکار می‌روند.

برخی نواحی کشور هلند، پایین تر از سطح آب‌های آزاد قرار دارند، بطوریکه ارتفاع قسمتی از شمال شرقی شهر رتردام هلند با نام Zuidplaspolder حدودا ۷ متر زیر سطح آب دریا است. دلیل ارزشمندی کشور هلند مناسب بودن خاک مناطق پستی است که پس از خشک کردن آب دریا بدست می آیند، مخصوصا از لحاظ کشاورزی، بطوری که کشور هلند با وجود اینکه از لحاظ بزرگی مساحت رتبه ۱۳۵ام در جهان را دارد، رتبه سوم صادرات محصولات کشاورزی را داراست.

بین سال‌های ۱۰۰۰ تا ۱۹۵۳ میلادی ۱۱۱ سیل با خطر بسیار جدی رخ داد. این سیل‌ها خسارات مالی و جانی بسیار زیادی داشتند اما زمانی که بزرگترین سیل هلند در سال ۱۹۵۳ باعث شد مردم به فکر راهکاری برای خلاصی از چنین وضعیت خطرناکی بیفتند.

در طرح اولیه ارائه شده توسط کمیته Delta Works، سلسله دریابندهایی در نظر گرفته شد که مجموعا ۷۰۰ کیلومتر طول داشتند. در این طرح راه آب‌ها بطور کامل بسته می شدند البته بجز قسمتی که برای بندر رتردام و عبور و مرور کشتی ها لازم بود به دریا راه داشته باشد. هرچند این طرح امنیت بسیار بالایی را با هزینه نسبتا مناسبی تامین می کرد، اما به دلیل اینکه بسته شدن کامل راه‌آب‌ها به معنای خسارات سنگینی به محیط زیست منطقه (خصوصا صنعت ماهیگیری) و آبزی‌های آب شور بود افراد زیادی نسبت به آن اعتراض کردند. پس از شروع ساخت، به دلیل اعتراض‌های زیاد، مسئولین به دنبال طرح های جدید گشتند تا خسارات محیط زیستی را به حداقل برساند. بدین منظور طرح دروازه های آبی Oosterschelde ارائه شد. اسکلدت شرقی (به انگلیسی EasternScheldtو به هلندی Oosterscheldekering) این Storm surge barrier بزرگترین سد از بین ۱۳ سد معروف در پروژه Delta Works و در واقع قسمت پایانی پروژه بوده است شکل(۱-۸).

یک Storm surge barrier به عنوان یک سد حفاظت از سیل شناخته می‌شود که یک سازه هیدرولیکی ساخته شده جهت جلوگیری از برکشندهای طوفان و جزرومدهای بهاره مرتفع می‌باشد.

این پروژه مجموعا شامل ۶۲ دروازه فولادی است که به سه قسمت تقسیم شده اند. این سه توسط جزایر مصنوعی از همدیگر جدا هستند. نحوه عملکرد این دروازه‌ها اینگونه است که در زمان عادی (که خطر سیل وجود ندارد) این دروازه‌ها بالا آمده و امکان عبور آب را می دهند، اما زمانی که ارتفاع آب بالا بیاید و یا طول‌موج‌ها افزایش یابد (خطر سیل زیاد شود) این دروازه ها به پایین رفته و جلوی جریان آب را می‌گیرند. با این طرح هوشمندانه، نه تنها محیط زیست آبی خسارت قابل توجهی نخواهد دید، امنیت بالایی نیز تامین می شود. گفتنی است دروازه ها زمانی بسته می شوند که آب دریا به ارتفاع ۳ متر برسد.

**شکل (۱-۸)** storm surge barrier in EasternScheldt

یکی دیگر از شاهکارهای مهندسین هلندی در این راستا، ساخت سد متحرک برای فراهم نمودن امکان عبور کشتی‌ها و قایق‌ها بود که تنها در زمان بحرانی بسته می‌شود شکل(۱-۹).

ساخت و ساز این سد متحرک برای دسترسی به اهداف زیر صورت پذیرفت:

- آبراه همواره برای عبور و مرور کشتی ها باز باشد.
- هنگامی که مد کامل دریا پیش آید، سد در مدت زمان بسیار کوتاهی از قسمت ساحل به صورت دو بازوی کمانی شکل به وسط آبراه آمده و به طور کامل جلوی آب را بگیرد.
- از انرژی بسیار زیادی که در مواقع بالا آمدن سطح آب دریا زندگی مردمان منطقه را تهدید می‌کند به نحو مطلوبی در جهت ایمن سازی منطقه استفاده شود.

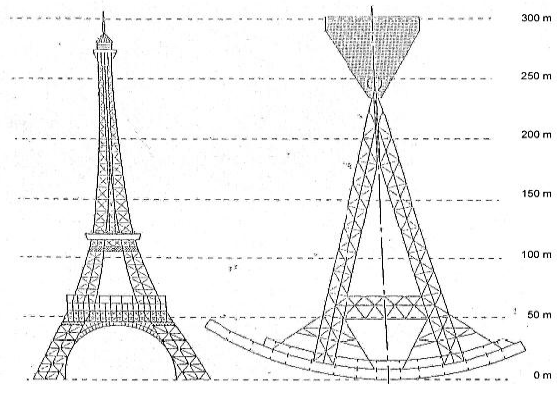
**شکل(۱-۹) سد متحرک در هلند**

جهت ساخت بستر سد، کف رودخانه ۲۲ متر عمیق تر از کف دریا گود برداری شد و فیلتر چهار لایه-ای در کف کار گذاشته شد که ضخامت نازکترین لایه آن حدود ۵۰ سانتی متر می باشد. این کار بسیار دقیق و حساس باید در آب راکد انجام می‌شد. گل‌ها لایروبی شدند و شن و ماسه جایگزین آنها

شد. سپس کشتی ویژه ای برای فشردن بستر دریا، چهار میله آهنی بزرگ را در آب جای داد که وظیفه آنها ویبره کردن بستر بود تا با این عمل، خرده های شن و سنگ، به عمق ۱۵ متری بالا آیند و با هم یکی شوند و بستر را به یک زمین سفت و سخت تبدیل کنند.

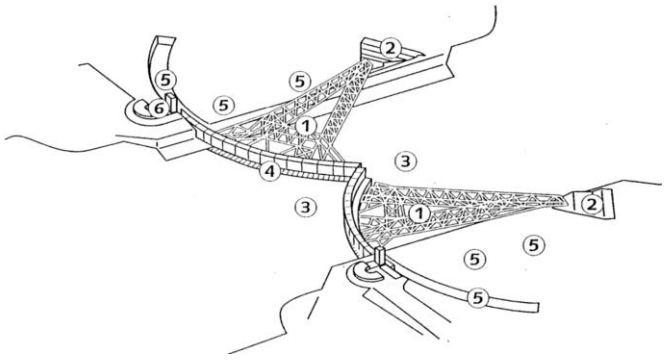
بهترین ماده پیشنهاد شده پروپیلن بود که همراه با شن و ماسه مانند فرشی از روان شدن سنگ‌ها جلوگیری می کرد. برای استحکام بیشتر و محافظت در مقابل جریان های قوی دریا، که در صورت باز ماندن یکی از دریچه ها رخ می داد، ستون‌ها را باید بر روی کف‌های سنگی پایه گذاری کرد. این قطعات سنگی، وزنی در حدود ۱۰ تن داشتند برای کارگذاری سنگ‌ها از کشتی ویژه ای که دارای جرثقیل بود استفاده شد. حدود پنج میلیون تن سنگ نیاز بود که در مدت چهار سال از کشورهای آلمان، فنلاند، سوئد و بلژیک به هلند انتقال یافت.

بالاخره سد در سال ۱۹۹۷ ، با ساختار سفید و با عظمتی که از کیلومترها دورتر دیده می شد، به اتمام رسید. بازوهای قوی آن توانایی بستن آبراهی به پهنای ۳۵۰ متر، با ارتفاع ۳ متر بالاتر از سطح دریا را داشتند این تنها سد موج شکن دنیا با دو قسمت متحرک همسان می‌باشد. بلندی هر کدام از دروازه‌های آن به اندازه برج ایفل می باشدشکل (۱-۱۰)، در صورتیکه مقدار فولاد بکار رفته در هر کدام از دروازه ها نصف فولاد بکار رفته در برج ایفل می باشد.[۶]




**شکل(۱-۱۰) مقایسه سازه سد متحرک هلند و برج ایفل از لحاظ ارتفاع**

دریچه های سد با استفاده از این مکانیزم که در بالای هر کدام از دیواره ها قرار دارد و توسط چرخنده شانه ای به حرکت در می آیند کنترل می شود. هر کدام از این واحدها، توسط یک میله به یک برج ۲۰ متری در ساحل متصل است .این واحد در جای خود باقی می ماند و فقط در جهت عمودی برای تطبیق با ارتفاع دیواره‌ها حرکت می کند. شکل (۱-۱۱)

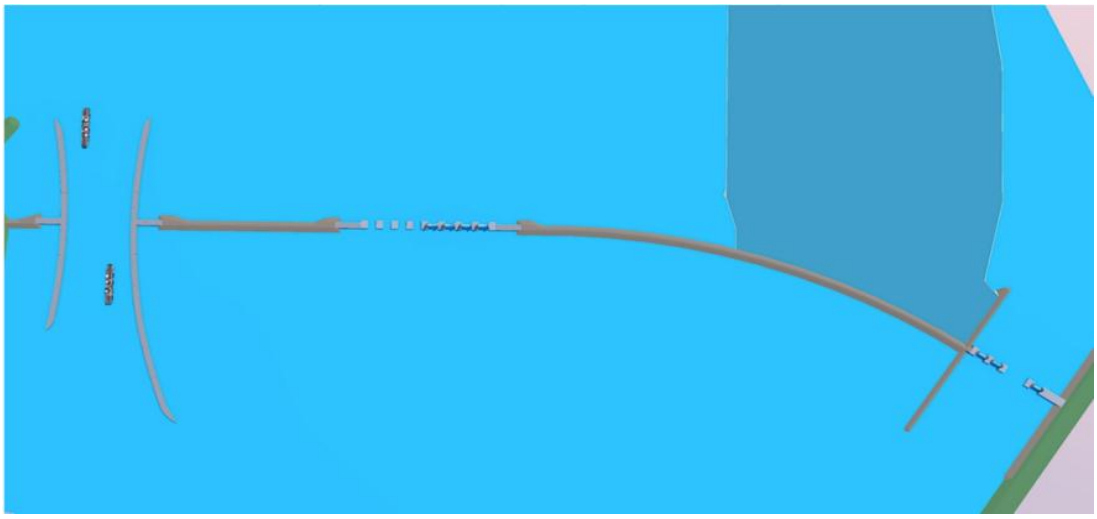



۱. خرپا
۲. پایه های اتصالی توپی
۳. بستر حرکت دریچه‌ها
۴. دریچه‌ها
۵. پشت‌بند دیوار
۶. مکانیزم ایجاد حرکت

**شکل (۱-۱۱) بخش‌های مختلف سد متحرک هلند**

### ۱-۴-۴-سازه دیواره‌های منقطع کاهنده (Reduction barrier)

گزینه بعدی و ایده نسبتا جدید، استفاده از سازه دیواره‌های منقطع کاهنده است. این سازه به صورت یک سد دارای بازشو تعریف می‌شود. بازشوهای این سازه علاوه بر تازه نگه داشتن آب منطقه حفاظت شده پشت سد و فراهم آوردن امکان انتقال رسوب بین خلیج و دریا، شامل بازشوهایی جهت تردد کشتی‌ها نیز می‌شود. شرح کامل کارکرد و مزایا و معایب این سازه در فصل چهارم بحث خواهد شد. در شکل (۱-۱۲) یک طرح شماتیک از این سازه قابل مشاهده است.



**شکل (۱-۱۲) نمای بالایی سازه دیواره منقطع کاهنده[۷]**

## ۱-۵-ضرورت انجام تحقیق

اهمیت انجام پژوهش در این زمینه را از چندین جنبه می‌توان مورد بررسی قرار داد:

- اهمیت مطالعات از نقطه نظر حمل و نقل دریایی

حمل و نقل ارزان و ایمن و سریع کالا و مسافر همواره یکی از دغدغه های بشر بوده است. در میان روش‌های متداول حمل و نقل (زمینی، هوایی و دریایی)، حمل و نقل دریایی امروزه به واسطه هزینه کم و مصرف سوخت ناچیز قابلیت اقتصادی بهتری نسبت به دیگر مقوله‌های حمل و نقل را داراست و لذا مورد توجه خاص قرار گرفته است در این راستا رونق و گسترش بنادر کشور عامل تقویت و قدرت بازرگانی و تجاری ایران خواهد شد. همچنین حمل و نقل ایران به دلیل برخورداری از ۲ هزار کیلومتر ساحل در نوار جنوبی کشور که به آب های آزاد مرتبط است و قرار گرفتن در موقعیت ممتاز درمنطقه ای که سالانه ۱۴ هزار کشتی و شناور از آن عبور می کنند توانایی تأثیر گذاری مناسب بر ترانزیت کالا در منطقه را دارد. بخش حمل و نقل دریایی کشور که متشکل از ناوگان حمل و نقل دریایی (ناوگان تجاری، نفتی و شناورهای سنتی) و بنادر بازرگانی است. به لحاظ حمل و نقل و جابه‌جایی بیش از ۹۳ درصد از واردات و ۸۷ درصد از صادرات کشور (از جنبه وزن)، سهم قاطع و نقش غالب و غیرقابل جایگزین را در اقتصاد کشور، بویژه تجارت خارجی ایفا می کند جدول (۱-۱). [۸]

**جدول (۱-۱) تجارت خارجی برحسب مدهای مختلف حمل و نقل (میلیون تن)- غیرنفتی**

| حالت حمل و نقلی | 1383(2004/2005)[۹] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | واردات | سهم(%) | صادرات | سهم(%) | جمع کل |
| دریایی | 31.442 | 93.4 | 13.687 | 84.4 | 45.13 |
| جاده‌ای | 1.2 | 3.6 | 1.6 | 10 | 2.8 |
| ریلی | 1 | 3 | 0.41 | 2.6 | 1.41 |
| جمع کل | 33.64 | 100 | 15.66 | 100 | 49.3 |
| درصد دریایی | 93.4% | | 87.4% | | 91.5% |

در کشورهایی نظیر آمریکا، ژاپن و هلند، علوم مهندسی دریا و اقیانوس شناسی از چند دهه قبل مطرح و پیشرفت‌های قابل توجه نموده است. در نتیجه این پیشرفت‌ها، موفقیت‌های فنی و علمی بسیاری در زمینه‌های ناوبری و تردد انواع شناورها از قایق‌های کوچک تفریحی و لنج‌های صیادی گرفته تا کشتی‌های اقیانوس‌پیمای مسافری و تجاری و زیردریایی و ناوهای جنگی نصیب این کشورها گردیده است[۱۰]. ایران نیز از لحاظ فعالیت‌های اقیانوس شناسی و علوم و فنون دریایی در منطقه از کشورهای عربی جلوتر است ولی موفقیت در این زمینه در صورتی است که روند پیشرفت همچنان ادامه داشته باشد.

- اهمیت مطالعات از نقطه نظر ضرورت توسعه بنادر در ایران

کشور ما به دلیل دسترسی به آبهای آزاد دارای موقعیت ویژه واستراتژیکی در صنعت حمل ونقل دریایی است به گونه ای که بیشترین حجم واردات وصادرات کشور از طریق دریا صورت می گیرد؛ بنابراین همواره کشورهای منطقه توجه ویژه ای به حوزه حمل ونقل دریایی ایران داشته اند. آنچه برای تبدیل شدن به هاب منطقه در حوزه ترانزیت بار ضروری به نظر می رسد توسعه و ارتقا سطح بنادر کشور است چرا که بنادر نه فقط به عنوان مبادی ورود وخروج کالا بلکه به عنوان نقاط تسریع کننده رشد اقتصادی و تقویت کننده امنیت ملی نیز مطرح هستند. مفهوم رایجی که در بازار حمل ونقل جهانی برای تعریف رتبه بندی و سطح خدمات دهی بنادر به کار برده می‌شود، لفظ نسل است.

در حقیقت سطح ارائه خدمات و کارکرد بنادر است که نسل چندم بودن آن را تعیین می‌کند و قدیمی یا جدید بودن یک بندر، کوچکی یا بزرگی و موقعیت جغرافیایی آن، ارتباطی به نسل آن ندارد. تاکنون برای بنادر موجود در جهان چهار نسل تعریف شده است. بنادر نسل سوم، علاوه بر تخلیه وبارگیری، فعل و انفعلاتی روی کالا انجام می شود که ارزش افزوده آن را ارتقا داده و حجم عملیاتی بنادر را بالا می برد در حقیقت این بنادر به یک مرکز ایجاد ارزش افزوده تبدیل می شوند و قیمت تمام شده ی کالاها را کاهش داده، صادرات مجدد توسعه می یابد، از حمل مضاعف جلوگیری کرده و با کاهش مصرف سوخت آلودگی هوا را نیز کاهش می‌دهد. تبدیل بنادرایران به بنادر نسل سوم باعث افزایش درآمد آنها می شود و در بخش نرم افزاری نیز، بندر رادر جایگاه بنادر فعال و مدرن دنیا قرار می دهد، این امر همچنین باعث ایجاد اشتغال می شود و در کنار آن نیز صنایعی ایجاد می شود که می تواند ضمن تولید کالا به صادرات آن نیز بپردازند.

**نسل های مختلف بنادر**

رفتار بنادر تحت تاثیر تحولات جهانی تجارت همواره در حال تغییر است و پیوسته خود را با تحولات ایجاده شده در سایر بخش ها مانند کشتیرانی انطباق می دهد. بطوری که بندر در طول زمان از یک ابزار ساده به یک زیر بنای پشتیبانی وابزار موثر اقتصادی تبدیل شده است و امروزه در مفهوم جدید به عنوان یکی از حلقه‌های اصلی و مهم در زنجیره تامین به حساب می آید.

براساس تقسیم‌بندی آنکتاد از توسعه‌ی بنادر در جهان، نقشی که بنادر همگام با تحولات جهانی به ویژه در حوزه‌ی تجارت و رشد کانتینر در حمل و نقل داشته‌اند، در یک طیف وسیع از خدمات سنتی، تخلیه و بارگیری تا خدمات پیشرفته با ارزش افزوده بالا، در زنجیره‌ی حمل و نقل جهانی قرار گرفته است و در حالت کلی بنادر بر سه نسل متمایز طبقه‌بندی شده اند. بنادر بر اساس سه معیار زیر تقسیم بندی می شوند:

- طرز تلقی ، نگرش و خط مشی توسعه بندر
- حوزه و گسترش فعالیت بندر مخصوصا در زمینه فناوری ارتباطات و اطلاعات(ICT)

- جامع نگری در برنامه های عملیاتی و سازمانی

- **بنادر نسل اول**

تا حدود سال ۱۹۶۰ بنادر فقط محلی برای تبادل کالا بین راه های زمینی و دریایی بودند و به جز تخلیه، بارگیری و انبارداری هیچ فعالیت دیگری در بنادر صورت نمی گرفت. این دسته از بنادرکه متأسفانه اغلب بنادر کوچک و متوسط ایران نیز هنوز در چارچوب آن می‌گنجند را « بنادر نسل اول» می‌خوانند.

- **بنادر نسل دوم**

بنادر نسل دوم با افزایش اندازه کشتی‌ها و میزان واردات مواد خام توسط کشورهای توسعه یافته و نیز با شروع پدیده ی لجستیک به وجود آمدند. این نوع بنادر به مراتب به سرویس‌دهی اهمیت بیشتری می دهند و علاوه بر برخورداری از سرویس‌های سنتی که در بنادرنسل اول هم ارائه می‌شد در فعالیت‌های صنعتی و حمل و نقل نیز شرکت می کنند.

- **بنادر نسل سوم**

این نسل از بنادر از دهه ۸۰ میلادی و به دلیل گسترش جهانی تجارت کانتینری و حمل و نقل چند وجهی و همچنین نیازهای رو به رشد تجارت جهانی به منصه ظهور پیوستند. دستیابی به بنادر نسل سوم نیازمند توسعه و ارتقای سیستمهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری در تمامی زیرساخت‌ها و روساخت-های بندری است براساس این طبقه‌بندی، ویژگی‌های مهم نسل سوم از بنادر در شش محور ارائه می-شود که شامل تمرکز بر کانتینری کردن جابه‌جایی‌ها (تخلیه و بارگیری) در انواع کالا، مکانیابی و توسعه‌ی بندر در نقاط کانونی تجارت بین‌الملل و زنجیره‌ی حمل‌ونقل جهانی، توسعه‌ی فعالیت‌های بندری از جابه‌جایی، انبارداری، تولید و پردازش به مراکزی جهت توزیع اطلاعات، کالا و فعالیت‌های لجستیکی و مرکز توزیع منطقه‌ای، اصلاح ساختار بندری و توجه به مدیریت ارتباط با ذینفعان و افزایش تعامل با آنان، توجه ویژه به خدمات ارزش افزوده و ارائه‌ی ترکیبی از خدمات اصلی، جانبی و توزیعی به مشتریان و توجه به عوامل فنآوری ارزش افزوده و توسعه IT در فعالیت‌های بندری علاوه بر

عوامل سرمایه‌ای و منابع انسانی است. جذب سرمایه و سرمایه گذاری بخش خصوصی، به ویژه سرمایه‌ها و سرمایه‌گذاران خارجی از دیگر پارامترهای تبدیل بنادر به بنادر نسل سوم است.

درباره بنادرنسل چهارم تاکنون بررسی های زیادی صورت نگرفته است وتنها آنکتاد درسال۱۹۹۹ درگزارشی به بیان مختصر آن کفایت نموده است: بنادر نسل چهارم ازسال ۲۰۰۰ به بعد ایجاد شده ومهمترین مشخصه ی آن شبکه ای از بنادرهستند که از لحاظ فیزیکی جدابوده ولی ازطریق اپراتوری مشترک یا administration مشترک بهم ارتباط داده می شوند.[۱۱]

ویزگی‌های هر نسل از بنادر در جدول (۱-۲) شرح داده شده است. در حال حاضر فعالیت بنادر کشور ایران منحصر به تخلیه و بارگیری است و کالاها پس از تخلیه برای توزیع به داخل کشور حمل و از داخل کشور مجددا توزیع می‌شوند و تنها در چند بندر خاص، توزیع صورت می‌گیرد. در حالی که در بنادر نسل سوم، بنادر به یک مرکز ایجاد ارزش افزوده تبدیل می‌شوند و عملا با به وجود آمدن این بنادر، قیمت تمام‌شده تولید کالاها کاهش یافته، صادرات مجدد توسعه می‌یابد؛ از حمل مضاعف جلوگیری شده و با کاهش مصرف سوخت، آلودگی هوا نیز کاهش می‌یابد.

حال سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که آیا راه‌حلی وجود دارد که بتوان با جهشی بزرگ برخی از بنادر موجود در ایران که با وجود پتانسیل‌های بالقوه آن‌ها، متاسفانه هنوز در رده بنادر نسل اول قرار دارند به بنادر نسل سوم و بالاتر تبدیل کرد؟

**جدول (۱-۲) نسل‌های مختلف بنادر و عملیات پیش‌بینی شده در آنها[۱۱]**

| انواع نسل بنادر | نسل اول | نسل دوم | نسل سوم |
|---|---|---|---|
| **دوره شروع** | قبل از ۱۹۶۰ | بعد از ۱۹۶۰ | بعد از ۱۹۸۰ |
| **کالاهای اصلی** | کالاهای معمولی | کالاهای معمولی و فله | کالاهای فله و یکسان، کانتینر |
| **توسعه موقعیتی و استراتژی بندر** | | گسترش حمل‌و نقل و مراکز تولید | اصل تجارت بین‌المللی صنعت براساس زنجیره ارتباطی سیستم حمل و نقل است. |
| **حوزه فعالیت** | جابجایی بار، انبار داری، هدایت و مشارکت | جابجایی بار، انبار داری، هدایت و مشارکت، انواع تغییر در بار (توزیع و پردازش) | جابجایی بار، انبار داری، هدایت و مشارکت، انواع تغییر در بار (توزیع و پردازش)، اطلاعات بار، توزیع بار، شکل- |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | گیری فعالیت‌های لجستیکی در ترمینال‌ها و مراکز توزیع |
| **تشکیلات ساختاری** | هر نفر به صورت فردی عمل می‌کند در بندر و ارتباط با استفاده کنندگان بصورت غیر رسمی است. | ارتباط بین بندر و مصرف کنندگانش نزدیکتر شد، ظهور اصلاحات تقریبی در میان بندر، ارتباط مشارکتی نامناسب بین بندر و شهرداری منطقه | شکل‌گیری سیستم مشارکتی در بندر، تمرکز زنجیره حمل و نقل و تجارت در بندر، ارتباط نزدیکتر بندر و شهرداری منطقه، گسترش زیرساخت‌های بندر |
| **مشخصه بهره‌وری** | ایجاد سیستم توزیع بار بصورت ابتدایی، عرضه ابتدایی بصورت سرویس-دهی ساده | پردازش، ایجاد سرویس‌دهی پیچیده بار، افزایش ارزش افزوده | جریان بار و اطلاعات، توزیع بار و اطلاعات، ترکیب سرویس‌های مختلف، ایجاد ارزش افزوده |
| **عامل اصلی** | نیروی کار، سرمایه | سرمایه | دانش و تکنولوژی |

- اهمیت مطالعات از نقطه نظر هزینه ساخت موجشکن ها

**طرح احداث بنادر کوچک چند منظوره در سواحل خلیج فارس و دریای عمان**

اجرای این طرح در راستای ساماندهی سواحل کشور و مدیریت دولت در بازگرداندن مردم به سواحل و افزایش سهم کشور در اقتصاد منطقه از اوایل سال ۱۳۸۹ در برنامه کار سازمان بنادر و دریانوری قرار گرفته است. در گام اول این طرح ۳۰۰ نقطه مدنظر قرار داده شده تا در طول ساحل بندرسازی انجام شود؛ در حال حاضر جانمایی ۱۲۰ نقطه آن قطعی شده مبنی بر اینکه این بنادر در چه فواصل و در چه نقاطی ایجاد شود و از این میان تعداد ۴۰ بندر عملیاتی شده است که ایجاد هر بندر کوچک هزینه ۴ میلیارد تومان در بر داشته است.[۱۲]

این هزینه چهار میلیارد تومانی علاوه بر هزینه ساخت موجشکن در یک بندر شامل هزینه‌های ساخت پهلوگیر، لایروبی و ساخت محوطه و پس‌کرانه نیز می‌باشد تا در آینده ایجاد ترمینال، عملیات تعمیر و نگهداری یا ساخت پمپ‌بنزین در این بنادر امکان‌پذیر باشد.

ایده‌ای که در این پژوهش مطرح است ایجاد سد منقطع در محیط خلیج‌ها و خورها و تبدیل خلیج به محیطی امن و گسترده همراه با ایجاد امکانات و تاسیسات بجای استفاده از موجشکن‌های متعدد در یک خلیج برای ایجاد بنادر با کاربری‌های مختلف است.

این سازه محافظ، کاربردهایی همچون تامین آرامش بندر (مگاپورت)، حفظ عمق آب، جلوگیری از فرسایش ساحل، کنترل بالا آمدن سطح آب پشت خاکریز هنگام برکشند (خیزاب) طوفان و سونامی، کشتیرانی در منطقه را فراهم کرده و این امکانات عملیات مختلفی همچون جابجایی بار، انبار داری، هدایت و مشارکت، انواع تغییر در بار (توزیع و پردازش)، اطلاعات بار، توزیع بار، شکل‌گیری فعالیت-های لجستیکی در ترمینال‌ها و مراکز توزیع را در محیط امن ایجاد شده توسط این سازه به مرحله اجرا رسانده و یک بندر وسیع (مگاپورت) نسل سومی با کاربری‌های متعدد با ساختن تنها یک سازه بجای ساختن تعداد زیادی موجشکن فراهم خواهم کرد.

## ۱-۶-هدف از انجام تحقیق

همانطور که در عنوان این پایان‌نامه ذکر گردید، هدف از این پژوهش ارزیابی تاثیر احداث سازه دیواره منقطع کاهنده در دهانه خلیج ها و تاثیرات آن بر فرآیندهای هیدرودینامیکی، زیست محیطی و افزایش کاربری دریایی/بندری خلیج است. در این راستا، به امکان سنجی و طراحی موردی خلیج چابهار پرداخته خواهد شد. محیط این خلیج در نرم افزار مایک مدل گردیده و تغییر ارتفاع آب در محیط داخلی و خارجی خلیج قبل و بعد از قرارگیری سازه در دهانه خلیج مورد بررسی و تحلیل قرار خواهد گرفت. همچنین به دلیل وجود بازشوها در این سد، باید سرعت در بازشوها بررسی شود تا علاوه بر اطمینان از ایمنی آبراهه ورودی کشتی‌ها به خلیج، آشفتگی حاصل از سرعت آب در بازشوهای کوچک باعث برهم زدن حوضچه آرامش ایجاد شده در داخل خلیج نگردد.

## ۱-۷-فصل‌بندی پایان‌نامه

در فصل اول مقدمه شامل توضیح مختصری از روش‌های حفاظت از سواحل و ضرورت و هدف از انجام تحقیق ذکر می‌گردد. در فصل دوم پیشینه و سابقه تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. بررسی منطقه مورد مطالعه موضوع فصل سوم خواهد بود. فصل چهارم شامل توضیحات کاملی از سازه دیواره منقطع کاهنده همراه با ذکر الزامات آیین‌نامه ایران جهت طراحی بازشوهای کشتیرانی بوده و در فصل پنجم

شرحی از نرم افزار مایک و مدلسازی انجام شده شامل ماژول‌های بکار گرفته شده، پارامترهای ورودی مدل، شرایط مرزی درنظر گرفته شده برای هر ماژول و... می‌آید. در فصل ششم و هفتم نتایج حاصل از مدلسازی مورد تفسیر قرار گرفته و نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

# فصل دوم

# پیشینه و سابقه تحقیق

## ۲–۱– پیشگفتار

در هرکار پژوهشی، مرور تحقیقات انجام شده در موضوع مدنظر، پژوهشگر را در تجربیات محققان قبلی شریک کرده و احتمال تکرار خطا در پژوهش را کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه سازه دیواره منقطع کاهنده از روش‌های نوین در زمینه سازه‌های حفاظت ساحلی محسوب می‌گردد، تنها دو منبع در دسترس جهت بررسی وجود دارد که به اختصار شرح داده می‌شود.

## ۲–۲– مروری برتحقیقات گذشته

اولین کار پژوهشی یک پایان‌نامه کارشناسی ارشد متعلق به L. de Boom از مهندسی هیدرولیک پیشرفته با گرایش سازه هیدرولیکی است و در دانشکده مهندسی عمران و زمین شناسی دانشگاه صنعتی دلفت[5]هلند انجام شده است. این پایان نامه با همکاری یک شرکت تجاری به نام Witteveen+Bos در اوت سال ۲۰۱۲ آغاز شده است.

۵ درصد از زمین‌های کشور هلند پایین‌تر از سطح دریای آزاد قرار دارد و ۲۱ درصد از جمعیت آن در این مناطق زندگی می‌کنند. حدود ۵۰ درصد از زمین‌های هلند نیز ارتفاعی کمتر از یک متر از سطح دریا دارد. به این خاطر است که نام این کشور در زبان هلندی Nederland به معنی «سرزمین پست» (فروبوم) است و نامی که بسیاری زبان‌های دیگر برای این کشور به‌کار می‌برند هم همین معنی را می‌دهد. ۲۵درصد مساحت این کشور، از عقب نشینی و خشک شدن آب دریا ، تشکیل شده است شکل (۲-۱). هلند کوه ندارد و ارتفاع بلندترین تپه در جنوب این کشور ۳۲۲ متر است.

[5] Delft University of Technology

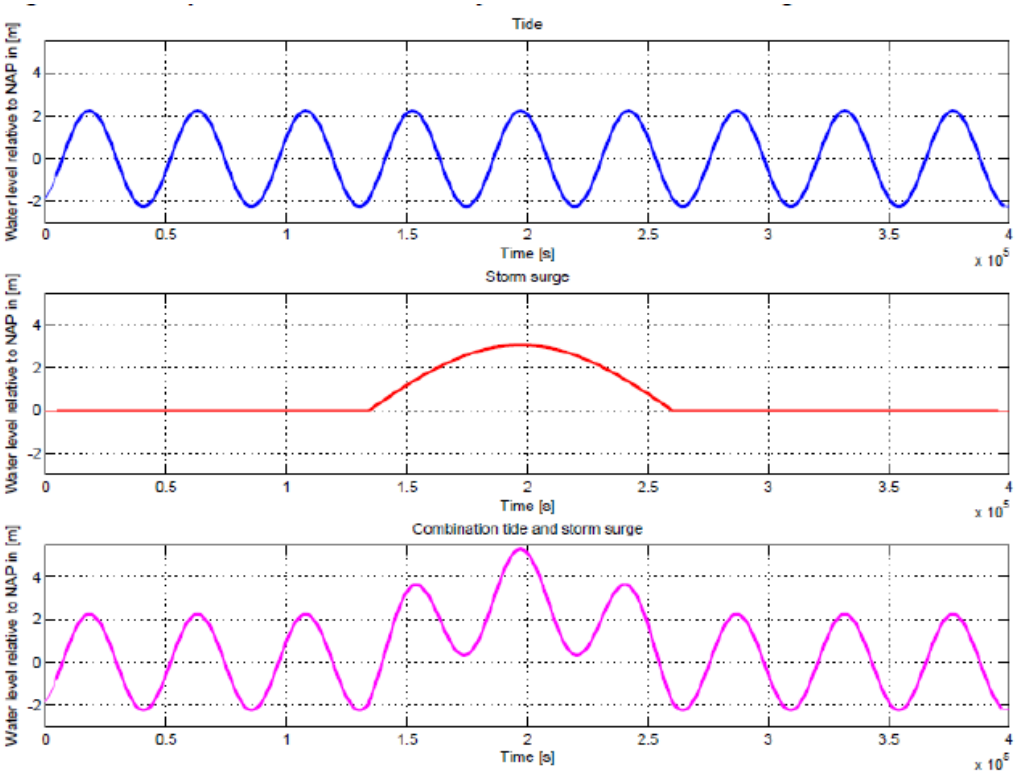
**شکل (۲-۱) سرزمین هلند**

در این پایان‌نامه پس از بررسی روش‌های حفاظت از ساحل همچون دیواره‌های حفاظت از ساحل[۶]، سدها و سازه‌های مدطوفان[۷]، سازه دیواره‌های منقطع کاهنده معرفی می‌گردد و به بررسی موردی در منطقه Western Scheldt هلند پرداخت می‌شود و آن را یک گزینه برای Eastern Scheldt نیز معرفی می‌کند و ذکر می‌کند چون در آن زمان یک Storm Surge Barrier نتایج مطلوب تری در منطقه داشته است، از احداث این سازه صرفنظر گردیده است.

خلیج Western Scheldt خلیجی به مساحت ۴۰۰۰۰هکتار و طول دهانه ۴ کیلومتر است. تراز طراحی آب در این پژوهش تلفیقی از امواج منظم و امواج مد طوفان است (شکل (۲-۲)) و ذکر می‌گردد که چون امواج جزرومد مقیاس زمانی کوچکی نسبت به امواج مد طوفان داشته و حرکت آهسته‌تر دارند سخت‌تر میرا می‌شوند، پس سازه دیواره‌های منقطع کاهنده فقط در مواردی کاربرد دارد که امواج جزرومد به علت شکل خلیج تقویت می‌شوند و وظیفه این سازه محدود کردن ماکزیمم سطح آب است و این نکته هم اضافه می‌گردد که این سازه در امواج مدطوفان فقط به نصب دریچه در برخی از بازشوها کارایی مطلوبی خواهد داشت.

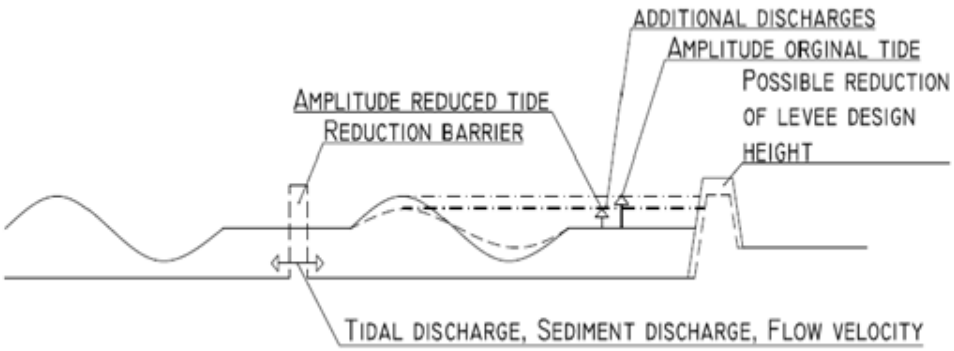
---

[6] Levees
[7] Storm Surge Barrier



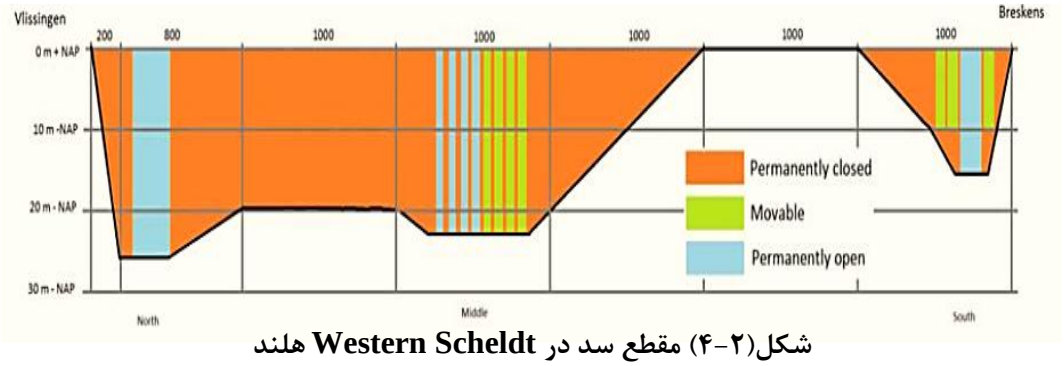

**شکل (۲-۲) ترکیب امواج جزرومد و امواج مدطوفان در شرایط مرزی مدل**

کارایی سازه دیواره منقطع کاهنده در این پژوهش محدود کردن دامنه نوسانات می‌باشد و ذکر می‌کند که وجود دیواره‌های ساحلی را برای پاسخگویی بهتر سازه در هلند ضروری است.شکل (۲-۳)




**شکل(۲-۳) کارایی Reduction Barrier در کنارLevee در یک خلیج**

مقطع سازه در دهانه خلیج به صورت شماتیک در شکل (۲-۴) نشان داده شده است.




**شکل(۲-۴) مقطع سد در Western Scheldt هلند**

در این پژوهش جهت مطالعه تاثیر ساخت Reduction Barrier بر حرکات آب[8] از دو مدل استفاده می‌شود:

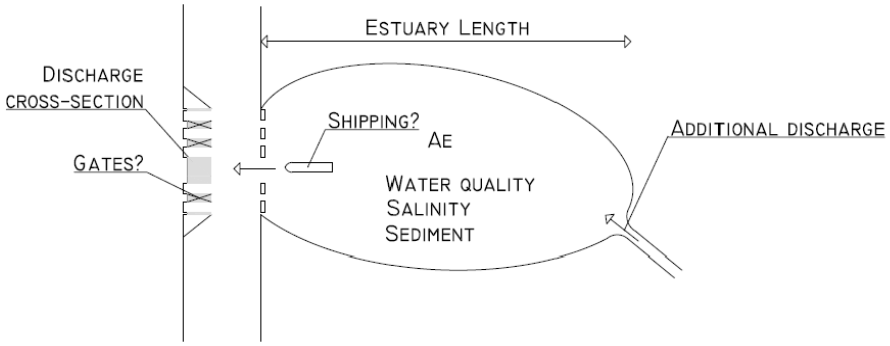
۱. مدل اول با نام Final Gap Model برای خلیج‌ها با طول کوتاه (طول خلیج کمتر از ۱/۲۰ طول موج جزرومد باشد)؛

۲. مدل دوم با نام Analytical 1-D Model برای مکان‌ها و خلیج‌های طویل.

Final Gap Model یک روش ساده تحلیلی محاسبات ذخیره‌ای مخازن است که نوسانات سطح آب به علت نوسانات سطح آب در دریاست و Analytical 1-D Model نیز یک مدل یک بعدی است که خلیج به عنوان یک مستطیل منشوری با عرض ثابت و عرض ذخیره‌ای (افزایشی) وجود دارد.

در شکل (۲-۵) طول خلیج، موارد قابل بررسی پس از ساخت سازه دیواره منقطع کاهنده و نمای کلی سازه همراه با دریچه به صورت شماتیک نشان داده شده است.

[8] Water motion




**شکل (۲-۵) مسائل قابل بررسی در طراحی سد دیواره منقطع کاهنده**

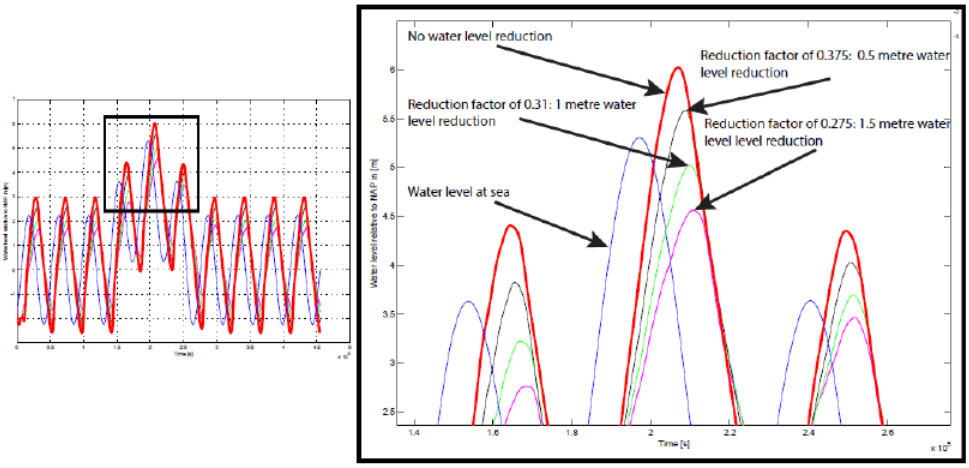
جهت بررسی عملکرد سازه، فاکتوری به نام فاکتور کاهش[9] درنظر گرفته می‌شود. فاکتور کاهش به صورت مساحت مقطع تخلیه اصلی تقسیم به مساحت مقطع بازشوهای سد تعریف می شود.

$$A_b = \mu A_d$$

$A_b$ = مساحت بازشوهای سازه

$\mu$ = فاکتور کاهش

$A_d$ = مساحت مقطع تخلیه اصلی خلیج




**شکل(۲-۶) عملکرد سازه دیواره‌های منقطع کاهنده با نصب دریچه در آن در خلیج Western Scheldt**

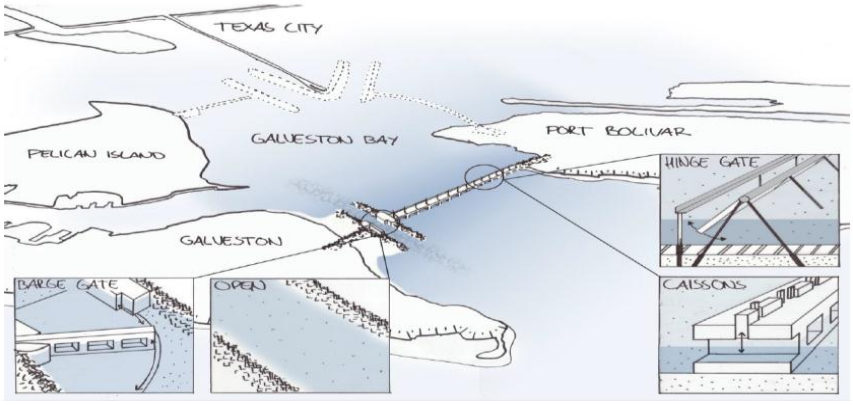
[9] Reduction factor

**شکل(۲-۷) جانمایی سازه دیواره منقطع کاهنده**

ذکر این نکته نیز ضروری است که در این پژوهش بیشترین تمرکز بر روی طراحی المان‌های سازه ای و تحلیل سازه‌ای صورت گرفته است.[۷]

دومین متن در دسترس یک گزارش از خلیج گالوستن[۱۰] است که توسط S.N. Jonkman , M. van , R. de Ledden, K.T. Lendering, L. Mooyaart , K.J. Stoeten , P. de Vries , A. Willems , Kort .

در ۱۹ جولای سال ۲۰۱۳ منتشر شده است. طرح شماتیک سازه در این خلیج در شکل (۲-۸) نشان داده شده است.

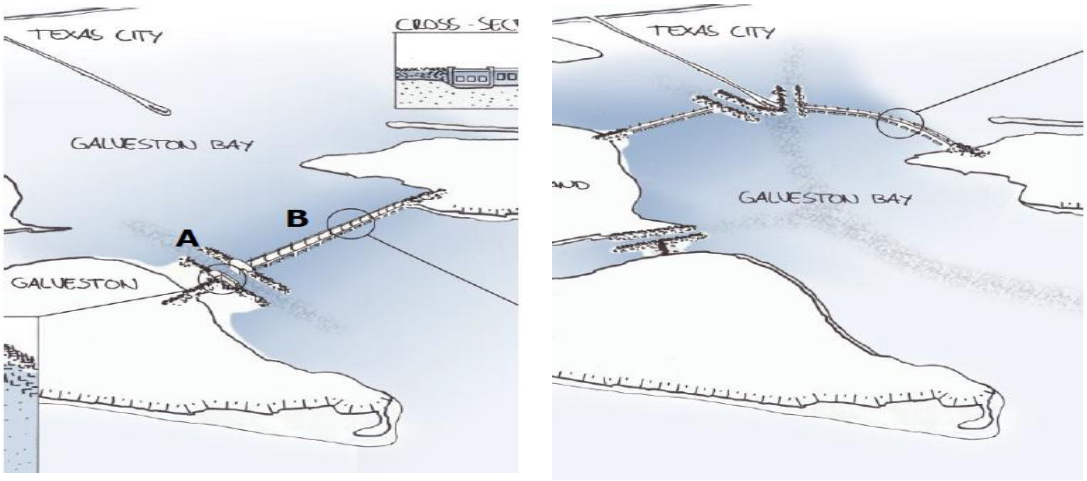



**شکل (۲-۸) طرح شماتیک سازه دیواره منقطع در خلیجGalveston**

[10] Galveston Bay

این گزارش مقایسه‌ای میان سیستم حفاظت از ساحل بین خلیج گالوستن و جزیره بولیوار[11] با نام Ike Dike و یک سازه Storm Surge Barrier است. همانطور که درشکل۲-۸ قابل مشاهده است.

دو مکان می‌توان برای ساخت این سازه در نظر گرفته شود که در شکل(۲-۹) نشان داده شده است. محل پیشنهادی در شکل (الف) از جهت طول کوتاه‌تر است اما به علت ملاحظات جنس بستر سد و عمق خلیج در محل سازه، مکان نشان داده شده در شکل(ب) میتواند قابل بررسی باشد. ذکر می‌شود که در این مکانیابی، علاوه بر بررسی اثرات زیست محیطی و ملاحظات تردد شناورها، باید میزان قرار گرفتن سازه در معرض امواج از خلیج مکزیک مورد توجه قرارگیرد.




**(ب)** **(الف)**

**شکل(۲-۹) محل‌های پیشنهادی برای ساخت سازه**

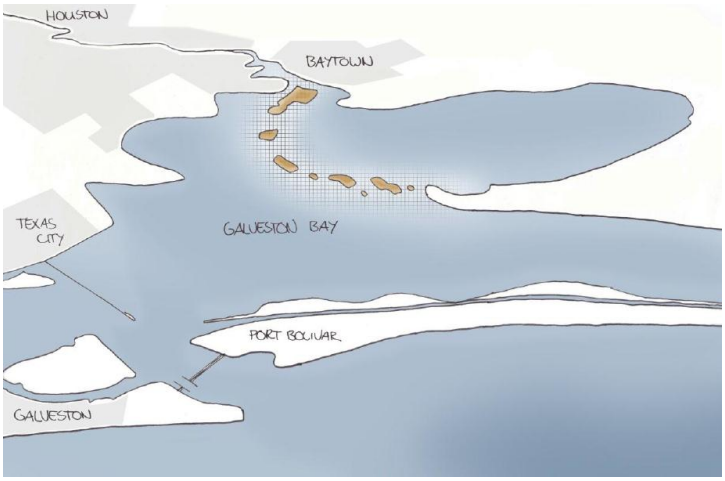
بدست آوردن سطح حفاظتی ایجاد شده در خلیج به مطالعات آینده ارجاع داده می‌شود به همین دلیل باید طوفان‌ها با سرعت‌های و فشارهای مختلف جهت ارزیابی عملکرد سازه مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود که یک مدل هیدرولیکی(محاسباتی) بکار گرفته شود.

عرض در محل پیشنهادی برای ساخت سازه ۲۸۰۰متر است. بازشوها نسبت به مساحت سطح خلیج گالوستون باریک هستند پس حتی در صورت باز بودن کامل نیز تغییری زیادی در سطح آب خلیج به

[11] Bolivar

وجود نمی‌آید. به علت وجود بازشوها نیروهای افقی و هد افقی در سرتاسر سازه کاهش یافته و این در بحث طراحی هزینه‌ها را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

دو بازشو در سد پیش‌بینی می‌شود، یکی بازشو کشتیرانی و دیگری بازشوهای تسهیل عبور و مرور آب بین خلیج و دریا (بازشوهای زیست محیطی)، که اگر بازشوهای زیست محیطی به صورت نیمه باز(دریچه‌ای) طراحی شوند، بازشو کشتیرانی می‌تواند با استفاده از یک سیستم حفاظت خوب بطور کاملا باز باقی بماند. در بازشوهای محیط زیستی باید میزان مجاز روگذری و جریان خروجی از دریچه‌ها به‌صورت دقیق تعیین گردد تا هزینه‌ها کاهش یابد. تغییر در سطح آب در خلیج ناشی از امواج طوفان و خیزاب ناشی از امواج حاصل شده از وزش باد است. خیزاب موج حاصل از باد با افزایش عمق آب و سطح موجگاه[12] (سطح بادگیر خلیج که باعث تولید موج می‌شود موجگاه نامیده می‌شود)، افزایش می‌یابد. برای حل این مشکل پیشنهاد می‌گردد که خلیج با استفاده از سدهای مصنوعی به بخش‌هایی تقسیم شود، مانند آنچه که در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده است.

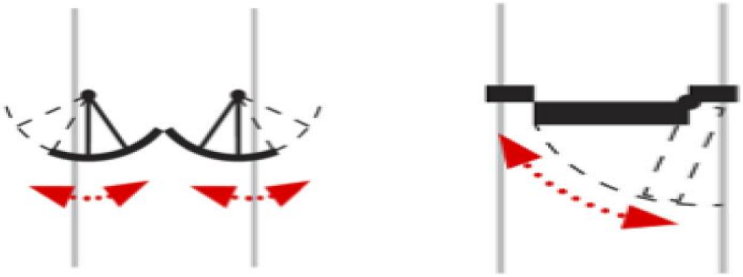



**شکل(۲-۱۰) تقسیم بندی خلیج جهت دسترسی به خیزاب موج کمتر**

برای بازشو کشتیرانی به عرض ۲۰۰متر، که کاملا باز بوده و حفاظت از کف بطور کامل تامین شده است، در یک طوفان ۱۲ساعته سطح آب خلیج ۱ متر بالا می‌آید در حالی که سطح آب در ورودی

[12] Fetch

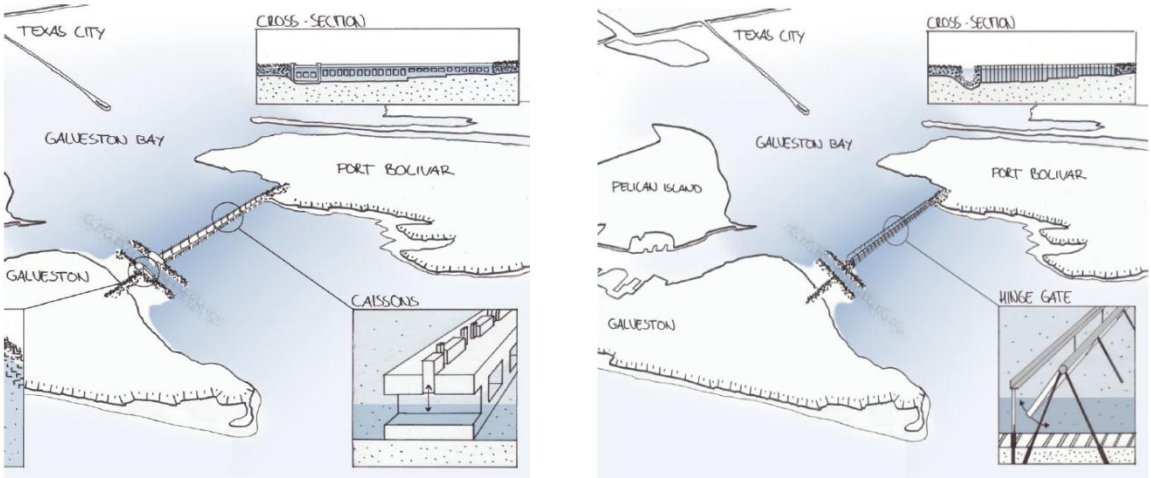
خلیج مکزیک ۵ متر خواهد بود. اگر حفاظت از کف در کانال کشتیرانی بطور کامل صورت گیرد، سرعت جریان کاهش می‌یابد و حتی می‌تواند به مقدار مجاز ۱۰متر بر ثانیه برسد. اگر بستن بازشو کشتیرانی ضروری بوده یا مورد درخواست کارفرما باشد، دریچه‌های نشان داده شده در شکل (۲-۱۱) منطقی‌ترین گزینه‌ها خواهد بود.



**Sector Gate** **Barge Gate**

**شکل (۲-۱۱) دریچه‌های پیشنهادی برای بازشو کشتیرانی**

همانطور که ذکر شد، بازشوهای زیست محیطی تاثیر زیادی در کاهش هزینه‌ها دارد چون وجود بازشوها نیروهای افقی وارد بر سد را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. برای بازشوهای زیستن محیطی نیز دو نوع طراحی قابل بررسی است. طراحی صندوقه‌ای و طراحی دروازه‌های شناور (لولایی)، که در شکل (۲-۱۲) نشان داده شده است.[۱۳]




**طراحی دروازه‌های شناور یا دریچه‌های لولایی** **طراحی صندوقه‌ای**

**شکل(۲-۱۲) طراحی‌های پیشنهادی برای بازشوهای زیست محیطی**

# فصل سوم

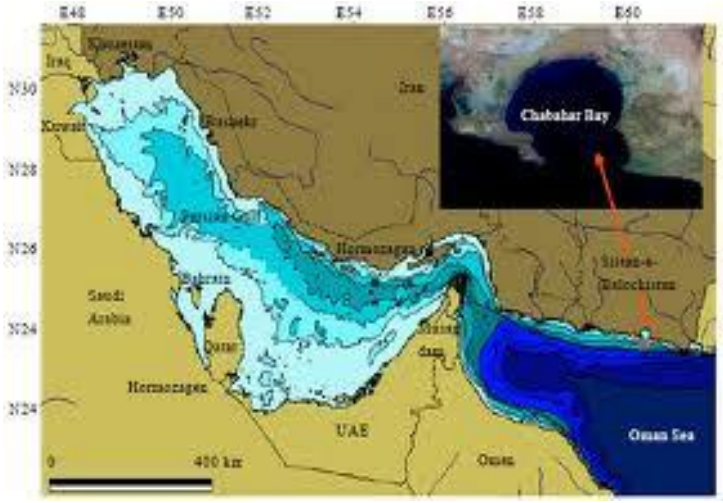
# منطقه مورد مطالعه

## ۳-۱-پیشگفتار

با توجه به ویژگی‌های سازه دیواره منقطع که شرح آن در فصل چهارم به تفضیل خواهد آمد و به علت هزینه‌های ساخت و ساز بالای این سازه، باید حتی‌الامکان در محیطی با کمترین طول ساخته شود. محیطی که این سازه احداث می‌گردد باید قابلیت و ظرفیت تبدیل شدن به مگاپورت منطقه‌ای و امکان تبادل آب با پهنه‌های آبی وسیع وجود داشته باشد تا ساخت سازه دیواره منقطع کاهنده سبب کمترین تغییرات زیست محیطی در منطقه شود. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، خلیج چابهار است. این خلیج به علت شکل امگایی(Ω) خود منطقه مناسبی برای ساخت سازه دیواره منقطع است، از طرفی به آبهای اقیانوسی راه داشته و طبق نظریه کارشناسان سازمان ملل یکی از ۵ نقطه جهان است که قابلیت تبدیل شدن به یک مگاپورت را داراست. در این فصل به آشنایی بیشتر با منطقه خلیج چابهار پرداخته و به چرایی پیشنهاد احداث سازه دیوار منقطع در این خلیج پاسخ داده می‌شود.

## ۳-۲-خلیج چابهار

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، خلیج چابهار است. خلیج چابهار با بریدگی طبیعی و استثنایی خود، بزرگترین خلیج ایران در حاشیه سواحل دریای عمان به شمار می‌رود که در موقعیت جغرافیایی بین طولهای ۶۰ درجه و ۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض‌های ۲۴ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۲۵ درجه و ۲۷ دقیقه واقع است[۱۴]. خلیج چابهار بزرگترین خلیج ایران در حاشیه کرانه‌های دریای عمان است. این خلیج به خاطر شکل حلقه‌ای (Ω) خود در زمین‌شناسی از نوع خلیج‌های اُمگایی نامیده می‌شود. عرض دهانه این خلیج در حدود ۱۳/۵ کیلومتر و ژرفای آب در دهانه خلیج در حدود ۱۴/۵ متر است که با نزدیک شدن به کرانه‌ها کاهش می‌یابد؛ بطوریکه در ۳/۵ کیلومتری کرانه شمالی و کرانه غربی خلیج، عمق آب به ۴/۵ متر می‌رسد. طول این خلیج در راستای شمالی جنوبی ۱۷ کیلومتر و عرض آن در راستای شرقی غربی در عریض‌ترین قسمت، حدود ۲۰ کیلومتر است. هیچ




**شکل (۳-۱) موقعیت خلیج چابهار در ایران**

رودخانه قابل ملاحظه‌ای وارد این خلیج نمی‌شود[۱۵]. بنادر تجاری و ترانزیتی چابهار و کنارک در شرق و غرب خلیج چابهار بزرگ‌ترین بنادر ایرانی دریایی عمان می‌باشند. آب و هوای این خلیج همیشه بهاری و معتدل است و به همین دلیل چابهار (چهاربهار) نامیده می‌شود. شکل (۱-۳)

## ۳-۳-جایگاه اقتصادی چابهار و تاسیسات دریایی آن

**شکل(۳-۲) موقعیت تاسیسات دریایی خلیج چابهار**

به صورت کلی تاسیسات دریایی خلیج چابهاردر شکل (۳-۲) نشان داده شده است. مشخصات برخی از این موجشکن‌ها به اختصار ذکر می‌گردد.

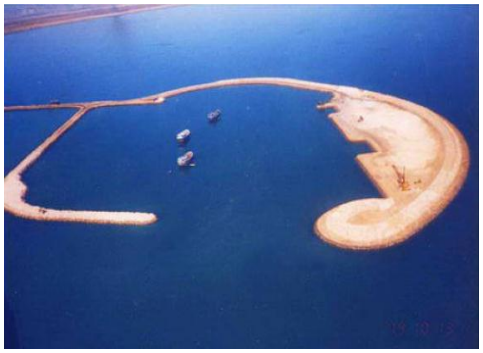
موجشکن بندر صیادی کنارک: این بندر در ۴۰ کیلومتری غرب چابهار و در مقابل شهر کوچک کنارک واقع شده است. شکل (۳-۳)

موجشکن بندر صیادی تیس: این بندر در ۱۰ کیلومتری شمال چابهار قرار گرفته و دارای موجشکنی به طول تقریبی ۴۵۰ متر است.

موجشکن بندر رمین: این بندر در ۱۲ کیلومتری شرق چابهار قرار گرفته و دارای موجشکنی به طول تقریبی ۶۰۰متر است. بخشی از موجشکن در تماس با منطقه جزرومدی دریا قرار دارد.

اسکله شهید بهشتی و شهید کلانتری که در بندر چابهار واقع شده‌اند. بزرگترین و کاربردی‌ترین بندر موجود در خلیج چابهار، بندر چابهار است از این رو تمرکز بیشتری جهت دستیابی به شناخت دقیق‌تر از منطقه مورد مطالعه در این بندر صورت می‌گیرد.

**موجشکن شاخه جنوبی ایران بندر به طول ۵۵۰متر، خلیج چابهار**



**موجشکن‌های سکویی کنارک خلیج چابهار**

**موجشکن آب شیرین‌کن کنارک در خلیج چابهار به طول تقریبی ۲/۱ کیلومتر و عمق ۵/۲تا ۶ متر**

**شکل (۳-۳) موجشکن‌های موجود درخلیج چابهار**

### ۳-۳-۱-موقعیت جغرافیایی بندر چابهار

بندر چابهار در ساحل شرقی خلیج چابهار و در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۱۲ دقیقه و درجنوب استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است. این بندر به جهت برخورداری از موقعیت ممتاز در شرق تنگه هرمز و دریای عمان در مسیر خطوط اصلی کشتیرانی به آفریقا، آسیا و اروپا قرار گرفته و به عنوان کوتاه‌ترین راه ارتباطی و ترانزیتی کشورهای آسیای میانه و افغانستان به بازارهای خلیج فارس، شرق آفریقا و دیگر نقاط جهان مطرح است. همچنین این بندر بعنوان تنها بندر اقیانوسی ایران، یکی از نقاط کلیدی در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان بوده و در کریدور شمال_جنوب نقش مهمی ایفا می‌کند. ضمناً این بندر در مسیر ترانزیتی شرق_غرب قرار گرفته و فوریت‌های مختلف اقتصادی و جغرافیایی در زمینه ترانزیت و ترانشیب می باشد. این بندر به دلیل استقرار در کنار دریای عمان از دیر باز کانون داد و ستد و تجارت و دریانوردی بوده است، ویرانه قلعه پرتغالی‌ها در یکی از روستاهای این بندر (تیس) در پنج کیلومتری چابهار واقع شده است، گواه رونق دریانوردی و اهمیت استراتژیک این خطه از بلوچستان در روزگارانی است که دولت استعمارگر و تجارت پیشه اروپا بازارهای چین، هندوستان و بطور کلی شرق را جایگاه مناسب عرضه کالا و مصنوعات خود دانسته و حفظ و تسلط بر آنها را جزئی از سیاست‌های استعماری و سلطه‌جویانه خود قلمداد می‌کردند. در سال۱۳۵۲ طرح جامع تاسیس بندر چابهار مطرح و

قراردادهای تاسیس با پیمانکار ان مربوطه منعقد شد و پس از انقلاب اسلامی به دلیل کمبود منابع مالی بخشی از طرح به تعویق افتاد و بخشی از طرح شامل اسکله نصب سریع و موج شکن آغاز و به انجام رسید.

### ۳-۳-۲-مزیت‌های بندر چابهار

برخورداری از ۲ اسکله شهید کلانتری با قدرت پذیرش کشتی های ۴۵ هزار تنی و اسکله شهید بهشتی با ظرفیت پذیرش کشتی های با ظرفیت ۷۰هزارتنی، برخورداری از فردگاه بین المللی کنارک، دسترسی به آبراهه های بین المللی اقیانوس هند، دوری از نقاط بحرانی و برخورداری از امن‌ترین پایانه های دریایی و زمینی موجود در استان های کشور و همجواری با کشورهای پاکستان و افغانستان و استفاده از بازارهای مصرف این کشورها را می‌توان از مزیت های اختصاصی این بندر عنوان کرد.

چابهار به عنوان مهم‌ترین بندر تجاری در خارج از خلیج فارس از نظر سیاست و استراتژیکی ملی در مواقع جنگ و بحران‌های منطقه مجزا و نقطه‌ای کلیدی برای تنفس اقتصادی بازرگانی خارجی کشور و ضمانتی برای گردش کار صنایع و فعالیت‌های اقتصادی آن محسوب می‌شود. قرار گرفتن چابهار در یک خلیج موقعیت بندری ایده‌آلی را برای توسعه فیزیکی آینده به آن می‌دهد که بسیاری از بنادر دنیا دارای این حسن نیستند.

### ۳-۳-۳-بنادر موجود در بندر چابهار

بندر شهید کلانتری که یکی از دو بندر مهم چابهار است، عملیات اجرایی این بنادر از سال ۶۲ به طور جدی آغاز و با تکمیل چهار پست اسکله فلزی در سال ۶۲ عملا به بهره‌برداری رسید.

وضعیت موجود بندر شهید کلانتری.شکل (۳-۴)

مساحت کل : ۳۰ هکتار

مساحت محوطه های بارانداز : ۳۵۰۰۰ مترمربع

مساحت انبارهای مسقف : ۳۰۰۰ مترمربع

مساحت محوطه های کانتینری : ۱۸۵۰۰ مترمربع

دارای یک اسکله بتنی با عمق ۱۱/۶ متر، ظرفیت پهلودهی ۴۵۰۰۰DWT، بطول ۲۰۰ متر ۳ اسکله پیش ساخته با ظرفیت پهلودهی ۲۵۰۰۰ DWTجهت استفاده لنج‌های باری و شناورهای خدماتی یک اسکله کوچک محلی جهت استفاده نیروی انتظامی. جدول(۳-۱)

**شکل (۳-۴) نمای اسکله شهید کلانتری در خلیج چابهار [۳]**

**جدول (۳-۱) جتی شهید کلانتری**

| Berth No. | Remark | Draft(m) | Max Length | DWT |
|---|---|---|---|---|
| No.1 | Coastguard | 2.0 | 20 | 25000 |
| No.2 | Motor Launches, Barges | 5.0 | 20 | 25000 |
| No.3 | Motor Launches, Barges | 5.5 | 20 | 25000 |
| No.4 | Motor Launches, Barges | 5.5 | 20 | 25000 |
| No.5 | General/Container | 11.6 | 200 | 45000 |

بندر شهید بهشتی نیز به عنوان دومین بندر مهم چابهار در سال ۶۱ با توجه به شرایط خاص حاکم بر خلیج فارس (جنگ تحمیلی عراق علیه ایران) و با تأکید دولت بر لزوم داشتن بندر در خارج از تنگه هرمز و خلیج فارس احداث شد. این بندر در زمان جنگ تحمیلی به دلیل واقع شدن در کرانه دریای عمان و دوری از مرکز بحران نقش مهمی در صادرات ایفا کرد.

**وضعیت موجود بندر شهید بهشتی**

مساحت کل : ۲۴۰ هکتار

مساحت محوطه های بارانداز : ۱۶ هکتار

مساحت انبارهای مسقف : ۳۰۰۰۰ مترمربع

دارای پنج اسکله:

اسکله شماره یک: کالاهای عمومی

اسکله شماره دو: نفتی با عمق آبخور ۸/۵ متر

اسکله های شماره سه و چهار: چندمنظوره با عمق آبخور ۸/۵ متر هر کدام دارای ۱۵۰ متر طول و ۱۵ متر عرض هستند، که در سال ۱۳۶۲ ساخته شده اند و قابلیت پهلودهی به کشتی های ۲۵ هزار تن را دارا می باشند.

اسکله شماره پنج: چندمنظوره به طول ۲۶۲/۸ متر، عرض ۴۸/۵ متر و عمق آبخور ۱۱ متر که در سال ۱۳۸۳ احداث شده و قابلیت پهلودهی کشتی‌های تا ۷۰ هزار تن را دارد. جدول (۳-۲)

**جدول (۳-۲) جتی شهید بهشتی**

| Berth No. | Remark | Draft(m) | Max Length | DWT |
|---|---|---|---|---|
| No.1 | General/Container | 8.5 | 150 | 25000 |
| No.2 | Tanker | 8.5 | 150 | 25000 |
| No.3 | General/Container | 8.5 | 150 | 25000 |
| No.4 | General/Container | 8.5 | 150 | 25000 |
| No.5 | General/Container | 11 | 262.8 | 70000 |

## ۳-۴-طرح توسعه محور شرق

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به استناد مطالعات پایه آمایش سرزمین در سال ۶۳، مطالعات توسعه محور شرق را انجام داد و در سال ۶۴ به تصویب هیات دولت رساند. «طرح توسعه محور شرق» پس از ۱۷ سال تدوین شد و در سال ۸۱ به پیشنهاد سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی این طرح در هیات دولت تصویب گردید. طرح توسعه محور شرق ، مشتمل بر ۱۸ ماده است که کریدور ترانزیتی شرق کشور ایران را از مبداء ورودی بندر چابهار تا نقاط خروجی مرزهای شمالی کشور ترسیم می‌کند. این محور در طول ۱۸۴۰ کیلومتری خود ۳ استان شرقی کشور را در نوردیده است.

### ۳-۴-۱-اهداف طرح توسعه

برخی از اهداف اصلی که در توسعه محور ترانزیتی چابهار موردنظر هستند، به شرح زیر است:

- افزایش نقش و سهم ایران در ترانزیت کالا و حمل و نقل بین‌المللی؛
- افزایش سهم بندر چابهار در بازرگانی داخلی و خارجی و ترانزیت کالا؛
- ارتقای عملکرد بندر چابهار تا حد یک مگاپورت در راستای تبدیل آن به یک بندر با قطبیت منطقه‌ای؛
- تقویت پیوندهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و امنیتی با کشورهای همجوار شرق و شمال شرقی؛
- کاهش فعالیت‌های غیررسمی اقتصادی و جلوگیری از قاچاق کالا و مواد مخدر؛
- ارتقای نقش و عملکرد منطقه آزاد چابهار در توسعه ملی و منطقه‌ای.

در جدول (۳-۳)، عملیات اجرایی و ظرفیت عملیاتی سالانه پیش‌بینی شده در هر یک از فازهای توسعه بندر چابهار نشان داده شده است.

**جدول(۳-۳) طرح فازبندی طرح توسعه بندر چابهار[۱۱]**

| فازها | فاز یک (۲۰۱۳) | فاز ۲(۲۰۱۶) | فازهای سه و چهار(۲۰۱۸) | فاز ۵(۲۰۲۰) |
|---|---|---|---|---|
| **عملیات اجرایی** | - لایروبی تا عمق حداقل ۱۶- متردر اسکله‌های کانتینری و تا عمق ۱۲- متر در اسکله‌های چندمنظوره به حجم ۱۷۰۰۰۰۰۰ مترمکعب<br>- اجرای دایک، ۱۹۵هکتار احیاء اراضی و ۱۱۹ هکتار بهسازی زمین<br>- ۱۶۵متر اطاله موج‌شکن<br>- ۲پست اسکله کانتینری به طول ۶۴۰ متر<br>- ۲ اسکله کانتینری<br>- ۳ اسکله چندمنظوره | احداث یک اسکله کانتینری اضافی | تبدیل اسکله چندمنظوره به نفتی و حذف آن | اسکله شماره یک کانتینر اضافی |
| **ظرفیت عملیاتی سالیانه** | کانتینری(۶۴۰۰۰۰- TEU۴۲۵۰۰۰)<br>فله(۱.۶۷ میلیون تن)<br>فله مایع(۲.۱میلیون تن) | کانتینری(۱.۳میلیون TEU)<br>فله(۱.۶۷میلیون تن)<br>فله مایع(۲.۱ میلیون تن) | کانتینری(۱.۳ میلیون TEU)<br>فله(۱.۹۳-۱.۳ میلیون تن)<br>فله مایع(۴.۲ میلیون تن) | کانتینری(۲.۱۵ میلیون TEU)<br>فله(۱.۹۳ میلیون تن)<br>فله مایع(۴.۲میلیون تن) |

## ۳-۵-بررسی قابلیت‌های بندر چابهار نسبت به بنادر دیگر

کریدور شمال - جنوب مهمترین حلقه تجارت بین آسیا و اروپا می‌باشد که در مقایسه با مسیرهای سنتی از نظر مسافت و زمان تا ۴۰ درصد کوتاهتر و از نظر هزینه تا ۳۰ درصد ارزان‌تر می باشد. این کریدور ارتباط ترانزیتی کشورهای شمال اروپا و روسیه از طریق ایران و دریای خزر به کشورهای حوزه اقیانوس هند، خلیج فارس و جنوب آسیا برقرار می سازد. موافقت‌نامه کریدور حمل ونقل بین المللی شمال-جنوب در شهریور ماه ۱۳۷۹ در سن پترزبورگ به امضای وزرای حمل و نقل سه کشور ایران، هند و روسیه رسید، این کریدور  برای کشورهایی که در مسیر رهگذر آن هستند درآمد بالغ بر یک میلیارد دلار در سال را در بر خواهد داشت.

در آیندهای نه چندان دور، کشورهای آسیای میانه و اروپای شرقی، تمامی مناسبات تجاری خود را از طریق کریدور شمال-جنوب انجام خواهند داد. راه زمینی این کریدور به سواحل اقیانوس آرام ختم خواهد شد و آسیای میانه را به آبهای آزاد وصل خواهد کرد. کشورهای واقع شده در طول مسیرکریدور، یکی از دو بندر چابهار یا گوادر را برای اتصال به اقیانوس هند انتخاب خواهند کرد. گوادَر بندری است که در جنوب ایالت بلوچستان پاکستان قرار دارد. این بندر در کرانه‌ی دریای عمان واقع شده و با قرار گیری در فاصله۱۰۰مایلی از چابهار، بندری درحال پیشرفت است شکل(۳-۵). دولت پاکستان در سال ۲۰۰۷ امتیاز عملیات بندری گوادر را به مدت ۲۵ سال به یک شرکت سنگاپوری واگذار نمود و برای ۴۰سال آینده آن را یک بندر آزاد بدون مالیات معرفی کرد. سرمایه‌گذاران چینی نیز در تأسیسات بندری گوادر سرمایه‌گذاری کرده‌اند.

**شکل (۳-۵) موقعیت چابهار ایران و گوادر پاکستان**

با ایجاد زیرساخت‌ها، آماده‌سازی و فراهم نمودن شرایط مناسب در کل منطقه خلیج چابهار در این رقابت، علاوه بر موفقیت برای در دست گرفتن شاهراه اقتصادی آسیای میانه، کشور عزیزمان ایران نیز می‌تواند از مزایای وجود یک مگاپورت عظیم بهرمند شود. در جدول (۳-۴) مقایسه کیفی میان قابلیت‌های بندر چابهار و بندر گوادر ارائه گردیده است.

**جدول (۳-۴) مقایسه کیفی بنادر چابهار و گوادر[۱۶]**

| | فاکتورها | بندر گوادر | بندر چابهار |
|---|---|---|---|
| ۱ | دارا بودن موقعیت استراتژیک | دارد | دارد |
| ۲ | زیرساختارهای حمل و نقلی | ضعیف | ضعیف |
| ۳ | تاسیسات و تجهیزات بندری | ضعیف | ضعیف |
| ۴ | جو سیاسی آرام | ندارد | دارد |
| ۵ | جو اجتماعی فرهنگی مناسب | ندارد | دارد |
| ۶ | امنیت منطقه‌ای در بندر | ندارد | دارد |
| ۷ | امنیت راههای ارتباطی | ندارد | دارد |
| ۸ | ترانزیت مواد مخدر | خیلی زیاد | کم |
| ۹ | تهدید ازطرف کشورهای همسایه | وجود دارد | وجود ندارد |
| ۱۰ | داشتن اختلاف با کشورهای همسایه | ندارد | دارد |

همچنین با راه‌اندازی محور ترانزیت شرق از چابهار، نه تنها باعث اتصال این منطقه به جاده ابریشم می‌شود، بلکه سرعت حمل و نقل در این منطقه را تا ۱۰ برابر افزایش می‌دهد.

با این وجود، چابهار می تواند رقیبی برای امارات متحده عربی نیز باشد. امروز بخش عمده‌ای از تجارت منطقه‌ای در بندر دوبی متمرکز شده است در حالی که با مدیریت و سیاست‌گذاری صحیح می‌توان در آینده‌ای نزدیک چابهار را به رقیبی جدی برای امارات متحده عربی تبدیل کرد. این امر مستلزم سرمایه‌گذاری‌های دولت و بخش خصوصی و ترسیم یک چشم‌انداز واقع‌بینانه است. هم‌اکنون دوبی بخش عمده‌ای از درآمدهای خود را از طریق تعرفه‌ها و مالیات بر تجارت کسب می‌نماید در حالی که چابهار ظرفیت‌های جدی و طبیعی برای تبدیل به پورت منطقه‌ای را داراست. به گفته کارشناسان بنادر چابهار ۳۳۰ مایل دریایی نزدیک تر از بندر دوبی و دیگر بنادر واقع در خلیج فارس است که باعث صرفه جویی ۴۸ ساعته در رسیدن کالا به بازارهای هدف می شود. همچنین باید دانست چابهار تنها بندر اقیانوسی کشور است که به آب‌های بین المللی راه دارد. چابهار طبق نظریه کارشناسان سازمان ملل یکی از ۵ نقطه جهان است که قابلیت تبدیل شدن به یک مگا پورت را داراست.

## ۳-۶- محیط‌های آبی اطراف خلیج چابهار

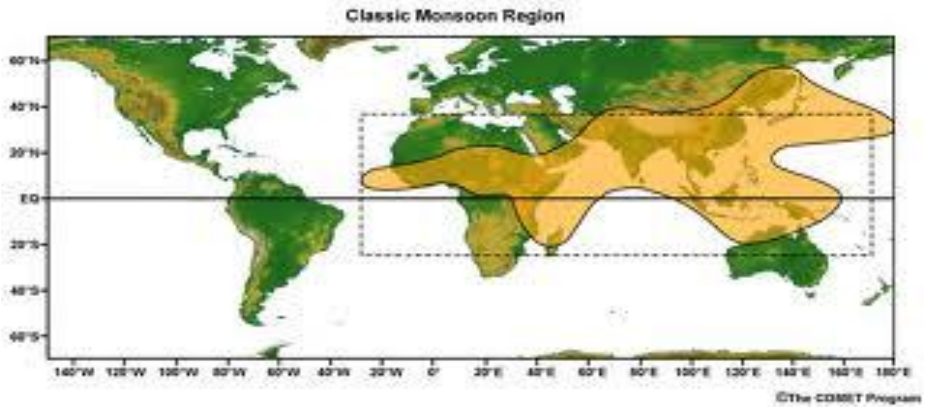
شناسایی یک منطقه (خلیج چابهار) بدون در نظر گرفتن محیط‌های آبی اطراف مقدور نیست. مطابق شکل (۳-۶) محیط‌های اطراف خلیج چابهار عبارتند از: دریای عمان، تنگه هرمز، خلیج فارس، دریای عرب، منطقه جبهه راس الحد و اقیانوس هند [۱۷].

**شکل (۳-۶) محیط‌های آبی اطراف خلیج چابهار**

اما از میان این محیط‌های آبی بیشترین تاثیر بر منطقه خلیج چابهار مربوط به بادهای موسمی اقیانوس هند موسوم به مانسون می‌باشد، به همین دلیل به توضیحات بیشتر در این رابطه پرداخت می‌شود.

## ۳-۷-مانسون

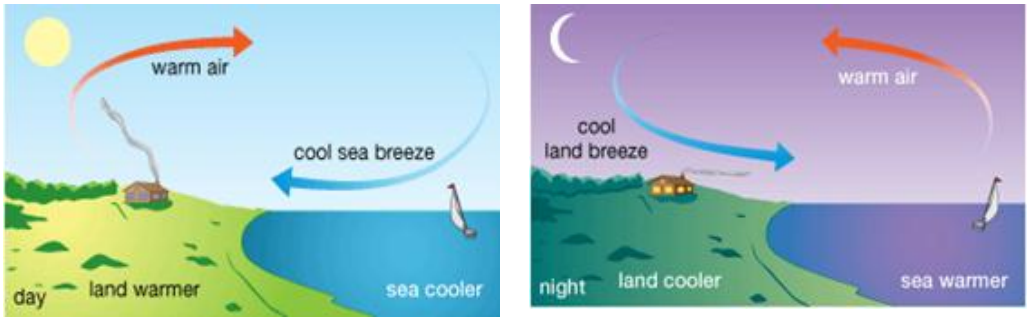
مانسون به تغییرات فصلی جهت باد اطلاق می‌گردد که از کلمه عربی"موسم"به معنی فصل برگرفته شده است. هرچند نامگذاری این پدیده بی ارتباط با ماهیت آن نیست، ولی به معنی بارش شدید نمی‌باشد. آب و هوای مانسون باعث ایجاد تغییرات قابل ملاحظه‌ای در الگوی بارش و دما و رطوبت می‌گردد. مانسون گرم و مرطوب متناوبا و به صورت فصلی جایگزین مانسون سرد و خشک می‌گردد. این پدیده در مناطقی با عرض جغرافیایی کم که گستره‌ای از غرب آفریقا تا شرق اقیانوس هند را شامل می‌گردد آشکار می‌باشد که در شکل (۳-۷) نشان داه شده است.




**شکل (۳-۷) مناطق متاثر از مانسون های فصلی**

چرخه سالانه مانسون از دیدگاه فیزیکی نتیجه تغییرات سالانه انرژی تابشی خورشید و اختلاف دما در سطح خشکی و دریا می‌باشد. پیکره‌های آبی که نور خورشید را تا اعماق زیادی جذب نموده و بخش کمی از آنرا منعکس می‌نماید، انرژی را به میزان بیشتری ذخیره نموده و در نتیجه تا زمان طولانی‌تری نسبت به خشکی‌های مجاور گرمای خود را حفظ می‌کند. سطح زمین به علت نازکی پوسته جمع کننده انرژی گرما را زودتر جذب کرده و نیز از دست می‌دهد. به منظور متعادل نمودن میزان انرژی،

گرما از مناطق گرمتر به مناطق سردتر منتقل می‌گردد و پدیده دریا-خشکی به این صورت شکل می-گیرد ( شکل۳-۸).




**شکل (۳-۸) پدیده نسیم دریا-خشکی**

در مقیاس بزرگتر، همچون قاره‌ای محاصره شده توسط اقیانوس‌ها، گرمای برخاسته از زمین در طول ماه‌های گرم باعث کاهش چگالی هوای مجاور آن یا افت فشار می‌گردد و بالعکس توده هوای چگالتر و پرفشارتر مجاور سطح اقیانوس‌ها شکل می‌گیرد. جریان باد و جریان‌های دریایی ناشی از جابجایی توده‌های کم فشار و پرفشار مناطق گرم و سرد آب و هوا را مخلوط نموده و موازنه انرژی را بصورت کلی برقرار می‌سازد.

همانگونه که اختلاف مقدار انرژی بین سطح خشکی و دریا رخ می‌دهد، تغییرات زمانی و مکانی میزان جذب انرژی خورشید در نیمکره شمالی و جنوبی باعث تفاوت سطح انرژی در دو نیمکره می‌گردد. نیمکره‌ای که بیشترین تابش مستقیم خورشید را دریافت می‌دارد، بیشتر گرم می‌شود و در همین زمان نیمکره دیگر درحال سردشدن تدریجی می‌باشد. پیوستگی این اکوسیستم باعث ایجاد جریان-های اتمسفری و اقیانوسی از نیمکره سرد به گرم می‌گردد. از آنجایی که نیمکره‌های سرد و گرم متناوبا جایگزین یکدیگر می‌گردند، تغییر فصلی مسیر این جریان‌ها رخ می‌دهد. همانگونه که اشاره شد، مناطق با آب و هوای مانسون شاهد بیشترین تغییرات فصلی جهت باد می‌باشند.

طی تابستان، نیمه دوم اردیبهشت تا نیمه اول شهریور (مه تا سپتامبر)، خشکی (منطقه کم‌فشار) نسبت به اقیانوس (منطقه پر فشار) گرمتر می‌شود، بطوریکه هوای گرم قارهای بالا رفته و هوای اقیانوس را به خشکی می‌کشد و این بادها جریان موسمی جنوب غربی را ایجاد می‌کنند. در

خرداد ماه (ژوئن) بادهای قوی به موازات سومالی و سواحل عربستان ایجاد می‌شوند که در تیر و مرداد ماه (ژوئیه و اوت) به حداکثر شدت می‌رسند. در شهریور و مهر ماه (سپتامبر و اکتبر) فروکش کرده و جایگزین جریان شمال استوایی اقیانوس هند می‌شوند.

در زمستان از نیمه دوم آبان تا نیمه اول اسفند (نوامبر تا مارس) حالت عکس رخ می‌دهد و هوای خشکی سردتر (منطقه پر فشار) به سمت اقیانوس (منطقه کم فشار) جریان می‌یابد. این بادها جریان موسمی شمال شرقی را ایجاد می‌کنند و جریان استوایی مجددا ظاهر می‌شود. طی مونسون شمال شرقی، جریان آب از شرق به غرب به سمت شمال استوا است. این جریان از نیمه دوم آبان (نوامبر) شروع شده و به حداکثر شدت در بهمن و اسفند فوریه) می‌رسد و در فروردین ماه (آوریل) فروکش می‌کند. در نیمه دوم آبان تا نیمه دوم دی (نوامبر تا ژانویه) شاخه قویتری از این جریان، به سمت شمال در طول سواحل غربی هند حرکت می‌کند[۱۸]. بادهای مونسون زمستانه سرد و خشک بوده، از این رو موجب سرد شدن دمای سطحی آب دریای عمان و سواحل پاکستان می‌شوند.

بادهای موسمی اقیانوس هند به چهار فصل تقسیم می‌شوند:

- فصل مونسون جنوب غربی: اردیبهشت تا شهریور(مه تا سپتامبر)
- فصل مونسون شمال شرقی: آبان تا بهمن (نوامبر تا فوریه)
- دوره بین مونسونی: مهر تا آبان (اکتبر تا نوامبر)
- دوره بین مونسونی: اسفند تا فروردین (مارس تا آوریل) [۱۹]

نقش باد در شکل گیری جریانات سطحی که در اقیانوس هند وجود دارد حائز اهمیت است. در واقع، جهت و سرعت جریانها و گردش‌های موجود در اقیانوس هند با مونسون ارتباطی مستقیم دارد. همه ساله در اقیانوس هند دو مونسون رخ می‌دهد، مونسون ضعیف‌تر شمال شرقی در فصل زمستان و مونسون قویتر جنوب غربی در تابستان، باد پادساعتگرد شروع به تغییر جهت می‌کند. مونسون جنوب غرب و مونسون شمال شرقی که به

ترتیب در تابستان و زمستان نیمکره شمالی رخ می‌دهند، که البته این دو دوره مونسونی با دو دوره میان مونسون پائیزی[۱۳] و دوره میان مونسون بهاری[۱۴] از هم مجزا شده‌اند (ژوئن تا اواسط سپتامبر مونسون جنوب غربی، از اواسط سپتامبر تا اکتبر دوره میان مونسون پائیزی، نوامبر تا اواسط فوریه مونسون شمال شرقی و از اواسط فوریه تا ماه مه دوره میان مونسون بهاری [۲۰].

[13] Fall Intermonsoon
[14] Spring Intermonsoon

# فصل چهارم

# سازه دیواره‌های منقطع کاهنده

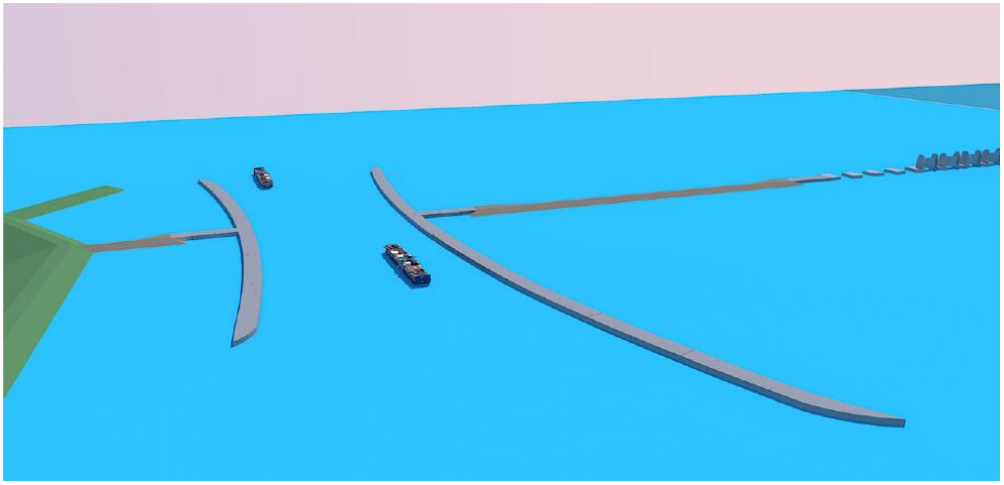
(Reduction Barriers)

## ۴-۱-پیشگفتار

در فصل اول بطور مختصر به برخی روش‌های حفاظت از ساحل اشاره گردید و سازه دیواره‌های منقطع کاهنده[۱۵] نیز به عنوان یک ایده نوین جهت حفاظت از سواحل ویژه مطرح شد. این فصل به بررسی بیشتر این سازه پرداخته می‌شود و ترتیب چیدمان المان‌ها پیشنهاد می‌شود تا جهت انجام مدلسازی مورد استفاده قرار گیرد.

## ۴-۲-معرفی کلی سازه

سازه دیواره‌های منقطع کاهنده، به عنوان یکی از روش‌های نوین حفاظت از ساحل می‌باشد. دیواره‌های منقطع کاهنده، همانطور که از نامش پیداست، شامل یک سد سراسری می‌باشد که دارای بازشوهایی با فواصل مشخص می‌باشد. این بازشوها علاوه بر تازه نگه داشتن جریان آب و فراهم کردن شرایط مطلوب جهت انتقال رسوب بین خلیج و دریا، شرایط مطلوبی را نیز جهت تردد کشتی‌ها و شناورها فراهم می‌کنند. در شکل (۴-۱)، به صورت شماتیک این سازه نشان داده شده است.



**شکل (۴-۱) طرح شماتیک دیواره‌های منقطع کاهنده[۷]**

[15] Reduction Barrier

## ۴-۳- مزایای احداث دیواره‌های منقطع کاهنده

دیواره‌های منقطع کاهنده، به عنوان یکی از روش‌های نوین حفاظت ساحلی، نسبت به سایر روش-های مورد استفاده برای این منظور دارای مزایای قابل توجهی می‌باشد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- به علت وجود بازشوها در سد، جریان جزرومد می‌تواند شرایط طبیعی پشت سد را در موقعیت عادی حفظ کند؛

- طول سازه سد، با توجه به وجود بازشوها درون آن بسیار کوتاهتر از یک سد سراسری می‌باشد و به این ترتیب از لحاظ اقتصادی ساخت این سازه بسیار مقرون به صرفه می‌باشد؛

- وجود بازشوها تردد کشتی‌ها را سهل و آسان می‌کند؛

- با توجه به وجود بازشوهای دائمی در سازه، خللی در زندگی آبزیان و شرایط اکوسیستم و اکولوژی آب منطقه ایجاد نمی‌کند؛

- وجود بازشوهای دائمی در این روش اتصال دریا و خلیج را حفظ کرده و تخلیه مناسب و مداوم آب در خلیج باعث حفظ کیفیت آب خلیج می‌شود و از ماندآب جلوگیری می‌کند؛

- این سازه نسبت به سدهای نیمه‌باز دارای ایمنی بیش‌تری می‌باشد، زیرا در سدهای نیمه‌باز( storm surge barrierها) با توجه به حجم بالای آب ذخیره شده در پشت آن، احتمال شکست دریچه‌های تعبیه شده در آن وجود دارد، در حالیکه در دیواره‌های منقطع کاهنده این احتمال به طور چشمگیری کاهش می‌یابد.[۷]

## ۴-۴- اصول طراحی دیواره‌های منقطع کاهنده

جهت ساخت دیواره‌های منقطع کاهنده بایستی ضمن بررسی دقیق محل احداث، نکاتی را مدنظر قرار داد. برخی از مهم‌ترین این نکات که باید هنگام طراحی سازه مدنظر قرار داد عبارت است از:

- مکان قرارگیری سازه به‌گونه‌ای باشد که سد دارای کمترین طول ممکن باشد. این جانمایی سبب

می‌شود که با توجه به چیدمان بهینه بازشوها، هزینه های ساخت و ساز سد به حداقل برسد؛

- فضای لنگراندازی و مانور پشت سد به صورت دقیق بررسی شود تا مانعی برای کشتیرانی در منطقه وجود نداشته باشد؛

- جنس خاک بستر و ساختگاه سد به صورت دقیق بررسی شود. به علت وزن زیاد سازه، لزوم تعبیه آبراهه کشتیرانی در سازه و با توجه به عمر طراحی سازه، باید جنس خاک در بستر و ساختگاه سازه مورد بررسی‌های دقیق قرارگیرد تا تدابیر لازم اندیشیده شده و سازه با بهترین عمکرد مورد استفاده قرار گیرد؛

- ابعاد و چینش بازشوها ارزیابی و کنترل گردد تا باعث ایجاد جریان های جت[۱۶] قوی و غیرمتعارف به داخل حوضچه‌ی خلیج و در نتیجه تغییرات شدید و در بعضی مواقع غیر قابل جبران مورفولوژیکی در بستر و سواحل آن نشوند و ایجاد مانع و خلل در تردد و ورود و خروج شناورها (حتی به صورت موضعی و گهگاه) نکند؛

- تعدد، تنوع و جانمایی بازشوها و همچنین ابعاد آنها به گونه ای باشد تا عبور و مرور طبیعی آبزیان، رسوبات و چرخه عادی جریان های خود تخلیه[۱۷] خلیج دستخوش تغییر الگو (کاهش یا افزایش غیرقابل قبول) نشوند.

### ۴-۴-۱- بازشوها در دیواره‌های منقطع کاهنده

با توجه به شکل (۴-۱)، دیواره‌های منقطع دارای دو نوع بازشو می‌باشند که هریک برای هدف خاصی ایجاد شده اند. دسته اول بازشوها برای تردد کشتی‌ها و شناورها در نظر گرفته شده است و به آن‌ها بازشوهای کشتیرانی می‌گویند. دسته دوم بازشوهایی جهت تسهیل ورود و خروج آب بین دریا و خلیج جهت حفظ تعادل و پیوستگی هیدرولیکی و زیست محیطی خلیج (که با نام بازشوهای زیست

[16] Jet Flow
[17] flushing

محیطی نامیده می‌شوند) می‌باشد. برای طراحی هریک از این نوع بازشوها باید نکاتی را مدنظر قرار داد. در ادامه و به جهت اهمیت موضوع، اصول طراحی هریک از این نوع بازشوها مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۴-۴-۱-۱-اصول طراحی بازشوهای کشتیرانی

طراحی بازشوهای کشتیرانی بر اساس آیین‌نامه‌های مربوط به طراحی آبراهه انجام می‌شود. روند طراحی بازشوهای کشتیرانی به این صورت انجام می‌گیرد که ابتدا با توجه به هیدروگرافی بستر منطقه مورد نظر، مناطقی که دارای بیشترین عمق باشند، انتخاب می‌شوند. با این انتخاب نیاز با لایروبی کاهش یافته و میزان هزینه‌ها به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. سپس با توجه به کاربری بندر و اسکله‌های موجود و همچنین توسعه آتی منطقه، کشتی طرح انتخاب می‌شود. پس از تعیین کشتی طرح، طبق آیین نامه و با توجه به عواملی چون منطقه‌ای یا فرامنطقه‌ای بودن آبراهه، نامحدود یا نیمه محدود یا کاملا محدود بودن آبراهه و همچنین ترافیک منطقه، طول، عرض، و عمق کانال کشتیرانی تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است در هنگام طراحی بازشوها باید طرح توسعه آتی منطقه نیز مدنظر قرار گیرد.

در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش به علت امگایی($\Omega$) بودن شکل خلیج چابهار و به جهت کاهش هزینه‌ها دهانه خلیج جهت احداث سازه موردتوجه می‌باشد.

در ادامه جهت طراحی ابعاد بازشو کشتیرانی الزامات آیین‌نامه‌ای ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و متناسب با منطقه مطالعاتی بکارگرفته می‌شود.

### ۴-۴-۱-۲-الزامات آیین نامه ایران در طراحی بازشو کشتیرانی و تعیین کشتی طرح[۲۱]

**موقعیت آبراهه نسبت به سطح آزاد آب دریا و سهولت ناوبری آبراهه‌ها**

**آبراهه نامحدود**

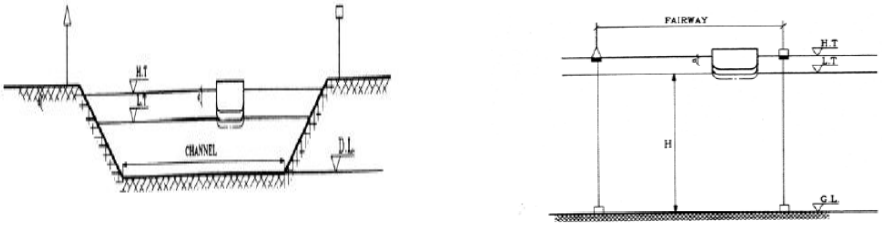
آبراهه ای است با عمق کافی و عرض بزرگ تر از ۱۰ برابر طول بزرگترین کشتی عبوری به نحوی که کشتی بتواند در هر شرایطی از جزر و مد، در آن حرکت کند. کشتیرانی در آبراهه های نامحدود، با سهولت امکان پذیر است.

**آبراهه نیمه محدود**

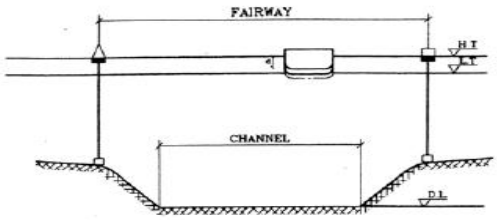
آبراهه ای است با عمق کم که به صورت کانالی مستغرق نسبت به پایین‌ترین سطح آب دریا قرار داشته و معمولاً از طریق لایروبی احداث می‌شود، همانند اغلب کانالهای دسترسی بنادر.

**آبراهه کاملاً محدود**

آبراهه ای است که از طریق خاکبرداری یا لایروبی در خشکی احداث شده و یا کاملاً در خشکی محصور شده است. کشتیرانی در آبراهه محدود، با محدودیتهای زیادی توأم است.نمای شماتیک این آبراهه‌ها در شکل (۴-۲) قابل مشاهده است.




**آبراهه نامحدود** **آبراهه محدود**




**آبراهه نیمه محدود**

**شکل (۴-۲) آبراهه نامحدود، نیمه محدود و کاملا محدود[۳]**

**آبراهه فرامنطقه ای**

به آبراهه هایی اطلاق می شود که پذیرای کشتیهای با ظرفیت بزرگ تر از (DWT) ton ۵۰۰۰ بوده و یا عمق آبراهه نسبت به تراز مبنای کشتیرانی مساوی یا بیشتر از ۷ متر باشد.

**آبراهه منطقه‌ای**

آبراهه هایی اطلاق می‌شود که پذیرای شناورهای با ظرفیت کمتر از (DWT) ton ۵۰۰۰ و مساوی یا بزرگتر از (DWT) ton ۱۰۰ بوده و یا عمق آبراهه نسبت به تراز مبنای کشتیرانی کمتر از ۷ متر و مساوی یا بیشتر از ۳ متر باشد.

**آبراهه محلی**

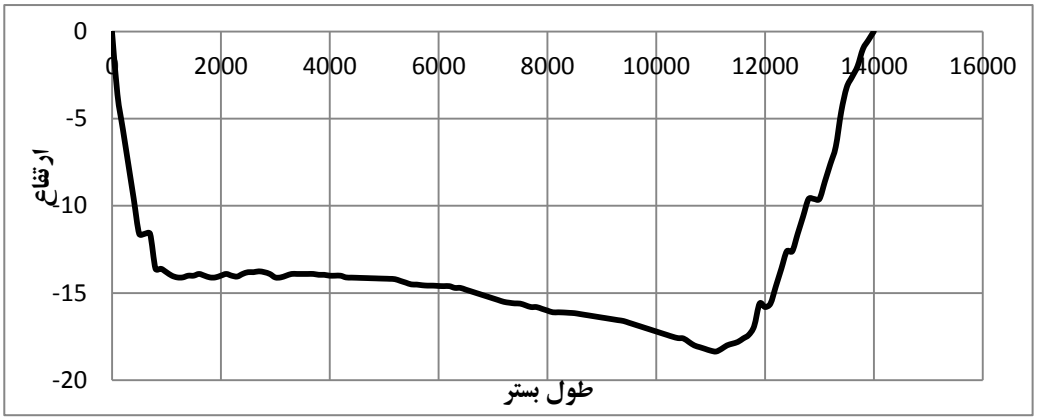
به آبراهه هایی اطلاق می شودکه پذیرای شناورهای کوچک تا ظرفیت حداکثر(DWT) ton ۱۰۰بوده و یا عمق آبراهه نسبت به تراز مبنای کشتیرانی کمتر از ۳متر باشد.

ضوابط طراحی آبراهه ها بسته به اینکه در کدام سطح از طبقه‌بندی فوق الذکر قرار می‌گیرند، متفاوت خواهد بود.

**جدول (۴-۱) طبقه‌بندی آبراهه‌های ایران**

| کلاس | عنوان | ظرفیت شناور(DWT) | عمق آبراهه | تراز مبنا | ارتفاع آزاد زیر پل* |
|---|---|---|---|---|---|
| I | آبراهه فرامنطقه‌ای | بزرگتر از ۵۰۰۰ تن | مساوی یا بزرگتر از ۷ متر | C.D | نصب پل مجاز نمی‌باشد |
| II | آبراهه منطقه‌ای | بزرگتر از ۱۰۰ تن و کوچکتر از ۵۰۰۰ تن | کوچکتر از ۷ متر و مساوی یا بزرگتر از ۳ متر | M.L.L.W | بیشتر از ۷متر |
| III | آبراهه محلی | کوچکتر از ۱۰۰ تن | کوچکتر از ۳ متر | M.L.W | بیشتر از ۴ متر |
| * ارتفاع آزاد زیر پل فاصله‌ای است بین بالاترین سطح آب محتمل در آبراهه تا پایین‌تر سطح تمام شده عرشه تحتانی پل. | | | | | |

با توجه به توضیحات بالا و پروفیل بستر در دهانه خلیج چابهارکه در شکل (۴-۳) نشان داده شده است، آبراهه مورد نظر در این پژوهش آبراهه فرامنطقه‌ای و نیمه محدود خواهد بود.




**شکل (۴-۳) پروفیل بستر در دهانه خلیج چابهار**

## عوامل مؤثر در طراحی آبراهه ها[۲۱]

در طراحی آبراهه ها عوامل متعددی دخالت دارند که می بایست مدنظر قرار داده شوند، مهم‌ترین عوامل طبیعی و غیر طبیعی که در طراحی مؤلفه های مختلف یک آبراهه می بایست توسط مهندس طراح لحاظ شوند در جدول (۴-۲) آورده شده اند.

**جدول (۴-۲) عوامل مؤثر در طراحی آبراهه ها**

| | مولفه های آبراهه / عوامل | عرض کف | عمق | تراز مبنا | مسیر | تعریض قوسها | شیب کناره ها | حریم | جانمایی توقفگاه | علامت گذاری | مسافت توقف | فاصله آزاد | نگهداری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عوامل طبیعی | جریان های دریایی | * | | | * | * | * | | * | * | * | | * |
| | امواج | * | * | * | * | * | * | | * | * | * | * | * |
| | جزرومد | | * | * | | | | | | | | * | * |
| | شوری آب | | * | * | | | | | | | | * | * |
| | باد | * | | | * | * | * | | * | * | * | | |
| | مه | * | | | | * | | | * | * | * | | |
| | خاک بستر | | * | * | * | | * | | * | * | | * | * |
| | رسوبگذاری | | * | * | * | * | | * | * | | | * | * |
| | توپوگرافی | | | | * | * | | | | * | * | | * |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عوامل غیرطبیعی | کشتی طرح[18] | * | * | * | * | * | | * | * | * | * | * | * |
| | سرعت طرح | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| | ترافیک طرح | * | | | | * | | * | * | * | | | * |

بنابر توصیه این آیین نامه، به این دلیل که عوامل موثر در طراحی یک آبراهه، نظیر جزر و مد و شرایط غالب عمقی آبراهه از یک بندر به بندر دیگر تغییر می کند، لذا درنظر گرفتن شرایط محلی و تجارب افراد بومی در طرح مناسب آبراهه بسیار موثر خواهد بود و مشورت با ناخدایان و دریانودان بومی هرمنطقه، بررسی و یافتن کریدورهای موجود دریایی منطقه، سیر تغییر و انحراف آنها در طول زمان و ... نیز به طرح دقیق تر آبراهه کمک شایانی می کند.

**مسیر**

مسیر آبراهه در پلان باید به گونه ای جانمایی گردد که شناورهای عبوری از آن بتوانند تحت هرگونه شرایط جوی به ویژه در هنگام طوفان و دید محدود، با اطمینان کافی حرکت کنند. شرایط عمومی تعیین مسیر بهینه آبراهه ها به شرح زیر است:

-به منظور کاهش هزینه های لایروبی، آبراهه در ناحیه ای با بیشترین عمق طبیعی و کوتاه ترین مسافت قرار گیرد؛

- به منظور پرهیز از افزایش هزینه های نگهداری، از جانمایی آبراهه در نواحی مستعد رسوبگذاری اجتناب شود؛

- موقعیت ورودی کانال دسترسی به حوضچه، به گونه ای جانمایی شود که شناور، بلافاصله پس از ورود به حوضچه در محوطه بادپناه قرار گیرد؛

-فاصله توقف کافی برای متوقف ساختن شناور بدون در نظر گرفتن کمک یدک‌کش می بایست

[18] منظور از کشتی طرح، عرض، طول،ارتفاع، آبخور و شکل بدنه بزرگترین کشتی عبوری از آبراهه می‌باشد.

فراهم گردد، لذا پیش بینی یک حوضچه در انتهای آبراهه ضروری است؛

- تعداد قوسها و زوایای شکست محور آبراهه، کمترین تعداد ممکن باشد و از قوس یا شکست مسیر خصوصاً در ورودی بندر اجتناب شود؛
- برای اینکه شناور به خوبی در مسیر قرار گیرد، در بازه‌های بحرانی نظیر ورودی موج‌شکن‌ها، ورودی لنگرگاه‌ها و عبور از زیر پل‌ها، مسیر مستقیم به اندازه ۴ برابر طول کشتی طرح قبل از رسیدن به نقاط بحرانی در نظر گرفته شود؛
- مسیر آبراهه به گونه‌ای جانمایی شود که کمترین تلاقی را با صخره‌های زیرآبی، اجسام مغروق و یا خطوط انتقال متقاطع با مسیر، نظیر پلها، خطوط انتقال برق، گاز و غیره داشته باشد؛
- مسیر آبراهه یا کانال دسترسی، به گونه‌ای جانمایی شود که بر حوضچه چرخش در داخل محوطه محافظت شده بندر، مماس گردد؛

**تعیین ابعاد شناور طرح**

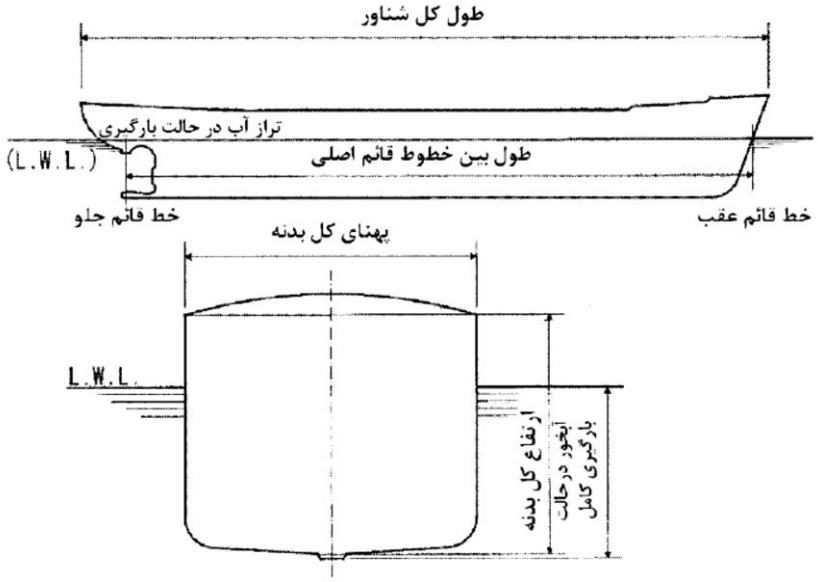
منظور از شناور طرح، طول، عرض، ارتفاع آبخور و شکل بدنه بزرگترین کشتی عبوری از آبراهه است.

ابعاد اصلی شناور طرح باید با استفاده از موارد زیر تعیین شود:

۱) در حالتی که مشخصات شناور طرح معلوم باشد، ابعاد اصلی آن بکار می رود.

۲) در حالتی که مشخصات شناور طرح مشخص نباشد، مثلا درحالتی که بندر و تاسیسات آن برای استفاده عموم شناورها است، با استفاده از روش های آماری، مطابق با جدول(۴-۳) و شکل (۴-۴) ابعاد اصلی مناسب تعیین می‌گردد.

در این جدول، ظرفیت (ناخالص و مرده) به عنوان شاخص‌های اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است ظرفیت وزن مرده (DWT) حداکثر وزن (برحسب تن) باری است که یک شناور می تواند بارگیری نماید [۲۲].




**شکل (۴-۴) تعاریف مربوط به ابعاد اصلی شناور**

**جدول(۴-۳) ابعاد اصلی کشتی در حالتی که شناور طرح مشخص نمی‌باشد**

**۱)کشتی های باری**

| ظرفیت بار مرده (DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|
| ۱۰۰۰تن | ۶۷ متر | ۱۰.۹متر | ۳.۹ متر |
| ۲۰۰۰ | ۸۳ | ۱۳.۱ | ۴.۹ |
| ۳۰۰۰ | ۹۴ | ۱۴.۶ | ۵.۶ |
| ۵۰۰۰ | ۱۰۹ | ۱۶.۸ | ۶.۵ |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۳۷ | ۱۹.۹ | ۸.۲ |
| ۱۲۰۰۰ | ۱۴۴ | ۲۱.۰ | ۸.۶ |
| ۱۸۰۰۰ | ۱۶۱ | ۲۳.۶ | ۹.۶ |
| ۳۰۰۰۰ | ۱۸۵ | ۲۷.۵ | ۱۱.۰ |
| ۴۰۰۰۰ | ۲۰۰ | ۲۹.۹ | ۱۱.۸ |
| ۵۵۰۰۰ | ۲۱۸ | ۳۲.۳ | ۱۲.۹ |
| ۷۰۰۰۰ | ۲۳۳ | ۳۲.۳ | ۱۳.۷ |
| ۹۰۰۰۰ | ۲۴۹ | ۳۸.۱ | ۱۴.۷ |
| ۱۰۰۰۰۰ | ۲۵۶ | ۳۹.۳ | ۱۵.۱ |
| ۱۵۰۰۰۰ | ۲۸۶ | ۴۴.۳ | ۱۶.۹ |

**۲)کشتی های کانتینری**

| ظرفیت بار مرده(DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|
| ۳۰۰۰۰تن | ۲۱۸ متر | ۳۰.۲متر | ۱۱.۱متر |
| ۴۰۰۰۰ | ۲۴۴ | ۳۲.۳ | ۱۲.۲ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۵۰۰۰۰ | ۲۶۶ | ۳۲.۳ | ۱۳.۰ |
| ۶۰۰۰۰ | ۲۸۶ | ۳۶.۵ | ۱۳.۸ |

**۳) قایق های مسافری**

**۳-الف) قایق های با برد کوتاه تا متوسط (فاصله دریایی کمتر از ۳۰۰کیلومتر)**

| ظرفیت بار مرده(DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|
| ۴۰۰تن | ۵۰ متر | ۱۱.۸متر | ۳.۰متر |
| ۷۰۰ | ۶۳ | ۱۳.۵ | ۳.۴ |
| ۱۰۰۰ | ۷۲ | ۱۴.۷ | ۳.۷ |
| ۲۵۰۰ | ۱۰۴ | ۱۸.۳ | ۴.۶ |
| ۵۰۰۰ | ۱۳۶ | ۲۱.۶ | ۵.۳ |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۴۸ | ۲۳.۰ | ۵.۷ |

**۳-ب) قایق های دوربرد (مسافت های دریایی ۳۰۰ کیلومتر یا بیشتر)**

| ظرفیت بار مرده (DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|
| ۶۰۰۰تن | ۱۴۲متر | ۲۲.۳ متر | ۶.۰متر |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۶۷ | ۲۵.۲ | ۶.۴ |
| ۱۳۰۰۰ | ۱۸۵ | ۲۷.۳ | ۶.۸ |
| ۱۶۰۰۰ | ۱۹۲ | ۲۸.۲ | ۶.۸ |
| ۲۰۰۰۰ | ۱۹۲ | ۲۸.۲ | ۶.۸ |
| ۲۳۰۰۰ | ۲۰۰ | ۲۸.۲ | ۷.۲ |

**۴) کشتی های رو/رو**

| ظرفیت بار مرده(DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|
| ۴۰۰تن | ۷۵ متر | ۱۳.۶ متر | ۱۱.۱ متر |
| ۱۵۰۰ | ۹۷ | ۱۶.۴ | ۴.۷ |
| ۲۵۰۰ | ۱۱۵ | ۱۸.۵ | ۵.۵ |
| ۴۰۰۰ | ۱۳۴ | ۲۰.۷ | ۶.۳ |
| ۶۰۰۰ | ۱۵۴ | ۲۲.۹ | ۷.۰ |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۸۲ | ۲۵.۹ | ۷.۴ |

**۵) کشتی های مسافربری**

| ظرفیت بار مرده(DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|

| ۲۰۰۰۰ تن | ۱۸۰متر | ۲۵.۷ متر | ۸.۰ متر |
|---|---|---|---|
| ۳۰۰۰۰ | ۲۰۷ | ۲۸.۴ | ۸.۰ |
| ۵۰۰۰۰ | ۲۴۸ | ۳۲.۳ | ۸.۰ |
| ۷۰۰۰۰ | ۲۷۸ | ۳۵.۲ | ۸.۰ |

**۶)کشتی های حمل کننده خودرو**

| ظرفیت بار مرده (DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|
| ۵۰۰تن | ۷۰متر | ۱۱.۸متر | ۳.۸متر |
| ۱۵۰۰ | ۹۴ | ۱۵.۷ | ۵.۰ |
| ۳۰۰۰ | ۱۱۴ | ۱۸.۸ | ۵.۸ |
| ۵۰۰۰ | ۱۳۰ | ۲۱.۵ | ۶.۶ |
| ۱۲۰۰۰ | ۱۶۵ | ۲۷.۰ | ۸.۰ |
| ۱۸۰۰۰ | ۱۸۴ | ۳۰.۰ | ۸.۸ |
| ۲۵۰۰۰ | ۲۰۰ | ۳۲.۲ | ۹.۵ |

**۷) تانکرهای نفت**

| ظرفیت بار مرده (DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|
| ۱۰۰۰تن | ۶۱متر | ۱۰.۲متر | ۴.۰متر |
| ۲۰۰۰ | ۷۶ | ۱۲.۶ | ۴.۹ |
| ۳۰۰۰ | ۸۷ | ۱۴.۳ | ۵.۵ |
| ۵۰۰۰ | ۱۰۲ | ۱۶.۸ | ۶.۴ |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۲۷ | ۲۰.۸ | ۷.۹ |
| ۱۵۰۰۰ | ۱۴۴ | ۲۳.۶ | ۸.۹ |
| ۲۰۰۰۰ | ۱۵۸ | ۲۵.۸ | ۹.۶ |
| ۳۰۰۰۰ | ۱۸۰ | ۲۹.۲ | ۱۰.۹ |
| ۵۰۰۰۰ | ۲۱۱ | ۳۲.۳ | ۱۲.۶ |
| ۷۰۰۰۰ | ۲۳۵ | ۳۸.۰ | ۱۳.۹ |
| ۹۰۰۰۰ | ۲۵۴ | ۴۱.۱ | ۱۵.۰ |

با توجه به پروفیل بستر در دهانه خلیج که در شکل  نشان داده شده است و با در نظر گرفتن ترافیک منطقه مطالعاتی و طرح توسعه آتی سد و خلیج، دو بازشو کشتیرانی در سد پیش‌بینی می‌شود. بازشو اول در عمیق‌ترین بخش دهانه خلیج جهت هدایت کشتی‌ها با ابعاد بزرگ و بازشو دوم جهت هدایت کشتی‌ها با ابعاد متوسط و کوچک می‌باشد به توجه به جداول (۴-۳) میتوان شناور طرح برای

بازشوهای کشتیرانی را به صورت زیر مشخص نمود. جدول(۴-۴) مشخصات شناور طرح برای استفاده در این پژوهش آورده شده است.

**جدول(۴-۴) تعیین شناور طرح برای بازشوهای کشتیرانی**

| | ظرفیت بار مرده(DWT) | طول کل شناور (L) | عرض بدنه (B) | آبخور در حالت بارگیری کامل (d) |
|---|---|---|---|---|
| **شناورها با ابعاد بزرگ(تانکر نفت)** | ۵۰۰۰۰تن | ۲۱۱متر | ۳۲/۳متر | ۱۲/۶متر |
| **شناورها با ابعاد متوسط و کوچک(کشتی مسافربری)** | ۷۰۰۰۰تن | ۲۷۸متر | ۳۵/۲متر | ۸متر |

## عمق آبراهه

حرکت کشتی در آبراهه ها به ویژه آبراهه‌های محدود و نیمه‌محدود با پدیده‌های فیزیکی خاص نظیرغلتش، غوطه وری و فروروی پاشنه یا سینه همراه است. لذا همواره عمق آبراهه برای در نظر گرفتن این حرکات نوسانی بیشتر از آبخور کشتی در حالت پر، در نظر گرفته می‌شود. برای انتخاب عمق مناسب آبراهه ها نسبت به تراز مبنای طرح، عوامل زیر می‌بایست در نظر گرفته شوند:

- نوع آبراهه (محدود، نیمه محدود یا نامحدود)
- اندازه، آبخور، شکل بدنه و سرعت کشتی طرح
- نوسانات طولی کشتی در هنگام حرکت و فروروی کشتی به هنگام کاهش سرعت
- سرعت جریان در آبراهه
- عمق ذخیره برای رسوبگذاری بین دو دوره لایروبی
- تأثیر امواج
- تغییرات جزر و مدی
- روش و تناوب لایروبی و هزینه های توقف کشتیرانی در هنگام لایروبی
- میزان شوری آب
- نوع مصالح کف آبراهه

- دقت نتایج ژرفاسنجی
- حاشیه اطمینان زیر تیر اصلی کشتی و رواداری‌های دیگر
- تغییرات فصلی جریان در آبراهه‌های رودخانه‌ای

بنابراین می‌توان گفت عمق آبراهه مجموعی است از عمق آبخور بزرگترین کشتی عبوری از آبراهه، نصف ارتفاع موج مجاز در آبراهه، تغییرات عمقی ناشی از غوطه‌وری، تغییرات عمق ناشی از شوری آب، حاشیه اطمینان زیر تیر تحتانی کشتی جهت جلوگیری از برخورد با بستر آبراه، ذخیره عمق برای احتمال اضافه بار، ذخیره عمق برای احتمال رسوبگذاری در مسیر، اضافه عمق برای فروروی کشتی هنگام حرکت شناور و رواداری لایروبی که نسبت به تراز مبنای مشخصی تعریف می‌شود.به عنوان یک راهنمایی کلی مقادیر موجود در جدول زیر پیشنهاد می‌گردد.

**جدول (۴-۵) انتخاب عمق آراهه نسبت به تراز مبنای طراحی**

| طبقه بندی آبراهه | نامحدود* | نیمه محدود (حفاظت نشده) | محدود (حفاظت شده) | تراز مبنای طرح | اضافه عمق در قوس‌ها** |
|---|---|---|---|---|---|
| **فرامنطقه‌ای** | --- | ۱/۴D | ۱/۲D | C.D | ۰/۱D |
| **منطقه‌ای** | --- | ۱/۳D | ۱/۱۵D | M.L.L.W. | ۰/۱D |
| **محلی** | --- | ۱/۲D | ۱/۱D | M.L.W | ۰/۱D |

d: آبخور بزرگترین کشتی عبوری از آبراهه در حالت بارگیری شده

*با توجه به تعریف آبراهه عمق کافی وجود دارد.

**برای قوس‌های با شعاع و انحراف مسیرهای R<10L با زاویه بزرگتر از ۲۰ درجه

C.D= Chart Datum

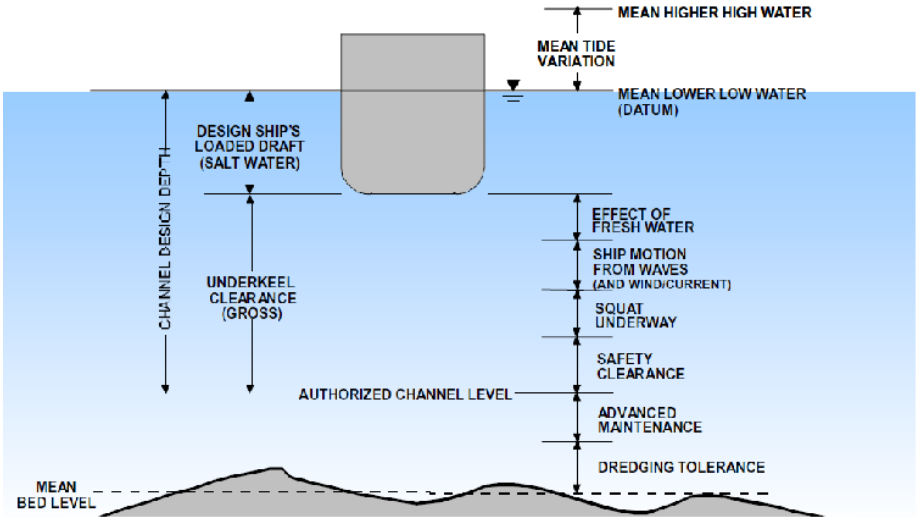
M.L.L.W= Mean Lowest Low Water

M.L.W= Mean Low Water

منظور از آبراهه حفاظت نشده، آبراهه‌ای است که مستقیماً در معرض باد، امواج و جریانات دریایی قرار داشته و با هیچ سازه طبیعی یا مصنوعی حفاظت نشده باشد.

تراز مبنای طراحی، ترازی است قراردادی که با توجه به تغییرات سطح آب در هنگام جزر و مد تعریف می‌شود. انتخاب این تراز معمولاً بر اساس آنالیزهای اقتصادی و در نظر گرفتن درصد احتمال عبور کشتی طرح در طول دوره بهره‌برداری آبراهه تعیین می شود و تراز پیشنهادی در جدول جنبه

راهنمایی کلی دارد. بنابر توضیحات ذکر شده در بالا، عمق آبراهه مورد طراحی ۱.۴برابر عمق آبخور کشتی طرح درنظر گرفته می‌شود.




**شکل (۴-۵) طرح شماتیک عوامل موثر در تعیین عمق آبراهه[۵]**

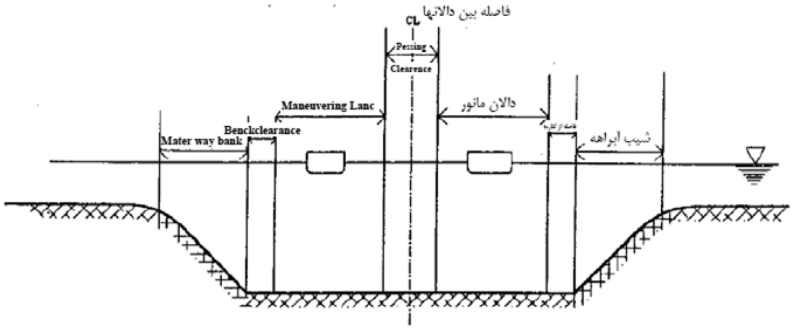
### عرض آبراهه

عرض آبراهه در مسیر مستقیم، تابع عوامل زیادی است که مهم ترین آنها به شرح زیر می-باشند:[۲۳]

- ابعاد کشتی طرح
- قدرت مانور کشتی طرح و سرعت آن
- شرایط جوی به ویژه باد و مه
- شدت جریانهای دریایی و جزر و مد
- شدت و جهت امواج
- نوع آبراهه (حفاظت شده یا حفاظت نشده) و طبقه بندی آن
- ترافیک عبوری از آبراهه و یک خطه یا دو خطه بودن آن
- علایم کمک ناوبری، مهارت سکاندار و استفاده از راهنما

در آبراهه های طویل که طول آبراهه بیشتر از ۱۰کیلومتر باشد، مسیر آبراهه می بایست دوخطه پیش بینی شود[۲۴]. در آبراهه های کوتاه تر، میزان ترافیک عبوری از آبراهه، نوع شناورهای عبوری و اهمیت آبراهه، تعداد خطوط را تعیین می‌نماید.

برای هر شناور عبوری، گذرگاه یا دالان مانوری متناسب با عرض آن تعریف می‌شود. عرض این دالان برای حالات مختلف قدرت مانور ضعیف تا خیلی خوب از ۳/۱ تا ۲ برابر عرض کشتی طرح متغیر است شکل(۴-۶).




**شکل (۴-۶) عناصر تشکیل دهنده عرض آبراهه**

**جدول (۴-۶) تعیین مقدماتی عرض کف آبراهه در مسیرهای مستقیم**

| طبقه‌بندی آبراهه | نامحدود | نیمه محدود(حفاظت نشده) | | محدود(حفاظت شده) | | اضافه عرض بابت سرعت بیشتر از ۱۲ نات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | یک خطه | دو خطه | یک خطه | دو خطه | |
| فرامنطقه‌ای | <10L | 5.0 B | 8 B | 4.8 B | 7.0 B | 0.1 B |
| منطقه‌ای | <10L | 3.8 B | 7.2 B | 3.5 B | 6.0 B | 0.1 B |
| محلی | <10L | 1.3 B | 5.1 B | 2.8 B | 4.6 B | --- |
| B و L به ترتیب طول و عرض کشتی طرح | | | | | | |

به عرض انتخابی برای دالان مانور، فاصله از کناره‌های کانال، فاصله از شناور مقابل(در آبراهه‌های دوخطه)، اضافه عرض بابت تأثیر باد، اضافه عرض بابت تأثیر امواج، اضافه عرض بابت تأثیر جریان‌های دریایی یا رودخانه‌ای، رواداری برای علایم کمک ناوبری، رواداری لازم در صورت حمل کالای خطرناک، اضافه عرض بابت سرعت کشتی طرح و اضافه عرض بابت خروج از محوریت کشتی در

قوس‌ها می‌بایست اضافه گردد[۲۳] به عنوان یک راهنمای کلی، جدول(۴-۶) عرض آبراهه ها در مسیر مستقیم را پیشنهاد می نماید.

با فرض فرامنطقه‌ای و نیمه‌محدود بودن آبراهه در این پژوهش، اگر حالت بحرانی یعنی حفاظت نشده بودن آبراهه را در نظر گرفته شود، عرض طراحی برای هر دو بازشو کشتیرانی ۸برابر عرض کشتی طرح خواهد بود. با این وجود به علت عدم تعبیه دریچه در سازه، بخصوص برای مواقع طوفانی، توصیه می‌شود که از آبراهه حفاظت شده جهت طراحی استفاده گردد.

**شیب**

منظور از شیب، شیب کناره‌های آبراهه نسبت به امتداد افق می‌باشد این شیب به شدت تابع مشخصات مکانیکی مصالح تشکیل دهنده آبراهه بوده و می‌تواند در طول مسیر آبراهه و متناسب با آن تغییر نماید.

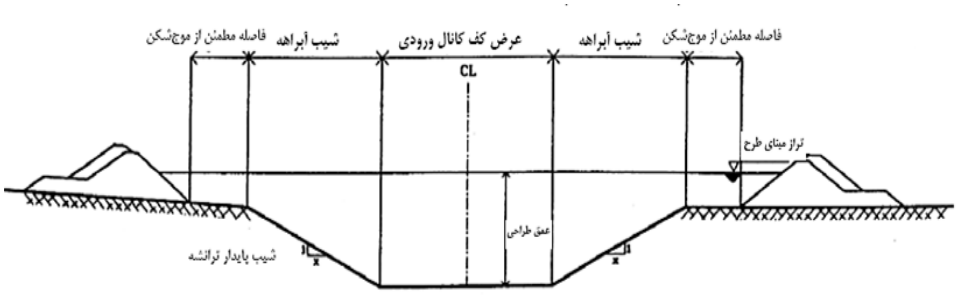
در جایی که مصالح تشکیل دهنده آبراهه سست و فرسایش‌پذیر باشند، شیبهای کناره می‌بایست در مقابل فرسایش ناشی از جریانات و امواج تولید شده به هنگام عبور کشتی و دیگر عوامل جوی به نحو مناسبی محافظت گردند.

به طور کلی پایداری شیب کناره های آبراهه در طول مسیر با استفاده از اطلاعات ژئوتکنیکی می بایست بررسی شده و ضریب اطمینان پایداری شیب برای حالت استاتیکی و بدون در نظر گرفتن اثرزلزله بیش از ۱/۳ باشد.جدول (۴-۷) و شکل (۴-۷) به عنوان یک راهنمای کلی برای تخمین اولیه شیب کناره کانال می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

**جدول (۴-۷) شیب‌های کناره پیشنهادی برحسب انواع مختلف خاک برای شیروانی زیر آب**

| نوع مصالح | زوایای شیب کناره(درجه) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | آب ساکن | | آب جاری | |
| سنگ | تقریبا قائم | | تقریبا قائم | |
| رس خیلی سفت | ۴۵ | (۱:۱) | ۴۵ | (۱:۱) |
| رس سفت | ۳۵ | (۱:۱.۴) | ۴۰ | (۱:۱.۲) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **رس ماسه‌دار** | ۲۵ | (۱:۲.۱) | ۱۵ | (۱:۳.۷) |
| **ماسه درشت‌دانه** | ۲۰ | (۱:۲.۷) | ۱۰ | (۱:۵.۷) |
| **ماسه ریزدانه** | ۱۵ | (۱:۳.۷) | ۵ | (۱:۱۱.۴) |
| **رس نرم(گل و لای)** | ۱۰-۱ | (۱:۵.۷ تا ۱:۵۷) | ۵ و یا کمتر | (۱:۱۱.۴۳ یا کمتر) |




**شکل (۴-۷) نحوه استقرار کانال ورودی بندر نسبت به موجشکن‌های محافظ**

در این پایان‌نامه به علت عدم تمرکز بر روی اطلاعات ژئوتکنیکی محل احداث سازه، تعیین دقیق شیب کناره‌ها در بازشو کشتیرانی به مطالعات آینده موکول می‌گردد.

### حریم آبراهه

حریم آبراهه فاصله ای مستقیم از طرفین محور آبراهه و عمود بر آن است که جزئی از آبراهه و توسعه آتی آن تلقی شده و هرگونه ساخت و ساز در این محدوده بدون کسب مجوز از مقامات مسئول مجاز نمی‌باشد شکل (۴-۸). در آبراهه هایی که در مسیر رودخانه واقع شده اند، حریم آبراهه منطبق بر حریم رودخانه است. در سایر آبراهه ها، حریم آبراهه از هر طرف از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

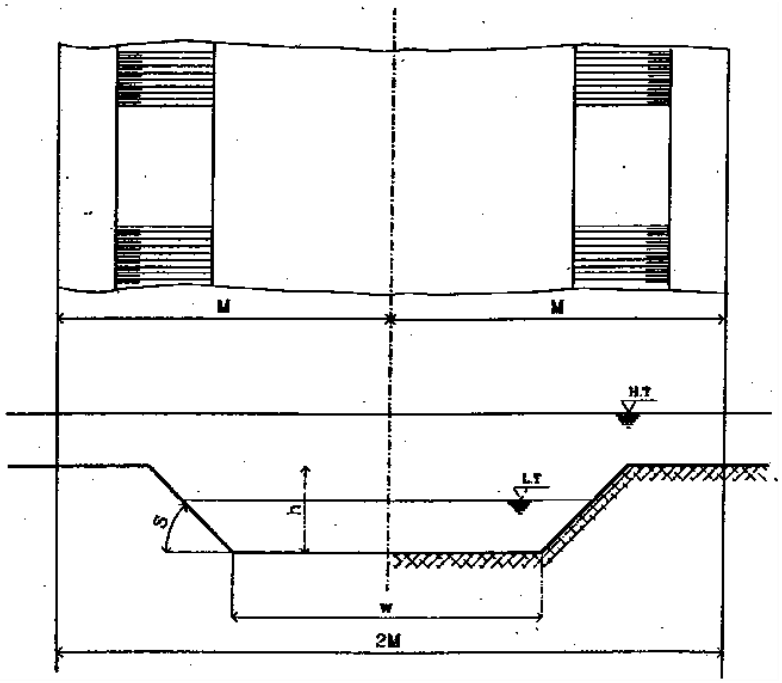
$$M \geq \tan{-1}(s).h + w$$

**M:** حریم آبراهه از هر طرف محور آن

**s:** زاویه شیب کناره آبراهه با امتداد افق

**h:** عمق آبراهه با در نظر گرفتن کلیه رواداری ها

**w:** عرض کف آبراهه در هر بازه (شکل ۴-۸)




**شکل (۴-۸) نمایش محدوده حریم آبراهه**

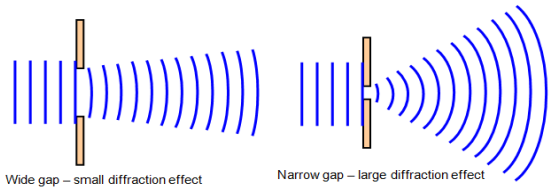
### ۴-۴-۱-۳- اصول طراحی بازشوهای تسهیل عبور و مرور آب بین دریا و خلیج (بازشوهای زیست محیطی)

این بازشوها برای جلوگیری از ایجاد تغییرات زیست محیطی و تردد آبزیان ساخته می‌شوند. در صورت طراحی صحیح این بازشوها، کمترین تغییرات زیست محیطی در اثر احداث سازه در منطقه به وجود می‌آید. این هدف زمانی قابل دستیابی است که سطح آب خلیج بتواند همزمان با بالا آمدن سطح آب دریا، تعدیل شده و کمترین تغییرات را از نظر رسوبگذاری در خلیج در پی داشته باشد. علاوه بر این، مکان این بازشوها باید به گونه‌ای باشد که سرعت ورود و خروج جریان را کنترل نماید؛ زیرا در صورت عدم کنترل سرعت جریان‌های ورودی به خلیج، تلاطم آب ایجاد شده باعث اختلال در تردد، مانور و تخلیه و همچنین بارگیری شناورها شده و علاوه بر افزایش عمق امواج و ایجاد خسارت در محیط‌های ساحلی، باعث فرسایش شدید شده و پایداری سازه را به خطر می‌اندازد.

### ۴-۴-۱-۴- تاثیر عرض بازشوها بر الگوی جریان

شکل بازشوها نیز تاثیر بسیار زیادی در طراحی سد دارد، بازشوها می توانند عریض و کم عمق یا باریک و عمیق باشد، و یا می‌توان بازشوهایی عریضی را طراحی کرد که که از شکل کانتور های بستر

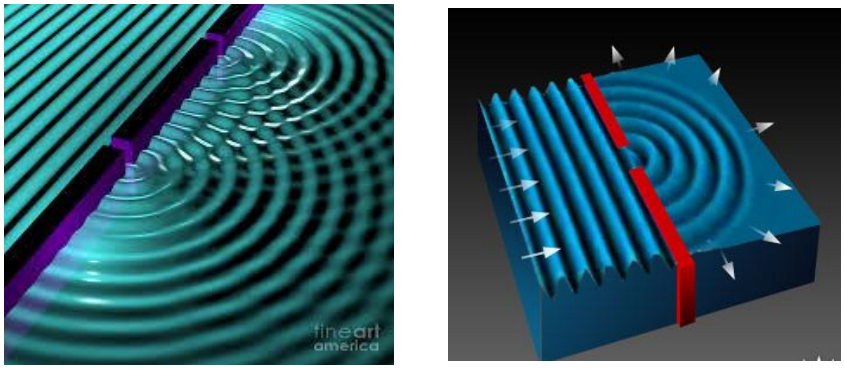
پیروی می‌کنند. بازشو های عریض و کم عمق مورد توجه هستند چون برای الگوی جریان مناسب‌ترند و حفاظت بستر در این نوع بازشو ها بهتر صورت می‌گیرد[۷]. در شکل (۴-۹) الگوهای متفاوت خروجی‌های جریان نشان داده شده است.




**شکل (۴-۹) الگوهای متفاوت جریان از میان بازشوها با عرض متفاوت**

### ۴-۴-۱-۵- تاثیر تعداد بازشوها بر الگوی جریان

الگوی جریان از میان بازشوها با توجه به پدیده انکسار[۱۹] در دریا، متفاوت خواهد بود. در شکل (۴-۱۰) الگوی جریان حاصل انکسار از یک بازشو و بازشوهای ممتد نشان داده شده است.



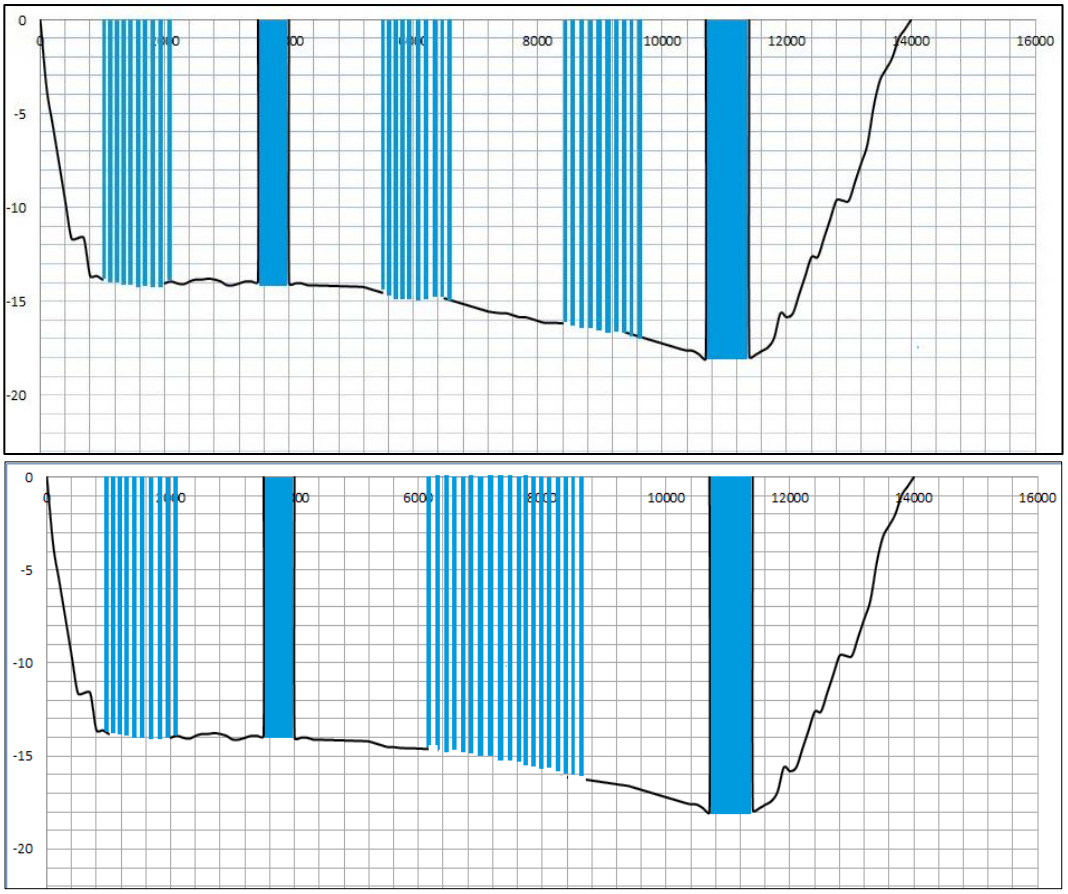
**ب** **الف**

**شکل (۴-۱۰) پدیده انکسار در بازشوها الف)تک بازشو، ب)بازشوهای ممتد**

وقتی امواج ورودی از یک منبع گسترده به مانعی دارای بازشو برخورد می‌کنند، پدیده انکسار رخ می-دهد. این پدیده باعث خمش امواج در اطراف مانع شده و الگوهای قوی و ضعیفی از امواج در آنسوی سازه ساطع می‌شود. بطور منطقی به علت تغییر الگو و با توجه به هیدروگرافی بستر ممکن است سرعت امواج در سمت دیگر سازه دچار تغییر شود.

[19] Diffraction

در این پژوهش با توجه به محدودیت‌های موجود از جمله عدم دسترسی به سیستم با حافظه و پردازشگر قوی، چهار چیدمان برای ارزیابی عملکرد سازه دیواره‌های منقطع کاهنده در خلیج چابهار در نظر گرفته شده است. محل و ابعاد بازشوهای کشتیرانی در چهار چیدمان یکسان بوده است اما بازشوهای زیست محیطی در دو چیدمان به صورت ۵۰متر بسته-۵۰متر باز و ۷۰متر بسته- ۳۰متر باز مدلسازی شده است. طرح شماتیک این دو دسته چیدمان المان‌های سد در شکل (۴-۱۱) نشان داده شده است.  در این شکل محور قائم ارتفاع سد و محور افقی طول سازه را نشان می‌دهد و توضیحات جامع‌تر درباره چیدمان المانی سازه‌های مدلسازی شده، در فصل ششم آمده است.




**شکل (۴-۱۱) طرح شماتیک چیدمان پیشنهادی المان‌های سازه**

پس از آشنایی با سازه دیواره منقطع کاهنده در این فصل و شناخت منطقه مطالعاتی خلیج چابهار و درک لزوم پیشرفت و ترقی هرچه سریعتر در این منطقه اکنون باید به این سوال پاسخ داده شود که چرا از میان روش‌های حفاظت سواحل که در فصل مقدمه بصورت کلی مورد بررسی قرار گرفت، سازه

دیواره منقطع به عنوان راه‌حل پیشنهادی ارائه گردید؟در جدول (۴-۸) راه‌حل های موجود بر اساس معیارهای مدنظر در طراحی امتیازدهی شده و مناسب بودن این سازه برای این منطقه تایید می‌گردد. در این جدول عدد ۵ دارای بیشترین کارایی می‌باشد. ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که با توجه به وسعت زیاد منطقه خلیج چابهار(دارای مساحت ۳۴۰کیلومتر مربع) و اهمیت این منطقه از لحاظ زیست محیطی، احداث موجشکن‌های متعدد در خلیج و ساخت تاسیسات تخلیه، بارگیری و توقف و مانور شناورها در هر بنادر هزینه زیادی را در پی خواد داشت، اما با بکارگیری سازه دیواره منقطع کاهنده با وجود دهانه بزرگ خلیج پیش‌بینی می‌شود علاوه بر کاهش هزینه‌ها، محیط زیست منطقه را حفظ شده و می‌توان از مزایای وجود یک مگاپورت منطقه‌ای که به آب‌های اقیانوسی راه دارد به بهترین نحو بهره جست.

**جدول (۴-۸) امتیازدهی روش‌های حفاظت از ساحل در منطقه خلیج چابهار**

| | تغییرات زیست محیطی | هزینه‌های ساخت و ساز و نگهداری | قابلیت کشتیرانی در منطقه | محافظت از زمین‌های ساحلی در هنگام جزرومد | محافظت در مقابل امواج مد طوفان | جمع کل |
|---|---|---|---|---|---|---|
| موجشکن‌ها | ۳ | ۴ | ۴ | ۲ | ۲ | ۱۵ |
| سدهای متحرک | ۴ | ۲ | ۵ | ۳ | ۵ | ۱۹ |
| سدهای نیمه باز | ۴ | ۱ | ۳ | ۵ | ۵ | ۱۸ |
| دیواره‌های منقطع کاهنده | ۴ | ۵ | ۵ | ۴ | ۴ | ۲۲ |

## ۴–۵– معایب سازه دیواره‌های منقطع کاهنده

وجود بازشوها در سد در مواقع طوفانی ممکن است باعث مشکلاتی گردد که در صورت توجه کافی به تمامی جنبه‌های سازه‌ای، منطقه‌ای و زیست محیطی و اجرای دقیق معیارها و ضوابط طراحی و استفاده از شبیه‌سازی‌های نرم افزاری و آزمایشگاهی می‌توان این مشکلات را به حداقل رساند.

# فصل پنجم

# مواد و روش‌ها

## ۵-۱-پیشگفتار

مدلسازی به عنوان یکی از ابزارهای ساده سازی و نمایش نمادین نظریه است. اندیشمندان با آگاهی از مزیت‌های غیر قابل انکار مدل، ابزاری برای شناخت دنیا و پدیده‌های پیچیده موجود در آن، به مدلسازی پدیده‌ها، برای شناخت پدیده‌ها و نحوه تاثیر آن‌ها بر یکدیگر، دست می‌زنند. با توجه به وجود موانعی همچون خطا در کارهای آزمایشگاهی و عدم امکان ایجاد برخی شبیه سازی‌های آزمایشگاهی مدلسازی‌های نرم افزاری کمک شایانی به پیشرفت در زمینه‌های علمی می‌کند.

## ۵-۲-انتخاب مدل مناسب

انواع نرم افزارهای مورد استفاده در تحلیل و شبیه سازی امواج دریا Mike 21، Wave Watch، SWAN، WAM، Venice می‌باشند[۲۸]. از میان این نرم‌افزارها، نرم افزار مایک ۲۱ دارای ماژول های متفاوتی می باشد که می تواند در زمینه‌های هیدرولیک سواحل-دریاها، هیدرولیک محیط زیست و فرآیند انتقال رسوب، تحلیل و انتشار پدیده های حاکم بر امواج کاربرد داشته باشد، که در این پژوهش برای شبیه سازی امواج منطقه مورد مطالعه از ماژول SW[۲۰] مایک۲۱ (DHI2009) جهت مدل کردن امواج و امواج حاصل از باد و از ماژول Flow Model FM جهت مدلسازی امواج جزرومد استفاده می-شود. ماژول SW شامل نسل جدید طیف موج-باد بر اساس مدل مشهای بدون ساختار است. شبیه سازی مدل شامل رشد، تجزیه و انتقال و تغییر شکل موج‌های تولید شده در منطقه ساحل و فرا ساحل می باشد. ماژول امواج طیفیMike21 با استفاده از ساختار نامنظم مش بندی و حل معادلات از روش صریح و تکنیک احجام محدود، امواج را مدلسازی می کند. نتایج حاصل از مدلسازی در ماژول SW را به ماژول Flow Model FM وارد شده و داده‌های جزرومد را به عنوان شرایط مرزی جدید اعمال می-گردد و به این ترتیب سرعت جریان قابل کنترل و بررسی خواهد بود.

[20] Spectral Wave

## ۵-۳-معرفی بسته نرم‌افزاری Mike21

از میان مدل‌های ریاضی مطرح در جهان در تحلیل پدیده‌های حاکم بر محیط دریا، مدل ریاضی Mike21 یکی از شناخته‌ترین آنهاست. این برنامه‌ی کامپیوتری که توسط انستیتو هیدرولیک دانمارک[۲۱] و با همکاری انستیتو کیفیت آب[۲۲] پایه ریزی و به مرور زمان تکمیل و توسعه یافته است، دارای قابلیت‌های محاسباتی و گرافیکی بالایی در زمینه‌ی مدل کردن پدیده‌های مربوط به خورها، دریاچه‌ها، نواحی کم عمق ساحلی، خلیج ها و دریاها می‌باشد.

این نرم‌افزار سیستم جامعی برای مدل کردن جریان‌های آزاد[۲۳] دوبعدی است که در آنها لایه‌بندی[۲۴] جریان سیال قابل صرفنظر باشد و در عین حال در کامپیوترهای موجود قابل اجرا است. رقم‌های پسوند ۲۱ از چپ به راست در واقع کاربرد این سیستم برای جریان‌های دوبعدی و یک لایه را بیان می‌کند. علیرغم اینکه برنامه کامپیوتری Mike21 از مدرن‌ترین امکانات نرم‌افزاری بهره گرفته است، بطور پیوسته تحت بازنگری قرار داشته و کاربردهای جدیدتری به آن اضافه می‌شود.

بنابر ادعای مؤسسات فوق‌الذکر، نرم‌افزار Mike21 حاصل ۲۰ سال تلاش مداوم برای ایجاد یک سیستم پیشرفته‌ی مدل کردن ریاضی است که در بیش از ۳۰۰ مورد کاربرد عملی در پروژه‌های مختلف در سراسر دنیا، بکارگرفته شده و بر اساس نتایج و تجربیات حاصله از آن‌ها مورد تجدیدنظر و توسعه و تکمیل قرار گرفته است.

این مدل با دارا بودن قابلیت‌های گوناگون در دریافت اطلاعات ورودی در محدوده‌ی وسیعی از کاربردها و ارائه‌ی خروجی‌های مناسب جهت کاربردهای تحقیقاتی و مهندسی، ابزاری مناسب جهت تحلیل پدیده‌ی ترسیب و فرسایش در سواحل و تعیین نرخ انتقال رسوب می‌باشد.

این مدل با بهره‌گیری از ماژول‌های مختلف، توانایی بررسی پدیده‌هایی همچون موارد زیر را دارا می-

[21] Danish Hydraulic Institute
[22] Water Quality Institute
[23] Free Surface Flows
[24] Stratification

باشد:

- تغییرات سطح آب و جریان های ناشی از پدیده جزر و مد (Tidal Exchange and Currents)
- افزایش ارتفاع سطح آب در اثر بادهای شدید (برکشند طوفان) (Storm Surge)
- انتشار یا توزیع شوری و حرارت (Heat and Salt Recirculation)
- بررسی کیفیت آب (Water Quality)
- انتشار یا توزیع آلودگی‌هایی 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(Nearshore spectral Wind-Wave)
- تعیین مشخصات امواج فراساحل با استفاده از منحنی‌های هم‌فشار ( Deep Water Wave Characteristics)
- ناوبری 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 پروژه‌هایی نظیر ساخت بندرگاه‌ها، انتخاب روش‌های حفاظت سواحل، مدل‌های متشابه برای ناوبری و مانور کشتی‌ها، سازه‌های دور از ساحل و حتی خطوط لوله در بستر دریاها را فراهم آورد.

مدل ریاضی Mike21 از ماژول‌های متعددی جهت شبیه‌سازی پدیده‌ها استفاده می‌نماید که از نظر موضوعی به شرح زیر قابل دسته‌بندی می‌باشند:

- هیدرولیک ساحلی و اقیانوس شناسی"Oceanography & Coastal Hydraulics"،که شامل مدلسازی هیدرولیک جزرومد، باد، موج‌های به وجود آمده توسط جریان‌ها، امواج طوفانی و امواج سیلاب می باشد.
- ماژول باد- موج طیف (Spectral Wind-Wave Module)

- ماژول هیدرودینامیکی (Hydrodynamic Module)

- 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 آلاینده‌های محافظه کارانه تا کیفت آب شامل واکنش‌های شیمیایی را شبیه‌سازی می‌کند.
  - ماژول کیفیت آب (Water Quality Module)
  - ماژول فلزات سنگین (Heavy Metal Module)
- امواج"Waves"، این بخش نیز تلاطم امواج دربندرگاه‌ها، پیش بینی، پارامترهای طراحی موج، تغییر شکل‌های غیر خطی و تکان‌های کشتی را شامل می‌شود و بعنوان ابزاری برای طراحی بندرگاه، سازه‌های ساحلی، کانال‌های کشتیرانی و آزمایش اثر امتداد موج شکن‌های جدید بکار گرفته می‌شود.
  - ماژول امواج بوسینیسک (Boussinesq wave)
- مراحل رسوب بر سواحل"Sediment Processes on Coast"، شامل پژوهش‌های انتقال رسوب جهت کانال‌های کشتیرانی، دهانه‌های بنادر، سواحل، اسکله‌ها و... می شود.
  - ماژول انتقال مواد ماسه (Sand Transport Module)
  - ماژول انتقال گل (Mud Transport Module) [۱۰]

## ۵-۴-ماژولSW

### ۵-۴-۱-معادلات حاکم بر ماژول SW

مدل ریاضی مورد استفاده جهت پیش‌بینی مشخصه های امواج، مدل SW می‌باشد. مبنای این مدل برای پیش‌بینی موج، حل معادله انتقال انرژی همراه با ترم‌های چشمه و چاه می‌باشد. به منظور لحاظ کردن طبیعت تصادفی امواج دریا، معادله انرژی در شکل طیفی آن درنظر گرفته

می‌شود. شکل معادلات انتقال در حالت دو بعدی به صورت زیر می‌باشد :

$$\frac{\partial E}{\partial t}+\frac{\cos\theta}{C}\frac{\partial(ECC_g)}{\partial x}+\frac{\sin\theta}{C}\frac{\partial(ECC_g)}{\partial y}+\frac{C_g}{C}\left(\sin\theta\frac{\partial C}{\partial x}-\cos\theta\frac{\partial C}{\partial y}\right)\frac{\partial E}{\partial\theta}=S \qquad (1\text{-}5)$$

$E(t,x,y,f,\theta)$ : طیف انرژی موج فرکانسی_جهتی

t : زمان

x,y : مختصات دکارتی در حالت دو بعدی

f: فرکانس

θ : جهت انتشار امواج

Cg : سرعت گروهی موج

C : سرعت انتشار موج

S : عبارت چشمه و چاه

معادله فوق خاطرنشان می‌کند که هر مولفه از یک طیف فرکانسی-جهتی با سرعت گروهی موج حرکت می‌کند و در مسیر خود تحت اثر افزایش یا کاهش انرژی ناشی از توپوگرافی کف دریا، سرعت و جهت باد و نیز شکل طیف قرار می‌گیرد. آخرین عبارت در سمت چپ معادله مذکور اثر انکسار و پشته کردن موج را درنظر می‌گیرد.

عبارت منبع در سمت راست معادله انتقال موج بصورت زیر تعریف می‌شود :

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} + S_{surf}$$

که در آن $S_{in}$ معرف انتقال انرژی از باد به سطح آب، $S_{nl}$ معرف انتقال انرژی از یک فرکانس به فرکانس دیگر توسط اندرکنش غیرخطی امواج، $S_{dis}$ معرف استهلاک انرژی موج در اثر پدیده سفیدک رأس موج[۲۵]، $S_{surf}$ معرف استهلاک انرژی موج ناشی از شکست موج در ناحیه کم عمق می‌باشد.[۲۸]

[25] White Capping

### ۵-۴-۲-داده‌های ورودی

در کلیه پروژه‌های مدلسازی اعم از هواشناسی، هیدرولیکی، امواج و جریان های دریایی، دقت نتایج رابطه مستقیمی با دقت ورودی های مدل دارد. داده های ورودی در این مدلسازی شامل موارد زیر می‌باشد:

- داده‌های ژرفاسنجی[۲۶]
- تعیین محدوده جغرافیایی منطقه مطالعاتی و تراز مبنای طراحی
- داده های مربوط به شرایط مرزی در مرزهای مدل
- داده‌های موج
- داده های باد

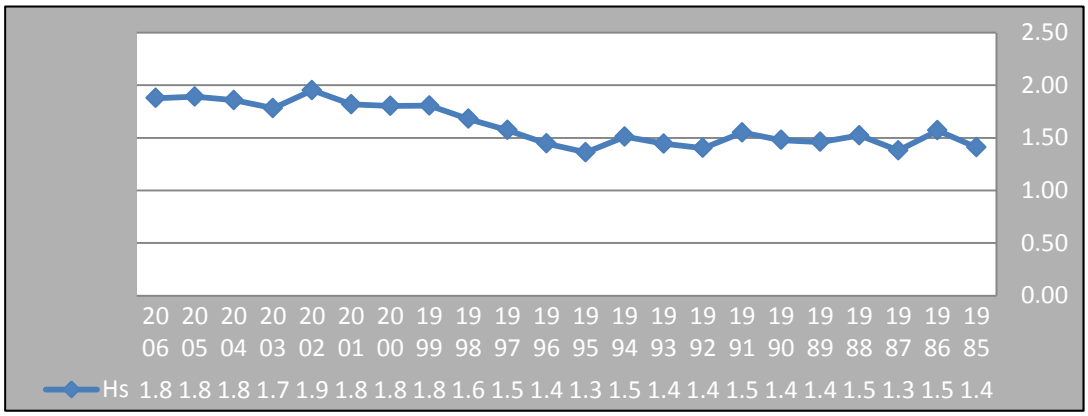
بدون شک، دقت داده های میدان باد گسترده و موج شرط مرزی مهم‌ترین عامل در دستیابی به نتایج قابل قبول و با دقت مناسب در پروژه‌های محاسباتی امواج می‌باشد.

داده های موج و باد شامل داده‌های دریافت شده از سازمان بنادر و دریانوردی که داده‌های پیشیابی ۲۲ ساله سازمان بنادر از سال ۱۹۸۵تا سال ۲۰۰۷ است. مختصات بویه برداشت این داده‌ها در طول جغرافیایی ۶۰.۵ درجه و عرض جغرافیایی ۲۵/۱۲۵ درجه و در عمق ۵۰ متر قرار دارد. محل بویه در منطقه در شکل (۵-۱) قابل مشاهده است.

**شکل (۵-۱) مختصات محل بویه برداشت داده‌ها**

[26] Bathymetry

اجرای مدلسازی برای این بازه زمانی، به رایانه‌ای با پردازشگر و حافظه قوی نیاز دارد که بتواند هر چیدمان پیشنهادی از سازه را دریک مدل جداگانه مدلسازی کرده و در این بازه زمانی پاسخ‌ها ارائه دهد اما به دلیل محدودیت در امکانات، مجبور به استفاده از تنها یکسال از این داده‌ها بوده و با استفاده از برنامه نوشته شده در محیط ویژوال بیسیک[۲۷] نرم‌افزار Excel سال بحرانی‌مشخص گردید. روش کار به این صورت است که ابتدا داده‌های امواج که در جهت غالب بوده‌اند جداسازی شده و برای هرسال به صورت جداگانه به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند، سپس یک سوم پایین داده‌های مرتب شده میانگین گیری شده و بزرگترین مقدار سال بحرانی را بدست می‌دهد.در اینجا سال ۲۰۰۲به عنوان سال بحرانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در شکل (۵-۲) نتایج مقایسه برای سال‌های مختلف قابل مشاهده است.




**شکل (۵-۲) مقایسه داده‌ها و انتخاب سال بحرانی**

### ۵-۴-۲-۱- تهیه فایل شبکه بندی[۲۸] و ژرفاسنجی

داده‌های مورد نیاز جهت تهیه فایل شبکه بندی و ژرفاسنجی، شامل تعیین منطقه مطالعاتی، موقعیت مرزها و نیز هیدروگرافی محدوده مدل می‌باشد. این داده ها از سازمان بنادر و دریانوردی دریافت گردید و در این قسمت مورد استفاده قرار گرفته است. در این بخش به برخی موارد مورد توجه در

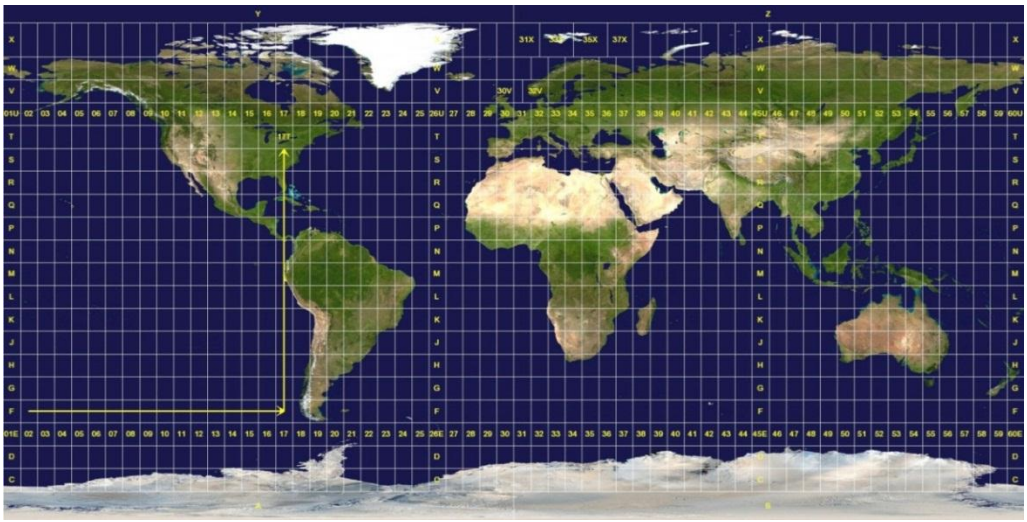
[27] Visual Basic
[28] Mesh

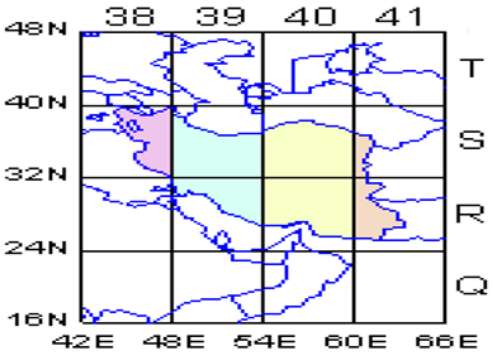
ساخت فایل ژرفاسنجی پرداخته شده است.

### ۵-۴-۲-۲-تعیین محدوده جغرافیایی منطقه مطالعاتی و تراز مبنای طراحی

از آنجا که زمین تقریبا به شکل کروی است، به منظور تصویر کردن صحیح موقعیت های نقاط روی سطح زمین سیستم طول و عرض جغرافیایی ابداع شده است. اما برای تهیه نقشه، سطح منحنی زمین باید به سطحی مستوی تغییر پیدا کند. مسلما تصویر کردن یک سطح منحنی بر روی یک صفحه موجب جابجایی نقاط و تغییر شکل عوارض خواهد، برای نمایش صحیح سطح کروی زمین بر روی یک نقشه مسطح نیاز به یک سیستم تصویر داریم. به کمک یک سیستم تصویر مختصات جغرافیایی به یک سیستم مختصات متریک دوبعدی تبدیل می شود. سیستم تصویر مورد استفاده در این مدلسازی، سیستم تصویر UTM است. UTM مخفف عبارت Universal Transverse Mercator است.

سیستم تصویر UTM در سالهای آخر دهه ۱۹۴۰ به وسیله ارتش آمریکا ابداع شد و بر اساس این سیستم تصویر، زمین به ۶۰ زون ۶ درجه ای در طول‌های جغرافیایی تقسیم بندی شده است شکل (۵-۳). این زون‌ها از غرب به شرق و از یک تا ۶۰ نامگذاری شده اند. (کشور ما در زون‌های ۳۷ تا ۴۱ قرار گرفته است). منطقه مورد مطالعه در این پژوهش بنا بر شکل زیر در منطقه با مختصات نقشهUTM41 واقع شده است، که در نرم افزار به عنوان اولین ورودی وارد می‌گردد.






**شکل(۵-۳) UTM Grid Zones**

از طرفی معمولا مبنای سنجش تراز در نقشه‌ها از جمله داده های عمق‌یابی CD(Chart Datum) می‌باشد. با توجه به تفاوت میانگین سطح دریا[۲۹] در نقاط مختلف لازم است جهت دستیابی به یک فایل صحیح ژرفاسنجی، مقادیر عمق نسبت به تراز مبنا با استفاده از مقدار MSL منطقه اصلاح و عمق های نسبی به اعماق مطلق نسبت به MSL تبدیل گردند. با توجه به داده های سازمان نقشه برداری کشور(NCC) به شرح جدول (۵-۱) می‌توان میزان میانگین سطح دریا در منطقه مربوط به این پژوهش را استخراج نمود.

**جدول (۵-۱) میزان کمینه و بیشینه کشند در منطقه چابهار بر حسب متر**

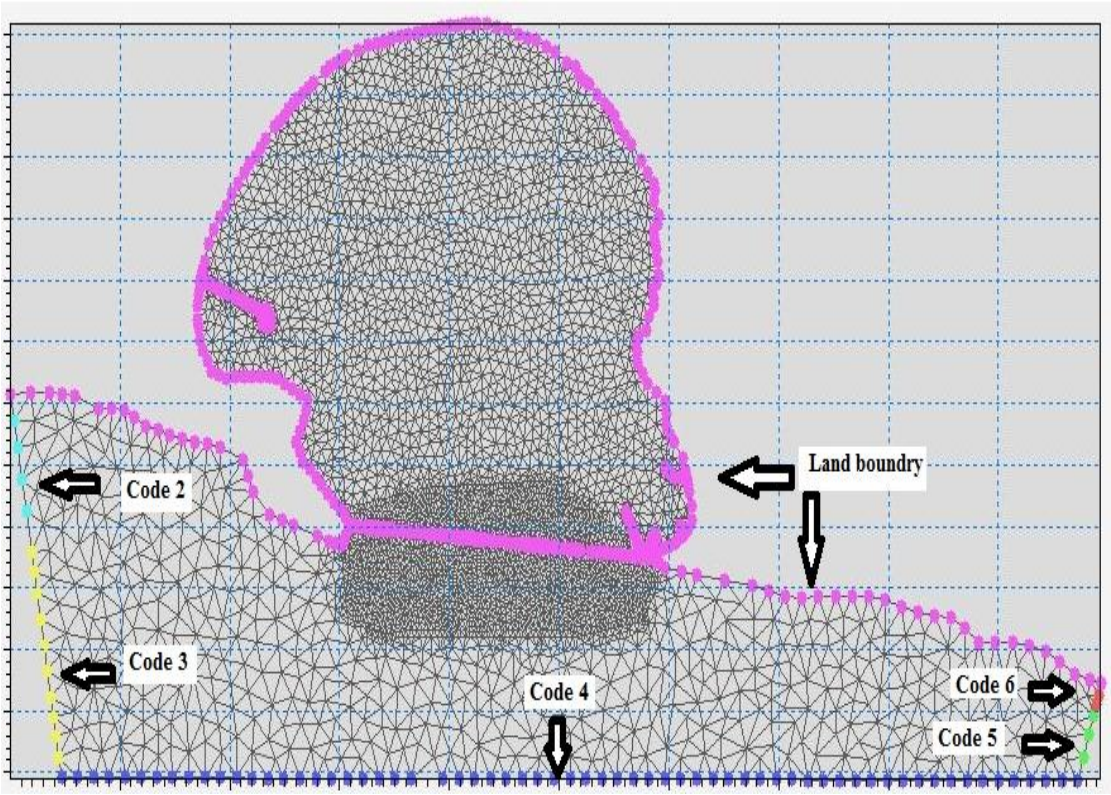
| MSL | MHHW [33] | MLHW [32] | MHLW [31] | LLW [30] |
|---|---|---|---|---|
| ۱/۶۱ | ۲/۵۳ | ۱/۹۳ | ۱/۲۸ | ۰/۶۹ |

با توجه به روش حل عددی مورد استفاده در مدل SW، شبکه مورد نیاز جهت معرفی هندسه و هیدروگرافی مسئله غیر منظم و شامل المان‌های مثلثی می‌باشد. در این حالت بسته به دقت موردنیاز و اهمیت پدیده‌های مختلف در بخش‌های مختلف مدل از المان‌های ریز یا درشت استفاده می‌شود.

[29] Mean Sea Level
[30] Low Low Water
[31] Mean Highest Low Water
[32] Mean Lowest High Water
[33] Mean Highest High Water

### ۵-۴-۲-۳-داده های مربوط به شرایط مرزی در مرزهای مدل

هریک از کدهای نشان داده شده در شکل (۵-۴) یک ورودی را نشان می‌دهد که به شرح جدول (۵-۲) قابل دسته بندی است:




**شکل (۵-۴) کد گذاری مرزهای مدل جهت تعیین نوع مرز**

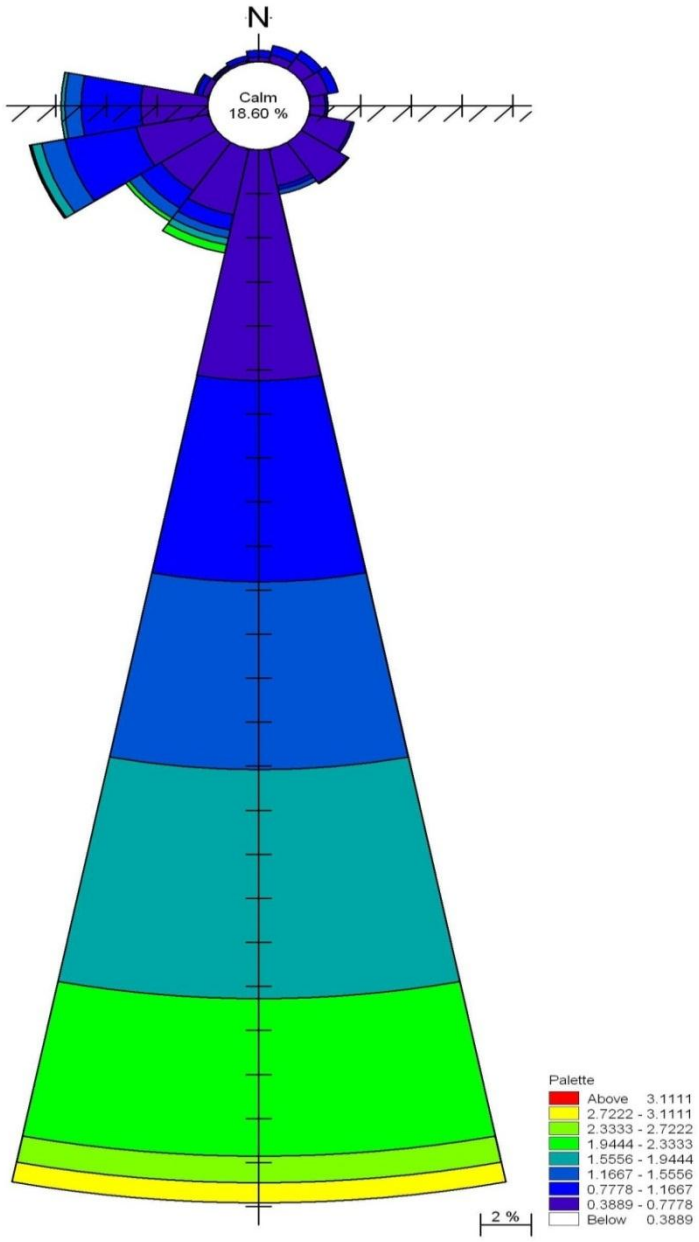
| جدول (۵-۲) کدگذاری شرایط مرزی در مرزهای مدل در ماژول SW | |
|---|---|
| **Code 2** | Lateral boundary |
| **Code 3** | Wave parameters(Varying in time, constant along line) |
| **Code 4** | Wave parameters(Varying in time, constant along line) |
| **Code 5** | Wave parameters(Varying in time, constant along line) |
| **Code 6** | Lateral boundary |

کد۲ و کد ۶ : به دلیل وجود جریان های موازی ساحل در منطقه مورد مطالعه خلیج چابهار باید قسمتی از مرزها که در محدوده surf zone قرار می‌گیرد به صورت Lateral boundary تعریف شود تا اثر خروج و و یا صرفنظر از جریان‌های موازی ساحل در مدلسازی دیده شود.

کد۳ و کد ۴ و کد ۵ : این مرزها، محل ورودی موج در منطقه مدلسازی است که بصورت سری زمانی متغیر در زمان  و ثابت در مرز ورودی، به مدل اعمال گردیده است.

### ۵-۴-۲-۴-اطلاعات موج  ورودی مدل

اطلاعات موج در مرز باز جنوب مدل بر روی خط ۲۵ درجه شمالی به عنوان شرط مرزی مدل مورد نیاز می‌باشد. این داده ها نیز پس از دریافت و ساخت سری زمانی با توجه به دروره مدلسازی به مرزها اعمال شد.



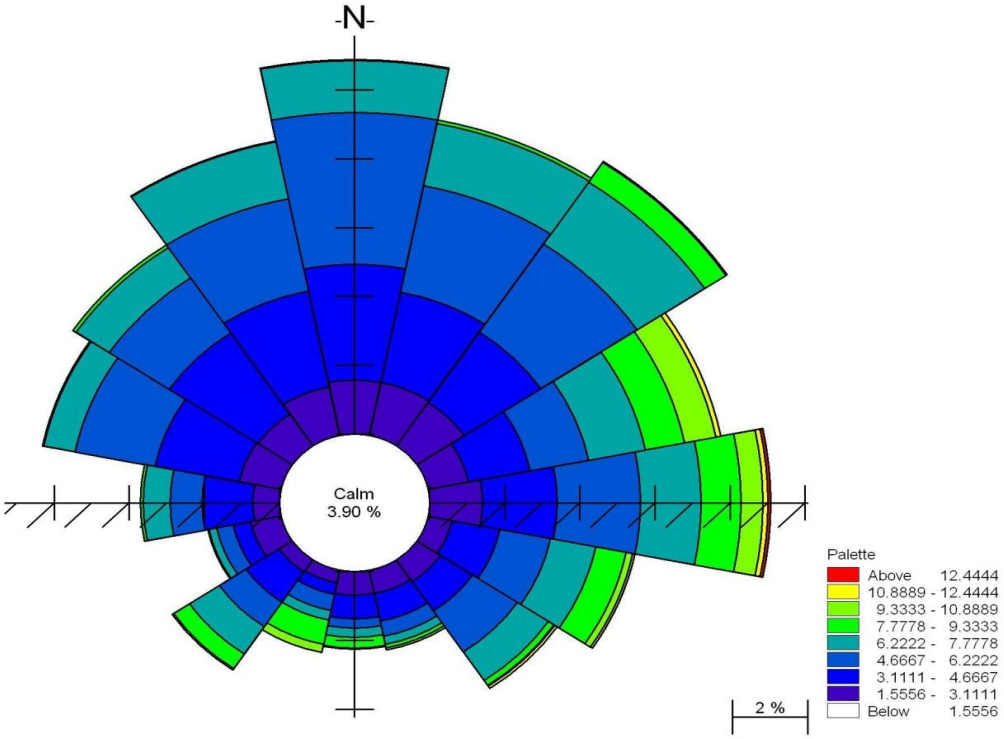

**شکل (۵-۵) گلموج سال ۲۰۰۲**

نمودار ستاره‌گونه نمایش فراوانی نسبی جهت و ارتفاع موج در یک ایستگاه برای دوره زمانی معین را گُلباد می‌گویند. با توجه به شکل (۵-۵) جهت غالب تابش امواج در منطقه خلیج چابهار جهت ۱۸۰ درجه می‌باشد. در این جهت، ۱درصد امواج دارای ارتفاع ۳/۱ تا ۲/۷ متر، ۱/۱ دارای ارتفاع ۲/۷ تا ۲/۳ متر، ۷/۷درصد دارای ارتفاع ۲/۳ تا ۱/۹ متر، ۱۰/۲درصد دارای ارتفاع ۱/۹ تا ۱/۵ متر،۸/۱درصد دارای

ارتفاع ۱/۵ تا ۱/۱۷ متر، ۹/۷ درصد دارای ارتفاع ۱/۱۷ تا ۰/۸ متر و بالاخره ۱۰/۲ درصد دارای ارتفاع ۰/۸ تا ۰/۳۹ متر در جهت ۱۸۰درجه می‌باشند.

### ۵-۴-۲-۵-اطلاعات باد ورودی مدل

باد به عنوان عامل محرک اولیه در ایجاد امواج مهمترین داده مورد استفاده در مدلسازی امواج می-باشد. در این بخش داده های دریافتی از سازمان بنادر و دریانوردی به صورت یک سری زمانی متناظر با دوره مورد استفاده موج در مدلسازی به نرم افزار داده شده است. گلباد داده های مورد استفاده در نرم افزار همراه با سری زمانی حاصل از آن در زیر قابل مشاهده است.




**شکل (۵-۶) گلباد سال ۲۰۰۲**

نمودار ستاره‌گونه نمایش فراوانی نسبی جهت و سرعت باد در یک ایستگاه برای دوره زمانی معین را گُلباد می‌گویند. در شکل (۵-۶) بازه‌ها ۲۲/۵ درجه تقسیم بندی شده و برای ۱۶ جهت گلباد رسم شده است. جهت غالب وزش باد در این منطقه با توجه به شکل از سمت شمال است بطوریکه در این جهت، ۱/۸درصد دارای سرعت ۶/۲ تا ۷/۸ متر بر ثانیه،۴/۲ درصد دارای سرعت ۴/۶ تا ۶/۲ متر بر

ثانیه، ۴درصد دارای سرعت ۴/۷ تا ۳/۱ متر بر ثانیه و ۱/۸ درصد دارای سرعت ۳/۱ تا ۱/۵ متر بر ثانیه هستند.

### ۵-۴-۳-برپایی مدل[۳۴]

منظور از برپایی مدل، معرفی هندسه و شرایط طبیعی مسئله با حداکثر دقت ممکن و به شکل قابل حل توسط مدل می‌باشد. به علاوه، چگونگی حل مسئله توسط مدل نیز در این فرآیند در قالب پارامترهای مختلف همراه با ورودی‌هایی که به‌طور مختصر در بالا شرح داده شد به مدل معرفی می-گردد.

### ۵-۴-۳-۱-نحوه فرمولبندی طیفی (پارامتری غیر کوپله جهتی، کاملا طیفی) و فرمولبندی زمانی (شبه پایدار، غیرپایدار)

در بخش انتخاب روش حل در نرم افزار، از فرمولبندی کاملا طیفی استفاده می‌گردد، این فرمولبندی زمانی بکار گرفته می‌شود که مسئله موج قابل بررسی شامل اثر همزمان رشد و زوال امواج، انتقال امواج و تاثیر امواج تولید شده توسط باد باشد.

همچنین به علت تغییرات سریع و غیر قابل پیش‌بینی در مقدار و جهت داده‌های ورودی باد فرمولبندی زمانی نیز بصورت غیرپایدار در مدلسازی بکار گرفته می‌شود.

### ۵-۴-۳-۲-منقطع سازی طیفی

منقطع سازی طیفی با توجه به حل معادلات طیفی موج در حوزه فرکانس و جهت، در هریک از دوبعد صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه سرعت اجرای مدل ارتباط مستقیمی با تعداد فرکانس‌ها دارد، بهینه کردن تعداد فرکانس‌ها اهمیت زیادی در افزایش سرعت اجرای برنامه دارد. یکی از روش‌های مناسب موجود در این زمینه افزایش گام فرکانسی به صورت لگاریتمی است. در این حالت گام فرکانسی در

[34] Model Setup

فرکانس‌های پایین و محدوده فرکانس پیک که اهمیت محاسباتی بیشتری دارد، کمتر است و با افزایش فرکانس‌ها در طیف این گام فرکانسی نیز افزایش می‌یابد. با توجه به محدوده فرکانس‌های موجود در داده‌های دریافتی از سازمان بنادر و بکاربرده شده در مدلسازی، کمترین مقدار فرکانس موجود ۰.۰۵۰ هرتز متناظر با پریود ماکزیمم ۱۹.۸۵ثانیه انتخاب شده است که با توجه به نتایج اندازه گیری‌ها و طبیعت امواج در منطقه مطالعاتی مناسب می‌باشد.با در نظر گرفتن تعداد ۲۵ فرکانسی طیفی و ضریب افزایش فرکانس ۱/۱، بیشترین فرکانس موجود در طیف حدود ۰/۴ بدست می‌آید که که معادل پریود ۲/۴۳ ثانیه می‌باشد. .انتخاب ضریب ۱/۱ نیز براساس دستیابی به تعداد مناسب فرکانس‌ها در محدوده فرکانس پیک و نیز عدم افزایش فرکانس بیشینه(حداکثر) از محدوده فرکانس-های موجود در مساله صورت گرفته است، ضمن اینکه این مقدار در پروژه‌های دیگری نیز از سوی DHI و پروژه‌های مونیتورینگ و مدلینگ سازمان بنادرو دریانوردی و حتی در کتاب مدلسازی امواج دریاهای ایران آزمایش شده و کارا بودن آن به اثبات رسیده است. منقطع سازی در بعد جهتی نیز با درنظر گرفتن کلیه جهات و تقسیم آن به ۱۶ جهت مختلف با فواصل ۲۲/۵ درجه صورت گرفته است که رویه استاندارد و مورد استفاده در بسیاری از مدل‌های موج می‌باشد [۲۸]. سایر اطلاعات ورودی به مدل بررسی و به شرح زیر انتخاب شده و در بخش برپایی مدل به نرم افزار معرفی گردیده است:

- عدم لحاظ پوشش یخ به دلیل عدم وقوع یخبندان در دریاهای جنوب ایران
- شرایط اولیه بصورت طیف JONSWAP با استفاده از مقادیر اولیه شرایط موج موجود در مدل SW.[۲۹][۳۰]

### ۵-۴-۳-۳-ضرایب کالیبراسیون (واسنجی)

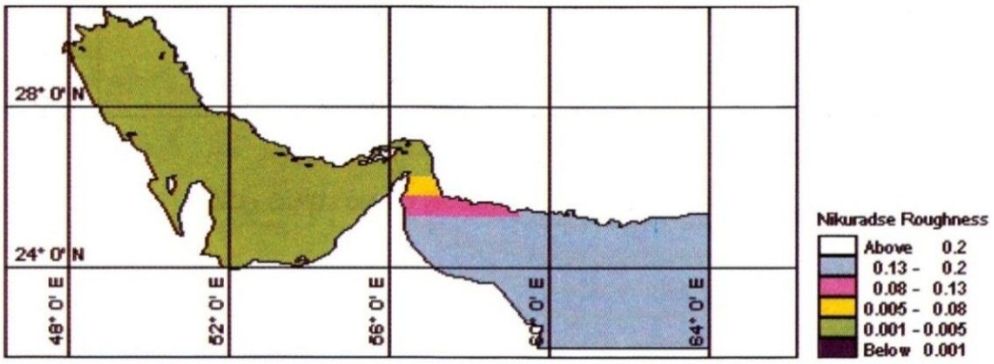
هدف از کالیبراسیون یک مدل ریاضی، تعیین شرایطی است که به کمک آنها مدل قادر به شبیه‌سازی بهتر یک پدیده فیزیکی باشد. بعد از انجام کالیبراسیون مدل صحت عملکرد آن همراه با شرایط تعیین شده با داده‌های موجود و یا نتایج حاصل از یک نرم‌افزار معتبر دیگر ارزیابی می‌گردد. ضرایب

کالیبراسیون نرم‌افزار شامل ضرایب شکست موج و اصطکاک بستر می‌باشد. در این مدلسازی این ضرایب به صورت جدول (۵-۳) مورد استفاده قرار گرفته است:

**جدول (۵-۳) ضرایب کالیبراسیون مدل**

| ضرایب کالیبراسیون | مقدار پیش‌فرض | مقدار نهایی |
|---|---|---|
| ضریب شکست موج، پارامتر $\gamma$ | ۰/۸ | ۰/۸ |
| ضریب شکست موج، پارامتر $\alpha_{BJ}$ | ۱ | ۱ |
| ضریب زبری، پارامتر Nikuradse | ۰/۰۹ | ۰/۱۵ |

ذکر این نکته ضروری است که مقدار نهایی با استفاده از پروژه‌های انجام شده توسط سازمان بنادر و دریانوردی همچون پروژه‌های مانیتورینگ و مدلینگ امواج دریاهای ایران استخراج گردید. برای مثال شکل (۵-۷) یک نمونه از فایل‌های ورودی در یکی از این پروژه‌هاست که به صورت یک فایل متغیر به نرم‌افزار وارد شده است.[۲۸]




**شکل (۵-۷) فایل متغیر، ضریب اصطکاک بستر(ضریب زبری Nikuradse)در منطقه خلیج فارس و دریای عمان**

توضیحات بیشتر در مورد این ضرایب و نیز معادلات حاکم بر هرکدام در ذیل خواهد آمد.

### ۵-۴-۳-۳-۱-ضرایب شکست موج

شکست ناشی از عمق زمانی رخ می‌دهد که امواج به سمت مناطق خیلی کم عمق نفوذ می‌کنند و ارتفاع نمی‌تواند توسط عمق تحمل شود. در این نرم افزار از رابطه ارائه شده توسط Battjes وJanssen در مرجع[۳۱] استفاده می‌شود. ترم منبع مطابق با مرجع[۳۲] به صورت زیر بیان می‌شود:

$$S_{surf}(f,\theta) = -\frac{2\alpha_{BJ} Q_b \bar{f}}{X} E(f,\theta) \qquad (2-5)$$

که در آن $\alpha_{BJ} = 1.0$ ضریب ثابت کالیبراسیون، $Q_b$ بخش امواج درحال شکست، $\bar{f}$ فرکانس متوسط و X نسبت انرژی کل در قطار موج تصادفی به انرژی در یک قطار موج با حداکثر ارتفاع موج ممکن می-باشد.

$$X = \frac{E_{tot}}{(H_m^2/8)} = \left(\frac{H_{rms}}{H_m}\right)^2 \qquad (3\text{-}5)$$

که درآن $E_{tot}$ انرژی کل موج، $H_m$ بیشینه ارتفاع موج، و $H_m = \sqrt{8E_{tot}}$ می‌باشد. در آب کم عمق به عمق d، بیشینه ارتفاع موج می‌تواند از رابطه $H_m = \gamma d$ که در آن $\gamma$ پارامتر شکست است، محاسبه می‌شود.مقدار $\gamma$ بسته به شیب ساحل و پارامترهای موج می‌تواند از ۰/۵ تا ۱/۰۰ تغییر کند. مقادیر اولیه برای متغیرهای قابل تنظیم $\alpha_{BJ}$ و $\gamma$ به ترتیب ۱/۰۰ و ۰/۸ می‌باشد.

در یک قطار موج تصادفی با توزیع منقطع رایلی برای ارتفاع امواج، بخش امواج در حالت شکست $Q_b$ از روابط زیر بدست می‌آید:

$$\frac{Q_b - 1}{Ln Q_b} = X = \left(\frac{H_{rms}}{H_m}\right)^2 \qquad \leftrightarrow \qquad Q_b = \exp\left(\frac{-(1-Q_b)}{\left(\frac{H_{rms}}{H_m}\right)^2}\right) \qquad (4-5)$$

$Q_b$با حل معادله غیرخطی(۵-۴) به روش تکرار نیوتن-رافسون بدست می‌آید. به عنوان حدس اولیه برای تکرار غیرخطی، از تقریب صحیح $Q_b$ ارائه شده توسط Hersbach استفاده می‌شود:

$$\begin{aligned} Q_b &= (1+2X^2)\exp\left(-\frac{1}{x}\right) && x < 0.5 \\ &= 1 - (2.04z)(1-0.44z), z = 1-x && 0.5 \le x < 1 \\ &= 1 && x \ge 1 \end{aligned} \qquad (5-5)$$

### ۵-۴-۳-۳-۲-اصطکاک بستر

زمانی که یک موج از آب عمیق به طرف آب کم عمق منتشر می‌شود، حرکت چرخشی ذرات آن به بستر می‌رسد، لذا در این حالت اثر اصطکاک بستر در عبارت منبع اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. نرخ

استهلاک انرژی به علت اصطکاک کف طبق فرمول زیر می‌باشد:

$$S_{bot}(f,\theta) = -\left(C_f + f_c\left(\overline{u}.\overline{k}\right)/k\right)\frac{k}{\sinh 2kd}E(f,\theta) \qquad (6-5)$$

که در آن $C_f$ ضریب اصطکاک، $k$ عدد موج، $d$ عمق آب، $f_c$ ضریب اصطکاک در برابر جریان و $u$ سرعت جریان می‌باشد. ضریب $C_f$ بنابر توصیه مرجع[۳۳] بسته به شرایط جریان و بستر معمولا در محدوده ۰/۰۱-۰/۰۰۱ متر بر ثانیه می‌باشد. مقدار اولیه $f_c$ برابر با صفر می‌باشدکه مربوط به حالت عدم وجود جریان می‌باشد.

برای درنظر گرفتن ضریب اصطکاک از مدل اندازه زبری هندسی ($k_N$ ,Nikuradse roughness) بصورت ثابت که توسط *Webe*r [۳۴] پیشنهاد شده است و در آن ضریب اصطکاک از رابطه زیر:

$$C_f = f_w u_b \qquad (7-5)$$

$$u_b = \left[2\int_{f_1}^{f_{max}}\int_{\theta}\frac{\overline{\sigma^2}}{sinh^{\,2}(kh)}E(f,\theta)d\theta df\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (8-5)$$

و فاکتور اصطکاک با استفاده از رابطه پیشنهادی Jonsson & Carlsen [۳۵] بدست می‌آید:

$$f_w = e^{-5.977+5.213(a_b/k_N)^{-0.194}} \qquad a_b/k_N >= 2.016389$$

$$f_w = 0.24 \qquad a_b/k_N < 2.016389 \qquad (9\text{-}5)$$

که در آن $a_b$ تغییر مکان مداری (اربیتالی) در کف مطابق با فرمول زیر می‌باشد:

$$u_b = \left[2\int_{f_1}^{f_{max}}\int_{\theta}\frac{1}{sinh^{\,2}(kh)}E(f,\theta)d\theta df\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (10-5)$$

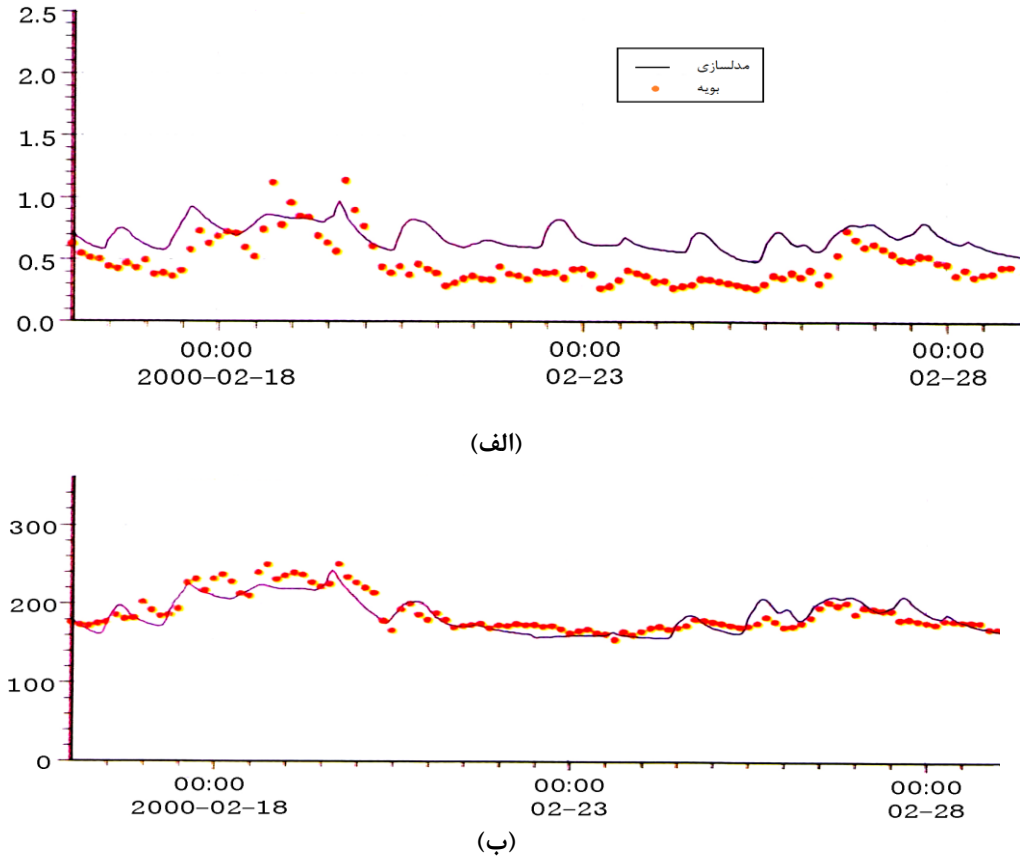
مقدار اولیه برای $k_N$، $m$ ۰/۰۴ می‌باشد.این مقدار توسطWeber [۳۴] و برای شرایط جریان در محدوده طیف‌های امواج ناشی از باد و امواج دورآ پیشنهاد شده است.

ضریب کالیبراسیون سوم ضریب سفیدک راس موج[۳۵]است که در مواردی کاربرد دارد که موج شکسته می‌شود و حباب‌های هوا ظاهر می‌گردند. در اینجا به علت گسترگی منطقه مطالعاتی و عدم اهمیت تولید حباب‌ها در ساحل برای موضوع تحت بررسی، از این پارامتر صرفنظر می‌شود.

### ۵-۴-۳-۴-صحت سنجی مدل

منظور از صحت‌سنجی مدل، اطمینان از شبیه‌سازی صحیح پدیده موردنظر با استفاده از مقایسه اطلاعات اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از مدلسازی می‌باشد.در اینجا بازه زمانی درنظر گرفته شده جهت انجام صحت‌سنجی ۲۰۰۰/۲/۱۶ساعت ۰۰:۰۰ تا ۲۰۰۰/۲/۲۹ ساعت ۰۰:۰۰می‌باشد که نتایج به صورت شکل(۵-۸) ارائه می‌گردد. در شکل(الف) نقاط، نشان دهنده داده‌های ثبت شده بویه و خط ممتد نشان دهنده ارتفاع خروجی(significant wave height) حاصل از مدلسازی است. در شکل(ب) نیز نقاط، نشان دهنده اطلاعات ثبت شده بویه و خط ممتد نشان دهنده میانگین جهت امواج (Mean wave direction) حاصل از مدلسازی است. بویه برداشت داده‌ها در بندر چابهار و در طول جغرافیایی ۶۰/۶۵درجه، عرض جغرفیایی ۲۵/۲ درجه و در عمق ۲۰ متر قرار گرفته است.

[35] White Capping




**شکل (۵-۸) نتایج صحت سنجی‌مدل**

### ۵-۴-۴-خروجی‌های مدل SW

خروجی‌های مدل شامل ۳نوع فایل با فرمت متفاوت است.

*a*) خروجی محدوده‌ای(Area*a*) با پسوند dfsu. و فرمت دوبعدی

*b*) خروجی خطی(Line) با پسوند dfs1. و فرمت یک بعدی

*c*) خروجی نقطه‌ای(Point) با پسوند dfs0. و فرمت بدون بعد

سری محدوده‌ای[۳۶]

در این حالت داده‌های خروجی در محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی مشخص با ساختار منظم یا نامنظم استخراج می‌شوند. مختصات جغرافیایی محدوده از طریق منوهای موجود وارد برنامه می‌شود.

[36] Area series

سری خطی[37]

در این حالت داده‌های خروجی بر روی خطی با مختصات جغرافیایی مشخص استخراج می‌شوند. مختصات جغرافیایی نقاط از طریق منوهای موجود وارد برنامه می‌شود.

سری نقطه‌ای[38]

در این حالت داده‌های خروجی در نقطه‌ای با مختصات جغرافیایی مشخص استخراج می‌شوند. مختصات جغرافیایی نقاط از طریق منوهای موجود وارد برنامه می‌شود.

پارامترهای منتجه موج عبارتند از:

- ارتفاع مشخصه موج؛ $H_{m0}$ برحسب متر

متوسط یک سوم بلندترین امواج در آمار ثبت شده می‌باشد و تقریبا برابر با ارتفاع موجی خواهد بود که یک ناظر مجرب با مشاهده چشمی دریا گزارش می‌دهد. مقدار ارتفاع مشخصه موج به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$H_{m0} = 4\sqrt{E_1} \qquad (11\text{-}5)$$

که در آن $E_1$ انرژی کل بوده و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E_1 = \int_0^{2\pi}\int_0^{f} E(f,\theta)\,df\,d\theta \qquad (12\text{-}5)$$

دوره تناوب چکادی موج (پریود پیک موج) ؛ $T_p$ برحسب ثانیه

پریود متناظر با ارتفاع حدکثر موج است.

- جهت چکادی(پیک) موج؛ $\theta_p$ برحسب درجه

جهت متناظر با حداکثر انرژی طیف موج می‌باشد.

- جهت میانگین موج ؛ $\theta_m$ برحسب درجه
- جهت میانگین امواج نسبت به شمال و در جهت ساعتگرد می‌باشد.

[37] Line series
[38] Point series

- مولفه‌های سرعت موج $(u,v)$

$$(u,v) = (H_{m0}\cos(270-\theta_m), H_{m0}\sin(270-\theta_m)) \qquad (13\text{-}5)$$

## ۵-۵- ماژول Flow Model FM

### ۵-۵-۱-معادلات حاکم بر ماژول Flow Model FM

Flow Model FM یک سیستم مدلسازی جامع برای مدلسازی‌های دوبعدی و سه‌بعدی توسعه یافته توسط DHI است. این سیستم مدلسازی برای عملکردهای مختلط در اقیانوس‌ها، مناطق ساحلی و مناطق با اهمیت محیط زیستی همچون خلیج‌ها توسعه یافته است و از زیر برنامه‌های زیر تشکیل شده است.

- زیربرنامه هیدرودینامیک
- زیربرنامه نقل و انتقالات دریایی
- زیربرنامه مدلسازی آزمایشگاهی
- زیربرنامه انتقال گل‌ولای
- زیربرنامه انتقال ماسه

زیربرنامه هیدرودینامیکی، تغییرات سطح آب و جریان در واکنش به نیروهای مختلف در محیط های دریایی را نشان می‌دهد. معادلات این ماژول به صورت متداول در حالت سه بعدی بیان می-شود ولی معادلات برای جریان دو بعدی، با انتگرال‌گیری معادلات بر روی اعماق بدست می‌آید. به دلیل گستردگی این معادلات از ذکر آن‌ها در اینجا صرفنظر شده و برای اطلاعات بیشتر به مراجع [۳۶]و[۳۷]و[۳۸] ارجاع داده می‌شود.

### ۵-۵-۲-داده‌های ورودی

- داده‌های ژرفاسنجی

فایل ژرفاسنجی مورد استفاده در این ماژول، دقیقا فایلی است که در ماژول SW بکارگرفته شده است. مشابه بودن فایل‌های ژرفاسنجی برای هردو ماژول این امکان را فراهم می‌کند که به علت مشابهت مش‌بندی فایل ژرفاسنجی، بتوان بررسی دقیق‌تری روی خروجی‌ها صورت گیرد.

- داده‌های جزرومد

داده‌های جزرومد بکارگرفته شده در مدلسازی، شامل داده‌های جزرومد بندر ایران‌بندر در بخش شرقی خلیج چابهار و داده جزرومد بندر رمین در بخش غربی خلیج چابهار است.

- داده‌های باد

داده‌های باد به دلیل وسعت منطقه، علاوه بر ایجاد موج در خلیج که در ماژول SW اثر آن لحاظ گردید، باعث تشدید اثر جریانات در خلیج می‌شوند پس در ماژول Flow Model FM نیز به عنوان ورودی مدل لحاظ می‌گردد.

- داده های مربوط به شرایط مرزی در مرزهای مدل

مزر شرقی مدل، محل ورود داده‌های جزرومد بندر ایران‌بندر و مرز غربی محل ورود داده جزرومد بندر رمین می‌باشد. مرز جنوبی به علت ممانعت از وجود ناپایداری در مدلسازی، بنابر توصیه راهنمای نرم افزار[۳۹] باید مرز با سرعت ثابت و یا مرز با دبی در واحد عرض[۴۰] ثابت در نظر گرفته شود، پس از انجام مدلسازی با هردو روش و مقایسه خروجی‌ها، به علت عدم وجود تفاوت میان خروجی‌ها، مرز جنوبی مرز با سرعت ثابت در نظر گرفته شد که مقدار این سرعت ثابت در این مدل برابر با صفر قرار گرفت. با توجه با توجه به **شکل** (۵-۴) شرایط مرزی در این ماژول به صورت جدول(۵-۴) به مدل اعمال شده است.

[39] Manual of MIKE21
[40] flux

| جدول (۵-۴) کدگذاری شرایط مرزی در مرزهای مدل در ماژول Flow Model FM | |
|---|---|
| **Code 2** | Tidal data in Iranbandar |
| **Code 3** | Tidal data in Iranbandar |
| **Code 4** | Constant Velocity = 0 |
| **Code 5** | Tidal data in Ramin |
| **Code 6** | Tidal data in Ramin |

- تنش‌های تشعشعی خروجی ماژول SW

تنش‌های تشعشعی[41] خروجی ماژول SW (با واحد مترمکعب بر مجذور ثانیه) به عنوان ورودی در ماژول FM مورد استفاده قرار گرفته می‌شود تا سرعت‌های خروجی از نرم افزار حاصل عمکرد همزمان باد، موج و جزرومد در منطقه بوده و حالت بحرانی برای ارزیابی کارایی سازه دیواره‌های منقطع کاهنده صورت پذیرد.

### ۵-۵-۳-خروجی‌های ماژول Flow Model FM

خروجی‌های این ماژول نیز همچون ماژولSW شامل خروجی محدوده‌ای، خروجی خطی و خروجی نقطه‌ای می‌باشد با این تفاوت که پارامترهای منتجه در هر خروجی به صورت زیر خواهد بود:

سرعت جریان(Current speed)

جهت جریان(Current direction)

ارتفاع سطح آب(Surface elevation)

سرعت جریان در جهت محورx (*U* velocity)

سرعت جریان در جهت محورy (*V* velocity)

[41] Radiation Stresses

# فصل ششم

# مدلسازی و تفسیر نتایج

## ۶-۱-پیشگفتار

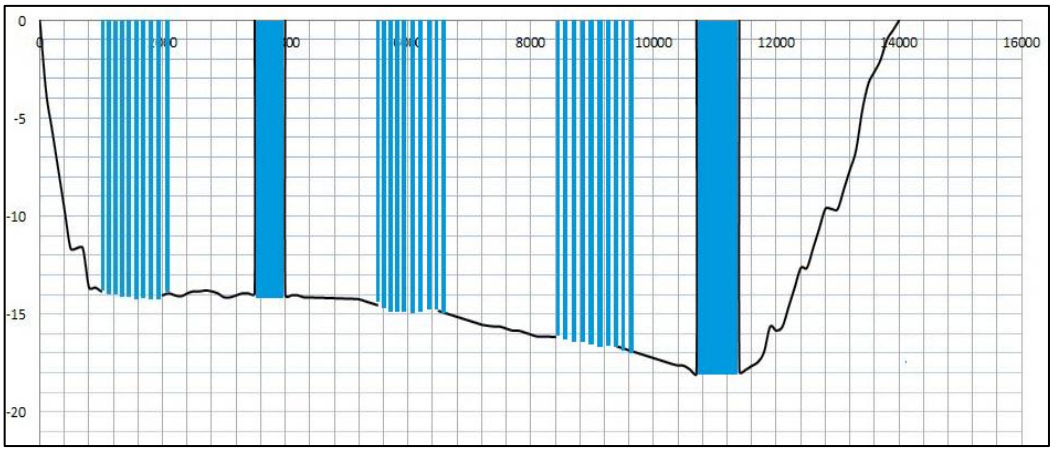
پس از انجام مدلسازی نتایج حاصل باید دسته‌بندی، تفسیر و ارائه گردند. در این بخش سازه‌های مدلسازی شده با علائم اختصاری جدول(۶-۱) نامگذاری شده و سپس خروجی‌های نرم افزار برای هرکدام تفسیر می‌گردد. در هر خروجی، سازه‌ها برحسب عملکردشان امتیازدهی می‌شوند (بهترین عملکرد دارای امتیاز ۵ می‌باشد) تا در بخش نتیجه‌گیری بتوان سازه با بهترین اثرات بر فرآیندهای هیدرودینامیکی، زیست‌محیطی و کاربری دریایی/بندری را براساس تفسیرهای این فصل معرفی نمود. نکته قابل تذکر بازه زمانی جهت انجام مدلسازی است. بدلیل محدودیت‌های موجود از جمله عدم دسترسی به رایانه با حافظه و پردازشگر قوی، و زمان فوق‌العاده زیاد مدلسازی، بازه زمانی پنج روزه از تاریخ ۲۰۰۲/۰۷/۲۴ ساعت ۰۰:۰۰ تا ۲۰۰۲/۰۷/۲۸ ساعت ۲۱:۰۰ که با توجه به ماکزیمم ارتفاع ورودی در جهت غالب امواج (شکل ۵-۵) برگزیده شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

**جدول(۶-۱) نامگذاری اختصاری سازه‌ها**

| Type | EXPLANATION |
|---|---|
| Without STR[۴۲] | خلیج بدون اجرای سازه |
| STR 1 | خلیج دارای سازه با ۳ سری بازشوهای ۱۰تایی با عرض ۵۰متر |
| STR 2 | خلیج دارای سازه با ۳ سری بازشوهای ۱۰تایی با عرض ۳۰متر |
| STR 3 | خلیج دارای سازه با ۱ سری بازشوی ۱۰تایی و ۱ سری بازشو ۲۰تایی ۵۰متری |
| STR 4 | خلیج دارای سازه با ۱ سری بازشوی ۱۰تایی و ۱ سری بازشو ۲۰تایی ۳۰متری |

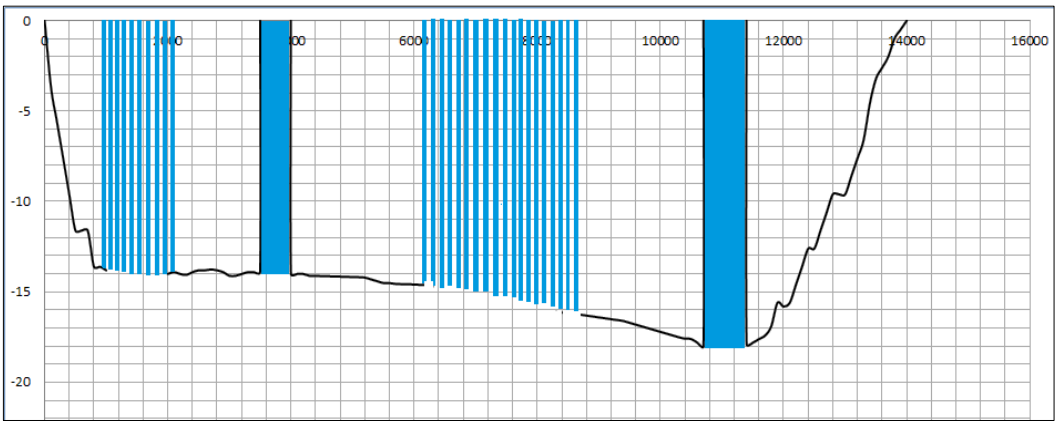
در شکل طرح شماتیک سازه‌های STR 1 و STR 2 نشان داده شده است.

[42]STRUCTURE




**شکل(۶-۱) طرح شماتیک سازه های STR 1 و STR 2**

در شکل طرح شماتیک سازه‌هایSTR 3 و STR 4 نشان داده شده است.




**شکل (۶-۲) طرح شماتیک سازه هایSTR 3 و STR 4**

همانطور که در شکل(۶-۱) نشان داده شده است سازه‌های STR 1 و STR 2 دارای سه سری بازشو به تعداد ۱۰ بازشو در هر سری است که از سمت چپ به ترتیب در ارتفاع تقریبی ۱۴-، ۱۵- و ۱۶/۵- متر قرار گرفته است. دو بازشو کشتیرانی در سازه پیش‌بینی شده است، یک بازشو برای شناورها متوسط و کوچک با ابعاد ۱۴*۳۰۰ مترمربع در سمت چپ سازه و یک بازشو برای شناورهای بزرگ دارای ابعاد ۱۸*۵۰۰ مترمربع پیشنهاد می‌گردد.

در شکل(۶-۲) نیز نشان داده شده است که سازه‌های STR 3 و STR 4 دارای دو سری بازشو به تعداد ۱۰ بازشو در سری اول با ارتفاع تقریبی ۱۴- متر و ۲۰عدد بازشو در سری دوم با ارتفاع متوسط ۱۶/۵- متر پیشنهاد شده است. در این سازه‌ها نیز دو بازشو کشتیرانی در سازه تعبیه شده است، یک

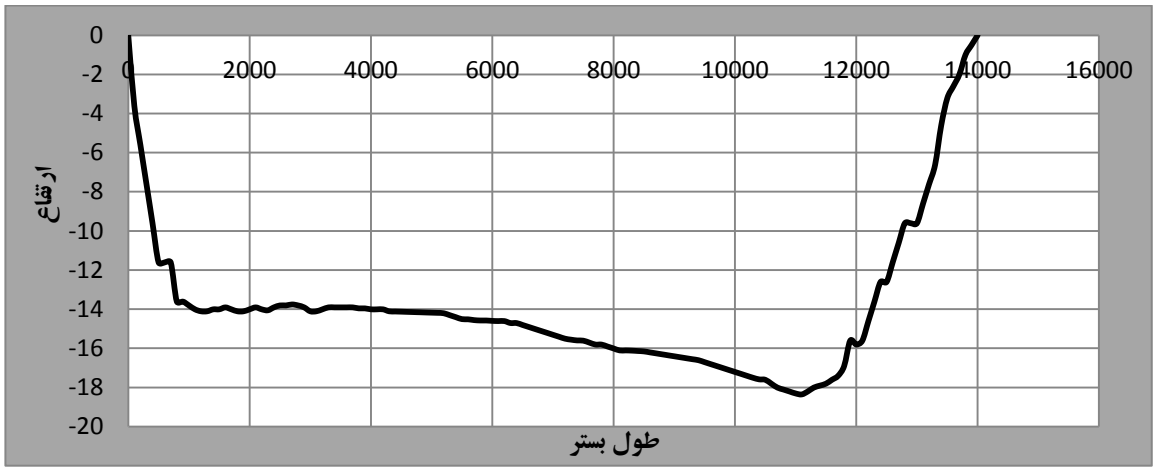
بازشو برای شناورها متوسط و کوچک با ابعاد ۱۴*۳۰۰ مترمربع در سمت چپ سازه و یک بازشو برای شناورهای بزرگ دارای ابعاد ۱۸*۵۰۰ مترمربع پیشنهاد می‌گردد.

## ۶-۲-مدلسازی و تفسیر نتایج

پس از نامگذاری سازه‌های مدلسازی شده دبی ورودی به خلیج در دوره مدلسازی با توجه به سرعت-های خروجی ماژول هیدرودینامیک (Flow Model FM) محاسبه می‌گردد و سازه‌ها امتیاز دهی می-شوند.

### ۶-۲-۱-محاسبه دبی

محاسبه مساحت بازشوهای هر سد، جهت محاسبه دبی خروجی از هر سد و مشخص کردن سد با بهترین کارایی محیط زیستی لازم و ضروری است. در ابتدا دبی ورودی به خلیج در دهانه خلیج و بدون قرارگیری سازه(Without STR) باید اندازه‌گیری گردد. بدین منظور با توجه به پروفیل بستر که در شکل(۶-۳) نشان داده شده است و سرعت‌های متوسط‌گیری شده حاصل از مدلسازی در ماژول هیدرودینامیکی (Flow Model FM) داریم:




**شکل (۶-۳) پروفیل بستر در دهانه خلیج چابهار**

**جدول (۶-۲) محاسبه دبی در Without STR:**

| |
|---|
| $A=(12*800/2)+(4400*14)+(6000*4/2)+(6000*14)+(2800*18/2)=187600\ m^2$ |
| $V=0.4\ m/s$ |
| $Q=187600*0.4=75040\ m^3/s$ |

**جدول (۶-۳) محاسبه دبی در STR 1 :**

| | | |
|---|---|---|
| $A=14*50*10=7000\ m^2$ | $V=0.9\ m/s$ | $Q=6300\ m^3/s$ |
| بازشو کشتیرانی کوچک $A=300*14=4200\ m^2$ | $V=1.2\ m/s$ | $Q=5040\ m^3/s$ |
| $A=15*50*10=7500\ m^2$ | $V=0.85\ m/s$ | $Q=6375\ m^3/s$ |
| $A=16.5*50*10=8250\ m^2$ | $V=1\ m/s$ | $Q=8250\ m^3/s$ |
| بازشو کشتیرانی بزرگ $A=500*18=9000\ m^2$ | $V=1.1\ m/s$ | $Q=9900\ m^3/s$ |
| $Q_{Total}=35865\ m^3/s$ | | |

**جدول(۶-۴) محاسبه دبی در STR 2 :**

| | | |
|---|---|---|
| $A=14*30*10=4200\ m^2$ | $V=0.9\ m/s$ | $Q=3780\ m^3/s$ |
| بازشو کشتیرانی کوچک $A=300*14=4200\ m^2$ | $V=1.6\ m/s$ | $Q=6720\ m^3/s$ |
| $A=15*30*10=4500\ m^2$ | $V=1.2\ m/s$ | $Q=5400\ m^3/s$ |
| $A=16.5*30*10=4950\ m^2$ | $V=1\ m/s$ | $Q=4950m^3/s$ |
| بازشو کشتیرانی بزرگ $A=500*18=9000\ m^2$ | $V=1.7\ m/s$ | $Q=15300\ m^3/s$ |
| $Q_{Total}=36150\ m^3/s$ | | |

**جدول (۶-۵) محاسبه دبی در STR 3 :**

| | | |
|---|---|---|
| $A=14*50*10=7000\ m^2$ | $V=0.93\ m/s$ | $Q=6510\ m^3/s$ |
| بازشو کشتیرانی کوچک $A=300*14=4200\ m^2$ | $V=1.4\ m/s$ | $Q=5880\ m^3/s$ |
| $A=(15*50*10)+(16*50*10)=15500\ m^2$ | $V=1m/s$ | $Q=15500\ m^3/s$ |
| بازشو کشتیرانی بزرگ $A=500*18=9000\ m^2$ | $V=1.45\ m/s$ | $Q=13050\ m^3/s$ |
| $Q_{Total}=40940\ m^3/s$ | | |

**جدول (۶-۶) محاسبه دبی در STR 4 :**

| | | |
|---|---|---|
| $A=14*30*10=4200\ m^2$ | $V=1.1m/s$ | $Q=4620\ m^3/s$ |

| | | |
|---|---|---|
| بازشو کشتیرانی کوچک $A=300*14=4200\ m^2$ | $V=1.35\ m/s$ | $Q=5670\ m^3/s$ |
| $A=(15*30*10)+(16*30*10)=9300\ m^2$ | $V=1m/s$ | $Q=9300\ m^3/s$ |
| بازشو کشتیرانی بزرگ $A=500*18=9000\ m^2$ | $V=1.7\ m/s$ | $Q=15300\ m^3/s$ |
| $Q_{Total}=34890\ m^3/s$ | | |

امتیاز دهی سازه‌ها از لحاظ عبور دبی و مقایسه آن با دبی ورودی خلیج در حالت بدون سازه.

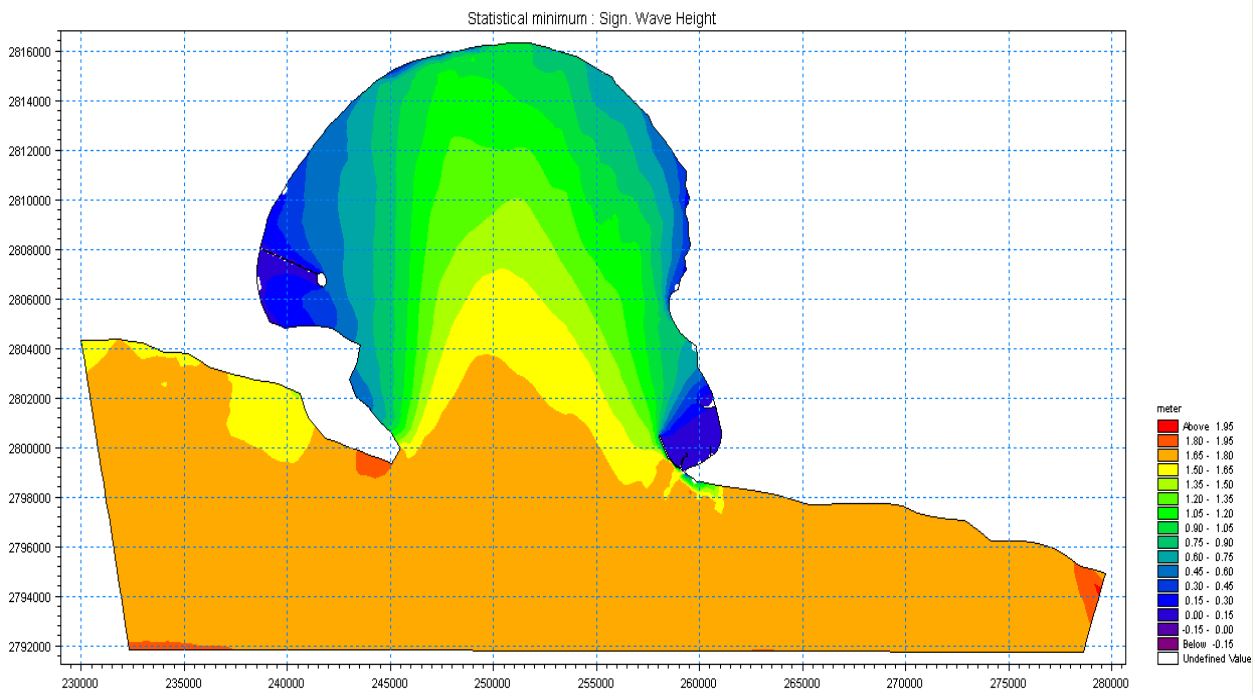
**جدول (۶-۷) امتیازدهی میزان دبی عبوری از سازه‌ها در مقایسه با خلیج بدون سازه**

| Type | Total Discharge | Rating |
|---|---|---|
| Without STR | 75040 | ___ |
| STR 1 | 35865 | 3 |
| STR 2 | 36150 | 3 |
| STR 3 | 40940 | 5 |
| STR 4 | 34890 | 2 |

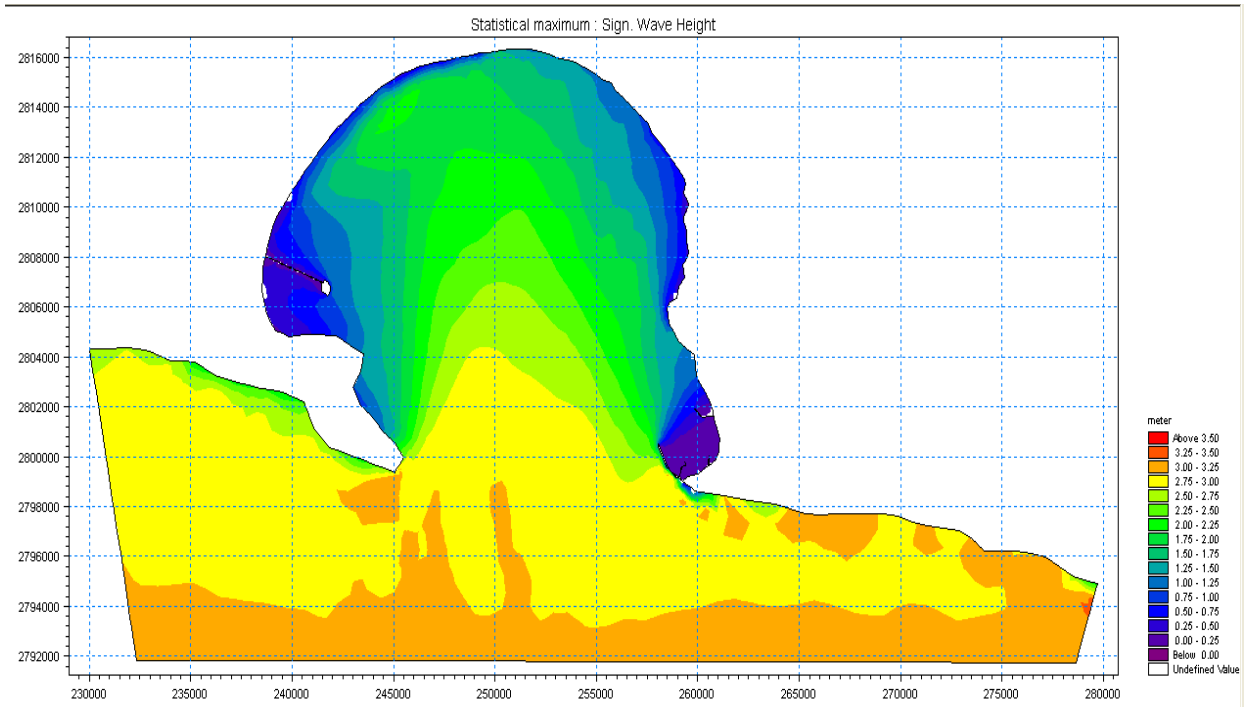
### ۶-۲-۲-خروجی‌های محدوده‌ای در حالت ماکزیمم و مینیمم ارتفاع ایجاد شده

در این بخش خروجی‌های محدوده‌ای در حالت ماکزیمم و مینیمم ارتفاع ایجاد شده در خلیج حاصل از اثر همزمان پدیده موج و باد خروجی از ماژول SW، جهت بررسی و مقایسه عملکرد هرسازه در کاهش ارتفاع موج مشخصه[۴۳] در خلیج با حالت بدون سازه خلیج ارائه می‌گردد.

[43]Significant wave height

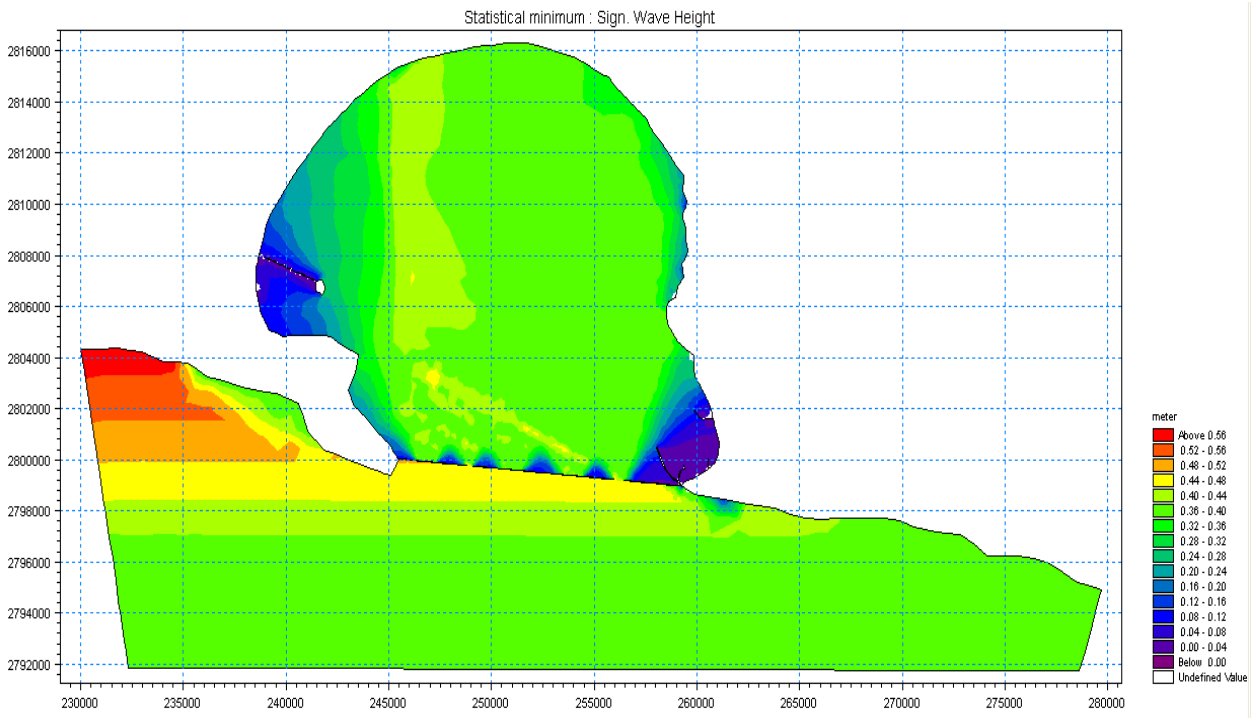



**(الف)**

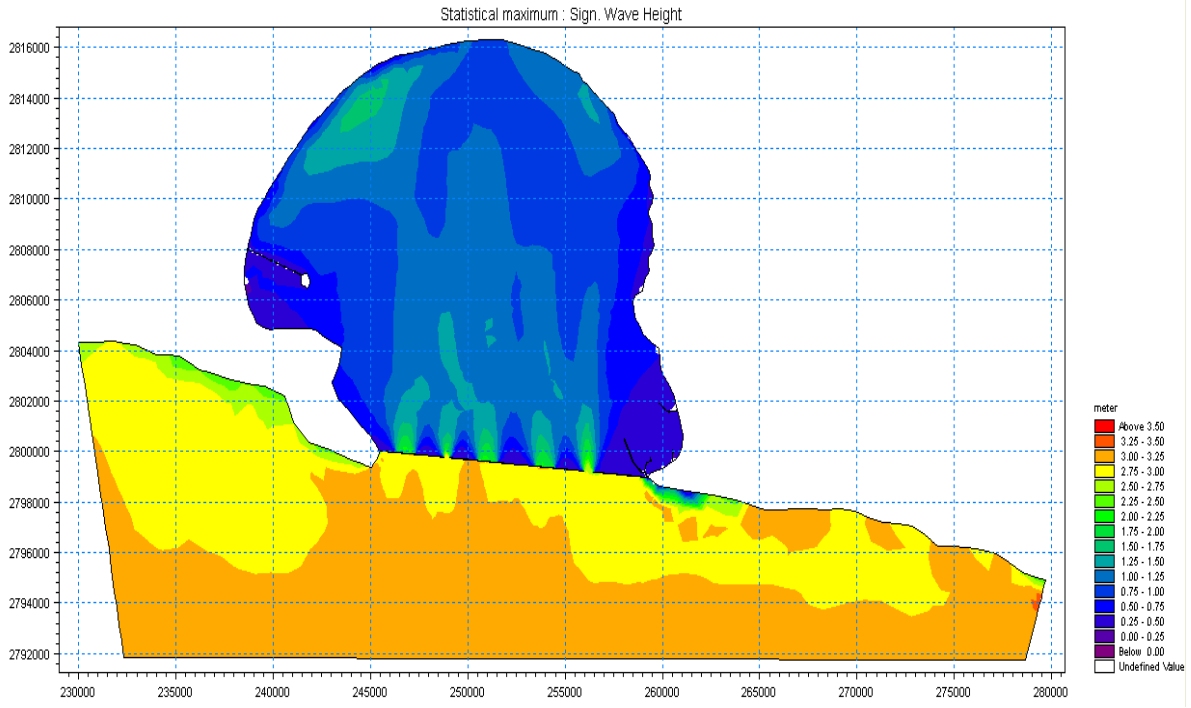



**(ب)**

**شکل (۶-۴) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج در Without STR(الف)در حالت مینیمم (ب) در حالت ماکزیمم**

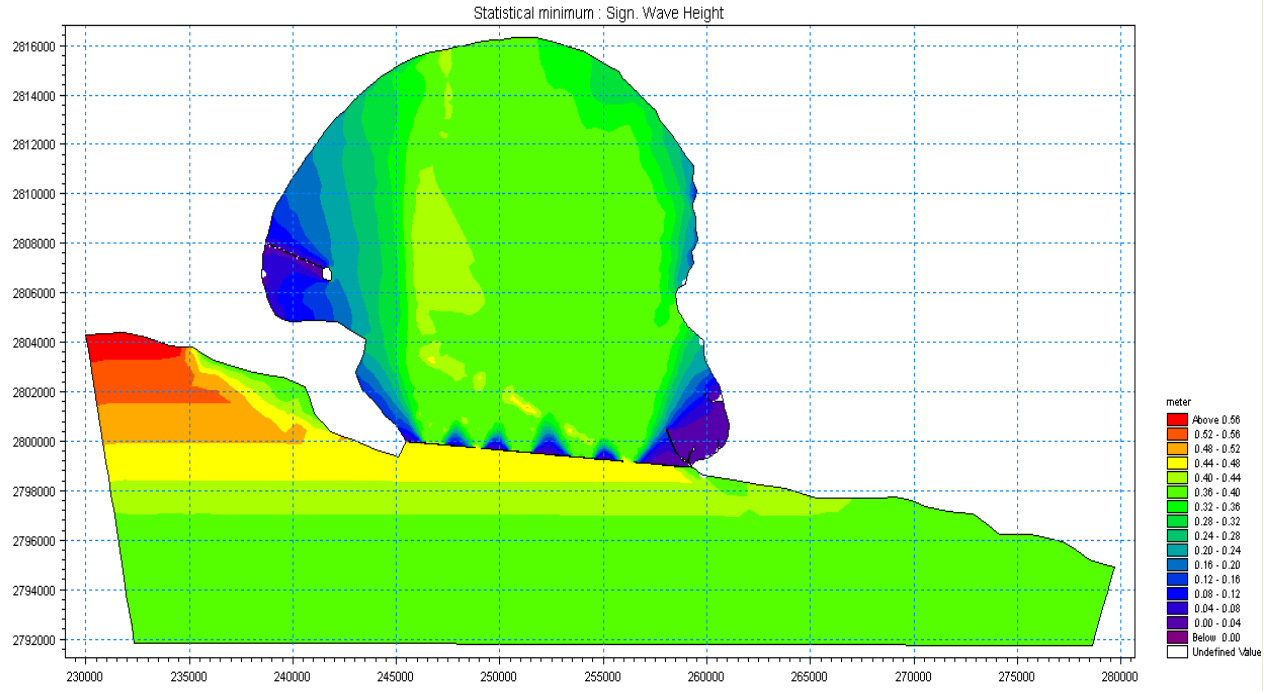



**(الف)**

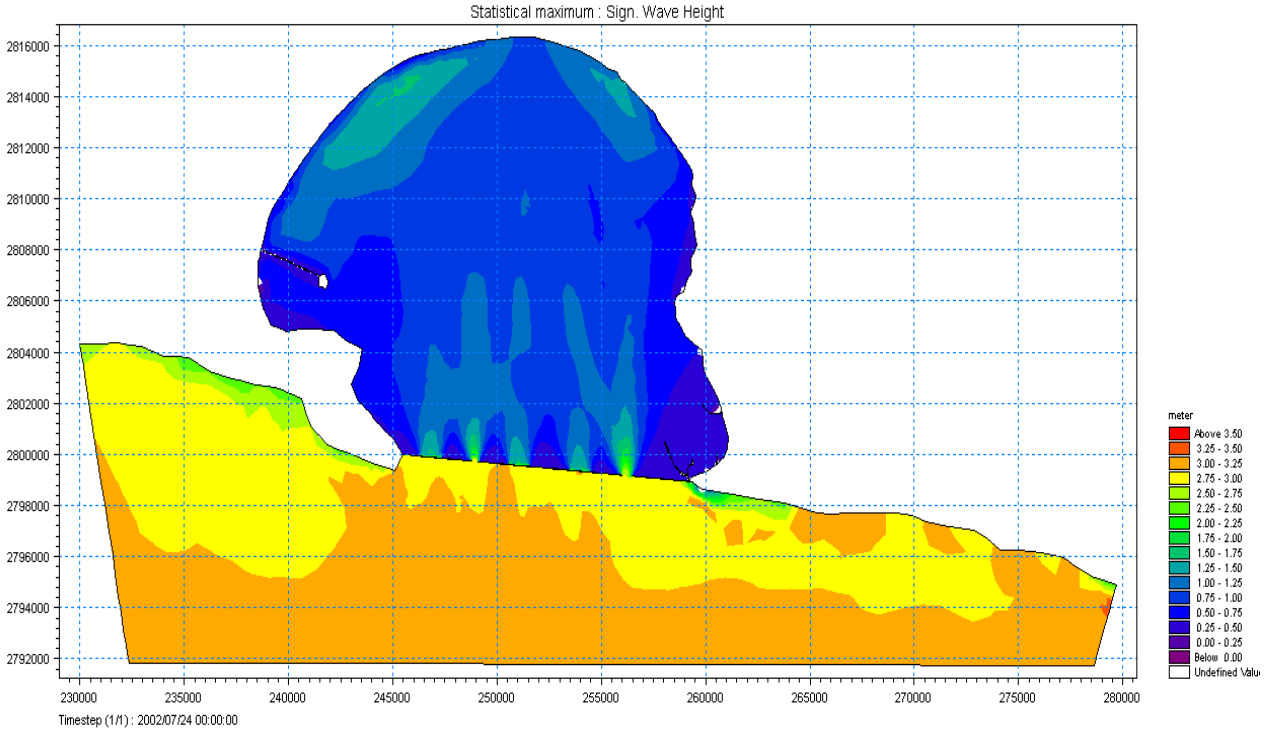



**(ب)**

**شکل (۶-۵) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج در STR 1(الف)در حالت مینیمم (ب) در حالت ماکزیمم**

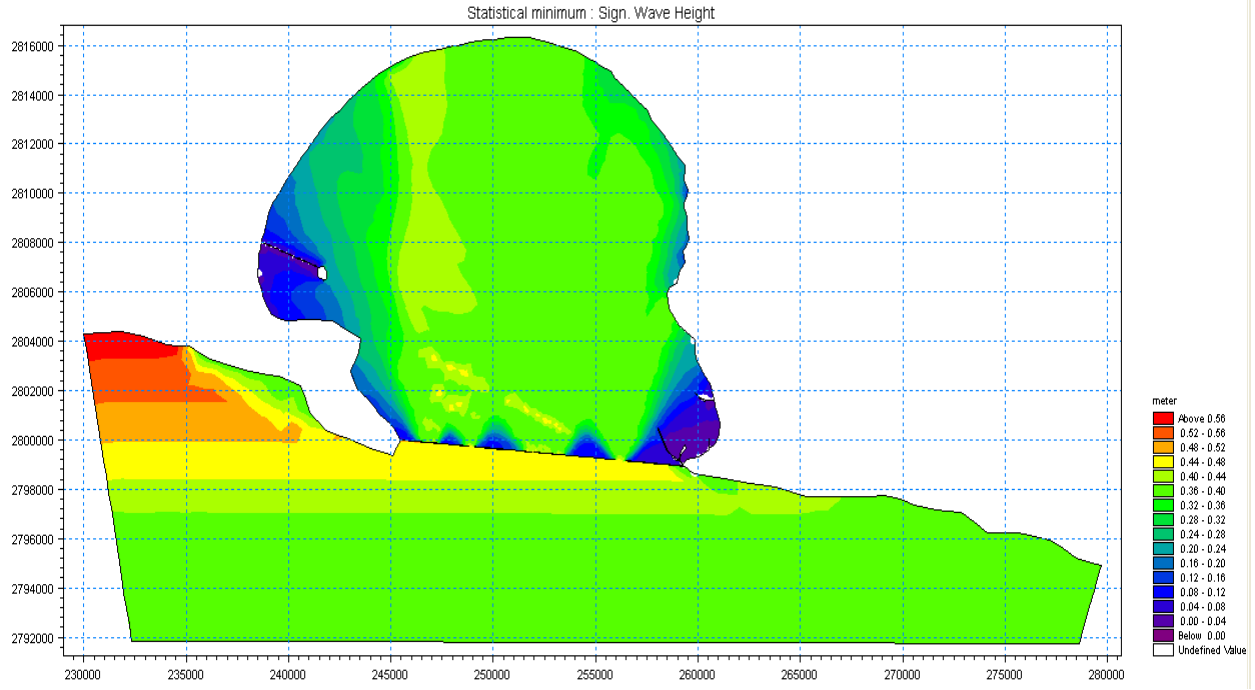



**(الف)**

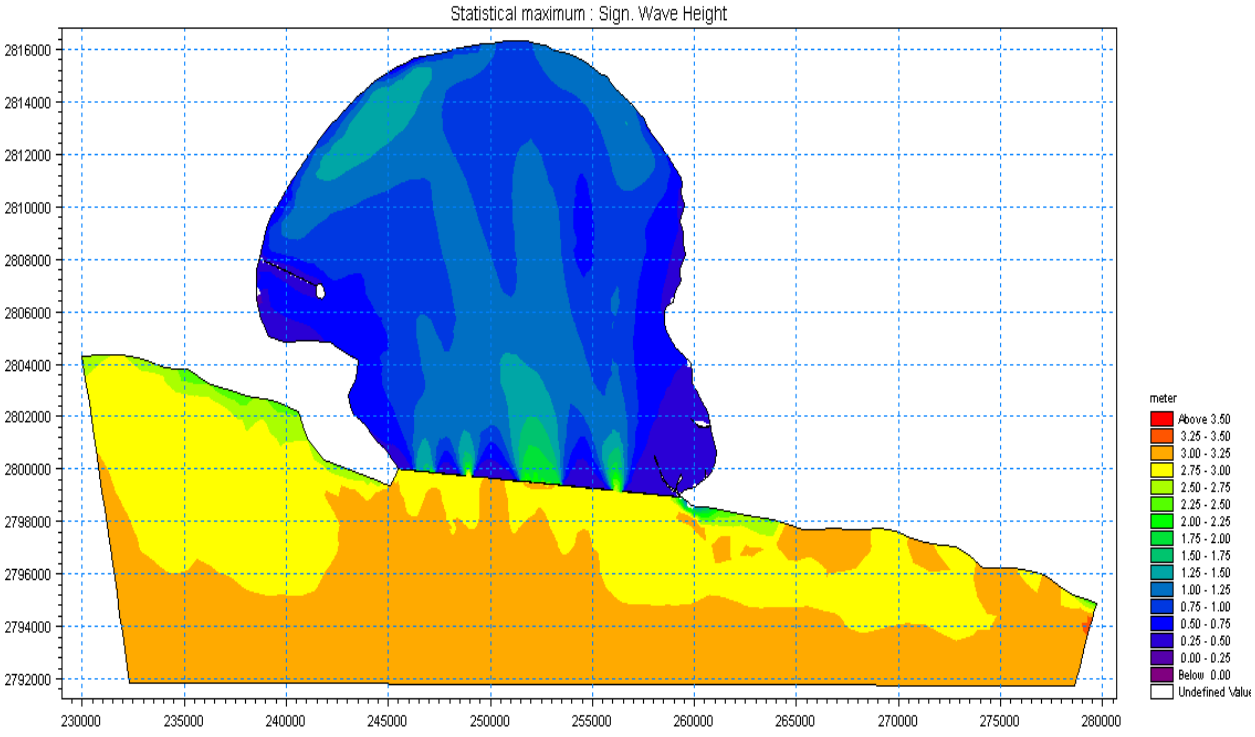



**(ب)**

**شکل (۶-۶) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج در STR 2(الف)در حالت مینیمم (ب) در حالت ماکزیمم**

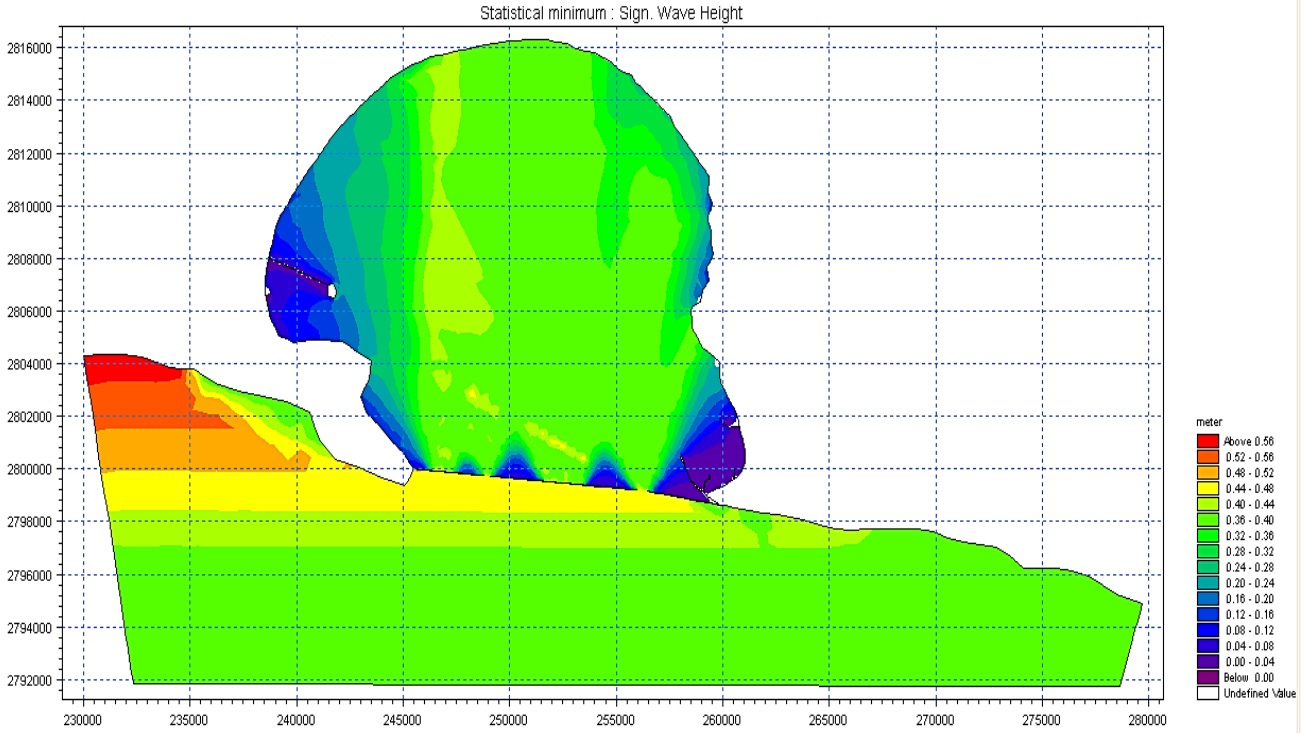



**(الف)**

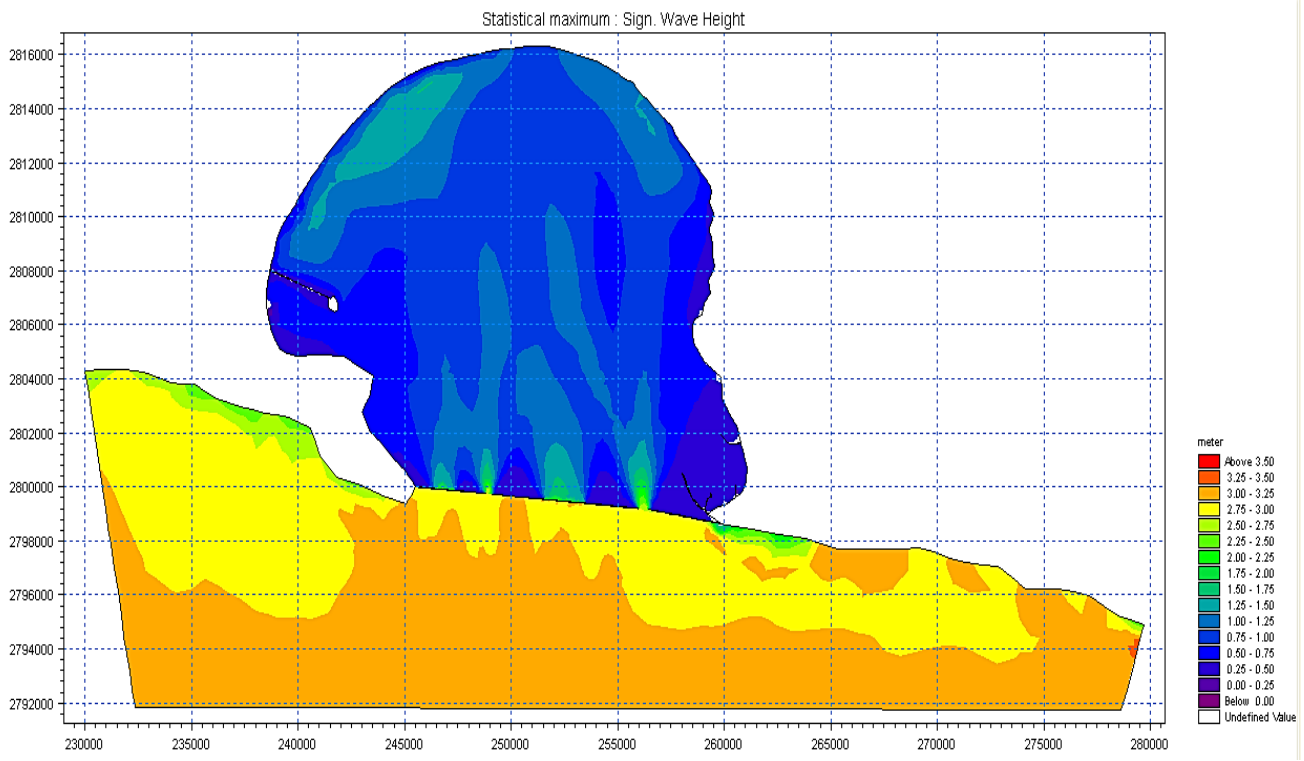



**(ب)**

**شکل (۶-۷) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج در STR 3(الف)در حالت مینیمم (ب) در حالت ماکزیمم**




**(الف)**




**(ب)**

**شکل (۶-۸) ارتفاع مشخصه امواج در خلیج در STR 4(الف)در حالت مینیمم (ب) در حالت ماکزیمم**

**جدول (۶-۸) امتیازدهی سازه‌ها جهت مینیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج**

| Type | مینیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج(m) | Rating |
|---|---|---|
| Without STR | (0.15-1.8) | ___ |
| STR 1 | (0-0.4) | 3 |
| STR 2 | (0-0.4) | 3 |
| STR 3 | (0-0.4) | 3 |
| STR 4 | (0-0.4) | 3 |

**جدول (۶-۹) امتیازدهی سازه‌ها جهت ماکزیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج**

| Type | ماکزیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج(m) | Rating |
|---|---|---|
| Without STR | (0.5-3) | ___ |
| STR 1 | (0.25-2.5) | 3 |
| STR 2 | (0.25-2.25) | 4 |
| STR 3 | (0.25-2) | 5 |
| STR 4 | (0.25-2.25) | 4 |

همانطور که از اشکال (۶-۴) تا (۶-۸) قابل مشاهده است، تغییرات ماکزیمم و مینیمم ارتفاع سطح آب در خلیج تحت اثر عملکرد سازه‌های مختلف در مقایسه با ارتفاع امواج در خلیج بدون سازه در جداول(۶-۸) و (۶-۹) ارزش‌گذاری شده‌اند.

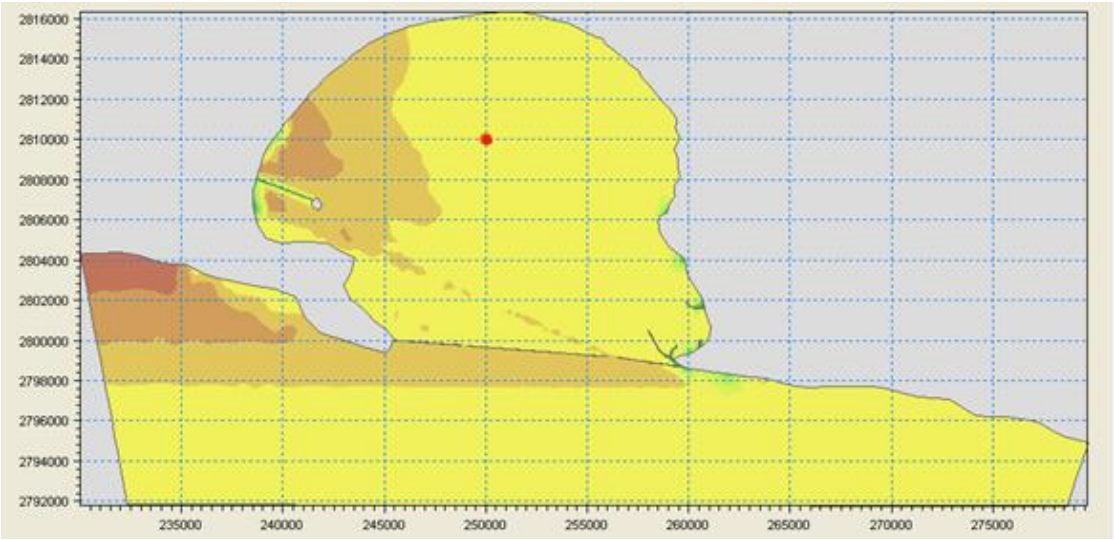
اما نکته قابل تامل تلاطم امواج و شکل برهم خوردن آرامش سطح آب در خلیج و شکل خطوط تراز ارتفاعی ایجاد تحت تاثیر هر سازه در خلیج است که خروجی‌ها محدوده‌ای بهترین راه برای نشان داده این تغییرات است. با توجه به تغییرات ارتفاع آب خطوط تراز ایجاد شده در خلیج و مقایسه شکل(ب) در خروجی‌های محدوده‌ای، سازه‌های STR 2 وSTR 4 عملکرد بهتری داشته‌اند چون در این دسته از سازه‌ها با وجود افزایش ارتفاع آب در نزدیکی بازشوها، آرامش بیشتری در محیط داخلی خلیج وجود

دارد و محیط امن‌تری برای مانور و تخلیه و بارگیری سازه‌ها با توجه به خطوط تراز ارتفاعی نشان داه شده، به وجود آمده است. پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بازشوهای باریک با رعایت اصل جریان آب بین خلیج و دریا، آرامش بیشتری برای محیط داخلی خلیج فراهم می‌کنند.

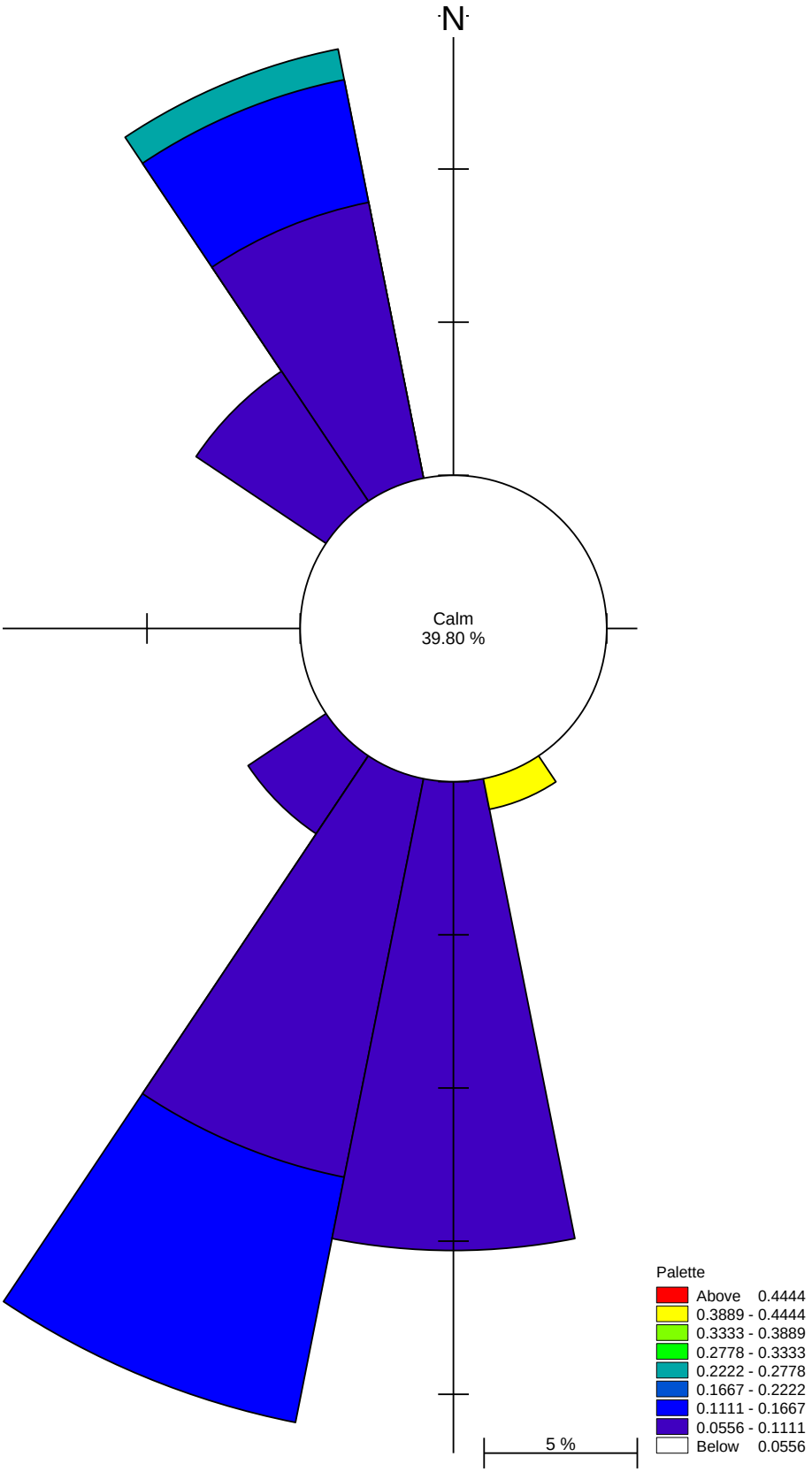
### ۶-۲-۳-خروجی‌های نقطه‌ای

**مقایسه Rose Plot در یک نقطه درون خلیج:**

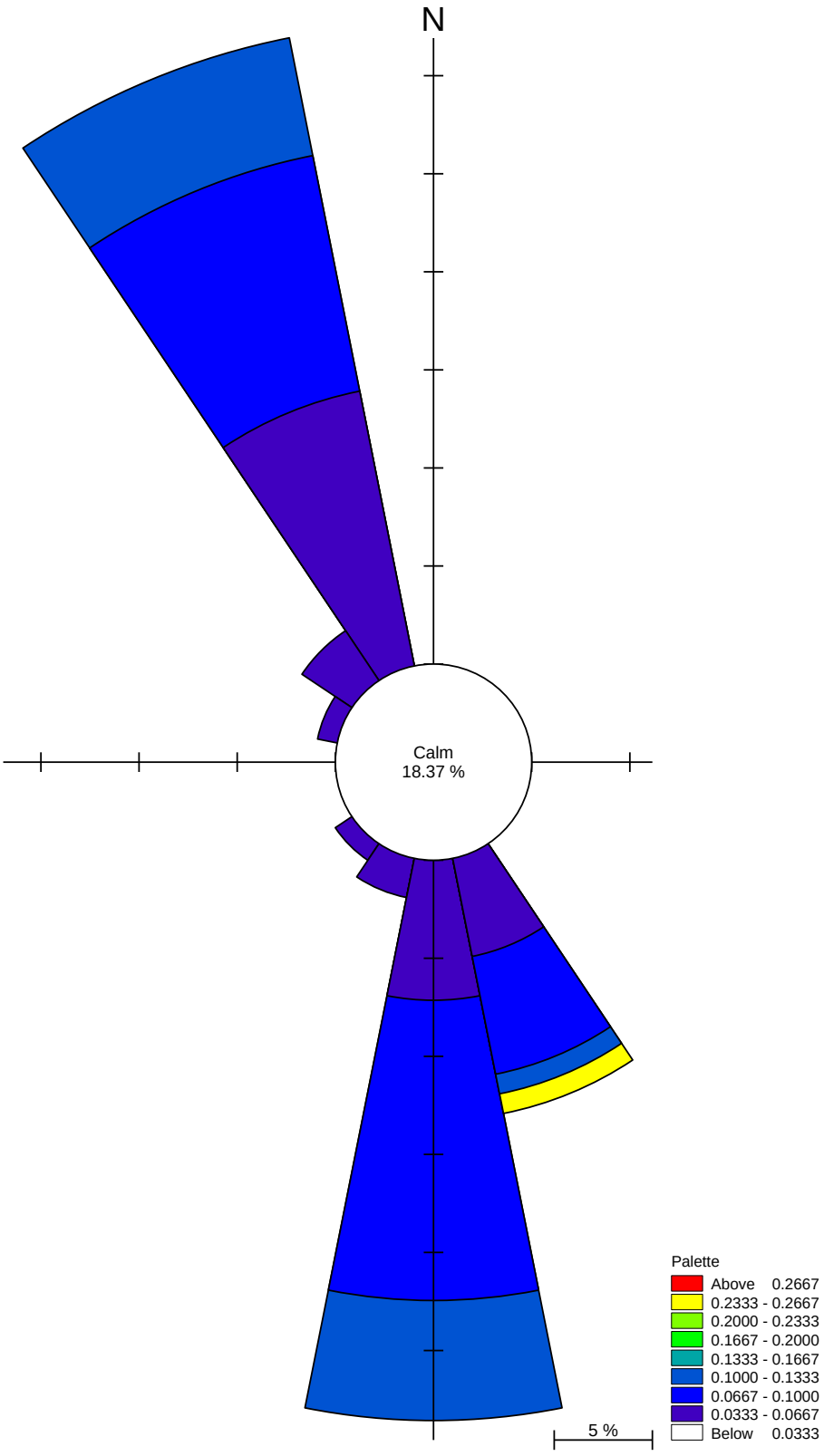
در این بخش Rose Plot مربوط به تغییرات سرعت و جهت جریان در خلیج در موقعیت خلیج بدون سازه و خلیج تحت اثر احداث هر سازه بررسی می‌گردد. این سرعت‌ها حاصل از مدلسازی در ماژول Flow Model FM یعنی خلیج تحت اثر همزمان پدیده‌های موج، باد و جزرومد می‌باشد. بررسی و کنترل این Rose Plot ها دید بهتری نسبت به جهت و سرعت جریان‌های وارد شده بر شناورهای ورودی به خلیج می‌دهد. مختصات نقطه ترسیم Rose Plotها در خلیج نقطه‌ای با مختصات (250000,2810000) است که در شکل (۶-۹) نشان داده شده است.



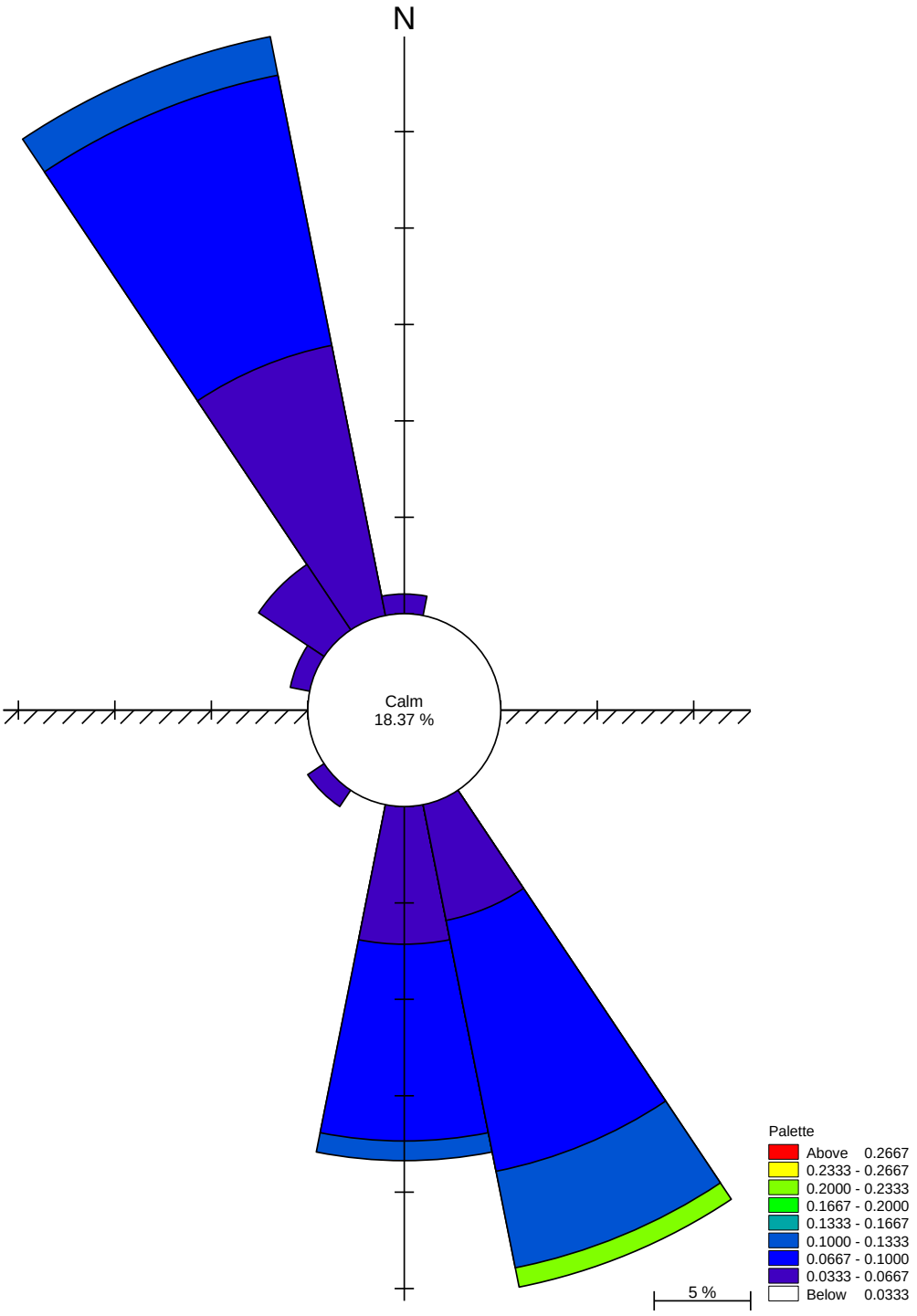

**شکل(۶-۹) محل برداشت خروجی Rose plot**



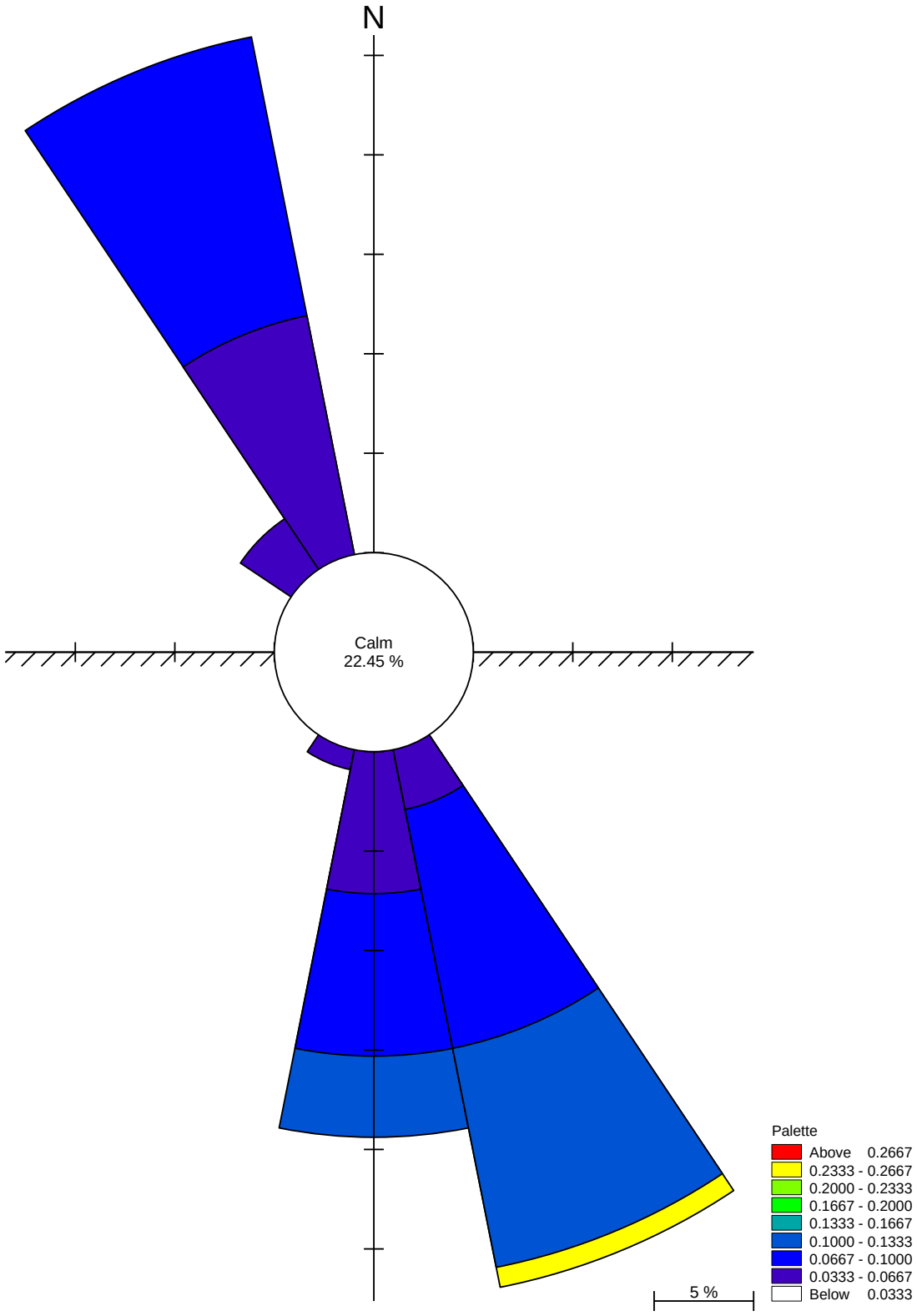

**شکل (۶-۱۰) ترسیم Rose plot در حالت Without STR**



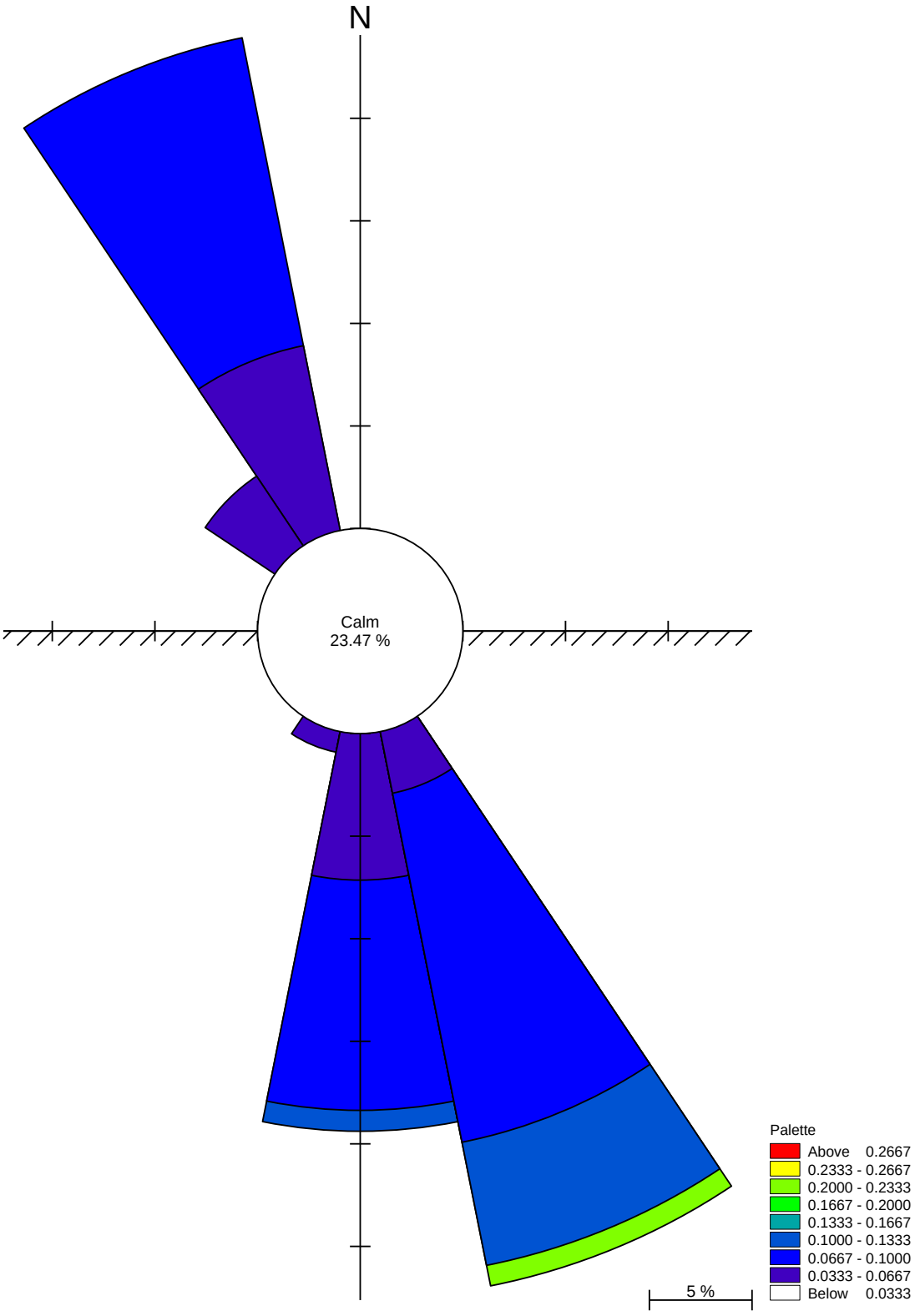

**شکل (۶-۱۱) ترسیم Rose plot در حالت STR 1**




**شکل (۶-۱۲) ترسیم Rose plot در حالت STR 2**




**شکل (۶-۱۳) ترسیم Rose plot در حالت STR 3**




**شکل (۶-۱۴) ترسیم Rose plot در حالت STR 4**

**جدول (۶-۱۰) امتیازدهی سازه‌ها برای مقایسه سرعت جریان ایجاد شده در خلیج با توجه به ترسیمه‌های Rose plot**

| Type | ماکزیمم بازه سرعت ایجاد شده در خلیج(m) | Rating |
|---|---|---|
| Without STR | (0.05-0.17) | ــــ |
| STR 1 | (0.03-0.13) | 5 |
| STR 2 | (0.03-0.23) | 3 |
| STR 3 | (0.03-0.27) | 2 |
| STR 4 | (0.03-0.23) | 3 |

باتوجه به جهت جریان در Rose plot های خروجی از نرم‌افزار مشاهده می‌شود بازه جهت‌های متوسط غالب ایجاد شده ۱۴۶درجه تا ۲۱۴درجه می‌باشد و البته می‌توان جریان‌ها در جهت متوسط ۳۲۶ درجه نیز در تمام سازه‌ها و حتی خلیج بدون سازه به عنوان جهت غالب مشاهده کرد، اما چون سرعت‌های ایجاد شده کم و در بازه ۰/۰۳ تا ۰/۲۷است می‌توان نتیجه گرفت که جریان قابل توجهی به شناورها وارد نمی‌شود.

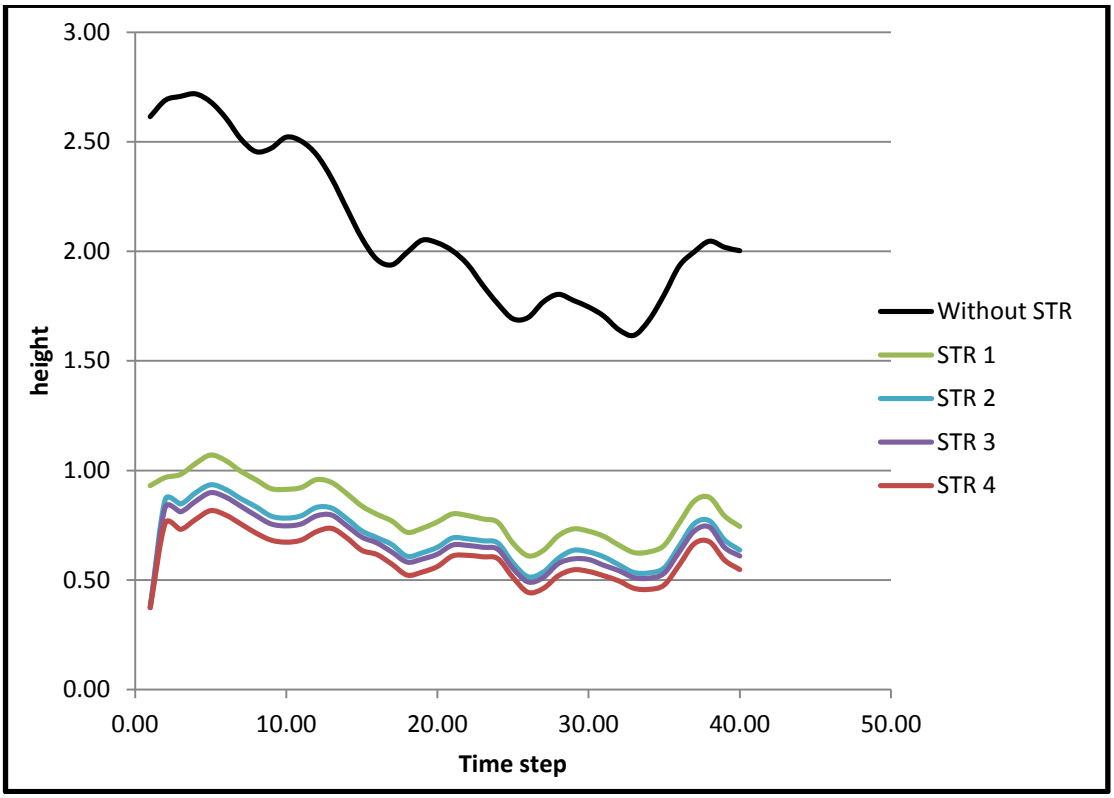
### ۶-۲-۳-۱-مقایسه نموداری ارتفاع مشخصه موج

مقایسه ارتفاع مشخصه موج در خلیج با سازه‌های مختلف در نقطه (250000,2810000) به صورت جدولی و نموداری در بازه زمانی بکارگرفته شده در مدلسازی ارائه می‌گردد.

**جدول (۶-۱۱) مقایسه ارتفاع امواج در خروجی نقطه‌ای**

| STR 4 | STR 3 | STR 2 | STR 1 | Without STR | Data |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.37 | 0.37 | 0.37 | 0.93 | 2.61 | 2002/07/24 00:00 |
| 0.76 | 0.83 | 0.87 | 0.97 | 2.69 | 2002/07/24 03:00 |
| 0.73 | 0.81 | 0.85 | 0.98 | 2.71 | 2002/07/24 06:01 |
| 0.78 | 0.86 | 0.90 | 1.03 | 2.72 | 2002/07/24 09:00 |
| 0.82 | 0.90 | 0.93 | 1.07 | 2.68 | 2002/07/24 12:00 |
| 0.80 | 0.88 | 0.91 | 1.04 | 2.61 | 2002/07/24 15:00 |
| 0.76 | 0.84 | 0.87 | 1.00 | 2.51 | 2002/07/24 18:00 |
| 0.71 | 0.79 | 0.83 | 0.96 | 2.45 | 2002/07/24 21:00 |
| 0.68 | 0.76 | 0.79 | 0.92 | 2.47 | 2002/07/25 00:00 |
| 0.67 | 0.75 | 0.78 | 0.91 | 2.52 | 2002/07/25 03:00 |
| 0.68 | 0.76 | 0.79 | 0.92 | 2.50 | 2002/07/25 06:00 |
| 0.72 | 0.79 | 0.83 | 0.96 | 2.44 | 2002/07/25 09:00 |
| 0.74 | 0.80 | 0.83 | 0.95 | 2.33 | 2002/07/25 12:00 |
| 0.69 | 0.75 | 0.78 | 0.89 | 2.20 | 2002/07/25 15:00 |
| 0.64 | 0.70 | 0.72 | 0.84 | 2.06 | 2002/07/25 18:00 |
| 0.62 | 0.67 | 0.69 | 0.80 | 1.96 | 2002/07/25 21:00 |
| 0.57 | 0.63 | 0.66 | 0.77 | 1.94 | 2002/07/26 00:00 |
| 0.52 | 0.58 | 0.61 | 0.72 | 2.00 | 2002/07/26 03:00 |
| 0.54 | 0.60 | 0.62 | 0.74 | 2.05 | 2002/07/26 06:00 |
| 0.56 | 0.62 | 0.65 | 0.77 | 2.04 | 2002/07/26 09:00 |
| 0.61 | 0.66 | 0.69 | 0.80 | 2.00 | 2002/07/26 12:00 |
| 0.61 | 0.66 | 0.69 | 0.79 | 1.94 | 2002/07/26 15:00 |
| 0.61 | 0.65 | 0.68 | 0.78 | 1.85 | 2002/07/26 18:00 |
| 0.60 | 0.64 | 0.67 | 0.76 | 1.76 | 2002/07/26 21:00 |
| 0.51 | 0.55 | 0.58 | 0.67 | 1.69 | 2002/07/27 00:00 |
| 0.44 | 0.49 | 0.52 | 0.61 | 1.70 | 2002/07/27 03:00 |
| 0.46 | 0.51 | 0.54 | 0.63 | 1.77 | 2002/07/27 06:00 |
| 0.52 | 0.58 | 0.60 | 0.70 | 1.80 | 2002/07/27 09:00 |
| 0.55 | 0.60 | 0.64 | 0.73 | 1.78 | 2002/07/27 12:00 |
| 0.54 | 0.59 | 0.63 | 0.72 | 1.75 | 2002/07/27 15:00 |
| 0.52 | 0.57 | 0.61 | 0.70 | 1.71 | 2002/07/27 18:00 |
| 0.50 | 0.54 | 0.57 | 0.66 | 1.64 | 2002/07/27 21:00 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.46 | 0.51 | 0.53 | 0.63 | 1.62 | 2002/07/28 | 00:00 |
| 0.46 | 0.51 | 0.53 | 0.63 | 1.69 | 2002/07/28 | 03:00 |
| 0.48 | 0.53 | 0.56 | 0.66 | 1.80 | 2002/07/28 | 06:00 |
| 0.57 | 0.63 | 0.66 | 0.76 | 1.93 | 2002/07/28 | 09:00 |
| 0.67 | 0.72 | 0.76 | 0.86 | 2.00 | 2002/07/28 | 12:00 |
| 0.67 | 0.74 | 0.77 | 0.88 | 2.05 | 2002/07/28 | 15:00 |
| 0.59 | 0.65 | 0.68 | 0.79 | 2.02 | 2002/07/28 | 18:00 |
| 0.55 | 0.61 | 0.64 | 0.74 | 2.00 | 2002/07/28 | 21:00 |




**شکل (۶-۱۵) مقایسه ارتفاع امواج در خروجی نقطه‌ای**

با توجه به این خروجی، عملکرد سازه‌ها به صورت زیر امتیازدهی می‌گردد.

**جدول (۶-۱۲) امتیازدهی عملکرد سازه‌ها  کاهش ارتفاع ایجاد شده در خروجی نموداری**

| **Type** | Rating |
|---|---|
| Without STR | ---- |
| STR 1 | 2 |
| STR 2 | 3 |
| STR 3 | 4 |
| STR 4 | 5 |

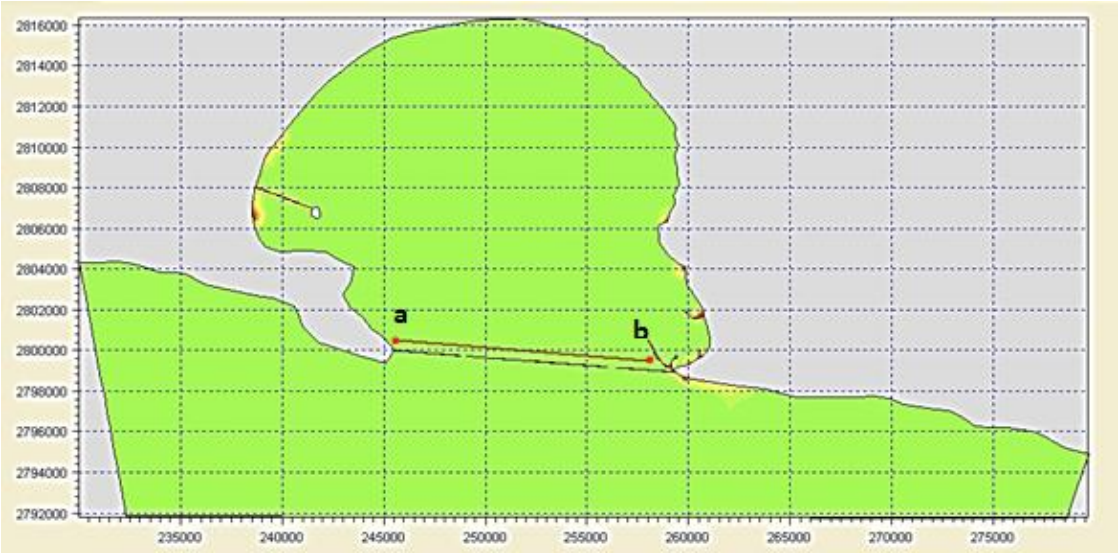
### ۶-۲-۴-خروجی خطی

**مقایسه ماکزیمم سرعت در خروجی‌ها در هر سازه:**

در این بخش با توجه به خروجی خطی که در فاصله کمی از سد و به موازات آن قرار گرفته است ماکزیمم سرعت جریان در بازشوهای سد مورد بررسی قرار می‌گیرد.(شکل۶-۱۵) فاصله میان محل استخراج خروجی خطی تا سد منقطع مورد ارزیابی، در تعدیل سرعت جریان و مقایسه منطقی‌تر سرعت‌ها کمک شایانی می‌کند. مختصات برداشت نقاط ابتدا و انتهای خروجی خطی(aوb) که در شکل (۶-۱۶) نشان داده شده است، در زیر ذکر شده است.

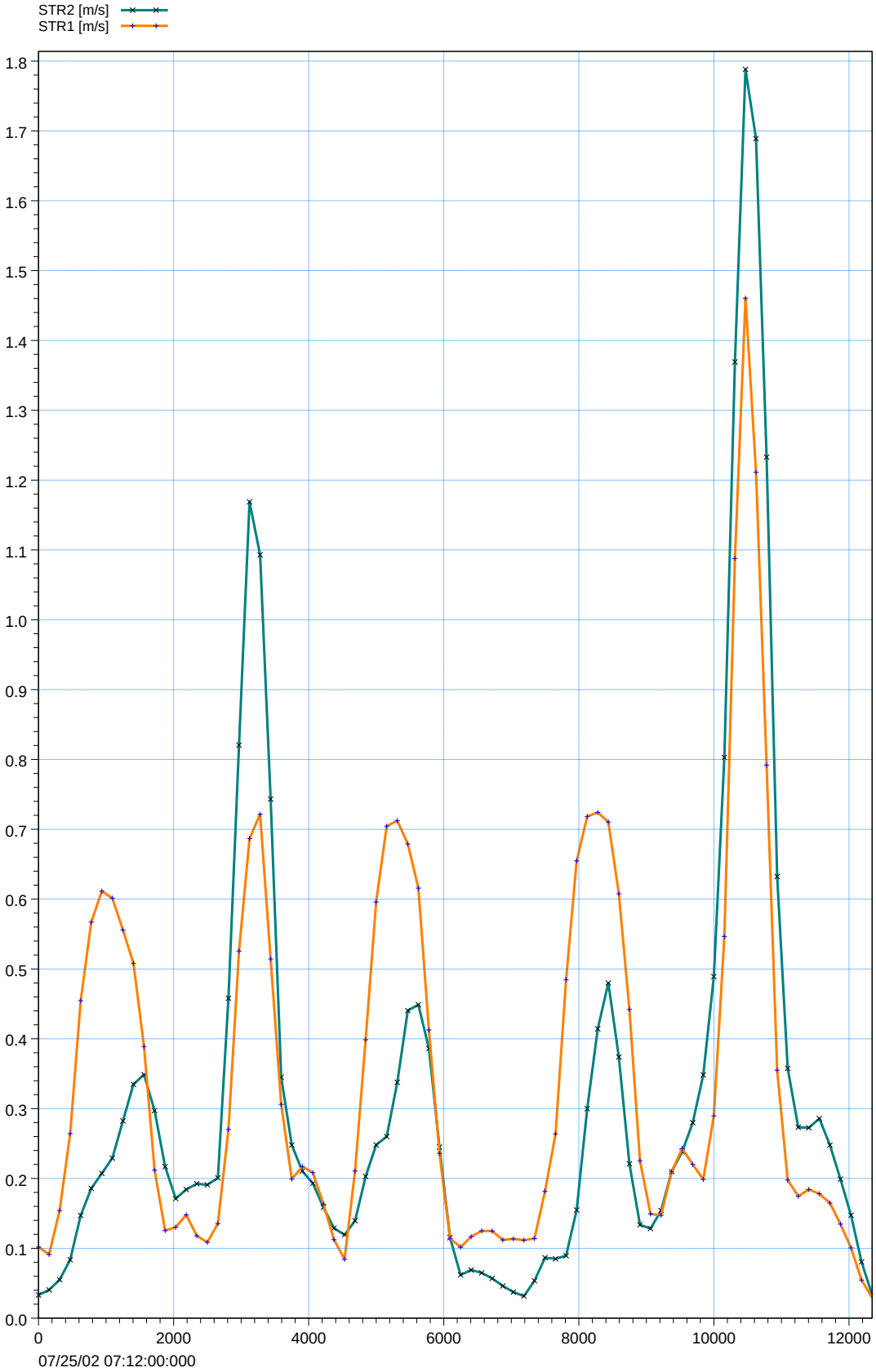
a(245700,2800500)

b(258000,2799480)

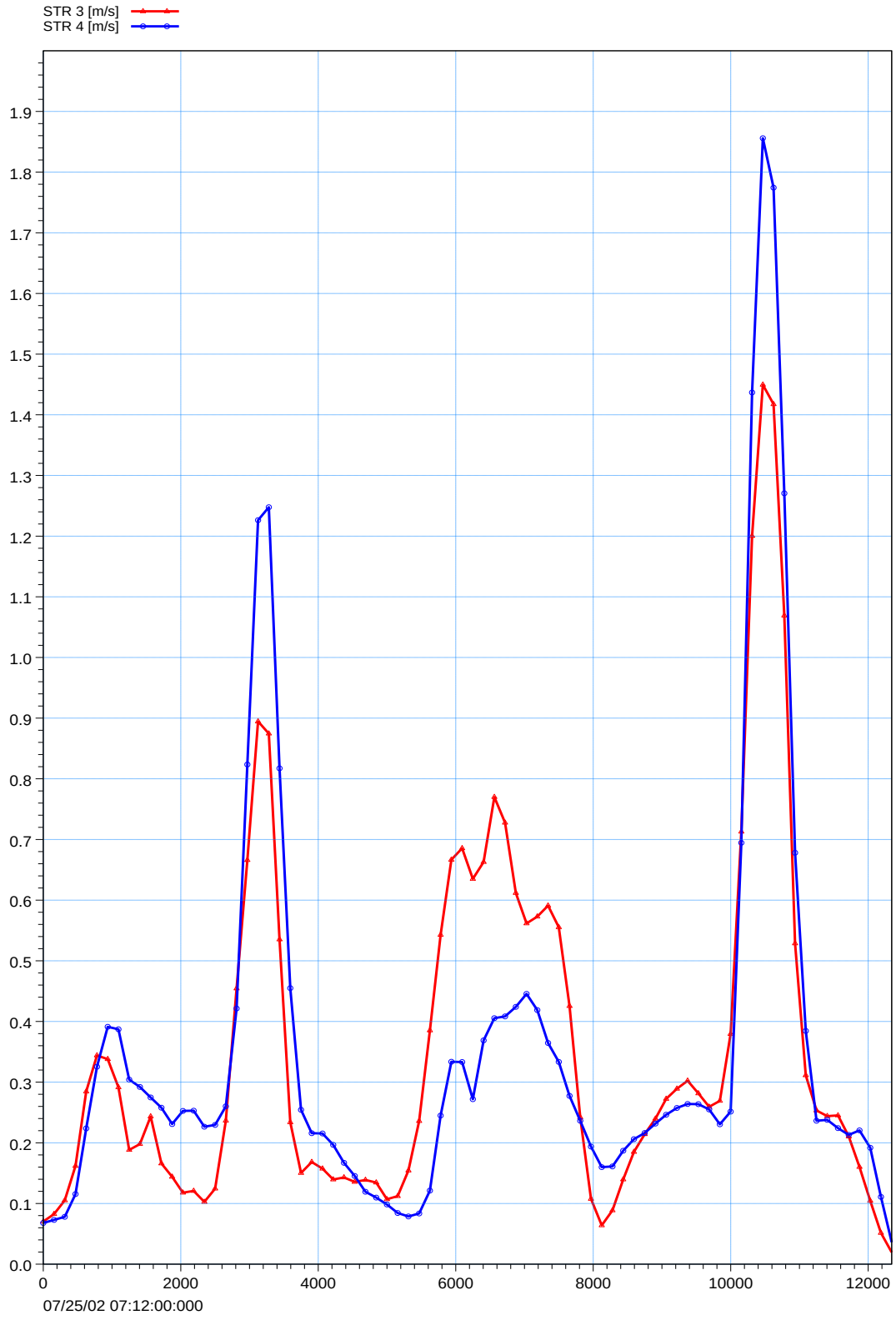



**شکل (۶-۱۶) محل برداشت خروجی‌های خطی**

در اشکال زیر پروفیل خطی در حالت ماکزیمم سرعت حاصل از بازشوهای هر سازه نشان داده شده است و در آخر با توجه به آنها، ارزش‌دهی هر سازه در این مورد نیز انجام شده است. نکته قابل ذکر در اینجا این است که ماکزیمم سرعت ها در گام زمانی26 و در تاریخ 2002/07/25 ساعت 07:12:00 صبح ایجاد می‌گردد.




**شکل (۶-۱۷) مقایسه ماکزیمم سرعت بازشوها در STR 1 و STR2**




**شکل (۶-۱۸) مقایسه ماکزیمم سرعت بازشوها در STR 3 و STR 4**

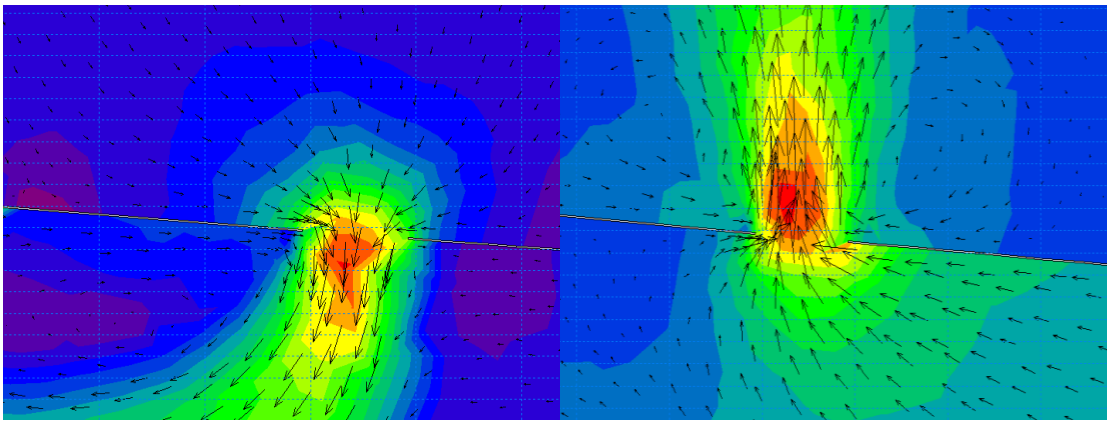
**جدول (۶-۱۳) امتیازدهی سازه‌ها در ماکزیمم سرعت بازشوهای کشتیرانی**

| Type | ماکزیمم سرعت در بازشو کشتیرانی300 متری(m/s) | ماکزیمم سرعت در بازشو کشتیرانی500 متری(m/s) | Rating |
|---|---|---|---|
| STR 1 | 0.72 | 1.46 | 5 |
| STR 2 | 1.16 | 1.78 | 3 |
| STR 3 | 0.89 | 1.45 | 4 |
| STR 4 | 1.23 | 1.88 | 2 |

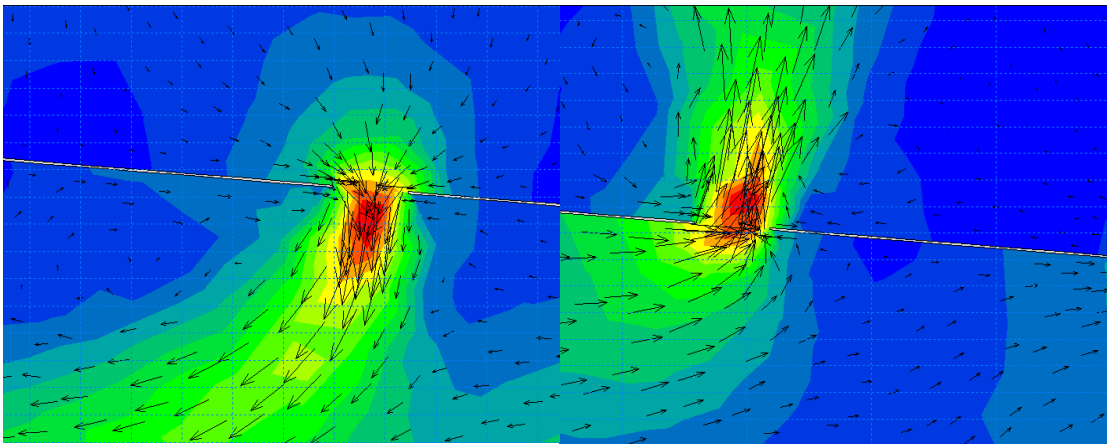
در مقایسه ماکزیمم سرعت بازشوها در STR1 و STR2 مشاهده می‌شود که سازه STR2 که سازه دارای بازشوهای زیست محیطی۳۰متری که در میان دیواره‌های۷۰متری قرار گرفته‌اند، سرعت در هردو بازشوکشتیرانی دارای مقدار بیشینه بوده و تفاوت سرعت بازشوهای زیست محیطی و بازشوهای کشتیرانی زیاد است. در مقابل در سازه STR1 که بازشوهای ۵۰ متری در میان دیواره‌های۵۰ متری قرار گرفته است، سرعت‌ها تعدیل می‌شود و به همین دلیل سرعت در بازشوهای کشتیرانی از مقدار بیشنه کاسته و در طول سد به صورت تقریبا یکنواخت و متناسب با عرض بازشوها توزیع شده است.

ماکزیمم سرعت بازشوها در STR 3 و STR4 نیز نشان می‌دهد که در سازه STR3 سرعت به صورت متناسب‌تری توزیع شده است و از ایجاد سرعت ماکزیمم در بازشوهای کشتیرانی ممانعت شده است. پس می‌توان نتیجه گرفت که اگر بازشوهای زیست محیطی به صورت هم عرض با دیواره‌های منقطع میان آنها طراحی شود و عرض بازشوهای زیست محیطی متناسب با ارتفاع امواج تولید شده در هر منطقه بهینه‌یابی شود و ماکزیمم عرض مورد استفاده قرار گیرد و دیواره‌های میان این بازشوها نیز هم عرض با بازشوها طراحی شوند، بهترین کارایی از سازه دیواره‌های منقطع کاهنده در یک منطقه قابل دستیابی است.

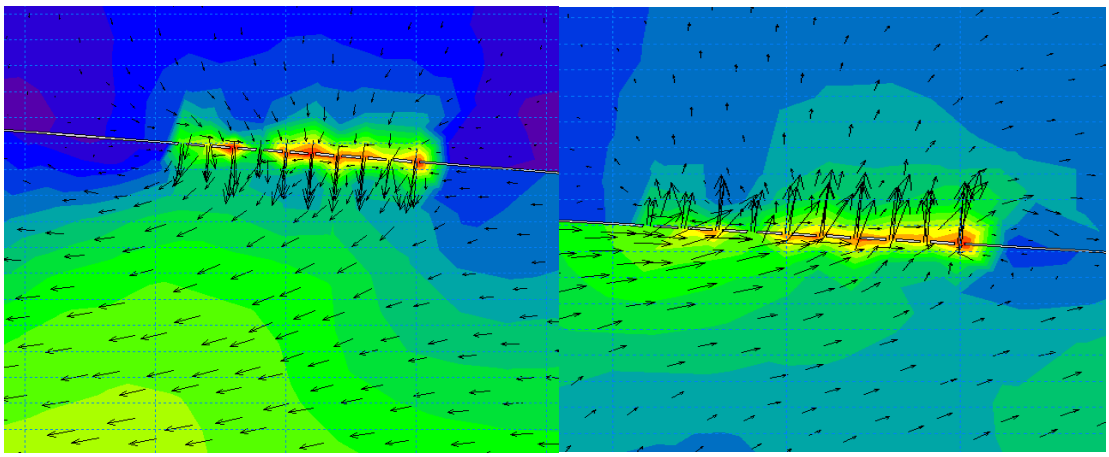
### ۶-۲-۵-بررسی ورود و خروج آب به خلیج:



بازشو ۵۰۰ متری



بازشو ۳۰۰متری



بازشوهای ممتد ۳۰ و۵۰ متری

شکل (۶-۱۹) ورود و خروج آب به خلیج در حالت وجود سازه‌ها

با ورود و خروج آب به خلیج، کمترین تغییرات زیست محیطی ایجاد می‌شود و کارایی سازه در خلیج دوچندان می‌شود. این تغییرات در خروجی ویدئویی به وضوح قابل مشاهده است و در اینجا با توجه به شکل (۶-۱۳) می‌توان ورود و خروج جریان را از میان بازشوها کنترل نمود.

- حوضچه آرامش به محدوده حفاظت شده‌ای از نواحی ساحلی اطلاق می‌گردد که در داخل آن امکان پهلوگیری و لنگراندازی ایمن شناورها مهیا باشد.

ایجاد محدوده امن در مقابل هجوم امواج و جریانهای دریایی و دستیابی به محوطه‌ای آرام، جهت پهلوگیری و توقف شناورها از آنجا ضرورت می‌یابد که عملیات بارگیری، تخلیه، تعمیرات شناورها و تردد شناورها، نیاز به سکون نسبی شناور خواهد داشت.

در صورت وجود امواج نامطلوب در محدوده پهلوگیری شناور، حرکات ناخواسته ای بر شناور تحمیل می‌گردد که نتیجه آن از بین رفتن شرایط مناسب جهت ارتباط لازم میان شناور و ساحل و نیز احتمال بروز عوارض منفی نظیر آسیب‌های جدی بر روی بدنه شناور و یا سازه اسکله خواهد بود. بنابراین در طراحی یک بندرگاه، طراحی یک حوضچه آرامش که نفوذ امواج به داخل آن کنترل شده باشد، ضرورت تام دارد. معیار اصلی آرامش یک حوضچه، میزان ارتفاع امواج نفوذ یافته در نقاط مختلف حوضچه است.

از آنجا که شناورها بر حسب ابعاد و ظرفیت خود از امواج تأثیر می پذیرند، لذا تعیین امواج مجاز با توجه به ظرفیت شناورها صورت می پذیرد. جدول (۶-۱۲) ارتفاع مجاز امواج را بر حسب تناژ ناخالص شناورها معرفی می‌نماید[۲۱].

**جدول(۶-۱۴) ارتفاع مجاز امواج در داخل حوضچه آرامش**

| نوع شناور | ارتفاع موج مجاز (متر) |
|---|---|
| کوچک($\leq$500GT) | 0.3 |
| متوسط(500-10000GT) | 0.5 |
| بزرگ(10000-50000) | 0.7 تا 1.0 |
| خیلی بزرگ($\geq$ 50000GT) | 1 تا 1.5 |

تعریف انواع مختلف ظرفیت، به شرح زیر می باشد :

الف) ظرفیت ناخالص $GT$

مقدار ظرفیت بخش های محصور یک شناور است. ظرفیت ناخالص شاخصی است که اندازه شناور را مشخص می کند.

ب) ظرفیت وزن مرده $DWT$

حداکثر وزن (برحسب تن) باری است که یک شناور می تواند بارگیری نماید.

رابطه بین ظرفیت وزن مرده(DWT) و ظرفیت ناخالص(GT)برای انواع مختلف شناورها که از ظرفیت وزن مرده به عنوان شاخص استفاده می‌کنند.

کشتی‌های باری $GT = 0.541DWT$

کشتی‌های کانتینری $GT = 0.880DWT$

تانکرهای نفت $GT = 0.553DWT$

شناورهای رو رو $GT = 0.808DWT$

براساس روابط بالا و کشتی‌های طرح که در فصل سازه دیواره‌های منقطع کاهنده براساس جداول تعیین گردید داریم:

برای کشتی باری با ظرفیت وزن مرده ۴۰۰۰۰تن، ظرفیت ناخالص برابر است به۲۱۶۴۰تن

برای کشتی کانتینری با ظرفیت وزن مرده ۴۰۰۰۰تن، ظرفیت ناخالص برابر است به۳۵۲۰۰تن

برای کشتی تانکرهای نفت با ظرفیت وزن مرده ۵۰۰۰۰تن، ظرفیت ناخالص برابر است به۲۷۶۵۰تن

برای کشتی باری با ظرفیت وزن مرده ۱۰۰۰۰تن، ظرفیت ناخالص برابر است به۸۰۸۰تن

بنابر محاسبات بالا سرعت در نزدیک سواحل باید در محدوده ۰/۷تا ۱/۵متر بر ثانیه قرار داشته باشد که با توجه به سری های محدوده‌ای ارائه شده در شکل‌های (۶-۵) تا (۶-۸)، با تقریب خوبی (البته با رعایت ایمنی بیشتر در بخش شمالغربی خلیج) می‌توان گفت که تمامی سازه ها در این مورد پاسخگو هستند. [۲۲]

- در کتاب مهندسی سواحل و بنادر ایران، تالیف دکتر شاپور طاحونی ذکر می‌گردد که در صورت امکان، حداکثر سرعت جریان در ورودی حوضچه ۱/۵ m/s (۳ نات) محدود می-گردد[۲۷].
- بنابر بر منابع[۲۵] [۳۹][۴۰] می‌توان ماکزیمم سرعت در در بازشوها را در بازه ۳ تا ۵ نات یعنی بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر بر ثانیه محدود کرد. که دراینصورت سرعت در کلیه بازشوها در محدوده مجاز خواهدبود.

# فصل هفتم

# نتیجه‌گیری و پیشنهادات

## ۷-۱-پیشگفتار

این پژوهش با هدف ارزیابی تاثیر احداث دیواره‌های منقطع در دهانه خلیج‌ها بر فرآیندهای هیدرودینامیکی، زیست محیطی و افزایش کاربری دریایی/بندری این محیط‌های ویژه انجام پذیرفت، که در آن با استفاده از داده‌های دریافتی از سازمان بنادر ودریانوردی به شبیه‌سازی امکان‌سنجی اجرای این سازه در خلیج چابهار واقع در جنوب استان سیستان وبلوچستان با استفاده از نرم افزار Mike 21 پرداخته شده است. پس از بررسی روش‌های حفاظت از سواحل و بیان مزیت‌های این سازه نسبت به روش‌های دیگر، و بررسی لزوم پیشرفت هرچه سریعتر در زمینه حمل ونقل دریایی در ایران و بخصوص در خلیج چابهار، چهار چیدمان المانی برای سازه دیواره منقطع در منطقه مورد ارزیابی و تفسیر قرار گرفت و نتایج و تفسیر خروجی‌های مدلسازی در فصل ششم ارائه گردید. در این فصل با توجه به امتیازدهی سازه‌ها در فصل ششم، به جمع بندی نهایی پرداخته شده و چیدمان با بهترین عملکرد معرفی می‌گردد.

## ۷-۲-نتیجه‌گیری

اگر خلیج در حالت بدون سازه و تحت ضوابط جدول (۷-۱) امتیازدهی شود، مجموع امتیازها ۳۰خواهد بود، ملاک برگزیدن چیدمان با بهترین عملکرد، نزدیک بودن عملکرد خلیج دارای سازه به خلیج در حالت طبیعی است تا کمترین اثرات زیست محیطی را در بر داشته باشد، البته با این تفاوت که با وجود سازه محیط آرام و بدون تلاطم امواج جهت عملیات تردد، تخلیه و بارگیری و مانور برای شناورها تبدیل شود. به عبارت دیگر، پیش‌بینی می‌شود که خلیج چابهار به یک مگاپورت با بهترین راه‌های ارتباطی و امکان توسعه آتی نامحدود تبدیل گردد.

**جدول (۷-۱)جمع‌بندی امتیاز سازه‌ها تحت خروجی‌های نرم‌افزار**

| | دبی خروجی | مینیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج بنابر خروجی‌های محدوده‌ای | ماکزیمم بازه ارتفاعی ایجاد شده در خلیج بنابر خروجی‌های محدوده‌ای | سرعت جریان در خروجی Roseplot | کاهش ارتفاع ایجاد شده در خروجی نموداری | ماکزیمم سرعت بازشوها در خروجی خطی | **جمع کل** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **STR 1** | 3 | 3 | 3 | 5 | 2 | 5 | 21 |
| **STR 2** | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 19 |
| **STR 3** | 5 | 3 | 5 | 2 | 4 | 4 | 23 |
| **STR 4** | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 2 | 19 |

پس می‌توان نتیجه گیری کرد که سازه STR 3 یعنی سازه دیواره منقطع کاهنده با چیدمان المانی پیشنهادی به صورت دو سری بازشو ۵۰ متری، به تعداد ۱۰ بازشو در سری اول با ارتفاع تقریبی ۱۴- متر و ۲۰عدد بازشو در سری دوم با ارتفاع متوسط ۱۶/۵- متر که در میان دیواره‌های ۵۰ متری قرار گرفته است و دو بازشو کشتیرانی، یک بازشو برای شناورها متوسط و کوچک با ابعاد ۱۴*۳۰۰ مترمربع در سمت چپ سازه و یک بازشو برای شناورهای بزرگ دارای ابعاد ۱۸*۵۰۰ مترمربع به عنوان بهترین چیدمان معرفی‌می‌گردد.

با توجه به بررسی تغییرات ایجاد شده در خلیج دارای سازه دیواره منقطع کاهنده، ملاحظه می‌شود که اجرای این سازه تغییرات قابل ملاحظه‌ای از جهت ارتفاع امواج و سرعت جریان در بازشوها و ایجاد تلاطم در خلیج ایجاد نمی‌کند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پیش‌بینی امکان اجرای سازه دیواره منقطع البته پس از بهینه‌یابی چیدمان المان‌ها، آنالیز اقتصادی، بررسی جنس خاک در ساختگاه سازه، و بررسی تغییرات مورفولوژیکی در منطقه، به عنوان یک راه‌حل بهینه برای حفاظت از ساحل و به وجود آوردن مگاپورت‌ها با کاربری‌های مختلف، دور از تصور نبوده و می‌تواند به عنوان یک راه‌حل حفاظتی خوب مورد ارزیابی قرار گیرد.

## پیشنهادات

- بررسی چیدمان بهینه المان‌های سد، اعم از بازشوهای زیست محیطی و کشتیرانی.
- یافتن رابطه بین کاهش ارتفاع لازم امواج در منطقه و تعداد و ابعاد بازشوها، بصورتی که کمترین اثرات زیست محیطی قابل دستیابی باشد.
- بهینه یابی ابعاد بازشو(های) کشتیرانی با توجه به کشتی طرح و ترافیک منطقه مطالعاتی.
- بررسی و تحقیق در مشخصات بستر سازه دیواره منقطع کاهنده و تاثیر حفاظت بستر در الگوی مورفولوژیکی خلیج.
- مدلسازی منطقه از لحاظ سرعت و زمان واقعی عبور شناورها از بازشوهای کشتیرانی.
- آنالیز اقتصادی ساخت سازه دیواره منقطع کاهنده در مقایسه با دیگر روش‌های حفاظت ساحلی و تبدیل خلیج به مگاپورت با کاربری های متعدد.
- مدلسازی سه بعدی سازه دیواره منقطع در یک منطقه و ارزیابی اثرات هیدرودینامیکی، مورفولوژیکی، زیست محیطی و کابری دریایی/ بندری آن.

## منابع و ماخذ


[۱] دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، بخش هفتم: تجهیزات محافظت بندر، نشریه شماره ۶۳۶، وزارت راه و شهرسازی، سازمان بنادر و دریانوردی، معاونت توسعه و تجهیز بنادر، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، ۱۳۹۲.

[۲] کرامت نصیری راد،"روش ساخت موجشکن"، چاپ اول، ۱۳۹۱.

[۳] آیین نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران نشریه شماره۵- ۳۰۰، موجشکن‌ها و سازه‌های حفاظتی، دفتر امور فنی تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، وزارت راه وترابری، معاونت آموزش تحقیقات و فناوری پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۵.

[4] P.T. van Westendorp BSc, O. Koster BSc, M. Reijm BSc, 2014, "MOSE project Italy , Immersion of the Chioggia Flood BarrierCaissons", Proceedings of the World Tunnel Congress 2014 – Tunnels for a better Life. Foz do Iguaçu, Brazil.

[5] PIANC InCom WG26 (Working Group), 2005, "Design of Movable Weirs and Storm Surge Barrier"

[۶] مریم زواره ، کاوه مدنی لاریجانی،"«دلتا» پروژه سد متحرک"، دانشکده فنی دانشگاه تبریز.

[7] L. de Boom,2013,"Reduction Barrier", Master of Science, Prof.ir.drs. J.K. Vrijling, TU Delft, Hydraulic Engineering, Chairman. Ir. A. Van der Toorn, TU Delft, Hydraulic Engineering, Daily supervisor. Dr.ir. R.J. Labeur, TU Delft, Fluid Mechanics, Ir. G.R. Spaargaren, Witteveen+Bos, Daily supervisor. Delft University of Technology. Faculty of Civil Engineering and Geosciences.

[۸] مطالعات حمل و نقل دریایی، بخش ششم، صفحه ۷۵.

[۹] گزارش سالیانه سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، غیر نفتی

[۱۰] کمری بیدکرپه م، ۱۳۸۸، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، " بررسی امواج ناشی ازطوفان های حاره ای در سواحل چابهار"، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

[۱۱] یگانه محلاتی س، زارع ح، محمدی ع، ۱۳۹۱، "بررسی جایگاه ، راهکارها و مراحل ارتقاء بندر چابهار به یک بندر نسل سومی"، اولین همآیش ملی توسعه سواحل مکُران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران، کد مقاله: ۱۰۷۶.

[۱۲] نشریه داخلی سازمان بنادر و دریانوردی سال چهارم / نیمه دوم دی ۱۳۸۹ / شماره۵۹

[13] S.N. Jonkman, M. van Ledden, K.T. Lendering, L. Mooyaart, K.J. Stoeten, P. de Vries, A. Willems, R. de Kort , Report Galveston Bay, Bolivar Roads Flood Risk Reduction Barrier: Sketch design,2013.

[۱۴] کهنه پوشی آ.، ۱۳۸۶، تحلیل امواج ناشی از باد در منطقه دریایی چابهار با استفاده از مدل Mike21 و مقایسه آن با داده‌های اندازه‌گیری شده، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۱۳۵.

[۱۵] داداش پور ج.، ۱۳۸۶، محاسبه و فرمولاسیون اثر ضریب درگ سطح دریا روی حوضه خلیج چابهار و محاسبه بودجه گرمایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون، دانشگاه آزاد اسلامی، ص ۱۴۷.

[۱۶] کیانی مقدم م، تهمک ح، ایرانشاهی س، ۱۳۹۱، "تحلیلی بر وضعیت و ظرفیت بندر چابهار در مقایسه با بندر گوادر جهت تبدیل شدن به دروازهی شاهراه اقتصادی آسیای میانه و اروپای شرقی"، اولین همآیش ملی توسعه سواحل مکُران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران، کد مقاله:۴۰۰۴.

[۱۷] وفایی ب، ۱۳۸۹،" مطالعه میدانی روند تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکی آب در خلیج چابهار"،پایان نامه کارشناسی ارشد، دکتر وحید چگینی، دکتر مجتبی عظام، دکتر عباس سقایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

[۱۸] سعیدپور ب.، ۱۳۷۳، شناسایی خرچنگهای منطقه جزر و مدی خلیج چابهار و سواحل اطراف آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی، ص ۱۲۱.

[۱۹] کمیجانی ف.، ۱۳۸۶، مطالعه روند تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکی دما، شوری و چگالی در خلیج چابهار، ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

[۲۰] اولیازاده ن.، ۱۳۸۸، مطالعه اثرات مونسون بر روی یک جبهه میان مقیاس اقیانوسی (راس الحد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

[۲۱] آیین نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران نشریه شماره۷- ۳۰۰، آبراهه و حوضچه، دفتر امور فنی تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، معاونت آموزش تحقیقات و فناوری پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۵.

[۲۲] دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، بخش دوم: شرایط طراحی، نشریه شماره ۶۳۱، وزارت راه و شهرسازی، سازمان بنادر و دریانوردی، معاونت توسعه و تجهیز بنادر، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، ۱۳۹۲.

[23] Approach Channels Preliminary Guidelines /First Report of PIANC- TAPH Working Group II-30in Cooperation with IMPA & IALA

[24] Design Manual NO. 26 /US Corps of engineers

[25] Jennifer K. WATERS, LT Alan L. BLUME, 2002, "Ensuring the Safe and Efficient Movement of Ships in Channels", PIANC 2002, 30th INTERNATIONAL NAVIGATION CONGRESS S8C P121,SYDNEY- SEPTEMBER 2002

[۲۶] فرهادزاده علی، شفیعی‌فر مهدی، ۱۳۸۵ ،"بررسی تحلیلی مدلهای موجود جهت مدلسازی روگذری موج در سازه های ساحلی"، هشتمین همایش صنایع دریایی ۹ لغایت ۱۱ آبان ۱۳۸۵ استان بوشهر.

[۲۷] "*مهندسی سواحل و بنادر*"، طاحونی ش، میر گلوی بیات م، ۱۳۸۸، انتشارات علم و ادب، تهران.

[۲۸] سازمان بنادر و دریانوردی،۱۳۸۷، "*مدلسازی امواج دریاهای ایران*"، جلد دوم: خلیج فارس و دریای عمان،چاپ اول، سازمان بنادر و دریانوردی، مجری چاپ:ماهنامه بندر و دریا.

[۲۹] راهنمای طراحی و اجرای سازه‌ای حفاظت سواحل، نشریه شماره ۶۲۹،معاونت نظارت راهبردی، امور نظام فنی، وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا،۱۳۹۲.

[۳۰] سلطانپور م، نیرومند ب، ۱۳۹۱، استخراج مدل طیف موج مناسب در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

[31] Battjes, J.A. and J.P.F.M. Janssen, 1978: Energy loss and set-up due to breaking of random waves, Proc. 16 th Int. Conf. Coastal Engineering, ASCE, pp. 569-587,1978

[32] Eldeberky, Y. and J.A. Battjes, Parameterization of triad interactions in wave energy models, Paper presented at Coastal Dynamics Conference, ASCE, Jdask, Poland,1995.

[33] Komen, G.J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, S. and P.A.E.M. Janssen, 1994: Dynamics and Modelling of Ocean Waves, Cambridge University Press, 560 pp, UK, 1994.

[34] Weber, S.L., Bottom friction for wind sea and swell in extreme depth-limited situations, Journal of Physical Oceanography, Vol.10, pp. 1712-1733, 1991.

[35] Jonsson, I.G. and N.A. Carlsen, 1976: Experimental and theoretical investigations in an oscillatory turbulent boundary layer, Journal of Hydraulic Research, Vol. 14, pp.45-60,1976.

[36] User Manuals Scientific Documentation Of Mike 21 Flow model. (2009), ”www.mikebydhi.com”.

[37] Mike 21 & Mike 3 Flow Model FM, Hydrodynamic Module, Short Description.

[38] Mike 21 & Mike 3 Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Significant Documentation.

[39] J. W. Johnson, SHIP WAVES IN NAVIGATION CHANNELS, Department of Engineering, niversity of California Berkeley, California, chapter 40.

[40] Coastal Engineering Technical Note, 1999, Deep-Draft Coastal Navigation Entrance Channel Practice.

## Abstract

Nowadays, economic, safe, and fast Transportation is one of the most important concerns. Among all the common transportation options, oceanic transportation due to its capability of transporting high volume/number of freight and passengers, cost, safety is more welcoming. This fact encourages the efficient, safe, and most employment of existing maritime borders in order to build up the necessary infrastructure. Basically, the construction of piers, port, sea transit equipment, and oceanic transportation need the protection schemes including the wave walls, coastal protection, and breakwaters. However, in the reviewing process and selection of shore protection structures, it should be considered that the selected structure should have a marginal effect on the environmental conditions, ecosystem, and climate of the site. Also, at the same time, the structure should have negligible impact on the ship transportation capacity and if possible, increase it. In this process, economic considerations should be taken into account. Considering the above mentioned, this research attempts to investigate the reduction barrier's system as one of the modern structures. It is shown that with employment of such structures, instead of building multiple breakwaters at each port in the Chabahar Bay, safe and calm environment for vessel operations could be achieved which results in a more economically-efficient scheme.

**Keywords:** Coastal Protection, Reduction Barrier, Chabahar Bay, Mike 21.

**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Civil Engineering**

# Effects of Reduction Barrier Construction on Bays' Hydrodynamic Circulation, Environmental Processes and Performance. Case study on Chabahar Bay, Iran

**Fahime Sajadianfard**

**Supervisor:**

**Dr. Mehdi Adjami**

February 2015