



## ORIGINAL RESEARCH PAPER (Engineering)

## Introducing Sand Bypass System and feasibility study of its application to Iran's Makran ports

Ali Soltani<sup>1</sup>, Aliasghar Golshani<sup>2,\*</sup>, Mohammad Hasan Ramesht<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. Coastal Engineering, Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Professor, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

## ARTICLE INFO

Code: A-10-1080-2

## Article History:

Received: 06/10/2020

Revised: 24/01/2021

Accepted: 13/12/2020

## Keywords:

Sediment transport

Coastal currents

Makran

Sediment Bypassing System

Numerical Modeling

\*Corresponding author:

[ali.golshani@iauctb.ac.ir](mailto:ali.golshani@iauctb.ac.ir)

## ABSTRACT

Due to coastal areas' dynamic nature, sediment transport frequently changes the shape and morphology of coastal profiles. During the time, coastal areas adjust their sedimentation regimes to such changes. Although constructing structures such as breakwaters and jetties in coastal areas results in disorder in their natural sedimentation regime. To restore the natural regime, Sand Bypassing Systems (SBS) has been introduced and employed for near a century in countries such as Australia and USA. This study aims to assess the possibility of implementing SBS around ports of Iran's Makran coasts. In this regard, first, components of SBS are described. Then, the successful worldwide examples of the established systems and the sediment transport pattern around the ports of Iran's Makran coasts were studied. Finally, by providing general guidelines for using this system in the studied area, results of numerical modeling were also used for two ports of Beris and Ramin to propose SBS in detail.

 [10.52547/joc.12.45.1](https://doi.org/10.52547/joc.12.45.1)

©2021 JOC. All rights reserved



NUMBER OF TABLES

2



NUMBER OF FIGURES

10



NUMBER OF REFERENCES

22

## مقاله پژوهشی (مهندسی)

## معرفی سامانه کنارگذری ماسه‌ای و امکان‌سنجی پیاده‌سازی آن در بنادر سواحل مکران ایران

علی سلطانی<sup>۱</sup>، علی اصغر گلشانی<sup>۲\*</sup>، محمدحسن رامشت<sup>۳</sup><sup>۱</sup> کارشناس ارشد سازه‌های دریایی و مهندسی سواحل، دانشگاه آزاد اسلامی- تهران مرکز، تهران، ایران<sup>۲</sup> استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی- تهران مرکز، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵	سواحل در سراسر دنیا، تحت تأثیر عوامل اقلیمی همواره با تغییر در چهره و نیمرخ ساحلی روبرو بوده‌اند. اما با این حال پس از گذشت مدت زمانی، تعادل دینامیکی در سواحل حاکم شده و در طول زمان از الگوی فرسایش و رسوب گذاری مشخصی تبعیت می‌نماید. در سالیان گذشته مداخلات انسانی مثل ساخت موج‌شکن‌ها، الگوی طبیعی چرخه رسوبی سواحل را مختل نموده است. به منظور رفع این اختلال، نزدیک به یک قرن است در کشورهای نظیر استرالیا و آمریکا استفاده از سامانه کنارگذری ماسه مورد توجه واقع شده است. این مقاله ضمن تبیین ابعاد مختلف سامانه کنارگذری، به مطالعه وضعیت رسوبی بنادر سواحل مکران پرداخته و با مطالعه نمونه‌های موفق در جهان، امکان پیاده‌سازی این سامانه در سواحل مکران ایران را مورد بررسی قرار داده است. در انتها به طور ویژه برای بنادر بریس و رمین از نتایج مدل‌سازی‌های عددی استفاده شده و پیشنهاد سامانه کنارگذری ماسه در آن‌ها با جزییات کامل‌تر صورت گرفته است.
تاریخ بازبینی: ۱۳۹۹/۱۱/۰۵	
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۳	
<b>واژگان کلیدی:</b> انتقال رسوب جریان‌ات ساحلی سواحل مکران کنارگذری رسوب مدلسازی عددی. *نویسنده مسئول ✉ ali.golshani@iauctb.ac.ir	

## مقدمه

مناطق ساحلی از لحاظ عملکرد متقابل زمین، آب و شرایط جوی نواحی پویا هستند که در عین متأثر از تغییرات دائم طبیعی و مداخله انسانی هستند [۱]. عوامل مختلفی نظیر عملکرد زمین‌ساختی<sup>۱</sup> منطقه، فعالیت‌های انسانی، تغییرات اقلیمی، عوامل هیدرودینامیکی شامل امواج و جریان‌های دریایی و تغییرات تراز سطح دریا می‌توانند اشکال زمین‌ریخت‌شناسی<sup>۲</sup> مناطق ساحلی را دچار تغییر نمایند [۲، ۳]. در واقع فعل و انفعالاتی که منجر به تغییر شکل سواحل می‌شود، اکثراً دارای منشأ رسوبی بوده و نهایتاً در قالب تغییرات خط ساحلی بروز داده خواهند شد. کمیته بین‌المللی داده‌های جغرافیایی<sup>۳</sup>، خط ساحلی را به عنوان یکی از ۲۷ پدیده مهم سطح کره زمین معرفی کرده است [۴].

از طرفی رسوب‌گذاری در کانال‌های دریانوردی به یک مشکل عمده برای مسئولان بندری تبدیل شده است و این مسئله منجر به تحمیل هزینه‌های سنگین جهت لای‌روبی شده است. در مقابل فرسایش برخی دیگر از نواحی ساحلی که معمولاً در پایین دست سازه‌های عمود بر ساحل مشاهده می‌شود، تهدیدی برای زیرساخت‌ها، منابع و

اراضی ساحلی محسوب می‌گردد. هزینه‌های بالای لای‌روبی و حفاظت از ساحل سبب شده است که مطالعات زیادی در این زمینه انجام و روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای مدیریت صحیح در منطقه و کاهش یا جبران بخشی از خسارات وارده پیشنهاد گردد [۵].

در این رابطه اما، از ۲۰ سال گذشته تاکنون، مطالعات مرتبط زیادی صورت گرفته شده است. از جمله اقدامات اولیه و بنیادین در این حوزه می‌توان به مطالعه روزتی و کراوس [۶] اشاره نمود که به مطالعه تغییر تدریجی ساحل در اثر موج شکن‌ها، اسکله‌ها و سایر عوارض که در خط ساحل ایجاد شده پرداختند. این پژوهش عدم تقارن در اشکال ساحلی را نتیجه گسترش ساخت و سازها و احداث سازه‌های ساحلی می‌داند، زیرا این سازه‌ها باعث افزایش رسوب گذاری در بالادست و فرسایش در پایین دست می‌شوند. اگر چه پیشتر از آن مطالعاتی نظیر دگاچی و ساواراگی [۷] و بعد از آن نیز مانند نیلسن و همکاران [۸] صورت گرفته که سعی در شفاف‌تر ساختن اثرات هیدرودینامیک مناطق ساحلی بر مساله انتقال رسوب داشته‌اند. رفته رفته با توسعه مدل‌های عددی رایانه‌ای، استفاده از مدل‌های ریاضی جهت شناخت الگوی هیدرودینامیکی خاص هر منطقه و انتقال رسوب ساحلی در آن‌ها مورد توجه پژوهشگران واقع شده که نمونه‌ای از آن‌ها در سال‌های دورتر در مطالعات سیگل و

<sup>1</sup> Tectonics<sup>2</sup> Geomorphologic<sup>3</sup> International Geographic Data Committee

بر مبنای این مساله پایه ریزی شده و بر اساس اصول ساده‌ای عمل می‌کند که شامل لای‌روبی، انتقال و تخلیه رسوبات می‌شود [۱۶].

#### ۱-۲ طبقه‌بندی سامانه کنارگذری ماسه

به منظور شناخت بهتر سامانه کنارگذری، طبقه بندی آن بر اساس معیارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. بایستی توجه داشت که طبقه بندی ارائه شده ممکن است دارای همپوشانی باشد، چراکه هر سامانه کنارگذری ممکن است جهت پاسخگویی به شرایط مختلف و متنوعی طراحی شده باشد.

#### ۱-۲-۱ طبقه‌بندی سامانه از لحاظ هدف

هنگامی که سازه‌ای در امتداد مسیر طبیعی انتقال رسوب مانعی ایجاد نماید، رژیم طبیعی کنارگذری را دچار اختلال می‌کند. این مساله علاوه بر فرسایش سواحل پایین دست، به علت اثر گذاری بر موقعیت مسیرهای ناوبری می‌تواند برای شناورها خطراتی را ایجاد نماید. بر این اساس و به طور خلاصه می‌توان از لحاظ هدف برپایی، سامانه کنارگذری را به صورت زیر طبقه بندی نمود:

۱. کاهش فرسایش در پایین دست و ترسیب در بالادست سازه‌ها.

۲. پایدار نمودن کانال‌های ناوبری [۱۶].

#### ۱-۲-۲ طبقه‌بندی سامانه از لحاظ قابلیت حرکت

تمام سامانه‌های کنارگذری اجرا شده در سراسر دنیا، در یک یا ترکیبی از دسته‌های زیر جای خواهند گرفت:

۱. سامانه‌های سیار مبتنی بر آب که اغلب شامل لای‌روبی‌های دوره‌ای می‌باشد.

۲. سامانه‌های سیار مبتنی بر خشکی.

۳. سامانه‌های ثابت مثل یک موج‌شکن توده سنگی.

در سامانه‌های سیار معمولاً تجهیزات می‌توانند به مناطق مختلف پروژه انتقال یافته و در مکان دیگر دوباره استقرار پیدا کنند. هنگامیکه از یک شناور لای‌روب برای استخراج و تخلیه رسوب استفاده می‌شود، در حقیقت از یک سامانه کنارگذری متحرک مبتنی بر آب استفاده شده است. اگر یک دراگ‌لاین<sup>۶</sup> یا جت پمپاژ جهت لای رویی بستر بر روی یک کامیون نصب شده باشد، این سامانه سیار نمونه‌ای از یک سامانه کنارگذری مبتنی بر خشکی خواهد بود. و اما در نهایت سامانه‌های ثابت سامانه‌هایی هستند که در آن کل مجموعه کنارگذری دارای یک محل مشخص است. سامانه‌های لای‌روب به وسیله پمپاژ از بستر<sup>۷</sup> ثابت، نمونه‌ای واضح از سامانه‌های ثابت هستند. چنین سامانه‌ای تا حد بالایی نیازمند پیشبینی الگوی انتقال رسوب منطقه مورد مطالعه خواهد بود [۱۶].

همکاران [۹] در خلیج تیگموت<sup>۱</sup> انگلستان، لامبورگ و ویندلین [۱۰] در منطقه رمو دایب<sup>۲</sup> در دریای وادن<sup>۳</sup> دانمارک، بابو و همکاران [۱۱] در خلیج کاج واقع در جنوب غرب هندوستان و لامبورگ و پجرپ [۱۲] برای منطقه جزر و مدی لیستر دایب<sup>۴</sup> در دریای وادن، و همچنین در سال‌های اخیر در مطالعات عیسایی مقدم و همکاران [۱۳] در محدوده بندر رمین، سایه‌بانی و قادری [۱۴] در بندر بریس و رضایی و همکاران [۱۵] در بندر صیادی جوادالائمه اشاره نمود.

به طور خلاصه، بررسی جامع بر روی مطالعات پیشین گواهی می‌دهد که به لطف مدل‌های عددی در دسترس قوی که نتایج آن‌ها با اندازه‌گیری‌های میدانی و مدل‌های آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گرفته و تطابق خوبی را نیز نشان داده‌اند، بنادر کشورمان از لحاظ شناخت وضعیت هیدرودینامیکی حاکم در آن‌ها از وضعیت مناسبی برخوردار هستند. به‌علاوه آنکه تاکنون پروژه‌های ملی یکپارچه‌ای نیز نظیر پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل کشور توسط سازمان بنادر و دریانوردی در این زمینه انجام شده است. اما نکته قابل تأمل این است که علیرغم پیشرفت در شناسایی مناطق و بنادر دچار مشکل رسوبی و تعیین نوع مشکل آن‌ها، کمتر به روش‌های مقابله با مشکلات ذکر شده در بنادر کشورمان پرداخته شده است. تاکنون در کشور ما برای حل معضل رسوب‌گذاری در اطراف و دهانه بنادر و سازه‌های ساحلی، از روش‌های لای‌روبی ادواری به عنوان اولین گزینه در دسترس یاد می‌شود که روشی بسیار پرهزینه و زمانبر است. در این تحقیق معرفی و تبیین مولفه‌های سامانه کنارگذر ماسه<sup>۵</sup> به عنوان روشی اثرگذار در جهت رفع مشکلات رسوبی بنادر در سراسر جهان صورت گرفته و ضمن معرفی نمونه‌های موفق پیاده شده در سراسر دنیا، با بررسی وضعیت رسوبی بنادر سواحل مکران ایران، پیاده‌سازی این سامانه در بنادر یاد شده امکان‌سنجی شده است.

## روش پژوهش

### ۱. مبانی نظری

#### ۱-۱ معرفی سامانه کنارگذری ماسه

در بنادر با مقیاس کوچک (با عمق کمتر از ۱۲ متر) رسوب گرفتنی چه از لحاظ فنی و چه از لحاظ اقتصادی از مسائل مهم و تاثیرگذار به شمار می‌رود. سازه‌های حفاظت از ساحل انسان ساخت، مسیر حرکت رسوب را تغییر می‌دهند که علاوه بر فرسایش سواحل پایین دست، مسیر ناوبری نیز ممکن است در اثر این قضیه جابجا شده و کشتی‌ها و شناورها نیز در معرض خطر قرار بگیرند. این معضلات می‌توانند با نصب دستگاه‌های مکانیکی که قادر به بازبانی چرخه طبیعی انتقال رسوب هستند، قابل حل باشند. بدین ترتیب سامانه کنارگذری ماسه

<sup>1</sup> Teignmouth

<sup>2</sup> Rømø Dyb

<sup>3</sup> Wadden Sea

<sup>4</sup> Lister Dyb

<sup>5</sup> Sand Bypassing System

<sup>6</sup> Dragline

<sup>7</sup> Platform

## ۳-۲-۱ طبقه‌بندی سامانه از لحاظ حالت عملیاتی

در هنگام طراحی سامانه، دو حالت مختلف عملیاتی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. هنگامی که رسوبات به طور پیوسته در محل مشخصی حضور داشته باشند، می‌توان از سامانه‌های مداخله‌ای<sup>۱</sup> استفاده نمود. در حالت دوم، یک یا چند فضای ذخیره سازی را می‌توان با هدف نگه داشتن مقدار قابل توجهی از رسوبات طراحی کرد. شکل ۱ یک نمونه از سامانه کنارگذری مداخله‌ای در اطراف رودخانه توید<sup>۲</sup> استرالیا را نشان می‌دهد.



شکل ۱: سامانه کنارگذری با حالت عملیاتی مداخله‌ای واقع در دهانه رودخانه توید استرالیا [۱۶]

Fig. 1: Bypass system with intervention mode located at the mouth of the Tweed River in Australia

اما باید توجه داشت که سامانه‌های مداخله‌ای احتیاج به درجه بالایی از قطعیت در رابطه با نرخ انتقال رسوب و جهت رانه‌های ساحلی خواهند داشت. در نهایت سامانه کنارگذری از لحاظ حالت عملیاتی در دو دسته زیر خلاصه می‌شود.

۱. حالت عملیاتی مداخله‌ای

۲. حالت عملیاتی با فضای ذخیره سازی [۱۶]

## ۴-۲-۱ طبقه‌بندی سامانه از لحاظ برنامه زمانی عملیات

یک سامانه کنارگذری ممکن است به طور مداوم یا به صورت دوره‌ای عمل نماید. در هنگام طراحی یک سامانه از نوع عملیات مداخله‌ای، استفاده از حالت برنامه زمانی مداوم بایستی تنها زمانی مورد نظر قرار گیرد که نرخ رانه ساحلی تقریباً ثابت باشد.

سامانه‌های غیردایمی یا دوره‌ای نیز معمولاً تنها زمانی عمل می‌کنند که کنارگذری ضروری بوده و یا به نقطه بحرانی رسیده باشد. یک لای‌روب که رسوبات را به صورت دوره‌ای جاروب نموده و آن‌ها را در یک نقطه در پایین دست تخلیه می‌کند، می‌تواند نمونه‌ای از این نوع باشد. به طور خلاصه دو دسته زیر را در برنامه زمانی می‌توان در نظر داشت.

۱. برنامه زمانی دایمی

۲. برنامه زمانی دوره‌ای [۱۶]

## ۵-۲-۱ طبقه‌بندی سامانه از لحاظ ظرفیت

مقدار رسوبات کنارگذری شده یکی از مهمترین معیارها در رابطه با ساخت این سامانه‌ها است. بنابراین تجزیه و تحلیل منابع رسوبی در دسترس و رانه‌های ساحلی بسیار مهم است. همانطور که اشاره شد، انتخاب حالت عملیاتی سامانه و قابلیت حرکت نیز می‌تواند در دستیابی به حداکثر کارایی سامانه بسیار مهم باشد. حجم‌های بالایی از انتقال در سامانه‌های ثابت با عملیات دایمی در استرالیا ثبت گردیده‌اند.

سامانه موجود در ورودی رودخانه نرنگ<sup>۳</sup> از سال ۱۹۸۶ فعالیت کرده و به طور متوسط از حدود ۵۰۰،۰۰۰ مترمکعب تا ۷۵۰،۰۰۰ مترمکعب در سال عمل کنارگذری را انجام می‌دهد [۱۷]. همچنین، چندین سامانه متحرک نیز موفق به کنارگذری بیشتر از ۲۰۰،۰۰۰ مترمکعب در سال شده که این مقادیر اغلب مربوط به عملیات‌هایی بوده‌اند که کنارگذری برای آن مناطق به حد ضرورت رسیده بوده است [۱۷، ۱۸].

به طور خلاصه سامانه کنارگذری از لحاظ ظرفیت در دو دسته زیر جای خواهد گرفت.

۱. با توجه به مقادیر موجود

۲. با توجه به حالت عملیاتی [۱۶]

## مواد و روش‌ها

## ۱. محدوده مورد مطالعه

مکران، مکران یا مکوران (شکل ۲)، سرزمینی ساحلی در جنوب شرقی ایران و جنوب غربی پاکستان است که در طول خلیج عمان از رأس‌الکوه در غرب جاسک تا السبال در جنوب غربی ایالت بلوچستان پاکستان گسترده است [۱۹]. از ویژگی‌های مهم ساحل مکران می‌توان به ارتباط مستقیم آن با اقیانوس هند اشاره کرد که باعث می‌شود جریانات و امواج اقیانوسی این سواحل را تحت تأثیر قرار دهد.

محدوده مطالعه در پژوهش حاضر، از شرق به خلیج گواتر (واقع در مرز ایران و پاکستان) و از غرب به خور رایج (واقع در حد فاصل بین استان سیستان و بلوچستان و استان هرمزگان) محدود می‌شود. محدوده گفته شده بین عرض‌های  $25^{\circ}$  تا  $25^{\circ}$  و  $45'$  شمالی و طول‌های جغرافیایی  $55^{\circ}$  و  $45'$  تا  $61^{\circ}$  و  $30'$  واقع شده است. از لحاظ ریخت‌شناختی بایستی اشاره کرد که تغییرات تراز دریا و پیدایش عوارض زمین‌ریخت‌شناختی در گذشته و به جای ماندن خطوط ساحلی دیرینه از خصوصیات کواترنر پسین دریای عمان به شمار رفته که بر اثر آن‌ها، شکل‌گیری خلیج‌ها، خورها و بیابان‌های ساحلی در حاشیه قاره‌ای منطقه ساحلی مکران رخ داده است [۲۰].

<sup>1</sup> Interception Systems

<sup>2</sup> Tweed River

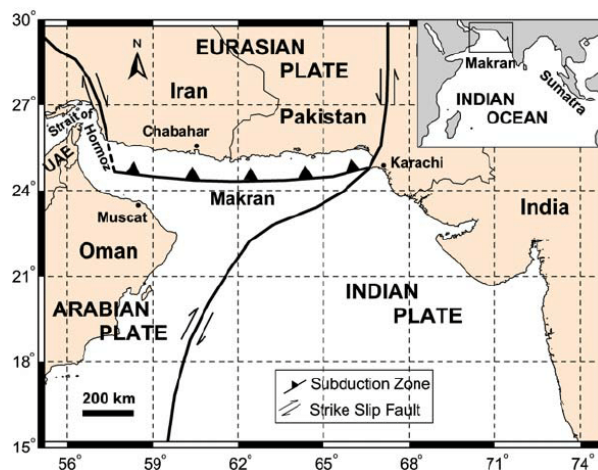
<sup>3</sup> Nerang River

تغییرات بسیار کمی در خط ساحلی نزدیک به بازوی موج‌شکن بندر مشاهده می‌شود. با دقت بیشتر در تصاویر ماهواره‌ای ادواری در گوگل ارث و تفسیر آن‌ها، در بخش جنوبی بندر گواتر تا حوالی بندر پسابندر، خط ساحلی شامل صخره‌های ساحلی است. با توجه به شکل ۳ (الف)، در این ناحیه مقداری فرسایش مشاهده می‌شود اما در مجاورت بازوی بندر اتفاق خاصی در این بازه ۱۰ ساله دیده نشد.

بندر صیادی پسابندر در قسمت شمالی ورودی خلیج گواتر قرار گرفته است. بررسی تصاویر ماهواره‌ای از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۹ (شکل ۳ (ب)) مشخص کننده این موضوع است که در بخش شرقی بندر یک ماهیچه رسوبی به مساحت ۶,۱۴۴ مترمربع شکل گرفته است (قسمت مشکی رنگ در شکل). در سایر نواحی، خط ساحلی کمتر دستخوش تغییر خاصی شده است.

بندر بریس (شکل ۳ (ج)) در سمت شمال صخره‌های بریس، در غرب خطوط ممتد ساحلی به طول تقریبی ۲۵ کیلومتر از بندر پسابندر واقع شده است. با توجه به تصاویر ماهواره‌ای دوره‌ای گوگل ارث، شروع ساخت این بندر در دهه ۱۹۹۰ میلادی رخ داده است. بررسی تغییرات خط ساحل بر اساس تصویرهای ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۸ میلادی مشخص کننده رسوب‌گذاری در بخش دستک شمالی بندر بریس در حدود ۶۱,۶۱۰ متر مربع است. اما در پایین دست و به فاصله کمی اثر فرسایش به وضوح قابل مشاهده است.

در رابطه با بندر رودیک نیز با بررسی تصاویر ماهواره‌ای ادواری گوگل ارث مشخص گردید که ساخت این بندر در حدود سال ۲۰۱۱ آغاز گردیده است و در سالیان اخیر نیز اصلاحاتی بر روی بندر انجام گرفته است. بررسی تغییرات خط ساحل در بازه سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ میلادی نشان دهنده رسوب‌گذاری در بالادست بازوی شرقی به میزان ۸,۴۷۰ مترمربع است. در پایین دست تغییرات چندانی دیده نمی‌شود (شکل ۳ (د)).



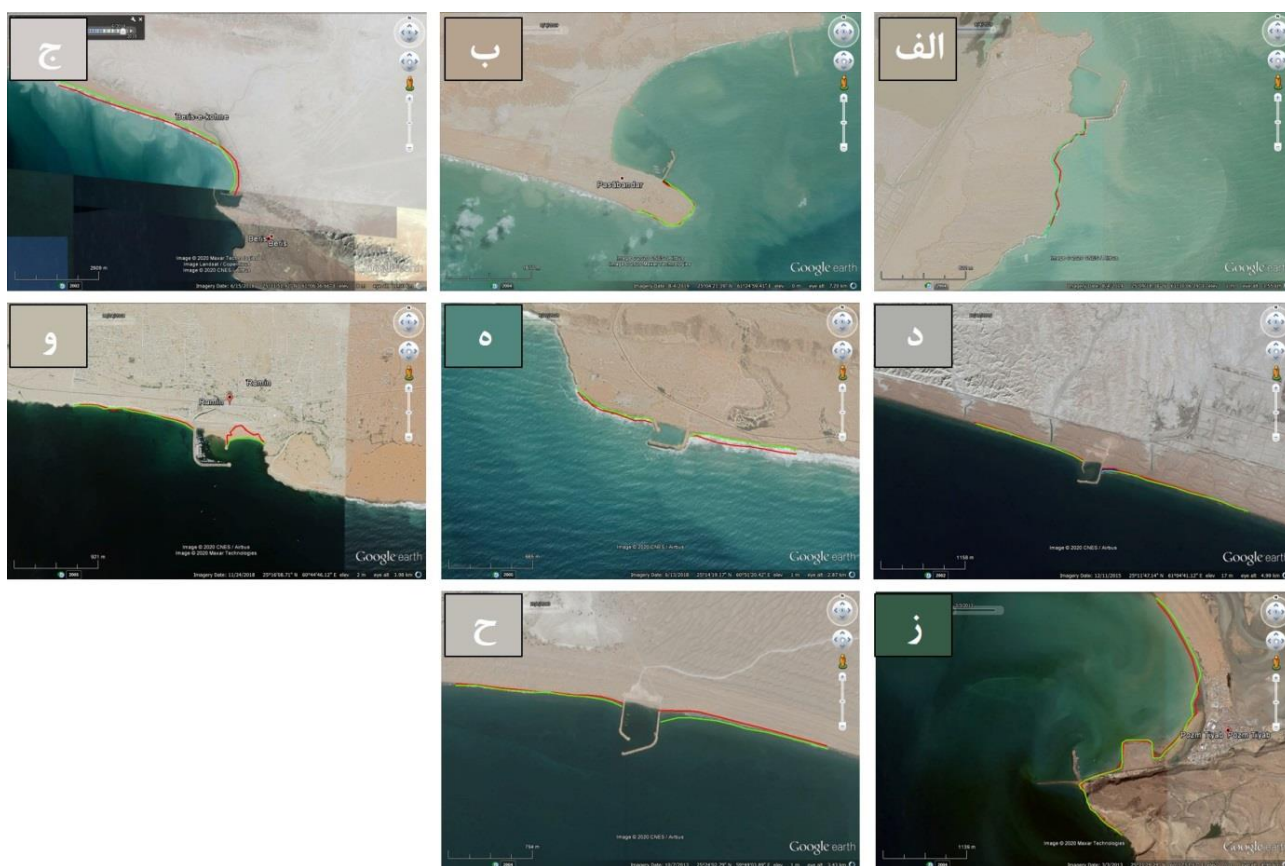
شکل ۲: نمایش منطقه مکران در ایران و پاکستان [۲۱]  
Fig. 2: The map of Makran area in Iran and Pakistan

## ۲. بررسی وضعیت رسوبی بندر مکران

با مقایسه خطوط ساحلی برداشت شده از تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات خطوط ساحلی در بندر گواتر، پسابندر، بریس، رودیک، گیشاب، رمین، یزم و بیرداف در شکل ۳ نمایش داده شده است. بدین منظور، از اطلاعات دریافت شده از سنجنده‌ها که شامل تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث هستند، استفاده شده و شناسایی خطوط ساحلی بر مبنای بالاترین تراز داغاب در سواحل، به صورت دستی صورت گرفته است. قابل ذکر است که تصاویر ماهواره‌ای نیازمند اعمال تصحیحات رادیومتریک و تصحیحات هندسی و رفع نویز به شیوه‌های مختلف نظیر تحلیل هیستوگرام هستند. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث با پردازشی که قبلاً بر روی تصاویر انجام شده است، کاربر را از انجام این اقدامات بی‌نیاز می‌کند.

بندر گواتر که در شکل ۳ (الف) به نمایش در آمده است، در جنوب شرق سواحل کشور و در نزدیکی مرز ایران و پاکستان واقع بوده و مراحل ساخت این بندر در سال ۲۰۱۲ میلادی به اتمام رسیده است. با دقت در این شکل، طی دوره زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ میلادی





شکل ۳: تغییرات خطوط ساحلی در اطراف بنادر، (الف): گواتر در بازه ۲۰۰۹ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (ب): پس‌بندر در بازه ۲۰۰۹ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (ج): بریس در بازه ۲۰۰۴ (خط قرمز) تا ۲۰۱۸ میلادی (خط سبز)؛ (د): رودیک در بازه ۲۰۱۳ (خط قرمز) تا ۲۰۱۵ میلادی (خط سبز)؛ (ه): گیشاب در بازه ۲۰۱۴ (خط قرمز) تا ۲۰۱۸ میلادی (خط سبز)؛ (و): رمین در بازه ۲۰۱۵ (خط قرمز) تا ۲۰۱۸ میلادی (خط سبز)؛ (ز): پزم در بازه ۲۰۱۳ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (ح): بیرداف در بازه ۲۰۱۳ (خط قرمز) تا ۲۰۱۸ میلادی (خط سبز)

**Fig. 3:** Changes in coastlines around ports, (a): Goiter in 2009 (red line) to 2019 (green line); (B): Post-band in the period 2009 (red line) to 2019 (green line); (C): Brace in the period 2004 (red line) to 2018 (green line); (D): Rudik in the period 2013 (red line) to 2015 (green line); (E): Gishab in the period 2014 (red line) to 2018 (green line); (F): Ramin in the period 2015 (red line) to 2018 (green line); (G): Pazm in the period 2013 (red line) to 2019 (green line); (H): Birdaf in the period 2013 (red line) to 2018 (green line)

بازوی اصلی بندر پزم (شکل ۳ (ز)) بر روی دیواره صخره‌ای که در شرق بندر قرار دارد احداث گردیده است. بررسی تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۱۳، گواهی می‌دهد که در قسمت جنوبی بندر تغییرات خاصی رخ نداده و در قسمت شمالی فرسایش اتفاق افتاده است.

ساخت بندر بیرداف نیز با توجه به تصاویر ماهواره‌ای مابین سال‌های ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۱۳ اتفاق افتاده است. با توجه به شکل ۳ (ح)، در بخش شرقی و غربی بندر بیرداف رسوب‌گذاری در بازه سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ رخ داده است.

### ۳. تجربیات جهانی استفاده از سامانه کنارگذری

پس از بررسی اجمالی وضعیت رسوبی عمده بنادر سواحل مکران، به طور خلاصه در جدول ۱، تجربیات جهانی در رابطه با استفاده از سامانه کنارگذری ماسه بر حسب ظرفیت انتقال رسوب مرتب و ارائه شده‌اند.

بررسی وضعیت تغییرات خط ساحل در محدوده بندر گیشاب نیز در طی دوره زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ در شکل ۳ (ه) نشان داده شده است.

احداث بندر گیشاب نیز با توجه به تصاویر ماهواره‌ای به حدود سال ۲۰۱۱ برمی‌گردد. با توجه به شکل ۳ (ه) بخش شرقی و غربی این بندر در این بازه در معرض فرسایش بوده است.

بندر رمین در حدود ۱۴ کیلومتری شرق چابهار واقع است. ساحلی که بندر رمین بر روی آن مستقر گردیده، نسبت به منطقه ساحلی شرقی خود عقب نشینی داشته است. بررسی تغییرات خط ساحل از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ (شکل ۳ (و)) نشان دهنده تغییرات خط ساحل در بخش شرقی به صورت رسوب‌گذاری قابل توجه بوده است. در بخش غربی بندر نیز رسوب‌گذاری اما با شدت بسیار کمتر قابل مشاهده است. بدین ترتیب با استفاده از ابزار اندازه‌گیری سطح در گوگل ارث، سطوح رسوب‌گذاری شده شرقی و غربی به ترتیب ۳،۶۸۵ و ۲،۴۵۴ متر مربع محاسبه گردیدند.

جدول ۱: تجربیات جهانی پیاده‌سازی سامانه کنارگذری برحسب حجم کنارگذری [۱۶]

Table 1: Global experiences of bypass system implementation in terms of bypass volume

شماره	اسم	موقعیت (کشور)	شروع عملیات (سال)	سال‌های در عملیات	نوع سامانه	حجم کنارگذری (مترمکعب/سال)
۱	Tweed River Entrance	استرالیا	۲۰۰۱	۳	ثابت	۷۰۰۰۰۰
۲	Jupiter Inlet	آمریکا	۱۹۲۹	۷۵	سیار	۶۰۰۰۰۰
۳	Ventura Marina	آمریکا	۱۹۷۲	۳۲	سیار	۶۰۰۰۰۰
۴	Ponce de Leon Inlet	آمریکا	۱۹۶۹	۳۵	سیار	۵۳۵۰۰۰
۵	Nerang River Entrance	استرالیا	۱۹۸۶	۱۸	ثابت	۵۰۰۰۰۰
۶	Rudee Inlet	آمریکا	۱۹۷۲	۳۲	نیمه سیار	۳۰۰۰۰۰
۷	Santa Barbara	آمریکا	۱۹۲۷	۷۷	سیار	۲۵۰۰۰۰
۸	Masonboro Inlet	آمریکا	۱۹۵۹	۴۵	سیار	۲۱۵۰۰۰
۹	Sebastian Inlet	آمریکا	۱۹۶۲	۴۲	سیار	۱۹۰۰۰۰
۱۰	Carolina Beach Inlet	آمریکا	۱۹۶۵	۳۹	سیار	۱۲۲۰۰۰
۱۱	Indian River Inlet	آمریکا	۱۹۹۰	۱۴	سیار	۹۱۰۰۰
۱۲	Santa Cruz	آمریکا	۱۹۶۲	۴۲	سیار	۷۰۰۰۰
۱۳	Lake Worth Inlet	آمریکا	۱۹۵۸	۴۶	ثابت	۶۱۰۰۰
۱۴	South Lake Worth Inlet	آمریکا	۱۹۳۷	۶۷	ثابت	۵۳۵۰۰
۱۵	Hillsboro Inlet	آمریکا	۱۹۵۲	۵۲	سیار	۵۰۰۰۰
۱۶	Mexico Beach Inlet	آمریکا	۱۹۷۱-۱۹۷۸	۷	سیار	۳۰۰۰۰
۱۷	Oceanside Harbor	آمریکا	۱۹۸۹-۱۹۹۶	۷	ثابت	۱۴۰۰۰
۱۸	East Pass	آمریکا	۱۹۳۰	۷۴	سیار	اطلاعات ناموجود
۱۹	Little River Inlet	آمریکا	۱۹۸۳	۲۱	سیار	اطلاعات ناموجود
۲۰	Port Sanilac	آمریکا	۱۹۵۸	۴۶	ثابت	اطلاعات ناموجود

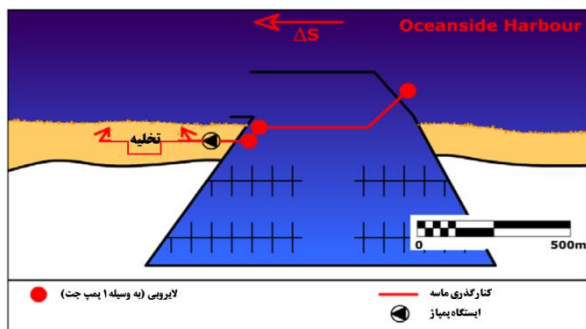
ایستگاه پمپاژ، تخلیه می‌نماید. رسوبات در این ناحیه از نوع درشت‌دانه با قطر میانگین ذرات ۰/۳ میلی‌متر (از ۰/۲۹ تا ۰/۳۲ میلی‌متر) می‌باشند. ظرفیت اسمی کنارگذری این سامانه ۱۱۰ مترمکعب در ساعت بوده و نرخ متوسط سالیانه کنارگذری در آن ۵۳۵۰۰ مترمکعب گزارش شده است که از لحاظ نرخ کنارگذری در طبقه بندی متوسط جای می‌گیرد. این سامانه از لحاظ برنامه زمانی عملیات در دسته عملیات دائمی بوده و در طول سال می‌تواند با تعداد تنها ۲ خدمه تحت سرویس باشد. شکل ۴ شمایی از سامانه پیاده شده در این منطقه به همراه تصویری از ایستگاه مذکور را نمایش داده است. در نهایت سامانه‌ای که امروزه مشاهده می‌شود حاصل تغییراتی است که در سال ۱۹۶۷ صورت گرفته و شامل افزایش طول موج شکن‌ها و تغییر موقعیت ایستگاه به منطقه‌ای نزدیک‌تر به دریا است [۱۶].

سامانه نوع ثابت پیاده شده در بندر اوشن‌ساید<sup>۳</sup> نیز از سال ۱۹۸۹ تا سال ۱۹۹۶ با هدف انتقال رسوبات به پایین دست و بهبود شرایط ناوبری در ورودی بندر، عملیات کارگذری را انجام داده و از سال ۱۹۹۶ به بعد به علت عدم تأمین مالی عملیات آن متوقف شده است. این سامانه در فاز اول خود از ژوئن ۱۹۸۹ تا آگوست ۱۹۹۰ توسط یک جت پمپاژ واقع در موج‌شکن شمالی، یک بوم و یک سیال کننده<sup>۴</sup> میزان ۲۵۰ مترمکعب در ساعت از رسوبات را کنارگذری

از جمله موارد جدول فوق، با توجه به روند تحقیق تنها موارد شماره ۱۴ و ۱۷ تشریح شده و خوانندگان می‌توانند جهت اطلاع از جزئیات سایر موارد به مرجع ارائه شده رجوع نمایند. در همین راستا، در مجاورت ورودی بخش جنوبی دریاچه ورث<sup>۱</sup> واقع در فلوریدای آمریکا، سامانه کنارگذری از نوع ثابت قرار داشته که از سال ۱۹۳۷ عملیات کنارگذری ماسه را به انجام می‌رساند. در این منطقه که امروزه با نام بوینتن<sup>۲</sup> نیز شناخته شده است، اتصال دریاچه به اقیانوس از طریق یک کانال ورودی مصنوعی با دیوار حائل که در سال ۱۹۲۷ ساخته شده است، برقرار شده است. هرچند که ساخت دیوار حائل موجب تثبیت ورودی گردید، اما علاوه بر ایجاد ممانعت در برابر انتقال رسوب و ایجاد فرسایش در پایین دست، کاهش عمق در ورودی کانال را نیز رقم زد. در همین راستا اولین ایستگاه پمپاژ در سال ۱۹۳۷ ساخته شد و در سال ۱۹۴۸، سامانه لای‌روبی این ایستگاه با هدف افزایش ظرفیت سامانه، بر روی یک بوم نیمه متحرک با شعاع حرکت ۱۰ متری نصب گردید.

این ایستگاه در نتیجه استحصال رسوب قادر به حفر ترانشه‌ای دایره‌ای شکل با حجم تقریبی ۸۰۰ مترمکعب (۳۰۰ متر مربع سطح در عمق ۲/۵ الی ۳ متر) خواهد بود. خطوط لوله انتقال دهنده رسوبات، به زیر پل بزرگراهی که از روی این کانال عبور می‌کند متصل بوده و رسوبات را در نقطه‌ای به فاصله ۳۵۰ متر پایین‌تر از

<sup>3</sup> Oceanside<sup>4</sup> Fluidiser<sup>1</sup> South Lake Worth Inlet<sup>2</sup> Boynton



شکل ۵: طرح شماتیک از ایستگاه ثابت سامانه کنارگذری ماسه در ورودی بندر اوشن ساید [۱۶]

Fig. 5: Schematic diagram of the fixed station of the sand bypass system at the entrance of the port of Oceanside

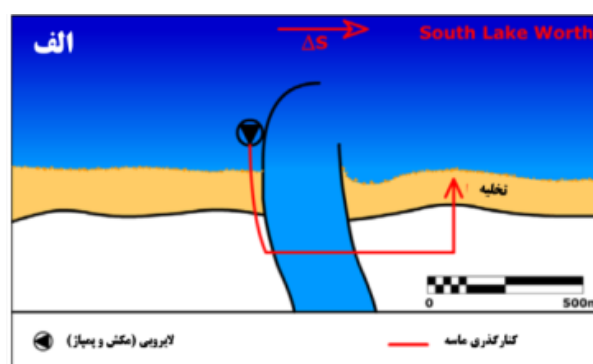
#### ۴. بررسی جامع پیاده‌سازی سامانه کنارگذری در بنادر مکران

در قسمت مبانی نظری تحقیق که به طبقه بندی سامانه کنارگذری پرداخته است (بخش ۲.۲)، اشاره شد که سامانه کنارگذری از لحاظ قابلیت حرکت به دو دسته سامانه‌های سیار و سامانه‌های ثابت تقسیم می‌شوند. به‌علاوه، در رابطه با تجهیزات سامانه کنارگذری، عمدتاً سامانه‌های سیار بر پایه لایروبی و انتقال رسوبات از طریق لای روب‌های مخزن‌دار و بارجه‌ها و یا سایر شناورهای متحرک در دریا و یا حتی استفاده از تجهیزات بارگیری و انتقال از طریق خشکی استوار هستند. در مقابل، در سامانه‌های ثابت عملیات انتقال و تخلیه رسوبات عمدتاً از طریق پمپاژ در خطوط لوله صورت گرفته می‌گیرد.

موارد اشاره شده در بخش ۳.۳، در کنار مطالعه دقیق‌تر نمونه‌های طبقه بندی شده در جدول ۱ که به صورت تفصیلی در گزارش پدرو لوزا [۱۶] آمده است، رویکرد واضحی از انتخاب نوع سامانه کنارگذری برای هر منطقه ارائه می‌دهد. بخشی از این رویکرد شامل انتخاب سامانه کنارگذری از نوع ثابت برای بنداری که در بالادست دچار پدیده رسوب‌گذاری و در پایین دست با مشکل فرسایش مواجه هستند، می‌شود. چرا که به دلیل استفاده از خطوط لوله کوتاه‌تر و متعاقب آن صرف توان کمتر جهت پمپاژ رسوبات، استفاده از این سامانه گزینه مناسب‌تری نسبت به لایروبی دوره‌ای است. گزینه دیگر در رابطه با انتخاب نوع سامانه کنارگذری، استفاده از سامانه کنارگذری از نوع سیار بوده که به صورت لایروبی دوره‌ای عمل می‌نماید. شیوه‌ای که هم اکنون نیز در بسیاری از بنادر شمالی و جنوبی کشورمان به منظور رفع مشکلات رسوبی بنادر در حال اجرا است.

در همین راستا، بنداری که در بالادست با به دام افتادن رسوبات با حجم قابل توجه روبرو بوده و در فاصله کم در اطراف و خصوصاً در پایین دست مشکل فرسایشی دارند، می‌توانند فراخور شرایط از گزینه‌های استفاده از سامانه کنارگذری نوع ثابت باشند [۱۶]. بنابراین با تکیه بر بررسی رسوبی ارائه شده در بخش ۲.۳، بنادر بریس و رمین می‌توانند جهت بهبود عملکرد رسوبی خود، از سامانه

می‌نمود. در فاز دوم (نوامبر ۱۹۹۱ تا نوامبر ۱۹۹۶)، یک سیال کننده ۵۰ متری دیگر به موازات موج‌شکن جنوبی به سمت ساحل امتداد یافت. یک شیر نیز در سامانه تعبیه شد تا سیال کننده و جت پمپاژ را به علت آنکه ایستگاه قادر به پشتیبانی همزمان هر دوی آن‌ها نیست، کنترل نماید. این سامانه در فاز اول خود با ظرفیت اسمی ۴۲۵ مترمکعب در ساعت، به طور میانگین ۱۴۰۰۰ مترمکعب در سال عمل کنارگذری را انجام داده که از این حیث در طبقه بندی نرخ کنارگذری کم قرار می‌گیرد. در فاز دوم اما با تغییرات صورت گرفته، با همان ظرفیت اسمی میزان کنارگذری میانگین به ۸۰۰۰۰ مترمکعب در سال افزایش یافت و در طبقه نرخ کنارگذری متوسط قرار گرفت.



شکل ۴: طرح شماتیک (الف) و تصویر (ب) ایستگاه سامانه کنارگذری ورودی کانال دریاچه ورت جنوبی [۱۶]

Fig. 4: Schematic diagram (a) and image (b) of South Lake Worth Canal Entrance Bypass Station

این سامانه از لحاظ برنامه زمان بندی عملیات دائمی محسوب شده و به نحوی طراحی گردید تا ۵ روز در هفته و در هر روز تا ۱۰ ساعت عملیات انجام دهد. هرچند که کنارگذری دائمی در این ایستگاه تنها به مدت ۱ سال صورت پذیرفت. تعداد خدمه جهت کنترل سامانه ۴ نفر شامل یک اپراتور اصلی سامانه، یک مکانیک، یک اپراتور برای پمپ کمکی ساحل و یک ناظر در محل تخلیه رسوبات بوده است. به‌علاوه، هزینه طراحی این سامانه ۵ میلیون یورو و هزینه ساخت آن ۱۵ میلیون یورو بوده است. شکل ۵، شمایی از سامانه پیاده شده در این منطقه را نمایش داده است.



امواج و جریانات در محدوده بندر بريس حاصل از اين مدل‌سازی ارائه شده است.

### ۶. بررسی الگوی جریانات و امواج در محدوده بندر رمین

در بندر رمین نیز مطابق با اطلاعات ارائه شده در مقدمه، عیسایی مقدم و همکاران [۱۳] با استفاده از مدل طیفی انتشار امواج MIKE-SW و مدل هیدرودینامیکی MIKE-HD اقدام به مدل‌سازی الگوی جریانات و امواج ناشی از بادهای موسمی و غیر موسمی در محدوده بندر با استفاده از مدل‌سازی در مقیاس منطقه‌ای و محلی نمودند.

محدوده مدل در مدل‌سازی با مقیاس محلی، حدود ۴/۲ کیلومتر در طول خط ساحلی و حدود ۲ کیلومتر عمود بر خط ساحل و در راستای دریا در جاییکه عمق آب تقریباً به ۲۵ متری می‌رسد در نظر گرفته شده است. مش در نظر گرفته شده برای مدل محلی شامل ۸۲۹۶ گره و ۱۷۵۹۰ المان با اضلاع مثلثی به طول ۲۰ تا ۱۰۰ متر بوده است.

مش محاسباتی مدل مقیاس منطقه‌ای نیز مش ساختار نیافته شامل ۶۷۶۶ گره و ۱۳۱۹۰ المان با اضلاع مثلثی با طول ۱۰۰۰ متر در مناطق دور از ساحل و ۸۰ متر در مناطق نزدیک به ساحل بوده است. برای داده‌های عمق‌سنجی نیز از یک چارت هیدروگرافی دریایی با مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ و داده‌های پیمایش میدانی در نزدیکی ساحل با مقیاس ۱:۲۰۰۰ استفاده شده است.

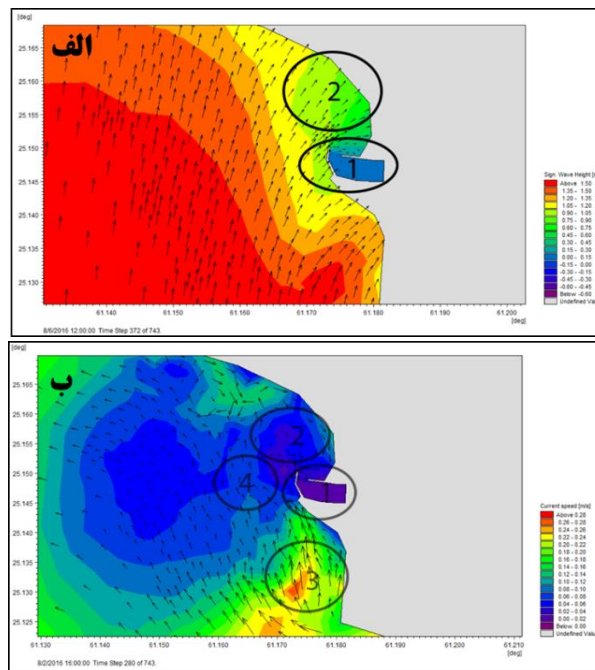
جدول ۲: مشخصات موج‌های دور از ساحل انتخابی جهت شبیه‌سازی و ارائه نتایج [۱۳]

Table 2: Specifications of offshore waves of choice to simulate and present results

موج	MWD (deg)	Tp (s)	Hm0 (m)	موسمی / غیر موسمی
۱	۱۸۲	۱۰	۱/۵	موسمی
۲	۱۸۰	۱۱	۲/۳	موسمی
۳	۲۳۵	۵/۵	۱/۷	غیر موسمی

طبق مقاله مذکور، اقلیم موج در مرز جنوبی مدل مقیاس محلی، از مدل‌سازی مقیاس منطقه‌ای که در آن از داده‌های موج دور از ساحل استفاده شده، استخراج گردیده است. داده‌های امواج دور از ساحل نیز از دو منبع پروژه مدل‌سازی امواج دریاهای ایران و پروژه پایش و مدل‌سازی سواحل ایران به دست آمده‌اند. در رابطه با داده‌های باد، از سه منبع داده‌ای مختلف شامل داده‌های باد اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک چابهار با گام زمانی سه ساعته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰)، مدل ECMWF-ERA40 با رزولوشن فضایی و زمانی نیم درجه و ۶ ساعته (۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲) و مدل NCEP (۱۹۸۵ تا ۲۰۰۷) با گام زمانی سه ساعته جهت ارزیابی اقلیم باد منطقه مورد مدل‌سازی استفاده شده است. در نهایت وضعیت موج در سه حالت و در ارتباط با شرایط موج غالب موسمی و غیر موسمی (مطابق جدول ۲)

کنارگذری نوع ثابت بهره‌مند شوند. وضعیت رسوبی مطرح شده در این دو بندر و همچنین سابقه انجام پروژه‌های تحقیقاتی در گذشته که به سبب آن‌ها داده‌های کافی جهت بررسی دقیق‌تر آن‌ها در دسترس قرار گرفته است، امکان ارائه جزئیات بیشتری در رابطه با پیاده‌سازی این نوع از سامانه را در آن‌ها فراهم می‌آورد.



شکل ۶: جهت غالب امواج ناشی از باد (الف) و جریانات مدل‌سازی شده (ب) در اطراف بندر بريس [۱۴]

Fig. 6: The predominant direction of wind waves (a) and modeled currents (b) around the port of Bryce

### ۵. بررسی الگوی جریانات و امواج در محدوده بندر بريس

در رابطه با بندر بريس، همانطور که در بخش پیشینه تحقیق از قسمت مقدمه اشاره شد، سایه‌بانی و قادری [۱۴] با استفاده از مدل طیفی انتشار امواج MIKE-SW و مدل هیدرودینامیکی MIKE-HD اقدام به مدل‌سازی الگوی جریانات و امواج ناشی از باد در محدوده بندر بريس نمودند. بدین منظور، محیط بندر و محدوده پیرامون آن با استفاده از ۲۰۳۰ گره و ۳۷۸۹ المان با استفاده از مش‌های ساختار نیافته مش‌بندی شدند. در این مدل داده‌های لازم جهت تولید فایل عمق‌سنجی نیز از موسسه USGS EROS به دست آمده است.

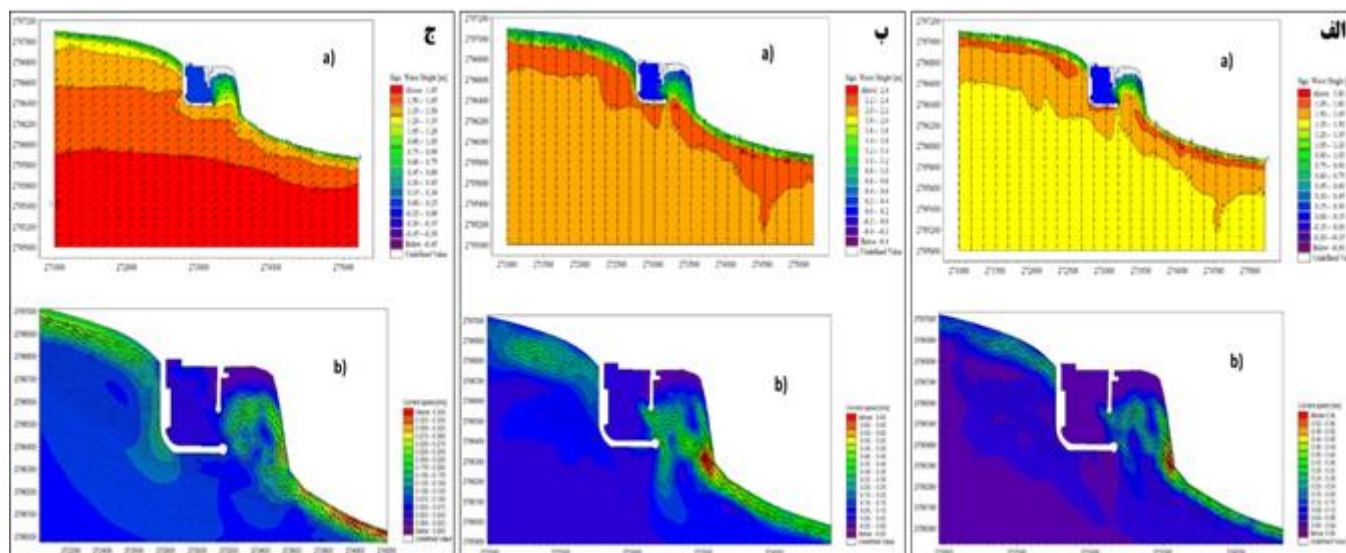
در مدل هیدرودینامیکی، داده‌های جزر و مدی در قالب تراز سطح آب به عنوان داده مرزی در مرز غربی مدل و برای مرزهای شرقی و جنوبی مقادیر ثابتی در نظر گرفته شده‌اند. همچنین در مدل SW نیز جهت اعمال شرایط جوی در مدل، از داده‌های ECMWF-ERA40 استفاده شده است. بدین ترتیب که داده‌های سرعت و جهت باد از تاریخ ۲۲ جولای ۲۰۱۶ به مدت یک ماه با گام‌های زمانی ۳ ساعته در نظر گرفته شده است. جهت صحت‌سنجی مدل، نتایج مدل‌سازی با مدل‌های موج WW3 و ECMWF در مختصات جغرافیایی ۶۱ درجه شرقی و ۲۵ درجه شمالی مقایسه شده‌اند. در شکل ۶ جهت عمده‌ی

اطراف آن، به همراه نقشه‌های الگوی جریانات حاصله، در شکل ۷ ارائه شده است.

به‌علاوه، با مقایسه پیمایش‌های مربوط به عمق بستر مربوط به تاریخ‌های نوامبر ۲۰۰۰ و جولای ۲۰۰۹، نقشه تغییرات بستر (شکل ۸) نیز به دست آمده که مقادیر مثبت رسوب‌گذاری و مقادیر منفی فرسایش را نمایش می‌دهند.

مدلسازی گردیده تا شبیه‌سازی جریان نزدیک ساحل بر اساس آن‌ها صورت گیرد.

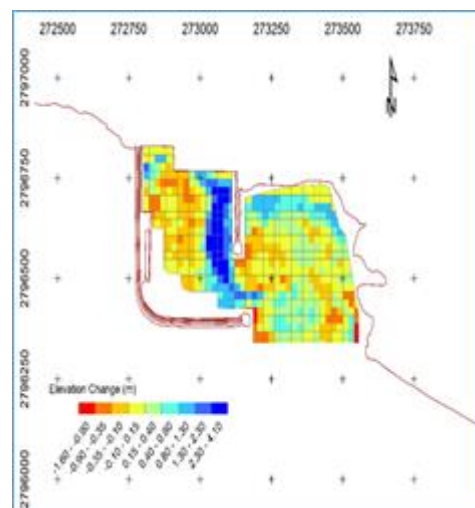
در جدول ۲ موج شماره ۳ از راستای جنوب غربی برای زمان‌های قبل و بعد از دوره موسمی در نظر گرفته شده است. الگوی امواج شبیه‌سازی شده در مدل مقیاس محلی برای بندر رمین و نواحی



شکل ۷: شبیه‌سازی امواج و جریانات برای موج شماره ۱ (الف)، موج شماره ۲ (ب) و موج شماره ۳ (ج) در اطراف بندر رمین [۱۳]  
Fig. 7: Simulation of waves and currents for wave number 1 (a), wave number 2 (b) and wave number 3 (c) around Ramin port

از حدود نرخ انتقال رسوب کرانه‌ای در آن منطقه برآورد نمود. بدین ترتیب که حاصلضرب عمق رسوبی در سطح رسوب‌گذاری شده در طی بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۸ میلادی حجم رسوبات به دام افتاده در این بازه را مشخص نموده و تقسیم آن بر تعداد سال‌های این بازه تقریبی از نرخ انتقال رسوب در واحد سال را ارائه می‌نماید. نتیجه این اقدام نرخ ۱۸,۰۴۳ متر مکعب در سال را ارائه می‌نماید. بنابراین در مقام مقایسه با نرخ کنارگذری رسوب در نمونه‌های موفق جهانی از نوع ثابت، می‌توان موارد شماره ۱۴ و ۱۷ از جدول ۱ یعنی دهانه ورودی کانال جنوبی دریاچه ورث واقع در فلوریدا و بندر اوشن‌ساید در ایالت کالیفرنیا آمریکا که در بخش ۳-۳ بررسی شدند را مورد نظر قرار داد.

به طریق مشابه، سطوح رسوب‌گذاری شده در قسمت‌های شرقی و غربی بندر رمین از قرار ۳,۶۸۵ و ۲,۴۵۴ متر مربع و عمق فعال رسوبی گزارش شده به میزان ۴ متر، نرخ رسوبی تقریبی ۱,۱۳۴ مترمکعب در سال از سمت شرق به غرب و ۷۵۵ مترمکعب در سال از سمت غرب به شرق را در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ را ارائه می‌دهد. پایین بودن نرخ رسوب تخمین زده شده در مقایسه با سایر نقاط منطقه مکران جستجوی بیشتری را طلب نمود که مطالعه پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل کشور از انجام لای‌روبی‌های چندین باره در این بازه زمانی از قسمت شرقی بندر خبر داده و همین مساله با توجه به ماهیت روش بکار برده شده جهت تخمین



شکل ۸: تغییرات بستر بندر رمین مابین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ [۱۳]  
Fig. 8: Changes in the bed of Ramin Port between 2000 and 2009

## نتایج و بحث

همانگونه که در بخش ۲.۳ بررسی صورت پذیرفت، سطح رسوب‌گذاری شده در بالادست بندر بریس در حدود ۶۱,۶۱۰ متر مربع بوده و پایین دست بندر دچار فرسایش بوده است. از طرفی با توجه به عمق فعال رسوبی گزارش شده در پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل کشور [۲۲] به میزان ۴/۱ متر، می‌توان تخمینی

ترتیب موارد شماره ۵ و ۱۴ در جدول ۱)، جهت تثبیت موقعیت ورودی این آبراهه دو دستک یا آبشکن در طرفین آن احداث گردد (مطابق خطوط منقطع در شکل ۹). احداث دستک مذکور، این ناحیه رسوب‌گذاری شده که از شرق و جنوب نیز محدود به ساحل و موج‌شکن فرعی بندر است را تبدیل به فضای ذخیره رسوب ساخته و زمینه انجام عملیات کنارگذری از نوع ثابت را فراهم می‌سازد. بنابراین استقرار یک ایستگاه جهت پمپاژ رسوبات این ناحیه به قسمت‌های فرسایش یافته در غرب ورودی آبراهه پیشنهاد می‌گردد. با توجه به وجود فضای ذخیره رسوب، برنامه زمان‌بندی عملیات می‌تواند به صورت غیر دایمی باشد که در این صورت می‌توان از مشخصات ایستگاه پمپاژ پیاده شده در سامانه کنارگذری ورودی جنوبی دریاچه ورث، در این ناحیه نیز بهره برد. در این صورت ایستگاه کنارگذری بندر بریس از لحاظ قابلیت حرکت ثابت، از لحاظ حالت عملیاتی با فضای ذخیره‌ای و از لحاظ برنامه زمان‌بندی عملیات به صورت غیر دایمی خواهد بود. همچنین در صورت استفاده از برنامه عملیات به صورت دایمی و تا سقف کنارگذری به میزان ۱۴۰۰۰ مترمکعب در سال از مشخصات ایستگاه پمپاژ اوشن‌ساید در کالیفرنیا آمریکا نیز می‌توان الگوبرداری نمود. این در حالیست که پیشتر حجم رسوب‌گذاری شده در منطقه مورد نظر ۱۷۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰ متر مکعب در سال تخمین زده شده بود. جزییات سامانه پیشنهاد شده در بندر بریس در شکل ۹ ارائه شده است.

در این شکل جهت درک بهتر موقعیت آبراهه و تعیین نقطه تخلیه با توجه به الگوی جریانات منطقه، تصویر ماهواره‌ای منطقه بر روی تصویری از الگوی جریانات قرار گرفته است.

#### ۲. پیشنهاد سامانه کنارگذری در بندر رمین

با توجه به مطالعات انجام شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای بخش ۲.۳، در پشت هر دو بازوی موج‌شکن غربی و شرقی بندر رمین مساله رسوب‌گذاری مطرح است. همچنین شکل ۸ که از مقایسه هیدروگرافی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۹ به دست آمده است، ورود رسوب به درون حوضچه بندر و رسوب‌گذاری درون حوضچه در امتداد بازوی شرقی قابل مشاهده است. تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۸ (شکل ۳ و) نیز نشان دهنده آن است که رسوبات تجمع یافته در پشت بازوی موج‌شکن شرقی تا نزدیکی رأس این موج‌شکن پیشروی کرده و در صورتی که لای‌روبی‌های دوره‌ای که پیشتر به آن اشاره شده صورت گرفته نشود، حجم بیشتری از رسوبات وارد حوضچه خواهد شد.

با توجه به مشکلات رسوبی شمرده شده و با تکیه بر تجارب جهانی و همچنین الگوی جریانات مدلسازی شده در اطراف بندر رمین، استفاده از سامانه کنارگذری از نوع ثابت برای این منطقه پیشنهاد می‌گردد. بدین ترتیب که در مرحله اول به منظور کاهش ذخایر رسوبی در بخش شرقی موج‌شکن فرعی بندر، یک ایستگاه پمپاژ رسوب با مشخصاتی مشابه با ایستگاه پمپاژ مستقر در بندر اوشن‌ساید

نرخ انتقال رسوب، منجر به محاسبه دست پایین نرخ رسوبی شرقی- غربی شده است. با اینحال بعید به نظر می‌رسد که نرخ رسوبات موجود در منطقه بیش از نرخ کنارگذری گزارش شده شماره ۱۷ در جدول ۱ یعنی سامانه واقع شده در مجاورت بندر اوشن‌ساید کالیفرنیا آمریکا باشد.

#### ۱. پیشنهاد سامانه کنارگذری در بندر بریس

با استناد بر شکل ۶ در بخش ۵.۳، امواج در محدوده بندر بریس غالباً از سمت جنوب غرب به ساحل نزدیک می‌شوند. همچنین با توجه به قسمت ۱ از شکل ۶ ارتفاع موج در درون بندر به طور قابل ملاحظه‌ای کم است. قسمت قابل توجه دیگر در این شکل قسمت شماره ۲ واقع در شمال بندر است که ارتفاع موج در آنجا کاهش پیدا می‌کند. این کاهش ارتفاع موجب آشفته‌گی آب در آن منطقه شده که می‌تواند شرایط را برای رسوب‌گذاری در آن منطقه فراهم نماید. همانطور که بررسی تصاویر ماهواره‌ای بخش ۲.۳ نیز نشانگر رسوب‌گذاری در این ناحیه بود. به‌علاوه بر اساس مدلسازی بخش ۵.۳ مشخص گردید که جهت عمومی جریان در محدوده بندر بریس راستای شرقی- غربی دارد. همانگونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در قسمت جنوبی بندر بریس جهت جریان موازی با ساحل و به سمت موج‌شکن می‌باشد (منطقه شماره ۳).

در این منطقه سرعت جریان دچار افت ناگهانی شده و گردابه‌هایی در پشت و در مجاورت رأس موج‌شکن شکل می‌گیرد. در درون بندر و در حوضچه داخلی به علت وجود بازوهای موج‌شکن، سرعت جریان بسیار کم است (منطقه ۱). در منطقه ۲ اما جریان عموماً دچار چرخش در جهت عقربه‌های ساعت شده که دلیل آن می‌تواند ساختار ساحل و وجود موج‌شکن‌های بندر بوده باشد. همچنین جریانات در قسمت‌های بالاتر از منطقه ۲ سرعت بیشتری یافته و در قسمت‌های پایین این منطقه که در مجاورت دهانه بندر است، دارای سرعت کمتری هستند. الگوی جریانات در منطقه ۴ نیز حاکی عبور جریانات با سرعت نسبتاً کم از کنار بندر به سمت پایین دست خواهد بود [۱۴].

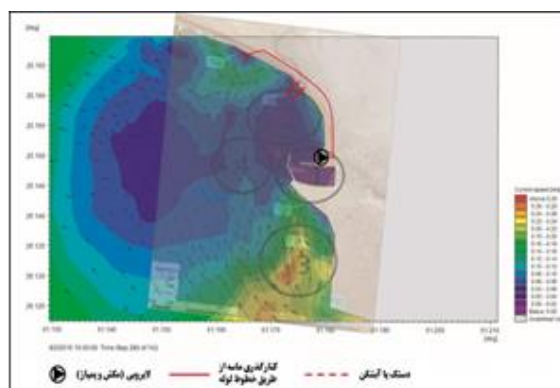
بنابراین با توجه به مطالب ارائه شده، هم در مطالعات رسوبی از طریق تصاویر ماهواره‌ای و هم در مدلسازی‌های عددی انجام شده، رسوب‌گذاری در منطقه ۲ پدیده دایمی خواهد بود که با توجه به نزدیکی آن به دهانه ورودی بندر می‌تواند تهدیدی در برابر شرایط ناوبری و اختلالگر عملکرد بندر باشد. به‌علاوه، با استناد بر مطالعات بخش ۲.۳ در قسمت‌های غربی منطقه ۲ فرسایش به وضوح قابل مشاهده است. نکته جالب توجه در این رابطه وجود یک آبراهه در نقطه‌ای است که سواحل رسوب‌گذاری شده از سواحل فرسایش یافته را جدا می‌کند. در صورتی که این آبراهه آورد رسوبی نیز داشته باشد، به شدت یافتن رسوب‌گذاری در پشت بازوی موج‌شکن فرعی بندر منجر خواهد شد. بنابراین در گام اول پیشنهاد می‌گردد که مشابه با ورودی رودخانه نرنگ استرالیا یا ورودی جنوبی دریاچه ورث (به

سمت غرب بندر راستای غربی- شرقی داشته و در مجاورت ساحل سرعت جریانات نسبتاً آرام بوده (رنگ آبی در شکل) که شرایط را جهت رسوب‌گذاری در آن ناحیه فراهم می‌آورد. در صورتی که با فاصله گرفتن از ساحل مذکور به سمت دریا، سرعت جریانات دچار افزایش می‌شود (ناحیه سبز رنگ). اما در شرایط امواج غیر موسمی در تصویر (ج) شکل ۷ مشاهده می‌شود که به علت ورود امواج از راستای جنوب غرب و شکست امواج، مؤلفه افقی تنش‌های تشعشی جهت جریان را شرقی- غربی نموده که بر خلاف جهت جریان در حالت وقوع امواج موسمی است. رسوب‌گذاری شکل گرفته در قسمت غربی بندر که از مقایسه تصاویر ماهواره‌ای بخش ۲.۳ نیز مشخص است، در نتیجه جریان ناشی از این امواج اتفاق افتاده است. بنابراین با توجه به مطالب گفته شده، نگرانی اصلی در ارتباط با تخلیه رسوبات پمپاژ شده در ناحیه غرب بندر آن است که، این رسوبات تحت اثر جریان ناشی از امواج غیر موسمی با توجه به راستای غربی- شرقی آن، بیش از پیش در غرب بندر انباشته شود و پس از چندین سال، عبور رسوبات از پشت بازوی موج‌شکن اصلی بندر را شاهد باشیم. در نهایت به منظور جلوگیری از این مشکل احتمالی، دو گزینه پیشنهاد می‌گردد.

در گزینه اول می‌توان از سامانه کنارگذری که از لحاظ قابلیت حرکت ثابت (به انضمام یک بوم لای‌روبی نیمه متحرک)، از لحاظ حالت عملیاتی با فضای ذخیره‌ای طبیعی (با توجه به فرم ساحل، ناحیه شرق بندر خود به خود به عنوان فضای ذخیره عمل می‌نماید) و از لحاظ برنامه زمانبندی عملیات به صورت غیر دائمی باشد، استفاده نمود. در این گزینه با استفاده از برنامه زمانی عملیات به صورت غیر دائمی می‌توان عملیات کنارگذری را در ایام وقوع امواج غیر موسمی متوقف نمود. با توجه به مطالعات عیسیایی مقدم و همکاران (که به طور مفصل بررسی شد)، ایام وزش بادهای موسمی ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس (معادل اواسط آذر ماه تا اواسط فروردین ماه) و همچنین ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر (اواسط خرداد ماه تا اواسط مهر ماه) بوده که انجام عملیات کنارگذری در این ایام پیشنهاد می‌گردد.

اما تحت عنوان گزینه دوم می‌توان از مشخصات مشابه با سامانه پیشنهاد شده در گزینه اول بهره برد و در صورت الحاق یک دستک عمود بر بازوی موج‌شکن اصلی جهت جلوگیری از عبور رسوب در ایام وزش بادهای غیر موسمی، از برنامه زمانبندی با عملیات دائمی استفاده نمود. از مزیت‌های این گزینه نسبت به گزینه اول می‌توان به عدم تجمع رسوبات در پشت بازوی موج‌شکن شرقی اشاره نمود اما بایستی علاوه بر هزینه‌های ساخت دستک الحاقی جدید، به تغییرات شکل گرفته در الگوی جریان‌های اطراف این دستک در اثر برخورد امواج به آن نیز توجه نمود. در نهایت در شکل ۱۰ محل استقرار اجزای سامانه کنارگذری پیشنهاد شده در هر دو گزینه ارائه شده است.

در نظر گرفته شود. اما با دقت در شکل ۷ مشاهده می‌شود که جریانات شرقی- غربی در ناحیه شرقی بندر رمین به علت تغییر ناگهانی راستای خط ساحل از حالت شرقی- غربی به جنوبی- شمالی، به دو دسته تقسیم شده که بخشی از آن در مجاورت خط ساحلی دچار افت سرعت شده و شرایط مناسبی را برای رسوب‌گذاری در پشت بازوی موج‌شکن فرعی بندر را فراهم می‌سازد. اما دسته دوم جریانات تحت اثر امواج موسمی ۱ و ۲ که از مناطق دور از ساحل و از سمت جنوب روانه شده‌اند، با سرعت قابل توجه به سمت دهانه ورودی بندر هدایت شده که موجب انتقال رسوب به درون حوضچه بندر خواهد شد.



شکل ۹: موقعیت اجزای سامانه کنارگذری پیشنهاد شده در بندر بریس

Fig. 9: Location of proposed bypass system components in Bryce port

در رابطه با موج غیر موسمی (شماره ۳) با راستای جنوب غربی نیز مطابق با شکل ۷ (ج) دسته دوم جریانات از طریق گردابه‌های تشکیل دهنده در جلوی دهانه ورودی بندر موجب انتقال رسوب به محوطه ورودی حوضچه خواهد شد [۱۳]. با این تفاسیر، ایستگاه پمپاژ تعبیه شده جهت کنارگذری ذخیره‌ای رسوبی پشت موج‌شکن فرعی به تنهایی پاسخگوی رفع مشکل رسوب‌گذاری درون حوضچه نخواهد بود. بار دیگر اشاره می‌گردد که رسوب‌گذاری درون حوضچه بندر در مجاورت و امتداد بازوی موج‌شکن شرقی صورت گرفته است. فلذا با در نظر گرفتن یک بوم لای‌روبی بر روی ایستگاه پمپاژ پیشتر گفته شده (همانند بوم لای‌روبی تعبیه شده بر روی ایستگاه ورودی جنوبی دریاچه ورث) می‌توان رسوبات لای‌روبی شده درون حوضچه را نیز جهت انتقال به ایستگاه پمپاژ مذکور هدایت نمود.

رسوبات لای‌روبی شده قسمت شرقی بندر و درون حوضچه از طریق خطوط لوله به غرب بندر انتقال خواهند یافت. اما همانطور که در بخش ۲.۲ اشاره شد، انتخاب نقطه تخلیه رسوبات نیز بایستی با توجه به الگوی جریانات در آن منطقه صورت پذیرد. در این راستا مجدداً تصاویر ارائه شده در شکل ۷ بایستی به عنوان ملاک انتخاب نقطه یا نقاط مورد نظر مورد توجه قرار بگیرند. همانگونه که در تصاویر (الف) و (ب) شکل ۷ مشخص است، در امواج موسمی جهت جریانات در



درسالیان گذشته مکرراً در بنادر شمالی و جنوبی کشور مورد توجه قرار گرفته است.

در انتها با هدف پیشنهاد پیاده سازی سامانه کنارگذری از نوع ثابت، با استناد بر بررسی مدلسازی‌های عددی صورت گرفته در گذشته که با دقت و جزئیات بالایی شرایط بنادر بریس و رمین را تشریح نموده بودند، این دو بندر مورد مطالعه قرار گرفتند. در همین راستا دو گزینه پیشنهادی جهت رفع مشکلات رسوبی بندر بریس پیشنهاد گردید. در گزینه اول با بهره‌گیری از مشخصات ایستگاه پمپاژ پیاده شده در سامانه کنارگذری ورودی جنوبی دریاچه ورث، ایستگاه کنارگذری بندر بریس از لحاظ قابلیت حرکت ثابت، از لحاظ حالت عملیاتی با فضای ذخیره‌ای و از لحاظ برنامه زمانبندی عملیات به صورت غیر دائمی خواهد بود. اما در گزینه دوم در صورت استفاده مشخصات ایستگاه پمپاژ اوشن‌ساید در ایستگاه پیشنهادی بندر بریس، برنامه زمانبندی عملیات به صورت دائمی خواهد بود. اما شرایط هیدرودینامیکی منطقه رمین به دلیل تغییر الگوی جریان در ایام وزش بادهای موسمی نسبت به بادهای غیر موسمی، وضعیت پیچیده و حساسی را دارا است. در این منطقه نیز با تحلیل‌های صورت گرفته و الگوبرداری از ایستگاه پمپاژ بندر اوشن‌ساید و بوم لایروبی در ورودی جنوبی دریاچه ورث، جهت رفع مشکلات رسوبی بندر دو گزینه طرح گردید. در گزینه اول می‌توان از سامانه کنارگذری که از لحاظ قابلیت حرکت ثابت و از لحاظ حالت عملیاتی با فضای ذخیره‌ای بوده، در شرایطی که برنامه زمانبندی عملیات به صورت غیر دائمی باشد، استفاده نمود. در این گزینه با استفاده از برنامه زمانی عملیات به صورت غیردائمی می‌توان عملیات کنارگذری را در ایام وقوع امواج غیر موسمی متوقف نمود. اما در گزینه دوم می‌توان با الحاق یک دستک عمود بر بازوی موج‌شکن اصلی بندر جهت جلوگیری از عبور رسوب در ایام وزش بادهای غیرموسمی، از برنامه زمانبندی با عملیات دائمی نیز استفاده نمود.

### مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان به یک میزان در نگارش این مقاله مشارکت داشته‌اند.

### تشکر و قدردانی

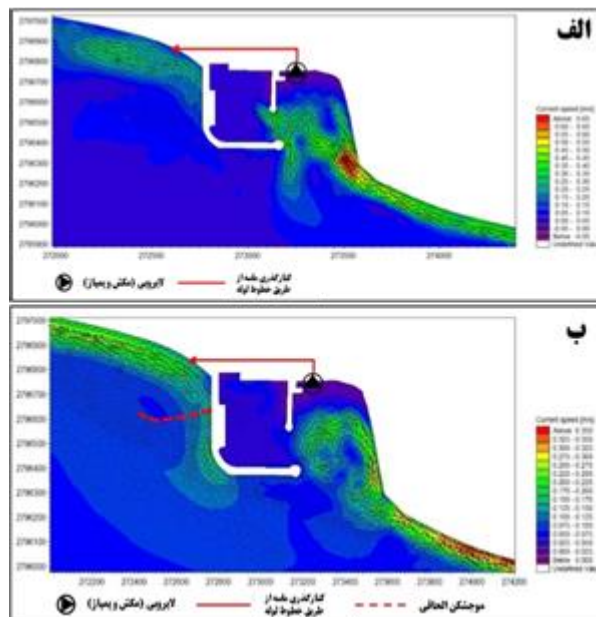
به این وسیله، نویسندگان این مقاله از کلیه کسانی که در این مطالعه نقشی داشته‌اند تشکر و قدردانی مینمایند.

### تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافی برای این مطالعه وجود ندارد.

## References

1. Kay R, Alder J. Coastal planning and management: CRC Press; 1998.



شکل ۱۰: موقعیت اجزای سامانه‌های کنارگذری پیشنهاد شده در بندر رمین. (الف): گزینه پیشنهادی اول، (ب): گزینه پیشنهادی دوم

Fig. 10: Location of proposed brokerage systems components in Ramin port. (A): The first proposed option, (b): The second proposed option

## نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر امکان استفاده از سامانه کنارگذری ماسه جهت رفع مشکلات رسوبی ناشی از تداخلات انسانی در نوار ساحلی منطقه مکران ایران مورد مطالعه قرار گرفت. بدین ترتیب ابتدا مبانی نظری سامانه مذکور جهت شناخت مولفه‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وضعیت رسوبی عمده بنادر مکران بررسی شد. سپس تجارب موفق جهانی در زمینه پیاده‌سازی این سامانه به ترتیب ظرفیت کنارگذری ارائه گردیدند. با تکیه بر این تجارب، بنداری از سواحل مکران که ظرفیت استفاده از سامانه نوع ثابت را دارا بودند مشخص شدند. با دقت و بررسی نمونه‌های موفق سطح دنیا مشاهده گردید که به طور کلی می‌توان در بنداری که در وهله اول دچار مشکل انباشتگی رسوب در پشت بازوهای خود بوده (به نحوی که بندر را با خطر کاهش عمق در حوضچه و یا کانال ناوبری آن روبرو نماید) و امکان تخلیه رسوبات لایروبی شده در ناحیه‌ای در نزدیکی آن وجود داشته باشد، سامانه کنار گذری از نوع ثابت را پیاده نمود.

سامانه‌های متحرک نیز هرچند در مواقعی می‌توانند دارای پیچیدگی‌های خاص خود باشند، اما به طور کلی شامل لایروبی رسوبات از نواحی ساحلی، انتقال رسوبات به نواحی دچار فرسایش و در نهایت تخلیه آن با توجه به شرایط هیدرودینامیکی منطقه بوده که

2. Motevalli S, Sheyhipour F. The role of geomorphic landforms in the spatial development of coastal cities: A case study of



- Noor to Rooyan. The 5th National Conference on Geographical Space, Experimental Approaches and Environmental Management; Islamshahr: Islamic Azad University of Islamshahr; 2016. p. 2.
3. Toluei A. Report of the Caspian Sea protection plan in Dashtak region. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 1985.
  4. Mahmoodi k, Saybani M, moradi A. Provide a New Computational Module for Digital Shoreline Analysis System to Detect Uncertain Data in the Shoreline Change Data. *Journal Of Marine Engineering*. 2015;**11**(21):83-94.
  5. Chanson H. The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction. 1999.
  6. Rosati JD, Kraus NC. Advances in Coastal Sediment Budget Methodology- With Emphasis on Inlets. *Shore & Beach*. 1999;**67**(2):56-65.
  7. Deguchi I, Sawaragi T. Effects of structure on deposition of discharged sediment around rivermouth. *Coastal Engineering* 1988/1989. p. 1573-1587.
  8. Nielsen P, Robert S, Møller-Christiansen B, Oliva P. Infiltration effects on sediment mobility under waves. *Coastal Engineering*. 2001;**42**(2):105-114.
  9. Siegle E, Huntley DA, Davidson MA. Modelling water surface topography at a complex inlet system—Teignmouth, UK. *Journal of Coastal Research*. 2002(36):675-685.
  10. Lumborg U, Windelin A. Hydrography and cohesive sediment modelling: application to the Rømø Dyb tidal area. *Journal of Marine Systems*. 2003;**38**(3-4):287-303.
  11. Babu M, Vethamony P, Desa E. Modelling tide-driven currents and residual eddies in the Gulf of Kachchh and their seasonal variability: A marine environmental planning perspective. *Ecological modelling*. 2005;**184**(2-4):299-312.
  12. Lumborg U, Pejrup M. Modelling of cohesive sediment transport in a tidal lagoon—An annual budget. *Marine Geology*. 2005;**218**(1-4):1-16.
  13. Isaie Moghaddam E, Allahdadi MN, Hamed A, Nasrollahi A. Wave-induced currents in the northern Gulf of Oman: a numerical study for Ramin Port along the Iranian coast. *American Journal of Fluid Dynamics*. 2018;**8**(1):30-39.
  14. Sayehbani M, Ghaderi D. Numerical Modeling of Wave and Current Patterns of Beris Port in East of Chabahar-Iran. *International Journal of Coastal and Offshore Engineering*. 2019;**3**(1):21-29.
  15. Rezaee M, Golshani A, Mousavizadegan H. A new methodology to analysis and predict shoreline changes due to human interventions (case study: Javad Al-Aemmeh port, Iran). *International Journal of Maritime Technology*. 2019;**12**:9-23.
  16. Loza PRG. Sand bypassing systems: masters in environmental engineering. 2008.
  17. Boswood P, Murray R. World-wide sand bypassing systems: data report. Queensland Government Environmental Protection Agency, 2001 1037-4701.
  18. Clausner JE. Sand bypassing cost and performance database. US Army Engineer Research and Development Center Vicksburg United States, 1999.
  19. Amir Ahmadi A, Zanganeh Asadi MA, Baluchi N, Kohistanian M, Elahi S. Evaluation of Geotourism Potentials of Southern Makran (Southern Baluchestan) Slopes. *Journal of Geographical Notion*. 2013;**14**(7):119-136.
  20. Motamed A, Gharib Reza M. Evolution of Coastal Makran Zone During Late Quaternary. *Physical Geography Research Quarterly*. 2008;**48**(3):77-87.
  21. Heidarzadeh M. Major tsunami risks from splay faulting. *The Tsunami Threat—Research and Technology*. 2011:67-80.
  22. PMO. Monitoring and Modeling Studies of Makran Coasts: Ministry of Roads and Urban Development; 2018.

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**Soltani, A.**, M.Sc. Coastal Engineering, Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
[alisoltani1693@gmail.com](mailto:alisoltani1693@gmail.com)

**Golshani, A.A.**, Assistant Professor, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
[ali.golshani@iauctb.ac.ir](mailto:ali.golshani@iauctb.ac.ir)

**Ramesht, M.H.**, Assistant Professor, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
[mhramesht@yahoo.com](mailto:mhramesht@yahoo.com)



## HOW TO CITE THIS ARTICLE

**Citation (Vancouver)** Soltani A, Golshani A, Ramesht M H. *Introducing Sand Bypass System and feasibility study of its application to Iran's Makran ports. J Oceanography. 2021; 12 (45):1-15.*

 <http://doi.org/10.52547/joc.12.45.1>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1592-fa.html>

 <https://orcid.org/0000-0002-8311-5238>



## COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.