J. Oceanography (JOC). 11 (44): 56-69, Winter 2021

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

Investigating the Possibility of Implementing Sand Bypassing System in Southern Ports of the Caspian Sea

Kiarash Doroudian [1], *Aliasghar Golshani* [1,*], *Mohammad Hasan Ramesht* [1]

[1] *Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2020/10/20
Revised: 2020/12/6
Accepted: 2020/12/10

Keywords:

Sand Bypassing System
Caspian Sea
Sediment Transport
Erosion
Accretion

[*]Corresponding author:
(*ali.golshani@iauctb.ac.ir*

ABSTRACT

Background and Theoretical Foundations: In response to climate changes and human interventions, sedimentary regimes of the coasts will be changed.

Methodology: Occasionally, these changes may affect the port's functioning as well as eroding the coastlines downstream. Since the last century, mechanical equipment has been used to restore the natural cycle of sediment transportation around the ports to address these problems. This method, which is known as the Sand Bypassing System (SBS), has been successful in countries such as Australia, India, and the United States.

Findings: By introducing SBS components and reviewing the sedimentary situation of several ports in the Caspian Sea, this article investigates the possibility of implementing SBS compared to successful SBS examples around the world.

Conclusion: Finally, by introducing the ports which are assumed to be suitable to benefit from fixed systems, implementation of SBS for the ports of Chamkhaleh and Fereydunkenar were presented in detail here.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
2	12	24

مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

بررسی امکان پیاده‌سازی سامانه کنارگذری ماسه در بنادر جنوبی دریای خزر

کیارش درودیان [۱]، علی اصغر گلشنی [۱،*]، محمدحسن رامشت [۱]

[۲] گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۲۹/۷/۱۳۹۹
تاریخ بازبینی: ۱۶/۹/۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۰/۹/۱۳۹۹

واژگان کلیدی:

دریای خزر
انتقال رسوب
فرسایش
رسوبگذاری
چمخاله
فریدونکنار

*نویسنده مسئول

(ali.golshani@iauctb.ac.ir)

چکیده

پیشینه و مبانی نظری پژوهش: سواحل دنیا در پاسخ به تغییرات طبیعی اقلیمی یا مداخلات انسانی، با گذشت زمان با تغییر در رژیم رسوبی خود مواجه خواهند شد. گاها این تغییرات سبب ایجاد تداخل در بهره‌برداری از زیرساخت‌های بندری شده و همچنان فرسایش سواحل پایین‌دست را نیز به همراه خواهد داشت.

روش‌شناسی: از صده گذشته تاکنون با هدف مقابله با مشکلات مذکور، استفاده از تجهیزات مکانیکی به منظور بازیابی چرخه طبیعی انتقال رسوب بنادر در دستور کار قرار گرفته است. استفاده از این روش که از آن به عنوان سامانه کنارگذری ماسه یاد می‌شود تاکنون در کشورهایی نظیر استرالیا، هندوستان و آمریکا دستاوردهای موفقیت آمیزی را به همراه داشته است.

یافته‌ها: این مقاله با معرفی مولفه‌های این سامانه و بررسی وضعیت رسوبی تعدادی از بنادر جنوبی دریای خزر، سعی در بررسی امکان پیاده‌سازی این سامانه در مقایسه با نمونه‌های موفق جهانی نموده است.

نتیجه‌گیری: با معرفی گزینه‌های مناسب جهت استقرار سامانه‌های ثابت، جزییات پیاده سازی سامانه برای بنادر چمخاله و فریدونکنار به تفصیل ارائه گردیده است.

مقدمه

در نواحی ساحلی فرآیندهای خشکی و دریایی در عمل متقابل با یکدیگر قرار داشته و به موجب این تعامل، دامنه مناطق ساحلی از رشد دلتاها در درون دریاها تا حداکثر مد در خشکی گسترده شده است. اما به طور کلی، اشکال زمین‌ریخت‌شناسی[1] مناطق ساحلی تحت تأثیر عوامل طبیعی نظیر عملکرد زمین‌ساختی[2]، تغییرات اقلیمی و عوامل هیدرودینامیکی و همچنین عوامل انسانی مانند ساخت سازه‌های ساحلی، دایما در حال تغییر هستند [۱, ۲]. از انتقال رسوب ساحلی به عنوان عامل مستقیم تغییرات گفته شده یاد می‌شود که فعالیت آن در نهایت در قالب تغییرات خط ساحلی نمود پیدا خواهد کرد. از این رو خط ساحلی به عنوان یکی از ۲۷ پدیده مهم سطح کره زمین از سوی کمیته بین المللی داده‌های جغرافیایی[3]، معرفی شده است [۳].

سازه‌های ساحلی به طور کلی می‌توانند به عنوان مانعی در برابر جریان طبیعی رسوبات واقع شوند. رسوبگذاری و فرسایش در نزدیکی بنادر کوچک بسیار محتمل بوده و اتفاق نظر کلی در مورد مناسب‌ترین اقدام جهت کاهش اثرات آن وجود ندارد [۴]. هزینه‌های سنگین لایروبی بنادر و کانال‌های ناوبری و همچنین فرسایش نواحی ساحلی در پایین‌دست سازه‌های عمود بر ساحل که بعضاً خسارت‌هایی را نیز در پی خواهد داشت، مهندسین و محققین را بر آن داشته تا روش‌ها و مدل‌های گوناگونی را جهت ارائه راه حل در راستای برقراری مدیریت صحیح مناطق ساحلی و کاهش تبعات احتمالی را ارائه نمایند [۵].

در همین راستا، مطالعات بسیاری در دو دهه گذشته صورت گرفته شده است. روزتی و کراوس [۶] به عنوان یکی از پایه‌ای‌ترین تحقیقات در این حوزه، 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 پایین‌دست می‌شوند. اگر چه قبل 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. به تدریج 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 همکاران [۹] در خلیج تیگموت[4] انگلستان، لامبورگ و ویندلین [۱۰] در منطقه رمو دایب[5] در دریای وادن[6] دانمارک، بابو و همکاران [۱۱] در خلیج کاج واقع در جنوب غرب هندوستان و لامبورگ و پچراپ [۱۲] برای منطقه جزر و مدی لیستر دایب[7] 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. در رابطه با امکان استفاده از سامانه کنارگذری رسوب در بنادر ایران، ظریف صنایعی و مقصودی زند [۴] در بخشی از پیشنهادات طرح توسعه بندر چمخاله به منظور رفع مشکلات رسوبی آن، استفاده از سامانه کنارگذری را به منظور تکمیل طرح خود پیشنهاد دادند. همچنین پروین و همکاران [۱۶] نیز پس از تخمین نرخ رانه‌های ساحلی بندر کلارآباد و اندزه گیری‌های میدانی، با توجه به الگوی جریانات در منطقه، ناحیه‌ی مناسب جهت تخلیه رسوبات را پیشنهاد نمودند.

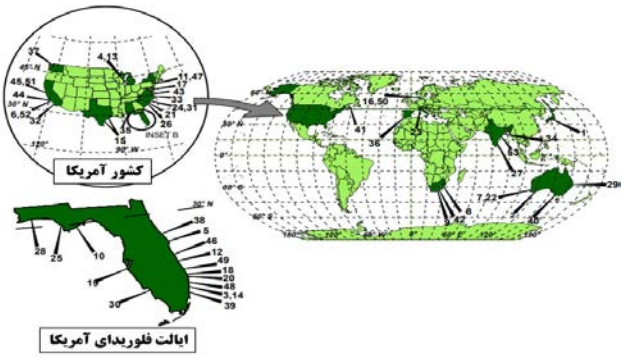
به گواه مطالعات رسوبی متعدد انجام شده در زمینه انتقال رسوب در اطراف بنادر کشورمان که تطابق مناسبی را نیز با برداشت‌های میدانی داشته‌اند، ظاهراً در زمینه شناخت الگوی رسوبی بنادر کشورمان مشکل چندانی احساس نمی‌شود. علاوه بر آنکه تابحال در مقیاس ملی پروژه‌هایی مانند پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل کشور توسط سازمان بنادر و دریانوردی به صورت یکپارچه صورت گرفته است. اما آنچه که همچنان به عنوان یک واقعیت انکار ناپذیر بایستی مورد توجه قرار بگیرد آن است که علیرغم تلاش‌های بسیار صورت گرفته، همچنان در عمل شمار قابل توجهی از بنادر کشورمان با مشکلات رسوبی روبرو هستند. تاکنون عمده خروجی مطالعات شناخت الگوی رسوبی در اطراف بنادر نهایتاً معطوف بر اصلاح طرح هندسی[8] حوضچه بنادر شده است که جدای از هزینه‌های مالی و زیست محیطی قابل توجه، تضمینی بر رفع دایمی مشکل نیز نبوده‌اند. بنابراین به ناچار لایروبی ادواری به عنوان اولین گزینه در دسترس و به عنوان راه حل عملی مورد استفاده قرار گرفته که رویکردی پرهزینه و زمانبر است. این تحقیق با معرفی سامانه کنارگذر ماسه[9] و مولفه‌های اثر گذار آن سعی نموده است تا اثرگذاری آن در رفع مشکلات رسوبی بنادر سراسر جهان را یادآور شده و ضمن معرفی نمونه‌های موفق پیاده شده در سراسر دنیا، با بررسی وضعیت رسوبی بنادر دریای خزر در ایران، گزینه‌های مطلوب جهت پیاده‌سازی این سامانه در بنادر یاد شده را مورد بررسی قرار دهد.

۲. معرفی و طبقه بندی سامانه کنارگذری ماسه

سامانه کنارگذری مکانیکی ماسه روشی است برای انتقال رسوبات از اطراف یک مانع (در برابر جریان طبیعی رسوب)، که در صورت عدم وجود آن مانع، رسوبات می‌توانند به طور طبیعی انتقال یابند. سازه‌های حفاظت از ساحل مصنوعی (انسان ساخت)، با تغییر مسیر حرکت رسوب خطر فرسایش سواحل پایین‌دست و جابجایی مسیر ناوبری را به دنبال خواهند داشت. در همین راستا، استقرار دستگاه‌های مکانیکی با هدف بازگرداندن چرخه طبیعی انتقال رسوب تحت عنوان کنارگذری مکانیکی، رویکردی است که برای انتقال رسوبات از بالادست به پایین‌دست بنادر استفاده می‌شود. به طور کلی سامانه‌های کنارگذری ماسه بر قواعد ساده‌ای استوار هستند که شامل لایروبی، انتقال و تخلیه رسوب می‌شوند [۴, ۱۷]. در شکل شماره ۱، پراکندگی سامانه‌های کنارگذری پیاده شده در سراسر دنیا به نمایش در آمده است.

[1] Geomorphologic
[2] Tectonics
[3] International Geographic Data Committee
[4] Teignmouth
[5] Rømø Dyb
[6] Wadden Sea
[7] Lister Dyb
[8] Layout
[9] Sand Bypassing System

سامانه کنارگذری را می‌توان از منظر هدف پیاده‌سازی سامانه، قابلیت حرکت، نوع عملیات، نوع برنامه زمانی و در نهایت ظرفیت کنارگذری مورد بررسی قرار داد. در جدول ۱ سامانه‌های کنارگذری بر اساس معیارهای شمرده شده طبقه‌بندی شده‌اند. بایستی توجه داشت که چون هر سامانه کنارگذری جهت پاسخگویی به شرایط مختلف و متنوعی طراحی می‌شود، بنابراین ممکن است بتوان یک سامانه را در یک یا چند طبقه از یک گروه قرار داد.



شکل ۱- نقشه پراکندگی سامانه‌های کنارگذری پیاده شده در سراسر دنیا [۱۶, ۱۸]

جدول ۱- طبقه بندی انواع سامانه‌های کنارگذری [۱۷]

از لحاظ هدف
۱- کاهش فرسایش در پایین‌دست و ترسیب در بالادست سازه‌ها
۲- پایدار نمودن کانال‌های ناوبری
از لحاظ قابلیت حرکت
۱- سامانه‌های سیار مبتنی بر آب
۲- سامانه‌های سیار مبتنی بر خشکی
۳- سامانه‌های ثابت
از لحاظ حالت عملیاتی
۱- حالت عملیاتی مداخله‌ای
۲- حالت عملیاتی با فضای ذخیره سازی
از لحاظ برنامه زمانی
۱- برنامه زمانی دایمی
۲- برنامه زمانی دوره‌ای
از لحاظ ظرفیت
۱- با توجه به مقادیر موجود
۲- با توجه به حالت عملیاتی

در جدول ۱ به انواع اهدافی که سامانه کنارگذری به دنبال دستیابی به آن‌ها طراحی و پیاده سازی می‌شوند، اشاره گردید. اما در رابطه با قابلیت حرکت، یک شناور لایروب که از آن برای استخراج و تخلیه رسوب استفاده می‌شود را می‌توان به عنوان یک سامانه کنارگذری متحرک مبتنی بر آب معرفی کرد. در سامانه‌های سیار به طور معمول تجهیزات می‌توانند به مناطق مختلف پروژه انتقال یافته و در مکان دیگر دوباره استقرار پیدا کنند. همچنین اگر بر روی یک کامیون یک دراگلاین[1] یا جت پمپاژ با هدف لایروبی بستر نصب شده باشد، این سامانه سیار نمونه‌ای از یک سامانه مبتنی بر خشکی خواهد بود. اما در نهایت سامانه‌های ثابت سامانه‌هایی هستند که در آن کل مجموعه کنارگذری دارای یک محل مشخص است. نمونه واضح از سامانه‌های ثابت را می‌توان سامانه‌های لایروب با پمپاژ از یک بستر[2] ثابت را نام برد. سامانه‌های ثابت به میزان زیادی به پیشبینی الگوی انتقال رسوب منطقه مورد مطالعه نیازمند خواهند بود.

از لحاظ حالت عملیاتی، زمانی که رسوبات همواره در موقعیت مشخصی حضور داشته باشند، می‌توان از سامانه‌های مداخله‌ای[3] استفاده نمود. اما همواره باید توجه داشت که در سامانه‌های مداخله‌ای اطمینان یافتن از نرخ واقعی انتقال رسوب و جهت رانه‌های ساحلی بسیار حائز اهمیت است. در غیر اینصورت، یک یا چند فضای ذخیره سازی را می‌توان با هدف نگه داشتن مقدار قابل توجهی از رسوبات طراحی نمود.

برنامه زمانی نیز طبق جدول ۱ به دو دسته دایمی و دوره‌ای تقسیم شده‌اند. یک نکته مهم در تعیین نوع برنامه زمانی، توجه به نوع حالت عملیاتی سامانه است. به عنوان مثال در حالت عملیات مداخله‌ای، تنها در صورت ثابت بودن نرخ رانه ساحلی برنامه زمانی مداوم می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. سامانه‌های غیردایمی یا دوره‌ای نیز معمولاً تنها زمانی عمل می‌کنند که کنارگذری ضروری بوده و یا به نقطه بحرانی رسیده باشد. استفاده از لایروب که به صورت دوره‌ای رسوبات را جاروب و در پایین‌دست تخلیه می کند، می‌تواند نمونه‌ای از برنامه زمانی دوره‌ای باشد.

اما در نهایت از آنجا که مقدار رسوبات جهت کنارگذری از مهمترین عوامل مؤثر در این سامانه‌ها محسوب می‌شود، بنابراین شناخت منابع رسوبی در دسترس و جزییات الگوی رانه‌های ساحلی بسیار مهم است. از طرفی با استناد به مطالب پیشین، حالت عملیاتی سامانه و قابلیت حرکت نیز عوامل تعیین کننده‌ای در ظرفیت کنارگذری به شمار می‌روند [۱۷].

۳. مواد و روش‌ها

۱.۳. محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد نظر در این مطالعه، خطوط ساحلی اطراف عمده‌ی بنادر واقع در بخش جنوبی دریایی خزر بوده که در محدوده‌ی مرزهای کشور ایران واقع شده‌اند. محدوده گفته شده، از سمت غرب با خط ساحلی واقع شده در شمال بندر آستارا با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه و ۵۷ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه و ۲۵ ثانیه شمالی شروع شده و در شرق به خط ساحلی واقع شده در شرق بندر امیرآباد با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه و ۷ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۸ ثانیه شمالی ختم می‌شود.

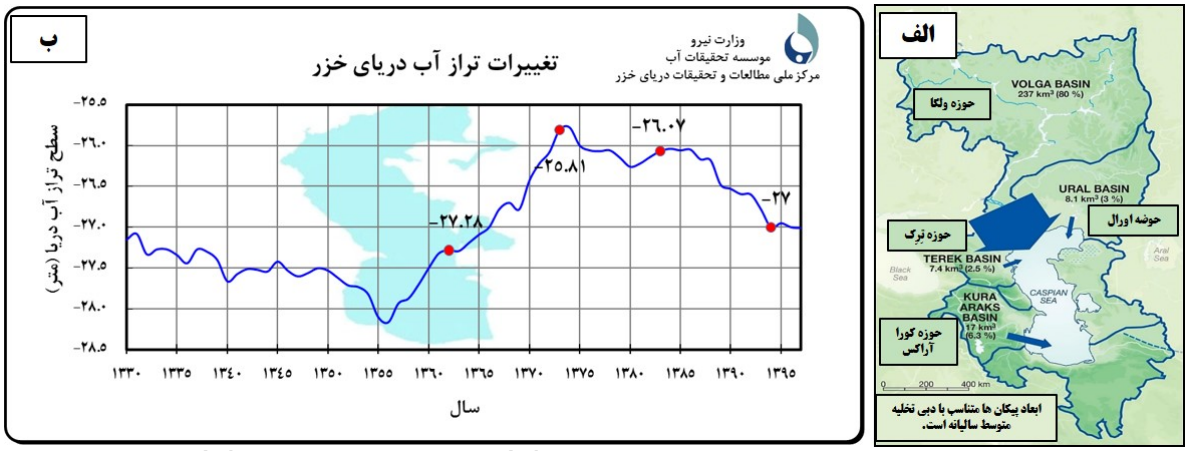
دریای خزر نیز با عرض قریب بر ۴۳۵ و طول ۱۲۰۰ تا ۱۰۳۹ کیلومتر، با داشتن حدود ۴۴ درصد ذخیره آب دریاچه‌های جهان، بزرگ‌ترین دریاچه کره زمین محسوب می‌شود. در حالت کلی بستر این حوضه بر اساس توپوگرافی به سه ناحیه کم‌عمق شمالی، ناحیه گودال مرکزی و بخش گودال جنوبی قابل‌تقسیم است. عمیق‌ترین نواحی این دریا نزدیک به سواحل کشور ایران است [۱۹]. تراز آب دریای خزر در حدود ۲۷ متر پایین‌تر از سطح اقیانوس قرار دارد. دریای خزر دارای رژیم هیدرولوژی بسیار ناپایدار است که آن‌را از جمله ویژگی‌های خاص این منطقه در مطالعات هیدرودینامیکی و تغییرات خط ساحلی می‌توان برشمرد. به طوری که نوسانات ادواری تراز آب را می‌توان از بارزترین ویژگی‌های دریای خزر دانست. حداکثر دامنه تغییرات تراز آب در ده هزار سال گذشته تا ۲۵ متر و در ۲/۵ هزار سال گذشته تا ۱۵ متر بوده که علت آن وجود مجموعه‌ای از فرایندهای اقلیمی، هیدرولوژی و

[1] Dragline

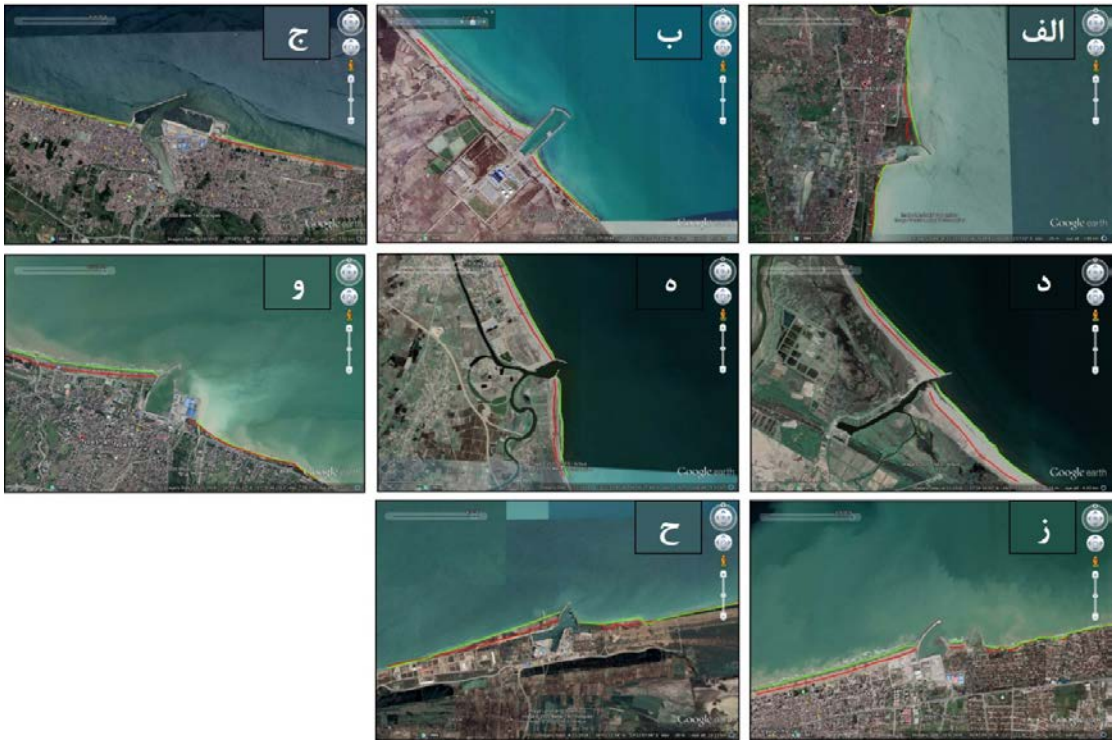
[2] Platform

[3] Interception Systems

زمین‌شناختی که در حوضه آن رخ می‌دهد، است [۲۰]. اصلی‌ترین منبع ورودی آب به دریای خزر، رودخانه ولگا بوده که در حدود ۸۰ درصد آب‌های ورودی به دریای خزر از این رودخانه تأمین می‌شود. در شکل ۲ (الف)، نمای کلی دریای خزر و میزان آب ورودی از حریم چند رودخانه مهم به آن مشخص شده و در شکل ۲ (ب)، نمودار تغییرات تراز آب دریای خزر در بازه زمانی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۹۷ به نمایش در آمده است.



شکل ۲- (الف): دریای خزر و میزان ورودی آب از رودخانه‌های اطراف [۱۹]؛ (ب): نمودار تغییرات تراز آب دریای خزر [۲۱]



شکل ۳- تغییرات خطوط ساحلی در اطراف بنادر، (الف): آستارا در بازه ۲۰۱۲ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (ب): پرهسر در بازه ۲۰۱۰ (خط قرمز) تا ۲۰۱۸ میلادی (خط سبز)؛ (ج): انزلی در بازه ۲۰۱۱ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (د): کیاشهر در بازه ۲۰۰۷ (خط قرمز) تا ۲۰۱۸ میلادی (خط سبز)؛ (ه): چمخاله در بازه ۲۰۱۰ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (و): نوشهر در بازه ۲۰۱۰ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (ز): فریدونکنار در بازه ۲۰۱۱ (خط قرمز) تا ۲۰۱۹ میلادی (خط سبز)؛ (ح): امیرآباد در بازه ۲۰۰۴ (خط قرمز) تا ۲۰۱۸ میلادی (خط سبز)

۲.۳. وضعیت رسوبی اطراف بنادر

در تحقیق حاضر، به منظور شناسایی تغییرات خط ساحل از اطلاعات دریافت شده از سنجنده‌ها که شامل تصاویر ماهواره‌ای هستند، استفاده شده است. 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، به علت پردازشی که پیشتر بر روی تصاویر انجام شده است، کاربر را از انجام این اقدامات بی‌نیاز می‌کند. بعلاوه، شناسایی خطوط ساحلی بر مبنای بالاترین تراز داغاب در سواحل، به صورت دستی از طریق ابزارهای مورد نظر در نرم افزار گوگل ارث صورت پذیرفته است (شکل ۳).

نوسانات تراز آب دریای خزر به گونه‌ای بوده است که از سال ۱۳۱۲ تا ۱۳۱۹ سطح تراز آب دریای خزر چیزی در حدود ۲ متر پایین آمده و سپس این روند تا سال ۱۳۵۶ شمسی با نرخ کمتری (در حدود ۳ سانتیمتر در هر سال) ادامه پیدا کرده است. از سال ۱۳۵۷، سطح تراز آب دریای خزر با نرخ متوسط ۱۲ سانتیمتر در هر سال شروع به افزایش کرده و این روند صعودی تا سال ۱۳۷۳ ادامه پیدا کرده است. در واقع تراز آب در طی ۱۵ سال در حدود ۱.۸ متر بالا آمده است [۲۰]. همانطور که در شکل ۲ (ب)

نیز مشخص است، از سال ۱۳۷۴ به بعد دوباره سطح آب دریای خزر در حال پایین رفتن است. بر این اساس اگر در بخش‌هایی از سواحل جنوبی دریای خزر طی دوره‌های زمانی ذکر شده، کاهش یا افزایش خشکی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی اتفاق افتاده باشد، لزوماً همه این فرسایش یا خشکی‌زایی‌ها صرفاً نتیجه ساخت سازه‌های انسانی نبوده است. به عبارتی تلفیق فعالیت‌های انسانی و نوسانات تراز آب دریای خزر در مناطق خاص، موجب شکل‌گیری ترسیب یا فرسایش در این مناطق شده و در بخش‌های مختلف بسته به شیب نوار ساحلی، تفاوت‌هایی در مقدار افزایش یا کاهش خشکی به وجود آمده است.

خطوط ساحلی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ بندر آستارا (شکل ۳ (الف)) نشان دهنده رسوبگذاری در مجاورت بازوی شمالی بندر هستند. بر همین اساس، به احتمال قوی جهت رانه ساحلی در منطقه یاد شده از شمال به جنوب است. در سواحل پایین‌دست اما تغییرات کمی مشاهده شده که با توجه کاهش تراز دریای خزر و خشکی‌زایی حاصله، به احتمال قوی این منطقه فرسایشی بوده و به علت همین خشکی‌زایی، فرسایشی بودن آن در بررسی مابین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ هویدا نشده است.

شکل ۳ (ب) نیز تغییرات خطوط ساحلی نیروگاه پره‌سر واقع در شمال غرب بندر انزلی طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد که در قسمت شمالی محل این نیروگاه رسوبگذاری به صورت قابل توجه و در مجاورت بازوی جنوبی رسوبگذاری با شدت کمتری اتفاق افتاده است.

بررسی تصاویر ماهواره‌ای بندر انزلی به صورت کلی نشان دهنده وجود لکه‌های رسوبی درون حوضچه آرامش بندر است. با توجه به شکل ۳ (ج)، طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۹ در بیشتر قسمت‌های ساحلی منطقه بندر انزلی اتفاق خاصی نیافتاده است اما در مجاورت موجشکن شرقی بندر، رسوبگذاری مشاهده می‌شود.

بندر کیاشهر (شکل ۳ (د)) در نزدیکی رودخانه سفیدرود قرار دارد. این بندر به دلیل موقعیت مکانی و نزدیکی زیاد با مصب رودخانه سفیدرود، همواره تحت تأثیر آوردهای رسوبی این رودخانه قرار داشته است. با توجه به این شکل، در بازه سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۸ در هر دو سمت بندر رسوبگذاری شدیدی رخ داده است. به نحوی که بازوی دستک جنوبی بندر در رسوبات مدفون و بازوی شمالی نیز در آستانه مدفون شدن کامل قرار گرفته است. این مساله احتمال پر شدن انباره رسوبی بالادست و کنارگذری رسوب را شدت می‌بخشد.

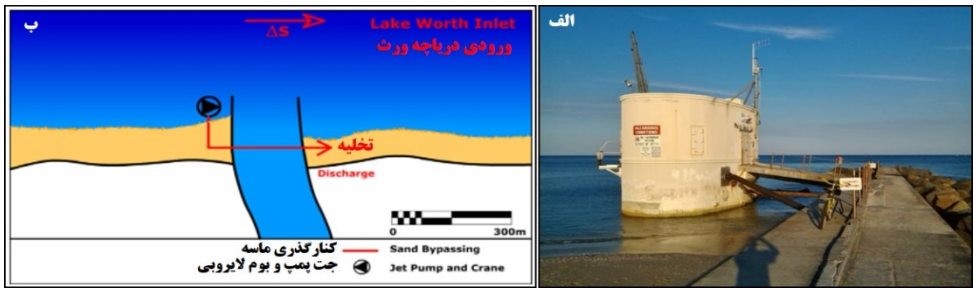
بندر چمخاله (شکل ۳ (ه)) در شرق دلتای سفیدرود قرار گرفته است. طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹، در هر دو سمت بندر رسوبگذاری مشاهده شده است. هرچند به نظر می‌رسد که عمده رسوبگذاری اتفاق افتاده در این ناحیه به علت کاهش سطح آب دریای خزر در این بازه بوده، بررسی دقیق‌تر این مساله با توجه به عدم وجود تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، نیازمند بررسی عکس‌های هوایی و یا انجام مدلسازی عددی است.

بندر نوشهر نیز با توجه به شکل ۳ (و) در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ شاهد رسوبگذاری در پشت بازوی غربی بوده است. همچنین با توجه به پیشروی قابل توجه خط ساحل در پشت موجشکن اصلی، به نظر می‌رسد که ظرفیت رسوبی بالادست در حال اتمام است. در قسمت شرقی بندر اما در این بازه زمانی تغییرات چندانی دیده نمی‌شود.

بندر فریدونکنار نیز در نزدیکی رودخانه سرخرود واقع شده است که در حدود ۱۰ کیلومتری غرب آن به دریا می‌ریزد. در شرق آن نیز موجشکن قدیمی بندر خزر شهر (دریابانی کنونی) واقع شده است. طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۹، رسوبگذاری در پشت ضلع غربی موجشکن جدید بندر فریدونکنار مشاهده می‌شود (شکل ۳ (ز)). در ضلع شرقی آن نیز عمدتاً آثار ساخت و سازه‌های ساحلی به منظور حفاظت سخت از ساحل دیده می‌شود، بنابراین کمتر در بازه مورد بررسی دستخوش تغییر خاصی شده است. به علاوه خط ساحلی مابین بندر دریابانی و فریدونکنار نیز پیشروی خشکی یا رسوبگذاری را تجربه نموده است.

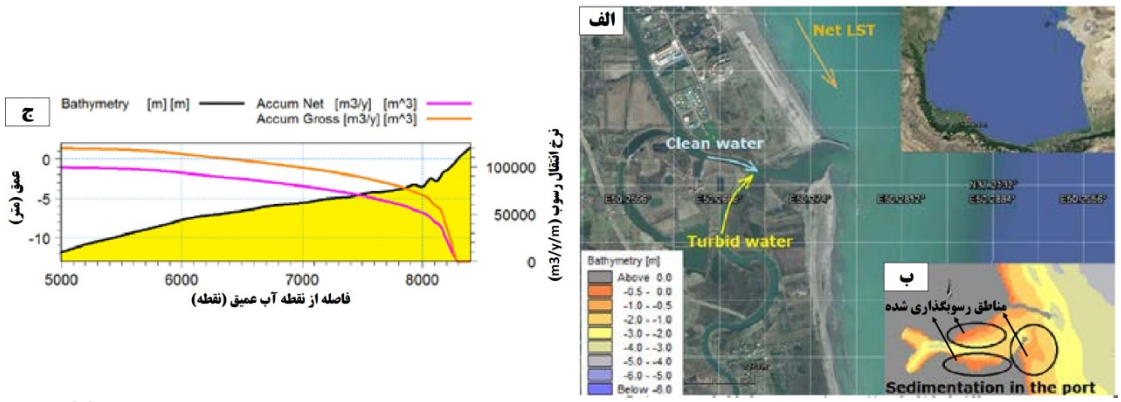
جدول ۲- تجربیات جهانی پیاده سازی سامانه کنارگذری برحسب حجم کنارگذری [۱۷]

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

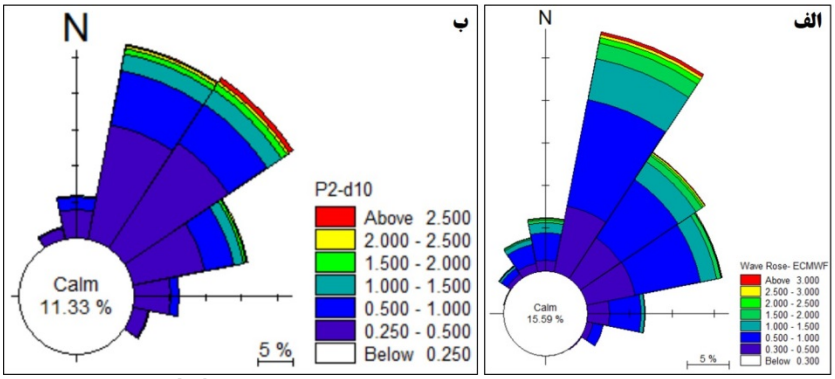


شکل ۴- (الف): تصویر ایستگاه و (ب): طرح سامانه کنارگذری کانال ورودی دریاچه ورث (Loza, 2008)

شکل ۵- (الف): طرح سامانه (Loza, 2008) و (ب): تصویر ایستگاه کنارگذری ورودی کانال دریاچه ورث جنوبی



شکل ۶- (الف): موقعیت بندر و جهت رانه‌های ساحلی؛ (ب): مناطق رسوبگذاری شده؛ (ج): نیمرخ ساحل بالادست و نرخ انتقال رسوب موازی با ساحل [۴]



شکل ۷- گلموج آب عمیق (الف) و در عمق ۱۰ متر (ب) بندر چمخاله [۲۲]

بندر امیرآباد در بخش شرقی نیروگاه نکا قرار دارد. شکل ۳ (ح) که بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۸ را پوشش می‌دهد، بر رسوبگذاری در بخش غربی بندر گواهی دارد. در شرق بندر به جز قسمتی که با فاصله از بازوی شرقی قرار دارد، تغییرات چندانی مشاهده نمی‌شود. با در نظر گرفتن روند کاهشی سطح آب دریای خزر در بازه مورد بررسی، یه احتمال زیاد بخش شرقی فرسایشی بوده و عدم مشاهده آن در این بازه ۱۴ ساله به علت خشکی‌زایی ناشی از کاهش سطح آب است. در این حالت با افزایش مجدد سطح آب پسروی قابل توجهی در خط ساحل به وقوع خواهد پیوست.

۳.۳. تجربیات جهانی استفاده از سامانه کنارگذری

در جدول ۲، لیستی از سامانه‌های موفق کنارگذاری ماسه در سرتاسر کره زمین بر حسب ظرفیت انتقال رسوب مرتب و ارائه شده‌اند.

از نمونه‌های اشاره شده در جدول ۲، نمونه‌های شماره ۱ (با خط لوله ۲ کیلومتری)، شماره ۵ (توسط ۱۰ چت پمپ، از طریق یک خط لوله پلی اورتان فولادی به طول ۱ کیلومتر و تخلیه در سه نقطه در پایین‌دست)، شماره ۱۳ (با طول لوله ۴۰۰ متری و قطر لوله۲۵.۴ سانتیمتری که از بستر کانال رودخانه عبور کرده)، شماره ۱۴ (با لایروب هیدرولیکی ثابت و لوله انتقال ۳۵۰ متری که در زیر عرشه یک پل، در بزرگراه مجاور در خشکی نصب شده) و شماره ۱۷ (لایروبی همزمان بالادست و حوضچه بندر با طول انتقال در مجموع ۳۳۰۰ متر) از نوع ثابت بوده که در ادامه با توجه به اهداف تحقیق، جزییات موارد شماره ۱۳ و ۱۴ ارائه شده‌اند.

مورد شماره ۱۳، دهانه ورودی کانال دریاچه ورث[1] واقع در فلوریدای آمریکا است. مطابق با شکل ۴ (الف)، ایستگاه ثابت نصب شده در مجاورت بازوی دستک[2] شمالی با هدف محافظت از بندر پالم بیچ[3] از سال ۱۹۸۵ تا کنون مشغول انجام عملیات کنارگذاری رسوب است. این ایستگاه مجهز به یک موتور الکتریکی ۴۰۰ اسب بخاری و لوله‌ای به قطر ۳۰.۵ سانتیمتر جهت لایروبی رسوبات است. رسوبات مخلوط شده با آب دریا از توسط یک خط لوله با قطر ۲۵.۴ سانتیمتر از طریق بستر کانال به پایین‌دست پمپاژ می شوند. تا سال ۱۹۶۹ یک آبشکن در قسمت شمالی ایستگاه استقرار داشته تا از کنارگذاری بیش از اندازه رسوبات به پایین‌دست توسط ایستگاه جلوگیری شود که امروزه حذف گردیده است. این ایستگاه به طور متوسط، سالیانه ۶۱۰۰۰ متر مکعب رسوب را از بالادست دستک‌ها به پایین‌دست انتقال می دهد. بعلاوه، ایستگاه مذکور شامل یک بوم لایروبی نیز است که از طریق آن رسوبات دهانه ورودی کانال را به طور متوسط به میزان ۷۶۵۰۰ مترمکعب در سال به پایین‌دست انتقال می‌دهد [۱۷]. در شکل ۴ (ب) نیز طرح سامانه کنارگذاری این منطقه به نمایش در آمده است.

همچنین در مجاورت ورودی جنوبی دریاچه ورث واقع در فلوریدای آمریکا (مورد شماره ۱۴ جدول ۲)، سامانه کنارگذاری از نوع ثابت قرار داشته که از سال ۱۹۳۷ عملیات کنارگذاری ماسه را به انجام می‌رساند. در این منطقه که امروزه با نام بوینتن[4] 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 ایستگاهِ پمپاژ، تخلیه می‌نماید. رسوبات در این ناحیه از نوع درشت‌دانه با قطر میانگین ذرات۰.3 میلیمتر (از ۰.۲۹ تا ۰.۳۲ میلیمتر) می‌باشند. ظرفیت اسمی کنارگذاری این سامانه ۱۱۰ مترمکعب در ساعت بوده و نرخ متوسط سالیانه کنارگذاری در آن ۵۳۵۰۰ مترمکعب گزارش شده است که از لحاظ نرخ کنارگذاری در طبقه بندی متوسط جای می‌گیرد. این سامانه از لحاظ برنامه زمانی عملیات در دسته عملیات دایمی بوده و در طول سال می‌تواند با تعداد تنها ۲ خدمه تحت سرویس باشد. شکل ۵ طرحی 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 موجشکن‌ها و تغییر موقعیت ایستگاه به منطقه‌ای نزدیکتر به دریا است [۱۷].

۴.۳. بررسی کلی پیاده‌سازی سامانه در بنادر شمالی

در قسمت مبانی نظری تحقیق (بخش ۲)، اشاره شد که سامانه کنارگذاری از لحاظ قابلیت حرکت به دو دسته سامانه‌های سیار و سامانه‌های ثابت تقسیم می‌شوند. موارد اشاره شده در بخش ۲.۳، در کنار مطالعه دقیق‌تر نمونه‌های طبقه بندی شده در جدول ۱ که به صورت تفصیلی در گزارش پدرو لوزا [۱۷] آمده است، رویکرد واضحی از انتخاب نوع سامانه کنارگذاری برای هر منطقه ارائه می‌دهد. بخشی از این رویکرد شامل انتخاب سامانه کنارگذاری از نوع ثابت برای بنادری که در بالادست دچار پدیده رسوبگذاری و در پایین‌دست 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 [۱۷]. گزینه دیگر در رابطه با انتخاب نوع سامانه کنارگذاری، به طور خلاصه استفاده از سامانه کنارگذاری 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.

اما نکته مهم این است که با توجه به شکل ۲، سطح آب دریای خزر از سال ۱۳۸۵ (۲۰۰۶ میلادی) مرتباً دچار کاهش بوده است و با توجه به شیب نسبتاً کم نواحی ساحلی شمالی کشور، کاهش اندکی در سطح آب می‌تواند باعث خشکی‌زایی‌های وسیعی گردد. بنابراین، در بنادری که موقعیت خطوط ساحلی پایین‌دست آن در طی بازه‌های زمانی مورد مطالعه (که بعد از ۲۰۰۶ میلادی را شامل می‌شوند) دچار تغییر چندانی نگردیده است، به احتمال بسیار قوی فرسایشی بوده و در صورت افزایش مجدد تراز آب دریای خزر به شدت اثر فرسایشی آن آشکار خواهد شد. بنابراین با توجه به معیار معرفی شده برای انتخاب سامانه از نوع ثابت و همچنین با تکیه بر مطالعات بخش ۲.۳ و شکل ۳، به ترتیب از غرب به شرق بنادر آستارا، پره‌سر، چمخاله، نوشهر، فریدونکنار و امیرآباد می‌توانند جهت بهبود عملکرد رسوبی خود، از سامانه کنارگذاری نوع ثابت بهره‌مند شوند. وضعیت رسوبی مطرح شده در دو بندر چمخاله و فریدونکنار 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 پیاده سازی این نوع از سامانه را در آن‌ها فراهم می‌آورد.

۵.۳. شرایط هیدرودینامیکی بندر چمخاله

در رابطه با شرایط هیدرودینامیکی و رسوبی محدوده بندر چمخاله، ظریف صنایعی و مقصودی زند [۴] و جوشیده و همکاران [۲۲] تاکنون به مطالعه این موضوع پرداخته‌اند. در گزارش ظریف صنایعی و مقصودی زند آمده است که از زمان احداث بندر چمخاله، رسوبگذاری سنگین پشت موجشکن غربی و پیشروی سریع خط ساحلی مشاهده شده است. همچنین حوضچه بندر

[1] Lake Worth Inlet
[2] Jetty
[3] Palm Beach
[4] Boynton

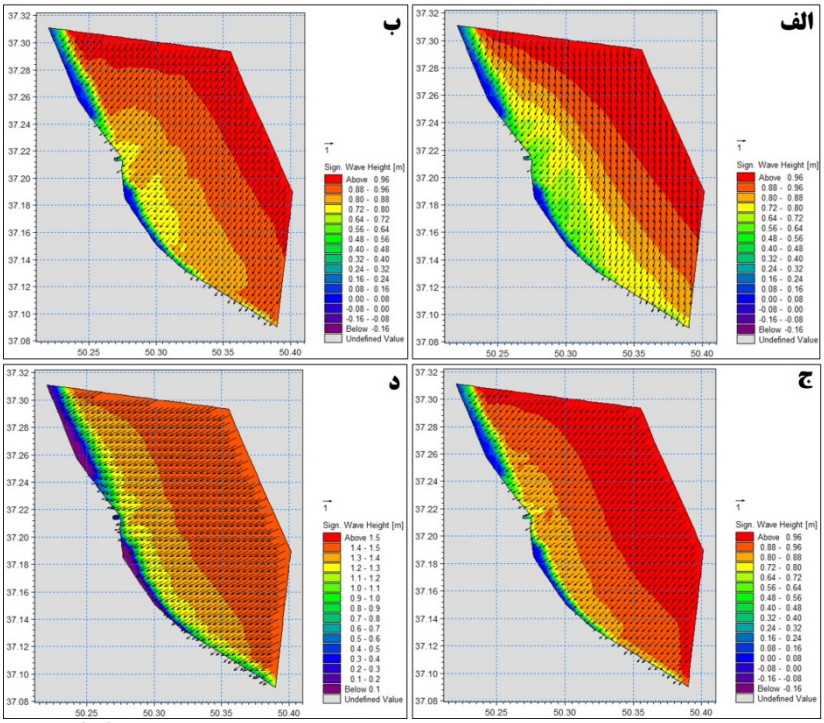
نیز در دهانه رودخانه واقع شده است. طرح نادرست موجشکن‌ها باعث ایجاد منطقه‌ای آرام برای ته‌نشینی و تجمع رسوبات ریزدانه در حوضچه بندر شده که در نهایت منجر به اختلال در عملیات بندر در سال‌های اخیر شده است. همچنین مقایسه هیدروگرافی‌های سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۹، ۱۳۹۱، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی نشان داده است که میانگین خالص سالانه انتقال رسوب موازی با ساحل حدود ۱۰۰۰۰۰ متر مکعب و از غرب به شرق است. در شکل ۶ موقعیت بندر، جهت و نرخ رانه‌های ساحلی، مناطق ترسیب یافته و نیمرخ ساحل در بالادست به نمایش در آمده است.

جوشیده و همکاران نیز در پروژه‌ای به بررسی شرایط هیدرودینامیک بندرچمخاله با استفاده از مدلسازی عددی MIKE-SW پرداختند. به منظور شناخت اقلیم باد و موج، در پروژه مذکور از آمار باد ایستگاه‌های سینوپتیک نوشهر، رامسر و بندر انزلی و همچنین داده‌های باد ECMWF و نتایج مدلسازی امواج دریاهای ایران (ISWM) استفاده شده است. در شکل ۷ (الف) گلموج سالیانه بر اساس کل داده‌های ISWM در محدوده آب عمیق چمخاله که در پروژه جوشیده و همکاران استفاده شده، ارائه شده است. بر اساس نتایج مدلسازی ISWM، جهت موج غالب از شمال‌شرق (۲۲.۵ درجه) بوده و بیش از ۱۵ درصد از ایام سال، وضعیت امواج در آبهای دوردست منطقه آرام است (کمتر از ۳۰ سانتی‌متر). درضمن حداکثر ارتفاع موج محاسبه شده حدود5.4 متر و از جهت ۲۰ درجه است. در شکل ۷ (ب) نیز گلموج استخراج شده در عمق ۱۰ متری حاصل از مدلسازی جوشیده و همکاران به نمایش در آمده است. در اینجا نیز جهت موج غالب از شمال‌شرق بوده و در بیش از ۱۱ درصد از ایام سال، وضعیت امواج در عمق ۱۱ متری در محدوده پروژه آرام است. همچنین حداکثر ارتفاع موج محاسبه شده حدود ۴ متر و از جهت ۴۱ درجه است. با توجه به فراوانی امواج ارائه شده در گلموج‌های شکل ۷، الگوی انتقال امواج با جهت‌های ۵ تا ۶۵ درجه نیز در شکل ۸ به نمایش در آمده است.

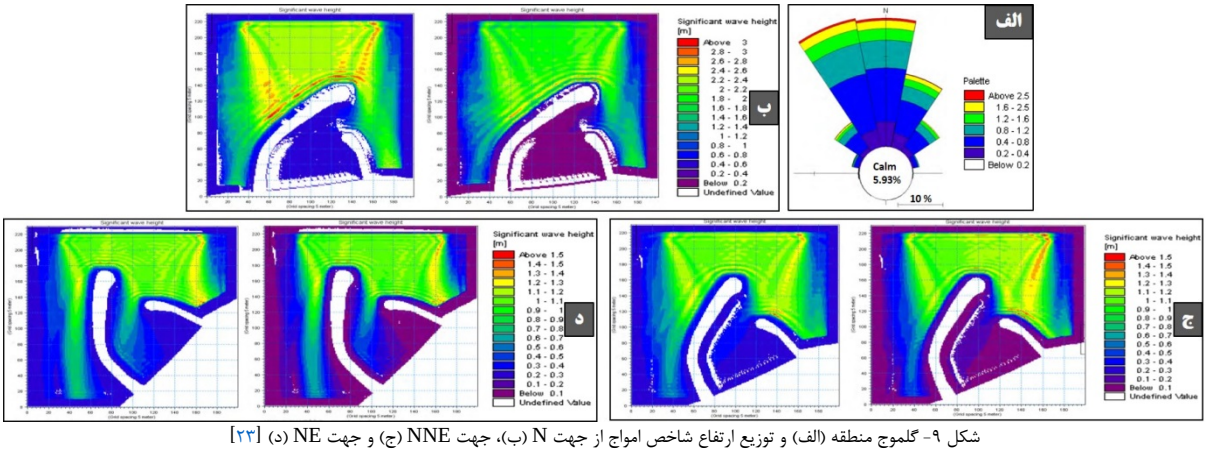
۶.۳. شرایط هیدرودینامیکی بندر فریدونکنار

به منظور شناخت بهتر وضعیت هیدرودینامیکی در محدوده بندر فریدونکنار، بهادری و همکاران [۲۳]، به مدلسازی نفوذ امواج در بندر فریدونکنار پرداختند. بدین منظور، از مدل مایک بر پایه معادلات دو بعدی بوزینسک (BW) برای انتشار امواج با جهات مختلف به داخل بندر، تعیین ارتفاع موج و دیگر مشخصات موج در نواحی مختلف بندر، تعیین مناطق ناآرام، بررسی تفرق موج در دهانه بندر و بررسی وضعیت بازتاب و برهم نهی امواج در اطراف موجشکن‌ها بهره برده شده است. شکل ۹ گلموج مربوطه و نتایج توزیع ارتفاع شاخص امواج در ناحیه بندر در جهت‌های N، NNE و NE را به نمایش گذاشته است. دلیل انتخاب جهت‌های مذکور فراوانی امواج در گلموج مربوطه عنوان شده است.

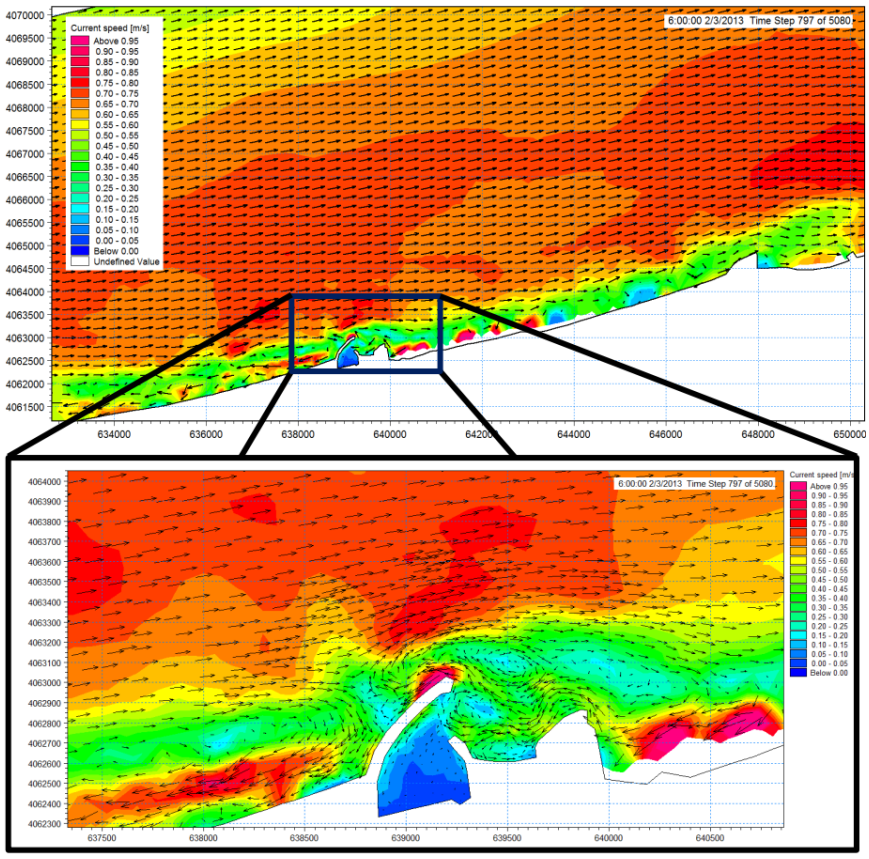
با دقت در شکل ۹، از آنجاییکه در الگوی امواج با جهت‌های مختلف تفاوت قابل اعتنایی مشاهده می‌شود و هر سه جهت بررسی شده دارای فراوانی‌های نسبتاً مشابه‌ای در گلموج مذکور هستند، بنابراین مشابه با بندر چمخاله نمی‌توان به سادگی به استناد بر تنش‌های تشعشعی ناشی از شکست امواج الگوی جریانات در اطراف بندر را گمانه‌زنی کرد. علاوه بر آنکه وجود بندر قدیمی دریابانی در مجاورت بندر جدید فریدونکنار خود باعث پیچیده‌تر شدن الگوی جریانات در آن منطقه خواهد شد. بنابراین، نقشه الگوی جریانات در اطراف بندر فریدونکنار (شکل ۱۰) از سازمان بنادر و دریانوردی تهیه گردیده که از نتایج مدلسازی‌های پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل کشور به شمار می‌رود. لازم به ذکر است که مدلسازی جریانات در این پروژه با استفاده از مدل هیدرودینامیکی MIKE-HD صورت گرفته است.



شکل ۸- الگوی انتقال امواج با جهت (الف): ۵ درجه؛ (ب): ۲۵ درجه؛ (ج): ۴۵ درجه؛ (د): ۶۵ درجه [۲۲]



شکل ۹- گلموج منطقه (الف) و توزیع ارتفاع شاخص امواج از جهت N (ب)، جهت NNE (ج) و جهت NE (د) [۲۳]



شکل ۱۰- الگوی تغییرات سرعت جریان اطراف بندر فریدونکنار در هنگام وقوع حداکثر جریان [۲۴]

۴. نتایج و بحث

همانگونه که در بخش ۵.۳ اشاره گردید، ظریف صنایعی و مقصودی زنـد [۴] با مقایسه هیدروگرافی‌های سـال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۹، ۱۳۹۱، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ نرخ انتقال رسوب ساحلی منطقـه چمخالـه را ۱۰۰۰۰۰ مترمکعـب تخمـین زده‌اند. امـا بـا توجـه بـه شـکل ۲، در تمـامی بازه‌هـای زمـانی کـه مقایسـه هیدروگرافی صورت گرفته (از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۶)، سطح آب دریـای خـزر با کاهش روبرو بوده است. بنابراین به نظر می‌رسـد کـه نـرخ انتقـال رسـوب محاسبه شده تا حدودی متأثر از خشکی‌زایی ناشـی از افـت تـراز سـطح آب دریای خزر بوده و دست بالا در نظر گرفته شده باشد. از این رو، نزدیـک‌ترین میزان انتقال رسوب در جدول ۲ به شرایط بندر چمخاله را مـورد شـماره ۱۳ (ورودی کانال دریاچه ورث) دارا است.

در رابطه با بندر فریدونکنار نیز از آنجا که هدف پژوهش بهـادری و همکـاران [۲۳] محاسبه نرخ انتقال رسوب نبوده، در این رابطه مـوردی گـزارش نشـده است. اما مجدداً طبق بررسی‌های صـورت گرفتـه از سـمت سـازمان بنـادر و دریانوردی (با استناد بر پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سـازی سـواحل کشـور) [۲۴]، به طور تقریبی نرخ انتقال رسوب خالص در مجاورت بندر فریـدونکنار ۶۰ الی ۸۰ هزار متر مکعب در سـال اعـلام گردیـده اسـت. در اینجـا نیـز از لحاظ ظرفیت کنارگذری سامانه نوع ثابت، نزدیـک‌ترین مـورد ارائـه شـده در جدول ۲ به بندر فریـدونکنار، مـورد شـماره ۱۳ یعنـی دهانـه ورودی کانـال دریاچه ورث واقع در فلوریدای آمریکا است (هماننـد بنـدر چمخالـه). امـا بـا توجه به شرایط هیدرودینامیکی متفاوت بندر فریدونکنار نسبت به چمخالـه، بررسی سامانه پیاده شده در بخش جنوبی دریاچه ورث (مورد شـماره ۱۴ در جدول ۲) که با نرخ انتقال کمتری نسبت بـه ایسـتگاه واقـع ورودی دریاچـه

ورث عمل کنارگذری را انجام می‌دهد نیز خالی از لطف نیست. چراکه با توجه به شکل ۱۰، در الگوی جریانات در این منطقه چندین گردابه مشاهده شده و بنابراین پیچیدگی‌های بیشتری را به همراه خواهد داشت. لذا استفاده از سامانه پیاده شده در این ایستگاه نیز می‌تواند منجر به ارائه پیشنهادات مفیدتری گردد. لازم به ذکر است که جزییات ایستگاه ثابت نصب شده در دو مورد اشاره شده مربوط به دریاچه ورث پیش‌تر در بخش ۳.۳ ارائه شده است.

۱.۴. پیشنهاد سامانه کنارگذری در بندر چمخاله

علاوه بر نزدیکی نرخ تقریبی انتقال رسوب بالادست بندر چمخاله به نرخ انتقال یافته از طریق سامانه کنارگذری واقع در ورودی کانال دریاچه ورث، دیگر تشابه میان این دو منطقه را می‌توان در آوردهای رسوبی ناشی از رودخانه‌های شلمانرود و لنگرودخان که از طریق بندر چمخاله به دریای خزر وارد می‌شوند با آوردهای رسوبی دریاچه ورث اشاره نمود. هرچند که رسوبات بستر نیز به صورت بالقوه از دیگر منابع رسوبی در دسترس در منطقه به شمار خواهند آمد. در واقع با توجه به همین ظرفیت دایمی در تأمین رسوبات لازم در بالادست بندر است که استفاده از سامانه کنارگذری ثابت پیشنهاد می‌شود. در مجموع در رابطه با پیاده‌سازی سامانه کنارگذری در بندر چمخاله، می‌توان دو گزینه را مطرح نمود.

تحت عنوان گزینه اول می‌توان مشابه با سامانه کنارگذری پیاده شده در ورودی دریاچه ورث، از ایستگاه کنارگذری ثابت (از لحاظ قابلیت حرکت)، با حالت عملیات از نوع مداخله‌ای (با توجه به ظرفیت دایمی تأمین رسوب) و برنامه زمانبندی دایمی استفاده نمود. بدین ترتیب که ایستگاه ثابت در مجاورت موجشکن شمالی عملیات پمپاژ رسوبات به دام افتاده در بالادست بندر را به پایین‌دست بندر انجام داده و بوم لایروبی متحرک نصب شده بر روی ایستگاه ثابت (مشابه با ایستگاه کانال ورودی دریاچه ورث) آوردهای رسوبی رودخانه‌های شلمانرود و لنگرودخان را از بستر بندر لایروبی و جهت پمپاژ به پایین‌دست به سامانه تزریق نماید. علاوه بر آن، جهت تأمین ناوبری آسان در دهانه ورودی بندر، وظیفه لایروبی رسوباتی که به طور طبیعی از جلوی دهانه بندر کنارگذری می‌نمایند، نیز بر عهده این بوم متحرک خواهد بود. هرچند که در صورت پمپاژ رسوبات به دام افتاده در پشت موجشکن شمالی میزان کنارگذری طبیعی به حداقل می‌رسد، اما با توجه به عواملی چون طرح هندسی موجشکن‌ها، منبع رسوبی موجود در بستر، الگوی شکست امواج و جریانات شکل گرفته ناشی از آن به نظر می‌رسد همچنان مقادیری از رسوبات روانه دهانه ورودی بندر شوند. بنابراین استفاده از این گزینه می‌تواند پاسخگوی این مشکل بالقوه نیز باشد.

در نهایت پس از لایروبی و پمپاژ رسوبات گفته شده از طریق خطوط لوله به پایین‌دست بندر، مساله محل مناسب جهت تخلیه رسوبات مطرح خواهد بود. در این رابطه با توجه به مناطق رسوبگذاری شده در شکل ۶ (ب) و این مساله که بنا بر شکل ۳ (ه) در پایین‌دست نیز رسوبگذاری مشاهده شده است، پیشنهاد می‌گردد که لااقل تا زمان کاهش سطح آب دریای خزر (به علت خشکی‌زایی) محل تخلیه رسوبات در خارج از منطقه شکست امواج در نظر گرفته شود.

گزینه دومی که در رابطه با پیاده سازی سامانه کنارگذری در محدوده بندر چمخاله پیشنهاد می‌شود، به دنبال محقق ساختن دو هدف جداگانه طرح شده است. هدف نخست جلوگیری از کنارگذری طبیعی رسوبات از جلوی ورودی بندر است. در این راستا با توجه به جهت رانه‌های ساحلی، طراحی و پیاده سازی بازوی الحاقی به موجشکن اصلی که در وهله اول مانع از عبور رسوبات از کنار ورودی شده و در وهله دوم زمینه ایجاد فضایی جهت ذخیره رسوبات با حجم بالاتر را در بالادست بندر فراهم آورد، پیشنهاد می‌گردد. در گزارش لوزا [۱۷] به صراحت آمده است که «*در جاییکه نرخ رانه‌های ساحلی در طیف گسترده‌ای از مقادیر ظاهر می‌شوند، سامانه باید بتواند در هر دو حالت طوفان و نرخ انتقال پایین به صورت اقتصادی فعالیت نماید. اگرچه طراحی چنین سامانه‌ای غیرممکن نیست، اما به طور کلی توصیه می شود که یک منطقه ذخیره سازی در هنگام توسعه یک سامانه با حالت عملیات دایمی در نظر گرفته شود. همانطور که قبلاً اشاره شد، ایجاد یک مانع جهت به دام انداختن رسوبات اجازه می‌دهد تا سامانه‌هایی با ظرفیت اسمی کوچکتر طراحی شده که به دلیل انعطاف پذیری ارائه شده توسط این مناطق ذخیره سازی، کمتر متأثر از نوسانات نرخ رانه‌ها در بازه زمانی کوتاه مدت قرار گیرد*». در رابطه با بندر چمخاله هرچند که با توجه به منابع رسوبی مطرح شده در همین بخش می‌توان گفت که رسوبات کرانه‌ای با نرخ دایمی و تقریباً ثابتی همواره در منطقه برقرار هستند، اما تأثیرپذیری بالای سواحل جنوبی دریایی خزر از نوسانات تراز آب که در مقادیر بالایی ظاهر شده و باعث خشکی‌زایی و یا به زیر آب رفتن سطوح وسیعی از منطقه می شوند، همواره می‌تواند ظرفیت رسوبات در دسترس را تحت شعاع قرار دهد. بنابراین استفاده از فضای ذخیره سازی در این منطقه می‌تواند علاوه بر جلوگیری از کنارگذری رسوبات از جلوی دهانه ورودی، نگرانی‌های ناشی از نوسانات تراز آب دریای خزر را نیز تا حدی مرتفع نماید. شکل ۱۱ موقعیت بازوی الحاقی پیشنهادی و سایر جزییات گزینه دوم پیشنهادی را نشان می دهد. در نهایت سامانه کنارگذری پیشنهاد شده تحت عنوان گزینه دوم، از لحاظ قابلیت حرکت ثابت، از لحاظ حالت عملیاتی با فضای ذخیره سازی و از لحاظ برنامه زمانبندی عملیات به صورت دایمی خواهد بود.

شکل ۱۱- موقعیت اجزای گزینه دوم سامانه کنارگذری پیشنهاد شده در بندر چمخاله

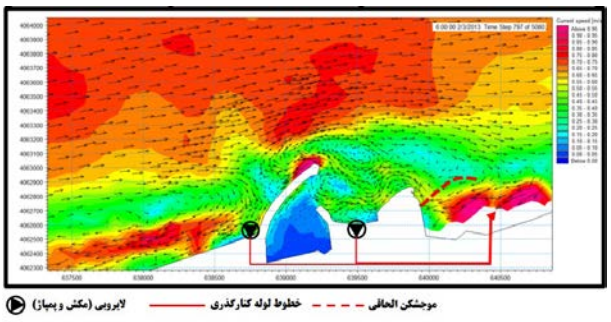
۲.۴. پیشنهاد سامانه کنارگذری در بندر فریدونکنار

با استناد بر شکل ۱۰، جهت عمومی جریانی که در قسمت‌های پایین‌دست سازه و مناطق مابین موجشکن‌های بندر اصلی فریدونکنار و بندر مجاور (بندر دریابانی)، از سمت غرب به شرق است، به علت گردابه‌های تشکیل شده دچار وارونگی شده‌اند. با توجه به الگوی جریانات در منطقه و مشاهده لکه‌های رسوبی در تصاویر ماهواره‌ای می‌توان گفت که علاوه بر مساله رسوبگذاری در بالادست و فرسایش در پایین‌دست، رسوبگذاری مابین دو بندر و ورود رسوبات به درون حوضچه نیز از ویژگی‌های خاص رسوبی این

منطقه است. در رابطه با مشکل اول، با توجه به نزدیکی نرخ انتقال رسوب کرانه‌ای محاسبه شده در بندر فریدونکنار به بندر چمخاله، استفاده از سامانه کنارگذری پیاده شده در مجاورت ورودی دریاچه ورث (مورد شماره ۱۳ جدول ۲) می‌تواند در پاسخ به مساله تجمع رسوب در بالادست بندر فریدونکنار و فرسایش شکل گرفته در پایین‌دست بندر دریابانی مؤثر واقع شود. اما نکته قابل توجه این است که به دو علت استفاده از بوم پیشنهاد شده در سامانه کنارگذری بندر چمخاله، برای استفاده در بندر فریدونکنار منطقی نخواهد بود. دلیل اول این است که رسوبات انباشته شده در حوضچه بندر فریدونکنار هر اندازه هم که قابل توجه باشند، به نظر می‌رسد باز هم به مراتب از آوردهای رسوبی رودخانه‌های شلمانرود و لنگرودخان کمتر بوده باشد. دلیل دوم نیز به تشکیل گردابه‌های رسوبی حد فاصل بنادر فریدونکنار و دریابانی دلالت دارد که در واقع مشکل ورود رسوبات به حوضچه بندر فریدونکنار نیز از همین مساله نشات می‌گیرد. در این رابطه نیز طراحی یک بوم بلند بر روی ایستگاه پیشبینی شده در مجاورت بازوی اصلی موجشکن بندر فریدونکنار جهت لایروبی رسوبات مابین دو بندر نه از لحاظ سازه‌ای، نه از لحاظ اقتصادی (نیروی زیاد جهت پمپاژ به علت فاصله زیاد) و نه از لحاظ تأمین شرایط مناسب جهت ناوبری (تداخل بوم با عبور شناورها از دهانه بندر) امکان‌پذیر نخواهد بود.

بنابراین با توجه به نرخ رسوب کناره‌ای بندر فریدونکنار و شرایط خاص مطرح شده در آن منطقه، استفاده از سامانه کنارگذری مشابه با ورودی دریاچه ورث بدون استفاده از بوم لایروبی پیشنهاد می‌گردد. در این شرایط پیشنهاد نقطه تخلیه در پایین‌دست و مساله رسوبی مابین دو بندر همچنان از پیچیدگی‌های پیشنهاد پیاده‌سازی سامانه کنارگذری در این منطقه خواهند بود. با دقت در الگوی جریانات (شکل ۱۰) در پایین‌دست بندر دریابانی مشاهده می‌شود که در صورت تخلیه رسوبات در پایین‌دست بندر دریابانی، با توجه به سرعت زیاد جریانات در آن ناحیه و جهت شرقی- غربی آن به احتمال زیاد نه تنها کمک چندانی به رفع مشکل فرسایشی این ناحیه نخواهد شد، بلکه رسوبات به سمت ورودی هر دو بندر هدایت شده و مشکلات رسوبی منطقه با وضعیت بحرانی روبرو خواهد شد. با این تفاسیر در صورت نیاز به پیاده‌سازی سامانه کنارگذر در این منطقه، به طور قطع توسعه یک بازوی موجشکن الحاقی مشابه با شکل ۱۲ بر روی موجشکن شرقی بندر دریابانی توصیه می‌گردد. احداث این موجشکن بایستی بتواند تا زمان پر شدن فضای ذخیره‌ای ایجاد شده، علاوه بر مرتفع ساختن مشکل فرسایش در پایین دست، مشکل رسوبی در فضای بین دو بندر را نیز تا حدی تعدیل نماید. در صورتی که همچنان مشکل رسوبی این فضای میانی به علت انتقال رسوبات عمود بر ساحل و یا کنارگذری جزیی رسوبات (چه ناشی از جریانات غربی- شرقی بالادست بندر فریدونکنار باشد و چه متأثر از جریانات شرقی- غربی پایین‌دست بندر دریابانی) حل نگردید، استفاده از سامانه کنارگذری با بوم لایروب نیمه متحرک مشابه با ایستگاه ورودی جنوبی دریاچه ورث (مورد ۱۴ از جدول ۲) پیشنهاد می‌گردد. مکان استقرار این ایستگاه و ایستگاه پیشتر گفته شده در بالادست بازوی اصلی موجشکن بندر فریدونکنار، خطوط لوله انتقال رسوبات و موجشکن الحاقی به بازوی موجشکن شرقی بندر دریابانی در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

بنابراین با توجه به مطالب مطرح شده، سامانه کنارگذری پیشنهاد شده در محدوده بندر فریدونکنار شامل یک ایستگاه که از لحاظ قابلیت حرکت ثابت، از لحاظ حالت عملیاتی مداخله‌ای و از لحاظ برنامه زمانبندی عملیات به صورت دایمی است، بوده و در مجاورت موجشکن اصلی بندر فریدونکنار استقرار می‌یابد. ایستگاه دوم نیز در حدفاصل بنادر دریابانی و فریدونکنار مستقر شده و این ایستگاه نیز از لحاظ قابلیت حرکت با موقعیت ثابت و بوم هیدرولیکی نیمه متحرک، از لحاظ حالت عملیاتی مداخله‌ای (هرچند به صورت طبیعی فضای بین دو بندر به صورت فضای ذخیره‌سازی عمل می نماید) و از لحاظ برنامه زمانبندی عملیات (با توجه به کاهش کنارگذری طبیعی به علت پیشنهاد ایستگاه اول) به صورت دوره‌ای عمل خواهد نمود. مشخصات پمپاژ در هر دو ایستگاه نیز به ترتیب تابع نمونه‌های اجرا شده در مجاورت دهانه ورودی دریاچه ورث و مجاورت دهانه ورودی دریاچه ورث جنوبی (بوینتن) خواهند بود. مجدداً تاکید می‌شود که اجرای بازوی الحاق شده به موجشکن شرقی بندر دریابانی نقش بسیار کلیدی و حساسی را در این پیشنهاد ایفا می‌نماید. چرا که با توجه به سرعت بالای جریانات غرب به شرق (طبق شکل ۱۰) مشکلات رسوبی محدوده دچار تشدید خواهد شد. همچنین می‌توان در صورت پر شدن ظرفیت ذخیره رسوبات پایین‌دست (اگرچه به علت فرسایش شدید پایین‌دست، چندان محتمل به نظر نمی رسد)، استفاده از سامانه کنارگذری متحرک و لایروبی دوره‌ای پیشنهاد می گردد.



شکل ۱۲- موقعیت اجزای سامانه‌های کنارگذری پیشنهاد شده در بندر فریدونکنار

۵. نتیجه گیری کلی

در پروژه حاضر امکان استفاده از سامانه کنارگذری ماسه جهت رفع مشکلات رسوبی ناشی از تداخلات انسانی در نوار جنوبی دریای خزر مورد مطالعه قرار گرفت. بدین ترتیب پس از معرفی و تبیین مولفه‌های سامانه کنارگذری، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وضعیت رسوبی شماری از بنادر شمالی کشور بررسی گردید. در انتها با تکیه بر تجارب جهانی در زمینه پیاده‌سازی سامانه کنارگذری در سرتاسر دنیا، بنادری از سواحل شمالی کشور که پتانسیل استفاده از سامانه کنارگذری به صورت دایمی و از نوع ثابت را دارا بودند، مشخص شدند. با تکیه بر تحقیقات پیشین و مدلسازی های عددی با دقت بالا، بنادر چمخاله و فریدونکنار جهت پیاده‌سازی سامانه کنارگذری مورد بررسی قرار گرفتند. در رابطه با بندر چمخاله، با توجه به نزدیکی نرخ انتقال رسوب کرانه‌ای به منطقه دریاچه ورث فلوریدای آمریکا و الگو برداری از سامانه کنارگذری پیاده شده در آن منطقه، دو گزینه پیشنهادی جهت رفع مشکلات رسوبی چمخاله پیشنهاد گردید. در گزینه اول پیشنهاد بر استفاده از ایستگاه کنارگذری ثابت از لحاظ قابلیت حرکت، با حالت عملیات مداخله‌ای و برنامه زمانبندی دایمی بوده در حالیکه در گزینه دوم استفاده از سامانه کنارگذری که از لحاظ قابلیت حرکت ثابت، از لحاظ حالت عملیاتی با فضای ذخیره سازی و از لحاظ برنامه زمانبندی عملیات به صورت دایمی است، پیشنهاد گردید. اما شرایط هیدرودینامیکی منطقه فریدونکنار به دلیل تداخل جریانات در راستاهای متقابل و تشکیل

جریانات گردابه‌ای مابین بنادر فریدونکنار و دریابانی، به مراتب نسبت به بندر چمخاله وضعیت پیچیده‌تر و حساس‌تری را رقم زده است. در این منطقه نیز با تحلیل‌های صورت گرفته و الگوبرداری از سامانه اجرا شده در ورودی جنوبی دریاچه ورث، سامانه کنارگذری که از لحاظ قابلیت حرکت ثابت، از لحاظ حالت عملیاتی مداخله‌ای و از لحاظ برنامه زمانبندی عملیات به صورت دوره‌ای عمل خواهد نمود، پیشنهاد شده است.

اما همانطور که در بخش مقدمه نیز اشاره شد، سابقه بررسی پیاده سازی سامانه کنارگذری در بنادر کشور به قبل از تحقیق حاضر برمی‌گردد. پروین و همکاران [۱۶] با مطالعه بندر کلارآباد (کلارآباد در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفته است) جهت رفع مشکل فرسایش سواحل پایین‌دست، با توجه به الگوی جریانات منطقه صرفاً به معرفی مکان مناسب تخلیه رسوبات در پایین‌دست نمودند. ظریف صنایعی و مقصودی زند [۴] نیز هرچند که بندر چمخاله را مورد بررسی قرار دادند، استفاده از سامانه کنارگذری را به عنوان مکمل طرح خود برای طرح پیشنهادی توسعه بندر ارائه دادند. اما در تحقیق حاضر وضعیت کنونی بندر چمخاله صرف‌نظر از طرح‌های احتمالی توسعه بندر در آینده مورد بررسی قرار گرفته است.

References

1. Motevalli S, Sheykhipour F. The role of geomorphic landforms in the spatial development of coastal cities: A case study of noor to rooyan. Pp. 2 in The 5th National Conference on Geographical Space, Experimental Approaches and Environmental Managementeds. Islamic Azad University of Islamshahr, Islamshahr. [In Persian]. 2016.
2. Toluei A. Report of the caspian sea protection plan in dashtak region. Pp. eds. [In Persian]1985.
3. 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. [In Persian]. *J Marine Engineer*. 2015;**11**:83-94.
4. Zarifsanayei A, Maghsoudi Zand S. Pre-feasibility study of using sandbypassing system and initial design criteria, a case study in caspian sea. Pp. in ICOPMAS 2018eds. Iran's Ports and Maritime Organization (PMO), Tehran.2018.
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**:56-65.
7. Deguchi I, Sawaragi T. Effects of structure on deposition of discharged sediment around rivermouth. Pp. 1573-1587 in Coastal engineering 1988. 1989. **doi:** 10.1061/9780872626874.118
8. Nielsen P, Robert S, Møller-Christiansen B, Oliva P. Infiltration effects on sediment mobility under waves. *Coastal Engineer*. 2001;**42**:105-114. **doi:** 10.1016/S0378-3839(00)00051-X
9. Siegle E, Huntley DA, Davidson MA. Modelling water surface topography at a complex inlet system-teignmouth, uk. *J Coastal Res*. 2002:675-685. **doi:** 10.2112/1551-5036-36.sp1.675
10. Lumborg U, Windelin A. Hydrography and cohesive sediment modelling: Application to the rømø dyb tidal area. *J Marine Sys*. 2003;**38**:287-303. **doi:** 10.1016/S0924-7963(02)00247-6
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. *Ecol Model*. 2005;**184**:299-312. **doi:** 10.1016/j.ecolmodel.2004.10.013
12. Lumborg U, Pejrup M. Modelling of cohesive sediment transport in a tidal lagoon-an annual budget. *Marine Geol*. 2005;**218**:1-16. **doi:** 10.1016/j.margeo.2005.03.015
13. Isaie Moghaddam E, Allahdadi MN, Hamedi A, Nasrollahi A. Wave-induced currents in the northern gulf of oman: A numerical study for ramin port along the iranian coast. *America J Fluid Dynamic*. 2018;**8**:30-39.
14. Sayehbani M, Ghaderi D. Numerical modeling of wave and current patterns of beris port in east of chabahar-iran. *Int J Coastal Offshore Engineer*. 2019;**3**: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). *Int J Maritime Technol*. 2019;**12**:9-23. **doi:** 10.29252/ijmt.12.9
16. Parvin A, Badiei P, Fazaee G, Hosseinzadeh H. Simulation and design of sand transportation system in kelarabad fish farming port using long-term wave data. Pp. in ICOPMAS 2018eds. Iran's Ports and Maritime Organization (PMO), Tehran.2018.
17. Loza PRG. Sand bypassing systems: Masters in environmental engineering2008.
18. Boswood P, Murray R. World-wide sand bypassing systems: Data report. Pp. eds. Queensland Government Environmental Protection Agency.2001.
19. Herschy R. World lake database: International lake environment committee foundation (ilec). Encyclopedia of lakes and reservoirs. Springer Netherlands, Dordrecht2012.
20. Eghtesadi S, Zahedi R. Study of factors affecting water level fluctuations in the south of caspian sea. [In Persian]. *J Marine Sci Technol*. 2011;**10**:4-13.
21. NRCS. Changes in the water level of the caspian sea. Pp. eds. Natural Research Centre of Caspian Sea. [In Persian]. 2019.
22. Joushideh N, Vakil Monfared K, Mehraein N. Investigation of hydrodynamic conditions and determining the wave rose using numerical modeling (case study of chamkhaleh port). Pp. in 3rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Economy Developmenteds. Narun Certified Managers Training Institute, Shiraz, IRAN. [In Persian]2016.

23. Bahadori H, Zonemat Kermani M, Vatani Oskuei A, Zeynali M. Modeling the wave diffraction and penetration into ports, case study: Fereydunkenar port. Pp. in The 12th Iranian Hydraulic Conferenceeds., Karaj-University of Tehran, Iran Hydraulic Association. [In Persian]2013.
24. PMO. Monitoring and modeling study of northern coasts of i.R.Iran. Pp. eds. [In Persian]. 2015.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Kiarash Doroudian, Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
javadsalehi@pnu.ac.ir

Aliasghar Golshani, Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
ali.golshani@iauctb.ac.ir

Mohammad Hasan Ramesht, Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
kiarashcivil85@gmail.com

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Citation (Vancouver) *Doroudian K, Golshani A, Ramesht MH. Investigating the Possibility of Implementing Sand Bypassing System in Southern Ports of the Caspian Sea. J Oceanography.2021;11(44):56-69.*

http://doi.org/10.52547/joc.11.44.61
http://joc.inio.ac.ir/article-1-1558-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.