

## عملکرد آب‌شکن‌ها در روند تغییرات خط ساحل

محمد واقفی<sup>۱</sup>، نرگس مقدسی<sup>۲</sup>

[Nmoghaddassi@yahoo.com](mailto:Nmoghaddassi@yahoo.com)

۱- استادیار سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

۲- مربی، گروه فنی مهندسی، دانشگاه پیام نور

### چکیده

کنترل فرسایش در مناطق ساحلی، امری ضروری می‌باشد. در نزدیکی نیروگاه اتمی بوشهر منطقه ساحلی لیان که دارای چشم‌اندازهای طبیعی زیبایی است، در حال تخریب می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی عملکرد سازه آب‌شکن در منطقه است. با استفاده از نرم‌افزار MIKE21، نوار ساحلی لیان مدل‌سازی شده و به روش سعی و خطا سازه‌های آب‌شکن با طول‌های متفاوت در مکان‌های مختلف از سایت قرار داده شده و میزان رسوب‌گذاری و فرسایش در هر حالت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق بیانگر این است که استفاده از آب‌شکن به عنوان سازه حفاظت ساحلی، اگر با مطالعه دقیق انجام نشود، می‌تواند اثرات مخربی در پایین دست سازه ایجاد کند. طول آب‌شکن‌ها و محل ونحوه قرارگیری آنها نسبت به خط ساحل و یکدیگر، بر رسوب‌گذاری و فرسایش منطقه و حجم آن تأثیر دارد. مدل‌سازی کمک می‌کند که با توجه به نوع کاربری منطقه سازه مناسب و محل آن انتخاب شود. بعنوان مثال در نقطه ۱۵۰ از خط نوار ساحلی پس از قرار دادن دو سازه آب‌شکن به طول ۵۰۰ متر، پس از ۲۰ سال تقریباً ۱۲۰ متر فرسایش رخ خواهد داد. در حالتی که با افزایش طول آب‌شکن به ۸۵۰ متر میزان فرسایش این نقطه به ۲۳ متر خواهد رسید. در نقطه ۸۵ از نوار خط ساحل پس از قرار دادن دو سازه آب‌شکن به طول ۵۰۰ متر، با گذشت ۲۰ سال تقریباً ۲۷۵ متر رسوب‌گذاری خواهیم داشت. اگر طول آب‌شکن به ۸۵۰ متر افزایش یابد، ۲۵۸ متر رسوب‌گذاری داریم.

### واژگان کلیدی

فرسایش، رسوب، سازه حفاظت ساحلی، آب‌شکن، نرم افزار MIKE21

تاریخ دریافت مقاله : ۹۲/۹/۲۶

تاریخ پذیرفته شدن مقاله : ۹۳/۲/۷

## ۱- مقدمه

عوامل طبیعی و ساخت و سازهایی که در مناطق ساحلی انجام میشود باعث بروز تغییرات و دگرگونی‌های مختلفی در مرز بین دریا و ساحل میشوند. این تغییرات ممکن است در راستای فرسایش سواحل و رسوب‌برداری، رسوب‌گذاری، و یا پیشروی خشکی باشد. اگر چه پدیده‌های رسوب‌گذاری و رسوب‌برداری در تمامی سواحل دیده می‌شوند، آنچه بررسی آن‌ها را مهم و قابل توجه می‌سازد شدت این فرآیندها و میزان اثر آن‌ها بر وضعیت ساحل است. پدیده فرسایش سواحل به طور خاص در سواحلی دیده می‌شود که ماهیتی رسوبی یا ماسه‌ای دارند. سواحل صخره‌ای در کوتاه مدت کمتر تحت اثر فرسایش قرار می‌گیرند و معمولاً در محدوده بررسی‌های مربوط به سیستم‌های حفاظت سواحل قرار نمی‌گیرند. فرسایش سواحل به شکل‌های مختلف دیده می‌شود. اگر چه ذکر دلایل و علل شکل‌گیری سواحل به آسانی مقدور نیست، اما به طور کلی می‌توان تغییرات در شکل ساحل را نشان اثر عوامل محیطی یا مصنوعی فرسایش‌دهنده دانست [۱]. نوار ساحلی لیان در نزدیکی نیروگاه اتمی بوشهر، به دلیل مجاورت با دریای خلیج فارس، افزایش ارتفاع آب و تغییرات جزر و مد دچار فرسایش شدیدی شده است. معمولاً با ساختن سازه‌هایی که خط ساحلی را محکم می‌کند، سعی می‌شود که از فرسایش بیشتر ساحل جلوگیری شود. ولی این سازه‌ها باعث ایجاد تغییراتی در ساحل و عوض کردن منظره طبیعی، کاهش دسترسی عمومی و فرصت‌های تفریحی می‌شوند. به این منظور باید با بررسی دقیق منطقه و ارزیابی قیمت‌ها، فواید و مضرات ساخت و سازه‌های ساحلی، بهترین گزینه را جهت پیشگیری از فرسایش در منطقه انتخاب نمود [۵].

## ۲- مروری بر کارهای پیشین

تحقیقات زیادی بر روی روشهای حفاظت از سواحل و نحوه عملکرد انواع سازه‌ها در سواحل گوناگون صورت گرفته است که به خلاصه ای از آنها اشاره میشود. Jensen و همکاران، مطالعه‌ای در مورد مورفولوژی (ریخت شناسی ساحل) و انتقال رسوب در ساحل Bakkafjara واقع در Iceland انجام داده‌اند. در تحقیقات آنها جزئیات آنالیز امواج، جریان‌ها، انتقال رسوب و شرایط

مورفولوژیکی در این منطقه ساحلی آورده شده است [۱۲]. Vincent و Tomalla عکس‌العمل ساحل به موج‌شکن‌های موازی ساحل را مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها تأثیرات چهار موج‌شکن دور از ساحل ساخته شده بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۳ در مناطق UK, Norfolk را بر روی شکل ساحل شرح داده‌اند. پیش‌بینی می‌شود که رسوبات ناشی از احداث سازه‌ها، بتوانند ساحل را در طولانی مدت در برابر طغیان آب و جزر و مد محافظت نمایند. برنامه‌های تغذیه ساحل با ماسه، با استفاده از رسوبات ناشی از موج‌شکن‌ها در ساحل موفقیت‌آمیز بوده است [۱۶]. Cote در تحقیق خود فاکتورهایی که باعث بروز فرسایش می‌شوند را به ۲ دسته مهم عوامل طبیعی و عوامل ناشی از دست بشر، تقسیم‌بندی می‌کند. وی منطقه ساحلی Nauru را مورد بررسی قرار داده و عوامل طبیعی که باعث بروز فرسایش در منطقه شده را بیان نموده است. وی امواج دریا و جزر و مدهای ناشی از آن که به وسیله شرایط آب و هوایی و شرایط خورشید و ماه کنترل می‌شوند را به عنوان عوامل طبیعی بیان نموده است. اثری که بشر در ایجاد فرسایش در این مناطق داشته ناشی از ساخت و ساز سازه‌های دریایی در منطقه است [۱۱]. Tsai و همکاران، نیرویی که از طرف امواج بالا رفته از موج‌شکن بر سازه وارد می‌شود را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این آزمایش، موج‌شکن‌های عمودی با ارتفاع‌های گوناگون تحت اثر مجموعه‌ای از امواج در یک کانال موج دو بعدی قرار داده شده‌اند. رابطه بین ارتفاع موج‌شکن و ارتفاع بالای موج مورد آزمایش قرار گرفته است. فشار وارد بر دیواره موج‌شکن در اثر موج بالا رفته از تاج موج‌شکن مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایشگاهی نشان داده است که نیروی موج دائمی بر روی دیواره کناری به دلیل بالا رفتن آب از موج‌شکن، نسبت به حالتی که موج در بالای موج‌شکن بالا نرفته است، تقریباً ۱۸٪ تقلیل‌پذیر است. فرمول‌های تجربی برای تخمین نیروی وارد بر دیواره موج‌شکن که موج به بالای آن رسیده، ارائه شده است. همچنین مثالی برای تخمین نیروی ماکزیمم موج خالص بر روی موج‌شکن عمودی در حالتی که موج در بندر در بالای موج‌شکن رفته بیان شده است [۱۷]. روح... ناصری زاده و مجتبی قنبریان مقاله‌ای تحت عنوان اجرای موج‌شکن‌های سنگی از طریق دریا ارائه نموده‌اند و پس از

منتهی به دریا، مسیل‌ها و گذرگاه‌های هدایت طغیان ناشی از بارش‌های ناگهانی اشاره کرد. به علت قرار گرفتن در معرض مدام جزر و مد و فشار ویرانگر امواج که مهم‌ترین عامل فرسایش را تشکیل می‌دهد. وزش بادهای ۴۰ روزه شمالی و بادهای گرم و مرطوب دریایی و گرم و خشک جنوبی باعث بروز بیش‌ترین پدیده فرسایش خاک در منطقه می‌گردد. شکل (۱-الف) ساحل لیان را در فروردین ۱۳۸۵ نشان می‌دهد. شکل (۱-ب) همان قسمت از ساحل لیان را دو سال بعد در فروردین ۱۳۸۷ و شکل (۱-ج) میزان فرسایش در سال ۸۸ را نشان می‌دهد. شکل (۱-د) همان قسمت از نوار ساحلی را در سال ۹۱ نشان می‌دهد. به دلیل عدم محافظت از منطقه و برخورد شدید امواج کل دیواره تخریب شده و قسمت بسیار کوچکی از این نمای طبیعی و زیبای ساحل بر جای مانده است. با توجه به اینکه جاده احداث شده در فاصله بسیار کمی از ساحل قرار دارد، اگر سازه حفاظت ساحلی مناسب اجرا نشود، در سالهای نه چندان دور شاهد تخریب و فرو ریختن این جاده و تقبل هزینه‌های هنگفتی خواهیم بود [۵].

در شکل (۲) مقایسه‌ای بین خط ساحل لیان، با استفاده از سایت Google Earth بدست آمده است. مقایسه خط ساحل در سال ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ بیانگر شدت فرسایش در منطقه می‌باشد. در بعضی قسمت‌های این ساحل تقریباً ۱۵ متر فرسایش رخ داده است. با توجه به این‌که فاصله جاده احداث شده از دیوار ساحلی بین ۲۵ تا ۴۵ متر است، اگر محافظتی از این ساحل صورت نگیرد در سال‌های نه‌چندان دور شاهد تخریب جاده دسترسی و بروز خسارت شدیدی به زیرساخت‌های نوار ساحلی خواهیم بود.

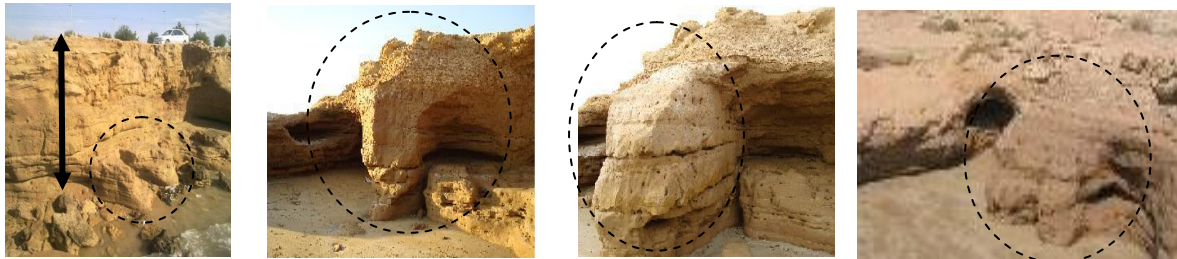
#### ۴- معرفی نرم‌افزار Mike Zero و روش آنالیز داده‌ها

هدف از این تحقیق بررسی عملکرد آب‌شکن‌ها به عنوان یکی از سازه‌های حفاظت ساحلی است. آب‌شکن سازه‌ای است که در قسمتی از ساحل ایجاد فرسایش و در قسمت دیگر باعث نشست رسوب می‌شود. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان روش‌های بررسی پدیده انتقال رسوب را به ۳ دسته تقسیم‌بندی نمود:

معرفی انواع موج‌شکن‌ها، عوامل تعیین‌کننده در انتخاب نوع موج‌شکن را بیان نموده‌اند [۶]. مهدی عفتی و میراحمد لشته‌نشایی در مقاله خود تحت عنوان "اثر نیروهای امواج و زلزله بر موج‌شکن‌های سنگی" در مورد نیروهای مورد استفاده جهت طراحی موج‌شکن‌ها بحث نموده و علاوه بر نیروی امواج، اندرکنش این نوع از سازه‌ها در مقابل نیروی ناشی از زلزله را نیز مورد بررسی قرار داده‌اند [۴]. Charlier و De Meyer، در مقاله خود تحت عنوان "تغذیه ساحل به عنوان حفاظت ساحلی کارآمد"، روش طبیعی تغذیه ساحل را به عنوان بهترین راه حل فنی و مقرون بصره در سواحل ماسه‌ای ارائه نموده‌اند [۱۴]. TaveiraPinto و Valente Neves در مقاله خود تحت عنوان "جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از موج‌شکن‌های دور از ساحل جهت حفاظت از سواحل" برخی از جنبه‌های زیست‌محیطی مرتبط با پدیده‌های هیدرودینامیکی موج‌شکن جدا (غوطه‌ور شده یا نشده) و برخی از مزیت‌های اصلی و معایب این نوع راه حل حفاظت ساحلی را مورد بررسی قرار داده‌اند. عملکرد این نوع سازه‌ها در کشورهایی مانند ایتالیا، ژاپن، اسپانیا، و ... عمدتاً موفقیت‌آمیز بوده است اما با توجه به میزان قدرت انرژی امواج در سواحل پرتغال، امکان استفاده از آن نیاز به تحقیقات بیشتر دارد [۱۰]. Persson مقاله تحت عنوان "ارزیابی ضربه و بررسی پروژه‌ها درموارد فرسایش ساحلی" ارائه نموده است. در مقاله ایشان نتایج بررسی ۲ مورد مطالعاتی و پیش‌نیازهای لازم جهت ارزیابی ضربه امواج بیان شده است. مقاله وی راهنمای مناسبی برای ادغام هزینه‌ها و منافع در هنگام تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری در مناطق ساحلی است. همچنین دو مورد مطالعاتی برای نشان دادن کاربرد عملی دستورالعمل و تجزیه و تحلیل و ارزیابی اقتصادی در مدیریت ساحلی ارائه شده است [۱۳].

#### ۳- فرسایش در نوار ساحلی لیان

به علت رطوبت زیاد منطقه، یکی از عوامل فرسایش لایه‌های خاک انحلال شیمیایی عناصر تشکیل‌دهنده و سنگ‌های موجود در بافت خاک می‌باشد. از عوامل دیگر فرسایش می‌توان به روان آب‌های سطحی، رودخانه‌های



د: ساحل لیان آبان

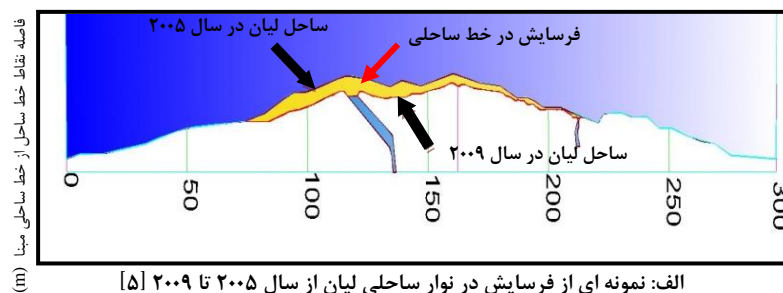
ج: ساحل لیان خرداد ۸۸

ب: ساحل لیان فروردین

الف: ساحل لیان

بهمن، ۸۵

شکل (۱) نمونه ای از فرسایش در ساحل لیان بوشهر [۵]



الف: نمونه ای از فرسایش در نوار ساحلی لیان از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۰۵ [۵]



ب: نمونه ای از فرسایش در نوار ساحلی لیان از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳

۲۸۱۷۰۰۳

شکل (۲) نمونه ای از روند فرسایش در نوار ساحلی لیان بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۳ [۵]

۱- روش حل ریاضی ۲- روش ساخت نمونه آزمایشگاهی  
 ۳- انجام مطالعات و اندازه‌گیری‌ها محلی. ساده‌ترین روش استفاده از روابط تجربی می‌باشد. روابط تجربی براساس داده‌های میدانی مکان‌های خاص بدست آمده‌اند. به همین دلیل استفاده از روش‌های تجربی برای سایر مناطق باید با احتیاط صورت گیرد. روش دیگر استفاده از مدل‌های عددی می‌باشد. مدل‌های عددی بسیاری تاکنون برای شبیه‌سازی تغییرات خط ساحلی و فرآیند انتقال رسوب معرفی شده‌اند. اجرای مدل‌های عددی نیازمند داشتن اطلاعات کافی و انجام صحت‌سنجی می‌باشد [۲].

نرم‌افزار MIKE ZERO، تهیه شده در مؤسسه هیدرولیک دانمارک (DHI)، شامل مدول‌های مختلفی بوده که هر یک برای هدف خاصی به کار می‌رود. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان انواع محاسبات مربوط به محیط‌های دریایی و رودخانه‌ای را انجام داد. مدول Litpack که یکی از مدول‌های این نرم‌افزار می‌باشد، قادر است محاسبات مربوط به انتقال رسوب و تغییرات وضعیت سواحل را انجام دهد. این مدول شامل زیرمجموعه‌های مختلفی می‌باشد که با استفاده از آن‌ها می‌توان مواردی چون انتقال رسوبات غیرچسبنده، تغییرات خط ساحلی و تغییرات پروفیل عمود بر ساحل را بررسی نمود [۵].

مدول Litline یکی از زیرمجموعه‌های، مدول Litpack می‌باشد. این مدول برای برآورد تغییرات خط ساحلی تحت شرایط خاص امواج به کار برده می‌شود. به طور کلی این

ویژگی‌های رسوب و شرایط امواج در منطقه بایستی مشخص گردد. این اطلاعات باید تحت فرمت‌های مورد قبول نرم‌افزار آماده شده و به مدل معرفی گردند که در این قسمت بطور خلاصه بیان میشوند:

#### ۴-۱-۲- معرفی خط ساحل

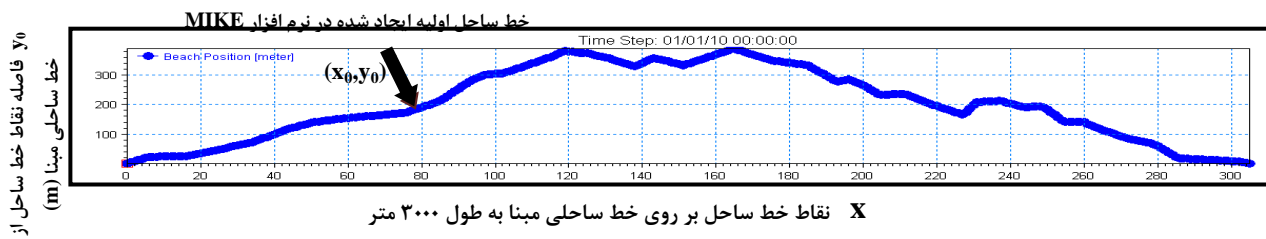
اولین مورد از اطلاعات مورد نیاز در مدل Litline معرفی خط ساحلی می‌باشد. برای تهیه این اطلاعات با استفاده از عکس‌های هوایی و هیدروگرافی موجود، پروفیل خط ساحلی استخراج شده و در فواصل ۱۰ متر ذخیره گردید. لازم به ذکر است که در مجموع ۳۰۶ نقطه برداشت شده است. این بدان معنی است که در محاسبات حدود ۳ کیلومتر از خط ساحلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. شکل (۳) خط ساحل مدل‌سازی شده در برنامه را نشان می‌دهد. خطوط اولیه ساحل نسبت به یک خط ساحل مبنا ترسیم شده است که هرکدام از نقاط خط ساحل با مختصات (X,Y) مشخصی معرفی شده‌اند.

در مدل‌سازی‌های انجام شده در این تحقیق تغییرات این نقاط تا ۲۰ سال مورد مطالعه قرار گرفته است. در اثر برخورد امواج با خط ساحل و ایجاد فرسایش و رسوب، مقدار (X) نقاط ثابت مانده و تنها مقدار (Y) آنها در اثر فرسایش کم یا در اثر رسوب‌گذاری زیاد خواهد شد [۵].

مدول برپایه تئوری تک خطی بنا شده است. در مدل تک خطی فرض بر آن است که طی فرآیند رسوب‌گذاری و یا فرسایش، پروفیل عمود بر ساحل تغییری نمی‌کند. در مدل Litline علاوه بر اثرات منابع رسوبی می‌توان چهار نوع مختلف سازه را معرفی نمود. آب‌شکن و اسکله سازه‌هایی هستند که تفاوت بین این دو در مد نظر قرار دادن اثرات تفرق (Diffraction) می‌باشند. در مورد آب‌شکن اثرات تفرق مد نظر قرار نمی‌گیرد. در صورتی که برای اسکله اثرات تفرق برای محاسبه ظرفیت انتقال رسوب مد نظر قرار می‌گیرد. علاوه بر دو سازه فوق، مدل Litline توانایی در نظر گرفتن اثرات دیواره‌های سنگ چین ساحلی (Revetment) و موج‌شکن‌های ناحیه فراساحلی را نیز دارا می‌باشد که در این تحقیق سازه آب‌شکن در مدل‌سازی‌ها استفاده شده است. آب‌شکن‌ها سازه‌هایی عمود بر خط ساحل هستند که در برابر رسوب انتقال یافته تله ایجاد می‌کند که در این تحقیق به تغییرات خط ساحل در صورت اجرای آب‌شکن در ساحل مورد مطالعه لیان بوشهر می‌پردازیم [۱۸].

#### ۴-۱-۱- ورودی‌های مورد نیاز برای اجرای مدل Litline نرم‌افزار MIKE21

جهت اجرای مدل Litline موارد مختلفی از قبیل وضعیت اولیه خط ساحلی، شرایط پروفیل عمود بر ساحل و



شکل (۳) خط ساحل تولید شده در نرم‌افزار MIKE

است. با استفاده از نقشه هیدروگرافی منطقه، عمق آب بر روی خطوط تراز سه پروفیل خوانده و مجموعاً ۵۰۰ نقطه برداشت شده که بیانگر این است که تا حدود ۵ کیلومتری داخل دریا در محاسبات وارد می‌شود. عمیق‌ترین نقطه دریادار ناحیه مورد مطالعه حدود ۱۰ متر عمق دارد که با توجه به شرایط امواج منطقه می‌توان گفت این عمق در خارج از منطقه شکست موج واقع می‌باشد. با استفاده از پروژه مدلینگ امواج ایران (که توسط مرکز ملی

#### ۴-۱-۱- پروفیل عمود بر ساحل

پس از معرفی خط ساحلی باید پروفیل عمود بر ساحل به مدل معرفی گردد. این قسمت شامل اطلاعات عمق (Bathymetry)، زبری بستر (Roughness)، قطر میانگین دانه‌های رسوب ( $d_{50}$ )، سرعت سقوط رسوب (Fall Velocity) و پراکندگی ژئوتکنیکی رسوبات (Geotechnical Spreading) می‌باشد. در این تحقیق سه پروفیل عمود بر ساحل به طور دلخواه تعریف شده

هلیله و استفاده از رابطه رابی، سرعت سقوط ذرات رسوب برابر با  $0.4/$  متر بر ثانیه به دست می‌آید [۲۰].

#### ۴-۱-۵ زبری بستر (Bed roughness (m))

یکی دیگر از ورودی‌های مورد نیاز برنامه‌زبری بستر می‌باشد. این مقدار به عوامل مختلفی چون اندازه قطر دانه‌ها و وضعیت جریان در منطقه بستگی دارد که با توجه به مطالعات انجام شده مقدار آن در این پروژه 0.1 در نظر گرفته شده است [۹].

#### ۴-۱-۶ سایر موارد

پس از معرفی داده‌های ورودی فوق، باید مواردی چون جدول انتقال رسوب، وجود منبع رسوبی، سازه‌های موجود در محدوده مدل‌سازی و مدت زمان شبیه‌سازی را تعیین نمود. جدول انتقال رسوب با استفاده از یکی از ابزارهای موجود در مدل Litpack تهیه می‌شود. برای تهیه این جدول اطلاعاتی همچون پروفیل عمود بر ساحل، شرایط امواج در منطقه و نیز مشخصات رسوبی مورد نیاز است. از نظر وجود منبع رسوبی، مورد خاصی در منطقه مورد بررسی وجود ندارد. مدت زمان شبیه‌سازی نیز از جمله پارامترهایی است که باید توسط کاربر معرفی گردد که در این پروژه مدت زمان ۲۰ سال جهت مدل‌سازی در نظر گرفته شده است [۵].

#### ۵- بحث و آنالیز نتایج

هدف از این تحقیق بررسی عملکرد سازه آب‌شکن می‌باشد. لذا پس از مدل‌سازی کلی نوار ساحلی لیان به طول تقریبی ۳ کیلومتر و معرفی نقاط خط ساحل با مختصات (X,Y)، با قرار دادن سازه آب‌شکن با طول‌های متفاوت در مکان‌های مختلف سایت، وضعیت فرسایش و رسوب ۳۰۰ نقطه از خط ساحل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آنالیزها نشان خواهد داد که با توجه به مکان قرارگیری سازه‌های آب‌شکن و تغییر طول آنها، تغییرات رسوب‌گذاری و فرسایش متفاوتی در ساحل رخ خواهد داد [۵].

اقیانوس‌شناسی و به سفارش سازمان بنادر و دریانوردی صورت گرفته)، شرایط امواج در منطقه مدلسازی شده است. [۵].

#### ۴-۱-۳ وضعیت جزرومدی منطقه

با توجه به محل قرارگیری این سایت، جزر و مد به صورت روزانه می‌باشد. وضعیت ترازهای جزر و مدی مورد استفاده در این مدلسازی در جدول (۱) آورده شده است: [۷] که در جدول فوق:

MSL: متوسط سطح آب (متوسط سطح آرام آب دریا)

MHHW Mean Higher High Water: متوسط بالای

مد بالا (میانگین بالایی سطح بالای آب)

MLHW Mean Lower High Water: متوسط پایین

مد بالا (میانگین پایینی سطح بالای آب)

MHLW Mean Higher High Water: متوسط بالای

جزر پایین (میانگین بالایی سطح پایین آب)

MLLW Mean Lower Low Water: متوسط پایین

جزر پایین (میانگین پایینی سطح پایین آب)

جدول ۱ ترازهای جزر و مدی منطقه مورد مطالعه لیان بوشهر [۷]

پارامتر	MSL	MHHW	MLHW	MHLW	MLLW
تراز	۱/۱۴	۱/۷۸	۱/۲۶	۱/۰۲	۰/۵

#### ۴-۱-۴ مشخصات رسوب

قطر میانگین دانه‌های رسوب  $d_{50}$  از دیگر موارد ورودی مدول Litline می‌باشد. با توجه به برداشت‌های انجام شده و موقعیت نقاط برداشت رسوب، قطر دانه‌های مؤثر بر انتقال رسوب منطقه برابر  $0.2/$  میلی‌متر در نظر گرفته شده است [۸].

سرعت سقوط ذرات رسوب اطلاعات دیگری است که در فایل پروفیل عمود بر ساحل معرفی می‌شود. عواحلی نظیر نسبت جرم حجمی دانه‌های رسوب به آب، لزجت آب، میزان زبری سطح دانه‌ها، شکل و اندازه دانه‌ها، میزان غلظت دانه‌های معلق و میزان آشفستگی جریان بر سرعت سقوط مؤثرند. برای تعیین سرعت سقوط ذرات برای هر قسمت از دانه‌ها با قطر  $d$  از رابطه رابی استفاده شده است [۱۵]. با توجه به مقادیر بدست آمده از مطالعات سایت

ذرات رسوب متوقف شده، در حالی که هنوز امواج و جریان‌های دریایی وجود دارند، در ناحیه پایین دست فرسایش رخ می‌دهد. میزان این رسوب و فرسایش به طول آب‌شکن و شدت جریان وارده بستگی دارد [۳].

با توجه به نحوه عملکرد آب‌شکن، به دلیل این که جهت امواج در ساحل مورد مطالعه لیان از شمال غربی به جنوب شرقی می‌باشد، حرکت ذرات رسوب از سمت راست ساحل به بالادست آب‌شکن می‌باشد. آب‌شکن سمت راست باعث توقف ذرات رسوب در حال حرکت شده است و در طول آن در بالادست رسوب‌گذاری رخ داده است. جریان‌های عبوری از آب‌شکن سمت راست توسط سازه سمت چپ متوقف شده و به سمت بالادست برگشت داده می‌شوند. جریان‌های برگشتی بین دو آب‌شکن باعث بروز فرسایش در این محدوده شده‌اند. به عنوان نمونه نقاطی از خط ساحل انتخاب شده‌اند و تغییرات این نقاط در اثر اجرای این حالت مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۴) تغییرات چندین نقطه انتخابی از خط ساحل، پس از گذشت ۲۰ سال را نمایش می‌دهد [۵].

#### ۵-۲-۱-۲ بحث در مورد حالت دوم (اجرای ۲ آب‌شکن)

طول آب‌شکن‌ها بر روی میزان رسوب‌گذاری و فرسایش تأثیر خواهد داشت. در شکل (۵-الف) طول آب‌شکن ۸۵۰ متر و در شکل (۵-ب) طول سازه ۵۰۰ متر در نظر گرفته شده است. در شکل (۵-الف) با توجه به طول آب‌شکن و جهت امواج در منطقه مقدار ذرات رسوب در بالادست سازه نشست خواهد کرد. در شکل (۵-ب) که طول سازه کمتر از حالت الف در نظر گرفته شده، علاوه بر کاهش ته‌نشین شدن ذرات در بالادست، افزایش فرسایش در پایین‌دست را خواهیم داشت. جهت بررسی اثر طول آب‌شکن بر رویتغییرات خط ساحل نقاطی از ساحل مدل‌سازی شده را انتخاب نموده و بر روی آن‌نتایج را بررسی می‌کنیم. نقطه ۱۵۰ از خط نوار ساحلی در سال اولیهمدل‌سازی (۲۰۱۰) در فاصله ۳۳۶.۲۸۱ متر از تراز مبنا قرار داشته است. پس از قرار دادن دو سازه آب‌شکن به طول ۵۰۰ متر، پس از ۲۰ سال در سال ۲۰۳۰ به فاصله ۲۱۵.۶۶۸ متری از خط مبنا خواهد رسید. تقریباً ۱۲۰ متر فرسایش پس از ۲۰ سال رخ خواهد داد. در حالی که طول آب‌شکن به ۸۵۰ متر افزایش یافته است در سال ۲۰۳۰ این

#### ۵-۱-۱ اولین حالت مدل‌سازی: بررسی تغییرات خط ساحل بدون اجرای سازه حفاظت ساحلی

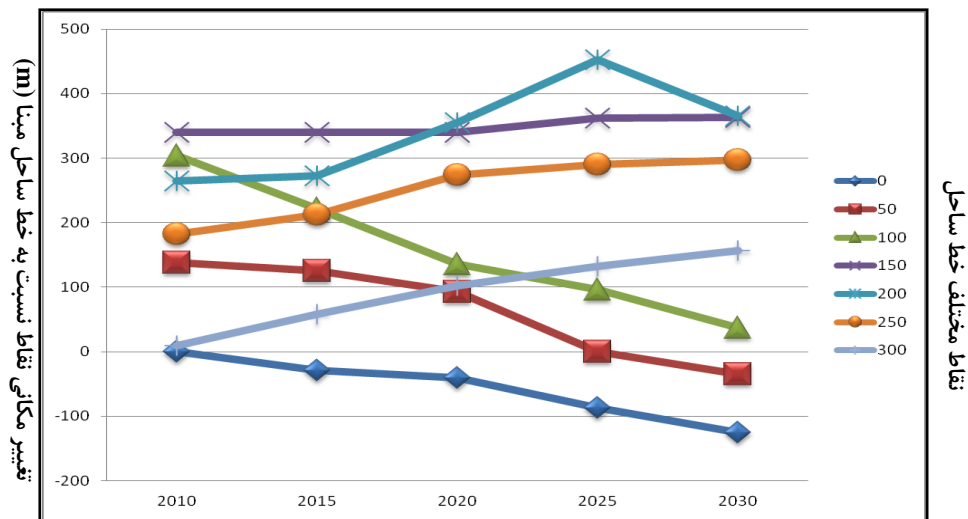
اولین گام جهت بررسی تغییرات خط ساحل لیان، تخمین میزان فرسایش در صورت عدم حفاظت از منطقه مورد مطالعه می‌باشد. محدوده کمپینگ لیان بین دو خور کوچک و بزرگ در فاصله نقاط  $x=100$  تا  $x=250$  از محدوده مدل‌سازی شده قرار دارد. در حالتی که سازه در ساحل مدل‌سازی نشده است نمی‌توان از نظر عددی به نتایج مدل اکتفا نمود. زیرا خط ساحل تا رسیدن به شکل منحنی تغییر می‌کند و پس از آن تغییرات چندانی در خط ساحل ایجاد نمی‌شود و مقادیر بدست آمده از آنالیز ساحل بدون سازه ممکن است با مقادیر واقعی یکسان نباشند. بعنوان مثال در مدل‌سازی انجام شده نقطه  $x=100$  از خط ساحل در سال ۲۰۱۰ در فاصله  $y=303/94$  متر از خط ساحل مبنا قرار دارد. ۵ سال بعد از مدل‌سازی در سال ۲۰۱۵ این نقطه به فاصله  $y=273/62$  خواهد رسید. طبق آنالیز برنامه MIKE 21 در طول ۵ سال اول در نقطه ۱۰۰ مقدار فرسایش  $30/32$  متر خواهد بود. بررسی نقشه‌های هوایی منطقه در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ بیانگر سرعت فرسایش در منطقه می‌باشد [۵].

#### ۵-۲-۲ دومین حالت مدل‌سازی: بررسی تغییرات خط ساحل در صورت اجرای دو آب‌شکن در نوار ساحلی

در دومین گزینه‌ی مدل‌سازی، تنها دو آب‌شکن به طول ۵۰۰ متر در نقطه‌های ۸۰ و ۲۰۰ در خط ساحل قرار داده شده است. در حالت عادی که سازه‌ای در ساحل وجود ندارد، ذرات رسوب در حاشیه ساحل در اثر امواج و جریان‌های دریایی در حال حرکت هستند. در صورت احداث آب‌شکن، مانعی بر سر راه ذرات در حال حرکتی که از سمت شرق به غرب حمل می‌شوند، ایجاد خواهد شد. با توجه به طول آب‌شکن مقدار ذرات رسوب در ناحیه حفاظت شده توسط سازه، (که در این حالت با توجه به جهت امواج سمت راست آب‌شکن می‌باشد)، جمع شده و در این قسمت رسوب‌گذاری رخ داده است. سازه احداث شده باعث می‌شود که در سمت چپ ساحل ذرات رسوب قادر به حرکت نباشند. در نتیجه به دلیل این که حرکت

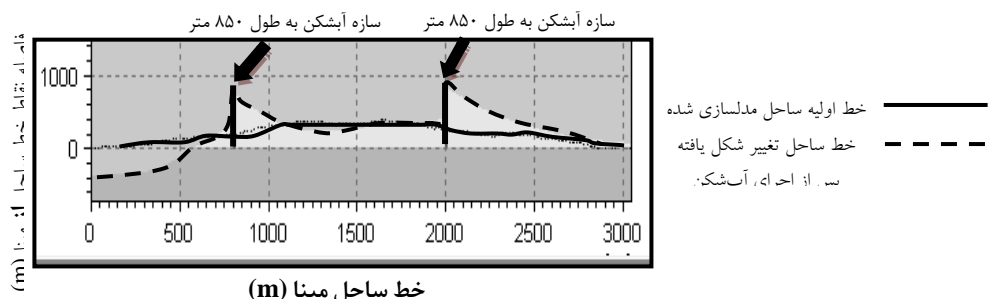
خط ساحل تقریباً ۲۷۵ متر رسوب‌گذاری خواهیم داشت. در حالی که طول آبشکن به ۸۵۰ متر افزایش یافته است در سال ۲۰۳۰ این نقطه به فاصله ۴۷۰.۳۷۹ متری از خط مبنا خواهد رسید و ۲۵۸ متر رسوبگذاری خواهیم داشت و با افزایش طول آبشکن میزان رسوبگذاری در سایه بالادست آن افزایش خواهد یافت.

نقطه به فاصله ۳۱۲.۴۶ متری خواهد رسید و میزان فرسایش این نقطه ۲۳ متر خواهد بود. نقطه ۸۵ از نوار خط ساحل در فاصله ۲۱۲.۲۱۵ متری خط مبنا قرار داشته است که پس از قرار دادن دو سازه آبشکن به طول ۵۰۰ متر، با گذشت ۲۰ سال به فاصله ۴۷۰.۰۴۱ از خط مبنا خواهد رسید. یعنی در نقطه ۸۵ از

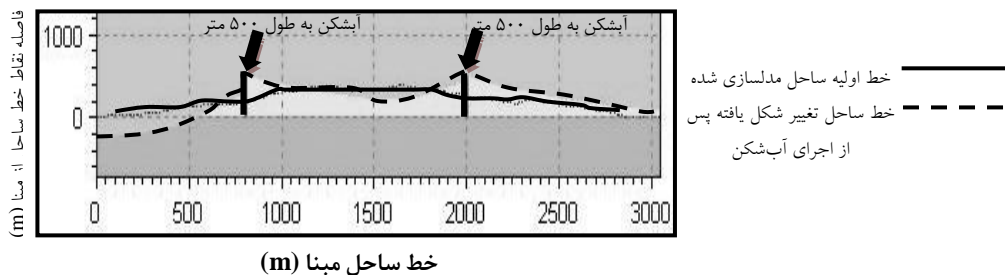


تغییرات زمان (سال)

شکل (۴) تغییرات نقاط انتخابی از خط ساحل پس از گذشت ۲۰ سال در دومین حالت مدلسازی (اجرای ۲ آبشکن) [۵]



الف: ساحل تغییر یافته پس از ۲۰ سال در صورت اجرای آبشکن به طول ۸۵۰ متر در نقاط  $x=80$  و  $x=200$



ب: ساحل تغییر یافته پس از ۲۰ سال در صورت اجرای آبشکن به طول ۵۰۰ متر در نقاط  $x=80$  و  $x=200$

شکل (۵) تغییرات رسوب و فرسایش پس از گذشت ۲۰ سال در دومین حالت مدلسازی (اجرای ۲



استفاده از مجموعه‌ای از آبشکن‌ها در ساحل باعث دندانه‌ای شکل شدن ساحل می‌گردند که در نتیجه آن تراز ساحل در دو سمت آبشکن متفاوت خواهد شد. این خاصیت مجموعه آبشکن‌ها می‌باشد. به دلیل وجود پتانسیل فرسایش در پایین‌دست آخرین آبشکن، گاهی لازم است که قسمت قابل فرسایش در پایین‌دست توسط دیوارهای ساحلی و یا تغذیه ساحل با ماسه حفاظت شوند [۳].

#### ۴-۵ چهارمین حالت مدلسازی: بررسی تغییرات خط

##### ساحل در صورت اجرای چهار آبشکن در نوار

###### ساحلی

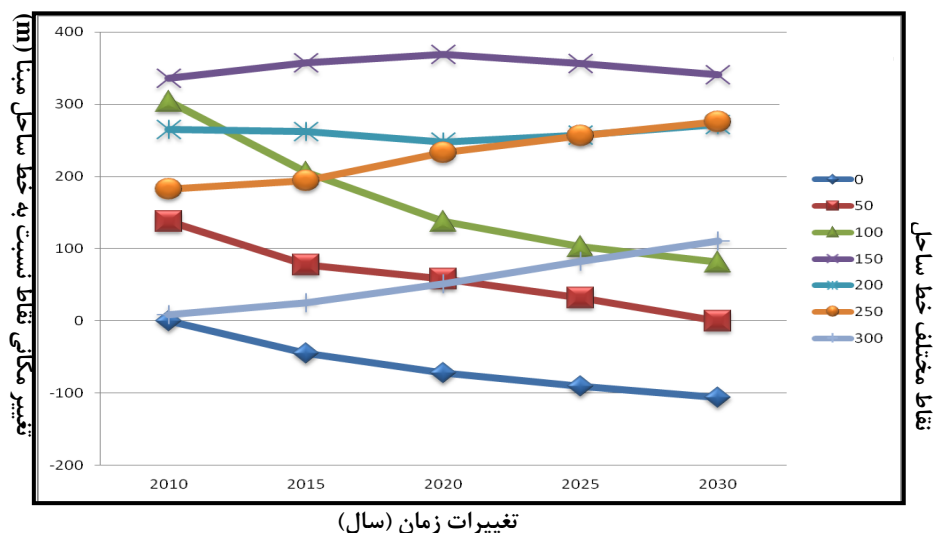
در حالت قبل سه آبشکن به طول ۶۰۰ متر در نقاط ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ قرار داشت. در این حالت با اضافه نمودن تعداد آبشکن‌ها، طول و فواصل سازه‌ها را نسبت به حالت سوم کاهش داده‌ایم. یک آبشکن به طول ۴۵۰ متر در نقطه ۱۷۵، آبشکن به طول ۴۹۰ متر در نقطه ۱۵۵، آبشکن به طول ۵۶۰ متر در نقطه ۱۳۰، آبشکن به طول ۶۲۰ متر در نقطه ۱۰۵ قرار گرفته است. شکل تغییر یافته نقاط انتخابی ساحل پس از زمان ۲۰ سال به صورت شکل (۷) خواهد بود.

#### ۳-۵ سومین حالت مدلسازی: بررسی تغییرات خط

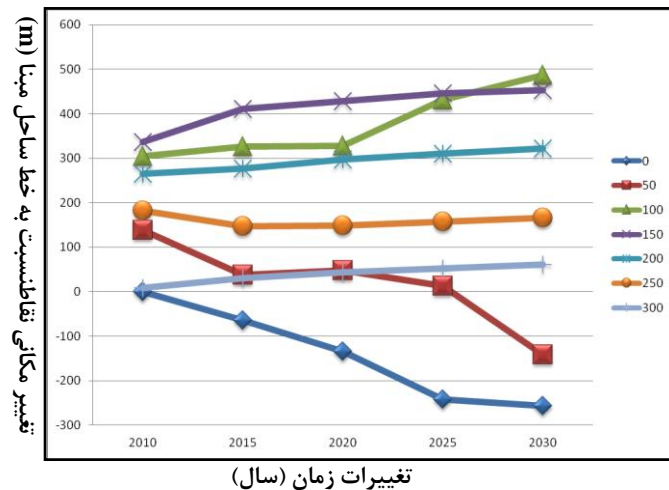
##### ساحل در صورت اجرای سه آبشکن در نوار

###### ساحلی

در حالت قبل دو آبشکن به طول ۵۰۰ متر در نقاط ۸۰ و ۲۰۰ خط ساحل قرار داشت. در این گزینه تعداد و طول آبشکن‌ها را نسبت به حالت دوم افزایش داده، و سه آبشکن به طول ۶۰۰ متر در نقاط ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ در خط ساحل قرار داده شده است. هدف از مدلسازی ۳ آبشکن مقایسه عملکرد تعداد آبشکن‌های گروهی بر روی نحوه انتقال رسوب و میزان رسوب و فرسایش می‌باشد. در شکل (۶) تغییرات نقاط انتخابی از خط ساحل پس از ۲۰ سال نشان داده شده است. با افزایش طول آبشکن میزان رسوب‌گذاری در بالادست افزایش یافته است. همچنین در حالت دوم که آبشکن سمت راست در نقطه ۲۰۰ قرار دارد، خط ساحل از نقطه ۲۰۰ تا ۳۰۰ به خوبی از فرسایش محافظت شده است. در حالت سوم که آبشکن انتهایی در نقطه ۲۵۰ واقع شده، در بالادست سازه از نقطه ۲۵۰ تا ۳۰۰ رسوب‌گذاری داریم و در پایین‌دست آبشکن فرسایش رخ داده است. در نتیجه در حالت دوم با وجود مدلسازی ۲ آبشکن، مقدار بیش‌تری از ساحل در برابر امواج محافظت شده است و میزان فرسایش کمتر خواهد بود [۵].



شکل (۶) تغییرات نقاط انتخابی از خط ساحل پس از گذشت ۲۰ سال در سومین حالت مدلسازی (اجرای ۳ آبشکن) [۵]



شکل (۷) تغییرات نقاط انتخابی از خط ساحل پس از گذشت ۲۰ سال در چهارمین حالت مدل‌سازی (اجرای ۴-۱-۹-۸)

با ساحل خواهند بود، در نتیجه فرسایش در بین دو سازه آب‌شکن رخ نخواهد داد [۵].

#### ۵-۴-۱- بحث در مورد حالت چهارم

شکل (۹-الف) تغییرات خط ساحل در بازه زمانی ۲۰ سال را در حالی نشان می‌دهد که فواصل آب‌شکن‌ها از یکدیگر ۴۰ متر است. در شکل (۹-ب) فواصل آب‌شکن‌ها به ۲۵ متر کاهش یافته است. با کاهش فاصله بین آب‌شکن‌ها، از میزان فرسایش در پایین‌دست آن‌ها کاسته می‌شود. زیرا پایین‌دست هر آب‌شکن تحت اثر رسوب‌گذاری در بالادست آب‌شکن بعد از خود قرار می‌گیرد. حالت تغییر یافته ساحل به شکل دندان‌دندانه از عملکردهای مجموعه-ای از چند آب‌شکن می‌باشد.

در جدول (۲) تغییرات نقاط انتخابی از ساحل در بازه زمانی ۲۰ سال نشان داده شده است. میزان رسوب‌گذاری قابل توجهی که در این حالت رخ می‌دهد، فضای دسترسی بیشتری را جهت کاربرانی که از ساحل و بستر دریا استفاده می‌کنند، فراهم می‌نماید. در نتیجه در صورتی که هدف از ساخت سازه آب‌شکن علاوه بر حفاظت از منطقه ساحلی، استفاده تفریحی از ساحل مورد نظر باشد، می‌توان با افزایش طول آب‌شکن مقدار خط ساحل در بالادست را افزایش داد. به طور کلی هر گونه سازه حفاظت ساحلی که در حاشیه ساحل اجرا می‌شود اگرچه در قسمتی که قرار دارد اثر حفاظتی داشته و ساحل را از فرسایش محافظت می‌کند، ولی هر کدام از سازه‌ها بسته به عملکرد و کارایی

در شکل (۷) ملاحظه می‌شود که به دلیل افزایش فاصله آخرین آب‌شکن از بالادست به نسبت طول آب‌شکن، رسوب‌گذاری افزایش یافته و خط ساحل در بالادست آب‌شکن سمت راست از نقطه ۱۰۰ تا ۳۰۰ مورد حفاظت قرار گرفته است. از طرفی، وجود آب‌شکن در پایین‌دست آب‌شکن دیگر باعث شده است که ذرات رسوب در حال حرکت متوقف شده و از فرسایش در پایین‌دست سه آب‌شکن سمت راست نیز جلوگیری شده است. فرسایش در پایین‌دست آب‌شکن سمت چپ را می‌توان با استفاده از دیوار ساحلی و یا روش تغذیه ساحل با ماسه کنترل نمود [۵].

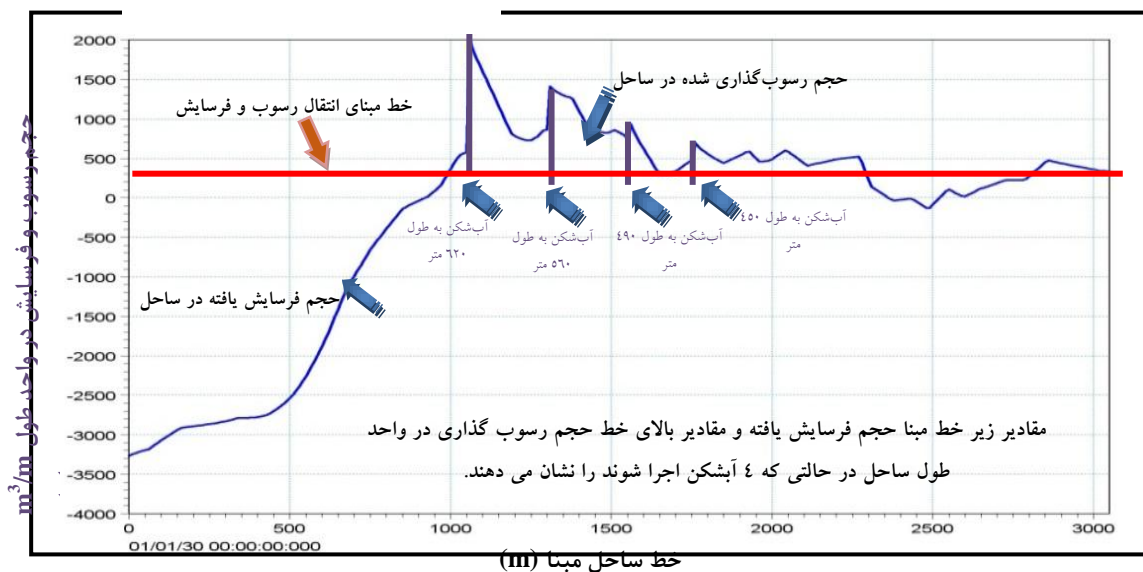
در شکل (۸) حجم رسوب و فرسایش در واحد طول خط ساحل پس از گذشت ۲۰ سال نشان داده شده است. قسمت‌های زیر خط مینا نشان دهنده حجم فرسایش یافته در واحد طول ساحل می‌باشد. قسمت‌های بالای خط مینا نشان‌دهنده حجم رسوب ایجاد شده در واحد طول ساحل را نشان می‌دهد. به دلیل کوتاه بودن آب‌شکن سمت راست، ذرات رسوب از بالای آن عبور کرده و به بالادست آب‌شکن دوم رسیده است. ملاحظه می‌شود که در صورت افزایش تعداد آب‌شکن‌ها و کاهش فاصله بین آنها، حفاظت از خط ساحل بهتر صورت می‌گیرد. به دلیل اینکه سرعت جریان‌های برگشتی بین دو آب‌شکن با کم شدن فاصله، کم‌تر خواهد شد و ذرات رسوبی که بین دو سازه به تله افتاده است مانعی جهت برخورد مستقیم امواج

پیشروی به سمت دریا رخ داده است. با توجه به این که نوار ساحلی لیان در محدوده نقاط ۱۰۰ تا ۲۵۰ واقع است سازه پیشنهادی در این حالت می‌تواند جهت حفاظت از منطقه مناسب باشد.

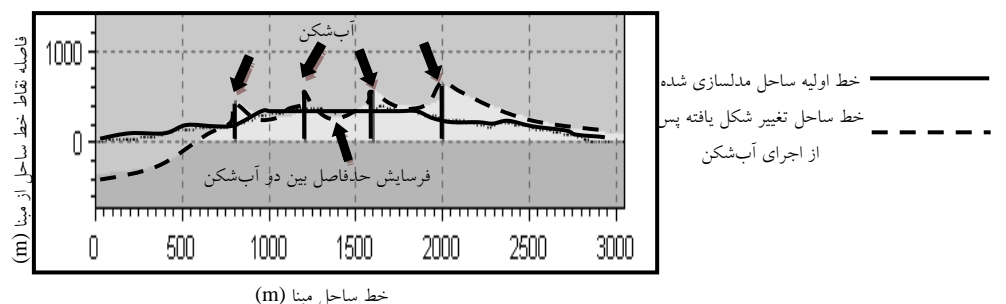
در جدول (۳) مقادیر بیشینه تغییرات خط ساحل در بازه زمانی ۲۰ سال نشان داده شده است. در این حالت چهار آبشکن با طول‌های متغییر بین ۴۵۰ تا ۶۲۰ متر در قسمت میانی ساحل قرار داده شده‌اند. در حالت دوم که دو آبشکن در خط ساحل قرار داشت ماکزیمم حجم رسوب در خط ساحل  $(m^3/m)$  ۱۸۷۷/۴۵ و ماکزیمم فرسایش که در فاصله نقاط ۸۰ تا ۳۰۰ خط ساحل اتفاق افتاده  $(m^3/m)$  ۱۲۳۱ بوده است. در حالت چهارم که ۴ آبشکن با فواصل کم در خط ساحل قرار دارد ماکزیمم رسوب  $(m^3/m)$  ۱۹۷۴ و حداکثر فرسایش  $(m^3/m)$  ۱۲۸ خواهد بود. ملاحظه می‌شود که در حالت چهارم فرسایش کم‌تری نسبت به حالت دوم خواهیم داشت.

خود اثری متفاوت در قسمت‌های دیگر ساحل خواهد داشت. در این حالت اگرچه در سمت بالا دست آبشکن رسوب‌گذاری داریم اما در پایین دست آخرین آبشکن فرسایش شدیدی در ساحل رخ خواهد داد [۵].

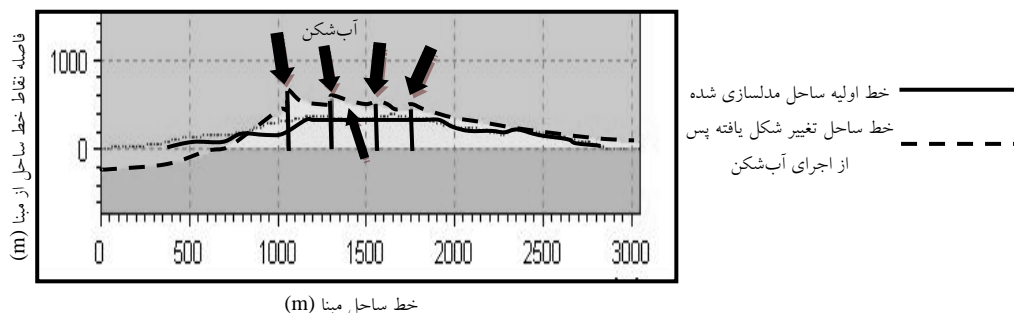
در نقطه صفر و ۵۰ که در پایین دست آبشکن سمت چپ واقع شده‌اند، به دلیل عملکرد سازه آبشکن در انتقال رسوب، فرسایش رخ داده است. جهت کنترل فرسایش در این نقطه می‌توان از دیوار ساحلی استفاده نمود. در نقطه ۱۵۰، که در فاصله ۲۵ متری در پایین دست آبشکن سوم از سمت راست ساحل قرار دارد، در ۵ سال اول، ۴ متر فرسایش رخ داده است. از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ ذرات رسوب تجمع یافته در بالای دست آبشکن سمت چپ به سمت این نقطه حرکت کرده و این نقطه ۶۹ متر پیشروی به سمت دریا داشته است. از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰ مقدار ۵۵ متر رسوب به این نقطه اضافه گردیده و در نهایت فاصله این نقطه از خط مبنای ساحل به ۴۵۶ متر رسیده که نسبت به فاصله اولیه آن که ۳۳۶ متر بوده، ۱۲۰ متر



شکل (۸) میزان حجم رسوب و فرسایش پس از گذشت ۲۰ سال در سال ۲۰۳۰ در چهارمین حالت مدل‌سازی (۴ آبشکن) [۵]



الف: ساحل تغییر یافته پس از ۲۰ سال در صورت اجرای ۴ آبشکن (فاصله آبشکن‌ها از



ب: ساحل تغییر یافته پس از ۲۰ سال در صورت اجرای ۴ آبشکن (فاصله آبشکن‌ها از یکدیگر ۲۵ متر)

شکل (۹) مقایسه میزان رسوب و فرسایش پس از گذشت ۲۰ سال در سال ۲۰۳۰ در چهارمین حالت مدلسازی (۴)

جدول (۲) تغییرات نقاط انتخابی از خط ساحل در طول بازه زمانی ۲۰ سال در چهارمین حالت مدلسازی (اجرای ۴ آبشکن)

فاصله نقاط مختلف ساحل از خط مبنا در صورت اجرای ۴ آبشکن (چهارمین حالت مدلسازی)							فاصله تا خط مبنا
نقطه X=300	نقطه X=250	نقطه X=200	نقطه X=150	نقطه X=100	نقطه X=50	نقطه X=0	
۸/۸۲۰۷۷	۱۸۲/۵۱۹	۲۶۴/۶۳۶	۳۳۶/۲۸۱	۳۰۳/۹۴۸	۱۳۷/۹۸۴	۰/۱۶۰۳۰۳	۲۰۱۰
۲۷/۴۶۲۴	۱۴۲/۷۶۳	۲۹۹/۲۰۱	۳۳۲/۴۰۶	۳۳۸/۱۷۵	۲۴/۶۲۷۸	-۹۷/۳۵۰۲	۲۰۱۵
۴۰/۰۰۷۱	۱۴۸/۷۴۵	۳۱۸/۰۷	۴۰۱/۲۰۴	۳۴۷/۶۴۲	-۳۹/۴۱۴۵	-۱۶۴/۰۸۹	۲۰۲۰
۴۹/۹۳۴۵	۱۶۰/۲۶۵	۳۲۷/۴۹۲	۴۴۰/۹۵۱	۳۵۴/۸۹۵	۹۰/۵۳۲۴	-۲۲۰/۸۴۸	۲۰۲۵
۶۰/۰۵۶۶	۱۷۰/۱۲۹	۳۳۴/۷۰۶	۴۵۵/۹۸۶	۳۵۶/۲۳۷	-۱۲۸/۸۵۲	-۲۶۹/۸۶۷	۲۰۳۰

جدول ۳ مقادیر ماکزیمم و مینیمم تغییرات (فرسایش و رسوب) خط ساحلی و ماکزیمم حجم رسوب و فرسایش در چهارمین حالت مدلسازی (چهار آبشکن)

سال	مقدار ماکزیمم فرسایش در فاصله نقاط $x=80$ تا $x=300$ ( $m^3/m$ )	مقدار ماکزیمم رسوب گذاری در فاصله نقاط $x=80$ تا $x=300$ ( $m^3/m$ )	مقدار ماکزیمم فرسایش خط ساحلی (m)	مقدار ماکزیمم رسوب گذاری در خط ساحلی (m)
۲۰۱۱	۱۹۷/۲۸۳	-۷۰۴/۶۹۵	۳۵/۴۶۵۸	۱۰۰/۶۷۱
۲۰۱۲	۲۶۲/۷۹۴	-۸۹۹/۳۴۳	۶۲/۴۶۸۳	۱۲۸/۴۷۸
۲۰۱۳	۲۹۹/۴۰۷	-۱۰۴۵/۴۴	۸۸/۲۳۰۷	۱۴۹/۳۴۸
۲۰۱۴	۳۱۷/۵۵۵	-۱۲۱۴/۶۹	۱۰۸/۱۹۹۱	۱۷۳/۵۲۸
۲۰۱۵	۳۲۳/۰۲	-۱۴۵۳/۱۴	۱۲۲/۶۵۷۹	۲۰۷/۵۹۱
۲۰۱۶	۳۲۳/۲۳۶	-۱۵۹۷/۴۴	۱۳۶/۶۷۸۱	۲۲۸/۲۰۵
۲۰۱۷	۳۱۵/۴۴۹	-۱۶۴۵/۸۲	۱۴۹/۰۵۶۲	۲۳۵/۱۱۷
۲۰۱۸	۳۰۵/۰۷۱	-۱۶۹۹/۰۹	۱۶۰/۵۹۶۶	۲۴۲/۷۲۷
۲۰۱۹	۲۹۱/۸۸۷	-۱۷۵۸/۱۵	۱۷۱/۸۷۸۸	۲۵۱/۱۶۵
۲۰۲۰	۲۷۸/۳۴۷	-۱۸۱۵/۹	۱۸۳/۰۱۴	۲۵۹/۴۱۵
۲۰۲۱	۲۶۲/۷۷۹	-۱۸۷۱/۶۸	۱۹۴/۰۹۴۸	۲۶۷/۳۸۳
۲۰۲۲	۲۴۵/۰۴	-۱۹۳۱/۳	۲۰۵/۰۶۹۸	۲۷۵/۹
۲۰۲۳	۲۳۰/۹۳۳	-۱۹۴۴/۲۵	۲۱۵/۶۷۵	۲۷۷/۷۵
۲۰۲۴	۲۱۴/۷۵۳	-۱۹۵۸/۹۵	۲۲۵/۷۰۵	۲۷۹/۸۵
۲۰۲۵	۱۹۶/۹۳۲	-۱۹۶۱/۶۶	۲۳۵/۰۶۶	۲۸۰/۲۳۸
۲۰۲۶	۱۸۲/۴۴۵	-۱۹۷۱/۰۹	۲۴۳/۸۶۴	۲۸۱/۵۸۴
۲۰۲۷	۱۷۰/۱۸۸	-۱۹۷۱/۲۶	۲۵۲/۰۹۷	۲۸۱/۶۰۸
۲۰۲۸	۱۵۶/۴۳	-۱۹۷۵/۶۳	۲۵۹/۸۸۷	۲۸۲/۲۳۴
۲۰۲۹	۱۴۲/۰۶۳	-۱۹۸۱/۸۵	۲۶۷/۳۳۴	۲۸۳/۱۲۱
۲۰۳۰	۱۲۸/۱۳	-۱۹۷۳/۶۸	۲۷۴/۵۴۱	۲۸۱/۹۵۴

### ۶- نتیجه گیری

آبشکن‌ها در برابر رسوب انتقال یافته تله ایجاد می‌کند. این رسوبات شامل رسوب در طول ساحل در ناحیه شکست امواج یا رسوبی که به طور مکانیکی در ساحل و در جایی که پتانسیل انتقال رسوب امتداد ساحل وجود دارد، می‌شود. با توجه به عرض سازه در ناحیه شکست امواج، سازه، ممکن است بخشی یا اکثر رسوب انتقالی امتداد ساحل را سد کند. این امر انباشتگی رسوب در بالادست را ایجاد می‌کند. همچنین جریان میان بُر در امتداد بالادست وجه سازه، باعث نشست رسوب در ناحیه بالای سازه می‌شود. پائین دست سازه در ساحل مورد فرسایش قرار گرفته تا ظرفیت پتانسیل انتقال رسوب امواج در این ناحیه را ارضاء کند. خط ساحل هم در بالادست و هم در پائین دست سازه خود را طوری تنظیم

خواهد کرد که موقعیت ساحل با خط تاج امواج برخوردی منکسر و متفرق شده، موازی باشد. اگر بخش بالادست ساحل پر شده باشد و به‌ویژه چنانچه تاج سازه به اندازه کافی بلند نباشد و یا سازه در برابر حرکت ماسه نفوذپذیر باشد، بخشی از رسوب به پشت سازه منتقل خواهد شد [۲۱]. پس از پر شدن قسمت بالادست سازه، همه انتقال امتداد ساحل، هم از میان، بالای یا از اطراف سازه عبور کرده و قسمتی از آن در بخش دور از ساحل در ناحیه پائین دست ته‌نشین شده و باقیمانده رسوب در عرض ساحل انتقال می‌یابد. معمولاً جهت موج و ارتفاع شکست بطور پیوسته تغییر می‌کنند، بنابراین تعادل کامل بین تاج موج برخوردی و جهت خط ساحل هرگز بطور کامل حاصل نمی‌شود. ساحل به طور پیوسته خود را با تغییرات مشخصات موج تطبیق می‌دهد. امواج از جهات دیگر

بر روی تغییرات الگوی رسوب و فرسایش بسیار موثر است. بعنوان مثال در نقطه ۱۵۰ از خط نوار ساحلی پس از قرار دادن دو سازه آبشکن به طول ۵۰۰ متر، پس از ۲۰ سال تقریباً ۱۲۰ متر فرسایش رخ خواهد داد. در حالتی که با افزایش طول آبشکن به ۸۵۰ متر میزان فرسایش این نقطه به ۲۳ متر خواهد رسید. در نقطه ۸۵ از نوار ساحل پس از قرار دادن دو سازه آبشکن به طول ۵۰۰ متر، با گذشت ۲۰ سال تقریباً ۲۷۵ متر رسوبگذاری خواهیم داشت. در حالتی که طول آبشکن به ۸۵۰ متر افزایش یافته است ۲۵۸ متر رسوبگذاری خواهیم داشت و مطابق آنچه انتظار می‌رفت با افزایش طول آبشکن میزان رسوبگذاری در سایه بالادست آن افزایش خواهد یافت.

حالت سوم: در این حالت تعداد آبشکن‌ها نسبت به حالت دوم به ۳ آبشکن افزایش یافته است. همچنین طول سازه‌ها ۶۰۰ متر در نظر گرفته شده است. در بالادست آبشکن سمت راست میزان رسوبگذاری بیشتر از حالت دوم بوده است. فرسایش شدیدی بین هر دو سازه رخ داده است.

حالت چهارم: در این گزینه چهار آبشکن با ارتفاع‌های متفاوت در نقاط ۱۱۰ تا ۱۷۰ قرار داده شده‌اند. این آبشکن‌ها به خوبی از بالادست خود محافظت نموده‌اند. ولی در پایین دست آخرین آبشکن فرسایش رخ داده است که می‌توان این فرسایش را توسط دیوار ساحلی کنترل نمود.

توجه به سواحل و حفاظت صحیح و مناسب آنها در برابر امواج سهمگین دریا امری ضروری و غیرقابل اجتناب می‌باشد. از آنجا که سواحل خلیج فارس به دلیل موقعیت سیاسی، تفریحی و توریستی، فرهنگی، اجتماعی و تاریخی همواره مورد توجه بوده‌اند، استفاده از سازه حفاظت ساحلی مناسب در سواحل زیبای خلیج فارس امری ضروری می‌باشد. با توجه به تصاویری که بعنوان نمونه از تخریب دیوار ساحلی پارک لیان واقع در نوار ساحلی شهر بوشهر نشان داده شده است می‌توان نتیجه گرفت که طراحی و ساخت سازه حفاظت ساحلی مناسب جهت این منطقه که تا کنون بکر و دست نخورده باقی مانده است، امری ضروری خواهد بود. با توجه به نتایج بدست آمده، اجرای آبشکن‌ها در منطقه موجب فرسایش شدید در پایین دست می‌شود که باید از یک سازه حفاظتی دیگر

می‌توانند رسوب را به سمت عقب تا سازه انتقال دهند و ناحیه ماهیچه مانند را تشکیل دهند که برداشت این ناحیه با بازگشت امواج به جهت غالب مشکل خواهد بود. مقدار رسوبی که از یک سازه پر شده عبور می‌کند و به ساحل پائین دست راه می‌یابد به مقدار رسوب عبوری از بالا و میان سازه پر شده، و طول سازه در مقایسه با عرض ناحیه شکست امواج، بستگی دارد (که با ارتفاع موج برخوردی و دامنه جزر و مدی متغیر است). بخشی از رسوب که به سمت دور از ساحل در انتهای بخش بالادست تیغه حرکت می‌کند، اگر جریان حالت جزر شدیدی وجود داشته باشد، بیشتر به سمت دور از ساحل انتقال می‌یابد. جریان حالت مد بخشی از رسوب عبور کرده را به سمت داخل بندرگاه و یا خلیج انتقال خواهد داد. از آنجائی که هدف از یک سیستم تیغه‌ای، تله اندازی انتقال رسوب امتداد ساحل نمی‌باشد و آنها معمولاً طولانی‌تر از آبشکن‌ها هستند، ممکن است یک سیستم مکانیکی برای عبور دادن رسوب مورد نیاز باشد [۱۹].

حالت اول: جهت پیش‌بینی میزان فرسایش در ساحل کنونی، در این حالت هیچ سازه‌ای در ساحل قرار داده نشده است. فرسایش شدیدی در این حالت در کل ساحل رخ داده است. با مقایسه تصویر قسمتی از ساحل که از برنامه Google earth در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ به دست آمده است مشاهده می‌شود که میزان فرسایش پیش‌بینی شده توسط برنامه با میزان فرسایش رخ داده شده در قسمتی از این ساحل در طی این چند سال متناسب است. در نتیجه باید هرچه سریع‌تر نسبت به حفاظت نوار ساحلی لیان اقدام نمود. در غیر این صورت در طی چند سال آینده خسارت شدیدی به زیرساخت‌های احداث شده، از جمله جاده دسترسی که در فاصله ۴۵ متری دیواره ساحلی قرار دارد، وارد خواهد شد.

حالت دوم: به‌عنوان اولین سازه پیشنهادی، دو آبشکن در خط ساحل قرار داده شده است. در حالتی که طول آبشکن‌ها ۸۵۰ متر نسبت به خط مبنا در نظر گرفته شده، میزان رسوبگذاری در بالادست بیشتر از حالتی است که طول این دو سازه ۵۰۰ متر است. همچنین با افزایش طول سازه‌ها، میزان فرسایش در فاصله بین دو آبشکن کاهش یافته است. بررسی نقاط انتخابی از نوار ساحل نشان می‌دهد که طول سازه و محل قرارگیری آن

8. Bushehr Nuclear Power Plant .Halileh, Iran, "Soil and Foundation Stability" FSUE «Atomenergoproekt» - 49.BU.10.OO. FSAR.RDR001- Revision 0 Date: 24.11.2004 Sheet 2.5-15, October 1975.
9. Bushehr Nuclear Power Plant .Halileh, Iran, "Soil Physical Mechanical Properties Normative and Rated Parameters" – FSUE «Atomenergoproekt» - 49.BU.1 0.0.OO.FSAR.RDR001- Revision 0 Date: 24.11.2002 Sheet 2.5-285 , October 1975.
10. Francisco Taveira Pinto, Ana Cristina Valente Neves, "Environmental aspects of using detached groynes for coastal protection purposes", Management of Environmental Quality: An International Journal, Vol. 15 Iss: 1, pp.62 – 71 ,2004.
11. He, C., "Coastal erosion assessment, Malem Village, Kosrae State, Federated States of Micronesia", SOPAC Technical Report 341, 2001.
12. Jensen , J.H. &Viggosson, Gi. &Elfrink, B. & Broker, I., "Bakkafjara. Sediment Transport and Morphology" , Phase 2 – Final report, pp.9-1-9-4, 2007.
13. Mats Persson, "Impact assessment and project appraisal in cases of coastal erosion", International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, Vol. 1 Iss: 3, pp.297 – 309, 2010.
14. Roger H. Charlier, Christian P. De Meyer, "Beach nourishment as efficient coastal protection", Environmental Management and Health, Vol. 6 Iss: 5, pp.26 – 34, 1995.
15. Rubey, W.W., "Setting Velocities of Gravel , Sand , and Silt Particles " , American Journal of Science , vol.25 , pp.325-338, 1933.
16. Thomalla, F. & Vincent, C.E., "Beach response to shore-parallel groynes at Sea Palling,Norfolk, UK " , Estuarine, Coastal and Shelf Science 56 203–212 , 2003.
17. Tsai, C.P. & Lee, T.L. & Yeh, P.H., "Forces on Groynes by Standing Waves with Water Overtopping" , Vol. 9, No. 7. Bushehr Nuclear Power Plant. Halileh, Iran, "Hydrology and Hydraulic Engineering" FSUE «Atomenergoproekt» - 49.BU.10.OO.FSAR.RDR001- Revision 0 Date 24.11.2004 sheet 2.4-e178, October 1975.
- مانند دیوارهای ساحلی جهت کنترل فرسایش استفاده نمود. دیوارهای ساحلی نمای طبیعی و بکر منطقه را از بین خواهند برد. گزینه دیگر استفاده از موج شکن دور از ساحل جهت کنترل فرسایش در منطقه می باشد. با طراحی موج شکن دور از ساحل مناسب می توان علاوه بر حفظ طبیعت زیبای منطقه و کنترل فرسایش، فضایی را جهت استفاده گردشگران و توسعه صنعت توریسم بر روی موج شکن ایجاد نمود. جهت حفظ نمای طبیعی سواحل و محافظت آنها در برابر فرسایش، استفاده از مصالح ژئوتکستایل و سازه های نوین از جمله موج شکن های دور از ساحل، می توانند در دستور کار ارگانها و نهادهای مجری طرح های ساحلی قرار گیرند.

#### ۷- منابع

۱. برگی، خسرو، اصول مهندسی دریا (هیدرولیک دریا، سازه های دریایی و مهندسی سواحل)، چاپ دوم، ۱۳۸۷، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
۲. ریاحی، محمد، شبیه سازی عددی تغییر شکل نیمرخ بستر دریا در مقابل دیوار ساحلی، رساله دوره دکتری مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، ۱۳۸۴.
۳. صادقی، کبیر، مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق، ص ۵۰۲. ۱۳۸۰
۴. عفتی، مهدی، لشته نشایی، میراحمد، اثر نیروهای امواج و زلزله بر موج شکن های سنگی، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۱۳۸۷.
۵. مقدسی، نرگس، مطالعه میدانی روشهای حفاظت از سواحل جنوبی ایران با رویکرد به ساحل لیان (بوشهر)، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، ۱۳۸۸.
۶. ناصری زاده، روح ا...، قنبریان، مجتبی، اجرای موج شکن های سنگی از طریق دریا، ششمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، ۱۳۸۳.

- 
- 3 (ISSN 1053-5381) - International Journal of Offshore and Polar Engineering ,1999.
18. U.S. Army Coastal Engineering Research Center (USACE), "Coastal Engineering Manual", EM 1110-2-1100 (Part VI) chapter 2 , "Types and Functions of Coastal Structures". pp. VI-2-1-VI-2-20, 2006.
19. U.S. Army Coastal Engineering Research Center (USACE), "Coastal Engineering Manual", EM 1110-2-1100 (Part V) chapter 3, "Shore Protection Projects". pp. V-3-19. V-3-39, 2006.
20. U.S. Army Coastal Engineering Research Center (USACE), "Coastal Engineering Manual", EM 1110-2-1100 (Part III) chapter 6 , "Sediment Transport Outside the Surf Zone". pp.III-6-46, 2006.
21. U.S. Army Coastal Engineering Research Center (USACE), "Coastal Engineering Manual", EM 1110-2-1100 (Part III) chapter 2 , " Longshore Sediment Transport". pp.III-2-7- III-2-20, 2006.