

# مدل سازی موج و تغییر شکل خط ساحلی بندر صیادی بريس

سمیرا اردانی<sup>۱</sup>

تهران - خیابان ولیعصر - شماره ۱۳۴۶ - کد پستی ۱۹۶۹۷ - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی - دانشکده عمران  
s\_ardani@yahoo.com

## خلاصه

بندر صیادی بريس در ۸۵ کیلومتری شرق شهرستان چابهار قرار دارد و یکی از بنادر مهم صیادی استان سیستان و بلوچستان می باشد. جانمایی این بندر از دو موج شکن تشکیل گردیده، بطوریکه موج شکن اصلی آن در ادامه دماغه ساحلی و در امتداد جنوب به شمال و موج شکن فرعی در امتداد شرق به غرب ساخته شده است. پس از گذشت ۱۷ سال از ساخت موج شکن ها، تغییر زیادی در موقعیت خط ساحلی پشت موج شکن فرعی دیده می شود و خطر انسداد کامل ورودی اصلی بندر نیز محتمل می باشد. همچنین رسوبگذاری در دهانه ورودی مشکلاتی را برای تردد شناورهای صیادی موجب شده است. در این مقاله، پس از مدل سازی موج و انتقال رسوب و تعیین نرخ انتقال رسوب سالانه، شکل خط ساحلی در حالت تعادل دینامیکی بدست می آید.

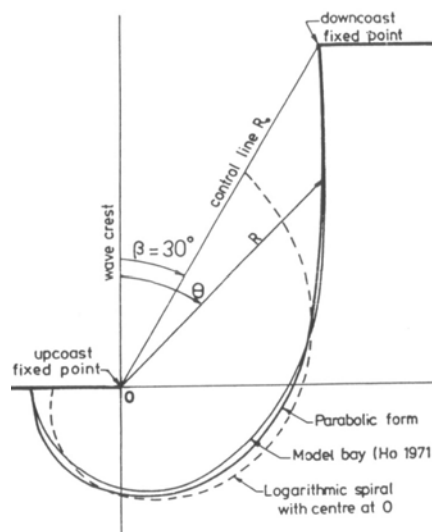
کلمات کلیدی: تعادل دینامیکی، نرخ انتقال رسوب سالانه، GENESIS، MIKE21.

## مقدمه

اکثر خطوط ساحلی دارای یک حالت خاص منحنی شکل در پلان می باشند. این خلیج ها به طور کلی از سه قسمت تشکیل شده اند:

- قسمت تقریباً صاف که به دماغه پایین دست متصل است.
  - قسمت میانی که یک منحنی است که می تواند به اشکال اسپیرال لگاریتمی، سهموی و هذلولوی باشد.
  - یک بخش تقریباً دایره ای شکل در بالادست.
- برای قسمت میانی منحنی شکل روابط تجربی زیادی وجود دارد. این روابط می توانند در تخمین شکل یک خلیج در حالت تعادل استاتیکی به کار روند. از جمله این روابط عبارتند از روابط اسپیرال لگاریتمی Yasso (1965)، Silvester (1974-1970)، روابط سهموی Hsu (1987)، روابط سهموی اصلاح شده Tan و Chew (1994)، Medina و Gonzalez (1999-2000) و روابط هذلولوی Kraus و Moreno (1999).
- در مورد خلیج بريس روابط سهموی انطباق بیشتری با شکل واقعی خلیج دارد. بنا به دلایل زیر استفاده از روابط سهموی در این مطالعه نسبت به روابط دیگر برای به دست آوردن شکل تعادل استاتیکی خط ساحل ترجیح داده می شود:
- رابطه اسپیرال لگاریتمی Yasso (1965) در کاربرد های عملی دشوار به نظر می رسد، چرا که مرکز منحنی نمی تواند با محل نقطه ای که در آن تفرق موج رخ می دهد، (در اینجا نوک موج شکن اصلی بريس) منطبق باشد. همچنین همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود شکل اسپیرال لگاریتمی با شکل واقعی خلیج ها در نواحی پایین دست انطباق کافی ندارد.
  - مبدا تابع هذلولوی Kraus & Moreno (1999) نیز نمی تواند در نقطه تفرق موج قرار بگیرد.
  - همچنین هر دو مدل ریاضی (اسپیرال لگاریتمی و هذلولوی) نمی توانند اثرات تغییر نقطه تفرق موج در اثر ساختن موج شکن، گروین و دیگر سازه ها را برای تغییر خط ساحلی تخمین بزنند.
- تعادل استاتیکی و دینامیکی دو حالت تعادل در خطوط ساحلی به شمار می روند. در تعادل استاتیکی انتقال رسوبات به موازات خطوط ساحلی رخ نمی دهد و بخش مماس در پایین دست موازی قله امواج نزدیک شونده به ساحل است، در حالی که در تعادل دینامیکی انتقال رسوبات به موازات ساحل همچنان رخ می دهد؛ اما بین رسوبات ورودی و خروجی تعادل برقرار شده و به همین دلیل شکل خط ساحلی ثابت باقی می ماند.

<sup>۱</sup> - کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب - هیدرولیک



شکل ۱- مقایسه شکل سهمی و اسپیرال لگاریتمی با شکل واقعی خلیج ها برای  $\beta = 30^\circ$

نرم افزار MEPBAY، شکل خط ساحلی را برای خلیج های دارای دماغه در حالت تعادل استاتیکی بر مبنای مدل سهموی به دست می آورد. این نرم افزار نتایج را به صورت گرافیکی بر روی نقشه یا عکس هوایی نشان می دهد. با استفاده از این نرم افزار و با استفاده از عکس های هوایی جمع آوری شده از محدوده مورد مطالعه و با کمک اطلاعات به دست آمده می توان منحنی سهموی در حالت تعادل استاتیکی را برای خلیج مورد نظر به دست آورد. با مقایسه شکل واقعی خلیج و شکل به دست آمده به کمک این نرم افزار می توان به دینامیکی یا استاتیکی بودن خلیج پی برد.

همانطور که از روی شکل ۲ مشاهده می شود، منحنی سهموی با شکل خط ساحلی واقعی، به خصوص در نواحی پشت موج شکن فرعی، تطابق ندارد. این وضعیت نشان دهنده این موضوع است که بندر بريس از لحاظ رسوب گذاری به تعادل استاتیکی نرسیده است. دو فرضیه را می توان در این جا مطرح کرد:

- با توجه به قرارگیری بندر بريس در سمتی نزدیک به دریا نسبت به خط ساحلی متعادل سهموی شکل می توان به این نتیجه رسید که این بندر دارای تعادل دینامیکی است.
- بندر بريس هنوز به تعادل دینامیکی نرسیده است و خط ساحلی همچنان تغییر می کند.



شکل ۲- نمایی از بندر بريس و منحنی تعادل استاتیکی خلیج (قرار دادن نقطه کنترل بالادست در سر موج شکن)

وجود یک منبع رسوبی نیز می تواند تاثیر بسیار زیادی در ریخت شناسی یک بندر و وضعیت تعادلی آن داشته باشد. بندر بریس نیز از این قاعده مستثنی نمی باشد. با توجه به بررسی های انجام گرفته و مقایسه عکس های هوایی در سالهای مختلف پدیده کنار گذری<sup>۳</sup> رسوبات از نوک موج شکن اصلی عامل اصلی ورود رسوبات به محدوده مورد نظر است.

### مدل سازی موج

برای بررسی وضعیت نواحی ساحلی بایستی اطلاعات موج در ناحیه کم عمق به دست آید. تخمین امواج در نزدیکی ساحل و آب کم عمق برای بستر های با bathymetry نامنظم بسیار پیچیده بوده و معمولاً به کمک مدل سازی عددی انجام می پذیرد. شکل ۴ نمایی از bathymetry منطقه مورد بررسی را تا عمق ۲۰ متری در آب عمیق نشان می دهد. رابطه سهموی با استفاده از الگوی کرانک- نیکلسون تفاضلات محدود حل می شود.

مدول PMS نرم افزار MIKE21 یک مدل تفرق - پیچش خطی بر پایه تقریب سهموی رابطه Elliptic mild slop است. این مدل اثرات پیچش و ژرفاکاستگی را با تغییر در عمق، تفرق را در جهت عمود بر جهت موج غالب، ائتلاف انرژی به علت اصطکاک کف و شکست موج را در نظر می گیرد. این مدل همچنین اثرات فرکانسی و گسترش جهتی را با استفاده از جمع آثار خطی به دست می آورد. مدول های دیگر موجود در نرم افزار MIKE21 از جمله SW و NSW قادر به مطالعه تفرق موج و در نتیجه انتقال موج به محیط های ساحلی به همراه سازه نیستند.

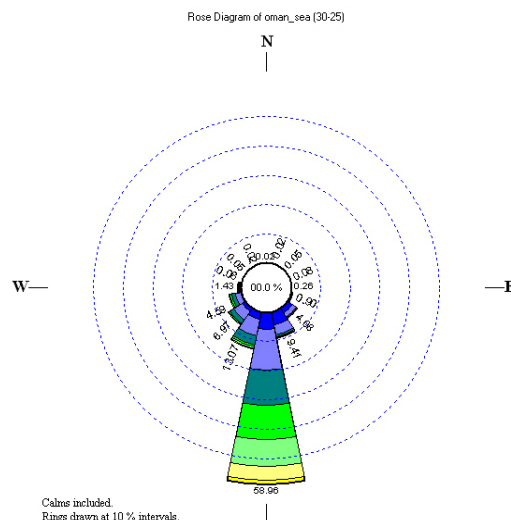
رابطه Elliptic mild slop اولین بار توسط Berkhoff (1972) مطرح شد که به صورت زیر می باشد:

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \phi) + (k^2 CC_g + i\omega W)\phi = 0 \quad (1)$$

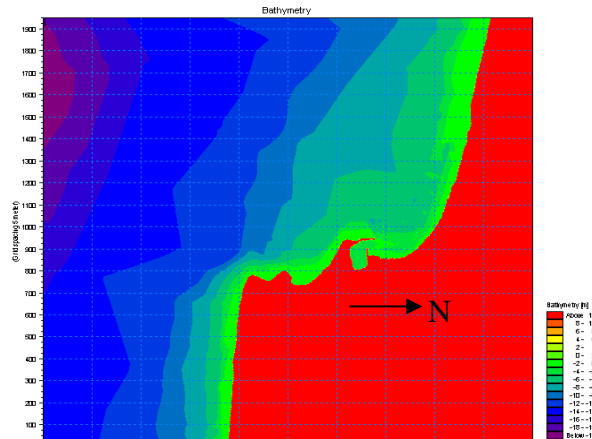
که در این رابطه،  $\nabla$  عملگر گرادبان دو بعدی،  $C(x, y)$  سرعت فازی،  $C_g(x, y)$  سرعت گروهی،  $\phi(x, y)$  پتانسیل سرعت میانگین سطح آزاد و  $\omega$  فرکانس زاویه ای است.

میزان تغییرات امواج در اثر انتقال از آب عمیق به آب کم عمق تا حد زیادی به پرپود و جهت موج بستگی دارد. علاوه بر این، اثر متقابل موج و کف بستر می تواند باعث میرایی و افت انرژی موج شود. لازم به ذکر است که مدل با در نظر گرفتن اصطکاک کف و شکست موج اجرا گردیده است. در این مدل سازی، برای ضریب اصطکاک کف،  $d_{50} = 0.2mm$  و پارامتر زبری Nikuradse، طبق رابطه Neilsen در نظر گرفته شده است. همچنین مرزهای کناری به صورت متقارن در مدل به کار گرفته شده است.

برای مطالعه موج در محدوده مورد نظر از اطلاعات مربوط به پروژه مدل سازی امواج ایران (ISWM) استفاده شده است. از محاسن این مدل سازی، تمرکز کافی روی سواحل ایرانی دریای عمان، اعمال تصحیحاتی بر روی میدان باد مورد استفاده (ECMWF) و نیز کالیبراسیون و صحت سنجی نتایج مدل با استفاده از داده های محدود موجود بوده است. دوره مدل سازی امواج ISWM، ۱۲ سال بوده و امواج هر ۶ ساعت ثبت گردیده اند. بر اساس نتایج حاصل از مدل سازی مذکور، گل موج ناحیه آب عمیق منطقه بریس بصورت شکل ۳ می باشد.



شکل ۳- گل موج آب عمیق بر اساس ISWM در محدوده مورد نظر



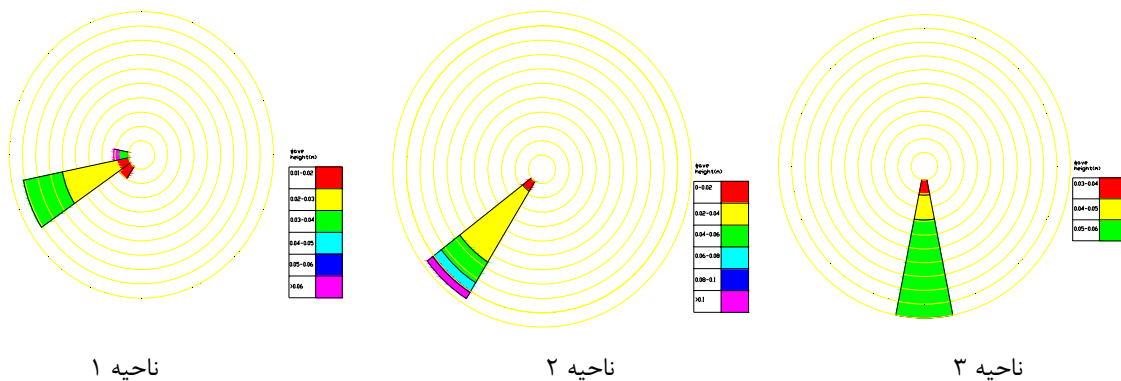
شکل ۴- نمایی از Bathymetry منطقه

### نتیجه گیری مدل سازی موج

جهت موج یکی از عوامل مشخص کننده جهت انتقال رسوب در محدوده های نزدیک ساحل می باشد. با به دست آوردن جهت موج در نزدیک ساحل به ازای هر زاویه موج که مدل با آن اجرا گردید، مشاهده شد که جهت موج عمود بر خط ساحلی نمی باشد و با خط ساحلی زاویه می سازد. همین موضوع می تواند دلیلی بر عدم تعادل استاتیکی بندر بریس باشد. برای درک بهتر موضوع، با استفاده از خروجی های به دست آمده از مدل، گل موج در چند نقطه از نقاط ناحیه نزدیک ساحل رسم گردیده است. اشکال ۵ و ۶ به ترتیب نواحی مورد بررسی و خروجی های مدل را به صورت گل موج در آن نواحی نشان می دهند.



شکل ۵ - نواحی مورد بررسی برای خروجی مدل



شکل ۶- گل موج های بدست آمده از مدل سازی موج در چند ناحیه نزدیک ساحل

## نرخ انتقال رسوب سالانه

با توجه به عدم تطابق شکل بندر با حالت تعادل استاتیکی و نتیجه ایکه از مدل سازی موج به دست آمد، بندر بریس دارای تعادل استاتیکی نیست. بنابراین برای انجام هر نوع مطالعه در مورد تغییر شکل خط ساحلی و به دست آوردن شکل خط ساحلی در حالت تعادل دینامیکی بایستی نرخ انتقال رسوب سالانه بندر به دست آید. تغییر در شکل پلان یک ساحل به انتقال رسوبات در طول یک ساحل بستگی دارد. زمانی که نرخ حجمی رسوب در طول یک ساحل تغییر می کند، انباشت یا فرسایش رخ داده و شکل پلان ساحل تغییر می کند. تخمین نرخ سالانه انتقال رسوب به موازات ساحل کار پیچیده ای می باشد، چرا که نرخ انتقال رسوب از یک سال تا سال دیگر متفاوت است. همانطور که از مقایسه هیدروگرافی ها در سالهای مختلف به دست می آید، می توان نرخ انتقال رسوب سالانه را به طور تقریبی با تقسیم کردن حجم تغییر کرده بر تعداد سالها تخمین زد. بدین ترتیب نرخ انتقال رسوب سالانه تخمین زده شده حدود ۱۲۰۰۰۰ متر مکعب بدست می آید. شکل ۷ هیدروگرافی های انجام شده در سالهای ۱۳۶۸ و ۱۳۸۰ را نشان می دهد. میزان پیشروی خط ساحلی در بین این سالها به وضوح مشخص است.



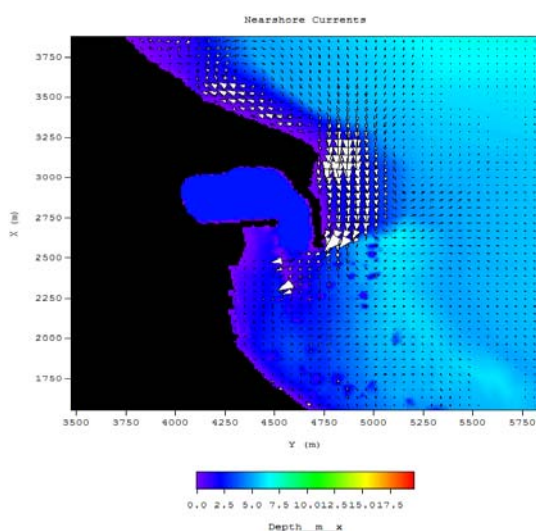
شکل ۷- خط ساحل در ناحیه پشت بازوی فرعی بندر راست: سال ۱۳۶۸ چپ: ۱۳۸۰  
(شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری)

## مدل انتقال رسوب

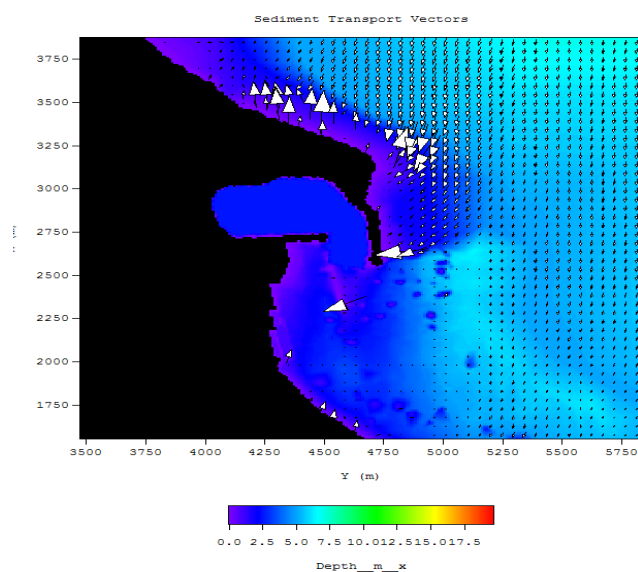
### توضیحاتی در مورد مدل سازی عددی به کمک نرم افزار HYDROSED

آنالیز انتقال رسوب و مدل سازی دو بعدی هیدرودینامیکی بر پایه محاسبات موج و جریان انجام می شود. نیروهای وارده برای جابجایی رسوبات غیر خطی و به صورت حرکت گردشی القایی موج بوده و سیستم جریان در نزدیک ساحل شامل جریان به موازات ساحل و گردشی می باشند. لازم به ذکر است که اکثر مدل های دو بعدی تجاری اثرات امواج غیر خطی را در نظر نمی گیرند. بدین منظور یک مدل هیدرودینامیکی و انتقال رسوب به صورت 2DH به نام HYDROSED برای آنالیز امواج، جریانهای نزدیک ساحل و انتقال رسوب در محدوده مورد نظر در این پایان نامه به کار گرفته شده است. مدل سازی عددی به کمک مدل HYDROSED برای محاسبه انتقال امواج و جریان های نزدیک ساحل حاصل در منطقه بندر بریس صورت گرفته است. مدل HYDROSED یک مدل 2DH پیشرفته هیدرودینامیکی و انتقال رسوب برای مناطق ساحلی است. این مدل از یک مدل طیفی انتقال موج، یک مدل هیدرودینامیکی برای توصیف جریانهای تولید شده در نزدیک ساحل و چرخه آنها (که توسط تنشهای تشعشعی تخمین زده شده با مدل انتقالی طیف موج حاصل شده است) و یک مدل انتقال رسوب تشکیل یافته است. در این نرم افزار انتقال موج طیفی به صورت رابطه بقای انرژی طیفی (Karlsson-1969)، پارامتر اتلاف انرژی موج در اثر شکست موج (Isob-1987)، مدل هیدرودینامیکی (Nishimura-1988) برای توصیف سطح میانگین آب و جریانها و حرکت های گردشی نزدیک ساحل که به وسیله تنش های شعاعی ایجاد می گردد و مدل انتقال رسوب (Dibajnia-2001) استفاده گردیده

است. مدل انتقال رسوب اثرات غیر خطی سرعت های چرخشی را در نظر گرفته و بر پایه فرمول انتقال جریان لایه ای Dibajnia و Watanable (1992) می باشد. این فرمول توسط Dibajnia (1995) برای بررسی انتقال بار بستر و بار معلق توسعه داده شد. همچنین تست حساسیت برای مدل توسط Dibajnia (2001) مذکور انجام شد و نتایج رضایت بخش بود. همچنین صحت و سقم مدل با استفاده از نتایج آزمایشگاهی و اندازه گیری های میدانی مورد ارزیابی قرار گرفته و برای چندین پروژه مورد استفاده قرار گرفته است. برای شرایط موج داده شده، این مدل قادر به توصیف کامل مکانی از جریانهای نزدیک ساحل و انتقال رسوب اطراف یک بندر یا هر سازه دیگر می باشد برای شروع مدل سازی، در ابتدا یک Bathymetry به صورت مش  $920 \times 950$  (۹,۲ کیلومتر در جهت عمود بر ساحل و ۹,۵ کیلومتر در جهت موازات ساحل) با اندازه شبکه ۱۰ متر تشکیل گردید. عمق مرز در ناحیه فرا ساحلی حدود ۲۰ متر تقریب زده شده است. مدل برای امواج با زوایای ۱۸۰، ۱۵۷،۵، ۲۰۲،۵، ۲۲۵، ۱۳۵، ۱۱۲،۵ درجه و با پریود ۱۰ ثانیه و ارتفاع موج ۲ متر اجرا گردید. میانگین اندازه ذرات ۰,۲ میلیمتر فرض شده است. موج ورودی به خلیج تحت شرایط تفرق و پیچش قابل ملاحظه ای قرار می گیرد. برای محاسبه نرخ انتقال رسوب به کمک HYDROSED برش هایی عمود بر خط ساحلی زده می شود. لازم به ذکر است که محدوده وجود ماسه از خط ساحلی و تا عمق ۵ متری برای محاسبات نرخ انتقال رسوب در نظر گرفته شده است. اشکال ۸ و ۹ به ترتیب نتایج مدل سازی جریان و انتقال رسوب را نشان می دهد.



شکل ۸- جزئیات الگوی جریان در نزدیک موج شکن اصلی بندر بربیس



شکل ۹- جزئیات انتقال رسوب در نزدیکی موج شکن اصلی

## شکل ساحل در حالت تعادل دینامیکی

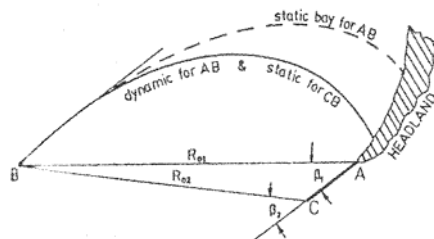
بدین منظور با به کار گیری نرم افزار GENESIS تغییر شکل خط ساحلی تا زمان رسیدن به تعادل دینامیکی به دست آمده است. هیدروگرافی سال ۱۳۸۰ به عنوان هیدروگرافی اولیه داده شد و در نهایت نتایج با استفاده از هیدروگرافی سال ۱۳۸۴ کالیبره گردید. لازم به ذکر است نرخ انتقال رسوب بدست آمده توسط این مدل تطابق بسیار خوبی با مقدار واقعی نرخ انتقال رسوب بدست آمده از مقایسه هیدروگرافی ها دارد که این امر تقریب مناسبی را در به دست آوردن شکل واقعی خلیج در دراز مدت نتیجه می دهد. شکل ۶ خط ساحلی در حالت تعادل دینامیکی را نشان می دهد.



شکل ۱۰- نمایش تغییر شکل خط ساحلی در دراز مدت و حالت تعادل دینامیکی (خط آبی رنگ خط ساحلی را در حالت تعادل دینامیکی نشان می دهد)

## راه حل های ممکن برای حل مشکلات بندر بریس

ساخت موج شکن ها و تغییر نقطه تفرق می تواند در مقاوم سازی ساحلی موثر واقع شود. اغلب بنادر در سواحل ماسه ای احداث می شوند که هیچ پناهگاه طبیعی در آنجا وجود ندارد. این سازه ها اغلب چندین کیلومتر توسعه داده می شوند تا حفاظت بیشتری به عمل آورند. آنها اغلب می تواند انتقال رسوبات به موازات ساحل را به طور کامل متوقف کند و بنابراین در جهت حل مشکل انباشت رسوب به کار می روند. اگر یک بندر در یک خلیج با ابعاد کوچک ساخته شود، ممکن است فقط قسمتی از انتقال رسوبات به موازات ساحل متوقف شود. در این موارد، خلیج یا ساحل پایین دست بندر در شرایط دینامیکی قرار دارد. چرا که شکل استاتیکی پیش بینی شده برای خلیج (خط چین در شکل ۱۱) در قسمت خشکی خلیج قرار می گیرد. از آنجا که انتقال رسوبات به موازات ساحل از بالادست بعد از ساخت موج شکن کاهش می یابد، ساحل پایین دست فرسایش می یابد. راه حل های گوناگونی از جمله ساخت دیوار های دریایی، گروین ها، موج شکن های جدای دور از ساحل برای جلوگیری از این امر وجود دارد. یکی از این گزینه ها برگرداندن خط ساحلی به حالت تعادل استاتیکی است. این امر به وسیله قرار گیری یک موج شکن در خلیج در حال تعادل دینامیکی همان طور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، انجام می شود. در این مورد، خط مماس بر ساحل پایین دست تغییر نکرده و جهت موج غالب بر مرز خط ساحلی پایین دست نیز در همان جهت قبلی قرار می گیرد. وقتی که حد پایین دست در نقطه B قرار می گیرد، خط کنترل AB برای خلیج اولیه دارای زاویه ای برابر  $\beta_1$  با مماس بر پایین دست می شود. زمانی که موج شکن AC ساخته می شود، نقطه تفرق جدید C، خط کنترل جدید CB و یک زاویه جدید  $\beta_2$  تعریف می شود. در این حالت یک شکل تعادل استاتیکی ایجاد می شود. خلیج در این حالت تا زمانی که از بالادست رسوبی وارد نشود، به حالت تعادل باقی خواهد ماند.



شکل ۱۱- اثرات قرارگیری موج شکن در خلیجی با تعادل دینامیکی - Hsu و Silvester (۱۹۹۳-۱۹۹۷)

با استفاده از مواردی که در بالا ذکر شد روشهایی برای بهبود وضعیت رسوبی خلیج بریس به صورت زیر ارائه می شود:

- جلوگیری از عبور رسوبات بدون تغییر در مکان نقطه تفرق

در این روش بدون اینکه نقطه تفرق تغییر کند ( بدون تغییر در طول موج شکن اصلی) می توان از عبور رسوبات به داخل محدوده مورد نظر جلوگیری به عمل آورد. بدین منظور با به کار گیری رانه گیر یا رانه گیرهایی در پشت موج شکن اصلی می توان از عبور رسوبات و پدیده

کنارگذری جلوگیری به عمل آورد. در این روش با توجه به قطع شدن منبع رسوبی می توان فرضیه رسیدن به شکل تعادل استاتیکی برای ساحل را مطرح کرد. با توجه به اینکه خط متعادل استاتیکی در خشکی قرار دارد، عقب نشینی خط ساحلی تا رسیدن به خط متعادل پیش بینی می شود.

- جلوگیری از عبور رسوبات با تغییر مکان نقطه تفرق

در این روش با انتخاب یک نقطه تفرق جدید می توان خط ساحل کنونی موجود را با حالت تعادل استاتیکی منطبق کرد یا اینکه خط ساحل متعادل جدیدی را تخمین زد. (شکل ۱۱)

- بدون هیچ گونه تغییر در وضعیت کنونی بندر و تخمین شکل تعادل دینامیکی

با کمک نرم افزار GENESIS شکل تخمینی خط ساحلی در حالت تعادل دینامیکی به دست می آید و خط ساحل نهایی که دیگر دستخوش تغییرات نمی شود، مشخص می گردد. همان طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، رسوبات دهانه ورودی به بندر را تحت تاثیر قرار نمی دهند و مشکلی از این جهت مشاهده نمی شود. تجربه های گذشته نشان می دهند که لایروبی با دوره ۱۵ سال برای تامین عملکرد بندر کافی می باشد.

### نتیجه گیری

- با توجه به بررسی هایی که بر روی مدل عددی انجام شده با نرم افزار MIKE21 مدول PMS صورت گرفت و با توجه به ورود رسوب به خلیج، بندر صیادی بریس دارای تعادل استاتیکی نمی باشد.
- با توجه به مقایسه عکس های هوایی به دست آمده از سالهای مختلف و نتایج بدست آمده از مدل انتقال رسوب HYDROSED، رودخانه فصلی قرار گرفته در پایین دست بندر تاثیری در تولید رسوب برای پشت موج شکن فرعی در منطقه مورد نظر ندارد و کنارگذری رسوبات از نوک موج شکن اصلی تنها عامل ورود رسوبات به محدوده مورد نظر می باشد.
- نرخ انتقال رسوبات سالانه حدود ۱۲۰۰۰۰ متر مکعب به دست آمد. این عدد با نتایج به دست آمده از نرم افزار GENESIS منطبق می باشد.

### قدردانی

با تشکر از زحمات دکتر محسن سلطانیپور و دکتر محمد دبباج نیا

### مراجع

1. Hsu, J. R.C., Silvester. R. (1997) *Coastal Stabilization*, World Scientific, 1997
2. Hsu. J. R. C., Evans. C. (1989) Parabolic Bay Shapes and Applications, *Proc. Instn. Civil engrs.*, Vol. 87, P.P.557-570.
3. Gonzalez. E. M., Medina. R., On the Application of Static Equilibrium Bay Formation to Natural and Man-Made Beaches, *Costal engineering (submitted)*, 2000
4. Tan. S. K., Chew. Y. M., Analysis of Bayed Beaches in Static Equilibrium *J. Waterway and harbor division*, 120(2), P.P.145-153, 1994
5. Moreno. L. J., Kraus. N.C., Equilibrium Shape of Headland-Bay Beaches for Engineering Design, *Proceeding coastal sediments*, 99, ASCE, P.P.860-875, 1999
6. Nielsen, P. (1979) *Some Basic Concept of Wave Sediment Transport*, institute of hydrodynamics and hydraulic engineering, Technical university of Denmark, paper No. 20.
7. Berkhoff, J.C. W., Computation of Combined Refraction- Diffraction, *Proc. 13th coastal engineering conference, Vancouver*, PP.471-490, 1972
8. Karlsson, T., 1969. Refraction of Continuous Ocean Wave Spectra, *Journal of Waterways and Harbors Division*. Proceedings of ASCE, Vol. 95, No. WW4, pp. 437-448.
9. Isobe, M., 1987. A Parabolic Equation Model for Transformation of Irregular Waves Due to Refraction, Diffraction and Breaking, *Coastal Engineering in Japan*, Vol. 30, No.1, pp. 33-47.
10. Nishimura, H., 1988. Computation of Nearshore Current , In: Horikawa, K. (Editor), *Nearshore Dynamics and Coastal Processes*, University of Tokyo Press, Tokyo, pp. 271-291
11. Dibajnia, M., 1995. Sheet Flow Transport Formula Extended and Applied to Horizontal Plane Problems, *Coastal Engineering in Japan*, Vol. 38, No. 2, pp. 179-194.
12. Dibajnia, M. and Watanabe, A., 1992. Sheet Flow Under Nonlinear Waves and Currents, *Proceedings of 23rd International Conference on Coastal Engineering*, Venice, ASCE, pp. 2015-2028.
13. Dibajnia, M., Moriya, T. and Watanabe, A., 2001. A Representative Wave Model for Estimation of Nearshore Local Transport Rate *Coastal Engineering Journal*, Vol. 43, No.1, pp. 1-38.