

## بررسی میزان مخاطره چاک جریان در قاعده دلتای سفیدرود

قاسم لرستانی<sup>۱\*</sup>، رضا اسماعیلی<sup>۲</sup>

استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران  
دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۲

### چکیده

چاک جریان، جریانی قوی و باریک است که در منطقه خیزاب و در جهت تقریباً عمود بر ساحل شکل می‌گیرد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، خطوط ساحلی بخش جنوب غربی دریای خزر در قاعده دلتای رودخانه‌ای سفیدرود است. آمار بالای غرق شدگان دریای خزر صرف نظر از عدم آشنایی با فن شنا ناشی از ناآگاهی شناگران با ژئومورفولوژی سواحل، رژیم امواج، چاه‌های مکند و چاک جریان است که شنای مطمئن و ایمن در دریا را با شنا در آب‌های آرام استخرها و رودخانه‌ها و دریاچه‌های پشت سد کاملاً متمایز می‌کند. هدف از این پژوهش شناسایی چاک جریان و بررسی علل رخداد این پدیده است. ابزار و داده‌های اصلی این پژوهش از نقشه هیدروگرافی چارت دریایی کیشهر به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و دستگاه GPS به همراه نرم‌افزار ArcGIS تشکیل شده است. روش کار مبتنی بر شناسایی چاک جریان در بازدهی‌های میدانی و در مرحله بعد انتقال نقاط به محیط نرم‌افزاری و اضافه نمودن آن به پارامترهای ژئومورفیک (توپوگرافی بستر دریا، شیب، هندسه خط ساحلی، قطر ذرات و راستای امواج) به همراه تخمین میزان مخاطره چاک جریان با استفاده از مدل مورفودینامیک ساحل ارائه شده توسط رایت و شورت، جهت بررسی و تجزیه و تحلیل میزان مخاطره و دلایل وقوع چاک جریان در قاعده دلتای سفیدرود است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد قطر ذرات ماسه در مناطق وقوع چاک جریان کوچک تر و شیب این مناطق نیز کمتر از مناطق مجاور می‌باشد. بررسی پارامتر امگا در مدل مورفودینامیک ساحلی، محدوده مورد بررسی را با امگای بین ۰/۹۷ تا ۲/۸۵، در رده سواحل با خطر کم تا متوسط از لحاظ میزان مخاطره چاک جریان قرار می‌دهد. هندسه خط ساحلی نیز در محل وقوع جریان‌های شکافنده، انحنا و تورفتگی زیادی را به سمت خشکی نشان می‌دهد که می‌تواند در شناسایی این خطر کمک‌کننده باشد. در مناطقی که بین پشته‌های دریایی، گودی‌های هرچند کوچک ایجاد شده باشد شرایط برای ایجاد و تقویت این جریان‌ها فراهم می‌شود؛ لذا می‌توان نتیجه‌گیری نمود که به دلیل ارتباط تنگاتنگ نقاط وقوع این پدیده و وجود پشته‌ها و ناهای در منطقه شکست، می‌توان محل وقوع جریان‌ها را شناسایی نموده و حتی صحت نقشه‌های عمق‌سنجی را ارزیابی کرد. پیشنهاد می‌شود با توجه به شناسایی چاک جریان، علائم هشداردهنده در سواحل مورد مطالعه نصب شود تا از بروز حوادث احتمالی جلوگیری گردد.

**واژه‌های کلیدی:** دریای خزر، چاک جریان، چارت دریایی، دلتای سفید رود.

### مقدمه و بیان مساله

چاک جریان<sup>۱</sup>، جریان‌های باریک مستقیمی هستند که از نزدیکی خط ساحلی به سمت دریا امتداد می‌یابند (بوون<sup>۲</sup>، ۱۹۶۹: ۵۴۶۸). حرکت این جریان از

داخل منطقه خیزاب ساحلی شروع و تا خارج از خط شکست امواج ادامه می‌یابد و تهدیدی جدی برای مناطق ساحلی در سراسر دنیا محسوب می‌شوند. این جریان، شناگران را وادار به حرکت به سمت داخل دریا در یک مسیر مستقیم نموده و پس از مدتی با خسته‌شدن شناگر، نیاز به کمک از طرف افراد

\*نویسنده مسئول:

1. Rip Currents  
2. Bowen

جریان موازی ساحل می‌شود که به واسطه وجود یک ناوه در مابین دو پشته مجاور، شاهد همگرایی جریان به داخل کانال شده و چاک جریان شکل می‌گیرند. موفولوژی خط ساحلی نیز عاملی تعیین‌کننده در موقعیت مکانی چاک جریان است، به عبارتی خطوط ساحلی مستقیم بر عدم وجود شرایط وقوع چاک جریان دلالت دارد. در کنار آن از نقش شیب و قطر ذرات تشکیل‌دهنده سواحل در افزایش یا کاهش پهنای خیزاب و در پی آن تشدید یا تضعیف چاک جریان نمی‌توان به سادگی گذشت. شیب‌های کم منطقه ساحلی و ذرات ریزدانه سبب افزایش پهنای منطقه خیزاب (ناحیه‌ای مابین منطقه شکست موج و کفموج که در آن امواج شکسته و به سوی ساحل حرکت می‌کنند) و تشدید چاک جریان می‌شوند.

پژوهش‌های بسیار زیادی طی سده اخیر در مورد چاک جریان صورت گرفته است. در پژوهشی مروری، مک مهن و همکاران (۲۰۰۶) به مرور تحقیقات انجام‌شده از دهه ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۰۶ پرداختند. در این پژوهش اندازه، شدت و خصوصیات فیزیکی چاک جریان، به دلیل شرایط متفاوت آب و هوایی و تأثیر امواج و جزر و مد از مکانی به مکانی دیگر بسیار متنوع ارزیابی شده است. قربانی و رسولی جمنانی در سال ۲۰۱۲ طی پژوهشی به شبیه‌سازی کانال‌های بازگشتی با استفاده از مایک ۲۱ نمودند و به این نتیجه رسیدند که کانال‌های بازگشتی سهم بسزایی در خلق چاک جریان ایفا می‌نمایند. برزگر (۲۰۱۲) جهت مدلسازی چاک جریان از مدل BW در بسته نرم‌افزاری مایک ۲۱ استفاده نمود. این پژوهش به تبیین و تشریح چاک جریان با تأکید بر تغییرات عمق دریا و تأثیر آن بر جریان مذکور صورت پذیرفته است. وینتر<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی چاک جریان با استفاده از مدل‌های عددی و برداشت‌های میدانی در مناطق تحت تسلط امواج حاصل از باد در منطقه ساحلی داچ کشور هلند پرداختند. نتایج این تحقیق تغییرات زیادی در عمق، سرعت و جهت چاک جریان را نشان می‌دهد. لی در سال ۲۰۱۶ به بررسی وقوع

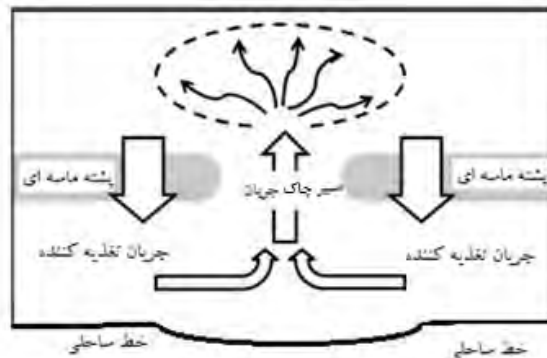
غریق‌نجات دارد. برندر و مک مهن<sup>۱</sup> در سال ۲۰۱۱ میزان کشته شدگان از جانب چاک جریان را به طور میانگین سالانه ۵۰۰ نفر در سراسر جهان تخمین زده‌اند. با پژوهش‌های متعدد به عمل آمده، این مشکل در سواحل تحت تأثیر امواج دوراً<sup>۲</sup> بیشتر مطالعه شده است (آستین<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۴، برونو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۶۵۰ و مک مهن و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۱۳). حداقل سرعت چاک جریان به ۰٫۱ متر بر ثانیه و حداکثر سرعت آن به ۲ متر بر ثانیه در پالم پیچ استرالیا می‌رسد. هرچه فاصله بین چاک جریان در یک منطقه ساحلی بیشتر باشد پتانسیل سرعت این جریان‌ها بیشتر می‌شود (غلامی و چگینی، ۱۳۸۹: ۱۱ و ۱۲). نتایج پژوهش‌های آزمایشگاهی و برداشت‌های میدانی نشان می‌دهد که افزایش شدت چاک جریان رابطه مستقیمی با افزایش انرژی امواج و کاهش عمق آب دارد (برزگر، ۲۰۱۱: ۸۴۹). جهت قرارگیری ساحل و زاویه برخورد امواج با خط ساحلی کلید اصلی در درک پتانسیل جریان‌های شکافنده در سواحل است (درون<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۲۳).

با حرکت امواج ناشی از باد حجم زیادی از آب به سمت خشکی منتقل می‌شود که تحت تأثیر نیروی جاذبه بایستی دوباره به سمت دریا برگردد. وقوع این پدیده با وجود یا عدم وجود برخی از پارامترها دچار شدت و ضعف است. به نحوی که در صورت عمود یا نسبتاً عمود بودن امتداد امواج بر ساحل، وقوع چاک جریان محتمل‌تر خواهد بود (شکل ۱). شکل توپوگرافی بستر دریا نیز در میزان سرعت و قدرت چاک جریان بسیار تأثیرگذار است. در صورت وجود پشته‌ها و ناوه‌های متوالی داخل دریا به موازات خط ساحلی، امواج بر روی پشته‌های نزدیک ساحل (به واسطه کم‌شدن نسبت ارتفاع آب به عمق بستر) نسبت به کانال‌های مابین آنها زودتر می‌شکنند لذا سطح آب بر روی پشته‌ها بالا می‌آید. اختلاف فشار بین سطح آب بر روی پشته‌ها نسبت به ناوه‌ها موجب ایجاد

1. Brander & MacMahan
2. Swell Waves
3. Austin
4. Bruneau
5. Dronen

6. Winter

مخاطره چاک جریان در سواحل مضرس و دندانه‌دار جنوب چین پرداخت.



شکل ۱: طرح چاک جریان و تأثیرگذاری آن بر خط ساحلی (منبع: وینتر و همکاران، ۲۰۱۲: ۱ با اندکی تغییر)

فرایندهای هیدرومورفودینامیک دریا و خشکی بوده و به توپوگرافی بستر، جریان های دریایی و چاک جریان کمتر توجه شده است (حاجی کریمی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۴۹، لرستانی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۲۳؛ یمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۲).

دلیل پژوهش حاضر در ارتباط با چاک جریان به دلیل اهمیت موضوع در انتقال رسوب، فرسایش و تغییر در موقعیت خط ساحلی به همراه امنیت شنا در سواحل است. در سواحل جنوبی ایران با توجه به ورود امواج دوراً در مقیاس اقیانوسی به سمت دریای عمان و به دلیل هندسه و انحنای زیاد خط ساحلی در مناطق ساحلی دریای عمان، چاک جریان به خوبی قابل مشاهده است که به دلیل تمایل کمتر گردشگران برای انتخاب این سواحل نسبت به سواحل شمالی ایران جهت شنا، شاهد تلفات انسانی زیادی در این سواحل نیستیم. بر اساس آمار اداره کل پزشکی قانونی استان گیلان طی سال های ۱۳۸۸-۱۳۸۰ تعداد غرق شدگان در سواحل استان گیلان بالغ بر ۵۲۹ نفر بوده است. بنا بر اهمیت موضوع، هدف از این پژوهش شناسایی نقاط مخاطره آمیز، تخمین میزان مخاطره چاک جریان و بررسی دلایل وقوع چاک جریان در قاعده دلتای سفیدرود است.

در این پژوهش با اندازه گیری پارامترهای مورفودینامیک (ارتفاع امواج، دامنه جزر و مد و اندازه ذرات رسوب) در ۵۱ بازه ساحلی، میزان پتانسیل خطرپذیری سواحل مورد مطالعه از لحاظ وقوع چاک جریان تجزیه و تحلیل شد. چاک جریان عمدتاً به دلیل وجود شکاف در پشته‌های دریایی نزدیک مناطق ساحلی اتفاق می‌افتند. این جریان‌ها همچنین می‌توانند در مناطقی که انرژی برگشتی از امواج به سمت دریا (جریان حاصل از اسواش و بک اسواش) در یک جهت خاص هم‌راستا می‌شوند رخ دهند. به استثنای سواحل صخره‌ای و سازه‌های انسان‌ساخت، چاک جریان رابطه بسیار تنگاتنگی با مورفولوژی خط ساحلی دارد. محققان بسیاری نظیر بندت<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، لین<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، اسکات<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۱) و آروزارنا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل شرایط مورفودینامیک ساحل که توسط رایت و شورت<sup>۵</sup> (۱۹۸۴ و ۱۹۸۵) پیشنهاد شده بود به تخمین میزان مخاطره چاک جریان پرداختند. شایان ذکر است که پژوهشهای ژئومورفولوژیکی صورت گرفته در سواحل دریای خزر، عمدتاً مبتنی بر بررسی تغییرات خطوط ساحلی در ارتباط با

1. Benedet
2. Lin
3. Scott
4. Arozarena
5. Wright & Short

### روش پژوهش

اساس این پژوهش بر روش تحلیلی و مشاهده میدانی چاک جریان استوار است. نقشه هیدروگرافی چارت دریایی کیشهر به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و دستگاه GPS به همراه نرم‌افزار ArcGIS ابزارهای اصلی پژوهش را تشکیل داده‌اند. برای انجام این پژوهش ابتدا نقشه هیدروگرافی (چارت دریایی) بندر کیشهر به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد. با زمین مرجع نمودن نقشه مذکور در محیط ArcGIS، منحنی‌های عمق‌سنجی و نقاط ارتفاعی مابین خطوط هم‌ارتفاع استخراج شدند تا در ادامه نقشه عمق‌سنجی<sup>۱</sup> منطقه تهیه شود. در برداشت میدانی از قاعده دلتای سفیدرود ثبت نقاط دارای چاک جریان با دستگاه GPS انجام پذیرفت و لایه نقاط مذکور به نقشه عمق‌سنجی محدوده مورد مطالعه اضافه گردید. هندسه خط ساحلی با استفاده از نرم‌افزار گوگل‌ارث و برداشت میدانی استخراج گردید. در بازدید میدانی، شیب منطقه ساحلی به دست آمد و شیب داخل دریا با استفاده از داده‌های رقومی شده نقشه چارت دریایی مشخص شد. اندازه‌گیری قطر ذرات ماسه در محدوده خط ساحلی با دستگاه شیکر اندازه‌گیری گردید؛ در ادامه برای تجزیه و تحلیل قطر ذرات ماسه از نرم‌افزار Gradistat 4.0 بهره گرفته شده است. این نرم‌افزار توسط سیمون بلات<sup>۲</sup>، ارتقاء یافته است که در آن به آنالیز اندازه ذرات با محاسبه شاخص‌های آماری مد، مدیان، قطر ذرات و توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش‌های ریاضی، هندسی، لگاریتمی و روش فولک<sup>۳</sup> و وارد<sup>۴</sup> جهت محاسبه میانگین، میزان جورشدگی، چولگی و کشیدگی ذرات برحسب میکرون و فی می پردازد و از روش ادن (۱۹۱۴)<sup>۵</sup> و ونت ورث (۱۹۲۲)<sup>۶</sup>. برای طبقه‌بندی

اندازه ذرات استفاده می‌کند تا جایگاه نمونه‌های منتخب در طبقه‌بندی اندازه ذرات معین شود. جهت بررسی ویژگی‌های باد منطقه مورد مطالعه از داده‌های ایستگاه سینوپتیک بندر انزلی، به دلیل قرارگیری در فاصله ۴۰ کیلومتری از بندر کیشهر و شباهت ویژگی‌های هیدرودینامیک دریا در دو منطقه، طی سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۵۱ بهره گرفته شده است. داده‌های در دسترس جهت بررسی امواج و فراوانی آن در محدوده بندر کیشهر، داده‌های ایستگاه هواشناسی ساحلی بندر انزلی به فاصله ۴۰ کیلومتری غرب بندر کیشهر با ویژگی‌های هیدرودینامیکی شبیه به محدوده مورد مطالعه است که مشخصه‌های باد و امواج دریایی را از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۱ ثبت نموده است. آمار روزانه ایستگاه ساحلی انزلی در ساعت‌های ۰۶ و ۱۲ به وقت محلی هر روزه برداشت و در تارنمای سازمان هواشناسی ذخیره شده است که برای فهم و درک ویژگی‌های امواج در خط ساحلی داده‌های باارزشی محسوب می‌شود؛ همچنین برای ترسیم گل‌موج‌های منطقه از داده‌های ویژگی‌های امواج سازمان بنادر و دریانوردی استفاده شد؛ همچنین با رهاسازی توپک‌ها در مناطق دارای چاک جریان، سرعت این جریان‌ها محاسبه شدند. در نهایت با استفاده از داده‌های به دست آمده مکانیسم تشکیل و دلایل وقوع چاک جریان در قاعده دلتای سفیدرود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت؛ همچنین جهت برآورد و تخمین میزان مخاطره چاک جریان از مدل مورفودینامیک ساحلی پیشنهاد شده توسط راییت و شورت طی سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵ استفاده شده است. در این مدل، پارامتر سرعت حرکت بدون بعد در چاک جریان به عنوان پارامتر امگا ( $\Omega$ ) بیان می‌شود. هرچه میزان امگا در چاک جریان به سمت اعداد بالاتر میل نماید دلالت بر مخاطره بیشتر چاک جریان دارد.

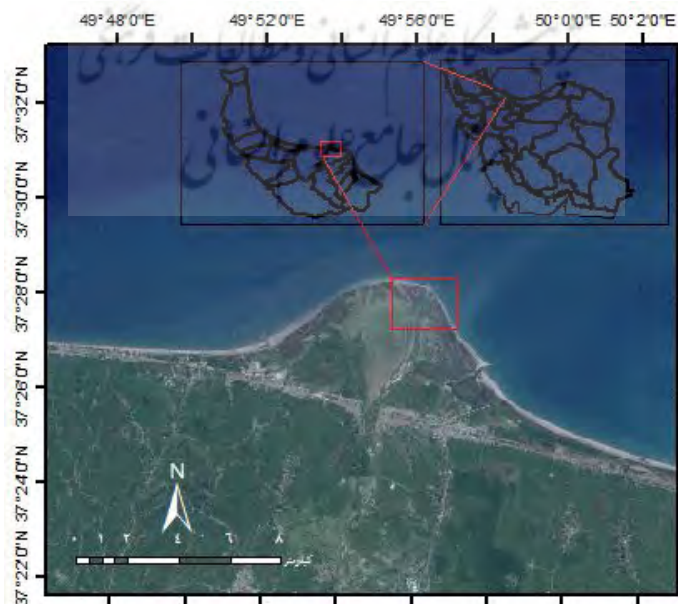
1. Bathymetry
2. Simon Blot
3. Folk
4. Ward
5. Udden
6. Wentworth

تغییر و تحول چشمگیری بر دلتای جدید حادث شده است. بعد از تثبیت خط ساحلی کنونی دلتای جدید سفیدرود و احداث خیابان اصلی شهر کیشهر، بر روی این پهنه ماسه‌ای به تدریج و با گذشت زمان بر اثر فعالیت هیدرودینامیک دریا، آفت و خیز نوسانی آب دریا و آورد رسوب از رودخانه سفیدرود، باندهای ماسه‌ای متعددی را ایجاد نموده است (جداری عیوضی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۱۳). محدوده مورد مطالعه در مختصات طول جغرافیایی  $49^{\circ}50'$  تا  $50^{\circ}$  شرقی و عرض  $37^{\circ}26'$  تا  $37^{\circ}28'$  شمالی در قاعده دلتای جدید سفیدرود قرار دارد. این منطقه از دلتای سفیدرود به شکل دماغه‌ای با تحدب به سمت دریا، شمال بندر کیشهر را به طول ۱۵ کیلومتر در بر می‌گیرد (شکل ۲). حداکثر سرعت بادهای غالب ماهیانه ایستگاه سینوپتیک بندر انزلی بر اساس داده‌های باد بین سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۵۱ در آبان ماه با  $4/7$  متر بر ثانیه و حداقل آن در آذرماه ۲ متر بر ثانیه با میانگین سالیانه  $3/2$  متر بر ثانیه ثبت شده است. میانگین سالیانه جهت باد غالب در خط ساحلی منطقه مورد مطالعه شمالی است. جهت غالب امواج از راستای شمال غرب و شمال به سمت منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

رابطه ۱:  $\Omega = Hb/TWs$   
 در این رابطه  $\Omega$  = سرعت حرکت بدون بُعد در چاک جریان  
 $Hb$  = ارتفاع امواج در منطقه شکست بر حسب متر  
 $Ws$  = سرعت سقوط ذرات بر حسب متر بر ثانیه  
 $T$  = پریود امواج بر حسب ثانیه  
 بر اساس رابطه ۱، سواحل از لحاظ میزان مخاطره وقوع چاک جریان در سه طبقه قرار می‌گیرند. سواحل کم‌خطر با امگای کوچک تر از ۲، سواحل با خطر متوسط با امگای مابین ۲ تا ۵ و سواحل پرخطر با امگای بالاتر از ۵ که بر اساس رابطه ۱ به‌دست خواهد آمد.

### محدوده و قلمرو پژوهش

دلتای رودخانه‌ای سفیدرود، بزرگ‌ترین دلتای رودخانه‌ای در کرانه جنوبی دریای خزر، از دو دلتای قدیم و جدید تشکیل شده است. با تغییر مسیر رودخانه سفیدرود از دستک به بندر کیشهر، به تدریج دلتای قدیم در اثر عدم آورد رسوب رودخانه‌ای، دستخوش تغییرات زیادی تحت تأثیر دینامیک امواج و نوسانات آب دریا شده است و قسمت‌هایی از خط ساحلی دلتای قدیم بر اثر فرسایش امواج در ناحیه مذکور تخریب شده و از مساحت دلتا کاسته است. به واسطه جاری شدن رودخانه سفید رود در مسیر فعلی،

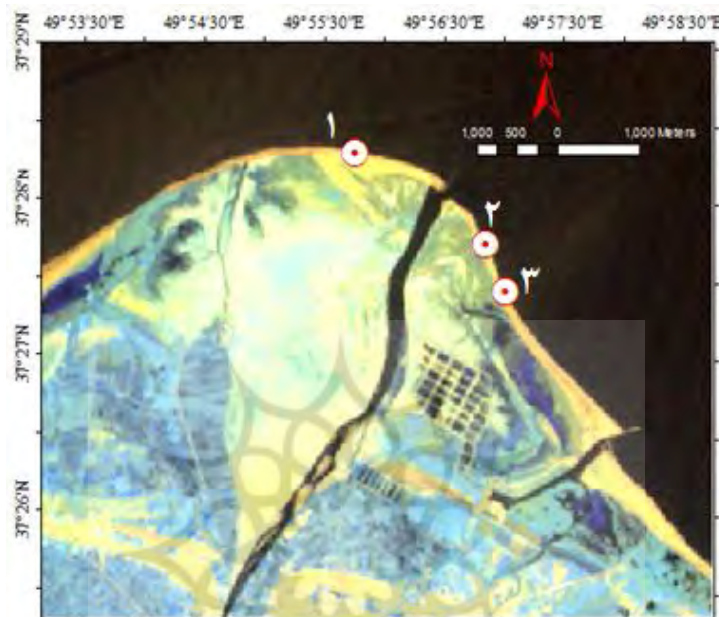


شکل ۲: موقعیت محدوده مورد مطالعه (منبع: تصویر ETM+ سال ۲۰۱۱)

### یافته‌های تحقیق

در محدوده مورد مطالعه به پارامترهایی همچون نحوه رسوبگذاری، مورفولوژی بستر دریا، هندسه خط ساحلی، شیب، قطر ذرات ماسه و راستای غالب امواج مرتبط دانست که هر کدام در تشدید یا تضعیف چاک جریان مخاطره‌آمیز موثر هستند.

در بازدید میدانی صورت‌گرفته ۳ کانال وقوع چاک جریان شناسایی شدند. دو کانال در شرق و یک کانال در غرب قاعده دلتای سفیدرود مشاهده شده‌اند (شکل ۳). با توجه به هندسه خط ساحلی و شرایط محلی و فرامحلی می‌توان عوامل تأثیرگذار بر وقوع جریان‌ها را



شکل ۳: مناطق وقوع چاک جریان

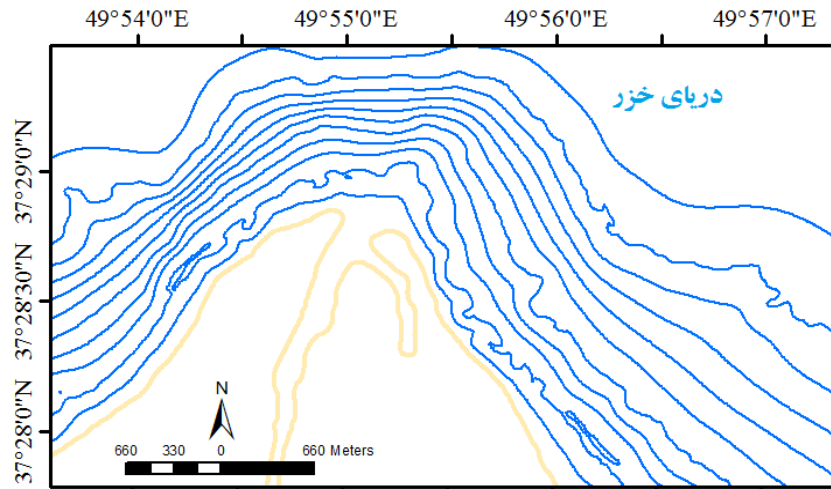
دریایی هستیم. این مسئله می‌تواند بر اهمیت به روز نمودن نقشه‌های چارت دریایی تأکید نماید (شکل ۴ و ۵).

تخمین میزان مخاطره چاک جریان با استفاده از مدل مورفودینامیک ساحلی پیشنهاد شده توسط رایت و شورت (۱۹۸۴ و ۱۹۸۵) با توجه به نوسانات ارتفاع امواج در دو حالت کمینه و بیشینه، برآورد شده است. در ایستگاه ساحلی بندر انزلی، حداکثر ارتفاع امواج مشاهده شده در سواحل به میزان ۲ متر از سال ۱۳۸۴ تاکنون به ثبت رسیده که بر اساس ارتفاع مذکور، میزان امگا ۳/۳۳ محاسبه گردید و سواحل مورد مطالعه در رده سواحل با خطر متوسط قرار گرفت. کمترین ارتفاع امواج در محدوده مورد مطالعه به طور متوسط ۰/۶۸ متر میزان امگا را ۱/۵۱ نشان می‌دهد که سواحل مورد مطالعه را در رده سواحل

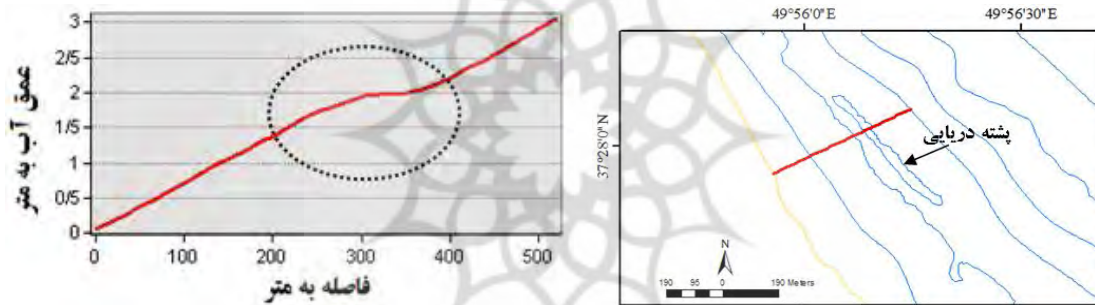
رقومی‌سازی نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ هیدروگرافی چارت دریایی بندر کیشهر، دلالت بر وجود پشته‌ها و کانال‌های متوالی در محدوده مورد بررسی دارد. به نظر می‌رسد در قاعده دلتای سفیدرود عامل اصلی ایجاد چاک جریان وجود همین پشته‌ها و کانال‌های مجاور هم باشد. نکته حائز اهمیت جابجایی محل فعلی چاک جریان در محدوده مورد بررسی است و دلیل آن هم تغییرات خط ساحلی و جابجایی و انتقال رسوب در راستای خط ساحلی است که موجب تغییر محل پشته‌ها و کانال‌ها شده است؛ لذا با توجه به نقشه چارت دریایی بایستی محل وقوع چاک جریان درست در محل ایجاد کانال‌ها باشد اما در بازدید میدانی به دلیل نوسانات سطح آب دریا و به تبع آن تغییرات خط ساحلی، شاهد وقوع چاک جریان با جابجایی چند ده متری نسبت به زمان تهیه نقشه هیدرومتری

مخاطره چاک جریاندر رده کم خطر تا خطر متوسط قرار دارند (جدول ۱).

کم خطر نشان می دهد. به عبارتی با امگای مابین ۱/۵۱ تا ۳/۳۳، سواحل قاعده دلتای سفیدرود از لحاظ میزان



شکل ۴: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ هیدروگرافی دریایی بندر کیشهر با فواصل ۱ متری منحنی های تراز عمق سنجی.



شکل ۵: مقطع عرضی و بررسی عمق آب با فاصله از خط ساحلی (دایره خط چین نشان دهنده برآمدگی ناشی از محل پشته است)

جدول ۱: تخمین میزان مخاطره در مناطق با چاک جریان

کلاس خطر	مقدار امگا	سرعت سقوط ذرات بر حسب متر بر ثانیه	پریود امواج	ارتفاع امواج به متر		شماره مکان با چاک جریان
				حداقل	حداکثر	
کم خطر	۱/۵۱	۰/۱۵	۳	۰/۶۸	حداقل	۱
متوسط	۲/۲۲	۰/۱۵	۶	۲	حداکثر	
کم خطر	۲/۲۶	۰/۱	۳	۰/۶۸	حداقل	۲
متوسط	۳/۳۳	۰/۱	۶	۲	حداکثر	
کم خطر	۲/۲۶	۰/۱	۳	۰/۶۸	حداقل	۳
متوسط	۳/۳۳	۰/۱	۶	۲	حداکثر	

میانگین شیب در تمام مسیرها تقریباً یکسان بوده و با شیب بسیار کم و قابل چشم پوشی بین ۰,۱ تا ۰,۳ درصد به ثبت رسیده است. شیب کم منطقه ساحلی در داخل دریا نیز ادامه دارد. البته حداکثر شیب از

طی بازدید میدانی، میزان شیب در جهت عمود بر ساحل در مسیرهای متعددی (از خط ساحلی تا فاصله ۱۰۰ متری بر روی نوار ساحلی) با اندازه گیری فاصله افقی و اختلاف ارتفاع بین دو نقطه محاسبه گردید.

بیشترین فراوانی در نمونه‌های انتخابی از ساحل ماسه ای بندر کياشهر به ذرات ماسه رده (Fine sand) با قطر ۲۵۰-۱۲۵ میکرون ۸۹/۸٪ فراوانی از کل نمونه اختصاص دارد و کمترین فراوانی مربوط به ماسه‌های رده (Medium sand) با قطر ۱۲۵-۶۳ میکرونی با ۸/۸۷٪ فراوانی است. نمونه‌های ماسه در سواحل کياشهر تک‌نمایی بوده و با مد ۱۶۳ میکرون مشخص می‌شود و این بدان معنی است که این مقدار بیش از سایر مقادیر تکرار شده است. از طرفی ریز بودن ماسه‌ها (۸۹/۹٪) نمونه‌ها در رده ذرات بسیار ریز با قطر ۱۲۵-۶۳ میکرون) سبب افزایش پهنای منطقه خیزاب شده و به تقویت جریان‌های ساحلی در قاعده دلتای سفیدرود کمک می‌کند (شکل ۶).

خط ساحلی تا فاصله ۲۰۰ متری به داخل دریا تا ۲ درصد هم می‌رسد و در مجموع شیب ملایمی تلقی می‌گردد.

جهت بررسی قطر ذرات ماسه، تعدادی نمونه از خط ساحلی بندر کياشهر در قسمت شرق و غرب دهانه سفیدرود گرفته شده و نتایج آن به دلیل شباهت بالای نمونه ماسه‌ها به صورت میانگین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. آنالیز ذرات ماسه نشان می‌دهد نمونه‌های منتخب با مدیان ۱۶۳ در مقیاس میکرون به‌طور میانگین در رده ماسه‌های ریز (Fine sand) با ضریب جورشدگی خیلی بالا (Very well sorted) و چولگی زیاد به سمت ذرات ریز دانه (Very fine skewed) و منحنی با کشیدگی زیاد (Extremely Leptokurtic) قرار دارند؛ همچنین

SAMPLE STATISTICS						
SAMPLE IDENTITY: shoreline kiashar			ANALYST & DATE: gh.lorestani, 1391/02/25			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Very Well Sorted Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	165.0	2.605	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.5%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 0.6%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 89.8%		
D <sub>10</sub> :	150.3	2.500		V FINE SAND: 9.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	163.0	2.617	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	176.8	2.734	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	1.176	1.094	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	26.49	0.234	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.107	1.058	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	16.55	0.146	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	162.4	156.4	2.677	163.0	2.617	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	59.30	1.276	0.352	1.163	0.217	Very Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	9.400	0.425	-0.425	-0.381	0.381	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	117.7	18.33	18.33	3.098	3.098	Extremely Leptokurtic

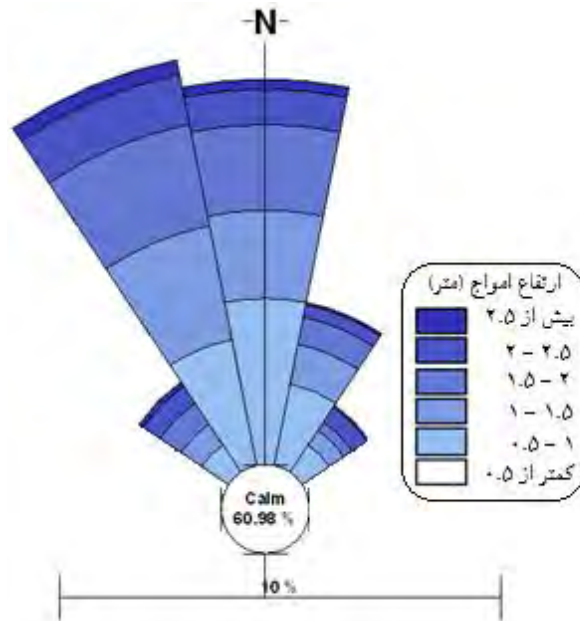
شکل ۶: آنالیز میانگین نمونه‌های ماسه قاعده دلتای سفیدرود

موازی ساحل از قطر ذرات کوچک تری برخوردار می‌گردند.

بررسی داده‌های حاصل از مدلسازی امواج نشان می‌دهد راستای غالب امواج منطقه شمال و شمال غربی است. عمودبودن جهت امواج غالب خود به‌ویژه در غرب دهانه سفیدرود دلیلی بر ایجاد و تقویت چاک جریان است (شکل ۷).

نکته حائز اهمیت در بررسی تک تک نمونه‌های برداشتی، تفاوت قطر متوسط ذرات در نمونه‌های غرب و شرق دهانه سفیدرود است. قطر ذرات نمونه‌های منتخب در غرب دهانه کمی بزرگ تر از متوسط قطر ذرات (D50) در شرق دهانه است. این مسئله می‌تواند با حرکت غرب به شرق رسوب در راستای خطوط ساحلی توجیه گردد. به عبارتی رسوبات طی انتقال





شکل ۷: گل موج سالانه ایستگاه هواشناسی ساحلی انزلی (۲۰۱۱-۲۰۰۲)

شکست امواج در نزدیکی خط ساحلی به صورت خطی اتفاق می‌افتد اما اگر در منطقه خط شکست امواج به دلیل اختلاف سطح بین مناطق واقع بر روی این خط، در تمام سطح این خط، شاهد شکست امواج نباشیم شرایط برای ایجاد چاک جریان فراهم می‌شود. کانال‌های بازگشتی در واقع همان سطوح پست‌تر نسبت به مناطق مجاور با ارتفاع بیشتر هستند که بر روی آن شکست امواج رخ می‌دهد؛ لذا بررسی توپوگرافی بستر دریا با شناسایی پشته‌ها و ناوه‌ها می‌تواند محل وجود چاک جریان را مشخص سازد. از طرفی به دلیل تغییرات زیاد در میزان و محل رسوبگذاری قاعده دلتای سفیدرود، در درازمدت شاهد جابجایی محل وقوع چاک جریان می‌شویم که نیاز به تهیه نقشه عمق‌سنجی به صورت دوره‌ای را بیش از پیش مسجل می‌نماید. به واسطه جهت غالب امواج با راستای شمال، شمال غرب شرایط محلی جهت ایجاد و تقویت چاک جریان فراهم شده و در منطقه تغذیه به موازات خط ساحلی، تورفتگی خطوط ساحلی به سمت خشکی (با مهیا بودن بقیه شرایط محلی) دلالت بر محل وقوع چاک جریان خواهد داشت. محاسبه پارامتر امگا در مدل مورفودینامیک ساحلی دلالت بر طبقه‌بندی سواحل مورد مطالعه در رده سواحل با

به دلیل این که چاک جریان معمولاً از خط ساحلی تا چند ده متری به داخل دریا ایجاد می‌شوند اندازه‌گیری سرعت آن توسط توپک‌های رها شده در آب امکان‌پذیر است. اندازه‌گیری سرعت جریان شکافنده، میزان سرعت متوسط این جریان‌ها را ۰.۶ متر بر ثانیه نشان می‌دهد که پائین بودن سرعت چاک جریان به دلیل کم بودن فاصله بین چاک جریان در منطقه مورد مطالعه است؛ به عبارتی با افزایش فاصله بین چاک جریان، می‌توان انتظار سرعت‌های ۲ تا ۳ متر بر ثانیه را برای چاک جریان منطقه متصور بود که در آن صورت خطر این جریان‌ها بسیار بیشتر خواهد بود.

### جمع بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با اندازه‌گیری پارامترهای محیطی (توپوگرافی بستر دریا، شیب، هندسه خط ساحلی، قطر ذرات و راستای امواج) به همراه برآورد میزان مخاطره چاک جریان با استفاده از مدل مورفودینامیک ساحلی، شرایط مکانی وقوع چاک جریان بررسی شد تا دلایل وقوع این جریان‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. طی بازدیدهای میدانی صورت گرفته، تعداد ۳ چاک جریان در شرق و غرب قاعده دلتای سفیدرود شناسایی شد.

راستا و امواج عمود بر ساحل (امواج شمال، شمال غرب) سبب کاهش سرعت جریان در کانال‌های بازگشتی می‌شود در حالی که در غرب دهانه به دلیل وجود تنها یک مورد چاک جریان شناسایی شده، شرایط برای رشد و تقویت جریان فراهم می‌شود. در بررسی‌های میدانی صورت گرفته، نقش کاهش قطر ذرات و کاهش شیب بر افزایش سرعت چاک جریان مورد تأیید قرار گرفت به نحوی که هرچه قطر ذرات ماسه کوچک تر و شیب منطقه وقوع جریان، کمتر باشد انرژی بیشتری برای تقویت چاک جریان مهیاست؛ در نهایت پیشنهاد می‌شود با توجه به شناسایی چاک جریان، علائم هشداردهنده در سواحل مورد مطالعه نصب شود تا از بروز حوادث احتمالی جلوگیری گردد.

خطر کم تا متوسط دارد. در این مدل بر حسب ارتفاع کمینه و بیشینه امواج، میزان خطر چاک جریان تغییر می‌کند که این موضوع بر میزان مخاطره چاک جریان با کاهش یا افزایش ارتفاع امواج تأکید دارد؛ همچنین دامنه شیب بسیار کم ۰,۱ تا ۰,۳ درصد، سبب افزایش سطح منطقه خیزاب شده است که از پیامدهای آن تقویت جریان‌های ساحلی و ایجاد چاک‌های جریان است.

نتایج پژوهش دلالت بر سرعت و شدت چاک جریان در غرب دهانه سفیدرود نسبت به دو چاک جریان مشاهده شده در قرینه شرقی قاعده دلتا دارد. در تفسیر این موضوع می‌توان به این نکته اشاره نمود که دو چاک جریان شرق دهانه سفیدرود در فواصل کمی نسبت به هم قرار دارند و تداخل امواج کرانه

## منابع

۱. جداری عیوضی، جمشید. یمانی، مجتبی و خوش‌رفتار، رضا، ۱۳۸۴. تکامل ژئومورفولوژی دلتای رود سفیدرود در کواترن، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۳، صص ۹۹-۱۲۰، تهران.
۲. حاجی کریمی، زهرا. هژیر محمدی، سیاوش شایان، مجتبی یمانی و رضا خوشرفتار. ۱۳۹۹. تحلیل فرآیندهای مورفودینامیکی مؤثر در تغییرات خط ساحلی دریای خزر در غرب گیلان. مطالعه موردی: دلتای رودخانه‌ای کرگانرود، مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۱۰، شماره ۳۶، صص ۲۴۹-۲۶۶، گرگان.
۳. غلامی، زهرا. چگینی، وحید، ۱۳۸۹. پهنه‌بندی جریان‌های شکافنده در سواحل مرکزی گیلان، علوم و فناوری دریا، سال شانزدهم، شماره ۵۱، صص ۲۰-۱۰، نوشهر.
۴. لرستانی، قاسم. رضا اسماعیلی و فاطمه اعتمادی. ۱۳۹۴. بررسی میزان تغییرات خط ساحلی دریای خزر در مصب رودخانه‌ها (مطالعه موردی: مصب رودخانه‌های هراز، بابلرود و تالار). مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۵، شماره ۱۸، صص ۱۳۶-۱۲۳، گرگان.
۵. یمانی، مجتبی. مهران مقصودی و حمید عمونیا. ۱۳۹۵. تعیین حریم توسعه نوار ساحلی خزر با استفاده از داده‌های ژئومورفولوژیک و تغییرات تراز سطح آب دریا (مطالعه موردی: خط ساحلی بابل رود تا تالار). مجله
- آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۶، شماره ۱۹، صص ۴۴-۳۲. گرگان.
6. Arozarena, Isabel, Chris Houser, Alejandro Gutiérrez Echeverria and Christian Brannstrom, 2015. The rip current hazard in Costa Rica. *Natural Hazards*, 77: 2, New York.
7. Austin, Martin, timothy Scott, James Brown, Jenna Brown and Jamie MacMahan, 2009. Macrotidal rip current experiment: circulation and dynamics. *Journal of Coastal Research, Special Issue 56*, Coconut Creek.
8. Barzegar, B. 2011. The Modelling of Bathymetry Changes in Creation of rip Currents. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5: 8. Amman.
9. Benedet, Lindino, Charles Finkl and Antonio henriquo Klein, 2004. Morphodynamic classification of beaches on the Atlantic coast of Florida: geographical variability of beach types, beach safety and coastal hazards. *Journal of Coastal Research, Special Issue 39*, Coconut Creek.
10. Bowen, Anthony J. 1969. Rip currents: 1. Theoretical investigations. *Journal of Geophysical Research*, 74: 23, Malden ma.
11. Brander, Robert W and Jamie MacMahan, 2011. Future challenges for

18. MacMahan, Jamie H, Ed B Thornton and Ad JHM Reniers, 2006. Rip current review. Coastal Engineering, Vol 53, No 2-3, Amsterdam.
19. MacMahan, Jamie, Ed B Thornton, Tim P Stanton and Ad JHM Reniers, 2005. RIPEX: Observations of a rip current system. Marine Geology, Vol 218, No 1-4, Amsterdam.
20. Scott, Timothy, Paul Russell, Gerd Masselink, MJ Austin, S Wills and A Wooler, 2011. 14 rip current hazards on large-tidal beaches in the United Kingdom. Rip Currents: Beach Safety, Physical Oceanography, and Wave Modeling, CRC Press, Boca Raton, Florida.
21. Udden, Johan August, 1914. Mechanical composition of clastic sediments. Bulletin of the Geological Society of America, Vol 25, No 1, Boulder.
22. Wentworth, Chester K, 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. The journal of geology, Vol 30, No 5, Chicago.
23. Winter, Gundula, Matthieu de Schipper Ap van Dongeren and Jaap van Thiel de Vries, 2012. A field and numerical study into rip currents in wind-sea dominated environments. Coastal Engineering, Vol 1, No 33, Amsterdam.
24. Wright, Lynn D and Andrew D Short, 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. Marine Geology, Vol 56, No 1-4, Amsterdam.
25. Wright, Lynn D, Andrew D Short and MO Green, 1985. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. Marine Geology, Vol 62, No 3-4, Amsterdam.
- rip current research and outreach. Rip Currents, Beach Safety, Physical Oceanography and Wave Modeling, edited by: Leatherman, S. and Fletemeyer, J., CRC Press, Boca Raton, FL, Florida.
12. Bruneau, Nicolas, Bruno Castelle, Philippe Bonneton, Rodrigo Pedreros, Rafael Almar, Natalie Bonneton, Patrice Bretel, Jean-Paul Parisot and Nadia Sénéchal, 2009. Field observations of an evolving rip current on a meso-macrotidal well-developed inner bar and rip morphology. Continental Shelf Research, Vol 29, No 14, Oxford.
13. Drønen, Nils, Harshinie Karunarathna, Jørgen Fredsøe, B Mutlu Sumer and Rolf Deigaard, 2002. An experimental study of rip channel flow. Coastal Engineering, Vol 45, No 3-4, Amsterdam.
14. Folk, Robert Louis and William C Ward, 1957. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Research, Vol 27, No 1, Tulsa.
15. Ghorbani, Ali and Amirhosein Rasulyjamnany, 2012. The modelling of rip channel in creation of rip currents. Indian journal of science and technology, Vol 5, No 4, Chennai.
16. Li, Zhiqiang, 2016. Rip current hazards in South China headland beaches. Ocean & Coastal Management, Vol 121, No 1, Oxford.
17. Lin, Hsueh-Mei, I-Hsing Hwang and Su-Min Shen, 2009. The changes at long time scale on the beach type and rip current of the Fulong Beach in the North coast of Taiwan. Journal of Geography Research, Vol 50, No, 3, Hoboken.

