مطالعه و بررسی امکان شکل گیری جریان شکافنده در سواحل استان بوشهر

مریم رزازان[۱] ، مجتبی عظام[۲*]، علی نصراللهی[۳]

[۱] کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، mrazazan@ymail.com
[۲] دکتری تخصصی فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران،ezam@srbiau.ac.ir
[۳] دکتری مهندسی عمران- هیدرولیک، شرکت مهندسین مشاور نواندیشان فن و تجارت، nasrollahi_a@yahoo.com

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۱۶

کلمات کلیدی:
جریان شکافنده
مورفودینامیک
خطرات ساحل
طبقه بندی سواحل
هیدرودینامیک امواج

چکیده

از وضعیت مورفودینامیکی سواحل به عنوان برآورد مقدماتی خطر جریان شکافنده استفاده می‌کنند که می‌توان از آن برای مدیریت ساحل استفاده کرد. جریان‌های شکافنده یک نوع رایج از چرخه‌های نزدیک ساحل هستند که می‌توانند تاثیر زیادی در هر منطقه از ساحل بگذارند زیرا سالانه افراد زیادی بر اثر آنها در دریا غرق می‌شوند بنابراین پیش‌بینی این جریان‌ها به نجات جان انسان‌ها کمک بسزایی می‌کند. در این پژوهش، بر اساس مدل وضعیت ساحل (Ω-RTR)، برای ارزیابی خطر جریان شکافنده استفاده شده است. با بررسی مشخصه‌های امواج، پدیده‌های جزرومدی و رسوب در ۱۶ ایستگاه استان بوشهر، یک ارزیابی اولیه از پتانسیل شکل‌گیری جریان شکافنده انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد که سواحل استان بوشهر عمدتا جز سواحل موج چیره قرار دارند و با پیشروی از شمال به جنوب نوار ساحلی، حالت ساحل از فراپراکنا به پراکنا تغییر کرده و ایستگاه‌های مرکزی و جنوبی استان بوشهر دارای احتمال گسترش جریان شکافنده بیشتری می‌باشند.

An Investigation on the Possibility of Rip Current Formation in the Coastal Waters of Bushehr Province

Maryam Razazan[1], Mojtaba Ezam[2*], Ali Nasrollahi[3]

[1]M.Sc of Physical oceanography, Department of marine science and technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; mrazazan@ymail.com
[2]Assistant Professor, Department of marine science and technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; ezam@srbiau.ac.ir
[3]Ph.D. Hydraulic Eng., Noandishan Fan & Tejarat Eng. Trd. Co., Tehran, Iran; nasrollahi_a@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 03 May 2022
Accepted: 07 Sep 2022

Keywords:
Rip current
Morphodynamic
Beach hazard
Coastal classification
Wave hydrodynamics

ABSTRACT

The morphodynamic status of the coasts is used as a preliminary estimate of the risk of rip current that can be used for shoreline management. Rip currents are a common type of nearshore cycles that can have a major impact on any area of the coast, because many people drown in the sea each year, so predicting these currents will help save lives. In this study, a new approach based on the coastal status model (Ω-RTR) is used to estimate the risk of rip current. By examining the characteristics of waves, tidal phenomena and sediment in 16 stations of Bushehr province, an initial assessment of the potential for the formation of rip current was performed. The results show that the coasts of Bushehr province are mainly the wave dominate and with the advance from north to south of the coastline, the state of the coast has changed from Ultra-Dissipative to Dissipative and the central and southern stations of Bushehr province are more likely to expand the rip current.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]

۱ – مقدمه

جریان‌های شکافنده مدت طولانی می‌باشد که مورد توجه مهندسان سواحل قرار گرفته است. این جریان‌های ساحلی مرگبار به جریان-هایی گفته می‌شوند که بطور پیوسته در حال تبادل آب منطقه‌ای نزدیک ساحل با آب منطقه‌ای دور از ساحل می‌باشند و معمولا در داخل کانال‌هایی بنام کانال شکافنده از نزدیکی خط ساحلی شروع می‌شوند و از داخل منطقه خیزاب ساحلی تا خارج از خط شکست امواج نیز ادامه دارند. این جریان‌های عمود بر ساحل، جز جدایی ناپذیر سلول چرخش آب نزدیک ساحل بوده و یکی از ویژگی‌های کلیدی تغییر حالت مورفودینامیک ساحل هستند [۱-۹].

در مناطقی که جریان‌های شکافنده وجود دارند، خطر اصلی سواحل، برای افرادی هستند که تفریحات ساحلی انجام می‌دهند اما نکته قابل توجه این است که مطالعات متعدد نشان می‌دهد که آگاهی و درک ساکنین ساحلی از جریان‌های شکافنده ضعیف می-باشد و این جریان‌ها بسرعت می‌توانند افراد را علی رغم داشتن مهارت کافی در شنا کردن به دلیل آگاه نبودن از منطقه خطر به منطقه دور از ساحل در آبهای عمیقتر منتقل کرده و اغلب منجر به خستگی، وحشت و در بسیاری موارد غرق شدگی گردند [۹-۱۴]. بنابراین پیش بینی این جریان در توسعه طرح‌های سالم و ایمن سازی دریا و داشتن طراحی‌های مناسب در بخش مهندسی سواحل لازم و ضروری است.

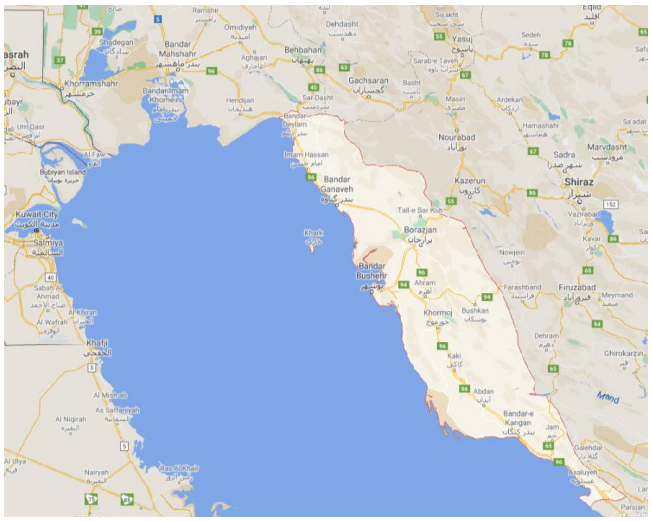
مورفولوژی ساحلی شاخص مهمی برای خطر ریسک جریان شکافنده است و بر این اساس، یک روش ارزیابی جدید برای بررسی میزان خطر وقوع جریان شکافنده بر اساس مدل وضعیت ساحل پیشنهاد شده است [۱۵]. از اینرو، بررسی همه خصوصیت‌های طبیعی و محیطی مناطق ساحلی و سپس طبقه‌بندی و پردازش آنها امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

در این پژوهش با توجه به خلا مطالعاتی درباره شکل‌گیری احتمالی جریان شکافنده در سواحل جنوبی کشور و عدم آمار دقیق از تلفات احتمالی ناشی از این جریان و همچنین با توجه به سطح تهدید این جریان مرگبار برای استفاده کنندگان از تفریحات ساحلی، کاهش آمار تلفات مغروقین احتمالی، افزایش آگاهی عمومی مردم و هشدار به گارد نجات غریق، با تاکید بر عوامل هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی به مطالعه نوار ساحلی استان بوشهر و بررسی پتانسیل شکل‌گیری جریان شکافنده در سواحل این استان پرداخته شده و با استفاده از پارامترهای مورفودینامیکی اندازه‌گیری شده (پارامترهای موج، دامنه‌های جزرومدی و اندازه دانه‌بندی رسوبی) و محاسبه مدل مورفودینامیکی ساحلی Ω-RTR (سرعت سقوط بدون بعد-دامنه نسبی جزرومد) که روش معقولی برای ارزیابی ریسک جریان شکافنده در امتداد سواحل می‌باشد، یک ارزیابی اولیه از احتمال شکل‌گیری جریان شکافنده در سواحل استان بوشهر انجام شده است.

۲ – منطقه‌ی مورد مطالعه

استان بوشهر با مساحتی حدود ۲۷،۶۵۳ کیلومتر مربّع، از استان‌های جنوبی ایران است که در حاشیه خلیج فارس قرار دارد و مرکز این استان بندر بوشهر می‌باشد. این استان در فاصله ۲۷ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۱ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد.

استان بوشهر با خلیج فارس بیش از نهصدکیلومتر مرز دریایی دارد و به علت قرار گرفتن در ساحل استراتژیک خلیج فارس، صادرات و واردات دریایی، صنعت صیادی، وجود ذخایر نفت و گاز پارس جنوبی و شمالی، کشاورزی و نخلداری و وجود نیروگاه هسته‌ای از اهمیّت راهبردی و اقتصادی برخوردار است.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

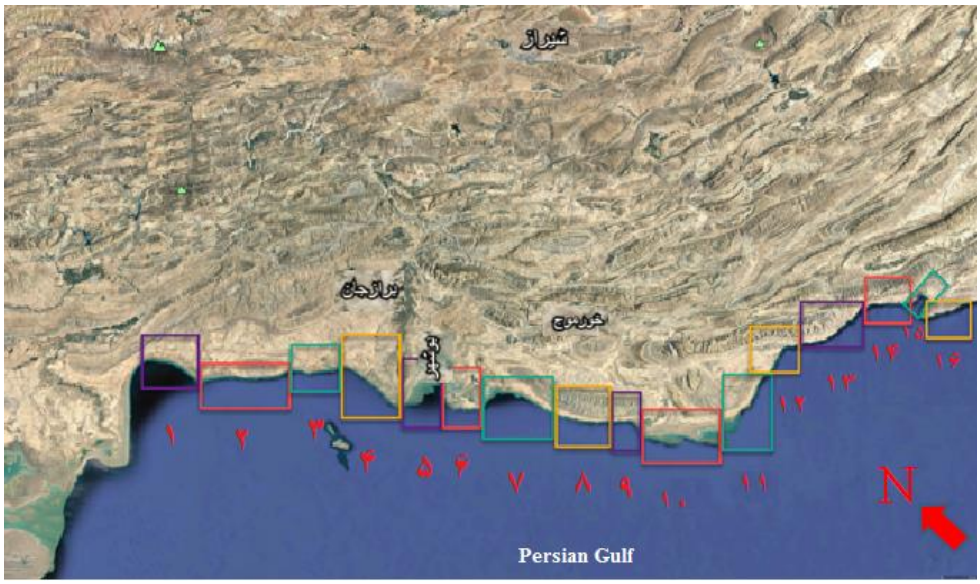
۳ – داده و اطلاعات مورد استفاده

بمنظور بررسی پتانسیل شکل‌گیری جریان شکافنده در امتداد نوار ساحلی استان بوشهر، ۱۶ ایستگاه با طول بیش از نهصدکیلومتر (جدول۱ و شکل۲) بر اساس تقسیم‌بندی زیر سلول‌های رسوبی استان بوشهر برای این مطالعه انتخاب شده است. در این تحقیق از اطلاعات هیدرودینامیکی و مورفودینامیکی منطقه مورد مطالعه که در شکل ۳ نشان داده شده است، استفاده گردید.

جدول۱- مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]

شماره ایستگاه	محدوده مطالعاتی	طول پاره ساحل (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ایستگاه ۱	بندر دیلم	۳۶۳۷۰	۴۰و۹°	۳۰و۰°
ایستگاه ۲	محدوده بندر امام حسن –بندر گناوه	۴۴۵۷۰	۵۰و۲°	۲۹و۷°
ایستگاه ۳	محدوده بندر گناوه –بندر ریگ	۲۶۶۰۰	۵۰و۴°	۲۹و۵°
ایستگاه ۴	محدوده بندر ریگ-حله	۳۳۵۷۰	۵۰و۵°	۲۹و۳°
ایستگاه ۵	خلیج بوشهر	۲۱۴۰۰	۵۰و۷°	۲۹و۰°
ایستگاه ۶	محدوده جفره-هلیله	۲۰۹۶۰	۵۰و۷°	۲۸و۹°
ایستگاه ۷	محددوه بندرگاه-بوالخیر	۴۵۶۷۰	۵۰و۹°	۲۸و۷°
ایستگاه ۸	محدوده بندر عامری	۲۹۵۸۰	۵۱و۰°	۲۸و۴°
ایستگاه ۹	محدوده لاور ساحلی-کبگان	۲۵۸۳۵	۵۱و۱°	۲۸و۲°
ایستگاه ۱۰	بردخون	۵۶۰۰۰	۵۱و۰°	۲۸و۰°
ایستگاه ۱۱	دیر	۲۵۴۴۰	۵۱و۸°	۲۷و۷°
ایستگاه ۱۲	کنگان	۱۹۹۳۵	۵۲و۰°	۲۷و۷°
ایستگاه ۱۳	محدوده تنبک –بندر صیراف	۲۰۵۴۰	۵۲و۲°	۲۷و۶°
ایستگاه ۱۴	نخل تقی	۲۷۸۶۰	۵۲و۴°	۲۷و۵°
ایستگاه ۱۵	خلیج نایبند	۱۷۱۱۲	۵۲و۵°	۲۷و۴°
ایستگاه ۱۶	بنود	۱۳۷۹۰	۵۲و۶°	۲۷و۳°



شکل۲- موقعیت ایستگاه‌های تعیین شده در محدوده مطالعاتی

۳-۱- داده موج

در این پژوهش به منظور شناخت اقلیم موج، از داده‌های ارتفاع موج شاخص (H_{M0}) و پریود امواج (T_m)، که زیرمجموعه‌ای از پارامترهای مختلف استخراج شده ناشی از نتایج مدل طیفی-عددی wavewatch III در طول بازه زمانی ۲۳ ساله (۲۰۰۹-۱۹۸۳) می‌باشد و توسط سازمان بنادر و دریانوردی تهیه شده است، استفاده گردید.

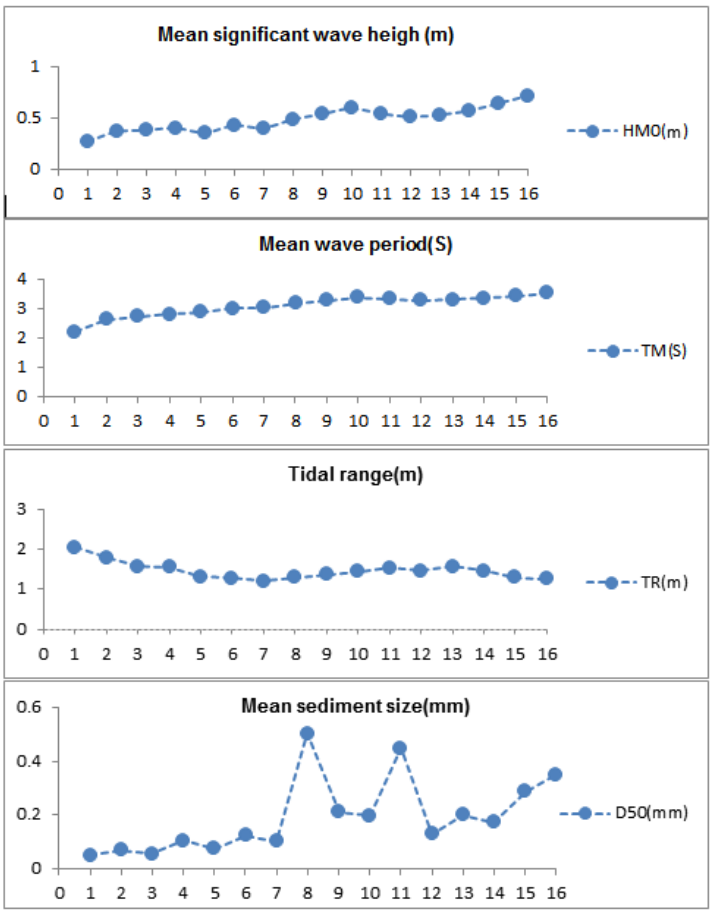
۳-۲- داده جزرومدی

جهت تعیین پارامترهای مورد نیاز کشند از جداول جزرومدی استخراج شده توسط سازمان نقشه برداری کشور، استفاده شد. بر اساس این اطلاعات نوع ساحل از لحاظ محدوده جزرومد طبقه بندی و دامنه جزرومدی محاسبه گردید.

۳-۳- اندازه دانه‌های رسوب

اطلاعات قطر دانه‌بندی رسوب بر مبنای اندازه‌گیری‌های میدانی که توسط سازمان بنادر و دریانوردی انجام شده است، بدست آمد. در هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب از ساحل به سمت دریا در اعماق تراز خط ساحلی (صفر)، ۳- و ۵- متر نسبت به تراز C.D برداشت و مقدار میانگین اندازه نمونه‌های رسوب برداشت شده در هر ایستگاه محاسبه شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]



شکل ۳- پارامترهای مورفودینامیکی ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه در نوار خط ساحلی استان بوشهر

۴- متدولوژی ارزیابی خطر شکل‌گیری جریان شکافنده

۴-۱- مدل مورفودینامیکی ساحل

پدیده‌های جریان شکافنده، ارتباط نزدیکی با حالت وضعیت ساحل دارند. معمولا خطرات جریان شکافنده را با استفاده از مدل مورفودینامیکی وضعیت ساحلی که توسط رایت و شرت در سال ۸۵-۱۹۸۴ پیشنهاد شده، تخمین می‌زنند. رایت و همکارانش در واحد مطالعات ساحلی دانشگاه سیدنی، اولین آزمایش‌های مورفودینامیکی را برای طیف وسیعی از سواحل در امتداد سواحل نیو ساوت ولز و سپس سواحل ویکتوریا، جنوب و غرب استرالیا در بازه زمانی بین سالهای۱۹۷۶ تا ۱۹۸۰ آغاز کردند که منجر به مدل سواحل رایت و شرت برای سواحل موج چیره-میکروتایدال (۲ متر>محدوده جزرومد) در سال ۱۹۸۴ شد. این مدل که اغلب به عنوان "مدل ساحلی استرالیا" شناخته می‌شود، در اوایل دهه ۱۹۹۰ در ساحل مرکزی کوئینزلند توسط شرت و واحد مطالعات ساحلی دانشجویان تحصیلات تکمیلی در محدوده سواحل مزو-ماکروتایدال گسترش یافت [۱۶].

رایت و شرت (۸۵-۱۹۸۴) [۱۸و۱۷] بر اساس عدد دین پارامتر سرعت سقوط بدون بعد[۱] را که یک مدل طبقه‌بندی ساحل برای سواحل میکروتایدال و موج چیره است معرفی کردند:

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s T} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱) که H_b ارتفاع شکست موج بر حسب (m)، T دوره تناوب موج برحسب (s) و W_s سرعت سقوط دانه‌های رسوب بر حسب (m/s) می‌باشد.

طبق پارامتر سرعت سقوط بدون بعد، مدل طبقه‌بندی حالت‌های ساحل به سه نوع اصلی تقسیم بندی می‌گردد:

(۱) سواحل بازتابان[۲]: $\Omega < ۱$

(۲) سواحل میانه[۳]: $۱ < \Omega < ۶$

(۳) سواحل پراکنا[۴]: $\Omega > ۶$

که بر اساس مطالعات صورت گرفته حالت سواحل میانه خود به چهار نوع ساحل مجزا تقسیم بندی می‌شود:

۱. حالت ناوه و نوار سدماسه‌ای کرانه راستا[۵] (LBT)
۲. حالت دریاکنار و نوار سدماسه‌ای موزون[۶] (RBB)
۳. حالت جریان بازگشتی و نوار سدماسه‌ای مورب[۷] (TBR)
۴. حالت پادگانه در حالت جزر[۸] (LTT)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]

در محیط‌های مزوتایدال به سمت ماکروتایدال، دامنه جزرومدی در مورفودینامیک‌های ساحلی و شکل‌گیری جریان شکافنده اهمیت پیدا می‌کند. به منظور در نظر گرفتن تاثیر دامنه جزرومد، مسلینک و شرت (۱۹۹۳) [۱۹] از یک کمیت بدون بعد وابسته به پارامتر دامنه جزرومد[۹] (RTR) استفاده کردند که به مدل رایت و شرت اضافه گردید:

$$\mathrm{RTR} = \frac{\mathrm{TR}}{\mathrm{H_b}} \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) که TR میانگین دامنه جزرومدی بر حسب (m) و H_b ارتفاع شکست موج بر حسب (m) می‌باشد. بر این اساس سواحل با توجه به مقادیر RTR بدست آمده به سه دسته موج چیره[۱۰] (RTR<۳)، ترکیبی (موج-کشند)[۱۱](۳<RTR<۱۵) و کشند چیره[۱۲] (RTR>۱۵) تقسیم بندی می‌شوند.

۲-۴- مدل تخمین ریسک جریان شکافنده

برخی از محققان [۲۱و۲۰] برای تشخیص خطر جریان شکافنده بتنهایی از پارامتر Ω استفاده کردند اما این روش نیازمند مشاهدات میدانی وسیعی می‌باشد و ارزیابی ریسک شکل‌گیری جریان را دشوارتر می‌کند در مقابل با افزودن مدل پیشنهادی مسلینک و شرت در سال ۱۹۹۳، هر نوع حالت و وضعیت ساحلی دارای یک احتمال متفاوت ناشی از شکل‌گیری جریان شکافنده است و این روش در عمل کاربردی‌تر می‌باشد. بنابراین با استفاده از پارامترهای RTR و Ω، یک چارچوب برای ارزیابی خطرات جریان-های شکافنده پیشنهاد شده است و بر اساس آن سواحل به ۴ گروه و ۸ نوع تقسیم می‌شوند که انواع مختلف سواحل دارای احتمال وقوع جریان‌های شکافنده متفاوتی هستند. خصوصیات هر گروه و احتمال وقوع آنها در شکل۴ نشان داده شده است.

در این مطالعه به منظور محاسبه پارامترΩ-RTR، مشخصات موج در پاره ساحل‌های مختلف استخراج شده و پارامترهای مختلف محاسبه گردید.

ارتفاع موج در نقطه شکست با استفاده از رابطه‌ای که توسط کومار و گوقان (۱۹۷۲) [۲۲] پیشنهاد شد محاسبه گردید:

$$\mathrm{H_b} = \mathrm{k}(\mathrm{g})^{\frac{1}{5}}(\mathrm{TH_0}^2)^{\frac{2}{5}} \qquad (۳)$$

بر اساس داده‌های آزمایشگاهی و میدانی ضریب بدون بعد k برابر ۰.۳۹ بدست آمد و در نهایت ارتفاع موج در نقطه شکست از رابطه (۴) تعیین شد:

$$\mathrm{H_b} = 0.39(\mathrm{g})^{\frac{1}{5}}(\mathrm{TH_0}^2)^{\frac{2}{5}} \qquad (٤)$$

در رابطه (۴) که g شتاب گرانشی، H_0 ارتفاع موج آب عمیق بر حسب (m)، T پریود موج بر حسب (s) می‌باشد.

برای بررسی پارامترهای رسوبی از جمله سرعت سقوط ذرات رسوبی از رابطه فردسو و همکارانش(۱۹۹۲) [۲۴و۲۳] استفاده گردید:

$$W_S = \frac{\sqrt{(\frac{36\vartheta}{d_{50}})^2+7.5(s-1)gd_{50}}-\frac{36\vartheta}{d_{50}}}{2.8} \qquad (۵)$$

در رابطه (۵) که ϑ (m^2/s) $=10^{-6}$: ضریب گرانروی سینماتیکی، $S = 2.65$: چگالی ویژه رسوب است.

۵- نتایج

برای درک بیشتر ویژگی‌های خطر ساحل و به طور خاص تأثیر جریان‌های شکافنده در حوادث مرگبار، ایستگاه‌های مورد مطالعه بطور مجزا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۲). شکل ۵ نمودار پراکندگی Ω-RTR را برای ۱۶ ایستگاه در نوار خط ساحلی استان بوشهر نشان می‌دهد. از آنجا که مقادیر پارامتر سرعت سقوط بدون بعد و مقادیر پارامتر دامنه نسبی جزرومد در برخی از سواحل بسیار نزدیک است، برخی نقاط پراکندگی همپوشانی دارند. در ۷۵٪ نوار ساحلی استان بوشهر مقادیر سرعت سقوط بدون بعد بزرگتر از ۶ است (Ω>۶) است، محاسبه پارامتر RTR نشان می-دهد حدود۷۰٪ سواحل استان بوشهر در حالت موج چیره قرار دارند.

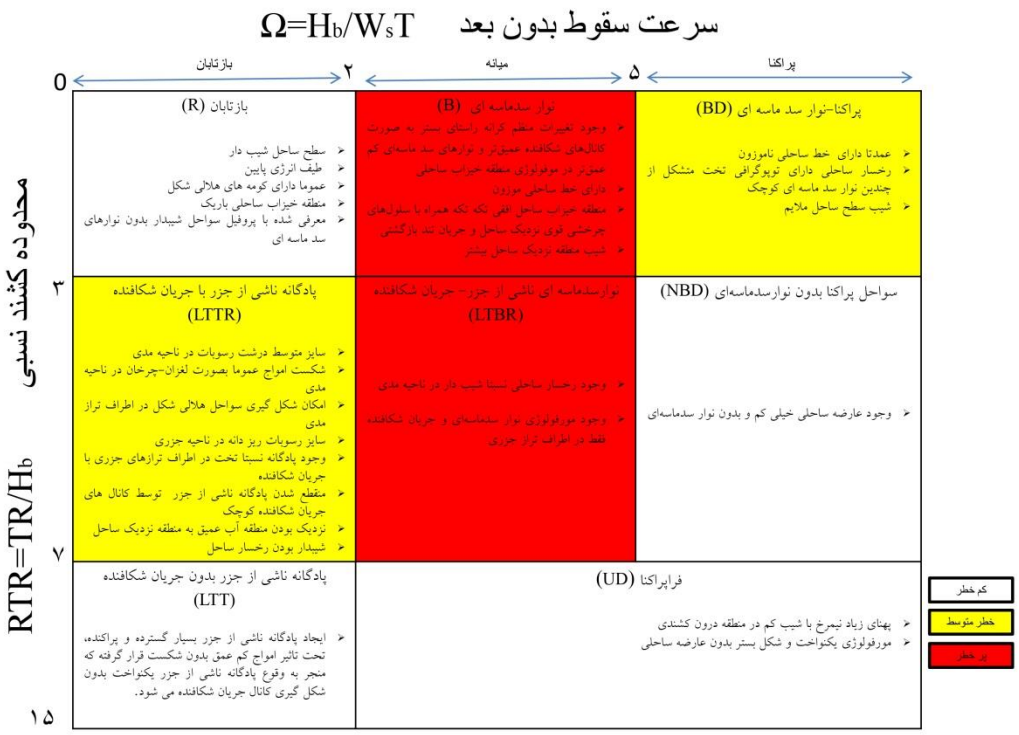
بنابراین سواحل استان بوشهر به طور عمده به عنوان سواحل پراکنا- حالت موج چیره در نظر گرفته می‌شوند.

برای توضیح واضح‌تر نتایج ارزیابی این مدل، در ادامه به توصیف خطرهای ریسک جریان‌های شکافنده مختلف که مرتبط با انواع سواحل می‌باشند، پرداخته شده است.

نمودار پراکندگی تعیین حالت ساحل در شکل ۵ نشان می‌دهد، طبقه بندی ساحل بوشهر به ۴ بخش مورفولوژیکی مجزا که شامل سواحل فراپراکنا (UD)[۱۳]، سواحل پراکنا بدون نوار سدماسه‌ای (NBD)[۱۴]، سواحل پراکنا-نوار سدماسه‌ای (BD)[۱۵]و سواحل میانه-سواحل نوار سدماسه‌ای (B)[۱۶]می‌باشد، تقسیم بندی شده است.

نتایج تعیین حالت ساحل از طریق بررسی مدل های Ω-RTR در شکل ۵ و مقادیر جدول ۲ نشان می‌دهد ایستگاه دیلم در گروه سواحل فراپراکنا (UD)-سواحل ترکیبی (موج-کشند) با دامنه جزرومدی مزوتایدال و ایستگاه‌های امام حسن-گناوه، گناوه-ریگ، ریگ-حله، خلیج بوشهر در گروه سواحل پراکنا بدون نوار سدماسه-ای (NBD)-سواحل ترکیبی (موج-کشند) با دامنه جزرومدی میکروتایدال قرار دارند و با وجود مشخصه مورفولوژیکی یکنواخت با شکل بستر بدون عارضه ساحلی جزو طبقه‌بندی سواحل با ریسک پایین شکل‌گیری جریان شکافنده می‌باشند.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]



شکل ۴- مدل وضعیت ساحل- حالت ساحل تابعی از سرعت سقوط بدون بعد(Ω) و محدوده کشند نسبی(RTR) [۲۵و۲۰]

مقادیر بدست آمده بر اساس مدل Ω-RTR در ایستگاه‌های لاور ساحلی-کبگان، بندرگاه، جفره-هلیله، نخل تقی، بردخون، کنگان، تنبک-صیراف، این نواحی را در گروه سواحل پراکنا با نوار سدماسه‌ای(BD)-سواحل موج چیره با دامنه جزرومدی میکروتایدال طبقه بندی می‌کند که جزو سواحلی با ریسک متوسط شکل‌گیری جریان شکافنده قرار گرفته شده‌اند و رخسار ساحلی در اینگونه سواحل دارای توپوگرافی تخت و متشکل از چندین نوار سدماسه‌ای کوچک است.

جدول ۲- مشخصه محاسبه شده پارامتر مدل وضعیت ساحل در ایستگاه‌های منتخب استان بوشهر

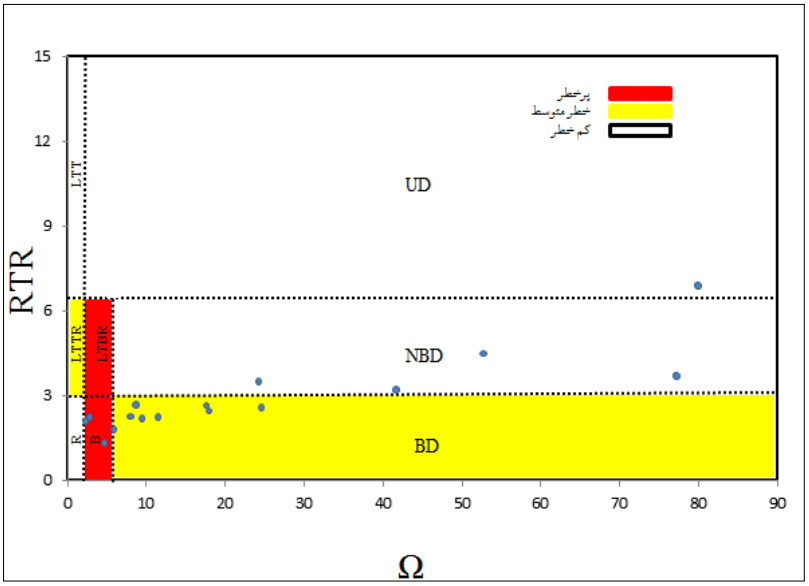
ایستگاه	محدوده مطالعاتی	شیب ساحل	RTR	Ω
ایستگاه ۱	بندر دیلم	۰,۰۱۶	۶,۹	۷۹,۸۵
ایستگاه ۲	محدوده بندر امام حسن –بندر گناوه	۰,۰۲	۴,۴۵	۵۲,۷۳
ایستگاه ۳	محدوده بندر گناوه –بندر ریگ	۰,۰۱۷	۳,۷	۷۷,۱۴
ایستگاه ۴	محدوده بندر ریگ-حله	۰,۰۳	۳,۵	۲۴,۲۲
ایستگاه ۵	خلیج بوشهر	۰,۰۲۳	۳,۲	۴۱,۵۳
ایستگاه ۶	محدوده جفره-هلیله	۰,۰۳۵	۲,۶۴	۱۷,۵۸
ایستگاه ۷	محدوده بندرگاه-بوالخیر	۰,۰۳۰	۲,۶	۲۴,۶
ایستگاه ۸	محدوده بندر عامری	۰,۰۹۳	۲,۳۵	۲,۶
ایستگاه ۹	محدوده لاور ساحلی-کبگان	۰,۰۵۳	۲,۳	۸,۰۱
ایستگاه ۱۰	بردخون	۰,۰۴۸	۲,۲	۹,۴
ایستگاه ۱۱	دیر	۰,۰۸۵	۲,۵	۳,۰۷
ایستگاه ۱۲	کنگان	۰,۰۳۵	۲,۵۴	۱۷,۹۶
ایستگاه ۱۳	محدوده تنبک –بندر صیراف	۰,۰۵۱	۲,۶۴	۸,۶۳
ایستگاه ۱۴	نخل تقی	۰,۰۴۴	۲,۳	۱۱,۵
ایستگاه ۱۵	خلیج نایبند	۰,۰۶۲	۱,۸۴	۵,۷۷
ایستگاه ۱۶	بنود	۰,۰۶۸	۱,۶۱	۴,۸۶

با توجه به نتایج قابل مشاهده در جدول ۲ و شکل ۵ ایستگاه‌های بندر عامری، دیر، بنود، خلیج نایبند در طبقه‌بندی سواحل میانه با نوار سدماسه‌ای(B)-سواحل موج چیره با دامنه جزرومدی میکروتایدال قرار گرفته‌اند. از مشخصه‌های بارز این سواحل شیب ساحل زیاد در منطقه نزدیک ساحل و سلول‌های قوی چرخش جریان شکافنده است بنابراین، این گروه جزو پرخطرترین سواحل از لحاظ پتانسیل شکل‌گیری جریان شکافنده می‌باشند.

۶- بحث و نتیجه گیری

با افزایش ارتفاع موج امکان شکل‌گیری جریان شکافنده بیشتر خواهد شد [۲۶-۲۹]. امواج مرتفع در فاصله دورتری نسبت به ساحل شکسته می‌شوند که در نتیجه تغییرات کرانه راستای شکست امواج مرتفع در منطقه خیزاب ساحلی باعث افزایش خیزاب ناشی از موج در نزدیکی ساحل می‌گردد. هنگامیکه تغییرات قابل توجهی در خیزاب ناشی از موج کرانه راستا بوجود می‌آید، این موضوع گرادیان فشاری را در امتداد ساحل ایجاد می‌کند که نیروی لازم جهت بوجود آمدن جریان کرانه‌ای از منطقه‌ای با خیزاب بیشتر به سمت منطقه‌ای با خیزاب کمتر است و در نهایت سلولهای چرخشی قوی از جریان‌های شکافنده ایجاد می‌گردد. از سوی دیگر امواج با دوره تناوب بلند می‌تواند بر روی شکل‌گیری جریان شکافنده تاثیر گذار باشند [۲۸و۱۳]. امواج با دوره تناوب بلندتر با

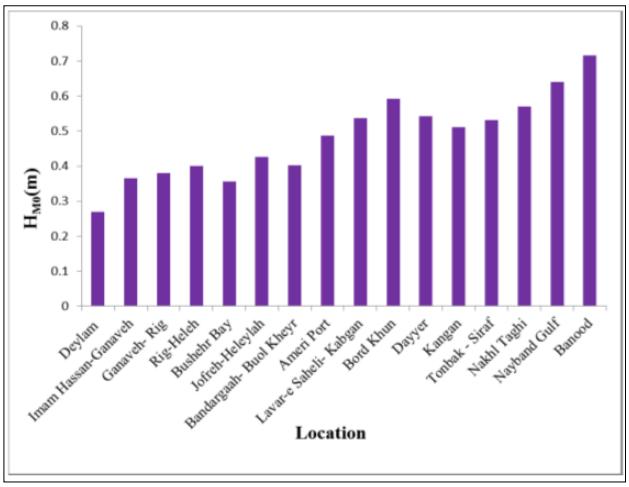
[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]



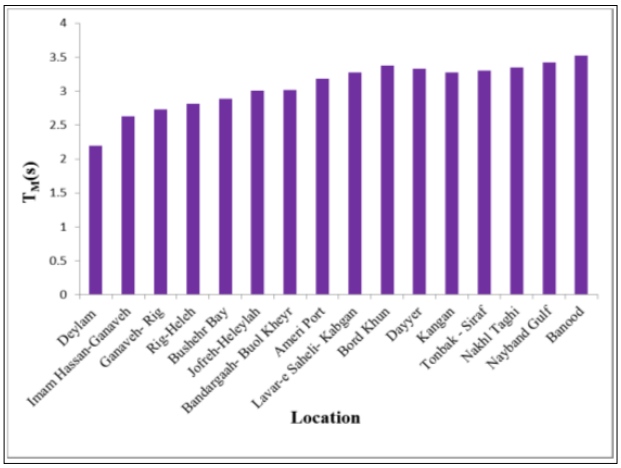
شکل ۵- نمودار پراکندگی ناشی از نتایج مدل Ω –RTR

تاثیرگذاری بر روی بسترهای عمیقتر در دریا باعث شکست امواج در منطقه دورتری از ساحل شده در نتیجه، خیزاب ناشی از موج بیشتری را بوجود می‌آورند. بنابراین بر اساس شکل ۶-الف و ۶-ب و نتایج بدست آمده حاصل از مدل Ω-RTR که در جدول ۳ نشان داده شده است، افزایش نسبی در میانگین ارتفاع موج آب عمیق و میانگین دوره تناوب موج با نتایج حاصل از طبقه‌بندی ساحل و امکان شکل‌گیری جریان شکافنده قویتر در ایستگاه‌های بندر عامری- بنود- دیر- خلیج نایبند مطابقت نسبتا خوبی بخصوص در ایستگاهای خلیج نایبند و بنود دارد.

سواحل جذاب‌ترین مقاصد برای گردشگران و مردم در سراسر جهان هستند. مخاطرات دریایی از جمله خطرات ناشی از جریان‌های شکافنده برای شناگران، بعنوان یکی از بزرگترین چالش‌های موجود برای مدیریت و ایمنی ساحل می‌باشد.



شکل ۶-الف- مقدار متوسط ارتفاع موج در هر ایستگاه



شکل ۶-ب- مقدار متوسط دوره تناوب موج در هر ایستگاه

در سرتاسر دنیا اکثر سواحل تفریحی که به وسیله جریان‌های شکافنده شناخته شده‌اند، از استراتژیک‌های عمومی در اشکال مختلف برای آموزش و آگاهی جریان‌های شکافنده استفاده می‌کنند. استراتژی ایمنی باید جامع باشد، از جمله بایستی شامل آموزش ایمنی ساحل برای گارد ساحلی، پیش‌بینی و نظارت بر خطر شکل‌گیری جریان، طراحی سیگنال‌های هشدار دهنده جریان شکافنده، طراحی ساحل قابل شناکردن و آگاهی دادن به عموم مردم از طریق برنامه‌های اختصاصی شامل توزیع پوسترها، کارت پستال‌ها و بروشورها باشد. با توجه به عدم وجود سیگنال‌های هشدار دهنده و عدم آگاهی عمومی و مشخص نکردن منطقه ممنوعه برای بازدیدکنندگان در استان بوشهر باید در آینده تلاشهای بیشتری در به حداقل رساندن پیامدهای جریان‌های شکافنده فعال در امتداد سواحل تفریحی/ قابل شنا کردن صورت پذیرد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]

جدول ۳- ارتباط بین حالت سواحل و میزان خطر جریان شکافنده برای ۱۶ ایستگاه مطالعاتی دراستان بوشهر

میزان خطر	نوع ساحل	نام ایستگاه مورد مطالعه
کم	UD NBD	دیلم امام حسن-گناوه، گناوه-ریگ، ریگ-حله، خلیج بوشهر
متوسط	BD	لاور ساحلی-کبگان، بندرگاه، جفره-هلیله، نخل تقی، بردخون، کنگان، تنبک_صیراف
شدید	B	بندر عامری، دیر، بنود، خلیج نایبند

نتایج این مقاله مبنایی را فراهم می‌کند که از طریق آن مدیران ساحل می‌توانند ریسک خطر جریان شکافنده را در امتداد نوار ساحلی استان بوشهر تخمین بزنند. مدل تخمین جریان شکافنده ممکن است برای انتخاب و مدیریت ساحل مورد استفاده قرار گیرد، با این حال، برای پیش‌بینی‌های دقیق‌تر جریان‌های شکافنده، باید مشاهدات طولانی مدت سیستماتیک از سواحل انجام داد.

بر اساس نتایج مدل مورفودینامیک Ω-RTR، که یک مدل پیشنهادی برای تخمین خطرات جریان شکافنده است و برای طبقه‌بندی نوار ساحلی استان بوشهر پیشنهاد گردید، نتایج نشان می‌دهد ۱۱ پاره ساحل یا حدود ۷۰ درصد از سواحلی که در امتداد نوار ساحلی استان بوشهر هستند ممکن است جریان‌های شکافنده را ایجاد کنند (از جمله سواحلی با خطر ریسک جریان شکافنده متوسط و بالا) و این نشان می‌دهد که استراتژی ایمنی ساحل قابل اجرا و موثرتری باید در بوشهر ایجاد شود.

با استفاده از اطلاعات جدول ۳ که انواع حالت‌های مورفودینامیکی سواحل استان بوشهر و نتایج تخمین ریسک جریان شکافنده را نشان می‌دهد، نقشه منطقه‌ای از سطح خطر ریسک جریان شکافنده در سواحل استان بوشهر را می‌توان با اتصال سواحل مورد مطالعه گسترش داد (شکل ۷)، نتایج نشان می‌دهد که مناطق پر خطر از لحاظ پتانسیل شکل‌گیری جریان شکافنده بیشتر در بخش جنوبی نوار خط ساحلی استان بوشهر دیده می‌شود.

۷- تشکر و قدردانی

گروه محققین این مقاله از سازمان بنادر و دریانوردی و شرکت مهندسی و بازرگانی نواندیشان فن و تجارت که در این مسیر همکاری صمیمانه‌ای داشتند، کمال تشکر را دارند.

شکل ۷- نقشه سطح خطر جریان شکافنده در امتداد نوار خط ساحلی استان بوشهر

کلید واژگان

1-Dimensionless fall velocity
2-Reflective
3-Intermediate
4-Dissipative
5-Longshore Bar-Trough (LBT)
6-Rhythmic Bar and Beach (RBB)
7-Transverse Bar and Rip (TBR)
8-Low-Tide Trace (LTT)
9-Relative Tide Range
10-Wave-Dominated Beach
11-Wave-Tide-Dominated Beach
12-Tide-Dominated Beach
13-Ultra-Dissipative
14-Non-Barred Dissipative Beaches
15-Barred Dissipative Beaches
16-Barred Beaches

۸- مراجع

1- Shepard, F.P. and Inman, D.L., (1950), *Nearshore circulation*, In: Proceedings of the 1st Conference on Coastal Engineering. ASCE, Vol.1, p.50-59.
2- Cook, D.O., (1970), *The occurrence and geologicwork of rip currents off southern California*, Marin Geology, Vol.9, p.173-186.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]

3- Inman, D.L. and Brush, B.M., (1973), *The Coastal challenge*, Science, Vol.181, p.20-32.
4- Brown, J., MacMahan, J.H., Reniers, A. and Thornton, E., (2009), *Surf zone diffusivity on a rip channeled beach*, J. Geophys. Res., Vol.114, P.11-15.
5- Shanks, A.L., Morgan, S.G., MacMahan, J.H. and Reniers, A.J.H.M., (2010), *Surf zone physical and morphologica regime as determinants of temporal and spatial variation in larval recruitment*, J. Exp. Mar. Biol. Ecol., Vol.392, P.140-150.
6- Loureiro, C., Ferreira, O. and Cooper, J.A.G., (2011), *Morphologic change and morphodynamics at high-energy embayed beaches in southwestern Portugal*, In: Proceedings of Coastal Sediments 2011. World Scientific, p.1375-1389.
7- Masselink, G. and Short, A.D., (1993), *The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model*, J. Coastal Res., Vol.9, p.785-800.
8- Barrett, G. and Houser, C., (2012), *Identifying hotspots of rip current activity using wavelet analysis at Pensacola Beach*, Florida. Phys. Geogr., Vol.33, p.32-49.
9- Brander, R. W., (2012), *Rip Currents*, School of Biological, Earth and Environmental Sciences, UNSW Australia, Sydney, NSW, Australia, p.335-379.
10- Klein, A.H. da F., Santana, G.G., Diehl, F.L. and Menezes, J.T., (2003), *Analysis of hazards associated with sea bathing: results of five years work in oceanic beaches of Santa Catarina State, Southern Brazil*, J. Coastal Res., SI 35, p.107-116.
11- Carey, W. and Rogers, S., (2005), *Rip currents - coordinating coastal research, outreach and forecast methodologies to improve public safety*, In: Proceedings of Coastal Disasters 2005. ASCE, p. 285-296.
12- McCool, J.P., Moran, K., Ameratunga, S. and Robinson, E., (2008), *New Zealand beachgoers' swimming bheaviours, swimming abilities, and perception of drowning risk*, Int. J. Aquat. Res. Educ., Vol.1, p.7-15.
13- Arun Kumar, S.V.V. and Prasad, K.V.S.R., (2014), *Rip current-related fatalities in India: a new predictive risk scale for forecasting rip currents*, Nat. Hazards, Vol.70, p.313-335.
14- Scott, T.M., Masselink, G., Austin, M.J. and Russell, P., (2014), *Controls on macrotidal rip current circulation and hazard*, Geomorphology, Vol.214, p.198-215.
15- Zhiqiang Li., (2016), *Rip current hazards in South China headland beaches*, Ocean & Coastal Management, Vol.121, p.23-32.
16- Short, A.D., (2006), *Australian beach systems—nature and distribution*, Journal of Coastal Research, Vol.22, p.11–27.
17- Wright, L.D., Short, A.D. and Green, M.O.,(1985), *Short-term changes in themorphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical model*, Mar. Geol., Vol.62, p.339-364.
18- Short. A. D., (1996), *The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review*, Revista Chilena de Historia Natural, Vol.69, p.589-604.
19- Masselink, G. and Short, A.D., (1993), *The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model*, J. Coastal Res., Vol.9, p.785-800.
20- Arozarena, I., Houser, C., Echeverria, A.G. and Brannstrom, C., (2015), *The rip current hazard in Costa Rica*, Nat. Hazards, Vol.77, p.753-768.
21- Benedet, L., Finkl, C. and Klein, A.H.F., (2004), *Morphodynamic classification of beaches on the Atlantic coast of Florida: geographical variability of beach types, beach safety and coastal hazards*, J. Coast. Res., Vol.39, p.360-365.
22- Komar, P.D. and Gaughan, M.K., (1972*), Airy wave theory and breaker height prediction, in Proceedings*, 13th International Conference on Coastal Engineering, Vancouver, Canada: American Society of Civil Engineers, p.405-418.
23- Fredsoe, J. and Deigaard, R., (1992), *Mechanics of Coastal sediment transport*, Advanced Series on Ocean Engineering, Vol.3, Series Editor-in-Chief Philip 1-F Liu. World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd.
24- Liu, Z., (2001), *Sediment transport*, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Institut for Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg University.
25- Masselink, G. and Hegge, B., (1995), *Morphodynamics of meso- and macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia*, Marine Geology, Vol.129, p.1-23.
26- Shepard, F.P., Emery, K.O. and Lafond, E.C., (1941), *Rip currents: a process of geological importance*, J. Geol., Vol.49, p.338-369.
27- Bowen, A.J. and Inman, D.L., (1969), *Rip Currents*, II. Laboratory and Field Observations, Vol.74, p.5479-5490.
28- Engle J., MacMahan J., Thieke R. J., Hanes D. M. and Dean R. G., (2002), *Formulation of a rip current predictive index using rescue data*, Proc. National Conference on beach Preservation

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]
[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]

Technology, Florida Shore & Beach Preservation Association, January 23-25, 2002, Biloxi, MS.

29- Dusek, G. and Seim, H., (2013a), *Rip current intensity estimates from lifeguard observations*, Journal of Coastal Research, Vol.29, p.505–518. & (2013b), *A probabilistic rip current forecast model*, Journal of Coastal Research, Vol.29, p.909–925.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-20]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1401.18.36.2.5]

[DOI: 10.52547/marineeng.18.36.14]