

Simulation of Sediment Transport rate using MIKE Software(Case Study:Karri port, Bushehr Province)

Sadeghi, M.¹  | Torabi Azad, M.²  | Sadeghifar, T.³ 

1. M. SC of Hydrography, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.
2. Professor, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Department of Marine Physics, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, and Tehran, Iran.

Corresponding Author E-mail: torabi_us@yahoo.com

(Received: 16 Nov 2023, Revised: 06 Jan 2024, Accepted: 25 Mar 2024, Published online: 03 Apr 2024)

Abstract

One of the most important and critical points in the study and design of marine structures is conducting hydrodynamic studies (including wind, wave, and current studies). The purpose of this research is to investigate the mechanism of sedimentation in Karri Port under the effect of tidal currents and wind waves. The importance of this issue is in the implementation of numerical models on small and large water areas for future predictions. Modeling of water level and flow changes in the studied area was done using a hydrodynamic module (HD) of MIKE 21 software and modeling of waves was done by spectral wave module (SW). The obtained results for currents and waves were evaluated and validated using the available implemented information. The predominant direction of the waves is from the northwest and south. The LITDRIFT module from LITPACK software package and MIKE21-ST module was used for one-dimensional and two-dimensional sediment modeling, respectively. The one-dimensional sediment transfer potential was found to be about 33,000 cubic meters per year. With the location of the breakwater opening towards the south and located in the front part of the beach of Karri village, the amount of sediment settling is not considered a problem for the Karri breakwater. The back of the main arm of the breakwater (north) does not have the problem of sediment accumulation and transfer to the south for the lifetime of the structure. Calibration of the numerical model for the flow and sedimentation pattern in the Karri Port mouth provides agreement of the numerical results with the experimental relations of C.E.R.C and Kamphuis.

Keywords: Current Modeling, Sedimentation, MIKE Software, Karri port, Persian Gulf.

Cite this article: Sadeghi, M., Torabi Azad, M., & Sadeghifar, T. (2024). Simulation of Sediment Transport rate using MIKE Software(Case Study:Karri port, Bushehr Province). Journal of the Nivar, 48(124-125), 12-30. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.425629.1272>

E-mail: (1) sadeghimohammad3333@gmail.com (3) tsadeghifar90@gmail.com



شبیه سازی برآورد نرخ انتقال رسوب با استفاده از نرم افزار MIKE (مطالعه موردی: بندر کری، استان بوشهر)

محمد صادقی^۱ | مسعود ترابی آزاد^۲ | طیب صادقی فر^۳

۱. کارشناسی ارشد مهندسی هیدروگرافی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
۲. استاد فیزیک دریا، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران. (عهده دار مکاتبات).
۳. کارشناس ارشد فیزیک دریا، گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: torabi_us@yahoo.com

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۵، بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۰۶، انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵)

چکیده

یکی از نکات بسیار مهم و حیاتی در مطالعه و طراحی سازه‌های دریایی، انجام مطالعات هیدرودینامیکی (شامل مطالعات باد، موج و جریان) می‌باشد. هدف از ارائه این پژوهش، بررسی مکانیزم رسوب گذاری در بندر کری تحت اثر جریان‌های جزرومدی و امواج ناشی از باد می‌باشد. اهمیت این موضوع در اجرای مدل‌های عددی بر روی حوزه‌های کوچک و وسیع آبی برای پیش بینی‌های آینده است. مدل‌سازی تغییرات تراز آب و جریان در محدوده مورد مطالعه با استفاده از مدول هیدرودینامیک (HD) نرم افزار MIKE 21 و مدل‌سازی امواج توسط مدول طیفی امواج (SW) صورت گرفت. نتایج به دست آمده برای جریان‌ها و امواج با استفاده از اطلاعات اجرا شده موجود، مورد ارزیابی و صحت سنجی قرار گرفت. جهت غالب امواج از سمت شمال غرب و جنوب است. برای مدل‌سازی رسوب یک‌بعدی و دوبعدی به ترتیب از مدول LITDRIFT از بسته نرم‌افزاری LITPACK و مدول MIKE21-ST استفاده شده است. میزان پتانسیل انتقال رسوب یک‌بعدی در حدود ۳۳۰۰۰ مترمکعب در سال به دست آمد. با قرار گیری دهانه موج شکن به سمت جنوب و واقع شدن در بخش جلویی ساحل روستای کری میزان نشست رسوب برای موج شکن کری مشکلی محسوب نمی‌شود. پشت بازوی اصلی موج شکن (شمالی) برای طول عمر سازه مشکل تجمع رسوب و انتقال به سمت جنوب را ندارد. کالیبراسیون مدل عددی برای جریان و الگوی رسوب گذاری در دهانه بندر کری هماهنگی نتایج عددی با روابط تجربی C.E.R.C و Kamphuis را ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی جریان، رسوب گذاری، نرم افزار MIKE، بندر کری، خلیج فارس.

۱. مقدمه

در ساخت بنادر و سازه‌های ساحلی می‌تواند باعث تحمیل هزینه‌های بهره‌برداری سنگین در طول عمر پروژه گشته و حتی در مواردی منجر به غیراقتصادی و تعطیل شدن شود. به‌عنوان مثال حجم سالانه‌ی لایروبی بنادر در کشور ایالات متحده‌ی آمریکا بالغ بر ۲۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که درصد عمده‌ی آن صرف نگهداری و لایروبی کانال‌های دسترسی بنادر برای هدایت کشتی‌ها می‌شود (Amromin et al., 2003). لذا بررسی و شناسایی عوامل مؤثر بر پدیده رسوب گذاری و رفع این مشکل بر پایه تحقیق و محاسبات

رسوب گذاری همواره یکی از مشکلات اصلی بنادر است و موجب اختلال در رفت و آمد شناورها می‌شود، بنابراین طراحی بندر به گونه‌ای که رسوب گذاری کمتری در آن رخ دهد همواره یکی از ملاحظات اصلی طراحی و جانمایی بنادر می‌باشد. رسوب گذاری و انتقال رسوبات در بنادر، تحت تأثیر موج و جریان صورت می‌پذیرد و موج و جریان درون بندر نیز تا حد زیادی از شکل هندسی بندر تأثیر می‌پذیرد. در بسیاری از موارد، عدم مطالعه‌ی رژیم رسوب گذاری منطقه

استناد: صادقی، محمد؛ ترابی آزاد، مسعود و صادقی فر، طیب (۱۴۰۳). شبیه سازی برآورد نرخ انتقال رسوب با استفاده از نرم افزار MIKE (مطالعه موردی: بندر کری، استان بوشهر). مجله نیوار، ۴۸ (۱۲۴-۱۲۵)، ۱۲-۳۰. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.425629.1272>

رایانامه: (۱) sadeghimohammad3333@gmail.com (۳) tsadeghifar90@gmail.com



علمی می تواند ضمن کمک به استفاده مستمر از بنادر در طول سال، از هدر رفت سرمایه های ملی نظیر لایروبی های مکرر نیز جلوگیری نماید. در چندین سال گذشته بسیاری از تحقیقات مرتبط با نرخ انتقال رسوب در سواحل و بنادر کشور کمتر در مورد بنادر تازه تاسیس انجام شده است. این پژوهش از این لحاظ که بندر کری تازه تاسیس شده (۱۳۹۰) و نرخ انتقال رسوب به نوعی برای اولین بار در آنجا برآورد می شود، نوآوری دارد.

مطالعات متعددی در زمینه ی رسوب گذاری و کاهش آن در حوضچه و دهانه ورودی بنادر صورت گرفته است. ین و همکاران (۲۰۰۰) مطالعه ای در خصوص نرخ تبادل رسوب در بنادر مستطیلی با هندسه متفاوت انجام دادند. بنا بر نتایج آزمایش های آن ها، طول بندر، تأثیر به مراتب بیشتری روی نرخ تبادل رسوب نسبت به عرض دارد و تأثیر جزر و مد روی تبادل افقی در بندرهای با ورودی کم عرض شدیدتر خواهد بود. فان مارن و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه ای که بر روی یکی از حوضچه های جدید بندر آنتورپ بلژیک انجام شد، با استفاده از اندازه گیریهای میدانی و مدل های عددی با دقت بالا نشان دادند که با افزایش طول حوضچه نرخ رسوب گذاری کاهش پیدا می کند. بابو^۱ و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از مدل هیدرودینامیک مدل ریاضی MIKE21 اقدام به شبیه سازی و بررسی جریان های جزر و مدی در خلیج کاج^۲ واقع در جنوب غربی هندوستان نمودند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که گرچه جریانهای این خلیج عمدتاً جزر و مدی هستند، اما آنها به طور قابل توجهی تحت اثر تغییرات فصلی باد می باشند. تحقیقات در مطالعه ای توسط لیته و همکاران (۲۰۱۱) در خلیج ایتاپوکورای در سواحل شرقی برزیل با استفاده از یک مدل ریاضی، الگوی جریان هاس ساحلی مورد بررسی قرار گرفت. شکل گیری جریان چرخشی در نزدیکی دماغه بنادر و پیش آمدگی خط ساحل به دلیل حمل رسوب ناشی از جریان های موازی ساحل از نتایج این مطالعه است. یک مدل برای انتقال رسوب تحت

تأثیر جریان ها و امواج توسط ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) ارائه شده است. مدل ارائه شده آنها بر مبنای معادله لایه مرزی مرتبه اول و معادله دیفیوژن - جابجایی رسوب می باشد. برای محدوده جریان های تلاطمی از مدل $K - \epsilon$ استفاده شده است. مدل ژانگ و همکارانش علاوه بر قابلیت پیش بینی انتقال رسوب تحت جریان و امواج، توانایی فرآیندهای مورفولوژیکی در نواحی ساحلی واقعی هم دارا می باشد. شفیعی فر و تقی زاده (۱۳۸۱) با استفاده از مدل عددی MIKE21 به بررسی و تحلیل پدیده انتقال رسوب در منطقه خور و بندر گناوه پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که جهت غالب انتقال رسوب در منطقه، شمال غربی به جنوب متغیر می باشد. در این پژوهش با استفاده از اطلاعات بدست آمده راهکارهای مقابله با مشکل رسوب گذاری در منطقه خور و بندر گناوه پیشنهاد شده است. مسعودی فر و کتابداری (۱۳۸۷) به بررسی احداث بندر امیرآباد بر انتقال رسوب موازی و عمود بر ساحل با استفاده از نرم افزار MIKE21 پرداخته اند. نتایج حاصل نشان می دهد که اولاً مقدار انتقال رسوب در جهت عمود بر ساحل در مقایسه با رسوب موازی ساحل بسیار ناچیز است و ثانیاً یک حالت تدریجی و تعادلی در جهت انتقال این رسوبات حاکم است و در حالت کلی برآیند و راستای غالب انتقال رسوب از سمت غرب به شرق می باشد.

زنگانه و حاج مومنی (۱۳۹۵) با استفاده از مدل هیدرودینامیک مدل ریاضی MIKE21 اقدام به شبیه سازی و بررسی جریان های جزر و مدی در خور بوشهر نمودند. نتایج نشان داد که در هر سال میزان رسوب گذاری در داخل خور بوشهر از حدود ۷ سانتیمتر در جلو اسکله شرکت بازرگانی و خدمات بندری ایران (CPS) تا ۲۲ سانتی متر در محل اسکله کوثر می باشد. ناکاگاوا^۳ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اندازه گیری میدانی و ارائه یک مدل عددی برای محاسبه فرآیند انتقال رسوب نزدیک بستر دریا با لایه لجنی سیال^۴ در سواحل خلیج توکیو پرداخته اند. مطالعات عددی و تحلیلی آنها نشان

³ Nakagawa

⁴ Fluid mud layer

¹ Babu

² Kachchh

اولیه مناسب مشخصات آن ها تعیین می شود. سپس بر اساس مشخصات جریان و موج در سواحل بندر کری توسط نرم افزار MIKE21 نرخ انتقال رسوب محاسبه می شود.

۲. روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه روستای کری در ساحل جنوبی ایران و در نوار شمالی خلیج فارس واقع شده است (شکل ۱). بندر کری در یکی از روستاهای دهستان بوالخیر از بخش های ساحلی شهرستان تنگستان در استان بوشهر واقع است، و در عرض جغرافیایی $28^{\circ} 26' 59''$ تا $28^{\circ} 25' 33''$ شمالی و طول جغرافیایی $51^{\circ} 8' 48''$ تا $51^{\circ} 8' 16''$ شرقی قرار دارد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی بندر کری

در شبیه سازی ریاضی پدیده ها معمولاً مشخصات محیطی و محاسباتی آنها بر روی گره های یک شبکه محاسباتی تعیین می گردند. این شبکه بسته به شیوه حل معادلات، به اشکال مختلف هندسی می تواند تعریف گردد. در نسخه های جدید مدول های مختلف نرم افزار MIKE 21 محاسبات عددی با

داد که مدل شار انتشار^۱، نتایج منطقی و قابل اطمینانی بعد از کالیبره کردن و صحت سنجی پارامترهای مدل به صورت سری زمانی برای تخمین شار فرسایشی^۲ در بالای لایه لجنی سیال، ارائه می دهد. دانگ فنگ^۳ و همکاران (۲۰۱۳) به صورت عددی و دو بعدی به مدلسازی جریان های کشندی (جزرومدی)، انتقال رسوبات معلق و تغییرات مورفولوژیکی سواحل خلیج هانگ ژو چین پرداخته اند. توسط نیک منش و طالب بیدختی (۲۰۱۳)، یک مدل عددی ترکیبی برای شبیه سازی غلظت رسوبات چسبنده در مناطق خیزاب ساحلی^۴ ارائه شد. حداکثر تنش برشی و سرعت فرسایش در نزدیکی خط شکست موج روی میدهد. برای تنش برشی کمتر از حد بحرانی، میزان فرسایش کم است و تقریباً ثابت است، در حالی که بالاتر از حد بحرانی، سرعت فرسایش به سرعت با تنش برشی بالاتر افزایش می یابد. زینی و کهنسال (۲۰۲۰) مدل سازی عددی الگوهای انتقال رسوب تحت تأثیر امواج و جریان های جزر و مدی در ورودی شاخاب بندر پارس را ارائه دادند. پتانسیل انتقال رسوب در ورودی بندر پارس حدود ۳۳۰۰۰ مترمکعب در سال محاسبه شد. همچنین نتایج نشان دادند که مهمترین عوامل رسوب گذاری در منطقه الگوهای جریان جزر و مدی موازی با ساحل و امواج هستند. بر اساس تحقیقات صادقی فر و همکاران (2013, 2014, 2018 a, b) نرخ انتقال رسوب در مناطق ساحلی خزر جنوبی بررسی شد. مقادیر نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل با استفاده از اندازه گیری میدانی و شبکه های عصبی مصنوعی و مدل ANFIS محاسبه شد. نتایج حاصل نشان داد مدل ANFIS در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی و فرمول های نیمه تجربی شناخته شده، کارایی بیشتر برای برآورد نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل دارد. هدف تحقیق حاضر برآورد دقیق از میزان و تغییرات رسوب گذاری در حوضچه بندر کری واقع در استان بوشهر می باشد. جهت مطالعه رسوب گذاری در این بندر توسط مدل سازی امواج و جریان های ناشی از باد با شرایط مرزی و

³ Dong-feng

⁴ Surf zone

¹ Diffusion

² Erosion flux

نقشه های هیدروگرافی منطقه در مقیاس و تا عمق مناسب، آمار سرعت باد و جهت باد در منطقه طرح، آمار مشخصات امواج سالیانه در منطقه آب عمیق شامل ارتفاع مشخصه موج، پریود، میانگین جهت انتشار موج و یا طیفی از انرژی یا عمل موج به عنوان داده های مرز آب عمیق مدل

۲- اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی پدیده جزر و مد و جریان توسط مدول HD شامل:

نقشه های هیدروگرافی منطقه در مقیاس مناسب، ثابت های هارمونیک پدیده جزر و مد در منطقه مورد نظر، آمار تغییرات سطح آب در یک بازه زمانی مناسب بر روی مرزهای باز مدل، الگوی کلی جریان های جزر و مدی حاصله از آزمون ردیابی شناور، آمار سرعت و جهت جریان در چند نقطه بر روی مرز و نقاطی در داخل محدوده مدل، در صورت وجود چشمه یا چاهک در داخل مدل، میزان دبی ورودی و خروجی آنها و جهت ورود و خروج آب از آنها، در صورت وجود رودخانه های منتهی به دریا در داخل مدل، آمار دبی رودخانه

۳- اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی رسوب و فرسایش در مناطق ماسه ای توسط مدول LITDRIFT شامل:

مشخصات و دانه بندی رسوبات بستر در نقاط مختلف شامل D50، انحراف معیار داده های دانه بندی رسوب و جرم حجمی رسوبات، دمای آب، انتخاب تئوری مناسب جهت بررسی پدیده در آب های کم عمق، تغییرات قائم کمیت های جریان خیلی جزئی هستند، بنابراین می توان از معادلات حرکت و پیوستگی در عمق متوسط گیری نمود و در این شرایط فقط توزیع افقی کمیت های متوسط گیری شده در عمق تعیین می شوند. با انتگرال گیری از معادلات اندازه حرکت در عمق و در نظر گرفتن نیروهای خارجی موثر در جریان، معادلات پیوستگی و ناویر-استوکس میانگین گیری شده به صورت روابط ۱ تا ۴ در می آیند (Schlichting, 1979).

استفاده از شبکه مختصاتی مثلثی نامنظم، یعنی یک مش نامنظم^۱ که فواصل گره های آن بر روی هر یک از محورهای می تواند متغیر باشد، انجام می شود. شبکه محاسباتی اصلی را که تعیین کننده حدود منطقه مورد شبیه سازی می باشد، مدل منطقه ای می گویند. می توان گفت که طراحی مدل منطقه ای یکی از مهمترین مراحل شبیه سازی می باشد. از جمله مشخصات اصلی مدل منطقه ای می توان به موقعیت مبدا مختصات، زاویه محور X مدل با شمال واقعی و مساحت حداکثر شبکه های محاسباتی اشاره نمود (MIKE21 Spectral Wave, 2012).

در مدل سه بعدی نرم افزار مایک، گسسته سازی معادلات در محدوده مورد مطالعه بر اساس روش حجم محدود انجام می شود. گسسته سازی محدوده در نظر گرفته شده توسط تقسیم کردن محیط پیوسته به سلول ها و اجزایی کوچکتر صورت می گیرد، بطوریکه این اجزا بر روی یکدیگر همپوشانی نداشته باشند. جمع آوری اطلاعات ورودی و دقت در آن مستلزم صرف زمان زیادی می باشد. اما این کار دارای اهمیت بسزایی است. در منطقه مورد مطالعه تمام اطلاعاتی که به هر نحو با پدیده های مطرح در مدل سازی مربوط می باشند، باید جمع آوری شوند. این اطلاعات می تواند شامل نقشه های هیدروگرافی منطقه در مقیاس مناسب، مشخصات موج، سرعت و جهت جریان های دریایی در نقاط مختلف مدل، به خصوص بر روی مرزهای مدل و غیره می باشد. بخش زیادی از داده های مورد نیاز این تحقیق از سازمان بنادر و دریانوردی تهیه شده است. با توجه به مکانیزم های حمل رسوب که عمدتاً جریان های جزر و مدی و جریان های ناشی از امواج می باشد، داده های زیر جهت بررسی پدیده رسوب گذاری مورد نیاز می باشند:

۱- اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی انتشار امواج از آب عمیق به منطقه ساحلی توسط مدول SW شامل:

¹ Flexible Mesh

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(uvh)}{\partial x^2} + \frac{\partial(vvh)}{\partial y^2} = -gh \frac{\partial(h+z_b)}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{yx})}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{yy})}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} \quad (۱)$$

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(uuh)}{\partial x^2} + \frac{\partial(vuh)}{\partial y^2} = -gh \frac{\partial(h+z_b)}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{xx})}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial y} - \frac{\tau_{bx}}{\rho}$$

$$T_{xx} = 2\rho v_t \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right), \quad T_{yy} = 2\rho v_t \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

$$T_{xy} = T_{yx} = \rho v_t \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

(۲)

$$\begin{bmatrix} \tau_{bx} \\ \tau_{by} \end{bmatrix} = \rho \frac{g}{C^2} \sqrt{u^2 + v^2} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

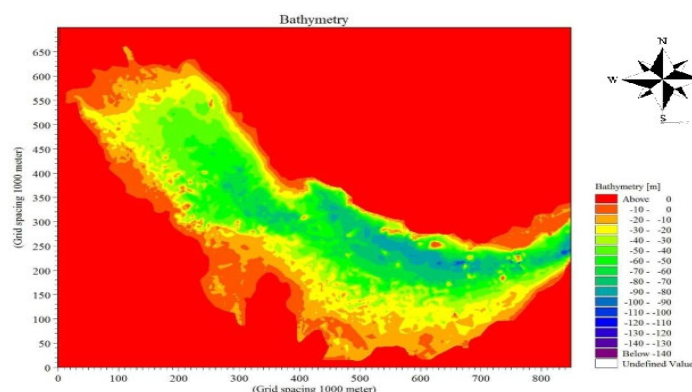
(۳)

$$v_t = \alpha u_* h \quad u_* = c_f \sqrt{u^2 + v^2} \quad c_f = \frac{\sqrt{g}}{C}$$

(۴)

ضریب شزی، C_f ضریب اصطکاک بستر، u^* سرعت اصطکاک، u_t ضریب اصطکاک کینماتیکی و g شتاب جاذبه می‌باشد. اطلاعات عمق بر اساس نقشه‌های هیدروگرافی از سایت ETOPO1 (۲۰۰۸) در کل محدوده خلیج فارس و دریای عمان استخراج شده است. (شکل ۲)

در معادلات ۱ تا ۴، u و v به ترتیب، سرعت‌های میانگین-گیری شده با عمق در راستای طولی و عرضی، z_b تراز بستر، h عمق آب، ρ چگالی آب دریا، T_{xx} ، T_{xy} ، T_{yx} ، T_{yy} تنش‌های تششی متوسط‌گیری شده در عمق، τ_{bx} ، τ_{by} ، به ترتیب تنش‌های بستر در راستای طولی و عرضی، C



شکل ۲. داده‌های عمق‌نگاری ETOPO1 برای خلیج فارس مورد استفاده در مدل منطقه‌ای جریان

مؤلفه‌های سرعت باد از سیستم پیش‌بینی جهانی^۱ (GFS) که یک مدل عددی پیش‌بینی آب‌وهوای جهانی است و توسط

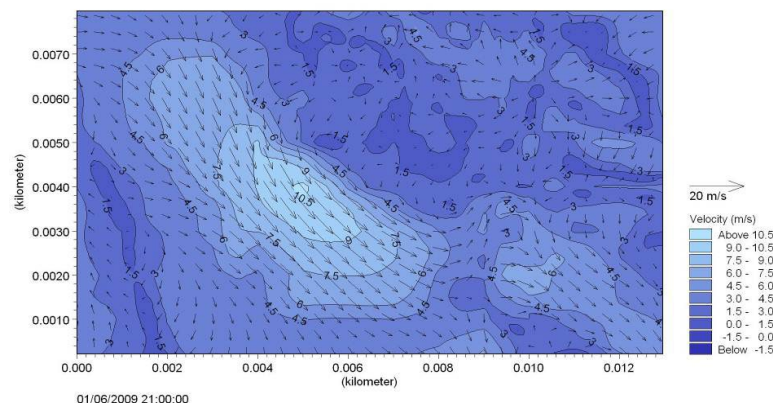
داده‌های باد شامل سه پارامتر سرعت در جهت افقی، سرعت در جهت قائم و فشار هوا در سطح متوسط دریاها است.

^۱ Global Forecast System

دقیق جریان های جزر و مدی در کل محدوده طرح (که به صورت رفت و برگشتی می باشد)، با دقت مناسبی امکان پذیر باشد. برای مدل سازی نوسانات سطح آب و شبیه سازی جریان های جزرومدی در خلیج فارس از ثابت های هارمونیک سازمان نقشه برداری در تنگه هرمز استفاده شد. به این دلیل که در مدل منطقه ای خلیج فارس، تنها مرز باز که نیاز به معرفی اطلاعات به مدل وجود دارد، در محدوده تنگه هرمز واقع شده است. نوسانات برای تخصیص اطلاعات مرزی برای مدل سازی مدل منطقه ای مطابق شکل ۴ اعمال گردید. به منظور بررسی دقیق تر انتقال رسوب اقدام به تهیه مدل محلی از محدوده بندر کری به عمل آمد. در این مدل محلی، شرایط مرزی در مرزهای منتهی به دریا از نتایج مدل کلی خلیج فارس بدست آمده است. ابعاد مدل طراحی شده برای مدل سازی انتشار امواج تا نزدیکی ساحل بندر کری بر اساس محل استخراج مشخصات موج، جریان و رسوب از مدل کلی انتخاب شده است. همچنین بر اساس اطلاعات هیدروگرافی نقشه های ۱:۲۵۰۰۰ و اطلاعات هیدروگرافی محلی از محدوده طرح با مقیاس ۱:۵۰۰۰، شبکه بندی مدل به گونه ای انجام شده که در مناطق دورتر از محل پروژه دارای ابعاد المانی درشت و در محدوده نزدیک محل پروژه و نیز در مناطق با عمق کم آب دارای ابعاد المانی کوچکتر باشد.

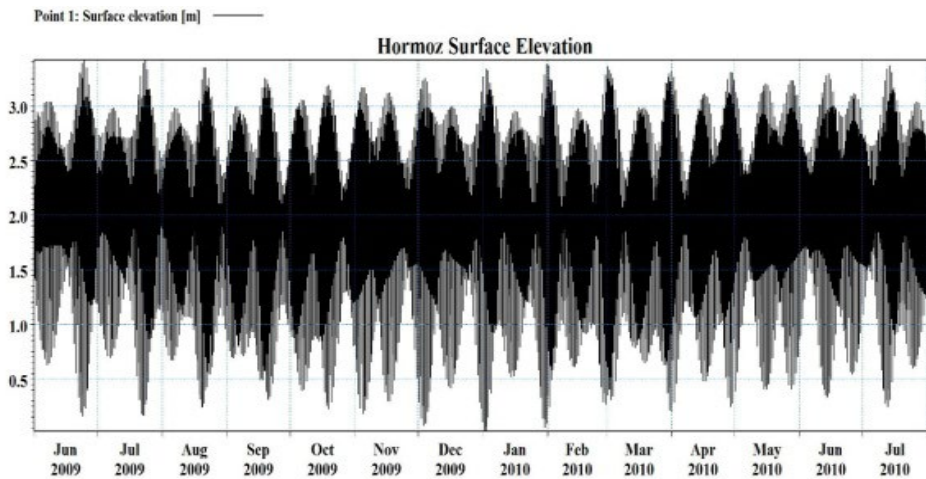
NOAA توسعه داده شده، اخذ گردید. این مدل ریاضی چهار بار در روز اجرا شده و در مدل پیشرفته این میزان به ۱۶ بار در روز می رسد که در این حالت از دقت مکانی و زمانی آن کاسته می شود. داده های میدان باد GFS با فاصله شبکه - ای ۰/۵ درجه (۰/۵ درجه عرض جغرافیایی در راستای شمالی - جنوبی و ۰/۵ درجه طول جغرافیایی در راستای شرقی - غربی) روی سطح منطقه از سایت NCEP¹ به شکل فایل های GRIB استخراج شد، سپس با به کارگیری نرم افزار GRADS این فایل ها به فایل های txt تبدیل شده تا برای مدل قابل خواندن باشند. صحت داده های مدل جهانی باد GFS توسط محققینی همچون گارسیا (۲۰۰۷) و دیکنز (۲۰۰۸) مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان می دهد که این داده ها از صحت قابل قبولی برخوردار می باشند. داده های باد در جهت جنوب و جنوب غربی منفی نمایش داده می شوند (شکل ۳).

توصیف سطح آب و جریان در مرزهای باز، به عبارت دیگر توصیف شرایط مرزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مرزهای باز مدل به وسیله تراز آب به صورت متغیر در زمان، ثابت در مکان مشخص گردیده اند. موقعیت مرز مدل هیدرودینامیک منطقه ای به گونه ای انتخاب می شود که ضمن موجود بودن اطلاعات صحیح و قابل اطمینان در آن، با داشتن فاصله کافی از محل مورد نظر، استخراج مشخصات و رژیم



شکل ۳. نمونه ای از اطلاعات باد GFS برای منطقه خلیج فارس و دریای عمان استفاده شده در مدل جریان و موج

¹ National Centers for Environmental Prediction

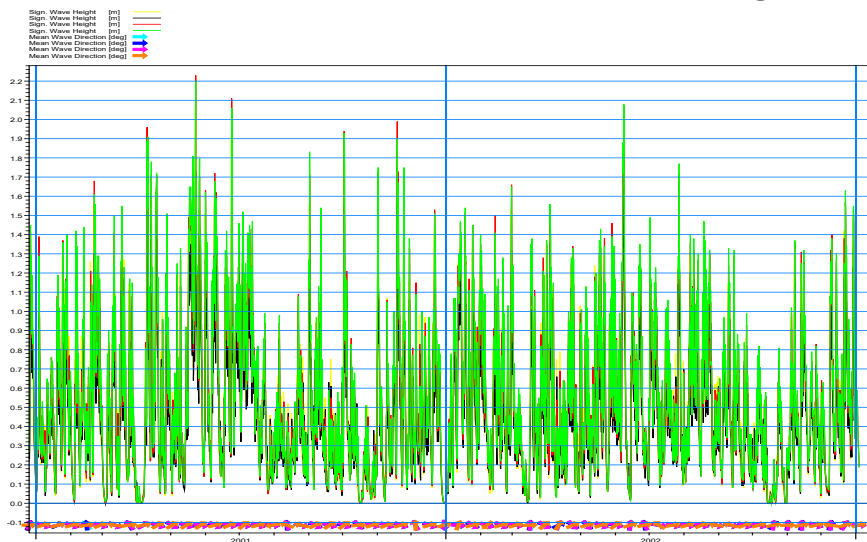


شکل ۴. سری زمانی تراز جزر و مدی در جزیره هرمز، مورد استفاده به عنوان مرز باز مدل منطقه‌ای

۳. نتایج

با توجه به الگوی باد و موج منطقه، دوره آماری موجود و در نظر گرفتن گام زمانی و زمان ثبت داده‌ها، داده‌های باد و داده‌های موج مورد مطالعه به عنوان ورودی باد در مدل و داده‌های موج خروجی مدل به عنوان داده موج آب عمیق ورودی در مدل برای انتقال امواج به ناحیه نزدیک ساحل

پروژه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شکل ۵ مقایسه سری زمانی داه های موج استخراج شده از اجرای مدل مایک با داده های پروژه مدلسازی دریا های ایران را نشان می دهد. لذا صحت خروجی های مدل عددی اجرا شده تایید می گردد.



شکل ۵: مقایسه سری زمانی داده‌های مدل موج با داده‌های پروژه مدل سازی امواج دریا های ایران در منطقه کری

شبه‌سازی ریاضی نحوه رسوب گذاری در منطقه مورد مطالعه از نرم‌افزار MIKE21 و داده‌های اندازه‌گیری شده میدانی استفاده شد. پس از مشخص شدن اطلاعات ورودی، شبه‌سازی‌های جریان‌های جزرومدی با استفاده از مدل HD صورت پذیرفت. این مدل با فراهم ساختن بستر مناسبی برای

اجرای اغلب مدل‌های دیگر، پایدارترین مدل نرم‌افزار MIKE21 می‌باشد. سپس الگوی انتشار امواج در ناحیه ساحلی توسط مدل SW نرم‌افزار شبه‌سازی شد. نهایتاً با استفاده از مدل LITDRIFT و مدل ST، به ترتیب، میزان پتانسیل انتقال رسوب یک‌بعدی به موازات ساحل به دست

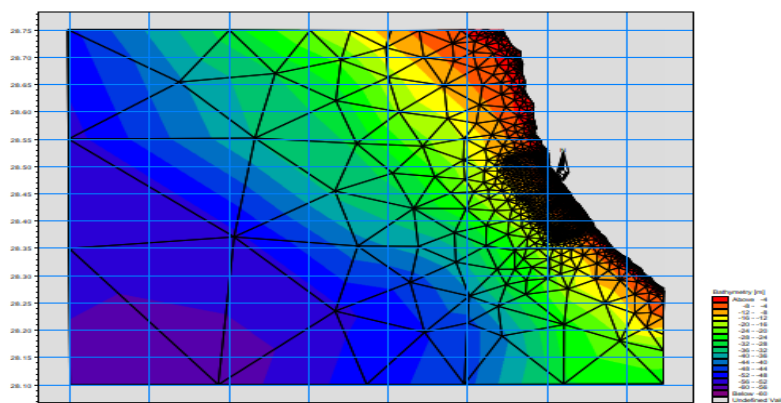
آب بوده و مرزهای جنوب شرقی و شمال غربی به صورت شار جریان انتخاب شده است. به منظور بررسی اثر ضریب ویسکوزیته بر ترازها و سرعت های جزرومدی از فرمول اسماکورینسکی استفاده شد (رابطه ۵).

$$A_m = C \Delta x \Delta y \frac{1}{2} |\nabla V + (\nabla V)^T| \quad (5)$$

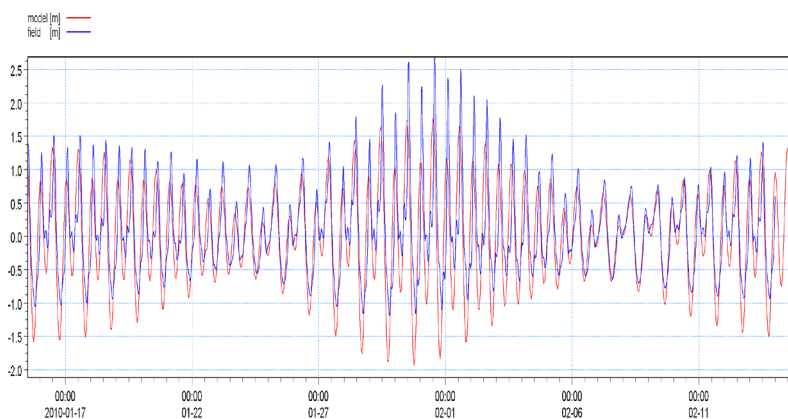
که در آن A_m ضریب ویسکوزیته تلاطمی است و با مقدار ثابت $C = 0.28$ که در آیین نامه نرم افزار پیشنهاد شده، جهت استفاده در شبیه سازی این مطالعات به کار گرفته شده است. ضریب زبری بستر هم از جمله پارامترهایی است که با توجه به نوع معادلات مورد استفاده در انجام محاسبات جریانات به عنوان پارامترهای قابل تغییر در روند واسنجی قابل استفاده می باشد. بدین منظور با توجه به میزان انطباق نتایج مدل با پیش بینی های انجام شده به ازای مقادیر مختلف ضریب زبری بستر، مقدار 0.35 برای ضریب مانینگ انتخاب شده و مدل ریاضی طراحی شده با این مقدار اجرا می شود. از اندازه گیری های میدانی در یک محدوده زمانی معین (ژانویه و فوریه سال ۲۰۱۰) به عمل آمده که نشان از انطباق مورد قبول نتایج مدل عددی با داده های اندازه گیری شده می باشد (شکل های ۶، ۷)

آمد. برای مدل کردن جریان های جزرومدی ابتدا یک مدل منطقه ای طراحی گردید و شرایط مرزی اعمال گردید. سپس خروجی های این مدل در یک مدل کوچک تر (مدل محلی) مربوط به محدوده ساحل بنادر پارس اعمال گردید. شبیه سازی جریان های جزرومدی با گام زمانی یک ساعته روی یک شبکه بندی مثلثی نامنظم در سال های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ انجام شده است. شبکه بندی انتخاب شده و تعیین مرزها برای این شبیه سازی در شکل ۵ نشان داده شده است. شبکه بندی مورد نظر دارای ۴۹۲۵ المان بوده و مساحت المان های آن از ۶۰۰ مترمربع (در محدوده نزدیک بندر) و تا ۶۰ هزار مترمربع در مناطق دور از ساحل انتخاب شده است. داده های مرزی به صورت سرعت های جریان و ترازهای جزرومدی از مدل کلی تر برای کنترل نمودن گام زمانی می توان محدوده تغییرات گام زمانی را تعریف کرد. در این مطالعه، مقدار کمینه و بیشینه گام زمانی برابر ۱ و ۳۶۰۰ ثانیه و عدد CFL برابر با ۰/۸ در نظر گرفته شده تا پایداری شبیه سازی عددی حتمی گردد.

برای نمونه، صحت سنجی از مقایسه نتایج ترازهای آب جزر و مدی حاصل از مدل عددی با مقادیر مشابه حاصل منطقه ای استخراج شده و به مدل تخصیص داده شده است. داده های مرزهای باز تخصیص داده شده در آب عمیق به صورت تراز



شکل ۶. موقعیت و تعیین مرزهای مورد استفاده در مدل محلی جریان محدوده بندر کری



شکل ۷: مقایسه نتایج مدل عددی محلی برای نوسانات سطح آب با داده‌های میدانی برای دهانه بندر کری در عمق ۱۰ متری (ژانویه و فوریه سال ۲۰۱۰)

شده است (Shore Protection Manual, 1984).

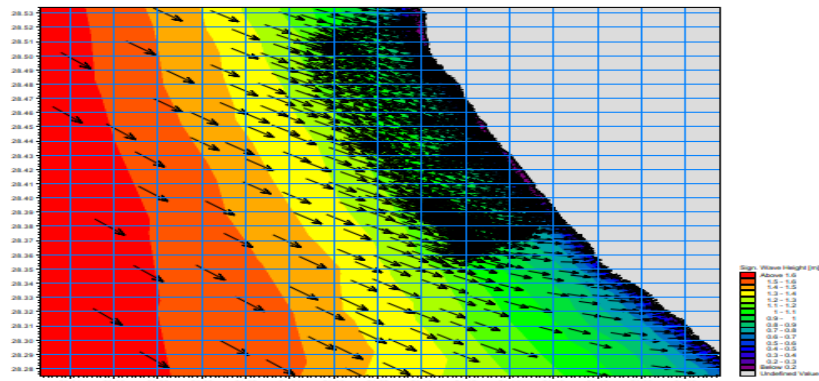
جریان‌های موازی ساحل عامل اصلی انتقال ۸۰ الی ۹۰ درصد رسوباتی هستند که در این منطقه از بستر جدا شده و در آب غوطه‌ور می‌شوند که به آن‌ها رسوبات موازی ساحل^۱ می‌گویند. در بسیاری از موارد، روند تغییرات در راستای عمود بر ساحل، در طول ساحل قابل توجه نمی‌باشد و استفاده از مدل‌هایی با فرض این عدم تغییر و لحاظ تنها انتقال موازی ساحل (مدل‌سازی یک‌بعدی^۲) در تغییرات خط ساحلی به نتایجی منطقی منتهی می‌گردد. بدین منظور در این مقاله ابتدا به محاسبه پتانسیل انتقال رسوبات موازی ساحل و سپس به الگوی رسوب‌گذاری دوبعدی با استفاده از مدل ST پرداخته شده است. نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل، معمولاً به صورت حجم رسوب انتقال یافته سالیانه ارائه می‌شود. در این مطالعه، جهت محاسبه حجم سالانه انتقال رسوبات ساحلی با توجه به مشخصات موج منطقه، از مدل ریاضی و روابط تجربی استفاده شده است.

۴. بحث و نتیجه گیری

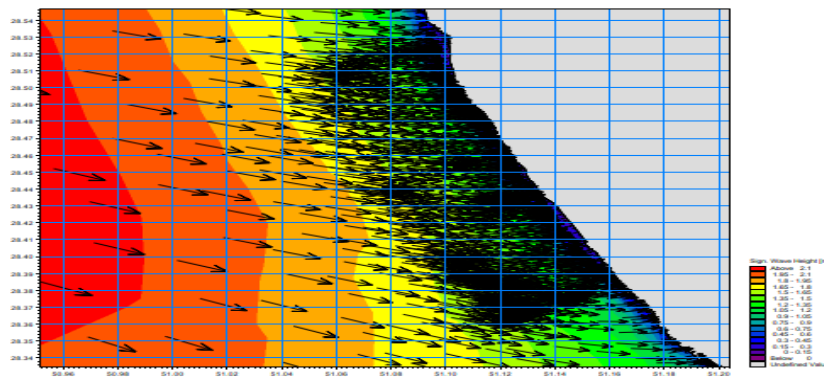
بر اساس نتایج شبیه‌سازی امواج در محدوده بندر کری، نمودار زمانی ارتفاع امواج در محدوده‌ی دهانه بندر کری تعیین شد. مطابق با شکل ۹ بیشترین ارتفاع موج در محدوده بندر در حدود ۲/۸ متر مدل‌سازی شده است. برای مدل‌سازی تولید و انتقال امواج در این مطالعات از روش Fully Spectral استفاده و تأثیر انتقال انرژی باد بر روی سطح آب و به عبارت دیگر تولید امواج در اثر وزش باد نیز لحاظ گردیده است. ضرایب کالیبراسیون شامل ضرایب شکست موج و اصطکاک بستر می‌باشد که بر اساس مقادیر پیشنهادی در پروژه مدل‌سازی امواج آب‌های ایران مقادیر کالیبره شده ضرایب به صورت زیر در نظر گرفته شده است: ضرایب شکست موج برابر با $\alpha = 0.8$ ، ضریب اصطکاک بستر شامل زبری $Kn = 0.002$ پس از اجرای مدل تولید و انتشار موج با استفاده از روش Fully Spectral، مشخصات موج در ناحیه ساحلی استخراج شده است. الگوی انتشار امواج از آب عمیق تا آب‌های مقابل محدوده سایت پروژه در شکل ۸ نشان داده

² One-Line modeling

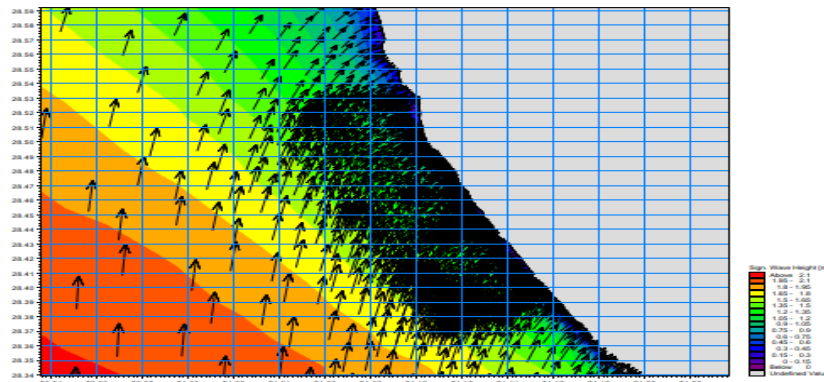
¹ along-shore sediment



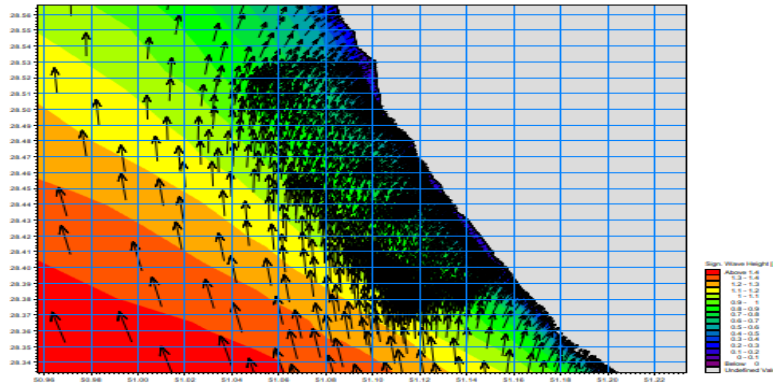
انتشار امواج ۳۱۵ درجه



انتشار امواج ۲۹۲/۵ درجه

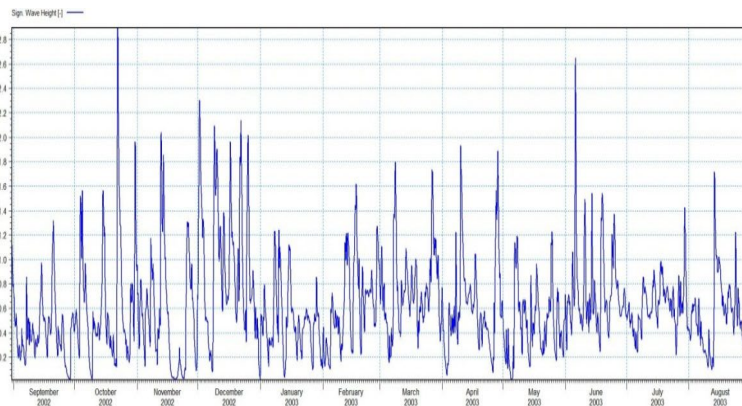


انتشار امواج ۱۸۰ درجه



انتشار امواج ۱۵۷/۵ درجه

شکل ۸: انتشار امواج در جهت های مختلف



شکل ۹: سری زمانی نتایج شبیه زمانی امواج در محدوده بندر کری

جنوب شرق (-ve) و از جنوب شرق به شمال غرب (+ve) در شکل ۱۰ ارائه شده است. این نمودار نشان می‌دهد که غالب انتقال رسوبات کرانه‌ای (پیک نمودار) در عمق ۶- متری CD رخ می‌دهند. با توجه به شکل ۱۱، میزان نرخ انتقال رسوب ناخالص تجمعی سالانه برابر ۳۳۰۰۰ مترمکعب در سال به دست آمده است. میزان نرخ انتقال رسوب مدل عددی با روش تجربی Kamphuis بر اساس رابطه ۷، مورد مقایسه قرار داده شد (Kamphuis, 1991).

$$Q = 6.4 \times 10^4 H_{sb}^2 T_p^{1.5} m_b^{0.75} D_{50}^{-0.25} \sin^{0.6}(2\alpha_b) \quad (7)$$

در رابطه ۷ Q نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل، H_{sb} : ارتفاع مشخصه موج در محل شکست، T_p : پرپود

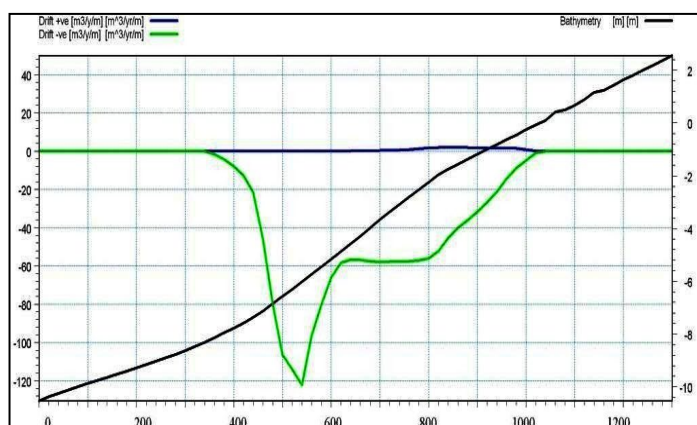
به این طریق که ابتدا برای مطالعات رسوب و فرآیند رسوب‌گذاری یک‌بعدی از مدل ریاضی LITDRIFT از مجموعه نرم‌افزار LITPACK استفاده شد. این نرم‌افزار با در نظر گرفتن پدیده انکسار و کم‌عمقی و انتقال امواج به سمت ساحل، مشخصات لازم برای امواج را در نقطه شکست محاسبه می‌نماید. با توجه به اینکه عمقی که در آن شکست رخ می‌دهد برای هر مؤلفه‌ی موج متفاوت می‌باشد، نرم‌افزار، عمق ناحیه شکست برای مؤلفه‌های مختلف امواج را تعیین می‌کند. سپس با اعمال فرمول‌های مناسب انتقال رسوب برای هر مؤلفه، پتانسیل انتقال رسوبات را برای هر مؤلفه از امواج تعیین می‌کند. در نهایت با کنار هم قرار دادن رسوبات ناشی از مؤلفه‌های مختلف موج، توزیع عرضی انتقال رسوبات از دریا به ساحل مشخص می‌گردد. اطلاعات ورودی این نرم‌افزار، مشخصات نوار ساحلی و خصوصیات امواج می‌باشد. نمودارهای پتانسیل انتقال رسوبات از شمال غرب به

CERC و Kamphuis به طور جداگانه محاسبه نمود و سپس با لحاظ کردن فرکانس وقوع جریان موازی ساحل ناشی از

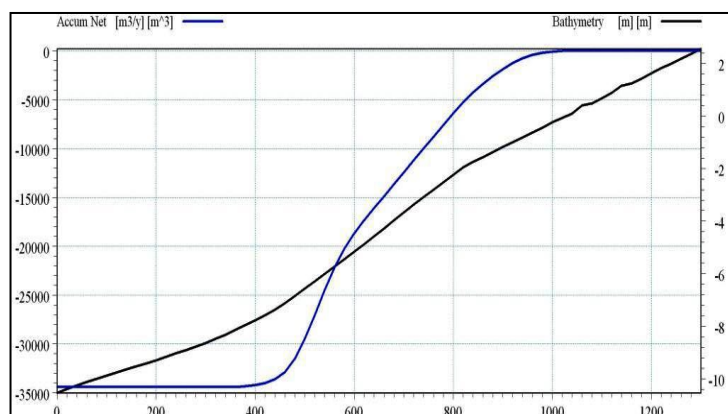
بیک موج، m_b : شیب ساحل در منطقه شکست ($= d_b \lambda_b$)
که d_b عمق شکست و λ_b فاصله خط آب تا موج شکن

شکست امواج که معادل فرکانس وقوع موج مولد خواهد بود، و برهم نهی جریان‌ها، مقدار مؤلفه‌های جریان کرانه‌ای را تعیین نمود. جهت جریان‌های کرانه‌ای نیز بر اساس راستای حرکت امواج نسبت به راستای عمود بر ساحل تعیین می‌گردند که به دو جریان غرب به شرق و بالعکس مجزا می‌شوند. باید توجه داشت که معادلات فوق صرفاً پتانسیل انتقال رسوب را ارائه می‌نمایند که بسته به میزان رسوب موجود، با مقدار واقعی می‌تواند متفاوت باشد. در جدول های ۱ و ۲ مقدار انتقال رسوب در محدوده سواحل کری با استفاده از روابط تجربی آورده شده است.

است، D_{50} : قطر متوسط ذرات رسوب، α_b : زاویه موج در نقطه شکست. با توجه به برنامه‌نویسی این فرمول در نرم‌افزار اکسل، میزان نرخ انتقال رسوب ۳۵۰۰۰ مترمکعب در سال به دست آمد که نشان از هم‌خوانی و انطباق مناسب نتایج مدل عددی MIKE21 با روش تجربی دارد. از آنجایی که هر یک از مؤلفه‌های امواج سالیانه، پتانسیل انتقال رسوب خاص دارند، لذا باید بر حسب مشخصات هر یک از مؤلفه‌ها، میزان پتانسیل حمل رسوبات کرانه‌ای را، به کمک رابطه



شکل ۱۰: نمودارهای نرخ انتقال رسوب از شمال غرب به جنوب شرق (-ve) و از جنوب شرق به شمال غرب (+ve) بندر کری



شکل ۱۱: نمودار نرخ انتقال رسوب ناخالص تجمعی بندر کری

سمت راست ساحل (شمال غرب) ۳۷۰۶۶/۲۵۹ متر مکعب
در سال و مقدار انتقال به سمت چپ ساحل (جنوب شرق)


میزان انتقال رسوب بر اساس داده‌های موج در ساحل روستای
کری توسط روابط تجربی نیز محاسبه شد. مقدار انتقال به


نتایج بیانگر این مطلب است که نرخ انتقال رسوب در ساحل روستای کری و موقعیت موج شکن به سمت پایین دست موج شکن یعنی ساحل جنوبی می باشد. شکل های ۱۲ و ۱۳ نمای

۲۰۶۷۳۹/۶۵۳ متر مکعب در سال می باشد. نرخ انتقال رسوب خالص سالیانه در این منطقه معادل برآیند مقادیر به دست آمده در جهات مختلف روی خط ساحل می باشد که این مقدار برابر ۱۶۹۶۷۳/۳۹۴ متر مکعب در سال می باشد. این

شماتیکی انتقال رسوب در موقعیت موج شکن روستای کری و چگونگی انباشت رسوبی در ساحل بندر کری را نمایش می دهند.

جدول ۱: محاسبه نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل بندر کری با استفاده از رابطه C.E.R.C

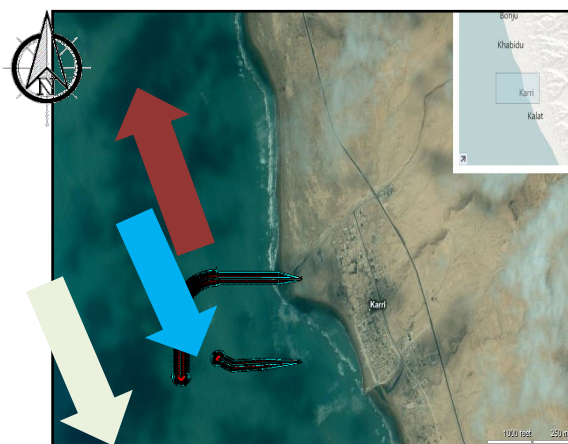
جهت موج (درجه)	ارتفاع موج (m)	دوره تناوب (sec)	درصد وقوع (%)	D50 (mm)	Q _{RL} (m ³ /year)	Q _{RR} (m ³ /year)	Q _R NET(m ³ /year)
NWN (۳۲۶/۲۵°- ۳۴۸/۷۵°)	۰/۲۵	۲/۸۳	۳/۰۶۸	۰/۰۰۳	-۱۴۹۵/۳۶۵		-۱۴۹۵/۳۶۵
	۰/۷۵	۴/۰۳	۱/۱۹۵	۰/۰۰۳	-۶۸۵۹/۵۴۹		-۶۸۵۹/۵۴۹
	۱/۲۵	۴/۹۱	۰/۴۲۳	۰/۰۰۳	-۸۰۵۵/۱۵۳		-۸۰۵۵/۱۵۳
	۱/۷۵	۵/۲۵	۰/۰۵۶	۰/۰۰۳	-۱۸۲۸/۴۳۷		-۱۸۲۸/۴۳۷
NW (۳۰۳/۷۵°- ۳۲۶/۲۵°)	۰/۲۵	۳/۱۹	۱۳/۱۹	۰/۰۰۳	-۵۰۹۰/۸۹۳		-۵۰۹۰/۸۹۳
	۰/۷۵	۴/۱۹	۸/۴۲۵	۰/۰۰۳	-۴۵۴/۹۱۱		-۴۵۴/۹۱۱
	۱/۲۵	۵/۱۹	۴/۸۲۲	۰/۰۰۳	-۹۵۸/۸۳۸		-۹۵۸/۸۳۸
	۱/۷۵	۶/۰۴	۱/۳۵۶	۰/۰۰۳	-۵۲۸/۴۳		-۵۲۸/۴۳
	۲/۲۵	۶/۹۸	۰/۱۱۸	۰/۰۰۳	-۱۰۱/۸۴۱		-۱۰۱/۸۴۱
NWW (۲۸۱/۲۵°- ۳۰۳/۷۵°)	۰/۲۵	۳/۵۲	۲۳/۳۴	۰/۰۰۳	-۸۱۶۴/۵۶		-۸۱۶۴/۵۶
	۰/۷۵	۴/۸۷	۱۴/۷۲	۰/۰۰۳	-۵۸۳۸۳/۸۴۱		-۵۸۳۸۳/۸۴۱
	۱/۲۵	۵/۷۹	۴/۵۱	۰/۰۰۳	-۶۸۸۳۹/۱۹۳		-۶۸۸۳۹/۱۹۳
	۱/۷۵	۶/۵۸	۰/۹۲	۰/۰۰۳	-۳۳۶۸۲/۰۱		-۳۳۶۸۲/۰۱
	۲/۲۵	۷/۲۵	۰/۰۹۳	۰/۰۰۳	-۶۵۳۴/۱۵۱		-۶۵۳۴/۱۵۱
	۲/۷۵	۸/۲۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	-۲۱۵۲/۹۴۸		-۲۱۵۲/۹۴۸
W (۲۵۸/۷۵°- ۲۸۱/۲۵°)	۰/۲۵	۲/۹۸	۲/۶۶۹	۰/۰۰۳	-۶۴۸/۳۸۶		-۶۴۸/۳۸۶
	۰/۷۵	۴/۳۷	۰/۴۲۳	۰/۰۰۳	-۱۱۱۲/۲۶۵		-۱۱۱۲/۲۶۵
	۱/۲۵	۵/۷۷	۰/۱۰۶	۰/۰۰۳	-۹۷۸/۳۵۴		-۹۷۸/۳۵۴
	۱/۷۵	۶/۷۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۱۲۹/۸۲۶		-۱۲۹/۸۲۶
	۲/۲۵	۶/۷۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۲۴۳/۸۹۹		-۲۴۳/۸۹۹
	۲/۷۵	۶/۷۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۴۹۶/۸۰۳	-۴۹۶/۸۰۳	
S	۰/۲۵	۳/۶۳	۲/۶۶۹	۰/۰۰۳		۱۰۹۰/۱۸۹	۱۰۹۰/۱۸۹

(۱۶۸/۷۵°- ۱۹۱/۲۵°)	۰/۷۵	۴/۳۵	۰/۴۱۷	۰/۰۰۳		۲۱۳۹/۶۴۶	۲۱۳۹/۶۴۶
	۱/۲۵	۶/۵	۰/۱۰۶	۰/۰۰۳		۱۹۵۴/۴۱۱	۱۹۵۴/۴۱۱
	۱/۷۵	۶/۵۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳		۲۵۹/۲۴۱	۲۵۹/۲۴۱
SES (۱۴۶/۲۵°- ۱۶۸/۷۵°)	۰/۲۵	۳/۷۱	۳/۴۰۹	۰/۰۰۳		۱۴۸۴/۳۰۱	۱۴۸۴/۳۰۱
	۰/۷۵	۴/۷	۱/۷۶۷	۰/۰۰۳		۹۱۹۷/۱۴۶	۹۱۹۷/۱۴۶
	۱/۲۵	۵/۶	۰/۵۴۷	۰/۰۰۳		۱۰۷۷۶/۲۳۲	۱۰۷۷/۲۳۲
	۱/۷۵	۶/۳۹	۰/۱۰۵	۰/۰۰۳		۴۹۰۵/۹۱۴	۴۹۰۵/۹۱۴
	۲/۲۵	۷/۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳		۱۰۶۳/۰۸۴	۱۰۶۳/۰۸۴
	۲/۷۵	۸/۲۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳		۸۸۰/۶۲۸	۸۸۰/۶۲۸
SE (۱۲۳/۷۵°- ۱۴۶/۲۵°)	۰/۲۵	۳/۷۱	۰/۱۸۷	۰/۰۰۳		۷۷/۱۶۲	۷۷/۱۶۲
	۰/۷۵	۴/۷	۰/۲۵۵	۰/۰۰۳	۱۲۶۹/۸۶۹	۱۲۶۹/۸۶۹	
	۱/۲۵	۵/۶	۰/۰۷۵	۰/۰۰۳	۱۴۱۱/۰۱۴	۱۴۱۱/۰۱۴	
	۱/۷۵	۶/۳۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳	۵۵۷/۴۲۲	۵۵۷/۴۲۲	
برآیند انتقال رسوب ناشی از موج			۸۹/۰۴۴%	-۲۰۶۷۳۹/۶۵۳	۳۷۰۶۶/۲۵۹	-۱۶۹۶۷۳/۳۹۴	

جدول ۲: محاسبه نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل بندر کبری با استفاده از رابطه Kamphuis

جهت موج (درجه)	ارتفاع موج (m)	دوره تناوب (sec)	درصد وقوع (%)	D50 (mm)	Q _R L (m ³ /year)	Q _R R (m ³ /year)	Q _R NET(m ³ /year)
NWN (326.25°- 348.75°)	۰/۲۵	۲/۸۳	۳/۰۶۸	۰/۰۰۳	-۵۵/۵۲۱۷		-۵۵/۵۲۱۷
	۰/۷۵	۴/۰۳	۱/۱۹۵	۰/۰۰۳	-۲۶۰/۲۳۲۷		-۲۶۰/۲۳۲۷
	۱/۲۵	۴/۹۱	۰/۴۲۳	۰/۰۰۳	-۳۲۲/۰۲۵۵		-۳۲۲/۰۲۵۵
	۱/۷۵	۵/۲۵	۰/۰۵۶	۰/۰۰۳	-۷۲/۳۰۲۸		-۷۲/۳۰۲۸
NW (303.75°- 326.25°)	۰/۲۵	۳/۱۹	۱۳/۱۹	۰/۰۰۳	-۱۳۷۳/۰۶۷۷		-۱۳۷۳/۰۶۷۷
	۰/۷۵	۴/۱۹	۸/۴۲۵	۰/۰۰۳	-۱۰۵۴۳/۵۱		-۱۰۵۴۳/۵۱
	۱/۲۵	۵/۱۹	۴/۸۲۲	۰/۰۰۳	-۲۳۴۷۹/۷۵۷۸		-۲۳۴۷۹/۷۵۷۸
	۱/۷۵	۶/۰۴	۱/۳۵۶	۰/۰۰۳	-۱۴۲۲۷/۴۹۵۸		-۱۴۲۲۷/۴۹۵۸
	۲/۲۵	۶/۹۸	۰/۱۱۸	۰/۰۰۳	-۲۹۰۰/۸۹۸۲		-۲۹۰۰/۸۹۸۲
NWW (281.25°- 303.75°)	۰/۲۵	۳/۵۲	۲۳/۳۴	۰/۰۰۳	-۲۷۴۴/۹۰۶۱		-۲۷۴۴/۹۰۶۱
	۰/۷۵	۴/۸۷	۱۴/۷۲	۰/۰۰۳	-۱۹۱۸۲/۸۰۴۴		-۱۹۱۸۲/۸۰۴۴
	۱/۲۵	۵/۷۹	۴/۵۱	۰/۰۰۳	-۲۲۰۷۹/۷۵۴۲		-۲۲۰۷۹/۷۵۴۲
	۱/۷۵	۶/۵۸	۰/۹۲	۰/۰۰۳	-۱۰۹۱۳/۴۲۵۸		-۱۰۹۱۳/۴۲۵۸
	۲/۲۵	۷/۲۵	۰/۰۹۳	۰/۰۰۳	-۲۱۳۹/۲۱۴۲		-۲۱۳۹/۲۱۴۲

	۲/۷۵	۸/۲۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	-۷۸۱/۳۰۰۶		-۷۸۱/۳۰۰۶
W (258.75°- 281.25°)	۰/۲۵	۲/۹۸	۲/۶۶۹	۰/۰۰۳	-۱۹۶/۴۶۱۵		-۱۹۶/۴۶۱۵
	۰/۷۵	۴/۳۷	۰/۴۲۳	۰/۰۰۳	-۳۶۶/۱۵۳۵		-۳۶۶/۱۵۳۵
	۱/۲۵	۵/۷۷	۰/۱۰۶	۰/۰۰۳	-۳۸۱/۷۵۸		-۳۸۱/۷۵۸
	۱/۷۵	۶/۷۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۵۳/۹۳۸۹		-۵۳/۹۳۸۹
	۲/۲۵	۶/۷۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۸۷/۵۵۲		-۸۷/۵۵۲
	۲/۷۵	۶/۷۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۱۵۱/۲۶۶۴		-۱۵۱/۲۶۶۴
S (168.75°- 191.25°)	۰/۲۵	۳/۶۳	۲/۶۶۹	۰/۰۰۳		۳۶۰/۷۵۶۳	۳۶۰/۷۵۶۳
	۰/۷۵	۴/۳۵	۰/۴۱۷	۰/۰۰۳		۵۳۵/۳۹۳۸	۵۳۵/۳۹۳۸
	۱/۲۵	۶/۵	۰/۱۰۶	۰/۰۰۳		۵۵۲/۸۶۴	۵۵۲/۸۶۴
	۱/۷۵	۶/۵۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳		۷۷/۷۱۸	۷۷/۷۱۸
SES (146.25°- 168.75°)	۰/۲۵	۳/۷۱	۳/۴۰۹	۰/۰۰۳		۴۹۴/۶۹۶	۴۹۴/۶۹۶
	۰/۷۵	۴/۷	۱/۷۶۷	۰/۰۰۳		۲۵۶۹/۸۸۲۱	۲۵۶۹/۸۸۲۱
	۱/۲۵	۵/۶	۰/۵۴۷	۰/۰۰۳		۲۹۶۸/۶۶۶۷	۲۹۶۸/۶۶۶۷
	۱/۷۵	۶/۳۹	۰/۱۰۵	۰/۰۰۳		۱۳۷۹/۸۳۵۵	۱۳۷۹/۸۳۵۵
	۲/۲۵	۷/۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳		۳۳۸/۱۷۵۱	۳۳۸/۱۷۵۱
	۲/۷۵	۸/۲۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳		۲۹۱/۹۶۳۷	۲۹۱/۹۶۳۷
SE (123.75°- 146.25°)	۰/۲۵	۳/۷۱	۰/۱۸۷	۰/۰۰۳		۲۶/۲۵۳۱	۲۶/۲۵۳۱
	۰/۷۵	۴/۷	۰/۲۵۵	۰/۰۰۳		۱۲۶۹/۸۶۹	۱۲۶۹/۸۶۹
	۱/۲۵	۵/۶	۰/۰۷۵	۰/۰۰۳		۱۴۱۱/۰۱۴	۱۴۱۱/۰۱۴
	۱/۷۵	۶/۳۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳		۵۵۷/۴۲۲	۵۵۷/۴۲۲
برآیند انتقال رسوب ناشی از موج			۸۹/۰۴۴%		-۱۱۲۳۱۳/۳۴۷۸	۱۰۵۱۱/۷۳۴۵	-۱۰۱۸۰۱/۶۱۳



QRR (c.e.r.e) = 37066.259
QRR (Kamphuis) = 10511/7345
QRL (c.e.r.e) = -206739.653
QRL (Kamphuis) = -112313/3478
QRNet (c.e.r.e) = -169673/394
QRNet (Kamphuis) = -101801/613

شکل ۱۲. موقعیت اجرایی موج شکن روستای کری و میزان انتقال سالانه رسوب توسط امواج در این ناحیه



شکل ۱۳. انباشت رسوبی در ساحل، جنوب روستای کری

۵. نتایج

در این پژوهش در گام اول با استفاده از مدل عددی مایک، هیدرودینامیک و امواج موثر در حوزه بندر کری شبیه سازی گشته و نتایج با استفاده از اطلاعات اندازه گیری شده موجود صحت سنجی و مورد ارزیابی قرار گرفته است. از مدل عددی مایک به جهت کارایی بالا، دقت شبیه سازی فوق العاده و کاربری آسان در بسیاری از پروژه های عملی مربوط به سواحل و بنادر، استفاده شده است. همچنین از اطلاعات هیدروگرافی سازمان نقشه برداری و سایت ETOPO1 در تشکیل فایل عمق سنجی استفاده به عمل آمد. از نوسان های جزر و مدی تنگه هرمز به این دلیل که در مدل منطقه ای خلیج فارس، تنها مرز باز که نیاز به معرفی اطلاعات به مدل وجود دارد، استفاده شد. جهت شبیه سازی امواج غالب منطقه از دو مدل منطقه ای و محلی با شرایط مرزی امواج آب عمیق پروژه پایش و شبیه سازی سواحل استان بوشهر استفاده شده است. نتایج نشان از دقت خوب شبیه سازی عددی دارد. برای مدل منطقه ای در یک دوره زمانی دو ماهه، مدل نسل سومی SW توسعه داده شده که در آن از اطلاعات باد GFS استفاده به عمل آمده است. جهت صحت سنجی و کالیبراسیون، نتایج مدل منطقه ای با نتایج مدل سازی دریا های

ایران که توسط سازمان بنادر و دریانوردی اجرا شده مقایسه به عمل آمد. از خروجی های مدل منطقه ای برای ورودی مدل محلی استفاده شد. نتایج شبیه سازی شده موج نشان می دهد که جهت موج غالب در حوزه بندر کری از سمت غرب می باشد. برای ارزیابی وضعیت رسوب گذاری در محدوده بندر کری، میزان انتقال رسوب کرانه ای با استفاده از مدل LITDRIFT از مجموعه مدل های LITPACK گردید. لازم به یادآوری است که محاسبات انجام شده در انتقال رسوب در صورتی عملی است که منبع فرسایش و رسوب موجود باشد که در موقعیت ساحلی روستای کری و سواحل بالادست و پایین دست منطقه چنین پتانسیلی وجود دارد. با قرار گیری دهانه موج شکن به سمت جنوب و واقع شدن در پله جلویی ساحل روستای کری میزان نشست رسوب برای موج شکن کری مشکلی محسوب نمی شود. لذا پشت بازوی اصلی موج شکن (شمالی) برای طول عمر سازه مشکل تجمع رسوب و انتقال به سمت جنوب را ندارد، در مدت طولانی تر نیز به دلیل واقع شدن در نیمرخ ساحلی جلوتر، انتقال رسوب به سمت پایین از موج شکن می گذرد و در پایین دست روستا نشست می کند. کالیبراسیون مدل عددی برای

- study of bay beaches—a case study of Itapocorói Bay, Brazil, *Journal of Coastal Research*, 1086-1090.
11. MIKE21 Spectral Wave .2012. Sediment Transport module and FM module , User Manuals, Scientific Documentation, Danish Hydraulic Institute (DHI).
 12. Nakagawa, Y., Nadaoka, K., Yagi, H., Arijji, R., Yoneyama, H., & Shirai, K. 2012. Field measurement and modeling of near-bed sediment transport processes with fluid mud layer in Tokyo Bay, *Ocean Dynamics*, 62(10-12), 1535-1544.
 13. Nikmanesh, M.R., Talebbiydokhti, N. 2013. Numerical simulation for predicting concentration profiles of cohesive sediments in surf zone, *Scientia Iranica*, Vol.20, 454-465.
 14. Sadeghifar, T., Azarmsa, S. A. Vafakhah, M, 2013. Prediction of Alongshore Sediment Transport Rate Using Semi-Empirical Formulas and an Artificial Neural Networks (ANNs) model in Noor Coastal zone, *International Journal of Maritime Technology*, 77-86, (In Persian).
 15. Sadeghifar, T., Azarmsa. S.A. 2014. Estimated Alongshore Sediment Transport Rates Using Soft Computing (SF) Models, *International Journal of Maritime Technology*, 59-66, (In Persian).
 16. Sadeghifar, T. Barati, R. 2018. Application of adaptive Neuro-fuzzy inference system to estimate alongshore sediment transport rate (A real case study: southern shorelines of Caspian Sea), *Journal of Soft Computing in Civil Engineering* 2-3 (2018) 01-11.
 17. Sadeghifar, T. Barati, R. 2018. Prediction of longshore sediment transport rate using soft computing technique and comparison with semi-empirical formulas (Chapter Book), *International Energy and Environment Foundation*.
 18. Schlichting, H. 1979. *Boundary-Layer Theory*, McGraw-Hill, New York, pp.817
 19. *Shore Protection Manual*. 1984. Coastal Engineering Research Center. Department of the Army, Waterways Experiment Station, Vol 1.
 20. Smagorinsky, J. 1963. General circulation experiments with the primitive equations: I. The basic experiment, *Monthly weather review*, 91(3), 99-164.
 21. Van Maren, D. S., Winterwerp, J. C., Sas, M., Vanlede, J. 2009. The effect of dock جریان و الگوی رسوب گذاری در دهانه بندر کری هماهنگی نتایج عددی با روابط تجربی را ارائه می دهد.
- ۶. منابع**
۱. زنگانه، م، حاج مومنی، ع. ۱۳۹۵. مدل سازی رسوب گذاری در خور بوشهر با استفاده از نرم افزار MIKE21، نشریه مهندسی دریا، شماره ۲۳، ۳۵-۲۵.
 ۲. شفیعی فر، م و تقی زاده، م. ۱۳۸۱. نگرشی بر مدلسازی عددی انتقال رسوب و مطالعات خور و بندرگناوه. پنجمین کنفرانس بین المللی سواحل و بنادر و سازه های دریایی.
 ۳. مسعودی فر، ب و کتابداری، م. ۱۳۸۷. بررسی احداث بندر امیر آباد بر انتقال رسوبات و وضعیت خط ساحلی در منطقه، هشتمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، سازمان بنادر و دریانوردی، تهران.
 4. Amromin, E., Kovinskaya, S. 2003. Numerical simulation of sediment transport in harbors. *Ocean Engineering*, 30(15), 1869-1885.
 5. Babu, M. T., Vethamony, P., Desa, E. 2005. Modelling tide-driven currents and residual eddies in the Gulf of Kachchh and their seasonal variability: A marine environmental planning perspective, *Ecological Modelling*, 184(2), 299-312.
 6. Dickens . John.M , 2008, ETA and GFS Validation (Southeastern Mexico) , Presentation in Climate Prediction Center, RSIS/CPC.
 7. Dong-feng, X., Gao, S., Wang, Z., and Pan, C.H. 2013. Numerical modeling of tidal currents, sediment transport and morphological evolution in hangzhou Bay, China, *International Journal of Sediment Research*, Vol.28, 316-328.
 8. Carracedo Garcia, C.F. Balseiro, E. Pena bad, B. Gómez, V. Pérez-Muñuzuri, 2007, One-year validation of wave forecasting at Galician coast, *Journal of Atmospheric & Ocean Science*, Vol. 10, Issue 4, <https://doi.org/10.1080/17417530601127746>.
 9. Kamphuis, J. W. 1991. Alongshore sediment transport rate, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 117(6), 624-640.
 10. Leite, L. M., Dias, J. M., Carvalho, J. M. B., & Klein, A. H. F. 2011. Hydrodynamic

- length on harbour siltation, Continental Shelf Research, 29(11), 1410-1425.
22. Yin, J., Falconer, R. A., Chen, Y., Probert, S. D. 2000. Water and sediment movements in harbours, Applied energy, 67(3), 341-352.
23. Zeinabi, A., Kohansal, A., 2020. Numerical modeling of sediment transport patterns under the effects of waves and tidal currents at Pars port complex inlet, International Journal of Maritime Technology, Vol 14, 33-40.
24. Zhang, C., Zheng, J., Wang, Y., and Zhang, M. 2011. A process-based model for sediment transport under various wave and current conditions, International Journal of Sediment Research, Vol.26, 498-512.