



مرکز ملی علوم و فناوری دریایی

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی

برآورد نرخ انتقال رسوب ناشی از جریان‌های کشندی در بندر سجافی

بهروز آقایی^{۱*}، افشین محسنی آراسته^۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۸

*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۱

© نشریه صنعت حمل و نقل دریایی ۱۳۹۵، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل و نقل دریایی است.

چکیده

پیش‌بینی دقیق نرخ انتقال رسوبات از عوامل مهم و تأثیرگذار در طراحی بنادر و سازه‌های ساحلی می‌باشد. در این تحقیق رسوب‌گذاری و فرسایش در بندر سجافی مورد مطالعه قرار گرفته است که از بین روش‌های توزیع رسوب، از دو روش تجربی و روش عددی برای بررسی تأثیرات امواج جزرومدی بر روی بندرگاه بندر سجافی استفاده شده است. در روش تجربی، هیدروگرافی اولیه انجام شده در نیمسال اول ۱۳۹۱ مینا قرار داده شده و بر اساس هیدروگرافی نیمسال اول ۱۳۹۲ به بررسی نرخ فرسایش و رسوب‌گذاری در ترازهای متفاوت پرداخته شده است. در روش عددی به کمک نرم‌افزار Mike 21 به برآورد میزان رسوب‌گذاری و فرسایش مطابق شرایط مرزی و اولیه ورودی پرداخته شده است که با مقایسه نتایج حاصله، خطایشان در حدود ۵/۵ الی ۷٪ محاسبه شد.

نتایج به دست آمده با تجزیه و تحلیل نرخ فرسایش و رسوب‌گذاری، حاکی از آن است که در نواحی کم عمق ساحلی به علت بالا بودن سرعت جریان در دو حالت مدوجزر غلظت مواد معلق افزایش یافته و این جریان‌ها، مواد را انتقال داده، سبب فرسایش در نواحی کم عمق می‌شوند و با انتقال این مواد معلق، در نواحی‌ای که عمقشان نسبت به نواحی ساحلی بیشتر هست با رسوب‌گذاری روبه‌رو خواهیم بود، همچنین در نواحی کنار سازه نیز با رسوب‌گذاری روبه‌رو خواهیم بود. در نواحی اطراف سازه سرعت جریان‌های جزرومدی کاهش پیدا می‌کند و با کاهش سرعت، پتانسیل حمل رسوب کاهش می‌یابد، لذا رسوبات معلق در آب فرصت کافی جهت ترسیب در این نقاط پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: بندر سجافی، هیدروگرافی، رسوب‌گذاری، فرسایش، جزرومد، نرخ انتقال رسوب

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال؛ Bhr_Aghaei@Yahoo.Com

۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال؛ Info@Am-Arasteh.Com

۱- مقدمه

پدیده انتقال رسوب یکی از مهم‌ترین فرایندهای ساحلی است که عوامل عمده محیطی مؤثر در ارتباط با آن شامل امواج، جریان‌ها، جزرومدها، بادها، عوامل زمین‌شناسی و توپوگرافی و تغییر محیط سواحل توسط انسان است.

همچنین علت رسوب در یک ناحیه ساحلی، معلق شدن رسوبات بستر در آب در اثر اغتشاش ناشی از شکست موج و همچنین وجود جریان ساحلی است که جریان‌های ساحلی نیز به‌طور عمده در نزدیکی محل شکست موج و در اثر ایجاد تغییرات در خصوصیات امواج به وجود می‌آیند. تأثیر متقابل موج و جریان بر انتقال رسوب و تغییرات سطح آب بسیار با اهمیت است به طوری که با تلفیق سه مدل Win، CH3D و مدل انتقال رسوب با یکدیگر مدل جدیدی به نام Coupled Marine prediction system حاصل می‌شود که توانست نتایج قابل قبولی را

حاصل نماید (Goda, 2001). تحقیقی در بندر ریژاو^۱ چین در رابطه با محاسبه انتقال رسوب در امتداد ساحل این خلیج انجام دادند که این تحقیق نشان‌دهنده صحت خروجی نرم‌افزار Mike 21 بر اساس پارامترهای موج در برآورد نرخ انتقال رسوب در شمال و جنوب امتداد ساحل این بندر می‌باشد (Li, 2008). در تحقیقی در سواحل کشور فرانسه این نتیجه حاصل شد که انرژی موج تأثیر مستقیمی در نسبت‌های انتقال رسوب در امتداد ساحل دارد (Trebossen, Deffontaines and Classeau, 2005).

انتقال کلی رسوب ساحلی با پارامترهای تصادفی موج و شکست موج ارتباط مستقیم دارد و ارتفاع موج، پرپود موج، شکست موج بر روی نسبت کلی انتقال در امتداد ساحل و توزیع عمود بر ساحل حائز اهمیت می‌باشند (Anil Ari, 2006).

با توجه به موقعیت بندر امام، اندرکنش‌های جزر ومدی در میزان انتقال رسوب و نحوه تبادل رسوبات توسط آن، به‌خصوص تأثیر آن در نقاط بالادست و نحوه حمل رسوبات تأثیر قابل توجهی دارد (آبائی، ۱۳۷۶).

ساحلی در طول ساحل رودخانه آستارا چای با استفاده از مشخصات امواج در آب کم‌عمق و با نرم‌افزار Mike 21، مدل‌سازی نرخ انتقال رسوب تا منطقه عمق شکست فرسایش در نقاط مشخصی از ساحل محاسبه شد (مهندسی نمین، ۱۳۸۳). همچنین در سال ۱۳۸۷ پیش‌بینی نرخ رسوب‌گذاری در خلیج پزم به‌منظور لایروبی بار کانال توسط بررسی وضعیت جغرافیایی از قبیل تراز بستر، جریان آب و توپوگرافی بستر به دست آمد (ابراهیمی، ۱۳۸۸).

همچنین در تحقیقی که از نرم‌افزار Mike 21، نرخ انتقال رسوب موازی ساحل در بخش‌هایی از سواحل جنوبی کشور محاسبه شد و نتایج حاصله با مقادیر واقعی رسوب‌گذاری در پشت موج‌شکن‌ها و رانه‌گیرها مقایسه شد و صحت‌سنجی این روابط در سواحل جنوبی کشور، نشان‌دهنده دقت بالای نرم‌افزار Mike 21 است همچنین تابعی جهت محاسبه ضریب K بر مبنای پارامتر شکست ارائه شد (افشار، سلطان‌پور، ۱۳۸۹).

۱-۱- موقعیت جغرافیایی بندر سجافی:

بندر سجافی در منطقه‌ای به طول جغرافیایی ۴۳' ۴۹° درجه شرقی و عرض

جغرافیایی ۱۴' ۳۰° درجه شمالی قرار گرفته است. این بندر در مجاورت رودخانه زهره واقع بوده و تا خلیج فارس حدود ۱۲ کیلومتر فاصله دارد. به علت نزدیکی این بندر به دریا سطح آب این رودخانه تحت تأثیر جزرومد می‌باشد. به‌طور کلی در این بندر مهم‌ترین برگ خرید تغییر دبی جریان و رسوب، تغییرات فصلی و به تبع آن تأثیر نزولات جوی در مبدأ رودخانه زهره می‌باشد. از این رودخانه با توجه به عمق آن جهت تردد لنج‌ها استفاده می‌شود و در مواقع مد آب دریا، لنج‌ها قادر خواهند بود تا حوالی شهر هندیجان نیز رفت‌وآمد کنند.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی بندر سجافی

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مدل تجربی

در مدل تجربی پس از جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های اندازه‌گیری‌های میدانی موجود و تجزیه و تحلیل آنها، به بررسی نتایج پرداخته شده است. با توجه به اینکه مشاهدات در منطقه سجافی و در ساحل رودخانه زهره به فاصله تقریبی ۱۱ کیلومتری از دریا صورت گرفته و لذا ممکن است تغییرات حجم آب رودخانه در فصول مختلف بر روی سطوح مبنای جزرومدی اندکی تأثیر داشته باشد. برای اعمال و یا تصحیح تغییر حجم آب در فصول مختلف بر روی سطوح جزرومدی نیاز به مشاهدات درازمدت جزرومدی و باران‌سنجی در حوزه آبریز رودخانه‌های متشکله رودخانه زهره می‌باشد که خود حجیم و زمان‌بر است.

یکی دیگر از برگ خریدهای مهم و اصلی مورد نیاز جهت انجام هیدروگرافی و به تبع آن ترسیم نقشه‌های دریایی تعیین نقطه مبنای اعماق (Chartdatum) است، با توجه به جدیدالتأسیس بودن بندر سجافی و نبودن هر نوع اطلاعاتی از این مسیر در نقشه‌های دریایی و همچنین مشخص نبودن مبنای عمق‌یابی، انجام مطالعات و برداشت اطلاعات جزرومدی جهت تعیین مبنای عمق‌یابی (CD) نسبت به سطح تراز اسکله و ارتباط دادن آن با اعماق به‌دست‌آمده ضروری بود.

از میان روش‌های مختلف، مناسب‌ترین روش، مشاهدات مستمر جزرومدی در یک بازه زمانی یک‌ساله، فصلی و حداقل یک‌ماهه است، که با توجه به امکانات موجود در بازه زمانی یک‌ماهه اطلاعات به‌صورت دستی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد و بر اساس آن خورموسی به عنوان مبنا تعیین گردید، لذا یک عدد تایدپل تهیه و به آن بندر منتقل شد. آبنگاری بندر سجافی به طول ۱۲۰ متر و حداقل عرض ۱۰۰ متر مقابل اسکله بندر سجافی از تاریخ ۹۱/۰۱/۲۰ شروع و در تاریخ ۹۲/۰۵/۰۱ به پایان رسید.

الف) رسوب گذاری

فرایند رسوب گذاری زمانی اتفاق می افتد که تنش برشی بستر از تنش برشی بحرانی بستر برای ته نشینی کمتر باشد. نرخ ته نشینی شدن رسوبات با توجه به سرعت سقوط محاسبه شده، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$R_D = w c_b p_d \quad (\text{معادله ۲})$$

ب) فرسایش

اگر تنش برشی اعمال شده به بستر از تنش برشی بحرانی برای فرسایش بیشتر باشد، ذرات رسوب و لخته های کف بستر فرسایش پیدا خواهند کرد. نرخ فرسایش برای بستر تحکیم یافته و فشرده، از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$R_E = M \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cc}} \right)^n \quad (\text{معادله ۳})$$

ج) ضرایب پخشیدگی D_x و D_y

ضرایب پخشیدگی، میزان پخش غلظت رسوب را حول یک نقطه مشخص می کنند که در مدول MT از طریق روابطی که بین سرعت جریان، ابعاد شبکه حل عددی یا گام زمانی حل معادلات به دست آمده است، تعیین می شود. می توان از رابطه زیر این ضریب را محاسبه کرد.

$$D = K \Delta x U \quad (\text{معادله ۴})$$

۲-۳- مشخصات عددی مدل و شرایط مرزی و اولیه الف) تعیین نوع و غلظت رسوبات در آزمایشگاه:

تعداد ۸۴ نمونه رسوب معلق در مجموع از عمق های نزدیک به سطح، عمق میانه نزدیک بستر برداشت. پارامترهای فیزیکی (سرعت جریان، جهت جریان، شوری، دما، فشار، چگالی و ...) در هر ساعت اندازه گیری شدند. توسط پمپ خلأ، کاغذ صافی، توسط ترازوی آنالیتیک با دقت 0.0001 و استوانه مدرج به مدت یک هفته در هر فصل میزان غلظت رسوب در هر ایستگاه برای هر نمونه تعیین شد و سپس با متوسط گیری مکانی و زمانی میزان غلظت رسوب برای هر ایستگاه تعیین شد. عوامل مهم انتقال، حمل و نشست رسوب در هر فصل جریان رودخانه، برگ خرید جزرومدی است. نوع جنس رسوبات در بندر سجافی، از دیدگاه رفتار و چگونگی در نظر گرفتن آنها در مدل ریاضی دارای اهمیت بسیاری می باشد و جریان های کنار ساحلی منطقه، از مهم ترین عوامل در تعیین الگوی رسوب گذاری و فرسایش است.



شکل (۲): نقشه هوایی بندر سجافی

تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق عبارت از یک فروند قایق آب نگار، یک دستگاه عمق یاب DESO 15، یک دستگاه موقعیت یاب DGPS، یک دستگاه دوربین فاصله یاب، یک دستگاه کامپیوتر کیفی، یک فروند قایق موتوری جهت تردد در مسیر و یک فروند شناور پشتیبانی می باشد. پردازش اطلاعات ثبت شده توسط گروه آب نگاری اداره حفاظت و ایمنی دریانوردی از تاریخ ۹۲/۰۵/۰۵ لغایت ۹۲/۰۵/۱۶ در مدت زمان ۶۰ ساعت کار مداوم به پایان رسید. پس از پایان عملیات در دریا و پردازش اطلاعات به استخراج اطلاعات و تهیه و ترسیم نقشه ها پرداخته شده است که از طریق نرم افزار Surfer این نقشه ها ترسیم شده است. پس از بررسی نقشه های سه بعدی ترسیم شده نتایج استخراج گردید.

۲-۲- مدل عددی

از مدل جریان جزرومدی کالیبره شده با استفاده از اندازه گیری های میدانی، جهت مدل سازی رسوب استفاده می شود و به منظور بررسی رسوب گذاری و فرسایش در ناحیه مورد مطالعه، از مدول MT^۱ در بسته نرم افزاری Mike 21 استفاده شده است.

از آنجا که رسوبات موجود در بندر سجافی و نواحی اطراف از نوع ریزدانه و چسبنده می باشند، چنین ترکیبی از دانه بندی اثر زیادی در نرخ فرسایش و رسوب گذاری دارد. پخش رسوبات ناشی از ریزدانه گی، نیز رفتار خاص خود را ایجاد می کند که باید در مدل ریاضی لحاظ شود، جهت بررسی رفتار این رسوبات در مدل از معادله Advection-Dispersion جهت محاسبه غلظت رسوبات در هر نقطه و هر گام زمانی استفاده می شود.

(معادله ۱)

$$\frac{\partial c}{\partial t} + V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} = \frac{1}{d} \frac{\partial}{\partial x} \left(d D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{1}{d} \frac{\partial}{\partial y} \left(d D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{d_i}$$

جدول (۱): نتایج به دست آمده در خصوص نوع و غلظت رسوبات در آزمایشگاه

کد نمونه	X (عرض جغرافیایی)	Y (طول جغرافیایی)	حد روانی %	حد خمیری %	وزن مخصوص حقیقی gr/cm^3	رس %	سیلت %	ماسه %	گراول %	نام نمونه
S ₁₁	۳۶۰۱۱۲	۳۳۲۷۰۰۴	۱۵/۸۸	۳۰/۵۲	۲/۶۵	۲۷/۵۰	۶۷/۵۰	۵/۰۰	۰/۰۰	

ه) گام زمانی

گام زمانی به منظور حل معادلات به گونه‌ای در نظر گرفته شده است که پایداری مدل حاصل شود. گام زمانی ۱۰ ثانیه و عدد کورانت ۶ در نظر گرفته شده است.

۳- تجزیه تحلیل داده‌ها

۱) نرخ انتقال رسوب ناشی از جریان جزرومدی در روش تجربی پس از لحاظ کردن پارامترهای مورد استفاده در حل معادلات حاکم، برنامه اجرا شده و نتایج مورد نیاز از مدل گرفته می‌شود که در اینجا خروجی‌های مورد استفاده، نرخ رسوب گذاری و فرسایش می‌باشد.

جدول (۳): نرخ انتقال رسوب ناشی از امواج جزرومدی حاصل از روش تجربی

فرایند	انتقال رسوب مترمکعب (سال ۹۱-۹۲)
رسوب گذاری	۵۴۸۵/۱۳۵
فرسایش	۴۶۰۱/۳۶۵

با توجه به بررسی صورت گرفته در دوره‌های کامل جزرومدی، می‌توان گفت جزرومد با میزان نشست رسوب رودخانه رابطه مستقیم ولی با انتقال رسوب رابطه عکس دارد. در حالت جریان جزر، به علت هم‌جهت بودن با جریان اصلی رودخانه، میزان انتقال بیشتری صورت می‌گیرد.

۲) نرخ انتقال رسوب ناشی از جریان جزرومدی در نرم‌افزار Mike 21: نتایج تخمین نرخ انتقال رسوب سالیانه با نرم‌افزار Mike 21 که حاصل برآیندگیری از میزان غلظت رسوبات در طول سال می‌باشد و در جدول زیر آمده است، نشان می‌دهد مجموع میزان نشست رسوب معادل ۵۹۳۰/۵ مترمکعب در سال و مجموع میزان انتقال رسوب معادل ۴۳۷۱/۹ مترمکعب در سال محاسبه گردید. لذا مقدار خالص نشست رسوب ناشی از امواج در محدوده مورد مطالعه معادل ۱۵۵۸/۶ مترمکعب در سال به دست خواهد آمد.

جدول (۴): نرخ انتقال رسوب ناشی از امواج جزرومدی حاصل از نرم‌افزار Mike 21

فرایند	انتقال رسوب مترمکعب (سال ۹۱-۹۲)
رسوب گذاری	۵۹۳۰/۵
فرسایش	۴۳۷۱/۹

۳) محاسبه خطای مدل عددی با مدل تجربی

در جداول فوق نرخ انتقال رسوب ناشی از امواج جزرومدی، با دو نرم‌افزار Mike 21 و تجربی برحسب مترمکعب آورده شده است. با مقایسه داده‌های نرخ رسوب گذاری و فرسایش در مدل تجربی و مدل عددی، به محاسبه درصد میزان خطای مدل عددی پرداخته شده است. میزان خطای ۵/۵ الی ۷ درصد برآورد شده است.

درصد خطای نرخ رسوب بر اساس داده‌های آزمایشگاهی و مدل عددی، طبق فرمول زیر به دست می‌آید:

ب) ضریب فرسایش (M) و تنش‌های برشی حد فرسایش و تنشینی τ_{cd} و τ_{ce}

تعیین این پارامترها به منظور محاسبه نرخ فرسایش و رسوب گذاری ضروری می‌باشد. مقدار ضریب فرسایشی معادل $0.02 (g/m^2s)$ در مدل در نظر گرفته شده است. تنش‌های برشی حد فرسایش و رسوب گذاری با توجه به توصیه‌های معتبر، مطابق با جدول زیر انتخاب شده است.

جدول (۲): برآورد تنش برشی در فرسایش و رسوب گذاری

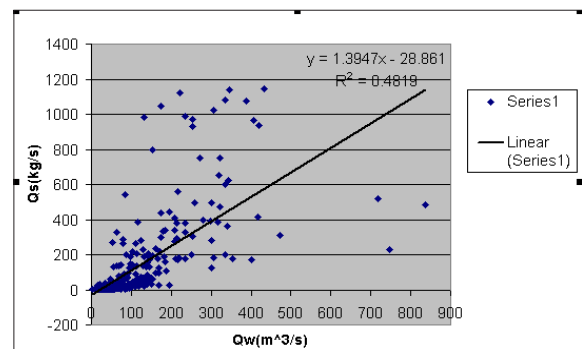
پارامتر	حد توصیه شده (N/m^2)	مقدار انتخابی (N/m^2)
تنش برشی حد رسوب گذاری	۰.۰۵-۱	۰.۰۱
تنش برشی حد فرسایش	۰.۰۶۰-۱	۰.۱۰

ج) رودخانه زهره به عنوان چشمه در مدل

به منظور تحلیل پدیده‌های هیدرولیکی در مصب رودخانه، مشخصات جریان و رسوب ورودی از رودخانه، باید مشخص شود. در این مدل، خروجی رودخانه زهره به صورت ورودی (Source) به مدل معرفی گردیده است. به منظور دستیابی به دبی رودخانه و دبی رسوب رودخانه زهره، از آمار ۳۰ ساله دبی جریان و دبی رسوب ایستگاه ده‌ملا که نزدیک‌ترین ایستگاه هیدرومتری به مصب رودخانه است استفاده شده است. در مصب رودخانه زهره نقطه (۴۹۵ و ۱۲۰) به عنوان ورودی به مدل معرفی گردیده است و با توجه به آمار موجود دبی متوسط رودخانه (S/m^3) ۸۹ در مدل در نظر گرفته شده است.

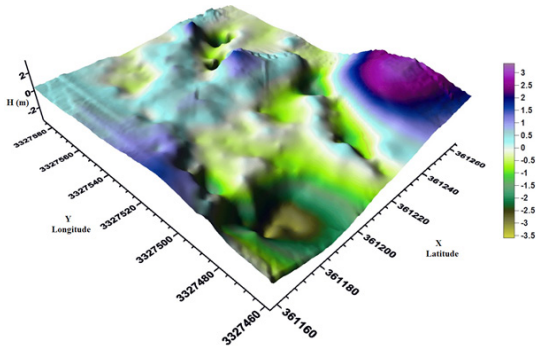
د) رابطه بین دبی جریان و دبی رسوب رودخانه زهره

معمولاً بین دبی جریان و دبی رسوب در یک رودخانه می‌توان رابطه‌ای برقرار کرد. رابطه میان رسوب و دبی جریان رودخانه زهره با استفاده از آمار ایستگاه هیدرومتری ده‌ملا، در محیط اکسل حاصل گردیده است.



نمودار (۱): رابطه رسوب و دبی جریان رودخانه زهره

با توجه به رابطه میان دبی رسوب و دبی جریان رودخانه در مدل غلظت چشمه (g/m^3) ۹۸۸ در نظر گرفته شده است.



شکل(۵): انتقال رسوب سالیانه (۹۱-۹۲) بندر سجافی (مقادیر منفی میزان فرسایش و مقادیر مثبت میزان رسوب گذاری)

$$ErrorRatio = \frac{|Q_{modeling} - Q_{experiment}|}{Q_{modeling}} \times 100 \quad (\text{معادله } ۵)$$

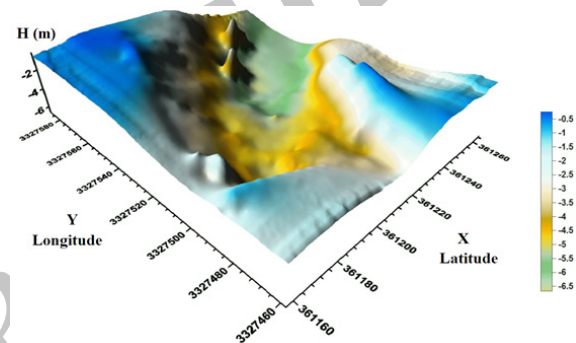
پس از لحاظ کردن مقادیر حاصله از نرم افزار Mike 21 و تجربی، در زیر میزان خطای نرخ رسوب گذاری و فرسایش محاسبه شده است.

جدول(۵): میزان خطا در روش تجربی و CERC

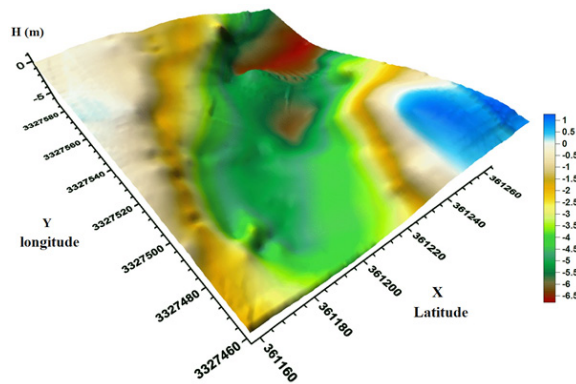
میزان خطا	فرآیند
٪۷/۵	رسوب گذاری
٪۵/۲	فرسایش

۴) نمودارهای سه بعدی هیدروگرافی بندر سجافی

در زیر نمودارهای سه بعدی هیدروگرافی بندر سجافی در سال های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ جهت بررسی و تجزیه و تحلیل میزان تغییرات بستر رودخانه در مقابل اسکله بندر ترسیم شده است.



شکل(۳): نقشه هیدروگرافی سه بعدی بندر سجافی در سال ۱۳۹۱



شکل(۴): نقشه هیدروگرافی سه بعدی بندر سجافی در سال ۱۳۹۲

۴- نتیجه گیری:

شایان ذکر است که تاکنون مطالعه یا مدل سازی در این منطقه انجام نشده لذا امکان مقایسه آن یا صحت سنجی آن با مدل های دیگر میسر نمی باشد. ولی با بررسی ها و مطالعات میدانی دقیق در این منطقه به کمک مقایسه مدل سازی با نتایج تجربی صحت مدل تصدیق گردید.

(۱) از طریق مقایسه نتایج روش نرم افزار Mike 21 با روش تجربی، میزان خطا در نرخ رسوب گذاری در حدود ٪۷/۵ و در نرخ فرسایش حدود ٪۵/۲ تخمین زده شد.

(۲) نتایج به دست آمده که با نتایج معتبر تجربی مقایسه شده است، بیانگر دقت نرم افزار Mike 21 می باشد؛ بنابراین می تواند به عنوان یک روش کاربردی در تخمین نرخ رسوب گذاری و فرسایش معرفی شود که به منظور برآورد میزان لایروبی در منطقه و برای سال های آینده، از دقت بالایی برخوردار است.

(۳) در هنگام جریان مد به اختلاف جهت با جریان اصلی رودخانه، دبی آب بالا رفته و حجم زیادتری از آب به حالت جریان تلاطمی وجود دارد که رسوب را به صورت سوسپانسیون درمی آورد. در ادامه جریان مد، این رسوبات فرصت بیشتری یافته و نشست می کنند.

(۴) در حالت جریان جزر، به علت هم جهت بودن با جریان اصلی رودخانه، میزان انتقال بیشتری صورت می گیرد.

(۵) با توجه به نتایج حاصله، در سیکل های کامل جزرومدی، می توان گفت جزرومد با میزان نشست رسوب رودخانه رابطه مستقیم ولی با انتقال رسوب رابطه عکس دارد.

(۶) در زمان مد، جریان ها پس از عبور از برآمدگی دماغه بندر سجافی، به سمت غرب و شمال غربی مدل محلی جریان می یابند. این جریان ها بازه وسیعی از رودخانه زهره را تحت تأثیر قرار می دهند بنا بر مشاهدات میدانی تأثیر مد در رودخانه زهره تا شهر هندیجان دیده می شود.

(۷) به هنگام جزر، در نواحی ساحلی به علت عمق کم، سرعت جریان زیاد می گردد که این امر سبب تعلیق مواد رسوبی ریزدانه می گردد و جریان جزری به سمت غرب مدل پس از عبور از برآمدگی موجود در قسمت شرقی ناحیه مورد مطالعه، با ساحل موازی گردیده که خود باعث تعلیق هرچه بیشتر مواد رسوبی می شود.

(۸) به هنگام مد، پهنه جزرومدی به سمت آب شور دریا غرقاب می شوند و این جریانات مدی تنش برشی لازم به منظور تعلیق مواد رسوبی فراهم می کنند.

K	ضریب تناسب
Δx	ابعاد شبکه محاسباتی (میلی متر)
U	سرعت جریان (متر بر ثانیه)

منابع

۱. آبائی، ح.، ۱۳۷۶، بررسی میزان انتقال رسوب در بندر امام خمینی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
۲. مهندسی نمین، ۱۳۸۳، بررسی رسوب گذاری در بالادست و حوضچه بندر آستارا و فرسایش در پایین دست آن، مرکز تحقیقات آب وابسته به وزارت نیرو
۳. ابراهیمی، ر.، ۱۳۸۸، بررسی و ارزیابی روش های انتقال رسوب موازی ساحل و کالیبراسیون فرمول های مربوط برای منطقه ساحلی خلیج پزم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
۴. افشار، نغمه؛ سلطان پور، کاوه، ۱۳۸۹، صحت سنتی روابط انتقال رسوب موازی ساحل در تعدادی از سواحل جنوب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
5. Goda Y., 2001. A new approach to beach morphology with the focus on suspended sediment transport. Proc. 1st Asia and Pacific Coastal Engineering, pp. 1-2
6. Li Ruijie, 2008. Numerical Study on Deposition in Rizhao Port. Technical Report. Research Institute of Coastal and Ocean Engineering, Hohai University, pp. 30-36. (in Chinese) 55 – 767
7. Trebossen H., Deffontaines B., Classeau N., 2005, Monitoring coastal evolution and associated littoral hazards of French Guiana shoreline with radar images . Journal of C. R. Geoscience 337 (2005) 1140–1153
8. Anıl Ari H., Determination and control of longshore sediment transport. 2006, Journal of Ocean Engineering. 224-238

(۹) در حالت مد سرعت جریان به علت برخورد به سازه کاهش می یابد لذا در مقایسه با حالت جزر سرعت جریان در مناطق کم عمق کمتر می باشد در نتیجه در حالت مد به دلیل عدم تأمین تنش برشی لازم به جهت معلق کردن مواد رسوبی تعلیق، مواد رسوبی و غلظت مواد معلق کمتر از زمان جزر خواهد بود.

(۱۰) در نواحی کم عمق ساحلی به علت بالا بودن سرعت جریان در دو حالت مد و جزر غلظت مواد معلق افزایش یافته و این جریانات این مواد را انتقال داده و سبب فرسایش در نواحی کم عمق می شوند و با انتقال این مواد معلق، در نواحی که عمقشان نسبت به نواحی ساحلی بیشتر می باشد با رسوب گذاری روبه رو خواهیم بود.

(۱۱) در نواحی کنار سازه با رسوب گذاری روبه رو خواهیم بود در نواحی اطراف سازه سرعت جریان های جزرومدی کاهش پیدا می کند و با کاهش سرعت، پتانسیل حمل رسوب کاهش یافته، لذا رسوبات معلق در آب فرصت کافی جهت ترسیب در این نقاط پیدا می کند.

فهرست علائم

C	غلظت متوسط رسوبات در عمق (گرم بر متر مکعب)
V_y, V_x	سرعت های متوسط در عمق حاصل از مدل جریان (متر بر ثانیه)
D_y, D_x	ضرایب پخشیدگی
d	عمق آب (متر)
S_i	جملات چشمه و چاه
R_D	نرخ ته نشینی
w	سرعت ته نشینی (متر بر ثانیه)
C_b	غلظت رسوبات نزدیک به بستر (گرم بر متر مکعب)
M	ضریب فرسایش پذیری بستر
n	توان فرسایش
t_{ce}	تنش برشی بحرانی جهت فرسایش (نیوتن بر متر مکعب)
D	ضریب پخش