

# برآورد نرخ انتقال رسوب ناشی از جریانات کشندی در بندر سجافی

بهروز آقایی<sup>۱\*</sup>، افشین محسنی آراسته<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۱

\*نویسنده مسئول

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۸

© 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 مبنای 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 کم‌عمق ساحلی به علت بالا بودن سرعت جریان در دو حالت مدوجزر غلظت مواد معلق افزایش یافته و این جریانات، مواد را انتقال داده، سبب فرسایش در نواحی کم‌عمق می‌شوند و با انتقال این مواد معلق، در نواحی‌ای که عمقشان نسبت به نواحی ساحلی بیشتر هست با رسوب‌گذاری روبرو خواهیم بود، همچنین در نواحی کنار سازه نیز با رسوب‌گذاری روبرو 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.

**کلمات کلیدی:** بندر سجافی، هیدرو گرافی، رسوب‌گذاری، فرسایش، جزرومد، نرخ انتقال رسوب

## ۱- مقدمه

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال؛ Bhr\_Aghaei@Yahoo.Com

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

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 به‌طوری‌که با تلفیق سه مدل CH3D, Win و مدل انتقال رسوب با یکدیگر مدل جدیدی به نام Coupled Marine prediction system به‌دست آمد که توانست نتایج قابل‌قبولی را حاصل نماید (Goda, 2001).

تحقیقی در بندر ریژاو<sup>۳</sup> 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، پیرو 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 قابل‌توجهی 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 جغرافیای 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. به‌طورکلی در این بندر مهم‌ترین برگ خرید تغییر دبی جریان و رسوب، تغییرات فصلی و به‌تبع 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.

<sup>3</sup> Rizhao



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 به دست آمده 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 به صورت دستی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد و بر اساس آن خورموسی به عنوان مبنای 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 ۹۱/۰۱/۰۲۰ شروع و در تاریخ ۹۲/۰۵/۰۱ به پایان رسید.



شکل (۲): نقشه هوایی بندر سجافی

تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق عبارت از یک فروند قایق آب‌نگار، یک دستگاه عمقی‌یاب DESO 15، یک دستگاه موقعیت‌یاب DGPS، یک دستگاه دوربین فاصله‌یاب، یک دستگاه کامپیوتر کیفی، یک فروند قایق موتوری جهت تردد در مسیر و یک فروند شناور پشتیبانی می‌باشد. پردازش اطلاعات ثبت شده توسط گروه آب‌نگاری 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 نقشه‌ها پرداخته شده است که از طریق نرم‌افزار Surfer این نقشه‌ها ترسیم شده است. پس از بررسی نقشه‌های سه‌بعدی ترسیم شده نتایج استخراج گردید.

## ۲-۲- مدل عددی

از مدل جریان جزرومدی کالیبره شده با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی، جهت مدل‌سازی رسوب استفاده می‌شود و به منظور بررسی رسوب‌گذاری و فرسایش در ناحیه مورد مطالعه، از مدل  $MT^*$  در بسته نرم‌افزاری Mike 21 استفاده شده است. از آنجا که رسوبات موجود در بندر سجافی و نواحی اطراف از نوع ریزدانه و چسبنده می‌باشند، چنین ترکیبی از دانه‌بندی اثر زیادی در نرخ فرسایش و رسوب‌گذاری دارد. پخش رسوبات ناشی از ریزدانه‌گی، نیز رفتار خاص خود را ایجاد می‌کند 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 می‌شود.

$$\frac{\partial c}{\partial t} + V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} = \frac{1}{d} \frac{\partial}{\partial x} \left( dD_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{1}{d} \frac{\partial}{\partial y} \left( dD_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{d_i} \quad (\text{معادله ۱})$$

### الف) رسوب‌گذاری

فرایند رسوب‌گذاری زمانی اتفاق می‌افتد که تنش برشی بستر از تنش برشی بحرانی بستر برای ته‌نشینی کمتر باشد. نرخ ته‌نشینی شدن رسوبات با توجه به

$$R_D = w c_b P_d$$

سرعت سقوط محاسبه شده، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(\text{معادله ۲})$$

### ب) فرسایش

اگر تنش برشی اعمال شده به بستر از تنش برشی بحرانی برای فرسایش بیشتر باشد، ذرات رسوب و لخته‌های کف بستر فرسایش پیدا خواهند کرد. نرخ

$$R_E = M \left( 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{ce}} \right)^n$$

فرسایش برای بستر تحکیم‌یافته و فشرده، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(\text{معادله ۳})$$

## ج) ضرایب پخشیدگی $D_y$ و $D_x$

$$D = K\Delta x U$$

(معادله ۴)

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

## 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 عمق‌های نزدیک به سطح، عمق میانه نزدیک بستر برداشت. پارامترهای فیزیکی (سرعت جریان، جهت جریان، شوری، دما، فشار، چگالی و ...) در هر ساعت اندازه‌گیری شدند. توسط پمپ خلأ، کاغذ صافی، توسط ترازوی آنالیتیک با دقت ۰/۰۰۰۱ و استوانه مدرج به مدت یک هفته در هر فصل میزان غلظت رسوب در هر ایستگاه برای هر نمونه تعیین شد و سپس با متوسط‌گیری 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 جزومدی است. نوع جنس رسوبات در بندر سجافی، از دیدگاه رفتار و چگونگی در نظر گرفتن آنها در مدل ریاضی دارای اهمیت بسیاری می‌باشد و جریان‌های کنار ساحلی منطقه، از مهم‌ترین عوامل در تعیین الگوی رسوب‌گذاری و فرسایش است.

جدول (۱): نتایج به‌دست‌آمده در خصوص نوع و غلظت رسوبات در آزمایشگاه

نام نمونه	گراول %	ماسه %	سیلت %	رس %	وزن	حد خمیری %	حد روانی %	Y (طول جغرافیایی)	X (عرض جغرافیایی)	کد نمونه
					مخصوص حقیقی $gt/cm^3$					
	۰/۰۰	۵/۰۰	۶۷/۵۰	۲۷/۵۰	۲/۶۵	۳۰/۵۲	۱۵/۸۸	۳۳۳۷۰۰۴	۳۶۰۱۱۲	S <sub>11</sub>

## ب) ضریب فرسایش (M) و تنش‌های برشی حد فرسایش و ته‌نشینی $\tau_{cd}$ , $\tau_{ce}$

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

جدول (۲): برآورد تنش برشی در فرسایش و رسوب‌گذاری

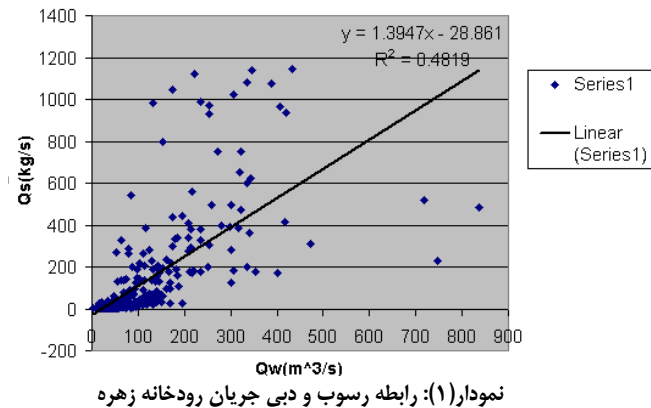
پارامتر	حد توصیه‌شده $(N/m^2)$	مقدار انتخابی $(N/m^2)$
تنش برشی حد رسوب‌گذاری	۰/۰۰۵ - ۱	۰/۰۱
تنش برشی حد فرسایش	۰/۰۶۰ - ۱	۰/۱۰

## ج) رودخانه زهره به‌عنوان چشمه در مدل

به‌منظور تحلیل پدیده‌های هیدرولیکی در مصب رودخانه، مشخصات جریان و رسوب ورودی از رودخانه، باید مشخص شود. در این مدل، خروجی رودخانه زهره به‌صورت ورودی (Source) به مدل معرفی گردیده است. به‌منظور 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) به‌عنوان ورودی به مدل معرفی گردیده است و با توجه به آمار موجود دبی متوسط رودخانه  $89 (m^3/s)$  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.



با توجه به رابطه میان دبی رسوب و دبی جریان رودخانه در مدل غلظت چشمه  $988 \text{ (g/m}^3\text{)}$  در نظر گرفته شده است.

### 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 رسوب‌گذاری و فرسایش می‌باشد.

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

فرایند	انتقال رسوب مترمکعب (سال ۹۱-۹۲)
رسوب‌گذاری	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  $5930/5$  مترمکعب در سال و مجموع میزان انتقال رسوب معادل  $4371/9$  مترمکعب در سال محاسبه گردید. لذا مقدار خالص نشست رسوب ناشی از امواج در محدوده مورد مطالعه معادل  $1558/6$  مترمکعب در سال به دست خواهد آمد.

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

فرآیند	انتقال رسوب مترمکعب (سال ۹۱-۹۲)
رسوب‌گذاری	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 رسوب‌گذاری 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:

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

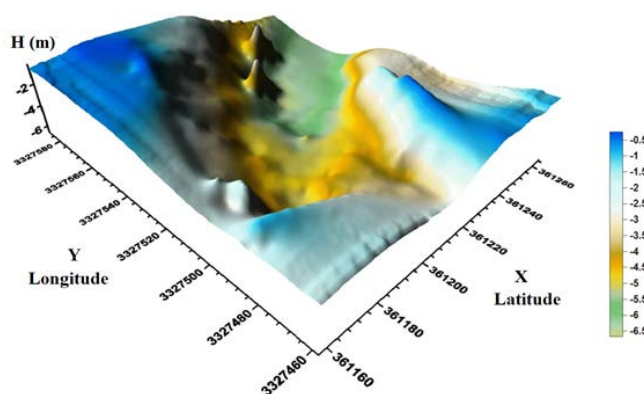
پس از لحاظ کردن مقادیر حاصله از نرم‌افزار Mike 21 و تجربی، در زیر میزان خطای نرخ رسوب‌گذاری و فرسایش محاسبه شده است.

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

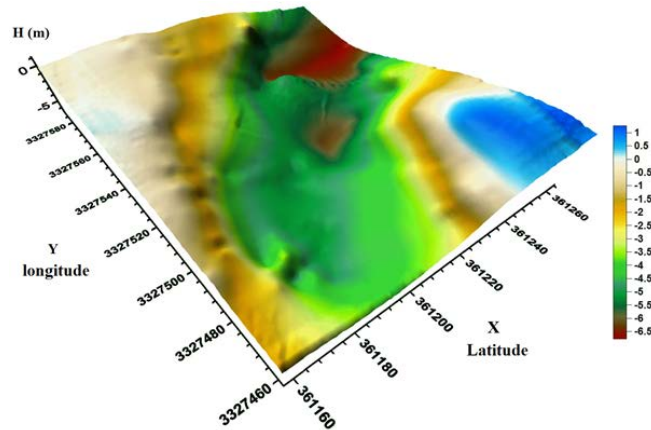
فرآیند	میزان خطا
رسوب‌گذاری	٪ ۷/۵
فرسایش	٪ ۵/۲

(۴) نمودارهای سه‌بعدی هیدروگرافی بندر سجافی

در زیر نمودارهای سه‌بعدی هیدروگرافی بندر سجافی در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ جهت بررسی و تجزیه و تحلیل میزان تغییرات بستر رودخانه در مقابل اسکله بندر ترسیم شده است.



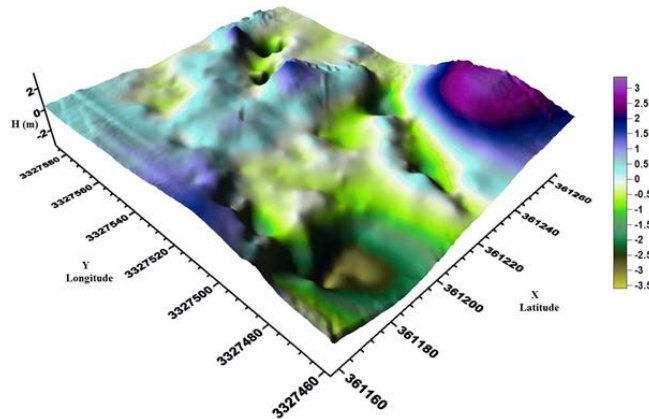
شکل (۳): نقشه هیدروگرافی سه‌بعدی بندر سجافی در سال ۱۳۹۱



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

(۵) بررسی توزیع رسوب گذاری و فرسایش

در ناحیه مورد مطالعه جزرومد مهم ترین عامل تأثیرگذار در فرایندهای رسوبی در این قسمت ها به شمار می آید. برآیند عملکرد جریان های جزرومدی، مکانیزم شستشوی طبیعی را در این مناطق برقرار کرده است.



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

## 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، جریان‌ها پس از عبور از برآمدگی دماغه بندر سجافی، به سمت غرب و شمال غربی مدل محلی جریان می‌یابند. این جریان‌ها بازه وسیعی از رودخانه زهره را تحت تأثیر قرار می‌دهند بنا بر مشاهدات میدانی تأثیر مد در رودخانه زهره تا شهر هندیجان دیده می‌شود.

(۷) به هنگام جزر، در نواحی ساحلی به علت عمق کم، سرعت جریان زیاد می‌گردد که این امر سبب تعلیق مواد رسوبی ریزدانه می‌گردد 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 می‌شود.

(۸) به هنگام مد، پهنه جزرومدی به سمت آب‌شور دریا غرقاب می‌شوند و این جریانات مدی تنش برشی لازم به منظور تعلیق مواد رسوبی فراهم می‌کنند.

(۹) در حالت مد سرعت جریان به علت برخورد به سازه کاهش می‌یابد لذا در مقایسه با حالت جزر سرعت جریان در مناطق کم عمق کمتر می‌باشد 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 می‌شوند و با انتقال این مواد معلق، در نواحی که عمقشان نسبت به نواحی ساحلی بیشتر می‌باشد با رسوب گذاری روبه‌رو خواهیم بود.

(۱۱) در نواحی کنار سازه با رسوب گذاری روبه‌رو خواهیم بود در نواحی اطراف سازه سرعت جریان‌های جزرومدی کاهش پیدا می‌کند و با کاهش سرعت، پتانسیل حمل رسوب کاهش یافته، لذا رسوبات معلق در آب فرصت کافی جهت ترسیب در این نقاط پیدا می‌کند.

## فهرست علائم

$c$	غلظت متوسط رسوبات در عمق (گرم بر مترمکعب)
$V_y, V_x$	سرعت‌های 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 ته‌نشینی
$w$	سرعت ته‌نشینی (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 مترمکعب)
$D$	ضریب پخش
$K$	ضریب تناسب
$\Delta x$	ابعاد شبکه محاسباتی (میلی‌متر)
$U$	سرعت جریان (متر بر ثانیه)

## منابع

- آبائی، ج.، ۱۳۷۶، بررسی میزان انتقال رسوب در بندر امام خمینی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- 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
- ابراهیمی، ر.، ۱۳۸۸، بررسی و ارزیابی روش‌های انتقال رسوب موازی ساحل و کالیبراسیون فرمول‌های مربوط برای منطقه ساحلی خلیج پزم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

۴. افشار، نغمه؛ سلطان پور، کاوه، ۱۳۸۹، صحت سنجی 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. Anil Ari H., Determination and control of longshore sediment transport. 2006, Journal of Ocean Engineering. 224-238