

## بررسی تاثیر دوره موج بر الگوی فرسایش و رسوب گذاری در مصب ها با استفاده از مدل سازی عددی

منیره السادات کیائی<sup>1</sup>، علی کرمی خانیکی<sup>2</sup>

1- دانشجوی دکترای فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران

2- عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

### چکیده

مصب ها عناصری تاثیرگذار بر کنترل حرکات رسوب و توزیع آن در سواحل می باشند. بنابراین، شناسایی عوامل مؤثر بر هیدرودینامیک مصب ها که به عنوان فرآیندهای انتقال و از عوامل مهم در تعیین هندسه و شکل سواحل و مصب ها محسوب می شوند، بسیار حائز اهمیت اند. امواج از عوامل اصلی شکل دهنده مصب ها هستند. شکست موج در آبهای کم عمق دهانه مصب، موجب شکل گیری جریان های کرانه ای و انتقال رسوب در این ناحیه می گردد. در این تحقیق در نظر است که نقش هر دو عامل موج و جزرومد به صورت توأم، بر روی عوارض رسوبی در مصب، مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور، یک حوضچه ساحلی که از طریق یک مصب به دریای باز متصل می شود، در محیط نرم افزار مایک 21، همانندسازی شده است. در این مدل، از یک شبکه مثلثی نامنظم، با ابعاد 10 تا 50 متری، در یک مدل تفاضل محدود با گام زمانی 1 ثانیه استفاده شده است. موج با دوره های مختلف، به طرف دهانه فرستاده می شود. الگوی جریان نشان می دهد که با همانند سازی موج، جریان و انتقال رسوب، مورفولوژی مصب تغییر نمی کند. این در حالیست که با تغییر دوره موج سرعت جریان ناشی از موج و رسوبگذاری به مقدار کم، تغییر می کند.

**کلمات کلیدی:** دوره موج، انتقال رسوب، مصب، موج، مدل Mike 21.

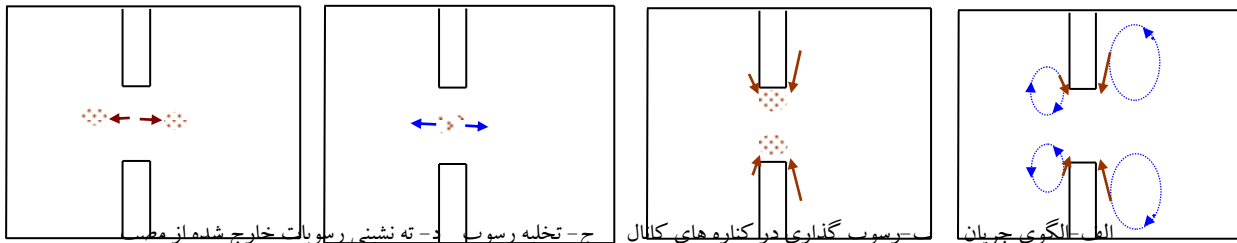
## مقدمه

مصب ها به عنوان محل اتصال آبراهه ها و خلیج ها به دریای آزاد، نقش عمده ای در کنترل حرکات رسوب و توزیع آن در محل و حوزه های منطقه ای دارند. در این گونه موارد، وجود یک معبر عریض، عمیق و پایدار از اهمیت زیادی برخوردار است. این معبرهای دریایی بدلیل تداخل عوامل مختلف هیدرودینامیک و رسوب از پیچیدگی خاص برخوردارند. عوامل موثر بر هیدرورینامیک مصب ها نظیر امواج و جریان های دریایی، از عوامل مهم و تأثیر گذار در تعیین هندسه و شکل ساحل در محل مصب می باشد. اندرکنش موج، جریان و رسوب در مصب ها می تواند تأثیر قابل توجهی بر مشخصات آن ها داشته باشد. در محل گلوگاه یا در جایی که حداقل مقطع ورودی ایجاد می گردد، اثر موج کم است و با دور شدن از این مقطع، چه به سمت دریا و چه به سمت ساحل، تأثیر موج قوت پیدا می کند. تأثیر امواج در دهانه شاخه می تواند به صورت عامل تشدیدکننده ای برای جزرومد، بر انتقال رسوبات از سواحل مجاور تأثیر گذارد. جریان مدی، رسوبات را به سمت ساحل و داخل مجرا هدایت می کند و باعث

کم عمقی در این ناحیه می شود. در حالی که جریان جزری رسوبات را به سمت خارج می کشاند. این عامل در کم عمقی های دهانه ورودی کانال نقش بسزایی دارد. یکی از پارامترهای موج، پرپود است که در این تحقیق به بررسی اثر آن، بر روی الگوی جریان و رسوب گذاری آن می پردازیم.

در تحقیقاتی که توسط ویلیامز و همکاران (2001) انجام گردید، آزمایش های سطح تعادلی مصب کشندی بر روی چند نمونه ی آزمایشگاهی مصب انجام گردید. در این تحقیق، آنها با استفاده از مدل سازی فیزیکی و مقایسه نتایج آن با مدل آزمایشگاهی و میدانی، روابطی را برای تعیین سطح مقطع عرضی مصب ارائه نمودند.

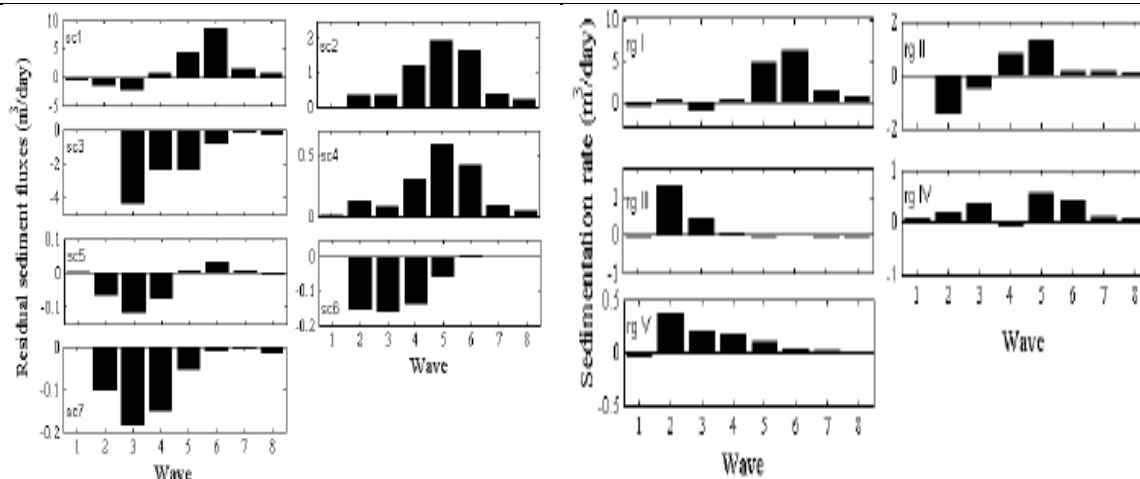
کرمی خانیکی و همکاران (1390)، با استفاده از مدل سازی عددی، الگوی جریان ناشی از موج عمود بر ساحل، چهار گردابه در دو طرف مصب، تشکیل می شود که باعث رسوب گذاری در دو طرف دهانه می شود و جریان جزر و مدی آنها را در دو طرف دریا و ساحل منتقل می کند.



شکل شماره (1) الگوی جریان و رسوب گذاری ناشی از موج عمود بر ساحل برای پرپود ثابت 8 S

تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که اثر امواج شبیه سازی شده مصب و نزدیک ساحل محدود می شود و وابستگی تغییرات تراز بستر به مشخصه ارتفاع موج شدیدتر از پرپود موج است.

پلچا و همکاران (2011) در تحقیقی با استفاده از شبیه سازی عددی، به بررسی اثر موج تنها بر روی مورفولوژی مصب، پرداختند. در این تحقیق تغییرات بستر، شارش رسوب و آهنگ تغییرات بستر را برای 8 موج در بستر مورد



الف- شارش رسوب در 5 ناحیه در مصب ب- توزیع انتقال رسوب در 5 ناحیه مصب و کانال منفی

شکل شماره (2) الگوی رسوبگذاری در 5 ناحیه مصب (Plecha et al., 2011)

رفتار هیدرودینامیکی مصبها مطالعه کرده‌اند، که به بعضی از آنها در ادامه این مطلب اشاره می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### همانند سازی عددی مورد استفاده

برای دستیابی به اهداف تحقیق از نرم‌افزار همانند سازی Mike 21 که به وسیله‌ی مؤسسه‌ی هیدرولیک دانمارک با همکاری مؤسسه‌ی کیفیت آب پایه‌ریزی و توسعه یافته، استفاده شده است. این نرم‌افزار از قابلیت‌های محاسباتی و نموداری بالایی در زمینه همانند سازی فرایندهای پیچیده‌ی ساحلی در نواحی کم‌عمق، خلیج‌ها و دریاها برخوردار است. برنامه مورد استفاده در این تحقیق، Mike Coupled 21/3 از جعبه نرم‌افزاری می‌باشد که یک سامانه‌ی همانند سازی پویا برای کاربردهای ساحلی در مصبها و محیط‌های رودخانه‌ای می‌باشد. برای شبیه‌سازی انتقال رسوب ناشی از موج و جزر و مد، از زیر مجموعه‌های شبیه برنامه اصلی Couple Model FM که شامل برنامه آب پویایی یا جریان، انتقال رسوب و طیفی موج استفاده شده است. همچنین، از طریق ایجاد یک رابطه بین این سه مدول، همانندسازی نحوه‌ی بازخورد کامل بین تغییرات تراز بستر بر اثر گردش‌های ناشی از موج ارائه می‌دهد. در این تحقیق، از این شبیه دو بعدی استفاده شده است.

ارتش آمریکا در سال 2001 فرآیند فرسایش داخلی مصبها با استفاده از مدل فیزیکی در شرایط موج، جزر و مد و حالت توام را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که عامل اصلی فرسایش، امواج پرپود کوتاه به همراه جریان جزر و مدی است. همچنین، میزان فرسایش در حالت موج تنها نسبت به اثر توام جزر و مد و موج، کمتر می‌باشد. کندی (2003) گردابه‌های ایجاد شده در طرفین کانال‌های جریان برگشتی مشاهده و تشریح کرد. وی سرعت بالای جریان برگشتی در قسمت دهانه کانال برگشتی را ناشی از وجود یک جفت گردابه قوی ناشی از هجوم موج در طرفین دهانه می‌داند.

در سیستم جریان‌های برگشتی تاوایی‌هایی ناشی از شکست‌های متفاوت موج به وجود می‌آید که در غالب چرخابه‌های بزرگ مقیاس افقی قابل رویت اند. چن با کمک مدل بوزینسک سیستم جریان برگشتی را تحت یک توپوگرافی کنترل شده مورد بررسی قرار داد. این مدل قادر بود حضور چرخابه‌ها را در اطراف سدهای رسوبی پیش‌بینی کند.

برای مطالعه جریان و انتقال رسوب در مصب‌ها از مدل‌های فیزیکی، مدل‌های عددی و اندازه‌گیری میدانی می‌توان استفاده کرد. هدف از این تحقیق، مطالعه اثر پرپود موج بر روی الگوی جریان و انتقال رسوب در مصب با استفاده از مدل‌سازی عددی است. محققین مختلفی بر روی

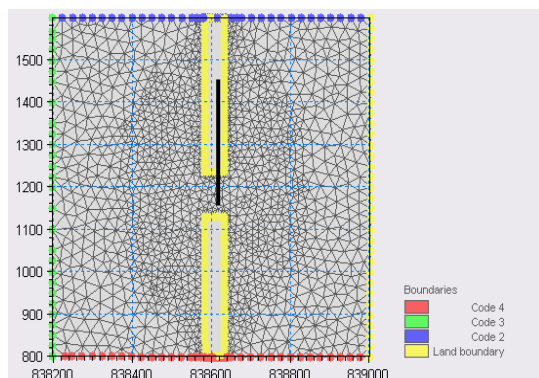
### طراحی و نحوه اجرای شبیه سازی

برای بررسی اثر پرپود موج بر الگوی جریان ناشی از موج و تأثیر آن بر رسوب گذاری و فرسایش در مصب، از حوضچه‌ای که به وسیله شبیه سازی فیزیکی مطالعه شده، بهره‌وری می‌گردد. این مصب تحت اثر موج با ارتفاع ثابت 2.2 متر و دوره 6، 8 و 10 ثانیه، مورد بررسی قرار

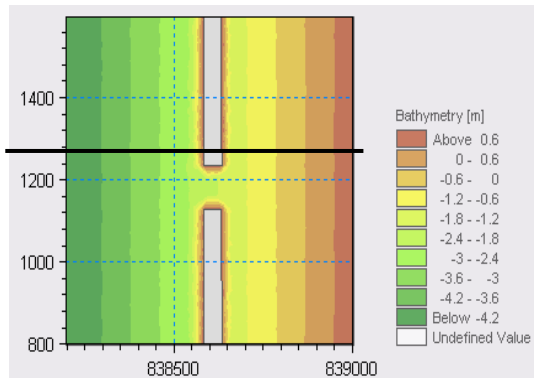
می‌گیرد. ابعاد حوضچه و مصب در شکل 3، نشان داده شده‌اند. شکل 4، پستی و بلندی بستر و شبکه بندی آن جهت استفاده در شبیه سازی عددی را نشان می‌دهد و جدول 2، مشخصات موج ورودی به مدل را نشان می‌دهد.

جدول شماره (1) فراسنج‌های شبیه سازی

مقادیر	فراسنجه‌ها
1.6، 800، 800 متر	طول، عرض، عمق مصب
2، 18345، 8987	گره ها، جزء ها، تعداد لایه
6 ساعت، 1 ثانیه	زمان شبیه سازی، گام زمانی
Cold start، رجوع به جدول 2	شرایط اولیه
ارتفاع موج 1.5 متر و پرپود موج 6، 8، 10 ثانیه	شرایط مرز باز
0.2mm	(D <sub>50</sub> ) قطر رسوب
2650kg/m <sup>3</sup>	چگالی آب
0.06m/s	سرعت سقوط ذرات
0.08	تنش بحرانی
0.05	تخلخل
32 (m <sup>1/3</sup> /s)	زبری بستر
0.28 (m <sup>1/3</sup> /s)	گرانروی افقی گردابه (ضریب لزجت افقی گردابه)
0.0044	شیب بستر
0.8	حد بیشتر عدد جریان



شکل شماره (4) پستی و بلندی بستر و شبکه بندی آن جهت استفاده در شبیه سازی عددی (مقطع عرضی)



شکل شماره (3) ابعاد حوضچه و مصب (مقطع طولی)

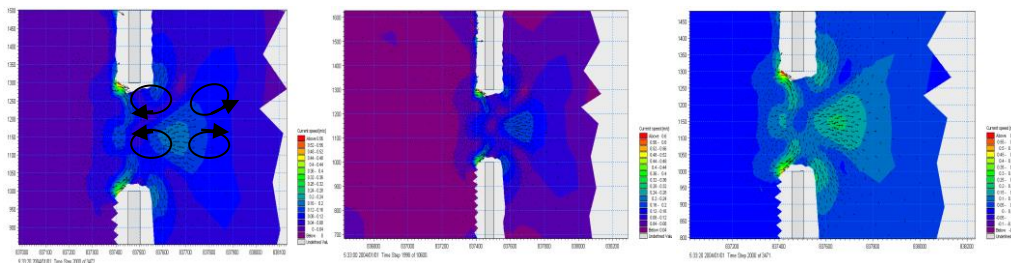
جدول شماره (2) مشخصات موج تابشی

اجرا	ارتفاع موج (متر)	پریود موج (ثانیه)	سطح تراز آب (متر)	زاویه تابش (درجه)
اجرای اول	2.2	6	1/6	90
اجرای دوم	2.2	8	1/6	90
اجرای سوم	2.2	10	1/6	90

## بحث و نتایج

ناشی از موج و توزیع آن و همچنین، نحوه توزیع رسوبگذاری و فرسایش در شکل‌های 5، 6 و 7 و نیز نیمرخ‌های آن را در امتداد مصب و در مقطع عرضی آن در شکل‌های 8 و 9 آورده شده است. موج با ارتفاع 2/2 متر با پریودهای 6، 8 و 10 ثانیه در نظر گرفته شد است. این الگوها به شرح زیر است:

شکل 5، توزیع تغییرات بستر (شکل 5- الف) و سرعت جریان (شکل 5- ب) را تحت تأثیر موج تنها با ارتفاع 1/5 متر، نمودار 9- الف و ب، توزیع سرعت جریان ناشی از موج و تغییرات تراز بستر تحت تأثیر موج با ارتفاع 2/2 متر نشان می‌دهد. برای بررسی اثر پریود موج بر الگوی جریان و رسوبگذاری و فرسایش در مصب‌ها، الگوی جریان

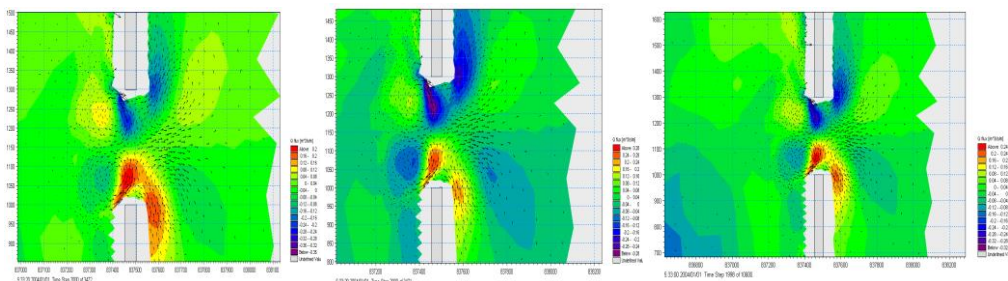


ج- موج با پریود 6 ثانیه

ب- موج با پریود 8 ثانیه

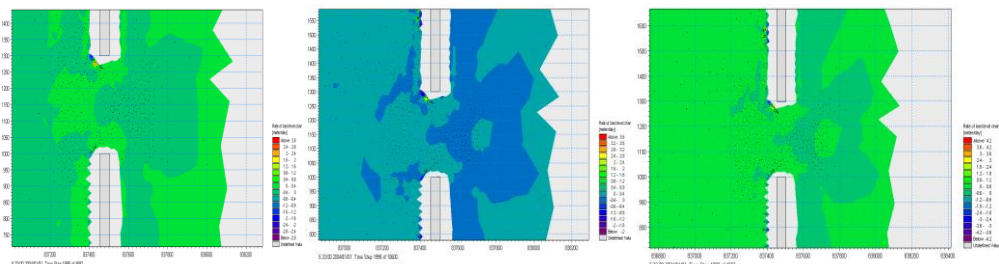
الف- موج با پریود 10 ثانیه

شکل شماره (5) توزیع تغییرات سرعت جریان برای پریودهای مختلف



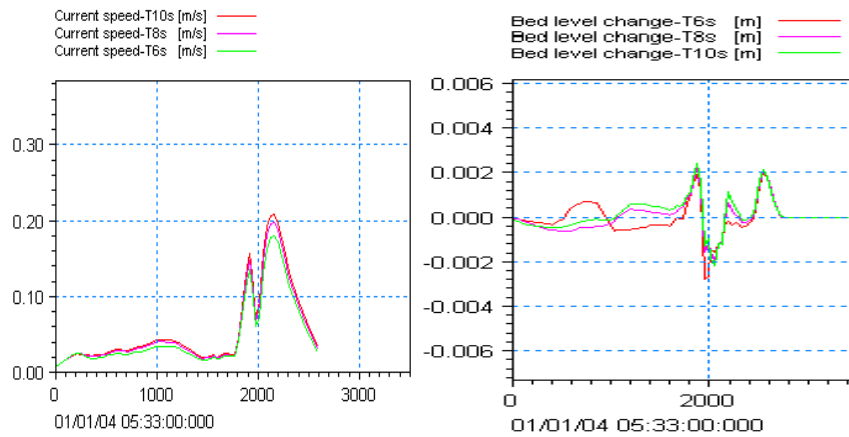
الف- موج با پریود 10 ثانیه ب- موج با پریود 8 ثانیه ج- موج با پریود 6 ثانیه

شکل شماره (6) توزیع دبی حجمی در واحد عرضی برای پریودهای مختلف

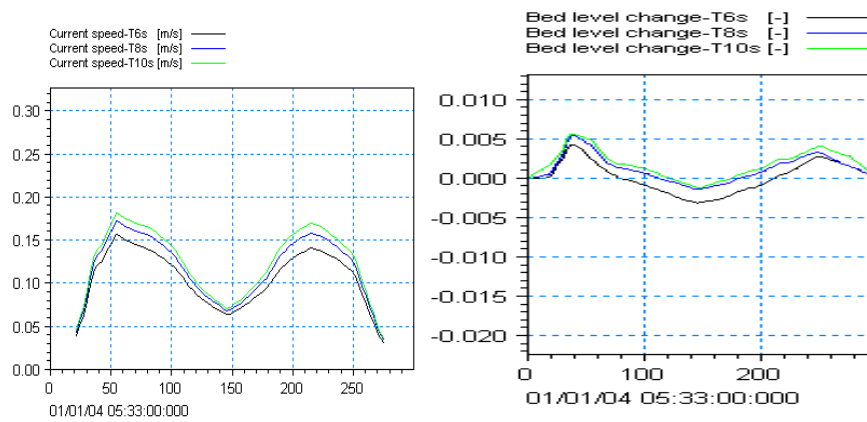


الف- موج با پریود 10 ثانیه ب- موج با پریود 8 ثانیه ج- موج با پریود 6 ثانیه

شکل شماره (7) توزیع تغییرات بستر در مقطع طولی



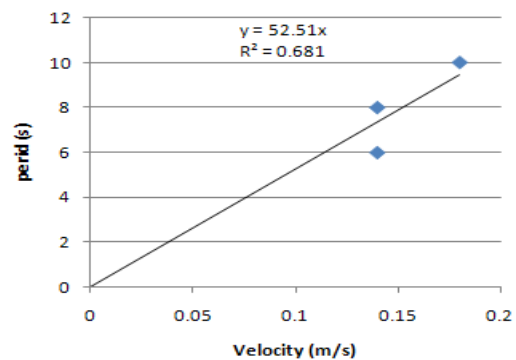
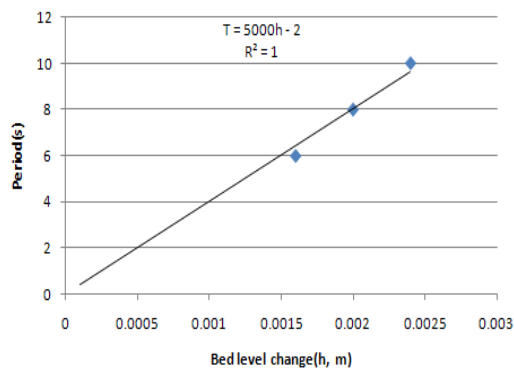
الف- توزیع سرعت جریان ب- توزیع تغییرات بستر  
شکل شماره (8) توزیع سرعت جریان و تغییرات بستر در مقطع طولی



الف- توزیع عرضی سرعت جریان ب- توزیع عرضی تغییرات بستر  
شکل شماره (9) تغییرات سرعت جریان ناشی از موج و تغییرات تراز بستر در امتداد ساحل (مقطع عرضی)

جدول شماره (3) مقادیر خروجی مدل

پریود موج	تراز بستر (متر) در بالادست مصب	سرعت جریان (متر بر ثانیه) در بالادست مصب
6	0.0016	0.14
8	0.002	0.14
10	0.0024	0.16



الف- نمودار سرعت جریان ب- نمودار تغییر تراز بستر

شکل شماره (10) نمودارهای سرعت جریان ناشی از موج (الف) و تغییر تراز بستر (ب) بر حسب پریودهای موج (6، 8 و 10 ثانیه)

نتیجه گیری

توزیع آب و رسوب انتقالی ثابت باقی می ماند. علاوه بر آن، رسوب گذاری در طرفین عرضی کانال (مقطع عرضی) نیز صورت می گیرد که مشابه الگوی جریان، رسوبگذاری و فرسایش در مقطع طولی عمل می کند. شکل های 10، نمودارهای کمی شده تغییر تراز بستر و سرعت جریان ناشی از موج بر حسب پریود موج تابشی در بالادست مصب است. ضریب همبستگی در این نمودار برابر 1 و 0/65 به دست آمد. نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابق شکل، بیانگر رابطه متقابل سرعت جریان ناشی از موج و نیز، تغییر تراز بستر با پریود موج فرودی می باشد. مقدار پارامتر  $R^2$  در مدل بیانگر برازشی جالب در دادهای بدست آمده از نتایج مدل در این تحقیق می باشد.

بر اساس مدل اجرا شده، تغییر پریود امواج پریود کوتاه تاثیری بر الگوی جریان و رسوبگذاری ندارد.

1- با تغییر پریود موج، مقادیر سرعت جریان و تراز بستر به میزان کم تغییر می کند.

2- با توجه به تحلیل آماری (ضریب همبستگی)، بیانگر برازشی جالب و رابطه مستقیم بین پریود موج با مشخصات جریان ناشی از موج و عوارض رسوبی بر اساس دادهای بدست آمده از نتایج مدل سازی در این تحقیق است.

مطابق شکل 5، با ورود موج عمود بر ساحل به طرف دهانه مصب و کم عمق شدن آب، موج در مدخل ورودی شکسته شده و با سرعت زیاد وارد کانال می شود. هنگام تغییر وضعیت جریان ناشی از موج، چهار گردابه در طرفین دهانه یعنی در پایین دست و بالا دست مصب، شکل می گیرد که شعاع چرخش آن در سمت ساحل بیشتر از گردابه های سمت دریاست (شکل 5-ب). این در حالی است که در مرکز دهانه مصب هیچ گونه جریانی رویت نمی شود. شکل 7-ب، نیز مؤید همین مطلب است. عملکرد رسوبی مصب نشان می دهد که گردابه های ایجاد شده در چهار گوشه مصب، باعث انتقال آب و رسوب از چهار طرف به سمت مرکز دهانه می شود که به دلیل سرعت پایین جریان در آنجا، رسوبات در مرکز دهانه ته نشین می شود و باعث کم عمقی کانال می گردد (شکل 7-ب). لازم به ذکر است که جریان آب پس از ته نشین کردن، رسوبات موجود در دهانه را به صورت عمودی، به سمت دریا و داخل حوضچه هدایت می کند (شکل 8-الف). با کاهش پریود موج به 6 ثانیه الگوی جریان و رسوبگذاری تغییری نمی کند و فقط سرعت جریان گردابی اندکی نسبت به قبل کاهش می یابد. بنابراین، از حجم رسوبات انتقالی کاسته شده و ارتفاع کم عمقی های سمت دریا و ساحل، کاهش و ارتفاع فرسایش در دهانه به مقدار کم، افزایش می یابد. همچنین به طور مشابه، با افزایش پریود موج به 10 ثانیه الگوی جریان، رسوبگذاری و فرسایش تغییری نخواهد کرد و فقط میزان سرعت و نرخ رسوبگذاری تغییر می کند طوریکه، تغییرات عوارض رسوبی آن کاملاً برعکس موج با پریود کوتاه (6 ثانیه) عمل می کند. بنابراین، تغییر پریود موج، تاثیری در الگوی جریان و رسوبگذاری نخواهد داشت و فقط اندازه سرعت جریان و ابعاد رسوبگذاری را به مقدار کم، تغییر خواهد داد. همچنین، مطابق شکل 6 و 9 حجم آب و رسوبات انتقالی به طرفین کانال نیز تغییر می کند. نکته جالب توجه این است که با افزایش پریود موج ارتفاع فرسایش کاهش و به جای آن، ارتفاع کم عمقی های سمت دریا و ساحل افزایش می یابد. بنابراین، بر اساس اصل پایستگی جرم، با تغییر پریود، نرخ

- system. *Journal of Geophysical Research*, 104, 20617-20637.
- 4- DHI, 2007, Mike21's User Manual; Danish Hydraulics Institute, Denmark.
- 5-Peregrine, D.H. (1998). Large-scale vortices generation by breakers in shallow and deep water. IUTAM Symposium on Three-dimensional Air-Sea Interactions
- 6- Plecha, S., Silva, P.A., Oliveira, A. and Dias, J.M., 2011. Evaluation of single waves effects on the morphology evolution of a coastal lagoon inlet. *Journal of Coastal Research*, SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), 1155-1159. Szczecin, Poland, ISSN 0749-0208.
- 7- US Army Corps of Engineers, 2001. Coastal Engineering Manual.

## مراجع

- 1- کرمی خانیکی، ع، سادات کیایی، م، علی اکبری بیدختی، ع، 1390، بررسی الگوی جریان و انتقال رسوب در مصب ها تحت اثر امواج عمود بر ساحل با استفاده از یک شبیه سازی عددی، دوازدهمین همایش صنایع دریایی بین المللی ایران، کیش.
- 2- C. Seaberg. W., B. king D., Jr., E. Stephens betly., 2001, Tidal Inlet Equilibrium Area Experiments, Inlet Laboratory Investigations Coastal and Hydraulics Laboratory, ERDC/CHL.TR-01-20.
- 3- Chen, Q., Dalrymple, R.A., Kirby, J.T., Kennedy, A.B., and Haller, M.C. (1999). Boussinesque modeling of a rip current