

بررسی میدانی پراکندگی رسوبات معلق و دانه‌بندی رسوبات بستر خور تیاب برای یک دوره جزرومدی

مریم راه‌بانی^{۱*}، مسعود رنجبری^۲ و دانیال قادری^۳

^۱ نویسنده مسئول، استادیار، دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه فیزیک دریا، بندرعباس maryamrahbani@yahoo.com

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی، بندرعباس ranjbari_masoud@yahoo.com

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حمل و نقل دریایی، دانشگاه امیرکبیر، دانشکده مهندسی دریاه‌شناسی بندرعباس، بندرعباس danialghaderil@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۷

تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۵

چکیده

کانال‌های آبی و خورها که در قسمت آب‌های داخلی قرار دارند، مناطقی هستند که مستقیماً به دریاها متصل می‌شوند و امکان دسترسی به آب‌های آزاد را فراهم می‌کنند. خور تیاب که در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شهر میناب واقع شده است نیز کانالی آبی است که به خلیج فارس و منطقه استراتژیک تنگه هرمز متصل است. پژوهش‌های پیش‌رو نتایج اندازه‌گیری میدانی در پنج ایستگاه در خور مذکور، جهت بررسی علمی و دقیق رسوبات معلق و دانه‌بندی رسوبات بستر، با استفاده از کدورت‌سنج متصل به دستگاه CTD و نمونه‌برداری با بطری نمونه‌بردار نسیکین و گرب است. اندازه‌گیری‌ها در دو نوبت - نقطه به نقطه به روش رفت و برگشتی در تاریخ ۲۳ مهر ۹۴ و به روش ایستا در تاریخ ۲۸ آبان ۹۴ در یک سیکل کامل جزرومدی - صورت گرفت. نتایج اندازه‌گیری‌ها بیانگر افزایش رسوبات معلق در زمان جزر است که بیشترین رسوبات به حیطه ابتدای کانال تعلق دارد. دانه‌بندی رسوبات نشان می‌دهد که از دهانه خور به سمت بالا دست، دانه‌بندی بستر کاهش پیدا می‌کند؛ بدین ترتیب که در ابتدای کانال، دورترین ایستگاه از دهانه خور، مقدار سیلت و لای برابر با ۴۰/۷۱ درصد است، در حالی که این مقدار در نزدیکی دهانه کانال به ۳/۴۸ درصد می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: بطری نمونه‌بردار، خور تیاب، دانه‌بندی، رسوبات بستر، رسوبات معلق، کدورت‌سنج.

۱. مقدمه

می‌گردد، مستلزم شناخت این مناطق و آشنایی کامل با خصوصیات آن می‌باشد. تردد شناورها در کانال‌های آبی و خورها، چه به منظور صیادی و چه به منظور باربری، به عواملی همچون، جهت و سرعت جریان و عمق آبراه وابسته است [۲]. با توجه به خصوصیات خور که دائماً متأثر از جزرومد است، شناخت هر سه عامل مذکور کاملاً تحت تأثیر جزرومد است؛ علاوه بر جزرومد، عامل مهم و قابل تأمل دیگر که در تردد شناورها تأثیر گذار است تجمع رسوبات می‌باشد؛ تجمع رسوبات در میانه کانال موجب می‌شود عمق آب در خور کاهش یابد و حرکت و پهلو گرفتن شناورها با مشکل مواجه شود. از این رو پی‌بردن به مقدار و مسیر انتقال رسوب جهت برنامه‌ریزی برای

مناطق ساحلی از حساس‌ترین و باارزش‌ترین مناطق در دنیا به شمار می‌آیند، به طوری که ۹۰ درصد از تجارت جهانی از طریق اقیانوس‌ها انجام می‌گیرد و ۸۰ درصد از شهرهای بزرگ در کنار دریاها قرار دارند [۱]. پیش‌روی انسان به سمت دریا با اهداف توسعه‌ای، با توجه به نوع هدف، به شیوه‌های متفاوت صورت می‌گیرد. استفاده از کانال‌ها و آبراه‌های طبیعی مثل خورها که به دریا متصل هستند، می‌تواند حمل و نقل را گسترش دهد و بنادر داخلی و کوچک (منطقه آب‌های داخلی) را به آب‌های آزاد فراساحلی متصل کند. بنابراین استفاده بهینه و بهره‌برداری صحیح از این مناطق طبیعی که موجب تقویت توسعه منطقه

دریا به دو شاخه اصلی منشعب شده است که یکی از انشعابات آن به سمت شمال رفته و پس از چند پیچ و تاب مستقیماً به دریا وارد می‌شود (شکل ۱.د).

۱-۲. منابع رسوبی خور تیاب

وجود منابع رسوبی قابل حمل در محدوده منطقه، نخستین شرط فعال بودن منطقه از دیدگاه انتقال رسوب است. با توجه به تفاوت‌های ساختاری و زمین‌شناسی به‌طور کل می‌توان منطقه را به دو بخش تقسیم کرد؛ بخش نخست، محدوده اسکله بندر تیاب است که از محدوده خشکی شروع شده و تا محدوده پایین‌ترین تراز سطح در زمان جزر کهکشند (HLWL)^۱ ادامه می‌یابد و عمده منابع رسوبی در آن منشأ خشکی دارد و از طریق ورود رسوب و فرسایش توسط رواناب‌های سطحی و نیز سرشاخه‌های خورهای مجاور (شکل ۱) تأمین می‌گردد. بخش دوم که بعد از HLWL شروع می‌شود و تادهانه خور امتداد دارد، عمدتاً شامل منابع رسوبی بستر دریا و همچنین رسوبات منتقل شده از طریق رودخانه‌های مجاور سایت پرورش میگو - شامل رودخانه حسن لنگی در ۵ کیلومتری خور تیاب و رودخانه میناب در ۱۵ کیلومتری خور تیاب - است که پتانسیل زیادی در انتقال رسوب به این منطقه دارند [۸].

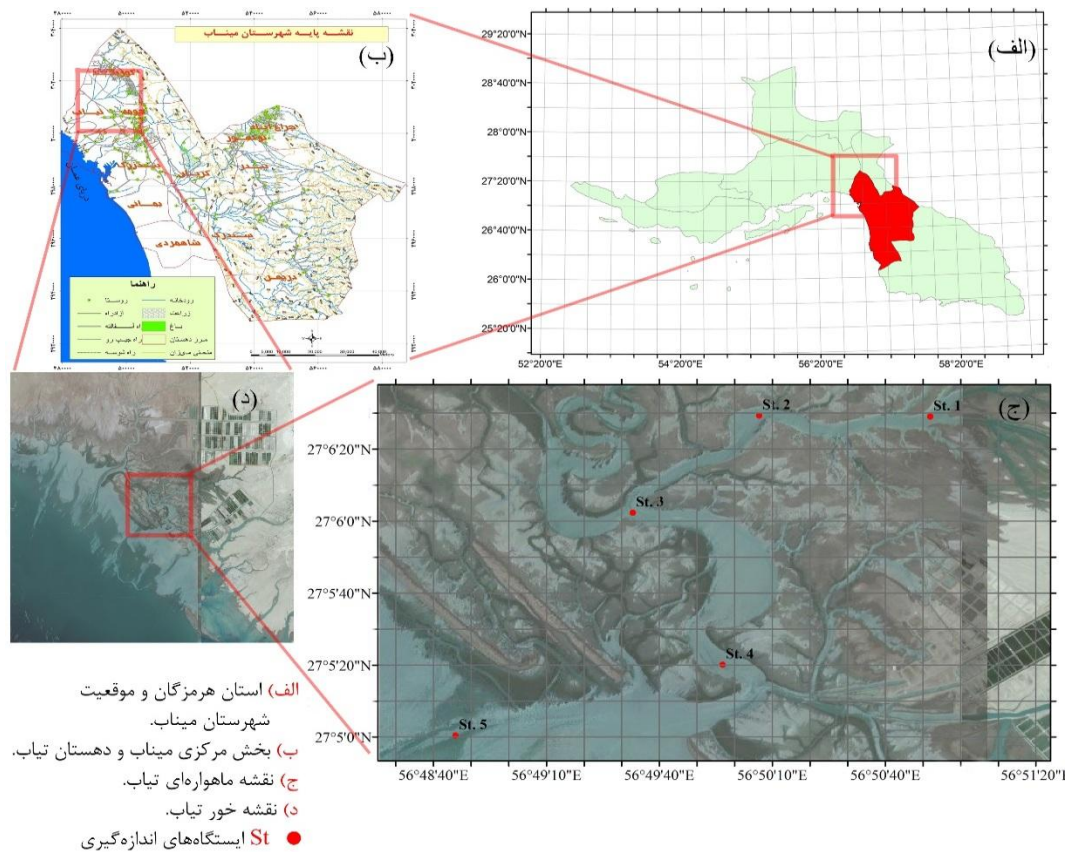
۱-۳. مروری بر تحقیقات مشابه

در مطالعه‌ای، دلوفره و همکاران، به منظور آنالیز نحوه رسوب‌گذاری در دو خور واقع در فرانسه و یک خور در انگلستان، به اندازه‌گیری میدانی کوتاه‌مدت و درازمدت در این خورها پرداختند [۹]. آن‌ها اعلام کردند که بیشترین مقدار رسوب‌گذاری در همه این خورها در مهکشدن رخ می‌دهد. لزورد و همکاران [۱۰] در تحقیق میدانی بلندمدتی (۱۵۰ سال) که بر روی مقدار رسوب‌گذاری در خور Seine انجام دادند، اعلام کردند با وجود آنکه خور به شکل طبیعی دارای هویت کشند غالب بوده است، اما فعالیت‌های انسانی در منطقه موجب افزایش تأثیر رودخانه شده است و رسوب‌گذاری را در خور افزایش داده است.

لای‌روبی منطقه یا ارائه راهکارهایی جهت جلوگیری از این رسوب‌گذاری می‌تواند اهمیت فراوانی داشته باشد [۳]. خور تیاب واقع در استان هرمزگان یکی از خورهای است که مستقیم به خلیج فارس راه دارد. این خور به دلیل واقع شدن در مسیر مزارع ماهی و میگو دارای تردد نسبتاً زیاد شناورهای محلی است. از سوی دیگر به سبب احداث این مزارع، گزارش‌های محلی مبنی بر افزایش نرخ رسوب‌گذاری در مسیر اصلی کانال دریافت شده است که نیاز این کانال به لای‌روبی را بیشتر از گذشته کرده است؛ به همین دلیل و با توجه به اینکه خور تیاب یک خور جزرومدی است [۴]، در این تحقیق با هدف بررسی تأثیر جزرومد در انتقال رسوبات معلق و نیز دانه‌بندی رسوبات بستر، دو مرحله اندازه‌گیری میدانی در دو دوره جزرومدی در دستور کار قرار گرفت.

۱-۱. محدوده مورد مطالعه

دهستان تیاب یکی از دهستان‌های شش‌گانه بخش مرکزی شهرستان میناب است که در استان هرمزگان واقع شده است. این دهستان به مرکزیت روستای تیاب در ۲۱ کیلومتری غرب شهر میناب بین $56^{\circ}52'$ تا $56^{\circ}59'$ طول جغرافیایی شرقی و $27^{\circ}01'$ تا $27^{\circ}16'$ عرض جغرافیایی شمالی قرار گرفته است (شکل ۱.ب). یکی از عوارض طبیعی و مهم نزدیک به منطقه، تنگه هرمز است که در فاصله ۷ کیلومتری جنوب غرب مرکز دهستان واقع شده است. خور تیاب یکی از خورهای حوزه سیریک و کلاهی است که از نظر وجود درختان حرا و فعالیت‌های صیادی اهمیت دارد [۵]. این خور در ۳۰ کیلومتری جنوب شهر میناب [۶]، در حد فاصل عرض‌های $27^{\circ}08'$ تا $27^{\circ}02'$ شمالی و طول‌های $56^{\circ}44'$ تا $56^{\circ}57'$ شرقی واقع شده است [۷]. وسعت خور تیاب در حدود ۳۰۰ هکتار است و بستر آن گلی است [۶]. شاخه اصلی خور تیاب از شمال شرقی در کنار روستای تیاب شروع می‌شود که انشعاب‌های زیادی از آن در زمین‌های اطراف کشیده شده است (شکل ۱.ج). این خور در طول مسیر خود به سمت



شکل ۱. موقعیت خور تیاب نسبت به منطقه تنگه هرمز

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. ایستگاه‌ها و زمان اندازه‌گیری

در پژوهش پیش‌رو، برای داشتن ارزیابی درستی از منطقه پس از بازدید مقدماتی از خور، پنج نقطه که شاخص و در برگیرنده بخش وسیعی از منطقه بود، انتخاب گردید (شکل ۱.ج). این نقاط اندازه‌گیری با استناد به پژوهش‌های میدانی سایر محققان در این زمینه انتخاب گردید [۹-۱۵].

در جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها مشخص شده است. همان‌طور که در شکل ۱.ج دیده می‌شود، سبب انتخاب ایستگاه شماره ۱ نزدیکی آن به ابتدای خور است. همچنین سعی شده است ایستگاه‌ها در میانه کانال در نظر گرفته شود؛ چراکه رسوب‌گذاری در کناره‌های دیواره بیشتر است.

ایستگاه ۳ در نقطه‌ای واقع شده است که تحت تأثیر دو شاخه است و از این لحاظ حائز اهمیت ویژه‌ای است. همچنین ایستگاه شماره ۵ در دهانه خروجی و در منطقه دریایی خور واقع شده است.

در تحقیقی راه‌بانی به روش اندازه‌گیری میدانی رسوبات معلق در امتداد یک کانال در خوری در آلمان اشاره کرده که با استفاده همزمان از دستگاه ADCP^۲ و بطری اندازه‌گیر نرسکین^۳ می‌توان داده‌های پیوسته رسوبات معلق را به روش غیرمستقیم محاسبه کرد [۱۱]. آلن و همکاران در مطالعات میدانی خود تأثیر دوره‌های مختلف جزرومد را بر رسوب‌گذاری در خوری در فرانسه بررسی و تأکید کردند که دوره‌های مختلف جزرومدی مثل مهکشند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقدار رسوب‌گذاری دارد [۱۲].

در تحقیقی دیگر، پیش‌بینی نرخ رسوب‌گذاری در کانال دسترسی به بندر امام خمینی، با استفاده از روش‌های بیکر، ون رایسن و واتانابه، توسط لاری و باباییک انجام گرفت [۱۳]. آن‌ها برای این منظور ۵ ایستگاه در کانال در نظر گرفتند و در نهایت برای همه روش‌ها ضرابی ارائه کردند. همچنین نشان دادند که جنس بستر از مواد ریزدانه است.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها

| شماره ایستگاه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| طول جغرافیایی | ۵۶°۵۰'۵۲,۴۴" E | ۵۶°۵۰'۰۶,۵۴" E | ۵۶°۴۹'۳۱,۸۲" E | ۵۶°۴۹'۵۶,۸۶" E | ۵۶°۴۸'۳۹,۴۵" E |
| عرض جغرافیایی | ۲۷°۰۶'۲۹,۰۰" N | ۲۷°۰۶'۲۹,۱۷" N | ۲۷°۰۶'۳۰,۵۴" N | ۲۷°۰۵'۱۹,۸۲" N | ۲۷°۰۵'۰۰,۴۴" N |

اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در ایستگاه‌ها با توجه به جدول جزرومدی استخراج شده از ایستگاه شهید رجایی و ایستگاه سیریک^۴ و همچنین تطبیق آن با اندازه‌گیری میدانی توسط دستگاه CTD^۵ و کسب اطلاعات از زمان دقیق حداکثر مد و حداکثر جزر صورت گرفت که در نهایت جدول جزرومدی خور تیاب که تقریباً نسبت به ایستگاه شهید رجایی نیم ساعت تأخیر فاز دارد، آماده گردید و تحلیل اندازه‌گیری‌ها نیز با این جدول جزرومدی صورت پذیرفته است.

۲-۲. وسایل اندازه‌گیری

با توجه به اطلاعات مورد نیاز جهت تحلیل و بررسی مقدار انتقال رسوب درون خور تیاب، اندازه‌گیری رسوبات معلق جهت برآورد بار رسوبی خور، به وسیله بطری نمونه‌بردار نیسکین و CTD مجهز به سنسور کدورت سنج، و اندازه‌گیری رسوبات بستر جهت تعیین دانه‌بندی به وسیله گراب، در ایستگاه‌های پنج‌گانه صورت گرفت. در جدول ۲ وسایل اندازه‌گیری همراه با تصویر آن‌ها، مشخص گردیده است.

۲-۳. روش اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌ها در دو نوبت -نقطه به نقطه و ایستا- انجام گرفت. اندازه‌گیری نوبت اول به روش رفت و برگشتی در تاریخ ۲۳ مهر ۹۴ در هر پنج ایستگاه صورت گرفت.

در این نوبت، تیم اندازه‌گیری با یک دستگاه شناور ساعت ۰۹:۰۰ صبح، در آغاز بازه مدی، از

ورودی کانال حرکت کردند و در هر ایستگاه با استفاده از طناب سرب‌دار عمق ایستگاه اندازه‌گیری و ثبت گردید. جهت تطبیق سنسورهای دستگاه CTD با محیط آب خور، دستگاه به مدت یک تا دو دقیقه در سطح آب نگه داشته شد. سپس با سرعتی معادل یک متر بر ثانیه از سطح دریا به بستر ارسال شد و پس از رسیدن به آب‌های لایه عمقی هم‌جوار بستر با همان سرعت به میانه عمق برگشت داده شد و بیست دقیقه جهت ثبت پارامترهای مد نظر به صورت ثابت نگه داشته شد. در همین حین با استفاده از بطری نمونه‌گیر، یک نمونه آب از همان عمق و نیز با استفاده از گرب^۶ یک نمونه از رسوبات بستر برداشت گردید. نمونه‌ها شماره‌گذاری شد و زمان اندازه‌گیری بر روی آن‌ها ثبت گردید و با بالا کشیدن CTD شناور به سمت ایستگاه بعد هدایت گردید. مسیر حرکت که از ایستگاه شماره ۱ آغاز شد و تا ایستگاه ۵، در فاصله ۱۰ متری از دهانه خور در دریا، ادامه داشت در شکل ۱. ج قابل مشاهده است. در مسیر برگشت مجدد در هر ایستگاه اندازه‌گیری انجام گرفت و این فرایند حدود ۱۲ ساعت ادامه داشت. نتیجه روش رفت و برگشتی، اندازه‌گیری در سه مرحله برای ایستگاه ۱ تا ۴، و دو مرحله اندازه‌گیری برای ایستگاه ۵ می‌باشد.

در نوبت دوم، به تاریخ ۲۸ آبان ۹۴ اندازه‌گیری در یک بازه جزرومدی کامل دوازده ساعته تنها در ایستگاه ۳ (شکل ۱. ج)، صورت پذیرفت. علت انتخاب این ایستگاه، همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، اهمیت موقعیت مکانی آن است.

جدول ۲. وسایل اندازه‌گیری همراه با تصویر هر وسیله

| | | |
|--|------------------------------------|------------------------|
|  | رسوبات معلق | نوع اندازه‌گیری |
| | بطری نمونه‌بردار با حجم ۱/۵ لیتر | وسیله اندازه‌گیری |
| | برآورد بار رسوبی (غلظت رسوبات) | هدف |
|  | کدورت | نوع اندازه‌گیری |
| | Seaguard RCM مدل CTD | وسیله اندازه‌گیری |
| | برآورد بار رسوبی | هدف |
|  | رسوبات بستر | نوع اندازه‌گیری |
| | نمونه‌بردار چنگکی Van Veen Grab | وسیله اندازه‌گیری |
| | تعیین دانه‌بندی رسوبات بستر | هدف |
|  | رسوبات بستر | نوع اندازه‌گیری |
| | Shaker ساخت کمپانی Octagon | وسیله اندازه‌گیری |
| | دانه‌بندی رسوبات | هدف |

عملیات آزمایشگاهی طبق روش استاندارد بر روی تمامی نمونه‌های هر ۵ ایستگاه صورت گرفت [۱۶]. در این روش نمونه‌های ایستگاه‌های پنج‌گانه از صافی ۰/۴۵ میکرونی عبور داده شد. صافی‌ها جهت خشک کردن به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد، درون اجاق آزمایشگاه قرار گرفت، سپس با توجه به روش اندازه‌گیری مواد معلق مقدار رسوب هر ایستگاه محاسبه گردید [۱۷]. رابطه ۱ نحوه محاسبه ذرات معلق را بر این مبنا نشان می‌دهد.

$$(1) \quad \text{مجموع ذرات معلق (mg)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{حجم نمونه}}$$

که در آن A، وزن فیلتر به علاوه باقی مانده خشک (میلی گرم) و B، وزن فیلتر (میلی گرم) است.

همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود این ایستگاه تقریباً در میانه کانال واقع شده است، همچنین تحت تأثیر دو جریان از دو شاخه اصلی است. در این نوبت از نمونه‌برداری، تیم اندازه‌گیری ساعت ۰۷:۳۰ با یک دستگاه شناور به سمت ایستگاه ۳ حرکت کردند. بعد از اندازه‌گیری عمق به روشی که پیش‌تر اشاره شد، دستگاه CTD به منظور ثبت پارامترهای دریایی به عمق میانی فرستاده شد.

هر نیم‌ساعت یک‌بار نمونه آب جهت بررسی رسوبات معلق برداشت شد و رسوبات بستر نیز با استفاده از گرب چندین بار برداشت گردید. بدین ترتیب به‌طور ممتد حدود ۱۲ ساعت در این ایستگاه داده‌برداری انجام گرفت.

۲-۴. رسوبات معلق

پس از انتقال نمونه‌های بطری نمونه‌بردار به آزمایشگاه،

جدول ۳. جدول زمانی رسوب ذرات معلق در استوانه یک لیتری، جهت مشخص ساختن درصد بافت رسوب

| درصد بافت رسوب | فرمول | زمان |
|-----------------------------|---|-------------|
| %(c. Silt + f. Silt + Clay) | $\frac{\text{corrected hydrometer reading}}{\text{Dry Wt. of Soil}} \times 100$ | در ۴۰ ثانیه |
| %(f. Silt + Clay) | $\frac{\text{corrected hydrometer reading}}{\text{Dry Wt. of Soil}} \times 100$ | در یک ساعت |
| %Clay | $\frac{\text{corrected hydrometer reading}}{\text{Dry Wt. of Soil}} \times 100$ | در دو ساعت |

محیط زیست بندرعباس به همراه الک‌های به شماره مش ۱۴-۱۸-۳۵-۶۰-۱۲۰-۲۳۰ بررسی شدند (جدول ۲). علت انتخاب این الک‌ها، نوع رژیم ماسه‌ای با دانه‌بندی متفاوت رسوبات خور تیاب است که از ماسه‌های درشت‌دانه تا مواد سیلتی تشکیل شده است. پس از پایان الک کردن، از طریق معادله ۲ درصد وزنی رسوبات هر الک تعیین گردید [۲۱].

$$(۲) \quad \text{درصد وزنی} = \frac{\text{وزن رسوب روی هر الک}}{\text{وزن کل نمونه}} \times 100$$

۳. نتایج

در ادامه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی و نتایج آزمایشگاهی جمع‌آوری گردید، مقادیر خطا از بین داده‌ها حذف شد و نتایج برای هر ایستگاه تهیه گردید. نتایج در این بخش به تفکیک رسوبات معلق و رسوبات بستر، در هر دو نوبت اندازه‌گیری، ارائه شده است.

۳-۱. رسوبات معلق

نتایج رسوبات معلق در ایستگاه‌های پنج‌گانه نوبت اول که به وسیله دو دستگاه نمونه‌بردار آب و CTD تهیه شده است در شکل ۲ و نیز در جدول ۴ به شکل خلاصه آمده است. از نتایج جدول و شکل به وضوح مشخص است که رسوبات در هنگام حرکت آب به سمت خور (بازه مد) در هر چهار ایستگاه اول، ایستگاه‌های ۱ تا ۴، غلظت کمی دارد (حدود ۲۰ میلی گرم بر لیتر).

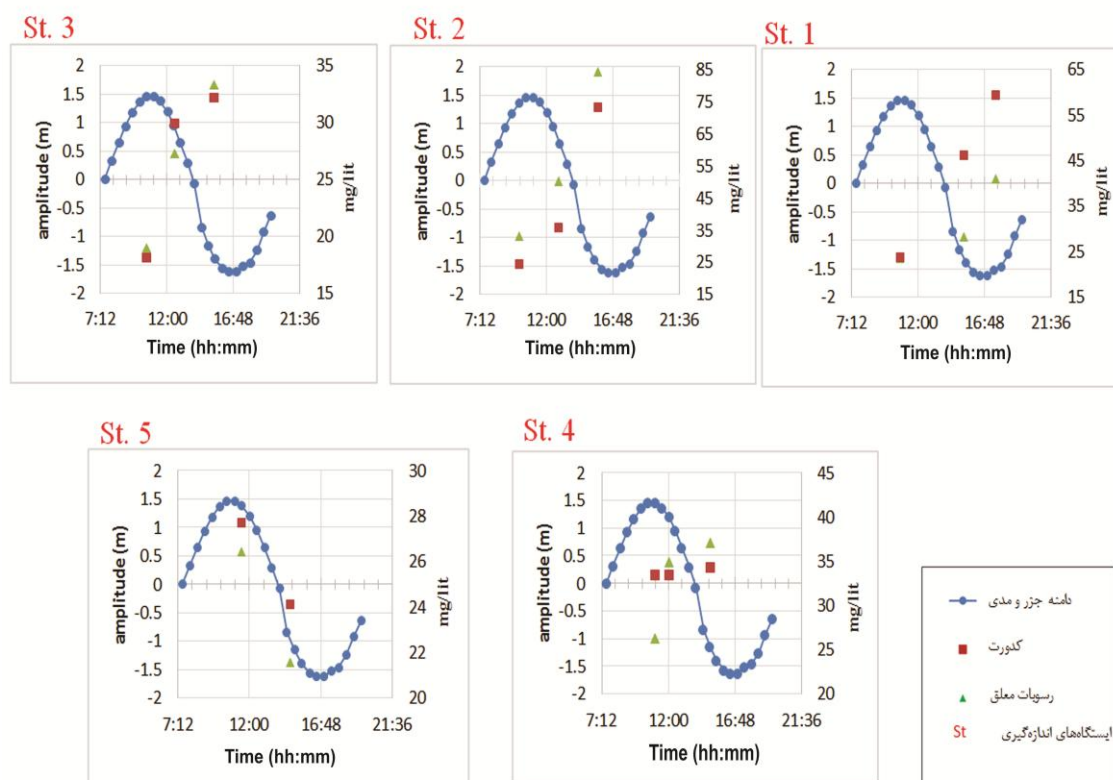
همچنین در این نمونه‌برداری میدانی به منظور افزایش دقت و نیز امکان دست‌یابی به داده‌های پیوسته رسوبات معلق از دستگاه CTD استفاده شد (جدول ۲). این دستگاه به یک سنسور کدورت‌سنجی مجهز است که با تابش نور و دریافت بازتاب آن، مقدار کدورت آب را که همان مقدار رسوبات معلق در آب است، محاسبه می‌کند. استفاده از این روش در حال حاضر مورد توجه بسیاری از محققان جهت برآورد مقدار رسوبات معلق می‌باشد [۱۸-۲۰].

۲-۵. رسوبات بستر

به منظور دانه‌بندی رسوبات بستر، نمونه‌های برداشت‌شده، جهت خشک شدن کامل، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه در اجاق آزمایشگاه قرار گرفت و همچنین جهت از بین بردن چسبندگی ذرات از محلول ۱۰ درصد $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ استفاده شد.

سپس با عبور دادن از الک ۶۳ میکرونی رسوبات به دو دسته کوچک‌تر از ۶۳ میکرون و بزرگ‌تر از ۶۳ میکرون تقسیم شدند که دانه‌بندی رسوبات کمتر از ۶۳ میکرون به روش پیست و رسوبات بیشتر از ۶۳ میکرون به روش غربال کردن بررسی شد [۲۱]. طبق روش پیست، که بر اساس سرعت ته‌نشینی ذرات در بازه‌های زمانی جدول ۳ و فرمول‌های مربوط به آن زمان می‌باشد، نمونه‌های هر ۵ ایستگاه مورد آزمایش قرار گرفت [۲۲].

رسوبات بالاتر از ۶۳ میکرون به روش غربال کردن و استفاده از دستگاه همزن (شیکر) متعلق به آزمایشگاه



شکل ۲. نمودار تغییرات رسوبات معلق در ایستگاه‌های ۱ تا ۵

نتایج نمونه‌برداری نوبت دوم که در بازه زمانی یک سیکل کامل جزر و مدی است، در شکل ۳ آورده شده است. در تصویر به وضوح می‌توان دید که در هنگام جزر به علت کم شدن حجم آب مقدار رسوبات افزایش یافته است و مقدار آن به بیش از ۲۵ میلی گرم بر لیتر رسیده است. پس از جزر کامل و شروع مد یک تقابل بین امواج حاصل از مد و جزر ایجاد می‌شود که باعث زیاد شدن رسوبات می‌شود. پس از اینکه جریان حاصل از مد کاملاً بر جزر غلبه کرد، آرامش و سکونی در خور حاصل می‌گردد (slack water) که باعث ته‌نشین شدن رسوبات می‌شود. این موضوع در شکل ۳ به خوبی قابل مشاهده است. همان‌طور که دیده می‌شود مقدار رسوبات معلق به حدود ۱۰ میلی گرم بر لیتر می‌رسد. با شروع جزر و همسو شدن جریان حاصل از جزر و جریان رودخانه، افزایش مجدد رسوبات معلق در این ایستگاه دیده می‌شود.

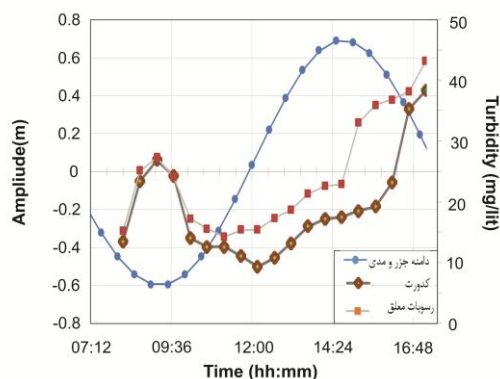
پس از مد و شروع برگشت آب خور به سمت دریا (بازه جزر) به علت کم شدن حجم آب کانال، غلظت رسوبات افزایش یافته است (بیش از ۳۰ میلی گرم بر لیتر). در ایستگاه ۵ تغییرات خلاف چهار ایستگاه دیگر است؛ علت آن قرار گرفتن آن ایستگاه در منطقه دریایی (خارج از دهانه خور) است (شکل ۱.ب).

در مرحله اول اندازه‌گیری بیشترین رسوبات معلق به دومین ایستگاه از سمت اسکله (ایستگاه ۲ در شکل ۱.د) به مقدار ۸۴ میلی گرم بر لیتر مربوط بوده است.

علت این حجم غلظت در این ایستگاه این است که زمان اندازه‌گیری آن در هنگام جزر کامل و کاهش حجم آب می‌باشد. این کاهش حجم باعث می‌شود غلظت رسوبات افزایش یابد. کمترین مقدار، ۱۸ میلی گرم بر لیتر، متعلق به ایستگاهی است که متأثر از دو شاخه اصلی خور است (ایستگاه ۳). در این ایستگاه به دلیل بالا آمدن آب (افزایش حجم آب) غلظت رسوبات آمده است.

همچنین شکل ۴ نمودار ستونی حاصل از اطلاعات جداول ۴ و ۵ است. با دقت در شکل ۴ مشاهده می‌شود که ایستگاه‌های ۱ و ۲ تقریباً دارای درصد رسوبات مشابهی هستند که عبارت است از حدود ۵۸ درصد رسوبات از جنس شن و ماسه، حدود ۳۵ درصد رسوبات سیلتی و کمتر از ۷ درصد رسوب از جنس لای؛ به این ترتیب در این دو ایستگاه بیشترین بافت تشکیل دهنده رسوبات را به ترتیب ماسه، سیلت و لای تشکیل می‌دهد. علت این امر شسته‌شدن ساحل خور در هنگام مد و ورود رسوباتی از جنس ماسه با برگشت آب در بازه جزری به درون خور است. در ایستگاه‌های ۳ و ۴ درصد رسوبات با بافت ماسه در حال افزایش است، به نحوی که در ایستگاه ۳ در مقایسه با دو ایستگاه ۱ و ۲، مقدار ماسه حدود ۲۵ درصد افزایش داشته و به ۸۳ درصد رسیده است؛ در ایستگاه ۴ مقدار ماسه در مقایسه با ایستگاه ۳، ۱۳ درصد افزایش داشته و به ۹۶ درصد رسیده است.

با توجه به اینکه نرخ نشست رسوبات به اندازه آن‌ها بستگی دارد، بدیهی است که رسوباتی با وزن بیشتر با سرعت بیشتری در نقاط ابتدایی دهانه خور ته‌نشین می‌شوند و رسوبات با وزن کمتر (سیلت و لای) تا نقاط ابتدایی خور (ایستگاه ۱ و ۲) حرکت می‌کنند. به همین دلیل در رسوبات ایستگاه‌های ۳ و ۴ درصد ماسه بیشتر است، به طوری که در ایستگاه ۴ تنها ۴ درصد از رسوبات را سیلت و لای تشکیل می‌دهند؛ سبب این امر نزدیکی به دهانه خور و ته‌نشین‌شدن رسوباتی از جنس ماسه است که از سمت دریا در هنگام مد به درون خور می‌آیند.



شکل ۳. نمودار تغییرات رسوبات معلق در ایستگاه ۳ در بازه زمانی یک سیکل جزرومدی

کمترین مقدار این پارامتر در مرحله دوم اندازه‌گیری، در زمان انتهایی جزر (حجم آب زیاد و جریان خور کم است و خور ساکن می‌باشد) و ۱۲/۶۳ میلی گرم بر لیتر است؛ بیشترین مقدار آن، در زمان جزر (کاهش حجم آب) که جریان رودخانه و جریان حاصل از جزر هم‌جهت است و ۴۳/۲ میلی گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۳. رسوبات بستر

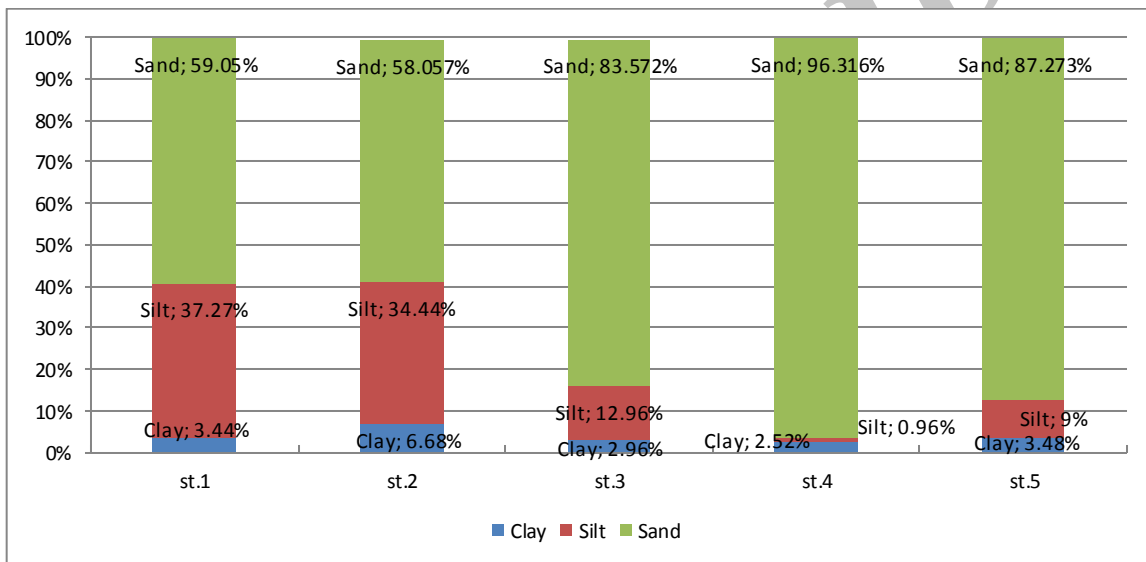
در جدول ۴ وزن رسوبات چهار ایستگاه ۱، ۲، ۴ و ۵ برای یک نوبت اندازه‌گیری و در شکل ۵ وزن رسوبات ایستگاه ۳ برای دو نوبت اندازه‌گیری به تفکیک قطر ذرات آن از شن‌های بسیار بزرگ (Very Coarse Sand) تا لای (Clay) بیان شده است و همچنین درصد ماسه، سیلت و رس در هر ایستگاه آمده است.

جدول ۴. نتایج دانه‌بندی رسوبات بستر در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۴ و ۵

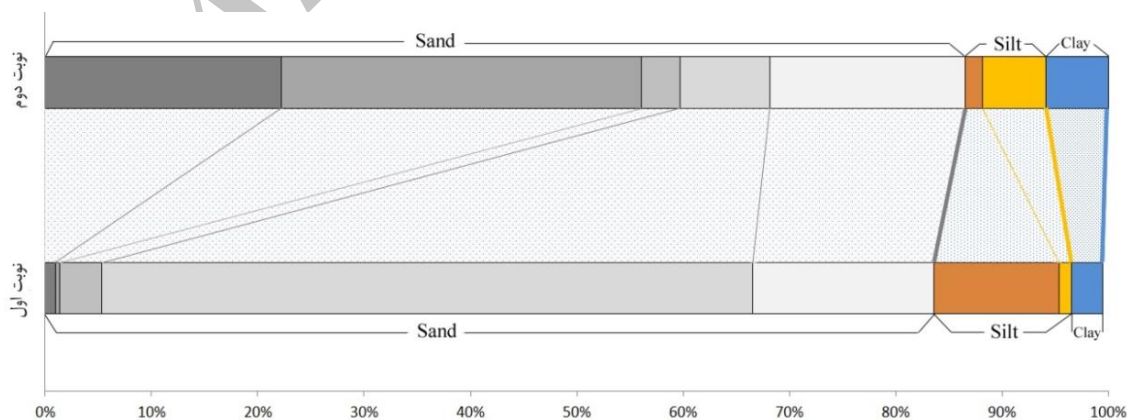
| مش | دانه‌بندی‌های متفاوت | نوع رسوب | وزن در ایستگاه st.1 | | وزن در ایستگاه st.2 | | وزن در ایستگاه st.4 | | وزن در ایستگاه st.5 | | |
|-------------|----------------------|----------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|-------|--------|
| ۱۴-۱۸ | Very Coarse Sand | Sand% | ۲۶,۰۹۴ | ۵,۶۹۱ | ۰,۰۷۶ | ۹,۷۷۶ | ۰,۹۶,۳۱۶ | ۵۸,۰۵۸ | ۵۹,۰۰۵ | ۳۶,۱۵ | |
| | Coarse Sand | | ۰,۳۳۴ | ۰,۱۷۱ | ۲,۳۳۵ | ۲,۱۱۱ | | | | | ۲,۳۳۵ |
| | Medium Sand | | ۲,۵۹۲ | ۳۹,۳۱۸ | ۰,۲۶۹ | ۲۷,۰۰۶ | | | | | ۲۷,۰۰۶ |
| | Fine Sand | | ۱۰,۰۸۷ | ۰,۵۶ | ۲۸,۰۵۴ | ۳۹,۱۱۷ | | | | | ۲۸,۰۵۴ |
| | Very Fine Sand | | ۱۹,۹۴۳ | ۳,۵۳۶ | ۶۵,۵۸۲ | ۳۹,۱۱۷ | | | | | ۶۵,۵۸۲ |
| آئیلز باپیت | Coarse Silt | Silt% | ۳۷,۲۷ | ۳۲,۹۴ | ۰,۸۸ | ۷,۱۶ | ۰,۰۹۶ | ۳۴,۴۴ | ۳۷,۲۷ | ۳۶,۱۵ | |
| | Fine Silt | | ۱,۱۲ | ۱,۵ | ۰,۰۸ | ۱,۸۴ | | | | ۱,۱۲ | |
| | Clay | Clay% | ۳,۴۴ | ۶,۶۸ | ۲,۵۲ | ۳,۴۸ | ۲,۵۲ | ۳,۴۴ | ۳,۴۴ | | |

جدول ۵. نتایج دانه بندی رسوبات بستر در دو مرحله در ایستگاه ۳

| وزن در ایستگاه st.3 | | | | نوع رسوب | دانه بندی های متفاوت | مش |
|-----------------------|--------|-----------------------|--------|----------|----------------------|----------------|
| مرحله دوم اندازه گیری | | مرحله اول اندازه گیری | | | | |
| %۸۶٫۵۲ | ۲۲٫۲۱ | %۸۳٫۵۷۲ | ۰٫۹۹۹ | Sand% | Very Coarse Sand | ۱۴- ۱۸ |
| | ۳۳٫۸۹ | | ۰٫۳۴ | | Coarse Sand | ۳۵ |
| | ۳٫۶۰۱ | | ۳٫۹۷۲ | | Medium Sand | ۶۰ |
| | ۸٫۴۶۶ | | ۶۱٫۲۱۴ | | Fine Sand | ۱۲۰ |
| | ۱۸٫۳۵۵ | | ۱۷٫۰۵۴ | | Very Fine Sand | ۲۳۰ |
| %۷٫۶ | ۱٫۶ | %۱۲٫۹۶ | ۱۱٫۷۶ | Silt% | Coarse Silt | آنالیز با پیست |
| | ۶ | | ۱٫۱۶ | | Fine Silt | |
| %۵٫۸۸ | ۵٫۸۸ | %۲٫۹۶ | ۲٫۹۶ | Clay% | Clay | |



شکل ۴. دانه بندی رسوبات بستر در نوبت اول



شکل ۵. مقایسه نتایج ایستگاه ۳ در دو نوبت اندازه گیری

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت اطلاع از مقدار رسوبات در کانال‌ها و آبراهه‌ها دو نوبت اندازه‌گیری میدانی در خور تیب در مورد رسوبات انجام گرفت و این نتایج حاصل شد:

مقدار رسوبات معلق در بازه مدی (حرکت آب دریا به سمت داخل خور) دارای غلظت کمی است. پس از مد و با شروع بازه جزر به علت کم شدن حجم آب کانال، غلظت رسوبات افزایش می‌یابد. کمترین مقدار رسوبات معلق در زمان پایانی بازه جزر - زمانی که حجم آب زیاد و جریان خور کم است، سکون لحظه‌ای خور - رخ می‌دهد که فرصت کافی برای ته‌نشین شدن ذرات وجود دارد. بیشترین رسوبات معلق مربوط به بازه جزری است، زمانی که جریان رودخانه با جریان حاصل از جزر به سمت دریا هم‌جهت است.

همچنین در این تحقیق مشخص گردید که رسوبات با وزن بیشتر تا حیطه میانی خور منتقل شده و عمدتاً در میانه خور ته‌نشین می‌شوند و رسوبات با وزن کمتر همچون سیلت و لای تا ابتدای خور حرکت می‌کنند. وجود رسوبات درشت‌دانه بستر تا اواسط خور از سرعت نسبتاً زیاد جریان مدی در کانال نشان دارد. همچنین وجود انحنای قابل ملاحظه در میانه کانال عامل اصلی رسوب‌گذاری و در نتیجه وجود رسوبات درشت‌دانه در این منطقه است. این عامل به همراه کاهش سرعت جریان در کانال (مجدداً به دلیل همین انحنای) موجب می‌شود که مناطق پشت این انحنا در بالادست کانال دارای بار بستری با رسوبات ریزدانه (سیلت و لای) باشد.

مراجع

- [۱] حسینی ارانی امیر، قاضی اندرور مجید. واکاوی تدابیرمقام معظم رهبری در خصوص اهمیت دریا، لزوم حضور در دریا‌های آزاد و توسعه دریا محور. ارائه شده در اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران؛ ۱۳۹۱ بهمن ماه ۲۸-۳۰؛ کنارک، ایران.
- [۲] Van Rijn LC. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. Amsterdam: Aqua publications; 1993.
- [3] Wei T, Chen Z, Duan L, Gu J, Saito Y, Zhang W, Kanai Y. Sedimentation rates in relation to sedimentary processes of the Yangtze Estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2007; 71(1): 37-46
- [۴] برقی مینا. بررسی رسوبات معلق و رسوبات بستر در شاخه جزرومدی خور تیب [پایان‌نامه]. بندرعباس: دانشگاه هرمزگان؛ اسفند ۱۳۹۲.
- [۵] علی حمزه ماندانا، دهقانی محسن، دانه کار افشین. بررسی وضعیت زیست محیطی خورهای بندرعباس؛ الزامات بیشتر برای حفاظت خورها. *مجله بندر و دریا*. ۱۳۸۶؛ ۱۴۷(۱۲): ۱۱۶-۱۱۹.
- [۶] بهروزی راد بهروز، حسن زاده کیابی بهرام. شناسایی و مقایسه فصلی تنوع و تراکم پرندگان آبیزی تالاب‌های بین‌المللی کلاهی و تیب در تنگه هرمز. *مجله علوم محیطی*. ۱۳۸۷؛ ۵(۳): ۱۱۳-۱۲۶.
- [۷] صفایسینی هنگامه، دانه کار افشین، کامرانی احسان. بررسی ساختار جنگل‌های حرا در حوزه کولقان، تیب و کلاهی در تنگه هرمز. *مجله علوم محیطی*. ۱۳۸۵؛ ۱۱(۱): ۱-۱۰.
- [۸] اداره بندر و دریانوردی شهید باهنر. مطالعات تکمیلی و طراحی پایه مرحله اول توسعه بندر تیب. شرکت مهندسی مشاور هندسه پارس؛ ۱۳۹۱. (سند مناقصه EPC کد ۱۰۵۰).
- [9] Deloffre J, Verney R, Lafite R, Lesueur P, Lesourd S, Cundy AB. Sedimentation on intertidal mudflats in the lower part of macrotidal estuaries: sedimentation rhythms and their preservation. *Marine Geology*. 2007; 241(1): 19-32.
- [10] Lesourd S, Lesueur P, Fisson C, Dauvin JC. Sediment evolution in the mouth of the Seine estuary (France): A long-term monitoring during the last 150 years. *Comptes Rendus Geoscience*. 2016 Aug 3; 348(6): 442-50.

- incorporating field data [dissertation]. Univ. Kiel:Christian-Albrechts; 2011.
- [19] Uhrich MA, Spicer KR, Mosbrucker A, Christianson T. Evaluating turbidity and suspended-sediment concentration relations from the North Fork Toutle River basin near Mount St. Helens, Washington; annual, seasonal, event, and particle size variations- a preliminary analysis. Proceeding of the 5th Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference and the 10th Federal Interagency Sedimentation Conference; 2015 Apr 19-23; Nevada, USA.
- [20] Qu L, Lei T, Ning D, Civco D, Yang X. A spectral mixing algorithm for quantifying suspended sediment concentration in the Yellow River: a simulation based on a controlled laboratory experiment. *International Journal of Remote Sensing*. 2016 Jun 2;37(11): 2560-84.
- [21] Gee GW, Bauder JW, Klute A. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. United States: Soil Science Society of America; 1986. P. 383-411.
- [22] Olmstead LB. A pipette Method Of Mechanical Analysis Of Soils Based On Improved Dispersion Procedure. Washington, DC: United States department of Agriculture; 1930. p.1-22. (Vol. 170).
- [11] Rahbani M. A comparison between the suspended sediment concentrations derived from DELFT3D model and collected using transmissometer- a case study in tidally dominated area of Dithmarschen Bight. *Oceanologia*. 2015 Mar 31;57(1):44-9.
- [12] Allen GP, Salomon JC, Bassoullet P, Du Penhoat Y, De Grandpre C. Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries. *Sedimentary Geology*. 1980 Apr 1;26(1-3):69-90.
- [۱۳] لاری کامران، باباییک امیرحسین. برآورد نرخ انتقال رسوب کانال دسترسی خور موسی در بندر امام خمینی. *مجله علوم و فنون دریایی*. ۱۳۸۹؛ ۹ (۳): ۶۳-۷۱.
- [14] Cuvilliez A, Lafite R, Deloffre J, Lemoine M, Langlois E, Sakho I. River flow control on intertidal mudflat sedimentation in the mouth of a macrotidal estuary. *Geomorphology*. 2015 Jun 15;239:174-81.
- [۱۵] آراسته علی. بررسی مکانیزم رسوبگذاری در شاخه های تحت اثر امواج و جریانهای دریایی با استفاده از نرم افزار Mike21 [پایان نامه]. بندرعباس: دانشگاه هرمزگان، دانشکده فنی؛ ۱۳۹۱.
- [16] Federation WE, American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC, USA: American Public Health Association (APHA); 2005.
- [17] APHA (American Public Health Association), American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 2). Washington, DC, USA: American Public Health Association; 1915.
- [18] Rahbani M. Numerical modelling of the coastal processes in Dithmarschen Bight

پی نوشت

1. High Low Water Level
 2. Acoustic Doppler Current Profiler
 3. Niskin Bottle
- ۴ . داده های ذکر شده از سایت hydrography.ir برداشت شده اند که در حال حاضر دیگر فعال نمی باشد.
5. Conductivity Temperature Depth
 6. Grab