

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

مریم راه‌بانی<sup>۱\*</sup>، مسعود رنجبری<sup>۲</sup> و دانیال قادری<sup>۳</sup>

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

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی، بندرعباس ranjbari\_masoud@yahoo.com

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حمل و نقل دریایی، دانشگاه امیرکبیر، دانشکده مهندسی دریا، شاخه بندرعباس، بندرعباس danialghaderi1@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. پژوهش 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 نیکسین 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 بالادست، 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 تأثیرگذار 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) 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 تا دهانه 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].

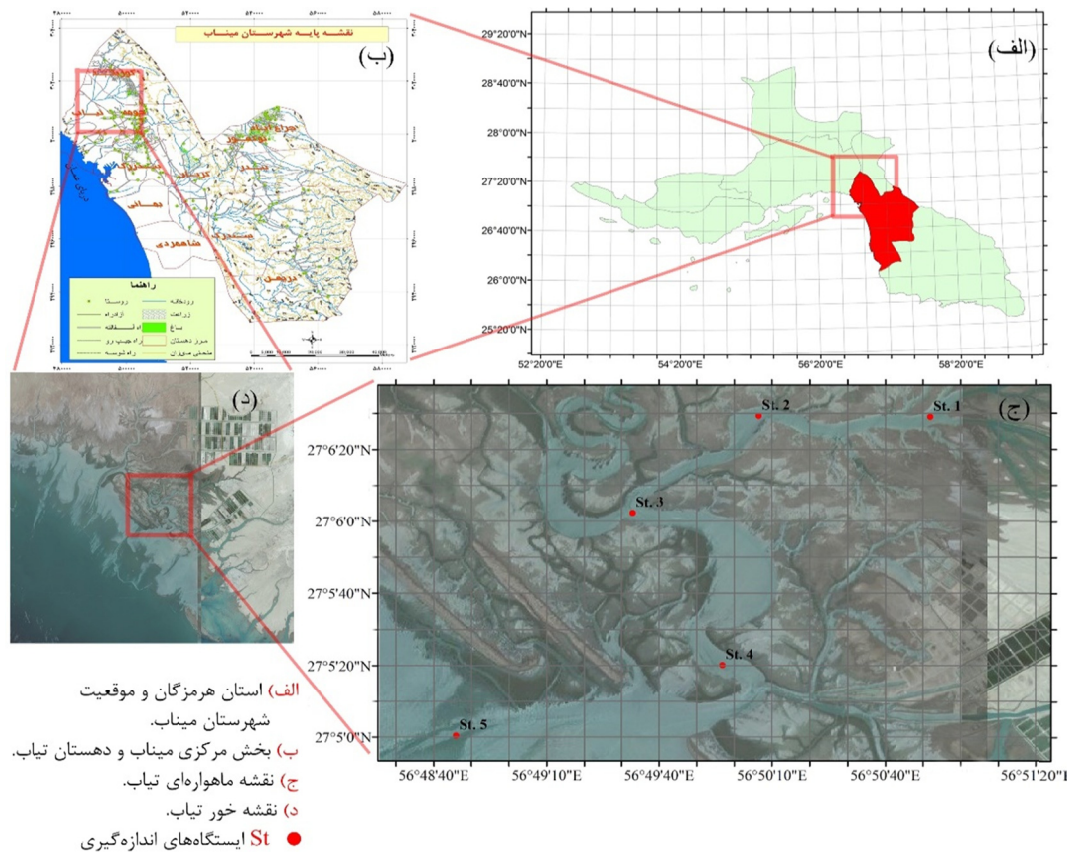
### ۱-۳. مروری بر تحقیقات مشابه

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 خورهایی 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 به صورت 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  $27^{\circ}52'$  تا  $27^{\circ}59'$  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<sup>۲</sup> و بطری اندازه‌گیر نسیکین<sup>۳</sup> 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 بتدر 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 ضرایبی 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°۵۰'۶٫۵۴" E	۵۶°۴۹'۳۱٫۸۲" E	۵۶°۴۹'۵۶٫۸۶" E	۵۶°۴۸'۳۹٫۴۵" E
عرض جغرافیایی	۲۷°۶'۲۹٫۰۰" N	۲۷°۶'۲۹٫۱۷" N	۲۷°۶'۳۳٫۵۴" N	۲۷°۵'۱۹٫۸۲" N	۲۷°۵'۰۰٫۴۴" N

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<sup>۶</sup> یک نمونه از رسوبات بستر برداشت گردید. نمونه‌ها شماره‌گذاری شد و زمان اندازه‌گیری بر روی آن‌ها ثبت گردید و با بالاکشیدن 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.

اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در ایستگاه‌ها با توجه به جدول جزرومدی استخراج شده از ایستگاه شهید رجایی و ایستگاه سیریک<sup>۴</sup> و همچنین تطبیق آن با اندازه‌گیری میدانی توسط دستگاه CTD<sup>۵</sup> 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 فаз 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 کدورت‌سنج، 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

جدول ۲. وسایل اندازه گیری همراه با تصویر هر وسیله

	<b>رسوبات معلق</b>	<b>نوع اندازه گیری</b>
	بطری نمونه بردار با حجم ۱/۵ لیتر	وسیله اندازه گیری
	برآورد بار رسوبی (غلظت رسوبات)	هدف
	کدورت	نوع اندازه گیری
	Seaguard RCM مدل CTD	وسیله اندازه گیری
	برآورد بار رسوبی	هدف
	رسوبات بستر	نوع اندازه گیری
	نمونه بردار چنگکی Van Veen Grab	وسیله اندازه گیری
	تعیین دانه بندی رسوبات بستر	هدف
	رسوبات بستر	نوع اندازه گیری
	Shaker ساخت کمپانی Octagon	وسیله اندازه گیری
	دانه بندی رسوبات	هدف

عملیات آزمایشگاهی طبق روش استاندارد بر روی تمامی نمونه های هر ۵ ایستگاه صورت گرفت [۱۶]. در این روش نمونه های ایستگاه های پنج گانه از صافی ۰/۴۵ میکرونی عبور داده شد. صافی ها جهت خشک کردن به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد، درون اجاق آزمایشگاه قرار گرفت، سپس با توجه به روش اندازه گیری مواد معلق مقدار رسوب هر ایستگاه محاسبه گردید [۱۷]. رابطه ۱ نحوه محاسبه ذرات معلق را بر این مبنا نشان می دهد.

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

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

همان طور که در شکل ۱ دیده می شود این ایستگاه تقریباً در میانه کانال واقع شده است، همچنین تحت تأثیر دو جریان از دو شاخه اصلی است. در این نوبت از نمونه برداری، تیم اندازه گیری ساعت ۰۷:۳۰ با یک دستگاه شناور به سمت ایستگاه ۳ حرکت کردند. بعد از اندازه گیری عمق به روشی که پیش تر اشاره شد، دستگاه CTD به منظور ثبت پارامترهای دریایی به عمق میانی فرستاده شد.

هر نیم ساعت یک بار نمونه آب جهت بررسی رسوبات معلق برداشت شد و رسوبات بستر نیز با استفاده از گرب چندین بار برداشت گردید. بدین ترتیب به طور ممتد حدود ۱۲ ساعت در این ایستگاه داده برداری انجام گرفت.

## ۲-۴. رسوبات معلق

پس از انتقال نمونه های بطری نمونه بردار 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).

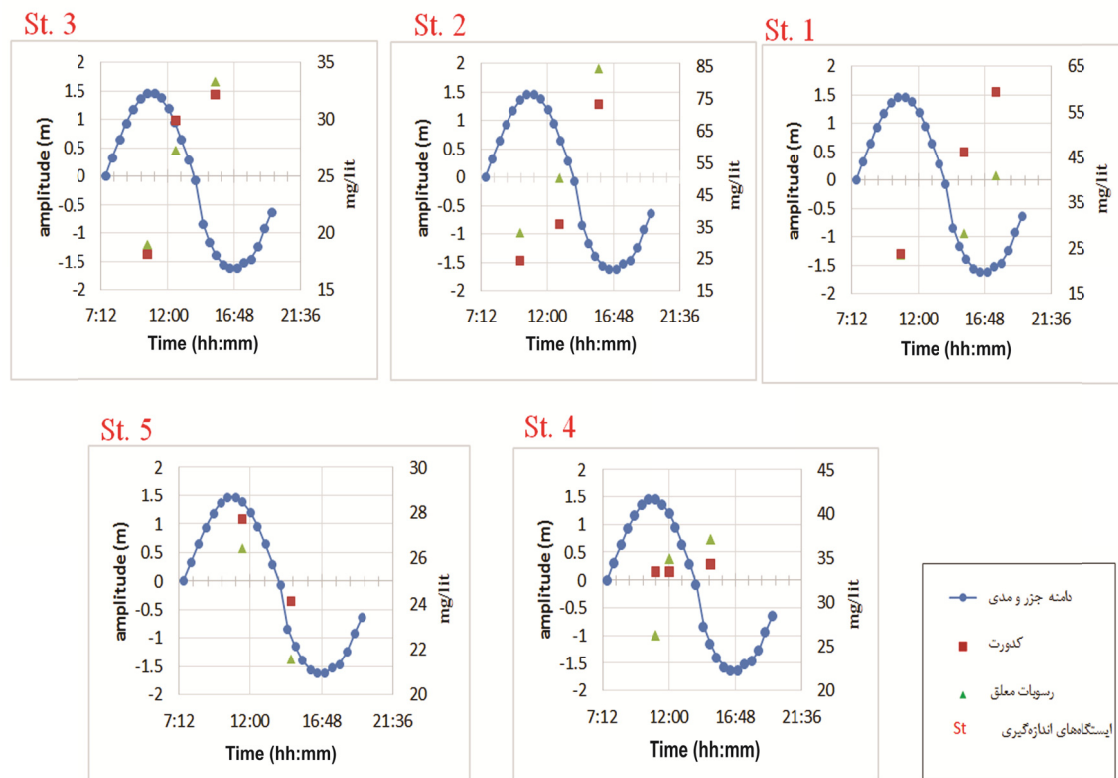
همچنین در این نمونه برداری میدانی به منظور افزایش دقت و نیز امکان دستیابی به داده‌های پیوسته رسوبات معلق از دستگاه CTD استفاده شد (جدول ۲). این دستگاه به یک سنسور کدورت سنجی مجهز است که با تابش نور و دریافت بازتاب آن، مقدار کدورت آب را که همان مقدار رسوبات معلق در آب است، محاسبه می‌کند. استفاده از این 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 نمونه برداری 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 ته نشین 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.

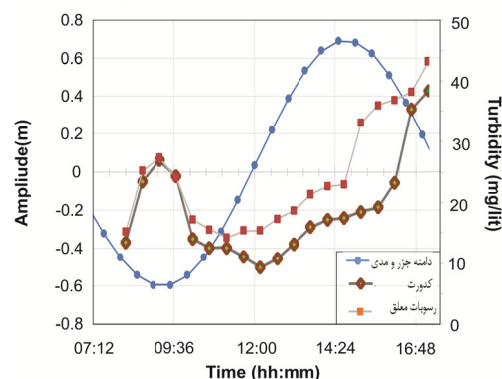
پس از مد و شروع برگشت آب خور به سمت دریا (بازه جزر) به علت کم شدن حجم آب کانال، غلظت رسوبات افزایش یافته است (بیش از ۳۰ میلی گرم بر لیتر). در ایستگاه ۵ تغییرات خلاف چهار ایستگاه دیگر است؛ علت آن قرار گرفتن آن ایستگاه در منطقه دریایی (خارج از دهانه خور) است (شکل ۱.ب).

در مرحله اول اندازه گیری 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 اندازه گیری آن دو 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 می شود که ایستگاه های 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 می دهد. علت این امر شسته شدن ساحل خور در هنگام مد و ورود رسوباتی از جنس ماسه با برگشت آب در بازه جزری به درون خور است. در ایستگاه های 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 آن ها بستگی دارد، بدیهی است که رسوباتی با وزن بیشتر با سرعت بیشتری در نقاط ابتدایی دهانه خور ته نشین می شوند و رسوبات با وزن کمتر (سیلت و لای) تا نقاط ابتدایی خور (ایستگاه ۱ و ۲) حرکت می کنند. به همین دلیل در رسوبات ایستگاه های ۳ و ۴ درصد ماسه بیشتر است، به طوری که در ایستگاه ۴ تنها ۴ درصد از رسوبات را سیلت و لای تشکیل می دهند؛ سبب این امر نزدیکی به دهانه خور و ته نشین شدن رسوباتی از جنس ماسه است که از سمت دریا در هنگام مد به درون خور می آیند.



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

کمترین مقدار این پارامتر در مرحله دوم اندازه گیری، در زمان انتهایی جزر (حجم آب زیاد و جریان خور کم است و خور ساکن می باشد) 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 هم جهت است و ۴۳/۲ میلی گرم بر لیتر می باشد.

### ۲-۳. رسوبات بستر

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

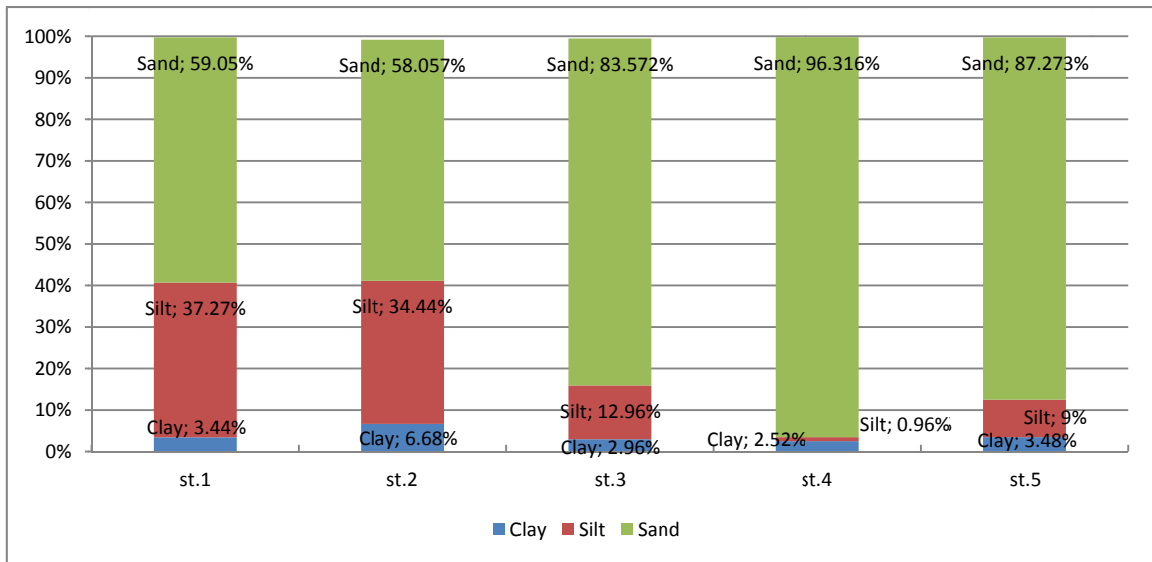
جدول ۴. نتایج دانه بندی رسوبات بستر در ایستگاه های ۱، ۲، ۴ و ۵

مش	دانه بندی های 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	۵۸,۰۵۸	۰,۰۷۶	۹,۷۷۶	۸۷,۲۷۳	۱۴-۱۸	
	Coarse Sand		۰,۳۳۴	۰,۱۷۱	۳۹,۳۱۸	۲,۳۳۵	۹,۲۱۹			
	Medium Sand		۲,۵۹۲	۰,۵۶	۲۸,۰۵۴	۰,۲۶۹	۲,۱۱۱			
	Fine Sand		۱۰,۰۸۷	۳,۵۳۶	۶۵,۵۸۲	۲۸,۰۵۴	۲۷,۰۶			
۲۳۰	Very Fine Sand		۱۹,۹۴۳			۳۹,۱۱۷				
آنالیز با پیست	Coarse Silt	Silt%	۳۶,۱۵	۳۲,۹۴	۳۴,۴۴	۰,۸۸	۷,۱۶	۹	۲۳۰	
	Fine Silt		۱,۱۲	۱,۵	۰,۰۸	۰,۰۸	۱,۸۴			
	Clay	Clay%	۳,۴۴	۶,۶۸	۶,۶۸	۲,۵۲	۳,۴۸		۳,۴۸	

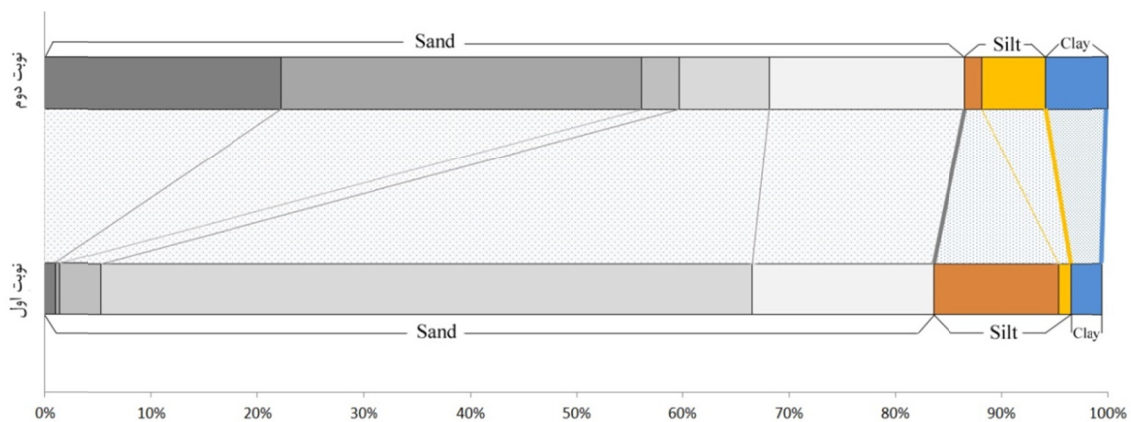


جدول ۵. نتایج دانه‌بندی رسوبات بستر در دو مرحله در ایستگاه ۳

وزن در ایستگاه st.3				نوع رسوب	دانه‌بندی‌های متفاوت	مش
مرحله دوم اندازه‌گیری		مرحله اول اندازه‌گیری				
%۸۶,۵۲	۲۲,۲۱	%۸۳,۵۷۲	۰,۹۹۹	Sand%	Very Coarse Sand	۱۴-۱۸
	۳۳,۸۹		۰,۳۴		Coarse Sand	
	۳,۶۰۱		۳,۹۷۲		Medium Sand	
	۸,۴۶۶		۶۱,۲۱۴		Fine Sand	
	۱۸,۳۵۵		۱۷,۰۵۴		Very Fine Sand	
%۷,۶	۱,۶	%۱۲,۹۶	۱۱,۷۶	Silt%	Coarse Silt	آتالیز با بییت
	۶		۱,۱۶		Fine Silt	
%۵,۷۸	۵,۸۸	%۲,۹۶	۲,۹۶	Clay%	Clay	



شکل ۴. دانه‌بندی رسوبات بستر در نوبت اول



شکل ۵. مقایسه نتایج ایستگاه ۳ در دو نوبت اندازه‌گیری

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت اطلاع از مقدار رسوبات در کانال‌ها و آبراهه‌ها دو نوبت اندازه‌گیری میدانی در خور تیاب 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 انحسای قابل‌ملاحظه 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 انحنا) موجب می‌شود که مناطق پشت این انحنا در بالادست کانال دارای بار بستری با رسوبات ریزدانه (سیلت و لای) باشد.

#### مراجع

- [1] 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 مگران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران؛ ۱۳۹۱ بهمن ماه ۲۸-۳۰؛ کنارک، ایران.
- [2] 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
- [4] برقی مینا. بررسی رسوبات معلق و رسوبات بستر در شاخه جزرومدی خور تیاب [پایان‌نامه]. بندرعباس: دانشگاه هرمزگان؛ اسفند ۱۳۹۲.
- [5] علی حمزه ماندانا، دهقانی محسن، دانه کار افشین. بررسی وضعیت زیست محیطی خورهای بندرعباس؛ الزامات بیشتر برای حفاظت خورها. بندر و دریا. ۱۳۸۶؛ ۱۴۷(۱۲): ۱۱۶-۱۱۹.
- [6] بهروزی راد بهروز، حسن زاده کیایی بهرام. شناسایی و مقایسه فصلی تنوع و تراکم پرندگان آبیزی تالاب‌های بین‌المللی کلاهی و تیاب در تنگه هرمز. علوم محیطی. ۱۳۸۷؛ ۵(۳): ۱۱۳-۱۲۶.
- [7] صفایسینی هنگامه، دانه کار افشین، کامرانی احسان. بررسی ساختار جنگل‌های حرا در حوزه کولقان، تیاب و کلاهی در تنگه هرمز. علوم محیطی. ۱۳۸۵؛ ۱۱(۱): ۱-۱۰.
- [8] اداره بندر و دریانوردی شهید باهنر. مطالعات تکمیلی و طراحی پایه مرحله اول توسعه بندر تیاب. 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

- [18] Rahbani M. Numerical modelling of the coastal processes in Dithmarschen Bight 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. Paper presented at: 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] Olmsteas 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).
- during the last 150 years. *Comptes Rendus Geoscience*. 2016 Aug 3;348(6): 442-50.
- [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 شاخه‌های تحت اثر امواج و جریانهای دریایی با استفاده از نرم افزار Mike21 [پایان نامه]. بندرعباس: دانشگاه هرمزگان؛ 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. Washington, DC, USA: American Public Health Association; 1915. (Vol. 2).

### پی نوشت

1. High Low Water Level
2. Acoustic Doppler Current Profiler
3. Niskin Bottle
۴. داده‌های ذکر شده از سایت hydrography.ir برداشت شده‌اند که در حال حاضر دیگر فعال نمی‌باشد.
5. Conductivity Temperature Depth
6. Grab