

تعیین مقادیر احجام و نرخ رسوب گذاری بندر امیرآباد در سال های ۱۳۹۷-۱۴۰۰ با استفاده از داده های عمق یابی

بهمن تاج فیروز^۱، وحیده سعیدی^{۲*}، حمید خلیلی واوسری^۳، محمد حسین نعمتی^۴

^۱ رئیس هیات مدیره - شرکت مهندسی مشاور دریا ترسیم - تهران
bt_firooz@yahoo.com

^۲ کارشناس ارشد سنجش از دور - شرکت مهندسی مشاور دریا ترسیم - تهران
saeidi.va@gmail.com

^۳ مدیر کل مهندسی سواحل و بنادر - اداره مهندسی سواحل و بنادر سازمان بنادر و دریانوری
hkhv2000@yahoo.com

^۴ رئیس اداره مهندسی سواحل - اداره مهندسی سواحل و بنادر سازمان بنادر و دریانوری
mhn1982@gmail.com

(تاریخ دریافت شهریور ۱۴۰۰، تاریخ تصویب آذر ۱۴۰۰)

چکیده

عمق یابی و تهیه اطلاعات مکانی بنادر به همراه پایش دوره ای رسوب گذاری در حوضچه و کانال های منتهی به بنادر، تاثیر بسزایی در ارتقای کیفی دریانوردی و حمل و نقل ایمن دارد. بنابراین در مطالعه حاضر، به محاسبه و تخمین نرخ رسوب گذاری در حوضچه و کانال بندر امیرآباد (یکی از مهمترین بنادر شمالی ایران) بین سال های ۱۳۹۷ و ۱۴۰۰ بر اساس داده های عمق یابی پرداخته شده است. پس از پردازش های لازم بر روی داده ها، مدل رقومی بستر کانال و حوضچه تولید شد. سپس، احجام رسوب گذاری در هر دوره نسبت به دوره قبل محاسبه شدند. جهت برآورد حجم نهایی رسوب، با در نظر گرفتن عملیات لایروبی در منطقه مذکور، میزان انتقال رسوب در لایروبی ها نیز محاسبه و به احجام رسوب گذاری نهایی اضافه شد. با بررسی نتایج، میانگین نرخ رسوب گذاری سالانه و ماهانه (m^3/m^2) به ترتیب در کانال دسترسی ۰/۱۲۲ و ۰/۱۰ متر و حوضچه آرامش ۰/۱۶۰ و ۰/۱۳ متر محاسبه شد. به طور تقریبی، پراکندگی و توزیع رسوب گذاری همگنی در کل منطقه مشاهده شد. اما در هر حال الگوی بیشترین حجم رسوب گذاری در ابتدای کانال دسترسی در جهت شمال و شمال شرق و در جنوب حوضچه اصلی و عموماً در حوضچه های غربی و شرقی رخ داده است. استفاده از این نتایج به مدیران در برنامه ریزی بهتر و دقیق تر جهت لایروبی بهینه منطقه، توالی و دفعات عملیات لایروبی و عمق یابی در آینده کمک شایانی خواهد کرد و به عنوان مرجع قابل اعتماد و دقیقی جهت صحت سنجی سایر روش های متداول نظیر مدل های هیدرودینامیکی و رسوب سنجی در تخمین نرخ رسوب در منطقه خواهد بود.

واژگان کلیدی: عمق یابی، هیدروگرافی، نرخ رسوب گذاری، لایروبی، بندر امیرآباد، دریانوردی ایمن

۱- مقدمه

بنادر به عنوان اصلی ترین درگاه انتقال کالا و مسافر در مجموعه حمل و نقل دریایی می باشند که حفاظت و نگهداری از آنها به ارتقای امنیت دریانوردی، تجارت و زیرساخت های جامعه منجر خواهد شد. احداث اسکله، موج شکن و سازه های دریایی در سواحل باعث تغییر در رفتار موج، جریان، رسوب گذاری و فرسایش بستر می شود [۱]. بطور کلی، در اثر شکست امواج در نواحی کم عمق ساحلی و ایجاد جریان کرانه ای^۱، حمل و انتقال رسوب در سواحل و بنادر رخ می دهد [۲]. امروزه با استفاده از ابزارهای دقیق و تکنولوژی های پیشرفته در مکان یابی و عمق یابی^۲، بروز رسانی و تهیه نقشه های ادواری از بستر دریا در کمترین زمان، محقق شده است.

عمق یابی به عنوان دقیق ترین و مهم ترین فناوری جهت مطالعات نرخ رسوب شناخته شده است [۳]؛ اما بدلیل عدم دسترسی به اطلاعات ادواری عمق یابی در اکثر مناطق، روابط تجربی مبتنی بر انرژی موج و تله رسوب گیر [۴،۵]، و روابط نیمه تجربی (والتون و برنو^۳، گالوین و فندرمیر^۴، کمفس^۵ و معادله CERC^۶) در برآورد نرخ رسوب مورد توجه محققان قرار گرفته است [۷-۵] که غالباً این روابط تقریبی بوده [۸] و دقت آنها به عوامل مختلفی از جمله سرعت باد، ارتفاع و سرعت موج، جریانات، خصوصیات امواج شکننا^۷ و شیب ساحل وابسته است [۴،۷،۸]. در مطالعه ای [۹] با استفاده از روابط CERC و کمفس در بندرکیاشهر و نوشهر، اختلاف قابل توجهی در محاسبات انتقال رسوب در مقایسه با نتایج عمق یابی (به عنوان مرجع) گزارش شده است. همچنین در مطالعه دیگری [۱۰] مبتنی بر روابط CERC و کمفس در بندر شهید باهنر، برآورد نرخ انتقال رسوب در مقایسه با اطلاعات عمق یابی، دقت کمتری داشت که این امر نمایانگر دقت و ارجحیت عمق یابی در برآورد نرخ انتقال رسوب در مناطق ساحلی می باشد. بنابراین با توجه به صحت سنجی و کنترل سایر روش های متداول و حساسیت طراحی و پایش بنادر و سازه های ساحلی [۳،۶]، اجرای عمق یابی دقیق در

بنادر امری ضروری است [۸]. یکی از اهداف اجرای عمق یابی بنادر، تهیه بانک اطلاعات جامع از وضعیت و نقشه توپوگرافی بستر کانال ها و حوضچه^۸ بنادر کشور و محاسبه دقیق احجام و میزان نرخ رسوب گذاری می باشد. تعیین نرخ رسوب در سواحل و بنادر از مهم ترین پارامترهای ایمنی دریانوردی در بنادر می باشد [۱۰] و این بانک اطلاعاتی به عنوان یک مجموعه مرجع در مطالعات مهندسی و مدیریتی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. رسوب گذاری در کانال های دسترسی و بنادر علاوه بر تهدیدات دریایی و ایجاد مشکل در تردد شناورها [۱۱]، هزینه گزافی از بابت لایروبی های متوالی بر سیستم حمل و نقل دریایی و مدیریت بندری تحمیل می کند. بنابراین، جمع آوری داده مکانی و بررسی اطلاعات دوره ای عمق یابی بنادر و تعیین نرخ رسوب گذاری دوره ای، کمک شایانی به زمان بندی بهینه لایروبی در این مناطق دارد [۱]. از این رو در مطالعه حاضر، به بررسی و تعیین حجم و نرخ رسوب گذاری در بازه زمانی ۳۳ ماهه جهت برآورد نرخ رسوب گذاری سالانه در منطقه بندر امیرآباد با استفاده از داده عمق یابی پرداخته ایم.

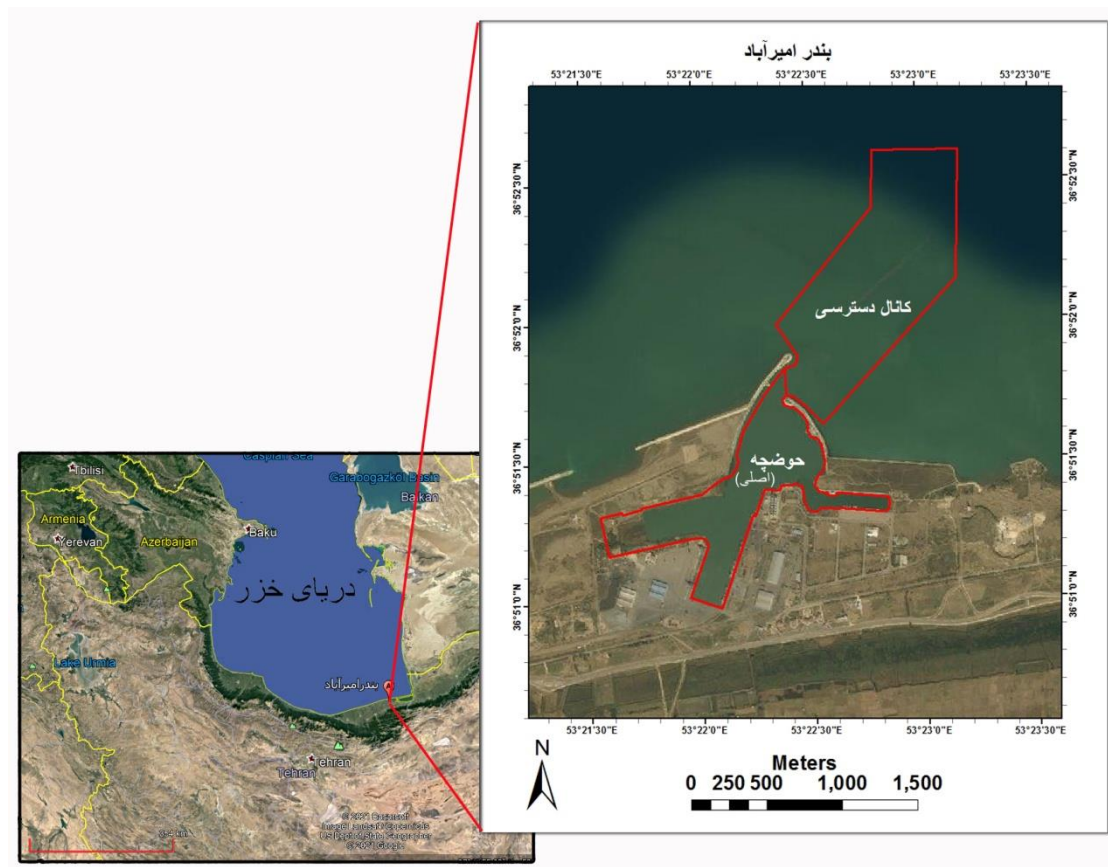
۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه ویژه اقتصادی بندر امیرآباد (شکل ۱) در شمال شهرستان بهشهر (شرق استان مازندران) به مساحت بیش از هزار هکتار و قرار گیری در مسیر گذرگاه بین المللی مسیر شمال به جنوب، نقش مهمی را در ابعاد ملی و منطقه ای دارد. منطقه مورد مطالعه، کانال دسترسی و حوضچه آرامش به مساحت تقریبی ۱۸۰ هکتار (مختصات در جدول شماره یک)، قرار گرفته است. سواحل جنوبی دریای خزر عمدتاً دارای رسوبات ماسه ای و غیر چسبنده هستند و در دهانه رودها مصالح ریزدانه سیلیسی و رسی یافت می شوند [۱۲]. به طور متوسط تراز آب در این منطقه ۲۷ متر پایین تر از سطح آب های آزاد می باشد. منطقه ویژه اقتصادی بندرامیرآباد، یکی از مهم ترین بنادر اقتصادی و تجاری ایران در دریای خزر است. بنابراین توسعه پایدار، نگهداری و پایش این بندر به دلیل موقعیت راهبردی دریای خزر و ظرفیت های اقتصادی و تجاری، اتصال به حمل و نقل ریلی، ارتباطات و گذر کالا، الزامی

^۱ Long Shore Current^۲ Hydrography^۳ Walton and Bruno^۴ Galvin and Van Der Meer^۵ Kamphuis^۶ Coast Energy Research Center (CERC)^۷ Breaking Wave^۸ Port Basin

جدول ۱- مختصات گوشه های منطقه مورد مطالعه		
محدوده	Easting	Northing
بالا- چپ	53° 21' 30"	36° 52' 30"
پایین- راست	53° 24' 00"	36° 50' 30"

است. به همین دلیل، عمق یابی و نقشه برداری بندر امیرآباد به منظور مطالعات رسوب گذاری، نیازسنجی اجرای طرح لایروبی و ناوبری ایمن در داخل حوضچه، کانال دسترسی و محدوده اطراف آن حایز اهمیت است.



شکل ۱- جغرافیای منطقه مورد مطالعه، بندر امیرآباد

۳- داده های مورد استفاده

داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل برداشت های عمق یابی در منطقه، طی سالهای ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۰ می باشد. سازمان بنادر و دریانوردی ایران به عنوان کارفرما و متولی اصلی پروژه های دریانوردی و سواحل کشور، عملیات عمق یابی بنادر ایران را در دستور کار خود قرار داده است. سطح مبنای ارتفاعی عملیات عمق یابی بر مبنای سطح آب های آزاد^۱ و همچنین میانگین تراز آب در روزهای انجام عملیات عمق یابی به منظور اطلاع از عمق قابل بهره برداری می باشد. به منظور پوشش دقیق، طراحی فاصله بین خطوط برداشت در جهت عمود بر ساحل ۱۰ متر، و فاصله خطوط کنترلی عمود بر خطوط

برداشت اصلی ۵۰ متر تعیین شد (دستورالعمل های همسان نقشه برداری، جلد هفتم، آبنگاری کد ۷- ۱۱۹ و [۱۳]). جهت اجرای عملیات عمق یابی از چند فروند قایق موتوری (شناور) به همراه تجهیزات سخت افزاری نظیر سیستم رادیویی و تعیین موقعیت دقیق^۲ برای تعیین موقعیت آنی^۳ و دستگاه عمق یاب^۴ و دستگاه سرعت سنج صوت^۵ و نرم افزار جمع آوری اطلاعات عمق یابی هایپک^۶ استفاده شد. دستگاه عمق یاب مورد استفاده سیدیوسر پرو^۷ ساخت کشور استرالیا، با فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز، قدرت تفکیک ۱ سانتی متر، نرخ نمونه برداری ۶ الی ۱۰ هرتز، و با زاویه پرتو

^۲ DGNSS and DGPS

^۳ Real-Time Kinematic (RTK)

^۴ Ceeducer and Odom

^۵ SVP

^۶ HYPACK

^۷ Ceeducer Pro

^۱ Mean Sea Level (MSL)

۸ درجه می باشد. در این خصوص، عملیات عمقیابی توسط شرکت مهندسین مشاور دریا ترسیم انجام شد و نقاط کنترل^۱ با موقعیت معلوم در منطقه، پس از شناسایی و کنترل مجدد، در فرآیند عمقیابی و نقشه برداری مورد استفاده قرار گرفتند.

۴- روش انجام کار

۴-۱- عمقیابی

برای عمقیابی در منطقه ابتدا طراحی خطوط عمقیابی با استفاده از نرم افزار هایپک بر روی نقشه پایه منطقه، انجام شد. دستگاه عمقیاب (برروی یک شناور) با تولید امواج الکتریکی و تبدیل آن به امواج صوتی به وسیله مبدل الکتریکی (ترانسدیوسر)^۲ که در آب قرار دارد، امواج را به بستر دریا ارسال می کند و این امواج پس از برخورد به بستر دریا، بازتاب می شود. با تبدیل موج صوتی به صوت الکتریکی و محاسبه زمان رفت و برگشت موج، عمق یا فاصله (X) با استفاده از رابطه (۱) اندازه گیری می شود.

$$X = Vt/2 \quad (1)$$

در این رابطه، زمان t (s) توسط دستگاه عمقیاب اندازه گیری می شود، v (m/s) نشان دهنده سرعت صوت در آب (با توجه به سه پارامتر درجه حرارت، رسانایی الکتریکی آب یا شوری و فشارهیدرواستاتیک ستون آب) است که تعیین دقیق آن اثر مستقیم در دقت و اندازه گیری عمق دارد. لذا، واسنجی روزانه عمقیاب بر اساس سرعت صوت با دستگاه اندازه گیری پارامتر آب CTD مدل HOBو CastAway انجام شد. در تعدادی از مواقع، اندازه گیری سرعت صوت به صورت مستقیم از طریق دستگاه سرعت سنج صوت انجام گرفته است. در طول عملیات عمقیابی، شرایط دریا آرام بوده و خطای شاخص ترانسدیوسر به دستگاه عمقیاب اعمال شده است. در طی انجام عملیات کلیه تصحیحات سرعت صوت، آبخور ترانسدیوسر، تغییرات تراز آب و غیره به اعماق به صورت آنی و پس پردازش اعمال شده است. عمقیاب با عملیات بارچک^۳ روزانه واسنجی شده است. سیستم تعیین موقعیت

موقعیت عمق های اندازه گیری شده اغلب با تجهیزات تعیین موقعیت آنی بوده است و سامانه GNSS برروی نقاط ساحلی از پیش تعریف شده درسیستم ژئودتیک سازمان نقشه برداری کشور واسنجی شده است.

کلیه اطلاعات جمع آوری شده در شناور عمقیابی با استفاده از نرم افزار هایپک پردازش و در محیط نرم افزار مذکور تبدیل به فایل زمان و مختصات (END^۴) شدند. پس از اعمال تصحیحات لازم به عمق ها و موقعیت های جمع آوری شده، کلیه اطلاعات به صورت مختصات نهایی در محیط Microstation و Power Inroad و ArcGIS وارد شده و عملیات کارتوگرافی و محاسبه احجام برای تهیه نقشه های دریایی ۱:۱۰۰۰ استاندارد (با دقت مسطحاتی ۵۰ سانتی متر و دقت ارتفاعی ۵ سانتی متر برای اعماق تا ۵ متر و دقت ۱۰ سانتی متر برای اعماق بین ۵-۱۰ متر) در سطح مبنای افقی^۵ بیضوی 1984 WORLD (WGS84) GEODETIC SYSTEM و قاچ ۳۹ در سیستم تصویر UTM^۶ انجام شد.

۴-۲- محاسبه فرآیند رسوب گذاری

در این بخش به محاسبه دقیق فرایند رسوب گذاری با توجه به برداشت های عمقیابی در بین سال های ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۰ در بندر امیرآباد می پردازیم. اطلاعات عمقیابی ۱۰ دوره با سری زمانی ۱۳۹۷-۰۶، ۱۳۹۷-۱۰، ۱۳۹۸-۰۳، ۱۳۹۸-۰۶، ۱۳۹۸-۱۲، ۱۳۹۹-۰۳، ۱۳۹۹-۰۵، ۱۳۹۹-۰۷، ۱۳۹۹-۱۱ و ۱۴۰۰-۰۳ در محدوده کانال و حوضچه ی دسترسی استخراج گردید. سپس مدل رقومی^۷ بستر دریا از نقاط متراکم دستگاه عمقیاب و با توجه به مقیاس عمقیابی (به طور متوسط ۱۰۰ هزار نقطه در هر عملیات عمقیابی) تولید شد. احجام هر دوره با روش Triangle Volume در نرم افزار InRoad Power دو به دو با هم مقایسه شد. این روش بر پایه مقایسه اختلاف ارتفاع سطوح ساخته شده در مثلث بندی با کلیه نقاط عمقیابی است.

برای محاسبه نرخ نهایی رسوب گذاری سالانه (m³/m²) در مناطق مذکور، کلیه لایروبی های انجام گرفته در بازه زمانی ۳۳ ماهه، به حجم رسوب گذاری اولین و آخرین دوره

^۴ Easting, Northing, and Depth (END)

^۵ Horizontal Datum

^۶ Universal Transverse Mercator (UTM)

^۷ Digital Terrain Model (DTM)

^۱ Bench Mark

^۲ Transducer

^۳ Bar Check

اضافه گردید و در نهایت تا رسیدن به سطح مبنای اولین عمقیابی، محاسبات زیر با رابطه ۲ و ۳ صورت گرفت:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n Cut(i, i+1) + Fill(1, n+1) - Cut(1, n+1)}{Area} \quad (2)$$

$$Rate(S) = \frac{S}{p} * 12 \quad (3)$$

که در اینجا n برابر با تعداد دوره‌های مقایسه دو به دو عمقیابی (۹ دوره)، $Fill(1, n+1)$ بیانگر حجم رسوب از مقایسه اولین و آخرین عمقیابی، $Cut(1, n+1)$ بیانگر حجم لایروبی از مقایسه اولین و آخرین عمقیابی، Area میانگین مساحت عمقیابی شده در بازه مورد مطالعه و p برابر با بازه زمانی کل (۳۳ ماه) می‌باشد. ضریب ۱۲ جهت تبدیل نرخ ماهانه به سالانه می‌باشد.

۵- نتایج

در این قسمت، نتایج احجام لایروبی و رسوبگذاری مربوط به مقایسه دو به دو مدل رقومی بستر حاصل از داده‌های عمقیابی ادواری (جدول شماره ۲ و ۳) نمایش

داده شده است. بر اساس نتایج جدول ۲ در کانال دسترسی در بازه‌های ۲ الی ۶ ماهه، دوره‌های عمقیابی تکرار شده و بیشترین نرخ رسوبگذاری مستقل دوره‌ای (بیش از 0/018 متر در ماه)، در دوره عمقیابی خرداد ۱۳۹۸ الی شهریور ۱۳۹۸ و دوره خرداد ۱۳۹۹ الی مرداد ۱۳۹۹ و دوره بهمن ۱۳۹۹ الی خرداد ۱۴۰۰ رخ داده است. بعلاوه، کمترین میزان نرخ رسوبگذاری مستقل دوره‌ای (کمتر از 0/003 متر در ماه) اغلب در پاییز و اوایل زمستان ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ اتفاق افتاده است. از مقایسه اولین و آخرین عمقیابی انجام شده در بازه ۳۳ ماهه در مساحت متوسط ۱،۱۱۷،۹۲۶ مترمربع کانال، به‌ترتیب احجام ۴۰۳،۸۷۱ و ۴۰،۴۳۳ متر مکعب لایروبی و رسوبگذاری محاسبه شد.

محاسبه نرخ نهایی رسوبگذاری سالانه در کانال مذکور، بر اساس کلیه لایروبی‌های انجام گرفته در بازه زمانی ۳۳ ماهه، و حجم رسوبگذاری اولین و آخرین دوره تا رسیدن به سطح مبنای اولین عمقیابی بر اساس رابطه (۲) و (۳) انجام شد و نرخ ۰/۱۲۲ متر رسوبگذاری سالانه و ۰/۱۰ متر ماهانه بدست آمد.

جدول ۲- محاسبات احجام رسوب در کانال دسترسی بندر امیرآباد (۱۳۹۷-۱۴۰۰)

نرخ رسوبگذاری ماهانه (متر)	نرخ لایروبی ماهانه (متر)	فاصله زمانی (ماه)	مساحت عمقیابی در نقشه مبنای (متر مربع)	حجم رسوبگذاری Fill (متر مکعب)	حجم لایروبی cut (متر مکعب)	تاریخ عمقیابی متوالی	نقشه مبنای
دوره ۱ 0/000	0/065	4	795,025	450	227,473	1397-10	1397-06
دوره ۲ 0/011	0/031	5	961,557	55,984	165,375	1398-03	1397-10
دوره ۳ 0/018	0/016	3	1,158,194	63,558	56,057	1398-06	1398-03
دوره ۴ 0/008	0/008	6	1,184,082	54,703	57,319	1398-12	1398-06
دوره ۵ 0/014	0/014	3	1,193,797	51,135	48,957	1399-03	1398-12
دوره ۶ 0/024	0/006	2	1,192,585	57,703	15,030	1399-05	1399-03
دوره ۷ 0/009	0/024	2	1,190,851	20,559	57,029	1399-07	1399-05
دوره ۸ 0/003	0/015	4	1,192,622	12,698	69,870	1399-11	1399-07
دوره ۹ 0/025	0/008	4	1,192,622	99,074	30,185	1400-03	1399-11
		33	795,025	32,281	459,791	(پایان) 1400-03	1397-06 (آغاز)

0/014 متر محاسبه شد. از مقایسه اولین و آخرین عمقیابی انجام شده در بازه ۳۳ ماهه در مساحت متوسط ۴۹۲،۴۳۹ متر مربع کانال، به‌ترتیب احجام ۵۱،۴۷۳ و 5,085 متر مکعب لایروبی و رسوبگذاری تخمین زده شد. محاسبه نرخ نهایی رسوبگذاری سالانه در حوضچه مذکور، بر اساس کلیه لایروبی‌های انجام گرفته در بازه

بر اساس نتایج جدول ۳ در حوضچه بندر، در بازه‌های ۲ الی ۶ ماهه دوره‌های عمقیابی تکرار شده و بیشترین نرخ رسوبگذاری مستقل دوره‌ای (بیش از 0/027 متر در ماه)، در دوره عمقیابی اسفند ۱۳۹۸ الی خرداد ۱۳۹۹ و خرداد ۱۳۹۹ الی مرداد ۱۳۹۹ مشاهده شد. در سایر دوره‌ها، اغلب نرخ مشابه رسوبگذاری مستقل کمتر از

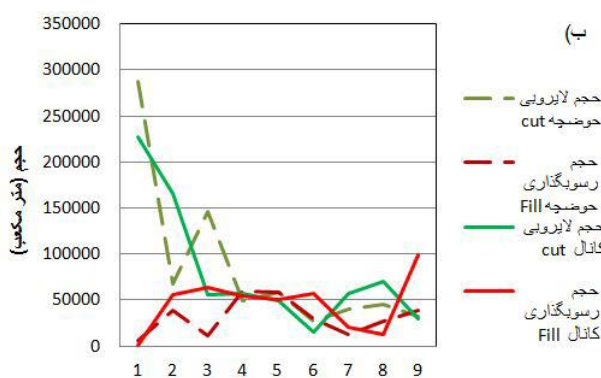
زمانی 33 ماهه، و حجم رسوب گذاری اولین و آخرین دوره تا رسیدن به سطح مبنای اولین عمق یابی بر اساس رابطه (۲) و (۳) انجام شد و نرخ $0/160$ متر رسوب گذاری سالانه و $0/013$ متر ماهانه بدست آمد.

جدول ۳- محاسبات احجام رسوب در حوضچه بندر امیرآباد (۱۳۹۷-۱۴۰۰)

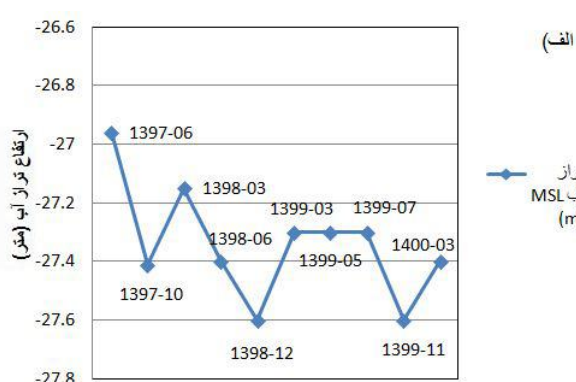
نقشه مبنا	تاریخ عمق یابی متوالی	حجم لایروبی cut (متر مکعب)	حجم رسوب گذاری Fill (متر مکعب)	مساحت عمق یابی مبنا (متر مربع)	فاصله زمانی (ماه)	نرخ لایروبی ماهانه (متر)	نرخ رسوب گذاری ماهانه (متر)	دوره
1397-06	1397-10	287,874	5,870	681,924	4	0/106	0/002	دوره ۱
1397-10	1398-03	67,379	38,297	675,046	5	0/020	0/011	دوره ۲
1398-03	1398-06	145,792	11,815	676,895	3	0/071	0/006	دوره ۳
1398-06	1398-12	49,828	59,236	689,984	6	0/012	0/014	دوره ۴
1398-12	1399-03	58,229	58,587	677,679	3	0/029	0/029	دوره ۵
1399-03	1399-05	27,644	30,185	677,288	2	0/024	0/027	دوره ۶
1399-05	1399-07	39,741	12,408	459,983	2	0/035	0/011	دوره ۷
1399-07	1399-11	45,767	26,966	662,230	4	0/017	0/010	دوره ۸
1399-11	1400-03	32,870	38,383	662,230	4	0/012	0/014	دوره ۹
1397-06 (آغاز)	1400-03 (پایان)	492,439	2,413	681,924	33			

۲-الف و ب در این بازه زمانی، بین تغییرات تراز آب و کاهش و یا افزایش رسوب گذاری منطقه، رابطه و همبستگی خاصی مشاهده نشد و این امر تایید کننده لزوم به کارگیری داده های بلند مدت (ده ساله و بیشتر) از منطقه مذکور است.

همچنین تاثیر گذاری افزایش و کاهش تراز آب در طول دوره های عمق یابی و مقایسه آن با حجم رسوب گذاری در منطقه در تایید یا رد یافته های پژوهش [۱۴] ما را بر آن داشت که تغییرات تراز آب در طول دوره ۳۳ ماهه مورد مطالعه را در شکل ۲-الف ترسیم کنیم. با مقایسه شکل



شکل ۲-الف) نوسانات تراز آب در ۱۰ دوره عمق یابی، ب) حجم رسوب گذاری و لایروبی دوره های متوالی در بندر امیرآباد

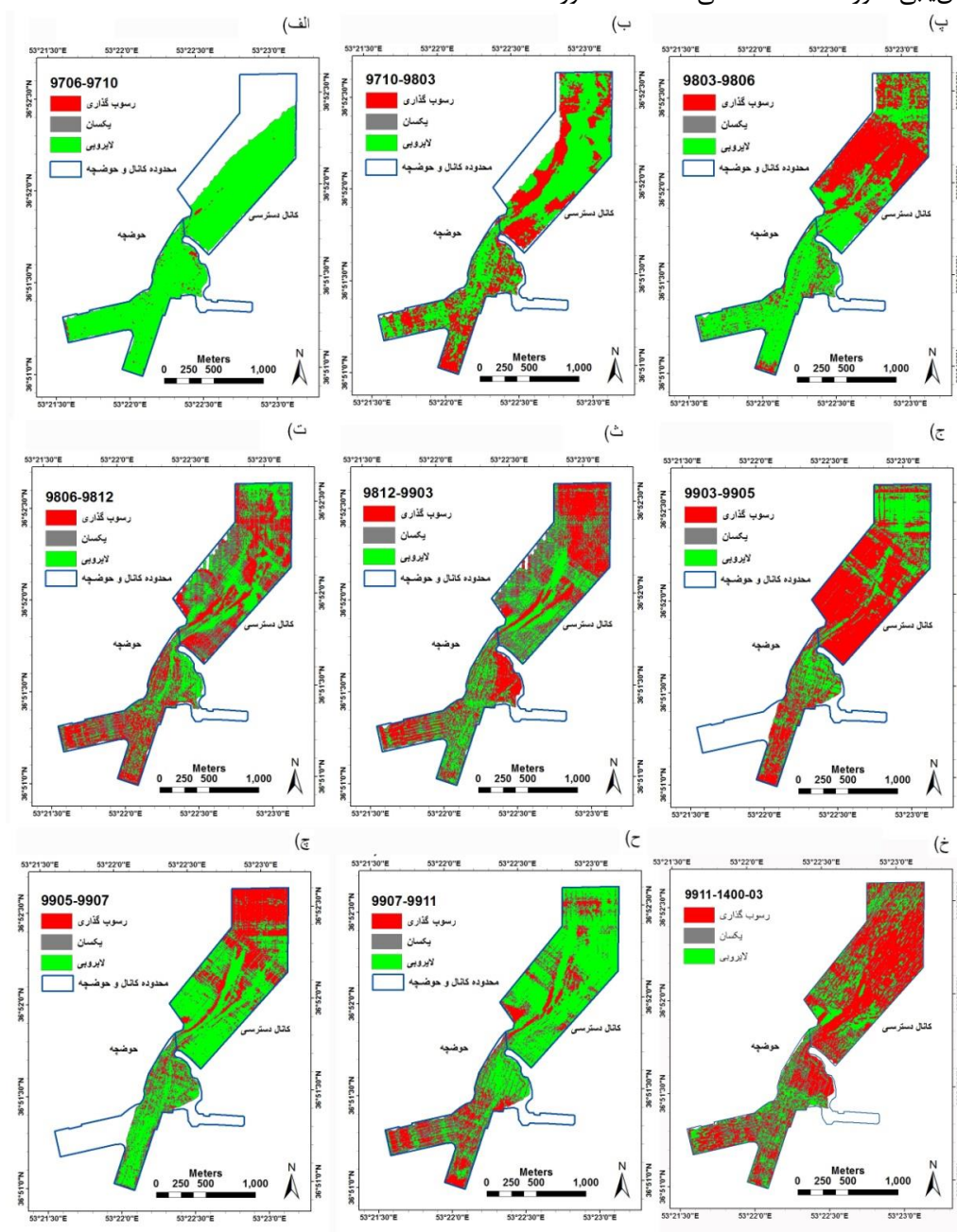


گرفته است و مقدار رسوب گذاری بسیار ناچیز است. این در حالی است که در شکل ۵-پ رسوب گذاری قابل توجهی در کانال دسترسی مشاهده می شود (دوره سوم 1398-03 الی 1398-06) مقایسه شکل ۵-ج و ۵-پ (دوره سوم و ششم در فصل تابستان) نشانگر الگوی تقریباً مشابه رسوب گذاری در کانال می باشد. به طور تقریبی، پراکندگی و توزیع رسوب گذاری همگنی در کل منطقه مشاهده شد که الگوی بیشترین حجم رسوب گذاری در ابتدای کانال

جهت بررسی دقیق تر و رفتار سنجی رسوب در کانال دسترسی و حوضچه منتهی به بندر، نقشه های اختلاف عمق یابی بازه های زمانی اول تا نهم در شکل ۵ آمده است. با توجه به نقشه ها، مناطق قرمز نمایشگر رسوب گذاری، مناطق سبز نمایشگر سطوح لایروبی (یا شسته شده) و رنگ خاکستری بسترهای بدون تغییر را نمایش میدهد. طبق شکل ۵-الف، از مقایسه عمق یابی دوره اول (1397-06 الی 1397-10) در کانال و حوضچه عمدتاً لایروبی صورت

۱۳۹۹-۱۱ الی ۱۳۹۹-۰۳ و دوره ۱۳۹۹-۰۵ الی ۱۴۰۰ می‌باشد. لازم به ذکر است که انباشت تدریجی رسوب در پشت بازوی موج شکن به مرور زمان باعث پوشیده شدن موج شکن و کاهش اثربخشی آن می‌گردد که لایروبی بهینه باعث پیشگیری از آن خواهد شد.

دسترسی در جهت شمال و شمال شرق و در جنوب حوضچه اصلی و اغلب در حوضچه‌های غربی و شرقی رخ داده است. از مقایسه دوره‌های عمق‌یابی، بیشترین حجم رسوب‌گذاری در پشت بازوی موج شکن (فرعی) شرقی در شکل ۵-ب، ج و خ رخ داده است که مربوط به اختلاف عمق‌یابی دوره ۱۳۹۷-۱۰ الی ۱۳۹۸-۰۳، دوره



شکل ۵- نقشه رسوب‌گذاری و لایروبی حاصل از اختلاف عمق‌یابی‌های دوره‌های متوالی

دوره‌های دیگر نشان‌دهنده نرخ بالاتر رسوب‌گذاری در تابستان (تقریباً سه ماهه دوم سال) هر سال نسبت به سایر فصول سال بود. این الگوی رسوب‌گذاری در حوضچه، در بازه ۶ ماهه از اسفند ۱۳۹۸ تا مرداد ۱۳۹۹ (تقریباً نیمه اول

۶- بحث

بطور کلی، با بررسی نتایج رسوب‌گذاری در کانال مورد نظر، نرخ رسوب‌گذاری ماهانه در هر دوره، مستقل از

سال) نیز دیده می‌شود. از این رو می‌توان نتیجه گیری کرد که در دوره‌های گرم‌تر سال، میزان رسوب‌گذاری بیشتر بوده است. نتایج حاصله با نتایج تحقیقات [۹] هم‌خوانی داشته و تاییدکننده تفاوت نرخ رسوب‌گذاری در بازه یک ساله نسبت به دوره‌های کوتاه‌تر (چند ماهه) است. قابل ذکر است که نرخ لایروبی در اکثر دوره‌های مورد مطالعه بالاتر از نرخ رسوب‌گذاری مقطعی بوده که نهایتاً منجر به نگهداری و حفظ عمق ایمن کانال دسترسی و حوضچه بندر امیرآباد و در نتیجه حصول امنیت در دریانوردی شده است. با بررسی این نتایج، به ترتیب میانگین نرخ (m^3/m^2) رسوب‌گذاری سالانه و ماهانه در کانال دسترسی ۰/۱۲۲ و ۰/۱۰ و حوضچه ۰/۱۶۰ و ۰/۱۳ محاسبه شد.

با توجه به الگوی رسوب‌گذاری بدست آمده از مقایسه دو به دو نقشه‌های کانال و حوضچه، قسمت مرکزی کانال با بیشترین حجم رسوب‌گذاری مواجه است که ایمنی دریانوردی را تهدید می‌کند. به همین جهت پایش ادواری و دقیق و عمق‌یابی منظم این منطقه حساس، فاصله بین لایروبی‌های متوالی را بیشتر کرده و در نتیجه به بهینه سازی عملیات پرهزینه لایروبی منجر می‌شود [۱۲، ۱۵].

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

پایش و نگهداری بنادر و سواحل و ایجاد بستر امن برای دریانوردی و تجارت دریایی، همچنین عدم دقت روش‌های تخمین نیمه تجربی و معادلات ریاضی در مدل سازی پدیده پویای رسوب‌گذاری ساحلی، لزوم عمق‌یابی‌های دوره‌ای را اثبات می‌کند. در این تحقیق، با استفاده از داده‌های ۳۳ ماهه عمق‌یابی بندر امیرآباد، نرخ رسوب‌گذاری کانال دسترسی و حوضچه آرامش محاسبه شد. نتایج نشان دهنده نرخ رسوب‌گذاری کمتری در دوره‌های پاییز در این بندر می

باشد و با توجه به نرخ رسوب در سایر فصول، فاصله دو لایروبی متوالی بیشتر از ۴ ماه، امنیت دریانوردی در منطقه را تهدید می‌کند. همچنین تاثیرگذاری افزایش و کاهش تراز آب در طول دوره‌های عمق‌یابی و نقش آن در حجم رسوب‌گذاری در منطقه، پایش طولانی مدت منطقه و دوره‌های زمانی بیشتر را می‌طلبد. تحقیقات آینده می‌تواند بر اساس بررسی و واکاوی دلایل موثر در رسوب‌گذاری، رفتار و الگوی رسوب‌گذاری در کانال و حوضچه باشد که به تصمیم گیری‌های اساسی جهت کاهش این پدیده، منجر شود. همچنین، نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان معیار دقیقی از برآورد حجم و نرخ رسوب‌گذاری در منطقه جهت طرح‌های توسعه آبی بندر باشد. علاوه بر این، سایر داده‌های منطقه‌ای، اعم از اطلاعات موج و سرعت باد و جریانات آبی می‌تواند در این گونه مطالعات بکار گرفته شود و ارتباط این عوامل با نرخ رسوب‌گذاری واقعی منطقه بررسی شود تا در بهبود مدل‌های ریاضی و نیمه تجربی و واسنجی ضرایب آنها، مورد استفاده قرار بگیرد. بدین ترتیب، جهت ارزیابی دقت و راستی آزمایشی نتایج سایر روش‌های مرسوم (مدل سازی‌های امواج، جریان، جنس بستر و تغییرات آب و هوا و نقش آنها در رسوب‌گذاری، سرعت و رفتار آن) را با این نتایج می‌توان مقایسه نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مدیریت و کارشناسان اداره مهندسی سواحل و بنادر در سازمان بنادر و دریانوردی در تسهیل امر تحقیقات حاضر اعلام می‌نمایند، همچنین از داوران محترم که با نظرات کارشناسی خود موجب ارتقا کیفیت این تحقیق شدند، کمال تشکر را دارند.

مراجع

- [1] Sakhaee, F. and Khalili, F. (2021). "Sediment pattern & rate of bathymetric changes due to construction of breakwater extension at Nowshahr port," J. Ocean Eng. Sci., vol. 6, no. 1, pp. 70-84.
- [2] Ebrahimi, N. and Hoseini, S. (1393). "Sediment and change Analysis in coastal areas of the Caspian sea using MIKE21, Case study: Amirabad port". First Conference in sea and water resources in Persian Gulf. (in Persian).
- [3] Tehrani, Ch. and Nabi Al-Lahdadi, M. (1387). "Determining the coastal sediment transfer rate in the Chabahar Bay area". International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, vol. 8, no. 4, pp. 416-422. (in Persian).
- [4] Sadeghifar, T. (1395). "Prediction of coastal parallel sediment transfer rate using artificial neural network in the Southern part of Caspian Sea (Noor coast)" Journal of Hydrophysics, vol. 2, no. 2, pp. 91-107. (in Persian).

- [5] Enayati, A. and Khaloyi Tafti, S.H. (1398). "Study of the efficiency of quasi-empirical methods in estimating the rate of parallel sediment transfer of the coast by means of validation using field data (Babolsar coast)" Third International Congress of Contemporary Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, p. 283 .(in Persian).
- [6] Arabshahi, A. and Jafarzadeh, M. (1375). "Study of sedimentation in the Bushehr watersheds and sediment transfer rate in the coasts of Bushehr". Second International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, vol43. (in Persian).
- [7] Sadeqifar, T., Azaramsa, S.A., and Vafakhah, M. (1392). "Estimation of sediment transport along the coast using quasi-experimental formulas and artificial neural network in Noor coastal areas". Journal of Marine Engineering, vol. 9, no. 17, pp. 77–86.. (in Persian).
- [8] Afshar Kaveh, N. and Soltanpour, M. (1389). "Validation of coastal sediment transfer rate in southern coasts of Iran" Journal of Civil Engineering and Surveying - Faculty of Engineering, vol. 44, no. 3, pp. 317–326. (in Persian).
- [9] Esmaili, O. and Sultanpour, M. (1390). "Study of the effects of Caspian Sea water level fluctuations on the transfer of coastal sediments". Master thesis. (in Persian).
- [10] Lari, K., Torabi Azad, M. and Khairy, Z. (1390). "Evaluation of sediment transfer rate in Shahid Bahonar port". Nivar Scientific and Technical Journal, vol. 74–75. (in Persian).
- [11] Emamizadeh Mahabadi, A. M., Lari, K. and Zoljoodi, M. (2018). "Comparing the estimation of sedimentation rate and volume in Imam Khomeini Port's access channel using the methods of Hydrography, Bijker's theory and modeling by Mike21," Sci. Res. Q. Geogr. Data, vol. 27, no. 106, pp. 141–152 .
- [12] Technical report of the Ports and Maritime Organization, "Mathematical simulation studies of sediment in Amirabad port, Ports and Maritime Organization". (in Persian).
- [13] Verdugo, I., Atienza, R., Cal, C., Iribarren, J. R., Pecharroman, L. and Ayuso, C. (2018). "Towards a Complete Design of the Manoeuvring Areas Additional Factors Involved in the Detailed Design," in PIANC-World Congress Panama City, Panama.
- [14] Kamalian, R. and Safari, H. (1391). "Effect of Caspian Sea water level on sedimentation in Nowshahr port" 10th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, pp. 211–217.. (in Persian).
- [15] Ferreira, A. M. G. S. and Santos, C. S. N. (2018). "Sedimentation and Erosion in Harbor Estuaries," in Sedimentation Engineering, pp. 31–55..