



بررسی روند رسوب‌گذاری کانال‌های دسترسی بندر بوشهر با استفاده از داده‌های هیدروگرافی دقیق

آرزو صادقیان^{۱*}، دکتر صادق یاری^۲، مهدی نجفی علمداری^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروگرافی دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی (واحد تهران شمال)
- ۲- استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
- ۳- دانشیار، مدیر گروه هیدروگرافی دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی (واحد تهران شمال)

چکیده :

عملیات لایروبی حوضچه‌ها و کانال‌های دسترسی جهت نگهداری و حفظ عمق ایمن و تامین امنیت ناوی برآن‌ها از جمله فعالیت‌های لازم دوران بهره‌برداری بنادر می‌باشد که هزینه‌های عملیاتی گزافی را در پی دارد. نیاز به لایروبی مداوم و پرچم کانال دسترسی بندر بوشهر نیز یکی از مشکلات عمده این بندر می‌باشد. در این مقاله به بررسی و مطالعه روند رسوب‌گذاری و تغییرات عمق در کانال‌های دسترسی بندر بوشهر پرداخته شده است تا دید دقیق‌تری نسبت به روند رسوب‌گذاری کانال بوشهر به عنوان مهم‌ترین قسمت خلیج بوشهر ارائه شود. به همین منظور از داده‌های هیدروگرافی دقیق در سوابع مختلف و اطلاعات لایروبی کانال در ادوار گذشته استفاده شده است. با استفاده از نرم‌افزار Caris که از نرم‌افزارهای تخصصی هیدروگرافی به ویژه در تهیه چارت‌های دریایی می‌باشد، چارت‌های اولیه در هر دوره تهیه شده و حجم رسوب و فرسایش در طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ محاسبه شد. برای کنترل محاسبات با نرم‌افزار Civil 3D با تهیه پروفیل‌های عرضی و تقسیم‌بندی کانال در راستای طولی و عرضی، روند رسوب‌گذاری در هر قسمت به صورت مجزا کنترل و بررسی شد. در نهایت با تحلیل و بررسی آمار لایروبی‌های موجود و نتایج حاصله، برآورده از ترخ رسوب‌گذاری و تنشست سالانه رسوب و نحوه توزیع آن در حوضچه‌ها و کانال‌های دسترسی حاصل شد که می‌توان با کمک آن دستورالعمل انجام عملیات لایروبی کانال‌های دسترسی بوشهر را در دوره‌های آتی بهبود بخشید و برای مطالعات مهندسی سواحل در منطقه و ساخت سازه‌ای ساحلی و اثرات آن‌ها در روند رسوب‌گذاری بهره برد. همچنین با توجه به اینکه در سال ۱۳۸۷ در کانال‌های بوشهر لایروبی اساسی صورت گرفته است، تأثیر تعمیق و تعریض کانال‌های بوشهر بر روند رسوب‌گذاری بررسی شد.

واژه‌های کلیدی : لایروبی، هیدروگرافی، عمق‌یابی، کانال‌های دسترسی بندر بوشهر

۱- مقدمه

بندر بوشهر مرکز استان بوشهر از استان‌های جنوب غربی ایران است که به خاطر عواملی مانند صیادی، وجود نیروگاه اتمی، کشتی‌سازی و صادرات از این بندر، رونق اقتصادی گرفته است. این بندر توسط دو کanal دسترسی داخلی و خارجی لایروبی شده، به آب‌های عمیق متصل می‌شود. به علت اینکه در کanal دسترسی آن رسوبات ریز دانه به راحتی و با سرعت بالا تهنشست می‌کنند، در بهره‌برداری از تاسیسات بندری بوشهر اشکالاتی ایجاد می‌شود. به همین دلیل لایروبی مداوم و پر حجم کanal‌های دسترسی بندر بوشهر ضروری است که یکی از مشکلات عمدۀ این بندر می‌باشد. بنا بر اظهارات مسئولان محلی بندر بوشهر، شدت رسوب‌گذاری به اندازه‌ای است که اگر یک سال عملیات لایروبی انجام نگیرد، بندر با مشکل روبرو خواهد بود. [۲و۱]

از این‌رو بررسی و تحلیل لایروبی‌های موجود و نرخ رسوب‌گذاری در دوره‌های مختلف، می‌تواند گام موثری جهت برنامه‌ریزی مناسب‌تر عملیات لایروبی در دوره‌های بعد باشد و نیز می‌توان عوامل موثر بر روند رسوب‌گذاری را تشخیص داد و با بررسی آن‌ها در جهت کاهش نرخ رسوب‌گذاری اقدام نمود و به راهکارهایی جهت انتقال این رسوبات به نواحی دیگر دست یافته.

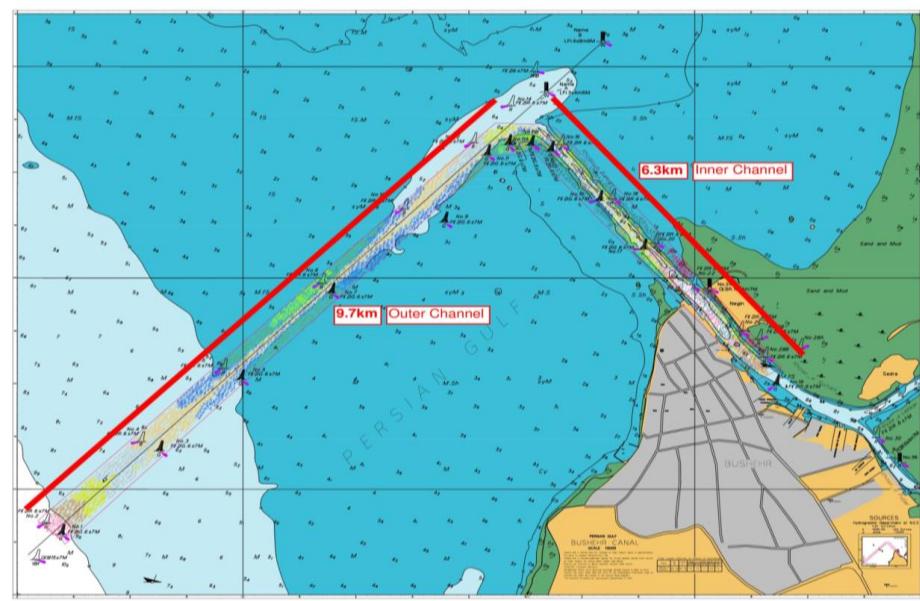
همچنین می‌توان با توجه به بررسی اطلاعات حاصله در مورد تاثیر احداث یک سازه جدید یا توسعه سازه‌های موجود در موقعیتی مناسب جهت کاهش روند رسوب‌گذاری در کanal دسترسی، اطلاعات مقدماتی را به دست آورد و موجب افزایش توان بهره‌وری از بندر و کاهش هزینه‌های عملیاتی آن شد.

یکی از روش‌های معتبر در تعیین حجم رسوب‌گذاری در بنادر و کanal‌های دسترسی آن‌ها، استفاده از داده‌های عمق‌یابی دقیق و یا چارت‌های هیدرولوگی با دقت مناسب در آن محدوده است. [۳]

در این مقاله با کمک داده‌های عمق حاصل از عملیات لایروبی که جهت نگهداری کanal‌های دسترسی بوشهر و حفظ عمق این‌آن، در طی چندین سال گذشته انجام شده است و با در نظر گرفتن وضعیت جزوئی در این منطقه، به بررسی روند رسوب‌گذاری طی چندین سال گذشته پرداخته شده که هم از منظر عملیاتی و هم از منظر اقتصادی به تصمیم‌گیری‌های مدیران مربوطه در برنامه‌ریزی‌های آتی و بهینه‌سازی عملیات لایروبی کمک خواهد کرد.

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شامل محدوده راه دسترسی به بندر بوشهر است که از طریق کanal‌های کشتیرانی احداث شده بر روی خور دیر و خور سلطانی امکان‌پذیر است. این کanal‌ها در امتداد محور طولی تقریباً ۱۶ کیلومتر طول دارند و وسعت تقریبی آن حدود ۶۰۰ هکتار می‌باشد. (کanal بیرونی و خم کanal حدود ۹.۷ کیلومتر و کanal داخلی تا خور پودر حدود ۶.۳ کیلومتر طول دارند). (شکل(۱))



شکل ۱: چارت دریایی منطقه مورد مطالعه (کanal‌های دسترسی بندر بوشهر)

۳- مواد و روش‌ها

۱-۱- داده‌ها

هیدروگرافی دوره‌ای بندر و کanal دسترسی بندر بوشهر به منظور کنترل لایروبی و تسهیل در امر ناوپری و اینمن سازی کanal جهت عبور کشتی‌های تجاری از سوی اداره مهندسی سواحل و بنادر سازمان بنادر و دریانوردی به اجرا گذاشته شده است. از داده‌های این عملیات هیدروگرافی در جهت برآورد حجم عملیات لایروبی استفاده می‌شود. قبل و بعد از لایروبی هر ساله نیز عملیات هیدروگرافی دقیق جهت کنترل لایروبی انجام می‌شود.

در این مقاله با تجزیه و تحلیل این داده‌ها که در هفت دوره (سال‌های ۹۲-۹۱-۹۰-۸۹-۸۵-۸۳-۱۳۸۲) و در مقیاس ۱:۲۰۰۰ در دسترس بودند و با توجه به وضعیت جزرومد منطقه، گزارش لایروبی این دوره‌ها و حجم رسوبات مستخرج از لایروبی‌ها، به بررسی روند رسوب‌گذاری در کanal‌های دسترسی بندر بوشهر پرداخته شده است. در عملیات هیدروگرافی جهت ارائه سطوح کشنیدی از اطلاعات جزرومدی سازمان نقشه‌برداری کشور در بندر بوشهر استفاده شده است.

از داده‌های هیدروگرافی سازمان نقشه‌برداری کشور^۱ در منطقه بوشهر نیز برای درک بهتر منطقه در نواحی اطراف کanal دسترسی بندر بوشهر استفاده شد.

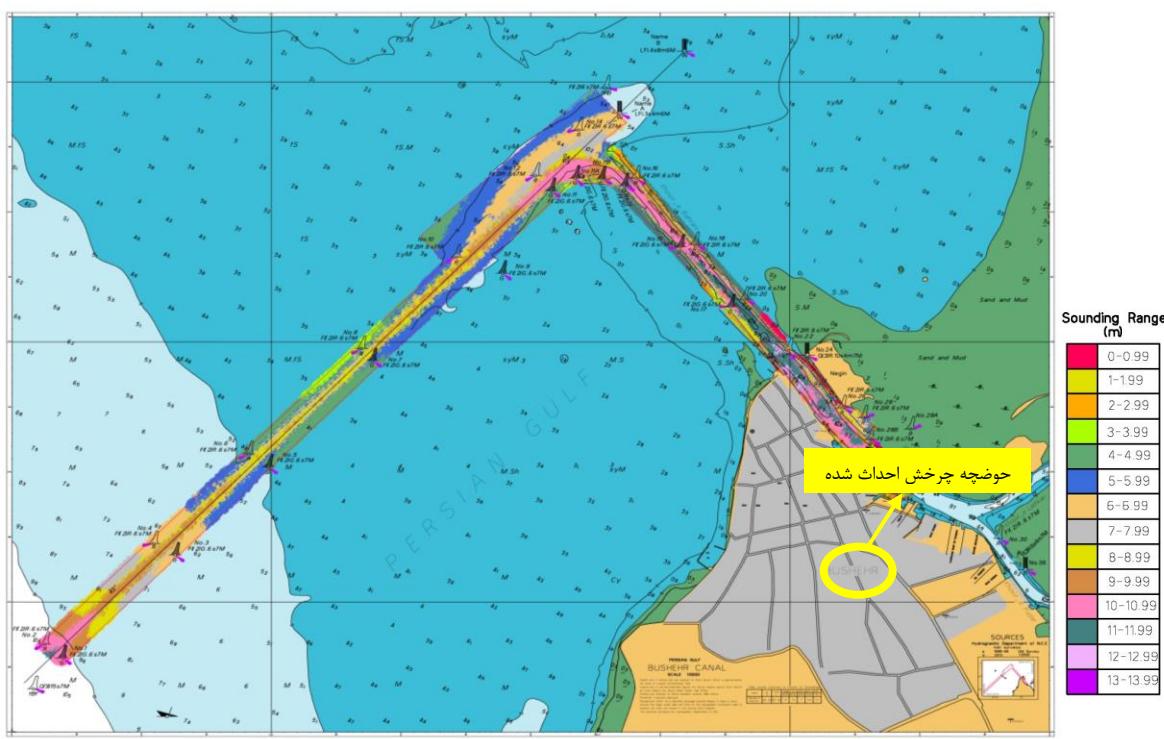
۲-۳- متداول‌بودن

۳-۱- تهییه چارت‌های اولیه در هر دوره و مقایسه اولیه آن‌ها

با استفاده از نرم‌افزار GIS CARIS، در هر دوره برای بررسی وضعیت عمق‌های برداشتی و منحنی‌های عمق، چارتی در مقیاس ۱:۵۰۰۰ تهییه گردید. در این چارت‌ها عمق‌ها با فواصل ۱۰۰ متری با استفاده از تم رنگی تفکیک و بررسی شدند و نقاط پرت و مشکوک بررسی و در صورت لزوم حذف شدند. [۵۴]

^۱ چارت دریایی بوشهر، سال ۱۳۹۸-۹۹

نتیجه بررسی چارت‌های اولیه نشان داد که عمق کanal در سال ۱۳۸۹ به بعد نسبت به ماقبل دستخوش تغییرات زیادی شده بود و پس از بررسی مجدد مشخص شد که کanal‌های بوشهر در سال ۱۳۸۷ لایروبی اساسی شده بودند؛ به صورتی که عمق کanal دسترسی از حدود ۵.۶ متر به ۱۰.۸ متر افزایش یافته بود. همچنین عرض کف کanal بیرونی تا ۱۵۰ متر و کanal داخلی تا ۱۴۰ متر تعییض گردیده بود. همچنین حوضچه چرخش جدید کشته‌ها با قطر ۴۰۰ متر و عمق ۱۰ متر احداث شده بود. نمونه‌ای از این چارت‌های اولیه تهیه شده که مربوط به داده‌های سال ۱۳۹۲ می‌باشد، در شکل (۲) مشاهده می‌شود که محل حوضچه چرخش احداث شده بعد از لایروبی اساسی سال ۱۳۸۷ در کanal داخلی نیز در آن مشخص شده است.



شکل ۲: چارت اولیه با داده‌های کanal‌های دسترسی بوشهر در سال ۱۳۹۲

علاوه بر آن پیچ کanal دسترسی که برای اتصال کanal بیرونی به کanal داخلی طراحی گردیده است تا سال ۱۳۸۵ از عمق متوسط ۷ متر و شعاع محوری ۵۰۰ متر برخوردار بوده اما در چارت اولیه سال ۱۳۸۹ مشاهده می‌شود که شعاع محوری آن به ۸۰۰ متر افزایش یافته است و تا عمق متوسط ۱۰.۸ متر نیز عمیق‌تر شده است و بدین ترتیب بحرانی ترین بخش کanal جهت چرخش این کشته‌ها مناسب‌تر شده است. [۲]

۲-۲-۳- تهیه پروفیل طولی و عرضی از کanal‌های دسترسی بوشهر [۶]

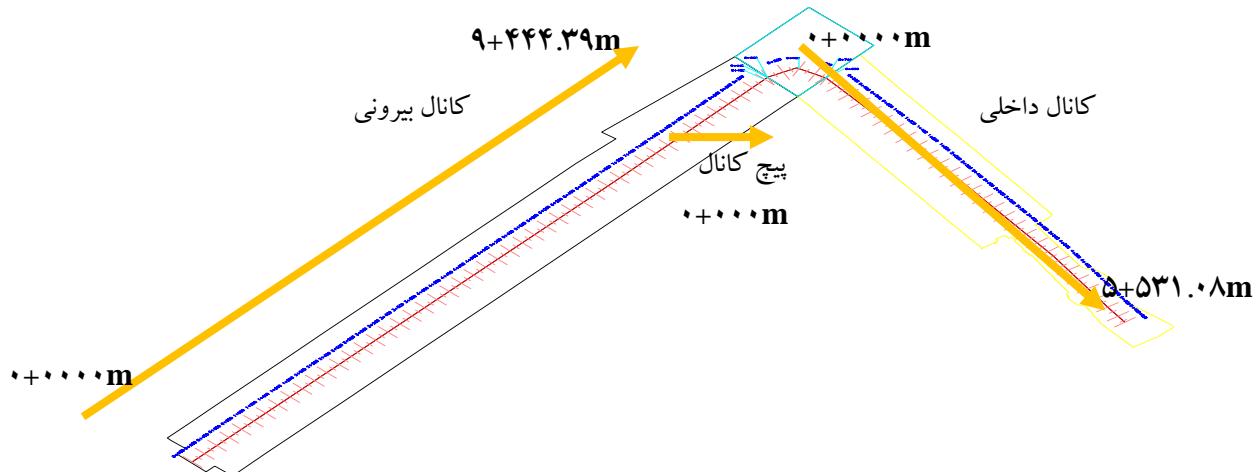
با مشخص نمودن خطوط طولی و عرضی مشخص در محدوده داده‌های هیدروگرافی در سال‌های مختلف، وضعیت بستر دریا در هر یک از این خطوط فرضی برای سال‌های مختلف استخراج گردید. برای بررسی بهتر روند رسوب‌گذاری کanal‌های دسترسی و با توجه به بررسی چارت‌های اولیه و محدوده داده‌های موجود، پروفیل عرضی در کanal داخلی^۱ و پیچ کanal^۲ و کanal خارجی^۳ به صورت جداگانه تهیه و بررسی شد.

¹ Inner Channel

² Bend Channel

³ Outer Channel

در شکل(۳) بزرگترین محدوده داده‌ها به همراه محل مقاطع طولی و عرضی مورد بررسی نمایش داده شده است.
 (فاصله مقاطع اصلی ۲۰۰ متر و مقاطع فرعی ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد).



شکل ۳: بزرگترین محدوده داده‌ها و نمایش مقاطع طولی و عرضی مورد بررسی

با بررسی روند تغییرات اعمق هیدروگرافی در دو مقطع عرضی متناظر بین هر دو سال متولی، روند رسوب‌گذاری در هر مقطع طی دوره‌های موجود بررسی شد.^[۷] و [۸] نمونه‌ای از پلان‌های به دست آمده در این بررسی در شکل(۴) دیده می‌شود که مربوط به کanal داخلی در دوره (۱۳۹۲-۱۳۸۹) است که با بررسی پروفیل‌های این دوره و پلان آن دیده شد بیشترین حجم رسوب‌گذاری در کanal داخلی، بین بویه شماره ۱۵ و ۱۸ و نیز در محدوده حوضچه چرخش که پس از تعریض کanal احداث شده یعنی در محدوده بویه ۲۸ بود که هر دوی این محدوده‌ها در نزدیکی محل چرخش شناورها هستند. از طرفی با توجه به اهمیت بیشتر این مناطق باید در پروژه‌های لایروبی بعدی برای این مناطق میزان لایروبی بیشتری در نظر بگیرند تا به عمق این مناطق مورد نظر دست یابند.

۳-۲-۳- محاسبات و بررسی روند رسوب‌گذاری

برای محاسبه حجم رسوب و فرسایش جهت اطمینان از صحت و افزایش دقیق محاسبات از دو نرم‌افزار مختلف استفاده شد که عبارتند از: نرم‌افزار Autodesk AutoCAD Civil 3D و نرم‌افزار CARIS GIS

با استفاده از نرم‌افزار caris gis [۹۵]

نرم‌افزار GIS CARIS از نرم‌افزارهای تخصصی هیدروگرافی می‌باشد که در برآش سطح به داده‌های عمق و تهیه مدل ارتفاعی رقومی(DTM)^۱ و ترسیم منحنی‌های دریایی دقیق بالایی دارد.

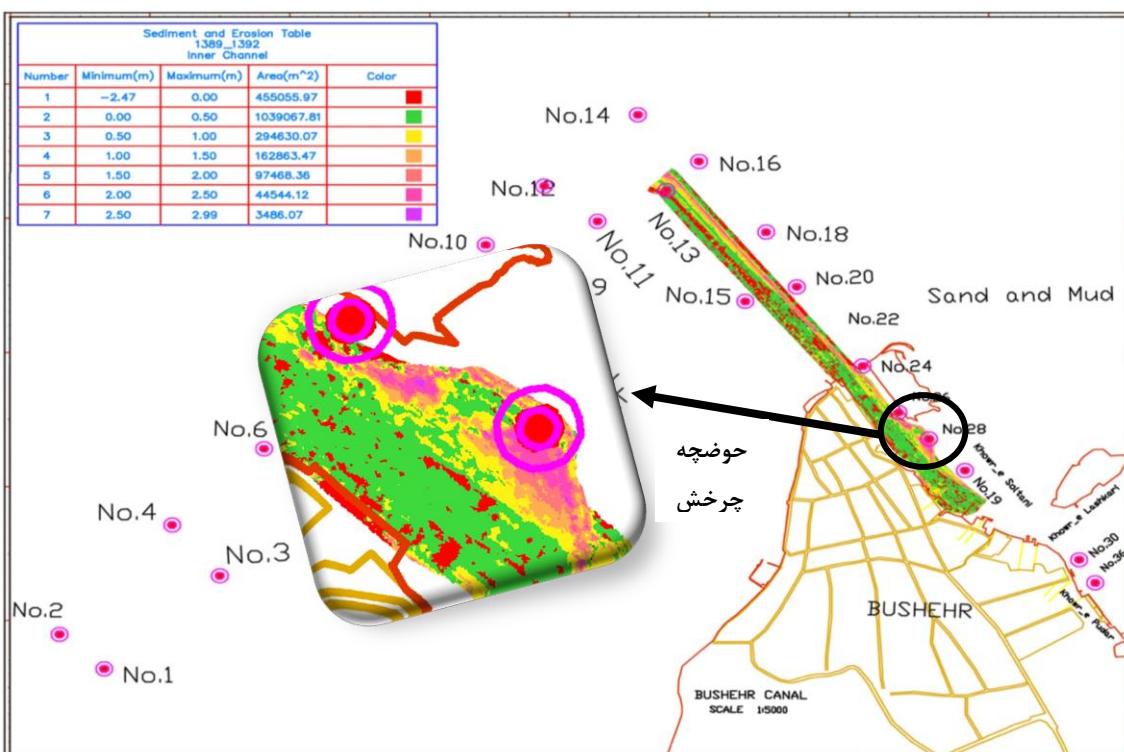
برای محاسبه حجم و مساحت در هر دوره با این نرم‌افزار در ابتدا با توجه به مختصات منطقه مورد نظر و داده‌های در دسترس، نقاط عمق تصحیح شده هر دوره در فایل‌های مجزا نسبت به سطح بیضوی WGS84 و در سیستم تصویر جهانی مرکاتور جانبی (UTM)^۲ زون ۳۹ وارد شدند. سپس مدل ارتفاعی رقومی برای هر دوره جداگانه تهیه شد و

¹ Digital Terrain Model

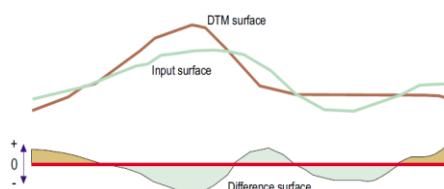
² Universal Transverse Mercator

به دلیل مزیت‌های روش شبکه نامنظم مثلثی (TIN)^۱ نسبت به سایر روش‌های تهیه مدل ارتفاعی رقومی از آن استفاده شد. [۱۲و۱۱]

در نهایت حجم و مساحت داده‌های هر دوره با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی آن نسبت به دیتم مورد نظر (عمق صفر) محاسبه شد. در مرحله بعد با مقایسه سطوح هر دو دوره متوالی، میزان تغییرات آن‌ها نسبت به هم در هر بخش از کanal‌های دسترسی جداگانه محاسبه شد. البته این حجم بدون احتساب میزان لایروبی انجام شده در فاصله زمانی دو دوره می‌باشد و باید برای نتیجه‌گیری نهایی این حجم را هم لحاظ نمود. شکل (۵) مفهوم مقایسه دو سطح مختلف با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی آن‌ها را به شکل ساده نشان می‌دهد.



شکل ۴: پلان بررسی روند تغییرات عمق در کanal داخلی و حوضچه چرخش احداث شده ، دوره (۱۳۸۹-۱۳۹۲)



شکل ۵: مفهوم مقایسه دو سطح مختلف با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی آن‌ها
با استفاده از نرم‌افزار Autodesk AutoCAD Civil3D 2015 [۶]

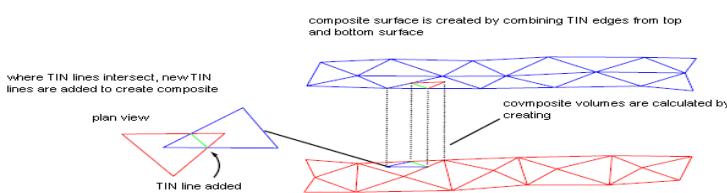
در این نرم‌افزار ابتدا داده‌های هر سال را جداگانه وارد گروه‌های مجزا در نرم‌افزار کرده و برای هر سال یک سطح با روش شبکه نامنظم مثلثی تشکیل شد. البته در قسمت‌های کanal داخلی و بیرونی و پیچ کanal و با توجه به مقاطع عرضی مورد نظر، در هر سال برای هر قسمت سطح جداگانه‌ای تشکیل داده شد و منحنی‌های عمق هم ایجاد شد

¹ Triangular Irregular Network

که با توجه به وضعیت منطقه، منحنی‌های عمق و مثلث بندی ایجاد شده کنترل و ویرایش شدند. در نهایت برای محاسبه اختلاف حجم یا به عبارتی تغییرات عمق طی دو دوره، از روش کامپوزیت^۱ استفاده شد.

- روش کامپوزیت برای محاسبه حجم رسوب با استفاده از داده‌های عمق‌یابی

مبانی محاسبات این روش برای محاسبه اختلاف حجم بین دو سطح، استفاده از منشورهای مثلثی با حداقل حجم ممکن است. در این روش یک سطح جدید با استفاده از نقاط هر دو سطح مثلث بندی تشکیل می‌شود که عمق این نقاط با توجه به اختلاف عمق هریک از نقاط روی سطح اول و دوم تعیین می‌گردد. از نظر عددی سطح را می‌توان به نهایت صفحه با شبیه‌های متغیر تقسیم کرد که هر چه مساحت این سطوح کوچکتر باشد شکل کلی به دست آمده به شکل سطح اصلی نزدیکتر خواهد بود. شکل(۶) مفهوم این روش را به صورت ساده نشان می‌دهد.



شکل ۶: مفهوم روش کامپوزیت برای محاسبه حجم بین دو سطح

در هیدروگرافی با توجه به هدف عمق‌یابی نقاط با تراکم خاصی برداشته می‌شوند. داده‌های مورد استفاده در این مقاله نیز چون با هدف کنترل لایروبی کانال‌های دسترسی بوشهر برداشت شده‌اند دارای تراکم مناسبی برای به کارگیری این روش هستند.

برای بررسی وضعیت حجم رسوب در قسمت‌های مختلف کanal، مقاطع عرضی آن در امتداد محور طولی کanal هر ۲۰۰ متر ترسیم شده و سپس در هر مقطع حجم رسوب محاسبه شده است. [عو ۷]

۴- نتایج کلی

نتایج نهایی هر دوره، از میانگین نتایج حاصل از دو نرم‌افزار مورد استفاده به دست آمده است که در جدول‌های (۲، ۳ و ۴) ارائه شده است. بررسی نرخ رسوب‌گذاری در پیچ کanal (جدول(۲)) و نیز کanal دسترسی داخلی (جدول(۳)) نشان می‌دهد که نرخ رسوب‌گذاری در دوره بعد از طرح توسعه بندر بوشهر^۲، نسبت به قبل آن افزایش یافته است. به طوریکه تهنشست سالانه رسوب در هر مترمربع پیچ کanal از ۱۲.۵۴ سانتی‌متر در سال به ۱۳.۹۰ سانتی‌متر در سال و در هر متر مربع کanal دسترسی داخلی از ۱۱.۳۹ به ۱۳.۲۷ سانتی‌متر در سال افزایش یافته است.

بررسی وضعیت کanal دسترسی خارجی (جدول(۴)) نشان می‌دهد که نرخ رسوب‌گذاری در آن نیز همانند پیچ کanal دسترسی و کanal داخلی در دوره بعد از طرح توسعه بندر بوشهر افزایش یافته است. یعنی تهنشست سالانه رسوب در هر متر مربع کanal خارجی از ۱۱.۶۳ به ۱۶.۰۷ سانتی‌متر در سال افزایش یافته است.

^۱ Composite

^۲ سال ۱۳۸۷ به بعد

جدول ۲: حجم کلی رسوب در پیچ کanal

نام دوره	طول دوره (ماه)	مساحت (مترمربع)	حجم رسوب لاپرواژی (مترمکعب)	حجم رسوب محاسبه شده (متر مکعب)	حجم رسوب کلی (متر مکعب)	نرخ رسوب- گذاری (مترمکعب/سال)	تنه نشست سالانه رسوب ^۱
۱۳۸۳-۱۳۸۵	۱۶	۲۳۸۱۶۱.۷	۹۵۰۰	۳۰۳۰۹.۶	۳۹۸۰۹.۶	۲۹۸۵۷.۲	۱۲.۵۴
۱۳۸۹-۱۳۹۲	۴۵	۳۷۸۱۹۵.۶	۳۴۰۰۰	۱۶۳۱۸۵.۴	۱۹۷۱۸۵.۴	۵۲۵۸۲.۷	۱۳.۹۰

جدول ۳: حجم کلی رسوب در کanal داخلی

نام دوره	طول دوره (ماه)	مساحت (مترمربع)	حجم رسوب لاپرواژی (مترمکعب)	حجم رسوب محاسبه شده (متر مکعب)	حجم رسوب کلی (متر مکعب)	نرخ رسوب- گذاری (مترمکعب/سال)	تنه نشست سالانه رسوب ^۲
۱۳۸۳-۱۳۸۵	۱۶	۱۹۴۵۱۰۵.۹	۳۶۴۰۰	۲۵۸۹۱۹.۵	۲۹۵۳۱۹.۵	۲۲۱۴۸۹.۶	۱۱.۳۹
۱۳۸۹-۱۳۹۲	۴۵	۲۰۹۷۶۲۹.۷	۲۲۱۵۰۰	۸۲۲۶۱۷.۰۵	۱۰۴۴۱۱۷.۰۵	۲۷۸۴۳۱.۲	۱۳.۲۷

جدول ۴: حجم کلی رسوب در کanal خارجی

نام دوره	طول دوره (ماه)	مساحت (مترمربع)	حجم رسوب لاپرواژی (مترمکعب)	حجم رسوب محاسبه شده (متر مکعب)	حجم رسوب کلی (متر مکعب)	نرخ رسوب- گذاری (مترمکعب/سال)	تنه نشست سالانه رسوب ^۳
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۱۰	۲۴۱۴۱۵۹.۴	۵۶۵۰۰	۱۷۶۳۷۳.۶۵	۲۳۲۸۷۳.۶۵	۲۷۹۴۴۸.۳۸	۱۱.۵۸
۱۳۸۳-۱۳۸۵	۱۶	۳۷۱۲۰۱۸.۲	۱۲۱۰۰۰	۴۵۷۰۷۶۶	۵۷۸۰۷۶۶	۴۳۳۵۵۷.۴۵	۱۱.۶۸
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۱۱	۳۴۹۳۴۴۷.۵	۴۱۷۰۰	۵۰۰۶۱۳.۹۵	۵۴۲۳۱۳.۹۵	۵۹۱۶۱۵.۲۲	۱۶.۹۴
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۷	۳۵۸۴۰۱۶.۰	۲۹۰۵۰۰	۵۰۲۲۰۵.۷	۷۹۲۷۰۵.۷	۵۵۹۵۵۶.۹۶	۱۵.۶۱
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۱۷	۳۴۸۴۲۶۸.۸	۲۵۴۳۰۰	۵۱۸۷۶۸.۸۵	۷۷۳۰۶۸.۸۵	۵۴۵۶۹۵.۶۶	۱۵.۶۶
قبل از تعریض و تعمیق کanal	۲۶	۳۰۶۳۰۸۸.۸	۱۷۷۵۰۰	۵۷۶۴۲۸.۳	۷۷۲۴۲۳.۰	۳۵۶۵۰۲.۹	۱۱.۶۳
بعد از تعریض و تعمیق کanal	۴۵	۳۵۲۰۵۷۰۸	۵۸۶۵۰۰	۱۵۳۵۰۸۴.۰	۲۱۲۱۵۸۴.۰	۵۶۵۶۲۲.۶	۱۶.۰۷

البته تنه نشست سالانه رسوب و نرخ رسوب- گذاری در اولین دوره لاپرواژی موجود بعد از طرح توسعه بندر بوشهر(دوره ۱۳۸۹-۹۰)، نسبت به دوره‌های لاپرواژی بعد از آن، در قسمت کanal خارجی بیشتر به دست آمده است.

پس از بررسی دلیل این موضوع، دیده شد که سال قبل از دوره ۱۳۸۹-۹۰ (اولین دوره لاپرواژی بعد از طرح توسعه بوشهر) از موج‌شکن جدید بندر بوشهر بهره‌برداری شده بود. بنابراین با بهره‌برداری از موج‌شکن جدید بوشهر در سال

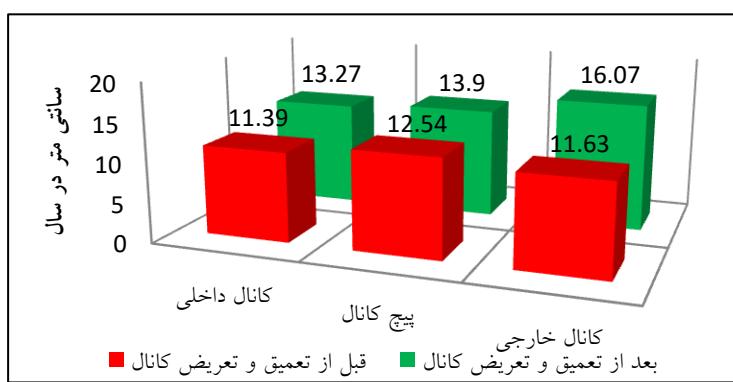
^۱ در هر مترمربع بر حسب سانتی‌متر در سال^۲ در هر مترمربع بر حسب سانتی‌متر در سال^۳ در هر مترمربع بر حسب سانتی‌متر در سال

۱۳۸۸ و با ثبیت وضعیت بستر، ته نشست سالانه رسوب در هر متر مربع، در دوره های بعدی لایروبی از ۱۶.۹۴ به ۱۵.۶ سانتی متر در سال کاهش یافته است.

طبق گزارش ارزیابی لایروبی و هیدروگرافی در خلیج بوشهر [۴]، در سال‌های (۱۳۶۹-۱۳۷۹) نیز در قسمت پیچ کanal ته نشست سالانه رسوب به نسبت وسعت منطقه قابل توجه و حدود ۳۷۰۰۰ مترمکعب در سال بوده است که این مقدار به طور متوسط برای سال‌های مورد بررسی (۱۳۸۲-۹۲) حدود ۴۲۰۰۰ کیلومترمکعب در سال به دست آمده است.

با جمع‌بندی نتایج و بررسی نمودار (۱) که ته نشست سالانه رسوب‌گذاری را در هر مقطع کanal نشان می‌دهد، می‌توان نتیجه گرفت که قبل از تعمیق کanal بیشترین میزان ته نشست سالانه در محدوده پیچ کanal و حدود ۱۲.۵۴ سانتی‌متر بوده است.

نمودار ۱: بررسی کلی ته نشست سالانه رسوب‌گذاری



پس از تعمیق کanal بیشترین میزان ته نشست سالانه در محدوده کanal خارجي و حدود ۱۶.۰۷ سانتی‌متر در سال بوده است. از طرفی میزان ته نشست سالانه رسوب کanal داخلی، در هر دو دوره، کمتر از قسمت‌های دیگر کanal است. طبق همان گزارش ذکر شده در سال‌های (۱۳۶۹-۷۹) نیز میزان رسوب‌گذاری در کanal داخلی نسبت به سایر قسمت‌های کanal کمتر بوده است. بر اساس مطالعات شرکت کامپاکس در سال ۱۳۵۲، متوسط ته نشست رسوب در کanal بوشهر سالی ۱۰ سانتی‌متر برآورد شده بوده است و بر حسب طول و عرض کanal به ازاء هر ۱۰ سانتی‌متر ته نشست، سالانه در حدود ۲۶۰ هزار متر مکعب رسوب در کanal‌ها خواهد نشست. [۲]

نتایج کلی در این بررسی نیز نشان داد که ته نشست سالانه رسوب‌گذاری قبل از تعريف و تعمیق کanal در کل کanal حدود ۱۱.۸۵ سانتی‌متر در سال بوده است که با مقدار برآورد شده در مطالعات شرکت کامپاکس نزدیک است اما بعد از تعمیق و تعريف آن به ۱۴.۴۱ سانتی‌متر در سال افزایش یافته است.

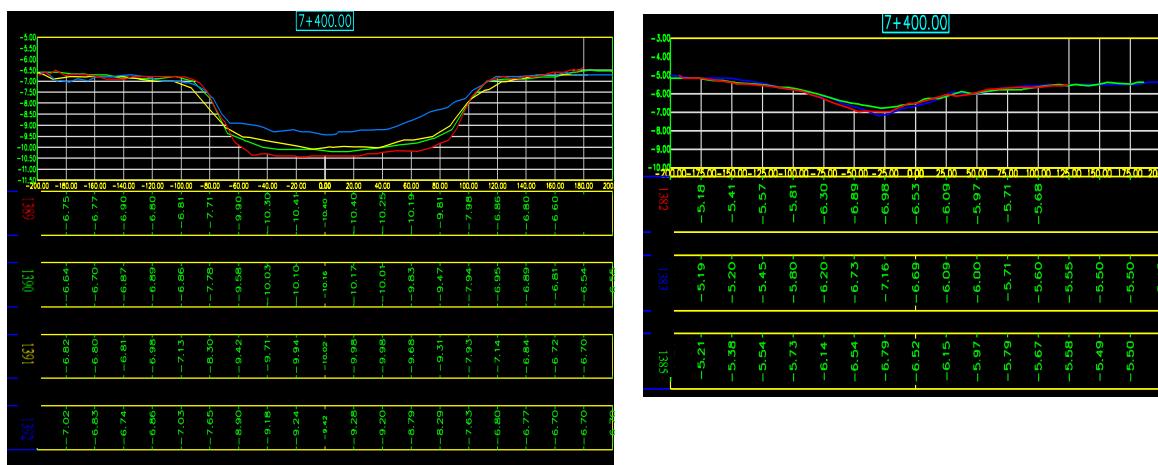
۵- پیشنهادات

بررسی پروفیل کanal‌های دسترسی بوشهر و روند رسوب‌گذاری آن به خوبی نشان می‌دهد که بعد از لایروبی اساسی سال ۱۳۸۷ حتی با انجام لایروبی‌های نگهداری، عمق کanal‌ها کاهش یافته است. بنابراین جهت حفظ عمق کanal نیاز است که یک لایروبی اساسی (همچون لایروبی سال ۱۳۸۷) هرچه سریع‌تر انجام شود؛ چراکه در غیر این صورت بندر به سطح بندر دوبه و لنچ تنزل پیدا خواهد کرد. در حالیکه طبق صورت جلسه اتاق فکر بوشهر در آبان ۱۳۹۴، همواره تقاضای زیادی برای کشتی‌های با درافت بالای ۱۰ متر به شرکت‌های نمایندگی کشتیرانی بوشهر واصل می‌شود و با این روند این فرصت‌ها روز به روز از دست می‌روند. در شکل (۷) نمونه‌ای از پروفیل مقطع ۷+۴۰۰ متری در کanal

خارجی نشان داده شده است که نمایانگر کاهش عمق متوازی آن با وجود لایروبی‌های نگهداری دوره‌ای و لزوم انجام هرچه سریع‌تر لایروبی اساسی کانال‌های بوشهر می‌باشد.

بعد از تعریض و تعمیق کanal

قبل از تعریض و تعمیق کanal



شکل ۷: پروفیل عرضی مقطع ۷+۴۰۰ متری کanal بیرونی در دوره‌های مورد مطالعه

پس از هر لایروبی اساسی، باید لایروبی به صورت مستمر و مداوم حفظ و نگهداری شود که طبق پیشنهاد مسئولان بهتر است هرساله در مردادماه پس از اتمام بارش‌های سالانه و بادهای محلی، شرکتی قوی عملیات لایروبی و نگهداری را انجام دهد.

بنابراین پیشنهاد می‌شود با استفاده از نتایج بررسی روند رسوب‌گذاری و نحوه توزیع آن در قسمت‌های مختلف کanal در دوره‌های قبل از لایروبی هر سال که نمونه‌ای از آن در شکل(۴) نشان داده شده بود، روند رسوب‌گذاری در منطقه را پیش‌بینی کرده و با کنترل آن به برنامه‌ریزی‌های بهتر جهت بهینه‌سازی عملیات لایروبی کمک نموده و موجبات بهبود و کاهش هزینه‌های ناشی از آن و نهایتاً مقدمات توسعه بنادر را مهیا نمایند.

آنچه مسلم است، هرچقدر داده‌های با دقت مناسب و کاملتری برای بررسی روند رسوب‌گذاری در منطقه در دسترس باشد؛ نتایج مطالعات نیز قابل اطمینان‌تر و امکان برنامه‌ریزی و پیش‌بینی هم بهتر خواهد بود.

بنابراین پیشنهاد می‌شود که ضمن انجام عملیات‌های هیدروگرافی و لایروبی در کanal‌ها و سایر ورودی‌بنادر، همواره یک پایگاه داده مناسب ایجاد شود تا بتوان در زمان نیاز جهت اینگونه مطالعات از آن‌ها بهره برد و نیز مستندسازی و ثبت مستندات عملیات لایروبی و رسوبات نیز به صورت مدون‌تر انجام شود. چرا که آنچه در برخی ادارات و شرکت‌ها در حال انجام و مورد توجه می‌باشد تنها نتایج حاصل از عملیات لایروبی و حجم نهایی لایروبی انجام شده است و پس از گذشت چند سال ممکن است جمع‌آوری اطلاعات سال‌های قبل که می‌تواند برای انجام این‌گونه مطالعات بسیار مفید باشد، سخت و حتی ناممکن شود. این پایگاه داده باید شامل اطلاعاتی همچون داده‌های قبل و بعد از لایروبی، اطلاعات جزو مدی منطقه و گزارش کامل هیدروگرافی و لایروبی آن‌ها، نوع شناورهای لایروب به کار رفته و حجم لایروبی انجام شده و زمان شروع و پایان هر عملیات و دستگاه‌های مورد استفاده و دقت داده‌ها و ... باشد. علاوه بر این، چون برای محاسبه دقیق‌تر نرخ رسوب‌گذاری باید شرایط هیدرودینامیکی و هندسی بندر و نوع رسوبات منطقه را نیز در نظر گرفت؛ بهتر است این اطلاعات هم در صورت موجود بودن، در این پایگاه گردآوری شود.

لازم به ذکر است که در هنگام ثبت اطلاعات در پایگاه داده به سطح مبنای داده‌های برداشتی به ویژه اعمق توجه شود و همه نسبت به یک سطح مبنای باشند.

همچنین می‌توان با بررسی روند رسوب‌گذاری و نحوه توزیع رسوبات و فرسایش در هر منطقه، پیش از پروژه‌های عملیاتی و احتمالی و مطالعات مهندسی سواحل در جهت برنامه‌ریزی‌های بهتر از آن بهره برد و نیز پس از پروژه‌های عملیاتی و احتمالی نیز می‌توان اثرات ساخت سازه‌های احتمالی در روند رسوب‌گذاری را بررسی نمود و نیز برای بهینه سازی مدل‌های نرخ حجم انتقال رسوب نیز کارا می‌باشد. چنین مطالعاتی می‌تواند برای بررسی روند تغییرات عميق رودخانه‌ها و خلیج‌ها و دریاچه‌ها و مطالعات سدسازی نیز مفید باشد.

مراجع

- [1] www.bushehrport.pmo.ir
- [2] سازمان بنادر و دریانوردی کشور، گزارش مطالعات مناطق خاص- بوشهر، ۱۳۹۱، فصل اول
- [3] ن، حاجیزاده ذاکر، م. ھ. بهمن پور، بررسی روند رسوب‌گذاری در بندر صیادی بریس با استفاده از نقشه‌های هیدرولوگیکی، همایش ملی مهندسی محیط زیست، ۱۳۹۱
- [4] IHO, Regulations of The IHO for International (INT) Charts and Specifications of The IHO, Monaco , 2014
- [5] CARIS, CARIS GIS User's Guide, Canada, 2004
- [6] Autodesk® Storm and Sanitary Analysis User's Guide, 2014
- [7] R.A. Ortt Jr., R.T. Kerhin, D. Wells, J. Cornwell, Bathymetric Survey and Sedimentation Analysis of Loch Raven and Prettyboy Reservoirs, Maryland Department of the Environment, Baltimore, 2000
- [8] D. L., Kriebel, N. C., Kraus, M. , D. L., Larson, "Engineering methods for predicting beach profile response," Proceedings Coastal Sediments ', ASCE, Reston, VA, 557-571. ,1991
- [9] CARIS, CARIS Digital Terrain Model User's Guide, Canada, 2001
- [11] P.A, Burrough, R.A, McDonnell, Principles of Geographical Information Systems, Oxford University, 1998
- [12] ع، اشرفی، م.ا، علیمی، مقایسه روش‌های مختلف تهیه مدل ارتفاع رقومی، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۱۳۹۳، ۱۳۹۵
- [13] J.R., Gray, G.D. , Glysson, Attributes for a sediment monitoring instrument and analysis research program, Proceedings of the Federal Interagency Sediment Monitoring Instrument and Analysis Research, Arizona, 2003