



سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



شناسایی عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری کانال دسترسی و حوضچه آرامش بنادر (مطالعه موردی: بندر نوشهر)

محسن مصطفایی*^۱، دکتر بهرزا نورمند^۲

تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۶

*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۱۳

© نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی ۱۳۹۶، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی است.

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری بندر نوشهر بود. پژوهش حاضر از لحاظ هدف، کاربردی و با توجه به جمع‌آوری داده‌ها توصیفی است. جامعه آماری این پژوهش شامل ۲۲ نفر از کارشناسان، صاحب‌نظران حوزه فنی و مهندسی سازمان بنادر و دریانوردی، اداره کل بنادر و دریانوردی استان مازندران (بندر نوشهر) و مهندسین مشاور می‌باشد. ابزار گردآوری اطلاعات، پرسشنامه است. روایی محتوای صورتی ابزار توسط خبرگان و میزان پایایی پرسشنامه از طریق بررسی سازگاری گزاره‌ها تایید شد. یافته‌های پژوهش نشان داد تغییرات سطح آب دریا با میزان ۰/۳۳۶ دارای بیشترین تأثیر، و تغییرات خط ساحلی اطراف بندر با میزان ۰/۲۶۲، جابه‌جایی رسوبات ساحلی با میزان ۰/۱۶۲، موقعیت مکانی بندر ۰/۱۲۱ و اجرای پروژه‌های طرح توسعه بندر با عدد ۰/۱۱۹ به ترتیب رتبه‌های بعدی را کسب کردند.

واژه‌های کلیدی: رسوب‌گذاری، کانال دسترسی، حوضچه، بندر نوشهر، خط ساحلی، سازمان بنادر و دریانوردی.

۱- مقدمه

۱-۱- بیان مسئله

با توجه به سواحل زیاد کشور در جنوب و شمال، ساخت و بهره‌برداری از بنادر تجاری، اقتصادی، صیادی و سیاحتی می‌تواند منافع شایان توجهی برای کشور داشته باشد. برای بهره‌برداری بهینه از این بنادر، شناخت هیدرودینامیک و پدیده‌های دریایی بسیار حائز اهمیت است. یکی از مهم‌ترین پدیده‌های دریایی پدیده رسوب‌گذاری است. مسئله رسوب‌گذاری در داخل حوضچه بندر، و رسوب‌گذاری و فرسایش‌پذیری سواحل اطراف سازه‌های دریایی، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، تا آنجا که این مسائل می‌تواند کارایی بندر را به‌طور کامل مختل کند. شناخت مسئله حمل رسوب دریایی قبل از ساخت بندر و تعیین چگونگی حرکت رسوب و رسوب‌گذاری بعد از احداث سازه‌های دریایی، باید در همان فاز اول پروژه بررسی شود. زیرا با توجه به موقعیت ساحل، جهت حرکت و میزان انتقال رسوب و پتانسیل ساحل از لحاظ رسوب‌گذاری و یا فرسایش‌پذیری، می‌توان میزان بازدهی و مدت عمر پروژه را محاسبه کرد. مسئله دیگری که لازم است مدنظر قرار گیرد هزینه قابل توجه سالانه لایروبی بندر است، به دلیل اینکه هزینه بالای لایروبی می‌تواند ساخت بندر را به لحاظ اقتصادی غیرقابل توجیه کند.

از مشکلات دیگری که بندر بعد از ساخت یعنی در مرحله بهره‌برداری با آن مواجه می‌شوند می‌توان به رسوب‌گذاری در حوضچه آرامش و کانال دسترسی، تغییرات ساحل و بستر دریا و هزینه بسیار هنگفت لایروبی برای تامین عمق ایمن متناسب با آب‌خور مورد نیاز کشتی‌های متراکم به بندر اشاره کرد. هزینه‌های بالای لایروبی سبب شده است مطالعات زیادی برای بررسی فرآیندهای مؤثر در رسوب‌گذاری بندر انجام شود و روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای کمی کردن نرخ رسوب‌گذاری پیشنهاد شود و راه‌حل‌های مختلفی جهت کاهش رسوب ارائه گردد (والی‌زاده و کلاه‌دوزان، ۱۳۸۹).

رسوب‌گذاری در دهانه بندر یکی از مسائل مهم در مدیریت بهره‌برداری بندر تجاری و صیادی می‌باشد. دهانه بندر نوشهر تا پیش از سال ۱۳۶۷ به لایروبی نیاز نداشت و پس از آن تا سال‌ها نرخ متوسط لایروبی کانال دسترسی در حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ هزار مترمکعب در سال بود. در چهار سال اخیر نرخ لایروبی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته و به حدود ۲۰۰ هزار مترمکعب در سال رسیده است (کمالیان و صفری، ۱۳۹۱). آمار لایروبی سال‌های گذشته بندر نوشهر، به عنوان یکی از بنادر مهم و استراتژیک شمال ایران، نشان می‌دهد رسوب زیادی از کانال دسترسی بندر عبور کرده و حجم لایروبی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته است. این افزایش رسوب علاوه بر انجام لایروبی‌های مکرر و هزینه‌بر، باعث کاهش عمق آب‌خور کانال و به دنبال آن کاهش کارایی و درآمدزایی بندر شده است.

ساخت بندر نوشهر در سال ۱۳۰۹ هجری شمسی توسط شرکت‌های بورورکس هلند و آگرم بلژیک آغاز و در سال ۱۳۱۸ هجری شمسی راه‌اندازی شد. از آن زمان تا کنون بندر نوشهر به‌طور پیوسته و روزافزون مورد بهره‌برداری قرار داشته است. طی این مدت، رسوب در ساحل غربی بندر افزایش یافته و به‌طور قابل‌توجهی پیشروی کرده است. در طی ۵۰

سال اول بهره‌برداری از بند نوشهر، گزارشی از مشکل رسوب‌گذاری در دهانه بندر مشاهده نشده است. اما در طی ۲۵ سال اخیر، انجام سالانه ۹۰ تا ۲۰۰ هزار مترمکعب لایروبی، همواره از دغدغه‌ها و مشکلات اساسی بندر نوشهر بوده است. در حال حاضر با تبدیل بندر نوشهر به منطقه ویژه اقتصادی، تمایل و علاقه سرمایه‌گذاران بخش خصوصی، نسبت به سرمایه‌گذاری در زمینه‌های مختلف، از جمله احداث اسکله، احداث سیلوهای غله، مخازن فله مایع و احداث انبارهای مسقف و روباز افزایش یافته است. امید است با شناسایی و تعیین عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری بندر نوشهر و پایش آن و ارائه راهکار علمی و عملیاتی جهت کاهش نرخ رسوب‌گذاری، گامی هرچند کوچک در راستای افزایش کارایی و درآمدهای ناشی از تخلیه و بارگیری بندر برداشته شود. در این پژوهش کوشش شده است از طریق بررسی یافته‌های سایر پژوهش‌های پیشین در مورد بندر مختلف، به‌ویژه بندر نوشهر، و تحلیل نتایج حاصل از مصاحبه با خبرگان، تصمیم‌گیران و مدیران ارشد سازمان بندر و دریانوردی و براساس فرآیند تحلیل سلسله‌مراتب، عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری حوضچه و کانال دسترسی بندر نوشهر را شناسایی، رتبه‌بندی و اولویت‌بندی کند.

۱-۲- پیشینه تحقیق

ایزدپناه و ابریشمی (۱۳۷۵)، در تحقیقی با عنوان بررسی پدیده رسوب‌گذاری در محدوده بندر صیادی استان بوشهر و ارائه راه‌حل‌هایی جهت کاهش رسوب‌گذاری پیشنهاد کردند که دهانه ورودی حدالامکان در خارج منطقه شکست قرار گیرد. طول موج‌شکن اصلی به حدی باشد که عرض منطقه شکست را کاملاً قطع کند و در طول عمر مفید سازه از کنارگذری رسوب جلوگیری نماید. موج‌شکن اصلی حدالامکان عمود بر امتداد ساحل قرار گیرد. قسمت دوم موج‌شکن اصلی تا حدالامکان عمود بر جهت امواج غالب باشد. موقعیت موج‌شکن فرعی به نحوی انتخاب شود که امتداد موج‌شکن فرعی و همچنین امتداد خط واصل بین رئوس انتهایی موج‌شکن‌های اصلی و فرعی در امتداد امواج غالب منطقه باشند. دهانه ورودی تا حدالامکان کوچک باشد.

یزدان‌پرست اباتری و سلطان‌پور (۱۳۸۹)، در تحقیقی با عنوان تأثیر فرسایش صخره‌های ساحلی بر رسوب‌گذاری بندر صیادی پزم واقع در استان سیستان و بلوچستان نشان دادند که ماسه تولید شده ناشی از فرسایش صخره‌های ساحلی منبع اصلی تولید رسوبات انتقالی به بندر صیادی پزم می‌باشد، و اختلاف نرخ تولید ماسه صخره‌های ساحلی و نرخ انتقال رسوب موازی ساحل می‌تواند ناشی از تولید محلی رسوبات کربناته در منطقه باشد.

کمالیان و صفری (۱۳۹۱)، در تحقیقی با عنوان تأثیر تغییرات تراز آب دریای خزر بر رسوب‌گذاری در بندر نوشهر نتیجه گرفتند که تغییرات تراز آب خزر در چند ده سال اخیر تأثیر مستقیم و قاطعی بر رفتار رسوبی بندر نوشهر داشته است، به‌طوری‌که بدون در نظر گرفتن آن نمی‌توان سابقه رسوبی بندر را توضیح داد. افزایش تراز آب دریا تا سال‌ها مانع بروز مشکل رسوب برای دهانه این بندر بوده است. در ضمن، کاهش تراز آب در جهت عکس، عمل می‌کرده است.

خوشروان (۲۰۰۸)، در تحقیقی با عنوان مخاطرات فرسایشی رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر نتیجه گرفت که پیشروی تغییرات فرسایشی در

ساحل بالادست بندر نوشهر دارای شکستگی مشخصی در غرب مصب فعلی چالوس است (احتمالاً در گذشته دور محل مصب بوده است). در دو سوی این شکستگی دو پاره ساحل با زوایای مختلف وجود دارند که پتانسیل آورد رسوب در آن دو متفاوت است. پتانسیل حمل رسوب در پاره ساحل شرقی کمتر و در پاره ساحل نزدیک بندر بیشتر است. بنابراین پاره ساحل شرقی‌تر کنترل‌کننده مقدار آورد رسوب ساحلی به پاره ساحل نزدیک بندر می‌باشد و پاره ساحل اخیر حالت فرسایشی‌تری دارد مگر آن مقدار رسوبی که از طریق مصب رودخانه چالوس به آن اضافه می‌شود. در کنار بندر مجدداً زاویه ساحل (به دلیل پیشروی قبلی) تغییر کرده و به زاویه پاره ساحل شرقی نزدیک می‌شود. بنابر این پتانسیل حمل رسوب در این محل دوباره کاهش می‌یابد. حجم رسوبی که از مقابل هد موج‌شکن اصلی عبور می‌کند و به مقابل دهانه بندر می‌رسد تابع پتانسیل حمل رسوب در این ناحیه نزدیک به بندر است (تهران برکلی، ۱۳۹۰).

۳-۲- تغییرات سطح آب دریای خزر

بررسی‌ها نشان می‌دهد سطح آب دریای خزر، علاوه بر تغییرات چندساله و فصلی، دارای تغییرات ناگهانی با تداوم‌های ساعتی و روزانه بوده که بر اثر الگوهای گردشی جو و برخی عوامل انسانی ایجاد می‌شوند. در برخی مواقع این نوسانات آن قدر شدید است که خسارات سنگینی را به فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی نواحی ساحلی وارد آورده است، از این رو ارتقای سطح دانش و آگاهی‌ها درخصوص پدیده نوسانات دریای خزر و اثرات آن می‌تواند کمک شایانی در بهره‌برداری بهینه و افزایش راندمان عملکرد بنادر در حوزه عمران و مهندسی سواحل، عملیات و ایمنی دریایی و امور بندری داشته باشد.

آخرین وضعیت نوسانات و میانگین تراز آب دریای خزر بر اساس تحلیل داده‌های دریافتی از ایستگاه‌های ترازسنجی مستقر در سواحل دریای خزر در سال آبی ۹۱-۹۲ حاکی از آن است که میانگین تراز آب برابر ۲۶/۵۹- متر می‌باشد که نسبت به سال آبی گذشته ۴ سانتی‌متر و نسبت به سه سال گذشته ۳۴ سانتی‌متر کاهش داشته است.

جدل (۱): مؤلفه‌های تراز آب خزر در سال ۱۳۹۳

تراز	نام ایستگاه		
	نوشهر	انزلی	امیرآباد
میانگین	۲۶/۶۸-	۲۶/۵۷-	۲۶/۶۸-
کمینه	۲۶/۸۸-	۲۶/۷۳-	۲۶/۸۲-
بیشینه	۲۶/۴۶-	۲۶/۳۲-	۲۶/۴۳-

طبق جدول (۱) میزان میانگین تراز آب خزر برای سال آبی ۹۲-۹۳ برابر ۲۶/۶۴- می‌باشد که نسبت به سال آبی ۹۱-۹۲ حدود ۵ سانتی‌متر رشد داشته است. میزان میانگین تراز آب خزر برای سال آبی ۹۲-۹۳ در ایستگاه انزلی برابر ۲۶/۵۷- و در ایستگاه‌های نوشهر و امیرآباد معادل ۲۵/۶۸- است. این تراز متوسط از فروردین ۹۱ تا شهریور ۹۳ در ایستگاه انزلی ۲۶/۵۲- و در ایستگاه نوشهر ۲۶/۵۹- می‌باشد.

مشاهدات رقوم ارتفاعی تراز آب دریای خزر در محدوده ۳ ایستگاه ساحلی بنادر انزلی، نوشهر و امیرآباد حاکی از آن است که کمترین تراز ارتفاعی ثبت شده طی سال آبی ۹۱-۹۲ به میزان ۲۶/۸۸- متر در ایستگاه نوشهر و بیشترین آن در ایستگاه انزلی به ۲۶/۳۲- متر بوده است. بنابراین

محدوده عمق ۱ تا ۲/۵ متر توسعه دارد. رژیم و ترکیب رسوبی در ناحیه خط ساحل بخش جنوبی دریای خزر شامل مواد رسوبی ماسه‌ای ریز تا دانه متوسط در مناطق کم‌شیب ساحلی و ماسه‌های دانه متوسط تا دانه درشت حاوی ذرات گراولی شن و ریگ‌های دانه ریز تا دانه متوسط است.

۲- روش تحقیق

هدف از این پژوهش بررسی، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری بندر نوشهر بود. پژوهش حاضر از لحاظ هدف، کاربردی و با توجه به جمع‌آوری داده‌ها توصیفی است. جامعه آماری این پژوهش شامل ۲۲ نفر از کارشناسان، صاحب‌نظران حوزه فنی و مهندسی سازمان بنادر و دریانوردی، اداره کل بنادر و دریانوردی استان مازندران (بندر نوشهر) و مهندسین مشاور می‌باشد. ابزار گردآوری اطلاعات، پرسشنامه است. روایی محتوای صورتی ابزار توسط خبرگان و میزان پایایی پرسشنامه از طریق بررسی سازگاری گزاره‌ها تایید شد.

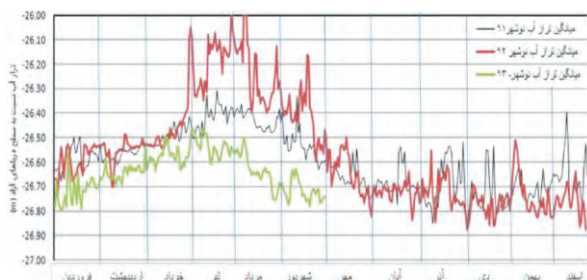
۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳-۱- عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری بندر نوشهر

رسوب‌گذاری در بندر نوشهر ناشی از (۱) آورد رسوب از رودخانه‌ها و (۲) انتقال رسوب ساحلی در سواحل بالادست (غرب) بندر می‌باشد. مهم‌ترین رودخانه بالادست بندر، رودخانه چالوس است که باید رسوب آن مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر آن، آبراهه نسبتاً کوچک دیگری هم بین بندر و مصب رود چالوس وجود دارد که آورد رسوب آن به مراتب کمتر از رودخانه طولانی چالوس است. ساخت و سازهای سال‌های اخیر در مسیر رود چالوس (بزرگراه تهران - شمال) می‌تواند باعث افزایش آورد رسوب در زمان ساخت و ساز بوده باشد. تکمیل سازه‌های مختلف از قبیل پل‌ها و کاهش عرض رودخانه به خاطر بزرگراه و احداث سد و بند هم بر تغییرات آبی آورد رسوب مؤثر است.

در ساحل پایین‌دست (شرق) بندر دو مصب دیگر به نام‌های کورکورسر (مجاور بندر) و ماشلک قرار دارند. از بین این دو رودخانه، ماشلک رسوب بیشتری را به دریا می‌آورد که البته کمتر از رسوب ناشی از رود چالوس است. رسوبات این مصب نسبت به رسوبات معمول دریا مقداری درشت‌دانه‌تر می‌باشند. هر از گاهی، رسوبات مزبور به‌وسیله پیمانکاران از مقابل مصب، برداشت و استفاده می‌شود. جهت برآیند حمل رسوب ساحلی در ساحل شرقی باعث دور شدن رسوب از بندر و حرکت آن به سوی سیسنگان می‌باشد. عدم پیشروی ساحل در کنار موج‌شکن شرقی و اراضی احیاء شده هم این موضوع را تأیید می‌کند. البته انتظار می‌رود عمق و نشست رسوب در پناه موج‌شکن فرعی و اراضی احیاء شده، مقداری کاهش یابد، زیرا جهت موج غالب از سمت شمال تا شمال غربی می‌باشد و این سازه‌ها می‌توانند تا حدی به ایجاد آرامش در مقابل مصب‌ها کمک کنند. جریان عمومی موازی ساحل (شورش دریا) که موقع بروز طوفان شکل می‌گیرد و تا چند روز ادامه می‌یابد، می‌تواند در کنار اراضی احیاء شده شرق بندر، جریانی به سمت دریا ایجاد کند. جریان به تنهایی نمی‌تواند رسوبات ماسه‌ای را با خود حمل کند، بلکه به شرایط شکست موج هم نیاز دارد.

شروع کرده است. این نمودار از پائیز تا اوایل زمستان دارای شیب کاهشی می‌باشد اما از آن پس تا اوایل بهار تراز آب کمی بالاتر از حداقل پائیزی می‌شود و تقریباً در فصل زمستان و ابتدای بهار از یک پایداری نسبی تبعیت می‌کند.



نمودار (۳): مقایسه تغییرات تراز آب دریای خزر در بندر نوشهر (سال‌های ۹۱، ۹۲ و ۹۳)

با مقایسه میزان تراز آب ایستگاه نوشهر در سال ۹۱ و ۹۲ و شش ماهه اول سال ۹۳ مندرج در نمودار (۳) می‌توان گفت در سال‌های ۹۱ و ۹۲ تغییرات تراز تقریباً الگوی یکسانی داشته است و منحنی‌های تراز آب منطبق بر هم می‌باشند، حال آنکه در شش ماهه اول سال ۹۳ یک افت تراز وجود دارد که از تیرماه به بعد این اختلاف کاملاً مشهود است. میزان میانگین تراز آب در شش ماه اول سال ۹۱ حدود $-26/51$ متر نسبت به تراز مبنا و در شش ماهه نخست سال ۹۲ معادل $-26/41$ متر نسبت به تراز مبنا و در شش ماهه اول سال ۹۳ معادل $-26/68$ متر نسبت به تراز مبنا می‌باشد.

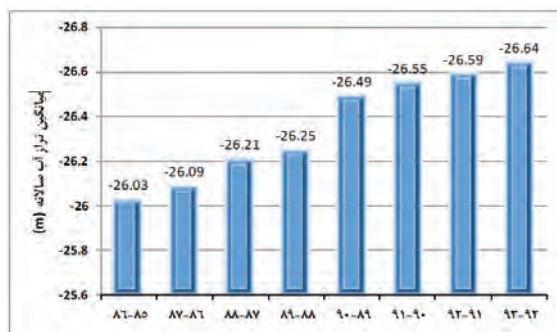
همان‌طور که از منحنی‌ها مشاهده می‌شود در فصل اول سال‌های ۹۱ و ۹۲ تراز آب ایستگاه نوشهر تقریباً منطبق بر هم می‌باشد ولی در سال ۹۳ تراز آب ایستگاه نوشهر حدود ۱۰ سانتی‌متر است. اما در فصل دوم سال و از ماه تیر تا شهریور در سال ۹۲ نسبت به سال ۹۱ افزایش تراز و در سال ۹۳ نسبت به سال ۹۱ و ۹۲ کاهش تراز وجود دارد. این کاهش تراز بیش از ۲۰ سانتی‌متر است و در مقدار متوسط بین سال ۹۱ و ۹۲ حدود ۲۳ سانتی‌متر افزایش تراز است و اختلاف تراز در سال ۹۲ و ۹۳ معادل ۲۳ سانتی‌متر کاهش تراز است.

با تحلیل داده‌های به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که (۱) براساس داده‌های به‌دست آمده از ایستگاه‌های ترازسنجی مستقر در سواحل دریای خزر، آخرین وضعیت نوسانات و میانگین تراز آب دریای خزر در سال ۹۱-۹۲ نشان می‌دهد میانگین تراز آب برابر $-26/59$ متر بوده است که

اختلاف حداکثر و حداقل تراز ارتفاعی در سواحل جنوبی دریای خزر طی این سال آبی حدود ۵۶ سانتی‌متر می‌باشد.

بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت‌پذیرفته در بندر انزلی در نیمه اول سال ۱۳۹۳ حداکثر تراز آب در تیر ماه برابر $-26/32$ متر بوده که حداقل این مقدار در فروردین ماه برابر $-26/73$ متر مشاهده شده، و دامنه نوسانی ۴۱ سانتی‌متر در این بندر ثبت گردیده است. همچنین در بندر نوشهر در نیمه اول سال ۱۳۹۳ حداکثر تراز آب در تیر ماه برابر $-26/46$ متر بوده که حداقل این مقدار در فروردین ماه برابر $-26/88$ متر مشاهده شده، و دامنه نوسانی ۴۲ سانتی‌متر در این بندر ثبت گردیده است. بر اساس داده‌های اندازه‌گیری‌شده در پروژه پایش شمال، کمینه و بیشینه مقدار تراز آب خزر در سال ۱۳۹۳ به ترتیب برابر $-26/82$ و $-26/43$ متر محاسبه شده است.

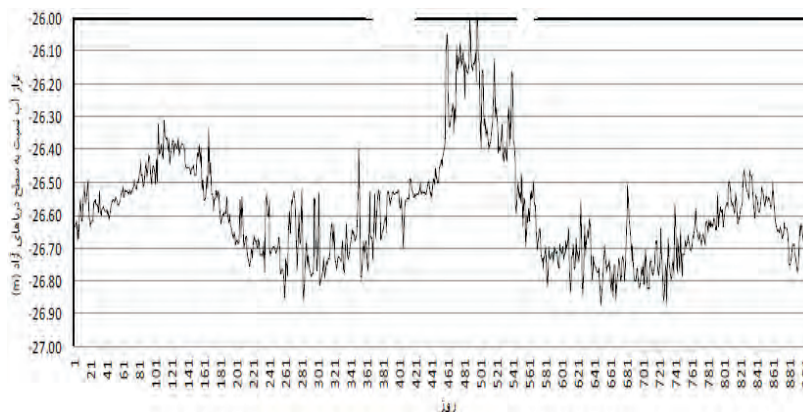
همان‌طور که در نمودار (۱) مشخص شده است در چند سال اخیر تراز آب دریای خزر از یک روند کاهشی برخوردار بوده است. همواره این تغییرات در حدود ۵ سانتی‌متر در سال بوده است. نکته حائز اهمیت در نمودار (۱) کاهش ناگهانی تراز آب دریای خزر در سال ۸۹-۹۰ نسبت به سال آبی قبل خود می‌باشد که پس از افت ۲۴ سانتی‌متری در این سال روند نزولی تراز آب با شیب کمتر ادامه یافته است که بیانگر کاهش دامنه نوسانات سطح آب دریای خزر در سال‌های اخیر می‌باشد.



نمودار (۱): تغییرات تراز آب دریای خزر در سال‌های آبی ۱۳۸۶-۱۳۹۳

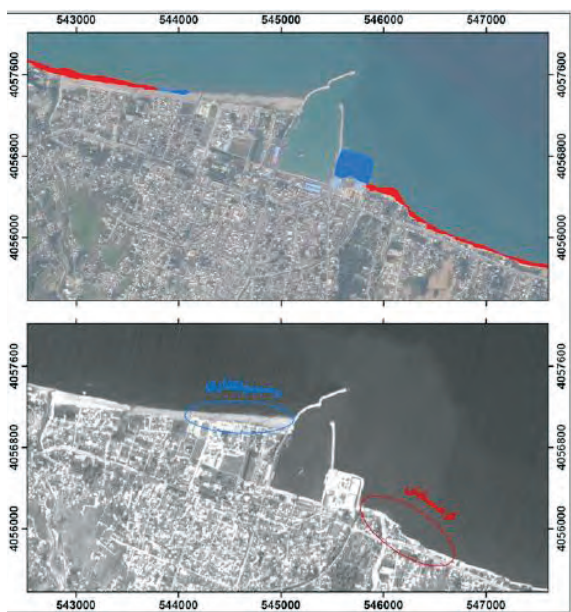
به منظور شناخت تغییرات فصلی تراز آب دریای خزر، در نمودار (۲) نوسانات ماهیانه آب در ایستگاه بندر نوشهر ترسیم شده است.

با توجه به نمودار (۲) میانگین تراز آب سالیانه در سال ۹۳ نسبت به صفر مبنا یعنی بندر شهید رجایی، $-26/68$ متر بوده که به میزان ۵۰ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح مبنا می‌باشد. در نمودار (۲) همواره روند نوسانات فصلی در بهار از یک روند افزایشی برخوردار بوده که این روند در مرداد ماه به حداکثر فصلی خود رسیده و بلافاصله روند کاهشی خود را با شیب زیاد

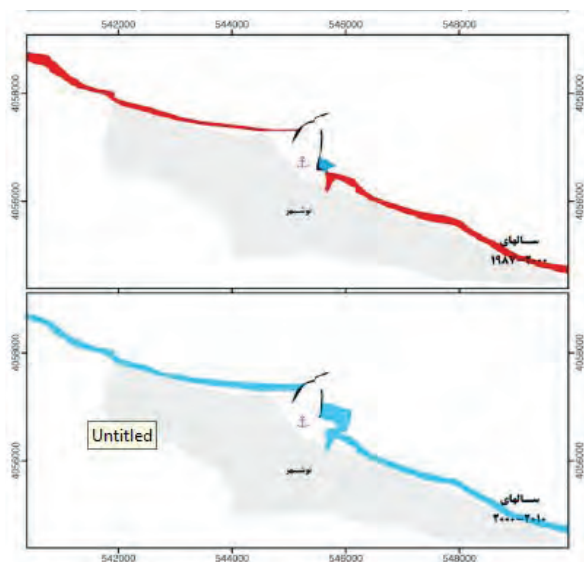


نمودار (۲): تغییرات تراز آب دریای خزر در بندر نوشهر سال ۹۱-۹۳

نسبت به سال آبی گذشته ۴ سانتی‌متر و نسبت به سه سال گذشته ۳۴ سانتی‌متر کاهش داشته است. میانگین تراز آب خزر در سال ۹۳ معادل ۲۶/۶۴- متر بوده است که نسبت به سال ۹۲، مقدار ۵ سانتی‌متر کاهش داشته است. و این به این معناست که روند کاهشی تراز خزر متوقف نشده و همواره نیز ادامه دارد، (۲) مشاهدات رقوم ارتفاعی تراز آب دریای خزر در محدوده ۳ ایستگاه ساحلی بنادر امیرآباد، نوشهر و انزلی حاکی از آن است که کمترین تراز ارتفاعی ثبت شده طی خرداد ماه سال آبی ۹۲-۹۱ به میزان ۲۶/۹۴- متر در ناحیه ساحلی بندر امیرآباد و بیشترین آن در ناحیه ساحلی بندر نوشهر به میزان ۲۵/۹۲- متر بوده است. در سال ۹۳ کمترین تراز مربوط به ایستگاه نوشهر و بیشترین تراز مربوط به ایستگاه انزلی است، (۳) با توجه به نمودارها و داده‌های ثبت شده از بنادر انزلی و نوشهر، میانگین تراز آب در شش ماهه دوم سال ۹۲ نسبت به صفر مینا (بندر شهید رجایی) به ترتیب ۲۶/۶۸- و ۲۶/۸۷- سانتی‌متر پایین‌تر می‌باشد. این میزان در سال ۹۳ برای انزلی ۲۶/۵۷- سانتی‌متر پایین‌تر نسبت به صفر مینا و برای نوشهر و ایستگاه امیر آباد ۲۶/۶۸- سانتی‌متر پایین‌تر نسبت به صفر مینا می‌باشد، (۴) با مقایسه میزان تراز آب در شش ماهه دوم سال ۹۲ نسبت به تراز آب در دوره متناظر آن در سال ۹۱ بر اساس ایستگاه‌های ترازسنجی بنادر نوشهر و انزلی کاهش در سطح تراز میانگین آب کاملاً قابل مشاهده است. این روند در نیمه اول سال ۹۳ نیز تکرار شده است و (۵) با توجه به نمودار تراز آب دریای خزر و داده‌های ترازسنجی بندر انزلی در سال ۹۲ مشاهده می‌شود که تراز آب حداکثر میزان ۲۶/۲۲- متر و حداقل میزان ۲۶/۷۳- متر بوده است. بنابراین، در این دوره بیشترین دامنه تغییر تراز در طول یکسال حدود ۵۱ سانتی‌متر ثبت شده است. میزان کمینه و بیشینه تراز خزر در سال ۹۳ به ترتیب ۲۶/۸۲- متر و ۲۶/۴۳- متر ثبت شده است.



شکل (۱): نقشه تغییرات خط ساحلی منطقه بندر نوشهر



شکل (۲): تغییرات خط ساحلی منطقه بندر نوشهر (سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰)

۳-۴- جابه‌جایی رسوبات ساحلی در بندر نوشهر

در منطقه نوشهر عامل اصلی جابه‌جایی رسوب ساحلی، شکست امواج است که از یک طرف، باعث معلق شدن ماسه‌های بستر می‌شود و از طرف دیگر، جریان ساحلی ایجاد می‌کند. از زمان احداث بندر نوشهر در سال ۱۳۱۸

از جمله دلایل کاهش تراز آب ادامه روند خشکسالی و کاهش میزان بارش و آبدهی رودخانه‌ها در حوضه آبریز دریای خزر بوده به طوری که در بهار ۲۰۱۲، آبدهی رودخانه ولگا ۱۳٪ پایین‌تر از حد نرمال بوده است. وقوع خشکسالی در حوضه آبریز دریای خزر، کاهش تراز آب به میزان ۸۵ سانتی‌متر در ۱۷ سال اخیر را به همراه داشته است (اداره کل سواحل و بنادر، ۱۳۹۳).

۳-۳- تغییرات خط ساحلی اطراف بندر نوشهر

خط ساحلی منطقه نوشهر در طول عمر بندر نوشهر تحت تأثیر دو عامل قرار داشته است: (۱) تغییر تراز آب دریای خزر و (۲) رسوب‌گذاری در ساحل غربی بندر به خاطر قطع مسیر انتقال رسوب ساحلی (تهران برکلی، ۱۳۹۰). تغییرات خط ساحل بندر نوشهر با استفاده از عکس هوایی سال ۱۳۶۲ و تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۹۱ با قدرت بالا بررسی و مشخص شد که طی این بازه زمانی ۲۹ ساله، ضلع غربی بندر نوشهر دارای رسوب‌گذاری و خشکی‌زایی بوده، اما ضلع شرقی آن دچار فرسایش و خوردگی ساحل بوده است.

شکل (۱) وضعیت فرسایش و رسوب، همان‌الگوی کلی انتقال رسوب از غرب به شرق دریای خزر را نشان می‌دهد. البته در حاشیه شرقی موج‌شکن تا فاصله ۵۵۰ متری از بندر، خشکی‌زایی صورت گرفته است (پویا طرح پارس، ۱۳۹۳).

شکل (۱) و (۲) تغییرات سواحل در اطراف بندر نوشهر و قسمت شرقی آن را برای دو دوره نشان می‌دهد. علت این تغییرات عمدتاً به خاطر



شکل (۳): مراحل توسعه بندر نوشهر

از آنچه گفته شد روشن گردید که علت ایجاد پشته رسوبی، آغاز کنارگذری رسوب قابل توجه پس از پایان افزایش تراز آب و همچنین تشدید بیشتر این پدیده پس از پر شدن پشت قسمت اطاله یافته موج شکن اصلی بوده است. با این حال نظریه یادشده، به واسطه شبیه سازی عددی دوبعدی میدان موج و جریان و رسوب موجود در اطراف بندر نوشهر در زمان طوفان بررسی شد. نتایج شبیه سازی نشان داد که در زمان وجود طوفان، شکل گیری ناحیه شکست موج در مقابل ساحل شرقی بندر اجازه ایجاد جریان برگشتی را نمی دهد و در هر دو ساحل شرقی و غربی جهت جریان ساحلی از غرب به شرق می باشد. در اینجا این پرسش پیش می آید که علت انتقال تور رهاشده صیادان از مقابل هتل به مقابل دهانه بندر چیست؟ مشاهدات صیادان نشان می دهد که پس از آرام شدن طوفان شمال غربی، تا چند روز جریانی از سمت غرب به شرق به وجود می آید که صیادان آن را به عنوان شورش دریا می شناسند. این جریان با پدیده شکست موج همراه نیست و همانند جریان عمومی دریا در آن منطقه عمل می کند. شبیه سازی ها نشان می دهد که در این شرایط، بندر نوشهر و اطاله موج شکن آن می تواند باعث شکل گیری گردابه در ناحیه شرقی بندر شود. این جریان برگشتی می تواند تورهایی را که در زمان طوفان در شرق بندر جدا شده اند به سوی دهانه بندر هدایت کند. اما باید توجه داشت که در این شرایط، انتقال رسوب قابل توجهی در منطقه وجود ندارد. انتقال رسوب ماسه ای قابل توجه زمانی اتفاق می افتد که علاوه بر جریان، پدیده شکست موج هم برقرار باشد.

گذشته از اثر اطاله موج شکن اصلی، تأثیر احیای اراضی مقابل ساحل شرقی بندر بر رسوب گذاری در دهانه بندر نیز اخیراً مطرح شده است. تأثیر دیواره ساحلی مربوط به احیای اراضی شرقی بر افزایش تلاطم دریا در زمان حضور موج، در فصل مربوط به آرامش حوضچه مطالعه شده است. در این مطالعه ضریب انعکاس موج از دیواره مزبور نیز لحاظ شده است. از دیدگاه رسوب دهانه، دیواره مزبور نمی تواند حجم کلی ترسیب در دهانه بندر را زیاد کند، اما می تواند نحوه توزیع رسوب در دهانه بندر را تحت تأثیر قرار دهد. در زمان بروز طوفان از سمت شمال شرقی، انعکاس موج از ساحل مزبور می تواند منجر به انتقال مقداری از رسوبات نهشته شده قبلی به داخل دهانه بندر شود. این پدیده در سال های اخیر با رسوب گذاری در قسمت داخلی موج شکن اصلی در نزدیک دهانه بندر بروز کرده است. برطرف کردن این مسئله نیاز به ساز و کار مستقلی ندارد. زیرا کنارگذری رسوب از مقابل هد موج شکن اصلی به هر حال باید با احداث دستک یا دستک های رسوب گیر در

تا سال ها پس از آن جریان جابه جایی رسوب (خالص سالانه از غرب به شرق) به وسیله بندر نوشهر تقریباً قطع شده بود. در این سال ها تنها طوفان های شدید می توانستند ناحیه شکست موج و انتقال رسوب را تا جلوتر از دهانه بندر گسترش دهند تا مقداری رسوب از مقابل دهانه بندر عبور کند. اما پس از گذشت سال ها ساحل غربی بندر پیشروی کرد و اطراف هد موج شکن کم عمق شد و مقدار انتقال رسوب از مقابل دهانه افزایش پیدا کرد. طبیعتاً این افزایش در کنار بندر به مقادیر اولیه حمل رسوب مربوط به قبل از احداث بندر نمی رسد زیرا پیشروی ساحل غربی باعث تغییر زاویه خط ساحل در آن منطقه و نزدیک تر شدن آن به زاویه عمود بر جهت موج غالب شد. اطاله موج شکن اصلی بندر احتمالاً باعث کاهش موقتی انتقال رسوب از مقابل دهانه بندر تا چند سال محدود بود. جنس رسوبات در سواحل اطراف نوشهر همانند اکثر سواحل جنوبی دریای خزر از نوع ماسه است (تهران برکلی، ۱۳۹۰).

مهم ترین نوع جریان از دیدگاه تأثیر آن بر جابه جایی رسوب ساحلی، جریان های ناشی از شکست امواج می باشد. این نوع جریان در زمان وجود موج قابل توجه و ایجاد ناحیه شکست موج در نزدیکی ساحل رخ می دهد. جریان ساحلی ناشی از شکست امواج در منطقه مورد مطالعه عامل اصلی انتقال رسوب در امتداد سواحل منطقه می باشد. جهت خالص حمل رسوب ساحلی سالانه در منطقه نوشهر از سمت غرب به شرق می باشد (تهران برکلی، ۱۳۹۰).

۳-۵- اجرای پروژه های طرح توسعه بندر نوشهر

همان طور که در شکل (۳) نشان داده شده است در سال های گذشته چند تغییر در بندر نوشهر انجام شد تا کارایی آن افزایش یابد و برخی از مشکلات آن برطرف شود. از جمله موج شکن اصلی غربی بندر که در سال ۱۳۷۳ اطاله شد تا آرامش مورد نیاز در حوضچه بندر به نحو بهتری تأمین گردد. همچنین مسیر تخلیه یک رودخانه به داخل حوضچه بندر بسته شد تا مشکلات ناشی از آورد رسوب به داخل حوضچه از سوی آن رودخانه، برطرف شود. اراضی پشتیبانی بندر نیز در بین سال های ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۰ با انجام دو مرحله عملیات احیا در قسمت ساحل شرقی بندر افزایش یافت.

مشاهدات و برداشت های کارشناسان محلی نشان می دهد که بعد از سال ۱۳۷۵ یعنی دقیقاً همزمان با اطاله موج شکن اصلی، یک پشته رسوبی در دهانه بندر شروع به شکل گرفتن کرده است. به این دلیل سوالاتی در رابطه با نقش اطاله موج شکن در ایجاد پشته رسوبی ایجاد شده است. گرچه علت شکل گیری پشته رسوبی، پایان یافتن روند بیست ساله افزایش تراز آب و آغاز روند کاهش آن تا سال ۱۳۸۰ بود، اما همزمانی آن با اطاله موج شکن موجب طرح این نظریه شد که اطاله موج شکن اصلی سبب تغییر روند جریان غرب به شرق دریا در زمان طوفان و ایجاد گرداب های ساعت گرد در پشت بندر در سمت شرقی آن می باشد. مشاهدات صیادان دست کم در یک مورد به دلیل انتقال تجهیزات ماهیگیری جدانشده در طوفان، از نزدیک ساحل هتل در شرق بندر به محل دهانه بندر نوشهر نیز تاییدی بر نظریه فوق بوده است. نظریه مذکور می گوید از آنجا که اطاله موج شکن اصلی باعث بروز گردابه می شود و آب برگشتی در مقابل دهانه بندر به سمت دریا جت می گردد، مسیر جریان غرب به شرق از مقابل دهانه بندر دچار مانع شده و رسوبات را در همان محل می نشاند. این دیدگاه معتقد است که شاید احیای اراضی اخیر در ساحل شرقی بندر نیز به تمرکز جریان آب قطع کننده جریان و تشدید این پدیده کمک کرده باشد.

از نفوذ گردابه‌ها و جریان‌های رسوبی منطقه، (۳) ایجاد سیستم خلیج مصنوعی^۳ در مسیر غرب به شرق با احداث دستک‌های رسوب‌گیر، (۴) اجرای عملیات کنارگذری مصنوعی رسوب^۴ از قسمت غربی به سمت شرقی بندر نوشهر با احداث دستک‌های رسوب‌گیر در قسمت غربی موج‌شکن غربی جهت کمک به کنارگذری رسوب، (۵) جلب مشارکت بخش خصوصی جهت ایجاد تله‌های رسوبی و توسعه پلاژهای ماسه‌ای در امتداد غربی بندر نوشهر، (۶) لایروبی دوره‌ای کانال دسترسی و (۷) تجهیز بندر به لایروبی‌های مدرن.

با توجه به مسائلی که در حین پژوهش پیش آمد، این موارد برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود: (۱) بررسی طرح بهینه جهت کاهش رسوب‌گذاری کانال دسترسی و حوضچه بندر نوشهر بر اساس یافته‌های این پژوهش، (۲) بررسی دبی رودخانه‌های منتهی به دریای خزر و ارائه طرح بهینه جهت جلوگیری از کاهش سطح آب دریای خزر، (۳) بررسی حوضه‌های آبریز شمال کشور و ارائه طرح بهینه جهت کاهش آورد رسوب به دریا و (۴) امکان‌سنجی استقبال سرمایه‌گذاران بخش خصوصی جهت ایجاد تله رسوب‌گیر و پلاژهای ماسه‌ای.

مراجع

۱. اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، معاونت توسعه و تجهیز بنادر، سازمان بنادر و دریانوردی، وزارت راه و شهرسازی. (۱۳۹۳). گزارش تحلیلی بر نوسانات تراز آب دریای خزر و اثرات آن بر سواحل شمالی کشور.
۲. اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، سازمان بنادر و دریانوردی. (۱۳۹۳). ژئومورفولوژی در مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی ایران. جلد اول: سواحل دریای خزر. برگرفته از مطالعات طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی ایران (ICZM). انتشارات سازمان بنادر و دریانوردی. چاپ اول.
۳. بهلولب، آ. بدیهی، پ. ذاکر، ه. (۱۳۸۳). مدل‌سازی دو بعدی و سه بعدی رسوب‌گذاری در بندر انزلی. ششمین کنفرانس بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، (ICOPMAS, 2006). تهران.
۴. تهران برکلی. مهندسین مشاور. (۱۳۹۰). مجموعه مطالعات مرحله اول پروژه احداث ساماندهی حفاظتی شرقی و غربی بندر نوشهر. موجود در اداره کل بنادر و دریانوردی استان مازندران.
۵. پویا طرح پارس. مهندسین مشاور. پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل شمالی کشور، گزارش فاز ۱ و ۲ بندر نوشهر (مناطق خاص). موجود در اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، معاونت توسعه و تجهیز بنادر. سازمان بنادر و دریانوردی.
۶. کامالیان، ر. صفری، ج. (۱۳۹۱). تأثیر تغییرات تراز آب دریای خزر بر رسوب‌گذاری در بندر نوشهر. دهمین کنفرانس بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، (ICOPMAS, 2012). تهران.
۷. محمدی، ع. لک، ر. معینی، م. (۱۳۸۹). بررسی الگوی توزیع و منشأ رسوبات در بستر فلات قاره دریای عمان. نهمین کنفرانس بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی. (ICOPMAS, 2010). تهران.
8. Khoshrovan, H. (2008). Caspian Sea Southern Coast Erosion Hazard Assessment. 8th International Conference On Coast, Ports And Marine Structures. Tehran. Iran.
9. Masoodifar, B. and Ketabdari, M. J. (2008). An Investigation On Effect Of Amir Abad Port Construction On Sediment Transport And Coastline Condition. 8th International Conference On Coast, Ports And Marine Structures. Tehran. Iran.

3. Head Land
4. By Pass

ساحل غربی متوقف شود. در آن شرایط مشکل توزیع مجدد رسوب در دهانه بندر نیز به خودی خود برطرف می‌شود (تهران برکلی، ۱۳۹۱).

۴- نتیجه‌گیری

نتایجی که از بررسی داده‌های آماری بر پایه تحلیل فرآیند سلسله مراتبی به دست آمد نشان داد:

(۱) در رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به عوامل مؤثر بر رسوب‌گذاری کانال دسترسی و حوضچه آرامش بندر، تغییرات سطح آب دریا با میزان ۰/۳۳۶ دارای بیشترین تأثیر می‌باشد و در رتبه اول قرار دارد. تغییرات خط ساحلی اطراف بندر با میزان ۰/۲۶۲، جابه‌جایی رسوبات ساحلی با میزان ۰/۱۶۲، موقعیت مکانی بندر با میزان ۰/۱۲۱ و اجرای پروژه‌های طرح توسعه بندر با میزان ۰/۱۱۹، به ترتیب در رتبه دوم تا پنجم قرار دارند.

(۲) در رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به عوامل مؤثر بر تغییرات سطح آب دریا، طوفان با میزان ۰/۲۰۱، دارای بیشترین تأثیر می‌باشد و در رتبه نخست قرار دارد. تغییرات دبی رودخانه‌های منتهی به دریا با میزان ۰/۱۸۴، مقدار بارش بر سطح دریا با میزان ۰/۱۶۴، گرم شدن کره زمین با میزان ۰/۱۶۲، مقدار تبخیر از سطح دریا با میزان ۰/۱۵۵، تغییرات تراز بستر با میزان ۰/۰۸۳ و جزر و مد با میزان ۰/۰۵۲، در اولویت‌های دوم تا ششم قرار دارند.

(۳) در رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به عوامل مؤثر بر تغییرات خط ساحلی اطراف بندر، بالا و پایین آمدن آب در ساحل با میزان ۰/۵۸۶ دارای بیشترین تأثیر می‌باشد و در رتبه نخست قرار دارد. پیش‌روی ساحل از غرب با میزان ۰/۲۱۱ و ساخت و سازهای ساحلی با میزان ۰/۲۰۳ در رتبه‌های دوم تا سوم قرار دارند.

(۴) در رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به عامل جابه‌جایی رسوبات ساحلی، شکست موج با میزان ۰/۳۷۷ دارای بیشترین تأثیر می‌باشد و در رتبه اول قرار دارد. عمق آب با میزان ۰/۳۴۳ و جنس رسوب با میزان ۰/۲۸۰ در رتبه‌های دوم تا سوم قرار دارند.

(۵) در رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به عامل موقعیت مکانی بندر، رودخانه‌های اطراف بندر با میزان ۰/۳۹۹ دارای بیشترین تأثیر می‌باشد و در رتبه نخست قرار دارد. قرارگیری کانال دسترسی بندر در کنارگذری رسوبات ساحلی با میزان ۰/۳۰۴ و موج‌گیربودن سواحل اطراف بندر با میزان ۰/۲۹۶ در رتبه‌های دوم تا سوم قرار دارند و

(۶) در رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به عوامل اجرای پروژه‌های طرح توسعه بندر و تأثیرگذاری پروژه‌های دریایی اجرا شده بر رسوب‌گذاری، شاخص اجرای الحاق اراضی شمال شرقی (۱۴ هکتاری) با میزان ۰/۴۱۵، دارای بیشترین تأثیر می‌باشد و در رتبه نخست قرار دارد. شاخص اجرای الحاق اراضی شرقی با میزان ۰/۳۳۱ و اطاله موج‌شکن غربی با میزان ۰/۲۵۵ در رتبه‌های دوم تا سوم قرار دارند.

پیشنهادات:

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

(۱) طراحی بهینه و اجرای اطاله موج‌شکن غربی بندر نوشهر به منظور جلوگیری از ورود رسوب به کانال دسترسی و حوضچه بندر نوشهر، (۲) احداث دستک رسوب‌گیر در نزدیکی رودخانه‌های اطراف بندر نوشهر جهت جلوگیری