Archive of SID

نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی | سال نهم | شماره سی و پنجم | پاییز ۱۳۹۷

ارزیابی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روند تغییرات تراز آب دریا با استفاده از مدل‌های آماری خطی در سواحل شمالی دریای عمان

مرتضی پورزارع[۱]، علی حنفی[۲*]

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان

۲- استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا دانشگاه افسری امام علی (ع)

چکیده

پیش‌بینی نواسانات تراز آب دریا ابزاری کارآمد به‌منظور مدیریت جامع دریا و حفاظت مناطق ساحلی است. در دهه‌های اخیر تغییر پارامترهای اقلیمی سبب بروز تغییراتی در دمای سطح کره‌ی زمین، بارش، سرعت باد، ارتفاع امواج و تراز آب دریاها شده است. جریان‌های جزر و مدی یکی از عوامل عمده در شکل‌زایی و فرسایش ساحلی و نیز ایجاد مخاطرات محیطی در منطقه‌ی جنوب شرق کشور است که می‌تواند تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار گیرد. در این پژوهش ابتدا به بررسی روند تغییرات تراز سطح آب دریا در ایستگاه‌های جزر و مدی سواحل شمالی دریای عمان پرداخته شده و سپس ارتباط بین پارامترهای اقلیمی فشار هوا، نیروی باد و دمای هوا بر روند تغییرات تراز دریا مورد مطالعه قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل اطلاعات مربوط به پارامترهای اقلیم و نیز داده‌های مربوط به تراز آب دریای عمان در ایستگاه‌های جاسک و چابهار است که به ترتیب طی دوره آماری ۲۰ ساله (۲۰۱۶ – ۱۹۹۷) از سازمان هواشناسی و مرکز کمیسیون بین‌المللی اقیانوس شناسی دریافت و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در طی دوره‌ی مربوطه میانگین تراز دریا در بندر جاسک و چابهار به ترتیب ۸۰ میلی‌متر و ۳۰ میلی‌متر افزایش یافته است. همچنین ضریب تغییرات میانگین تراز دریا در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه به ترتیب با حدود ۴۶۰ میلی‌متر در بندر جاسک و حدود ۴۰۰ میلی‌متر در بندر چابهار متغیر بوده است. همچنین نتایج حاصل از همبستگی و تحلیل رگرسیون بین پارامترهای مستقل فشار، دما و تنش باد بر پارامتر وابسته میانگین تراز دریا نشان داد که بین میانگین‌های ماهانه پارامترهای تراز دریا، دما، فشار جو و سرعت باد همبستگی معنی‌داری وجود دارد. در هر دو ایستگاه مورد مطالعه بین پارامترهای اقلیمی سرعت باد و دمای هوا با تراز دریا همبستگی مستقیم و بین فشار هوا و تراز دریا همبستگی معکوس وجود دارد. یعنی افزایش دمای هوا و سرعت باد باعث افزایش تراز سطح دریا و افزایش فشار هوا (الگوی پرفشار) باعث ایجاد جوی پایدار و کاهش تراز سطح دریا می‌گردد.

واژگان کلیدی: تراز دریا، مدل‌های آماری خطی، شاخص‌های اقلیمی، سواحل شمالی دریای عمان

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تغییرات تراز دریا به‌خصوص در نواحی ساحلی، اثرات مهمی در کشتیرانی، ساخت و ساز ساحلی و زندگی مردم در نواحی ساحلی و ... داشته است، لذا مطالعه‌ی تغییرات تراز دریا در اکثر نقاط جهان از دیرباز مورد توجه اقیانوس شناسان و متخصصین علوم دریایی قرار گرفته است. به همین خاطر اندازه گیری جز و مدی و میانگین تراز دریا از قدیمی‌ترین مشاهدات دریا است. تغییرات تراز دریا عمدتاً شامل تغییرات جزر و مدی و تغییرات ناشی از عوامل جوی است. افت فشار بارومتریک همراه توفان باعث آشفتگی دریا می‌شود که این آشفتگی همان بالا آمدگی تراز نرمال آب در آب‌های ساحلی به‌واسطه‌ی اندرکنش بین توفان و سطح آب است. امواج ناشی از مد توفان با پیشروی در ساحل باعث سیل، تخریب مناطق ساحلی اعم از زیرساخت‌ها، مناطق مسکونی و کشاورزی می‌شود (مهدیزاده و سادات کسبی، ۱۳۹۳).

پارامترهای اقلیمی موجب نوسانات کوتاه مدت و چرخه-های جزر و مدی موجب نوسانات طولانی‌مدت در سطح متوسط دریا می‌شوند (یمانی و محمدنژاد، ۱۳۹۲: ۸۷). تراز آب در نقاط متفاوت دریاها و اقیانوس‌ها متغیر و دارای پستی و بلندی‌هایی است. این تغییرات به دلیل عوامل گوناگونی نظیر جزر و مد، وجود جریان‌های دریایی در منطقه، تغییرات جاذبه‌ی زمین، باد و یا تغییرات در فشار هوا است. همچنین، سطح دریا شواهدی از گرمای محلی ایجاد شده توسط تابش خورشیدی، مانند افزایش تراز آب در اقیانوس‌ها بر اثر ذوب شدن کوه‌های یخ یا یخچال‌ها، را فراهم می‌کند. تغییرات سطح دریا ناشی از عوامل متفاوتی است که بعضی از آن‌ها نظیر النینو و لانینا می‌توانند اثرات مهمی بر آب و هوای کره‌ی زمین و شرایط زیست محیطی آن بگذارند (آزرم‌سا و همکاران۱۳۸۷: ۸۵). این پدیده‌ها به‌نوبه‌ی خود زندگی مردم را به‌شدت تهدید می‌کنند. توفان کاترینا نمونه‌ای از پدیده‌ها و تأثیرات مخرب آن‌ها بر حیات و محیط زیست انسان‌ها است. لذا دیده‌بانی سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها می‌تواند بشر را از بروز چنین پدیده‌هایی باخبر سازد تا آمادگی مقابله به آن‌ها را به دست آورد و خود را از خطرات احتمالی نجات بخشد. تاکنون مطالعات مختلفی در مناطق مختلف در جهان درزمینهٔ بررسی و ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و تغییرات تراز دریا صورت گرفته است.

سولتان[1] و همکاران (۱۹۹۵) طی یک دورهٔ ۱۱ ساله در سواحل جنوبی خلیج فارس تغییر تراز میانگین دریا را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که دامنه‌ی مؤلفه‌ی سالانه‌ی این تغییرات ۱۱/۳ سانتی‌متر و سهم تغییرات تراز دریا بیشتر ناشی از فشار جو است. نظریان (۱۳۸۱)، روند تغییرات دو سالانه‌ی سطح تراز دریا را با استفاده از دو روش آلتی متری ماهواره‌ای و جزر و مد سنجی در ناحیه‌ی دریای عمان، بندر چابهار را بررسی نموده و همچنین مقایسه‌ای را در بندر چابهار برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ میلادی انجام داده است. حسن‌زاده و علیزاده (۱۳۸۲)، از طریق محاسبه‌ی همبستگی بین دمای هوای منطقه و میانگین تراز دریا و همچنین محاسبات آمار افزایش سطح تراز دریا در سواحل شمالی خلیج‌فارس را مورد تأیید قرار دادند، هرچند این ارزیابی مؤید این نکته است که تأثیر تغییر اقلیم روی سطح تراز دریا در دهه‌های آینده بیشتر محسوس خواهد بود و نیازمند تحقیقات وسیع‌تر است. صفاری (۱۳۸٤) در پژوهشی تغییرات تراز میانگین دریا و گردش سطحی دریای عمان را با استفاده از ارتفاع سنجی ماهواره‌ای مطالعه نموده است، در انجام این تحقیق از داده‌های جزر و مد منطقه‌ی جاسک در طی دوره آماری ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۵ استفاده گردیده است. رضایی (۱۳۸۷)، نوسانات تراز دریا را با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و جزر و مد سنجی در دریای عمان، دو بندر چابهار و جاسک مورد بررسی و مطالعه قرار داد. با استفاده از جزر و مد سنج‌ها برآورد شد که تراز دریای بندر چابهار ماهانه ۰/۰۱۸ سانتی‌متر افزایش یافته و تراز همین بندر را با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای ۰/۰۰٦۱ سانتی‌متر در هر ماه پیش‌بینی گردید. همچنین سطح تراز دریا در سواحل بندر جاسک را کاهشی پیش‌بینی کرد. بر اساس اطلاعات جزر و مد سنجی، کاهش ماهانه‌ای با ۰/۰۱ سانتی‌متر در ماه در دوره‌ی مورد مطالعه حاصل شود. این میزان کاهش توسط داده‌های ماهواره‌ای کمی بیشتر و حدود ۰/۰۱۷ سانتی‌متر در ماه برآورد گردید. آزرم‌سا و

1. Sultan

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۱۳۸۷)، تغییرات میانگین ماهانه و فصلی تراز سطح آب در خلیج فارس، دریای عمان و شمال دریای عرب در طی سال ۱۹۹٤ مورد تحقیق و بررسی قرار داده اند که بیشترین تغییر تراز آب به ترتیب در ماه‌های اکتبر و ژانویه و کمترین تغییر تراز آب در ماه‌های ژوئن و اوت مشاهده شده است. ولیکن مقدار میانگین سالانه این تغییرات در طی سال ۱۹۹٤ میلادی صفر است. به‌علاوه، در اغلب سواحل ایران و به‌خصوص در تنگهٔ هرمز میانگین ماهانه‌ی تغییرات تراز آب همواره کمتر از ۱۵ سانتی متر و فقط در حوالی دهانه‌ی اروندرود مقدار قدر مطلق این تغییرات تا حدود ۳۰ سانتی متر نیز رسیده است. ماهونگو[1] (۲۰۰۹) در پژوهشی به مطالعه‌ی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر روی تغییرات سطح آب دریا پرداخته و نتیجه گرفت که بالا آمدن سطح آب دریا مشکلات متعدد از جمله سیلاب گرفتگی و جابه‌جایی اراضی مرطوب و پست، افزایش حساسیت پذیری به صدمات توفان ساحلی و سپس، فرسایش خط ساحلی و پیشروی آب شور درون خورها و منابع آب‌شیرین و مشکلات ثانویه دیگر در پی خواهد داشت. آزموده و طوریان (۱۳۸۹)، در پژوهش خود تغییرات جزر و مدی سطح آب دریای عمان و خلیج‌فارس را با استفاده از ۱۱ سال داده‌های ماهواره‌ی توپکس‌پوزایدون[2] و اطلاعات تاید گیج‌های ساحلی با به‌کارگیری روش آنالیز فوریه و برآورد کمترین مربعات مؤلفه‌های جزر و مدی در پریود بزرگ‌تر از چهار ساعت مدل‌سازی نموده‌اند.

مهدیزاده و کسبی (۱۳۹۳) در تحقیقی به پیش‌بینی ارتفاع امواج ناشی از مد توفان در سواحل ایرانی دریای عمان با بررسی موردی توفان گونو پرداخته اند . ترابی آزاد و هنرمند (۱۳۹۵)، مطالعه‌ی جامعی بر روی تغییرات تراز دریا در ایستگاه‌های بندرعباس و بوشهر در یک دوره‌ی ۱۱ ساله (۲۰۰۰ الی ۲۰۱۰) انجام داده و اثرات بارومتری، نیروی باد و دما بر روی میانگین تراز دریا را محاسبه نموده اند. نتایج این تحقیق نشان داد میانگین تراز دریا در ایستگاه‌ها، روندی افزایشی به ترتیب ۵ سانتی متر و ٤ سانتی متر در طی دوره‌ی مربوطه داشته است. اکبری و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به‌منظور بررسی و تعیین مؤلفه‌های جزر و مدی مهم در منطقه‌ی وسیعی شامل خلیج‌فارس، تنگه‌ی هرمز، دریای عمان و دریای عرب از مدل اقیانوسی سه بعدی FVCOM استفاده نموده اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در خلیج‌فارس چهار نوع جزر و مد روزانه، نیم‌روزانه، مختلط روزانه و مختلط نیم‌روزانه و در سایر مناطق جزر و مد از نوع مختلط نیم‌روزانه خواهد بود. سیرواستوا و همکاران[3] (۲۰۱٦) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های پیش بینی ESMs و ARIMA به ارزیابی میزان تغییرات تراز دریای عرب در طی دوره‌ی آماری (۲۰۱۰- ۱۹۹٤) پرداخته و به این نتیجه رسیدند که میزان افزایش سطح دریا در شبه جزیره‌ی عربستان زیاد است و در آینده ممکن است بسیاری از مناطق ساحلی در زیر آب محو شوند.

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیرات پارامترهای اقلیمی (دما، فشار و سرعت باد) بر الگوی نوسانات تراز آب به‌صورت تغییرات سالانه، ماهیانه و فصلی در سواحل شمالی دریای عمان و توجیه فیزیکی آن است. نتایج حاصل از این مطالعات در انجام مطالعات رسوب‌گذاری، فرسایش و تغییرات مورفولوژیک سواحل، آب‌گرفتگی سواحل، و همچنین در ارائه‌ی راهکارهای مدیریت نوار ساحلی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

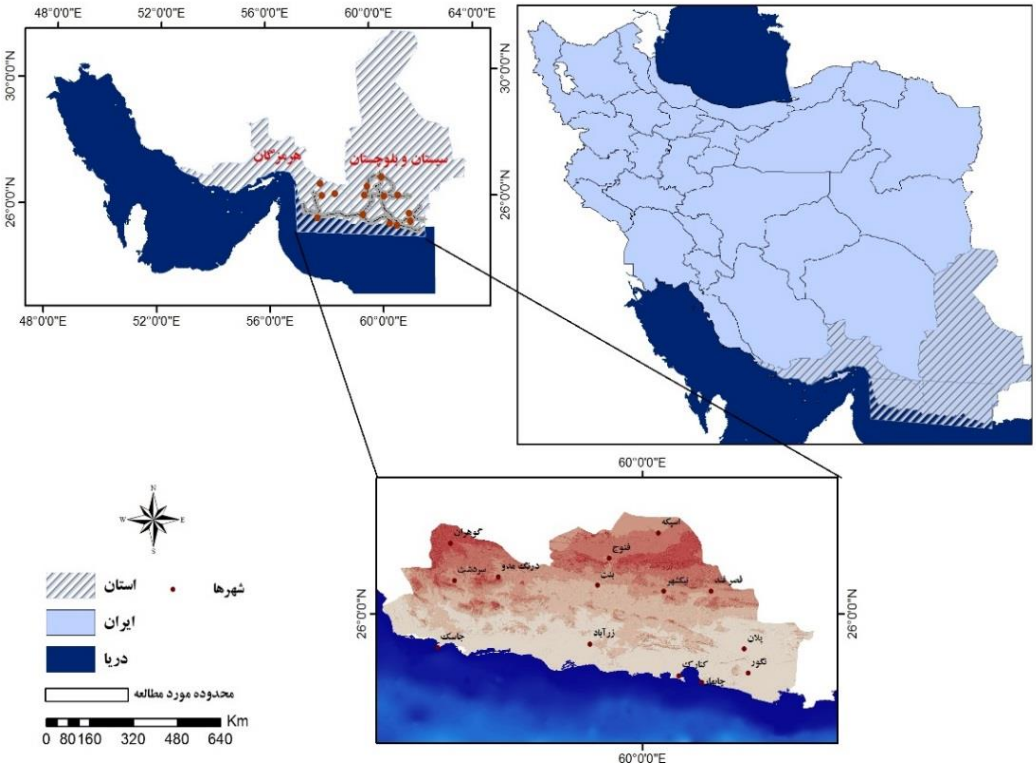
دریای عمان با مساحتی در حدود ۹٤۰۰۰ کیلومتر مربع و عمق بیشینه‌ی بیشتر از ۳۰۰۰ متر در محدوده‌ای بین ۲۲ تا ۲٦ درجه عرض شمالی و ٥٦ تا ٦۲ درجه طول شرقی قرار گرفته است. دریای مکران (عمان) با شکل مثلثی بین کشورهای ایران، عمان و پاکستان قرار دارد. حداکثر طول آن از شمال غرب تا جنوب شرق ۹٥۰ کیلومتر و حداکثر پهنای آن از شمال شرق به جنوب غرب حدود ۳٤۰ کیلومتر است. دریای ژرف عمان از راه تنگه هرمز به خلیج فارس متصل می‌شود. این دریا در ارتباط مستقیم و گسترده با دریای عرب و اقیانوس هند است و جزو دریاهای عمیق محسوب می‌شود که عمق آن به بیش از ۳٤۰۰ متر می‌رسد. حداکثر عمق آب در محدوده‌ی آب‌های ساحلی ایران بیش از ۲۰۰۰

1. Mahongo
2. Poseidon/TOPEX
3. Srivastava and et al

www.SID.ir

Archive of SID

متر است. طول خط ساحلی ایران در مجاورت دریای عمان حدود ٦٣٧ کیلومتر است. جلگه‌ی ساحلی ایران در مجاورت دریای عمان از حدود بندر عباس در تنگه هرمز تا گواتر در مرز با کشور پاکستان امتداد می‌یابد. حداکثر عرض این جلگه به حدود ۳۰ کیلومتر می‌رسد (صفرقلی و همکاران، ۱۳۹٤). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی سواحل دریای عمان و منطقه‌ی چابهار و جاسک

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این پژوهش، ابتدا شناسنامه‌ی اطلاعات اقلیمی دو ایستگاه جاسک و چابهار از سایت سازمان هواشناسی کشور استخراج شد و سپس از میان آمار و اطلاعات هواشناسی ثبت شده در ایستگاه‌ها، سه پارامتر سرعت باد، فشار هوا و دمای هوا در یک دوره‌ی آماری بیست ساله (۲۰۱٦- ۱۹۹۷) به منظور ارزیابی میزان تأثیرگذاری آنها روی جزر و مد و نوسان تراز آب دریای عمان انتخاب گردید. همچنین داده‌های مربوط به میانگین تراز دریا از سایت کمیسیون بین‌المللی اقیانوس شناسی IOC[1] در ایستگاه‌های آب‌نگاری بندر جاسک و بندر چابهار طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱٦ دریافت گردید.

مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است. جزر و مد سنج‌های ایستگاه‌های اشاره شده در هر شبانه روز، ۱٤٤۰ داده ارائه می‌نمایند و در واقع تراز سطح آب را در هر دقیقه ثبت می‌نمایند. داده‌های دقیقه‌ای با میانگین‌گیری ابتدا به داده‌های ساعتی و سپس به‌صورت داده‌های روزانه و نهایتاً به‌صورت ماهیانه تبدیل شدند. بعد از جمع آوری اطلاعات هواشناسی و جزر و مد به‌منظور ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از کولموگروف- اسمیرنوف استفاده گردید. در نهایت با استفاده از نرم افزار SPSS ضرایب همبستگی پیرسون بین پارامترهای میانگین تراز آب دریا ، فشار جو، دمای هوا و سرعت باد محاسبه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

1. Intergovernmental Oceanographic Commission

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	دمای هوا	بارش	نوع اقلیم
چابهار	٦٠ ٣٧	٢٥ ١٧	٨	٢٦/٢	١١٣/٩	گرم و خشک
جاسک	٥٧ ٤٦	٢٥ ٣٨	٥/٢	٢٦/٩	١٤٢/٢	گرم و خشک

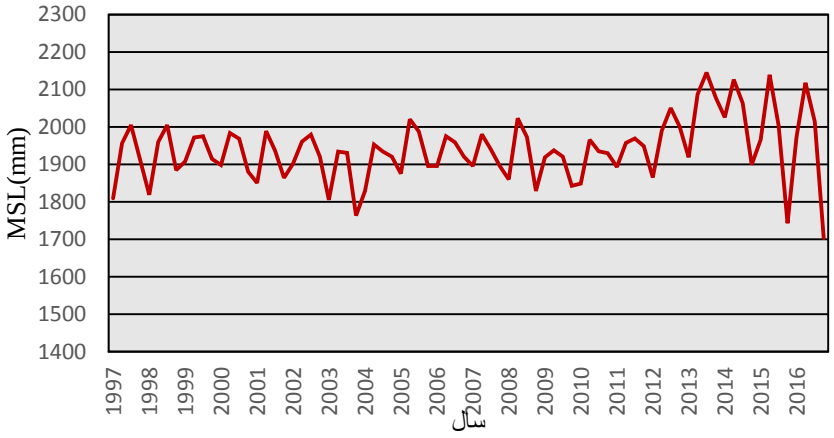
یافته‌های تحقیق

ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و تراز آب دریا در جاسک

نمودار مربوط به تغییرات میانگین تراز دریا (MSL) در بندر جاسک در دوره‌ی زمانی ماهانه و سالانه در شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده است. میانگین تراز دریا در بندر جاسک در حدود ۱۸۹٦/۲ میلی‌متر است که در دامنه‌ی تغییرات متوسط حدود ٤٠ سانتی متر است. هر چند میزان تغییر واقعی سطح آب تا چند متر می‌رسد.

با توجه به اثر معکوس بارومتری بر روی تراز دریا، کاهش در روند فشار موجب افزایش تراز دریا می‌شود و از طرفی روند افزایش دما موجب انبساط گرمایی و بالا آمدن تراز دریا خواهد شد. با توجه به اینکه ابتدا سال‌های میلادی در زمستان واقع است، قابل مشاهده است که حداقل تراز دریا در ابتدا سال‌های میلادی واقع شده است که نشانگر تأثیر دما بر تراز دریا است. اما در کل، روند تغییرات تراز دریا بازمان در طی دوره آماری مورد مطالعه در جاسک، همانگونه که در معادله (۱) مشاهده می گردد، دارای روند افزایشی با شیب ملایم است که نشانگر افزایش تراز آب با آهنگ ۰/۳۳۵ میلی‌متر به ازای هر ماه است (شکل ۳).

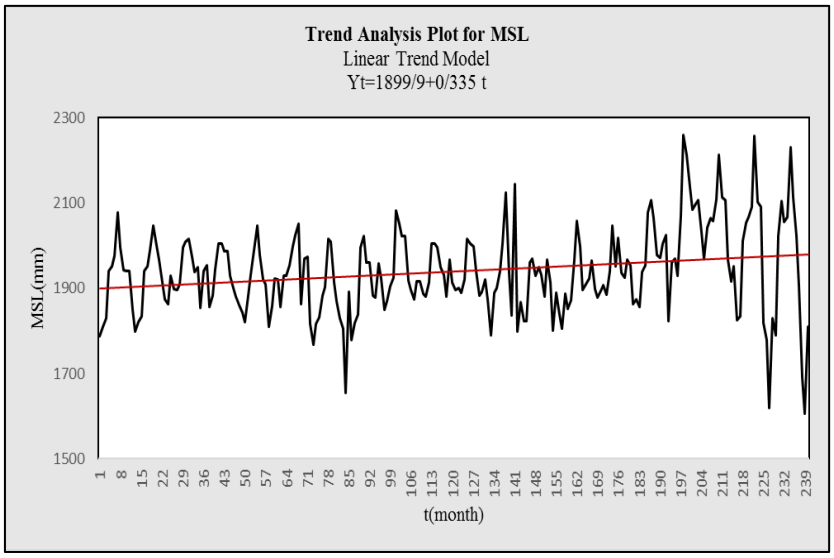
معادله (۱) $y_t = ۱۸۹۹/۹ + ۰/۳۳۵\ t$



شکل ۲- روند تغییرات سالانه‌ی میانگین تراز آب دریا در ایستگاه جاسک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- روند تغییرات ماهانه میانگین تراز دریا در ایستگاه جاسک

نتایج مربوط به آزمون آماری پیرسون صورت گرفته بین پارامترهای جوی (فشار هوا، دمای هوا و سرعت باد) و میانگین تراز آب سطح دریا در ایستگاه جاسک در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به ضرایب به دست آمده، رابطه‌ی بین دمای هوا و سرعت باد با میانگین تراز سطح دریا به‌صورت مستقیم و به ترتیب با ضرایب ۰/۵۳ و ۰/۴۲ است که نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت افزایش دمای هوا و سرعت باد روی بالا رفتن تراز سطح آب در بندر جاسک است. در مقابل رابطه‌ی بین فشار هوا و میانگین تراز سطح دریا به‌صورت معکوس و با ضریب ۰/۶۱ – است که نشان دهنده‌ی این است که در زمان افزایش فشار هوا و حاکمیت الگوهای پرفشار میانگین تراز سطح دریا به صورت کاهشی و نیز در زمان کاهش فشار هوا و حاکمیت الگوهای کم فشار، میانگین تراز سطح دریا افزایشی بوده است. علاوه بر این بر اساس ضرایب پیرسون به دست آمده رابطه بین دمای هوا و فشار هوا به‌صورت معکوس و رابطه‌ی بین دمای هوا و سرعت باد به‌صورت مستقیم است.

علاوه بر تعیین ضریب پیرسون بین پارامترهای اقلیمی و تراز سطح دریا، همبستگی بین پارامترهای مختلف اقلیمی با تراز سطح آب نیز به‌صورت دو متغیره و چند متغیره در ایستگاه جاسک مورد مطالعه قرار گرفت که در جدول (۳) آورده شده است. بر اساس معادله و ضریب همبستگی به دست آمده بین پارامترهای دمای هوا، فشار هوا و سرعت باد با میانگین تراز سطح دریا در طی دوره آماری بیست ساله همبستگی معنی داری وجود دارد که این همبستگی بین سرعت باد و دمای هوا با تراز سطح دریا مستقیم و بین فشار هوا و تراز سطح دریا معکوس است. بیشترین ضریب همبستگی بین تراز سطح دریا و فشار هوا (۰/۶۰) و کمترین ضریب همبستگی بین تراز سطح دریا و سرعت باد (۰/۴۱) است. همبستگی پارامترهای اقلیمی با میانگین تراز دریا در ایستگاه جاسک در شکل‌های (٤) تا (٦) نشان داده شده است.

جدول ۲- ضرایب پیرسون بین متغیرهای میانگین تراز دریا، دما، فشار و باد در جاسک

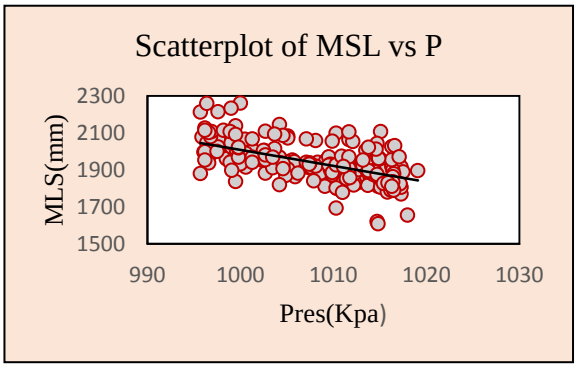
ضریب پیرسون	MSL	P	T	W
MSL	۱	-۰/۶۱	۰/۵۳	۰/۴۲
P	-۰/۶۱	۱	-۰/۹۵	-۰/۲۸
T	۰/۵۳	-۰/۹۵	۱	۰/۰۲۵
W	۰/۴۲	-۰/۲۸	۰/۰۲۵	۱

www.SID.ir

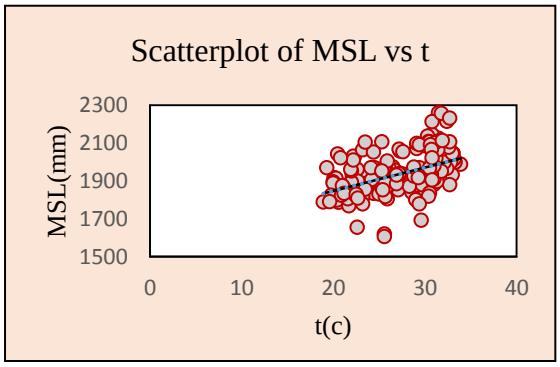
Archive of SID

جدول ۳- همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و میانگین سطح دریا در ایستگاه جاسک

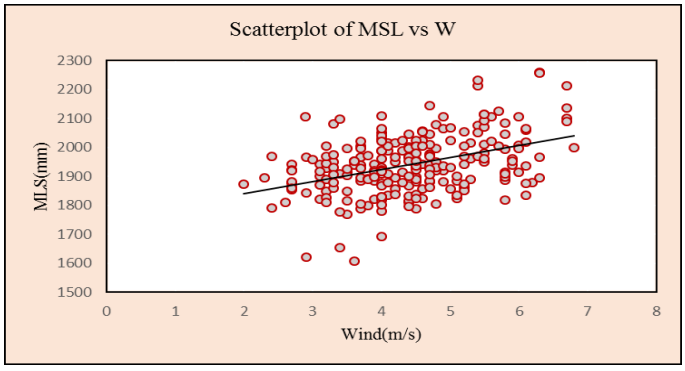
همبستگی بین پارامترها	ضریب همبستگی	معادله همبستگی
بین تراز سطح دریا و دمای هوا	*R*= ۰/۵۰	MSL = ۱۵۹۹/٤ + ۱۲ /٤۰۸۱ ***T***
بین تراز سطح دریا و فشار هوا	*R*= ۰/٦۰	MSL = ۱۰٦۵ – ۸/٦٤۱۸ P
بین تراز سطح دریا و سرعت باد	R= ۰/٤۱	MSL = ۱۷۵۵/۵ + ٤۱/۸٤۷ W
بین تراز سطح دریا و دما و فشار	R= ۰/۵۱۵	MSL = ٦۰۸۲/٤۱۲ + ۵/۰٤۹ T – ٤/۲٤٤ P
بین تراز سطح دریا و دما و باد	R =۰/۵۵۰	MSL = ۱۵٤۸/۰۹۸ + ۹/۷٤۲ T + ۲۸/۸۳۲ W
بین تراز سطح دریا و فشار و باد	R =۰/۵۳۲	MSL = ٦۸۹۳/۳۰۲ – ۵/۰۰۳ P + ۲۱/۰۱۲ W
بین تراز سطح دریا و فشار و باد و دما	R =۰/۵۵۳	MSL = ۳۲۵٤/٤۹۷ –۱/٦۱۱ P + ۲۵/۲۹٦ W + ۷/۳۲٤ T



شکل ۵- نمودار پراکندگی بین **MSL** و فشار هوا در جاسک



شکل ٤- نمودار پراکندگی بین **MSL** دما در جاسک



شکل ٦- نمودار پراکندگی بین **MSL** و باد در جاسک

ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و تراز آب دریا در چابهار

نمودار مربوط به تغییرات میانگین تراز دریا (MSL) در بندر چابهار که توسط جزر و مد سنج‌های محلی چابهار در دوره‌ی زمانی ماهانه و سالانه ثبت شده است در شکل‌های (۷) و (۸) ارائه شده است. میانگین تراز آب دریا در بندر چابهار در حدود ۲۹۲۹/۳ میلی‌متر و دامنه تغییرات متوسط آن نیز در حدود ۳۰ سانتی متر است، هر چند که ممکن

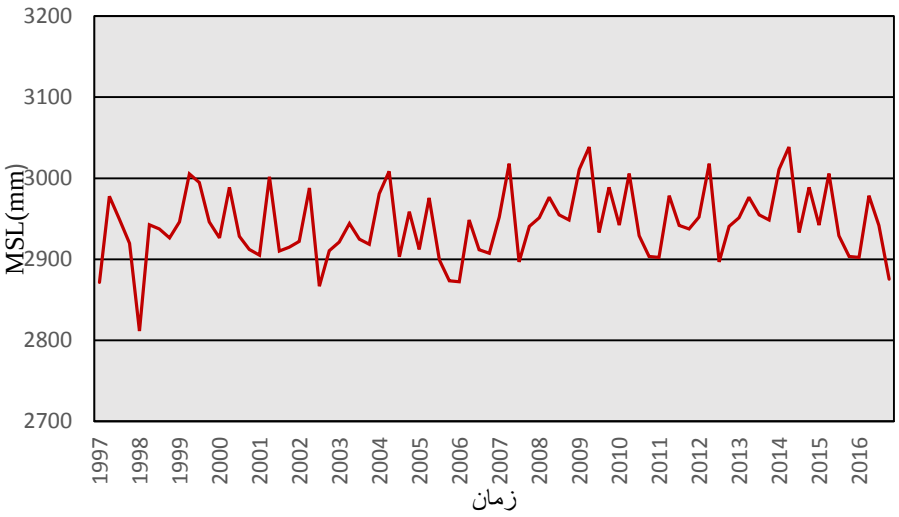
www.SID.ir

Archive of SID

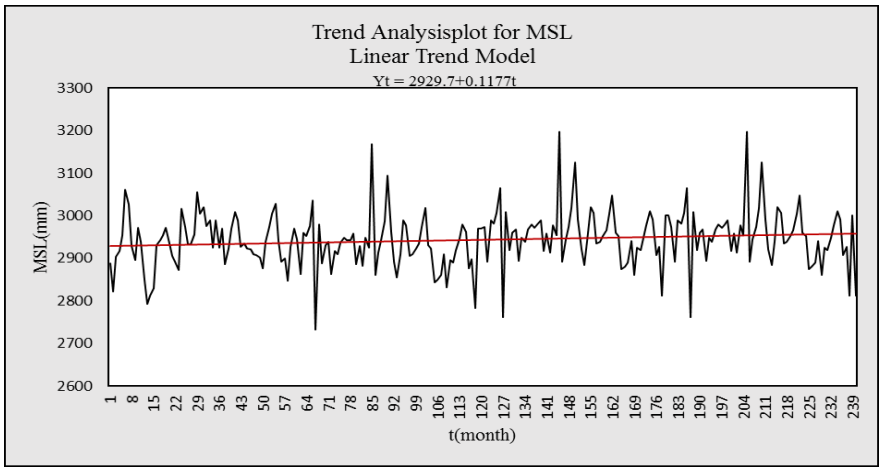
است میزان تغییر واقعی سطح آب تا چند متر نیز برسد. مطابق با شکل (۸) بر خلاف منطقه جاسک، در چابهار روند تغییرات میانگین تراز آب دریا بازمان به‌صورت صعودی و با شیب ملایم‌تری است به‌طوری که به‌طور میانگین، تراز دریا با آهنگ ۰/۱۲ میلی‌متر در ماه افزایش می‌یابد. معادله همبستگی بین میانگین تراز آب دریا در جاسک با زمان به صورت معادله (۲) می باشد.

معادله (۲):

$$y_t = ۲۹۲۹/۷ + ۰/ ۱۱۷۷ t$$



شکل ۷- روند تغییرات سالانه میانگین تراز دریا در ایستگاه چابهار



شکل ۸- نمودار روند تغییرات ماهانه میانگین تراز سطح دریا در ایستگاه چابهار

نتایج بررسی ضرایب همبستگی پیرسون بین پارامترهای میانگین تراز آب دریا و پارامترهای اقلیمی (دمای هوا، فشار هوا و سرعت باد) در ایستگاه چابهار در جدول (٤) ارائه شده است. با توجه به ضرایب به دست آمده، رابطه‌ی بین دمای هوا و سرعت باد با میانگین تراز سطح دریا به‌صورت مستقیم و به ترتیب با ضرایب ۰/۳٦۷ و ۰/۳٦٤ است که نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت افزایش دمای هوا و سرعت باد روی بالا رفتن تراز سطح آب در بندر چابهار است. در مقابل رابطه‌ی بین فشار هوا و میانگین تراز سطح دریا به‌صورت معکوس و با ضریب ۰/۱۸۵- است که نشان دهنده‌ی تأثیر منفی افزایش فشار هوا و تأثیر مثبت کاهش فشار هوا روی میانگین تراز آب دریا است. علاوه بر این بر

www.SID.ir

Archive of SID

اساس ضرایب پیرسون به دست آمده در ایستگاه چابهار نیز رابطه بین دمای هوا و فشار هوا به‌صورت معکوس و رابطه بین دمای هوا و سرعت باد به‌صورت مستقیم است.

جدول ٤- ضرایب پیرسون بین متغیرهای میانگین تراز آب دریا، دما، فشار و باد در چابهار

ضریب پیرسون	MSL	P	T	W
MSL	۱	-۰/۱۸۵	۰/۳۶۷	۰/۳۶۴
P	-۰/۱۸۵	۱	-۰/۱۲۵	-۰/۳۰۲
T	۰/۳۶۷	-۰/۱۲۵	۱	۰/۹۰۴
W	۰/۳۶۴	-۰/۳۰۲	۰/۹۰۴	۱

علاوه بر تعیین ضریب پیرسون بین پارامترهای اقلیمی و تراز آب دریا، همبستگی بین پارامترهای مختلف اقلیمی با تراز سطح آب نیز به‌صورت دو متغیره و چند متغیره در ایستگاه چابهار نیز مورد مطالعه قرار گرفت که در جدول (۵) آورده شده است. بر اساس معادله و ضریب همبستگی به دست آمده بین پارامترهای دمای هوا، فشار هوا و سرعت باد با میانگین تراز سطح دریا در طی دوره آماری بیست ساله همبستگی معنی داری وجود دارد که این همبستگی بین سرعت باد و دمای هوا با تراز سطح دریا مستقیم و بین فشار هوا و تراز سطح دریا معکوس است. بیشترین ضریب همبستگی بین تراز آب دریا و دمای هوا با ضریب همبستگی(۰/٤٤) و کمترین آن بین تراز سطح دریا و سرعت باد با ضریب همبستگی(۰/۳۵) است.

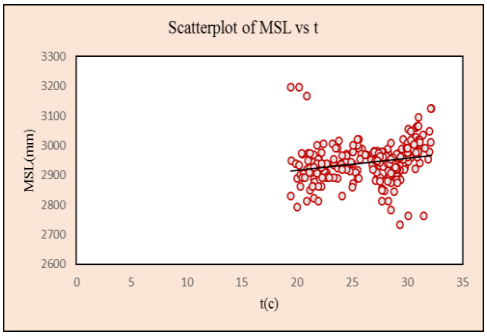
جدول ٥- همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و میانگین سطح دریا در ایستگاه چابهار

همبستگی بین پارامترها	ضریب همبستگی	معادله همبستگی
همبستگی با سطح دریا و دمای هوا	R= ۰/٤٤	MSL = ۲۸۳٤/۷ + ٤ /۱۱۷۹ T
همبستگی با سطح دریا و فشار هوا	R= ۰/٤۲	MSL = ٥۱٦۰/۳ – ۲/۱۹۹٤ P
همبستگی با سطح دریا و سرعت باد	R= ۰/۳٥	MSL = ۲۹٤۰/٤ + ۱/۱٦٦۲ W
همبستگی با سطح دریا و دما و فشار	R= ۰/۳۷٤	MSL = ٤٤٦۹/۷۰۹ + ۳/٥۸٤ T – ۱/٦۲۳ P
همبستگی با سطح دریا و دما و باد	R۰/۳۷۲	MSL = ٦۰٤٤/٥٤٤ – ۳/۱۰۹ P + ٤/۹۳٥ W
همبستگی با سطح دریا و فشار و باد	R=۰/۳۹۳	MSL = ۲۷٤۰/۷۱٦ + ٦/۰٥۲ T + ۸/٤۷۷ W
همبستگی با سطح دریا و فشار و باد و دما	R =۰/۳۹۳	MSL = ۳۱۰٥/۳۷۸ – ۰/۳٤٥P+ ٥/٤۷۷T+ ۸/۰٤۱W

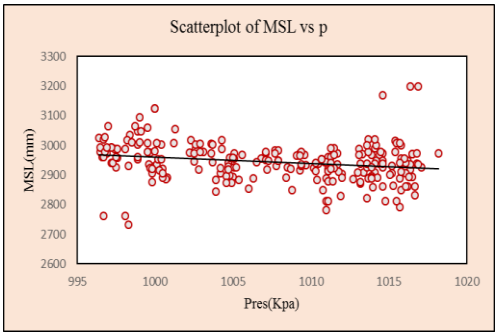
نمودارهای پراکندگی بین متغیرهای اقلیمی و میانگین تراز دریا در بندر چابهار در شکل‌های (۹) تا (۱۱) نشان داده شده است. پراکندگی خطی بین میانگین تراز دریا با پارامترهای اقلیمی نشان دهنده‌ی همبستگی مستقیم بین میانگین تراز دریا با دمای هوا و سرعت باد و همبستگی معکوس بین میانگین تراز دریا و فشار هوا است.

www.SID.ir

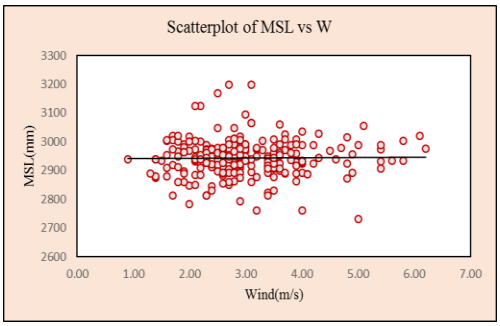
Archive of SID



شکل ۹- نمودار پراکندگی بین میانگین سطح دریا و فشار در چابهار



شکل ۱۰- نمودار پراکندگی بین دما و سطح دریا در چابهار



شکل ۱۱- نمودار پراکندگی بین میانگین تراز آب دریا و باد در چابهار

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور ارائه‌ی معادله ای برای پیش بینی تراز دریا، سه عامل سرعت باد، فشار هوا و دمای هوا مورد بررسی قرار گرفتند و معادله تراز دریا بر اساس این سه متغیر ارائه شد. نتایج این معادله برای داده‌های ۲۰ ساله مقایسه شد، و میزان همخوانی آن‌ها برای روش‌های آماری تعیین شد. نتایج نشان می‌دهد که بین میانگین‌های ماهانه‌ی پارامترهای تراز دریا، دما و فشار جو همبستگی بالایی وجود دارد. در حالتی که هر سه متغیر باهم وارد معادله می‌شوند، ضریب رگرسیون چندگانه به مقدار یک نزدیک‌تر است و معادله با هر سه متغیر نتایج بهتر ارائه می‌کند. ضرایب این معادلات در جدول مربوطه ارائه شده است. برهمکنش جفت شده‌ی جو دریا و اثرات متقابل آن‌ها باعث می‌شود که هر نوع تغییر در یکی، موجب تغییر در حالت و وضعیت فیزیکی دیگر شود. به‌طور میانگین ماهانه‌ی تراز دریا، در ایستگاه‌های جاسک و چابهار در دوره‌های مورد بررسی تغییرات شدید فصلی با پارامترهای هواشناختی دما هوا، فشار هوا و سرعت باد را نشان می‌دهند. روند افزایشی تراز دریا و دما و نیز روند کاهش فشار در دریای عمان بیانگر تغییر تدریجی اقلیم در این ناحیه است. ضریب همبستگی چندگانه بین پارامترهای میانگین تراز دریا، فشار هوا، سرعت باد و دمای هوا نشان می‌دهد که بین این پارامترها همبستگی معنی‌دار وجود دارد و همان‌گونه که انتظار می‌رفت، همبستگی معکوس بین میانگین تراز دریا و فشار هوا مشاهده شد، که مربوط به اثر معکوس فشار بارومتری بر روی تراز دریاست.

در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه، تراز سطح آب دریا در ایستگاه‌های جاسک و چابهار دارای روند افزایشی بوده است که این روند در ایستگاه جاسک حدود ۸۰ میلی‌متر و در چابهار حدود ۳۰ میلی‌متر مشاهده شد، که در جاسک بیشتر از چابهار بوده است. گرچه بیشتر بودن دامنه تغییرات تراز دریا در جاسک (حدود ٤٦٠ میلی‌متر) نسبت به چابهار (حدود ٤٠٠ میلی‌متر) می‌تواند به‌شدت تغییرات وزش باد نسبت داده شود. علاوه بر این تغییرات دمایی در جاسک نیز از چابهار بیشتر است. معادله رگرسیون بین تراز دریا با دما نشان‌دهنده همبستگی مثبت و معنی‌دار بین پارامتر دما و نیز باد است. در صورتی که این همبستگی در مورد پارامتر فشار به‌صورت همبستگی معکوس و معنی‌دار وجود دارد. در همبستگی چند متغیره بین پارامترهای دما، فشار و سرعت باد با تراز سطح آب دریا در هر دو ایستگاه نیز همبستگی

www.SID.ir

Archive of SID

بین دما و باد با تراز دریا مستقیم و بین فشار و تراز آب رابطه عکس است. اما به هر حال در منطقه‌ی جاسک، روند تغییرات تراز دریا صعودی است. این میزان برای داده‌های جزر و مد سنج، شیبی تقریباً به‌طور میانگین ۰/۳۳ میلی‌متر در هر ماه دارد. بر این اساس برای صد سال آینده ۳۹۶ میلی‌متر بالا آمدگی آب دریا در سواحل شمالی دریای عمان (مکران ساحلی) پیش‌بینی می‌شود. در منطقه‌ی چابهار نتایج نسبت به منطقه جاسک متفاوت است. با استفاده از اطلاعات جزر و مد سنج‌ها در منطقه‌ی چابهار، این میزان به‌طور میانگین در حدود ۰/۱۲ میلی‌متر در هر ماه برآورد می‌شود. پس در بررسی دقیق‌تر فرآیندهای حاکم بر محیط‌های پیرامون خط ساحلی مطالعه و پایش وضعیت جزر و مد منطقه و پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار بر آن ضرورت پیدا می‌کند.

منابع و ماخذ

1. Akbari1, P., Sadrinasab, M., Chegini, V. & Siadatmousavi, M. (2016) Tidal Constituents in the Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea: a Numerical Study. Indian Journal of Geo-Marine Sciences Vol. 45(8):1010-1016
2. Alongi DM. (2008) Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. Estuar. Coast. Shelf Sci. 76: 1–13.
3. Azarmsara, A. & Shafiee S. & Kamyabigol R. (2008) monthly changes of meal sea level in persian Gulf, Oman sea and the north of Arab sea in 1994, journal of earth and climate physics, period 34, N.2 p:83- 96.
4. Azemoode, A., Toriyan M.J. (2010) tidal modeling in Oman sea and Persian Gulf using satellite altimeter datum and coastal tide gauge, journal of earth and climate, 36, p:15-25.
5. Eric, B. & Fredric CH. (1930) coastal morphology, Tehran university publication.
6. Hasanzade, A. and Alizade, H. (2003) sea level and climate changes in Persian Gulf coasts, the 3rd regional conference and the first conference of climate change. Isfahan.
7. Hoegh-Guldberg O, Bruno JF. (2010) the impact of climate change on the world's marine ecosystems. Science 328: 1523–1528.
8. IOC. (1985) Manual on sea-level measurement and interpretation. Vol. 1 - Basic procedures, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides, No. 14. IOC, Paris.
9. Mahdizade, M, & Kasbi M.N. (2014) anticipating wave heights caused by storm high water in persian coasts of Oman, marine technology and science magazine, number 1, p:41-50.
10. Mahongo, S. B. (2009) the changing global climate and its implication on sea level trends in Tanzania and the Western Indian Ocean Region. Journal of Marine Science, 8(2):147 – 159.
11. Modaberi, A. Ansari, E., Noori R. and Abassi M.R. (2017) analyzing spatial and time changes of sea level temperature of Oman during 3 resent decades, 4th international conference of programming and environmental management, Tehran, Iran.
12. Nazariyan, M. (2002) determining trends of biennium sea level changes using two methods of satellite altimetric and tidal gauge in Oman- Chbahar port, conference 11 of geophysics of Iran, Tehran.
13. Nohegar, A. Hosseinzade, M.M (2011) marine dynamics and factors that influence sea level fluctuations in the revolution of delta rules of Hormuz strait, journal of geography and environmental planning, 21, number 43, and number 3, p:125-142.
14. Pous, S., Carton, X. and Lazure, P. (2004) Hydrology and Circulation in the Straits of Hormuz and the Gulf of Oman; Results from the GOG99 Experiment. II. Gulf of Oman. J. Geophys. Res 109: 1-26.
15. Rezaee, A. (2008) studying sea level fluctuations using satellite datum and tidal gauge in northern coasts of Oman (Chabahar and Jask), M.A. thesis of marine physics, Islamic Azad University of Tehran.
16. Safari, M. (2005) surface circulation of Oman Sea using satellite altimeter. MA. Thesis, Isfahan, university, Iran.
17. Srivastava, P. K; Tanvir, I; Sudhir, K. S; George, P. P; Manika, G. & Qiang, D. (2016) Forecasting Arabian Sea level rise using exponential smoothing state space models and ARIMA from TOPEX and Jason satellite radar altimeter data. Meteorological Applications Meteorol, 23: 633–639.
18. Sultan, S. A.R., Ahmad, F., Elghribi, N. M. & Al subhi, A. M. (1995) an analysis of Persian Gulf monthly mean sea level. Continental Shelf Research, 15(11/12): 1471-1482.
19. Torabiazad, M. Honarman, M (2016) analyzing sea level changes affected by atmospheric parameters using statistical models in north coasts of persian Gulf,

www.SID.ir

Archive of SID

journal of marine science and technology , 11th period, number 1, 53- 65.
20. Wunsch, C., Hansen, D.V. & Zetler, B.D. (1969) Fluctuations of the Florida Current inferred from sea level records. Deep-Sea Research, 16: 447-470.
21. www.ioc-sealevelmonitoring.org.
22. Yamani, M. Mohammad Nejad, V. (2013) Coastal geomorphology, Tehran University Press, Tehran

www.SID.ir