

تغییرات ماهانه ماکزیمم سطح آب در حوزه شمالی خلیج فارس

مهناز حیدری^۱، محمدرضا خلیل آبادی^۲، علی اکبر بیدختی^۳

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم

۲- پژوهشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

۳- استاد دانشگاه تهران

پست الکترونیک: Heidarim30@yahoo.com

چکیده

سطح تراز آب دریا به عنوان میانگین مجموع اثرات جزر و مد و برکشند توفان تعریف می شود و تحت تأثیر عواملی نظیر جزر و مد، برکشند توفان، باد، تغییر فشار اتمسفر، گرم شدن زمین، نیروی کوریولیس، توپوگرافی بستر و... تغییر می کند. هدف این مطالعه، بررسی میزان تغییرات سطح آب خلیج فارس با استفاده از تحلیل داده های ساعتی تراز آب در ایستگاههای بوشهر، بندرعباس و بندر امام حسن بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸ و همچنین تخمین نرخ افزایش آینده سطح آب خلیج فارس می باشد. بر این اساس، تغییرات میانگین سالانه تراز آب بندرعباس، بوشهر و بندر امام حسن بدست آمده است که بیشترین سطح های آب مشاهده شده، بین ماههای جون، جولای و آگوست و کمترین سطح آب در فوریه است. مهمترین عامل افزایش سطح آب خلیج فارس، انبساط دمایی می باشد؛ در نتیجه، ارتفاع آب در اثر انبساط دمایی در تابستان و پاییز بالا رفته و در زمستان و بهار پایین می آید. همچنین، میانگین نرخ افزایش تراز آب بندرعباس ($3 \frac{mm}{year}$)، بوشهر ($9 \frac{mm}{year}$) و امام حسن ($12 \frac{mm}{year}$) بدست آمده است. بعلاوه، افزایش آینده سطح آب تا سال ۲۰۵۰ نیز پیش بینی شده است.

واژه های کلیدی: نوسانات تراز دریا، نرخ افزایش سطح آب، داده های تراز دریا، جزر و مد، خلیج فارس

مقدمه

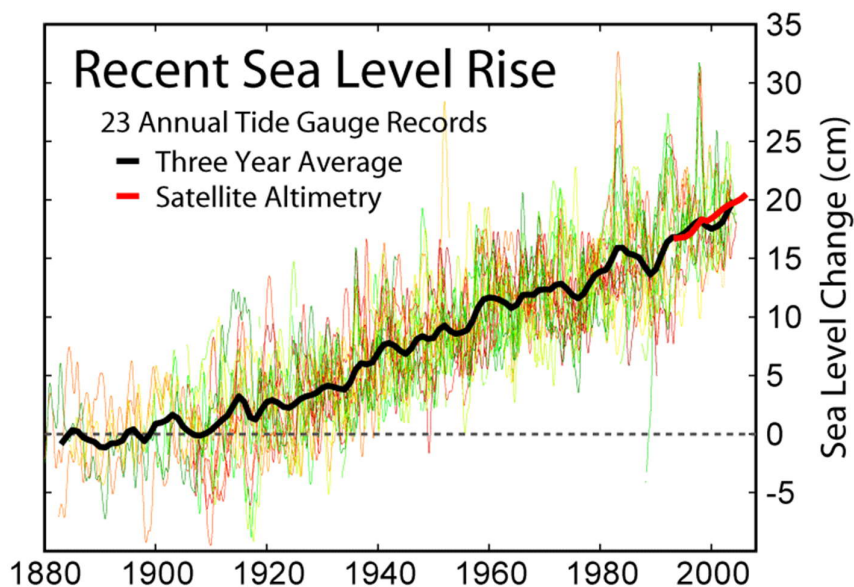
سطح تراز آب دریا به عنوان میانگین مجموع اثرات جزر و مد و برکشند توفان تعریف می‌شود و تحت تأثیر عواملی مثل جزر و مد، برکشند توفان، باد، گرم شدن زمین، نیروی کوریولیس، توپوگرافی بستر و... تغییر می‌کند. تغییر سطح تراز دریا ممکن است به دو صورت باشد: ۱- تغییر میانگین سطح آب ۲- تغییر ماکزیمم سطح آب.

اولی یک پدیده جهانی و دومی، یک پدیده محلی است [Lee et al., 2010]. تغییرات میانگین تراز آب در طی دوره‌های زمانی طولانی توسط ابزارهای دقیق بدست آمده است؛ اما این تغییرات در مقایسه با جزر و مد روزانه و تغییرات برکشند توفان بر روی سطح آب بسیار کوچک است. با این حال، ثبت‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهند که در طی دوره چهارم (تقریباً دو میلیون سال پیش) سطح آب دریاها صد متر پایین تر از سطح کنونی بوده است.

از اوایل قرن بیستم، دمای هوای سطح زمین و دریا ۰/۴۵ درجه سانتیگراد گرم‌تر شده است. این افزایش دما بطور قابل توجهی به وسیله انتشار گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های بشری ایجاد شده و منجر به ذوب یخ‌های قطبی و انبساط گرمایی آب دریاها و در نتیجه، افزایش سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها در مناطق گوناگون شده است [چگینی، ۱۳۷۷]. شکل (۱)، تغییرات تراز آب را بین سالهای ۱۸۸۰ تا ۲۰۰۰ نشان می‌دهد.

تغییرات سطح دریا ناشی از عوامل متفاوتی است که بعضی از آنها نظیر ال‌نینو و لایننا می‌توانند اثرات مهمی بر آب و هوای کره زمین و شرایط زیست‌محیطی آن بگذارند و سبب بروز خشکسالی‌ها، توفان‌های شدید، باران‌های سیل‌آسا و طغیان رودخانه‌ها شوند. به عنوان نمونه در سال ۱۹۹۱ در برمه در اثر بروز توفان‌های محلی شدید، اراضی وسیعی در ناحیه ساحلی این کشور زیر آب رفت و آمار کشته‌شدگان این حادثه تا ۱۳۸ هزار نفر گزارش شده است. این در حالی است که میلیون‌ها نفر بی‌خانمان شدند و زمین‌های کشاورزی بسیاری از بین رفتند [افغان علوی، ۱۳۸۷].

بررسی‌ها نشان می‌دهند در خلیج فارس، بیشترین تغییر سطح آب به دلیل انبساط گرمایی همراه با گردش‌های ترموهالین در منطقه است و همان‌طور که کنتورهای دما نشان می‌دهند، بیشترین انبساط آب در تابستان و بیشترین همرفت در زمستان روی می‌دهد [Pugh, 1996].



شکل ۱. تغییرات تراز آب دریا در سالهای (۲۰۰۰-۱۸۸۰)

مواد و روش ها

منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی شامل خلیج فارس است که در این تحقیق به نتایج تحلیل داده های تراز آب در ایستگاه های بندرعباس، بوشهر و بندر امام حسن اشاره می کنیم. خلیج فارس با مساحتی حدود ۲۳۵۰۰۰ کیلومتر مربع، بین کشورهای ایران، عراق، کویت، شبه جزیره عربستان، بحرین، قطر و امارات متحده عربی قرار دارد. طول متوسط این خلیج از دهانه اروندرود تا تنگه هرمز که آن را به دریای عمان مربوط می سازد، حدود ۹۷۰ کیلومتر است و مانند دریای مدیترانه، دریایی تبخیر شونده است. خلیج فارس با عمق میانگین ۳۵ متر، دریای کم عمق نیمه بسته است که با صحراهای کویری وسیعی محاصره شده و در مسیر بادهای خشک نیز قرار دارد. به خاطر وضعیت طبیعی باز تنگه هرمز (عرض ۷۰ کیلومتر، عمق صد متر و بدون گرفتگی) خلیج فارس و دریای عمان به طور هماهنگ به نیروهای باد واکنش نشان می دهند؛ در نتیجه بخاطر بادهای متفاوت می توان انتظار تغییرات شدیدی در سطح آب خلیج داشت [آزرم، ۱۳۸۷].

داده های تراز آب دریا

داده های تراز آب دریا را از سازمان نقشه برداری ایران (NCC)، بخش آبنگاری، برای یک دوره ی ده ساله (۲۰۰۸-۱۹۹۹) تهیه کرده و سپس آنها را آنالیز کردیم. سازمان نقشه برداری تعدادی جزر و مد سنج^۱ در سواحل جنوب ایران در خلیج فارس و دریای عمان نصب کرده اند که در شکل (۲) محل نصب دستگاه های دائمی ثبت تراز آب با نقطه های آبی کم رنگ نشان داده شده اند. سال شروع عملکرد و موقعیت مکانی ایستگاههای جزر و مدی، در جدول (۱) نشان داده شده است که Z_0 فاصله بین میانگین تراز دریا و سطح مبنا می باشد.



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه و محل نصب ایستگاه های جزر و مد سنج

¹ tide-gauge

جدول ۱. سال شروع عملکرد و موقعیت مکانی ایستگاه های جزر و مدی NCC.

Z0 فاصله بین میانگین تراز دریا و سطح مبنا است.

Port	Position	Year of establishment	Z0 (m)
Khorramshahr	30°25'N,48°12'E	2003	0.66
Imam Hassan	29°50'N,50°15'E	1990	1.52
Khark Island	29°16'N,50°20'E	2002	1.29
Bushehr	28°59'N,50°50'E	1989	1.21
Kangan	27°50'N,52°03'E	1989	1.21
Nakhl-e Taghi	27°30'N,52°35'E	1989	1.21
Shahid Rajaei	27°06'N,56°04'E	1989	2.3
Jask harbor	25°39'N,57°46'E	1997	1.68
Chabahar	25°17'N,60°37'E	1990	1.71

با استفاده از تحلیل داده های تراز آب در ایستگاه های بندرعباس، بندربوشهر و بندرامام حسن بین سالهای ۲۰۰۸ - ۱۹۹۹، نرخ افزایش سطح آب خلیج فارس بدست آمده است. بدین منظور برای هر ایستگاه، داده های تراز دریا برای ماهانه میانگین گیری شده و سپس با میانگین گیری سالانه و رسم نمودار آن در محیط نرم افزار اکسل، نرخ افزایش تراز آب در ۱۰ سال اخیر بدست آمده است. همچنین با رسم خط روند و محاسبه شیب هر نمودار، نرخ افزایش آینده سطح آب تا سال ۲۰۵۰ پیش بینی شده است.

معادله (۱)، محاسبه شیب نمودار برای بندرعباس را که با توجه به شکل (۳) بدست آمده است، نشان می دهد:

$$M = (325.85 - 322.5) / (12 - 1) = 0.3 \text{ cm} \quad (1)$$

به این ترتیب، نرخ افزایش سطح آب در ایستگاه بندرعباس، ۳ میلیمتر بر سال بدست می آید که با ضرب این عدد در عدد ۴۰،

نرخ افزایش آینده سطح آب در ۴۰ سال آینده یعنی سال ۲۰۵۰، ۱۲۰ میلیمتر بر سال بدست خواهد آمد.

نتایج

یک میانگین ده ساله تراز آب در ایستگاه‌های بندرعباس، بوشهر و بندر امام حسن بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸ در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) نشان داده شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، شکل (۳) میانگین ماهانه تراز آب بین سال‌های (۲۰۰۸ - ۱۹۹۹) در ایستگاه بندرعباس را نشان می‌دهد. ماکزیمم تراز آب در ماه جون (۳۳۵ cm) و مینیمم، در ماه فوریه (۳۱۵ cm) است، بطوری‌که بین ماه‌های فوریه تا جون، ارتفاع آب در حال افزایش و تقریباً بین ماه‌های جون تا اکتبر در حال کاهش است و بهترین توجیه آن، انبساط گرمایی آب در تابستان و کاهش دمای آب در زمستان می‌باشد [Pugh, 1996]. اختلاف نقاط ماکزیمم و مینیمم ماهانه ۲۰ سانتی‌متر و نرخ تراز آب، ۳ میلی‌متر بر سال بدست آمده است.

میانگین ماهانه تراز آب بین سال‌های (۲۰۰۸ - ۱۹۹۹) در ایستگاه بوشهر در شکل (۴) نشان داده شده است. ماکزیمم تراز آب در ماه آگوست (۱۶۳ cm) و مینیمم آن در فوریه (۱۲۹ cm) است. اختلاف نقاط ماکزیمم و مینیمم ماهانه ۳۴ سانتیمتر و نرخ افزایش تراز آب، ۹ میلی‌متر بر سال بدست آمده است.

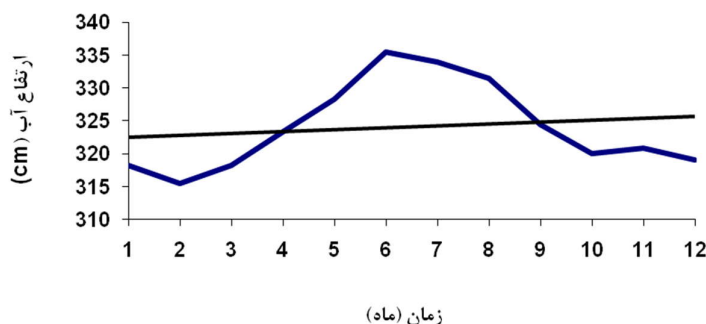
همچنین، میانگین ماهانه تراز آب بین سال‌های (۲۰۰۸ - ۱۹۹۹) در ایستگاه بندر امام حسن در شکل (۵) نشان داده شده است، با ماکزیمم سطح آب پیدا شده در ماه آگوست (۲۰۴ cm) و مینیمم سطح آب در فوریه و مارچ (۱۷۴/۵ cm). اختلاف نقاط مینیمم و ماکزیمم ماهانه، ۳۰ cm و نرخ افزایش سطح آب ۱۲ میلی‌متر بر سال می‌باشد.

یک مقایسه میانگین ماهانه تراز آب، طی دوره ده ساله در ایستگاه‌های بندرعباس، بوشهر و بندر امام حسن بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸ در شکل (۶) نشان داده شده است. همان‌گونه که می‌بینید، همه آنها الگوی مشابهی را نشان می‌دهند با بیشترین سطح‌های آب پیدا شده در ماه‌های جون، جولای و آگوست. کمترین سطح آب در فوریه است. میانگین تراز آب بندرعباس نسبت به دو ایستگاه دیگر بیشتر (۳۳۵ cm)، بعد امام حسن (۲۰۴ cm) و سپس بوشهر (۱۶۳ cm) است. نرخ تراز آب در هر سه مثبت است؛ اگر چه بندرعباس نسبت به بوشهر و امام حسن افزایش سطح آب کمتری داشته و نرخ تراز آب در آن تقریباً ثابت است.

حال بطور نمونه، میانگین ماهانه تراز آب در سالهای ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ در سه ایستگاه را با هم مقایسه نموده ایم (شکل ۷)، تا به چگونگی نرخ افزایش سطح آب در سه سال متوالی پی ببریم. همان طور که انتظار می رود، هر سه دارای الگوی مشابه هستند که در آنها ماکزیمم سطح آب در ماه آگوست است (بهترین مسأله ای که میتواند آن را توجیه کند، تغییر فصل و به تبع آن تغییر دمای آب است). اما مینیمم سطح آب در سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱، در فوریه و مارچ و در سال ۱۹۹۹ در آوریل و اکتبر می باشد و همان طور که در شکل (۷) می بینید، اختلاف نقاط ماکزیمم و مینیمم در سال ۲۰۰۲ بیشتر است. با توجه به مثبت بودن شیب هر سه، سطح آب در طی سال های ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ افزایش یافته است.

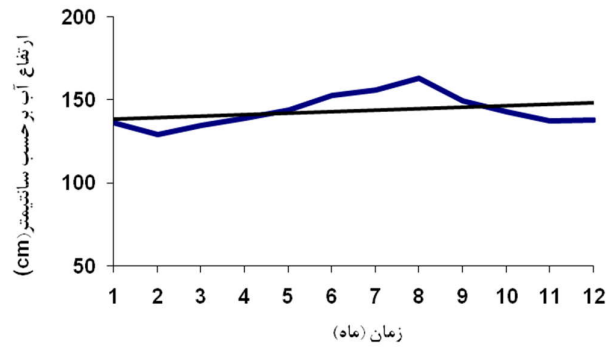
حال، مشابه شکل (۶)، میانگین ماهانه تراز آب در سال های مذکور رسم شده است شکل (۸). با این تفاوت که محور افقی را سالهای مورد بررسی در نظر گرفته ایم. شکل (۸) نیز همان نتایج قبلی را به ما نشان می دهد که در آن، ماکزیمم سطح آب به ترتیب در ایستگاههای بندرعباس، امام حسن و بوشهر پیدا شده است و شیب نمودار که همان نرخ افزایش سطح آب است، مثبت می باشد و با توجه به محور افقی (سال) می توان نتیجه گرفت که سطح آب در سال های مذکور افزایش یافته است.

نرخ تراز آب در ایستگاه بندرعباس سال (۲۰۰۸ - ۱۹۹۹)



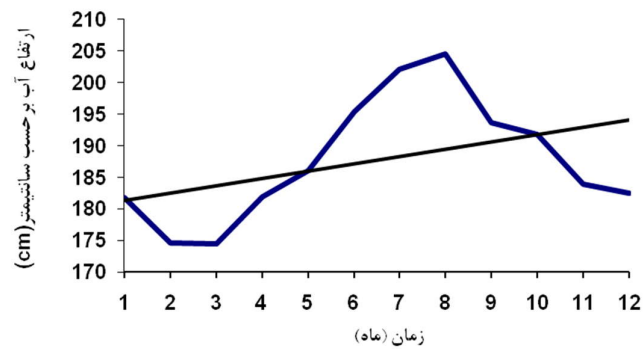
شکل ۳. میانگین ماهانه تراز آب در ایستگاه بندرعباس بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸

نرخ تراز آب در ایستگاه بوشهر سال (۱۹۹۹ - ۲۰۰۸)



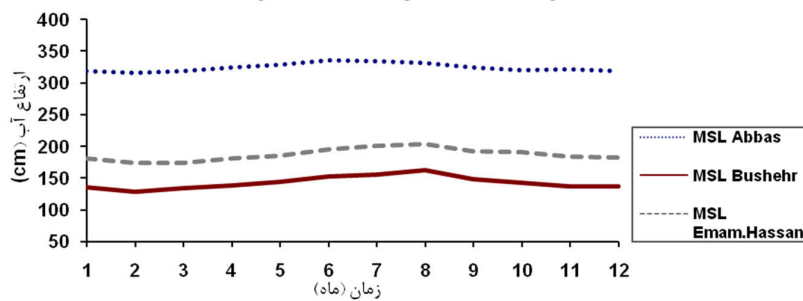
شکل ۴. میانگین ماهانه تراز آب در ایستگاه بوشهر بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸

نرخ تراز آب در ایستگاه بندر امام حسن سال (۱۹۹۹ - ۲۰۰۸)



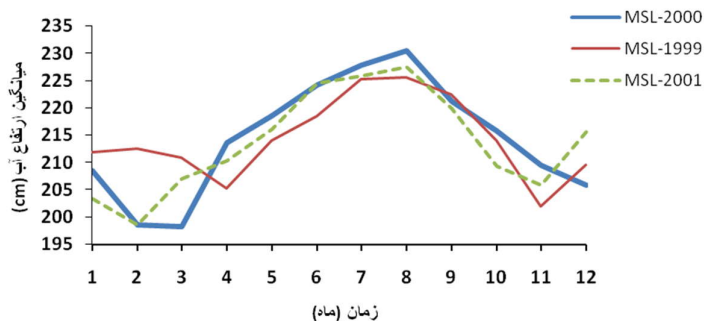
شکل ۵. میانگین ماهانه تراز آب در ایستگاه بندر امام حسن بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸

میانگین تراز آب بندرعباس، بوشهر، امام حسن (۱۹۹۹ - ۲۰۰۸)



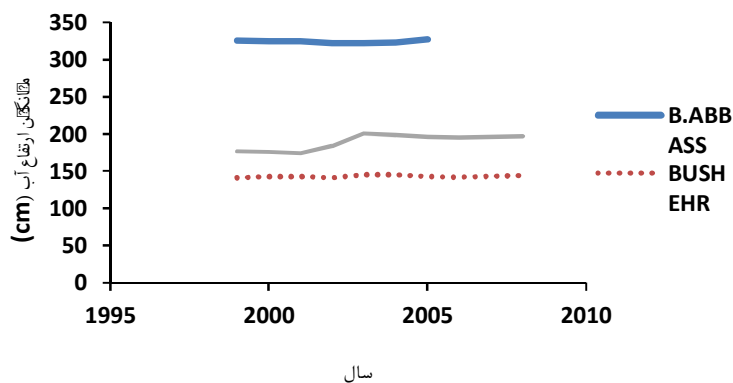
شکل ۶. مقایسه ۹ ساله میانگین ماهانه ارتفاع آب بین سالهای (۱۹۹۹ - ۲۰۰۸) در ایستگاههای بندرعباس، بوشهر و امام حسن

میانگین تراز آب در سال 1999، 2000 و 2001
(بندرعباس، بوشهر، امام حسن)



شکل ۷. مقایسه میانگین ماهانه تراز آب در سالهای ۱۹۹۹ - ۲۰۰۰ - ۲۰۰۱ در ایستگاههای بندرعباس، بوشهر و امام حسن

نرخ تراز آب ایستگاه بندرعباس، بوشهر، امام حسن (۲۰۰۸ - ۱۹۹۹)



شکل ۸. میانگین ماهانه تراز آب در ایستگاههای بندرعباس، بوشهر، امام حسن بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸

بحث

در خلیج فارس، بیشترین تغییر سطح آب به دلیل انبساط گرمایی همراه با گردش های ترموهالین در منطقه است و همان طور که کنتورهای دما نشان می دهند، بیشترین انبساط آب در تابستان و بیشترین همرفت در زمستان روی می دهد.

با توجه به نتایج بدست آمده از داده های تراز آب در سالهای مورد بررسی و نمودارهای نرخ افزایش سطح آب در ایستگاههای مذکور و همچنین، استفاده از نتایج مطالعات انجام شده در این زمینه، مهم ترین عامل افزایش سطح آب در خلیج فارس، انبساط دمایی آب است. در نتیجه، ارتفاع آب در نتیجه ی انبساط دمایی در تابستان و پاییز بالا رفته و در زمستان و بهار پایین می آید.

تغییرات میانگین سالانه تراز آب بندرعباس بین $(+11/4 \text{ cm}$ و $-8/6 \text{ cm}$)، بوشهر بین $(19/6 \text{ cm}$ و $-14/5 \text{ cm}$) و بندر امام حسن بین $(+167 \text{ cm}$ و $-13/2 \text{ cm}$) بدست آمده است.

بیشترین سطح های آب مشاهده شده در ایستگاه های مورد بررسی، بین ماه های جون، جولای و آگوست و کمترین سطح آب در ماه فوریه است. بیشترین ارتفاع میانگین ماهانه آب، در بندرعباس (به دلیل شکل توپوگرافی بستر) و کمترین آن در بوشهر است. اختلاف نقطه مینیمم و ماکزیمم ماهانه سطح آب ایستگاه بوشهر 34 cm ، بندرعباس 20 cm و بندرامام حسن 30 cm است که این اختلاف زیاد نقاط مینیمم و ماکزیمم بوشهر می تواند به دلیل قیفی شکل بودن خط ساحلی و تأثیر نیروی کوریولیس باشد.

میانگین نرخ افزایش سطح آب بوسیله میانگین گیری ماهانه تراز آب بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸، در ایستگاه بندرعباس $(3 \frac{\text{mm}}{\text{year}})$ ، بوشهر $(9 \frac{\text{mm}}{\text{year}})$ و امام حسن $(12 \frac{\text{mm}}{\text{year}})$ بدست آمده و با استفاده از تحلیل داده های تراز آب ایستگاه در ایستگاه های مذکور و رسم خط روند نمودارها، پیش بینی می شود تا سال ۲۰۵۰ تراز آب دریا در بندر بوشهر 360 میلیمتر، بندر امام حسن 480 میلیمتر و بندرعباس 120 میلیمتر افزایش یابد.

این افزایش تراز آب مخاطراتی نظیر فرسایش سواحل، طغیان آب و حوادث پیش بینی نشده دیگری را به دنبال خواهد داشت که باید از اکنون تمهیداتی برای مقابله با آن در نظر گرفته شود.

منابع

- آزرم سا، س.ع. شغیعی، س. و کامیابی گل، ع. ۱۳۸۷. تغییرات ماهانه میانگین تراز سطح آب در خلیج فارس، دریای عمان و شمال دریای عرب. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۴، شماره ۲، صفحه ۸۳-۹۶.
- افغان علوی، ب. ۱۳۸۷. مدل سازی مد توفان برای دریای عمان در محیط GIS. راهنما: اسماعیل حسن زاده، مشاور: محمد اکبری نسب، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم.
- چگینی، ۱۳۷۷. مجموعه کتابهای مهندسی دریا ۱- نظریه امواج، شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری.
- داده های تراز دریا، (۲۰۰۸-۱۹۹۹). ایستگاه های تراز نگار منطقه جنوب کشور، سازمان نقشه برداری کشور.
- Anon, T. 1999. Tidal analysis software kit, Proudman Oceanographic Laboratory, Bidston, UK, P. 15.
- Hosseinibalam, F. Hassanzadeh, S. & Kiasatpour A. 2007. Interannual variability and seasonal contribution of thermal expansion to sea level in the Persian Gulf. Physics Department, University of Isfahan, Isfahan 81746, Iran.
- Lee, B.Y. Wong W.T. & Woo, W.C. 2010. Sea-level Rise and Storm Surge – Impacts of Climate Change on Hong Kong. HKIE Civil Division Conference, Hong Kong.
- Pugh, D.T. 1996. Tides, Surges and Mean Sea Level. Natural Environment Research council Swindon, UK.