نشریه علمی - ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دوره هفتم، شماره ۳، مرداد ماه ۱۳۹۵

کالیبراسیون مطلق ارتفاع سنجی ماهواره‌ای با استفاده از تاید گیج‌های ساحلی در منطقه خلیج فارس

علیرضا آزموده اردلان[۱]، ایرج جزیرئیان[۲*]

[۱]استاد دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
ardalan@ut.ac.ir

[۲]دانشجوی دکتری ژئودزی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
jazirian@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۴، تاریخ تصویب تیر ۱۳۹۵)

چکیده

کالیبراسیون ماهواره های ارتفاع سنجی از نظر علمی عبارت است از دست یابی به مشخصات خطا های دستگاهی که بوسیله اندازه گیری های مستقل کمیت های اندازه گیری و مقایسه با روش های مستقل دیگر انجام می شود. از نقطه نظر ژئودتیکی ارتباط بین تایدگیج های ساحلی وسیستم های مبنای فضایی بوجود آمده به وسیله ماهواره های ارتفاع سنجی یکی از مهمترین مسائل در ژئودزی می باشد. این چالش ها مارا تشویق به توسعه تکنیک های فوق دقیق جهت اعتبار سنجی و کالیبراسیون مطلق ماهواره های ارتفاع سنجی در مکان های عبور آنها می کند. دراین تحقیق با استفاده از اندازه گیری هم زمان سطح دریا بوسیله تایدگیج های ساحلی و ماهواره های ارتفاع سنجی TOPEX/Poseidon، Jason-1 و Jason-2 در یک سیستم مبنای ژئوسنتریک ،امکان پیاده سازی روش کالیبراسیون مطلق ماهواره های ارتفاع سنجی و توسعه و بهبود دقت آنها در نزدیک خلیج فارس درایران را امکان پذیرمی سازد. سه ایستگاه جزرومد سنج در بنادر بوشهر ، بندر عباس و چابهار و داده های GDR ماهواره های ارتفاع سنجی TOPEX/Poseidon ، Jason-1 و Jason-2 جهت برآورد بایاس بکار گرفته شده است . بایاس بدست آمده برای TOPEX/Poseidon در منطقه بوشهر ۶- میلیمتر، Jason-1 ۱۲۱ میلیمتر و Jason-2 ۱۹۸ میلیمتر می باشد. ازمدل EGM96 جهت ارتباط دیتوم بین ارتفاعات سطح دریای تایدگیج ها وارتفاع سنجی ماهواره ای استفاده شده است.

واژگان کلیدی: کالیبراسیون ماهواره‌های ارتفاع سنجی، بایاس مطلق، تایدگیج، خلیج فارس TOPEX/Poseidon ، Jason-1 و Jason-2

---

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

سری های زمانی بدست آمده از روش های ارتفاع سنجی ماهوارهای جهت تعیین ارتفاع سطح دریا دارای بایاس ها وتصحیحاتی است که باید تا حد امکان نسبت به اطلاعات اندازه گیری شده سطح دریا نسبت ایستگاه های مبناهای زمینی تعیین گردد. این اندازه گیری ها شامل تایدگیج ها یا بویه های مجهز به گیرند های جی پی اس می باشد.

بایاس ارتفاع سنجی عبارت است از اختلاف بین ارتفاع سطح دریا که به روش ارتفاع سنجی ماهواره ای اندازه گیری شده است و ارتفاع واقعی آن می باشد، بایاس به علت نقص یا عیب دستگاه اندازه گیری بوده ، که شامل خطاهای اتفاقی یا خطاهای سیستماتیک مربوط به ارتفاع سنجی و تصحیحات می باشد، خطاهای ترکیبی باعث انحراف اندازه گیری های ارتفاع سطح دریا به روش ارتفاع سنجی می شود. کالیبراسیون مطلق یک سیتم ارتفاع سنج راداری یکی از روش های تعیین بایاس ارتفاع سنجی می باشد که با انطباق اندازه گیری های مستقل ارتفاع سطح آب دریا به صورت دقیق زمینی وبطور هم زمان بااندازه گیری های ارتفاع سنجی ماهواره ای انجام می شود. مجموع داده های زمینی دقیق در محل عبور مناسب (عبور گذر ماهواره ارتفاع سنج) توسط ابزار های مختلفی مانند شناورها یا بویه های مجهز به GPS ویا تایدگیج ها جمع آوری می شود. که این تحقیق بروی روش کالیبراسیون مطلق با استفاده از تایدگیج ها ساحلی متمرکز شده است.

گروه های زیادی از زمان شروع ماموریت ماهواره Topex/Poseidon (T/P) در زمینه کالیبراسیون مطلق وتعیین بایاس مطلق ماهواره های ارتفاع سنجی فعالیت کرده اند .که از زمان پرتاپ ماهواره توپکس (T/P) در آگوست ۱۹۹۲ وماهواره Jason-1 دردسامبر ۲۰۰۱ با دوره تقریبا ۱۰ روزه در همان مدارماهواره توپکس و بدنبال آن ماهواره Jason-2 در ژئون ۲۰۰۸ این تحقیقات بطور متناوب در سکوی هاروست[۷] درکالیفرنیا،جزیره ی Gavdos [۱۳]، Ibiza [۱۱] در مدیترانه با تایدگیج های انگلستان[۶] و در Bass Strait در استرالیا [۱۶] منجر به تعیین بایاس مطلق برای هریک از ماهواره های فوق گردیده است.

۲- معادله بایاس مطلق

اصل روش برآوردبایاس بااستفاده ازمقایسه اطلاعات ارتفاع ازسطح دریابه روش ارتفاع سنجی ماهواره ای نسبت به داده های اندازه گیری شده توسط تایدگیج های مجاور در یک سیستم ژئوسنتریک می باشد که بااستفادهازGPS و ترازیابی دقیق محلی انجام می شود.

بایاس آرتفاع سنجی را می توان از به صورت رابطه زیر بیان نمود:[۶]

$$Bias = [Sea\ \ level_{tg} - Sea\ \ level_{alt}] - [Geoid_{tg} - Geoid_{alt}] \quad (1)$$

اطلاعات سطح آب دریا برای هردو روش باید در یک سیستم مختصات ژئوسنتریک مشابه اندازه گیری شود. در معادله (۱) $Sea\ \ level_{alt}$ توسط ارتفاع سنجی ماهواره ای و $Sea\ \ level_{tg}$ توسط تایدگیج به ترتیب دریک زمان ویک سیستم مرجع اندازه گیری می شوند،به دلیل آنکه اندازه گیری های ارتفاع سطح دریادرمکانهای مختلف جمع آوری می شوند بنابرجهت بکار گیری این تصحیح نیازبه ارتفاع ژئوئیددرنقطه ارتفاع سنجی ماهواره ای ($Geoid_{alt}$) وهمچنین درنقطه تایدگیج ($Geoid_{tg}$) می باشد. لذا جهت اتصال ژئودتیکی بین نقطه مشاهدات تایدگیج وارتفاع سنجی ماهواره ای نیاز به یک مدل ژئوئیدی است تا اختلاف ژئوئید محلی را محاسبه و تصحیح نماید.

بایاس و دریفت ارتفاع سنجی را می توان با مقایسه داده های اندازه گیری شده در محل عبور ماهواره واندازه گیری های سطح آب از طریق ارتفاع سنجی ماهواره های برآورد کرد. در این روش بایاس ارتفاع سنجی عبارت است از اختلاف اندازه گیری های ارتفاع سطح آب دریا به روش ارتفاع سنجی ماهواره ای وروش اندازه گیری ارتفاع سطح دریا در نقطه مناسب عبور ماهواره[۴].

کریستنسن وهمکاران [۵] به این نکته اشاره کرده اند که این اختلاف همان بایاس ارتفاع سنجی می باشد زیرا هردو اندازه گیری های ارتفاع سنجی ومحلی در آن شرکت دارند. در هر محل کالیبراسیون برای هر عبور ماهواره ارتفاع سنجی رابطه شرط زیر وجود دارد:

$$h_a - h_i = \beta + \Delta t.\delta(\Delta t) + e\ ,\ e \sim (0, S) \qquad (۲)$$

که درآن h_a ارتفاع سطح آب دریا می باشد که ازطریق ارتفاع سنجی ماهواره ای اندازه گیری شده وتمام

تصحیحات بر روی آن بکار گرفته شده است. و h_i معرف ارتفاع سطح آب دریا در محل عبور ماهواره می باشد که بطور مستقل اندازه گیری شده است. Δt زمان سپری شده از شروع عملیات ارتفاع سنجی ماهواره های و e خطای تصادفی با میانگین صفر و انحراف معیار S می باشد. β و $\delta(\Delta t)$ بایاس و دریفت برآوردشده می باشند. اگرچه $\delta(\Delta t)$ تابعی از زمان میباشد که به صورت خطی در این رابطه عمل می کند، به عبارت دیگر دریفت به صورت یک مقدار ثابت در ماموریت ارتفاع سنجی عمل می کند. معادله (۲) را می توان به صورت زیر نوشت:

$$h_a - h_i = \beta + \Delta t.\delta + e \ , \ e \sim \ (0, S) \qquad (۳)$$

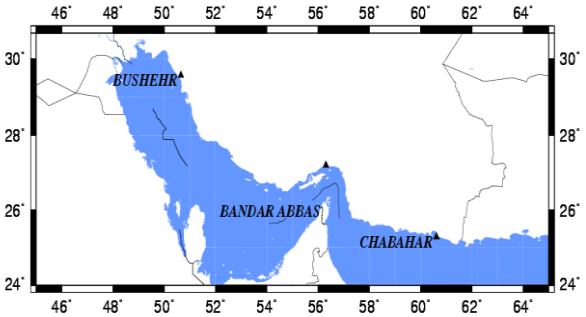
که در آن β و δ پارامترهای اتفاقی و مجهول هستند و e متغییر تصادفی ، به معادله (۳) معادله بست گفته می شود که نمی توان مقادیر مجهولات را با یک معادله بست حل کرد. لذا معادلات بست بیشتری باید جمع آوری گردد تا بتوان بایاس و دریفت ارتفاع سنجی را به روش کمترین مربعات حل نمود. هرگاه سیگنال های سالیانه و نیمه سالیانه که سیگنال های غالب موجود در اندازه گیری های سطح ارتفاع آب دریا[۱](ارتفاع سنجی) می باشند را در معادله بست در نظر بگیریم بنابر این معادله (۲) را می توان به شکل زیر نوشت[۹]:

$$\begin{aligned} h_a - h_i &= \beta + \Delta t.\delta + C_1 \cos(\omega_1.\Delta t) + \\ &S_1 \sin(\omega_1.\Delta t) + C_2 \cos(\omega_2.\Delta t) + \\ &S_2 \sin(\omega_2.\Delta t) + e \\ \omega_1 &= \frac{2\pi}{365} \\ \omega_2 &= \frac{4\pi}{365} \end{aligned} \qquad (۴)$$

C_1، C_2 ، S_1 و S_2 ثابت های هارمونیک هستند و ω_1 و ω_2 به ترتیب فرکانس های سالیانه و نیمه سالیانه می باشند مقادیر β و δ، C_1، C_2 ، S_1 و S_2 پارامتر های مجهولی هستند که با استفاده از اختلاف مشاهدات بین اندازه گیری های ارتفاع سطح آب دریا به روش ارتفاع سنجی ماهواره ای وروش اندازه گیری ارتفاع سطح دریا در نقطه مناسب عبور ماهواره تعیین می گردد. معادله (۴) را نیز می باید به روش کمترین مربعات حل نمود. هرگاه h_a و h_i به طور کامل اندازه گیری شده باشند سیگنال های سالیانه و نیمه سالیانه حذف شده و فقط بایاس β و دریفت δ باقی می ماند.

۳- اطلاعات ایستگاه های تاید گیج

ایران دارای بیش از ۲۵۰۰ کیلومترازخط ساحلی درشمال ودرطول دریای خزروازجنوب به ا متدادخلیج فارس ودریای عمان می باشد.شکل۱نقشه موقعیت سه ایستگاه جزرومدی رادرجنوب ایران نشان می دهدکه توسط سازمان نقشه برداری ایران[۲] ایجادشده است.اولین ایستگاه جزرومدی NCC درسال ۱۹۸۹ دربندرعباس واقع درساحل شمال خلیج فارس تاسیس شد. شبکه های تایدگیج NCC شامل چندین ایستگاه جزرومدی درخلیج فارس ،جنوب دریای عمان و دردریای خزر می باشد[۱۲].



شکل۱- نقشه سه ایستگاه تایدگیج های بررسی شده

ایستگاه های تایدگیج که توسط سازمان نقشه برداری ایران ایجاد شده است مجهز به جزرو مد سنج های مکانیکی شناور وفشارسنج های الکترونیکی و شناور می باشند. همچنین این سازمان یک شبکه وسیع ترازیابی در امتداد خطوط ساحلی ایجاد کرده است که ایستگاه های جزرو مدی به روش ترازیابی دقیق به بنچ مارک های ارتفاعی متصل شده اند.

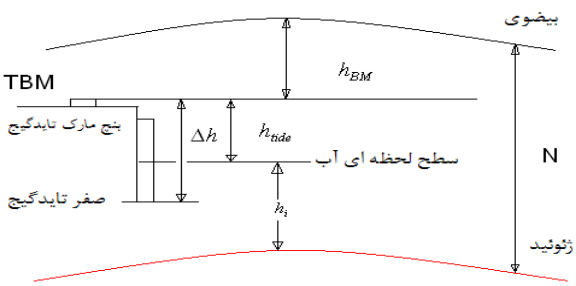
سطح لحظه ای آب اندازه گیری شده با استفاده از اندازه گیری های ایستگاه GPS به ارتفاع بیضوی تبدیل می شود. شکل ۲ نحوه تبدیل ارتفاع لحظه ای سطح دریا را برای معادله بایاس نشان می دهد. Δh به وسیله ترازیابی دقیق اندازه گیری می شود و h_{tide} ارتفاع

۱ SSH

۲ NCC

لحظه‌ای سطح دریا نسبت به بنچ مارک ایستگاه تایدگیج می باشد و $N = h_{EGM96} = Geoid_{tg}$ ارتفاع ژئوئید ایستگاه تایدگیج می باشد. بنابر این ارتفاع h_i از رابطه ۵ بدست می آید.

$$h_i = h_{BM} - \Delta h + h_{tide} + Geoid_{tg} \qquad (۵)$$



شکل۲- اندازه گیری سطح لحظه ای تایدگیج

جدول ۱ موقعیت گذر ماهواره های ارتفاع سنجی و ایستگاه های تایدگیج بکار گفته شده در این تحقیق را نشان می دهد.

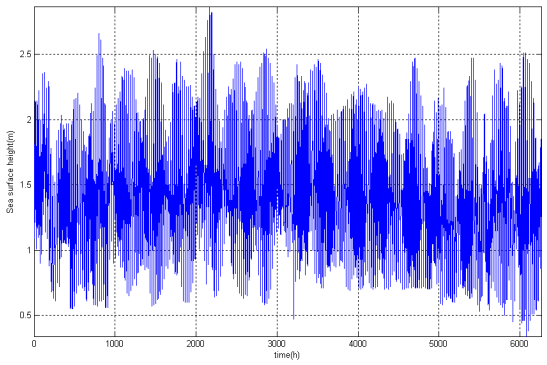
ایستگاه های جزرومدی در بنادر بوشهر، بندرعباس و چابهار توسط واحد هیدروگرافی سازمان نقشه برداری با استفاده از مشاهدات GPS و تراز یابی دقیق به بنچ مارک های ارتفاعی متصل شده اند. شکل های ۳ و۴ سری زمانی اندازه گیری شده توسط تایدگیج هارا دربندر بوشهر و بندر عباس نشان می دهد. داده های به فاصله زمانی یک ساعت برای مدت یکسال از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۰ برای مقایسه با ماهواره توپکس و از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ برای مقایسه با ماهواره جیسون ۱ واز سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ برای مقایسه با ماهواره مقایسه باجیسون ۲ می باشند.

جدول۱- موقعیت نقاط ارتفاع سنجی و ایستگاه های تاید گیج

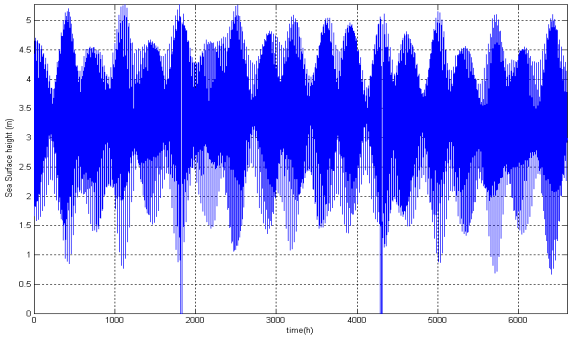
ایستگاه	φ تایدگیج	λ تایدگیج	$h_{WGS84} = h_{BM}$ (m) Tide gauge	$N = h_{EGM96}$ (m) Tide gauge	Altimetry Pass	φ Altimetry point	λ Altimetry point	$N = h_{EGM96}$ (m) Altimetry point
بندرعباس	27°06'N	056°04'E	-26.4241	-29.3344	16	26°51'N	056°42'E	-29.3105
بوشهر	28°59'N	050°50'E	-20.1495	-21.6047	118	28°57'N	049°59'E	-20.6306
چابهار	25°18'N	060°37'E	-26.3076	-29.2820	92	25°12'N	060°19'E	-29.7479

۴- داده های ماهواره های ارتفاع سنجی

اطلاعات ارتفاع سنجی ماهواره ای به صورت GDR در فرمت باینری می باشند که در سایت مربوط به مطالعات و پژوهش های NASA [۱۴] قابل دسترسی می باشد.دراین تحقیق از داده های توپکس به صورت فرمت MGDR-B وداده های جیسون ۱و۲ به فرمت GDRC استفاده شده است که ارتفاع سطح آب دریا حاصل از ارتفاع سنجی ماهواره ای به وسیله یک برنامه Math lab که توسط موسسه تکنولوژی کالیفرنیا[۱] نوشته شده است از فرمت باینری به فرم ASCII تبدیل و قابل استفاده می کند. در میان ۲۵۴ گذر ماهواره ارتفاع سنجی ۱۲ گذراز دریای عمان و خلیج فارس عبور میکند که گذرهای ۱۸۳،۱۱۸،۵،۱۹۴،۸۱،۱۶،۱۵۷،۹۲،۲۳۳،۱۶۸،۵۵و۱۰۷ می باشند. شکل ۵ نقشه عبور گذر ۱۱۸و۱۰۷ ماهواره



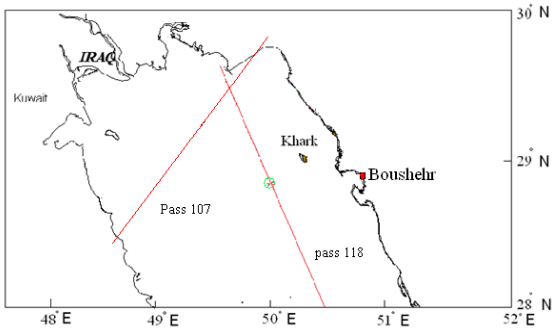
شکل۳- سری زمانی مشاهدات ارتفاع سطح لحظه ای آب ایستگاه بوشهر



شکل۴- سری زمانی مشاهدات ارتفاع سطح لحظه ای آب ایستگاه تایدگیج بندرعباس

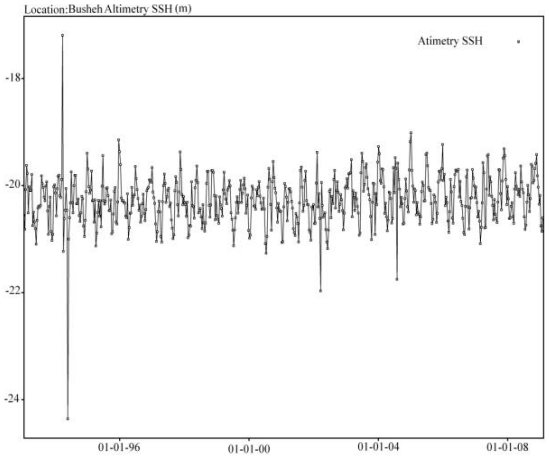
۱ California Institute of Technology

ارتفاع سنجی توپکس و جیسون ۱ و۲ را در خلیج فارس از منطقه بوشهر نشان می دهد.

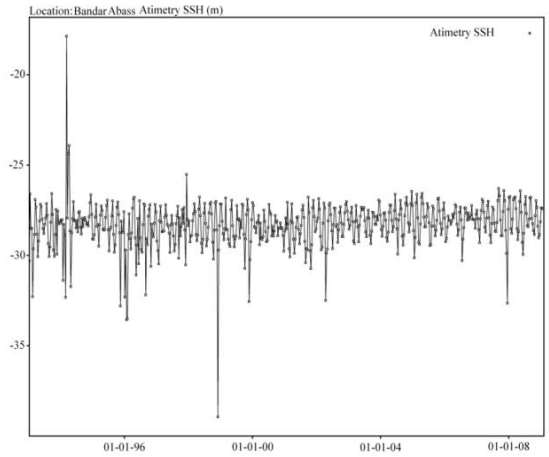


شکل۵- نقشه عبور گذر ۱۱۸و۱۰۷ ماهواره ارتفاع سنجی از منطقه بوشهر

شکل۶ و ۷ سری زمانی ارتفاع سطح آب دریا در یک نقطه گذر از ماهواره ارتفاع سنجی توپکس وجیسون ۱ ازسال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۹ به ترتیب برای منطقه نزدیک بوشهر و بندر عباس نشان می دهد .



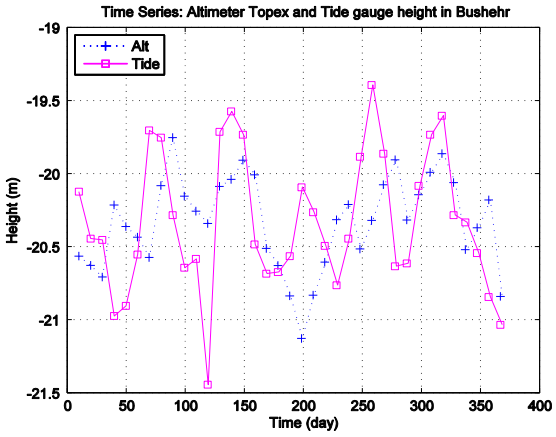
شکل۶- سری زمانی مشاهدات ارتفاع سطح لحظه ای آب ایستگاه بوشهرحاصل از ارتفاع سنجی ماهوارهای



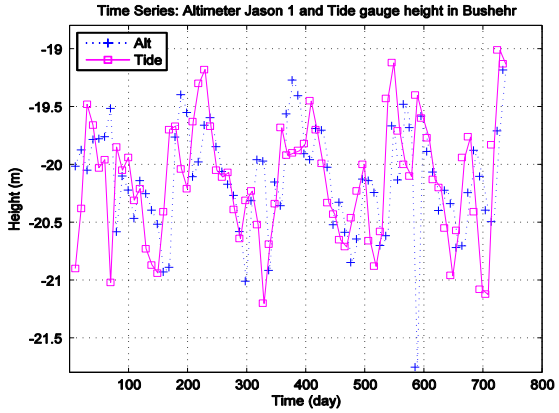
شکل۷- سری زمانی مشاهدات ارتفاع سطح لحظه ای آب ایستگاه بندرعباس حاصل از ارتفاع سنجی ماهواره‌ای

تصحیحات زیادی نظیر تصحیحات آنامولی های محیطی و ژئوفیزیکی به وسیله مدل های هواشناسی ECMWF[۱] که شامل تصحیحتروپوسفر خشک و مرطوب ویونسفر وهمچنین تصحیح امواج اقیانوسی و اثر بایاس الکترومغناطیس[۲] که ناشی از عدم تقارن امواج سطح آب با تعامل امواج الکترومغناطیس ایجاد می شود بروی ارتفاع حاصل از ارتفاع سنجی ماهواره ای اعمال می شود. همچنین سایر اثرات جزرومدی نظیر اثر جزرومد قطبی ،اقیانوسی، زمین واثر معکوس فشار بروی داده های تایدگیج وارتفاع سنجی ماهواره ای باید در نظر گرفته شود[۶].

شکل های ۸و۹ مقایسه هم زمان سری زمانی ارتفاع آب تایدگیج های ساحلی و ارتفاع سطح دریا حاصل از سیستم ارتفاع سنجی ماهواره ای را از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۰ برای ماهواره توپکس واز سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ برای ماهواره جیسون یک را در منطقه بوشهرنشان می دهد.



شکل۸- نمایش هم زمان ارتفاع سطح آب دریا ی تایدگیج وماهواره ارتفاع سنجی توپکس در بوشهر



شکل۹- نمایش هم زمان ارتفاع سطح آب دریا ی تایدگیج وماهواره ارتفاع سنجی جیسون ۱ در بوشهر

۱ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
۲ sea state bias

۵- نتایج

جدول ۲و۳ مقدار بایاس و دریفت را بافرض اندازه گیری کامل مشاهدات ارتفاع h_i و h_a نشان میدهد. جدول ۲خلاصه برآورد بایاس و دریفت حاصل از حل معادله ۳ را برای ماهواره توپکس نشان میدهد. بایاس مطلق ارتفاع سنجی از میانگین دوره سری های زمانی اختلاف سطح ارتفاع تایدگیج وارتفاع سنجی ماهواره ای حاصل شده است.جدول ۳ برآورد بایاس و دریفت ماهواره جیسون ۱را برای سه ایستگاه بوشهر ، بندرعباس وچابهار نشان می دهد.

به نظر می رسد تفاوت نتایج حاصل از منطقه بوشهر ودو ایستگاه دیگر به علت مجاورت نزدیکتراین دو منطقه به دریا ی عمان و به طورکلی به علت دینامیک اقیانوس می باشد.جدول ۴ برآورد بایاس و دریفت ماهواره ارتفاع سنجی جیسون ۱ را از معادله ۴ نشان میدهد و فرض شده است که دو مقدار h_i و h_a بطور کامل دریک موقعیت اندازه گیری نشده است که در ان رابطه C_1، C_2 ، S_1 و S_2 مولفه های هارمونیک هستند و ω_1 و ω_2 به ترتیب فرکانس های سالیانه و نیمه سالیانه می باشند. مقادیر β و δ، C_1، C_2 ، S_1 و S_2 پارامتر های مجهولی هستند که با استفاده از اختلاف مشاهدات بین اندازه گیری های ارتفاع سطح آب دریا به روش ارتفاع سنجی ماهواره ای وروش اندازه گیری ارتفاع سطح دریا در نقطه مناسب عبور ماهواره تعیین می گردد.

مقدار برآورد بایاس برای ماهواره جیسون ۲ فقط با ایستگاه تایدگیج بوشهر انجام گردیده که برابر ۱۹۸/۱۴۱ میلیمتر می باشد.

جدول۲- بایاس و دریفت حاصل از حل معادله ۳ را برای ماهواره توپکس

ایستگاه	گذر ماهواره ارتفاع سنجی	فاصله گذر تا تایدگیج(km)	β Bias (mm)	δ Drift (mm/year)
بوشهر	118	82	-5.68	2.22e-007
بندرعباس	16	65	-16.94	-2.35e-005
چابهار	92	30	-49.7	3.19e-006

جدول۳- بایاس و دریفت حاصل از حل معادله ۳ را برای ماهواره جیسون۱

ایستگاه	گذر ماهواره ارتفاع سنجی	فاصله گذر تا تایدگیج (km)	β Bias (mm)	δ Drift (mm/year)
بوشهر	118	82	121.71	-3.82e-006
بندرعباس	16	65	249.09	5.16 e-006
چابهار	92	30	63.6	-1.95e-006

جدول۴- بایاس و دریفت ماهواره ارتفاع سنجی جیسون ۱ از معادله ۴

ایستگاه	گذر ماهواره ارتفاع سنجی	فاصله گذر تا تایدگیج (km)	β Bias(mm)	δ Drift (mm/year)	C_1 (mm) ω_1	C_2 (mm) ω_1	S_1 (mm) ω_2	S_2 (mm) ω_2
بوشهر	118	82	146.11	-4.61e-006	87.105	9.514	-33.260	-92.222
بندرعباس	16	65	195.36	6.76e-006	204.693	112.612	219.611	92.57
چابهار	92	30	29.09	-8.29e-007	111.910	74.601	31.328	5.2407

جدول ۵ مقایسه نتایج بدست آمده برای مقدار بایاس در ایستگاه بوشهر و نتایج منتشرشده از از ایستگاه کورسیکا در مدیترانه ، تایدگیج های انگلستان و Bass Strait [۱۶] در استرالیا نشان می دهد.

دراین تحقیق مقدار بایاس مطلق ارتفاع سنجی برای ماهواره توپکس ۵/۶۸- میلیمتر و۱۲۱/۷ میلیمتر برای ماهواره جیسون ۱و ۱۹۸/۱۴ میلیمتر برای ماهواره جیسون ۲ در منطقه بوشهر در ایران بدست آمده است.

بطور کلی یک توافق خوبی بانتایج تحقیقات انجام گرفته در دیگر مناطق دنیا با نتایج این تحقیق بدست امده است.

جدول۵- مقایسه نتایج بدست آمده در منطقه بوشهر با سایر تحقیقات

نوع ماهواره ارتفاع سنجی	بایاس ایستگاه بوشهر در این تحقیق [mm]	The Corsica region of the western Mediterranean	UK Tide Gauges	Bass Strait, Australia
TOPEX	-5.68(mm)	-5.9(mm)	-4(mm)	-6 (mm)
Jason-1	121.71(mm)	109 (mm)	129(mm)	93(mm)
Jason-2	198.14(mm)	190 (mm)	-	172(mm)

۶- نتیجه گیری

در این تحقیق مقدار بایاس مطلق برای ماهواره توپکس در منطقه بوشهر در خلیج فارس تقریبا ۶- میلیمتر و برای ماهواره جیسون ۱و۲ به ترتیب ۱۲۱ و ۱۹۸میلیمتر برآورد شده است. به وسیله کالیبراسیون دقت روش های ارتفاع سنجی را می توان در مناطق خاصی بطور قابل ملاحظه ای افزایش داد. با مقایسه داده های تایدگیج در مناطق ساحلی وداده های دور از ساحل ارتفاع سنجی ماهوارهای دقت‌های مناطق ساحلی را افزایش داد.

با بکارگیری تکنیک های دقیق ماهواره‌ای که استفاده موثر از زمان است می توان به یک مدل سطح دریای ملی دقیق رسید. باتوجه به طول عمر نسبتا کوتاه از ماموریت ماهواره‌های ارتفاع سنجی موضوع کالیبراسیون و کالیبراسیون بین ماهواره ها از اصول بنیادی اندازه گیری تغییرات سطح آب دریاهامی باشد. کالیبراسیون و تائید ماموریت‌های ماهواره‌ای مسائل مبرم و مهم جوامع علمی و نهادهای دولتی می باشد. بطور کلی انگیزه پروژه کالیبراسیون ماهواره‌های ارتفاع سنجی موجود و توسعه و بهبود روش‌های کالیبراسیون در منطقه خلیج فارس ایران می باشد که سهمی مهم در تلاش‌های کالیبراسیون جهانی است.

مراجع

[1] Benada, R. 1997. PO.DAAC merged GDR (TOPEX/POSEIDON) generation B user's handbook. JPLD–11007, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.

[2] Bonnefond, P., P. Exertier, O. Laurain, Y. Menard, A. Orsoni, G. Jan, and E. Jeansou, Absolute Calibration of Jason 1 and TOPEX/Poseidon Altimeters in Corsica, Special Issue on Jason 1Calibration/Validation, Part 1, Mar. Geod., Vol. 26, No. 3-4, 261-284, 2003a.

[3] Bonnefond, P., B. Haines and C. Watson. In Situ Calibration and Validation: A Link from Coastal to Open ocean altimetry, chapter 11 in Coastal Altimetry, pp 259-296, edited by S. Vignudelli, A.Kostianoy, P. Cipollini, J. Benveniste, Springer, ISBN: 978-3-642-12795-3, 2011.

[4] Cheng Kai-chien 2004, Radar Altimeter Absolute Calibration Using GPS Water Level Measurements Geodetic and GeoInformation Science Department of Civil and Environmental Engineering and GeodeticScience The Ohio State University Columbus, Ohio 43210-1275, USA.

[5] Christensen, E. J., B. J. Haines, S. J.Keihm, C. S. Morris, R. A. Norman, G. H. Purcell, B. G.Williams, B. D. Wilson, G. H. Born, M. E. Parke, S. K. Gill, C. K. Shum, B. D. Tapley, R. Kolenkiewicz,And R. S. Nerem. 1994. Calibration of TOPEX/Poseidon at Platform Harvest. J. of Geophys.Res. 99(C12):24465–24485.

[6] Dong, X., P. L. Woodworth, P. Moore, and R. Bingley. 2002. Absolute calibration of the TOPEX/Poseidon altimeters using UK tide gauges, GPS and precise, local geoid-differences. Mar. Geod25:189–204.

[7] Haines, B. J., D. Dong, G. H. Born, and S. K. Gill. 2003.The Harvest experiment: Monitoring Jason-1 And TOPEX/Poseidon from a California offshore platform. Mar. Geod. 26:239–259.

[8] Kolenkiewicz, and R.S. Nerem (1994), Calibration of TOPEX/POSEIDON at Platform Harvest, J. Geophys, pp. 24465-24485.

[9] Kruizinga, G.L. (1997), Validation and Applications of Satellite Radar Altimetry, Ph.D. Dissertation, the University of Texas at Austin.

[10] Lambin, J., R. Morrow, L. Fu, J.Willis, H. Bonekamp, J. Lillibridge, J. Perbos, G. Zaouche, P. Vaze, W. Bannoura, F. Parisot, E. Thouvenot, S. Coutin-Faye, E. Lindstrom, and M. Mignogno. 2010. The OSTM/Jason-2 mission.Marine Geodesy 33(S1):4–25.

[11] Martinez-Benjamin JJ, Martinez-Garcia M, Gonzalez Lopez S, Nuñez Andres A, BuillPozuelo F, Espino Infantes M, Lopez-Marco J, Martin Davila J, GaratePasquin J, Garcia Silva C, Bonnefond P, Laurain O, Baron Isanta AM, Ortiz Castellon MA, Talaya Lopez J, Perez Gomez B, Alvarez Fanjul E, Rodrigez Velasco G, Gomis D, Marcos M, Menard Y, Jan G, Jeansou E, Lyard F, Roblou L (2004) Ibiza absolute calibration experiment: survey and preliminary results. Mar Geod 27, No 3–4, pp 657–681

[12] Moshiri M.H. Islamic Republic Of Iran National Report OF Iran Jun 2007. Technical Deputy Of Hydrographic Department Of National Cartographic Center Of Iran, NCC.

[13] Pavlis EC, Stelios P, Mertikas P, the Gavdos team (2004) The Gavdos mean sea level and altimeter calibration facility: results for Jason-1. Mar Geod 27, No 3–4, pp 631–655

[14] PO.DAAC, (1996) “PO.DAAC Merged GDR (TOPEX/POSEIDON) Users Handbook “JPLD-11007, NOVEMBER.

[15] PO.DAAC, A. a. (2008).userhandbook,IGDR and GDR Jason Products. NASA and CNES

[16] Watson, C.S., N. White, R. Coleman, J. Church, P. Morgan, and R. Govind. 2004. TOPEX/Poseidon And Jason-1: Absolute calibration in Bass Strait, Australia. *Marine Geodesy* 27(1–2):107–131.

[17] Watson, C.S, Neil White, John Church, Reed Burgette, Paul Tregoning and Richard Coleman 2011. Absolute Calibration in Bass Strait, Australia:TOPEX, Jason-1 and OSTM/Jason-2 *Marine Geodesy*, 34:242–260,