



سازمان نقشه برداری کشور

سازمان برنامه و بودجه کشور

سازمان نقشه برداری کشور

مدیریت آبنگاری و امور جزرومدی

دستورالعمل پایش تراز دریا (جزرومد سنجی)

مدیریت آبنگاری و امور جزرومدی

آبان 1402

پیشگفتار:

چگونگی ایجاد ایستگاههای پایش تراز دریا، توسعه و نگهداری آن و جمع آوری، پالایش و آنالیز داده ها نیازمند دانش تخصصی و تجربه بوده و باید با دقت و حساسیت بالا انجام شود. اندازه گیری تغییرات تراز دریا با توجه به تاثیر آن بر فعالیت های ساحلی از سابقه تاریخی زیادی در جهان برخوردار بوده و از همین رو، شبکه های پایش تراز دریا در دنیا ایجاد و توسعه یافته اند. مشاهدات تراز دریا کاربردهای گسترده ای داشته و شامل هیدروگرافی، تعیین دیتوم ارتفاعی، شیلات، حفاظت از محیط زیست، تعیین حدود و حریم ساحلی، تعیین خطوط مبدأ، فعالیت های مهندسی سواحل و بنادر و ... می گردد. ایستگاههای پایش تراز دریا با توجه به تجهیزات آن و قرار گیری در سواحل در معرض خطاها، آسیب و تاثیر عوامل گوناگون می باشند که باید با ظرافت بالایی شناخته شده و تاثیرات آن بر روی داده ها بررسی شده و در آنالیز داده ها مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است بدون این آگاهی، ایستگاهها به درستی نصب نشده، نگهداری نشده، کنترل نشده و در نتیجه داده های آن به دقت مطلوب نمی انجامد. عوامل دستگای و محیطی موجب میگردد تا نگهداری ایستگاهها نیز با چالش هایی همراه باشد و بنابراین، فرآیند نگهداری از ایستگاهها نیازمند دانش صحیح مبتنی بر ویژگیهای دستگای و تاثیرات محیطی است. اگرچه سازمان بین المللی هیدروگرافی IHO و کمیسیون بین المللی اقیانوس شناسی یونسکو IOC راهنما هایی را به منظور استاندارد سازی مشاهدات و محاسبات در این زمینه منتشر نموده اند ولی بررسی این مجموعه نشان دهنده آن است که این مجموعه ها جامعیت لازم را در این زمینه نداشته و بنابراین، وجود یک دستورالعمل جامع در این زمینه بسیار مورد نیاز است. تهیه کنندگان این دستورالعمل با نگاهی به تجربیات و دستاوردهای مجموعه های خارجی در این حوزه و استفاده از تجربیات و دانش داخلی طی سه دهه گذشته در زمینه اندازه گیری و آنالیز داده های تراز دریا تلاش نموده اند تا مجموعه ای جامع در خصوص چگونگی ایجاد، نگهداری، پالایش داده، کنترل و آنالیز و مدلسازی داده های تراز دریا و جزرومد را فراهم نمایند بطوریکه متخصصین بتوانند با استفاده از این دستورالعمل، امور پایش تراز دریا را به درستی و با دقت و صحت کامل انجام دهند. امید است استفاده از این مجموعه در آموزش نیروهای متخصص در این حوزه و و استفاده از آن در فعالیت های هیدروگرافی و پایش و مدلسازی تراز دریا بتواند ضمن استانداردسازی این فعالیت ها از ناسازگاریهای موجود در زمینه جمع آوری و آنالیز و ارائه داده های تراز دریا جلوگیری کند.

فهرست مطالب

مقدمه:

فصل دوم: تعاریف

فصل سوم: انتخاب محل مناسب برای نصب ایستگاه پایش تراز دریا

3-1- اهمیت مکان یابی برای محل ایستگاه

3-2- معیارهای مهم در مکان یابی ایستگاه

فصل چهارم: نصب و راه اندازی ایستگاه

4-1- بخش های اصلی ایستگاه پایش تراز دریا

4-2- طبقه بندی ایستگاههای پایش تراز دریا

4-3- تایید پل

4-4- ایستگاه شناوری (مکانیکی - الکترومکانیکی)

4-5- ایستگاه آکوستیکی (صوتی)

4-5-1- ایستگاه آکوستیکی با لوله صوتی

4-6- ایستگاه راداری

4-7- سنسور فشاری:

4-8- کنترل کیفیت میدانی ایستگاه

4-9- کالیبراسیون تایدگیج

4-10- نشانه کنترلی ایستگاه:

4-11- شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

فصل پنجم: نگهداری ایستگاه های پایش تراز دریا

فصل ششم: کنترل ژئودتیکی ایستگاه

6-1- ایستگاههای کنترلی

6-2- مکانیابی ایستگاههای کنترلی

6-3- نحوه نام گذاری ایستگاههای کنترلی

6-4- ساختمان ایستگاه کنترلی (BM)

6-4-1- ایستگاه کنترل سنگی

6-4-2- ایستگاه کنترل بتنی

6-4-3- ایستگاه کنترل دیسکی

6-4-4- ایستگاه پیلار

6-4-5- شناسنامه ایستگاههای کنترل

فصل هفتم: آنالیز و کنترل کیفی داده های تراز دریا

7-1- مقدمه

7-2- کنترل کیفی داده ها

7-1-2- کنترل کیفیت داده های برخط (کنترل سطح صفر)

7-2-2- کنترل کیفیت داده های نزدیک برخط (کنترل سطح یک)

7-3-2- کنترل کیفیت داده های با تاخیر (کنترل سطح دو)

7-3- محاسبه میانگین ساعتی:

7-4- محاسبه میانگین روزانه:

7-5- میانگین ماهیانه و سالانه

6-7- کنترل های تکمیلی

7-7- کنترل دیتوم ایستگاه

8-7- آنالیز هارمونیک و مدل جزرومد

9-7- محاسبه سطوح جزرومدی

10-7- محاسبه چارت دیتوم (CD)

1-10-7- محاسبه چارت دیتوم در آبهای جزرومدی

2-10-7- چارت دیتوم در آبهای بسته

فصل هشتم: فراداده و فرمت داده

1-8- فراداده اطلاعات تراز دریا

2-8- فرمت داده های تراز دریا

فصل نهم: مراجع

پیوست 1: شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

پیوست 2: فرم بازدید و کنترل میدانی ایستگاههای جزرومدی (پایش تراز دریا)

پیوست 3: محاسبه میانگین ساعتی از داده های با نرخ 5، 10، 15 و 30 دقیقه

پیوست 4: فیلترهای 39، 72 و 168 ساعته برای حذف جزرومد و محاسبه میانگین روزانه

پیوست 5: تست های آماری مشاهدات کنترل کیفی

پیوست 6: نمونه فرمت جدول ماهیانه جزرومد

مقدمه:

پایش تراز دریاها و اقیانوسها از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. دریاها نقش بی بدیلی در زندگی بشر و موجودات کره زمین ایفا نموده اند و امروزه نیز زندگی بشر و موجودات کره زمین متاثر از آن است. وجود منابع و ذخایر عظیمی از انرژی و مواد غذایی و تاثیرات زیست محیطی آن بر روی موجودات کره زمین موجب شده است تا امروزه نگاه خاصی بر دریاها و اقیانوسها حاکم شده و تغییرات آن با دقت و حساسیت بیشتری دنبال شود. از جمله پارامترهای مهم دریاها و اقیانوسها، پارامترهای هندسی و فیزیکی آن است که در هیدروگرافی به آن پرداخته می شود. برداشت هندسه و عوارض بستر و همچنین توپوگرافی سواحل طی عملیات هیدروگرافی به همراه پایش تغییرات تراز آب به منظور تهیه چارتهای دریایی ضمن تامین ایمنی دریانوردی، اطلاعات با ارزشی را به منظور مطالعات دیگر دریایی و ساحلی تامین می نماید که می تواند ضمن استفاده برای توسعه ساحل به منظور های حفاظت محیط زیست دریایی و ساحلی نیز مورد استفاده قرار گیرد. تغییرات تراز دریا به دلایل طبیعی و غیر طبیعی و بررسی دلایل آن می تواند اطلاعات بشر را از کره زمین افزایش داده و تصمیم گیران را در این حوزه یاری نماید. تغییرات سطح لحظه ای آب تحت تاثیر عوامل مختلفی است که عمده آن جزرومد ناشی از ماه و خورشید بوده و از عوامل دیگر می توان به جریانهای دریایی، چگالی آب، شکل بستر، فشار هوا، باد و افزایش سطح آب ناشی از گرمایش زمین اشاره نمود. سطح متوسط دریا که از آنالیز اطلاعات این ایستگاهها بدست می آید بعنوان سطح مبنای ارتفاعی کشور مورد استفاده قرار می گیرد.

در صورتیکه زمین را بصورت مایع فرض کرده و از خشکی ها و اصطکاک بستر صرف نظر نماییم، جزرومد با توجه به وجود ماه و خورشید و کشش سطحی ایجاد شده توسط نیروهای جزرومدی بصورت کشیده در امتداد ماه و خورشید درآمده و میزان جزرومد و زمان وقوع آن به سادگی قابل مدلسازی خواهد بود. ولی جزرومد واقعی در نقاط مختلف کره زمین با توجه به وجود عوامل مختلف دارای پیچیدگی هایی است. اولاً، آب یک مایع با خاصیت ویسکوز است که موجب می شود تا زمان پاسخگویی به نیروهای جزرومدی با تاخیر روبرو شود. همچنین، زمین بصورت یک کره نبوده، سطح آن تماماً از آب پوشیده نشده و آب دریاها و اقیانوسها در همه جا عمیق و یکنواخت نیست. دامنه جزرومد تحت تاثیر اصطکاک بستر دریاها و اقیانوسها و همچنین سایر جریانهای دریایی، شکل ساحل و توپوگرافی بستر دریاها و اقیانوسها می باشد که موجب می گردد تا مولفه های جزرومدی تحت تاثیر این عوامل تشدید و یا تضعیف شوند. بالا و پایین رفتن آب تحت تاثیر جزرومد مطابق با یک نرخ یکنواخت انجام نمیشود. پس از یک جزر، آب به آرامی شروع به افزایش میکند و به حداکثر آن (مد) میرسد. سپس این نرخ کاهشی شده و تا زمان جزر کامل ادامه می یابد. این تغییرات تراز بصورت یک موج سینوسی می باشد ولی شکل موج از نقطه ای به نقطه دیگر متفاوت خواهد بود. با این همه، سه ویژگی مهم جزرومد در هر نقطه عبارتند از: زمان جزرومد، دامنه جزرومد و نوع آن. یک هیدروگراف باید درک کاملی از این ویژگیها داشته باشد تا بتواند بخوبی تصحیحات جزرومدی را بر داده های عمق اعمال نماید.

ماه هر شبانه روز یک بار از نصف النهار محل عبور می کند. این در حالیست که ماه در جهت چرخش زمین دارای چرخشی به دور زمین نیز می باشد و زمین می باید هر روز 1.5 درجه معادل 50 دقیقه بیشتر دوران نماید تا ماه از نصف النهار همان محل عبور نماید. باید توجه داشت که به دلیل وجود سواحل و اصطکاک بستر دریاها و اقیانوسها، زمان وقوع مد کاملاً منطبق با زمان عبور ماه از نصف النهار محل نبوده و با تاخیر زمانی انجام می شود. دامنه جزرومدی بازه تغییرات ارتفاعی تراز دریا و به عبارت دیگر اختلاف تراز دریا در زمان مد از زمان جزر می باشد. این دامنه بصورت روزانه در حال تغییر بوده و صرف نظر از عوامل جوی، ناشی از موقعیت نسبی ماه و خورشید است بطوریکه ماکزیمم دامنه در زمان اسپرینگ (spring) و مینیمم آن در زمان نیپ (neap) مشاهده می شود. وجود زاویه میل استوا نسبت به صفحه اکلپتیک و همچنین زاویه صفحه دورانی ماه نسبت به اکلپتیک، رفتار و مقدار جزرومد را دچار پیچیدگی های بیشتری می کند. جزرومد در نقاط مختلف جهان بصورت روزانه (یک ماکزیمم و یک مینیمم طی یک روز)، نیم روزانه (دو ماکزیمم و دو مینیمم طی یک روز) و یا ترکیبی (دو ماکزیمم و دو مینیمم نسبی طی یک روز) روی میدهد. اگرچه مقدار جزرومد در مناطق باز اقیانوسی در حد متر می باشد ولی به دلیل اثر بستر دریا در مناطق کم عمق ساحلی و همچنین در خلیج ها و خورها تشدید شده و دامنه جزرومدی بالاتری مشاهده می شود. تراز دریا همچنین تحت تاثیر عوامل غیر جزرومدی است. در این خصوص می توان به عواملی همچون سونامی و طوفانهای دریایی، باد، فشار هوا، جریانهای دریایی و تغییرات تراز در خروجی رودخانه ها اشاره نمود. عوامل اقلیمی در آب های بسته تاثیرات شدیدتری دارند و دریاچه ها به همین دلایل مانند کمبود بارش و افزایش تبخیر، تغییرات تراز شدیدتری را تجربه میکنند.

هیدروگرافها باید بتوانند اعماق اندازه گیری شده را تحت هر شرایط جزرومدی به مبنای یک سطح مبنا یا دیتوم منتقل نمایند. یک دیتوم ایده آل جزرومدی حاصل آنالیز داده های تراز دریا به مدت 19 سال می باشد که طول موج بلند تغییرات جزرومدی ناشی از نوتیشن ماه را شامل می شود. دیتومی که عمق ها نسبت به آن مشاهده می شوند دیتوم عمق یابی و دیتومی که اعماق چارتهای دریایی نسبت به آن بر روی چارت درج میشوند چارت دیتوم نامیده می شود. در سواحل ایالات متحده آمریکا، MLLW بعنوان دیتوم عمق یابی و چارت دیتوم تواما استفاده می شود. MLLW از میانگین پایین ترین جزر روزانه در یک دوره 19 ساله بدست می آید. این کشور هم اینک تمامی دیتوم های جزرومدی را نسبت به اپک مرجع 1983-2001 (اپک ملی دیتوم جزرومدی NTDE) محاسبه می نماید. در ایران و همچنین چارتهای انگلیسی از پایین ترین جزر نجومی LAT بر اساس پایین ترین جزر مورد انتظار طی 19 سال بعنوان چارت دیتوم استفاده می کنند که از آنالیز هارمونیک مشاهدات و مولفه های هارمونیک بدست می آید. کاربرد LAT بعنوان چارت دیتوم برای استفاده بین المللی توسط IHO نیز مورد پذیرش است. در مناطقی با جزرومد کم یا بدون جزرومد، دیتوم های دیگری استفاده می شوند. مثلاً در دریای سیاه، از سطح متوسط دریا و در دریاچه های

بزرگ کانادا و آمریکا از دیتوم آب پایین LWD بصورت میانگین ماه هایی که سطح آب پایین است در یک بازه زمانی مشخص استفاده میشود. چارت دیتوم دریای خزر نیز بر همین اساس به مبنای سطح متوسط بندر شهیدرجایی و سیستم IRHS1998 تعیین شده است. توجه شود که این دیتوم کاملا متفاوت از دیتوم ارتفاعی ژئودتیک می باشند. مثلا در آمریکا و کانادا، دیتوم ارتفاعی آمریکای شمالی NAVD88 بعنوان دیتوم ارتفاعی ژئودتیک استفاده میشود. در ایران، دیتوم ارتفاعی یا صفر ارتفاعی کشور بر اساس میانگین تراز دریا (MSL) در ایستگاه پایش تراز دریا واقع در اسکله شهیدرجایی و سیستمهای ارتفاعی بصورت غیر ارتومتریک (IRHS1998) و ارتومتریک (IRHS2014) تعریف شده اند. بدیهی است که MSL به دلیل وجود تاثیرات مختلف بر ژئوئید منطبق نیست. جدایی بین دیتوم ارتفاعی ژئودتیک و دیتوم های تراز دریا از نقطه ای به نقطه دیگر متفاوت بوده و وابسته به شرایط جزرومدی محل می باشد. ایستگاههای پایش تراز دریا به کمک ترازهایی و یا گیرنده های GNSS به شبکه ملی ارتفاعی کشور متصل می شوند. این اتصال کمک میکند تا دیتوم های جزرومدی محلی همواره قابل احیا باشد.

داده های ایستگاههای جزرومد سنجی به منظور تصحیح داده های عمق یابی در عملیات هیدروگرافی مورد استفاده قرار می گیرند. علاوه براین، تغییرات تراز آب مورد علاقه بسیاری از محققان از حوزه های مختلف علوم زمین می باشد. کاربردهای اطلاعات تراز دریا مختصرا عبارتند از:

- هیدروگرافی و تهیه نقشه/چارتهای دریایی
- عبور امن شناورها
- داکینگ و مانور بی خطر شناورها
- ماهیگیری تجاری
- فعالیتهای تفریحی
- امواج طوفان / بالا آمدگی آب
- تشخیص سونامی و متئوسونامی
- مدیریت مناطق ساحلی
- نگهداری بنادرو کانالهای دسترسی
- عملیات مهندسی سازه های ساحلی
- ورودی مدل های دریایی/اقیانوسی

- ارزیابی و اعتبارسنجی مدل‌های عددی اقیانوسی
- درک تاثیر تغییرات بلندمدت تراز دریا بر موجودات و ساکنین مناطق ساحلی
- حدود و حریم دریایی (قراردادها، معاهده ها و تفاهم نامه ها)

اگرچه اندازه گیری تغییرات سطح آب سابقه ای دیرینه دارد ولی مشاهدات دائمی و دقیق در این زمینه از سال 1368 توسط سازمان نقشه برداری کشور به ترتیب در مناطق بوشهر، کنگان، اسکله شهید رجایی و چابهار آغاز گردید. و سپس به ایستگاههای دیگر در جنوب کشور شامل بنادر خرمشهر، امام خمینی، امام حسن ، عامری، طاهری، دیر، لنگه، جزایر کیش و قشم و مجتمع کشتی سازی خلیج فارس گسترش یافت. پایش تغییرات سطح آب دریای خزر نیز در سال 1388 با نصب یک دستگاه در منطقه نکا آغاز گردید. سپس در سال 1391 شش ایستگاه آستارا، بندر انزلی، رامسر، نوشهر، فریدونکنار و بندر ترکمن به این مجموعه اضافه شدند. ایستگاههای جاسک و چابهار تحت عنوان ایستگاههای هشدار سونامی در سواحل مکران نیز امروزه بخشی از شبکه پایش را تشکیل می دهند که از سال 1387 و با همکاری کمیسیون اقیانوس شناسی یونسکو IOC-UNESCO آغاز به کار نموده اند. شبکه ملی پایش تراز دریا (جزرومدسنجی) هم اینک دارای 15 ایستگاه در جنوب و 5 ایستگاه در شمال کشور می باشد که داده های آن بصورت برخط به مرکز ارسال شده و همچنین در سایت سازمان و برنامه کاربردی NCCTIDE نمایش داده می شود. سازمان نقشه برداری کشور همچنین پیش بینی سالیانه جزرومد برای ایستگاههای جنوبی کشور را برای 52 ایستگاه انجام می دهد که این پیش بینی ها نیز از طریق سایت پایش تراز آب دریا به آدرس www.slms.ncc.org.ir و برنامه کاربردی موبایل (اندروید) NCCTIDE در اختیار کلیه محققان و دریانوردان قرار می گیرد.

فصل دوم: تعاریف

ناید گیج: دستگاهی است که به منظور اندازه گیری و ثبت تغییرات تراز آب بدنه های آبی شامل دریاها، دریاچه ها و رودخانه ها بکار می رود. با توجه به تکنولوژی مورد استفاده در این اندازه گیری، این دستگاهها به انواع مختلفی تقسیم می شوند که از این جمله می توان به دستگاههای شناوری، فشاری، راداری و آکوستیک اشاره نمود.

تراز دریا: ارتفاع مشاهداتی سطح دریا در زمان مشخص و نسبت به سطح مبنای تعریف شده

جزرومد: عبارت است از بالا و پایین رفتن دوره ای سطح اقیانوس ها، دریاها، خلیج ها و غیره، به دلیل وجود نیروی گرانشی ناشی از ماه، خورشید و اجرام سماوی دیگر

جزرومد نیم روزانه (semi-diurnal tide): جزرومد با دوره تناوب تقریباً 12 ساعت

جزرومد روزانه (diurnal tide): جزرومد با دوره تناوب تقریباً 24 ساعته

مهکشند (Spring): جزرومد با بیشترین دامنه ناشی از قرارگیری نسبی ماه و خورشید در فاز صفر و 180 درجه نسبت به یکدیگر و یا بعبارت بهتر قرارگیری ماه، خورشید و زمین در یک امتداد (ابتدا و نیمه ماه های قمری)

کاهشند (Neap): جزرومد با کمترین دامنه ناشی از قرارگیری نسبی ماه و خورشید در فاز 90 و 270 درجه نسبت به یکدیگر (روزهای 7 و 21 ماههای قمری)

آنالیز هارمونیک: آنالیز یا تجزیه سری زمانی مشاهدات تراز دریا به مجموعه ای از فرکانسها با دامنه مشخص که میتواند به منظور پیش بینی جزرومد مورد استفاده قرار گیرد.

سطح مبنای چارت دریایی یا چارت دیتوم (CD): سطحی مبنایی است که تمام عمق های نمایش داده شده بر روی چارت های دریایی نسبت به آن بوده و معمولاً پیش بینی ها و سطوح جزرومدی نیز نسبت به آن ارائه میشوند. پایین ترین تراز دریا بعنوان چارت دیتوم در نظر گرفته میشود و عموماً از LAT و MLLW بدین منظور استفاده میشود.

سطوح مبنای جزرومدی: سطوح مختلف تراز دریا که با استفاده از داده های تراز دریا و یا استخراج مولفه های جزرومدی محاسبه و تعریف می شود.

سطح متوسط دریا (MSL): میانگین یا متوسط تراز دریا که از اعمال فیلترهای پایین گذر بر روی مشاهدات ساعتی و یا میانگین گیری تراز دریا در بازه زمانی نسبتاً طولانی (سالانه، 18.6 سال) بدست می آید.

سطح متوسط جزرومد (MTL): تراز دریا که از میانگین گیری MHW و MLW حاصل میشود.

سطح متوسط جزرها (MLW): متوسط ارتفاع تمامی جزر ها در یک بازه زمانی مشخص

سطح متوسط مدها (MHW): متوسط ارتفاع تمامی مد ها در یک بازه زمانی مشخص

سطح متوسط بلندترین مدها (MHHW): متوسط ارتفاع بالاترین مدهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص

سطح متوسط کوتاه ترین جزرها (MLLW): متوسط ارتفاع پایین ترین جزر های روزانه در یک بازه زمانی مشخص

سطح متوسط کوتاه ترین مدها (MLHW): متوسط ارتفاع پایین ترین مد های روزانه در یک بازه زمانی مشخص سطح

متوسط بلندترین جزرها (MHLW): متوسط ارتفاع بالا ترین جزر های روزانه در یک بازه زمانی مشخص

متوسط مد مهکشند (MHWS): متوسط ارتفاع مد ها در هنگام مهکشند در یک بازه زمانی مشخص

متوسط جزر مهکشند (MLWS): متوسط ارتفاع جزر ها در هنگام مهکشند در یک بازه زمانی مشخص

متوسط مد کهکشند (MHWN): متوسط ارتفاع مد ها در هنگام کهکشند در یک بازه زمانی مشخص

متوسط جزر کهکشند (MLWN): متوسط ارتفاع جزر ها در هنگام کهکشند در یک بازه زمانی مشخص

پائینترین سطح جزرومدی نجومی (LAT): پایین ترین تراز دریای مورد انتظار با توجه به ترکیب مولفه های جزرومدی و تحت شرایط نرمال آب و هوایی که آب دریا به ندرت پایین تر از آن قرار میگیرد و با آنالیز داده های بلندمدت تراز دریا محاسبه میشود.

بالا ترین سطح جزرومدی نجومی (HAT): بالا ترین تراز دریای مورد انتظار با توجه به ترکیب مولفه های جزرومدی و تحت شرایط نرمال آب و هوایی که آب دریا به ندرت میتواند بالا تر از آن قرار گیرد و با آنالیز داده های بلندمدت تراز دریا محاسبه میشود.

پائین ترین جزر اقیانوس هند (ISLW): تراز آب پیشنهاد شده توسط جورج داروین برای سطح مبنای اقیانوس هند. این سطح از تفاضل مجموع دامنه مؤلفه های اصلی جزرومدی نیم روزانه ناشی از ماه و خورشید و جزرومدی روزانه ماه و جزرومد ترکیبی ماه و خورشید (M2,S2,K1,O1) از سطح متوسط دریا بدست می آید.

سونامی (tsunami): موج پیشرونده ساحلی که میتوان بسیار مخرب بوده و ناشی از زمین لرزه و یا آتشفشانهای زیر آبی می باشد.

بنچ مارک (BM): بنچ مارک ایستگاه ثابتی است که در ساحل تعبیه می شود. این ایستگاه معرف یک سطح مبنای ارتفاعی یا دیتوم است که مشاهدات تراز آب نسبت به آن سنجیده می شوند. ثبات بنچ مارک با استفاده از تکنیکهای ژئودتیک مورد ارزیابی قرار میگیرد. وجود بنچ مارک به منظور حفظ دیتوم در صورت تغییر تایدگیج و اتصال مشاهدات به شبکه ارتفاعی کشور و تایدگیج های دیگر ضروری است.

بنچ مارک سنگی: بنچ مارکی است که بر روی سنگهای بستر و ریشه دار نزدیک ساحل و یا سطوح بتنی مستحکم و پایدار ساخته می شود (اولویت با سنگ است). بدین منظور یک میله استیل سرگرد (میله ترازیابی) و یا میله چند منظوره بصورت قائم در داخل سنگ یا بتن تعبیه می شود.

بنچ مارک بتنی: بنچ مارکی است که بصورت بتنی و مسلح در ابعاد مشخص و بصورت درجا ساخته شده و میله استیل سرگرد (میله ترازیابی) و یا میله چند منظوره در آن تعبیه می شود.

بنچ مارک دیسکی: بنچ مارکی است که بر روی دیوار ساختمان و یا دیوارهای سنگی و بتنی تعبیه می شود. در این بنچ مارک یک دیسک استیل بصورت افقی داخل دیوار قرار می گیرد.

پیلار: ساختمانی است که بصورت بتنی و مسلح در ابعاد مشخص و بصورت درجا ساخته می شود. پیلار دارای یک ستون بتنی است که میله استیل در انتهای آن به منظور نصب آنتن GNSS تعبیه شده است.

بنچ مارک اصلی (TGBM): بنچ مارکی است (از نوع سنگی، بتنی و یا دیسکی) که در نزدیکترین فاصله تا تایدگیج ایجاد می شود. فاصله این بنچ مارک از تایدگیج نباید بیشتر از 50 متر باشد.

فصل سوم: انتخاب محل مناسب برای نصب ایستگاه پایش تراز دریا

3-1- اهمیت مکان یابی برای محل ایستگاه

اگرچه در بسیاری از مواقع، انتخاب محل قرارگیری تایدگیج بر اساس مکانها و امکانات موجود مانند تاسیسات بندری صورت میگیرد با اینهمه، پارامترها و محدودیت های متعددی در خصوص انتخاب محل بهینه به منظور انجام عملیات پایش تغییرات تراز آب و جزرومد سنجی وجود دارند که انتخاب محل مناسب برای نصب تایدگیج را با توجه به دامنه کاربرد آن مشخص مینمایند. لذا، لازم است تا قبل از نصب یک تایدگیج، این موارد مورد بررسی قرار گیرند. بدیهی است که انتخاب محل نامناسب به منظور نصب تایدگیج میتواند عملاً نتایج مورد نظر از عملیات پایش تغییرات تراز آب را تحت تاثیر قرار داده و یا کلاً غیرقابل استفاده نماید. به عنوان مثال، اگر تایدگیج برای پایش تغییرات تراز آب اقیانوسی انجام میشود، جانمایی و نصب آن می باید با حداکثر نزدیکی به اقیانوس باز انجام شود و مثلاً نصب آن در نزدیکی یک رودخانه اشتباه خواهد بود ولی اگر تایدگیج به صورت موقت و به منظور تعریف چارت دیتوم و تصحیح داده های عمق در عملیات هیدروگرافی نصب میگردد می باید به منطقه مورد عملیات نزدیک باشد. همچنین، نوسانات آب در محل نصب تایدگیج با توجه به تغییر رژیم جزرومدی در منطقه، تغییر شیب دریا و رودخانه و تاثیر وزش باد و خیزاب های احتمالی باید در نظر گرفته شوند.

3-2- معیارهای مهم در مکان یابی ایستگاه

بطور کلی در انتخاب محل نصب تایدگیج عوامل اصلی زیر باید در نظر گرفته شوند:

الف- استحکام و امنیت محل به منظور اطمینان از پایداری تایدگیج، ماندگاری و سهولت نصب

ب- سهولت دسترسی، نگهداری و کالیبراسیون تایدگیج به منظور کنترل عملکرد بهینه دستگاه و حفظ کیفیت داده ها

ج- امکان نصب سنسورهای مورد نظر (مکانیکی، فشاری، راداری ...)

د- هدف اصلی از ایجاد ایستگاه

بدین منظور لازم است تا موارد و محدودیت های ذیل در جانمایی محل ایستگاه لحاظ گردد:

1. انتخاب سازه های پیش ساخته به منظور نصب تایدگیج جزو بهترین گزینه هاست. بدین منظور میتوان از اسکله ها، ستونهای ماهیگیری و شمع پلها و ... استفاده نمود. در غیر اینصورت لازمست تا زمین مورد نظر تا حد ممکن محکم و پایدار باشد (از نوع زمینهای تحت نشست، سست و احیا شده نباشد). همچنین از نصب تایدگیج در مناطق لغزشی ناشی از بارندگی های شدید، فرسایشی ناشی از رودخانه و دریا و مکانهای ناپایدار رسوبی پرهیز گردد. نصب تایدگیج بر روی سنگ بستر در صورت وجود، ایده آل بوده و توصیه میشود.
2. به منظور امکان جمع آوری دراز مدت داده ها می باید محل نصب تایدگیج به گونه ای انتخاب شود که مقاومت لازم را در برابر شدیدترین شرایط محیطی مانند طوفانها، یخ زدگی، دما و رطوبت بالا و ... داشته باشد. واضح است که انتخاب بهینه نوع دستگاه و موقعیت ایستگاه می تواند به پایداری بیشتر ایستگاه و سنسورهای مشاهداتی در برابر شرایط ویژه محیطی کمک نماید. بدیهی است که می بایست از نصب تایدگیج در محلهایی که در معرض شدید عوامل مخرب محیطی و زیست محیطی هستند اجتناب گردد.
3. امکان توسعه بندر و ساخت و سازهای آبی که میتواند بر رژیم جزرومدی محل تاثیر گذار باشد (مثلا ساخت موج شکن ها و باراندازهای جدید) می باید در نظر گرفته شود. این تغییرات میتواند موجب جابجایی تایدگیج شده و سری های زمانی تغییرات تراز آب دریا را منقطع نماید. اگرچه این تغییرات در بنادر معمولا اجتناب ناپذیر است ولی حتی الامکان می بایست در نظر گرفته شود.
4. اگرچه تایدگیج ها عموما میتوانند از باطری به منظور عملیات خود استفاده نمایند ولی امکان استفاده ازبرق شهری یک مزیت است که در مراحل ساخت ایستگاه و همچنین به عنوان منبع تغذیه ایستگاه میتواند مورد استفاده قرار گیرد. امکان استفاده از صفحات خورشیدی (فضای باز) همچنین می باید در نظر گرفته شود.
5. دسترسی به سرویس های مخابراتی (با سیم، بی سیم، موبایل، ماهواره) در ایستگاههای پایش تراز آب بسیار مهم است چراکه امروزه این داده ها با استفاده از سرویس های مخابراتی ارسال شده و به سرعت مورد تحلیل قرار میگیرند
6. ایستگاههای جزرومدی بطور متناوب و به منظور رفع عیب، کنترل و کالیبراسیون مورد مراجعه قرار میگیرند. بنابراین، دسترسی به این ایستگاهها می بایست به آسانی و سهولت برقرار شود.
7. امنیت لازم به منظور جلوگیری از سرقت و خرابکاری می باید تامین شود. لذا، نصب ایستگاه در مکانهای محافظت شده توصیه میشود.

8. در صورت نیاز به ایجاد چاه آرامش یا لوله صوتی در تایدگیج های راداری و فراصوتی، طول لوله باید به حدی باشد که بتواند دامنه تغییرات تراز آب در منطقه را پوشش دهد که این موضوع در اسکله ها و باراندازهای شلوغ نیازمند مجوز از مقامات بندری است. در صورت عدم استفاده از لوله صوتی، انتخاب محلی خلوت و به دور از محل تردد شناورها توصیه میشود.
9. محل ایستگاه باید بگونه ای باشد که امکان نصب بنچ مارکها و پیلارهای لازم در اطراف آن به منظور کنترل های ژئودتیک (ارتفاعی) فراهم باشد. این ایستگاهها باید طوری جانمایی شوند که انجام مشاهدات ژئودتیک امکان پذیر بوده و همچنین در معرض آسیب های محیطی و انسانی نیز قرار نگیرند.
10. عمق آب باید حداقل یک متر زیر پایین ترین جزر نجومی (LAT) باشد تا ضمن اطمینان از خشک نشدن محل تایدگیج، چاه آرامش بتواند بخوبی عمل نماید. در تایدگیج های شناوری اجازه حرکت شناور تا یک متر زیر LAT امکان پذیر باشد..
11. از نصب ایستگاه در حوضه های آبی بسته که در سطوح پایین جزرومدی از دریا جدا میشوند، سدهای ماسه ای و سواحل با شیب و عمق کم اجتناب شود.
12. از نصب تایدگیج در دهانه رودخانه ها تا حد ممکن اجتناب شود. آب رودخانه ها دارای چگالی متفاوت بوده و ضمن تغییر چگالی آب در منطقه در زمانهای مختلف موجب نوسانات چگالی آب میشود. بنابراین، تغییرات چگالی در داخل و بیرون چاه آرامش ایجاد میگردد که این موضوع میتواند مقادیر تراز اندازه گیری شده توسط تایدگیج ها را تحت تاثیر قرار دهد.
13. از نصب تایدگیج در دماغه های تیز و تنگه ها اجتناب شود زیرا رفتار جزرومدی در طول یک تنگه که دو بدنه آبی با رفتارهای متفاوت جزرومدی را به یکدیگر پیوند میدهد، بسیار سریع تغییر میکند. همچنین، در این نقاط جریانهای شدید جزرومدی وجود دارد که موجب افت MSL میگردد. به منظور بررسی دقیقتر تراز آب در طول تنگه ها بهتر است از چندین تایدگیج استفاده شود.
14. از نصب تایدگیج در مکانهایی که احتمال پر یا مسدود شدن مدخل آبیگیری چاه آرامش با لجن و رسوب وجود دارد پرهیز شود. در این خصوص میتوان به محل تلاقی دو آبریز که موجب آشفته گی جریان ها و رسوب میشود اشاره نمود.
15. از نصب تایدگیج در محل عبور شناورها به دلیل ایجاد مخاطرات دریانوردی و همچنین آسیب رسیدن به تایدگیج و همچنین ایجاد تلاطم در سطح دریا و گل و لای ناشی از حرکت پروانه شناورها اجتناب شود.

16. امکان نصب تایدپل (شاخص مدرج) در ایستگاه به منظور کنترل صحت داده های تراز آب و کالیبراسیون داده های آن همچنین کنترل ارتفاعی تایدگیج فراهم باشد. این تایدپل باید بگونه ای نصب شود که در مقابل ضربه های موج و جریانهای آبی مقاوم بوده و به سهولت و در تمام حالت‌های جزرومدی توسط چشم انسان قابل قرائت باشد.

17. از نصب ایستگاه در محل هایی با موج و جریان آب زیاد حتی المقدور خودداری شود، در صورت نیاز و ضرورت چاه آرامش به گونه ای نصب شود که موج و جریان های شدید آب دریا را به حداقل برساند.

18. سازه اصلی مستحکم بوده و دارای نشست ارتفاعی نباشد.

با توجه به موارد فوق بهتر است تا قبل از نصب تایدگیج با متخصصین هیدروگرافی در این خصوص مشورت گردد.

فصل چهارم: نصب و راه اندازی ایستگاه

4-1- بخش های اصلی ایستگاه پایش تراز دریا

ایستگاه های پایش تراز دریا بطور کلی شامل بخش های زیر می باشد:

1- بخش اندازه گیری، ذخیره سازی و ارسال داده شامل دیتا لاگر، سنسور و تجهیزات مخابراتی

2- بخش حفاظتی و پشتیبانی شامل اتاقک، لوله، پایه ها، چاه آرامش، ...

3- بخش تغذیه شامل اتصال برق شهری، پنل خورشیدی، باطری و تجهیزات مربوطه

4- بخش کنترل ارتفاعی شامل BM ها در مجاورت ایستگاه های ساحلی

استفاده از تاییدپل در تمامی ایستگاهها به منظور کنترل و کالیبراسیون داده ها الزامی بوده و در صورت امکان، استفاده از سنسور

دوم در ایستگاهها بعنوان سنسور پشتیبان توصیه میشود. همچنین، توصیه میشود که تجهیزات دیگری مانند بارومتر، دماسنج،

بادنما و گیرنده GNSS نیز در ایستگاهها به منظور انجام مشاهدات محیطی و کنترل جابجایی ایستگاه در نظر گرفته شود.

در صورتی که امکان ساخت اتاقک برای ایستگاه وجود دارد بهتر است تا اتاقک برای نگهداری و محافظت تجهیزات ایستگاه در

برابر عوامل مخرب خارجی ساخته شده و مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که امکان این امر وجود ندارد، تجهیزات در داخل

جعبه فلزی یا پلاستیکی محافظ در برابر نفوذ آب، رطوبت و گرد و غبار قرار گرفته و در محل عبور سیمهای خروجی حتما از گلند

های مخصوص استفاده شود.

پنل خورشیدی میبایست با زاویه تقریباً ۴۵ درجه رو به جنوب نصب گردد تا بیشترین میزان انرژی خورشید را به خود جذب کند.

در نظر داشته باشید که در سواحل شمال کشور به دلیل کمبود تابش آفتاب نسبت به سواحل جنوبی می باید از پنل های

خورشیدی بیشتری استفاده کرد.

اتصالات الکترونیکی بین تجهیزات ایستگاه می باید دقیقاً مطابق دستورالعمل های سازنده تجهیزات انجام شده و منبع تغذیه

مناسب بدین منظور استفاده گردد. لذا، دستورالعمل های مربوطه می باید قبل از نصب تجهیزات و توسط پرسنل مربوطه به دقت

مطالعه گردد. در نظر داشته باشید کوچکترین خطایی در اتصالات میتواند موجب آسیب تجهیزات ایستگاه گردد.

4-2- طبقه بندی ایستگاههای پایش تراز دریا

ایستگاههای پایش تراز دریا با توجه به کیفیت و هدف از ایجاد آنها به صورت زیر طبقه بندی میشوند:

- ایستگاه درجه 3

ایستگاهی که مشاهدات در آن در طول مدت کمتر از یک سال انجام شده و عمدتاً به منظور عملیات هیدروگرافی و یا نیاز به آگاهی از جزرومد در فعالیتهای ساحلی مورد استفاده قرار میگیرند. در مجاورت این ایستگاه حداقل سه بنج مارک می بایست ساخته شود. یکی از این بنج مارکها، بنج مارک اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه ایجاد می شود. دو بنج مارک دیگر در محدوده 500 متری از ایستگاه ایجاد می شوند. حداقل یک بنج مارک باید دارای قابلیت و دید آسمانی مطلوب به منظور مشاهدات ماهواره ای باشد. در این بنج مارک میله چندمنظوره به منظور امکان نصب مستقیم گیرنده ماهواره ای باید در نظر گرفته شود. ایستگاههای موقت باید با انجام ترازبانی حداقل درجه 3 به شبکه ملی ترازبانی کشور متصل شوند. اتصال BM با قابلیت مشاهده GNSS به شبکه ایستگاههای دائمی GNSS کشور و یا ایستگاههای چندمنظور ژئودزی کشور تحت استاندارد ژئودزی درجه یک توصیه می شود.

- ایستگاه درجه 2

ایستگاهی که مشاهدات مستمر در آن بیش از یک سال انجام شده و در واقع یک ایستگاه دائمی پایش تراز دریا می باشد که وظیفه پایش و مدلسازی بلند مدت تغییرات تراز دریا را بر عهده دارد. در مجاورت این ایستگاه حداقل پنج بنج مارک بعلاوه دو پیلار باید ساخته شود. یکی از این بنج مارکها، بنج مارک اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه ایجاد می شود. پیلارها و چهار بنج مارک دیگر در محدوده 500 متری از ایستگاه ایجاد می شوند. پیلارها و حداقل دو بنج مارک باید دارای قابلیت و دید آسمانی مطلوب به منظور مشاهدات ماهواره ای باشند. در این بنج مارکها میله چندمنظوره به منظور امکان نصب مستقیم گیرنده های ماهواره ای باید در نظر گرفته شود. ایستگاههای دائمی و BM ها و پیلارهای کنترلی آن باید حداقل سالیانه با انجام ترازبانی درجه یک به شبکه ملی ترازبانی کشور متصل شوند. پیلارها و BM های با قابلیت مشاهدات GNSS باید سالیانه با مشاهدات GNSS تحت استاندارد ژئودزی درجه یک به شبکه ایستگاههای دائمی GNSS کشور متصل گردیده و تغییرات ارتفاعی آنها کنترل شود.

- ایستگاه درجه 1

ایستگاهی دائمی که وظیفه تعیین دیتوم برای اهداف ملی و پایش و مدلسازی بلند مدت تغییرات تراز دریا با توجه به تغییرات ژئودینامیکی و تغییرات اقلیمی را بر عهده دارد. در مجاورت این ایستگاه حداقل پنج بنج مارک دائمی بعلاوه دو پیلار باید ساخته شود. یکی از این بنج مارکها، بنج مارک اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه ایجاد می شود. پیلارها و چهار بنج مارک دیگر در محدوده 1500 متری از تایدگیج ایجاد می شوند. پیلارها و حداقل دو بنج مارک باید دارای قابلیت و دید آسمانی مطلوب به منظور مشاهدات ماهواره ای باشند. در این بنج مارکها میله چندمنظوره به منظور امکان نصب مستقیم گیرنده های ماهواره ای باید در نظر گرفته شود. استفاده از چند سنسور بطور همزمان برای پایش تغییرات تراز دریا در این ایستگاه الزامی است. ایستگاههای ویژه و BM ها و پیلارهای کنترلی آن باید حداقل سالیانه باید با انجام ترازبایی درجه یک به شبکه ملی درجه یک ترازبایی کشور متصل شوند. پیلارها و BM های با قابلیت مشاهدات GNSS باید سالیانه با مشاهدات GNSS حداقل 12 ساعته به شبکه ایستگاههای دائمی GNSS کشور متصل گردیده و تغییرات ارتفاعی آنها کنترل شود.

ایستگاههای پایش تراز دریا از نظر روش اندازه گیری و تجهیزات مرتبط با آن دارای انواع مختلفی می باشد که عبارتند از:

- تایدپل
- شناوری (مکانیکی – الکترومکانیکی)
- راداری
- آکوستیکی
- فشاری (با لوله ونت و بدون لوله ونت)
- لیزری
- بویه مجهز به GNSS

در این دستورالعمل، پنج مورد اول مورد بررسی و ارائه قرار میگیرد. امروزه از روش ماهواره ای (ارتفاع سنجی ماهواره ای) نیز بطور گسترده به منظور پایش تراز دریاها و مدلسازی آن بویژه در مناطق فراساحلی استفاده میشود که این مورد خارج از حوزه مورد

بررسی در این دستورالعمل است. توجه شود که امروزه با توجه به استفاده همزمان از حسگرهای مختلف، ایستگاههای ترکیبی یا چند حسگره وجود دارند و بنابراین یک ایستگاه ممکن است ترکیبی از حالت‌های فوق را در خود داشته باشد.

4-3- تایید پل

نوع ساده اندازه گیری جزر و مد می باشد که در آن از یک میله یا شاخص مدرج بر حسب سانتیمتر و یا کسری از آن که بطور عمودی در آب قرار داده شده است استفاده می شود به نحوی که سطح تغییرات آب دریا یا تغییرات جزر و مدی روی آن قرائت میشود. این شاخص اصطلاحاً تاییدپل نامیده میشود.

یک تایید پل جزر و مدی معمولاً یک الوار چوبی بلند با مقطع مستطیل است. طول تاییدپل با توجه به دامنه جزرومد انتخاب میشود بطوریکه در مناطق با دامنه جزرومدی کم میتوان از شاخصهای ترازیابی بدین منظور استفاده نمود. تایید پل بصورت طولی با فواصل یک سانتیمتری (و یا کسری از آن) درجه بندی شده و باید به فواصل 10 سانتیمتری به منظور سهولت مشاهده و اجتناب از اشتباه در قرائت، تغییر رنگ داشته باشد.

جهت راحتی قرائت تایید پل در شب، میتوان از نوار شبرنگ بر روی تقسیمات آن و رنگهای مختلف برای درجه بندیهای کامل زوج و فرد و تقسیمات کوچکتر آنها استفاده کرد. یک چراغ قوه قوی یا چراغ سیگنالی برای خواندن تاییدپل در شب مورد نیاز است.

دیتوم (صفر) تاییدپل: تاییدپل های جزر و مدی را طوری نصب می نمایند که سطح صفر درجه بندی آنها پایین تر از حداقل جزر نجومی یا سطح مبنای چارت (CD) قرار گیرد بطوریکه سطح آب هیچگاه پایینتر از صفر تایدگیج قرار نگیرد. صفحه افقی گذرنده از صفر تاییدپل، دیتوم تاییدپل خواهد بود. این دیتوم با ترازیابی از سر تاییدپل (مثلاً اگر طول تاییدپل شش متر باشد، سر تاییدپل دارای ارتفاع 6 متر از دیتوم آن خواهد بود) به BM متصل شده و ارتفاع دیتوم نسبت به BM مشخص میشود.

در صورتیکه سطح مبنایی در منطقه تعیین نشده و هیچگونه اطلاعات جزر و مدی در اختیار نباشد موارد ذیل به منظور تنظیم صفر تاییدپل پیشنهاد میگردد :

- تخمین مقدار مهکشند در محدوده نزدیک به محل مورد نظر از جداول پیش بینی جزر و مدی سازمان نقشه برداری کشور

- تخمین ارتفاع M.H.W.S را از روی نشانه های محلی مانند حداکثر ارتفاعی که در آن علف هرزه رشد کرده ، یا بالاترین سطحی که اشیاء شناور روی آب به ساحل رسیده.

- تنظیم صفر تاید پل زیر سطح تخمین زده شده M.L.W.S
حصول اطمینان از اینکه تاید پل هرگز در هنگام جزر خشک نمی شود، حائز اهمیت است .

جانمایی و نصب تایدپل: در هنگام انتخاب منطقه برای نصب تاید پل جزر و مدی، نکات زیر را بایستی مد نظر قرار داد:

(الف) **نزدیکی به منطقه بررسی:** تاید پل در منطقه کاری باشد (یا خیلی به آن نزدیک باشد).

(ب) **راحتی نصب:** همواره یک سازه محکم و ثابت، مانند پایه یک اسکله ، بهترین انتخاب برای محل نصب است. معمولاً نصب یک تایدپل به وسیله میخ کوبی و یا بستن توسط تسمه به ستون اسکله کاری ساده است.

(ج) **صفر تاید پل نبایستی بطور عادی، خشک شده باشد:** گاهی این اتفاق رخ می دهد که یک محل خاص و مناسب برای یک تاید پل در زمانهایی خشک می شود. چنانچه این سایت مورد استفاده قرار گیرد، بایستی تاید پل دیگری در آب عمیق تر جهت پوشش دادن به سطوح پایین تر جزر و مد، ایجاد شود .

(د) **سهولت قرائت تاید پل:** سهولت قرائت تاید پل در همه مراحل جزر و مد، بسیار الزامی است. این عامل می تواند بخوبی بر صحت ودقت قرائتها تاثیر بگذارد.

(ه) **نزدیکی محل اسکان برای ناظر جزر و مد:** این مورد از اهمیت خاصی در زمانی که دوره مشاهدات طولانی است، برخوردار می باشد. چنانچه مقرر باشد که محل اسکان ناظر جزو مد در خشکی باشد، یک موج شکن یا اسکله محل ایده آل و مناسبی خواهد بود.

(و) **محافظت تاید پل:** به منظور قرائت صحیح و همچنین محافظت آن، تاید پل بایستی در موقعیتی قرار بگیرد که پناهگاهی داشته باشد یعنی تا سرحد امکان دور از تاثیرات دریا و موجهای مرده باشد. یک موقعیت پناهگاهی غالباً می تواند در پشت یک دماغه در یک خلیج کوچک یا خور یا پشت یک ساحل کم عمق یا موج شکن یافت شود.

(ز) اجتناب از آب بسته راکد: آب راکد زمانی رخ میدهد که آب به علت جزر از دریای باز جدا می شود. سطح یک حوضه آب بسته راکد، به سطح واقعی جزر نمی رسد و آب محصور شده و ثابت می ماند. چنین مناطقی که آب در آن راکد می ماند نباد برای ایجاد تاید پل جزر و مدی مد نظر قرار گیرد.

توجه داشته باشید که امکان دارد بسته و راکد ماندن آب فقط در زمان جزرهای بسیار پایین در مهکشند اتفاق بیافتد.

(ح) نزدیکی به نقاط مبنای ارتفاعی (بنچ مارک): حتی الامکان به نقطه یا نقاط شبکه ارتفاعی کشور نزدیک باشد.

(ط) ثبات منطقه: باید از نصب تاید پل در مکانهای ناپایدار، رسوبی و یا در معرض فرسایش تا حد امکان اجتناب کرد.

بهترین حالت آن است که تایدپل در اسکله یا یک سازه دائمی نصب شود. برای نصب تاید پل باید به نکات زیر توجه نمود:

(1) عمودی و شاغول باشد، (در صورت نیاز از گوه استفاده نمایید). اگر ایجاد تاید پل در یک موقعیت عمودی امکان پذیر نبود، زاویه انحراف بایستی اندازه گیری شود تا امکان اصلاح قرائتها بعد از خواندن تاید پل جزر ومد وجود داشته باشد.

(2) تاید پل نباید حرکت کند. بعنوان کنترل باید نقطه نشانه ای را در امتداد محل نصب و در کنار یک ارتفاع معین از تایدپل ایجاد نمود.

(3) روی تاید پل در جهتی نصب شود که به سادگی توسط ناظر جزر ومد خوانده شود.

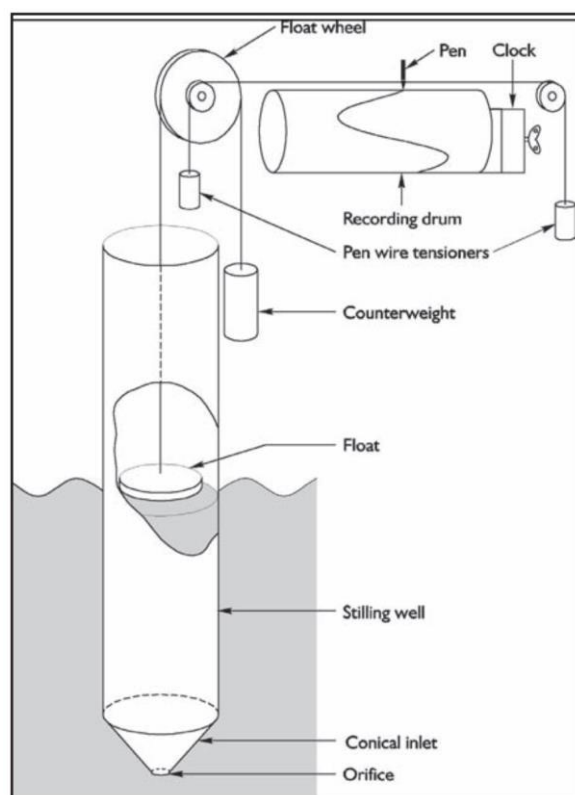
(4) تاید پل به گونه ای نصب شود که بتوان آنرا به راحتی تراز نمود.

(5) تاید پل باید جایی قرار گیرد که برای شناورهای عبوری مزاحمتی نداشته و صدمه ای به آن وارد نشود.

در صورت امکان تاید پل بایستی در زمان جزر نصب گردد و چنانچه در زمان مهکشند (spring tide) باشد بهتر است.

4-4- ایستگاه شناوری (مکانیکی - الکترومکانیکی)

یک جزر و مد سنج مکانیکی به طور معمول ارتفاع جزر و مد را بر حسب زمان روی کاغذ شطرنجی ثبت می کند. زمان از طریق سیستمی الکتریکی و یا مکانیکی مشابه حرکت ساعت تعیین شده و باعث چرخش یک استوانه یا صفحه ای دایره ای شکل می شود، عموماً این سیستم طوری طراحی شده که یک دور کامل استوانه و یا صفحه نشان دهنده 24 ساعت است برای اکثر ثباتها کاغذ مخصوصی ارائه می شود که بر حسب زمان و ارتفاع درجه بندی شده اند. به طور معمول سیستم ثبت ارتفاع توسط یک جسم شناور کار میکند. این جسم شناور در داخل یک لوله یا چاه آرامش قرار میگیرد که مشخصات ویژه ای دارد، حرکت قائم سیستم شناور در داخل لوله توسط یک سیم نازک که حداقل یکبار به دور قرقره (سنسور) دستگاه پیچیده شده انتقال می یابد. انتهای این سیم به یک وزنه تعادل متصل است، این وزنه باید به اندازه ای سنگین باشد که در هنگام بالا آمدن آب قرقره را بچرخاند و در هنگام پایین رفتن آب، سیستم شناور را از آب جدا نکند. هنگامی که آب بالا یا پایین می رود شناور بالا و پایین رفته و تغییرات بر قرقره (سنسور) اعمال می گردد. در این سیستم اصطکاک باید به کمترین مقدار خود برسد در این حالت خاص وزنه تعادل به همان اندازه سیستم شناور بالا و پایین می شود برای انجام حرکت وزنه تعادل در هوا غالباً یک لوله دیگر را به سیستم ضمیمه می کنند که باید کاملاً در مقابل نفوذ آب مقاوم باشد. چرخش قرقره یک قلم سوزنی را توسط یک سیم نازک که به دور قرقره دیگری پیچیده شده و دارای وزنه های تعادلی است، روی استوانه ثبات به حرکت در می آورد. هرچند که معمولاً قرقره دستگاه، قلم را توسط یک سیستم چرخنده ای حرکت می دهد. استوانه ثبات توسط یک سیستم مشابه ساعت حرکت می کند (شکل زیر).



سیستم دستگاه جزر و مد سنجی شناوری

این نوع سنسورها هنوز قسمت بزرگی از شبکه های تایدگیج جهانی را در بر میگیرند و حتی اگر با انواع دیگر تایدگیج جایگزین شده باشند منبع بیشتر برداشتها و دیتاهای قدیمی و تاریخی هستند. پیشرفتهای الکترونیکی و نیاز تبدیل گرافهای کاغذی به اعداد رقومی موجب گردید تا امروزه بخش استوانه گردان و ثبت کاغذی این تایدگیجها با یک سیستم شفت انکودر (مبدل رمز گذار) به صورت رقومی و الکترونیکی جایگزین شود که خروجی آن به دیتالاگر متصل است و بدین طریق ارتفاع آب به طور اتوماتیک به صورت رقومی ثبت می گردد. این سنسور همواره می بایست در محل هایی با سرعت جریان آب پایین نصب گردد و در غیر این صورت اختلال در کار سنسور بوجود می آید.

همانطور که گفته شد سیستم شناور و وزنه دستگاه باید در داخل یک چاه آرامش نصب گردند تا از سرعت جریانات کم کنند. چاه آرامش همچنین عمل فیلتر کردن امواج و نویزهای احتمالی را به عهده دارد به طوری که جزر و مد و روند فرآیندهای با پریود طولانی مدت تر را بتوان با دقت ثبت کرد.

برای نصب چاه آرامش رعایت نکات زیر ضروری است.

- 1- ساختمان چاه آرامش معمولاً لوله ای به اندازه کافی بلند با قطر حدود یک متر می باشد که از بتن یا پلاستیک یا استیل آبکاری شده ساخته می شود که با یک حفره یا لوله با آب دریا متصل می گردد. معمولاً انتهای چاه را به شکل مخروط می سازند که حفره ورودی آب در انتهای آن قرار دارد.
- 2- لوله های چاه آرامش باید از جنسی باشند که با توجه به شوری آب دریا دچار پوسیدگی نشوند و دارای استحکام قابل قبولی باشند. سازه سوراخ ها و تعداد آنها باید به گونه ای انتخاب شود که مادامی که جریان و موج را خنثی می کند سرعت انتقال سطح کافی بوده و جریان آب مسدود نگردد.
- 3- نصب یک ساختمان مناسب روی چاه برای حفاظت چاه و تجهیزات نصب بسیار ضروری است.
- 4- کاملاً به صورت عمودی نصب گردد. برای این کار از یک سازه نگهدارنده مانند دیواره اسکله یا سکو استفاده شود.
- 5- نسبت قطر حفره ورودی چاه با طول و قطر دهانه آن چاه به آن ویژگی یک فیلتر پایین گذر را می دهد. به عبارت دیگر همانند یک فیلتر مکانیکی عمل می کند. بنابراین قطر حفره باید مناسب انتخاب گردد.
- 6- در زمانهای که تایید گیج علاوه بر مشاهدات جزر و مدی به منظور کاربردهای اقیانوس شناسی نیز استفاده میشود باید در روند مشاهدات فرکانس امواج سونامی دقت شود چراکه پاسخ فرکانسی این سیستم برای پریودهای کمتر از 4 ساعت به صورت کامل (100٪) نیست. همچنین استفاده از چاه آرامش موجب تضعیف دامنه و تاخیر فاز در پریودهای کوتاهتر می شود.
- 7- عواملی نظیر تغییر چگالی آب درون چاه و بیرون چاه و تردد شناورها میتواند دقتهای بدست آمده را کاهش دهد.
- 8- کالیبراسیون دقیق به وسیله اندازه گیری آب چاه توسط تایید پل در زمانهای مشخص انجام شود.
- 9- سنسورهای مکانیکی و چاه آرامش هم بعنوان سیستم اولیه و هم پشتیبان در ایستگاه های جزر و مد سنجی استفاده می شود.
- 10- در مکانهایی که به سبب شکل ساحل، پر هزینه و وقت گیر بودن نصب یک چاه آرامش به شکل گفته شده امکان پذیر نمی باشد. می توان از لوله هایی از جنس پلاستیک مستحکم و انعطاف پذیر به عنوان جایگزین استفاده نمود. در این

صورت می توان برای جلوگیری از برخورد شناوری و وزنه تعادل با یکدیگر از دولوله مجزا در کنار هم استفاده کرد که دارای مشخصات زیر می باشد

الف (قطر دهانه لوله دو برابر قطر شناوری دستگاه باشد.

ب) انتهای لوله ها با صفحه ای بسته می شود و کمی بالاتر از قسمت انتهایی لوله مربوط به شناور، حفره ای برای ورود آب تعبیه گردد. این حفره باید بیش از 50 سانتی متر پایین تر از سطح پایین ترین جزرهای ممکن قرار گیرد. بنابر این طول لوله باید به اندازه کافی بلند باشد.

ج) اندازه حفره ورودی بسیار مهم می باشد و باید به اندازه کافی کوچک و مناسب باشد تا سرعت ورود و خروج آب را طوری محدود نماید که تغییر حالت های کوتاه مدت دریا و امواج مرده را بی اثر نموده و نیز مطمئن باشیم که سطح آب داخل و خارج لوله یکسان است. سطح مقطع این حفره برای اکثر دامنه های جزر و مدی تقریباً باید به اندازه 0/01 سطح مقطع لوله (یا قطر آن 0/1 قطر لوله) باشد.

د) حفره بزرگتر باعث بیشتر شدن اثر دریا و موج های مرده خواهد شد اما ممکن است برای دامنه های بزرگ جزر و مدی لازم باشد.

ه) انتهای لوله رسوبها و موجودات ریز دریایی جمع می شوند که هر چند مدت باید قسمت انتهایی لوله تمیز گردد.

سنسورهای شناوری به عنوان قدیمیترین نوع سنسورها اگرچه تحت تاثیر یخ و سایر اجسام شناور قرار نمیگیرند ولی دارای مشکلات ناشی از تجهیزات و لوازم مکانیکی هستند که شامل گرفتگی دریچه؛ اصطکاک و یا گیر کردن شناور و وزنه، عملکرد نامطمئن قرقره و سیم و ... میشود.

4-5- ایستگاه آکوستیکی (صوتی)

این سنسور بر اساس ارسال و دریافت امواج صوتی کار میکند. کافی است این سنسور روی سطح آب توسط یک بازو نصب شود. سپس سنسور امواج را به سطح آب ارسال کرده و با اندازه گیری زمان برگشت پالس منعکس شده از سطح آب می تواند فاصله خود را تا سطح آب اندازه گیری کند و بدین صورت می تواند تغییرات سطح آب را محاسبه نماید. این سنسور می تواند مستقیماً و

در فضای باز به صورت عمودی بالای سطح آب نصب گردد. جهت اطمینان از عملیات پیوسته و قابل اطمینان سنسور، می توان آن را در به منظور حفاظت از تجهیزات و کاهش نویز در چاه آرامش نصب نمود.

سرعت صوت در هوا بسته به رطوبت و دما متغیر می باشد (حدود 17٪ در هر یک درجه سانتی گراد). برای رسیدن به دقت مناسب در اندازه گیری سطح آب باید تدابیری در نظر گرفته شود. مشاهده دمای هوا به منظور تصحیح سرعت صوت توصیه می شود.

روش دقیق تر تصحیح با استفاده از یک بازتابنده (رفلکتور) صوتی در یک سطح ثابت در ستون هوا صورت می گیرد. با در نظر گرفتن بازتاب از بازتابنده ثابت، تغییرات سرعت صوت ما بین مبدل (ترانسدیوسر) صوتی و بازتابنده ثابت به صورت مستقیم بدست می آید. برای بدست آوردن تصحیحات کامل به تعدادی از بازتابنده های ثابت که محدوده کامل جزر و مد را پوشش می دهند نیاز می باشد. اما هیچکدام از سنسورهای صوتی شناخته شده این امکان را ندارند.

سنسور آکوستیکی نباید به هیچ عنوان با آب برخورد کند زیرا که دچار مشکل می شود و همواره باید از سطح آب فاصله مشخصی داشته باشد که میزان این فاصله در اطلاعات فنی تولید کننده سنسور موجود است. بنابراین سنسورهای آکوستیکی باید با فاصله مناسب بالاتر از بالاترین مد و موجهای بلند ناشی از طوفانهای دریایی در منطقه نصب شوند.

سنسور آکوستیکی به دو شکل میتواند نصب و مورد استفاده قرار گیرد:

1- جزر و مد سنج آکوستیکی با لوله صوتی

2- جزر و مد سنج آکوستیکی بدون لوله صوتی در هوای باز یا داخل لوله محافظ یا چاه آرامش

در نصب سنسورهای آکوستیک به زاویه انتشار موج (درج شده در کاتالوگ سنسور) توجه شده و از عدم برخورد موج به عوارض جانبی با توجه به ارتفاع و موقعیت سنسور اطمینان حاصل گردد.

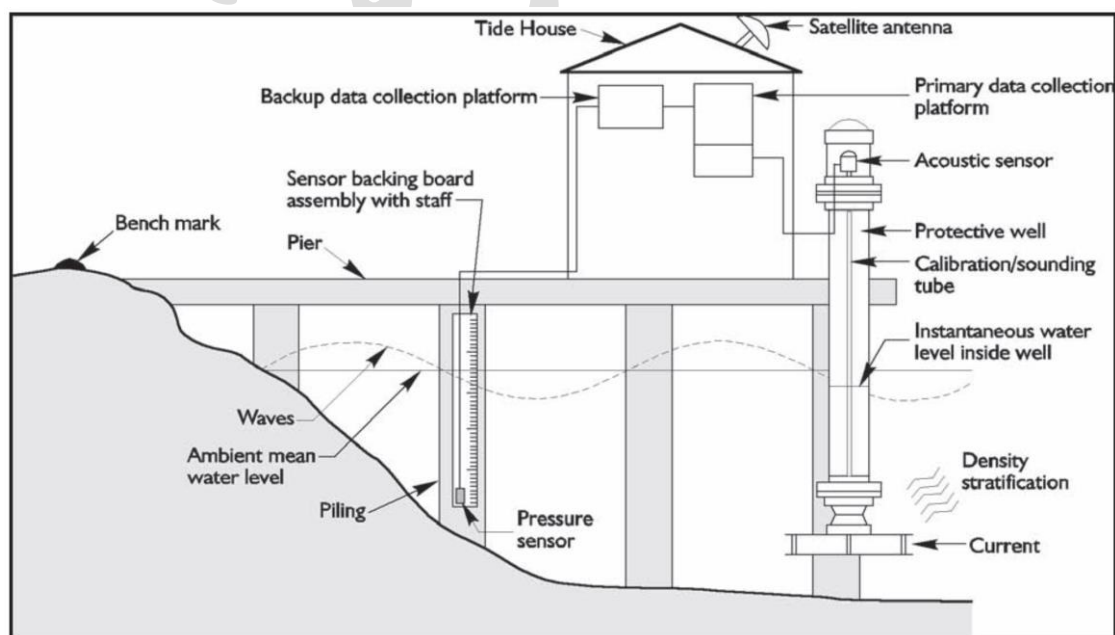
مشاهدات سنسورهای آکوستیک به دمای محیط و گرادیان دما حساس می باشند. (این حساسیت در مورد سنسورهای راداری وجود ندارد). بنابراین مشاهده دما و حتی الامکان گرادیان ارتفاعی دما در این ایستگاهها توصیه می شود.

قایق‌ها، الوارها یا زباله‌های شناور گاهی ممکن است زیر پرتو آکوستیک قرار گرفته و یا از آنجا عبور کنند و موجب خطا در اندازه‌گیری سطح دریا گردند. اجتناب از رخ دادن چنین موضوعی بسیار سخت بوده و باید در مرحله کنترل کیفی داده‌ها به آن توجه نمود. استفاده از یک سنسور فشاری مکمل می‌تواند به کشف و رفع این خطا کمک کند.

پایه‌های نگهدارنده سنسور آکوستیک باید بگونه‌ای باشد که با وزش شدیدترین بادهای لرزشی نداشته باشد. در نظر گرفتن طول و ارتفاع مناسب پایه با توجه به مشخصات فنی سنسور و طول موج ارسالی و زاویه آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

4-5-1- ایستگاه آکوستیکی با لوله صوتی

در این سیستم، موج ضربه‌ای انرژی صوتی در داخل یک لوله صوتی از جنس PVC و به ضخامت 1/2 اینچ به پایین فرستاده و زمان برگشت سیگنال منعکس شده از یک نقطه مرجع کالیبراسیون و از سطح آب اندازه‌گیری می‌شود و دو سنسور دما، افت حرارت دمای پایین لوله را ثبت می‌نمایند و با محاسبه تغییرات سرعت صوت به دلیل تغییر دما، فاصله مشاهده شده مورد تصحیح قرار می‌گیرد. لوله صوتی در داخل یک چاه محافظ PVC به قطر 6 اینچ نصب می‌شود که دارای دو خروجی مخروطی به قطر 2 اینچ برای تامین حدی از آرامش است. چاه محافظ نسبت به چاه آرامش سنتی مورد استفاده در دستگاههای شناوری با دریا بیشتر در ارتباط بوده و امواج را کاملاً فیلتر نمی‌کند. دقت اندازه‌گیری در این روش 3 میلیمتر است.



سیستم آکوستیکی اندازه گیری تراز دریا با استفاده از لوله صوتی و چاه آرامش بعنوان نسل جدید ایستگاههای پایش تراز دریا مجهز به سنسور فشاری و تاییدپل بعنوان سنسورهای پشتیبان و کنترلی

4-5-2- جزر و مد سنج آکوستیکی بدون لوله صوتی

در این روش، سنسور آکوستیکی در لوله صوتی قرار ندارد اگرچه میتواند در چاه آرامش نصب شده باشد. بدین منظور از یک چاه آرامش (لوله پلاستیکی با قطر 25 سانتی متر) میتوان استفاده نمود. این دستگاه در هوای آزاد و بدون چاه آرامش نیز استفاده میشود ولی مشاهدات آن به منظور اندازه گیری تراز دریا، کیفیت بالایی نخواهد داشت.

دستگاههای صوتی در فرکانس 40-50 KHZ کیلوهرتز کار میکنند و دارای عرض پرتو نسبتاً باریک حدود 5 درجه می باشند. علیرغم ادعای تولیدکنندگان در خصوص برد اندازه گیری (حدوداً 15 متر) و دقت 5٪، درصد، تجربیات متضادی از این سنسورها در ایجاد برخی مشکلات برای دستیابی به دقت مندرج در تمام شرایط محیطی می توان یافت. استفاده از این نوع سنسور در کشور ایران نیز نسبت به سنسورهای دیگر با مشکلات و خطاهای زیادی روبرو بوده است.

یکی از مشکلات سیستم صوتی وابستگی سرعت صوت به شرایط محیطی و بویژه دمای هوا است. از سوی دیگر، استفاده از لوله، گرادیان دما را بین ابزار و سطح دریا افزایش می دهند. پیروی از دستورالعمل سازنده دستگاه به منظور نصب سنسور و رعایت حداقل فاصله تا سطح آب به منظور کاهش خطای محیطی و افزایش دقت نهایی داده ها بسیار مهم است.

4-6- ایستگاه راداری

کلمه رادار (Radar: Radio Detection And Ranging) مخفف مسافت یابی و آشکار سازی رادیویی می باشد. اگرچه در ربع قرن گذشته، استفاده از رادار در خیلی از امور بکار گرفته شده است. با اختراع دستگاههای ترانزیستوری نیمه رسانا به عنوان تقویت کننده های میکروویو و رفع نیاز صنعتی برای اندازه گیری مایعات در مخازن، توسعه تایدگیجها (سنجنده های جزر و مدی) امکان پذیر شد.

اگرچه این تکنولوژی نسبتاً جدید است ولی بطور گسترده ای در حال جایگزینی به جای دستگاههای قدیمی بوده و در شبکه های جزرومدی مورد استفاده قرار می گیرد. تایدگیجهای راداری در عملکرد و نگهداری به راحتی سنسورهای صوتی هستند ولی محدودیت سنسورهای آکوستیکی (وابستگی زیاد به دمای هوا) را دارا ندارند. همچنین، نصب و راه اندازی سنجنده های راداری در مقایسه با سایر سیستمها نسبتاً مقرون به صرفه است. علاوه بر این، سیگنالهای خروجی با دیتا لاگرهای موجود سازگار بوده و یا می

توانند به یک شبکه ارتباطی متصل گردند. همانند بسیاری از سیستمهای مدرن تنظیمات آنها با استفاده از یک کامپیوتر قابل حمل قابل انجام است.

در این سیستم، سنسور در بالای سطح آب قرار دارد و فاصله بین این نقطه تا محل تلاقی آب با هوا را اندازه گیری می کند. نموداری از دستگاه در شکل زیر نمایش داده شده است. سنجنده باید به طریقی نصب شده باشد که هیچ محدودیتی یا بازتابنده ای در مسیر پرتو رادار بین سنجنده نصب شده و سطح دریا وجود نداشته باشد. سنجنده باید در ارتفاعی بالاتر از بالاترین سطح مورد انتظار دریا یعنی بالاتر از بلندترین ارتفاع موج مورد انتظار قرار گیرد، به طوریکه از آسیب فیزیکی آن جلوگیری شود.

این سیستم مزیت‌های زیادی نسبت به سیستم های دیگر دارد چرا که سطح دریا را به صورت مستقیم اندازه گیری می کند و اثرات چگالی هوا و تغییرات دمایی ناچیز می باشند. با اینهمه، سیستمهای راداری اگر به صورت مداوم در یک روش نمونه برداری سریع استفاده بشوند ممکن است مصرف برق نسبتا زیادی داشته باشند. این ممکن است استفاده از آن را در بعضی زمینه های کاربردی دچار محدودیت نماید (به عنوان مثال در سیستم هشدار سونامی که مشاهدات بر پایه یک فرکانس بالا در حد یک هرتز مورد نیاز می باشد). در این نواحی ممکن است تایید گیجهای فشاری مناسب تر باشد، گرچه هنوز کار و تحقیق در باره این کاربردهای بخصوص در حال انجام می باشد. سیستم های راداری به طور کلی بصورت ارسال موج پیوسته و یا پالسی (ضربانی) کار می کنند.

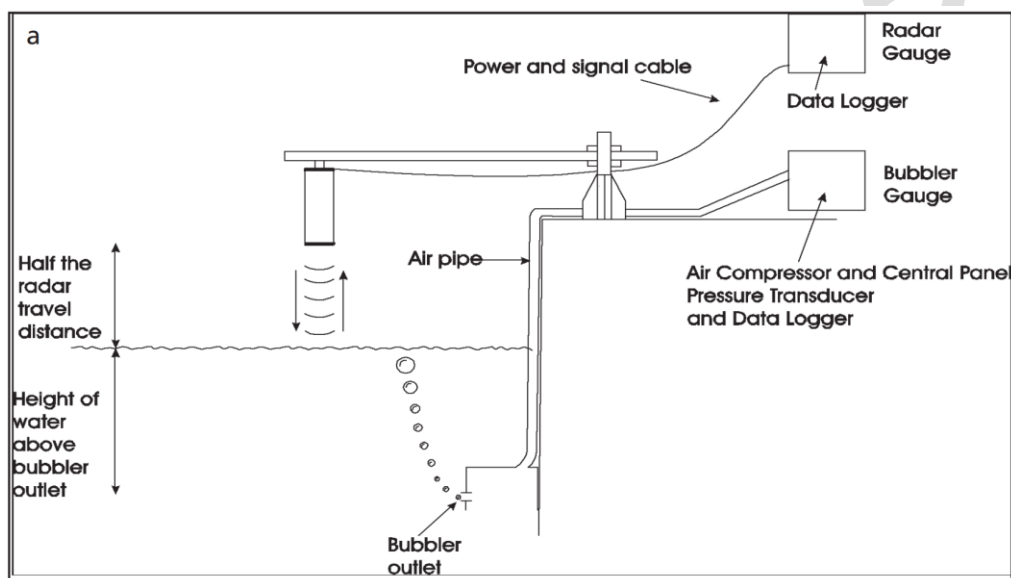
در رادارهای پالسی که عمده دستگاههای مورد استفاده راداری را در بر می گیرد، زمان رفت و برگشت یک موج پالس راداری کوتاه اندازه گیری شده و با ضرب نصف آن در سرعت سیر موج، فاصله سنسور تا سطح آب محاسبه می شود. تاخیر نسبی بین پالسها اجازه می دهد تا اکو بازگشتی قبل از ارسال پالس بعدی دریافت گردد. پالسهای کوتاه تر نتیجه و دقت بهتری را به دنبال داشته ولی نیازمند انرژی بالاتری است. امروزه برخی از رادارها از تلفیقی از موج پیوسته و پالسی استفاده میکنند.

در نصب سنسورهای راداری به زاویه انتشار موج (درج شده در کاتالوگ سنسور) توجه شده و از عدم برخورد موج به عارض جانبی با توجه به ارتفاع و موقعیت سنسور اطمینان حاصل گردد.

پایه های نگهدارنده سنسور باید بگونه ای باشد که با وزش شدیدترین بادهای لرزشی نداشته باشد. در نظر گرفتن طول و ارتفاع مناسب پایه با توجه به مشخصات فنی سنسور و طول موج ارسالی و زاویه آن بسیار حائز اهمیت می باشد.

قایقها، الوارها یا زباله‌های شناور گاهی ممکن است زیر پرتو راداری قرار گرفته و یا از آنجا عبور کنند و موجب خطا در اندازه‌گیری سطح دریا گردند. اجتناب از رخ دادن چنین موضوعی بسیار سخت بوده و باید در مرحله کنترل کیفی داده‌ها به آن توجه نمود. استفاده از یک سنسور فشاری مکمل میتواند به کشف و رفع این خطا کمک کند.

سنسورهای راداری طی دهه اخیر بسیار متداول شده اند ولی این سنسورها مشکلاتی دارند که از آن جمله میتوان به عدم توانایی اندازه گیری تراز دریا در مجاورت یخ و سایر اجسام شناور اشاره نمود.



تایدگیج راداری به همراه سنسور فشاری حبابی

4-7- سنسور فشاری:

اساس کار این سنسور بر مبنای اندازه گیری فشار ستون آب بالای خود می باشد. سنسور همواره در زیر آب در محلی مشخص ثابت شده بطوری که دیگر تغییر وضعیت ندهد سپس با بالا رفتن آب یا پایین آمدن آن و تغییر ارتفاع ستون آب بالای سنسور و در نتیجه تغییر فشار آب، تغییرات تراز آب اندازه گیری می شود. در نصب این سنسور باید در نظر داشته باشد که سنسور همواره می بایست زیر آب باشد و قبل از نصب آن رنج اندازه گیری سنسور از کمپانی یا اطلاعات فنی سنسور مشخص گردد تا دچار آسیب

نشود برای مثال سنسوری که رنج اندازه گیری آن ۲۰ متر ستون آب است قادر به نصب در عمق بالای ۲۰ متر نمی باشد و در صورت نصب آسیب می بیند.

یکی از برتریهای این سنسور نسبت به سایر سنسورها دامنه اندازه گیری وسیع آن می باشد بطوریکه سنسورهای با دامنه مشاهداتی چند صد متر هم اینک موجود می باشند.

سنسورهای فشاری به دو صورت تک سنسور و همچنین بصورت سنسور نوع B (سه گانه) مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به حساسیت سنسور باید توجه کرد که سنسور آزادانه با آب دریا در تماس بوده و مسدود نگردد. در نوع B، سه سنسور مورد استفاده قرار می گیرند. بطوریکه یک سنسور در زیر آب، سنسور دیگری بیرون از آب و سنسور سوم بر روی MSL قرار میگیرد که با توجه به جزرومد در زمانهایی بیرون و در زمانهایی زیر آب قرار می گیرد.

سنسورهای فشاری اگرچه تحت تاثیر اجسام شناور قرار نمیگیرند ولی متاثر از تغییرات فشار هوا و دانسیته آب می باشند. با استفاده از لوله ونت، اثر فشار هوا تصحیح شده ولی اثر تغییرات دانسیته آب کماکان باقیست. مشکل دریافت دستگاه در سنسورهای با کیفیت پایین مسئله دیگریست که باید به آن توجه داشت.

تابدگیج های فشاری در دو نوع با لوله ونت (به منظور حذف اتوماتیک تاثیر فشار هوا) و بدون آن مورد استفاده قرار میگیرد. از آنجائیکه فشار ثبت شده در سنسور فشاری، فشار مجموع ستون آب و اتمسفر می باشد لذا، تاثیر فشار اتمسفر می باید از مشاهده کسر گردد. این عمل در سنسورهای فشاری مجهز به لوله ونت بطور اتوماتیک انجام می شود. در صورت استفاده از سنسورهای فشاری در مناطق فراساحلی بصورت نصب در بستر دریا، نصب بویه و مهار آن به منظور اطلاع از موقعیت دستگاه حتما باید انجام شود.

با توجه به اثر چگالی آب بر فشار آب ثبت شده در سنسورهای فشاری لازمست تا سنسور با توجه به چگالی آب دریا در منطقه مورد استفاده تنظیم گردد. این کار باید در شرایط کاملاً آرام و به روش زیر انجام گردد:

الف) سنسور فشاری را به یک طناب وزنه دار و مدرج ببندید.

ب) سنسور را وارد آب نموده و در عمقی تعیین شده زیر آب و نزدیک سطح آب قرار دهید.

ت) عمق اندازه گیری شده توسط دستگاه و عمق واقعی سنسور در داخل آب را یادداشت نمایید.

ث) سنسور را به میزان بیشتر در آب فرو برده و در عمق های مختلف مقدار ثبت شده و عمق واقعی را یادداشت نمایید.

ج) این عملیات را تا عمقی بالاتر از کمترین جزر منطقه ادامه دهید.

چ) عمقهای اندازه گیری شده با سنسور را در برابر عمق های مشاهده شده بر روی طناب مدرج بر روی کاغذ شطرنجی ترسیم کنید. منحنی حاصل باید خطی مستقیم باشد که از مبدا عبور می نماید. در صورت عدم عبور خط از نقطه مبدا، مقدار بایاس باید به دستگاه معرفی گردد.

تایید گنج های فشاری میتواند بخوبی به منظور مشاهدات موقت جزرومدی در یک منطقه مورد استفاده قرار گیرند. امکان استفاده از این سنسورها در بسترهای نامتعارف (شیب زیاد) و شرایط سخت (نواحی قطبی) و یا مناطقی که در آنجا سازه دریایی وجود ندارد موجب شده است تا این سنسورها نسبت به سنسورهای دیگر که نیازمند سازه پشتیبان می باشند از مزیت برخوردار گردند. البته با توجه به قرار گیری سنسور فشاری در آب، این سنسورها و بویژه دریچه آن به سرعت با جرم پوشیده شده و این موضوع از عمر این سنسورها می کاهد.

در سواحل، سنسورهای فشاری معمولاً داخل لوله های حفاظتی که در کناره دیواره دریا نصب هستند قرار می گیرند و مصرف پایین انرژی در این سنسورها باعث شده تا بتوانند با یک باتری بمدت ۱ الی ۲ سال کار کنند .

مراحل نصب تایدگیج فشاری در مناطق ساحلی :

1) ایجاد ساختمان مناسب جهت ایجاد ایستگاه پایش تراز و قرار گیری تجهیزات در آن، در صورتی که ایجاد ساختمان میسر نباشد از یک اتاقک فلزی پیش ساخته به منظور نصب ایستگاه استفاده شود.

2) تامین لوله بطوریکه طول آن از لبه اسکله تا عمق 1.5 متر پایین تر از پایین ترین جزر منطقه باشد. جنس لوله از پلی کربنات یا چدن باشد. در مکانهایی که تردد بسیار کم صورت میگیرد میتوان از پی وی سی فشار قوی استفاده نمود. قطر لوله باید سه برابر قطر سنسور باشد.

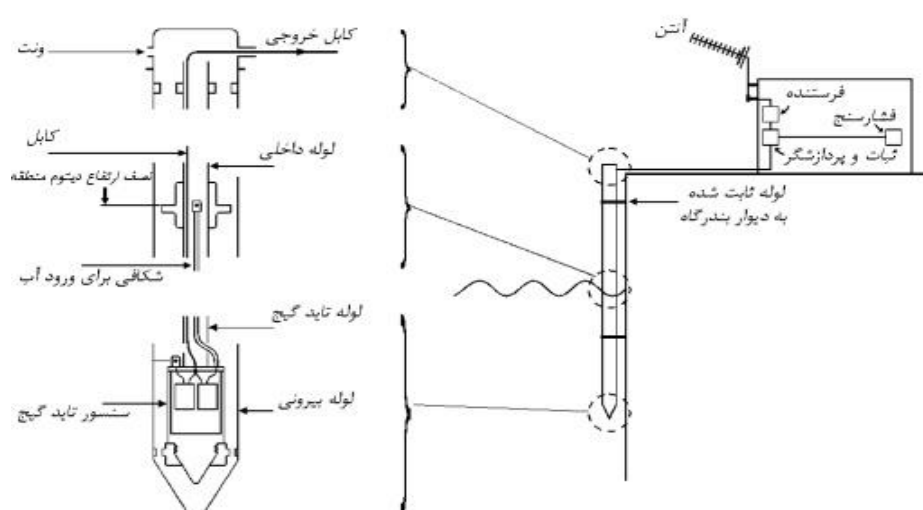
3) انتهای لوله را با در پوش ببندید.

4) از انتهای لوله تا فاصله 30 سانتی متری 4 سوارخ در راستای لوله به قطر 3 سانتیمتر ایجاد کنید.

5) لوله را از فاصله 50 سانتی متر انتها برشی به صورت طولی به اندازه 30 در 10 سانتی متر برزید.

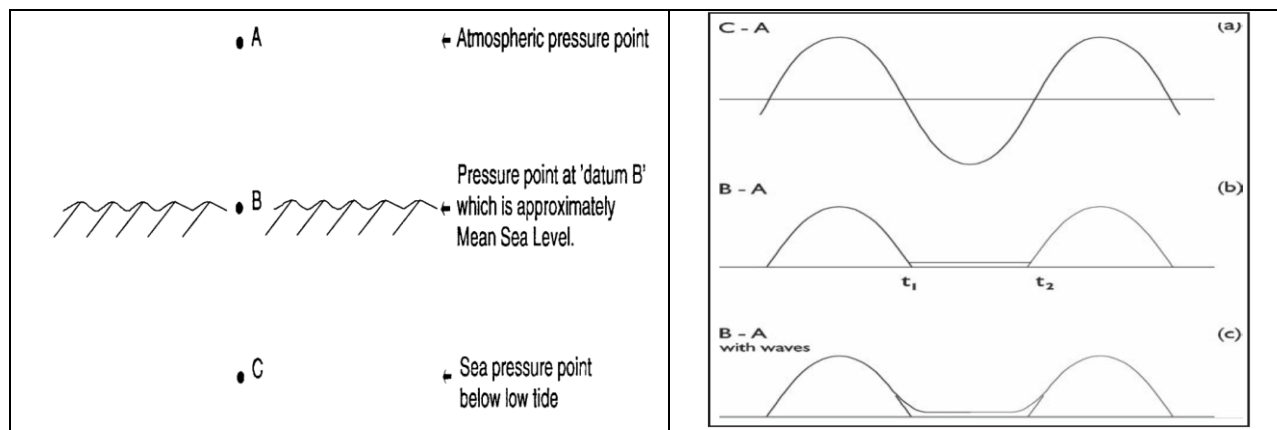
6) پلیتی فلزی به ضخامت 5 میلیمتر به طول و عرض 16 در 36 تهیه نمایید. گوشه های پلیت و مکانهای متناظر بر روی لوله توسط دریل سوراخ شود. همچنین، جانمایی و تثبیت سنسور بر روی پلیت در نظر گرفته شود.

7) پس از نصب لوله در کنار اسکله سنسور را از داخل آن عبور داده شده و سنسور توسط غواص به پلیت بسته شده و سپس پلیت نیز به لوله توسط پیچ بسته می شود.



سنسور فشاری مشاهده مستقیم

محل قرارگیری سنسورهای فشاری از نوع B در شکل زیر نمایش داده شده است. در این نوع تایدگیج از سه سنسور استفاده می شود بطوریکه یک سنسور در زیر آب، سنسور دیگری بیرون از آب و سنسور سوم بر روی MSL قرار می گیرد که با توجه به جزر و مد در زمانهایی بیرون و در زمانهایی زیر آب قرار می گیرد. اختلاف فشار مشاهداتی بین سنسورهای C و A بعنوان فشار ناشی از ستون آب در نظر گرفته شده و به منظور محاسبه ارتفاع ستون آب بالای سنسور C مورد استفاده قرار می گیرد. سنسور B با ترازبایی به BM کنترلی ایستگاه متصل میشود و در واقع نقش صفر یا مبنای تایدگیج را به عهده دارد. بنابراین هرگونه دریافت مشاهداتی در سنسور فشاری قابل کنترل خواهد بود. بدیهی است که فشار وارده بر سنسور B و در نتیجه هرگونه بایاس و دریف مشاهداتی میتواند با دقت بالایی مورد اندازه گیری قرار گیرد. نمودار اختلاف مشاهدات سنسورهای A و B در این سیستم همچنین می تواند به منظور مطالعه میزان موج و تلاطم آب استفاده شود.



محل نسبی سنسورهای فشاری در نوع B و نمودارهای مشاهدات و اختلاف مشاهدات

نصب دستگاه فشاری در مناطق فراساحلی بدون سازه پشتیبان، نیازمند در اختیار بودن تیم غواصی بوده و نیازمند سازه ای فلزی به شکل هرم ناقص در ابعاد مناسب می باشد تا بتواند سنسور را بطور ثابت در بستر دریا نگهداری نماید. نصب بویه های هشدار ضروری بوده و بهتر است در محل عبور و مرور شناورها نباشد.

4-8- کنترل کیفیت میدانی ایستگاه

یکی از متداول ترین برآوردهای کیفیت مشاهدات تراز دریا استفاده از تست وان دکاستیل (Van de Castele) طی بازدید از ایستگاه است. این پروسه شامل مشاهدات تراز دریا با استفاده از ابزار مستقل دیگر که اطمینان کامل به صحت و دقت آن وجود دارد، همزمان با مشاهدات تایدگیج در یک بازه جزرومدی می باشد. دو سری زمانی حاصل سپس به منظور ترسیم یک نمودار مورد استفاده قرار می گیرند بطوریکه مشاهدات مرجع (ابزار مستقل) بر روی محور Y و اختلاف مشاهدات دو سری زمانی (سری زمانی میان مشاهدات مرجع و مشاهدات تایدگیج) بر روی محور X نمایش داده می شوند. با فرض صحیح بودن مشاهدات مرجع و در صورتیکه مشاهدات تایدگیج بدون خطا باشد، نمودار حاصل یک خط به مرکزیت یک مقدار X (ثابت بودن اختلاف بین دو سری مشاهداتی) خواهد بود. در غیر این صورت رفتار نمودار بیانگر خطاهای مختلف دستگاهی خواهد بود که داده را متاثر نموده است. استفاده موقت از یک سنسور کالیبره شده در حین بازدید میدانی در کنار استفاده از تست وان دکاستیل و سایر تست های آماری (وابستگی، بایاس، RMS) کنترل کیفی مناسبی برای ایستگاه خواهد بود. در مواقعی که مشاهدات با نرخ بالاتر (یک ثانیه و بالاتر)

در دسترس باشد (مثلا در سنسورهای راداری)، استفاده از الگوریتم های حذف داده های با اختلاف بیش از دو یا سه برابر انحراف معیار توصیه می شود بطوریکه داده های نهایی در نرخ مثلا 10 یا 15 دقیقه از میانگین گیری از داده های باقیمانده (عبور کرده از تست) محاسبه می شوند.

4-9- کالیبراسیون تایدگیج

کالیبراسیون مقایسه دو سیستم یا وسیله اندازه گیری است (یکی با عدم قطعیت معلوم و دیگری با عدم قطعیت نامعلوم) به منظور محاسبه عدم قطعیت وسیله ای که عدم قطعیت آن نامعلوم است. تعریف دیگری که در ایزو 10012 آمده است کالیبره کردن را چنین معرفی کرده است: مجموعه ای از عملیات که تحت شرایط مشخصی برقرار می شود و رابطه ی بین مقادیر نشان داده شده توسط وسیله اندازه گیری و مقادیر متناظر آن کمیت توسط استاندارد مرجع را مشخص می نماید. دستگاههای اندازه گیری باید به طور دوره ای کالیبره شوند. گذشت زمان، فرسودگی، حوادث غیر قابل پیش بینی، باعث می شوند تا وسیله اندازه گیری از استاندارد خارج شده و نیازمند انجام تنظیمات مجدد باشند.

کلیه تحقیقات بر روی پدیده های مختلف بستگی به اعتبار مشاهدات و اندازه گیری ها دارد لذا کالیبراسیون تجهیزات بسیار ضروری است. کالیبراسیون وسیله هایی که در تحقیقات مورد استفاده قرار می گیرند، عدم قطعیت و کنترل رشد عدم قطعیت را مشخص می نماید و به محقق کمک می کند که به نتایج حاصل از تحقیقات خود اطمینان داشته باشد که این نتایج ناشی از تغییرات واقعی پدیده هاست نه ناشی از عدم درستی در تخمین عدم قطعیت های اندازه گیری است. به منظور کالیبراسیون تایدگیج های ساحلی می توان از مشاهدات تایدپل و یا سنسور دیگری که اطمینان کامل به آن وجود دارد استفاده کرد، کالیبراسیون می تواند توسط یک مدل ساده خطی انجام شود. این مدل خطی را می توان به صورت زیر ایجاد کرد:

$$SLH_{Tide Pole} = \alpha * SLH_{Tide Gauge} + \beta$$

در رابطه بالا ، α مقیاس خطی و β افست عمودی ضرایب کالیبراسیون می باشند. حل روابط بالا با استفاده از روش کمترین مربعات انجام می شود

$$\underbrace{\begin{bmatrix} SLH_{Tide Pole1} \\ SLH_{Tide Pole2} \\ \vdots \\ SLH_{Tide Polen} \end{bmatrix}}_{L_{n \times 1}} = \underbrace{\begin{bmatrix} SLH_{Tide Gauge1} & 1 \\ \vdots & \vdots \\ SLH_{Tide Gaugen} & 1 \end{bmatrix}}_{A_{n \times 2}} \underbrace{\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix}}_{\hat{X}_{2 \times 1}}$$

$$\hat{X} = (A^T A)^{-1} A^T L$$

در رابطه بالا A ماتریس ضرائب ، L بردار مشاهدات و X بردار مجهولات شامل ضرائب کالیبراسیون می باشد. پس از تعیین ضرائب کالیبراسیون، این ضرائب به مشاهدات تایدگیج اعمال می شود.

4-10- نشانه کنترلی ایستگاه:

به منظور اتصال ارتفاعی تایدگیج به نزدیکتری ایستگاه کنترلی (TGBM) لازم است تا نشانه ای در محل مناسبی ایجاد و یا علامتگذاری شود بطوریکه قابل شاخص گذاری بوده و انتقال ارتفاع بین تایدگیج و TGBM توسط ترازیابی مستقیم ممکن گردد. آفت ارتفاعی این نشانه ارتفاعی نسبت به صفر تایدگیج می باید به دقت اندازه گیری شود. همچنین، این نشانه کنترلی می باید در ترازیابی دوره ای ایستگاهها (BM ها) ی کنترلی مورد ترازیابی قرار گیرد. در صورت تغییر ایستگاه و یا اجزای آن در صورت نیاز می باید نشانه کنترلی جدید ایجاد و مورد استفاده قرار گیرد.

- در تایدگیج های شناوری، نشانه کنترلی در لبه اسکله بالای چاه آرامش ایجاد می شود.
 - در تایدگیج های آکوستیکی و راداری، نشانه کنترلی در لبه اسکله محل نصب ایستگاه ایجاد میشود.
 - در تایدگیج های فشاری، در لبه اسکله بالای لوله حاوی سنسور (ها) ایجاد میشود.
- توجه: از این نشانه نباید بعنوان TGBM استفاده شود و ایجاد TGBM بطور جداگانه در نزدیکی محل تایدگیج ضروریست.

4-11- شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

برای هر ایستگاه پایش تراز دریا باید شناسنامه تهیه گردد. شناسنامه ایستگاه می باید شامل موارد زیر باشد:

- 1- اطلاعات مربوط به نصب ایستگاه
- 2- اطلاعات ترازیابی ایستگاه
- 3- نگهداری و تعمیرات ایستگاه
- 4- اطلاعات مربوط به جمع آوری ایستگاه (در صورتیکه ایستگاه جمع آوری شده باشد)

مستندات مربوط به ایستگاه شامل موارد زیر خواهد بود:

- 1- مدارک کالیبراسیون ایستگاه برای هر سنسور مورد استفاده
- 2- اطلاعات پیکره بندی سیستم، تنظیمات آن و فراداده مربوطه
- 3- نقشه یا چارت دریایی که محل ایستگاه در آن مشخص شده باشد با ذکر شماره و مقیاس نقشه
- 4- فایل رقومی سازگار با GIS حاوی موقعیت ایستگاه، تایدپل، بنج مارکها و عوارض ساحلی مجاور ایستگاه

5- نحوه دسترسی به ایستگاه

6- تصاویر ایستگاه شامل تصاویر اجزای آن، تاییدپل، سنسورها و و بنچ مارکها در حالتی که مشخصات آن قابل مشاهده بوده

و تمامی عکسها دارای توضیح باشد.

7- شناسنامه بنچ مارکها

8- اطلاعات ترازیبی شامل فرمها، محاسبات و دستگاههای مورد استفاده

9- اطلاعات نحوه محاسبه اختلاف ارتفاعی صفر تایدگیج و بنچ مارکها

قالب شناسنامه ایستگاه را در پیوست 1 این دستورالعمل ملاحظه نمایید.

فصل پنجم: نگهداری ایستگاه های پایش تراز دریا

نگهداری شامل برنامه ها، فرآیندها و روشهای اجرایی است که به منظور اطمینان از عملکرد موثر و صحیح تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری تایید گنج انجام می شود. این عملیات پس از فرآیندهای نصب و راه اندازی و ارائه آموزشهای اولیه به پرسنل مربوطه شروع شده و این پرسنل موظفند که با بازدید دوره ای از ایستگاهها و انجام مشاهدات و کنترل های مربوطه، تکمیل چک لیستها و ارائه گزارش عملیات، وضعیت ایستگاه را از نظر عملکردی بررسی نموده، اشکالات موجود را برطرف نموده و در صورت لزوم تعمیرات لازم را انجام دهند تا ایستگاه همواره دارای عملکرد مطلوب بوده و از سرویس خارج نگردد. عملیات نگهداری ایستگاهها بطور خلاصه شامل موارد زیر است:

- تمیز کردن ایستگاه و تجهیزات آن: در بدو ورود به ایستگاه یکی از مسائلی که بیشتر کارشناسها از آن صرف نظر می کنند ولی در عین حال بسیار ضروری است غبار روبی ایستگاه می باشد، گرد و غبار می تواند باعث بروز مشکلات فراوانی برای دستگاهها شود. در نظر داشته باشید با توجه به موقعیت جغرافیایی ایستگاهها گرد و غبار ممکن است وارد سیستم شود و احتمال خرابی دستگاه را افزایش دهد. همچنین وجود لایه ای از گرد و غبار بر روی پنل خورشیدی توان آن را کاهش می دهد و در نتیجه موجب کاهش شارژ باتریها شده و فقدان اطلاعات را به دنبال خواهد داشت.
- تمیز کردن تاید پل: جرمهای روی تایدپل به دلیل قرار گرفتن در آب دریا باید بطور دوره ای تمیز شده و تایدپل قابل قرائت باشد.
- اتاق و یا اتاقک ایستگاه که تجهیزات را در خود جای داده است از نظر فیزیکی و استحکام در حالت مناسب بوده و در صورت نیاز به تعمیرات و رنگ آمیزی باید این عملیات انجام شود.
- لوله های مورد استفاده از نظر پوشیدگی و انسداد با اجسام خارجی هربار چک شد.
- سیم وزنه تاید گنج شناوری بازرسی شده و در صورت معیوب بودن تعویض گردد.
- باتری ها دارای ولتاژ مناسب باشند در صورت لزوم تعویض شوند.
- اطلاعات جمع آوری شده توسط ایستگاه تخلیه گردد.

- مشاهدات هر سنسور حداقل هر سه ماه یکبار با استفاده از داده های سنسور دیگر و یا تایید پل بصورت مشاهدات همزمان ۲۴ ساعته کنترل و کالیبره گردد.
- اتصال ارتفاعی تایدگیج و تایدپل به ایستگاههای کنترلی (BM ها و پیلارها) مجاور آن حداقل هر شش ماه یک بار تحت استاندارد ترازیبی درجه ۳ انجام شود.
- مشاهدات ترازیبی و مشاهدات GNSS ایستگاههای کنترلی (BM ها و پیلارها) و اتصال آن به شبکه های ارتفاعی و ژئودزی کشور حداقل سالی یک بار به شرح مندرج در بند 4-2 انجام شود.
- از ارسال داده به مرکز (در ایستگاههای برخط) اطمینان حاصل شود و در صورت هرگونه مشکل، سیستم مخابراتی با هماهنگی با کارشناسان مرکز داده مورد بررسی قرار گرفته و رفع عیب گردد.

بازدید از ایستگاهها می باید بصورت ماهیانه انجام شده و ضمن تکمیل چک لیست بازدید ایستگاه (پیوست شماره 2)، امور نگهداری، تنظیمات و رفع عیب به شرح زیر انجام شود:

- بررسی وضعیت کلی ایستگاه و اجزای آن
- کالیبراسیون سنسورها و تنظیم آنها روی تراز آب بر حسب MSL یا CHART DATUM
- مشاهدات مستقیم تراز آب بر اساس بازه زمانی پیوست شماره 2 و ثبت آن به همراه مقادیر مشاهده شده توسط دستگاه
- تنظیم تاریخ و ساعت دستگاه
- تخلیه اطلاعات دستگاه و تحویل آن در فرمت مناسب به سازمان
- بررسی ارتباط دستگاه با سرور سازمان (ارسال داده به مرکز و نمایش آن بر روی سرویس SLMS) و شارژ سیم کارتها
- بررسی وضعیت سیم ها
- بررسی وضعیت پنل خورشیدی
- بررسی وضعیت فیزیکی بنچ مارکهای ارتفاعی اطراف ایستگاه
- بررسی وضعیت باتری ها و تعویض آنها در صورت لزوم
- غبارروبی ایستگاه و سنسورها

- بررسی وضعیت لوله ها و کابل سنسور شناور و تعویض آن در صورت لزوم
- اسکراب و رنگ آمیزی اتاقک و جعبه دیتالاگر
- اتصال ارتفاعی (ترازیابی) ایستگاه (سنسور و تایدپل) به بنچ مارک های ارتفاعی اطراف ایستگاه
- ارائه گزارش نیاز به تعمیرات اساسی در صورتیکه تعمیر و رفع عیب دستگاه توسط بازدید کننده امکان پذیر نباشد.

سنسورهای پایش تراز دریا می بایست بلافاصله پس از نصب و بطور ماهیانه مورد کالیبراسیون قرار گیرند. بر اساس این استاندارد، قدرت تفکیک داده ها برای بازه های جزرومدی تا 5 متر، بین 5 تا 10 متر و بالای 10 متر به ترتیب می باید به میزان 1، 3 و 5 میلیمتر باشد. دقت ساعت در دستگاههای جزرومدی می باید در حد بهتر از یک دقیقه باشد. صفر ایستگاههای جزرومدی می باید به تایدپل و بنچ مارکهای کنترلی توسط تراز یابی متصل شود.

به منظور تولید داده های صحیح و قابل اعتماد، انجام کالیبراسیون و تست کالیبراسیون علاوه بر کنترل کیفی ضروریست. کالیبراسیون سنسورها توسط تولید کننده آن انجام میشود و اپراتورها این کالیبراسیون را حین عملیات کنترل میکنند. این کنترل ها به منظور اطمینان از کالیبره بودن دستگاهها ضروریست. این کنترل ها عموماً توسط تولید کنندگان تجهیزات در اختیار کاربران قرار گرفته و کاربران می باید آن را رعایت نمایند.

فصل ششم: کنترل ژئودتیکی ایستگاه

6-1- ایستگاههای کنترلی

دیتوم های جزرومدی دیتوم های محلی هستند و بنابراین وابسته به مکان جغرافیایی هستند که در آن تعریف شده اند ولی دیتوم ارتفاعی کشور یک دیتوم ثابت است که بعنوان سطح مبنای ارتفاعات در نظر گرفته میشود. در ایران، دیتوم ارتفاعی بر مبنای سطح میانگین تراز دریا (MSL) در ایستگاه جزرومدی واقع در اسکله بندر شهید رجایی تعریف شده و سیستم های ارتفاعی غیر ارتومتریک (IRHS1998) و ارتومتریک (IRHS2014) توسط سازمان نقشه برداری کشور (NCC) تعریف شده و مورد استفاده اند. اتصال ایستگاههای جزرومدی به دیتوم ارتفاعی دارای مزیت هایی در زمینه هیدروگرافی و نقشه برداری است که این امر در بسیاری از ایستگاههای موجود انجام شده است. علاوه بر این، لازم است تا ایستگاههای جزرومدی با مشاهدات دقیق و استاتیک GNSS مورد مشاهده قرار گیرند. بنابراین، اتصال ارتومتریک و ژئودتیک ایستگاههای جزرومدی به شبکه ژئودتیک ملی کشور می باید انجام شود.

هر ایستگاه جزرومدی نیازمند یک بنچ مارک ساحلی با ثبات است که باید بطور سیستماتیک نسبت به آن ترازایی شود. در صورت امکان، ایجاد ایستگاه بنچ مارک با قابلیت مشاهدات GNSS بسیار مطلوب خواهد بود و برای ایستگاههای با عمر بالای یک سال، سه تا 5 بنچ مارک می باید ایجاد شود.

ترازایی می باید حداقل از نوع درجه سه بوده و می باید بین سنسورها، تایدپل و بنچ مارکها در هنگام نصب ایستگاه و هر زمان که سنسور مورد سرویس و یا تعویض قرار میگیرد انجام شود. در هر حال، حداکثر هر شش ماه می باید این ترازایی تکرار شده و همچنین در مواقع طوفانهای شدید و زمین لرزه تکرار ترازایی توصیه میشود.

بنچ مارکهای با قابلیت مشاهدات GNSS می باید با گیرنده های دقیق چند فرکانسه ژئودتیک به روش استاتیک مشاهده شوند.

استفاده از آنتن چوکرینگ و یا آنتن ژئودتیک با صفحه زمینی توصیه می شود. بسیار مهمتر است که در روش تفاضلی از آنتن های مشابه استفاده شده و در غیر اینصورت حتما آفست مراکز فاز آنتنها در نظر گرفته و اعمال شود. کابل آنتن حتی الامکان کوتاه بوده و در صورت استفاده از کابلهای بلند حتما از کابلهای مخصوص استفاده شود.

در صورت امکان، مشاهدات آب و هوایی شامل فشار، دما و رطوبت نسبی همراه با مشاهدات GNSS برداشت و ثبت شوند.

6-2- مکانیابی ایستگاههای کنترلی

تمامی بنچ مارکها و پیلارها باید در پایدارترین و ایمن ترین مکان ساخته شوند بطوریکه تحت تاثیر طرحهای توسعه بندر و سایر عوامل مخرب انسانی و فرسایشهای طبیعی قرار نگیرند.

به منظور عمر طولانی یک بنچ مارک، انتخاب موقعیت آن از اهمیت حیاتی برخوردار می باشد به این منظور باید با شناسایی منطقه، محل ایستگاه با توجه به نوع زمین، استحکام، امنیت و دسترسی به محل صورت گیرد.

بنچ مارکها باید در ناحیه اطراف یک ایستگاه پراکنده باشند به این صورت که هر واقعه مورد انتظاری که ممکن است مزاحم یک بنچ مارک باشد، بیشتر از یک بنچ مارک را معیوب یا نابود ننماید. به این معنی که برای مثال در یک تاسیسات ساختمانی نباید بیشتر از یک بنچ مارک نصب گردد. ساختمانهای عمومی نسبت به ساختمانهای خصوصی ارجحیت دارد. بعنوان مثال می توان به سازه های نصب شده در میادین عمومی و پارکها، ساختمان گمرک و ساختمانهای بندری اشاره نمود.

بنچ مارکها در محلهایی که احتمال فرسایش ساحلی و آسیب وجود دارد نباید نصب شوند. به عنوان مثال روی املاک شخصی یا روی سمتی از خیابان که توسعه جاده ای می تواند اتفاق بیافتد و همچنین در محدوده عبور و مرور وسائط نقلیه نباید بنچ مارک نصب گردد.

در مناطق جزرو مدی (tidal zone)، پاشش آب و ضربات امواج از نصب بنچ مارک خودداری شود.

در صورت نصب بنچ مارک در کنار خیابان یا جاده، از دو طرف جاده بصورت متناوب استفاده شود تا احتمال نابودی آن به وسیله تعمیر و یا ساخت و ساز جاده ای به حداقل رسد.

مناطق مرتفع ساحلی دارای اولویت است. سفره های آبی معمولا به سطح مناطق پست نزدیکتر میباشد که موجب افزایش شانس تغییر ارتفاع می شود. نوسانات در مقدار آب در مناطق کم ارتفاع بیشتر می باشد، در نتیجه افزایش شانس تورم و انقباض خاک وجود دارد. این مسئله بویژه در سواحل شمالی کشور باید مد نظر قرار گیرد.

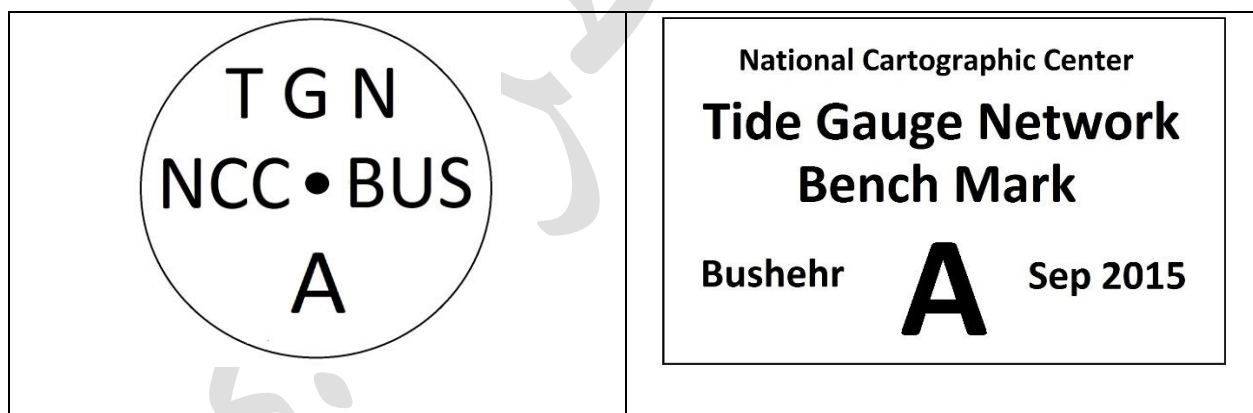
زمینهای شیبدار به طور بالقوه بی ثبات هستند و از نصب بنچ مارک در اینگونه مناطق باید اجتناب شود.

در صورت استفاده از ایستگاه به منظور مشاهدات ژئودتیک ماهواره ای می بایست ایستگاه با فاصله مناسب از خطوط برق و مخابرات ایجاد شود.

6-3- نحوه نام گذاری ایستگاههای کنترلی

برای شناسایی پنج مارکها نام ایستگاه در سه سطر در جهت شمال مغناطیسی به صورت زیر حک میشود.

در سطر اول سه حرف TGN مخفف عبارت Tide Gauge Network نوشته می شود. در سطر دوم و در دو طرف میله وسط ابتدا در سمت چپ حروف موسسه مجری (به عنوان مثال NCC) سپس سه حرف مخفف شهر ترجیحا سه حرف اول نام شهر یا منطقه محل نصب پنج مارک نوشته می شود. در وسط سطر سوم حروف الفبای انگلیسی به ترتیب از A تا Z به نشانه تعداد پنج مارکها باید نوشته شود (از حروف I و O به علت احتمال اشتباه با اعداد 1 و 0) استفاده نشود. در صورت تخریب و بازسازی یک پنج مارک نامگذاری مجدد با استفاده از یک حرف جدید بر اساس حروف تخصیص داده شده به مجموع پنج مارکهای قبلی انجام شده و نام قبلی حذف میشود (از نام قبلی برای ایستگاه بازسازی شده استفاده نشود). در پنج مارک بتنی این ترتیب نام گذاری بر روی بتن (بوسیله شابلون) حک گردد. نام ایستگاه در پنج مارکهای سنگی و دیسکی و پیلار به شکل زیر باید بر روی لوح فلزی ضد زنگ (برنج یا آلومینیوم) به ابعاد 20 در 30 سانتیمتر حک گردد. لوح فلزی می بایست در نزدیکترین فاصله به ایستگاه نصب گردد. شکل زیر نحوه نگارش مشخصات BM روی بتن و لوح فلزی را برای ایستگاه TGN-NCC-BUS-A نشان می دهد.



سمت چپ: نمای ساختمان بتنی از بالا مربوط به اولین ایستگاه تایدگیج بندر بوشهر متعلق به سازمان نقشه برداری کشور (NCC)

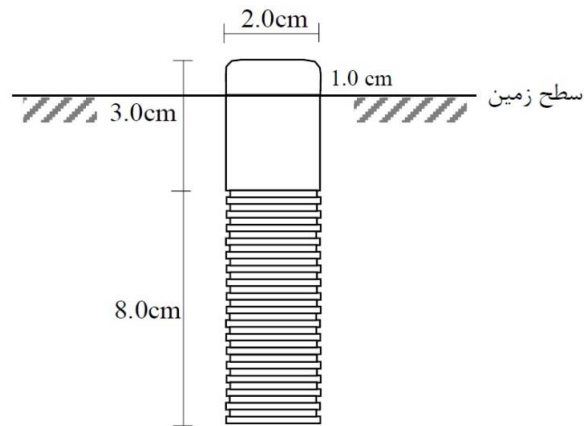
. سمت راست: نحوه نگارش لوح فلزی مشخصات ایستگاه

6-4- ساختمان ایستگاه کنترلی (BM)

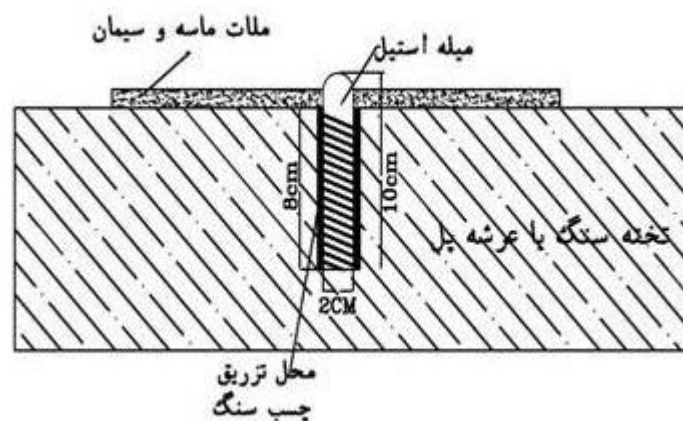
ایستگاههای کنترلی (بنج مارک BM) با توجه به نوع ساخت آن شامل سنگی، بتنی، دیسکی و پیلار می باشد که نحوه ساخت هر یک در زیر توضیح داده میشود.

6-4-1- ایستگاه کنترل سنگی

- روی عرشه پل، کف اسکله و در نواحی سنگی و صخره‌ای (سنگ‌های ریشه‌دار، مقاوم و غیر ورقه‌ای) می‌توان برای ساخت ایستگاه مبنایی مستقیماً از میله استیل استفاده نمود. ساختمان این بنچ مارک شامل میله استیل سرگردی است که داخل سنگ بستر یا سطوح مستحکم بتنی قرار می‌گیرد. استفاده از سطوح پیاده روها، کف خیابان و دیوارهای دریایی کوچک به دلیل استقامت کم این ساختمانها در مقابل رطوبت و تنش‌های وارده مجاز نیست.
- این میله، دارای طول 10 و قطر 2 سانتیمتر و از جنس استیل 316 (ضد زنگ و اسید) می‌باشد (شکل زیر)

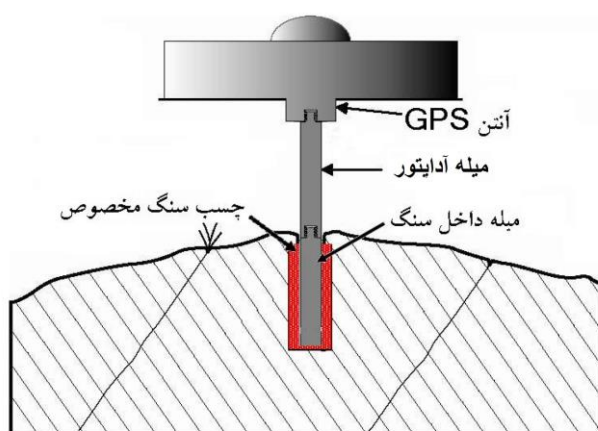


میله ترازبایی سرگرد مورد استفاده در ساختمان سنگی و بتنی



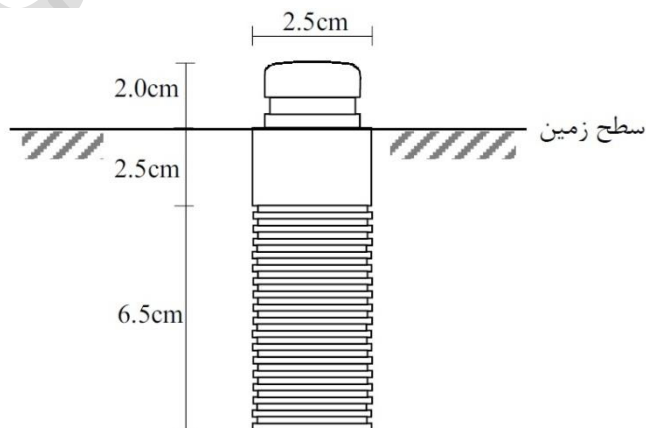
میله استیل نصب شده در ساختمان سنگی یا بتنی

- برای ساخت این نوع بنچ مارک، نخست سوراخی به عمق 8 و قطر داخلی 2 سانتیمتر بر روی کف سنگ یا بتن ایجاد نموده و با تزریق چسب سنگ مرغوب و استاندارد مطابق شکل فوق نصب شود.
- سر میله استیل به میزان یک تا دو سانتیمتر از سنگ یا بتن بیرون قرار می‌گیرد.
- در بنچ مارکهای ایستگاه جزرومدی درجه دو لازمست که دو بنچ مارک دارای قابلیت نصب آنتن GNSS باشد. در این بنچ مارکها از میله استیل چند منظوره بجای میله استیل ترازیابی استفاده می‌شود. بخش فوقانی میله به شکلی است که امکان نصب آداپتور برای نصب مستقیم آنتن GPS را فراهم می‌آورد. (شکل زیر)



میله چند منظوره نصب شده در سنگ یا سطوح بتنی مستحکم به همراه میله آداپتور و آنتن GNSS

- جنس میله چند منظوره نیز از استیل 316 بوده و ابعاد آن در شکل زیر آمده است.



میله اصلی چند منظوره (با قابلیت نصب آنتن GPS و ترازیابی) مورد استفاده ایستگاههای سنگی و بتنی

6-4-2- ایستگاه کنترل بتنی

پس از شناسایی و انتخاب نهایی محل ایستگاه مبنایی (بنچ مارک)، جهت ساخت ایستگاه به ترتیب زیر عمل می‌شود:

- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر 80 سانتیمتر و عمق 120 سانتیمتر حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، کندن آن قدر ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم رسیده شود.
- چاله را به ارتفاع 15 سانتیمتر با بتن مگر^۱ پر نموده و سپس آرماتورهای اصلی و عرضی در وسط آن قرارداده می‌شود.
- آرماتورهای اصلی شامل 4 عدد میلگرد به ارتفاع 105 سانتی‌متر و به قطر 8 تا 10 میلیمتر می‌باشد و آرماتورهای عرضی شامل حلقه‌هایی به قطر 30 سانتیمتر که قطر میلگرد آن 8 تا 10 میلیمتر بوده و تعداد آنها نیز 4 عدد می‌باشد. آرماتورهای اصلی با فواصل مساوی داخل آرماتورهای عرضی مهار می‌شوند.
- پس از خشک شدن بتن زیرین (معمولاً یکروز بعد)
- قالب رپر^۲ استوانه‌ای شکل به قطر 50 سانتیمتر و ارتفاع 115 سانتیمتر را در چاله قرارداده و بتدریج ملات بتن را در آن ریخته و سپس آنرا کوبیده تا پر شود.^۳
- میله وسط رپر در مرکز بتن به صورت عمودی قرارداده شود که حدود 5 میلیمتر از سطح فوقانی رپر بالاتر قرار گیرد.
- میله وسط بتن که به عنوان نقطه ترازبایی مورد استفاده قرار می‌گیرد یک میله استیل ضدزنگ و اسید و رزوه شده به قطر 2 سانتیمتر و طول بیست سانتیمتر است که بخش فوقانی آن بصورت نیمکره درآمده است.
- قبل از جای‌گذاری میلگردها باید اطمینان حاصل شود که رویه آن‌ها از هر نوع عامل و اثر زیانبار از قبیل گل، روغن، قیر، دوغاب سیمان خشک شده، زنگ پوسته شده و برف و یخ عاری باشد.
- به منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود 3 سانتیمتر از سطح بالای قالب رپر با سیمان و ماسه نرم پر شود. البته باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به صورت یکپارچه درآید. نام بنچ مارک همانگونه که در بند نحوه نامگذاری ذکر شد بر روی بتن و به سمت شمال مغناطیسی و به فاصله حداقل سه سانتی متر از لبه های بنچ مارک حکاکی شود.

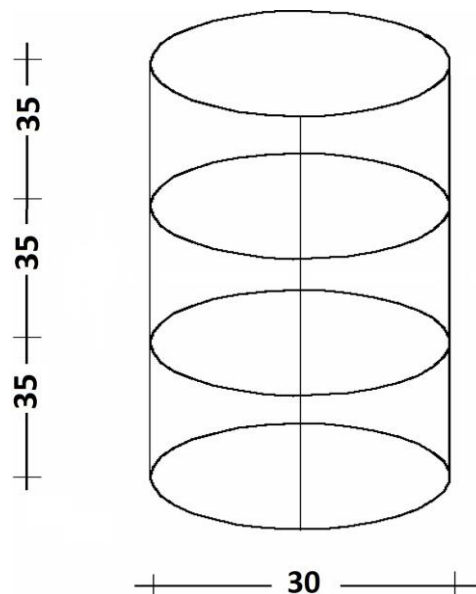
1- بتن مگر، بتنی است که نسبت سیمان و ماسه در آن تقریباً یک به چهار بوده و در ضمن کم آب نیز نباشد.

2- رپر اصطلاحاً به ایستگاه و نقاطی که ساختمان آنها بتنی میباشد اطلاق میگردد

3- بهتر است از یک ویبراتور برای متراکم کردن بتن استفاده شود.

-
- Technical cross-section diagram of a concrete structure. The diagram shows a central vertical column with a diameter of 80 cm, surrounded by a 50 cm wide concrete ring and a 15 cm wide outer layer. The total width is 150 cm. The height of the structure is 130 cm, with a 15 cm base layer. The structure is composed of several layers: concrete (concrete), brick (brick), and a 3 cm thick layer of natural soil (natural soil). The diagram also shows a 5 cm thick layer of concrete (concrete) and a 7 cm thick layer of brick (brick). The labels on the right side of the diagram are: ملات ماسه سیمان (Concrete), میله استیل (Steel bar), آرماتور (Reinforcement), خاک کوبیده شده (Compacted soil), ماسه (Sand), بتن (Concrete), بتن مگر (Grout concrete), and زمین سفت (Hard ground).

برش قائم ساختمان بنچ مارک ایستگاه تایدگیج



آرماتور مورد استفاده در ساختمان بنج مارک بتنی

مصالح مورد استفاده در ساختمان بتنی به شرح زیر می باشد:

- **سیمان:** در مناطق ساحلی کشور با توجه به گرمای هوا، نزدیکی به آبهای شور و همچنین خطر سولفات ها و یونهای کلر، باید از سیمان پرتلند نوع 2 استفاده شود. در سواحل جنوب کشور و به منظور کاهش نفوذپذیری سیمان، بهتر است از سیمان پرتلند نوع 2 همراه با پوزولان یا سیمان های پرتلند آمیخته پوزولانی استفاده شود. رنگ سیمان باید سبز تیره مایل به خاکستری یک دست باشد. پودر سیمان وقتی مابین انگشتان لمس می شود، باید بسیار نرم و صاف باشد و هر گونه زبری و ناهمواری دلیل خرابی و نامرغوبی سیمان است. اگر در کیسه سیمان گلوله های به هم چسبیده وجود داشته باشد، باید به راحتی به وسیله انگشتان نرم شود و در صورتی که نرم نگردد سیمان رطوبت کشیده و خراب است و نباید از آن استفاده شود.

- **مصالح سنگی:** انواع مصالح سنگی با توجه به اندازه آن ها به سه دسته زیر تقسیم می شود:

//ف- ماسه: ماسه به مصالح سنگی گفته می شود که اندازه آن ها بین $0.15mm$ تا $4mm$ باشد.

ب- شن: به مصالح سنگی اطلاق می شود که اندازه آن ها بین $4mm$ تا $20mm$ باشد.

مصالح سنگی که در ساختن بتن استفاده می‌شود باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- از نظر شیمیایی خنثی باشد.
- مصالحی که انتخاب می‌شود دارای خلل و فرج کم بوده و در ضمن سطح آن‌ها زیر باشد.
- باید سطوح آن‌ها تمیز بوده و عاری از گچ، مواد گیاهی، مواد رسی و غیره باشد.
- باید تا حدودی شکل منظم هندسی داشته باشند.
- وزن مخصوص مصالح سنگی حدوداً بین $2.6-2.9 \text{ ton/m}^3$ می‌باشد.
- حداکثر جذب آب سنگدانه‌های درشت $2/5$ درصد و سنگدانه‌های ریز 3 درصد باشد.
- در سواحل خلیج فارس و دریای عمان برای بتن مسلح حداکثر اندازه اسمی سنگدانه بتن بهتر است از 20 میلی متر بزرگتر نباشد و در حاشیه دریای خزر میتوان 5 میلی متر به این مقدار افزود.
- نیمی از شن مورد استفاده از جنس بادامی و نیم دیگر می بایست از جنس نخودی باشد.

- آب: آب جزء بسیار مهم بتن است زیرا با سیمان ترکیب شده و ماده چسبنده بتن را بوجود می‌آورد. آب آشامیدنی، مناسب‌ترین آب برای ساخت بتن است. آب مصرفی در ساخت بتن باید تمیز و صاف و بدون املاح، بی بو و مزه بوده و از مصرف آب حاوی موادی که قادر به صدمه زدن به بتن یا آرماتور باشد از قبیل روغن‌ها، اسیدها، قلیائی‌ها، املاح، مواد قندی، مواد آلی و کلر خودداری گردد. از مصرف آب دریا خودداری شود.

اختلاط بتن بر اساس جدول زیر انجام گیرد.

نسبت وزنی مصالح جهت ساخت ایستگاه بتنی (1 متر مکعب بتن)

منطقه	شن (kg)	ماسه (kg)	سیمان (kg)	آب (kg)	وزن مخصوص بتن (kg/m^3)
خلیج فارس و دریای عمان	990	750	400	160	2300
دریای خزر	1070	725	370	165	2330

در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان حداقل مقدار سیمان یا مواد سیمانی 350 کیلو گرم و حداکثر آن 425 کیلو گرم در متر مکعب بتن می باشد. حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان بعلاوه مواد پوزولانی) برای خلیج فارس و دریای عمان به میزان 0/4 و برای دریای خزر به میزان 0/45 می باشد.

در صورت استفاده از بتن آماده، مشخصات ذیل برای بتن رعایت شود:

- مقاومت بتن معادل 300 برای خلیج فارس و دریای عمان و معادل 250 برای دریای خزر
- نسبت آب به سیمان معادل 0/4 برای خلیج فارس و دریای عمان و معادل 0/45 برای دریای خزر
- عیار سیمان معادل 400 برای خلیج فارس و دریای عمان و معادل 375 برای دریای خزر
- حداکثر قطر سنگدانه معادل 20 میلیمتر برای خلیج فارس و دریای عمان و معادل 25 میلیمتر برای دریای خزر
- اسلامپ بتن معادل 25-50 میلیمتر

حداقل پوشش بتن بر روی آرماتورها باید 7/5 سانتیمتر باشد.

به منظور کاهش نفوذ پذیری بتن و افزایش تراکم آن، بتن ریزی باید در لایه های 50 سانتیمتری انجام شده و استفاده از ویبراتور و ضربه با چکش پلاستیکی به قالب بتن به منظور متراکم سازی بتن ضروری است. مدت زمان استفاده از ویبراتور 3-5 ثانیه می باشد.

در شرایط هوای گرم، رطوبت نسبی کم و سرعت باد زیاد می باشد. این شرایط سبب کاهش کارایی و زمان گیرش مقاومت فشاری و دوام بتن می شود. بنابراین لازم است تا در حد امکان از ایجاد بتن در شرایط هوای گرم (دمای محیط بیش از 30 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از 70 درصد) اجتناب شود.

در صورت ساخت بتن در شرایط هوای گرم (دمای محیط بیش از 30 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از 70 درصد) و مناطق ساحلی جنوبی کشور می بایست ضمن اجتناب از مصرف سیمان زیاد، نسبت آب به سیمان (نفوذپذیری) را کاهش داده و از افزودنیهای کاهنده قوی آب استفاده کرد تا مخلوط بتن از تراکم کافی برخوردار باشد.

یکی از موارد مهم در ساخت بتن ، ایجاد شرایط مناسب برای شروع و تکامل فعل و انفعالات شیمیایی ما بین آب و سیمان می باشد که تا چند روز ادامه دارد.

اگر هوا سرد باشد آب موجود درون بتن دچار یخ زدگی می گردد و اگر هوا گرم باشد آب موجود در بتن تبخیر می گردد لذا برای تهیه بتن مناسب، شرایط محیط طوری انتخاب شود که بتن در فصول مناسب در مناطق مختلف ساخته شود و یا اگر الزاما در شرایطی ساخته می شود که مناسب به نظر نمی رسد شرایط مصنوعی بوجود آید، مثلا از باد شکن در زمان وزش باد استفاده شود یا در شرایط گرم روی بتن با گونی خیس یا سایبان پوشانده شود و به طور مرتب روی آن آب ریخته شود تا آب بتن به تدریج بخار شود. با آب پاشی به روی سنگدانه ها آنها را خنک کرده و یا خنک کردن آب مصرفی با یخ و اگر در هوای سرد بتن ساخته می شود باید طوری اطراف آن را پوشاند که از یخ زدگی جلوگیری به عمل آید.

سنگدانه ها باید کاملا شسته و تمیز شود

استفاده از آب نمکدار به ویژه آب دریا برای شستشوی سنگدانه ها و تهیه و عمل آوردن بتن مجاز نمی باشد

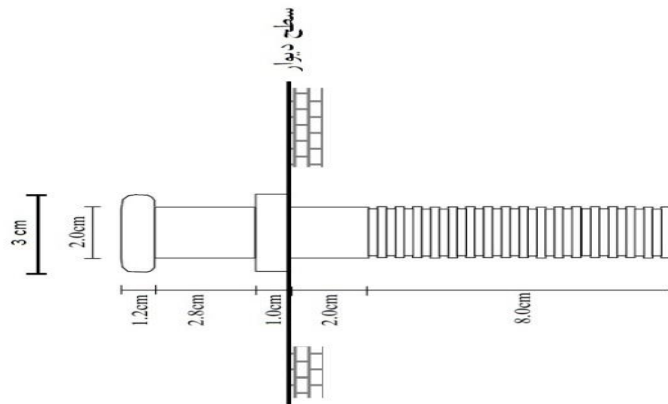
حداقل زمان مراقبت و عمل آوردن بتن (آبرسانی و عایق کاری بتن با پوشش پلاستیکی) در دمای محیط 5°C تا 25°C ، 4 روز متوالی بوده و در دمای بالاتر شامل مناطق گرم جنوب کشور این زمان به 7 روز افزایش می یابد.

اسلامپ بتن باید بین 25 تا 50 میلیمتر باشد.

درجه حرارت مناسب برای ساختن بتن بین 5°C تا 35°C میباشد که در هنگام بتن ریزی هیچ قسمت از بتن نباید دمایی کمتر از 5°C و بیشتر از 35°C سانتیگراد داشته باشد.

6-4-3- ایستگاه کنترل دیسکی

- دیسک های استیل مورد استفاده در ساختمان پنج مارک دارای ابعادی مطابق شکل 9 با طول حدود 15 سانتیمتر و از جنس استیل ضد زنگ و اسید بوده و در دیوار (سنگی، بتنی یا آجری) با ضخامت حداقل 22 سانتیمتر مطابق شکل زیر قرار می گیرد. برای نصب این دیسک، نخست سوراخی به عمق 10 و قطر داخلی کمی بیش از 2 سانتیمتر در دیوار ایجاد نموده و با تزریق چسب سنگ مرغوب و استاندارد نصب شود.



دیسک استیل مورد استفاده در ساختمان دیسکی به منظور ترازایی

- باید توجه شود که اگرچه بیشتر ساختمانها نشست میکنند اما میزان نشست با گذشت زمان کاهش پیدا میکند بنابراین ساختمانهایی برای نصب بنچ مارک انتخاب شوند که بیش از پنج سال از ساخت آنها گذشته است. دیوارهای دریایی کوچک (Seawall) به علت عدم ثبات کافی برای نصب بنچ مارک انتخاب نگردند. به طور معمول ساختمانهای بالای سه طبقه، برجها، پایه پلها مکانهای مناسبی میباشند.
- فاصله دیسک نصب شده با زمین اطراف آن حدود 50 سانتیمتر بوده و حداقل فاصله دیسک با سقف دیوار نباید کمتر از 3/30 متر باشد.
- نام بنچ مارک بر روی لوح فلزی که در بند نحوه نامگذاری گفته شد، حکاکی شود. لوح فلزی میتواند مستقیم روی ایستگاه یا در کنار آن نصب گردد.

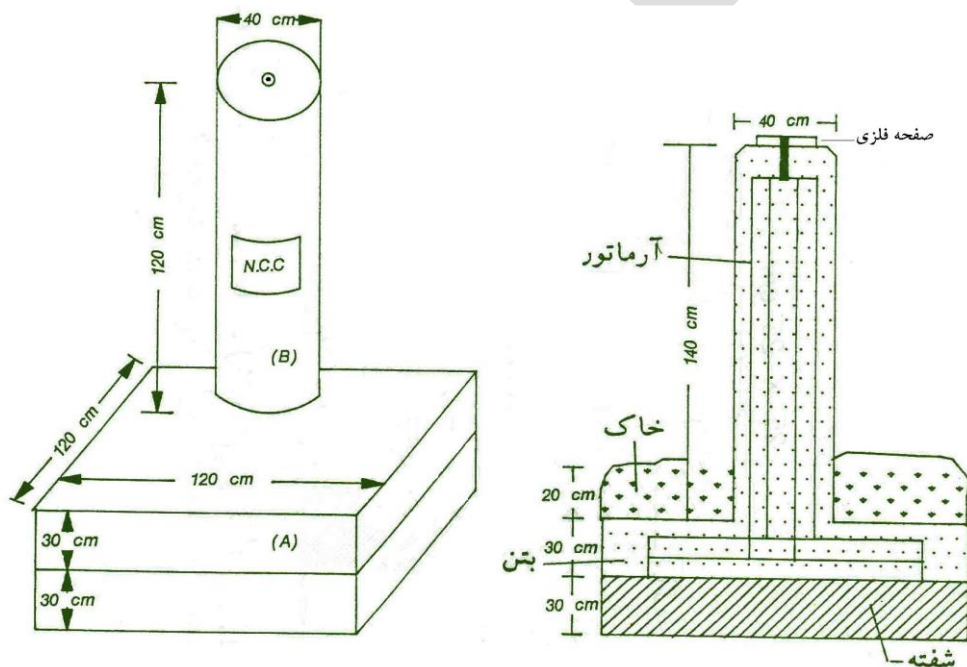


تصویر دیسک استیل مورد استفاده در ساختمان دیسکی

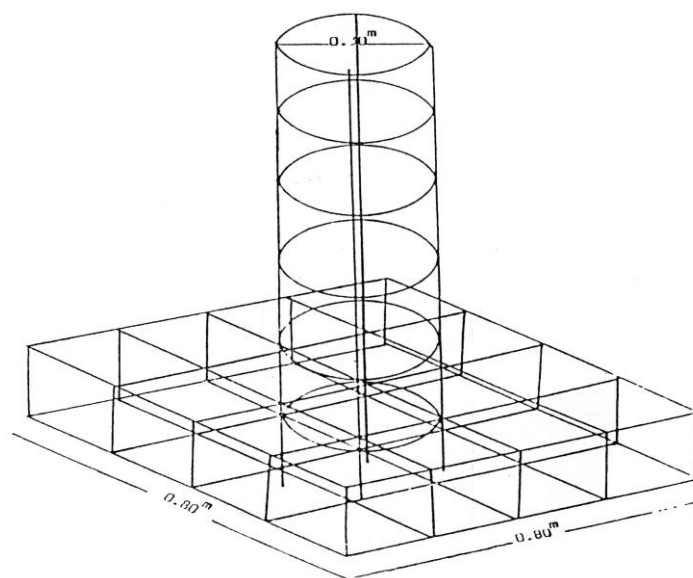
6-4-4-ایستگاه پیلار

ساختمان این ایستگاه بتنی است مسلح با فونداسیون به ابعاد $120 \times 120 \times 60$ سانتی متر که 50 سانتی متر از آن داخل زمین و 10 سانتی متر از آن در خارج زمین قرار دارد و در مرکز آن استوانه ای به ارتفاع 120 سانتی متر و مقطع دایره ای با قطر 40 سانتی متر قرار گرفته است. بر روی مقطع استوانه دیسک استیل به قطر 20 سانتی متر و ضخامت یک تا دو سانتی متر که در مرکز آن یک پیچ که قابلیت بسته شدن ترابراک بر روی آن را دارد، قرار گرفته است، مطابق با استاندارد و دستورالعمل نقاط شبکه مبنایی ژئودزی درجه صفر (به دستورالعمل همسان نقشه برداری (ژئودزی و ترازیابی) (نشریه 1-119 مراجعه شود) می باشد که در شکل های زیر نشان داده شده است.

به منظور مکانیابی و ساختمان اینگونه ایستگاهها باید قبلا نشریه فوق الذکر مطالعه شده و به مفاد آن عمل شود. علاوه بر آن یک میله استیل روی قسمت فونداسیون پیلار در قسمت مناسب جهت انجام ترازیابی تعبیه گردد.



ساختمان ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار



آرماتوربندی ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار

6-4-5- شناسنامه ایستگاههای کنترل

برای هر بنچ مارکی که ایجاد میشود می بایست شناسنامه تهیه گردد. شناسنامه ایستگاههای پیلار بر اساس فرم شناسنامه نقاط ژئودزی ماهواره ای (نشریه 1-119) می بایست تهیه شود. شناسنامه ایستگاههای سنگی، بتنی و دیسکی بر اساس فرم شناسنامه نقاط ترازبایی درجه یک کشور (نشریه 1-119) می بایست تهیه شود. همچنین از مراحل ساخت بنچ مارک باید عکس گرفته شود. در مرحله پایانی از بنچ مارک ساخته شده از دو نمای عمودی و افقی در جهت شمال منطقه عکس تهیه گردد.

فصل هفتم: آنالیز و کنترل کیفی داده های تراز دریا

7-1- مقدمه

کنترل کیفیت داده‌های تاییدگیج یک مساله بسیار ضروری در فرآیند تحلیل و استفاده از این داده‌ها است. مطمئن شدن از دقت، قابلیت اعتماد و صحت داده‌های تاییدگیج بسیار مهم است زیرا این داده‌ها به عنوان یکی از منابع اصلی برای بررسی تغییرات سطح تراز دریا و بررسی وضعیت آن استفاده می‌شوند. در عمل، داده‌های تاییدگیج ممکن است به دلایل مختلفی مانند خطاهای سنسور و خرابی‌های سخت‌افزاری، تغییرات زمین‌لرزه و تغییرات مرجع دچار تغییرات و انحراف شوند. بنابراین، بررسی کیفیت داده‌های تاییدگیج برای تشخیص و رفع این نوع خطاها و انحرافات بسیار ضروری است. فرآیند کنترل کیفیت داده‌های تاییدگیج شامل بررسی جامع و تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها است. لذا با ایجاد سطح بندی میان داده‌ها می‌توان به طور دقیق به بررسی وضعیت آنها پرداخت.

برخی نکات دیگر درباره ضرورت کنترل کیفیت داده‌های تاییدگیج شامل موارد زیر می‌باشد:

1. دقت و قابلیت اعتماد: داده‌های تاییدگیج دقیق و قابل اعتماد برای کاربردهای مختلفی مانند مهندسی ساحلی، ناوبری و مطالعات اقلیمی بسیار حائز اهمیت است. روش‌های کنترل کیفیت داده کمک می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که داده‌های تاییدگیج جمع‌آوری شده بدون خطا است و نماینده‌ی صحیحی از تغییرات جزر و مدی است.
2. تشخیص و اصلاح خطاها: روش‌های کنترل کیفیت داده به تشخیص و اصلاح خطاها یا ناهنجاری‌ها در داده‌های تاییدگیج کمک می‌کنند. این شامل شناسایی و حذف نقاط پرت (اشتباه)، رفع اشکال در سنسورها، و رسیدگی به داده‌های گم‌شده یا ناسازگار است. با شناسایی و اصلاح این خطاها، کیفیت و قابلیت استفاده از داده‌های تاییدگیج به طرز قابل توجهی افزایش می‌یابد.
3. سازگاری و قابل مقایسه بودن داده‌ها: روش‌های کنترل کیفیت، اطمینان می‌دهند که داده‌های تاییدگیج جمع‌آوری شده از ایستگاه‌ها یا در طول بازه‌های زمانی مختلف سازگار و قابل مقایسه هستند. این سازگاری برای انجام تحلیل‌های معنادار، تشخیص روندهای بلندمدت و انجام پیش‌بینی‌های دقیق مرتبط با تغییرات سطح دریا بسیار حائز اهمیت است.
4. اعتبارسنجی و تأیید: کنترل کیفیت داده شامل اعتبارسنجی داده‌های تاییدگیج نسبت به مجموعه داده‌های مرجع است، مانند داده‌های تاییدگیج‌های مجاور، ماهواره‌های ارتفاع سنجی یا مدل‌های اقیانوسی. این فرآیند امکان ارزیابی دقت و قابلیت اعتماد

داده‌های جمع‌آوری شده را فراهم می‌کند، و تشخیص احتمالی تعارضات یا اختلافات را ممکن می‌سازد و اعتماد به نتایج حاصل از تحلیل داده‌های تاییدگیج را افزایش می‌دهد.

5. تحلیل داده بلند مدت: داده‌های تاییدگیج با کیفیت کنترل شده، برای مطالعات بلندمدت و تحلیل روندهای تغییرات سطح دریا بسیار ارزشمند هستند. با تضمین صحت داده‌ها، محققان می‌توانند تغییرات طولانی‌مدت سطح دریا را به طور دقیق تعیین کنند، تأثیرات تغییرات آب و هوا را ارزیابی کنند و تصمیمات مبتنی بر مدیریت و سازگاری ساحلی را اجرا کنند.

6. تصمیم‌گیری و ارزیابی خطر: داده‌های تاییدگیج با کیفیت بالا نقش بسیار مهمی در فرآیندهای تصمیم‌گیری مرتبط با برنامه‌ریزی ساحلی، ساخت زیرساخت‌ها و ارزیابی خطرات احتمالی دارند. با داشتن داده‌های تاییدگیج قابل اعتماد و با کنترل کیفیت، نهادهای ذینفع می‌توانند خطرات مرتبط با افزایش سطح آب، امواج طوفانی و فرسایش ساحل را ارزیابی کرده و تدابیر موثری را در این زمینه اتخاذ کنند.

در ادامه به بررسی مراحل کنترل کیفی داده‌های ایستگاه‌های پایش تراز پرداخته می‌شود.

7-2- کنترل کیفی داده‌ها

خروجی ایستگاههای جزرومدی به منظور محاسبه دیتوم و تصحیح داده‌های هیدروگرافی یک سری زمانی داده‌های تراز آب با فواصل زمانی یکسان مثلاً 5، 10 یا 15 دقیقه خواهد بود. این داده‌ها سپس می‌بایست وارد پروسه کنترل کیفی شده تا داده‌های اشتباه و نامعتبر مشخص شده و تصحیح یا حذف شوند. در این مرحله، داده‌ها از نظر گپ یا خلاءهای اطلاعاتی، ناپیوستگی داده، خطا یا شیفت دیتوم، داده‌های غیر عادی، داده‌های خارج از بازه (کمینه و بیشینه)، روند (ترند)‌های غیر عادی به دلیل دریافت سنسور یا تغییرات ارتفاعی ایستگاه یا بنچ مارک مورد بررسی قرار می‌گیرند.

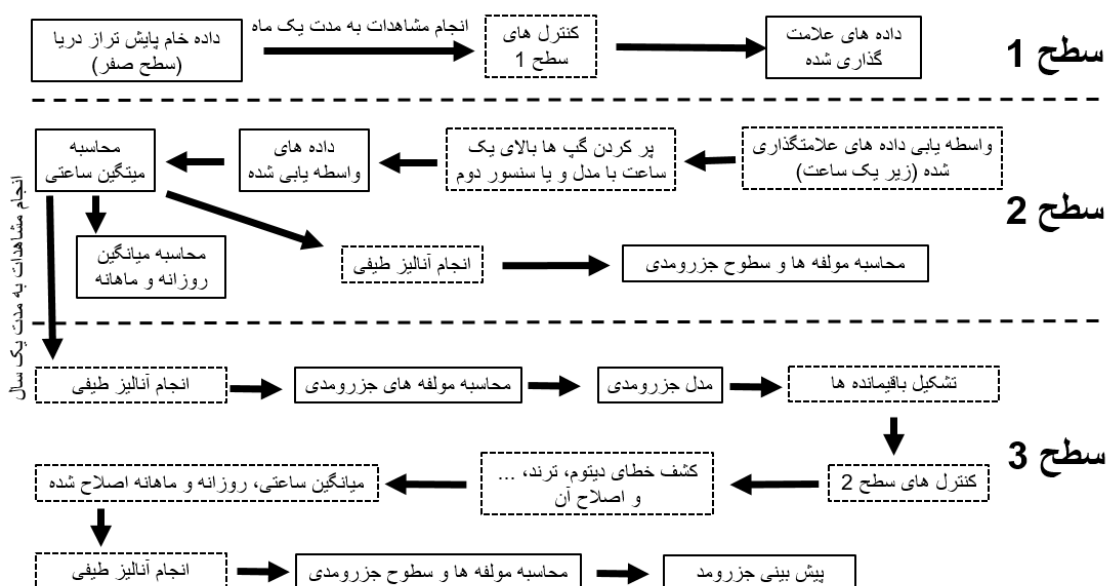
کنترل کیفیت داده‌ها با مقایسه داده‌ها با یکدیگر، دریافت اطلاعات همزمان از سنسور دیگر، جزرومد پیش بینی شده و داده‌های ایستگاههای مجاور انجام می‌شود. ویرایش و پر کردن گپ‌های داده باید تحت رویه‌ها و الگوریتم‌های ریاضی مستند انجام شده و تمامی ویرایش‌ها بر روی داده‌های اصلی باید قابل ردیابی باشد. داده‌های هر ایستگاه باید نسبت به یک دیتوم (دیتوم ایستگاه) ارائه شود که میتواند یک دیتوم اختیاری باشد. هرگونه گسستگی اطلاعات و یا پرش داده که میتواند به خاطر حرکت قائم تاییدگیج،

تاییدپل با پنج مارک باشد باید بطور مستند توضیح داده شود. به منظور اجتناب از اشتباهات، تمامی داده ها باید بر مبنای زمان UTC (GMT) ارائه شده و در غیر این صورت فاصله زمانی تا آن صریحا ذکر شود.

گپ های داده کمتر از یک ساعت را می توان با واسطه یابی به روش برازش منحنی پر نمود. برای گپ های بالاتر از سه ساعت تنها داده های سنسور دیگر و همچنین مدل تجربی جزر و مدی قابل استفاده خواهد بود. داده های پر شده در زمان های گپ باید علامت گذاری و مشخص شوند.

کنترل کیفی داده های جزرومدی به منظور اطمینان از سازگاری داده ها و اطلاع کاربران از میزان خطا و کیفیت داده های مورد استفاده به منظور کاربردهای آن ضروری است. با انجام کنترل کیفی، داده ها تحت استاندارد یکسان بوده، سازگاری داده ها با یکدیگر تامین شده و داده ها از اطمینان بالاتری برای کاربران برخوردار خواهند بود. کنترل کیفی داده های ایستگاه های جزرومدی نیازمند در اختیار بودن مستندات لازم در این خصوص است که عبارتند از:

الف - داده های خام، ب: شناسنامه، اطلاعات کالیبراسیون ایستگاه و گزارشات رویدادها و نگهداری ایستگاه ج- اطلاعات تراز یابی ایستگاه. د- اطلاعات کمکی نظیر داده های آب و هوایی بویژه فشار هوا که میتواند آنالیز داده مورد استفاده قرار گیرد. پروسه کلی پردازش داده های جزرومدی در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل 7-1 فرآیند کلی پردازش داده های تراز دریا

خطاهای متداول در سری های زمانی اطلاعات تراز دریا عبارتند از: خطا در ثبت دستی اطلاعات، خطاها و نویزهای دستگاهی در ثبت اطلاعات، خطا در انتقال اطلاعات، خطای کالیبراسیون سنسورها (خطای دیتوم)، وجود اجسام شناور در ذیل سنسورهای صوتی و راداری، خطای ساعت، خطای ناشی از تغییر سنسور یا دستگاه، خطای ناشی از جابجایی محل ایستگاه و تغییرات ارتفاعی منطقه.

توجه به این نکته ضروریست که در کنترل کیفی داده، حفظ داده اولیه الزامیست و فقط علامت گذاری داده های اصلی مجاز است. بنابراین، انجام کنترل کیفی بر روی داده های اصلی منجر به سری زمانی جدیدی میشود و سری زمانی اصلی بصورت علامت گذاری شده حفظ میگردد. کنترل کیفی داده ها میتواند با استفاده از ابزارهای ریاضی بطور اتوماتیک انجام شود.

رفتارهایی در داده های جزرمدی مانند مقادیر ثابت، مقادیر نزدیک به ثابت، مقادیر خارج از محدوده، مقادیر فاحش تکی، مقادیر فاحش مجموعه ای، تغییر دیتوم، دریافت و خطای ساعت بصورت خطا در نظر گرفته شده و نیازمند علامت گذاری و بررسی های بیشتر می باشند. از طرف دیگر، موارد چالشی به شرح زیر وجود دارد که یک الگوریتم اتوماتیک نباید آن را بعنوان یک خطا علامت گذاری کند:

- سونامی و متئوسونامی

- تغییرات شدید تراز دریا در نتیجه وجود باد و امواج طوفانی

داده های تراز دریا بطور سنتی با فواصل کمتر از یک دقیقه تا یک ساعت جمع آوری می شوند. با توجه به اینکه عمده استفاده از این داده ها معطوف به جزرومد و سطوح جزرومدی و MSL می باشد، عمدتاً این ایستگاهها با فواصل 5، 6، 10 یا 15 دقیقه فعالیت می نمایند. با این حال، نگرش جدید به این موضوع در سالهای اخیر موجب شده است تا نرخ مشاهداتی زیر یک دقیقه مد نظر قرار گیرد تا کاربردهای وسیعتر مانند امواج سیش، سونامی و متئوسونامی و تغییرات فرکانس بالا در مناطق خاص را نیز شامل شود. در این خصوص همچنین استفاده از سنسورهای مختلف با نرخ های مشاهداتی مختلف مد نظر قرار گرفته است بطوریکه یک سنسور با نرخ بالاتر از یک دقیقه و سنسور دیگر با نرخ کمتر از یک دقیقه فعالیت می نماید.

علامت گذاریهای انجام شده در طی مراحل کنترل کیفی از اهمیت زیادی برخوردار است چرا که کاربران با توجه به این علامتها داده های مد نظر خود را انتخاب و مورد استفاده قرار میدهند. بنابراین این علائم می باید همراه داده ارائه شوند تا ضمن تامین استاندارد، اطمینان از سازگاری و قابلیت اطمینان داده ها تامین شود.

علامتها (کدها) ی کنترلی برای داده ها در جدول زیر نشان داده شده اند. کد 1 برای داده صحیح، کد 4 برای داده بی کیفیت، کد 9 برای گپ (بدون داده) مورد استفاده قرار می گیرد. کد صفر برای داده ایست که مورد کنترل کیفی قرار نگرفته است. همچنین کد 3 برای داده ایست که فعلا دارای کیفیت مناسب نبوده ولی ممکن است در پردازش های بعدی مورد تصحیح قرار گیرد.

علامت(کد) های کنترل کیفی

علامت/کد (flag)	معنی	تعریف
0	بدون کنترل کیفی	داده کنترل کیفی نشده است
1	خوب	داده بصورت آلوده به خطا شناسایی نشده و از سازگاری خوبی با واقعیت برخوردار است.
2	واسطه یابی شده	داده واسطه یابی شده
3	احتمالا بد (مشکوک)	داده دارای خطای فاحش نیست ولی دارای ناسازگاری بوده و باید بیشتر کنترل شود.
4	بد (اشتباه)	داده در فرآیند کنترل رد شده و مقدار آن از واقعیت به دور بوده است.
9	گپ	داده وجود ندارد

داده های تراز دریا نهایتا با توجه به سطح کنترل کیفی، در سه سطح برخط (سطح صفر)، نزدیک برخط (سطح یک) و با تاخیر (سطح دو) ارائه می شوند. با توجه به این تقسیم بندی، کنترل کیفیت داده ها به شرح زیر خواهد بود:

7-2-1- کنترل کیفیت داده های برخط (کنترل سطح صفر)

وقتی داده ها بصورت برخط (تاخیر زیر یک دقیقه) دریافت و مورد استفاده قرار میگیرند (مثلا در سیستم پایش سونامی)، انجام کنترل کیفی بصورت دلخواه عملا ممکن نیست چرا که در این نوع سیستمها، دریافت بدون تاخیر داده ها ضروریست و هرگونه حذف داده میتواند به حذف داده های متاثر از سونامی بیانجامد. در این موارد فقط برخی کنترل ها مانند کنترل قطع ارسال داده به منظور رفع آن می تواند در نظر گرفته شود. داده ها در این سیستم می باید توسط پرسنل با تجربه در مرکز پایش قبل از ورود به سیستم هشدار سونامی مورد بررسی قرار گیرند. کنترل های بعدی بر روی این داده ها می تواند قبل از آرشیو این داده ها برای کاربردهای غیر برخط در نظر گرفته شود.

7-2-2- کنترل کیفیت داده های نزدیک بر خط (کنترل سطح یک)

این کنترل ها بر روی داده های دریافتی با تاخیر یک ماه انجام شده و عمده کاربردهای دریایی از اقیانوس شناسی، پیش بینی طوفان، ارتفاع سنجی ماهواره ای و هیدروگرافی را در بر می گیرند. این زمان اجازه میدهد تا برخی کنترل ها بر روی داده ها قبل از آرشیو آن انجام پذیر باشد. کنترلهای سطح یک شامل موارد زیر است:

- **تست شماره 1:** خطای زمانی و گپ های اطلاعاتی

داده در زمان مورد نظر دریافت نشده است = کد 9

داده در زمان صحیح دریافت نشده است = کد 4

- **تست شماره 2:** خطاهای ساختار داده دریافتی

محتوای داده و یا حجم آن دارای مشکل است = کد 4

- **تست شماره 3:** تست مقادیر خارج از محدوده سنسور

خارج از بازه ماکزیمم و مینیمم قابل ثبت توسط سنسور = کد 4

خارج از بازه ماکزیمم و مینیمم تعیین شده توسط کاربر = کد 3

- **تست شماره 4:** تست مقادیر خارج از 1.5 برابر محدوده جزرومدی و تغییرات فصلی

ماورای مقادیر ماکزیمم و مینیمم قابل قبول = کد 3

کد 4 در این تست تعریف نشده است

- **تست شماره 5:** تست خطاهای فاحش نقطه ای Spike

در اینجا دو حد بزرگ و کوچک برای خطای فاحش تعریف میشود. خطای بالاتر از حد بزرگ بعنوان کد 4 و خطای بین دو حد بعنوان کد 3 منظور میشود. تشخیص داده های اشتباه بر اساس برازش تابع Spline در یک پنجره اطلاعاتی متحرک 12 تا 16 ساعته انجام می شود. منحنی مورد استفاده از درجه دو بوده و طول پنجره میتواند بر اساس ویژگیهای جزرومد و نرخ نمونه برداری انتخاب شود. در این الگوریتم، اشتباهات بر اساس فاصله بیش از n ($n=3$) برابر انحراف معیار باقیمانده ها از منحنی علامت گذاری می شوند. این الگوریتم برای باقیمانده ها تکرار میشود تا اشتباهات کوچکتر را که قبلا کشف نشده اند کشف شده و علامت گذاری شوند. حد بزرگ و کوچک به ترتیب 20 و 10 سانتیمتر در نظر گرفته شود.

- **تست شماره 6:** تست نرخ تغییرات مشاهدات

نرخ تغییرات بین مشاهده n و مشاهده $n-1$ باید کمتر از سه برابر انحراف معیار داده در یک بازه مثلا 25 ساعته و یا 0.1 متر بعلاوه دو برابر انحراف معیار باشد. در غیر این صورت کد 3 منظور میگردد.

- **تست شماره 7:** تست مقادیر ثابت

وقتی پنج داده دریافتی اخیر مساوی باشند (در حد 0.001 متر)، کد 4 منظور میشود. وقتی سه داده دریافتی اخیر باهم مساوی باشند کد 3 منظور میگردد.

- **تست شماره 8:** تست چند سنسوره

این تست در ایستگاههای انجام می شود که دارای دو سنسور یا بیشتر باشد. داده های دو سنسور از هم کم شده و مقادیر باقیمانده بررسی می شود. در صورتی که اختلاف مشاهده شده بیش از سه برابر انحراف معیار باقیمانده ها باشد داده های دو سنسور از نظر خطای موجود با توجه به تست شماره 6 بررسی شده و کد 3 به داده های سنسور مشکوک تعلق می گیرد.

- **تست شماره 9:** تست مقادیر با توجه به مدل

این تست در ایستگاههایی قابل انجام است که مدل جزرومدی در آن موجود باشد. مشاهدات از مدل کسر شده و باقیمانده ها با استفاده از تست های آماری 3σ و یا باردا (پیوست شماره 5) مورد بررسی قرار می گیرند. به داده های رد شده در این تست کد 3 تعلق می گیرد. این تست در آبهای غیر جزرومدی (دریاچه ها) کاربرد ندارد.

پس از انجام تست های فوق، داده های با کد 3 و 4 بررسی شده و در صورت امکان اصلاح می شوند. پس از اتمام این مرحله، داده های باقیمانده با کد 3، 4 و 9 در صورتی که بازه زمانی آن زیر یک ساعت باشد واسطه یابی می شوند. در ایستگاههای چند سنسوره، داده های سنسوری که عملکرد صحیح داشته است برای جایگزینی داده های اشتباه و گپ ها استفاده می شود. برای گپ های بالای یک ساعت در صورت وجود مدل، از آن برای پر کردن گپ استفاده شود.

میانگین ساعتی، میانگین روزانه و مولفه های اصلی جزرومدی از داده های ماهیانه پس از واسطه یابی محاسبه می شوند.

داده های اولیه تراز تحت عنوان داده های سطح صفر، داده های علامتگذاری شده به عنوان داده های سطح 1 و داده های واسطه یابی شده، میانگین ساعتی، میانگین روزانه، میانگین ماهانه، مولفه های اصلی جزرومدی و سطوح جزرومدی به دست آمده از داده های ماهانه به عنوان محصولات سطح 2 ارائه می شوند.

7-2-3- کنترل کیفیت داده های با تاخیر (کنترل سطح دو)

کنترل های سطح دو بر روی داده های با تاخیر یک سال و بیشتر انجام می شود که نیازمند تجزیه و تحلیل دقیق تری است. در اینجا تمامی محصولات مربوط به سطح تراز دریا مانند دامنه و فاز مولفه های جزر و مدی، بیشینه و کمینه ارتفاع سطح تراز دریا بصورت ماهیانه و سالیانه (ارتفاع بالا و پایین سطح تراز دریا)، میانگین روزانه، ماهیانه و سالیانه سطح آب دریا محاسبه شده و تست های آماری انجام می گردد. مقایسه با سنسورهای دیگر و سنسورهای ایستگاههای مجاور، داده های ارتفاع سنجی یا مدل جزرومدی به منظور بررسی انواع خطاها توصیه می شود. بدیهی است که مطالعه و کنترل بلندمدت داده ها نیازمند در اختیار بودن اطلاعات کامل تاریخچه عملیاتی (تعویض سنسورها و رویدادهای حین نگهداری) در ایستگاههای جزر و مدی است که باید به درستی جمع آوری شده و ثبت شوند.

کنترل سطح 2 یک کنترل تکمیلی است که برای داده های بلندمدت (یکسال و بالاتر) انجام میشود کنترل ها در این مرحله میتواند برای کشف خطاها و مشکلات در تایدگیج مورد استفاده قرار گیرد. در مرحله اول کنترل بصری مشاهدات و باقیمانده ها میتواند برای کشف خطاهای دستگاهی مانند خطای زمان، دیتوم و خطاهای فاحش استفاده شود. در مقایسه داده ها با جزرومد پیش بینی شده باید به کیفیت پیش بینی توجه کرد. بعنوان مثال، پیش بینی می تواند به دلیل استفاده از داده های آلوده و برای کنترل بیشتر توصیه میشود دو تا سه سنسور همزمان در ایستگاه فعالیت نموده و نتایج باهم مقایسه شوند. در این حالت می توان ضمن اطمینان از کیفیت داده ها نسبت به پر کردن گپ های اطلاعاتی اقدام نمود. ثبت اطلاعات زمان و تراز دریا بصورت میدانی و مقایسه آن با مشاهدات تایدگیج می باید بصورت دوره ای انجام شده و مقایسه داده های میدانی با داده های مشاهده شده میتواند ابزار کنترلی مناسبی در اختیار قرار دهد. کنترل های دیگر عبارتند از:

- محاسبه سالانه مولفه های هارمونیک از داده های سالیانه با استفاده از نرم افزارهای مختلف مانند Foreman, TIRA, TASK, SELENE, T_Tide/UTide و مقایسه آن با هم

- باقیمانده ها منبع خوبی برای بررسی خطاها و کیفیت داده هستند. بیشتر خطاهای مشاهداتی را می توان با بررسی باقیمانده ها کشف نمود. بعنوان مثال می توان به خطای دیتوم و وجود خطای ساعت اشاره نمود که موجب رفتار تناوبی در باقیمانده می شود. همچنین خطاهای بزرگ براحتی با بررسی باقیمانده ها قابل کشف هستند.

- خطای ساعت. خطای ساعت می تواند ساده (شیفت عددی) و یا پیچیده (شیفت وابسته به زمان) باشد. همانگونه که اشاره شد شیفت ساده موجب رفتار سینوسی بر روی باقیمانده ها می شود. همچنین این شیفت را می توان با استفاده از تابع وابستگی بین مشاهدات و پیش بینی و یا مقایسه مقدار فاز هارمونیک M2 قبل و بعد از شیفت بدست آورد. استفاده از سنسورها و ثبات های مختلف و مقایسه آنها با یکدیگی نیز می تواند به کشف این خطا کمک نماید. پس از کشف این خطا لازم است تا زمان داده ها بر اساس این شیفت زمانی تصحیح شوند. استفاده از سیستم های GNSS و اتصال به اینترنت موجب تصحیح اتوماتیک زمان شده و موجب حذف خطای زمان میشود.

- پر کردن گپ ها. بسته به کاربرد، پر کردن گپ های یک سری زمانی ممکن است منطقی نباشد. گپ های کمتر از 24 ساعت بر اساس دستورالعمل IOC میتوانند با داده های سنسور دیگر و یا واسطه یابی پر شوند. این کار با واسطه یابی بر روی سری زمانی باقیمانده ها انجام شده و سپس مقادیر پیش بینی نجومی جزرومد به آن افزوده می شود. توجه شود که این روش برای پر کردن داده های ساعتی است و در خصوص پر کردن داده های متراکم (دقیقه) فعلا توصیه ای وجود ندارد و تنها میتوان گپ های بسیار کوتاه در حد چند دقیقه را علامت گذاری و واسطه یابی نموده و سپس وارد مرحله محاسبه داده های ساعتی نمود.

- کشف تغییرات سطح مبنا: این مورد به دلیل حرکت قائم سنسور اتفاق می افتد که میتواند یکباره و یا تدریجی بوده و منشأ طبیعی (فرونشست یا زلزله) و یا مصنوعی (تصادم و یا نگهداری ناصحیح) داشته باشد. این تغییرات بویژه اگر بزرگ باشد براحتی بر روی داده های ساعتی قابل کشف است. ولی اگر کوچک و یا تدریجی باشد نیازمند بررسی دقیق تر است. در این حالت، استفاده از ایستگاههای مجاور، کنترل ارتفاعی با ترازیابی، مشاهدات GNSS و مشاهدات ارتفاع سنجی ماهواره ای می تواند به کشف این خطا کمک نماید. مقایسه میانگین ماهانه داده ها معمولا برای شناسایی تغییرات بلندمدت در حد چند سانتیمتر کافیت.

داده های کنترل و تصحیح شده در این مرحله به عنوان محصولات سطح 3 ارائه می شوند.

7-3- محاسبه میانگین ساعتی:

داده های کنترل کیفی شده سطح یک پس از واسطه یابی به منظور محاسبه میانگین ساعتی استفاده می شوند. داده های ساعتی با استفاده از یک فیلتر پایین گذر با توجه به نرخ نمونه برداری داده ها محاسبه می شود. این فیلتر فرکانسهای بالا را حذف نموده و

داده های ساعتی بدست می آید که خصوصیات جزرومد را کماکان حفظ نموده است. برای محاسبه داده های ساعتی از داده های 5، 10، 15 و 30 دقیقه رابطه زیر استفاده می شود.

$$X_F(t) = F_0 \cdot X(t) + \sum_{m=1}^m F_m [X(t+m) + X(t-m)]$$

که در آن X ها داده های ساعتی می باشند. برای اطلاع از ضرایب یا وزنه های F مورد استفاده در این رابطه برای داده های 5، 10، 15 و 30 دقیقه ای، پیوست 3 را ببینید.

سپس با استفاده از آنالیز طیفی، مولفه های هارمونیک جزرومد، مدل جزرومد و باقیمانده ها مورد محاسبه قرار می گیرند. پس از محاسبه جزرومد و باقیمانده ها، کنترل کیفی بر روی باقیمانده ها انجام می شود تا اشتباهات کوچکتر که در مرحله قبل کشف نشده اند کشف شده و علامت گذاری شوند. محصول نهایی شامل سری زمانی واسطه یابی شده، داده های ساعتی، جزرومد و باقیمانده ها می باشد.

7-4- محاسبه میانگین روزانه:

فیلترهای متعددی به منظور محاسبه میانگین و حذف فرکانسهای بالا و انرژی جزرومد از روی داده ها وجود دارد که از آن جمله میتوان به فیلتر میانگین وزن دار متقارن دودسون موسوم به فیلتر X_0 به شرح زیر اشاره نمود که نیازمند 39 ساعت داده ساعتی تراز دریاست:

$$X_T = \frac{1}{30} \sum_{d=-19}^{d=19} F(d) \quad H(T+d), \quad d \neq 0$$

$$F(d) = (2, 1, 1, 2, 0, 1, 1, 0, 2, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1)$$

که در آن X نشانگر مقدار میانگین، H بیانگر داده های تراز دریا و F وزن مشاهدات است که از فیلتر دودسون X_0 به طول 39 ساعت استفاده میشود.

مقدار فیلتر برای زمان $t=0$ ، برابر صفر است. این فیلتر 99.94 و 99.79 درصد انرژی جزرومد در فرکانسهای به ترتیب نیم روزانه و روزانه و 99.38 درصد فرکانسهای بالاتر را حذف می کند. همچنین، انرژی فرکانسهای غیر جزرومدی پایین تر توسط این فیلتر

کاهش پیدا می کنند (60 درصد کاهش در فرکانس نیم روزانه و کاهش کمتر برای فرکانسهای پایین تر). به عنوان مثال، نحوه محاسبه میانگین تراز دریا برای روز دوم ژانویه در زیر نشان داده شده است. در این محاسبه، ساعت 12 روز دوم ژانویه بعنوان زمان مرکزی در نظر گرفته شده است.

علاوه بر فیلتر 19 ساعته فوق، فیلترهای 72 و 168 ساعته نیز قابل استفاده می باشند. برای مشاهده این ضرایب پیوست 4 را ببینید.

1 JANUARY

Time	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
Height	3.819	5.286	6.004	6.051	5.735	5.077	4.159	3.217	2.422	1.872	1.699	2.037
						* 1		* 1			* 1	
						5.077	+	3.217	+		1.699	

2 JANUARY

Time	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100
Height	3.070	4.611	5.825	6.167	5.895	5.267	4.395	3.496	2.663	1.979	1.648	1.774
	* 1	* 1		* 2		* 1	* 1		* 2	* 1	* 1	* 2
	+ 3.070	+ 4.611	+ 12.334	+ 5.267	+ 4.395	+ 5.326	+ 1.979	+ 1.648	+ 3.548			
Time	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
Height	2.513	3.855	5.088	5.670	5.668	5.347	4.730	3.888	2.998	2.249	1.804	1.760
		* 2	* 1	* 1	* 2		* 1	* 1		* 2		* 1
	+ 7.710	+ 5.088	+ 5.670	+ 11.336	+ 4.730	+ 3.888	+ 4.498	+ 1.760				

3 JANUARY

Time	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100
Height	2.256	3.418	4.805	5.676	5.851	5.579	4.987	4.187	3.351	2.578	1.975	1.703
	* 1		* 1			* 1		* 1				
	+ 2.256	+ 4.805	+ 5.579	+ 4.487								

SUM = 113.978 metres /30 = 3.799 metres (MSL for 2 January)

7-5- میانگین ماهیانه و سالانه

در داده های بلندمدت، میانگین ماهیانه می باید از میانگین داده های روزانه محاسبه شود که از اهمیت زیادی در کنترل کیفی بلندمدت داده و درک روند تغییرات بلندمدت تراز دریا و تغییرات فصلی آن برخوردار است. میانگین ماهیانه برای ماه های با گپ اطلاعاتی بیش از سه روز متوالی نباید محاسبه شود. نمونه جدول ماهیانه جزرومد در پیوست شماره 6 قابل مشاهده است. محاسبه متوسط ماهانه و سالانه تراز دریا ضمن کمک به کشف مشکلات در ایستگاه، اطلاعات با ارزشی در خصوص تغییرات بلندمدت تراز دریا فراهم می آورد. PSMSL توصیه می کند که متوسط ماهانه از متوسط های روزانه محاسبه شود که از میانگین های روزانه پس از اعمال فیلتر (مانند 39 ساعته Doodson، 71 ساعته Demerliac و یا فیلتر UHSLC) که انرژی جزرومد فرکانس روزانه و بالاتر از آن حذف شده است، بدست آمده اند. بنابراین متوسط ماهانه با میانگین حسابی ساده از داده های ساعتی فیلتر شده بدست می آید. تعداد روزهای گپ (بدون داده) در ماه می بایست حتما گزارش شده و محاسبه متوسط ماهانه با از داده های با گپ بیش از 15 روز توصیه نمی شود. PSMSL میانگین سالانه را از متوسط وزن دار متوسط های ماهانه محاسبه می نماید که در آن وزن هر داده به نسبت روزهای حاوی داده در هر ماه در نظر گرفته میشود و در صورتیکه فقدان داده بالای یک ماه باشد، میانگین سالانه محاسبه نمی شود. بصورت تاریخی، متوسط های ماهانه و سالانه گاها از سطح متوسط جزرومدی MTL گزارش شده اند که در گذشته و قبل از بکار گیری سیستم های اتوماتیک جزرومد سنجی، بسیار ساده تر بوده است. بطوریکه از میانگین آبهای بالا در یک ماه MHW و میانگین آبهای پایین در یک ماه MLW بدست آمده و از میانگین این دو MTL حاصل می شده است. توجه شود که MTL و MSL متفاوت از هم می باشند (بویژه در مناطق کم عمق).

7-6- کنترل های تکمیلی

وقتی با داده های قدیمی کار می کنیم به دلیل قدمت اطلاعات ممکن است اطلاعات جانبی در خصوص ایستگاه مانند مشکلات بوجود آمده یا تغییرات در ایستگاه مانند تعویض دستگاه و سنسور و پارامترهای آن در دسترس نباشد. در این گونه مواقع مقایسه اطلاعات با اطلاعات ایستگاههای مجاور می تواند کمک کننده باشد. الگوریتم های زیر همچنین می تواند به منظور فهم مشکلات و برطرف کردن آن کمک نماید. اگرچه تمامی این موارد نیازمند بررسی دقیق متخصصین این حوزه قبل از تصمیم گیری در خصوص تصحیح داده ها می باشد.

- بررسی وابستگی: ضرایب وابستگی بین داده های سنسورهای مختلف و یا داده های ایستگاههای مجاور و یا پارامترهای مختلف در یک ایستگاه (مانند باد، فشار و ...) قابل محاسبه است. در این گونه موارد در صورتیکه وابستگی سری زمانی باقیمانده های غیر جزرومدی با ایستگاه مجاور بالای 0.7 باشد، یک خط به آن برازش داده شده و می تواند به منظور پر کردن گپ ها مورد استفاده قرار گیرد (به جز ابتدا و انتهای سری زمانی).

- آنالیز با استفاده از توابع تجربی متعامد EOF: این آنالیز بر روی سری زمانی برای محاسبه سیگنال موجود در داده و همچنین تشخیص خطاهای محتمل در داده می تواند به کار رود. تفاوت در واریانس EOF میتواند نشاندهنده خطا در سری زمانی باشد.

سری زمانی متوسط ماهانه و سالانه میتواند به کنترل دیتوم ارتفاعی و کشف مشکلات آن کمک کند که در داده اصلی با فرکانس بالا زیر سیگنال جزرومدی ماسک شده و آشکار نیست. از مشکلات احتمالی قابل کشف در این خصوص می توان به پرش های کوچک دیتوم در بخش های مختلف داده اشاره نمود که ناشی از تغییرات ایستگاه و یا بروزرسانی آن می باشد. استفاده از فراداده ایستگاه به منظور اطلاع از تغییرات اعمال شده بر روی ایستگاه می تواند بسیار کمک کننده باشد. استفاده از داده های ماهواره های ارتفاع سنجی در زمان عبور از محل ایستگاه و مقایسه آن با داده های ایستگاه دیگر همچنین میتواند مورد استفاده قرار گیرد.

ویژگی های یک ایستگاه کاملاً به مشخصات ایستگاه (موقعیت، نوع تجهیزات و شرایط محیطی) وابسته است. بنابراین، تاثیرات این عوامل بویژه در داده های بلند مدت می باید مد نظر قرار گیرد. بعنوان مثال، به منظور درک تاثیر تکنولوژی یا نوع دستگاه موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

1- سنسورهای فشاری: خطای ناشی از دانسیته فرضی غیر صحیح. داده های دما و شوری آب میتواند به منظور تصحیح این خطا استفاده شود. از طرف دیگر وقتی که تایدگیج نوع B (مجهز به سنسور فشاری اضافی در نقطه ثابت حول MSL برای کنترل دیتوم) استفاده می شود، آنالیز کننده می باید از نرم افزار برای اطمینان از سازگاری با دیتوم B استفاده کند.

2- تایدگیج های راداری: موقعیت دقیق نقطه فاصله صفر و آفست سنسور باید کاملاً معلوم و مستند بوده و بعلاوه آن، کالیبراسیون دوره ای در لابراتوار باید انجام شود. همچنین، وجود یک شی یا قایق کوچک در یک دوره زمانی زیر آنتن رادار می تواند موجب داده های نامعتبر شود.

3- تایدگیج های شناوری: خطای ناشی از مسدود شدن دریچه چاه آرامش

مشاهدات خام تایدگیج با توجه به تغییرات پوسته زمین تصحیح نشده اند. بنابراین، تغییرات غیر طبیعی می تواند با استفاده از داده های یک ایستگاه GNSS در مجاورت تایدگیج مورد بررسی قرار گیرد. استفاده از اطلاعات فشار هوا، باد و موج می تواند به تفسیر تغییرات غیر عادی تراز دریا در یک زمان مشخص کمک نماید. پرش های موجود در اطلاعات همچنین می باید با استفاده از داده های دیگر مانند زمان زلزله ها، تغییرات بلند مدت (کمتر از یک سال) با جریانهای دریایی (NAO، ENSO، ...) و تغییرات کوتاه مدت با سیلابهای محلی مورد بررسی قرار گیرد.

7-7- کنترل دیتوم ایستگاه

محاسبه میانگین های بلندمدت تراز دریا (ماهانه، سالانه، ...) سری زمانی بلندمدت به منظور مطالعه تغییرات بلندمدت تراز دریا را فراهم مینماید. با این حال، این تغییرات نشاندهنده تغییرات تراز دریا نسبت به خشکی (محل نصب ایستگاه و BM های کنترلی) بوده و به منظور محاسبه تغییرات تراز دریا می باید تغییرات ارتفاعی محل ایستگاه نیز مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر آن در نظر گرفته شود. بعنوان مثال، افزایش تراز دریا یا بخش از افزایش تراز ممکن است در واقع ناشی از افزایش تراز دریا نبوده و ناشی از نشست و یا کاهش ارتفاع محل ایستگاه باشد که میتواند به دلایل طبیعی و غیر طبیعی روی دهد. بدین منظور لازمست تا BM های کنترلی به شبکه ملی ارتفاعی کشور متصل شده و این اتصال به تناوب مورد مشاهده مجدد قرار گیرد. امروزه، استفاده از سیستم های تعیین موقعیت ماهواره ای این امکان را فراهم آورده است که تغییرات ارتفاعی محل ایستگاه با دقت و سرعت بالاتری مورد پایش قرار گیرد. بدین منظور می باید تعدادی از ایستگاههای کنترلی قابلیت نصب گیرنده GNSS و مشاهدات آن را داشته باشند و حداقل یک ایستگاه به منظور دقت بالاتر از نوع پیلا باشد. مشاهدات GNSS بر روی ایستگاههای کنترلی می باید سالیانه و به روش استاتیک انجام شده و محاسبات آن با اتصال به شبکه ایستگاههای دائمی GNSS سازمان نقشه برداری کشور انجام شود. مشاهدات خطوط مبنا بصورت مثلثی و کنترل شده بوده و زمان مشاهدات 24 ساعته با نرخ نمونه برداری 30 دقیقه بوده و استفاده از آنتن های چوکرینگ به منظور حذف اثر چند مسیری توصیه میشود. تغییرات ارتفاعی بدست آمده از محاسبات GNSS برای تصحیح تغییرات تراز دریا استفاده می شود.

7-8- آنالیز هارمونیک و مدل جزرومد

هر یک از حرکات تولید کننده جزرومد توسط ماه و خورشید توسط یک منحنی کسینوسی هارمونیک قابل نمایش است که به آن مولفه جزرومدی یا مولفه هارمونیک گفته می شود. هر مولفه معمولا با یک حرف یا چند حرف و یک زیرنویس بیان میشود. بعنوان مثال، مولفه اصلی نیم روزانه خورشیدی با S2 بیان می شود. بطور مشابه، مولفه نیم روزانه اصلی ماه با M2 نمایش داده میشود. پریود S2 معادل 12 ساعت و پریود M2 معادل 12.42 ساعت خورشیدی است و همانطور که میدانیم سرعت زاویه ای (فرکانس در واحد درجه بر ساعت) با تقسیم 360 درجه بر پریود بدست می آید. بنابراین، S2 و M2 دارای سرعت یا فرکانس به ترتیب 30 و 28.984 درجه بر ساعت می باشند.

با توجه به حرکات متعدد نسبی ماه، خورشید و زمین نسبت به یکدیگر، تعداد نامحدودی از مولفه های هارمونیک برای توصیف کامل پدیده جزرومد نیاز خواهد بود. ولی بعد از 37 مولفه اول، تاثیر مولفه های باقیمانده در عمده مناطق بسیار اندک بوده و فقط در مناطق با رفتار پیچیده جزرومد مانند خورها و خلیج های با مدخل آب کوچک بیش از یکصد مولفه برای توصیف کامل جزرومد شامل تاثیرات غیرخطی ناشی از عمق کم و اصطکاک بستر دریا لازم خواهد بود. فاصله ماه با زمین در دوران خود به دور زمین متفاوت است. این دوران 27.5546 روز یا 661.31 ساعت خورشیدی طول می کشد. بنابراین، سرعت آن معادل 360 درجه تقسیم بر 661.31 برابر با 0.544 درجه بر ساعت خواهد بود. با جمع و تفریق این سرعت با سرعت M2، دو مولفه N2 و L2 با سرعت به ترتیب 29.528 و 28.440 درجه بر ساعت حاصل می شوند. مولفه روزانه مربوط به میل ماه و خورشید K1 و مولفه روزانه اصلی مربوط به میل ماه O1 همچنین به دلیل زاویه میل صفحه دورانی ماه ایجاد می شوند که با توجه به پریود 86.327 ساعت، سرعت آن 1.098 درجه بر ساعت بوده و بنابراین، سرعت مولفه های فوق به ترتیب 15.041 و 13.943 درجه بر ساعت خواهد بود. به همین روش می توان همچنین سرعت مولفه اصلی روزانه مربوط به میل خورشید P1 را به میزان 14.959 درجه بر ساعت به دست آورد.

آنالیز هارمونیک در واقع بیان پریودیک یک سری زمانی از طریق تجزیه به مولفه های پریودیک آن است. اگر پریود یک مولفه معلوم باشد، محاسبه مقدار آن و حذف آن از داده امکان پذیر می شود به شرطی که داده به اندازه کافی بلند مدت باشد. عموما، داده یکساله برای آنالیز هارمونیک به منظور محاسبه مولفه های اصلی جزرومد کافیهست. از آنالیز هارمونیک داده های تراز می توان

مقادیر دامنه و فاز هر مولفه را محاسبه نمود که این مقادیر برای داده های هر ایستگاه ثابت بوده و منحصر به همان ایستگاه می باشد. به منظور پیش بینی جزرومد در هر ایستگاه، ضروریست تا اطلاعات دامنه و فاز مولفه ها برای آن ایستگاه معلوم باشد. با این اطلاعات میتوان موج کسینوسی متناظر برای هر مولفه را ترسیم نموده و در زمان پیش بینی (مثلا یکسال) ادامه داد. مجموع این امواج کسینوسی متناظر با مولفه های به دست آمده، سیگنالی مشابه مشاهدات جزرومدی برای یکسال آینده تولید می کند که می تواند بعنوان پیش بینی مورد استفاده قرار گیرد.

رابطه هارمونیک جزرومدی را میتوان بطور کلی بصورت زیر نوشت:

$$h(t) = H_0 + \sum_{i=1}^n f_i H_i \cos(a_i t + \{V_0 + u\}_i - \kappa_i)$$

که در آن h ارتفاع آب (جزرومد) بالای یک دیتوم (سطح مبنا) در زمان t ، n تعداد مولفه های جزرومدی مورد استفاده، H_0 ، ارتفاع متوسط آب بالای دیتوم، H_i دامنه مولفه i ام، a_i سرعت زاویه ای مولفه جزرومدی در واحد درجه بر ساعت، t زمان به مرجع یک اپک آغازی (مثلا ابتدای سال)، K_i اپک یا تاخیر فاز مولفه جزرومدی در واحد درجه نسبت به لحظه ترانزیت ماه از محل، f_i فاکتور نودال برای مولفه i ام، $V_0 + u$ آرگومان تعدیل برای مولفه i ام در زمان صفر (درجه) و $(a_i + (V_0 + u)_i - \kappa_i)$ مقدار فاز در زمان t نسبت به زمان ترانزیت ماه می باشد.

امروزه و با توجه به در اختیار بودن کامپیوتر و توان محاسباتی بالا، به منظور آنالیز داده های تراز دریا و استخراج مولفه های پررودیک آن از تکنیک کمترین مربعات به جای روش فوریه استفاده می شود. با این روش، بر اساس مینیمم کردن مجموع مربعات باقیمانده ها (اختلاف مشاهدات و مدل)، میتوان تمامی مولفه ها را که با توجه به طول داده قابل استخراج می باشند محاسبه نمود. مزایای این روش نسبت به روش فوریه عبارتند از:

- محدود به داده های هم فاصله نبوده و داده ها با هر زمانی می توانند وارد محاسبات شوند.
- محدود به داده های پیوسته نبوده و داده ها با گپ های موجود میتوانند استفاده شوند (نیازی به پر کردن گپ ها نیست).
- محدود به طول مشخصی از داده مثلا برای پررودهای سینودیک نیست.
- دقت مقادیر پیش بینی و مولفه های جزرومدی قابل محاسبه و کنترل است.

در این روش، داده های تراز دریا (h) به تعداد N مشاهده معلوم بوده و دامنه و فاز مولفه های جزرومدی (H و k) به تعداد n مولفه که فرکانس آنها معلوم است مورد محاسبه قرار می گیرند. مولفه های اصلی جزرومد به همراه پریود و دامنه نسبی آنها در جدول زیر نمایش داده شده اند. مقدار نسبی $M2$ بعنوان بزرگترین مولفه، 100 در نظر گرفته شده است.

مشخصات مولفه های اصلی جزرومد

Species and name	Symbol	Period Solar hours	Relative Size
Semi - diurnal :			
Principal lunar	M2	12.42	100
Principal solar	S2	12	47
Larger lunar elliptic	N2	12.66	19
Luni - solar semi - diurnal	K2	11.97	13
Diurnal :			
Luni - solar diurnal	K1	23.93	58
Principle lunar diurnal	O1	25.82	42
Principle solar diurnal	P1	24.07	19
Larger lunar elliptic	Q1	26.87	8
Long period :			
Lunar fortnightly	Mf	327.9	17
Lunar monthly	Mm	661.3	9
Solar semi - annual	Ssa	4383	8
Solar annual	Sa	8766	1

بدیهی است که معمولا عدد N به مراتب بزرگتر از n بوده و بنابراین مسئله از نوع over-determined بوده و درجه آزادی بسیار بالایی خواهد داشت. مدل مورد استفاده در روش کمترین مربعات به صورت زیر است:

$$h(t) = H_0 + \sum_{i=1}^n f_i H_i \cos(a_i t + \{V_0 + u\}_i - \kappa_i) + h_r(t)$$

بردار باقیمانده ها شامل اختلاف مقادیر مشاهده شده و برآورد شده شامل مقادیر اثرات غیر جزرومدی مانند باد، فشار هوا و رودخانه ها بعلاوه هارمونیک های دیگر جزرومدی خواهد بود که در این مدل در نظر گرفته نشده اند. مدل فوق را میتوان بصورت توابع سینوسی و کسینوسی زیر بازنویسی نمود:

$$h(t) = H_0 + \sum_{i=1}^n c_i \cos(a_i t) + \sum_{i=1}^n s_i \sin(a_i t) + h_r(t)$$

$$f_i H_i = (c_i^2 + s_i^2)^{0.5}$$

$$\{V_0 + u\}_i - \kappa_i = -\arctan\left(\frac{s_i}{c_i}\right)$$

$$h_k = H_0 + \sum_{i=1}^n c_i \cos(a_i t_k) + \sum_{i=1}^n s_i \sin(a_i t_k) + h_{r_k}$$

$$e^2 = \sum_{i=1}^n h_{r_k}^2 = \left\{ h_k - \sum_{i=1}^n [c_i \cos(a_i t_k) + s_i \sin(a_i t_k)] \right\}^2$$

نسبت مجموع O1 و K1 به مجموع M2 و S2 بعنوان معیاری برای نیم روزانه، روزانه و یا ترکیبی بودن جزرومد در هر ایستگاه مورد استفاده قرار می گیرد بطوریکه اگر این نسبت کمتر از 0.25 باشد جزرومد بصورت نیم روزانه، اگر بین 0.25 تا 1.5 باشد ترکیبی غالب نیم روزانه، 1.6 تا 3.0 ترکیبی غالب روزانه و بالای 3.0 روزانه کلاسه بندی میشود.

$(O1+K1)/(M2+S2)$	$..... < 0.25$	$0.25 < < 1.5$	$1.5 < < 3.0$	$3.0 <$
نوع جزرومد	نیم روزانه	ترکیبی (غالب نیم روزانه)	ترکیبی (غالب روزانه)	روزانه

7-9- محاسبه سطوح جزرومدی

سطوح جزرومدی دیتوم های ارتفاعی هستند که با استفاده از مولفه های جزرومدی تعریف میشوند. دیتوم های جزرومدی دیتوم های مختص آن محل (محل) بوده و با اتصال به بنچ مارکهای ساحلی قابل بازیابی در مواقع نیاز می باشند. مراحل اصلی برای تعریف دیتوم جزرومدی عبارتند از:

پس از آنالیز طیفی داده های ساعتی، میزان دامنه و فاز مولفه های جزرومدی مورد محاسبه قرار می گیرد. تعداد مولفه های وابسته به بازه مشاهداتی است بطوریکه با مشاهدات بلندمدت می توان مولفه های بیشتری را برآورد نمود. بعنوان مثال، با مشاهدات یک ماهه تراز دریا که معمولا به منظوره های هیدروگرافی انجام می شود میتوان سی مولفه جزرومدی را استخراج نمود.

این سطوح با استفاده از مشاهدات ترازبایی مستقیم به بنچ مارکهای مجاور ایستگاه متصل شده و ارتفاع سطوح نسبت به BM ها مشخص می شود. با اتصال بنچ مارکها به سیستم ارتفاع ژئودتیکی کشور، ارتفاع سطوح در سیستم ملی ارتفاعی کشور مشخص می شود.

سطوح جزرومدی پس از آنالیز طیفی و استخراج مولفه های جزرومدی به شرح زیر محاسبه می شوند:

$$MHWS = Z0 + (M2+S2)$$

$$MHHW = Z0 + (M2+K1+O1)$$

$$MHWN = Z0 + |M2-S2|$$

$$MLHW = Z0 + |M2-(K1+O1)|$$

$$MLWS = Z0 - (M2+S2)$$

$$MHLW = Z0 - |M2-(K1+O1)|$$

$$MLWN = Z0 - |M2-S2|$$

$$MLLW = Z0 - (M2+K1+o1)$$

نمونه ای از مولفه های جزرومدی حاصل از آنالیز طیفی داده های یک ماهه یک ایستگاه جزرومدی در جدول زیر قابل مشاهده است.

NO	NAME	FREQUENCY	Amplitude	Phase
1	Z0	0	2.27	360
2	MSF	0.00282193	0.05	53
3	2Q1	0.03570635	0.01	163
4	Q1	0.0372185	0.01	238
5	O1	0.03873065	0.29	237
6	NO1	0.0402686	0.05	238
7	K1	0.04178075	0.42	308
8	J1	0.0432929	0.02	297

9	OO1	0.04483084	0.02	45
10	UPS1	0.04634299	0.02	280
11	N2	0.07899925	0.08	238
12	M2	0.0805114	0.44	260
13	S2	0.08333334	0.16	331
14	ETA2	0.08507364	0.01	353
15	MO3	0.1192421	0.03	54
16	M3	0.1207671	0.02	159
17	MK3	0.1222921	0.03	116
18	SK3	0.1251141	0	75
19	MN4	0.1595106	0.01	104
20	M4	0.1610228	0	201
21	MS4	0.1638447	0.01	87
22	S4	0.1666667	0.01	188
23	2MK5	0.2028036	0.01	138
24	2SK5	0.2084474	0.01	56
25	2MN6	0.240022	0.01	40
26	M6	0.2415342	0	150
27	2MS6	0.2443561	0.01	260
28	2SM6	0.2471781	0.01	50
29	3MK7	0.2833149	0.01	31
30	M8	0.3220456	0.01	39

7-10- محاسبه چارت دیتوم (CD)

7-10-1- محاسبه چارت دیتوم در آبهای جزرومدی

چارت دیتوم سطح مبنایی است که عمق های چارتهای دریایی نسبت به آن نمایش داده شده اند. این سطح مبنا در هیدروگرافی و با مشاهدات جزرومدی در منطقه عملیاتی و آنالیز آن بدست می آید. چارت دیتوم می باید به گونه ای تعریف شود که پایین ترین تراز دریا بوده و تراز آب به ندرت پایین تر از آن قرار گیرد. بنابراین، عموماً LAT و در برخی کشورها MLLW بعنوان چارت دیتوم در نظر گرفته می شود. بدیهی است که داده های بلندمدت جزرومدی می تواند به تعریف دقیق تر چارت دیتوم بیانجامد. با اینهمه، استفاده از مولفه های اصلی جزرومد که از داده های یک ماهه قابل استخراج است دقت کافی را برای محاسبه چارت دیتوم

به منظورهای هیدروگرافی تامین می کند. به منظور محاسبه چارت دیتوم در منطقه خلیج فارس و دریای عمان از سطح مبنای (Indian Spring Low Water) ISLW به صورت زیر استفاده میشود:

برای جزرومد نیم روزانه و غالب نیم روزانه:

$$CD = Z_o - 1.1 (O1 + KI + M2 + S2)$$

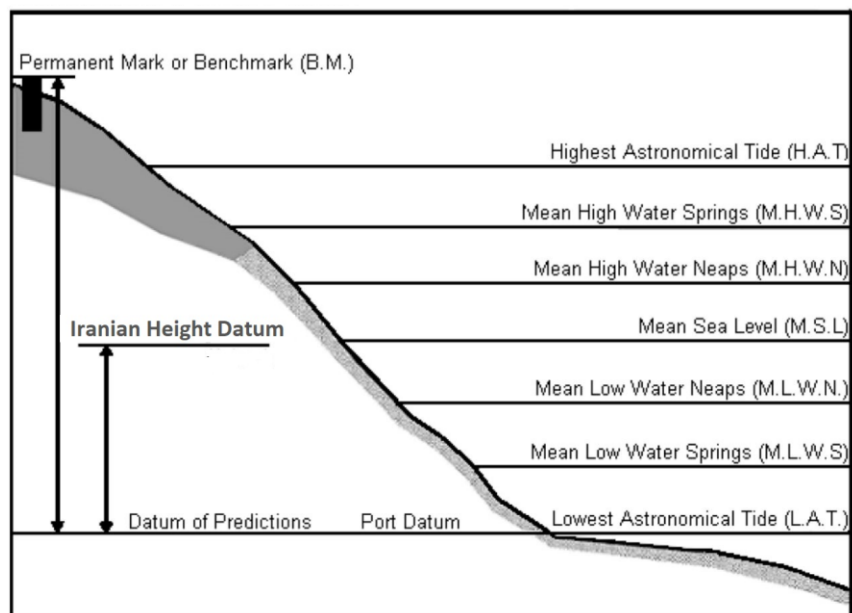
برای جزرومد روزانه و غالب:

$$CD = Z_o - (O1 + KI + M2 + S2)$$

در این روابط، $O1, M2, S2, KI$ مقادیر دامنه مولفه های اصلی جزرومدی و Z_o میانگین ارتفاع تراز آب در ایستگاه مشاهداتی است.

7-10-2- چارت دیتوم در آبهای بسته

در آبهای بسته (دریاچه ها) مانند دریای خزر (کاسپین) با توجه به فقدان و یا ناچیز بودن جزرومد و غالب بودن تاثیرات اقلیمی و آب و هوایی بر تغییرات تراز دریا، چارت دیتوم به مانند دریاچه های آزاد قابل تعریف نیست. دریاچه ها عمدتاً دارای تغییرات پرریودیک آب و هوایی با دوره تناوب یک سال می باشند. با اینهمه، وجود روندهای غیر پرریودیک تعریف چارت دیتوم و پیش بینی تراز دریا را در دریاچه ها با چالش روبرو می نماید. امروزه، وجود ایستگاه های پایش تراز دریا در سواحل دریاچه ها و داده های حاصل از آن شناخت بهتری را از رفتارهای پرریودیک و غیر پرریودیک دریاچه ها در اختیار قرار داده است ولی عدم قطعیت بالای مدلهای تغییرات اقلیمی و وابستگی دریاچه ها به تغییرات اقلیمی منطقه ای موجب می گردد تا مدلسازی تغییرات تراز دریاچه ها به سادگی آبهای آزاد نباشد. با توجه به مطالب فوق، چارت دیتوم در دریاچه ها بصورت متوسط تراز دریاچه در یک دوره کم آبی می تواند در نظر گرفته شود. در صورت افزایش و یا کاهش عمده تراز دریا بصورت غیر پرریودیک، ممکن است تعریف چارت دیتوم جدید لازم تشخیص داده شود.



دیتوم های جزر و مدی

فصل هشتم: فراداده و فرمت داده

8-1- فراداده اطلاعات تراز دریا

ارائه فراداده همراه اطلاعات تراز دریا نه تنها برای کنترل کیفی داده ها بلکه به منظور تبادل و استفاده آن در مقیاس های منطقه ای و جهانی ضروریست. علاوه بر این، فراداده صحیح نقش مهمی را در اطمینان از داده ها داشته و یک فراداده خوب موجب می شود تا داده های تایدگیج قابل استفاده، در دسترس و قابل پردازش باشد.

فراداده شامل اطلاعاتی از ابتدای نصب ایستگاه تاکنون و مشخصات داده های برخط و و غیر برخط، کنترل کیفی اتوماتیک و علمی و ... را در بر می گیرد. جدول های زیر مجموعه اطلاعات لازم برای درج در فراداده همراه با داده های تایدگیج را ارائه می دهد.

اطلاعات سازمان یا نهادهای مسئول مسئول		
عنوان	توصیف	مثال
ایجاد کننده	مسئول جمع آوری داده	سازمان نقشه برداری کشور
همکار	مشارکت کنندگان در کل یا بخشی از عملیات	سازمان بنادر و دریانوردی
نهادهای دیگر	نهادهای پشتیبانی کننده از عملیات	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی

تاریخچه نگهداری		
عنوان	توصیف	مثال
تاریخ - زمان	زمان و تاریخ بروزرسانی	2015-06-21 11:00
شخص	شخص بروز کننده	M. Yazdani
سازمان	سازمان مورد نظر	NCC

اطلاعات موقعیت ایستگاه

عنوان	توصیف	مثال
کشور	کشوری که ایستگاه در آن قرار دارد	2015-06-21 11:00
نام ایستگاه	نامی که برای ایستگاه در نظر گرفته شده	TG-Bush
عرض جغرافیایی	عرض جغرافیایی (اعشاری) با ذکر N یا S	24.3450 N
طول جغرافیایی	طول جغرافیایی (اعشاری) با ذکر E یا W	51.3410 E
نحوه تعیین موقعیت	چگونه موقعیت به دست آمده است	Map 1:25000
دقت موقعیت	دقت موقعیت مسطحاتی (به متر)	10 m
دیتوم مسطحاتی	سطح مبنای ژئودتیک مسطحاتی	WGS 84
زون زمانی نسبت به UTC	زون زمانی محل ایستگاه و آفست از GMT(UTC)	GMT +3.5

ایستگاههای کنترل		
عنوان	توصیف	مثال
TGBM	مشخصات ایستگاه کنترل اصلی (با شناسنامه و عکس)	دیسکی (نصب شده بر روی دیوار ساختمان)
BM1	مشخصات ایستگاه کنترل (با شناسنامه و عکس)	-----
BM2	مشخصات ایستگاه کنترل (با شناسنامه و عکس)	-----

مشخصات ایستگاههای کنترل		
عنوان	توصیف	مثال
سازمان مسئول	سازمان مسئول مشاهدات	دیسکی - نصب شده بر روی دیوار ساختمان ...
نام اختصاری	نام مورد استفاده توسط مسئول	TGBM
عرض جغرافیایی	عرض جغرافیایی (اعشاری) با ذکر N یا S	24.3455 N
طول جغرافیایی	طول جغرافیایی (اعشاری) با ذکر E یا W	51.3415 E
نحوه تعیین موقعیت	چگونه موقعیت به دست آمده است	Map 1:25000

دقت تعیین موقعیت	دقت موقعیت مسطحاتی (به متر)	10 m
دوره ترازبایی	ترازبایی با چه نرخ زمانی تکرار میشود	سالانه

سطح مبنا (دیتوم)		
عنوان	توصیف	مثال
تعریف دیتوم	تعریف دیتوم نسبت به دیتوم محاسبه شده	1.5 متر پایین تر از IMSL
نهاد تعریف کننده	نهاد تعریف کننده دیتوم	Bush SD
ارتفاع TGBM	ارتفاع نسبی TGBM نسبت به دیتوم	4.654
اپک مشاهداتی	بازه مشاهداتی مورد استفاده	1995-2020
دقت	دقت در واحد متر	0.001 m

ارتباط دیتوم و BM ها		
عنوان	توصیف	مثال
ارتباط 1	اختلاف ارتفاعی بین نقاط	صفر ایستگاه 1.543 متر پایین تر از TGBM است.
ارتباط 2	اختلاف ارتفاعی بین نقاط	TGBM 0.562 متر پایین تر از BM2 است.
-----	-----	-----

نوع دستگاه مشاهده تراز دریا		
عنوان	توصیف	مثال
حسگر 1	نوع دستگاه: شناوری، راداری، آکوستیک ،	آکوستیک
	مشخصات دستگاه	-----
	تاریخچه عملیاتی	-----

شناوری	-----	حسگر 2
--------	-------	--------

مشخصات دستگاهی		
عنوان	توصیف	مثال
سازنده	سازنده دستگاه	شرکت
مدل	مدل دستگاه	544-A
تاریخ نصب	تاریخ نصب و راه اندازی	2005-06-15 12:00
تاریخ خاتمه	تاریخ خاتمه فعالیت	-----

دستگاههای جانبی		
عنوان	توصیف	مثال
حسگر 1	نوع دستگاه	فشارسنج
حسگر 2	نوع دستگاه	دماسنج هوا

مشخصات دستگاههای جانبی		
عنوان	توصیف	مثال
پارامتر	پارامتر مورد مشاهده	فشار هوا
سازنده	سازنده حسگر	شرکت
مدل	مدل سنسور	A-123
تاریخ نصب	تاریخ نصب و راه اندازی	2005-06-15 12:00
تاریخ خاتمه	تاریخ خاتمه فعالیت	-----
آدرس وب برخط	لینک وب برای داده برخط	http://

آدرس وب داده آرشیوی	لینک وب برای داده آرشیو شده	http://
---------------------	-----------------------------	---------------

پردازش داده با تاخیر		
عنوان	توصیف	مثال
روش کالیبراسیون	کالیبراسیون چگونه انجام شده است	استفاده از تاییدپل
روش محاسبات	چگونگی محاسبه داده از داده اصلی	داده ساعتی با استفاده از فیلتر ...
روش پر کردن گپ	گپ ها چگونه پر شده اند	سنسور پشتیبان / پیش بینی /
روش کنترل کیفی	کنترل کیفی چگونه انجام شده	
بالاترین نرخ داده	کمترین فاصله نمونه برداری	ساعتی

مشخصات فایل داده (با تاخیر)		
عنوان	توصیف	مثال
واحد داده	واحد داده ها در فایل	میلیمتر mm
زون زمانی داده	آفست (ساعت) از UTC	+3.5
علامت گپ	کد عددی برای گپ	99999
علائم (کد) های کیفی	آیا کدهای دیگر نیز در داده موجود است؟	Y
زمان شروع داده	زمان ابتدای سری زمانی	1995-04-12 12:00
زمان پایان داده	زمان انتهای سری زمانی	1998-05-20 12:00

همانگونه که ملاحظه میشود فراداده شامل اطلاعات سازمان مسئول، دستگاهها و سنسورها، نمونه برداری داده، کالیبراسیون، عملیات نگهداری، پردازش داده و گزارش کیفی و کنترل کیفیت می باشد. فعال و یا غیر فعال بودن ایستگاه، کانال ارسال داده، تاخیر ارسال، زمان آخرین داده، اطلاعات و پارامترهای ایستگاه GNSS (در صورت وجود)، بنچ مارکها، نحوه اتصال به شبکه های مبنایی و مختصات در سیستم ژئودتیک از دیگر پارامترهای قابل ارائه در فراداده می باشد.

8-2- فرمت داده های تراز دریا

داده های تایدگیج به یکی از دو فرمت ASCII یا Unidata NetCDF ذخیره میشود. در این فرمت ها همچنین اطلاعات دیگری مانند واحد اندازه گیری، زون زمانی و ... درج شده و استفاده از زمان UTC اکیدا توصیه میشود. فرمت ASCII در زیر دیده میشود:

```
# FORMAT VERSION 3.0 Web: http://gesla.org
# SITE NAME BUSHEHR
# COUNTRY IR IRAN
# CONTRIBUTOR Iran National Cartographic Center
# LATITUDE 25.0167N
# LONGITUDE 51.2833E
# COORDINATE SYSTEM Unspecified
# START DATE/TIME 1990/12/31 10:00:00
# END DATE/TIME 2010/12/31 12:00:00
# TIME ZONE HOURS +3.5
# DATUM INFORMATION: Zero of Tide Height
# Quality Control L2
# INSTRUMENT Radar
# PRECISION 0.01 (m)
# NULL VALUE 99999
#
# CREATION DATE 2020/05/15
#
# COLUMN 1 Date yyyy/mm/dd
# COLUMN 2 Time hh:mm:ss
# COLUMN 3 Observed sea level (m)
# COLUMN 4 Observed sea level QC flag
# COLUMN 5 used-in-extremes-analysis flag (1 = used, 0 = not used)
#
# Quality-control (QC) flags
#
```

- # 0 - no quality control
- # 1 – Good data
- # 2 – Interpolated value
- # 3 – Probably Bad value (Doubtful value, typically not used)
- # 4 – Bad value, isolated spike or wrong value
- #5– Correct but extreme value
- #6– Reference change detected, typically not used
- #7– Constant values, i.e. flat-lining
- # 8 –Out of range
- # 9 - missing value

1960/12/31 15:00:00	1.1900 1 1
1960/12/31 16:00:00	1.3000 1 1
1960/12/31 17:00:00	1.4000 1 1
1960/12/31 18:00:00	1.4500 1 1

کنترل های کیفی L1 و L2 مورد اشاره در این فرمت همانطور که قبلا توضیح داده شد بطور خلاصه به شرح زیر می باشند:

کنترل کیفی سطح یک: کنترل کیفی اتوماتیک شامل تشخیص رفتارهای غیر نرمال داده، اشتباه روز و ساعت، تشخیص خطاهای فاحش نقطه ای (spike)، گپ ها (واسطه یابی گپ های کوتاه)، تست ثبات (علامتگذاری داده های ثابت در یک بازه زمانی) و فیلترینگ داده به داده های ساعتی و محاسبه باقیمانده ها

کنترل کیفی سطح دو: پس از کنترل کیفی سطح یک و معمولا بر روی داده های بلندمدت (یک سال و بالاتر) انجام میشود و شامل آنالیز جزرومد، محاسبه و بررسی باقیمانده ها، تولید آماره های اصلی (آب بالا و پایین و مقادیر اکسترمم)، محاسبه متوسط روزانه، ماهانه و سالانه، مقایسه با ایستگاههای مجاور، مقایسه با مدلها و پیش بینی ها و تشخیص تغییرات مبنایی می باشد.

فصل نهم: مراجع:

IOC, 1985. MANUAL ON SEA LEVEL MEASUREMENT AND INTERPRETATION, Volume I - Basic Procedures, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides No. 14. IOC

IOC, 1994. MANUAL ON SEA LEVEL MEASUREMENT AND INTERPRETATION, Volume II - Emerging Technologies, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides No. 14. IOC

IOC, 2002. MANUAL ON SEA LEVEL MEASUREMENT AND INTERPRETATION, Volume III - Reappraisals and Recommendations, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides No. 14. IOC

IOC, 2006. MANUAL ON SEA LEVEL MEASUREMENT AND INTERPRETATION, Volume IV - An Update to 2006, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides No. 14. IOC

IOC, 2020. Quality Control of in situ Sea Level Observations: A Review and Progress Toward Automated Quality Control, Manuals and Guide 83, Volume I

IHO, 2005. MANUAL ON HYDROGRAPHY, Publication C-13, 1st Edition, International Hydrographic Organisation

IOOS QARTOD Project, 2021. Manual for Real-Time Quality Control; of Water Level Data, A Guide to Quality Control and Quality Assurance for Water Level Observations, Ver 2.1, Integrated Ocean Observing System

NOAA, 2003. Computational Techniques for Tidal Datums Handbook, Special Publication NOS CO-OPS 2, Silver Spring, Maryland.

NOAA, 2000. Tidal Datums and Their Applications, Special Publication NOS CO-OPS 1, Silver Spring, Maryland.

ICSM, 2021. Australian Tidal Manual, Special Publication No 9. Ver 6.0, Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping(ICSM)

Annunziato, A. Tsunami Detection Model for Sea Level Measurement Devices. *Geosciences* 2022, 12, 386. <https://doi.org/10.3390/geosciences12100386>

Pugh, D.T., 1987. Tides, Surges and Mean Sea level: a handbook for engineers and scientists. Chichester: Wiley, 472pp

Schureman, P., 1958. Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides, US Coast and Geodetic Survey, Special Publication No 98. Washington

سازمان برنامه و بودجه (1395)، دستورالعمل همسان نقشه برداری 199 – جلد اول: ژئودزی و ترازیابی

سازمان برنامه و بودجه (1387)، دستورالعمل همسان نقشه برداری 199 – جلد هفتم: آبنگاری

پیوست 1: شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
سازمان حفاظت از منابع طبیعی
سازمان حفاظت از محیط زیست

پیوست 2: فرم بازدید و کنترل میدانی ایستگاههای جزرومدی (پایش تراز دریا)

این فرم می باید حین هر بازدید از ایستگاه تکمیل شود.

نام و نام خانوادگی بازدید کننده: استان:

نام ایستگاه: تاریخ بازدید ایستگاه:/...../.....

زمان بازدید: از مورخ : تا : تاریخ بازدید قبلی:/...../.....

نوع ایستگاه: ☐ شناوری ☐ فراصوتی ☐ راداری ☐ فشاری

1- شرایط و وضعیت فیزیکی اتاقک: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

2- شرایط و وضعیت فیزیکی تجهیزات داخل اتاقک: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

3- شرایط و وضعیت فیزیکی سنسورها: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

4- شرایط و وضعیت فیزیکی کابلها و اتصالات: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

5- شرایط و وضعیت فیزیکی تاییدپل: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

6- شرایط و وضعیت فیزیکی ایستگاههای کنترلی (بنچ مارکها): ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

7- شرایط و وضعیت فیزیکی لوله های ایستگاه شناوری: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

8- شرایط و وضعیت فیزیکی پنل خورشیدی: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات:

9- از کلیه موارد فوق عکس گرفته شده و به ضمیمه فرم به سازمان نقشه برداری کشور ارسال گردید. ☐ بله ☐ خیر

10- تخلیه داده ها (حسب نیاز و با هماهنگی با مرکز) و ارسال آن به سازمان نقشه برداری کشور انجام شده است

☐ بله ☐ خیر تاریخ داده: از / / تا / /

11- کنترل ارسال داده برخط به سایت سازمان نقشه برداری کشور: ☐ برقرار است ☐ برقرار نیست

توضیحات:

12- کنترل ولتاژ باتری ها: ☐ بله ☐ خیر ولتاژ باتری پنل : ولتاژ باتری داخلی :

توضیحات:

13- تنظیم زمان دستگاه انجام شده است (بر حسب زمان زمستانی 3 GMT+5) ☐ بله ☐ خیر

زمان دستگاه پیش از تنظیم: : زمان دستگاه پس از تنظیم:

14- تعمیر و اسکراب تاییدیل انجام شده است: ☐ بله ☐ خیر

توضیحات:

15- ارتفاع از لبه اسکله و سنسورها تا سطح لحظه ای آب دریا در فواصل زمانی 15 دقیقه ای بر حسب متر و سانتیمتر: (مثال:

2/65)

مورخ/...../.....	زمان								
ارتفاع آب از محل مشخص شده بر روی لبه اسکله									
ارتفاع آب ثبت شده توسط سنسور (سنسور)									
ارتفاع آب ثبت شده توسط سنسور (سنسور)									
تراز آب بر روی تاییدیل (قرائت تاییدیل)									

16- تراز یابی بین ایستگاه های کنترلی (BM)، تاییدیل و سنسورها انجام شده است: ☐ بله ☐ خیر

17- فرم تراز یابی به پیوست می باشد: ☐ بله ☐ خیر

توضیحات تکمیلی:

18- تعویض باتری حسب نیاز و با هماهنگی مرکز انجام شده است ☐ بله ☐ خیر

ولتاژ باتری پیش از تعویض: ولتاژ باتری پس از تعویض:

19- فعالیتهای پیش بینی نشده حسب درخواست مرکز انجام شده است ☐ بله ☐ خیر

توضیحات تکمیلی:

20- گزارش بازدید ماهیانه تهیه و به همراه فرمها و عکسها به سازمان نقشه برداری ارسال گردید ☐ بله ☐ خیر

پیوست 3: محاسبه میانگین ساعتی از داده های با نرخ 5، 10، 15 و 30 دقیقه

$$X_F(t) = F_0 \cdot X(t) + \sum_{m=1}^m F_m [X(t+m) + X(t-m)]$$

در این رابطه X ها داده های تراز دریا و مقادیر F، ضرایب یا وزن هستند که مقادیر آن برای داده های 5، 10، 15 و 30 دقیقه ای به صورت زیر می باشد:

• فیلتر 5 دقیقه (M=54)

0	0.0648148					
1	0.0643225	0.0628604	0.0604728	0.0572315	0.0532331	0.0485954
2	0.0434525	0.0379505	0.0322412	0.0264773	0.0208063	0.0153661
3	0.01028	0.0056529	0.0015685	-0.0019127	-0.0047544	-0.0069445
4	-0.0084938	-0.0094346	-0.0098173	-0.0097074	-0.0091818	-0.0083247
5	-0.0072233	-0.0059642	-0.0046296	-0.0032942	-0.0020225	-0.0008672
6	0.0001321	0.0009493	0.0015716	0.0019984	0.0022398	0.0023148
7	0.0022492	0.0020729	0.0018178	0.0015155	0.0011954	0.000883
8	0.0005986	0.0003568	0.0001662	0.0000294	-0.0000056	-0.0000097
9	-0.0001032	-0.0000862	-0.0000578	-0.0000288	-0.0000077	0

• فیلتر 10 دقیقه (M=27)

0	0.1296296					
1	0.1257208	0.114463	0.0971907	0.075901	0.0529545	0.0307322
2	0.0113057	-0.0038254	-0.0138889	-0.0188692	-0.0194147	-0.0166494
3	-0.0119285	-0.0065884	-0.0017344	0.0018986	0.0039967	0.0046296
4	0.0041458	0.003031	0.001766	0.0007136	0.0000589	-0.0001939
5	-0.0001725	-0.0000576	0			

• فیلتر 15 دقیقه (M=18)

0	0.1944445					
1	0.1814184	0.1457861	0.0967236	0.0460983	0.0047054	-0.0208333
2	-0.0294517	-0.0249741	-0.0138889	-0.0026017	0.0047148	0.0069445
3	0.0054533	0.0026489	0.0004986	-0.0002909	-0.0001735	0

• فیلتر 30 دقیقه (M=12)

0	0.3750000					
1	0.2898969	0.1062099	-0.0355647	-0.0625000	-0.0164860	0.0208333
2	0.2898969	0.0	-0.0061020	-0.0020433	0.0002740	0.0

پیوست 4: فیلترهای 39، 72 و 168 ساعته برای حذف جزرومد و محاسبه میانگین روزانه

$$X_T = \frac{1}{30} \sum_{d=-19}^{d=19} F(d) H(T+d), \quad d \neq 0$$

فیلتر متقارن دودسون X0 به طول 39 ساعت:

$$F(t) = (2, 1, 1, 2, 0, 1, 1, 0, 2, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1)$$

همچنین، فیلترهای 72 و 168 ساعته نیز به شرح زیر قابل استفاده می باشند:

• فیلتر 72 ساعته :

0	0.0486111					
1	0.0484032	0.0477829	0.0467609	0.0453546	0.0435877	0.04149
2	0.0390965	0.0364465	0.0335833	0.0305528	0.0274025	0.0241809
3	0.0209364	0.0177159	0.0145646	0.0115246	0.0086342	0.0059275
4	0.0034336	0.0011764	-0.000826	-0.0025611	-0.0040222	-0.0052083
5	-0.0061239	-0.0067781	-0.0071852	-0.0073629	-0.0073327	-0.0071186
6	-0.0067464	-0.0062435	-0.0056376	-0.0049562	-0.004226	-0.0034722
7	-0.0027183	-0.0019851	-0.0012907	-0.0006504	-0.0000761	0.0004234
8	0.0008425	0.0011787	0.0014322	0.0016059	0.0017049	0.0017361
9	0.0017079	0.0016297	0.0015114	0.0013633	0.0011954	0.001017
10	0.0008368	0.0006622	0.0004996	0.0003538	0.0002281	0.0001247
11	0.000044	0.0000145	-0.0000526	-0.0000727	-0.0000782	-0.0000727
12	-0.0000598	-0.0000434	-0.0000267	-0.0000126	-0.0000033	0

• فیلتر 168 ساعته :

0	0.0625					
1	0.0620947	0.0608882	0.0589092	0.0562042	0.0528366	0.0488849
2	0.04444	0.0396035	0.0344838	0.0291942	0.0238489	0.0185604
3	0.0134364	0.0085771	0.0040724	0	-0.0035764	-0.0066086
4	-0.0090645	-0.0109286	-0.0122017	-0.0129004	-0.0130559	-0.0127126
5	-0.0119261	-0.0107611	-0.0092892	-0.0075864	-0.0057306	-0.0037988
6	-0.0018656	0	0.0017357	0.0032878	0.0046125	0.0056768
7	0.0064587	0.0069477	0.0071442	0.007059	0.0067124	0.0061329
8	0.0053557	0.0044211	0.0033729	0.0022566	0.0011177	0
9	-0.001056	-0.002014	-0.0028436	-0.0035204	-0.0040274	-0.0043543
10	-0.0044986	-0.0044643	-0.0042621	0.0039086	-0.0034248	-0.0028359

11	-0.0021697	-0.0014553	-0.0007225	0	0.0006853	0.0013091
12	0.001851	0.0022943	0.0026273	0.0028429	0.0029389	0.0029178
13	0.0027864	0.0025555	0.002239	0.0018536	0.0014176	0.0009503
14	0.0004714	0	-0.0004463	-0.0008515	-0.0012024	-0.0014881
15	-0.0017013	-0.0018376	-0.0018959	-0.0018783	-0.0017897	-0.0016374
16	-0.0014309	-0.0011813	-0.0009008	-0.0006021	-0.0002977	0
17	0.0002799	0.000532	0.0007483	0.0009223	0.0010499	0.001129
18	0.0011594	0.0011431	0.0010836	0.0009862	0.0008571	0.0007035
19	0.0005333	0.0003542	0.000174	0	-0.0001614	-0.0003045
20	-0.000425	-0.0005197	-0.0005868	-0.0006256	-0.0006367	-0.0006219
21	-0.0005838	-0.0005259	-0.0004523	-0.0003672	-0.0002751	-0.0001805
22	-0.0000876	0	0.000079	0.000147	0.0002021	0.0002432
23	0.00027	0.0002828	0.0002825	0.0002706	0.0002488	0.0002193
24	0.0001843	0.000146	0.0001065	0.000068	0.000032	0
25	-0.0000271	-0.0000485	-0.0000642	-0.000074	-0.0000785	-0.0000783
26	-0.0000741	-0.0000669	-0.0000576	-0.0000473	-0.0000366	-0.0000266
27	-0.0000175	-0.000001	-0.0000041	0.0000000	0.0000025	0.0000036
28	0.0000036	0.0000029	0.000002	0.000001	0.0000003	0

پیوست 5: تست های آماری مشاهدات کنترل کیفی

تست سه سیگما (Three Sigma Test)

یکی از روش های آماری است که برای تشخیص و حذف مشاهدات اشتباه یا نامعمول در داده ها مورد استفاده قرار می گیرد. این تست بر اساس مفهوم سه سیگما در آمار و کنترل کیفیت بنا شده است. تست سه سیگما در سطح اطمینان 99 درصد انجام شده و مراحل آن به شرح زیر است:

1. محاسبه میانگین و انحراف معیار: ابتدا میانگین و انحراف معیار داده ها محاسبه می شود.
 2. محاسبه محدوده سه سیگما: عدد انحراف معیار در 3 ضرب شده و حاصل با علامت مثبت و منفی با میانگین جمع می شود. محدوده به دست آمده برای تست داده ها مورد استفاده قرار می گیرد.
 3. مشاهدات مورد تست قرار می گیرند بطوریکه هر مشاهده داخل محدوده به عنوان مشاهده خوب تلقی شده و هر مشاهده خارج از این محدوده به عنوان یک مشاهده اشتباه یا مشکوک در نظر گرفته می شود.
 4. تصمیم گیری درباره حذف مشاهدات مشکوک: در این مرحله، بایستی تصمیم گرفته شود که آیا مشاهده مشکوک را باید حذف کرد یا خیر. این تصمیم باید بر اساس زمینه و شرایط مشاهدات، اهمیت داده ها و استناد به دانش فنی و تجربه گرفته شود.
- توجه داشته باشید که تست سه سیگما می تواند مشاهدات معتبر را نیز به عنوان مشکوک در نظر بگیرد و در عین حال، برخی مشاهدات اشتباه را نادیده بگیرد. بنابراین، استفاده از تست سه سیگما تنها یک روش ممکن برای کنترل کیفیت داده ها است و انجام آن ما را از تست های دیگر بی نیاز نمی کند. همچنین، توجه شود که تست سه سیگما برای داده های با توزیع نرمال یا نزدیک به آن به کار می رود. بنابراین، این تست عموماً بر روی باقیمانده ها انجام شده و بهتر است داده ها قبل از تست به منظور اطمینان از نرمال بودن توزیع آن مورد تست قرار گیرند.

تست باردا (Barda test)

پس از مدلسازی دقیق سطح تراز دریا با استفاده از مدل تجربی جزر و مدی، می توان اختلاف میان مدل جزر و مدی و مشاهدات جزر و مدی را بعنوان باقیمانده یا residual در نظر گرفت و در پروسه کشف مشاهدات اشتباه از آن استفاده کرد. تست باردا

تستی است که به صورت جداگانه براساس فرضیات آماری با تعریف فرض صفر H_0 و فرض مخالف صفر H_a به کشف باقیمانده های مشکوک می پردازد. مراحل یافتن مشاهده اشتباه براساس باقیمانده ها به صورت زیر می باشد.

1. فرض صفر $H_0: \hat{V}_i \in n(0, \delta^2_{\hat{V}_i})$
2. فرض مخالف صفر $H_a: \hat{V}_i \in n(\nabla \hat{V}_i, \delta^2_{\hat{V}_i})$
3. تعریف آماره براساس باقیمانده و خطای آن $w_i = \frac{\hat{V}_i}{\delta_{\hat{V}_i}}$
4. $w_i | H_0 \in n(0, 1)$ و انتخاب ریسک (α) که معمولاً $(\alpha = 0.05)$ در نظر گرفته می شود.
5. تعیین بازه برآورد آماره در تابع توزیع نرمال $-n_{0.975} < w_i < n_{0.975}$
6. اگر $-1.96\delta_{\hat{V}_i} < \hat{V}_i < 1.96\delta_{\hat{V}_i}$ آن گاه فرض (H_0) پذیرفته است در غیر این صورت $\hat{V}_i$ به عنوان باقیمانده مشکوک در نظر گرفته می شود. تمامی باقیمانده ها را به صورت فوق تست میگرد و باقیمانده های مشکوک یافت می-شود

در صورتی که یک باقیمانده مشکوک باشد نمی توان مشاهده متناظر آن را اشتباه قلمداد کرد و بلافاصله از لیست مشاهدات حذف نمود چرا که ممکن است اشتباه موجود در یک مشاهده تمامی باقیمانده ها را تحت تأثیر قرار دهد. برای یافتن مشاهده اشتباه و حذف آن به صورت زیر عمل می شود:

بزرگترین باقیمانده مشکوک انتخاب می گردد و مشاهده متناظر آن حذف میشود. سرشکنی مجدداً بدون مشاهده مورد نظر انجام شده و باقیمانده ها دوباره برآورد میشود. در ادامه تک تک باقیمانده ها تست شده و دوباره باقیمانده های مشکوک انتخاب می گردد و باز بزرگترین باقیمانده مشکوک را انتخاب کرده و مشاهده متناظر آن حذف می شود. سرشکنی مجدداً بدون مشاهدات حذف شده انجام می گردد. این عمل تا جایی ادامه می یابد که هیچ باقیمانده مشکوکی پیدا نشود. بعد از این مرحله مشاهدات حذف شده به نوبت از ابتدای لیست به سرشکنی اضافه کرده و مجدد مورد تست قرار گرفته و در صورت رد شدن در تست به عنوان داده اشتباه قطعی ارزیابی می شود.

پیوست 6: نمونه فرمت جدول ماهیانه جزرومد

Date: Dec 20 2002

Monthly HIGH/LOW WATER LEVEL DATA

October, 2002 Organisation: Station:

U.T.M.: E/W St. Name:

Units: Meters

Type: Mixed Datum: CD Note:

Quality: Verified Lev 2

	High		Low			High		Low	
Day	Time	Height	Time	Height	Day	Time	Height	Time	Height
1	7.5 < 20.2	8.037 8.071	2.4 < 12.9	7.326 7.197	16	< 9.7 < 21.3	[8.292] 8.782	2.6 14.6	7.394 7.563
2	8.8 < 21.4	8.000 8.176	2.6 < 14.3	7.173 7.066	17	10.6 < 22.8	8.345 8.323	< 6.0 < 15.4	7.470 7.245
3	9.5 < 22.3	8.233 8.314	3.2 < 15.6	7.157 7.049	18	10.7 23.3	8.257 8.230	4.0 16.7	7.248 7.196
4	10.5 < 23.1	8.525 8.599	4.1 < 16.3	7.163 7.057	19	< 11.8 < 23.4	8.296 8.292	< 4.3 17.1	7.140 7.204
5	< 11.5 23.8	8.632 8.466	4.4 < 17.1	7.109 6.873	20	12.4	8.209	< 5.0 < 17.5	7.066 6.994
16	12.2	8.477	< 5.8 18.2	6.670 6.832	21	0.4 < 12.8	[8.128] 8.297	5.8 18.1	7.036 7.090
7	< 0.5 < 13.3	8.582 8.819	< 6.4 19.2	6.961 6.969	22	0.9 < 13.4	8.142 8.216	< 6.5 19.0	6.999 7.040
8	1.3 < 14.0	8.457 8.644	6.9 < 20.1	6.888 6.877	23	1.4 < 13.7	[8.075] [8.180]	< 6.9 < 19.1	7.013 6.915
9	2.3 < 14.9	8.355 8.631	< 7.9 20.9	6.852 6.986	24	2.1 < 14.7	7.934 8.164	7.3 19.9	6.969 7.093
10	3.4 < 15.8	8.316 8.497	< 8.2 21.2	6.969 7.086	25	2.9 < 15.4	[7.993] 8.156	< 8.0 < 20.3	7.047 7.136
11	4.3 < 16.7	8.240 8.455	< 9.4 22.1	7.129 7.305	26	3.8 < 16.2	[8.061] 8.607	8.3 23.5	7.204 7.389
12	5.2 < 17.7	8.295 8.462	< 10.3	7.38	27	4.6 < 17.1	7.974 8.216	< 9.1 21.9	7.090 7.348
13	5.9 < 18.7	8.266 8.344	0.5 11.8	7.481 7.461	28	5.4 < 17.9	7.860 8.008	< 10.5	7.064
14	6.8 < 20.1	8.077 8.161	< 2.2 < 12.7	7.401 7.190	29	6.2 < 18.6	7.949 8.042	1.5 < 11.6	7.243 7.109
15	8.3 20.9	8.156 8.273	2.0 < 14.1	7.349 7.344	30	< 20.0 7.3	[8.052] [8.154]	< 1.5 13.0	7.197 7.211
					31	8.3 < 20.7	8.215 8.290	2.1 < 14.1	7.239 7.222

Highest Tide: 8.819 13.3 Hrs Oct 7 2002
Lowest Tide: 6.67 5.8 Hrs Oct 6 2002

Monthly Means: MHHW 8.357
MHW 8.272
MTL 7.707 DHQ 0.085
DTL 7.724 GT 1.266 HWI 0.42 Hrs
MSL 7.668 MN 1.131 LWI 6.13 Hrs
MLW 7.141
MLLW 7.091 DLQ 0.05