جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه‌وبودجه کشور

دستورالعمل پایش تراز دریا

(جزرومد سنجی)

دستورالعمل شماره:

STD02-O01CY0000D

نسخه نهایی

سازمان نقشه‌برداری کشور

اداره کل نظارت، کنترل فنی و استاندارد

گروه استانداردسازی

www.ncc.gov.ir

پیشگفتار

چگونگی ایجاد ایستگاه‌های پایش تراز دریا، توسعه و نگهداری آن و جمع‌آوری، پالایش و تحلیل داده‌ها نیازمند دانش تخصصی و تجربه بوده و باید با دقت و حساسیت بالا انجام شود. اندازه‌گیری تغییرات تراز دریا با توجه به تأثیر آن بر فعالیت‌های ساحلی از سابقه تاریخی زیادی در جهان برخوردار بوده و از همین رو، شبکه‌های پایش تراز دریا در دنیا ایجاد و توسعه یافته‌اند. مشاهدات تراز دریا کاربردهای گسترده‌ای داشته و شامل آب‌نگاری، تعیین دیتوم ارتفاعی، شیلات، حفاظت از محیط‌زیست، تعیین حدود و حریم ساحلی، تعیین خطوط مبدأ، فعالیت‌های مهندسی سواحل و بندرها و... می‌گردد. ایستگاه‌های پایش تراز دریا باتوجه‌به تجهیزات آن و قرارگیری در سواحل در معرض خطاها، آسیب و تأثیر عوامل گوناگون هستند که باید با ظرافت بالایی شناخته شده و تأثیرات آن بر روی داده‌ها بررسی شده و در تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است بدون این آگاهی، نصب ایستگاه‌ها، نگهداری و کنترل آن‌ها به درستی انجام نشده و در نتیجه داده‌های آن به دقت مطلوب نمی‌انجامد. عوامل دستگاهی و محیطی موجب می‌گردد تا نگهداری ایستگاه‌ها نیز با چالش‌هایی همراه باشد و بنابراین، فرایند نگهداری از ایستگاه‌ها نیازمند دانش صحیح مبتنی بر ویژگی‌های دستگاهی و تأثیرات محیطی است. اگرچه سازمان بین‌المللی آب‌نگاری IHO و گروه بین‌المللی اقیانوس‌شناسی یونسکو IOC راهنماهایی را به‌منظور استانداردسازی مشاهدات و محاسبات در این زمینه منتشر نموده‌اند؛ ولی بررسی این مجموعه‌ها نشان‌دهنده آن است که این مجموعه‌ها جامعیت لازم را نداشته و بنابراین، وجود یک دستورالعمل جامع در این زمینه بسیار مورد نیاز است. تهیه‌کنندگان این دستورالعمل با نگاهی به تجربیات و دستاوردهای مجموعه‌های خارجی در این حوزه و استفاده از تجربیات و دانش داخلی طی سه دهه گذشته در زمینه اندازه‌گیری و تحلیل داده‌های تراز دریا تلاش نموده‌اند تا مجموعه‌ای جامع در خصوص چگونگی ایجاد، نگهداری، پالایش داده، کنترل و تحلیل و مدل‌سازی داده‌های تراز دریا و جزرومد را فراهم نمایند به طوری که متخصصین بتوانند با استفاده از این دستورالعمل، امور پایش تراز دریا را به درستی و با دقت و صحت کامل انجام دهند. در اینجا لازم است تا از گروه تدوین دستورالعمل و ناظران فنی آن آقای دکتر مصطفی سهرابی، آقای دکتر محمود پیروزنیا و سرکار خانم دکتر لیلا کریمی دهکردی به جهت مطالعه، ارائه نظرات سازنده و غنی‌سازی این مجموعه و همچنین سرکار خانم مهندس مریم صارمی و سرکار خانم مهندس عطیه ثقه مجتهدی به جهت اعلام نظرات اصلاحی بر روی متن نهایی تشکر نمایم. امید است استفاده از این مجموعه در آموزش نیروهای متخصص در این حوزه و استفاده از آن در فعالیت‌های آب‌نگاری و پایش و مدل‌سازی تراز دریا بتواند ضمن استانداردسازی این فعالیت‌ها از ناسازگاری‌های موجود در زمینه جمع‌آوری و تحلیل و ارائه داده‌های تراز دریا جلوگیری کند.

علی سلطانپور

(مسئول گروه تدوین دستورالعمل)

شهریور ۱۴۰۳

تهیه و کنترل دستورالعمل پایش تراز دریا (جزرومد سنجی)

اعضای گروه تهیه‌کننده:

علی سلطانپور	سازمان نقشه‌برداری کشور	دکترای نقشه‌برداری – ژئودزی
رهی فروغی آل داود	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد فیزیک دریا
فائزه سلامی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد آب‌نگاری

اعضای گروه نظارت:

مصطفی سهرابی اطهر	شرکت آکام صنعت آسیا	دکترای ژئودزی
محمود پیروزنیا	محقق و مدرس دانشگاه	دکترای ژئودزی

اعضای گروه تأییدکننده:

عطیه ثقه مجتهدی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری
حمیده چراغی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد ژئودزی
هما درزی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی
مهدی سعیدی انجیله	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات
حمیدرضا سیدین بروجنی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد مدیریت
مریم صارمی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS
شهره صیفی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی نقشه‌برداری
شمس الملوک علی‌آبادی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد ریاضی
رقیه فتحی الماس	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور
لیلا کریمی دهکردی	سازمان نقشه‌برداری کشور	دکتری ژئودزی

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان نقشه‌برداری کشور):

مریم صارمی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی
علی صفایی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی

جناب آقای مرتضی صدیقی
معاون محترم فنی و تولید اطلاعات مکانی
جناب آقای حمیدرضا سیدین بروجنی
معاون محترم فناوری و ارائه اطلاعات مکانی
جناب آقای رامین پاپی
سرپرست محترم دفتر ریاست ، روابط عمومی و امور بین الملل
جناب آقای علی سلطانپور
مدیر محترم آبنگاری و امور جزر و مدی
جناب آقای سید عبدالرضا سعادت
مدیر کل محترم نقشه برداری زمینی و بنیادی
جناب آقای ابوطالبی
مدیر کل محترم نقشه برداری هوایی و فضایی
جناب آقای علی مدد
مدیر کل محترم سامانه های ملی و زیر ساخت های اطلاعات مکانی
جناب آقای مهدی سعیدی انجیله
مدیر محترم نقشه نگاری و اطلس های ملی
جناب آقای نعمت الله حبشی
مدیر محترم خدمات فنی

موضوع : ابلاغ دستورالعمل پایش تراز دریا (جزر و مد سنجی)

باسلام و احترام،

ایجاد و نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا نیازمند دانش تخصصی است؛ زیرا داده‌های آن بر فعالیت‌های ساحلی و محیط‌زیست تأثیر مستقیم دارد. این داده‌ها در حوزه‌هایی همانند آبنگاری، شیلات، حفاظت از سواحل، مهندسی سواحل و بندرها و سایر حوزه‌ها استفاده می‌شوند. ایستگاه‌ها به دلیل قرارگیری در سواحل، در معرض خطاها و آسیب‌های محیطی هستند و نیاز به کنترل دقیق دارند. اگرچه سازمان بین‌المللی هیدروگرافی(IHO) و گروه بین‌المللی اقیانوس‌شناسی یونسکو (IOC) راهنماهایی را به‌منظور استانداردسازی مشاهدات و محاسبات در این زمینه منتشر نموده‌اند؛ لیکن بررسی این مجموعه‌ها نشان‌دهنده آن است که این مجموعه‌ها جامعیت لازم را ندارد. بنابراین، وجود یک دستورالعمل جامع در این زمینه بسیار مورد نیاز است. از این رو به همت متخصصین این حوزه در سازمان نقشه‌برداری کشور، دستورالعملی با عنوان "پایش تراز دریا(جزر ومد سنجی)" تهیه شده است که در آن با نگاهی به تجربیات و دستاوردهای مجموعه‌های خارجی در این حوزه و استفاده از تجربیات و دانش داخلی، طی سه دهه گذشته در زمینه اندازه‌گیری و تحلیل داده‌های تراز دریا تلاش شده است تا مجموعه‌ای جامع در خصوص چگونگی ایجاد، نگهداری، پایش داده، کنترل، تحلیل و مدل‌سازی داده‌های تراز دریا

و جزرومد را فراهم نمایند؛ به طوری که متخصصین بتوانند با استفاده از این دستورالعمل، امور پایش تراز دریا را به درستی و با دقت و صحت کامل انجام دهند. این دستورالعمل(پیوست) جهت بهره‌برداری و سایر اقدامات لازم، ابلاغ می‌گردد.

سیداسکندر صیدایی

تهران ـ میدان آزادی ـ بلوارمعراج ـ سازمان نقشه‌برداری کشور ـ کدپستی: ۱۳ ۸۷ ۸۳ ۵۸ ۶۱
تلفن: ۷-۶۶۰ ۷۱۰ ۰۱ دورنگار: ۶۶۰ ۷۱۰ ۰۰
درگاه: www.ncc.gov.ir
رایانامه: info@ncc.gov.ir

National
Cartographic
Center

فهرست

پیشگفتار ..... أ

مقدمه ..... ط

فصل اول ۱

فصل دوم ۷

۱-۲-ایستگاه درجه ۳ ..... ۹

۲-۲- ایستگاه درجه ۲ ..... ۹

۲-۳- ایستگاه درجه ۱ ..... ۹

فصل سوم ۱۱

۱-۳- اهمیت مکان‌یابی برای محل ایستگاه ۱۳

۲-۳- معیارهای مهم در مکان‌یابی ایستگاه ۱۳

فصل چهارم ۱۷

۱-۴- بخش‌های اصلی ایستگاه پایش تراز دریا ۱۹

۲-۴- انواع ایستگاه‌های پایش تراز دریا باتوجه‌به نحوه اندازهگیری ۱۹

۳-۴- تایدپل ۲۰

۱-۳-۴-دیتوم (صفر) تایدپل: ۲۰

۲-۳-۴- جانمایی و نصب تایدپل ۲۱

۴-۴- ایستگاه شناوری (مکانیکی – الکترومکانیکی) ۲۲

۵-۴- ایستگاه آکوستیکی (صوتی) ۲۵

۱-۵-۴- ایستگاه آکوستیکی با لوله صوتی ۲۶

۳-۵-۴- جزرومد سنج آکوستیکی بدون لوله صوتی ۲۶

۶-۴- ایستگاه راداری ۲۷

۴-۷- حس‌گر فشاری ۲۸
۴-۸- کنترل میدانی ایستگاه ۳۱
۴-۹- کالیبراسیون تایدگیج ۳۲
۴-۱۰- نشانه کنترلی ایستگاه ۳۲
۴-۱۱- شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا ۳۳
فصل پنجم ۳۵
۵-۱- مراحل نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا ۳۶
۵-۲- بازدید از ایستگاه‌های پایش تراز دریا ۳۷
فصل ششم ۳۹
۶-۱- ایستگاه‌های کنترلی ۴۱
۶-۲- مکانیابی ایستگاه‌های کنترلی ۴۱
۶-۳- نحوه نام گذاری ایستگاه‌های کنترلی ۴۲
۶-۴- ساختمان ایستگاه کنترلی (نقطه مرجع) ۴۳
۶-۴-۱- ایستگاه کنترل سنگی ۴۳
۶-۴-۲- ایستگاه کنترل بتنی ۴۵
۶-۴-۳- ایستگاه کنترل دیسکی ۴۹
۶-۴-۴- ایستگاه پیلار ۵۰
۶-۴-۵- شناسنامه ایستگاه‌های کنترل ۵۲
فصل هفتم ۵۳
۷-۱- نیاز به کنترل ۵۵
۷-۲- کنترل کیفی داده‌ها ۵۶
۷-۲-۱- کنترل کیفیت داده‌های برخط (کنترل سطح صفر) ۵۸

۲-۲-۷- کنترل کیفیت داده‌های نزدیک برخط (کنترل سطح یک) ۵۹
۳-۲-۷- کنترل کیفیت داده‌های با تأخیر (کنترل سطح دو) ۶۰
۳-۷- محاسبه میانگین ساعتی ۶۲
۴-۷- محاسبه میانگین روزانه ۶۲
۵-۷- میانگین ماهیانه و سالانه ۶۴
۶-۷-کنترل های تکمیلی ۶۴
۷-۷- کنترل دیتوم ایستگاه ۶۵
۸-۷- تحلیل هارمونیک و مدل جزرومد ۶۶
۹-۷- محاسبه سطوح جزرومدی ۶۹
۱۰-۷- محاسبه چارت‌دیتوم (CD) ۷۱
۱-۱۰-۷- محاسبه چارت‌دیتوم در آب های جزرومدی ۷۱
۲-۱۰-۷- چارت‌دیتوم در آبهای بسته ۷۱
فصل هشتم ۷۳
۱-۸- فراداده اطلاعات تراز دریا ۷۵
۲-۸- فرمت داده‌های تراز دریا ۷۸
۹- مراجع ۸۱
پیوست ۱: شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا ۸۳
پیوست ۲: فرم بازدید و کنترل میدانی ایستگاه های جزرومدی (پایش تراز دریا) ۸۵
پیوست ۳: محاسبه میانگین ساعتی از داده‌های با نرخ ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه ۸۹
پیوست ۴: فیلترهای ۳۹، ۷۲ و ۱۶۸ ساعته برای حذف جزرومد و محاسبه میانگین روزانه ۹۱
پیوست ۵: آزمون های آماری مشاهدات کنترل کیفی ۹۳
پیوست ۶: نمونه فرمت جدول ماهیانه جزرومد ۹۵

فهرست شکل‌ها

شکل۴-۱-سیستم دستگاه جزرومد سنجی شناوری..... ۲۳

شکل۴-۲-سیستم آکوستیکی اندازه‌گیری تراز دریا با استفاده از لوله صوتی و چاه آرامش بعنوان نسل جدید ایستگاه‌های پایش تراز دریا مجهز به حس‌گر فشاری و تایدپل بعنوان حس‌گرهای پشتیبان و کنترلی..... ۲۶

شکل۴-۳-تایدگیج راداری به همراه حس‌گر فشاری حبابی..... ۲۸

شکل۴-۴- حس‌گر فشاری مشاهده مستقیم..... ۳۰

شکل۴-۵- محل نسبی حس‌گرهای فشاری در نوع B و نمودارهای مشاهدات و اختلاف مشاهدات..... ۳۱

شکل۶-۱-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..... ۴۳

شکل۶-۲- میله ترازیابی سرِ‌گرد مورداستفاده در ساختمان سنگی و بتنی..... ۴۳

شکل۶-۳- میله استیل نصب شده در ساختمان سنگی یا بتنی..... ۴۴

شکل۶-۴- میله چند منظوره نصب شده در سنگ یا سطوح بتنی مستحکم به همراه میله آداپتور و آنتن GNSS..... ۴۴

شکل۶-۵- میله اصلی چند منظوره (با قابلیت نصب آنتن GPS و ترازیابی) مورداستفاده ایستگاه‌های سنگی و بتنی ۴۵

شکل۶-۶- برش قائم ساختمان نقطه‌مرجع ایستگاه تایدگیج..... ۴۶

شکل۶-۷- آرماتور مورداستفاده در ساختمان نقطه‌مرجع بتنی..... ۴۷

شکل۶-۸- دیسک استیل مورداستفاده در ساختمان دیسکی به‌منظور ترازیابی..... ۵۰

شکل۶-۹- ساختمان ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار..... ۵۱

شکل ۶-۱۰- آرماتوربندی ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار..... ۵۱

شکل۷-۱- فرآیند کلی پردازش داده‌های تراز دریا..... ۵۷

شکل۷-۲- دیتوم های جزر و مدی..... ۶۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۶-۱- نسبت وزنی مصالح جهت ساخت ایستگاه بتنی (۱ متر مکعب بتن) ۴۸

جدول۷-۱- علامت(کد) های کنترل کیفی ۵۸

جدول۷-۲- مشخصات مؤلفه‌های اصلی جزرومد ۶۷

جدول۷-۳- تعیین رژیم جزرومدی ۶۸

جدول۷-۴- نمونه مؤلفه ها، دامنه و فاز جزرومدی ۷۰

جدول۸-۱- فراداده اطلاعات تراز دریا ۷۵

نسخه نهایی

مقدمه

پایش تراز دریاها و اقیانوس‌ها از دیرباز موردتوجه بشر بوده است. دریاها نقش بی‌بدیلی در زندگی بشر و سایر موجودات کره زمین ایفا نموده‌اند و حیات بشر و موجودات کره زمین متأثر از آن است. وجود منابع و ذخایر عظیمی از انرژی و مواد غذایی در دریاها و تأثیرات زیست‌محیطی آن موجب شده است تا امروزه نگاه خاصی بر دریاها و اقیانوس‌ها حاکم شده و تغییرات آن با دقت و حساسیت بیشتری دنبال شود. ازجمله پارامترهای مهم دریاها و اقیانوس‌ها، پارامترهای هندسی و فیزیکی آن است که در آب‌نگاری به آن پرداخته می‌شود. برداشت هندسه و عوارض بستر و توپوگرافی سواحل طی عملیات آب‌نگاری و پایش تغییرات زمانی آن به‌منظور تهیه و به‌روزرسانی چارت‌های دریایی ضمن تأمین ایمنی دریانوردی، اطلاعات با ارزشی را به‌منظور مطالعات دیگر دریایی و ساحلی تأمین می‌نماید. پایش و مدل‌سازی و پیش‌بینی تراز دریا (جزرومد) از اهمیت ویژه‌ای در آب‌نگاری برخوردار است. تراز دریا به دلایل گوناگون تغییر می‌کند و فعالیت‌ها و مطالعات ساحلی و فراساحلی من‌جمله آب‌نگاری نیازمند آگاهی کامل نسبت به این تغییرات هستند. تغییرات لحظه‌ای سطح آب تحت تأثیر عوامل مختلفی است که عمده آن جزرومد ناشی از ماه و خورشید بوده و از عوامل دیگر می‌توان 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 تحلیل اطلاعات این ایستگاه‌ها به دست می‌آید به‌عنوان سطح‌مبنای ارتفاعی کشور مورداستفاده قرار می‌گیرد.

درصورتی‌که زمین را به‌صورت مایع فرض کرده و از خشکی‌ها و اصطکاک بستر صرف‌نظر نماییم، جزرومد باتوجه‌به وجود ماه و خورشید و کشش سطحی ایجادشده توسط نیروهای جزرومدی به‌صورت کشیده در امتداد ماه و خورشید درآمده و میزان جزرومد و زمان وقوع آن به‌سادگی قابل مدل‌سازی خواهد بود. ولی جزرومد واقعی در نقاط مختلف کره زمین باتوجه‌به وجود عوامل مختلف دارای پیچیدگی‌هایی است. اولاً، آب یک مایع با خاصیت ویسکوز است که موجب می‌شود تا زمان پاسخگویی به نیروهای جزرومدی با تأخیر روبرو شود. همچنین، زمین به‌صورت یک کره نبوده، سطح آن تماماً از آب پوشیده نشده و آب دریاها و اقیانوس‌ها در همه‌جا به یک اندازه عمیق و یکنواخت نیست. دامنه جزرومد تحت تأثیر اصطکاک بستر دریاها و اقیانوس‌ها و همچنین سایر جریان‌های دریایی، شکل ساحل و توپوگرافی بستر دریاها و اقیانوس‌ها است که موجب می‌گردد تا مؤلفه‌های جزرومدی تحت تأثیر این عوامل تشدید و یا تضعیف شوند. بالا و پایین رفتن آب تحت تأثیر جزرومد با نرخ یکنواخت انجام نمی‌شود. پس از یک جزر، آب به‌آرامی شروع به افزایش می‌کند و به حداکثر آن (مد) می‌رسد. سپس این نرخ کاهشی شده و تا زمان جزر کامل ادامه می‌یابد. این تغییرات تراز به‌صورت یک موج سینوسی است؛ ولی شکل موج از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت خواهد بود. بااین‌همه، سه ویژگی مهم جزرومد در هر نقطه عبارت‌اند از: زمان جزرومد، دامنه جزرومد و نوع آن. یک هیدروگراف باید درک کاملی از این ویژگی‌ها داشته باشد تا بتواند به‌خوبی تصحیحات جزرومدی را بر داده‌های عمق اعمال نماید.

ماه هر شبانه‌روز یک‌بار از نصف‌النهار محل عبور می‌کند و عین حال دارای حرکت چرخشی به‌دور زمین نیز است. زمین بایستی هرروز ۱٫۵ درجه معادل ۵۰ دقیقه بیشتر دوران نماید تا ماه از نصف‌النهار همان محل عبور نماید. باید

توجه داشت که به دلیل وجود سواحل و اصطکاک بستر دریاها و اقیانوس‌ها، زمان وقوع مد کاملاً منطبق بازمان عبور ماه از نصف‌النهار محل نبوده و با تأخیر زمانی انجام می‌شود. دامنه جزرومدی به‌صورت اختلاف تراز دریا در زمان مد از زمان جزر تعریف می‌شود. این دامنه به‌صورت روزانه در حال تغییر بوده و صرف‌نظر از عوامل جوی، ناشی از موقعیت نسبی ماه و خورشید است به‌طوری‌که ماکزیمم دامنه در زمان مهکشند (Spring) و مینیمم آن در زمان کهکشند (Neap) مشاهده می‌شود. وجود زاویه میل استوا نسبت به صفحه اکلپتیک و همچنین زاویه صفحه دورانی ماه نسبت به اکلپتیک، رفتار و مقدار جزرومد را دچار پیچیدگی‌های بیشتری می‌کند. جزرومد در نقاط مختلف جهان به‌صورت روزانه (یک ماکزیمم و یک مینیمم طی یک روز)، نیم‌روزانه (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 است ولی به دلیل اثر بستر دریا در مناطق کم‌عمق ساحلی و همچنین در خلیج‌ها و خورها تشدید شده و دامنه جزرومدی بالاتری مشاهده می‌شود. تراز دریا همچنین تحت تأثیر عوامل غیر جزرومدی است. در این خصوص می‌توان به عواملی همچون سونامی و طوفان‌های دریایی، باد، فشار هوا، جریان‌های دریایی و تغییرات تراز در خروجی رودخانه‌ها اشاره نمود. عوامل اقلیمی در آب‌های بسته تأثیرات شدیدتری دارند و دریاچه‌ها به دلایلی مانند کمبود بارش و افزایش تبخیر، تغییرات تراز شدیدتری را تجربه می‌کنند.

هیدروگراف‌ها باید بتوانند اعماق اندازه‌گیری شده را تحت هر شرایط جزرومدی به مبنای یک سطح‌مبنا یا دیتوم منتقل نمایند. یک دیتوم ایدئال جزرومدی حاصل تحلیل داده‌های تراز دریا به مدت ۱۸،۶ سال است که طول‌موج بلند تغییرات جزرومدی ناشی از نوتیشن ماه است. دیتومی که عمق‌ها نسبت به آن مشاهده می‌شوند دیتوم عمق‌یابی و دیتومی که اعماق چارت‌های دریایی نسبت به آن بر روی چارت درج می‌شوند چارت‌دیتوم نامیده می‌شود. در سواحل ایالات‌متحده آمریکا، MLLW به‌عنوان دیتوم عمق‌یابی و چارت‌دیتوم باهم استفاده می‌شود. MLLW از میانگین پایین‌ترین جزر روزانه در یک دوره ۱۹ ساله به دست می‌آید. این کشور هم‌اینک تمامی دیتوم‌های جزرومدی را نسبت به اپک مرجع ۱۹۸۳-۲۰۰۱ محاسبه می‌نماید. در ایران و همچنین چارت‌های انگلیسی از پایین‌ترین جزر نجومی LAT بر اساس پایین‌ترین جزر مورد انتظار طی ۱۹ سال به‌عنوان چارت‌دیتوم استفاده می‌کنند که از مؤلفه‌های هارمونیک حاصل از تحلیل هارمونیک مشاهدات به دست می‌آید. کاربرد LAT بعنوان چارت‌دیتوم برای استفاده بین‌المللی توسط IHO نیز مورد پذیرش است. در مناطقی با جزرومد کم یا بدون جزرومد، دیتوم‌های دیگری استفاده می شوند. به‌طور مثال در دریای سیاه، از سطح متوسط دریا و در دریاچه های بزرگ کانادا و آمریکا از دیتوم آب پایین LWD به‌صورت میانگین ماه هایی که سطح آب پایین است در یک بازه زمانی مشخص استفاده میشود. چارت‌دیتوم دریای خزر بر همین اساس به مبنای سطح متوسط آب در بندر شهیدرجایی و سیستم ارتفاعی IRHS1998 تعیین شده است. توجه شود که این دیتوم کاملاً متفاوت از دیتوم ارتفاعی ژئودتیک می باشند. به‌طور مثال 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 به‌صورت 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 جزرومدی از نقطه ای به نقطه دیگر متفاوت بوده و وابسته به محل می باشد. ایستگاه‌های پایش تراز دریا به کمک ترازیابی 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.

داده‌های ایستگاه‌های جزرومد سنجی به‌منظور تصحیح داده‌های عمق‌یابی در عملیات آب‌نگاری مورداستفاده قرار می‌گیرند. علاوه براین، تغییرات تراز آب موردعلاقه بسیاری از محققان از حوزه‌های مختلف علوم زمین است. از کاربردهای اطلاعات تراز دریا به‌طور مختصر می‌توان به آب‌نگاری و تهیه نقشه/چارت‌های دریایی، عبور امن شناورها، داکینگ و مانور بی‌خطر شناورها، ماهیگیری تجاری، فعالیت‌های تفریحی، مطالعه امواج طوفان / بالاآمدگی آب، تشخیص سونامی و متئوسونامی، مدیریت مناطق ساحلی، نگهداری بندرها و کانال‌های دسترسی، عملیات مهندسی سازه‌های ساحلی، توسعه دریایی/اقیانوسی، ارزیابی و اعتبارسنجی مدل‌های عددی اقیانوسی، درک تأثیر تغییرات بلندمدت تراز دریا بر موجودات و ساکنین مناطق ساحلی و حدود و حریم دریایی (قراردادها، معاهده‌ها و تفاهم‌نامه‌ها) اشاره نمود.

اگرچه اندازه‌گیری تغییرات سطح آب سابقه‌ای دیرینه دارد ولی مشاهدات دائمی و دقیق در این زمینه از سال ۱۳۶۸ توسط سازمان نقشه‌برداری کشور به ترتیب در مناطق بوشهر، کنگان، اسکله شهید رجایی و چابهار آغاز گردید؛ و سپس به ایستگاه‌های دیگر در جنوب کشور شامل بندرهای خرمشهر، امام خمینی، امام حسن، عامری، طاهری، دیر، لنگه، جزایر کیش و قشم و مجتمع کشتی‌سازی خلیج‌فارس گسترش یافت. پایش تغییرات سطح آب دریای خزر نیز در سال ۱۳۸۸ با نصب یک دستگاه در منطقه نکا (امیرآباد) آغاز گردید. سپس در سال ۱۳۹۱ 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 امروزه بخشی از شبکه پایش را تشکیل می‌دهند که از سال ۱۳۸۷ و با همکاری گروه اقیانوس‌شناسی یونسکو آغاز به کار نموده‌اند. در سال‌های اخیر، ایستگاه‌های پسابندر و زرآباد در منطقه مکران و ایستگاه چم‌خاله در شمال کشور به ایستگاه‌های این شبکه، شبکه ملی پایش تراز دریا (جزرومدسنجی) هم‌اینک دارای ۱۷ ایستگاه در جنوب و ۶ ایستگاه در شمال کشور است که داده‌های آن به‌صورت برخط به مرکز ارسال شده و همچنین در سایت سازمان نقشه‌برداری کشور و برنامه کاربردی NCCTIDE نمایش داده می‌شود. سازمان نقشه‌برداری کشور همچنین پیش‌بینی سالیانه جزرومد برای ایستگاه‌های جنوبی کشور را برای ۵۲ منطقه (شامل ایستگاه‌های دائمی و موقت) انجام می‌دهد که این پیش‌بینی‌ها 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 می‌گیرد.

فصل اول

تعاریف

نسخه نهایی

تایدگیج[۱] دستگاهی است که به‌منظور اندازه‌گیری و ثبت تغییرات تراز آب پهنه‌های آبی شامل دریاها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها بکار می‌رود. باتوجه‌به روش اندازه‌گیری، این دستگاه‌ها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که از آن جمله می‌توان به دستگاه‌های شناوری، فشاری، راداری و آکوستیک اشاره نمود.

تراز دریا: ارتفاع مشاهداتی سطح دریا در زمان مشخص و نسبت به سطح‌مبنای تعریف‌شده.

جزرومد: عبارت است از بالا و پایین رفتن دوره‌ای سطح اقیانوس‌ها، دریاها، خلیج‌ها و غیره، به دلیل وجود نیروی گرانشی ناشی از ماه، خورشید و اجرام سماوی دیگر.

جزرومد نیم‌روزانه:[۲] جزرومد با دوره تناوب تقریباً ۱۲ ساعت.

جزرومد روزانه:[۳] جزرومد با دوره تناوب تقریباً ۲۴ ساعته.

مهکشند:[۴] جزرومد با بیشترین دامنه ناشی از قرارگیری نسبی ماه و خورشید در فاز صفر و ۱۸۰ درجه نسبت به یکدیگر و یا به عبارت بهتر قرارگیری ماه، خورشید و زمین در یک امتداد (ابتدا و نیمه ماه های قمری).

کهکشند:[۵] جزرومد با کمترین دامنه ناشی از قرارگیری نسبی ماه و خورشید در فاز ۹۰ و ۲۷۰ درجه نسبت به یکدیگر (روزهای ۷ و ۲۱ ماه‌های قمری).

تحلیل هارمونیک: تحلیل یا تجزیه سری زمانی مشاهدات تراز دریا به مجموعه‌ای از فرکانس‌ها با دامنه مشخص که می‌تواند به‌منظور پیش‌بینی جزرومد مورداستفاده قرار گیرد.

سطح‌مبنای چارت دریایی:[۶] سطحی مبنایی است که تمام عمق‌های نمایش داده شده بر روی چارت‌های دریایی نسبت به آن بوده و معمولاً پیش‌بینی‌ها و سطوح جزرومدی نیز نسبت به آن ارائه می‌شوند. پایین‌ترین تراز دریا به‌عنوان چارت‌دیتوم در نظر گرفته می‌شود و عموماً از LAT[۷] و MLLW[۸] بدین منظور استفاده می‌شود.

سطوح مبنای جزرومدی: سطوح مختلف تراز دریا که با استفاده از داده‌های تراز دریا و یا استخراج مؤلفه‌های جزرومدی محاسبه و تعریف می‌شود.

سطح متوسط دریا:[۹] میانگین یا متوسط تراز دریا که از اعمال پالایه پایین‌گذر[۱۰] بر روی مشاهدات ساعتی و یا میانگین‌گیری تراز دریا در بازه زمانی نسبتاً طولانی (سالانه، ۱۸,۶ سال) به دست می‌آید.

سطح متوسط جزرها:[۱۱] متوسط ارتفاع تمامی جزرها در یک بازه زمانی مشخص.

سطح متوسط مدها:[۱۲] متوسط ارتفاع تمامی مدها در یک بازه زمانی مشخص.

---

۱ Tide Gauge
۲ Semi-diurnal tide
۳ Diurnal tide
۴ Spring
۵ Neap
۶ Chart Datum
۷ Lowest Astronomical Tide
۸ Mean Lower Low Water
۹ Mean Sea level
۱۰ Low-Pass Filter
۱۱ Mean Low water
۱۲ Mean High Water

سطح متوسط جزرومد:[۱] تراز دریا که از میانگین‌گیری MHW و MLW حاصل می‌شود.

سطح متوسط بلندترین مدها:[۲] متوسط ارتفاع بالاترین مدهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص.

سطح متوسط کوتاه‌ترین جزرها:[۳] متوسط ارتفاع پایین‌ترین جزرهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص.

سطح متوسط کوتاه‌ترین مدها:[۴] متوسط ارتفاع پایین‌ترین مدهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص.

سطح متوسط بلندترین جزرها:[۵] متوسط ارتفاع بالاترین جزرهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص.

متوسط مد مهکشند:[۶] متوسط ارتفاع مدها در هنگام مهکشند در یک بازه زمانی مشخص.

متوسط جزر مهکشند:[۷] متوسط ارتفاع جزرها در هنگام مهکشند در یک بازه زمانی مشخص.

متوسط مد کهکشند:[۸] متوسط ارتفاع مدها در هنگام کهکشند در یک بازه زمانی مشخص.

متوسط جزر کهکشند:[۹] متوسط ارتفاع جزرها در هنگام کهکشند در یک بازه زمانی مشخص.

پایین‌ترین سطح جزرومدی نجومی: پایین‌ترین تراز دریای مورد انتظار باتوجه‌به ترکیب مؤلفه‌های جزرومدی و تحت شرایط نرمال آب‌وهوایی که آب دریا به‌ندرت پایین‌تر از آن قرار می‌گیرد و با تحلیل داده‌های بلندمدت تراز دریا محاسبه می‌شود.

بالاترین سطح جزرومدی نجومی:[۱۰] بالاترین تراز دریای مورد انتظار باتوجه‌به ترکیب مؤلفه‌های جزرومدی و تحت شرایط نرمال آب‌وهوایی که آب دریا به‌ندرت می‌تواند بالاتر از آن قرار گیرد و با تحلیل داده‌های بلندمدت تراز دریا محاسبه می‌شود.

پایین‌ترین جزر اقیانوس هند:[۱۱] تراز آب پیشنهاد شده توسط جورج داروین برای سطح‌مبنای اقیانوس هند. این سطح از تفاضل مجموع دامنه مؤلفه‌های اصلی جزرومدی نیم‌روزانه ناشی از ماه و خورشید و جزرومدی روزانه ماه و جزرومد ترکیبی ماه و خورشید (M2,S2,K1,O1) از سطح متوسط دریا به دست می‌آید.

طوفان دریایی:[۱۲] موج پیش‌رونده ساحلی که می‌توان بسیار مخرب بوده و ناشی از زمین‌لرزه و یا آتشفشان‌های زیرآبی است.

نقطه‌مرجع: نقطه‌مرجع ایستگاه ثابتی است که در ساحل تعبیه می‌شود. این ایستگاه معرف یک سطح‌مبنای ارتفاعی یا دیتوم است که مشاهدات تراز آب نسبت به آن سنجیده می‌شوند. ثبات نقطه‌مرجع با استفاده از فنون ژئودتیک مورد

---

۱ Mean Tide Level
۲ Mean Highter High Water
۳ Mean Lower Low Water
۴ Mean Lower High Water
۵ Mean Higher Low Water
۶ Mean High Water Spring
۷ Mean Low water Spring
۸ Mean High Water Neap
۹ Mean Low Water Neap
۱۰ Highest Astronomical Tide
۱۱ Indian Spring Low Water
۱۲ Tsunami

ارزیابی قرار می‌گیرد. وجود نقطه‌مرجع به‌منظور حفظ دیتوم در صورت تغییر تایدگیج و اتصال مشاهدات به شبکه ارتفاعی کشور و تایدگیج‌های دیگر ضروری است.

نقطه‌مرجع سنگی: نقطه مرجعی است که بر روی سنگ‌های بستر و ریشه‌دار نزدیک ساحل و یا سطوح بتنی مستحکم و پایدار ساخته می‌شود. بدین منظور یک میله استیل سرگِرد (میله ترازیابی) و یا میله چندمنظوره به‌صورت قائم در داخل سنگ تعبیه می‌شود.

نقطه‌مرجع بتنی: نقطه مرجعی است که به‌صورت بتنی و مسلح در ابعاد مشخص و به‌صورت درجا ساخته‌شده و میله استیل سرگرد (میله ترازیابی) و یا میله چندمنظوره در آن تعبیه می‌شود.

نقطه‌مرجع دیسکی: نقطه مرجعی است که بر روی دیوار ساختمان و یا دیوارهای سنگی و بتنی تعبیه می‌شود. در این نقطه‌مرجع یک دیسک استیل به‌صورت افقی داخل دیوار قرار می‌گیرد.

نقطه‌مرجع اصلی:[۲] نقطه‌مرجعی است (از نوع سنگی، بتنی و یا دیسکی) که در نزدیکترین فاصله تا تایدگیج ایجاد می‌شود. فاصله این نقطه‌مرجع از تایدگیج نباید بیشتر از ۵۰ متر باشد.

پیلار:[۳] ساختمانی است که به‌صورت بتنی و مسلح در ابعاد مشخص و به‌صورت درجا ساخته می‌شود. پیلار دارای یک ستون بتنی است که میله استیل در انتهای آن به‌منظور نصب آنتن GNSS[۴] تعبیه‌شده است.

---

۱ Bench Mark

۲ TGBM

۳ Pillar

۴ Global Navigation Satellite System

فصل دوم

طبقه‌بندی ایستگاه‌های پایش تراز دریا

نسخه نهایی

ایستگاه‌های پایش تراز دریا باتوجه‌به کیفیت و هدف از ایجاد آن‌ها به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۲-۱-ایستگاه درجه ۳

ایستگاهی که مشاهدات در آن در طول مدت کمتر از یک سال انجام شده و اغلب به‌منظور عملیات آب‌نگاری و یا نیاز به آگاهی از جزرومد در فعالیت‌های ساحلی مورداستفاده قرار می‌گیرند. در مجاورت این ایستگاه حداقل سه نقطه‌مرجع می‌بایست ساخته شود. یکی از این نقاط مرجع، نقطه‌مرجع اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه و دو نقطه‌مرجع دیگر در محدوده ۵۰۰ متری از ایستگاه ایجاد می‌شوند. ایجاد یک نقطه‌مرجع با دید آسمانی مطلوب به‌منظور مشاهدات GNSS توصیه می‌شود. در این نقطه‌مرجع میله چندمنظوره به‌منظور امکان نصب مستقیم گیرنده ماهواره‌ای باید در نظر گرفته شود. ایستگاه و نقاط مرجع کنترلی باید با انجام ترازیابی حداقل درجه ۳ به یکدیگر و شبکه ملی ترازیابی کشور متصل شوند. اتصال نقطه‌مرجع با قابلیت مشاهده GNSS به شبکه ایستگاه‌های دائمی GNSS کشور و یا ایستگاه‌های چندمنظوره ژئودزی کشور تحت استاندارد ژئودزی درجه یک توصیه می‌شود.

۲-۲- ایستگاه درجه ۲

ایستگاهی که مشاهدات مستمر در آن بیش از یک سال انجام شده و وظیفه پایش و مدل‌سازی نسبتاً بلندمدت تغییرات تراز دریا را برعهده دارد. در مجاورت این ایستگاه حداقل چهار نقطه‌مرجع و یک پیلار باید ساخته شود. یکی از این نقاط مرجع، نقطه‌مرجع اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه و پیلار و سه نقطه‌مرجع دیگر در محدوده ۵۰۰ متری از ایستگاه ایجاد می‌شوند. پیلار و حداقل دو نقطه‌مرجع باید دارای قابلیت و دید آسمانی مطلوب به‌منظور مشاهدات ماهواره‌ای باشند. در این نقاط مرجع میله چندمنظوره به‌منظور امکان نصب مستقیم گیرنده‌های ماهواره‌ای باید در نظر گرفته شود. ایستگاه‌های دائمی و نقاط مرجع و پیلارهای کنترلی آن باید حداقل دو بار در سال با انجام ترازیابی درجه ۲ به یکدیگر و به شبکه ملی ترازیابی کشور متصل شوند. پیلارها و نقاط مرجع باید با قابلیت مشاهدات GNSS سالیانه با مشاهدات GNSS به مدت ۲۴ ساعت و رعایت استاندارد ژئودزی درجه یک (به استاندارد ۱۱۹-۱ مراجعه شود) به شبکه ایستگاه‌های دائمی GNSS کشور متصل گردیده و تغییرات ارتفاعی آن‌ها کنترل شود.

۲-۳- ایستگاه درجه ۱

ایستگاهی دائمی که وظیفه تعیین سطح مبنا برای اهداف ملی و پایش و مدل‌سازی بلند مدت تغییرات تراز دریا باتوجه‌به تغییرات ژئودینامیکی و تغییرات اقلیمی را برعهده دارد. در مجاورت این ایستگاه حداقل پنج نقطه‌مرجع دائمی و دو پیلار باید ساخته شود. یکی از این نقاط مرجع، نقطه‌مرجع اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه و پیلارها و چهار نقطه‌مرجع دیگر در محدوده ۱۵۰۰ متری از تایدگیج ایجاد می‌شوند. پیلارها و حداقل دو نقطه‌مرجع باید دارای قابلیت و دید آسمانی مطلوب به‌منظور مشاهدات ماهواره‌ای باشند. در این نقاط مرجع میله چندمنظوره به‌منظور امکان نصب

مستقیم گیرنده های ماهواره‌ای باید در نظر گرفته شود. استفاده از دو حس‌گر[۱] یا بیشتر به‌طور هم‌زمان برای پایش تغییرات تراز دریا در این ایستگاه‌ها الزامی است. ایستگاه و نقاط مرجع و پیلارهای کنترلی آن باید حداقل دو بار در سال با انجام ترازیابی درجه یک به یکدیگر و به شبکه ملی درجه یک ترازیابی کشور متصل شوند. پیلارها و نقاط مرجع باید با قابلیت مشاهدات GNSS باید سالیانه حداقل ۲۴ ساعته به شبکه ایستگاه‌های دائمیGNSS کشور متصل گردیده و تغییرات ارتفاعی آن‌ها کنترل شود.

نسخه نهایی

[۱] Sensor

فصل سوم

انتخاب محل مناسب برای ایستگاه پایش تراز دریا

نسخه نهایی

۳-۱- اهمیت مکان‌یابی برای محل ایستگاه

اگرچه در بسیاری از مواقع، انتخاب محل قرارگیری تایدگیج بر اساس مکان‌ها و امکانات موجود مانند تأسیسات بندری صورت می‌گیرد با این‌همه، پارامترها و محدودیت‌های متعددی در خصوص انتخاب محل بهینه به‌منظور انجام عملیات پایش تغییرات تراز آب و جزرومدسنجی وجود دارند که انتخاب محل مناسب برای نصب تایدگیج را باتوجه‌به دامنه کاربرد آن مشخص می‌نمایند؛ بنابراین، لازم است تا قبل از نصب یک تایدگیج، این موارد مورد بررسی قرار گیرند. بدیهی است که انتخاب محل نامناسب برای نصب تایدگیج می‌تواند نتایج موردنظر از عملیات پایش تغییرات تراز آب را تحت تأثیر قرار داده و یا به‌طورکلی غیرقابل‌استفاده نماید. به‌عنوان‌مثال، اگر تایدگیج برای پایش تغییرات تراز آب اقیانوسی انجام می‌شود، جانمایی و نصب آن می‌بایست با حداکثر نزدیکی به اقیانوس باز انجام شود و به‌طور مثال نصب آن در نزدیکی یک رودخانه اشتباه خواهد بود؛ ولی اگر تایدگیج به‌صورت موقت و به‌منظور تعریف چارت‌دیتوم و تصحیح داده‌های عمق در عملیات آب‌نگاری نصب می‌گردد می‌بایست به منطقه مورد عملیات نزدیک باشد. همچنین، نوسانات آب در محل نصب تایدگیج باتوجه‌به تغییر رژیم جزرومدی در منطقه، تغییر شیب دریا و رودخانه و تأثیر وزش باد و خیزاب‌های احتمالی باید در نظر گرفته شوند.

۳-۲- معیارهای مهم در مکان‌یابی ایستگاه

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

- هدف اصلی از ایجاد ایستگاه
- استحکام و امنیت محل به‌منظور اطمینان از پایداری تایدگیج، ماندگاری و سهولت نصب
- سهولت دسترسی، نگهداری و کالیبراسیون تایدگیج به‌منظور کنترل عملکرد بهینه دستگاه و حفظ کیفیت داده‌ها
- امکان نصب حس‌گرهای موردنظر (مکانیکی، فشاری، راداری...)

به این منظور لازم است تا موارد و محدودیت‌های ذیل در جانمایی محل ایستگاه لحاظ گردد:

- انتخاب سازه‌های پیش‌ساخته به‌منظور نصب تایدگیج بهترین گزینه است. می‌توان از اسکله‌ها، ستون‌های ماهیگیری و شمع پل‌ها و... استفاده نمود. در غیر این صورت لازم است تا زمین موردنظر تا حد ممکن محکم و پایدار باشد (از نوع زمین‌های تحت نشست، سست و احیاشده نباشد). همچنین از نصب تایدگیج در مناطق لغزشی ناشی از بارندگی‌های شدید، فرسایشی ناشی از رودخانه و دریا و مکان‌های ناپایدار رسوبی پرهیز گردد. نصب تایدگیج بر روی سنگ‌بستر در صورت وجود، ایدئال بوده و توصیه می‌شود.
- به‌منظور امکان جمع‌آوری بلندمدت داده‌ها می‌باید محل نصب تایدگیج به‌گونه‌ای انتخاب شود که مقاومت لازم را در برابر شدیدترین شرایط محیطی مانند طوفان‌ها، یخ‌زدگی، دما و رطوبت بالا و... داشته باشد. واضح است که انتخاب بهینه نوع دستگاه و موقعیت ایستگاه می‌تواند به پایداری بیشتر ایستگاه و حس‌گرهای مشاهداتی در برابر

شرایط ویژه محیطی کمک نماید. بدیهی است که می‌بایست از نصب تایدگیج در محل‌هایی که در معرض شدید عوامل مخرب محیطی و زیست‌محیطی هستند اجتناب گردد.

- امکان توسعه بندر و ساخت‌وسازهای آتی که می‌تواند بر رژیم جزرومدی محل تأثیرگذار باشد (به‌طور مثال ساخت موج‌شکن‌ها و باراندازهای جدید) می‌باید در نظر گرفته شود. این تغییرات می‌تواند موجب جابه‌جایی تایدگیج شده و سری‌های زمانی تغییرات تراز آب دریا را منقطع نماید. اگرچه این تغییرات در بندرها معمولاً اجتناب‌ناپذیر است؛ ولی حتی‌الامکان می‌بایست در نظر گرفته شود.
- اگرچه تایدگیج‌ها به‌طور معمول می‌توانند از باطری برای عملیات خود استفاده نمایند؛ ولی امکان استفاده از برق شهری یک مزیت است که در مراحل ساخت ایستگاه و همچنین به‌عنوان منبع تغذیه ایستگاه می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. امکان استفاده از صفحات خورشیدی (فضای باز) همچنین می‌باید در نظر گرفته شود.
- دسترسی به سرویس‌های مخابراتی (باسیم، بی‌سیم، موبایل، ماهواره) در ایستگاه‌های پایش تراز آب بسیار مهم است؛ چراکه امروزه این داده‌ها با استفاده از سرویس‌های مخابراتی ارسال‌شده و به‌سرعت مورد تحلیل قرار می‌گیرند
- ایستگاه‌های جزرومدی به‌طور متناوب و به‌منظور رفع عیب، کنترل و کالیبراسیون مورد مراجعه قرار می‌گیرند؛ بنابراین، دسترسی به این ایستگاه‌ها باید به‌آسانی و سهولت برقرار شود.
- ضروری است امنیت لازم به‌منظور جلوگیری از سرقت و خرابکاری تأمین شود؛ لذا، نصب ایستگاه در مکان‌های محافظت‌شده توصیه می‌شود.
- در صورت نیاز به ایجاد چاه آرامش یا لوله صوتی در تایدگیج‌های راداری و فراصوتی، طول لوله باید به حدی باشد که بتواند دامنه تغییرات تراز آب در منطقه را پوشش دهد که این موضوع در اسکله‌ها و باراندازهای شلوغ نیازمند مجوز از نهادهای مرتبط است. در صورت عدم استفاده از لوله صوتی، انتخاب محلی خلوت و به‌دوراز محل تردد شناورها توصیه می‌شود.
- محل ایستگاه باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که امکان نصب نقاط مرجع و پیلارهای لازم در اطراف آن به‌منظور کنترل‌های ژئودتیک (ارتفاعی) فراهم باشد. این ایستگاه‌ها باید طوری جانمایی شوند که انجام مشاهدات ژئودتیک امکان‌پذیر بوده و همچنین در معرض آسیب‌های محیطی و انسانی نیز قرار نگیرند.
- عمق آب باید حداقل یک متر زیر پایین‌ترین جزر نجومی (LAT) باشد تا ضمن اطمینان از خشک نشدن محل تایدگیج، چاه آرامش بتواند به‌خوبی عمل نماید. در تایدگیج‌های شناوری اجازه حرکت شناور تا یک متر زیر LAT امکان‌پذیر باشد.
- از نصب ایستگاه در حوضه‌های آبی بسته که در سطوح پایین جزرومدی از دریا جدا می‌شوند، سدهای ماسه‌ای و سواحل با شیب و عمق کم اجتناب شود.
- تا حد امکان از نصب تایدگیج در دهانه رودخانه‌ها اجتناب شود. آب رودخانه‌ها دارای چگالی متفاوت بوده و 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 اندازه‌گیری شده توسط تایدگیج‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.

- از نصب تایدگیج در دماغه‌های تیز و تنگه‌ها 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. به‌منظور بررسی دقیق‌تر تراز آب در طول تنگه‌ها بهتر است از چندین تایدگیج استفاده شود.
- از نصب تایدگیج در مکان‌هایی که احتمال پر یا مسدود شدن مدخل آبگیری چاه آرامش با لجن و رسوب وجود دارد پرهیز شود. دراین‌خصوص می‌توان به محل تلاقی دو آبریز که موجب آشفتگی جریان‌ها و رسوب می‌شود اشاره نمود.
- از نصب تایدگیج در محل عبور شناورها به دلیل ایجاد مخاطرات دریانوردی و آسیب رسیدن به تایدگیج و همچنین ایجاد تلاطم در سطح دریا و گل‌ولای ناشی از حرکت پروانه شناورها اجتناب شود.
- امکان نصب تایدپل (شاخص مدرج) در ایستگاه به‌منظور کنترل صحت داده‌های تراز آب و کالیبراسیون داده‌های آن و کنترل ارتفاعی تایدگیج فراهم باشد. این تایدپل باید به‌گونه‌ای نصب شود که در مقابل ضربه‌های موج و جریان‌های آبی مقاوم بوده و به‌سهولت و در تمام حالت‌های جزرومدی توسط چشم انسان قابل قرائت باشد.
- تا حد امکان از نصب ایستگاه در محل‌هایی با موج و جریان آب زیاد خودداری شود؛ در صورت نیاز و ضرورت، چاه آرامش به‌گونه‌ای نصب شود که موج و جریان‌های شدید آب دریا را به حداقل برساند.
- سازه اصلی مستحکم بوده و دارای نشست ارتفاعی نباشد.

باتوجه‌به موارد فوق بهتر است قبل از نصب تایدگیج با متخصصین آب‌نگاری دراین‌خصوص مشورت گردد.

فصل چهارم

نصب و راه‌اندازی ایستگاه

نسخه نهایی

۴-۱- بخش‌های اصلی ایستگاه پایش تراز دریا

ایستگاه‌های پایش تراز دریا اعم از درجه یک، دو و سه، به‌طورکلی شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

- بخش اندازه‌گیری، ذخیره‌سازی و ارسال داده شامل دیتالاگر، حس‌گر و تجهیزات مخابراتی
- بخش حفاظتی و پشتیبانی شامل اتاقک، لوله، پایه‌ها، چاه آرامش و...
- بخش تغذیه شامل اتصال برق شهری، پنل خورشیدی، باطری و تجهیزات مربوطه
- بخش کنترل ارتفاعی شامل نقاط مرجع در مجاورت ایستگاه‌های ساحلی

استفاده از تایدپل در تمامی ایستگاه‌ها به‌منظور کنترل و کالیبراسیون داده‌ها الزامی بوده و در صورت امکان، استفاده از حس‌گر دوم در ایستگاه‌ها به‌عنوان حس‌گر پشتیبان توصیه می‌شود. همچنین، بهتر است تجهیزات دیگری مانند بارومتر، دماسنج، بادنما و گیرنده GNSS نیز در ایستگاه‌ها به‌منظور انجام مشاهدات محیطی و کنترل جابجایی ایستگاه در نظر گرفته شود.

درصورتی‌که 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 مورداستفاده قرار گیرد. درصورتی‌که امکان این امر وجود ندارد، تجهیزات در داخل جعبه فلزی یا پلاستیکی محافظ در برابر نفوذ آب، رطوبت و گردوغبار قرار گرفته و در محل عبور سیم‌های خروجی حتماً از گلندهای 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 می‌باید از پنل‌های خورشیدی بیشتری استفاده کرد.

اتصالات الکترونیکی بین تجهیزات ایستگاه می‌باید دقیقاً مطابق دستورالعمل‌های سازنده تجهیزات انجام شده و منبع تغذیه مناسب بدین منظور استفاده گردد؛ لذا، دستورالعمل‌های مربوطه می‌باید قبل از نصب تجهیزات و توسط پرسنل مربوطه به‌دقت مطالعه گردد. کوچک‌ترین خطایی در اتصالات می‌تواند موجب آسیب تجهیزات ایستگاه گردد.

۴-۲- انواع ایستگاه‌های پایش تراز دریا باتوجه‌به نحوه اندازه‌گیری

ایستگاه‌های پایش تراز دریا ازنظر روش اندازه‌گیری و تجهیزات مرتبط با آن دارای انواع مختلفی است که عبارت‌اند 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 موردبررسی و ارائه قرار می‌گیرد. امروزه، از روش ماهواره‌ای (ارتفاع سنجی ماهواره‌ای) نیز به‌طور گسترده به‌منظور پایش تراز دریاها و مدل‌سازی آن به‌ویژه در مناطق فراساحلی استفاده می‌شود که این مورد خارج از حوزه موردبررسی در این دستورالعمل است. توجه شود که امروزه باتوجه‌به استفاده هم‌زمان از حسگرهای مختلف، ایستگاه‌های ترکیبی یا دارای چند حسگر وجود دارند و بنابراین یک ایستگاه ممکن است ترکیبی از حالت‌های فوق را در خود داشته باشد.

۳-۴- تایدپل[۱]

نوع سادهٔ اندازه‌گیری جزرومد است که در آن از یک میله یا شاخص مدرّج بر حسب سانتیمتر و یا کسری از آن که به‌طور عمودی در آب قرار داده شده است استفاده می‌شود به‌نحوی‌که سطح تغییرات آب دریا یا تغییرات جزرومدی روی آن قرائت می‌شود. این شاخص اصطلاحاً تایدپل نامیده می‌شود.

یک تایدپل جزرومدی معمولا یک الوار چوبی بلند با مقطع مستطیل (مانند شاخص ترازیابی) است. طول تایدپل باتوجه‌به دامنه جزرومد انتخاب می‌شود به‌طوری‌که در مناطق با دامنه جزرومدی کم می‌توان از شاخص‌های ترازیابی بدین منظور استفاده نمود. تایدپل به‌صورت طولی با فواصل یک سانتیمتری (و یا کسری از آن) درجه‌بندی شده و باید به فواصل ۱۰ سانتیمتری به‌منظور سهولت مشاهده و اجتناب از اشتباه در قرائت، تغییر رنگ داشته باشد.

جهت راحتی قرائت تایدپل در شب، می‌توان از نوار شبرنگ بر روی تقسیمات آن و رنگ‌های مختلف برای درجه‌بندی‌های کامل زوج و فرد و تقسیمات کوچک‌تر آن‌ها استفاده کرد. یک چراغ‌قوه قوی یا چراغ سیگنالی برای خواندن تایدپل در شب مورد نیاز است.

۱-۳-۴-دیتوم (صفر) تایدپل:

تایدپل‌های جزرومدی را طوری نصب می‌نمایند که سطح صفر درجه‌بندی آن‌ها پایین‌تر از حداقل جزر نجومی یا سطح‌مبنای چارت (CD) قرار گیرد، به‌طوری‌که سطح آب هیچگاه پایین‌تر از صفر تایدگیج قرار نگیرد. صفحه افقی گذرنده از صفر تایدپل، دیتوم تایدپل خواهد بود. این دیتوم با ترازیابی از سر تایدپل (به‌طور مثال اگر طول تایدپل شش متر باشد، سر تایدپل دارای ارتفاع ۶ متر از دیتوم آن خواهد بود) به نقطه مرجع متصل شده و ارتفاع دیتوم نسبت به نقطه مرجع مشخص می‌شود.

درصورتی‌که سطح‌مبنایی در منطقه تعیین نشده و هیچ‌گونه اطلاعات جزرومدی در اختیار نباشد موارد ذیل به‌منظور تنظیم صفر تایدپل پیشنهاد می‌گردد:

---

[۱] TidePole

- تخمین مقدار مهکشند در محدودهٔ نزدیک به محل موردنظر از جداول پیش‌بینی جزرومدی سازمان نقشه‌برداری کشور
- تخمین ارتفاع M.H.W.S را از روی نشانه‌های محلی مانند حداکثر ارتفاعی که در آن علف هرزه رشد کرده، یا بالاترین سطحی که اشیاء شناور روی آب به ساحل رسیده.
- تنظیم صفر تایدپل زیر سطح تخمین زده‌شدهٔ M.L.W.S
- حصول اطمینان از اینکه تایدپل هرگز در هنگام جزر خشک نمی‌شود، حائز اهمیت است.

۲-۳-۴- جانمایی و نصب تایدپل

در هنگام انتخاب منطقه برای نصب تایدپل جزرومدی، نکات زیر را بایستی مدنظر قرارداد:

- نزدیکی به منطقهٔ بررسی: تایدپل در منطقهٔ کاری باشد (خیلی به آن نزدیک باشد).
- راحتی نصب: همواره یک سازه محکم و ثابت، مانند پایه یک اسکله، بهترین انتخاب برای محل نصب است. معمولا نصب یک تایدپل به وسیله میخ‌کوبی و یا بستن توسط تسمه به ستون اسکله کاری ساده است.
- صفر تایدپل نبایستی به‌طور عادی، خشک شده باشد: در برخی مواقع این اتفاق رخ می دهد که یک محل خاص و مناسب برای یک تایدپل در زمان‌هایی خشک می‌شود. چنانچه این سایت مورداستفاده قرار گیرد، بایستی تایدپل دیگری در آب عمیق تر جهت پوشش دادن به سطوح پایین تر جزرومد، ایجاد شود.
- سهولت قرائت تایدپل: سهولت قرائت تایدپل در همهٔ مراحل جزرومد، بسیار الزامی است. این عامل می‌تواند بخوبی بر صحت ودقت قرائت‌ها تأثیر بگذارد.
- نزدیکی محل اسکان برای ناظر جزرومد: این مورد از اهمیت خاصی در زمانی که دورهٔ مشاهدات طولانی است، برخوردار می‌باشد. چنانچه مقرر باشد که محل اسکان ناظر جزو مد در خشکی باشد، یک موج شکن یا اسکله محل ایده آل و مناسبی خواهد بود.
- محافظت تایدپل: به‌منظور قرائت صحیح و همچنین محافظت آن، تایدپل بایستی در موقعیتی قرار بگیرد که پناهگاهی داشته باشد یعنی تا سرحد امکان دور از تاثیرات دریا و موج‌های مرده باشد. یک موقعیت پناهگاهی در اغلب موارد می‌تواند در پشت یک دماغه در یک خلیج کوچک یا خور یا پشت یک ساحل کم‌عمق یا موج‌شکن یافت شود.
- اجتناب از آب بسته راکد: آب راکد زمانی رخ می‌دهد که آب به علت جزر از دریای باز جدا می‌شود. سطح یک حوضه آب بسته راکد، به سطح واقعی جزر نمی‌رسد و آب محصور شده و ثابت می‌ماند. چنین مناطقی که آب در آن راکد می‌ماند نباید برای نصب تایدپل جزر و مدی مورداستفاده قرار گیرد. توجه داشته باشید که امکان دارد بسته و راکد ماندن آب فقط در زمان جزرهای بسیار پایین در مهکشند اتفاق بیافتد.
- نزدیکی به نقاط مبنای ارتفاعی (نقطه‌مرجع): تا حد امکان به نقطه یا نقاط شبکه ارتفاعی کشور نزدیک باشد.
- ثبات منطقه: باید از نصب تایدپل در مکان‌های ناپایدار، رسوبی و یا در معرض فرسایش تا حد امکان اجتناب کرد.

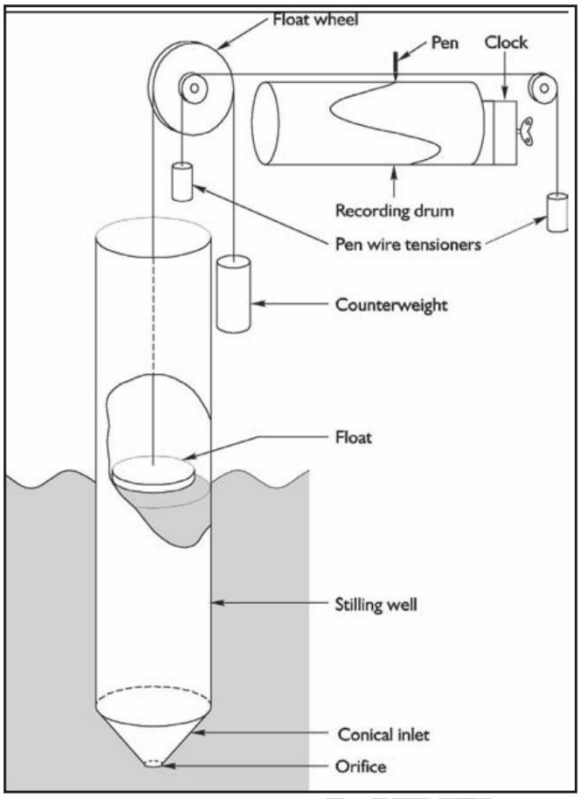
بهترین حالت آن است که تایدپل در اسکله یا یک سازه دائمی نصب شود. برای نصب تایدپل باید به نکات زیر توجه نمود:

- عمودی (شاغولی) باشد، (در صورت نیاز از گوه استفاده نمایید). اگر ایجاد تایدپل در یک موقعیت عمودی امکان‌پذیر نبود، زاویهٔ انحراف بایستی اندازه‌گیری شود تا امکان اصلاح قرائت‌ها بعد از خواندن تایدپل جزرومد وجود داشته باشد.
- تایدپل نباید حرکت کند. به‌عنوان کنترل باید نقطه نشانه‌ای را در امتداد محل نصب و در کنار یک ارتفاع معین از تایدپل ایجاد نمود.
- روی تایدپل در جهتی نصب شود که به سادگی توسط ناظر جزر ومد خوانده شود.
- تایدپل به گونه‌ای نصب شود که بتوان آن‌را به راحتی تراز نمود.
- تایدپل باید جایی قرار گیرد که برای شناورهای عبوری مزاحمتی نداشته و صدمه‌ای به آن وارد نشود.

در صورت امکان تایدپل بایستی در زمان جزر نصب گردد و باتوجه‌به اینکه پایین‌ترین جزر در مهکشند باشد روی می‌دهد، نصب در زمان مهکشند توصیه می‌شود.

۴-۴- ایستگاه شناوری (مکانیکی – الکترومکانیکی)

یک جزرومد سنج مکانیکی به‌طور معمول ارتفاع جزرومد را بر حسب زمان روی کاغذ شطرنجی ثبت می‌کند. زمان از طریق سیستمی الکتریکی و یا مکانیکی مشابه حرکت ساعت تعیین شده و باعث چرخش یک استوانه یا صفحه‌ای دایره‌ای‌شکل می‌شود، عموماً این سیستم طوری طراحی شده که یک دور کامل استوانه و یا صفحه نشان‌دهنده ۲۴ ساعت است برای اکثر ثبات‌ها کاغذ مخصوصی ارائه می‌شود که بر حسب زمان و ارتفاع درجه‌بندی شده اند. به‌طور معمول سیستم ثبت ارتفاع توسط یک جسم شناور کار می‌کند. این جسم شناور در داخل یک لوله یا چاه آرامش قرار می‌گیرد که مشخصات ویژه‌ای دارد، حرکت قائم سیستم شناور در داخل لوله توسط یک سیم نازک که حداقل یکبار به دور قرقره دستگاه پیچیده شده انتقال می‌یابد. انتهای این سیم به یک وزنه تعادل متصل است، این وزنه باید به اندازه‌ای 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 می‌رود شناور بالا و پایین رفته و تغییرات بر قرقره اعمال می‌گردد. در این سیستم اصطکاک باید به کمترین مقدار خود برسد در این حالت خاص وزنه تعادل به همان اندازه سیستم شناور بالا و پایین می‌شود برای انجام حرکت وزنه تعادل در هوا غالبا یک لوله دیگر را به سیستم ضمیمه می‌کنند که باید کاملاً در مقابل نفوذ آب مقاوم باشد. چرخش قرقره یک قلم سوزنی را توسط یک سیم نازک که به دور قرقره دیگری پیچیده‌شده و دارای وزنه‌های تعادلی است، روی استوانه ثبات به حرکت در می‌آورد. هرچند که معمولا قرقره دستگاه، قلم را توسط یک سیستم چرخ‌دنده‌ای حرکت می‌دهد. استوانه ثبات توسط یک سیستم مشابه ساعت حرکت می‌کند (شکل زیر).



شکل ۴-۱- سیستم دستگاه جزرومد سنجی شناوری

این نوع حس‌گرها هنوز بخش بزرگی از شبکه‌های 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 رمزگذار) به‌صورت رقومی و الکترونیکی جایگزین شود که خروجی آن به دیتالاگر متصل است و به این‌طریق ارتفاع آب به‌طور خودکار به‌صورت رقومی ثبت می‌گردد. این حس‌گر می‌بایست در محل‌هایی با سرعت جریان آب پایین نصب گردد و در غیر این صورت اختلال در کار حس‌گر به وجود می‌آید.

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 فیلترکردن امواج و نویزهای احتمالی را به عهده دارد به‌طوری‌که جزرومد و روند فرایندهای با دوره طولانی‌مدت‌تر را بتوان بادقت ثبت کرد.

برای نصب چاه آرامش رعایت نکات زیر ضروری است.

- ساختمان چاه آرامش معمولاً لوله‌ای به‌اندازه کافی بلند با قطر حدود یک متر است که از بتن یا پلاستیک یا استیل آبکاری شده ساخته می‌شود که با یک حفره یا لوله با آب دریا متصل می‌گردد. معمولاً انتهای چاه را به شکل مخروط می‌سازند که حفره ورودی آب در انتهای آن قرار دارد.

- لوله‌های چاه آرامش باید از جنسی باشند که باتوجه‌به شوری آب دریا دچار پوسیدگی نشوند و دارای استحکام قابل‌قبولی باشند. سایز سوراخ‌ها و تعداد آن‌ها باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که مادامی که جریان و موج را خنثی می‌کند سرعت انتقال سطح کافی بوده و جریان آب مسدود نگردد.
- نصب یک ساختمان مناسب روی چاه برای حفاظت چاه و تجهیزات نصب بسیار ضروری است.
- کاملاً به‌صورت عمودی نصب گردد. برای این کار از یک سازه نگهدارنده مانند دیواره اسکله یا سکو استفاده شود.
- نسبت قطر حفره ورودی چاه با طول و قطر دهانه آن چاه به آن ویژگی یک پالایه پایین‌گذر را می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر همانند یک پالایه مکانیکی عمل می‌کند؛ بنابراین قطر حفره باید مناسب انتخاب گردد.
- در زمان‌های که تایدگیج علاوه بر مشاهدات جزرومدی به‌منظور کاربردهای اقیانوس‌شناسی نیز استفاده می‌شود باید در روند مشاهدات فرکانس امواج سونامی دقت شود چرا که پاسخ فرکانسی این سیستم برای پریودهای کمتر از ۴ ساعت به‌صورت کامل (۱۰۰٪) نیست. همچنین استفاده از چاه آرامش موجب تضعیف دامنه و تأخیر فاز در دوره‌های کوتاه‌تر می‌شود.
- عواملی نظیر تغییر چگالی آب درون چاه و بیرون چاه و تردد شناورها می‌تواند دقت‌های به‌دست‌آمده را کاهش دهد.
- کالیبراسیون دقیق به‌وسیله اندازه‌گیری آب چاه توسط تایدپل در زمان‌های مشخص انجام شود.
- حس‌گرهای مکانیکی و چاه آرامش هم به‌عنوان سیستم اولیه و هم پشتیبان در ایستگاه‌های جزرومد سنجی استفاده می‌شود.
- در مکان‌هایی که به سبب شکل ساحل، پرهزینه و وقت‌گیر بودن نصب یک چاه آرامش به شکل گفته شده امکان‌پذیر نمی‌باشد می‌توان از لوله‌هایی از جنس پلاستیک مستحکم و انعطاف‌پذیر به‌عنوان جایگزین استفاده نمود. در این صورت می‌توان برای جلوگیری از برخورد شناوری و وزنه تعادل با یکدیگر از دو لوله مجزا در کنار هم استفاده کرد که دارای مشخصات زیر است.
  - قطر دهانه لوله دوبرابر قطر شناوری دستگاه باشد.
  - انتهای لوله‌ها با صفحه‌ای بسته می‌شود و کمی بالاتر از قسمت انتهایی لوله مربوط به شناور، حفره‌ای برای ورود آب تعبیه گردد. این حفره باید بیش از ۵۰ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح پایین‌ترین جزرهای ممکن قرار گیرد. بنابر این طول لوله باید به اندازه کافی بلند باشد.
  - اندازه حفره ورودی بسیار مهم است و باید به‌اندازه کافی کوچک و مناسب باشد تا سرعت ورود و خروج آب را طوری محدود نماید که تغییر حالت‌های کوتاه‌مدت دریا و امواج مرده را بی‌اثر نموده و نیز مطمئن باشیم که سطح آب داخل و خارج لوله یکسان است. سطح مقطع این حفره برای اکثر دامنه‌های جزرومدی تقریباً باید به‌اندازه ۰/۰۱ سطح مقطع لوله (قطر آن ۰/۱ قطر لوله) باشد.
  - حفره بزرگ‌تر باعث بیشترشدن اثر دریا و موج‌های مرده خواهد شد؛ اما ممکن است برای دامنه‌های بزرگ جزرومدی لازم باشد.

حس‌گرهای شناوری به‌عنوان قدیمی‌ترین نوع حس‌گرها اگرچه تحت تأثیر یخ و سایر اجسام شناور قرار نمی‌گیرند؛ ولی دارای مشکلات ناشی از تجهیزات و لوازم مکانیکی هستند که شامل گرفتگی دریچه؛ اصطکاک و یا گیرکردن شناور و وزنه، عملکرد نامطمئن قرقره و سیم و... می‌شود.

۴-۵- ایستگاه آکوستیکی (صوتی)

این حس‌گر بر اساس ارسال و دریافت امواج صوتی کار می‌کند. کافی است این حس‌گر روی سطح آب توسط یک بازو نصب شود. سپس حس‌گر امواج را به سطح آب ارسال کرده و با اندازه‌گیری زمان برگشت پالس منعکس شده از سطح آب می‌تواند فاصله خود را تا سطح آب اندازه‌گیری کند و بدین صورت می‌تواند تغییرات سطح آب را محاسبه نماید. این حس‌گر می‌تواند مستقیماً و در فضای باز به‌صورت عمودی بالای سطح آب نصب گردد. جهت اطمینان از عملیات پیوسته و قابل‌اطمینان حس‌گر، می‌توان آن را به‌منظور حفاظت از تجهیزات و کاهش نویز در چاه آرامش نصب نمود.

مشاهدات حس‌گرهای آکوستیک به دمای محیط و گرادیان دما حساس هستند. (این حساسیت در مورد حس‌گرهای راداری وجود ندارد). سرعت صوت در هوا بسته به رطوبت و دما متغیر است (حدود □/□۰,۶ افزایش به‌ازای افزایش هر یک درجه دما)؛ بنابراین مشاهده دمای هوا در این ایستگاه‌ها ضروری است. مقدار سرعت صوت باتوجه‌به تغییرات دما از رابطه زیر قابل‌محاسبه است.

$$C = 331.45 + 0.607 \times T \qquad (۱-۴)$$

که دراین‌رابطه، T دمای محیط بر حسب درجه سلسیوس و C_0=331.45 سرعت صوت در دما صفر درجه است. باتوجه‌به تغییرات زیاد سرعت صوت نسبت به دما، ضروری است که دمای محیط با حداقل دقت یک درجه سلسیوس مشاهده شده و تراز دریا باتوجه‌به آن تصحیح شود.

حس‌گر آکوستیکی نباید به‌هیچ‌عنوان با آب برخورد کند؛ زیرا که دچار مشکل می‌شود و همواره باید از سطح آب فاصله مشخصی داشته باشد که میزان این فاصله در اطلاعات فنی تولیدکننده حس‌گر موجود است؛ بنابراین حس‌گرهای آکوستیکی باید بافاصله مناسب بالاتر از بالاترین مد و موج‌های بلند ناشی از طوفان‌های دریایی در منطقه نصب شوند.

در نصب حس‌گرهای آکوستیک به زاویه انتشار موج (درج شده در راهنمای استفادع حس‌گر) توجه شده و از عدم برخورد موج به عوارض جانبی باتوجه‌به ارتفاع و موقعیت حس‌گر اطمینان حاصل گردد.

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

پایه‌های نگهدارنده حس‌گر آکوستیک باید به‌گونه‌ای باشد که با وزش شدیدترین بادها لرزشی نداشته باشد. درنظرگرفتن طول و ارتفاع مناسب پایه باتوجه‌به مشخصات فنی حس‌گر و طول‌موج ارسالی و زاویه آن بسیار حائز اهمیت است.

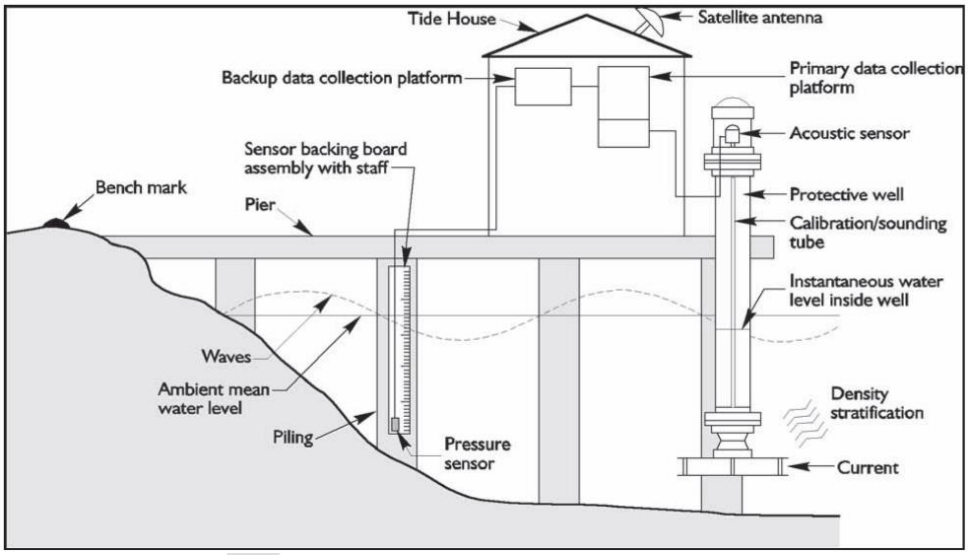
حس‌گر آکوستیکی به دو شکل می‌تواند نصب و مورداستفاده قرار گیرد:

۱- جزرومدسنج آکوستیکی با لوله صوتی

۲- جزرومدسنج آکوستیکی بدون لوله صوتی در هوای باز یا داخل لوله محافظ یا چاه آرامش

۱-۵-۴- ایستگاه آکوستیکی با لوله صوتی

در این سیستم، موج ضربه‌ای انرژی صوتی در داخل یک لوله صوتی از جنس PVC و به ضخامت ۱/۲ اینچ به پایین فرستاده و زمان برگشت موج منعکس شده از یک نقطه مرجع کالیبراسیون و از سطح آب اندازه‌گیری می‌شود و دو حس‌گر 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 ۶ اینچ نصب می‌شود که دارای دو خروجی مخروطی به قطر ۲ اینچ برای تامین حدی از آرامش است. چاه محافظ نسبت به چاه آرامش سنتی مورداستفاده در دستگاه‌های شناوری با دریا بیشتر در ارتباط بوده و امواج را کاملاً پالایه نمی‌کند. دقت اندازه‌گیری در این روش ۳ میلیمتر است.



شکل ۴-۲- سیستم آکوستیکی اندازه‌گیری تراز دریا با استفاده از لوله صوتی و چاه آرامش بعنوان نسل جدید ایستگاه‌های پایش تراز دریا مجهز به حس‌گر فشاری و تایدپل بعنوان حس‌گرهای پشتیبان و کنترلی

۳-۵-۴- جزرومد سنج آکوستیکی بدون لوله صوتی

در این روش، حس‌گر آکوستیکی در لوله صوتی قرار ندارد، اگرچه می‌تواند در چاه آرامش نصب شده باشد. بدین منظور از یک چاه آرامش (لوله پلاستیکی با قطر ۲۵ سانتی متر) می‌توان استفاده نمود. این دستگاه در هوای آزاد و بدون چاه آرامش نیز استفاده میشود ولی مشاهدات آن به‌منظور اندازه‌گیری تراز دریا، کیفیت کمتری خواهد داشت.

دستگاه‌های صوتی در فرکانس KHZ ۴۰-۵۰ کیلوهرتز کار می‌کنند و دارای عرض پرتو نسبتاً باریک حدود ۵ درجه هستند. علیرغم ادعای تولیدکنندگان در خصوص برد اندازه‌گیری (حدوداً ۱۵ متر) و دقت ۰/۵ درصد، تجربیات متضادی

از این حس‌گرها در ایجاد برخی مشکلات برای دستیابی به دقت مندرج در تمام شرایط محیطی می توان یافت. استفاده از این نوع حس‌گر در کشور ایران نیز نسبت به حس‌گرهای دیگر با مشکلات و خطاهای زیادی روبرو بوده و لذا برای استفاده به تنهایی (بدون حس‌گرهای دیگر) توصیه نمی‌شود.

یکی از مشکلات سیستم صوتی وابستگی سرعت صوت به شرایط محیطی و به‌ویژه دمای هوا است. از سوی دیگر، استفاده از لوله، گرادیان دما را بین ابزار و سطح دریا افزایش می‌دهند. پیروی از دستورالعمل سازنده دستگاه به‌منظور نصب حس‌گر و رعایت حداقل فاصله تا سطح آب به‌منظور کاهش خطای محیطی و افزایش دقت نهایی داده‌ها بسیار مهم است.

۶-۴- ایستگاه راداری

اگرچه استفاده از امواج راداری در پایش تراز دریا نسبتاً جدید است؛ ولی به‌طور گسترده‌ای در حال جایگزینی به‌جای دستگاه‌های قدیمی بوده و در شبکه‌های جزرومدی مورداستفاده قرار گرفته است. تایدگیج‌های راداری در عملکرد و نگهداری به‌راحتی حس‌گرهای صوتی هستند؛ ولی محدودیت حس‌گرهای آکوستیکی (وابستگی زیاد به دمای هوا) را ندارند. همچنین، نصب و راه‌اندازی سنجنده‌های راداری در مقایسه با سایر سیستم‌ها نسبتاً مقرون‌به‌صرفه است. علاوه بر این، سیگنال‌های خروجی با دیتالاگرهای موجود سازگار بوده و یا می‌توانند به یک شبکه ارتباطی متصل گردند. همانند بسیاری از سامانه‌های مدرن تنظیمات آن‌ها با استفاده از یک کامپیوتر قابل‌حمل قابل‌انجام است.

در این سیستم، حس‌گر در بالای سطح آب قرار دارد و فاصله بین حس‌گر تا محل تلاقی آب با هوا اندازه‌گیری می‌گردد. نموداری از دستگاه در شکل زیر نمایش داده شده است. سنجنده باید به طریقی نصب شده باشد که هیچ محدودیتی یا بازتابنده‌ای 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، به‌طوری‌که از آسیب فیزیکی آن جلوگیری شود.

این سیستم مزیت‌های زیادی نسبت به سامانه‌های دیگر دارد چرا که سطح دریا را به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کند و اثرات چگالی هوا و تغییرات دمایی ناچیز هستند. بااین‌همه، استفاده از سامانه‌های راداری به‌صورت مداوم با نرخ نمونه‌برداری بالا به دلیل مصرف نسبتاً زیاد برق در مکان‌هایی که اتصال به برق شهری وجود ندارد باعث محدودیت در برخی کاربردها می‌گردد (به‌عنوان‌مثال در سیستم هشدار سونامی که مشاهدات بر پایه یک فرکانس بالا در حد یک هرتز مورد نیاز است). در این نواحی ممکن است تایدگیج‌های فشاری مناسب‌تر باشد، گرچه هنوز کار و تحقیق درباره این کاربردهای مخصوص در حال انجام است. سامانه‌های راداری به‌طورکلی به‌صورت ارسال موج پیوسته و یا پالسی (ضربانی) کار می‌کنند.

در رادارهای پالسی که عمده دستگاه‌های مورداستفاده راداری را در بر می‌گیرد، زمان رفت و برگشت یک موج پالس راداری کوتاه اندازه‌گیری شده و با ضرب نصف آن در سرعت سیر موج، فاصله حس‌گر تا سطح آب محاسبه می‌شود. تأخیر نسبی بین پالس‌ها اجازه می‌دهد تا اکو بازگشتی قبل از ارسال پالس بعدی دریافت گردد. پالس‌های کوتاه‌تر نتیجه

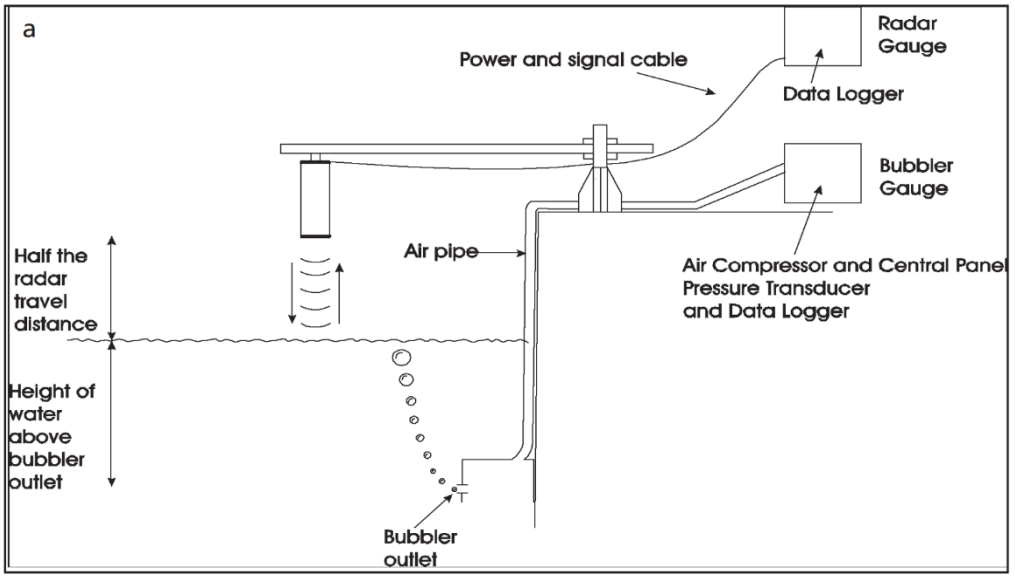
و دقت بهتری را به دنبال داشته ولی نیازمند انرژی بالاتری است. امروزه برخی از رادارها از تلفیق موج پیوسته و پالسی استفاده می‌شود.

در نصب حس‌گرهای راداری به زاویه انتشار موج (درج شده در راهنمای حس‌گر) توجه شده و از عدم برخورد موج به عارض جانبی باتوجه‌به ارتفاع و موقعیت حس‌گر اطمینان حاصل گردد.

پایه‌های نگهدارنده حس‌گر باید به‌گونه‌ای باشد که با وزش شدیدترین بادها لرزشی نداشته باشد. درنظرگرفتن طول و ارتفاع مناسب پایه باتوجه‌به مشخصات فنی حس‌گر و طول‌موج ارسالی و زاویه آن بسیار حائز اهمیت است.

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

حس‌گرهای راداری طی دهه اخیر بسیار متداول شده‌اند؛ ولی این حس‌گرها مشکلاتی دارند که از آن جمله می‌توان به عدم توانایی اندازه‌گیری تراز دریا در مجاورت یخ و سایر اجسام شناور اشاره نمود.



شکل ۴-۳- تایدگیج راداری به همراه حس‌گر فشاری حبابی

۴-۷- حس‌گر فشاری

اساس کار این حس‌گر بر مبنای اندازه‌گیری فشار ستون آب بالای خود است. حس‌گر همواره در زیر آب در محلی مشخص ثابت شده به‌طوری که دیگر تغییر وضعیت ندهد، سپس با بالارفتن آب یا پایین آمدن آن و تغییر ارتفاع ستون آب بالای حس‌گر و در نتیجه تغییر فشار آب، تغییرات تراز آب اندازه‌گیری می‌شود. در نصب این حس‌گر باید در نظر داشته باشد که حس‌گر همواره می‌بایست زیر آب باشد و قبل از نصب آن رنج اندازه‌گیری حس‌گر از کمپانی یا اطلاعات فنی حس‌گر مشخص گردد تا دچار آسیب نشود. برای مثال حس‌گری که رنج اندازه‌گیری آن ۲۰ متر ستون آب است قادر به نصب در عمق بیش از ۲۰ متر نمی‌باشد و در صورت نصب آسیب می‌بیند.

یکی از برتری‌های این حس‌گر نسبت به سایر حس‌گرها دامنه اندازه‌گیری وسیع آن می‌باشد به‌طوری‌که حس‌گرهای با دامنه مشاهداتی چند صد متر موجود هستند.

حس‌گرهای فشاری به دو صورت تک حس‌گر و همچنین به‌صورت حس‌گر نوع B(سه‌گانه) مورداستفاده قرار می‌گیرد. باتوجه‌به حساسیت حس‌گر باید توجه کرد که حس‌گر آزادانه با آب دریا در تماس بوده و مسدود نگردد. در نوع B، سه حس‌گر مورداستفاده قرار می‌گیرند. به‌طوری‌که یک حس‌گر در زیر آب، حس‌گر دیگری بیرون از آب و حس‌گر سوم بر روی MSL قرار می‌گیرد که باتوجه‌به جزرومد در زمان‌هایی بیرون و در زمان‌هایی زیر آب قرار می‌گیرد.

حس‌گرهای فشاری اگرچه تحت تأثیر اجسام شناور قرار نمی‌گیرند، ولی متأثر از تغییرات فشار هوا و دانسیته آب می‌باشند. با استفاده از لوله ونت، اثر فشار هوا تصحیح شده ولی اثر تغییرات دانسیته آب کماکان باقی است. مشکل دریفت دستگاه در حس‌گرهای باکیفیت پایین مسئله دیگری است، که باید به آن توجه داشت.

تایدگیج‌های فشاری در دو نوع با لوله ونت (به‌منظور حذف خودکار تأثیر فشار هوا) و بدون آن مورداستفاده قرار می‌گیرد. ازآنجاکه فشار ثبت شده در حس‌گر فشاری، فشار مجموع ستون آب و اتمسفر است لذا، تأثیر فشار اتمسفر می‌باید از مشاهده کسر گردد. این عمل در حس‌گرهای فشاری مجهز به لوله ونت به‌طور خودکار انجام می‌شود. در صورت استفاده از حس‌گرهای فشاری در مناطق فراساحلی به‌صورت نصب در بستر دریا، نصب بویه و مهار آن به‌منظور اطلاع از موقعیت دستگاه حتماً باید انجام شود.

باتوجه‌به اثر چگالی آب بر فشار آب ثبت شده در حس‌گرهای فشاری لازم است تا حس‌گر باتوجه‌به چگالی آب دریا در منطقه مورداستفاده تنظیم گردد. این کار باید در شرایط کاملاً آرام دریا و به روش زیر انجام گردد:

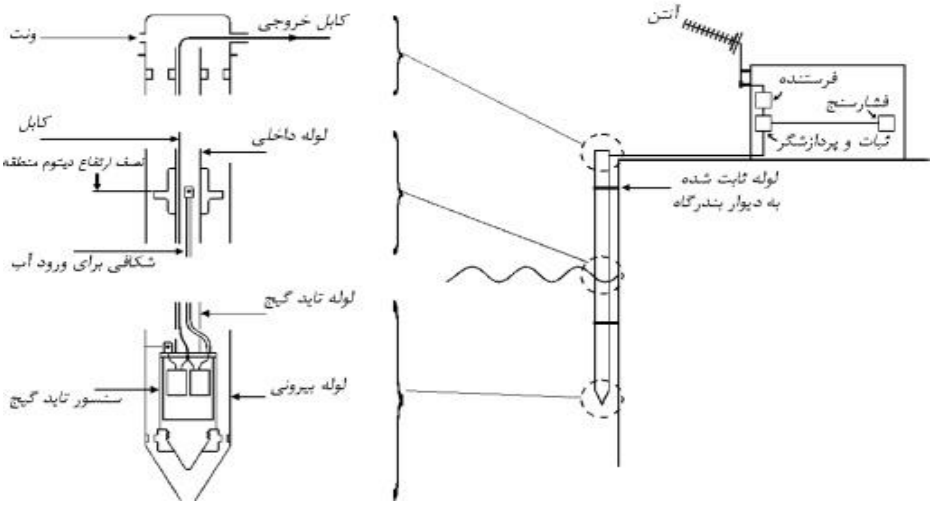
۱. حس‌گر فشاری را به یک طناب وزنه دار و مدرج ببندید.
۲. حس‌گر را وارد آب نموده و در عمقی تعیین شده زیر آب و نزدیک سطح آب قرار دهید.
۳. عمق اندازه‌گیری شده توسط دستگاه و عمق واقعی حس‌گر در داخل آب را یادداشت نمایید.
۴. حس‌گر را به میزان بیشتر در آب فروبرده و در عمق‌های مختلف مقدار ثبت شده و عمق واقعی را یادداشت نمایید.
۵. این عملیات را تا عمقی بالاتر از کمترین جزر منطقه ادامه دهید.
۶. عمق‌های اندازه‌گیری شده با حس‌گر را در برابر عمق‌های مشاهده شده بر روی طناب مدرج بر روی کاغذ شطرنجی ترسیم کنید. منحنی حاصل باید خطی مستقیم باشد که از مبدأ عبور می‌نماید. در صورت عدم عبور خط از نقطه مبدأ، مقدار بایاس باید به دستگاه معرفی گردد.

تایدگیج‌های فشاری می‌تواند به‌خوبی به‌منظور مشاهدات موقت جزرومدی در یک منطقه مورداستفاده قرار گیرند. امکان استفاده از این حس‌گرها 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 حس‌گرها نسبت به حس‌گرهای دیگر که نیازمند سازه پشتیبان هستند از مزیت برخوردار گردند. البته باتوجه‌به قرارگیری حس‌گر فشاری در آب، این حس‌گرها و به‌ویژه دریچه آن به‌سرعت با جرم پوشیده شده و این موضوع از عمر این حس‌گرها می‌کاهد.

در سواحل، حس‌گرهای فشاری معمولاً داخل لوله‌های حفاظتی که در کناره دیواره دریا نصب هستند قرار می‌گیرند و مصرف پایین انرژی در این حس‌گرها باعث شده تا بتوانند با یک باطری به مدت ۱ الی ۲ سال کار کنند.

برای نصب تایدگیج فشاری در مناطق ساحلی مراحل ذیل می‌بایست انجام شود:

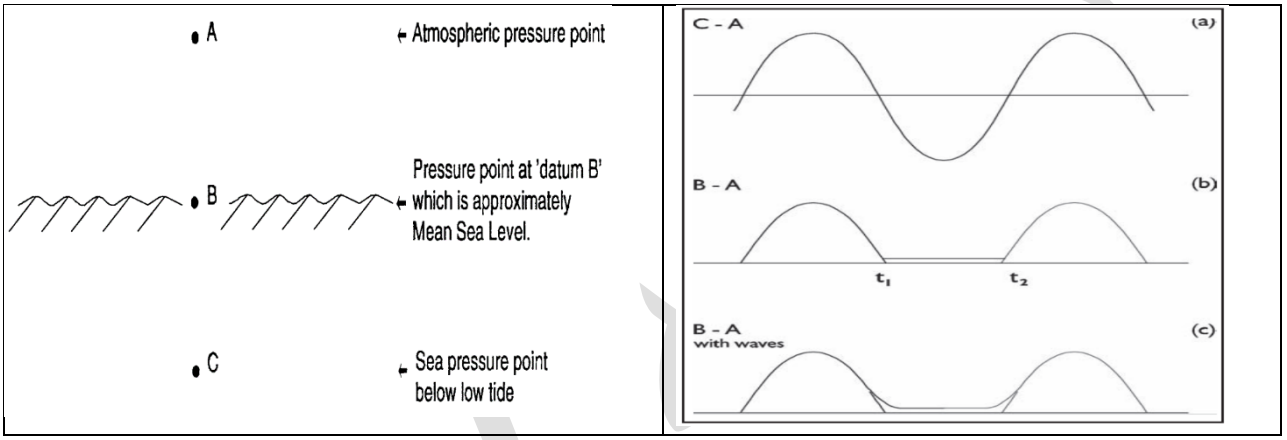
۱. ایجاد ساختمان مناسب جهت ایجاد ایستگاه پایش تراز و قرارگیری تجهیزات در آن، در صورتی که ایجاد ساختمان میسر نباشد از یک اتاقک فلزی پیش ساخته به‌منظور نصب ایستگاه استفاده شود.
۲. تأمین لوله به‌طوری‌که طول آن از لبه اسکله تا عمق ۱,۵ متر پایین‌تر از پایین‌ترین جزر منطقه باشد. جنس لوله از پلی‌کربنات یا چدن باشد. در مکان‌هایی که تردد بسیار کم صورت می‌گیرد می‌توان از پی‌وی‌سی فشارقوی استفاده نمود. قطر لوله باید سه برابر قطر حس‌گر باشد.
۳. انتهای لوله را با درپوش ببندید.
۴. از انتهای لوله تا فاصله ۳۰ سانتی‌متری ۴ سوراخ در امتداد لوله به قطر ۳ سانتیمتر ایجاد کنید.
۵. لوله را از فاصله ۴۰ سانتی‌متر انتها به‌صورت طولی به طول دو برابر طول حس‌گر و عرض ۱,۵ برابر قطر حس‌گر برش بزنید تا دریچه نصب حس‌گر ایجاد شود.
۶. صفحه فلزی به ضخامت ۵ میلی‌متر به طول و عرض بیش از ابعاد دریچه حس‌گر تهیه شده و گوشه‌های صفحه و مکان‌های متناظر بر روی لوله (اطراف دریچه حس‌گر) توسط دریل سوراخ شود.
۷. پس از نصب لوله در کنار اسکله، حس‌گر را از بالای لوله به داخل آن عبور داده و حس‌گر توسط غواص با بست پلاستیکی به صفحه فلزی بسته شده و سپس صفحه فلزی نیز به لوله توسط پیچ بسته می‌شود به‌طوری‌که حس‌گر در داخل لوله قرار گیرد.



شکل ۴-۴- حس‌گر فشاری در حالت نصب در چاه آرامش

محل قرارگیری حس‌گرهای فشاری از نوع B در شکل ۴-۵ نمایش داده شده است. در این نوع تایدگیج از سه حس‌گر استفاده می‌شود به‌طوری‌که یک حس‌گر در زیر آب، حس‌گر دیگری بیرون از آب و حس‌گر سوم بر روی MSL

قرار می‌گیرد که باتوجه‌به جزرومد در زمان‌هایی بیرون و در زمان‌هایی زیر آب قرار می‌گیرد. اختلاف فشار مشاهداتی بین حس‌گرهای C و A به‌عنوان فشار ناشی از ستون آب در نظر گرفته شده و به‌منظور محاسبه ارتفاع ستون آب بالای حس‌گر C مورداستفاده قرار می‌گیرد. حس‌گر B با ترازیابی به نقطه مرجع کنترلی ایستگاه متصل می‌شود و درواقع نقش صفر یا مبنای تایدگیج را به عهده دارد؛ بنابراین هرگونه دریفت مشاهداتی در حس‌گر فشاری قابل کنترل خواهد بود. بدیهی است که فشار وارده بر حس‌گر B و درنتیجه هرگونه بایاس و دریف مشاهداتی می‌تواند با دقت بالایی مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. نمودار اختلاف مشاهدات حس‌گرهای B و A در این سیستم همچنین می‌تواند به‌منظور مطالعه میزان موج و تلاطم آب استفاده شود.



شکل ۴-۵- محل نسبی حس‌گرهای فشاری در نوع B و نمودارهای مشاهدات و اختلاف مشاهدات

نصب دستگاه فشاری در مناطق فراساحلی بدون سازه پشتیبان، نیازمند در اختیار بودن گروه غواصی بوده و نیازمند سازه‌ای فلزی به شکل هرم ناقص در ابعاد مناسب است تا بتواند حس‌گر را به‌طور ثابت در بستر دریا نگهداری نماید. نصب بویه‌های هشدار ضروری بوده و بهتر است در محل عبورومرور شناورها نباشد.

۸-۴- کنترل میدانی ایستگاه

کنترل مشاهدات تراز دریا استفاده از آزمون وان دکاستیل (Van de Casteele) طی بازدید از ایستگاه انجام می‌شود. 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 است. دو سری زمانی حاصل سپس به‌منظور ترسیم یک نمودار مورداستفاده قرار می‌گیرند به‌طوری‌که 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 می‌شوند. با فرض صحیح بودن مشاهدات مرجع و درصورتی‌که 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 متأثر نموده است. استفاده موقت از یک حس‌گر کالیبره شده در حین بازدید میدانی در کنار استفاده از آزمون وان دکاستیل و سایر آزمون‌های 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 (به‌طور مثال در حس‌گرهای راداری)، استفاده از الگوریتم‌های حذف داده‌های با اختلاف بیش از دو یا سه برابر انحراف معیار توصیه می‌شود به‌طوری‌که داده‌های نهایی در نرخ به‌طور مثال ۱۰ یا ۱۵ دقیقه از میانگین‌گیری از داده‌های باقیمانده (عبور کرده از آزمون) محاسبه می‌شوند.

۹-۴- کالیبراسیون تایدگیج

کالیبراسیون مجموعه‌ای از عملیات است که تحت شرایط مشخصی برقرار می‌شود و رابطه بین مقادیر نشان داده‌شده توسط وسیله اندازه‌گیری و مقادیر متناظر آن کمیت توسط استاندارد مرجع را مشخص می‌نماید. دستگاه‌های اندازه‌گیری باید به‌طور دوره‌ای کالیبره شوند. گذشت زمان، فرسودگی، حوادث غیرقابل‌پیش‌بینی، باعث می‌شوند تا وسیله اندازه‌گیری از استاندارد خارج شده و نیازمند انجام تنظیمات مجدد باشند.

به‌منظور کالیبراسیون تایدگیج‌های ساحلی از مشاهدات تایدپل و یا حس‌گر دیگری که اطمینان کامل به آن وجود دارد استفاده می‌گردد. کالیبراسیون می‌تواند توسط یک مدل ساده خطی انجام شود. این مدل خطی را می‌توان به‌صورت زیر ایجاد کرد:

$$SLH_{Tide\ Pole} = \alpha * SLH_{Tide\ Gauge} + \beta \qquad (۴-۲)$$

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

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

$$\hat{X} = \left(A^T A\right)^{-1} A^T L \qquad (۴-۳)$$

در رابطه بالا A ماتریس ضرایب، L بردار مشاهدات و X بردار مجهولات شامل ضرایب کالیبراسیون است. پس از تعیین ضرایب کالیبراسیون، این ضرایب به مشاهدات تایدگیج اعمال می‌شود.

۱۰-۴- نشانه کنترلی ایستگاه

به‌منظور اتصال ارتفاعی تایدگیج به نزدیک‌ترین ایستگاه کنترلی (TGنقطه مرجع) لازم است نشانه‌ای در محل مناسبی ایجاد و یا علامت‌گذاری شود به‌طوری‌که قابل شاخص‌گذاری بوده و انتقال ارتفاع بین تایدگیج و TGنقطه مرجع توسط ترازیابی مستقیم ممکن گردد. آفست ارتفاعی این نشانه ارتفاعی نسبت به صفر تایدگیج می‌باید به‌دقت اندازه‌گیری شود. همچنین، این نشانه کنترلی می‌باید در ترازیابی دوره‌ای ایستگاه‌ها (نقاط مرجع) کنترلی مورد ترازیابی قرار گیرد. در صورت تغییر ایستگاه و یا اجزای آن در صورت نیاز می‌باید نشانه کنترلی جدید ایجاد و مورداستفاده قرار گیرد.

- در تایدگیج‌های شناوری، نشانه کنترلی در لبه اسکله بالای چاه آرامش ایجاد می‌شود.
- در تایدگیج‌های آکوستیکی و راداری، نشانه کنترلی در لبه اسکله محل نصب ایستگاه ایجاد می‌شود.
- در تایدگیج‌های فشاری، در لبه اسکله بالای لوله حاوی حس‌گرها ایجاد می‌شود.

توجه: از این نشانه نباید به‌عنوان TGنقطه مرجع استفاده شود و ایجاد TGنقطه مرجع به‌طور جداگانه در نزدیکی محل تایدگیج ضروری است.

۱۱-۴- شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

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

۱- اطلاعات مربوط به نصب ایستگاه
۲- اطلاعات ترازیابی ایستگاه
۳- نگهداری و تعمیرات ایستگاه
۴- اطلاعات مربوط به جمع‌آوری ایستگاه (درصورتی‌که ایستگاه جمع‌آوری شده باشد).

مستندات مربوط به ایستگاه شامل موارد زیر خواهد بود:

۱- مدارک کالیبراسیون ایستگاه برای هر حس‌گر مورداستفاده
۲- اطلاعات پیکربندی سیستم، تنظیمات آن و فراداده مربوطه
۳- نقشه یا چارت دریایی که محل ایستگاه در آن مشخص شده باشد با ذکر شماره و مقیاس نقشه
۴- فایل رقومی سازگار با سامانه‌های اطلاعات مکانی حاوی موقعیت ایستگاه، تایدپل، نقاط مرجع و عوارض ساحلی مجاور ایستگاه
۵- نحوه دسترسی به ایستگاه
۶- تصاویر ایستگاه شامل تصاویر اجزای آن، تایدپل، حس‌گرها و نقاط مرجع در حالتی که مشخصات آن قابل‌مشاهده بوده و تمامی عکس‌ها دارای توضیح باشد.
۷- شناسنامه نقاط مرجع
۸- اطلاعات ترازیابی شامل برگه‌ها، محاسبات و دستگاه‌های مورداستفاده
۹- اطلاعات نحوه محاسبه اختلاف ارتفاعی صفر تایدگیج و نقاط مرجع

قالب شناسنامه ایستگاه را در پیوست ۱ این دستورالعمل ملاحظه نمایید.

فصل پنجم

نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا

نسخه نهایی

۱-۵- مراحل نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا

نگهداری شامل برنامه‌ها، فرآیندها و روش‌های اجرایی است که به‌منظور اطمینان از عملکرد مؤثر و صحیح تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تایدگیج انجام می‌شود. این عملیات پس از فرآیندهای نصب و راه‌اندازی و ارائه آموزش‌های اولیه به کارکنان مربوطه شروع شده و این کارکنان موظف‌اند که با بازدید دوره‌ای از ایستگاه‌ها و انجام مشاهدات و کنترل‌های مربوطه، تکمیل چک‌لیست‌ها و ارائه گزارش عملیات، وضعیت ایستگاه را ازنظر 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 به‌طور خلاصه شامل موارد زیر است:

- تمیز کردن ایستگاه و تجهیزات آن: در ابتدای ورود به ایستگاه یکی از مسائلی که بیشتر کارشناس‌ها از آن صرف‌نظر می‌کنند، ولی در عین حال غبارروبی ایستگاه بسیار ضروری است، گردوغبار می‌تواند باعث بروز مشکلات فراوانی برای دستگاه‌ها شود. در نظر داشته باشید با توجه به موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها گردوغبار ممکن است وارد سیستم شود و احتمال خرابی دستگاه را افزایش دهد. همچنین وجود لایه‌ای از گردوغبار بر روی پنل خورشیدی توان آن را کاهش می‌دهد و در نتیجه موجب کاهش شارژ باطری‌ها شده و فقدان اطلاعات را به دنبال خواهد داشت.

- تمیز کردن تایدپل: رسوبات روی تایدپل به دلیل قرار گرفتن در آب دریا باید به‌طور دوره‌ای تمیز شده و تایدپل قابل قرائت باشد.

- اتاق و یا اتاقک ایستگاه که تجهیزات را در خود جای‌داده است ازنظر فیزیکی و استحکام در حالت مناسب بوده و در صورت نیاز به تعمیرات و رنگ‌آمیزی، باید این عملیات انجام شود.

- لوله‌های مورداستفاده از نظر پوسیدگی و انسداد با اجسام خارجی هر بار کنترل شود.

- سیم وزنه تایدگیج شناوری بازرسی شده و در صورت معیوب بودن تعویض گردد.

- باطری‌ها دارای ولتاژ مناسب باشند، در صورت لزوم تعویض شوند.

- اطلاعات جمع‌آوری شده توسط ایستگاه تخلیه گردد.

- مشاهدات هر حس‌گر حداقل هر سه ماه یک‌بار با استفاده از داده‌های حس‌گر دیگر و یا تایدپل به‌صورت مشاهدات هم‌زمان ۲۴ ساعته کنترل و کالیبره گردد.

- اتصال ارتفاعی تایدگیج و تایدپل به ایستگاه‌های کنترلی (نقاط مرجع و پیلارهای) مجاور آن حداقل هر شش ماه یک‌بار تحت استاندارد ترازیابی درجه ۳ انجام شود.

- مشاهدات ترازیابی و مشاهدات GNSS ایستگاه‌های کنترلی (نقاط مرجع و پیلارها) و اتصال آن به شبکه‌های ارتفاعی و ژئودزی کشور حداقل سالی یک‌بار به شرح مندرج در بند ۴-۲ 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.

۲-۵- بازدید از ایستگاه‌های پایش تراز دریا

بازدید از ایستگاه‌ها می‌بایست به‌صورت ماهیانه انجام شده و ضمن تکمیل چک‌لیست بازدید ایستگاه (پیوست شماره ۲)، امور نگهداری، تنظیمات و رفع عیب به شرح زیر انجام شود:

- بررسی وضعیت کلی ایستگاه و اجزای آن
- کالیبراسیون حس‌گرها و تنظیم آن‌ها روی تراز آب برحسب MSL یا CHART DATUM
- مشاهدات مستقیم تراز آب بر اساس بازه زمانی پیوست شماره ۲ 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 سیم‌کارت‌ها
- بررسی وضعیت سیم‌ها
- بررسی وضعیت پنل خورشیدی
- بررسی وضعیت فیزیکی نقاط مرجع ارتفاعی اطراف ایستگاه
- بررسی وضعیت باطری‌ها و تعویض آن‌ها در صورت لزوم
- غبارروبی ایستگاه و حس‌گرها
- بررسی وضعیت لوله‌ها و کابل حس‌گر شناور و تعویض آن در صورت لزوم
- اسکراب و رنگ‌آمیزی اتاقک و جعبه دیتالاگر
- اتصال ارتفاعی (ترازیابی) ایستگاه (حس‌گر و تایدپل) به نقاط مرجع ارتفاعی اطراف ایستگاه
- ارائه گزارش نیاز به تعمیرات اساسی درصورتی‌که تعمیر و رفع عیب دستگاه توسط بازدیدکننده امکان‌پذیر نباشد.

مشاهدات ایستگاه‌های پایش تراز دریا می‌بایست بلافاصله پس از نصب و سپس حداقل دو بار در سال مورد کالیبراسیون قرار گیرند.

دقت ساعت در دستگاه‌های جزرومدی باید در حد بهتر از یک دقیقه باشد. همچنین، صفر ایستگاه‌های جزرومدی باید به تایدپل و نقاط مرجع کنترلی توسط ترازیابی متصل شود.

فصل ششم

کنترل ژئودتیکی ایستگاه

نسخه نهایی

۶-۱- ایستگاه‌های کنترلی

دیتوم‌های جزرومدی دیتوم‌های محلی هستند و بنابراین وابسته به مکان جغرافیایی هستند که در آن تعریف شده‌اند؛ ولی دیتوم ارتفاعی کشور یک دیتوم ثابت است که به‌عنوان سطح‌مبنای 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 سامانه‌های ارتفاعی غیر ارتومتریک (IRHS1998) و ارتومتریک (IRHS2014) توسط سازمان نقشه‌برداری کشور (NCC) تعریف شده و مورد استفاده‌اند. اتصال ایستگاه‌های جزرومدی به دیتوم ارتفاعی دارای مزیت‌هایی درزمینه آب‌نگاری و نقشه‌برداری 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، می بایست اتصال ارتومتریک و ژئودتیک ایستگاه‌های جزرومدی به شبکه ژئودتیک ملی کشور انجام شود.

هر ایستگاه جزرومدی نیازمند یک نقطه‌مرجع ساحلی باثبات است که باید به‌طور سامانمند نسبت به آن ترازیابی شود. در صورت امکان، ایجاد ایستگاه نقطه‌مرجع باقابلیت مشاهدات GNSS بسیار مطلوب بوده و باید برای ایستگاه‌های با عمر بالای یک سال، سه تا پنج نقطه‌مرجع ایجاد شود.

ترازیابی باید بین حس‌گرها، تایدپل و نقاط مرجع در هنگام نصب ایستگاه و هر زمان که حس‌گر مورد سرویس و یا تعویض قرار می‌گیرد، انجام شود. در هر حال، باید ترازیابی بین ایستگاه و ایستگاه‌های کنترلی حداقل سالی یک‌بار تکرار شده و همچنین در مواقع طوفان‌های شدید و زمین‌لرزه تکرار ترازیابی توصیه می‌شود.

بایستی نقاط مرجع با قابلیت مشاهدات GNSS با گیرنده‌های دقیق چند فرکانسه ژئودتیک به روش استاتیک با رعایت استاندارد ژئودزی درجه‌یک مشاهده شده و این مشاهدات سالیانه تکرار گردد.

استفاده از آنتن چوکرینگ[۱]و یا آنتن ژئودتیک با صفحه زمینی توصیه می‌شود. ضروری است که در روش تفاضلی از آنتن‌های مشابه استفاده شده و در غیر این صورت حتماً آفست مراکز فاز آنتن‌ها در نظر گرفته و اعمال شود. کابل آنتن حتی‌الامکان کوتاه بوده و در صورت استفاده از کابل‌های بلند حتماً از کابل‌های مخصوص استفاده شود.

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

برای اطلاع از مشاهدات کنترلی ایستگاه‌های پایش تراز دریا بر اساس طبقه‌بندی آن‌ها، فصل دوم را ملاحظه نمایید.

۶-۲- مکان‌یابی ایستگاه‌های کنترلی

تمامی نقاط مرجع و پیلارها باید در پایدارترین و ایمن‌ترین مکان ساخته شوند، به‌طوری‌که تحت تأثیر طرح‌های توسعه بندر و سایر عوامل مخرب انسانی و فرسایش‌های طبیعی قرار نگیرند.

---

[۱] Choke ring Antenna

به‌منظور عمر طولانی یک نقطه‌مرجع، انتخاب موقعیت آن از اهمیت حیاتی برخوردار است بنابراین باید با شناسایی منطقه، محل ایستگاه با توجه به نوع زمین، استحکام، امنیت و دسترسی به محل صورت گیرد.

نقاط مرجع باید در ناحیه اطراف یک ایستگاه پراکنده باشند، به این صورت که هر واقعه مورد انتظاری که ممکن است مزاحم یک نقطه‌مرجع باشد، بیشتر از یک نقطه‌مرجع را معیوب یا نابود ننماید. به این معنی که برای مثال در یک تأسیسات ساختمانی نباید بیشتر از یک نقطه‌مرجع نصب گردد. ساختمان‌های عمومی نسبت به ساختمان‌های خصوصی برتری دارد. به‌عنوان مثال می‌توان به سازه‌های نصب شده در میدان‌ها عمومی و پارک‌ها، ساختمان گمرک و ساختمان‌های بندری اشاره نمود.

نقاط مرجع در محل‌هایی که احتمال فرسایش ساحلی و آسیب وجود دارد، نباید نصب شوند. به‌عنوان‌مثال روی املاک شخصی یا روی سمتی از خیابان که توسعه جاده‌ای می‌تواند اتفاق بیفتد و همچنین در محدوده عبورومرور وسایل نقلیه نباید نقطه‌مرجع نصب گردد.

در مناطق جزرومدی (tidal zone)، پاشش آب و ضربات امواج از نصب نقطه‌مرجع خودداری شود.

در صورت نصب نقطه‌مرجع در کنار خیابان یا جاده، از دو طرف جاده به‌صورت متناوب استفاده شود تا احتمال نابودی آن به‌وسیله تعمیر و یا ساخت‌وساز جاده‌ای به حداقل رسد.

مناطق مرتفع ساحلی دارای اولویت است. سفره‌های آبی معمولاً به سطح مناطق پست نزدیک‌تر است که موجب افزایش احتمال تغییر ارتفاع می‌شود. نوسانات در مقدار آب در مناطق کم ارتفاع بیشتر است، در نتیجه افزایش احتمال تورم و انقباض خاک وجود دارد. این مسئله به‌ویژه در سواحل شمالی کشور باید مدنظر قرار گیرد.

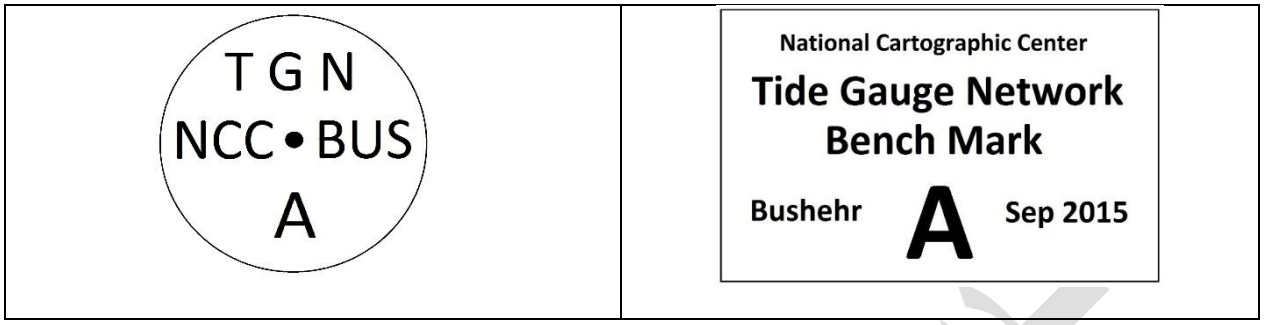
زمین‌های شیب‌دار به‌طور بالقوه بی‌ثبات هستند و از نصب نقطه‌مرجع در این‌گونه مناطق باید اجتناب شود.

در صورت استفاده از ایستگاه به‌منظور مشاهدات ژئودتیک ماهواره‌ای می‌بایست ایستگاه بافاصله مناسب از خطوط برق و مخابرات ایجاد شود.

۳-۶- نحوه نام‌گذاری ایستگاه‌های کنترلی

برای شناسایی نقاط مرجع نام ایستگاه در سه سطر در جهت شمال مغناطیسی به‌صورت زیر حک می‌شود. در سطر اول سه حرف TGN مخفف عبارت Tide Gauge Network نوشته می‌شود. 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، ترجیحاً سه حرف اول نام شهر یا منطقه محل نصب نقطه‌مرجع نوشته می‌شود. در وسط سطر سوم حروف الفبای انگلیسی به ترتیب از A تا Z به نشانه تعداد نقاط مرجع باید نوشته شود (از حروف I و o به علت احتمال اشتباه با اعداد (۱ و ۰) استفاده نشود). در صورت تخریب و بازسازی یک نقطه‌مرجع نام‌گذاری مجدد با استفاده از یک حرف جدید بر اساس حروف تخصیص داده شده به مجموع نقاط مرجع قبلی انجام شده و نام قبلی حذف می‌شود (از نام قبلی برای ایستگاه بازسازی شده استفاده نشود). در نقطه مرجع بتنی این ترتیب نام‌گذاری بر روی بتن (به وسیله شابلون) حک گردد. باید نام ایستگاه در نقاط

مرجع سنگی و دیسکی و پیلار به شکل زیر بر روی لوح فلزی ضدزنگ (برنج یا آلومینیوم) به ابعاد ۲۰ در ۳۰ سانتی‌متر حک گردد. لوح فلزی می‌بایست در نزدیک‌ترین فاصله به ایستگاه نصب گردد. شکل زیر نحوه نگارش مشخصات نقطه مرجع روی بتن و لوح فلزی را برای ایستگاه **TGN-NCC-BUS-A** نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱-سمت چپ: نمای ساختمان بتنی از بالا مربوط به اولین ایستگاه تایدگیج بندر بوشهر متعلق به سازمان نقشه‌برداری کشور (NCC). سمت راست: نحوه نگارش لوح فلزی مشخصات ایستگاه

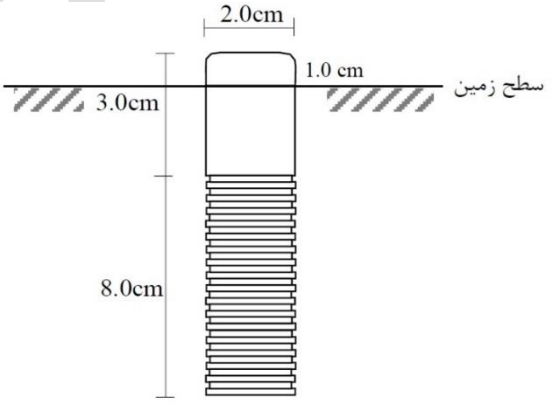
۶-۴- ساختمان ایستگاه کنترلی

ایستگاه‌های کنترلی (نقاط مرجع) با توجه به نوع ساخت آن شامل سنگی، بتنی، دیسکی و پیلار است که نحوه ساخت هریک در زیر توضیح داده می‌شود.

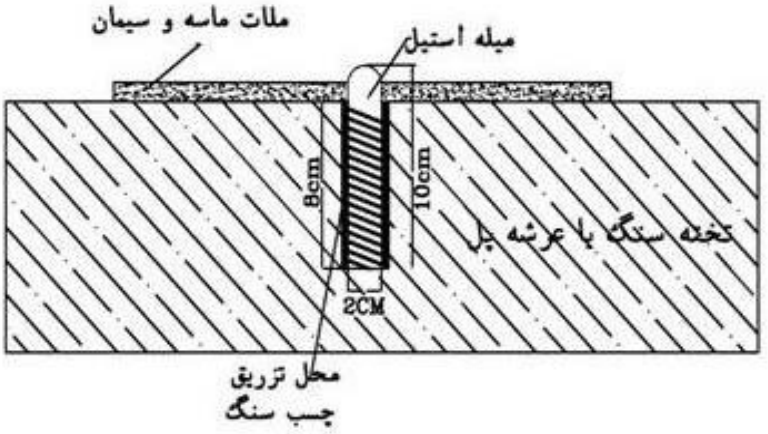
۶-۴-۱- ایستگاه کنترل سنگی

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 نقطه‌مرجع شامل میله استیل سرگردی است که داخل سنگ‌بستر یا سطوح مستحکم بتنی قرار می‌گیرد. استفاده از سطوح پیاده‌روها، کف خیابان و دیوارهای دریایی کوچک به دلیل استقامت کم این ساختمان‌ها در مقابل رطوبت و تنش‌های وارده مجاز نیست.

این میله، دارای طول ۱۰ و قطر ۲ سانتی‌متر و از جنس استیل ۳۱۶ (ضدزنگ و اسید) است. (شکل زیر)



شکل ۶-۲- میله ترازیابی سرگرد مورداستفاده در ساختمان سنگی و بتنی

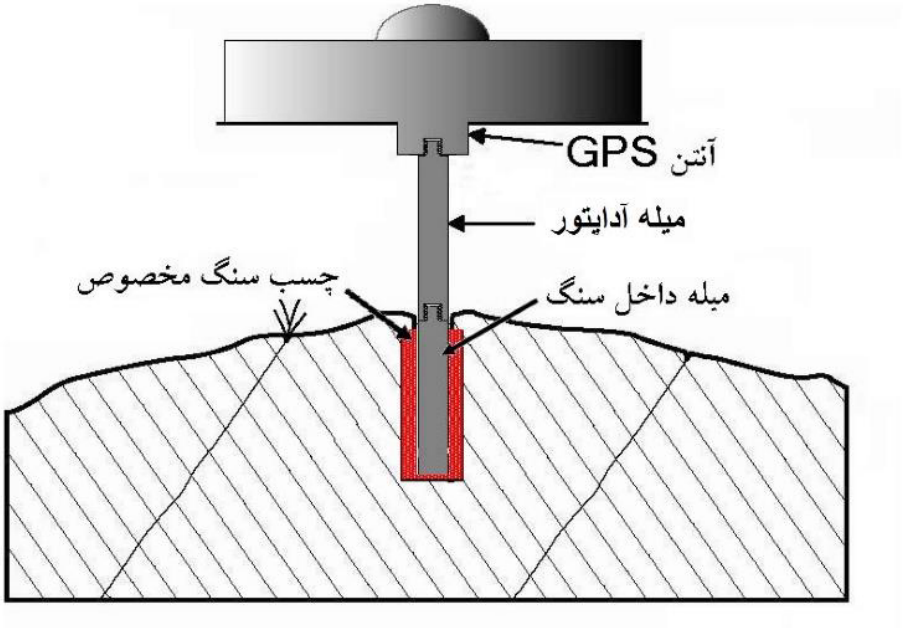


شکل ۶-۳-میله استیل نصب شده در ساختمان سنگی یا بتنی

برای ساخت این نوع نقطه‌مرجع، نخست سوراخی به عمق ۸ و قطر داخلی ۲ سانتی‌متر بر روی کف سنگ یا بتن ایجاد نموده و با تزریق چسب سنگ مرغوب و استاندارد مطابق شکل فوق نصب شود.

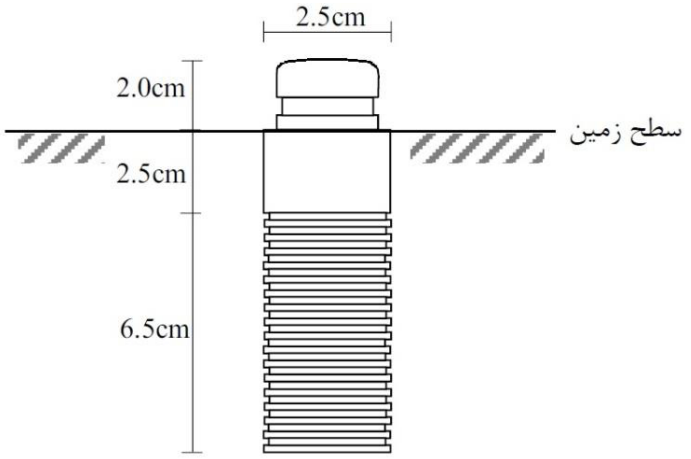
سر میله استیل به میزان یک تا دو سانتی‌متر از سنگ یا بتن بیرون قرار می‌گیرد.

در نقاط مرجع ایستگاه جزرومدی درجه دو لازم است که دو نقطه‌مرجع دارای قابلیت نصب آنتن GNSS باشد. در این نقاط مرجع از میله استیل چندمنظوره 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)



شکل ۶-۴- میله چندمنظوره نصب شده در سنگ یا سطوح بتنی مستحکم به همراه میله آداپتور و آنتن GNSS

جنس میله چندمنظوره نیز از استیل ۳۱۶ بوده و ابعاد آن در شکل زیر آمده است.



شکل ۶-۵- میله اصلی چندمنظوره (با قابلیت نصب آنتن GPS و ترازیابی) مورداستفاده ایستگاه‌های سنگی و بتنی

۲-۴-۶- ایستگاه کنترل بتنی

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

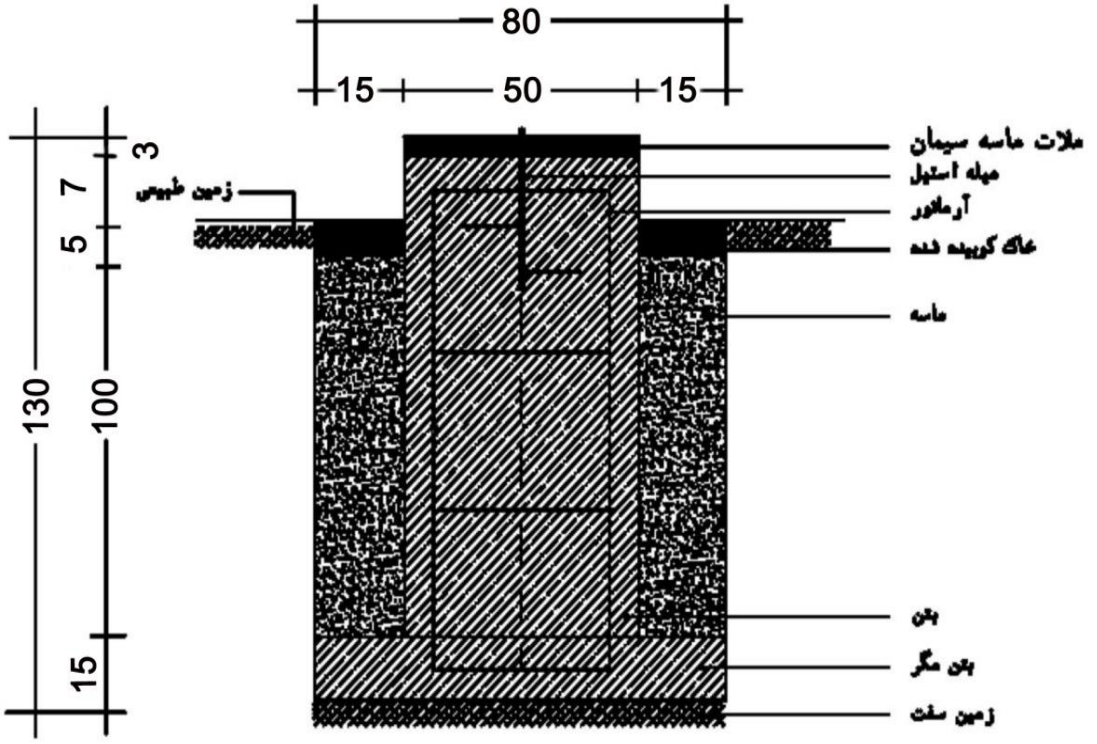
- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر ۸۰ سانتیمتر و عمق ۱۲۰ سانتیمتر حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، کندن آن‌قدر ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم رسیده شود.
- چاله را به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر با بتن مگر[۱] پر نموده و سپس آرماتورهای اصلی و عرضی در وسط آن قرار داده می‌شود.
- آرماتورهای اصلی شامل ۴ عدد میلگرد به ارتفاع ۱۰۵ سانتی‌متر و به قطر ۸ تا ۱۰ میلی‌متر است و آرماتورهای عرضی شامل حلقه‌هایی به قطر ۳۰ سانتیمتر که قطر میلگرد آن ۸ تا ۱۰ میلی‌متر بوده و تعداد آن‌ها نیز ۴ عدد است. آرماتورهای اصلی با فواصل مساوی داخل آرماتورهای عرضی مهار می‌شوند.
- پس از خشک شدن بتن زیرین (معمولاً یک روز بعد)
- قالب رپر[۲] استوانه‌ای شکل به قطر ۵۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۱۵ سانتیمتر را در چاله قرارداده و به‌تدریج ملات بتن را در آن ریخته و سپس آن را کوبیده تا پر شود.[۳]
- میله وسط رپر در مرکز بتن به‌صورت عمودی قرارداده شود که حدود ۵ میلیمتر از سطح فوقانی رپر بالاتر قرار گیرد.
- میله وسط بتن که به‌عنوان نقطه ترازیابی مورداستفاده قرار می‌گیرد یک میله استیل ضدزنگ و اسید و رزوه شده به قطر ۲ سانتیمتر و طول بیست سانتیمتر است که بخش فوقانی آن به‌صورت نیمکره درآمده است.

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

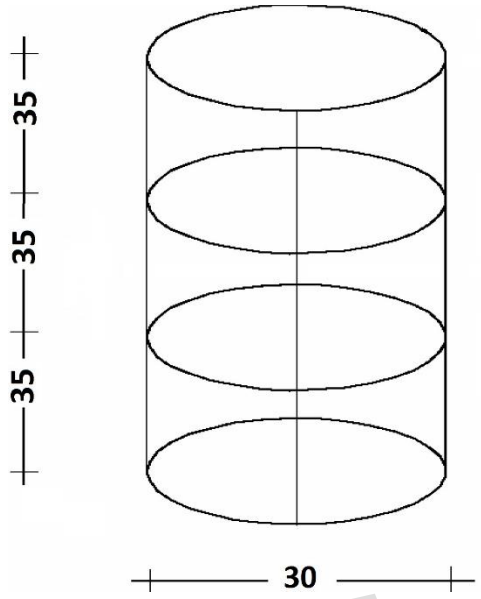
۲ رپر اصطلاحاً به ایستگاه و نقاطی که ساختمان آن‌ها بتنی است اطلاق می‌گردد.

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

- 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 برف‌ویخ عاری باشد.
- به‌منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود ۳ سانتیمتر از سطح بالای قالب رپر با سیمان و ماسه نرم پر شود. البته باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به‌صورت یکپارچه درآید. نام نقطه‌مرجع همان‌گونه که در بند نحوه نام‌گذاری ذکر شد بر روی بتن و به سمت شمال مغناطیسی و به فاصله حداقل سه سانتی‌متر از لبه‌های نقطه‌مرجع حکاکی شود.
- قالب رپر پس از خشک‌شدن نسبی رپر (معمولاً روز بعد) برداشته می‌شود.
- قالب‌ها در صورت تغییر شکل، باید تعویض گردند.
- پس از برداشتن قالب، در سه روز متوالی روی آن آب ریخته سپس اطراف آن را با ماسه نرم پرکرده و حدود ۵ سانتیمتر آخر آن را تا سطح زمین، خاک ریخته تا از پراکندگی ماسه جلوگیری شود. این عمل برای حذف اثر نیروهای جانبی به بتن ساخته شده انجام می‌گیرد.
- ارتفاع سطح فوقانی رپر از سطح زمین حداقل ۱۰ و حداکثر ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.
- جـزئیـات مقطع، شبکه آرماتور و میل استیل ایستگاه بتنی نقاط مرجع در شکـل‌هـای زیر آورده شده است.



شکل ۶-۶- برش قائم ساختمان نقطه‌مرجع ایستگاه تایدگیج (واحد: cm)



شکل ۶-۷- آرماتور مورداستفاده در ساختمان نقطه‌مرجع بتنی (واحد: cm)

مصالح مورداستفاده در ساختمان بتنی به شرح زیر است:

- سیمان: در مناطق ساحلی کشور با توجه به گرمای هوا، نزدیکی به آب‌های شور و همچنین خطر سولفات‌ها و یون‌های کلر، باید از سیمان پرتلند نوع ۲ استفاده شود. در سواحل جنوب کشور و به‌منظور کاهش نفوذپذیری سیمان، بهتر است از سیمان پرتلند نوع ۲ همراه با پوزولان یا سیمان‌های پرتلند آمیخته پوزولانی استفاده شود. رنگ سیمان باید سبز تیره مایل به خاکستری یک‌دست باشد. پودر سیمان وقتی مابین انگشتان لمس می‌شود، باید بسیار نرم و صاف باشد و هر گونه زبری و ناهمواری دلیل خرابی و نامرغوبی سیمان است. اگر در کیسه سیمان گلوله‌های 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 باتوجه‌به اندازه آن‌ها به سه دسته زیر تقسیم می‌شود:

  الف- ماسه: ماسه به مصالح سنگی گفته می‌شود که اندازه آن‌ها بین ۰,۱۵ تا ۴ باشد.

  ب- شن: به مصالح سنگی اطلاق می‌شود که اندازه آن‌ها بین ۴ mm تا ۲۰ باشد.

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

  - از نظر شیمیایی خنثی باشد.
  - مصالحی که انتخاب می‌شود دارای خلل‌وفرج کم بوده و در ضمن سطح آن‌ها زبر 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 $2,6\text{-}2,9\ ton/m^3$ است.

- حداکثر جذب آب سنگ‌دانه‌های درشت ۲/۵ درصد و سنگدانه های ریز ۳ درصد باشد.
- در سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان برای بتن مسلح حداکثر اندازه اسمی سنگ‌دانه بتن بهتر است از ۲۰ میلی‌متر بزرگتر نباشد و در حاشیه دریای خزر می‌توان ۵ میلی متر به این مقدار افزود.
- نیمی از شن مورداستفاده از جنس بادامی و نیم دیگر می‌بایست از جنس نخودی باشد.

آب: آب جزء بسیار مهم بتن است، زیرا با سیمان ترکیب شده و ماده چسبنده بتن را به وجود می‌آورد. آب آشامیدنی، مناسب‌ترین آب برای ساخت بتن است. آب مصرفی در ساخت بتن باید تمیز و صاف و بدون املاح، بی‌بو و مزه بوده و از مصرف آب حاوی موادی که قادر به صدمه‌زدن 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 براساس جدول زیر انجام گیرد.

جدول ۶-۱- نسبت وزنی مصالح جهت ساخت ایستگاه بتنی (۱ متر مکعب بتن)

منطقه	شن (kg)	ماسه (kg)	سیمان (kg)	آب (kg)	وزن مخصوص بتن (kg/m^3)
خلیج‌فارس و دریای عمان	۹۹۰	۷۵۰	۴۰۰	۱۶۰	۲۳۰۰
دریای خزر	۱۰۷۰	۷۲۵	۳۷۰	۱۶۵	۲۳۳۰

در مناطق ساحلی خلیج‌فارس و دریای عمان حداقل مقدار سیمان یا مواد سیمانی ۳۵۰ کیلوگرم وحداکثر آن ۴۲۵ کیلوگرم در متر مکعب بتن می باشد. حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان بعلاوه مواد پوزولانی) برای خلیج‌فارس و دریای عمان به میزان ۰/۴ و برای دریای خزر به میزان ۰/۴۵ می‌باشد.

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

- مقاومت بتن معادل ۳۰۰ برای خلیج فارس و دریای عمان و معادل ۲۵۰ برای دریای خزر
- نسبت آب به سیمان معادل ۰/۴ برای خلیج فارس و دریای‌عمان و معادل ۰/۴۵ برای دریای خزر
- حداکثر قطر سنگ‌دانه معادل ۲۰ میلیمتر برای خلیج‌فارس و دریای عمان و معادل ۲۵ میلیمتر برای دریای‌خزر
- اسلامپ بتن معادل ۲۵-۵۰ میلیمتر
- حداقل پوشش بتن بر روی آرماتورها باید ۷/۵ سانتیمتر باشد.

به‌منظور کاهش نفوذپذیری بتن و افزایش تراکم آن، بتن‌ریزی باید در لایه‌های ۵۰ سانتیمتری انجام شده و استفاده از ویبراتور و ضربه با چکش پلاستیکی به قالب بتن به‌منظور متراکم سازی بتن ضروری است.مدت زمان استفاده از ویبراتور ۳-۵ ثانیه می‌باشد.

هوای گرم، رطوبت نسبی کم و سرعت باد زیاد سبب کاهش کارایی و زمان‌گیرش مقاومت فشاری و دوام بتن می‌شود؛ بنابراین لازم است تا در حد امکان از ایجاد بتن در شرایط هوای گرم (دمای محیط بیش از ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد) اجتناب شود.

در صورت ساخت بتن در شرایط هوای گرم (دمای محیط بیش از ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد) و مناطق ساحلی جنوبی کشور می‌بایست ضمن اجتناب از مصرف سیمان زیاد، نسبت آب به سیمان (نفوذپزیری) 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 فعل‌وانفعالات شیمیایی ما بین آب و سیمان است که تا چند روز ادامه دارد.

اگر هوا سرد باشد آب موجود درون بتن دچار یخزدگی می‌گردد و اگر هوا گرم باشد آب موجود در بتن تبخیر می‌گردد لذا برای تهیهٔ بتن مناسب، شرایط محیط طوری انتخاب شود که بتن در فصول مناسب در مناطق مختلف ساخته شود و یا اگر الزاماً در شرایطی ساخته می‌شود که مناسب به نظر نمی‌رسد، شرایط مصنوعی به وجود آید؛ به‌طور مثال از بادشکن در زمان وزش باد استفاده شود، یا در شرایط گرم روی بتن با گونی خیس یا سایبان پوشانده شود و به‌طور مرتب روی آن آب ریخته شود تا آب بتن به‌تدریج بخار شود. با آب‌پاشی به روی سنگ‌دانه‌ها آن‌ها را خنک کرده و یا خنک‌کردن آب مصرفی با یخ و اگر در هوای سرد بتن ساخته می‌شود باید طوری اطراف آن را پوشاند که از یخزدگی جلوگیری به عمل آید.

سنگ‌دانه‌ها باید کاملاً شسته و تمیز شود.

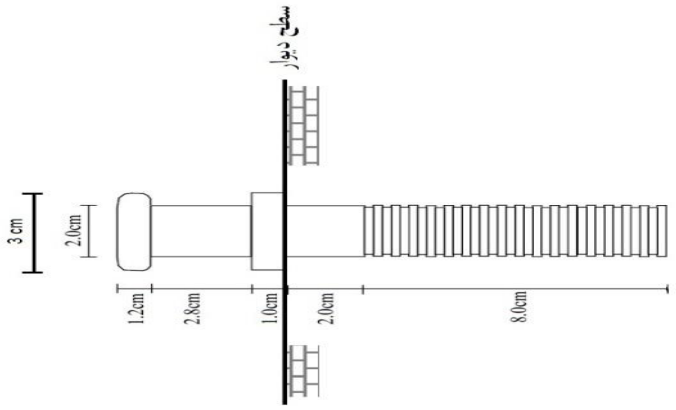
استفاده از آب نمک‌دار به‌ویژه آب دریا برای شستشوی سنگ‌دانه‌ها و تهیه و عمل‌آوردن بتن مجاز نمی‌باشد.

حداقل زمان مراقبت و عمل‌آوردن بتن (آب‌رسانی و عایق‌کاری بتن با پوشش پلاستیکی) در دمای محیط $5°C$ تا $25°C$، ۴ روز متوالی بوده و در دمای بالاتر شامل مناطق گرم جنوب کشور این زمان به ۷ روز افزایش می‌یابد.

درجهٔ حرارت مناسب برای ساختن بتن بین $5°C$ تا $35°C$ است که در هنگام بتن‌ریزی هیچ قسمت از بتن نباید دمایی کمتر از $5°C$ و بیشتر از $35°C$ سانتیگراد داشته باشد.

۳-۴-۶- ایستگاه کنترل دیسکی

دیسک‌های استیل مورداستفاده در ساختمان نقاط مرجع دارای ابعادی مطابق شکل ۶-۸ با طول حدود ۱۵ سانتیمتر و از جنس استیل ضد زنگ و اسید بوده و در دیوار (سنگی، بتنی یا آجری) باضخامت حداقل ۲۲ سانتی‌متر مطابق شکل قرار می‌گیرد. برای نصب این دیسک، نخست سوراخی به عمق ۱۰ و قطر داخلی کمی بیش از ۲ سانتی‌متر در دیوار ایجاد نموده و با تزریق چسب سنگ مرغوب و استاندارد نصب شود.



شکل ۶-۸- دیسک استیل مورداستفاده در ساختمان دیسکی به‌منظور ترازیابی

باید توجه شود که اگرچه بیشتر ساختمان‌ها نشست می‌کنند؛ اما میزان نشست باگذشت زمان کاهش پیدا می‌کند؛ بنابراین ساختمان‌هایی برای نصب نقطه‌مرجع انتخاب شوند که بیش از پنج سال از ساخت آن‌ها گذشته است. دیوارهای دریایی کوچک[1] به علت عدم ثبات کافی برای نصب نقطه‌مرجع انتخاب نگردند. به‌طور معمول ساختمان‌های بالای سه‌طبقه، برج‌ها، پایه پل‌ها مکان‌های مناسبی هستند.

فاصله دیسک نصب شده با زمین اطراف آن حدود ۵۰ سانتیمتر بوده و حداقل فاصله دیسک با سقف دیوار نباید کمتر از ۳/۳۰ متر باشد.

نام نقطه‌مرجع 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.

۴-۴-۶- ایستگاه پیلار

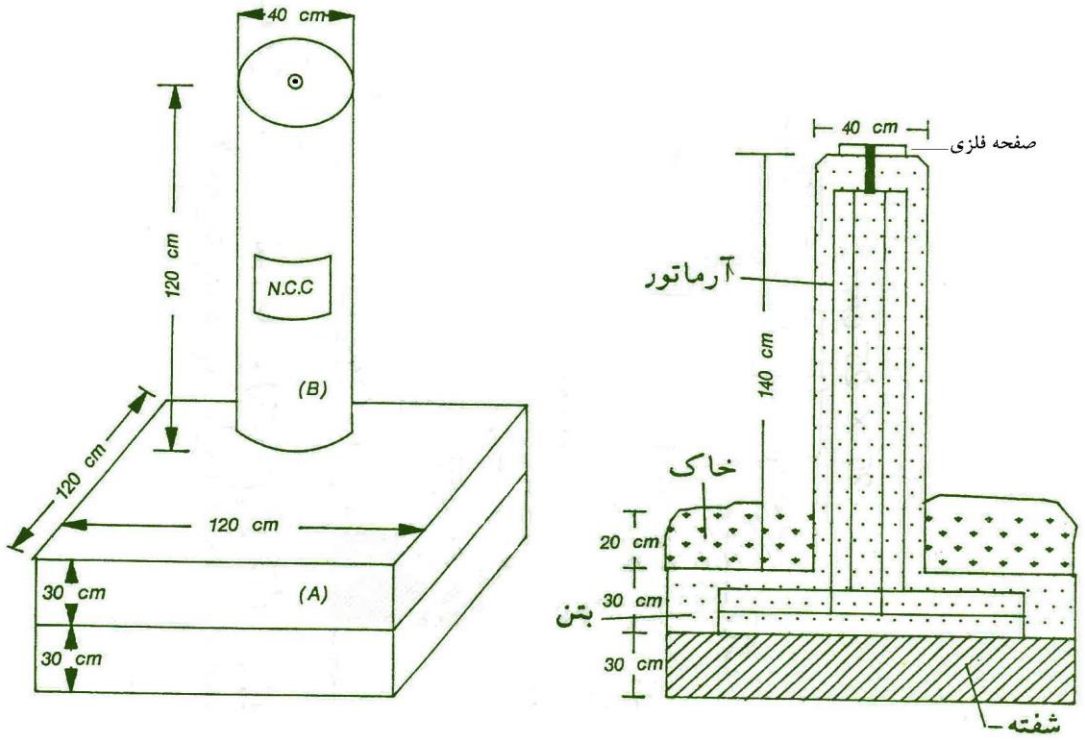
ساختمان این ایستگاه بتنی است مسلح با فونداسیون به ابعاد ۶۰*۱۲۰*۱۲۰ سانتی‌متر که ۵۰ سانتی‌متر از آن داخل زمین و ۱۰ سانتی‌متر از آن در خارج زمین قرار دارد و در مرکز آن استوانه‌ای به ارتفاع ۱۲۰ سانتی متر و مقطع دایره‌ای با قطر ۴۰ سانتی‌متر قرار گرفته است. بر روی مقطع استوانه دیسک استیل به قطر ۲۰ سانتیمتر و ضخامت یک تا دو سانتی‌متر 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 ۱-۱۱۹ مراجعه شود) می‌باشد که در شکل‌های زیر نشان داده شده است.

به‌منظور مکان‌یابی و ساختمان این‌گونه ایستگاه‌ها باید قبلاً نشریه فوق‌الذکر مطالعه شده و به مفاد آن عمل شود.

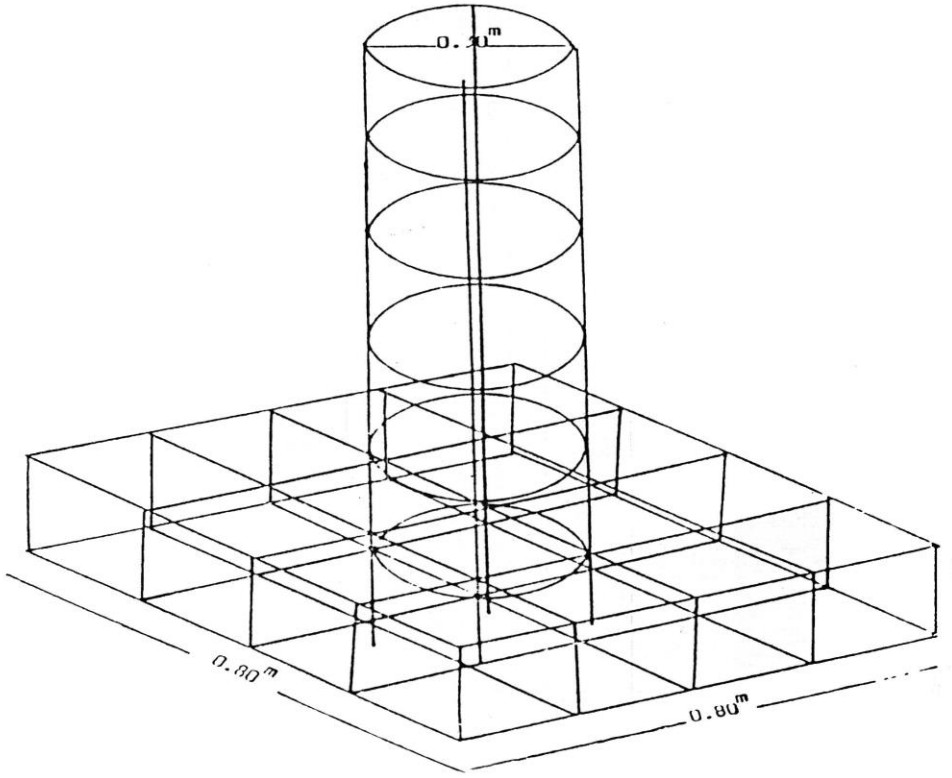
علاوه بر آن یک میله استیل روی قسمت فوندانسیون پیلار در محل مناسب جهت انجام ترازیابی تعبیه گردد.

---

[1] Seawall



شکل ۶-۹- ساختمان ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار



شکل ۶-۱۰- آرماتوربندی ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار

۵-۴-۶- شناسنامه ایستگاه‌های کنترل

برای هر نقطه‌مرجعی که ایجاد می‌شود می‌بایست شناسنامه تهیه گردد. باید شناسنامه ایستگاه‌های پیلار براساس فرم شناسنامه نقاط ژئودزی ماهواره‌ای (نشریه ۱-۱۱۹) تهیه شود. شناسنامه ایستگاه‌های سنگی، بتنی و دیسکی براساس فرم شناسنامه نقاط ترازیابی درجه یک کشور (نشریه ۱-۱۱۹) تهیه شود.

همچنین از مراحل ساخت نقطه‌مرجع باید عکس گرفته شود. در مرحله پایانی از نقطه‌مرجع ساخته شده از دو نمای عمودی و افقی در جهت شمال منطقه عکس تهیه گردد.

نسخه نهایی

فصل هفتم

تحلیل و کنترل کیفی داده‌های تراز دریا

نسخه نهایی

۱-۷- نیاز به کنترل

کنترل کیفیت داده‌های تایدگیج یک مسئله بسیار ضروری در فرایند تحلیل و استفاده از این داده‌ها است. مطمئن شدن از دقت، قابلیت اعتماد و صحت داده‌های تایدگیج بسیار مهم است؛ زیرا این داده‌ها به‌عنوان یکی از منابع اصلی برای بررسی تغییرات سطح تراز دریا و بررسی وضعیت آن استفاده می‌شوند. در عمل، داده‌های تایدگیج ممکن است به دلایل مختلفی مانند خطاهای حس‌گر و خرابی‌های سخت‌افزاری، تغییرات زمین‌لرزه و تغییرات داده‌های مرجع دچار تغییرات و انحراف شوند؛ بنابراین، بررسی کیفیت داده‌های تایدگیج برای تشخیص و رفع این نوع خطاها و انحرافات بسیار ضروری است. فرایند کنترل کیفیت داده‌های تایدگیج شامل بررسی جامع و تجزیه‌وتحلیل دقیق داده‌ها است؛ لذا با ایجاد سطح‌بندی میان داده‌ها می‌توان به‌طور دقیق به بررسی وضعیت آن‌ها پرداخت.

برخی نکات دیگر درباره ضرورت کنترل کیفیت داده‌های تایدگیج شامل موارد زیر است:

۱ .دقت و قابلیت اعتماد: داده‌های تایدگیج 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 تایدگیج جمع‌آوری شده بدون خطا است و نماینده‌ی صحیحی از تغییرات جزر و مدی است.

۲ .تشخیص و اصلاح خطاها: روش‌های کنترل کیفیت داده به تشخیص و اصلاح خطاها یا ناهنجاری‌ها در داده‌های تایدگیج کمک می‌کنند که شامل شناسایی و حذف نقاط اشتباه، رفع اشکال در حس‌گرها، و رسیدگی به داده‌های گم‌شده یا ناسازگار است. با شناسایی و اصلاح این خطاها، کیفیت و قابلیت استفاده از داده‌های تایدگیج به طرز قابل توجهی افزایش می‌یابد.

۳ .سازگاری و قابل مقایسه بودن داده‌ها: روش‌های کنترل کیفیت، اطمینان می‌دهند که داده‌های تایدگیج جمع‌آوری شده از ایستگاه‌ها در طول بازه‌های زمانی مختلف سازگار و قابل مقایسه هستند. این سازگاری برای انجام تحلیل‌های لازم، تشخیص روندهای بلندمدت و انجام پیش‌بینی‌های دقیق مرتبط با تغییرات سطح دریا بسیار حائز اهمیت است.

۴ .اعتبارسنجی و تأیید: کنترل کیفیت داده شامل اعتبارسنجی داده‌های تایدگیج نسبت به مجموعه داده‌های مرجع مانند داده‌های حس‌گر دیگر، تایدگیج‌های مجاور، ماهواره‌های ارتفاع سنجی یا مدل‌های اقیانوسی است. 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 تایدگیج را افزایش می‌دهد.

۵ .تحلیل داده بلندمدت: داده‌های تایدگیج باکیفیت 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 به‌طور دقیق تعیین کنند، تأثیرات تغییرات آب‌وهوا را ارزیابی کنند و تصمیمات مبتنی بر مدیریت و سازگاری ساحلی را اجرا کنند.

۶ .تصمیم‌گیری و ارزیابی خطر: داده‌های تایدگیج باکیفیت بالا نقش بسیار مهمی در فرآیندهای تصمیم‌گیری مرتبط با برنامه‌ریزی ساحلی، ساخت زیرساخت‌ها و ارزیابی خطرات احتمالی دارند. با داشتن داده‌های تایدگیج 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 مؤثری را در این زمینه اتخاذ کنند.

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

۲-۷- کنترل کیفی داده‌ها

خروجی ایستگاه‌های جزرومدی به‌منظور محاسبه دیتوم و تصحیح داده‌های آب‌نگاری یک سری زمانی داده‌های تراز آب با فواصل زمانی یکسان به‌طور مثال ۵، ۱۰ یا ۱۵ دقیقه خواهد بود. این داده‌ها می‌بایست وارد پروسه کنترل کیفی شده تا داده‌های اشتباه و نامعتبر مشخص شده و تصحیح یا حذف شوند. در این مرحله، داده‌ها ازنظر جاافتادگی یا خلأهای اطلاعاتی، ناپیوستگی داده، خطا یا جابه‌جایی دیتوم، داده‌های غیرعادی، داده‌های خارج از بازه (کمینه و بیشینه)، روند غیرعادی به دلیل دریفت حس‌گر یا تغییرات ارتفاعی ایستگاه یا نقطه‌مرجع مورد بررسی قرار می‌گیرند.

کنترل کیفیت داده‌ها با مقایسه داده‌ها با یکدیگر، دریافت اطلاعات هم‌زمان از حس‌گر دیگر، جزرومد پیش‌بینی‌شده و داده‌های ایستگاه‌های مجاور انجام می‌شود. ویرایش و پرکردن جاافتادگی‌های داده باید تحت رویه‌ها و الگوریتم‌های ریاضی مستند انجام شده و تمامی ویرایش‌ها بر روی داده‌های اصلی باید قابل‌ردیابی 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 به‌خاطر حرکت قائم تایدگیج، تایدپل یا نقطه‌مرجع باشد باید به‌طور مستند توضیح داده شود. به‌منظور اجتناب از اشتباهات، تمامی داده‌ها باید بر مبنای زمان UTC (GMT) ارائه شده و در غیر این صورت فاصله زمانی تا آن صریحاً ذکر شود.

جاافتادگی‌های داده کمتر از یک ساعت را می‌توان با واسطه‌یابی به روش برازش منحنی پر نمود. برای جاافتادگی‌های بالاتر از سه ساعت تنها داده‌های حس‌گر دیگر و همچنین مدل تجربی جزرومدی قابل‌استفاده خواهد بود. داده‌های پر شده در زمان‌های جاافتادگی باید علامت‌گذاری و مشخص شوند.

کنترل کیفی داده‌های جزرومدی به‌منظور اطمینان از سازگاری داده‌ها و اطلاع کاربردان از میزان خطا و کیفیت داده‌های مورداستفاده به‌منظور کاربردهای آن ضروری است. با انجام کنترل کیفی، داده‌ها تحت استاندارد یکسان بوده، سازگاری داده‌ها با یکدیگر تأمین شده و داده‌ها از اطمینان بالاتری برای کاربران برخوردار خواهند بود. کنترل کیفی داده‌های ایستگاه‌های جزرومدی نیازمند در اختیار بودن مستندات لازم در این خصوص است که عبارت‌اند از:

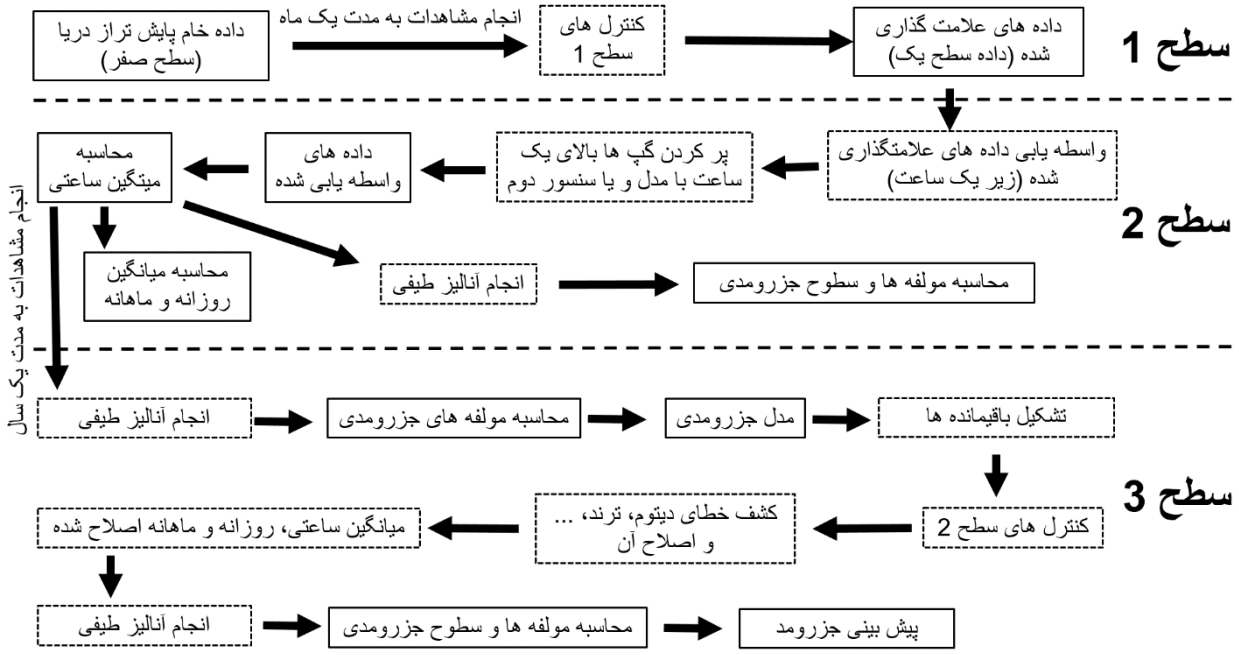
الف- داده‌های خام

ب- شناسنامه، اطلاعات کالیبراسیون ایستگاه و گزارش‌ها رویدادها و نگهداری ایستگاه،

ج- اطلاعات ترازیابی ایستگاه.

د- اطلاعات کمکی نظیر داده‌های آب‌وهوایی به‌ویژه فشار هوا که می‌تواند تحلیل داده مورداستفاده قرار گیرد.

فرآیند کلی پردازش داده‌های جزرومدی در شکل ۷-۱ نمایش داده شده است.



شکل ۷-۱- فرآیند کلی پردازش داده‌های تراز دریا

خطاهای متداول در سری‌های زمانی اطلاعات تراز دریا عبارت‌اند از: خطا در ثبت دستی اطلاعات، خطاها و نویزهای دستگاهی در ثبت اطلاعات، خطا در انتقال اطلاعات، خطای کالیبراسیون حس‌گرها (خطای دیتوم)، وجود اجسام شناور در ذیل حس‌گرهای صوتی و رادای، خطای ساعت، خطای ناشی از تغییر حس‌گر یا دستگاه، خطای ناشی از جابه‌جایی محل ایستگاه و تغییرات ارتفاعی منطقه.

توجه شود که در کنترل کیفی داده، حفظ داده اولیه الزامی است و فقط علامت‌گذاری داده‌های اصلی مجاز است؛ بنابراین، انجام کنترل کیفی و اعمال تغییرات (اعم از تصحیح، حذف و یا پر کردن جاافتادگی‌ها) بر روی داده‌های اصلی منجر به سری زمانی جدیدی شده و سری زمانی اصلی به‌صورت علامت‌گذاری شده حفظ می‌گردد. کنترل کیفی داده‌ها می‌تواند با استفاده از ابزارهای ریاضی به‌طور خودکار انجام شود.

رفتارهایی در داده‌های جزرومدی مانند مقادیر ثابت، مقادیر نزدیک به ثابت، مقادیر خارج از محدوده، مقادیر فاحش تکی، مقادیر فاحش مجموعه‌ای، تغییر دیتوم، دریفت و خطای ساعت به‌صورت خطا در نظر گرفته شده و نیازمند علامت‌گذاری و بررسی‌های بیشتر هستند. از طرف دیگر، موارد چالشی به شرح زیر وجود دارد که یک الگوریتم خودکار نباید آن را به‌عنوان یک خطا علامت‌گذاری کند:

- طوفان‌های دریایی، طوفان‌های دریایی جوی[1] و خیزآب‌های احتمالی
- تغییرات شدید تراز دریا در نتیجه وجود باد و امواج طوفانی

[1] MeteoSunami

داده‌های تراز دریا به‌طور سنتی با فواصل کمتر از یک دقیقه تا یک ساعت جمع‌آوری می‌شوند. باتوجه‌به اینکه عمده استفاده از این داده‌ها معطوف به جزرومد و سطوح جزرومدی و MSL است، عمدتاً این ایستگاه‌ها با فواصل ۵، ۶، ۱۰ یا ۱۵ دقیقه فعالیت می‌نمایند. با این حال، نگرش جدید به این موضوع در سال‌های اخیر موجب شده است تا نرخ مشاهداتی زیر یک دقیقه مدنظر قرار گیرد تا کاربردهای وسیع‌تر مانند امواج سیش، طوفان‌های دریایی و طوفان‌های دریایی جوی و تغییرات فرکانس بالا در مناطق خاص را نیز شامل شود. در این خصوص همچنین استفاده از حس‌گرهای مختلف با نرخ‌های مشاهداتی مختلف مدنظر قرار گرفته است، به‌طوری‌که یک حس‌گر با نرخ بالاتر از یک دقیقه و حس‌گر دیگر با نرخ کمتر از یک دقیقه فعالیت می‌نماید.

علامت‌گذاری‌های انجام شده در طی مراحل کنترل کیفی از اهمیت زیادی برخوردار است، چراکه کاربران باتوجه‌به این علامت‌ها داده‌های مدنظر خود را انتخاب و مورداستفاده قرار می‌دهند؛ بنابراین این علائم می‌باید همراه داده ارائه شوند.

علامت‌ها[1]کنترلی برای داده‌ها در جدول زیر نشان داده شده‌اند. کد ۱ برای داده صحیح، کد ۴ برای داده بی‌کیفیت، کد ۹ برای جاافتادگی مورداستفاده قرار می‌گیرد. کد صفر برای داده‌ای است که مورد کنترل کیفی قرار نگرفته است. همچنین کد ۳ برای داده‌ای است که فعلاً دارای کیفیت مناسب نبوده ولی ممکن است در پردازش‌های بعدی مورد تصحیح قرار گیرد.

جدول ۷-۱- علامت(کد) های کنترل کیفی

علامت/کد	معنی	تعریف
۰	**بدون کنترل کیفی**	**داده کنترل کیفی نشده است.**
۱	**خوب**	**داده به‌صورت آلوده به خطا شناسایی نشده و از سازگاری خوبی با واقعیت برخوردار است.**
۲	**واسطه یابی شده**	**داده واسطه یابی شده است.**
۳	**احتمالاً بد (مشکوک)**	**داده دارای خطای فاحش نیست؛ ولی دارای ناسازگاری بوده و باید بیشتر کنترل شود.**
۴	**بد (اشتباه)**	**داده در فرایند کنترل رد شده و مقدار آن از واقعیت به‌دور بوده است.**
۹	**جاافتادگی**	**داده وجود ندارد.**

داده‌های تراز دریا نهایتاً باتوجه‌به سطح کنترل کیفی، در سه سطح برخط (سطح صفر)، نزدیک برخط (سطح یک) و با تأخیر (سطح دو و سه) ارائه می‌شوند. باتوجه‌به این تقسیم‌بندی، کنترل کیفیت داده‌ها به شرح زیر خواهد بود:

۱-۲-۷- کنترل کیفیت داده‌های برخط (کنترل سطح صفر)

وقتی داده‌ها به‌صورت برخط (تأخیر زیر یک دقیقه) دریافت و مورداستفاده قرار می‌گیرند (به‌طور مثال در سیستم پایش طوفان‌های دریایی)، انجام کنترل کیفی به‌صورت دلخواه عملاً ممکن نیست، چراکه در این نوع سامانه‌ها، دریافت

[1] code

بدون تأخیر داده‌ها ضروری است و هرگونه حذف داده می‌تواند به حذف داده‌های متأثر از سونامی منجر شود. در این موارد فقط برخی کنترل‌ها مانند کنترل قطع ارسال داده به‌منظور رفع آن می‌تواند در نظر گرفته شود. داده‌ها در این سیستم می‌باید توسط کارکنان باتجربه در مرکز پایش قبل از ورود به سیستم هشدار سونامی مورد بررسی قرار گیرند. کنترل‌های بعدی بر روی این داده‌ها می‌تواند قبل از بایگانی این داده‌ها برای کاربردهای غیر برخط در نظر گرفته شود.

۲-۲-۷- کنترل کیفیت داده‌های نزدیک برخط (کنترل سطح یک)

این کنترل‌ها بر روی داده‌های دریافتی با تأخیر یک ماه انجام شده و عمده کاربردهای دریایی از اقیانوس‌شناسی، پیش‌بینی طوفان، ارتفاع سنجی ماهواره‌ای و آب‌نگاری را در برمی‌گیرند. این زمان اجازه می‌دهد تا برخی کنترل‌ها بر روی داده‌ها قبل از بایگانی آن انجام‌پذیر باشد. کنترل‌های سطح یک شامل موارد زیر است:

- **آزمون شماره ۱:** خطای زمانی و جاافتادگی‌های اطلاعاتی
  داده در زمان موردنظر دریافت نشده است = کد ۹
  داده در زمان صحیح دریافت نشده است = کد ۴
- **آزمون شماره ۲:** خطاهای ساختار داده دریافتی
  محتوای داده و یا حجم آن دارای مشکل است = کد ۴
- **آزمون شماره ۳:** آزمون مقادیر خارج از محدوده حس‌گر
  خارج از بازه ماکزیمم و مینیمم قابل ثبت توسط حس‌گر = کد ۴
  خارج از بازه ماکزیمم و مینیمم تعیین شده توسط کاربر= کد ۳
- **آزمون شماره ۴:** آزمون مقادیر خارج از ۱,۵ برابر محدوده جزرومدی و تغییرات فصلی
  خارج از بازه مقادیر ماکزیمم و مینیمم قابل‌قبول = کد ۳
  کد ۴ در این آزمون تعریف نشده است.
- **آزمون شماره ۵:** آزمون خطاهای فاحش نقطه‌ای Spike

در اینجا دو حد بزرگ و کوچک برای خطای فاحش تعریف می‌شود. خطای بالاتر از حد بزرگ به‌عنوان کد ۴ و خطای بین دو حد به‌عنوان کد ۳ منظور می‌شود. تشخیص داده‌های اشتباه براساس برازش تابع Spline در یک پنجره اطلاعاتی متحرک ۱۲ تا ۱۶ ساعته انجام می‌شود. منحنی مورداستفاده از درجه دو بوده و طول پنجره می‌تواند براساس ویژگی‌های جزرومد و نرخ نمونه‌برداری انتخاب شود. در این الگوریتم، اشتباهات براساس فاصله بیش از n (n=3) برابر انحراف معیار باقیمانده‌ها از منحنی با کد ۴ علامت‌گذاری شده و مقادیر کوچکتر با فاصله بیش از n (n=2) برابر انحراف معیار باقیمانده‌ها از منحنی با کد ۳ علامت‌گذاری می‌شوند. این الگوریتم برای باقیمانده‌ها تکرار می‌شود تا اشتباهات کوچکتر را که قبلا کشف نشده‌اند، کشف شده و علامت‌گذاری شوند.

- **آزمون شماره ۶:** آزمون نرخ تغییرات مشاهدات

نرخ تغییرات بین مشاهده n و مشاهده n-1 باید کمتر از سه برابر انحراف معیار داده در یک بازه ۲۵ ساعته باشد. در غیر این صورت کد ۳ منظور می گردد.

- **آزمون شماره ۷:** آزمون مقادیر ثابت

وقتی پنج داده دریافتی متوالی مساوی باشند (در حد ۰,۰۰۱ متر)، کد ۴ منظور می‌شود. وقتی سه داده متوالی باهم مساوی باشند کد ۳ منظور می گردد.

- **آزمون شماره ۸:** آزمون چند حس‌گره

این آزمون در ایستگاه‌هایی انجام می‌شود که دارای دو حس‌گر یا بیشتر باشد. داده‌های دو حس‌گر از هم کم شده و مقادیر باقیمانده بررسی می‌شود. درصورتی‌که اختلاف مشاهده شده بیش از سه برابر انحراف معیار باقیمانده‌ها باشد داده‌های دو حس‌گر ازنظر خطای موجود با توجه به آزمون شماره ۶ بررسی شده و کد ۳ به داده‌های حس‌گر مشکوک تعلق می‌گیرد.

- **آزمون شماره ۹:** آزمون مقادیر با توجه به مدل

این آزمون در ایستگاه‌هایی قابل‌انجام است که مدل جزرومدی برای آن موجود باشد. مشاهدات از مدل کسر شده و باقیمانده‌ها با استفاده از تست‌های آماری سه سیگما و یا باردا (پیوست شماره ۵) مورد بررسی قرار می‌گیرند. به داده‌های رد شده در این آزمون کد ۳ تعلق می‌گیرد. این آزمون در آب‌های غیر جزرومدی (دریاچه‌ها) کاربرد ندارد.

پس از انجام تست‌های فوق، داده‌های با کد ۳ و ۴ بررسی شده و در صورت امکان اصلاح می‌شوند. پس از اتمام این مرحله، داده‌های باقیمانده با کد ۳، ۴ و ۹ در صورتی که بازه زمانی آن زیر یک ساعت باشد واسطه‌یابی می‌شوند. در ایستگاه‌های چند حس‌گره، داده‌های حس‌گری که عملکرد صحیح داشته است برای جایگزینی داده‌های اشتباه و جاافتادگی‌ها استفاده می‌شود. برای جاافتادگی‌های بالای یک ساعت در صورت وجود مدل، از آن برای پر کردن جاافتادگی استفاده شود.

میانگین ساعتی، میانگین روزانه و مؤلفه‌های اصلی جزرومدی از داده‌های ماهیانه پس از واسطه یابی محاسبه می‌شوند.

داده‌های اولیه تراز تحت عنوان داده‌های سطح صفر، داده‌های علامت‌گذاری شده به‌عنوان داده‌های سطح ۱ و داده‌های واسطه‌یابی شده، میانگین ساعتی، میانگین روزانه، میانگین ماهانه، مؤلفه‌های اصلی جزرومدی و سطوح جزرومدی به دست آمده از داده‌های ماهانه به‌عنوان محصولات سطح ۲ ارائه می شوند.

۳-۲-۷- کنترل کیفیت داده‌های با تأخیر (کنترل سطح دو)

کنترل‌های سطح دو بر روی داده‌های با تأخیر یک سال و بیشتر انجام می‌شود که نیازمند تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تری است. در اینجا تمامی محصولات مربوط به سطح تراز دریا مانند دامنه و فاز مؤلفه‌های جزرومدی، بیشینه و کمینه ارتفاع

سطح تراز دریا به‌صورت ماهیانه و سالیانه (ارتفاع بالا و پایین سطح تراز دریا)، میانگین روزانه، ماهیانه و سالیانه سطح آب دریا محاسبه شده و آزمون‌های آماری انجام می‌گردد. مقایسه با حس‌گرهای دیگر و حس‌گرهای ایستگاه‌های مجاور، داده‌های ارتفاع‌سنجی یا مدل جزرومدی به‌منظور بررسی انواع خطاها توصیه می‌شود. بدیهی است که مطالعه و کنترل بلندمدت داده‌ها نیازمند در اختیار بودن اطلاعات کامل تاریخچه عملیاتی (تعویض حس‌گرها و رویدادهای حین نگهداری) در ایستگاه‌های جزرومدی است که باید به‌درستی جمع‌آوری شده و ثبت شوند.

کنترل سطح ۲ یک کنترل تکمیلی است که برای داده‌های بلندمدت (یکسال و بالاتر) انجام می‌شود.د کنترل‌ها در این مرحله می‌تواند برای کشف خطاها و مشکلات در تایدگیج مورداستفاده قرار گیرد. در مرحله اول کنترل بصری مشاهدات و باقیمانده‌ها می‌تواند برای کشف خطاهای دستگاهی مانند خطای زمان، دیتوم و خطاهای فاحش استفاده شود. در مقایسه داده‌ها با جزرومد پیش‌بینی شده باید به کیفیت پیش‌بینی توجه کرد. بعنوان مثال، ممکن است پیش‌بینی با استفاده از داده‌های آلوده انجام شده باشد. برای کنترل بیشتر توصیه می‌شود دو تا سه حس‌گر هم‌زمان در ایستگاه فعالیت نموده و نتایج باهم مقایسه شوند. در این حالت می‌توان ضمن اطمینان از کیفیت داده‌ها نسبت به پر کردن جاافتادگی‌های اطلاعاتی اقدام نمود. ثبت اطلاعات زمان و تراز دریا به‌صورت میدانی و مقایسه آن با مشاهدات تایدگیج می‌باید به‌صورت دوره‌ای انجام شده و مقایسه داده‌های میدانی با داده‌های مشاهده شده می‌تواند ابزار کنترلی مناسبی در اختیار قرار دهد. کنترل‌های دیگر عبارتند از:

- محاسبه سالانه مؤلفه‌های هارمونیک از داده‌های سالیانه با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف مانند Foreman، SELENE، TASK، TIRA، T_Tide/UTide و مقایسه آن با هم
- باقیمانده‌ها: باقیمانده‌ها منبع خوبی برای بررسی خطاها و کیفیت داده هستند. بیشتر خطاهای مشاهداتی را می‌توان با بررسی باقیمانده‌ها کشف نمود. به‌عنوان‌مثال می‌توان به خطای دیتوم و وجود خطای ساعت اشاره نمود که موجب رفتار تناوبی در باقیمانده می‌شود. همچنین خطاهای بزرگ به‌راحتی با بررسی باقیمانده‌ها قابل‌کشف هستند.
- خطای ساعت: خطای ساعت می‌تواند ساده (جابه‌جایی[1]عددی) و یا پیچیده (جابه‌جایی وابسته به زمان) باشد. جابه‌جایی ساده موجب رفتار سینوسی بر روی باقیمانده‌ها می‌شود. این جابه‌جایی را می‌توان با استفاده از تابع وابستگی بین مشاهدات و پیش‌بینی و یا مقایسه مقدار فاز هارمونیک M2 قبل و بعد از جابه‌جایی به دست آورد. استفاده از حس‌گرها و ثبات‌های مختلف و مقایسه آن‌ها با یکدیگر نیز می‌تواند به کشف این خطا کمک نماید. پس از کشف این خطا لازم است تا زمان داده‌ها بر اساس این جابه‌جایی زمانی تصحیح شوند. استفاده از سامانه‌های GNSS و اتصال به اینترنت موجب تصحیح خودکار زمان شده و خطای زمان حذف می‌شود.
- کشف تغییرات سطح‌مبنا: این مورد به دلیل حرکت قائم حس‌گر اتفاق می‌افتد 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 به‌ویژه اگر بزرگ باشد به‌راحتی بر روی داده‌های ساعتی قابل‌کشف است. ولی اگر کوچک و یا تدریجی باشد

[1] Shift

نیازمند بررسی دقیق‌تر است. در این حالت، استفاده از ایستگاه‌های مجاور، کنترل ارتفاعی با ترازیابی، مشاهدات GNSS و مشاهدات ارتفاع سنجی ماهواره‌ای می‌تواند به کشف این خطا کمک نماید. مقایسه میانگین ماهانه داده‌ها معمولاً برای شناسایی تغییرات بلندمدت در حد چند سانتی‌متر کافی است.

جاافتادگی‌های کمتر از ۲۴ ساعت می‌توانند با داده‌های حس‌گر دیگر، مدل و یا واسطه یابی پر شوند. این کار با واسطه‌یابی بر روی سری زمانی باقیمانده‌ها انجام شده و سپس مقادیر پیش‌بینی نجومی جزرومد به آن افزوده می‌شود. توجه شود که این روش برای پر کردن داده‌های ساعتی است و در خصوص پر کردن داده‌های متراکم (دقیقه) توصیه‌ای وجود ندارد و تنها می‌توان جاافتادگی های بسیار کوتاه در حد چند دقیقه را علامت‌گذاری و واسطه‌یابی نموده و سپس وارد مرحله محاسبه داده‌های ساعتی نمود.

داده‌های کنترل و تصحیح شده در این مرحله به‌عنوان محصولات سطح ۳ ارائه می شوند.

۳-۷- محاسبه میانگین ساعتی

داده‌های کنترل کیفی شده سطح یک پس از واسطه‌یابی به‌منظور محاسبه میانگین ساعتی استفاده می‌شوند. داده‌های ساعتی با استفاده از یک پالایه پایین گذر با توجه به نرخ نمونه‌برداری داده‌ها محاسبه می‌شود. این پالایه فرکانس‌های بالا را حذف نموده و داده‌های ساعتی به دست می‌آید که خصوصیات جزرومد را کماکان حفظ نموده است. برای محاسبه داده‌های ساعتی از داده‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$X_F(t) = F_0.X(t) + \sum_{m=1}^{m} F_m \left[X(t+m) + X(t-m) \right] \qquad (۱-۷)$$

که در آن Xها داده‌های ساعتی هستند. برای اطلاع از ضرایب یا وزن‌های F مورد استفاده در این رابطه برای داده‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه ای، پیوست ۳ را ببینید.

سپس با استفاده از تحلیل طیفی، مؤلفه‌های هارمونیک جزرومد، مدل جزرومد و باقیمانده‌ها مورد محاسبه قرار می‌گیرند. پس از محاسبه جزرومد و باقیمانده‌ها، کنترل کیفی بر روی باقیمانده‌ها انجام می‌شود تا اشتباهات کوچک‌تر که در مرحله قبل کشف نشده‌اند، شناسایی و علامت‌گذاری شوند. محصول نهایی شامل سری زمانی واسطه‌یابی شده، داده‌های ساعتی، جزرومد و باقیمانده‌ها است.

۴-۷- محاسبه میانگین روزانه

فیلترهای متعددی به‌منظور محاسبه میانگین و حذف فرکانس‌های بالا و انرژی جزرومد از روی داده‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به پالایه میانگین وزن‌دار متقارن دودسون موسوم به پالایه X0 به شرح زیر اشاره نمود که نیازمند ۳۹ ساعت داده ساعتی تراز دریاست:

$$X_T = \frac{1}{30}\sum_{d=-19}^{d=19} F(d) \quad H(T+d), \qquad d \neq 0$$
$$F(d) = (2,1,1,2,0,1,1,0,2,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1) \tag{۲-۷}$$

که در آن X نشانگر مقدار میانگین، H بیانگر داده‌های تراز دریا و F وزن مشاهدات است که از پالایه دودسون X0 به طول ۳۹ ساعت استفاده می‌شود.

مقدار پالایه برای زمان t=0، برابر صفر است. این پالایه ۹۹,۹۴ و ۹۹,۷۹ درصد انرژی جزرومد در فرکانس‌های به ترتیب نیم‌روزانه و روزانه و ۹۹,۳۸ درصد فرکانس های بالاتر را حذف می‌کند. همچنین، انرژی فرکانس‌های غیر جزرومدی پایین‌تر توسط این پالایه کاهش پیدا می‌کنند (۶۰ درصد کاهش در فرکانس نیم‌روزانه و کاهش کمتر برای فرکانس‌های پایین‌تر). به‌عنوان مثال، نحوه محاسبه میانگین تراز دریا برای روز دوم ژانویه در زیر نشان داده شده است. در این محاسبه، ساعت ۱۲ روز دوم ژانویه بعنوان زمان مرکزی در نظر گرفته شده است.

علاوه بر پالایه ۳۹ ساعته فوق، فیلترهای ۷۲ و ۱۶۸ ساعته نیز قابل استفاده می‌باشند. برای مشاهده این ضرایب پیوست ۴ 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)

۷-۵- میانگین ماهیانه و سالانه

در داده‌های بلندمدت، میانگین ماهیانه باید از میانگین داده‌های 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 ماه‌های با جاافتادگی اطلاعاتی بیش از سه روز متوالی نباید محاسبه شود. نمونه جدول ماهیانه جزرومد در پیوست شماره ۶ قابل مشاهده است. محاسبه متوسط ماهانه و سالانه تراز دریا ضمن کمک به کشف مشکلات در ایستگاه، اطلاعات باارزشی در خصوص تغییرات بلندمدت تراز دریا فراهم می‌آورد. توصیه می‌شود که متوسط ماهانه از متوسط‌های روزانه محاسبه شود که از میانگین‌های روزانه پس از اعمال پالایه (مانند ۳۹ ساعته Doodson، ۷۲ ساعته Demerliac و یا پالایه‌های دیگر) که انرژی جزرومد فرکانس روزانه و بالاتر از آن حذف شده است، به دست آمده‌اند؛ بنابراین متوسط ماهانه با میانگین حسابی ساده از داده‌های ساعتی پالایه شده به دست می‌آید. تعداد روزهای جاافتادگی در ماه می‌بایست حتماً گزارش شده و محاسبه متوسط ماهانه با از داده‌های با جاافتادگی بیش از ۱۵ روز توصیه نمی‌شود. PSMSL میانگین سالانه را از متوسط وزن‌دار متوسط‌های ماهانه محاسبه می‌نماید که در آن وزن هر داده به نسبت روزهای حاوی داده در هر ماه در نظر گرفته می‌شود و در صورتی که فقدان داده بالای یک ماه باشد، میانگین سالانه محاسبه نمی‌شود. به‌صورت تاریخی، متوسط‌های ماهانه و سالانه گاهی از سطح متوسط جزرومدی MTL گزارش شده‌اند که در گذشته و قبل از به‌کارگیری سامانه‌های خودکار جزرومد سنجی، بسیار ساده‌تر بوده است؛ به‌طوری‌که از میانگین آب‌های بالا در یک ماه MHW و میانگین آب‌های پایین در یک ماه MLW به دست آمده و از میانگین این دو MTL حاصل شده است. توجه شود که MTL و MSL متفاوت از هم می‌باشند (به‌ویژه در مناطق کم‌عمق).

۷-۶-کنترل‌های تکمیلی

وقتی با داده‌های قدیمی کار می‌کنیم به دلیل قدمت اطلاعات ممکن است اطلاعات جانبی در خصوص ایستگاه مانند مشکلات به وجود آمده یا تغییرات در ایستگاه مانند تعویض دستگاه و حس‌گر و پارامترهای آن در دسترس نباشد. در این‌گونه مواقع مقایسه اطلاعات با اطلاعات ایستگاه‌های مجاور می‌تواند کمک‌کننده باشد. الگوریتم‌های زیر همچنین می‌تواند به‌منظور فهم مشکلات و برطرف کردن آن کمک نماید. اگرچه تمامی این موارد نیازمند بررسی دقیق متخصصین این حوزه قبل از تصمیم‌گیری در خصوص تصحیح داده‌ها است.

- بررسی وابستگی: ضرایب وابستگی بین داده‌های حس‌گرهای مختلف و یا داده‌های ایستگاه‌های مجاور و یا پارامترهای مختلف در یک ایستگاه (مانند باد، فشار و...) قابل‌محاسبه است. در این‌گونه موارد درصورتی‌که وابستگی سری زمانی باقیمانده‌های غیر جزرومدی با ایستگاه مجاور بالای ۰٫۷ باشد، یک خط به آن برازش داده شده و می‌تواند به‌منظور پر کردن جاافتادگی‌ها مورداستفاده قرار گیرد (به‌جز ابتدا و انتهای سری زمانی).

- تحلیل با استفاده از توابع تجربی متعامد: این تحلیل بر روی سری زمانی برای محاسبه سیگنال موجود در داده و همچنین تشخیص خطاهای محتمل در داده می‌تواند 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 پوشیده شده و آشکار نیست. از مشکلات احتمالی قابل کشف در این خصوص می‌توان به پرش‌های کوچک دیتوم در بخش‌های مختلف داده اشاره نمود، که ناشی از تغییرات ایستگاه و یا به‌روزرسانی آن است. استفاده از فراداده ایستگاه به‌منظور اطلاع از تغییرات اعمال شده بر روی ایستگاه می‌تواند بسیار کمک‌کننده باشد. استفاده از داده‌های ماهواره‌های ارتفاع سنجی در زمان عبور از محل ایستگاه و مقایسه آن با داده‌های ایستگاه دیگر همچنین می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد.

مشاهدات خام تایدگیج باتوجه‌به تغییرات پوسته زمین تصحیح نشده‌اند؛ بنابراین، تغییرات غیرطبیعی می‌تواند با استفاده از پردازش داده‌های ترازیابی و GNSS ایستگاه‌های کنترلی در مجاورت تایدگیج مورد بررسی قرار گیرد. استفاده از اطلاعات فشار هوا، باد و موج می‌تواند به تفسیر تغییرات غیرعادی تراز دریا در یک زمان مشخص کمک نماید. پرش‌های موجود در اطلاعات همچنین می‌باید با استفاده از داده‌های دیگر مانند زمان زلزله‌ها، تغییرات بلندمدت (کمتر از یک سال) با جریان‌های دریایی و تغییرات کوتاه‌مدت با سیلاب‌های محلی مورد بررسی قرار گیرد.

۷-۷- کنترل دیتوم ایستگاه

محاسبه میانگین‌های بلندمدت تراز دریا (ماهیانه، سالانه و...) سری زمانی بلندمدت به‌منظور مطالعه تغییرات بلندمدت تراز دریا را فراهم می‌نماید. بااین‌حال، این تغییرات نشان‌دهنده تغییرات تراز دریا نسبت به خشکی (محل نصب ایستگاه و نقاط مرجعی کنترلی) بوده و به‌منظور محاسبه تغییرات تراز دریا می‌باید تغییرات ارتفاعی محل ایستگاه نیز مورد بررسی قرار گرفته و تأثیر آن در نظر گرفته شود. به‌عنوان‌مثال، افزایش تراز دریا یا بخشی از افزایش تراز ممکن است درواقع ناشی از افزایش تراز دریا نبوده و ناشی از نشست و یا کاهش ارتفاع محل ایستگاه باشد که می‌تواند به دلایل طبیعی و غیرطبیعی روی دهد. بدین منظور لازم است تا نقاط مرجعی کنترلی به شبکه ملی ارتفاعی کشور متصل شده و این اتصال به‌تناوب مورد مشاهده مجدد قرار گیرد. امروزه، استفاده از سامانه‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای این امکان را فراهم آورده است که تغییرات ارتفاعی محل ایستگاه بادقت و سرعت بالاتری مورد پایش قرار گیرد. بدین منظور می‌باید تعدادی از ایستگاه‌های کنترلی قابلیت نصب گیرنده GNSS و مشاهدات آن را داشته باشند و حداقل یک ایستگاه به‌منظور دقت بالاتر از نوع پیلار باشد. مشاهدات GNSS بر روی ایستگاه‌های کنترلی می‌باید سالیانه و به روش استاتیک انجام شده و محاسبات آن بااتصال به شبکه ایستگاه‌های دائمی GNSS سازمان نقشه‌برداری کشور انجام شود. مشاهدات خطوط مبنا به‌صورت مثلثی و کنترل شده بوده و زمان مشاهدات ۲۴ ساعته با نرخ نمونه‌برداری ۳۰ دقیقه بوده و استفاده از آنتن‌های چوکرینگ به‌منظور حذف اثر چند مسیری توصیه می‌شود. تغییرات ارتفاعی به دست آمده از محاسبات GNSS برای تصحیح تغییرات تراز دریا استفاده می‌شود.

۸-۷- تحلیل هارمونیک و مدل جزرومد

هر یک از عوامل تولیدکننده جزرومد توسط ماه و خورشید توسط یک منحنی کسینوسی هارمونیک قابل نمایش است که به آن مؤلفه جزرومدی یا مؤلفه هارمونیک گفته می‌شود. هر مؤلفه معمولاً با یک حرف یا چند حرف و یک زیرنویس بیان می‌شود. به‌عنوان‌مثال، مؤلفه اصلی نیم‌روزانه خورشیدی با S۲ بیان می‌شود. به‌طور مشابه، مؤلفه نیم‌روزانه اصلی ماه با M2 نمایش داده می‌شود. پریود S2 معادل ۱۲ ساعت و پریود M2 معادل ۱۲,۴۲ ساعت خورشیدی است و همان‌طور که می‌دانیم سرعت زاویه‌ای (فرکانس در واحد درجه بر ساعت) با تقسیم ۳۶۰ درجه بر پریود به دست می‌آید؛ بنابراین، S2 و M2 دارای سرعت زاویه‌ای به ترتیب ۳۰ و ۲۸,۹۸۴ درجه بر ساعت هستند.

باتوجه‌به حرکات متعدد نسبی ماه، خورشید و زمین نسبت به یکدیگر، تعداد نامحدودی از مؤلفه‌های هارمونیک برای توصیف کامل پدیده جزرومد نیاز خواهد بود. ولی بعد از ۳۷ مؤلفه اول، تأثیر مؤلفه‌های باقیمانده در عمده مناطق بسیار اندک بوده و فقط در مناطق با رفتار پیچیده جزرومد مانند خورها و خلیج‌های با مدخل آب کوچک بیش از یک‌صد مؤلفه برای توصیف کامل جزرومد شامل تأثیرات 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 ۲۷,۵۵۴۶ روز یا ۶۶۱,۳۱ ساعت خورشیدی طول می‌کشد؛ بنابراین، سرعت آن معادل ۳۶۰ درجه تقسیم‌بر ۶۶۱,۳۱ برابر با ۰,۵۴۴ درجه بر ساعت خواهد بود. با جمع و تفریق این سرعت با سرعت M2، دو مؤلفه N2 و L2 با سرعت به ترتیب ۲۹,۵۲۸ و ۲۸,۴۴۰ درجه بر ساعت حاصل می‌شوند. مؤلفه روزانه مربوط به میل ماه و خورشید K1 و مؤلفه روزانه اصلی مربوط به میل ماه O1 همچنین به دلیل زاویه میل صفحه دورانی ماه ایجاد می‌شوند که باتوجه‌به پریود ۳۲۷,۸۶ ساعت، سرعت آن ۱,۰۹۸ درجه بر ساعت بوده و بنابراین، سرعت مؤلفه‌های فوق به ترتیب ۱۵,۰۴۱ و ۱۳,۹۴۳ درجه بر ساعت خواهد بود. به همین روش می‌توان همچنین سرعت مؤلفه اصلی روزانه مربوط به میل خورشید P1 را به میزان ۱۴,۹۵۹ درجه بر ساعت به دست آورد.

تحلیل هارمونیک درواقع بیان پریودیک یک سری زمانی از طریق تجزیه به مؤلفه‌های پریودیک آن است. اگر پریودیک مؤلفه معلوم باشد، محاسبه مقدار آن و حذف آن از داده امکان‌پذیر می‌شود به شرطی که داده به‌اندازه کافی بلندمدت باشد. عموماً، داده یک‌ساله برای تحلیل هارمونیک به‌منظور محاسبه مؤلفه‌های اصلی جزرومد کافی است. از تحلیل هارمونیک داده‌های تراز می‌توان مقادیر دامنه و فاز هر مؤلفه را محاسبه نمود که این مقادیر برای داده‌های هر ایستگاه ثابت بوده و منحصر به همان ایستگاه است. به‌منظور پیش‌بینی جزرومد در هر ایستگاه، ضروری است تا اطلاعات دامنه و فاز مؤلفه‌ها برای آن ایستگاه معلوم باشد. با این اطلاعات می‌توان موج کسینوسی متناظر برای هر مؤلفه را ترسیم نموده و در زمان پیش‌بینی (به‌طور مثال یک سال) ادامه داد. مجموع این امواج کسینوسی متناظر با مؤلفه‌های به‌دست‌آمده، سیگنالی مشابه مشاهدات جزرومدی برای یک سال آینده تولید می‌کند که می‌تواند به‌عنوان پیش‌بینی مورداستفاده قرار گیرد.

رابطه هارمونیک جزرومدی را می‌توان به‌طورکلی به‌صورت زیر نوشت:

$$h(t) = H_0 + \sum_{i=1}^{n} f_i H_i \cos\left(a_i t + \{V_0 + u\}_i - \kappa_i\right) \qquad (۳-۷)$$

که در آن h ارتفاع آب (جزرومد) بالای یک دیتوم (سطح‌مبنا) در زمان t، n تعداد مؤلفه‌های جزرومدی مورداستفاده، H_0، ارتفاع متوسط آب بالای دیتوم، H_i دامنه مؤلفه i ام، a_i سرعت زاویه‌ای مؤلفه جزرومدی در واحد درجه بر ساعت، t زمان به مرجع یک اپک آغازی (به‌طور مثال ابتدای سال)، K_i اپک یا تأخیر فاز مؤلفه جزرومدی در واحد درجه نسبت به لحظه ترانزیت ماه از محل، f_i عامل نودال برای مؤلفه iام، V_0+u آرگومان تعدیل برای مؤلفه iام در زمان صفر(درجه) و (a_i) $(V_0+u)_i - k_i)$ + مقدار فاز در زمان t نسبت به زمان ترانزیت ماه است.

امروزه و باتوجه‌به در اختیار بودن کامپیوتر و توان محاسباتی بالا، به‌منظور تحلیل داده‌های تراز دریا و استخراج مؤلفه‌های پریودیک آن از روش کمترین مربعات به‌جای روش فوریه استفاده می‌شود. با این روش، بر اساس مینیمم کردن مجموع مربعات باقیمانده‌ها (اختلاف مشاهدات و مدل)، می‌توان تمامی مؤلفه‌ها را که باتوجه‌به طول داده قابل‌استخراج هستند محاسبه نمود. مزایای این روش نسبت به روش فوریه عبارت‌اند از:

- محدود به داده‌های هم فاصله نبوده و داده‌ها با هرزمانی می‌توانند وارد محاسبات شوند.
- محدود به داده‌های پیوسته نبوده و داده‌ها با جاافتادگی‌های موجود می‌توانند استفاده شوند (نیازی به پر کردن جاافتادگی‌ها نیست).
- محدود به طول مشخصی از داده؛ به‌طور مثال برای پریودهای سینودیک نیست.
- دقت مقادیر پیش‌بینی و مؤلفه‌های جزرومدی قابل‌محاسبه و کنترل است.

در این روش، داده‌های تراز دریا (h) به تعداد N مشاهده معلوم بوده و دامنه و فاز مؤلفه‌های جزرومدی (H و k) به تعداد n مؤلفه که فرکانس آن‌ها معلوم است مورد محاسبه قرار می‌گیرند. مؤلفه‌های اصلی جزرومد به همراه پریود و دامنه نسبی آن‌ها در جدول زیر نمایش داده‌شده‌اند. مقدار نسبی M2 به‌عنوان بزرگ‌ترین مؤلفه، ۱۰۰ در نظر گرفته شده است.

جدول ۷-۲-مشخصات مؤلفه‌های اصلی جزرومد

Species and name	Symbol	Period Solar hours	Relative Size
Semi - diurnal :			
Principal lunar	M2	۱۲.۴۲	۱۰۰
Principal solar	S2	۱۲	۴۷
Larger lunar elliptic	N2	۱۲.۶۶	۱۹
Luni - solar semi - diurnal	K2	۱۱.۹۷	۱۳
Diurnal :			
Luni - solar diurnal	K1	۲۳.۹۳	۵۸
Principle lunar diurnal	O1	۲۵.۸۲	۴۲
Principle solar diurnal	P1	۲۴.۰۷	۱۹
Larger lunar elliptic	Q1	۲۶.۸۷	۸
Long period :			

Lunar fortnightly	Mf	۳۲۷.۹	۱۷
Lunar monthly	Mm	۶۶۱.۳	۹
Solar semi - annual	Ssa	۴۳۸۳	۸
Solar annual	Sa	۸۷۶۶	۱

بدیهی است که معمولاً عدد N به‌مراتب بزرگ‌تر از n بوده و بنابراین مسئله از نوع over-determined بوده و درجه آزادی بسیار بالایی خواهد داشت. مدل مورداستفاده در روش کمترین مربعات به‌صورت زیر است:

$$h(t) = H_0 + \sum_{i=1}^{n} f_i H_i \cos\left(a_i t + \{V_0 + u\}_i - \kappa_i\right) + h_r(t) \qquad (۴-۷)$$

بردار باقیمانده‌ها شامل اختلاف مقادیر مشاهده شده و برآورد شده شامل مقادیر اثرات غیر جزرومدی مانند باد، فشار هوا و رودخانه‌ها بعلاوه هارمونیک‌های دیگر جزرومدی خواهد بود که در این مدل در نظر گرفته نشده‌اند. مدل فوق را می‌توان به‌صورت توابع سینوسی و کسینوسی زیر بازنویسی نمود:

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

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

$$\{V_0 + u\}_i - \kappa_i = -arc\tan\left(\frac{s_i}{c_i}\right) \qquad (۵-۷)$$

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

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

نسبت مجموع K1 و O1 به مجموع M2 و S2 به‌عنوان معیاری برای نیم‌روزانه، روزانه و یا ترکیبی بودن جزرومد در هر ایستگاه مورداستفاده قرار می‌گیرد به‌طوری‌که اگر این نسبت کمتر از ۰,۲۵ باشد جزرومد به‌صورت نیم‌روزانه، اگر بین ۰,۲۵ تا ۱,۵ باشد ترکیبی غالب نیم‌روزانه، ۱,۶ تا ۳,۰ ترکیبی غالب روزانه و بالای ۳,۰ روزانه طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۷ -۳- تعیین رژیم جزرومدی

(O1+K1)/(M2+S2)	..... < ۰.۲۵	۰.۲۵ < .... < ۱.۵	۱.۵ < .... < ۳.۰	۳.۰ < ....
نوع جزرومد	نیم‌روزانه	ترکیبی (غالب نیم‌روزانه)	ترکیبی (غالب روزانه)	روزانه

۹-۷- محاسبه سطوح جزرومدی

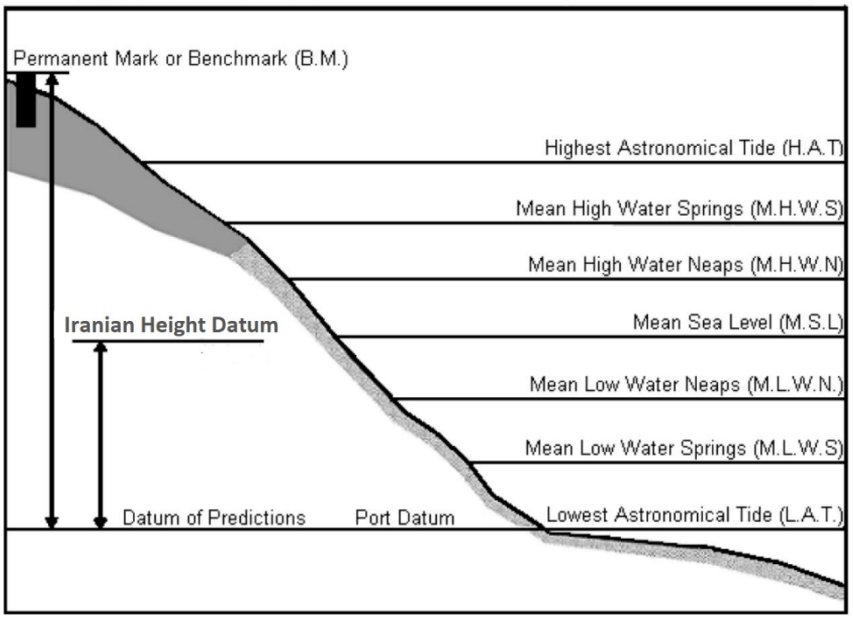
سطوح جزرومدی دیتوم‌های ارتفاعی هستند که با استفاده از مؤلفه‌های جزرومدی تعریف می‌شوند. دیتوم‌های جزرومدی دیتوم‌های مختص آن محل (محلی) بوده و بااتصال به نقاط مرجع ساحلی قابل بازیابی در مواقع نیاز هستند. مراحل اصلی برای تعریف دیتوم جزرومدی عبارت‌اند از:

پس از تحلیل طیفی داده‌های ساعتی، میزان دامنه و فاز مؤلفه‌های جزرومدی مورد محاسبه قرار می‌گیرد. تعداد مؤلفه‌های وابسته به بازه مشاهداتی است به‌طوری‌که با مشاهدات بلندمدت می‌توان مؤلفه‌های بیشتری را برآورد نمود. به‌عنوان‌مثال، با مشاهدات یک‌ماهه تراز دریا که معمولاً به منظورهای آب‌نگاری انجام می‌شود می‌توان تعداد ۳۰ مؤلفه جزرومدی را استخراج نمود.

این سطوح با استفاده از مشاهدات ترازیابی مستقیم به نقاط‌مرجع مجاور ایستگاه متصل شده و ارتفاع سطوح نسبت به نقاط مرجع مشخص می‌شود. بااتصال نقاط مرجع به سیستم ارتفاع ژئودتیکی کشور، ارتفاع سطوح در سیستم ملی ارتفاعی کشور مشخص می‌شود.

سطوح جزرومدی پس از تحلیل طیفی و استخراج مؤلفه‌های جزرومدی به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

$$\begin{aligned} MHWS &= Z0 + (M2+S2) & MHHW &= Z0 + (M2+K1+O1) \\ MHWN &= Z0 + |M2-S2| & MLHW &= Z0 + |M2-(K1+O1)| \\ MLWS &= Z0 - (M2+S2) & MHLW &= Z0 - |M2-(K1+O1)| \\ MLWN &= Z0 - |M2-S2| & MLLW &= Z0 - (M2+K1+o1) \end{aligned} \qquad (۶-۷)$$



شکل ۷-۲- دیتوم‌های جزرومدی

نمایی از سطوح جزرومدی در شکل ۷-۲ نمایش داده شده و نمونه‌ای از مؤلفه‌های جزرومدی حاصل از تحلیل طیفی داده‌های یک‌ماهه یک ایستگاه جزرومدی در جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول ۷-۴-نمونه مؤلفه‌ها، دامنه و فاز جزرومدی

NO	NAME	FREQUENCY	Amplitude	Phase
۱	ZO	۰	۲.۲۷	۳۶۰
۲	MSF	۰.۰۰۲۸۲۱۹۳	۰.۰۵	۵۳
۳	۲□۱	۰.۰۳۵۷۰۶۳۵	۰.۰۱	۱۶۳
۴	Q1	۰.۰۳۷۲۱۸۵	۰.۰۱	۲۳۸
۵	O1	۰.۰۳۸۷۳۰۶۵	۰.۲۹	۲۳۷
۶	NO1	۰.۰۴۰۲۶۸۶	۰.۰۵	۲۳۸
۷	K1	۰.۰۴۱۷۸۰۷۵	۰.۴۲	۳۰۸
۸	J1	۰.۰۴۳۲۹۲۹	۰.۰۲	۲۹۷
۹	OO1	۰.۰۴۴۸۳۰۸۴	۰.۰۲	۴۵
۱۰	UPS1	۰.۰۴۶۳۴۲۹۹	۰.۰۲	۲۸۰
۱۱	N2	۰.۰۷۸۹۹۹۲۵	۰.۰۸	۲۳۸
۱۲	M2	۰.۰۸۰۵۱۱۴	۰.۴۴	۲۶۰
۱۳	S2	۰.۰۸۳۳۳۳۳۴	۰.۱۶	۳۳۱
۱۴	ETA2	۰.۰۸۵۰۷۳۶۴	۰.۰۱	۳۵۳
۱۵	MO3	۰.۱۱۹۲۴۲۱	۰.۰۳	۵۴
۱۶	M3	۰.۱۲۰۷۶۷۱	۰.۰۲	۱۵۹
۱۷	MK3	۰.۱۲۲۲۹۲۱	۰.۰۳	۱۱۶
۱۸	SK3	۰.۱۲۵۱۱۴۱	۰	۷۵
۱۹	MN4	۰.۱۵۹۵۱۰۶	۰.۰۱	۱۰۴
۲۰	M4	۰.۱۶۱۰۲۲۸	۰	۲۰۱
۲۱	MS4	۰.۱۶۳۸۴۴۷	۰.۰۱	۸۷
۲۲	S4	۰.۱۶۶۶۶۶۷	۰.۰۱	۱۸۸
۲۳	۲□□۵	۰.۲۰۲۸۰۳۶	۰.۰۱	۱۳۸
۲۴	۲□□۵	۰.۲۰۸۴۴۷۴	۰.۰۱	۵۶
۲۵	۲□□۶	۰.۲۴۰۰۲۲	۰.۰۱	۴۰
۲۶	M6	۰.۲۴۱۵۳۴۲	۰	۱۵۰
۲۷	۲□□۶	۰.۲۴۴۳۵۶۱	۰.۰۱	۲۶۰
۲۸	۲□□۶	۰.۲۴۷۱۷۸۱	۰.۰۱	۵۰
۲۹	۳□□۷	۰.۲۸۳۳۱۴۹	۰.۰۱	۳۱
۳۰	M8	۰.۳۲۲۰۴۵۶	۰.۰۱	۳۹

۷-۱۰- محاسبه چارت‌دیتوم (CD)

۷-۱۰-۱- محاسبه چارت‌دیتوم در آب‌های جزرومدی

چارت‌دیتوم سطح‌مبنایی است که عمق‌های چارت‌های دریایی نسبت به آن نمایش داده شده‌اند. این سطح‌مبنا در آب‌نگاری و با مشاهدات جزرومدی در منطقه عملیاتی و تحلیل آن به دست می‌آید. چارت‌دیتوم می‌باید به‌گونه‌ای تعریف شود که پایین‌ترین تراز دریا بوده و تراز آب به‌ندرت پایین‌تر از آن قرار گیرد؛ بنابراین، عموماً LAT و در برخی کشورها MLLW به‌عنوان چارت‌دیتوم در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است که داده‌های بلندمدت جزرومدی می‌تواند به تعریف دقیق‌تر چارت‌دیتوم بینجامد. بااین‌همه، استفاده از مؤلفه‌های اصلی جزرومد که از داده‌های یک‌ماهه قابل‌استخراج است دقت کافی را برای محاسبه چارت‌دیتوم به منظورهای آب‌نگاری تأمین می‌کند. به‌منظور محاسبه چارت‌دیتوم در منطقه خلیج‌فارس و دریای عمان از سطح‌مبنای ISLW (*Indian Spring Low Water*) به‌صورت زیر استفاده می‌شود:

برای جزرومد نیم‌روزانه و غالب نیم‌روزانه:

$$CD = Zo - 1.1\ (O1+KI+M2+S2) \quad (۷-۷)$$

برای جزرومد روزانه و غالب:

$$CD = Zo - (O1+KI+M2+S2) \quad (۷-۸)$$

در این روابط، M2,S2,K1,O1 مقادیر دامنه مؤلفه‌های اصلی جزرومدی و Zo میانگین ارتفاع تراز آب در ایستگاه مشاهداتی است.

۷-۱۰-۲- چارت‌دیتوم در آب‌های بسته

در آب‌های بسته (دریاچه‌ها) مانند دریای خزر (کاسپین) باتوجه‌به فقدان و یا ناچیز بودن جزرومد و غالب بودن تأثیرات اقلیمی و آب‌وهوایی بر تغییرات تراز دریا، چارت‌دیتوم به‌مانند دریاهای آزاد قابل تعریف نیست. دریاچه‌ها عمدتاً دارای تغییرات پریودیک آب‌وهوایی با دوره تناوب یک سال هستند. با این‌همه، وجود روندهای غیر پریودیک تعریف چارت‌دیتوم و پیش‌بینی تراز دریا را در دریاچه‌ها با چالش روبرو می‌نماید. امروزه، وجود ایستگاه‌های پایش تراز دریا در سواحل دریاچه‌ها و داده‌های حاصل از آن شناخت بهتری را از رفتارهای پریودیک و غیر پریودیک دریاچه‌ها در اختیار قرار داده است؛ ولی عدم قطعیت بالای مدل‌های تغییرات اقلیمی و وابستگی دریاچه‌ها به تغییرات اقلیمی منطقه‌ای موجب می‌گردد تا مدل‌سازی تغییرات تراز دریاچه‌ها به‌سادگی آب‌های آزاد نباشد. باتوجه‌به مطالب فوق، چارت‌دیتوم در دریاچه‌ها به‌صورت متوسط تراز دریاچه در یک دوره کم‌آبی می‌تواند در نظر گرفته شود. در صورت افزایش و یا کاهش عمده تراز دریا به‌صورت غیر پریودیک، ممکن است تعریف چارت‌دیتوم جدید لازم تشخیص داده شود.

فصل هشتم

فرادادە و فرمت دادە

نسخه نهایی

۸-۱- فراداده اطلاعات تراز دریا

ارائه فراداده همراه اطلاعات تراز دریا نه‌تنها برای کنترل کیفی داده‌ها بلکه به‌منظور تبادل و استفاده آن در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی ضروری است. علاوه بر این، فراداده صحیح نقش مهمی را در اطمینان از داده‌ها داشته و یک فراداده خوب موجب می‌شود تا داده‌های تایدگیج قابل‌استفاده، در دسترس و قابل‌پردازش باشد.

فراداده شامل اطلاعاتی از ابتدای نصب ایستگاه تاکنون و مشخصات داده‌های برخط و غیربرخط، کنترل کیفی خودکار و علمی و... را در برمی‌گیرد. جدول‌های زیرمجموعه اطلاعات لازم برای درج در فراداده همراه با داده‌های تایدگیج را ارائه می‌دهد.

جدول ۸-۱-فراداده اطلاعات تراز دریا

اطلاعات سازمان یا نهادهای مسئول		
عنوان	توصیف	مثال
ایجادکننده	مسئول جمع‌آوری داده	سازمان نقشه‌برداری کشور
همکار	مشارکت‌کنندگان در کل یا بخشی از عملیات	سازمان بنادر و دریانوردی
نهادهای دیگر	نهادهای پشتیبانی‌کننده از عملیات	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی
تاریخچه نگهداری		
عنوان	توصیف	مثال
تاریخ – زمان	زمان و تاریخ به‌روزرسانی	۲۰۱۵-۰۶-۲۱ ۱۱:۰۰
شخص	شخص بروز کننده	M. Yazdani
سازمان	سازمان موردنظر	NCC

اطلاعات موقعیت ایستگاه		
عنوان	توصیف	مثال
کشور	کشوری که ایستگاه در آن قرار دارد	IRAN
نام ایستگاه	نامی که برای ایستگاه در نظر گرفته شده	TG-Bush
عرض جغرافیایی	عرض جغرافیایی (اعشاری) با ذکر N یا S	۲۴.۳۴۵۰ N
طول جغرافیایی	طول جغرافیایی (اعشاری) با ذکر E یا W	۵۱.۳۴۱۰ E
نحوه تعیین موقعیت	چگونه موقعیت به‌دست‌آمده است	Map 1:25000
دقت موقعیت	دقت موقعیت مسطحاتی (به متر)	۱۰ m
دیتوم مسطحاتی	سطح‌مبنای 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
TGنقطه مرجع	مشخصات ایستگاه کنترل اصلی (با شناسنامه و عکس)	دیسکی (نصب‌شده بر روی دیوار ساختمان)
نقطه مرجع۱	مشخصات ایستگاه کنترل (با شناسنامه و عکس)	--------
نقطه مرجع۲	مشخصات ایستگاه کنترل (با شناسنامه و عکس)	---------

مشخصات ایستگاه‌های کنترل		
عنوان	توصیف	مثال
سازمان مسئول	سازمان مسئول مشاهدات	سازمان نقشه‌برداری کشور
نام اختصاری	نام مورداستفاده توسط مسئول	TGنقطه مرجع
عرض جغرافیایی	عرض جغرافیایی (اعشاری) با ذکر N یا S	۲۴.۳۴۵۵ N
طول جغرافیایی	طول جغرافیایی (اعشاری) با ذکر E یا W	۵۱.۳۴۱۵ E
نحوه تعیین موقعیت	چگونه موقعیت به‌دست‌آمده است	Map 1:25000
دقت تعیین موقعیت	دقت موقعیت مسطحاتی (به متر)	۱۰ m
دوره ترازیابی	ترازیابی با چه نرخ زمانی تکرار می‌شود	سالیانه

سطح‌مبنا (دیتوم)		
عنوان	توصیف	مثال
تعریف دیتوم	تعریف دیتوم نسبت به دیتوم محاسبه‌شده	۱٫۵ متر پایین‌تر از MSL
نهاد تعریف‌کننده	نهاد تعریف‌کننده دیتوم	NCC
ارتفاع TGنقطه مرجع	ارتفاع نسبی TGنقطه مرجع نسبت به دیتوم	۴.۶۵۴
اپک مشاهداتی	بازه مشاهداتی مورداستفاده	۱۹۹۵-۲۰۲۰
دقت	دقت در واحد متر	۰.۰۰۱ m

ارتباط دیتوم و نقاط مرجع		
عنوان	توصیف	مثال
ارتباط ۱	اختلاف ارتفاعی بین نقاط	صفر ایستگاه ۱٫۵۴۳ متر پایین‌تر از TGنقطه مرجع است.
ارتباط ۲	اختلاف ارتفاعی بین نقاط	TGنقطه مرجع ۰٫۵۶۲ متر پایین‌تر از نقطه مرجع۲ است.
----	----------	----------

نوع دستگاه مشاهده تراز دریا		
عنوان	توصیف	مثال
حسگر ۱	نوع دستگاه: شناوری، راداری، آکوستیک و...	آکوستیک

	مشخصات دستگاه	----------
	تاریخچه عملیاتی	----------
حسگر ۲	----------	شناوری

مشخصات دستگاهی		
عنوان	توصیف	مثال
سازنده	سازنده دستگاه	شرکت .....
مدل	مدل دستگاه	.....
تاریخ نصب	تاریخ نصب و راه‌اندازی	۲۰۰۵-۰۶-۱۵ ۱۲:۰۰
تاریخ خاتمه	تاریخ خاتمه فعالیت	----------

دستگاه‌های جانبی		
عنوان	توصیف	مثال
حسگر ۱	نوع دستگاه	فشارسنج
حسگر ۲	نوع دستگاه	دماسنج هوا

مشخصات دستگاه‌های جانبی		
عنوان	توصیف	مثال
پارامتر	پارامتر مورد مشاهده	فشار هوا
سازنده	سازنده حسگر	شرکت .....
مدل	مدل حس‌گر	A-123
تاریخ نصب	تاریخ نصب و راه‌اندازی	۲۰۰۵-۰۶-۱۵ ۱۲:۰۰
تاریخ خاتمه	تاریخ خاتمه فعالیت	----------
آدرس وب برخط	لینک وب برای داده برخط	http://slms.ncc.gov.ir
آدرس وب داده آرشیوی	لینک وب برای سفارش داده بایگانی شده	http://eshop.ncc.gov.ir
آدرس وب داده پیش‌بینی	لینک وب برای داده پیش‌بینی جزرومد	http://slms.ncc.gov.ir

پردازش داده با تأخیر		
عنوان	توصیف	مثال
روش کالیبراسیون	کالیبراسیون چگونه انجام شده است	استفاده از تایدپل
روش محاسبات	چگونگی محاسبه داده از داده اصلی	داده ساعتی با استفاده از پالایه...
روش پر کردن جاافتادگی	جاافتادگی‌ها چگونه پر شده‌اند	حس‌گر پشتیبان/ پیش‌بینی /...
روش کنترل کیفی	کنترل کیفی چگونه انجام شده	.....

بالاترین نرخ داده	کمترین فاصله نمونه‌برداری	۱۵ دقیقه
مشخصات فایل داده (با تأخیر)		
عنوان	توصیف	مثال
واحد داده	واحد داده‌ها در فایل	متر m
زون زمانی داده	آفست (ساعت) از UTC	+۳.۵
علامت جاافتادگی	کد عددی برای جاافتادگی	۹۹۹۹۹
علائم (کد) های کیفی	آیا کدهای دیگر نیز در داده موجود است؟	Y
زمان شروع داده	زمان ابتدای سری زمانی	۱۹۹۵-۰۴-۱۲ ۱۲:۰۰
زمان پایان داده	زمان انتهای سری زمانی	۱۹۹۸-۰۵-۲۰ ۱۲:۰۰

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود فراداده شامل اطلاعات سازمان مسئول، دستگاه‌ها و حس‌گرها، نمونه‌برداری داده، کالیبراسیون، عملیات نگهداری، پردازش داده و گزارش کیفی و کنترل کیفیت است. فعال و یا غیرفعال بودن ایستگاه، کانال ارسال داده، تأخیر ارسال، زمان آخرین داده، اطلاعات و پارامترهای ایستگاه GNSS(در صورت وجود)، نقاط مرجع، نحوه اتصال به شبکه‌های مبنایی و مختصات در سیستم ژئودتیک از دیگر پارامترهای قابل‌ارائه در فراداده است.

۲-۸- فرمت داده‌های تراز دریا

داده‌های تایدگیج به یکی از دو فرمت ASCII یا Unidata NetCDF ذخیره می‌شود. در این فرمت‌ها همچنین اطلاعات دیگری مانند واحد اندازه‌گیری، زون زمانی و... درج شده و استفاده از زمان UTC اکیداً 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
#
۰ - no quality control
۱ – Good data
۲ – Interpolated value
۳ – Probably Bad value (Doubtful value, typically not used)
۴ – Bad value, isolated spike or wrong value
۵– Correct but extreme value
۶– Reference change detected, typically not used
۷– Constant values, i.e. flat-lining
۸ –Out of range
۹ - missing value

۰	۱	۱.۱۹۰۰	۱۹۹۰/۱۲/۳۱ ۱۵:۰۰:۰۰
۰	۱	۱.۳۰۰۰	۱۹۹۰/۱۲/۳۱ ۱۶:۰۰:۰۰
۰	۱	۱.۴۰۰۰	۱۹۹۰/۱۲/۳۱ ۱۷:۰۰:۰۰
۰	۱	۱.۴۵۰۰	۱۹۹۰/۱۲/۳۱ ۱۸:۰۰:۰۰

کنترل‌های کیفی L1 و L2 مورد اشاره در این فرمت همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد به‌طور خلاصه به شرح زیر هستند:

۹- 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-۱۳, ۱□□ □□□□□□□□, □□□□□□□□□□□□□□□ 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. Computationl Techniques for Tidal Datums Handbook, Special Publication NOS CO-OPS ۲, □□□□□□ □□□□□□, □□□□□□□□.

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. G*eosciences* 2022, *12*, ۳۸۶. □□□□□://□□□.□□□/۱۰.۳۳۹۰/□□□□□□□□□□□۱۲۱۰۰۳۸۶

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

Great Britain Hydrographic Dep. (1969): Admiralty Manual of Hydrographic Surveying, Volume Two, Chapter2, Tides and Tidal streams, Taunton, Somerset (N.P.134b2)

سازمان برنامه‌وبودجه (۱۳۸۷)، دستورالعمل همسان نقشه‌برداری: نشریه ۱۱۹ – جلد هفتم: آب‌نگاری

علی پناه، فریدون و هاشمی، سید اکبر، بتن در مناطق گرمسیر، بهمن ۱۳۶۵، اولین سمینار بندر سازی، وزارت برنامه‌وبودجه، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

وزارت راه و شهرسازی، سازمان بنادر و دریانوردی (۱۳۹۲)، دستورالعمل طراحی سازه ای ساحلی: نشریه شماره ۶۳۲- بخش سوم: مصالح

نسخه نهایی

پیوست ۱: شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا (جزر و مدی)
Sea Level (Tidal) Station ID

سازمان نقشه برداری کشورN.C.C

سازمان یا شرکت ایجاد کننده ایستگاه:

نام و شماره ایستگاه: Station Name	نوع(درجه) ایستگاه: Type of Station	نزدیکترین شهر یا روستا: Nearest Town	عامل نصب کننده:
	استان: Province	طول جغرافیایی: Longitude	تاریخ نصب:
نوع ایستگاه: Station type	شهرستان: City	عرض جغرافیایی: Latitude	تاریخ شروع قرائت:

نقطه‌مرجع اصلی	نام :	عامل نصب:	تاریخ ترازیابی:	نزدیکترین ایستگاه ترازیابی دقیق:
	نوع:	تاریخ نصب:	عامل ترازیابی:	
نقطه‌مرجع کنترلی	نام:	نام:	نام:	نام:
	نوع:	نوع:	نوع:	نوع:

مشخصات ایستگاه:
Description

راه دسترسی به ایستگاه:
Address

کروکی:
sketch

تهیه کننده:	**تایید کننده:**	**تاریخ تهیه:**

نسخه نهایی

پیوست ۲: فرم بازدید و کنترل میدانی ایستگاه های جزرومدی (پایش تراز دریا)

این فرم می‌باید حین هر بازدید از ایستگاه تکمیل شود.

نام و نام خانوادگی بازدیدکننده: ..... استان: .....

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

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

نوع ایستگاه: ☐ شناوری ☐ فراصوتی ☐ راداری ☐ فشاری

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

۳- شرایط و وضعیت فیزیکی حس‌گرها: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

۵- شرایط و وضعیت فیزیکی تایدپل: ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ نامناسب

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

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

☐ بله ☐ خیر تاریخ داده: از.... . / ..... / ..... تا.. ... / ..... / .....

۱۱- کنترل ارسال داده برخط به سایت سازمان نقشه برداری کشور: □ برقرار است □ برقرار نیست

توضیحات: .....

۱۲- کنترل ولتاژ باطری‌ها: □ بله □ خیر ولتاژ باطری پنل : ولتاژ باطری داخلی :

توضیحات: .....

۱۳- تنظیم زمان دستگاه انجام شده است (بر حسب زمان زمستانیGMT+3.5) □ بله □ خیر

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

۱۴- تعمیر و اسکراب تایدپل انجام شده است: □ بله □ خیر

توضیحات: .....

۱۵- ارتفاع از لبه اسکله و حس‌گرها تا سطح لحظه‌ای آب دریا در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه ای بر حسب متر و سانتیمتر:(مثال: ۲/۶۵)

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

۱۶- ترازیابی بین ایستگاه های کنترلی(نقطه مرجع)، تایدپل و حس‌گرها انجام شده است: □ بله □ خیر

۱۷- فرم ترازیابی به پیوست می باشد: □ بله □ خیر

توضیحات تکمیلی: .....

۱۸- تعویض باطری حسب نیاز و با هماهنگی مرکز انجام شده است □ بله □ خیر

ولتاژ باطری پیش از تعویض: ..... ولتاژ باطری پس از تعویض: .....

۱۹- فعالیتهای پیش بینی نشده حسب درخواست مرکز انجام شده است □ بله □ خیر

توضیحات تکمیلی: .....

نسخه نهایی

۲۰- گزارش بازدید ماهیانه تهیه و به همراه فرم ها و عکس‌ها به سازمان نقشه برداری ارسال گردید. □ بله □ خیر

پیش‌نویس

پیوست ۳: محاسبه میانگین ساعتی از داده‌های با نرخ ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه

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

در این رابطه X ها داده‌های تراز دریا، t زمان و مقادیر F، ضرایب یا وزن هستند که مقادیر آن برای داده‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای به‌صورت زیر می باشد:

- پالایه ۵ دقیقه (M=54)

۰	۰.۰۶۴۸۱۴۸					
۱	۰.۰۶۴۳۲۲۵	۰.۰۶۲۸۶۰۴	۰.۰۶۰۴۷۲۸	۰.۰۵۷۲۳۱۵	۰.۰۵۳۲۳۳۱	۰.۰۴۸۵۹۵۴
۲	۰.۰۴۳۴۵۲۵	۰.۰۳۷۹۵۰۵	۰.۰۳۲۲۴۱۲	۰.۰۲۶۴۷۷۳	۰.۰۲۰۸۰۶۳	۰.۰۱۵۳۶۶۱
۳	۰.۰۱۰۲۸	۰.۰۰۵۶۵۲۹	۰.۰۰۱۵۶۸۵	-۰.۰۰۱۹۱۲۷	-۰.۰۰۴۷۵۴۴	-۰.۰۰۶۹۴۴۵
۴	-۰.۰۰۸۴۹۳۸	-۰.۰۰۹۴۳۴۶	-۰.۰۰۹۸۱۷۳	-۰.۰۰۹۷۰۷۴	-۰.۰۰۹۱۸۱۸	-۰.۰۰۸۳۲۴۷
۵	-۰.۰۰۷۲۲۳۳	-۰.۰۰۵۹۶۴۲	-۰.۰۰۴۶۲۹۶	-۰.۰۰۳۲۹۴۲	-۰.۰۰۲۰۲۲۵	-۰.۰۰۰۸۶۷۲
۶	۰.۰۰۰۱۳۲۱	۰.۰۰۰۹۴۹۳	۰.۰۰۱۵۷۱۶	۰.۰۰۱۹۹۸۴	۰.۰۰۲۲۳۹۸	۰.۰۰۲۳۱۴۸
۷	۰.۰۰۲۲۴۹۲	۰.۰۰۲۰۷۲۹	۰.۰۰۱۸۱۷۸	۰.۰۰۱۵۱۵۵	۰.۰۰۱۱۹۵۴	۰.۰۰۰۸۸۳
۸	۰.۰۰۰۵۹۸۶	۰.۰۰۰۳۵۶۸	۰.۰۰۰۱۶۶۲	۰.۰۰۰۰۲۹۴	-۰.۰۰۰۰۵۶	-۰.۰۰۰۰۹۷
۹	-۰.۰۰۰۱۰۳۲	-۰.۰۰۰۰۸۶۲	-۰.۰۰۰۰۵۷۸	-۰.۰۰۰۰۲۸۸	-۰.۰۰۰۰۰۷۷	۰

- پالایه ۱۰ دقیقه (M=27)

۰	۰.۱۲۹۶۲۹۶					
۱	۰.۱۲۵۷۲۰۸	۰.۱۱۴۴۶۳	۰.۰۹۷۱۹۰۷	۰.۰۷۵۹۰۱	۰.۰۵۲۹۵۴۵	۰.۰۳۰۷۳۲۲
۲	۰.۰۱۱۳۰۵۷	-۰.۰۰۳۸۲۵۴	-۰.۰۱۳۸۸۸۹	-۰.۰۱۸۸۶۹۲	-۰.۰۱۹۴۱۴۷	-۰.۰۱۶۶۴۹۴
۳	-۰.۰۱۱۹۲۸۵	-۰.۰۰۶۵۸۸۴	-۰.۰۰۱۷۳۴۴	۰.۰۰۱۸۹۸۶	۰.۰۰۳۹۹۶۷	۰.۰۰۴۶۲۹۶
۴	۰.۰۰۴۱۴۵۸	۰.۰۰۳۰۳۱	۰.۰۰۱۷۶۶	۰.۰۰۰۷۱۳۶	۰.۰۰۰۰۵۸۹	-۰.۰۰۰۱۹۳۹
۵	-۰.۰۰۰۱۷۲۵	-۰.۰۰۰۰۵۷۶	۰			

- پالایه ۱۵دقیقه (M=18)

۰	۰.۱۹۴۴۴۴۵					
۱	۰.۱۸۱۴۱۸۴	۰.۱۴۵۷۸۶۱	۰.۰۹۶۷۲۳۶	۰.۰۴۶۰۹۸۳	۰.۰۰۴۷۰۵۴	-۰.۰۲۰۸۳۳۳
۲	-۰.۰۲۹۴۵۱۷	-۰.۰۲۴۹۷۴۱	-۰.۰۱۳۸۸۸۹	-۰.۰۰۲۶۰۱۷	۰.۰۰۴۷۱۴۸	۰.۰۰۶۹۴۴۵
۳	۰.۰۰۵۴۵۳۳	۰.۰۰۲۶۴۸۹	۰.۰۰۰۴۹۸۶	-۰.۰۰۰۲۹۰۹	-۰.۰۰۰۱۷۳۵	۰

۰	۰.۳۷۵۰۰۰۰					
۱	۰.۲۸۹۸۹۶۹	۰.۱۰۶۲۰۹۹	-۰.۰۳۵۵۶۴۷	-۰.۰۶۲۵۰۰۰	-۰.۰۱۶۴۸۶۰	۰.۰۲۰۸۳۳۳

- پالایه ۳۰ دقیقه (M=12)

۰.۰	۰.۰۰۰۲۷۴۰	-۰.۰۰۲۰۴۳۳	-۰.۰۰۶۱۰۲۰	۰.۰	۰.۲۸۹۸۹۶۹	۲

نسخه نهایی

پیوست ۴: فیلترهای ۳۹، ۷۲ و ۱۶۸ ساعته برای حذف جزرومد و محاسبه میانگین روزانه

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

پالایه متقارن دودسون X0 به طول ۳۹ ساعت:

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

همچنین، فیلترهای ۷۲ و ۱۶۸ ساعته نیز به شرح زیر قابل استفاده می باشند:

- پالایه ۷۲ ساعته :

۰	۰.۰۴۸۶۱۱۱					
۱	۰.۰۴۸۴۰۳۲	۰.۰۴۷۷۸۲۹	۰.۰۴۶۷۶۰۹	۰.۰۴۵۳۵۴۶	۰.۰۴۳۵۸۷۷	۰.۰۴۱۴۹
۲	۰.۰۳۹۰۹۶۵	۰.۰۳۶۴۴۶۵	۰.۰۳۳۵۸۳۳	۰.۰۳۰۵۵۲۸	۰.۰۲۷۴۰۲۵	۰.۰۲۴۱۸۰۹
۳	۰.۰۲۰۹۳۶۴	۰.۰۱۷۷۱۵۹	۰.۰۱۴۵۶۴۶	۰.۰۱۱۵۲۴۶	۰.۰۰۸۶۳۴۲	۰.۰۰۵۹۲۷۵
۴	۰.۰۰۳۴۳۳۶	۰.۰۰۱۱۷۶۴	-۰.۰۰۰۸۲۶	-۰.۰۰۲۵۶۱۱	-۰.۰۰۴۰۲۲۲	-۰.۰۰۵۲۰۸۳
۵	-۰.۰۰۶۱۲۳۹	-۰.۰۰۶۷۷۸۱	-۰.۰۰۷۱۸۵۲	-۰.۰۰۷۳۶۲۹	-۰.۰۰۷۳۳۲۷	-۰.۰۰۷۱۱۸۶
۶	-۰.۰۰۶۷۴۶۴	-۰.۰۰۶۲۴۳۵	-۰.۰۰۵۶۳۷۶	-۰.۰۰۴۹۵۶۲	-۰.۰۰۴۲۲۶	-۰.۰۰۳۴۷۲۲
۷	-۰.۰۰۲۷۱۸۳	-۰.۰۰۱۹۸۵۱	-۰.۰۰۱۲۹۰۷	-۰.۰۰۰۶۵۰۴	-۰.۰۰۰۰۷۶۱	۰.۰۰۰۴۲۳۴
۸	۰.۰۰۰۸۴۲۵	۰.۰۰۱۱۷۸۷	۰.۰۰۱۴۳۲۲	۰.۰۰۱۶۰۵۹	۰.۰۰۱۷۰۴۹	۰.۰۰۱۷۳۶۱
۹	۰.۰۰۱۷۰۷۹	۰.۰۰۱۶۲۹۷	۰.۰۰۱۵۱۱۴	۰.۰۰۱۳۶۳۳	۰.۰۰۱۱۹۵۴	۰.۰۰۱۰۱۷
۱۰	۰.۰۰۰۸۳۶۸	۰.۰۰۰۶۶۲۲	۰.۰۰۰۴۹۹۶	۰.۰۰۰۳۵۳۸	۰.۰۰۰۲۲۸۱	۰.۰۰۰۱۲۴۷
۱۱	۰.۰۰۰۰۴۴	۰.۰۰۰۰۱۴۵	-۰.۰۰۰۰۵۲۶	-۰.۰۰۰۰۷۲۷	-۰.۰۰۰۰۷۸۲	-۰.۰۰۰۰۷۲۷
۱۲	-۰.۰۰۰۰۵۹۸	-۰.۰۰۰۰۴۳۴	-۰.۰۰۰۰۲۶۷	-۰.۰۰۰۰۱۲۶	-۰.۰۰۰۰۰۳۳	۰

- پالایه ۱۶۸ ساعته :

۰	۰.۰۶۲۵					
۱	۰.۰۶۲۰۹۴۷	۰.۰۶۰۸۸۸۲	۰.۰۵۸۹۰۹۲	۰.۰۵۶۲۰۴۲	۰.۰۵۲۸۳۶۶	۰.۰۴۸۸۸۴۹
۲	۰.۰۴۴۴۴	۰.۰۳۹۶۰۳۵	۰.۰۳۴۴۸۳۸	۰.۰۲۹۱۹۴۲	۰.۰۲۳۸۴۸۹	۰.۰۱۸۵۶۰۴
۳	۰.۰۱۳۴۳۶۴	۰.۰۰۸۵۷۷۱	۰.۰۰۴۰۷۲۴	۰	-۰.۰۰۳۵۷۶۴	-۰.۰۰۶۶۰۸۶
۴	-۰.۰۰۹۰۶۴۵	-۰.۰۱۰۹۲۸۶	-۰.۰۱۲۲۰۱۷	-۰.۰۱۲۹۰۰۴	-۰.۰۱۳۰۵۵۹	-۰.۰۱۲۷۱۲۶
۵	-۰.۰۱۱۹۲۶۱	-۰.۰۱۰۷۶۱۱	-۰.۰۰۹۲۸۹۲	-۰.۰۰۷۵۸۶۴	-۰.۰۰۵۷۳۰۶	-۰.۰۰۳۷۹۸۸
۶	-۰.۰۰۱۸۶۵۶	۰	۰.۰۰۱۷۳۵۷	۰.۰۰۳۲۸۷۸	۰.۰۰۴۶۱۲۵	۰.۰۰۵۶۷۶۸
۷	۰.۰۰۶۴۵۸۷	۰.۰۰۶۹۴۷۷	۰.۰۰۷۱۴۴۲	۰.۰۰۷۰۵۹	۰.۰۰۶۷۱۲۴	۰.۰۰۶۱۳۲۹
۸	۰.۰۰۵۳۵۵۷	۰.۰۰۴۴۲۱۱	۰.۰۰۳۳۷۲۹	۰.۰۰۲۲۵۶۶	۰.۰۰۱۱۱۷۷	۰

۹	-۰.۰۰۱۰۵۶	-۰.۰۰۲۰۱۴	-۰.۰۰۲۸۴۳۶	-۰.۰۰۳۵۲۰۴	-۰.۰۰۴۰۲۷۴	-۰.۰۰۴۳۵۴۳
۱۰	-۰.۰۰۴۴۹۸۶	-۰.۰۰۴۴۶۴۳	-۰.۰۰۴۲۶۲۱	۰.۰۰۳۹۰۸۶	-۰.۰۰۳۴۲۴۸	-۰.۰۰۲۸۳۵۹
۱۱	-۰.۰۰۲۱۶۹۷	-۰.۰۰۱۴۵۵۳	-۰.۰۰۰۷۲۲۵	۰	۰.۰۰۰۶۸۵۳	۰.۰۰۱۳۰۹۱
۱۲	۰.۰۰۱۸۵۱	۰.۰۰۲۲۹۴۳	۰.۰۰۲۶۲۷۳	۰.۰۰۲۸۴۲۹	۰.۰۰۲۹۳۸۹	۰.۰۰۲۹۱۷۸
۱۳	۰.۰۰۲۷۸۶۴	۰.۰۰۲۵۵۵۵	۰.۰۰۲۲۳۹	۰.۰۰۱۸۵۳۶	۰.۰۰۱۴۱۷۶	۰.۰۰۰۹۵۰۳
۱۴	۰.۰۰۰۴۷۱۴	۰	-۰.۰۰۰۴۴۶۳	-۰.۰۰۰۸۵۱۵	-۰.۰۰۱۲۰۲۴	-۰.۰۰۱۴۸۸۱
۱۵	-۰.۰۰۱۷۰۱۳	-۰.۰۰۱۸۳۷۶	-۰.۰۰۱۸۹۵۹	-۰.۰۰۱۸۷۸۳	-۰.۰۰۱۷۸۹۷	-۰.۰۰۱۶۳۷۴
۱۶	-۰.۰۰۱۴۳۰۹	-۰.۰۰۱۱۸۱۳	-۰.۰۰۰۹۰۰۸	-۰.۰۰۰۶۰۲۱	-۰.۰۰۰۲۹۷۷	۰
۱۷	۰.۰۰۰۲۷۹۹	۰.۰۰۰۵۳۲	۰.۰۰۰۷۴۸۳	۰.۰۰۰۹۲۲۳	۰.۰۰۱۰۴۹۹	۰.۰۰۱۱۲۹
۱۸	۰.۰۰۱۱۵۹۴	۰.۰۰۱۱۴۳۱	۰.۰۰۱۰۸۳۶	۰.۰۰۰۹۸۶۲	۰.۰۰۰۸۵۷۱	۰.۰۰۰۷۰۳۵
۱۹	۰.۰۰۰۵۳۳۳	۰.۰۰۰۳۵۴۲	۰.۰۰۰۱۷۴	۰	-۰.۰۰۰۱۶۱۴	-۰.۰۰۰۳۰۴۵
۲۰	-۰.۰۰۰۴۲۵	-۰.۰۰۰۵۱۹۷	-۰.۰۰۰۵۸۶۸	-۰.۰۰۰۶۲۵۶	-۰.۰۰۰۶۳۶۷	-۰.۰۰۰۶۲۱۹
۲۱	-۰.۰۰۰۵۸۳۸	-۰.۰۰۰۵۲۵۹	-۰.۰۰۰۴۵۲۳	-۰.۰۰۰۳۶۷۲	-۰.۰۰۰۲۷۵۱	-۰.۰۰۰۱۸۰۵
۲۲	-۰.۰۰۰۰۸۷۶	۰	۰.۰۰۰۰۷۹	۰.۰۰۰۱۴۷	۰.۰۰۰۲۰۲۱	۰.۰۰۰۲۴۳۲
۲۳	۰.۰۰۰۲۷	۰.۰۰۰۲۸۲۸	۰.۰۰۰۲۸۲۵	۰.۰۰۰۲۷۰۶	۰.۰۰۰۲۴۸۸	۰.۰۰۰۲۱۹۳
۲۴	۰.۰۰۰۱۸۴۳	۰.۰۰۰۱۴۶	۰.۰۰۰۱۰۶۵	۰.۰۰۰۰۶۸	۰.۰۰۰۰۳۲	۰
۲۵	-۰.۰۰۰۰۲۷۱	-۰.۰۰۰۰۴۸۵	-۰.۰۰۰۰۶۴۲	-۰.۰۰۰۰۷۴	-۰.۰۰۰۰۷۸۵	-۰.۰۰۰۰۷۸۳
۲۶	-۰.۰۰۰۰۷۴۱	-۰.۰۰۰۰۶۶۹	-۰.۰۰۰۰۵۷۶	-۰.۰۰۰۰۴۷۳	-۰.۰۰۰۰۳۶۶	-۰.۰۰۰۰۲۶۶
۲۷	-۰.۰۰۰۰۱۷۵	-۰.۰۰۰۰۰۱	-۰.۰۰۰۰۰۴۱	۰.۰۰۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰۲۵	۰.۰۰۰۰۰۳۶
۲۸	۰.۰۰۰۰۰۳۶	۰.۰۰۰۰۰۲۹	۰.۰۰۰۰۰۲	۰.۰۰۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰۰۰۳	۰

نسخه نهایی

پیوست ۵: آزمون های آماری مشاهدات کنترل کیفی

آزمون سه‌سیگما (Three Sigma Test)

یکی از روش‌های آماری است که برای تشخیص و حذف مشاهدات اشتباه یا نامعمول در داده‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. این آزمون بر اساس مفهوم سه‌سیگما در آمار و کنترل کیفیت بنا شده است. آزمون سه‌سیگما در سطح اطمینان ۹۹ درصد انجام شده و مراحل آن به شرح زیر است:

۱. محاسبه میانگین و انحراف معیار: ابتدا میانگین و انحراف معیار داده‌ها محاسبه می‌شود.

۲. محاسبه محدوده سه‌سیگما: عدد انحراف معیار در ۳ ضرب شده و حاصل با علامت مثبت و منفی با میانگین جمع می‌شود. محدوده به دست آمده برای آزمون داده‌ها مورداستفاده قرار می گیرد.

۳. مشاهدات مورد آزمون قرار می گیرند به‌طوری‌که هر مشاهده داخل محدوده به‌عنوان مشاهده خوب تلقی شده و هر مشاهده خارج از این محدوده به‌عنوان یک مشاهده اشتباه یا مشکوک در نظر گرفته می‌شود.

۴. تصمیم‌گیری 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 داده‌ها و استناد به دانش فنی و تجربه گرفته شود.

توجه داشته باشید که آزمون سه سیگما می‌تواند مشاهدات معتبر را نیز به‌عنوان مشکوک در نظر بگیرد و درعین‌حال، برخی مشاهدات اشتباه را نادیده بگیرد؛ بنابراین، استفاده از آزمون سه سیگما تنها یک روش ممکن برای کنترل کیفیت داده‌ها است و انجام آن ما را از تست‌های دیگر بی‌نیاز نمی‌کند. همچنین، توجه شود که آزمون سه‌سیگما برای داده‌های با توزیع نرمال یا نزدیک به آن به کار می‌رود؛ بنابراین، این آزمون عموماً بر روی باقیمانده‌ها انجام شده و بهتر است داده‌ها قبل از آزمون به‌منظور اطمینان از نرمال بودن توزیع آن مورد آزمون قرار گیرند.

آزمون باردا (Barda test)

پس از مدلسازی دقیق سطح تراز دریا با استفاده از مدل تجربی جزر و مدی، می‌توان 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. آزمون باردا تستی است که به‌صورت جداگانه براساس فرضیات آماری با تعریف فرض صفر .H و فرض مخالف صفر H_a به کشف باقیمانده های مشکوک می‌پردازد. مراحل یافتن مشاهده اشتباه براساس باقیمانده ها به‌صورت زیر می‌باشد.

۱. فرض صفر $H_o: \hat{V}_i \in n\left(\cdot, \delta^{\cdot}{}_{\hat{V}_i}\right)$

۲. فرض مخالف صفر $H_a: \hat{V}_i \in n\left(\nabla\hat{V}_i, \delta^{\cdot}{}_{\hat{V}_i}\right)$

۳. تعریف آماره براساس باقیمانده و خطای آن $w_i = \frac{\hat{V}_i}{\delta_{\hat{V}_i}}$

۴. $w_i|H_o \in n(۰,۱)$ و انتخاب ریسک (α) که معمولاً $(\alpha = ۰.۰۵)$ در نظرمی‌شود می شود.

۵. تعیین بازه برآورد آماره در تابع توزیع نرمال $-n_{.۹۷۵} < w_i < n_{.۹۷۵}$

۶. اگر $-۱.۹۶\delta_{\hat{V}_i} < \hat{V}_i < ۱.۹۶\delta_{\hat{V}_i}$ آن گاه فرض (H_o) پذیرفته است در غیر این صورت $\hat{V}_i$ به‌عنوان باقیماندمی‌شودک در نظر گرفته می شود. تمامی باقیمانآزمونها را به‌صورت فوق تست میگردد و باقیمانده های مشکوک یافت می‌شود

در صورتی که یک باقیمانده مشکوک باشد نمی‌توان 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 به‌صورت زیر عمل می‌شود:

بزرگترین باقیمانده مشکوک انتخاب می‌گردد و مشاهده متناظر آن حذف می‌شود. سرشکنی مجدداً بدون مشاهده موردنظر انجام شده و باقیمانده‌ها دوباره برآورد می‌شود. در ادامه تک تک باقیمانده ها آزمون شده و دوباره باقیمانده‌های مشکوک انتخاب می گردد و باز بزرگترین باقیمانده مشکوک را انتخاب کرده و مشاهده متناظر آن حذف می‌شود. سرشکنی مجدداً بدون مشاهدات حذف شده انجام می‌گردد. این عمل تا جایی ادامه می‌یابد 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 آزمون قرار گرفته و در صورت رد شدن در آزمون به‌عنوان داده اشتباه قطعی ارزیابی می‌شود.

پیوست ۶: 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
۱	۷.۵ < 20.2	۸.۰۳۷ ۸.۰۷۱	۲.۴ < 12.9	۷.۳۲۶ ۷.۱۹۷	۱۶	< 9.7 < 21.3	[8.292] ۸.۷۸۲	۲.۶ ۱۴.۶	۷.۳۹۴ ۷.۵۶۳
۲	۸.۸ < 21.4	۸.۰۰۰ ۸.۱۷۶	۲.۶ < 14.3	۷.۱۷۳ ۷.۰۶۶	۱۷	۱۰.۶ < 22.8	۸.۳۴۵ ۸.۳۲۳	< 6.0 < 15.4	۷.۴۷۰ ۷.۲۴۵
۳	۹.۵ < 22.3	۸.۲۳۳ ۸.۳۱۴	۳.۲ < 15.6	۷.۱۵۷ ۷.۰۴۹	۱۸	۱۰.۷ ۲۳.۳	۸.۲۵۷ ۸.۲۳۰	۴.۰ ۱۶.۷	۷.۲۴۸ ۷.۱۹۶
۴	۱۰.۵ < 23.1	۸.۵۲۵ ۸.۵۹۹	۴.۱ < 16.3	۷.۱۶۳ ۷.۰۵۷	۱۹	< 11.8 < 23.4	۸.۲۹۶ ۸.۲۹۲	< 4.3 ۱۷.۱	۷.۱۴۰ ۷.۲۰۴
۵	< 11.5 ۲۳.۸	۸.۶۳۲ ۸.۴۶۶	۴.۴ < 17.1	۷.۱۰۹ ۶.۸۷۳	۲۰	۱۲.۴	۸.۲۰۹	< 5.0 < 17.5	۷.۰۶۶ ۶.۹۹۴
۶	۱۲.۲	۸.۴۷۷	< 5.8 ۱۸.۲	۶.۶۷۰ ۶.۸۳۲	۲۱	۰.۴ < 12.8	[8.128] ۸.۲۹۷	۵.۸ ۱۸.۱	۷.۰۳۶ ۷.۰۹۰
۷	< 0.5 < 13.3	۸.۵۸۲ ۸.۸۱۹	< 6.4 ۱۹.۲	۶.۹۶۱ ۶.۹۶۹	۲۲	۰.۹ < 13.4	۸.۱۴۲ ۸.۲۱۶	< 6.5 ۱۹.۰	۶.۹۹۹ ۷.۰۴۰
۸	۱.۳ < 14.0	۸.۴۵۷ ۸.۶۴۴	۶.۹ < 20.1	۶.۸۸۸ ۶.۸۷۷	۲۳	۱.۴ < 13.7	[8.075] [8.180]	< 6.9 < 19.1	۷.۰۱۳ ۶.۹۱۵
۹	۲.۳ < 14.9	۸.۳۵۵ ۸.۶۳۱	< 7.9 ۲۰.۹	۶.۸۵۲ ۶.۹۸۶	۲۴	۲.۱ < 14.7	۷.۹۳۴ ۸.۱۶۴	۷.۳ ۱۹.۹	۶.۹۶۹ ۷.۰۹۳
۱۰	۳.۴ < 15.8	۸.۳۱۶ ۸.۴۹۷	< 8.2 ۲۱.۲	۶.۹۶۹ ۷.۰۸۶	۲۵	۲.۹ < 15.4	[7.993] ۸.۱۵۶	< 8.0 < 20.3	۷.۰۴۷ ۷.۱۳۶
۱۱	۴.۳ < 16.7	۸.۲۴۰ ۸.۴۵۵	< 9.4 ۲۲.۱	۷.۱۲۹ ۷.۳۰۵	۲۶	۳.۸ < 16.2	[8.061] ۸.۶۰۷	۸.۳ ۲۳.۵	۷.۲۰۴ ۷.۳۸۹
۱۲	۵.۲ < 17.7	۸.۲۹۵ ۸.۴۶۲	< 10.3	۷.۳۸	۲۷	۴.۶ < 17.1	۷.۹۷۴ ۸.۲۱۶	< 9.1 ۲۱.۹	۷.۰۹۰ ۷.۳۴۸
۱۳	۵.۹ < 18.7	۸.۲۶۶ ۸.۳۴۴	۰.۵ ۱۱.۸	۷.۴۸۱ ۷.۴۶۱	۲۸	۵.۴ < 17.9	۷.۸۶۰ ۸.۰۰۸	< 10.5	۷.۰۶۴
۱۴	۶.۸ < 20.1	۸.۰۷۷ ۸.۱۶۱	< 2.2 < 12.7	۷.۴۰۱ ۷.۱۹۰	۲۹	۶.۲ < 18.6	۷.۹۴۹ ۸.۰۴۲	۱.۵ < 11.6	۷.۲۴۳ ۷.۱۰۹
۱۵	۸.۳	۸.۱۵۶	۲.۰	۷.۳۴۹	۳۰	< 20.0	[8.052]	< 1.5	۷.۱۹۷

	۲۰.۹	۸.۲۷۳	< 14.1	۷.۳۴۴		۷.۳	[8.154]	۱۳.۰	۷.۲۱۱
					۳۱	۸.۳ < 20.7	۸.۲۱۵ ۸.۲۹۰	۲.۱ < 14.1	۷.۲۳۹ ۷.۲۲۲

Highest Tide:	۸.۸۱۹	۱۳.۳□□□	Oct 7 2002
Lowest Tide:	۶.۶۷	۵.۸ □□□	Oct 6 2002
Monthly Means:	MHHW	۸.۳۵۷	
	MHW	۸.۲۷۲	
	MTL	۷.۷۰۷	
	DTL	۷.۷۲۴	
	MSL	۷.۶۶۸	
	MLW	۷.۱۴۱	
	MLLW	۷.۰۹۱	

نسخه نهایی

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Instructions for Sea Level (Tidal) Monitoring

Last Edition: 01-2024

Deputy of Technical and Infrastructure Development Affairs
Department of Technical and Executive Affairs
www.nezamfanni.ir

National Cartographic Center Of IRAN
Department of Technical Supervision and Control
www.ncc.gov.ir

۲۰۲۴

نسخه نهایی