جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل پایش تراز دریا

(جزرومدسنجی)

دستورالعمل شماره:

STD02-O01CY0000D

پیش نویس

سازمان نقشه‌برداری کشور

اداره کل نظارت، کنترل فنی و استاندارد

گروه استانداردسازی

www.ncc.gov.ir

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

www.nezamfanni.ir

پیش نویس

پیشگفتار

چگونگی ایجاد ایستگاههای پایش تراز دریا، توسعه و نگهداری آن و جمع آوری، پالایش و آنالیز داده ها نیازمند دانش تخصصی و تجربه بوده و باید با دقت و حساسیت بالا انجام شود. اندازه گیری تغییرات تراز دریا با توجه به تاثیر آن بر فعالیت های ساحلی از سابقه تاریخی زیادی در جهان برخوردار بوده و از همین رو، شبکه های پایش تراز دریا در دنیا ایجاد و توسعه یافته اند. مشاهدات تراز دریا کاربردهای گسترده ای داشته و شامل هیدروگرافی، تعیین دیتوم ارتفاعی، شیلات، حفاظت از محیط زیست، تعیین حدود و حریم ساحلی، تعیین خطوط مبدا، فعالیت های مهندسی سواحل و بنادر و ... می گردد. ایستگاههای پایش تراز دریا با توجه به تجهیزات آن و قرار گیری در سواحل در معرض خطاها، آسیب و تاثیر عوامل گوناگون می باشند که باید با ظرافت بالایی شناخته شده و تاثیرات آن بر روی داده ها بررسی شده و در آنالیز داده ها مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است بدون این آگاهی، ایستگاهها به درستی نصب نشده، نگهداری نشده، کنترل نشده و در نتیجه داده های آن به دقت مطلوب نمی انجامد. عوامل دستگاهی و محیطی موجب میگردد تا نگهداری ایستگاهها نیز با چالش هایی همراه باشد و بنابراین، فرآیند نگهداری از ایستگاهها نیازمند دانش صحیح مبتنی بر ویژگیهای دستگاهی و تاثیرات محیطی است. اگرچه سازمان بین المللی هیدروگرافی IHO و کمیسیون بین المللی اقیانوس شناسی یونسکو IOC راهنما هایی را به منظور استاندارد سازی مشاهدات و محاسبات در این زمینه منتشر نموده اند ولی بررسی این مجموعه نشان دهنده آن است که این مجموعه ها جامعیت لازم را در این زمینه نداشته و بنابراین، وجود یک دستورالعمل جامع در این زمینه بسیار مورد نیاز است. تهیه کنندگان این دستورالعمل با نگاهی به تجربیات و دستآوردهای مجموعه های خارجی در این حوزه و استفاده از تجربیات و دانش داخلی طی سه دهه گذشته در زمینه اندازه گیری و آنالیز داده های تراز دریا تلاش نموده اند تا مجموعه ای جامع در خصوص چگونگی ایجاد، نگهداری، پالایش داده، کنترل و آنالیز و مدلسازی داده های تراز دریا و جزرومد را فراهم نمایند بطوریکه متخصصین بتوانند با استفاده از این دستورالعمل، امور پایش تراز دریا را به درستی و با دقت و صحت کامل انجام دهند. در اینجا لازم است تا از تیم تهیه دستورالعمل، ناظران فنی این دستورالمل آقای دکتر مصطفی سهرابی و آقای دکتر محمود پیروزنیا به جهت مطالعه، ارائه نظرات سازنده و غنی سازی این مجموعه و همچنین خانم مهندس عطیه ثقه مجتهدی به جهت اعلام نظر و اعمال برخی تصحیحات بر روی متن نهایی تشکر نمایم. امید است استفاده از این مجموعه در آموزش

نیروهای متخصص در این حوزه و استفاده از آن در فعالیت های هیدروگرافی و پایش و مدلسازی تراز دریا بتواند ضمن استانداردسازی این فعالیت ها از ناسازگاریهای موجود در زمینه جمع آوری و آنالیز و ارائه داده های تراز دریا جلوگیری کند.

علی سلطانپور

(مسئول گروه تدوین دستورالعمل)

آبان 1402

پیش نویس

اعضای گروه تهیه‌کننده:

علی سلطانپور	سازمان نقشه‌برداری کشور	دکترای نقشه برداری - ژئودزی
رهی فروغی آل داود	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد فیزیک دریا
فائزه سلامی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناس ارشد هیدروگرافی

اعضای گروه نظارت:

مصطفی سهرابی	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 نقشه‌برداری

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان نقشه‌برداری کشور):

شمس الملوک علی‌آبادی	سازمان نقشه‌برداری کشور	کارشناسی ارشد ریاضی
لیلا کریمی دهکردی	سازمان نقشه‌برداری کشور	دکتری نقشه‌برداری

فهرست مطالب

پیشگفتار ..... أ

مقدمه ..... د

1-تعاریف 2

2-طبقه بندی ایستگاههای پایش تراز دریا 6

2-1-ایستگاه درجه 3 6

2-2-ایستگاه درجه 2 6

2-3-ایستگاه درجه 1 7

3-انتخاب محل مناسب برای ایستگاه پایش تراز دریا 9

3-1- اهمیت مکان‌یابی برای محل ایستگاه 9

3-2- معیارهای مهم در مکان‌یابی ایستگاه 9

4-نصب و راه اندازی ایستگاه 14

4-1- بخش های اصلی ایستگاه پایش تراز دریا 14

4-2- انواع ایستگاههای پایش تراز با توجه به نحوه اندازهگیری 15

4-3-تاید پل 15

4-4- ایستگاه شناوری (مکانیکی – الکترومکانیکی) 18

4-5- ایستگاه آکوستیکی (صوتی) 21

4-6- ایستگاه راداری 24

4-7- سنسور فشاری 26

4-8- کنترل کیفیت میدانی ایستگاه 30

4-9-کالیبراسیون تایدگیج 31

4-10- نشانه کنترلی ایستگاه 32

4-11- شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا 32
5-نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا 35
5-1- مراحل نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا 35
5-2- بازدید از ایستگاههای پایش تراز دریا 36
6-کنترل ژئودتیکی ایستگاه 41
6-1- ایستگاه های کنترلی 41
6-2- مکانیابی ایستگاه‌های کنترلی 42
6-3- نحوه نام گذاری ایستگاه‌های کنترلی 43
6-4- ساختمان ایستگاه کنترلی (BM) 44
7- آنالیز و کنترل کیفی داده‌های تراز دریا 57
7-1- نیاز به کنترل 57
7-2- کنترل کیفی داده‌ها 58
7-3- محاسبه میانگین ساعتی 66
7-4- محاسبه میانگین روزانه 67
7-5- میانگین ماهیانه و سالانه 68
7-6- کنترل های تکمیلی 69
7-7- کنترل دیتوم ایستگاه 71
7-8- آنالیز هارمونیک و مدل جزرومد 71
7-9- محاسبه سطوح جزرومدی 75
7-10- محاسبه چارت دیتوم (CD) 77
8- فراداده اطلاعات تراز دریا 81
8-1- فراداده اطلاعات تراز دریا 81

8-2- فرمت داده های تراز دریا 85

9- مراجع 88

فهرست شکل‌ها

شکل4-1- سیستم دستگاه جزر و مد سنجی شناوری 19

شکل4-2-سیستم آکوستیکی اندازه گیری تراز دریا با استفاده از لوله صوتی و چاه آرامش بعنوان نسل جدید ایستگاههای پایش تراز دریا مجهز به سنسور فشاری و تایدپل بعنوان سنسورهای پشتیبان و کنترلی 23

شکل4-3-تایدگیج راداری به همراه سنسور فشاری حبابی 26

شکل4-4- سنسور فشاری مشاهده مستقیم 29

شکل4-5- محل نسبی سنسورهای فشاری در نوع B و نمودارهای مشاهدات و اختلاف مشاهدات 30

شکل6-1-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 43

شکل6-2- میله ترازیابی سرگِرد مورد استفاده در ساختمان سنگی و بتنی 44

شکل6-3-میله استیل نصب شده در ساختمان سنگی یا بتنی 44

شکل6-4- میله چند منظوره نصب شده در سنگ یا سطوح بتنی مستحکم به همراه میله آداپتور و آنتن GNSS 45

شکل6-5- میله اصلی چند منظوره (با قابلیت نصب آنتن GPS و ترازیابی) مورد استفاده ایستگاههای سنگی و بتنی 45

شکل6-6- برش قائم ساختمان بنچ مارک ایستگاه تایدگیج 47

شکل6-7- آرماتور مورد استفاده در ساختمان بنچ مارک بتنی 48

شکل6-8- دیسک استیل مورد استفاده در ساختمان دیسکی به منظور ترازیابی 52

شکل6-9- ساختمان ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار 53

شکل 6-10- آرماتوربندی ایستگاه ژئودزی درجه صفر از نوع پیلار 53

شکل7-1- فرآیند کلی پردازش داده های تراز دریا 59

شکل7-2- دیتوم های جزر و مدی 78

فهرست جدول‌ها

جدول 6-1- نسبت وزنی مصالح جهت ساخت ایستگاه بتنی (1 متر مکعب بتن) 49

جدول7-1- علامت(کد) های کنترل کیفی 61

جدول7-2-مشخصات مولفه های اصلی جزرومد 73

جدول7-3- تعیین رژیم جزرومدی 75

جدول7-4-نمونه مولفه ها، دامنه و فاز جزرومدی 76

جدول8-1-فراداده اطلاعات تراز دریا 81

پیش نویس

مقدمه

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

در صورتیکه زمین را بصورت مایع فرض کرده و از خشکی ها و اصطکاک بستر صرف نظر نماییم، جزرومد با توجه به وجود ماه و خورشید و کشش سطحی ایجاد شده توسط نیروهای جزرومدی بصورت کشیده در امتداد ماه و خورشید درآمده و میزان جزرومد و زمان وقوع آن به سادگی قابل مدلسازی خواهد بود. ولی جزرومد واقعی در نقاط مختلف کره زمین با توجه به وجود عوامل مختلف دارای پیچیدگی هایی است. اولا، آب یک مایع با خاصیت ویسکوز است که موجب می شود تا زمان پاسخگویی به نیروهای جزرومدی با تاخیر روبرو شود. همچنین، زمین بصورت یک کره نبوده، سطح آن تماما از آب پوشیده نشده و آب دریاها و اقیانوسها در همه جا عمیق و یکنواخت نیست. دامنه جزرومد تحت تاثیر اصطکاک بستر دریاها و اقیانوسها و همچنین سایر جریانهای دریایی، شکل ساحل و توپوگرافی بستر دریاها و اقیانوسها می باشد که موجب می گردد تا مولفه های جزرومدی تحت تاثیر این عوامل تشدید و یا تضعیف شوند. بالا و پایین رفتن آب تحت تاثیر جزر ومد مطابق یا یک نرخ یکنواخت انجام نمیشود. پس از یک جزر، آب به آرامی شروع به افزایش میکند

و به حداکثر آن (مد) میرسد. سپس این نرخ کاهشی شده و تا زمان جزر کامل ادامه می یابد. این تغییرات تراز بصورت یک موج سینوسی می باشد ولی شکل موج از نقطه ای به نقطه دیگر متفاوت خواهد بود. با این همه، سه ویژگی مهم جزرومد در هر نقطه عبارتند از: زمان جزرومد، دامنه جزرومد و نوع آن. یک هیدروگراف باید درک کاملی از این ویژگیها داشته باشد تا بتواند بخوبی تصحیحات جزرومدی را بر داده های عمق اعمال نماید.

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

هیدروگرافها باید بتوانند اعماق اندازه گیری شده را تحت هر شرایط جزرومدی به مبنای یک سطح مبنا یا دیتوم منتقل نمایند. یک دیتوم ایده آل جزرومدی حاصل آنالیز داده های تراز دریا به مدت 19 سال می باشد که طول موج بلند تغییرات جزرومدی ناشی از نوتیشن ماه را شامل می شود. دیتومی که عمق ها نسبت به آن مشاهده می شوند دیتوم عمق یابی و دیتومی که اعماق چارتهای دریایی نسبت به آن بر روی چارت درج میشوند چارت دیتوم نامیده می شود. در

سواحل ایالات متحده آمریکا، MLLW بعنوان دیتوم عمق یابی و چارت دیتوم تواما استفاده می شود. MLLW از میانگین پایین ترین جزر روزانه در یک دوره 19 ساله بدست می آید. این کشور هم اینک تمامی دیتوم های جزرومدی را نسبت به اپک مرجع 1983-2001 (اپک ملی دیتوم جزرومدی NTDE) محاسبه می نماید. در ایران و همچنین چارتهای انگلیسی از پایین ترین جزر نجومی LAT بر اساس پایین ترین جزر مورد انتظار طی 19 سال بعنوان چارت دیتوم استفاده می کنند که از آنالیز هارمونیک مشاهدات و مولفه های هارمونیک بدست می آید. کاربرد LAT بعنوان چارت دیتوم برای استفاده بین المللی توسط IHO نیز مورد پذیرش است. در مناطقی با جزرومد کم یا بدون جزرومد، دیتوم های دیگری استفاده می شوند. مثلا در دریای سیاه، از سطح متوسط دریا و در دریاچه های بزرگ کانادا و آمریکا از دیتوم آب پایین LWD بصورت میانگین ماه هایی که سطح آب پایین است در یک بازه زمانی مشخص استفاده میشود. چارت دیتوم دریای خزر نیز بر همین اساس به مبنای سطح متوسط بندر شهیدرجایی و سیستم IRHS1998 تعیین شده است. توجه شود که این دیتوم کاملا متفاوت از دیتوم ارتفاعی ژئودتیک می باشند. مثلا در آمریکا و کانادا، دیتوم ارتفاعی آمریکای شمالی NAVD88 بعنوان دیتوم ارتفاعی ژئودتیک استفاده میشود. در ایران، دیتوم ارتفاعی یا صفر ارتفاعی کشور بر اساس میانگین تراز دریا (MSL) در ایستگاه پایش تراز دریا واقع در اسکله شهیدرجایی و سیستمهای ارتفاعی بصورت غیر ارتومتریک (IRHS1998) و ارتومتریک (IRHS2014) تعریف شده اند. بدیهی است که MSL به دلیل وجود تاثیرات مختلف بر ژئوئید منطبق نیست. جدایی بین دیتوم ارتفاعی ژئودتیک و دیتوم های تراز دریا از نقطه ای به نقطه دیگر متفاوت بوده و وابسته به شرایط جزرومدی محل می باشد. ایستگاههای پایش تراز دریا به کمک 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.

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

هیدروگرافی و تهیه نقشه/چارتهای دریایی

عبور امن شناورها

داکینگ و مانور بی خطر شناورها

ماهیگیری تجاری

فعالیتهای تفریحی

امواج طوفان / بالا آمدگی آب

تشخیص سونامی و متئوسونامی

مدیریت مناطق ساحلی

نگهداری بنادرو کانالهای دسترسی

عملیات مهندسی سازه های ساحلی

ورودی مدل های دریایی/اقیانوسی

ارزیابی و اعتبارسنجی مدلهای عددی اقیانوسی

درک تاثیر تغییرات بلندمدت تراز دریا بر موجودات و ساکنین مناطق ساحلی

حدود و حریم دریایی (قراردادها، معاهده ها و تفاهم نامه ها)

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

پیش بینی ها نیز از طریق سایت پایش تراز آب دریا به آدرس www.slms.ncc.org.ir و برنامه کاربردی موبایل (اندروید) NCCTIDE در اختیار کلیه محققان و دریانوردان قرار می گیرد.

پیش نویس

فصل اول

تعاریف

پیش نویس

۱- تعاریف

تاید گیج: دستگاهی است که به منظور اندازه گیری و ثبت تغییرات تراز آب بدنه های آبی شامل دریاها، دریاچه ها و رودخانه‌ها بکار می‌رود. با توجه به تکنولوژی مورد استفاده در این اندازه‌گیری، این دستگاه ظها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که از این جمله می‌توان به دستگاه‌های شناوری، فشاری، راداری و آکوستیک اشاره نمود.

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

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

جزرومد نیم روزانه (Semi-diurnal tide): جزرومد با دوره تناوب تقریبا 12 ساعت

جزرو مد روزانه (Diurnal tide): جزرومد با دوره تناوب تقریبا 24 ساعته

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

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

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

سطح مبنای چارت دریایی یا چارت دیتوم (CD): سطحی مبنایی است که تمام عمق‌های نمایش داده شده برروی چارت های دریائی نسبت به آن بوده و معمولا پیش‌بینی‌ها و سطوح جزرومدی نیز نسبت به آن ارائه می‌شوند. پایین ترین تراز دریا بعنوان چارت دیتوم در نظر گرفته میشود و عموما از LAT و MLLW بدین منظور استفاده میشود.

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

سطح متوسط دریا (MSL): میانگین یا متوسط تراز دریا که از اعمال فیلترهای پایین گذربر روی مشاهدات ساعتی و یا میانگین‌گیری تراز دریا در بازه زمانی نسبتا طولانی (سالانه، 18.6 سال) بدست می‌آید.

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

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

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

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

سطح متوسط کوتاه‌ترین جزرها (MLLW): متوسط ارتفاع پایین‌ترین جزرهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص

سطح متوسط کوتاه‌ترین مدها (MLHW): متوسط ارتفاع پایین‌ترین مدهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص

سطح متوسط بلندترین جزرها (MHLW): متوسط ارتفاع بالاترین جزرهای روزانه در یک بازه زمانی مشخص

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

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

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

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

پایین‌ترین سطح جزرومدی نجومی (LAT): پایین‌ترین تراز دریای مورد انتظار با توجه به ترکیب مولفه های جزرومدی و تحت شرایط نرمال آب و هوایی که آب دریا به‌ندرت پایین‌تر از آن قرار می‌گیرد و با آنالیز داده‌های بلندمدت تراز دریا محاسبه می‌شود.

بالاترین سطح جزرومدی نجومی (HAT): بالاترین تراز دریای مورد انتظار با توجه به ترکیب مولفه های جزرومدی و تحت شرایط نرمال آب و هوایی که آب دریا به‌ندرت می‌تواند بالاتر از آن قرار گیرد و با آنالیز داده‌های بلندمدت تراز دریا محاسبه می‌شود.

پائین ترین جزر اقیانوس هند[1](ISLW): تراز آب پیشنهاد شده توسط جورج داروین برای سطح مبنای اقیانوس هند. این سطح از تفاضل مجموع دامنه مؤلفه‌های اصلی جزرومدی نیم روزانه ناشی از ماه و خورشید و جزرومدی روزانه ماه و جزرومد ترکیبی ماه و خورشید (M2,S2,K1,O1) از سطح متوسط دریا بدست می‌آید.

سونامی (Tsunami): موج پیشرونده ساحلی که میتوان بسیار مخرب بوده و ناشی از زمین لرزه و یا آتشفشان های زیرآبی می‌باشد.

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

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

بنچ مارک بتنی: بنچ مارکی است که به‌صورت بتنی و مسلح در ابعاد مشخص و به‌صورت درجا ساخته‌شده و میله استیل سرگِرد (میله ترازیابی) و یا میله چندمنظوره در آن تعبیه می‌شود.

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

پیلار: 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 تعبیه‌شده است.

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

فصل دوم

طبقه بندی ایستگاههای پایش تراز دریا

پیش نویس

۲- طبقه بندی ایستگاههای پایش تراز دریا

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

۲-۱-ایستگاه درجه ۳

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

۲-۲-ایستگاه درجه ۲

ایستگاهی که مشاهدات مستمر در آن بیش از یک سال انجام شده و در واقع یک ایستگاه دائمی پایش تراز دریا می‌باشد که وظیفه پایش و مدلسازی بلند مدت تغییرات تراز دریا را برعهده دارد. در مجاورت این ایستگاه حداقل پنج بنچ مارک بعلاوه دو پیلار باید ساخته شود. یکی از این بنچ مارک‌ها، بنچ مارک اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه ایجاد می‌شود. پیلارها و چهار بنچ مارک دیگر در محدوده 500 متری از ایستگاه ایجاد می‌شوند. پیلارها و حداقل دو بنچ مارک باید دارای قابلیت و دید آسمانی مطلوب به منظور مشاهدات ماهواره ای باشند. در این بنچ مارک‌ها میله چندمنظوره به منظور امکان نصب مستقیم گیرنده‌های ماهواره ای باید در نظر گرفته شود. ایستگاه‌های دائمی و BM ها و پیلارهای کنترلی آن باید حداقل دو بار در سال کالیبره شده و حداقل یک بار در سال با انجام ترازیابی درجه 2 به یکدیگر و به شبکه ملی ترازیابی کشور متصل شوند. پیلارها و BM های با قابلیت مشاهدات GNSS باید سالیانه با

مشاهدات GNSS به مدت 24 ساعت و رعایت استاندارد ژئودزی درجه یک به شبکه ایستگاه‌های دائمی GNSS کشور متصل گردیده و تغییرات ارتفاعی آن‌ها کنترل شود.

۲-۳- ایستگاه درجه ۱

ایستگاهی دائمی که وظیفه تعیین دیتوم برای اهداف ملی و پایش و مدلسازی بلند مدت تغییرات تراز دریا با توجه به تغییرات ژئودینامیکی و تغییرات اقلیمی را برعهده دارد. در مجاورت این ایستگاه حداقل پنج بنچ مارک دائمی بعلاوه دو پیلار باید ساخته شود. یکی از این بنچ مارک‌ها، بنچ مارک اصلی بوده و در مجاورت ایستگاه ایجاد می‌شود. پیلارها و چهار بنچ مارک دیگر در محدوده 1500 متری از تایدگیج ایجاد می‌شوند. پیلارها و حداقل دو بنچ مارک باید دارای قابلیت و دید آسمانی مطلوب به منظور مشاهدات ماهواره‌ای باشند. در این بنچ مارک‌ها میله چندمنظوره به منظور امکان نصب مستقیم گیرنده های ماهواره ای باید در نظر گرفته شود. استفاده از چند سنسور بطور همزمان برای پایش تغییرات ترازدریا در این ایستگاه الزامی است. ایستگاه‌های ویژه و BM ها و پیلارهای کنترلی آن باید حداقل دو بار در سال کالیبره شده و حداقل یک بار در سال باید با انجام ترازیابی درجه یک به یکدیگر و به شبکه ملی درجه یک ترازیابی کشور متصل شوند. پیلارها و BM های با قابلیت مشاهدات GNSS باید سالیانه با مشاهدات GNSS حداقل 24 ساعته به شبکه ایستگاه‌های دائمی GNSS کشور متصل گردیده و تغییرات ارتفاعی آن‌ها کنترل شود.

فصل سوم

انتخاب محل مناسب برای ایستگاه پایش تراز دریا

پیش نویس

۳- انتخاب محل مناسب برای ایستگاه پایش تراز دریا

۳-۱-اهمیت مکان‌یابی برای محل ایستگاه

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

۳-۲- معیارهای مهم در مکان‌یابی ایستگاه

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

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

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

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

د- هدف اصلی از ایجاد ایستگاه

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

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

7. امنیت لازم به منظور جلوگیری از سرقت و خرابکاری می باید تامین شود. لذا، نصب ایستگاه در مکان‌های محافظت شده توصیه می‌شود.

8. در صورت نیاز به ایجاد چاه آرامش یا لوله صوتی در تایدگیج‌های راداری و فراصوتی، طول لوله باید به‌حدی باشد که بتواند دامنه تغییرات تراز آب در منطقه را پوشش دهد که این موضوع در اسکله‌ها و باراندازهای شلوغ نیازمند مجوز از مقامات بندری است. در صورت عدم استفاده از لوله صوتی، انتخاب محلی خلوت و به دور از محل تردد شناورها توصیه می‌شود.

9. محل ایستگاه باید به گونه ای باشد که امکان نصب بنچ مارک‌ها 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 آسیب های محیطی و انسانی نیز قرار نگیرند.

10. 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 تایدگیج های شناوری اجازه حرکت شناور تا یک متر زیر LAT امکان‌پذیر باشد..

11. 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.

12. از نصب تاید گیج در دهانه رودخانه‌ها تا حد ممکن اجتناب شود. آب رودخانه‌ها دارای چگالی متفاوت بوده و ضمن تغییر چگالی آب در منطقه در زمان‌های مختلف موجب نوسانات چگالی آب می‌شود. بنابراین، تغییرات چگالی در داخل و بیرون چاه آرامش ایجاد می‌گردد که این موضوع میتواند مقادیر تراز اندازه‌گیری شده توسط تایدگیج‌ها را تحت تاثیر قرار دهد.

13. از نصب تایدگیج در دماغه های 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. به منظور بررسی دقیق‌تر تراز آب در طول تنگه‌ها بهتر است از چندین تایدگیج استفاده شود.

14. از نصب تایدگیج در مکان‌هایی که احتمال پر یا مسدود شدن مدخل آبگیری چاه آرامش با لجن و رسوب وجود دارد پرهیز شود. در این خصوص میتوان به محل تلاقی دو آبریز که موجب آشفتگی جریان‌ها و رسوب می‌شود اشاره نمود.

15. از نصب تایدگیج در محل عبور شناورها به دلیل ایجاد مخاطرات دریانوردی و همچنین آسیب رسیدن به تایدگیج و همچنین ایجاد تلاطم در سطح دریا و گل و لای ناشی از حرکت پروانه شناورها اجتناب شود.

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

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

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

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

پیش نویس

فصل چهارم

نصب و راه اندازی ایستگاه

پیش نویس

۴- نصب و راه اندازی ایستگاه

۴-۱- بخشهای اصلی ایستگاه پایش تراز دریا

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

بخش اندازه‌گیری، ذخیره سازی و ارسال داده شامل دیتا لاگر، سنسور و تجهیزات مخابراتی

بخش حفاظتی و پشتیبانی شامل اتاقک، لوله، پایه‌ها، چاه آرامش، ...

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

بخش کنترل ارتفاعی شامل BMها در مجاورت ایستگاه های ساحلی

استفاده از تایدپل در تمامی ایستگاه‌ها به منظور کنترل و کالیبراسیون داده‌ها الزامی بوده و در صورت امکان، استفاده از سنسور دوم در ایستگاه‌ها بعنوان سنسور پشتیبان توصیه می‌شود. همچنین، توصیه می‌شود که تجهیزات دیگری مانند بارومتر، دماسنج، بادنما و گیرنده GNSS نیز در ایستگاه‌ها به منظور انجام مشاهدات محیطی و کنترل جابجایی ایستگاه در نظر گرفته شود.

در صورتی که امکان ساخت اتاقک برای ایستگاه وجود دارد بهتر است تا اتاقک برای نگهداری و محافظت تجهیزات ایستگاه در برابر عوامل مخرب خارجی ساخته شده و مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که امکان این امر وجود ندارد، تجهیزات در داخل جعبه فلزی یا پلاستیکی محافظ در برابر نفوذ آب، رطوبت و گرد و غبار قرار گرفته و در محل عبور سیمهای خروجی حتما از گلند های مخصوص استفاده شود.

پنل خورشیدی میبایست با زاویه تقریبا 45 درجه رو به جنوب نصب گردد تا بیشترین میزان انرژی خورشید را به خود جذب کند. در نظر داشته باشید که در سواحل شمال کشور به دلیل کمبود تابش آفتاب نسبت به سواحل جنوبی می باید از پنل‌های خورشیدی بیشتری استفاده کرد.

اتصالات الکترونیکی بین تجهیزات ایستگاه می‌باید دقیقا مطابق دستورالعمل‌های سازنده تجهیزات انجام شده و منبع تغذیه مناسب بدین منظور استفاده گردد. لذا، دستورالعمل‌های مربوطه می باید قبل از نصب تجهیزات و توسط پرسنل مربوطه به دقت مطالعه گردد. در نظر داشته باشید کوچکترین خطایی در اتصالات میتواند موجب آسیب تجهیزات ایستگاه گردد.

۴-۲- انواع ایستگاه‌های پایش تراز با توجه به نحوه اندازه‌گیری

ایستگاه‌های پایش تراز دریا از نظر روش اندازه‌گیری و تجهیزات مرتبط با آن دارای انواع مختلفی می‌باشد که عبارتند از:

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

در این دستورالعمل، پنج مورد اول مورد بررسی و ارائه قرار می‌گیرد. امروزه از روش ماهواره‌ای (ارتفاع سنجی ماهواره‌ای) نیز بطور گسترده به منظور پایش تراز دریاها و مدلسازی آن بویژه در مناطق فراساحلی استفاده می‌شود که این مورد خارج از حوزه مورد بررسی در این دستورالعمل است. توجه شود که امروزه با توجه به استفاده همزمان از حسگرهای مختلف، ایستگاه‌های ترکیبی یا چند حسگره وجود دارند و بنابراین یک ایستگاه ممکن است ترکیبی از حالت‌های فوق را در خود داشته باشد.

۴-۳-تاید پل

نوع سادهٔ اندازه گیری جزر و مد می باشد که در آن از یک میله یا شاخص مدرّج بر حسب سانتیمتر و یا کسری از آن که بطور عمودی در آب قرار داده شده‌است استفاده می‌شود به نحوی که سطح تغییرات آب دریا یا تغییرات جزر و مدی روی آن قرائت می‌شود. این شاخص اصطلاحا تایدپل نامیده می‌شود.

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

جهت راحتی قرائت تاید پل 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 چراغ قوه قوی یا چراغ سیگنالی برای خواندن تایدپل در شب مورد نیاز است.

- **دیتوم (صفر) تایدپل:** تایدپل‌های جزر و مدی را طوری نصب می‌نمایند که سطح صفر درجه‌بندی آن‌ها پایین‌تر از حداقل جزر نجومی یا سطح مبنای چارت (CD) قرار گیرد بطوریکه سطح آب هیچگاه پایین‌تر از صفر تایدگیج قرار نگیرد. صفحه افقی گذرنده از صفر تایدپل، دیتوم تایدپل خواهد بود. این دیتوم با ترازیابی از سر تایدپل (مثلا اگر طول تایدپل شش متر باشد، سر تایدپل دارای ارتفاع 6 متر از دیتوم آن خواهد بود) به BM متصل شده و ارتفاع دیتوم نسبت به BM مشخص می‌شود.

درصورتیکه سطح مبنایی در منطقه تعیین نشده و هیچگونه اطلاعات جزر ومدی در اختیار نباشد موارد ذیل به منظور تنظیم صفر تایدپل پیشنهاد میگردد :

- تخمین مقدار مهکشند در محدودهٔ نزدیک به محل مورد نظر از جداول پیش‌بینی جزر و مدی 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 تاید پل زیر سطح تخمین زده شدهٔ M.L.W.S

حصول اطمینان از اینکه تاید پل هرگز در هنگام جزر خشک نمی‌شود، حائز اهمیت است .

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

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

(ب) راحتی نصب: همواره یک سازه محکم و ثابت، مانند پایه یک اسکله ، بهترین انتخاب برای محل نصب است. معمولا نصب یک تایدپل به وسیله میخ‌کوبی ویا بستن توسط تسمه به ستون اسکله کاری ساده است.

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

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

(ه) نزدیکی محل اسکان برای ناظر جزر و مد: 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.

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

(ز) 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 نباد برای ایجاد تاید پل جزر و مدی مد نظر قرار گیرد.

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

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

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

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

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

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

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

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

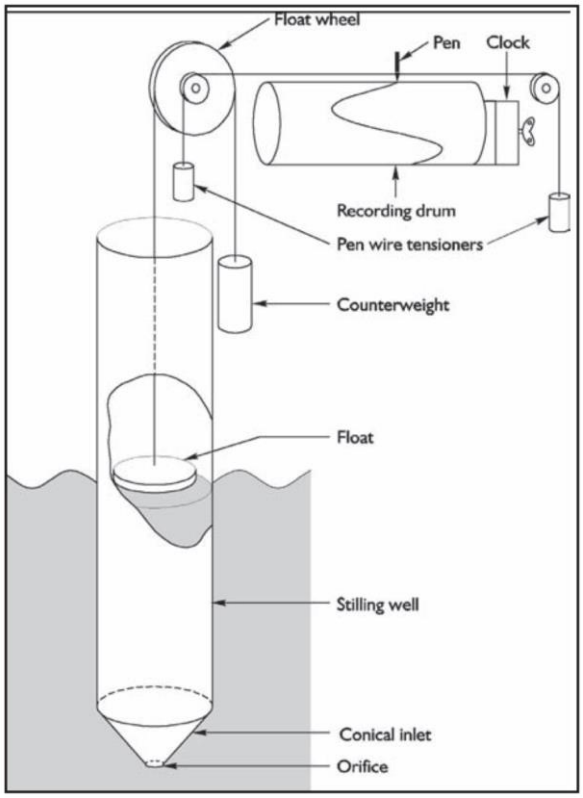
(5)تاید پل باید جایی قرار گیرد که برای شناورهای عبوری مزاحمتی نداشته و صدمه‌ای به آن وارد نشود.

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

۴-۴- ایستگاه شناوری (مکانیکی – الکترومکانیکی)

یک جزر و مد سنج مکانیکی به طور معمول ارتفاع جزر و مد را بر حسب زمان روی کاغذ شطرنجی ثبت می‌کند. زمان از طریق سیستمی الکتریکی و یا مکانیکی مشابه حرکت ساعت تعیین شده و باعث چرخش یک استوانه یا صفحه‌ای دایره ای شکل می‌شود، عموما این سیستم طوری طراحی شده که یک دور کامل استوانه و یا صفحه نشان دهنده 24 ساعت است برای اکثر ثبات‌ها کاغذ مخصوصی ارائه می شود که بر حسب زمان و ارتفاع درجه‌بندی شده اند. به طور معمول سیستم ثبت ارتفاع توسط یک جسم شناور کار می‌کند. این جسم شناور در داخل یک لوله یا چاه آرامش قرار می‌گیرد که مشخصات ویژه‌ای دارد، حرکت قائم سیستم شناور در داخل لوله توسط یک سیم نازک که حداقل یکبار به دور قرقره (سنسور) 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 (سنسور) 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 می شود برای انجام حرکت وزنه تعادل در هوا غالبا یک لوله دیگر را به سیستم ضمیمه می‌کنند که باید کاملا 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).



شکل۴-۱- سیستم دستگاه جزر و مد سنجی شناوری

این نوع سنسورها هنوز قسمت 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 رمز گذار) به صورت رقومی و الکترونیکی جایگزین شود که خروجی آن به دیتالاگر متصل است و بدین طریق ارتفاع آب به طور اتوماتیک به صورت رقومی ثبت می‌گردد. این سنسور همواره می‌بایست در محل هایی با سرعت جریان آب پایین نصب گردد و در غیر این صورت اختلال در کار سنسور بوجود 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 فیلتر کردن امواج و نویزهای احتمالی را به‌عهده دارد به طوری که جزر و مد و روند فرآیندهای با پریود طولانی مدت‌تر را بتوان با دقت ثبت کرد.

برای نصب چاه آرامش رعایت نکات زیر ضروری است.

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

2- لوله های چاه آرامش باید از جنسی باشند که با توجه به شوری آب دریا دچار پوسیدگی نشوند و دارای استحکام قابل قبولی باشند. سایز سوراخ‌ها و تعداد آنها باید به گونه ای انتخاب شود که مادامی که جریان و موج را خنثی می کند سرعت انتقال سطح کافی بوده و جریان آب مسدود نگردد.

3- نصب یک ساختمان مناسب روی چاه برای حفاظت چاه و تجهیزات نصب بسیار ضروری است.

4- کاملا به صورت عمودی نصب گردد. برای این کار از یک سازه نگهدارنده مانند دیواره اسکله یا سکو استفاده شود.

5- نسبت قطر حفره ورودی چاه با طول و قطر دهانه آن چاه به آن ویژگی یک فیلتر پایین‌گذر را می‌دهد. به عبارت دیگر همانند یک فیلتر مکانیکی عمل می‌کند. بنابراین قطر حفره باید مناسب انتخاب گردد.

6- در زمان‌های که تاید گیج علاوه بر مشاهدات جزر و مدی به منظور کاربردهای اقیانوس شناسی نیز استفاده می‌شود باید در روند مشاهدات فرکانس امواج سونامی دقت شود چرا که پاسخ فرکانسی این سیستم برای پریودهای کمتر از 4 ساعت به صورت کامل (100٪) نیست. همچنین استفاده از چاه آرامش موجب تضعیف دامنه و تاخیر فاز در دوره‌های کوتاهتر می‌شود.

7- عواملی نظیر تغییر چگالی آب درون چاه و بیرون چاه و تردد شناورها می‌تواند دقت‌های بدست آمده را کاهش دهد.

8- کالیبراسیون دقیق به وسیله اندازه‌گیری آب چاه توسط تاید پل در زمان‌های مشخص انجام شود.

9- سنسورهای مکانیکی و چاه آرامش هم بعنوان سیستم اولیه و هم پشتیبان در ایستگاه های جزر و مد سنجی استفاده می‌شود.

10-در مکان‌هایی که به سبب شکل ساحل، پرهزینه و وقت‌گیر بودن نصب یک چاه آرامش به شکل گفته شده امکان‌پذیر نمی‌باشد. می توان از لوله‌هایی از جنس پلاستیک مستحکم و انعطاف‌پذیر به عنوان 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 می‌باشد.

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

ب) انتهای لوله‌ها با صفحه‌ای بسته می شود و کمی بالاتر از قسمت انتهایی لوله مربوط به شناور، حفره ای برای ورود آب تعبیه گردد. این حفره باید بیش از 50 سانتی‌متر پایین‌تر از سطح پایین‌ترین جزرهای ممکن قرار گیرد. بنابر این طول لوله باید به اندازه کافی بلند باشد.

ج) اندازه حفره ورودی بسیار مهم می‌باشد و باید به اندازه کافی کوچک و مناسب باشد تا سرعت ورود و خروج آب را طوری محدود نماید که تغییر حالت‌های کوتاه مدت 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 جزر و مدی تقریبا باید به اندازه 0/01 سطح مقطع لوله (یا قطر ان 0/1 قطر لوله) باشد.

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

ه) انتهای لوله رسوب‌ها وموجودات ریز دریایی جمع می‌شوند که هر چند مدت باید قسمت انتهایی لوله تمیز گردد.

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

۴-۵- ایستگاه آکوستیکی (صوتی)

این سنسور بر اساس ارسال و دریافت امواج صوتی کار می‌کند. کافی است این سنسور روی سطح آب توسط یک بازو نصب شود. سپس سنسور امواج را به سطح آب ارسال کرده و با 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 سنسور می‌تواند مستقیما و در فضای باز به صورت عمودی بالای سطح آب نصب گردد. جهت اطمینان از عملیات پیوسته و قابل اطمینان سنسور، می‌توان آن را در به منظور حفاظت از تجهیزات و کاهش نویز در چاه آرامش نصب نمود.

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

روش دقیق‌تر تصحیح با استفاده از یک بازتابنده (رفلکتور) صوتی در یک سطح ثابت در ستون هوا صورت می‌گیرد. با در نظر گرفتن بازتاب از بازتابنده ثابت، تغییرات سرعت صوت مابین مبدل(ترانسدیوسر) صوتی و بازتابنده ثابت به صورت مستقیم بدست می‌آید. برای بدست آوردن تصحیحات کامل به تعدادی از بازتابنده‌های ثابت که محدوده کامل جزر و مد را پوشش می‌دهند نیاز می‌باشد. اما هیچکدام از سنسورهای صوتی شناخته شده این امکان را ندارند.

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

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

1- جزر و مد سنج آکوستیکی با لوله صوتی

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

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

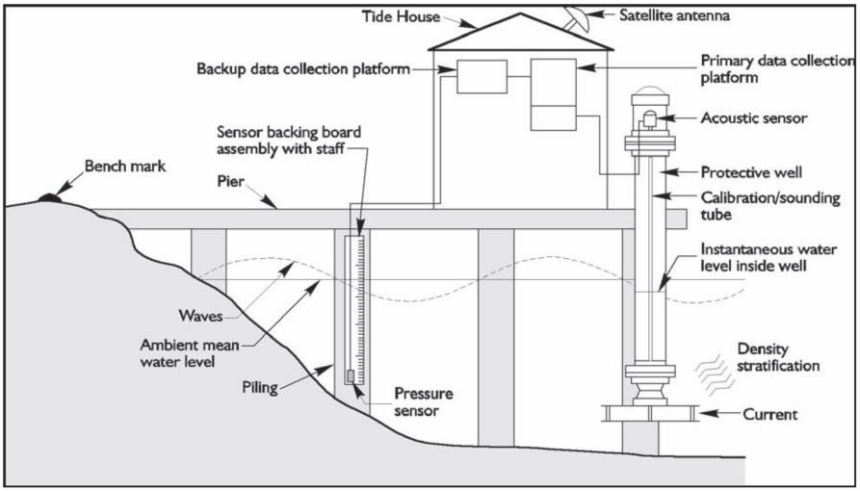
مشاهدات سنسورهای آکوستیک به دمای محیط و گرادیان دما حساس می‌باشند. (این حساسیت در مورد سنسورهای راداری وجود ندارد). بنابراین مشاهده دما و حتی الامکان گرادیان ارتفاعی دما در این ایستگاه‌ها توصیه می‌شود.

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

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

۴-۵-۱- ایستگاه آکوستیکی با لوله صوتی

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



شکل۴-۲-سیستم آکوستیکی اندازه گیری تراز دریا با استفاده از لوله صوتی و چاه آرامش بعنوان نسل جدید ایستگاههای پایش تراز دریا مجهز به سنسور فشاری و تایدپل بعنوان سنسورهای پشتیبان و کنترلی

۴-۵-۲-جزر و مد سنج آکوستیکی بدون لوله صوتی

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

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

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

۴-۶- ایستگاه راداری

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

اگرچه این تکنولوژی نسبتا جدید است ولی بطور گسترده ای درحال جایگزینی به جای دستگاه های قدیمی بوده و در شبکه های جزرومدی مورد استفاده قرار می گیرد. تایدگیج های راداری در عملکرد و نگهداری به راحتی سنسورهای صوتی هستند ولی محدودیت سنسورهای آکوستیکی (وابستگی زیاد به دمای هوا) را دارا ندارند. همچنین، نصب و راه اندازی سنجنده های راداری در مقایسه با سایر سیستم ها نسبتا مقرون به صرفه است. علاوه بر این، سیگنال های خروجی با دیتا لاگرهای موجود سازگار بوده و یا می توانند به یک شبکه ارتباطی متصل گردند. همانند بسیاری از سیستم های مدرن تنظیمات آن ها با استفاده از یک کامپیوتر قابل حمل قابل انجام است.

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

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

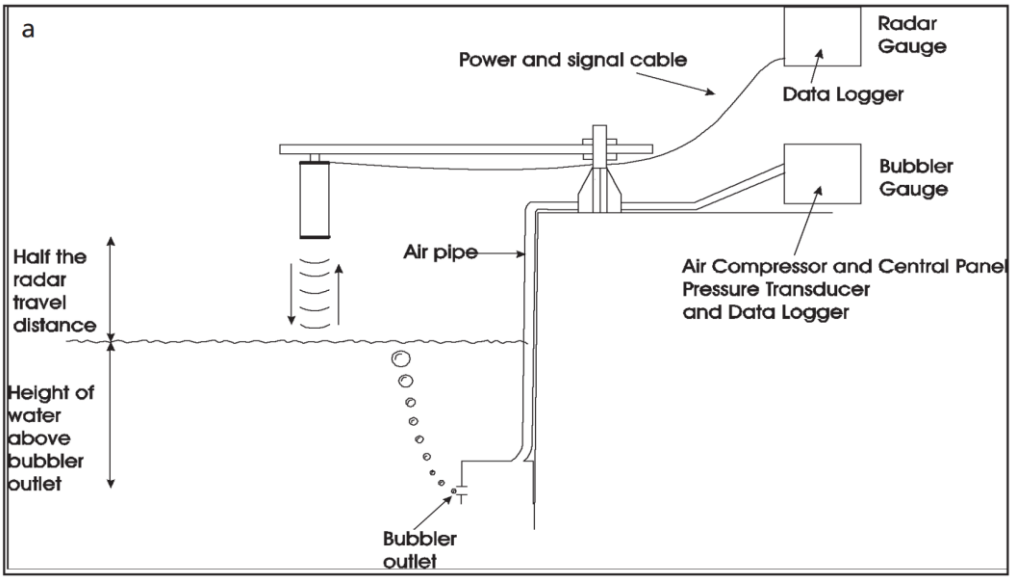
در رادارهای پالسی که عمده دستگاه‌های مورد استفاده راداری را در بر می‌گیرد، زمان رفت و برگشت یک موج پالس راداری کوتاه اندازه‌گیری شده و با ضرب نصف آن در سرعت سیر موج، فاصله سنسور تا سطح آب محاسبه می‌شود. تاخیر نسبی بین پالس‌ها اجازه می‌دهد تا اکو بازگشتی قبل از ارسال پالس بعدی دریافت گردد. پالس‌های کوتاه‌تر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

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

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

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

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



شکل۴-۳-تایدگیج راداری به همراه سنسور فشاری حبابی

۴-۷- سنسور فشاری

اساس کار این سنسور بر مبنای اندازه‌گیری فشار ستون آب بالای خود می‌باشد. سنسور همواره در زیر آب در محلی مشخص ثابت شده بطوری که دیگر تغییر وضعیت ندهد سپس با بالا رفتن آب یا پایین آمدن آن و تغییر ارتفاع ستون آب بالای سنسور و در نتیجه تغییر فشار آب، تغییرات تراز آب اندازه‌گیری می‌شود. در نصب این سنسور باید در نظر داشته باشد که سنسور همواره می‌بایست زیر آب باشد و قبل از نصب آن رنج اندازه‌گیری سنسور از کمپانی یا اطلاعات فنی سنسور مشخص گردد تا دچار آسیب نشود برای مثال سنسوری که رنج اندازه‌گیری آن 20 متر ستون آب است قادر به نصب در عمق بالای 20 متر نمی‌باشد و در صورت نصب آسیب می‌بیند.

یکی از برتری‌های این سنسور نسبت به سایر سنسورها دامنه اندازه‌گیری وسیع آن می‌باشد بطوریکه سنسورهای با دامنه مشاهداتی چند صد متر هم اینک موجود می‌باشند.

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

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

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

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

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

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

ت) عمق اندازه‌گیری شده توسط دستگاه و عمق واقعی سنسور در داخل آب را یادداشت نمائید.

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

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

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

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

در سواحل، سنسورهای فشاری معمولا داخل لوله های حفاظتی که در کناره دیواره دریا نصب هستند قرار می‌گیرند و مصرف پایین انرژی در این سنسورها باعث شده تا بتوانند با یک باطری بمدت 1 الی 2 سال کار کنند .

مراحل نصب تایدگیج فشاری در مناطق ساحلی مراحل ذیل می باید انجام شود:

1) 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 به منظور نصب ایستگاه استفاده شود.

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

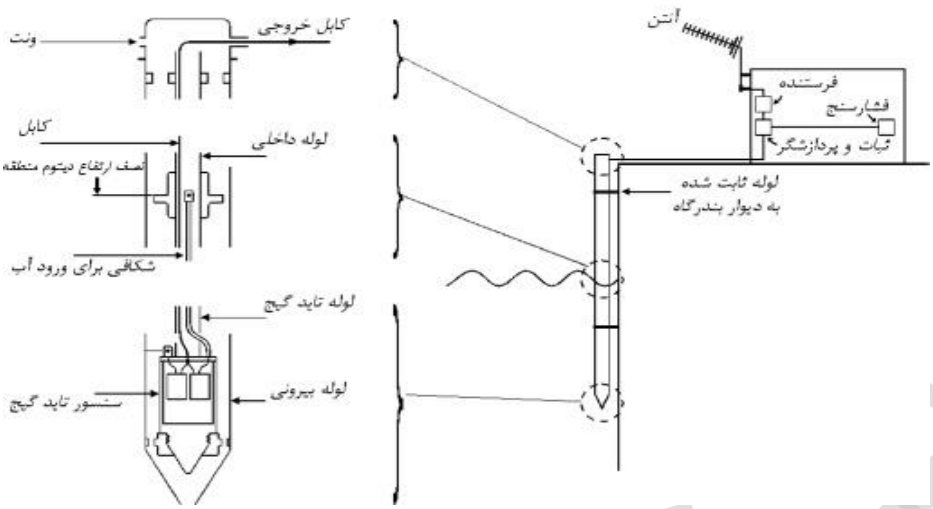
3) انتهای لوله را با در پوش ببندید.

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

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

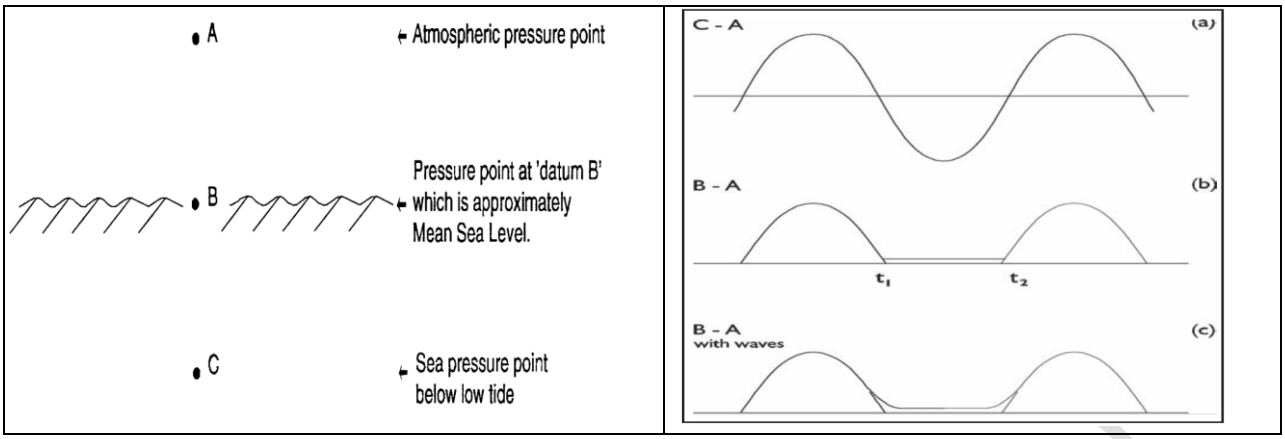
6) پلیتی فلزی به ضخامت 5 میلیمتر به طول وعرض 16 در 36 تهیه نمایید. گوشه‌های پلیت و مکان‌های متناظر بر روی لوله توسط دریل سوراخ شود. همچنین، جانمایی و تثبیت سنسور بر روی پلیت در نظر گرفته شود.

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



شکل۴-۴- سنسور فشاری مشاهده مستقیم

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



شکل۴-۵- محل نسبی سنسورهای فشاری در نوع B و نمودارهای مشاهدات و اختلاف مشاهدات

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

۴-۸- کنترل کیفیت میدانی ایستگاه

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

بطوریکه داده‌های نهایی در نرخ مثلا 10 یا 15 دقیقه از میانگین‌گیری از داده‌های باقیمانده (عبور کرده از تست) محاسبه می‌شوند.

۴-۹-کالیبراسیون تایدگیج

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

کلیه تحقیقات بر روی پدیده های مختلف بستگی به اعتبار مشاهدات و اندازه‌گیری ها دارد لذا کالیبراسیون تجهیزات بسیار ضروری است. کالیبراسیون وسیله‌هایی که در تحقیقات مورد استفاده قرار می گیرند، عدم قطعیت و کنترل رشد عدم قطعیت را مشخص می‌نماید و به محقق کمک می‌کند که به نتایج حاصل از تحقیقات خود اطمینان داشته باشدکه این نتایج ناشی از تغییرات واقعی پدیده هاست نه ناشی از عدم درستی در تخمین عدم قطعیت های اندازه‌گیری است.

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

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

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

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

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

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

۴-۱۰- نشانه کنترلی ایستگاه

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

- در تایدگیج های 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 سنسور(ها) ایجاد می‌شود.

توجه: از این نشانه نیاید بعنوان TGBM استفاده شود و ایجاد TGBM بطور جداگانه در نزدیکی محل تایدگیج ضروریست.

۴-۱۱- شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

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

1- اطلاعات مربوط به نصب ایستگاه

2- اطلاعات ترازیابی ایستگاه

3- نگهداری و تعمیرات ایستگاه

4- اطلاعات مربوط به جمع‌آوری ایستگاه (در صورتیکه ایستگاه جمع‌آوری شده باشد)

مستندات مربوط به ایستگاه شامل موارد زیر خواهد بود:

1- مدارک کالیبراسیون ایستگاه برای هر سنسور مورد استفاده

2- اطلاعات پیکره بندی سیستم، تنظیمات آن و فراداده مربوطه

3- نقشه یا چارت دریایی که محل ایستگاه در آن مشخص شده باشد با ذکر شماره و مقیاس نقشه

4- فایل رقومی سازگار با GIS حاوی موقعیت ایستگاه، تایدپل، بنچ مارک‌ها و عوارض ساحلی مجاور ایستگاه

5- نحوه دسترسی به ایستگاه

6- تصاویر ایستگاه شامل تصاویر اجزای آن، تایدپل، سنسورها و و بنچ مارک‌ها در حالتی که مشخصات آن قابل مشاهده بوده و تمامی عکسها دارای توضیح باشد.

7- شناسنامه بنچ مارک‌ها

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

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

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

پیش نویس

فصل پنجم

نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا

پیش نویس

۵- نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا

۵-۱- مراحل نگهداری ایستگاه‌های پایش تراز دریا

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

- تمیز کردن ایستگاه و تجهیزات آن: در بدو ورود به ایستگاه یکی از مسائلی که بیشتر کارشناس ها از آن صرف نظر می کنند ولی در عین حال بسیار ضروری است غبار روبی ایستگاه می باشد ، گرد و غبار می تواند باعث بروز مشکلات فراوانی برای دستگاه ها شود. در نظر داشته باشید با توجه به موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها گرد و غبار ممکن است وارد سیستم شود و احتمال خرابی دستگاه را افزایش دهد. همچنین وجود لایه ای از گرد و غبار بر روی پنل خورشیدی توان آن را کاهش می دهد و در نتیجه موجب کاهش شارژ باطری ها شده و فقدان اطلاعات را به دنبال خواهد داشت.

- تمیز کردن تاید پل: جرم های روی تایدپل به دلیل قرار گرفتن در آب دریا باید بطور دوره ای تمیز شده و تایدپل قابل قرائت باشد.

- اتاق و یا اتاقک ایستگاه که تجهیزات را در خود جای داده است از نظر فیزیکی و استحکام در حالت مناسب بوده و در صورت نیاز به تعمیرات و رنگ آمیزی باید این عملیات انجام شود.

- لوله های مورد استفاده از نظر پوسیدگی و انسداد با اجسام خارجی هربار چک شد.

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

- باطری ها دارای ولتاژ مناسب باشند در صورت لزوم تعویض شوند.
- اطلاعات جمع آوری شده توسط ایستگاه تخلیه گردد.
- مشاهدات هر سنسور حداقل هر سه ماه یکبار با استفاده از داده های سنسور دیگر و یا تاید پل بصورت مشاهدات همزمان 24 ساعته کنترل و کالیبره گردد.
- اتصال ارتفاعی تایدگیج و تایدپل به ایستگاه های کنترلی (BM ها و پیلارها) مجاور آن حداقل هر شش ماه یک بار تحت استاندارد ترازیابی درجه 3 انجام شود.
- مشاهدات ترازیابی و مشاهدات GNSS ایستگاه های کنترلی (BM ها و پیلارها) و اتصال آن به شبکه های ارتفاعی و ژئودزی کشور حداقل سالی یک بار به شرح مندرج در بند 4-2 انجام شود.
- از ارسال داده به مرکز (در ایستگاه های 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.

۵-۲- بازدید از ایستگاه‌های پایش تراز دریا

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

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

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

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

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

پیش نویس

فصل ششم

کنترل ژئودتیکی ایستگاه

پیش نویس

پیش نویس

۶-کنترل ژئودتیکی ایستگاه

۶-۱- ایستگاه های کنترلی

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

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

ترازیابی می باید بین سنسورها، تایدپل و بنچ مارک ها در هنگام نصب ایستگاه و هر زمان که سنسور مورد سرویس و یا تعویض قرار می گیرد انجام شود. در هر حال، ترازیابی بین ایستگاه و ایستگاههای کنترلی می باید حداقل سالی یکبار تکرار شده و همچنین در مواقع طوفان های شدید و زمین لرزه تکرار ترازیابی توصیه می‌شود.

بنچ مارک‌های با قابلیت مشاهدات GNSS می‌باید با گیرنده‌های دقیق چند فرکانسه ژئودتیک به روش استاتیک با رعایت استاندارد ژئودزی درجه یک مشاهده شده و این مشاهدات سالیانه تکرار گردد.

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

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

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

۶-۲- مکانیابی ایستگاه‌های کنترلی

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

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

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

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

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

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

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

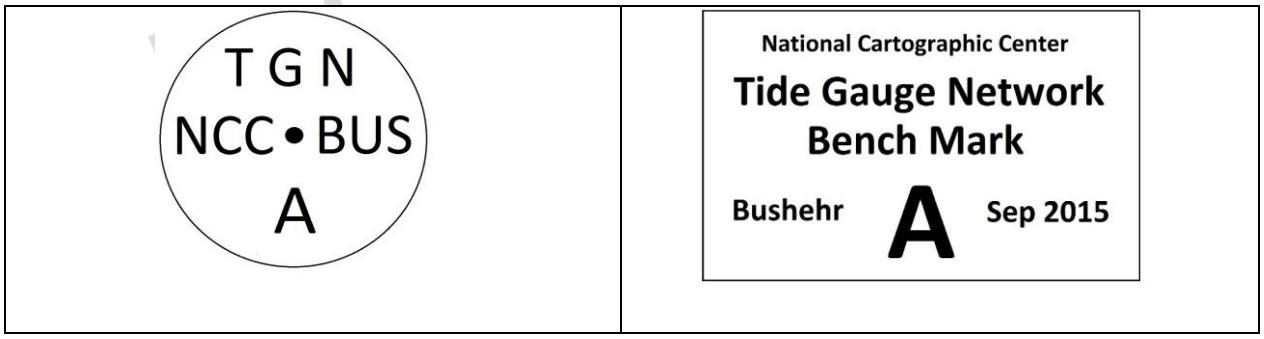
زمین‌های شیبدار به طور بالقوه بی ثبات هستند و از نصب بنچ مارک در اینگونه مناطق باید اجتناب شود.

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

۶-۳- نحوه نام گذاری ایستگاه‌های کنترلی

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

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



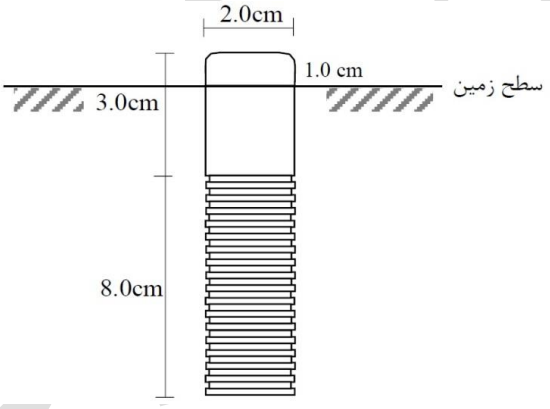
شکل۶-۱-سمت چپ : نمای ساختمان بتنی از بالا مربوط به اولین ایستگاه تایدگیج بندر بوشهر متعلق به سازمان نقشه برداری کشور(NCC) .
سمت راست : نحوه نگارش لوح فلزی مشخصات ایستگاه

۶-۴- ساختمان ایستگاه کنترلی (BM)

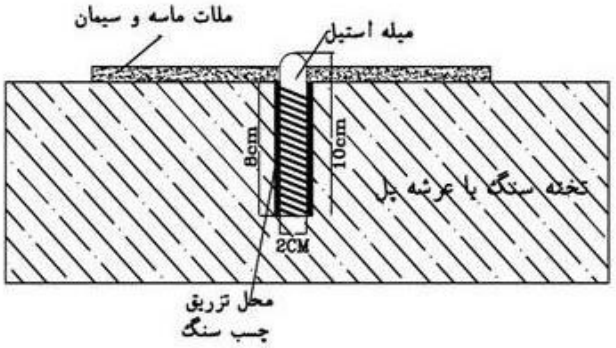
ایستگاه های کنترلی(بنچ مارک BM) با توجه به نوع ساخت آن شامل سنگی، بتنی، دیسکی و پیلار می‌باشد که نحوه ساخت هریک در زیر توضیح داده می شود.

۶-۴-۱- ایستگاه کنترل سنگی

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



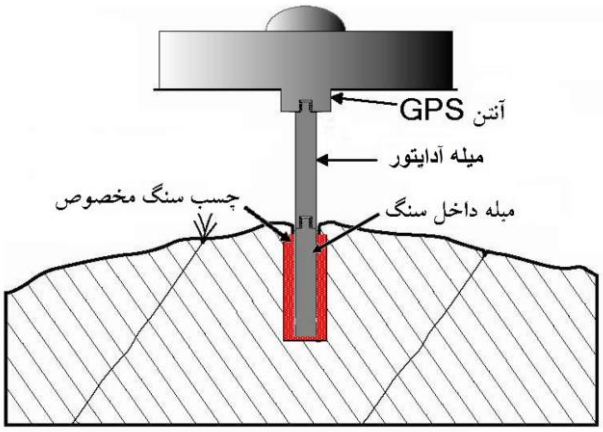
شکل۶-۲- میله ترازیابی سرگِرد مورد استفاده در ساختمان سنگی و بتنی



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

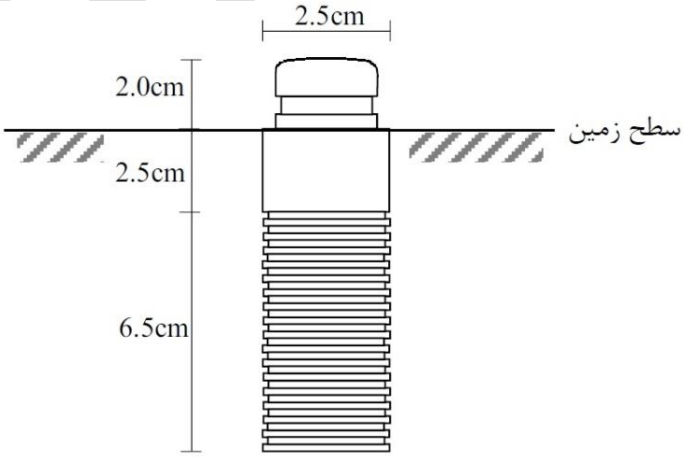
- برای ساخت این نوع بنچ مارک، نخست سوراخی به عمق 8 و قطر داخلی2 سانتیمتر بر روی کف سنگ یا بتن ایجاد نموده و با تزریق چسب سنگ مرغوب و استاندارد مطابق شکل فوق نصب شود.
- سر میله استیل به میزان یک تا دو سانتیمتر از سنگ یا بتن بیرون قرار می‌گیرد.
- در بنچ مارک‌های ایستگاه جزرومدی درجه دو لازمست که دو بنچ مارک دارای قابلیت نصب آنتن *GNSS* باشد.

در این بنچ مارک ها از میله استیل چند منظوره بجای میله استیل ترازیابی استفاده می‌شود. بخش فوقانی میله به شکلی است که امکان نصب آدابتور برای نصب مستقیم آنتن *GPS* را فراهم می آورد .(شکل زیر)



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

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



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

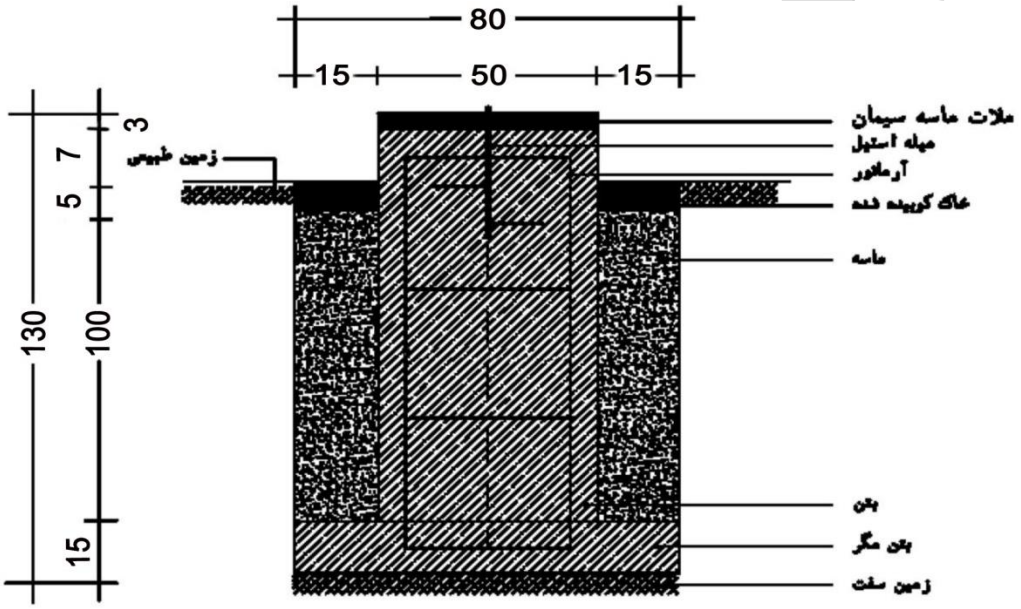
۶-۴-۲- ایستگاه کنترل بتنی

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

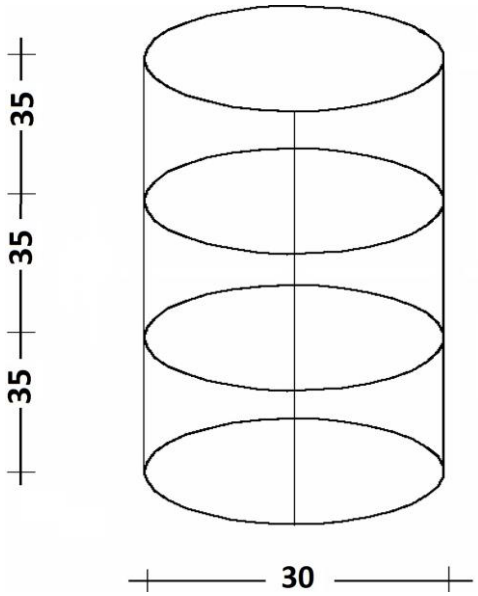
- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر80 سانتیمتر و عمق 120 سانتیمتر حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، کندن آن قدر ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم رسیده شود.
- چاله را به ارتفاع 15 سانتیمتر با بتن مگر[1] پر نموده و سپس آرماتورهای اصلی و عرضی در وسط آن قرارداده می‌شود.
- آرماتورهای اصلی شامل 4 عدد میلگرد به ارتفاع 105 سانتی‌متر و به قطر 8 تا 10 میلیمتر می‌باشد و آرماتورهای عرضی شامل حلقه‌هایی به قطر 30 سانتیمتر که قطر میلگرد آن 8 تا 10 میلیمتر بوده و تعداد آنها نیز 4 عدد می‌باشد. آرماتورهای اصلی با فواصل مساوی داخل آرماتورهای عرضی مهار می‌شوند.
- پس ازخشک شدن بتن زیرین (معمولا یکروز بعد)
- قالب رپر[2] استوانه‌ای شکل به قطر 50 سانتیمتر و ارتفاع 115 سانتیمتر را در چاله قرارداده و بتدریج ملات بتن را در آن ریخته و سپس آنرا کوبیده تا پرشود.[3]
- میله وسط رپر در مرکز بتن به صورت عمودی قرارداده شود که حدود 5 میلیمتر از سطح فوقانی رپر بالاتر قرار گیرد.
- میله وسط بتن که به عنوان نقطه ترازیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد یک میله استیل ضدزنگ و اسید و رزوه شده به قطر 2 سانتیمتر و طول بیست سانتیمتر است که بخش فوقانی آن بصورت نیمکره درآمده است.
- قبل از جای‌گذاری میلگردها باید اطمینان حاصل شود که رویه آن‌ها از هر نوع عامل و اثر زیانبار از قبیل گل، روغن، قیر، دوغاب سیمان خشک شده، زنگ پوسته شده و برف و یخ عاری باشد.
- به منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود 3 سانتیمتر از سطح بالای قالب رپر با سیمان و ماسه نرم پرشود. البته باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به صورت یکپارچه درآید. نام بنچ مارک همانگونه که در بند نحوه نامگذاری ذکر شد بر روی بتن و به سمت شمال مغناطیسی و به فاصله حداقل سه سانتی‌متر از لبه‌های بنچ مارک حکاکی شود.

1- بتن مگر، بتني است که نسبت سیمان و ماسه درآن تقریباً یك به چهار بوده و در ضمن کم آب نیز نباشد.
2- رپر اصطلاحا به ایستگاه و نقاطی که ساختمان آنها بتنی میباشد اطلاق میگردد
3- بهتر است ازیك ویبراتور براي متراکم کردن بتن استفاده شود.

- قالب رپر پس از خشک شدن نسبی رپر (معمولاروزبعد) برداشته می‌شود.
- قالب‌ها درصورت تغییرشکل، باید تعویض گردند.
- پس از برداشتن قالب، در سه روز متوالی روی آن آب ریخته سپس اطراف آنرا با ماسه نرم پرکرده و حدود 5 سانتیمتر آخر آنرا 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 10 و حداکثر 20 سانتیمتر در نظر گرفته شود.
- جزئیات مقطع، شبکه آرماتور و میل استیل ایستگاه بتنی (*BM*) در شکل‌های زیر آورده شده است.



شکل۶-۶- برش قائم ساختمان بنچ مارک ایستگاه تایدگیج



شکل۶-۷- آرماتور مورد استفاده در ساختمان بنچ مارک بتنی

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

- **سیمان:** در مناطق ساحلی کشور با توجه به گرمای هوا، نزدیکی به آب های شور و همچنین خطر سولفات ها و یون‌های کلر، باید از سیمان پرتلند نوع 2 استفاده شود. در سواحل جنوب کشور و به منظور کاهش نفوذپذیری سیمان، بهتر است از سیمان پرتلند نوع 2 همراه با پوزولان یا سیمان های پرتلند آمیخته پوزولانی استفاده شود. رنگ سیمان باید سبز تیره مایل به خاکستری 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 با توجه به اندازه آن‌ها به سه دسته زیر تقسیم می‌شود:

الف- ماسه: ماسه به مصالح سنگی گفته می‌شود که اندازه آن‌ها بین$0.15mm$ تا $4mm$ باشد.

ب- *شن:* به مصالح سنگی اطلاق می‌شودکه اندازه آن‌هابین$4mm$ تا $20mm$ باشد.

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

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

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

اختلاط بتن بر اساس 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)
خلیج فارس و دریای عمان	990	750	400	160	2300
دریای خزر	1070	725	370	165	2330

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

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

- مقاومت بتن معادل 300 برای خلیج فارس و دریای عمان و معادل250 برای دریای خزر
- نسبت آب به سیمان معادل 0/4 برای خلیج فارس و دریای‌عمان و معادل 0/45 برای دریای خزر
- عیار سیمان معادل 400 برای خلیج فارس و دریای عمان و معادل 375 برای دریای خزر
- حداکثر قطر سنگدانه معادل 20 میلیمتر برای خلیج‌فارس و دریای عمان و معادل 25 میلیمتر برای دریای‌خزر
- اسلامپ بتن معادل 25-50 میلیمتر

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

به منظور کاهش نفوذپذیری بتن و افزایش تراکم آن، بتن ریزی باید در لایه‌های 50 سانتیمتری انجام شده و استفاده از ویبراتور و ضربه با چکش پلاستیکی به قالب بتن به منظور متراکم سازی بتن ضروری است.مدت زمان استفاده از ویبراتور 3-5 ثانیه می‌باشد.

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

در صورت ساخت بتن در شرایط هوای گرم (دمای محیط بیش از 30 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از 70 درصد) و مناطق ساحلی جنوبی کشور 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 فعل و انفعالات شیمیایی ما بین آب و سیمان می‌باشد 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 الزاما در شرایطی ساخته می‌شود که مناسب به نظر نمی‌رسد شرایط مصنوعی بوجود آید، مثلا از بادشکن در زمان وزش باد استفاده شود یا در شرایط گرم روی بتن با گونی خیس یا سایبان پوشانده شود و به طور مرتب روی آن آب ریخته شود تا آب بتن به تدریج بخار شود. با آب پاشی به روی سنگدانه‌ها آنها را خنک کرده و یا خنک کردن 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.

سنگدانه ها باید کاملا شسته و تمیز شود

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

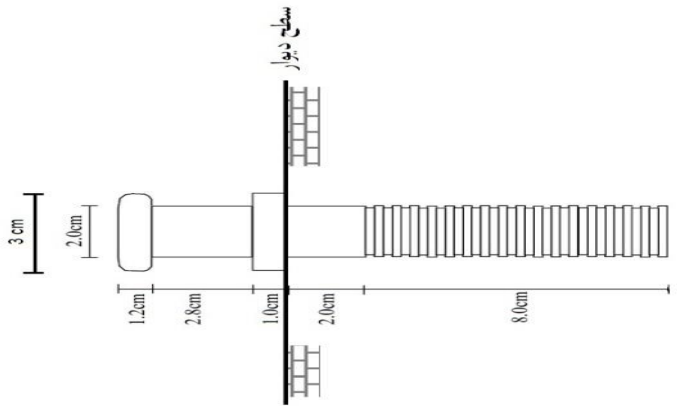
حداقل زمان مراقبت وعمل آوردن بتن (آبرسانی و عایق کاری بتن با پوشش پلاستیکی) در دمای محیط $5°C$ تا $25°C$، 4 روز متوالی بوده و در دمای بالاتر شامل مناطق گرم جنوب کشور این زمان به 7 روز افزایش می‌یابد.

اسلامپ بتن باید بین 25 تا 50 میلیمتر باشد.

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

۶-۴-۳- ایستگاه کنترل دیسکی

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



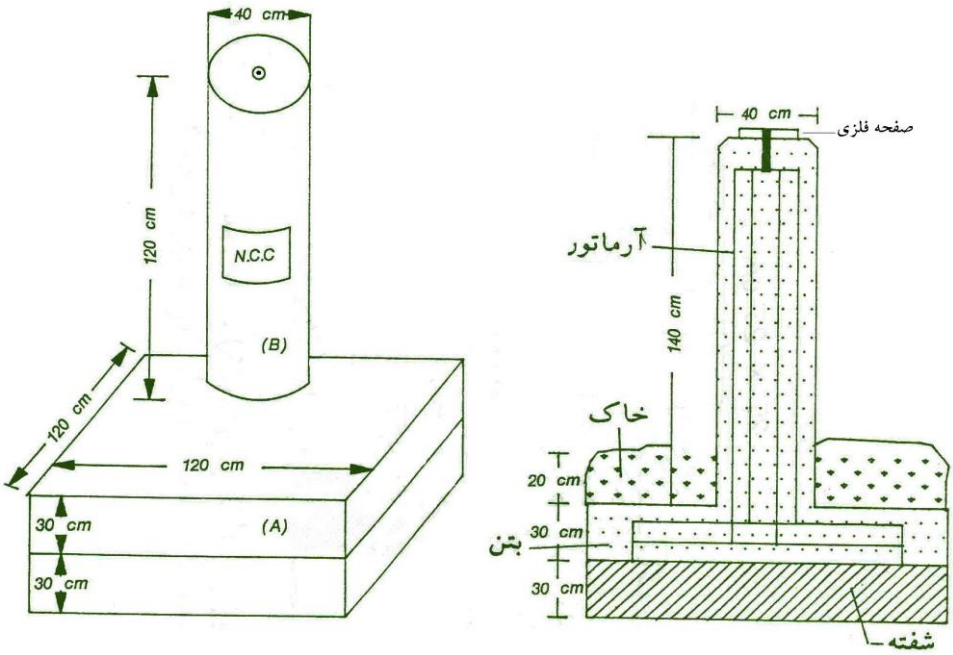
شکل۶-۸- دیسک استیل مورد استفاده در ساختمان دیسکی به منظور ترازیابی

- باید توجه شودکه اگرچه بیشتر ساختمانها نشست میکنند اما میزان نشست با گذشت زمان کاهش پیدا می‌کند بنابراین ساختمان‌هایی برای نصب بنچ مارک انتخاب شوند که بیش از پنج سال از ساخت آن‌ها گذشته است. دیوارهای دریایی کوچک (Seawall) به علت عدم ثبات کافی برای نصب بنچ مارک انتخاب نگردند. به طور معمول ساختمان های بالای سه طبقه، برجها، پایه پل‌ها مکان های مناسبی می باشند.
- فاصله دیسک نصب شده با زمین اطراف آن حدود50 سانتیمتر بوده و حداقل فاصله دیسک با سقف دیوار نباید کمتر از 3/30 متر باشد.
- نام بنچ مارک بر روی لوح فلزی که در بند نحوه نامگذاری گفته شد، حکاکی شود.لوح فلزی میتواند مستقیم روی ایستگاه یا در کنار آن نصب گردد.

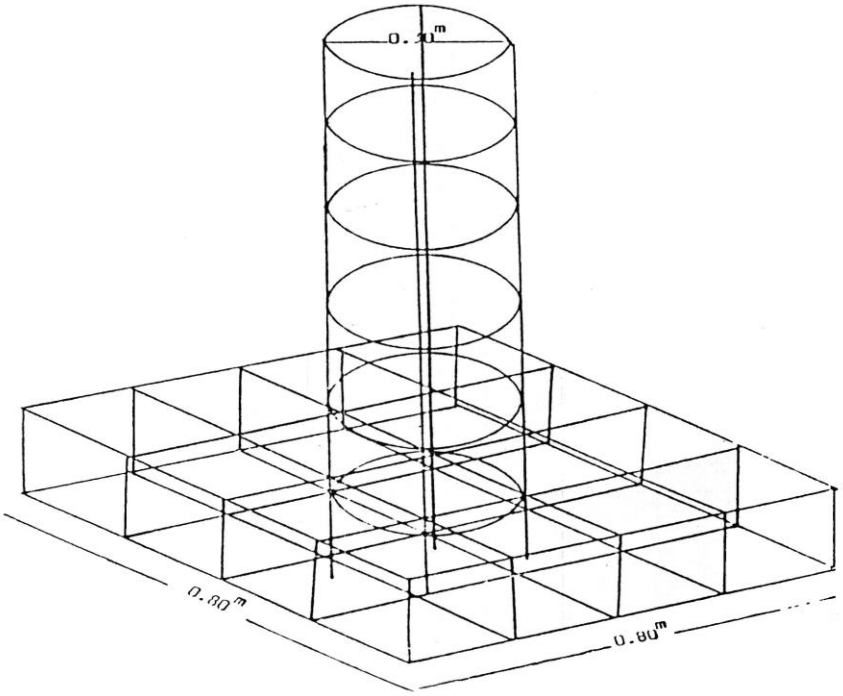
۶-۴-۴- ایستگاه پیلار

ساختمان این ایستگاه بتنی است مسلح با فونداسیون به ابعاد 60*120*120 سانتی‌متر که 50 سانتی متر از آن داخل زمین و 10 سانتی متر از آن در خارج زمین قرار دارد و در مرکز آن استوانه ای به ارتفاع120 سانتی متر و مقطع دایره‌ای با قطر 40 سانتی‌متر قرار گرفته است. بر روی مقطع استوانه دیسک استیل به قطر 20 سانتیمتر و ضخامت یک تا دو سانتی متر که در مرکز آن یک پیچ که قابلیت بسته شدن ترابراک بر روی آن را دارد، قرار گرفته است، مطابق با استاندارد و دستورالعمل نقاط شبکه مبنایی ژئودزی درجه صفر (به دستورالعمل همسان نقشه برداری (ژئودزی و ترازیابی (نشریه 1-119 مراجعه شود) می‌باشد که در شکل های زیر نشان داده شده است.

به منظور مکان یابی و ساختمان این گونه ایستگاه‌ها باید قبلا نشریه فوق‌الذکر مطالعه شده و به مفاد آن عمل شود. علاوه بر آن یک میله استیل روی قسمت فوندانسیون پیلار در قسمت مناسب جهت انجام ترازیابی تعبیه گردد.



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



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

۶-۴-۵- شناسنامه ایستگاه‌های کنترل

برای هر بنچ مارکی که ایجاد می شود می بایست شناسنامه تهیه گردد. شناسنامه ایستگاه‌های پیلار بر اساس فرم شناسنامه نقاط ژئودزی ماهواره‌ای (نشریه 1-119) می‌بایست تهیه شود. شناسنامه ایستگاه‌های سنگی، بتنی و دیسکی بر اساس فرم شناسنامه نقاط ترازیابی درجه یک کشور (نشریه 1-119) می‌بایست تهیه شود.

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

پیش نویس

فصل هفتم

آنالیز و کنترل کیفی داده‌های تراز دریا

پیش نویس

پیش نویس

۷- آنالیز و کنترل کیفی داده‌های تراز دریا

۷-۱- نیاز به کنترل

کنترل کیفیت داده‌های تایدگیج یک مساله بسیار ضروری در فرآیند تحلیل و استفاده از این داده‌ها است. مطمئن شدن از دقت، قابلیت اعتماد و صحت داده‌های تایدگیج بسیار مهم است زیرا این داده‌ها به عنوان یکی از منابع اصلی برای بررسی تغییرات سطح تراز دریا و بررسی وضعیت آن استفاده می‌شوند. در عمل، داده‌های تایدگیج ممکن است به دلایل مختلفی مانند خطاهای سنسور 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. فرآیند کنترل کیفیت داده‌های تایدگیج شامل بررسی جامع و تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها است. لذا با ایجاد سطح بندی میان داده‌ها می‌توان به‌طور دقیق به بررسی وضعیت آنها پرداخت.

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

1 .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.

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

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

4 .اعتبارسنجی و تأیید: کنترل کیفیت داده شامل اعتبارسنجی داده‌های تایدگیج نسبت به مجموعه داده‌های مرجع است، مانند داده‌های تایدگیج‌های مجاور، ماهواره های ارتفاع سنجی یا مدل‌های اقیانوسی. این فرآیند امکان ارزیابی دقت

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

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

6 .تصمیم‌گیری و ارزیابی خطر: داده‌های تایدگیج با کیفیت 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 موثری را در این زمینه اتخاذ کنند.

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

۷-۲- کنترل کیفی داده‌ها

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

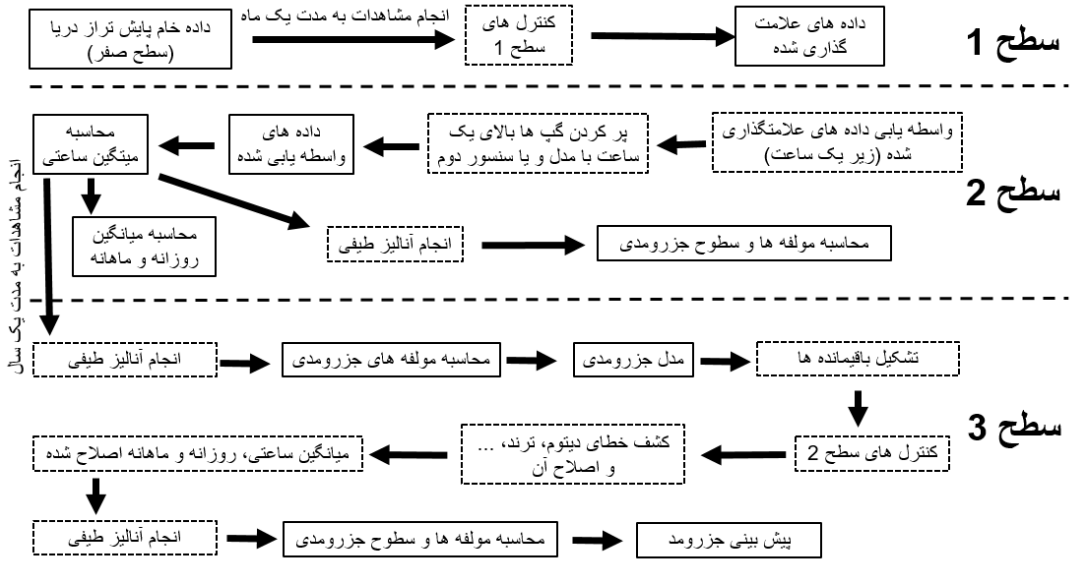
کنترل کیفیت داده ها با مقایسه داده ها با یکدیگر، دریافت اطلاعات همزمان از سنسور دیگر، جزرومد پیش بینی شده و داده‌های ایستگاه‌های مجاور انجام می‌شود. ویرایش و پر کردن گپ های داده باید تحت رویه‌ها و الگوریتم‌های ریاضی مستند انجام شده و تمامی ویرایش‌ها بر روی داده های اصلی باید قابل ردیابی باشد. داده های 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 می تواند به خاطرحرکت قائم تایدگیج، تایدپل یا بنچ مارک باشد باید بطور مستند توضیح داده شود. به

منظور اجتناب از اشتباهات، تمامی داده ها باید بر مبنای زمان UTC (GMT) ارائه شده و در غیر این‌صورت فاصله زمانی تا آن صریحا ذکر شود.

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

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

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



شکل۷-۱- فرآیند کلی پردازش داده های تراز دریا

خطاهای متداول در سری های زمانی اطلاعات تراز دریا عبارتند از: خطا در ثبت دستی اطلاعات، خطاها و نویزهای دستگاهی در ثبت اطلاعات، خطا در انتقال اطلاعات، خطای کالیبراسیون سنسورها (خطای دیتوم)، وجود اجسام شناور

در ذیل سنسورهای صوتی و راداری، خطای ساعت، خطای ناشی از تغییر سنسور یا دستگاه، خطای ناشی از جابجایی محل ایستگاه و تغییرات ارتفاعی منطقه.

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

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

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

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

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

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

جدول۷-۱- علامت(کد) های کنترل کیفی

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

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

۷-۲-۱- کنترل کیفیت داده های برخط (کنترل سطح صفر)

وقتی داده ها بصورت برخط (تاخیر زیر یک دقیقه) دریافت و مورد استفاده قرار میگیرند (مثلا در سیستم پایش سونامی)، انجام کنترل کیفی بصورت دلخواه عملا ممکن نیست چرا که در این نوع سیستم‌ها، دریافت بدون تاخیر داده

ها ضروریست و هرگونه حذف داده می تواند به حذف داده های متاثر از سونامی بیانجامد. در این موارد فقط برخی کنترل ها مانند کنترل قطع ارسال داده به منظور رفع آن می تواند در نظر گرفته شود. داده ها در این سیستم می باید توسط پرسنل با تجربه در مرکز پایش قبل از ورود به سیستم هشدار سونامی مورد بررسی قرار گیرند.کنترل‌های بعدی بر روی این داده ها می تواند قبل از آرشیو این داده‌ها برای کاربردهای غیر برخط در نظر گرفته شود.

۷-۲-۲- کنترل کیفیت داده های نزدیک برخط (کنترل سطح یک)

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

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

  داده در زمان مورد نظر دریافت نشده است = کد 9

  داده در زمان صحیح دریافت نشده است = کد 4

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

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

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

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

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

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

  ماورای مقادیر ماکزیمم و مینیمم قابل قبول = کد 3

  کد 4 در این تست تعریف نشده است.

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

در اینجا دو حد بزرگ و کوچک برای خطای فاحش تعریف می شود. خطای بالاتر از حد بزرگ به‌عنوان کد 4 و خطای بین دو حد به‌عنوان کد 3 منظور میشود. تشخیص داده های اشتباه بر اساس برازش تابع Spline در یک

پنجره اطلاعاتی متحرک 12 تا 16 ساعته انجام می شود. منحنی مورد استفاده از درجه دو بوده و طول پنجره میتواند بر اساس ویژگی های جزرومد و نرخ نمونه برداری انتخاب شود. در این الگوریتم، اشتباهات بر اساس فاصله بیش از n (n=3) برابر انحراف معیار باقیمانده ها از منحنی علامت گذاری می‌شوند. این الگوریتم برای باقیمانده‌ها تکرار می شود تا اشتباهات کوچکتر را که قبلا کشف نشده اند کشف شده و علامت گذاری شوند. حد بزرگ و کوچک به ترتیب 20 و 10 سانتیمتر در نظر گرفته شود.

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

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

- **تست شماره 7: تست مقادیر ثابت**

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

- **تست شماره 8: تست چند سنسوره**

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

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

این تست در ایستگاه هایی قابل انجام است که مدل جزرومدی در آن موجود باشد. مشاهدات از مدل کسر شده و باقیمانده ها با استفاده از تست های آماری 3sigma و یا باردا (پیوست شماره 5) مورد بررسی قرار می گیرند. به داده های رد شده در این تست کد 3 تعلق می گیرد. این تست در آب های غیر جزرومدی (دریاچه ها) کاربرد ندارد. پس از انجام تست های فوق، داده های با کد 3 و 4 بررسی شده و در صورت امکان اصلاح می شوند. پس از اتمام این مرحله، داده های باقیمانده با کد 3، 4 و 9 در صورتی که بازه زمانی آن زیر یک ساعت باشد واسطه‌یابی می شوند. در

ایستگاه های چند سنسوره، داده های سنسوری که عملکرد صحیح داشته است برای جایگزینی داده های اشتباه و گپ ها استفاده می شود. برای گپ های بالای یک ساعت در صورت وجود مدل، از آن برای پر کردن گپ استفاده شود.

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

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

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

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

کنترل سطح 2 یک کنترل تکمیلی است که برای داده‌های بلندمدت (یکسال و بالاتر) انجام می‌شود کنترل‌ها در این مرحله می‌تواند برای کشف خطاها و مشکلات در تایدگیج مورد استفاده 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، پیش‌بینی می‌تواند به دلیل استفاده از داده‌های آلوده و برای کنترل بیشتر توصیه می‌شود دو تا سه سنسور همزمان در ایستگاه فعالیت نموده و نتایج باهم مقایسه شوند. در این حالت می توان ضمن اطمینان از کیفیت داده‌ها نسبت به پر کردن گپ‌های اطلاعاتی اقدام نمود. ثبت اطلاعات زمان و تراز دریا بصورت میدانی و مقایسه آن با مشاهدات تایدگیج می باید بصورت 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 مولفه های هارمونیک از داده های سالیانه با استفاده از نرم افزارهای مختلف مانند Foreman، SELENE، TASK، TIRA، T_Tide/UTide و مقایسه آن با هم
- باقیمانده‌ها منبع خوبی برای بررسی خطاها و کیفیت داده هستند. بیشتر خطاهای مشاهداتی را می‌توان با بررسی باقیمانده‌ها کشف نمود. بعنوان مثال می‌توان به خطای دیتوم و وجود خطای ساعت اشاره نمود که موجب رفتار تناوبی در باقیمانده می‌شود. همچنین خطاهای بزرگ براحتی با بررسی باقیمانده‌ها قابل کشف هستند.
- خطای ساعت. خطای ساعت می‌تواند ساده (شیفت عددی) و یا پیچیده (شیفت وابسته به زمان) باشد. همانگونه که اشاره شد شیفت ساده موجب رفتار سینوسی بر روی باقیمانده‌ها می‌شود. همچنین این شیفت را می توان با استفاده از تابع وابستگی بین مشاهدات و پیش بینی و یا مقایسه مقدار فاز هارمونیک M2 قبل و بعد از شیفت بدست آورد. استفاده از سنسورها و ثبات‌های مختلف و مقایسه آن‌ها با یکدیگی نیز می‌تواند به کشف این خطا کمک نماید. پس از کشف این خطا لازم است تا زمان داده‌ها بر اساس این شیفت زمانی تصحیح شوند. استفاده از سیستم‌های GNSS و اتصال به اینترنت موجب تصحیح اتوماتیک زمان شده و موجب حذف خطای زمان می‌شود.
- پر کردن گپ ها. بسته به کاربرد، پر کردن گپ های یک سری زمانی ممکن است منطقی نباشد. گپ‌های کمتر از 24 ساعت بر اساس دستورالعمل IOC میتوانند با داده های سنسور دیگر و یا واسطه یابی پر شوند. این کار با واسطه یابی بر روی سری زمانی باقیمانده‌ها انجام شده و سپس مقادیر پیش بینی نجومی جزرومد به آن افزوده می شود. توجه شود که این روش برای پر کردن داده های ساعتی است و در خصوص پر کردن داده‌های متراکم (دقیقه) فعلا توصیه ای وجود ندارد و تنها می توان گپ های بسیار کوتاه در حد چند دقیقه را علامت گذاری و واسطه‌یابی نموده و سپس وارد مرحله محاسبه داده های ساعتی نمود.
- کشف تغییرات سطح مبنا: این مورد به دلیل حرکت قائم سنسور اتفاق می افتد که می تواند یکباره و یا تدریجی بوده و منشا طبیعی (فرونشست یا زلزله) و یا مصنوعی (تصادم و یا نگهداری ناصحیح) داشته باشد. این

تغییرات بویژه اگر بزرگ باشد براحتی بر روی داده های ساعتی قابل کشف است. ولی اگر کوچک و یا تدریجی باشد نیازمند بررسی دقیق تر است. در این حالت، استفاده از ایستگاه های مجاور، کنترل ارتفاعی با ترازیابی، مشاهدات GNSS و مشاهدات ارتفاع سنجی ماهواره ای می تواند به کشف این خطا کمک نماید. مقایسه میانگین ماهانه داده ها معمولا برای شناسایی تغییرات بلندمدت در حد چند سانتیمتر کافیست.

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

۷-۳- محاسبه میانگین ساعتی

داده های کنترل کیفی شده سطح یک پس از واسطه یابی به منظور محاسبه میانگین ساعتی استفاده می شوند. داده های ساعتی با استفاده از یک فیلتر پایین گذر با توجه به نرخ نمونه برداری داده‌ها محاسبه می شود. این فیلتر فرکانس های بالا را حذف نموده و داده های ساعتی بدست می آید که خصوصیات جزرومد را کماکان حفظ نموده است. برای محاسبه داده های ساعتی از داده های 5، 10، 15 و 30 دقیقه رابطه زیر استفاده می شود.

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

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

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

۷-۴- محاسبه میانگین روزانه

فیلترهای متعددی به منظور محاسبه میانگین و حذف فرکانس‌های بالا و انرژی جزرومد از روی داده ها وجود دارد که از آن جمله میتوان به فیلتر میانگین وزن دار متقارن دودسون موسوم به فیلتر X0 به شرح زیر اشاره نمود که نیازمند 39 ساعت داده ساعتی تراز دریاست:

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

$$F(d) = \left(2,1,1,2,0,1,1,0,2,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1\right)$$

که در آن x نشانگر مقدار میانگین، H بیانگر داده های تراز دریا و F وزن مشاهدات است که از فیلتر دودسون X0 به طول 39 ساعت استفاده می شود.

مقدار فیلتر برای زمان t=0، برابر صفر است. این فیلتر 99.94 و 99.79 درصد انرژی جزرومد در فرکانس های به ترتیب نیم روزانه و روزانه و 99.38 درصد فرکانس های بالاتر را حذف می‌کند. همچنین، انرژی فرکانس های غیر جزرومدی پایین تر توسط این فیلتر کاهش پیدا می‌کنند (60 درصد کاهش در فرکانس نیم روزانه و کاهش کمتر برای فرکانس‌های پایین‌تر). به عنوان مثال، نحوه محاسبه میانگین تراز دریا برای روز دوم ژانویه در زیر نشان داده شده است. در این محاسبه، ساعت 12 روز دوم ژانویه بعنوان زمان مرکزی در نظر گرفته شده است.

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

1 JANUARY

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

5.077 + 3. 217 + 1. 699

2 JANUARY

Time	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100
Height	3.070	4.611	5.825	6.167	5.895	5.267	4.395	3.496	2.663	1.979	1.648	1.774
	* 1	* 1		* 2		* 1	* 1		* 2	* 1	* 1	* 2

+ 3.070+4.611 + 12.334 + 5.267+4.395 + 5.326+1.979+1.648+3.548

Time	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
Height	2.513	3.855	5.088	5.670	5.668	5.347	4.730	3.888	2.998	2.249	1.804	1.760
		* 2	* 1	* 1	* 2		* 1	* 1		* 2		* 1

+ 7.710+5.088+5.670+11.336 + 4.730+3.888 + 4.498 + 1.760

3 JANUARY

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

+ 2.256 + 4.805 + 5.579 + 4.487

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

۷-۵- میانگین ماهیانه و سالانه

در داده های بلندمدت، میانگین ماهیانه می باید از میانگین داده های روزانه محاسبه شود که از اهمیت زیادی در کنترل کیفی بلندمدت داده و درک روند تغییرات بلندمدت تراز دریا و تغییرات فصلی آن برخوردار است. میانگین ماهیانه برای ماه های با گپ اطلاعاتی بیش از سه روز متوالی نباید محاسبه شود. نمونه جدول ماهیانه جزرومد در پیوست شماره 6 قابل مشاهده است. محاسبه متوسط ماهانه و سالانه تراز دریا ضمن کمک به کشف مشکلات در ایستگاه، اطلاعات با ارزشی در خصوص تغییرات بلندمدت تراز دریا فراهم می‌آورد. PSMSL توصیه می کند که متوسط ماهانه از متوسط‌های روزانه محاسبه شود که از میانگین‌های روزانه پس از اعمال فیلتر (مانند 39 ساعته Doodson، 71 ساعته Demerliac و یا فیلتر UHSLC) که انرژی جزرومد فرکانس روزانه و بالاتر از آن حذف شده است، بدست آمده‌اند. بنابراین متوسط ماهانه با میانگین حسابی ساده از داده‌های ساعتی فیلتر شده بدست می آید. تعداد روزهای گپ (بدون داده) در ماه می‌بایست حتما گزارش شده و محاسبه متوسط ماهانه با از داده های با گپ بیش از 15 روز توصیه نمی‌شود. PSMSL

میانگین سالانه را از متوسط وزن‌دار متوسط های ماهانه محاسبه می نماید که در آن وزن هر داده به نسبت روزهای حاوی داده در هر ماه در نظر گرفته می شود و در صورتیکه فقدان داده بالای یک ماه باشد، میانگین سالانه محاسبه نمی شود. بصورت تاریخی، متوسط‌های ماهانه و سالانه گاها از سطح متوسط جزرومدی MTL گزارش شده اند که در گذشته و قبل از بکارگیری سیستم های اتوماتیک جزرومد سنجی، بسیار ساده تر بوده است. بطوریکه از میانگین آبهای بالا در یک ماه MHW و میانگین آب های پایین در یک ماه MLW بدست آمده و از میانگین این دو MTL حاصل می شده است. توجه شود که MTL و MSL متفاوت از هم می باشند (بویژه در مناطق کم عمق).

۷-۶- کنترل های تکمیلی

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

- بررسی وابستگی: ضرایب وابستگی بین داده های سنسورهای مختلف و یا داده های ایستگاه‌های مجاور و یا پارامترهای مختلف در یک ایستگاه (مانند باد، فشار و ...) قابل محاسبه است. در این گونه موارد در صورتیکه وابستگی سری زمانی باقیمانده های غیر جزرومدی با ایستگاه مجاور بالای 0.7 باشد، یک خط به آن برازش داده شده و می تواند به منظور پر کردن گپ ها مورد استفاده قرار گیرد (به جز ابتدا و انتهای سری زمانی).
- آنالیز با استفاده از توابع تجربی متعامد EOF: این آنالیز بر روی سری زمانی برای محاسبه سیگنال موجود در داده و همچنین تشخیص خطاهای محتمل در داده می تواند به کار رود. تفاوت در واریانس EOF میتواند نشاندهنده خطا در سری زمانی باشد.

سری زمانی متوسط ماهانه و سالانه میتواند به کنترل دیتوم ارتفاعی و کشف مشکلات آن کمک کند که در داده اصلی با فرکانس بالا زیر سیگنال جزرومدی ماسک شده و آشکار نیست. از مشکلات احتمالی قابل کشف در این خصوص می توان به پرش های کوچک دیتوم در بخش های مختلف داده اشاره نمود که ناشی از تغییرات ایستگاه و یا بروزرسانی

آن می‌باشد. استفاده از فراداده ایستگاه به منظور اطلاع از تغییرات اعمال شده بر روی ایستگاه می تواند بسیار کمک کننده باشد. استفاده از داده‌های ماهواره های ارتفاع سنجی در زمان عبور از محل ایستگاه و مقایسه آن با داده های ایستگاه دیگر همچنین می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

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

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

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

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

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

۷-۷- کنترل دیتوم ایستگاه

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

۷-۸- آنالیز هارمونیک و مدل جزرومد

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

با توجه به حرکات متعدد نسبی ماه، خورشید و زمین نسبت به یکدیگر، تعداد نامحدودی از مولفه های هارمونیک برای توصیف کامل پدیده جزرومد نیاز خواهد بود. ولی بعد از 37 مولفه اول، تاثیر مولفه های باقیمانده در عمده مناطق بسیار اندک بوده و فقط در مناطق با رفتار پیچیده جزرومد مانند خورها و خلیج های با مدخل آب کوچک بیش از یکصد مولفه برای توصیف کامل جزرومد شامل تاثیرات غیرخطی ناشی از عمق کم و اصطکاک بستر دریا لازم خواهد بود. فاصله ماه با زمین در دوران خود به دور زمین متفاوت است. این دوران 27.5546 روز یا 661.31 ساعت خورشیدی طول می کشد. بنابراین، سرعت آن معادل 360 درجه تقسیم بر 661.31 برابر با 0.544 درجه بر ساعت خواهد بود. با جمع و تفریق این سرعت با سرعت M2، دو مولفه N2 و L2 با سرعت به ترتیب 29.528 و 28.440 درجه بر ساعت حاصل می شوند. مولفه روزانه مربوط به میل ماه و خورشید K1 و مولفه روزانه اصلی مربوط به میل ماه O1 همچنین به دلیل زاویه میل صفحه دورانی ماه ایجاد می‌شوند که با توجه به پریود 327.86 ساعت، سرعت آن 1.098 درجه بر ساعت بوده و بنابراین، سرعت مولفه‌های فوق به ترتیب 15.041 و 13.943 درجه بر ساعت خواهد بود. به همین روش می‌توان همچنین سرعت مولفه اصلی روزانه مربوط به میل خورشید P1 را به‌میزان 14.959 درجه بر ساعت به دست آورد.

آنالیز هارمونیک در واقع بیان پریودیک یک سری زمانی از طریق تجزیه به مولفه های پریودیک آن است. اگر پریود یک مولفه معلوم باشد، محاسبه مقدار آن و حذف آن از داده امکان‌پذیر می‌شود به شرطی که داده به اندازه کافی بلند مدت باشد. عموما، داده یکساله برای آنالیز هارمونیک به منظور محاسبه مولفه‌های اصلی جزرومد کافیست. از آنالیز هارمونیک داده‌های تراز می توان مقادیر دامنه و فاز هر مولفه را محاسبه نمود که این مقادیر برای داده های هر ایستگاه ثابت بوده و منحصر به همان ایستگاه می باشد. به منظور پیش بینی جزرومد در هر ایستگاه، ضروریست تا اطلاعات دامنه و فاز مولفه ها برای آن ایستگاه معلوم باشد. با این اطلاعات میتوان موج کسینوسی متناظر برای هر مولفه را ترسیم نموده و در زمان پیش بینی (مثلا یکسال) ادامه داد. مجموع این امواج کسینوسی متناظر با مولفه های به دست آمده، سیگنالی مشابه مشاهدات جزرومدی برای یکسال آینده تولید می کند که می تواند بعنوان پیش بینی مورد استفاده قرار گیرد.

رابطه هارمونیک جزرومدی را می‌توان بطور کلی بصورت زیر نوشت:

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

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

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

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

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

جدول۷-۲-مشخصات مولفه های اصلی جزرومد

Species and name	Symbol	Period Solar hours	Relative Size
Semi - diurnal :			
Principal lunar	M2	12.42	100
Principal solar	S2	12	47
Larger lunar elliptic	N2	12.66	19

Luni - solar semi - diurnal	K2	11.97	13
Diurnal :			
Luni - solar diurnal	K1	23.93	58
Principle lunar diurnal	O1	25.82	42
Principle solar diurnal	P1	24.07	19
Larger lunar elliptic	Q1	26.87	8
Long period :			
Lunar fortnightly	Mf	327.9	17
Lunar monthly	Mm	661.3	9
Solar semi - annual	Ssa	4383	8
Solar annual	Sa	8766	1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

جدول۷-۳- تعیین رژیم جزرومدی

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

۷-۹- محاسبه سطوح جزرومدی

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

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

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

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

MHWS = Z0 + (M2+S2)
MHWN = Z0 + |M2-S2|
MLWS = Z0 – (M2+S2)
MLWN = Z0 - |M2-S2|

MHHW = Z0 + (M2+K1+O1)
MLHW = Z0 + |M2-(K1+O1)|
MHLW = Z0 – |M2-(K1+O1)|
MLLW = Z0 – (M2+K1+o1)

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

جدول۷-۴-نمونه مولفه ها، دامنه و فاز جزرومدی

NO	NAME	FREQUENCY	Amplitude	Phase
1	ZO	0	2.27	360
2	MSF	0.00282193	0.05	53
3	2Q1	0.03570635	0.01	163
4	Q1	0.0372185	0.01	238
5	O1	0.03873065	0.29	237
6	NO1	0.0402686	0.05	238
7	K1	0.04178075	0.42	308
8	J1	0.0432929	0.02	297
9	OO1	0.04483084	0.02	45
10	UPS1	0.04634299	0.02	280
11	N2	0.07899925	0.08	238
12	M2	0.0805114	0.44	260
13	S2	0.08333334	0.16	331
14	ETA2	0.08507364	0.01	353
15	MO3	0.1192421	0.03	54
16	M3	0.1207671	0.02	159
17	MK3	0.1222921	0.03	116
18	SK3	0.1251141	0	75
19	MN4	0.1595106	0.01	104
20	M4	0.1610228	0	201
21	MS4	0.1638447	0.01	87
22	S4	0.1666667	0.01	188
23	2MK5	0.2028036	0.01	138
24	2SK5	0.2084474	0.01	56
25	2MN6	0.240022	0.01	40
26	M6	0.2415342	0	150
27	2MS6	0.2443561	0.01	260
28	2SM6	0.2471781	0.01	50
29	3MK7	0.2833149	0.01	31
30	M8	0.3220456	0.01	39

۷-۱۰- محاسبه چارت دیتوم (CD)

۷-۱۰-۱- محاسبه چارت دیتوم در آب های جزرومدی

چارت دیتوم سطح مبنایی است که عمق‌های چارت های دریایی نسبت به آن نمایش داده شده اند. این سطح مبنا در هیدروگرافی و با مشاهدات جزرومدی در منطقه عملیاتی و آنالیز آن بدست می آید. چارت دیتوم می‌باید به گونه ای تعریف شود که پایین ترین تراز دریا بوده و تراز آب به ندرت پایین تر از آن قرار گیرد. بنابراین، عموما LAT و در برخی کشورها MLLW بعنوان چارت دیتوم در نظر گرفته می شود. بدیهی است که داده‌های بلندمدت جزرومدی می تواند به تعریف دقیق تر چارت دیتوم بیانجامد. با این همه، استفاده از مولفه های اصلی جزرومد که از داده‌های یک ماهه قابل استخراج است دقت کافی را برای محاسبه چارت دیتوم به منظورهای هیدروگرافی تامین می کند. به منظور محاسبه چارت دیتوم در منطقه خلیج فارس و دریای عمان از سطح مبنای ISLW (*Indian Spring Low Water*) به صورت زیر استفاده می شود:

برای جزرومد نیم روزانه و غالب نیم روزانه:

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

برای جزرومد روزانه و غالب:

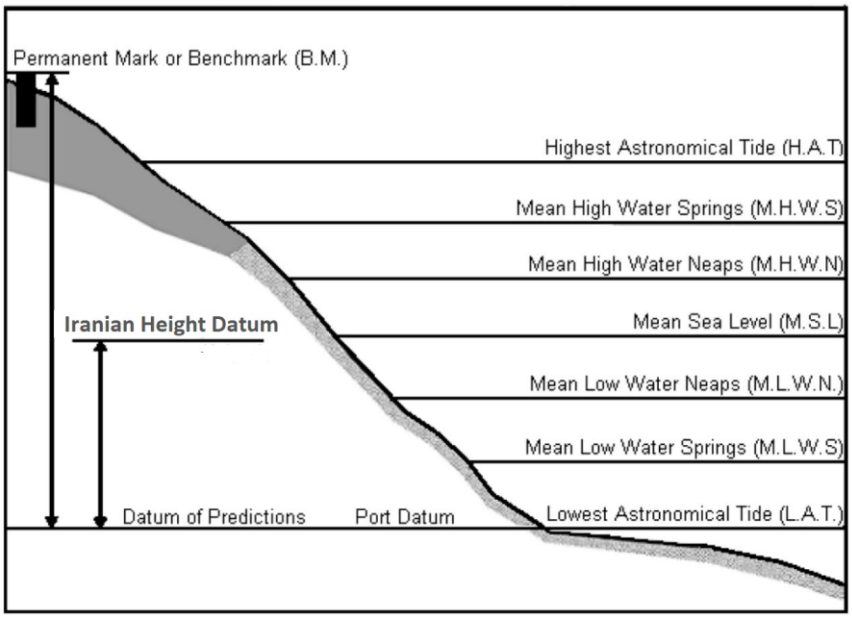
$$CD = Zo - (O1+KI+M2+S2)$$

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

۷-۱۰-۲- چارت دیتوم در آبهای بسته

در آبهای بسته (دریاچه ها) مانند دریای خزر (کاسپین) با توجه به فقدان و یا ناچیز بودن جزرومد و غالب بودن تاثیرات اقلیمی و آب و هوایی بر تغییرات تراز دریا، چارت دیتوم به مانند دریاهای آزاد قابل تعریف نیست. دریاچه ها عمدتا دارای تغییرات پریودیک آب و هوایی با دوره تناوب یک سال می‌باشند. با اینهمه، وجود روندهای غیر پریودیک تعریف چارت دیتوم و پیش‌بینی تراز دریا را در دریاچه ها با چالش روبرو می‌نماید. امروزه، وجود ایستگاه های پایش تراز دریا در سواحل دریاچه ها و داده های حاصل از آن شناخت بهتری را از رفتارهای پریودیک و غیر پریودیک دریاچه ها در اختیار قرار داده است ولی عدم قطعیت بالای مدل های تغییرات اقلیمی و وابستگی دریاچه ها به تغییرات اقلیمی منطقه ای موجب می گردد تا مدلسازی تغییرات تراز دریاچه ها به سادگی آب های آزاد نباشد. با توجه به مطالب فوق، چارت

دیتوم در دریاچه ها بصورت متوسط تراز دریاچه در یک دوره کم آبی می تواند در نظر گرفته شود. در صورت افزایش و یا کاهش عمده تراز دریا بصورت غیر پریودیک، ممکن است تعریف چارت دیتوم جدید لازم تشخیص داده شود.



شکل۷-۲- دیتوم های جزر و مدی

فصل هشتم

فراداده و فرمت داده

پیش نویس

پیش نویس

۸- فراداده اطلاعات تراز دریا

۸-۱- فراداده اطلاعات تراز دریا

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

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

جدول۸-۱-فراداده اطلاعات تراز دریا

اطلاعات سازمان یا نهادهای مسئول مسئول		
عنوان	توصیف	مثال
ایجاد کننده	مسئول جمع آوری داده	سازمان نقشه برداری کشور
همکار	مشارکت کنندگان در کل یا بخشی از عملیات	سازمان بنادر و دریانوردی
نهادهای دیگر	نهادهای پشتیبانی کننده از عملیات	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی
تاریخچه نگهداری		
عنوان	توصیف	مثال
تاریخ – زمان	زمان و تاریخ بروزرسانی	2015-06-21 11:00
شخص	شخص بروز کننده	M. Yazdani
سازمان	سازمان مورد نظر	NCC
اطلاعات موقعیت ایستگاه		
عنوان	توصیف	مثال
کشور	کشوری که ایستگاه در آن قرار دارد	IRAN
نام ایستگاه	نامی که برای ایستگاه در نظر گرفته شده	TG-Bush

عرض جغرافیایی	عرض جغرافیایی (اعشاری) با ذکر N یا S	24.3450 N
طول جغرافیایی	طول جغرافیایی (اعشاری) با ذکر E یا W	51.3410 E
نحوه تعیین موقعیت	چگونه موقعیت به دست آمده است	Map 1:25000
دقت موقعیت	دقت موقعیت مسطحاتی (به متر)	10 m
دیتوم مسطحاتی	سطح مبنای ژئودتیک مسطحاتی	WGS 84
زون زمانی نسبت به UTC	زون زمانی محل ایستگاه و آفست از GMT(UTC)	GMT +3.5

ایستگاه های کنترل

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

مشخصات ایستگاه‌های کنترل

عنوان	توصیف	مثال
سازمان مسئول	سازمان مسئول مشاهدات	دیسکی – نصب شده بر روی دیوار ساختمان
نام اختصاری	نام مورد استفاده توسط مسئول	TGBM
عرض جغرافیایی	عرض جغرافیایی (اعشاری) با ذکر N یا S	24.3455 N
طول جغرافیایی	طول جغرافیایی (اعشاری) با ذکر E یا W	51.3415 E
نحوه تعیین موقعیت	چگونه موقعیت به دست آمده است	Map 1:25000
دقت تعیین موقعیت	دقت موقعیت مسطحاتی (به متر)	10 m
دوره ترازیابی	ترازیابی با چه نرخ زمانی تکرار میشود	سالیانه

سطح مبنا (دیتوم)

عنوان	توصیف	مثال

تعریف دیتوم	تعریف دیتوم نسبت به دیتوم محاسبه شده	1.5 متر پایین تر از MSL
نهاد تعریف‌کننده	نهاد تعریف‌کننده دیتوم	NCC
ارتفاع TGBM	ارتفاع نسبی TGBM نسبت به دیتوم	4.654
اپک مشاهداتی	بازه مشاهداتی مورد استفاده	1995-2020
دقت	دقت در واحد متر	0.001 m

ارتباط دیتوم و BM ها

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

نوع دستگاه مشاهده تراز دریا

عنوان	توصیف	مثال
حسگر 1	نوع دستگاه :شناوری، راداری، آکوستیک ،	آکوستیک
	مشخصات دستگاه	----------
	تاریخچه عملیاتی	----------
حسگر 2	----------	شناوری

مشخصات دستگاهی

عنوان	توصیف	مثال
سازنده	سازنده دستگاه	شرکت .....
مدل	مدل دستگاه	……..
تاریخ نصب	تاریخ نصب و راه اندازی	2005-06-15 12:00
تاریخ خاتمه	تاریخ خاتمه فعالیت	----------

دستگاه های جانبی

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

مشخصات دستگاه‌های جانبی

عنوان	توصیف	مثال
پارامتر	پارامتر مورد مشاهده	فشار هوا
سازنده	سازنده حسگر	شرکت .....
مدل	مدل سنسور	A-123
تاریخ نصب	تاریخ نصب و راه اندازی	2005-06-15 12:00
تاریخ خاتمه	تاریخ خاتمه فعالیت	---------
آدرس وب برخط	لینک وب برای داده برخط	http://slms.ncc.gov.ir
آدرس وب داده آرشیوی	لینک وب برای سفارش داده آرشیو شده	http://eshop.ncc.gov.ir
آدرس وب داده پیش بینی	لینک وب برای داده پیش بینی جزرومد	http://slms.ncc.gov.ir

پردازش داده با تاخیر

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 فیلتر ...
روش پر کردن گپ	گپ ها چگونه پر شده اند	سنسور پشتیبان/ پیش بینی / ....
روش کنترل کیفی	کنترل کیفی چگونه انجام شده	.....
بالاترین نرخ داده	کمترین فاصله نمونه برداری	15 دقیقه

مشخصات فایل داده (با تاخیر)

عنوان	توصیف	مثال

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

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

۸-۲- فرمت داده های تراز دریا

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

```
# FORMAT VERSION 3.0 Web: http://gesla.org
# SITE NAME BUSHEHR
# COUNTRY IR IRAN
# CONTRIBUTOR Iran National Cartographic Center
# LATITUDE 25.0167N
# LONGITUDE 51.2833E
# COORDINATE SYSTEM Unspecified
# START DATE/TIME 1990/12/31 10:00:00
# END DATE/TIME 2010/12/31 12:00:00
```

TIME ZONE HOURS +3.5
DATUM INFORMATION: Zero of Tide Height
Quality Control L2
INSTRUMENT Radar
PRECISION 0.01 (m)
NULL VALUE 99999
#
CREATION DATE 2020/05/15
#
COLUMN 1 Date yyyy/mm/dd
COLUMN 2 Time hh:mm:ss
COLUMN 3 Observed sea level (m)
COLUMN 4 Observed sea level QC flag
COLUMN 5 used-in-extremes-analysis flag (1 = used, 0 = not used)
#
Quality-control (QC) flags
#
0 - no quality control
1 – Good data
2 – Interpolated value
3 – Probably Bad value (Doubtful value, typically not used)
4 – Bad value, isolated spike or wrong value
#5– Correct but extreme value
#6– Reference change detected, typically not used
#7– Constant values, i.e. flat-lining
8 –Out of range
9 - missing value

1990/12/31	15:00:00	1.1900	1	0
1990/12/31	16:00:00	1.3000	1	0
1990/12/31	17:00:00	1.4000	1	0
1990/12/31	18:00:00	1.4500	1	0

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

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

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

پیش نویس

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-13, 1st Edition, International Hydrographic Organisation

IOOS QARTOD Project, 2021. Manual for Real-Time Quality Contro; 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 2, Silver Spring, Maryland.

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

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

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

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

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

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

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

پیش نویس

پیوست 1: شناسنامه ایستگاه پایش تراز دریا

سازمان نقشه برداری کشور N.C.C
مدیریت آبنگاری و امور جزرومدی

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

سازمان یا شرکت نصب 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 دستگاه: Station type	شهرستان: City	عرض جغرافیایی: Latitude	تاریخ شروع قرائت:

بنچ مارک اصلی	نام :	عامل نصب:	تاریخ ترازیابی:	نزدیکترین ایستگاه ترازیابی دقیق:
	نوع:	تاریخ نصب:	عامل ترازیابی:	
بنچ مارک 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:**

پیش نویس

پیش نویس

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

این فرم می باید 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

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

5- شرایط و وضعیت فیزیکی تایدپل: □ خوب □ قابل قبول

□ نامناسب

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

توضیحات: .....

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

10- 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.. ... / ..... / .....

پیش نویس

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

توضیحات: .....

12- کنترل ولتاژ باطری‌ها: ☐ بله ☐ خیر ولتاژ باطری پنل : ولتاژ باطری داخلی :

توضیحات: .....

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

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

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

توضیحات: .....

15- ارتفاع از لبه اسکله و سنسورها تا سطح لحظه‌ای آب دریا در فواصل زمانی 15 دقیقه ای بر حسب متر و سانتیمتر:(مثال: 2/65)

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

16- ترازیابی بین ایستگاه های کنترلی(BM)، تایدپل و سنسورها انجام شده است: ☐ بله ☐ خیر

17- فرم ترازیابی به پیوست می باشد: ☐ بله ☐ خیر

توضیحات تکمیلی: .....

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

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

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

پیش نویس

توضیحات تکمیلی: .....

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

پیش نویس

پیوست 3: محاسبه میانگین ساعتی از داده های با نرخ 5، 10، 15 و 30 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 داده های تراز دریا و مقادیر F، ضرایب یا وزن هستند که مقادیر آن برای داده های 5، 10، 15 و 30 دقیقه‌ای به صورت زیر می باشد:

- فیلتر 5 دقیقه (M=54)

0	0.0648148					
1	0.0643225	0.0628604	0.0604728	0.0572315	0.0532331	0.0485954
2	0.0434525	0.0379505	0.0322412	0.0264773	0.0208063	0.0153661
3	0.01028	0.0056529	0.0015685	-0.0019127	-0.0047544	-0.0069445
4	-0.0084938	-0.0094346	-0.0098173	-0.0097074	-0.0091818	-0.0083247
5	-0.0072233	-0.0059642	-0.0046296	-0.0032942	-0.0020225	-0.0008672
6	0.0001321	0.0009493	0.0015716	0.0019984	0.0022398	0.0023148
7	0.0022492	0.0020729	0.0018178	0.0015155	0.0011954	0.000883
8	0.0005986	0.0003568	0.0001662	0.0000294	-0.000056	-0.000097
9	-0.0001032	-0.0000862	-0.0000578	-0.0000288	-0.0000077	0

- فیلتر 10 دقیقه (M=27)

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

- فیلتر 15دقیقه (M=18)

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

- فیلتر 30 دقیقه (M=12)

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

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

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

فیلتر متقارن دودسون X0 به طول 39 ساعت:

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

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

- فیلتر 72 ساعته :

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

- فیلتر 168 ساعته :

0	0.0625					
1	0.0620947	0.0608882	0.0589092	0.0562042	0.0528366	0.0488849
2	0.04444	0.0396035	0.0344838	0.0291942	0.0238489	0.0185604
3	0.0134364	0.0085771	0.0040724	0	-0.0035764	-0.0066086
4	-0.0090645	-0.0109286	-0.0122017	-0.0129004	-0.0130559	-0.0127126
5	-0.0119261	-0.0107611	-0.0092892	-0.0075864	-0.0057306	-0.0037988
6	-0.0018656	0	0.0017357	0.0032878	0.0046125	0.0056768
7	0.0064587	0.0069477	0.0071442	0.007059	0.0067124	0.0061329
8	0.0053557	0.0044211	0.0033729	0.0022566	0.0011177	0
9	-0.001056	-0.002014	-0.0028436	-0.0035204	-0.0040274	-0.0043543
10	-0.0044986	-0.0044643	-0.0042621	0.0039086	-0.0034248	-0.0028359
11	-0.0021697	-0.0014553	-0.0007225	0	0.0006853	0.0013091
12	0.001851	0.0022943	0.0026273	0.0028429	0.0029389	0.0029178
13	0.0027864	0.0025555	0.002239	0.0018536	0.0014176	0.0009503

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

پیوست 5 : تست های آماری مشاهدات کنترل کیفی

تست سه‌سیگما (Three Sigma Test)

یکی از روش‌های آماری است که برای تشخیص و حذف مشاهدات اشتباه یا نامعمول در داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تست بر اساس مفهوم سه‌سیگما در آمار و کنترل کیفیت بنا شده است. تست سه‌سیگما در سطح اطمینان 99 درصد انجام شده و مراحل آن به شرح زیر است:

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

2. محاسبه محدوده سه‌سیگما: عدد انحراف معیار در 3 ضرب شده و حاصل با علامت مثبت و منفی با میانگین جمع می‌شود. محدوده به دست آمده برای تست داده ها مورد استفاده قرار می گیرد.

3. مشاهدات مورد تست قرار می گیرند بطوریکه هر مشاهده داخل محدوده به عنوان مشاهده خوب تلقی شده و هر مشاهده خارج از این محدوده به عنوان یک مشاهده اشتباه یا مشکوک در نظر گرفته می‌شود.

4. 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 تست سه‌سیگما می‌تواند مشاهدات معتبر را نیز به عنوان مشکوک در نظر بگیرد و در عین حال، برخی مشاهدات اشتباه را نادیده بگیرد. بنابراین، استفاده از تست سه‌سیگما تنها یک روش ممکن برای کنترل کیفیت داده‌ها است و انجام آن ما را از تست های دیگر بی نیاز نمی کند. همچنین، توجه شود که تست سه‌سیگما برای داده‌های با توزیع نرمال یا نزدیک به آن به کار می رود. بنابراین، این تست عموما بر روی باقیمانده ها انجام شده و بهتر است داده ها قبل از تست به منظور اطمینان از نرمال بودن توزیع آن مورد تست قرار گیرند.

تست باردا (Barda test)

پس از مدلسازی دقیق سطح تراز دریا با استفاده از مدل تجربی جزر و مدی، 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. تست باردا تستی است که به صورت جداگانه براساس فرضیات آماری با تعریف فرض صفر H_0 و فرض مخالف صفر H_a به کشف باقیمانده های مشکوک می‌پردازد. مراحل یافتن مشاهده اشتباه براساس باقیمانده ها به صورت زیر می‌باشد.

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

بزرگترین باقیمانده مشکوک انتخاب می‌گردد و مشاهده متناظر آن حذف می شود. سرشکنی مجدداً بدون مشاهده مورد نظر انجام شده و باقیمانده‌ها دوباره برآورد می‌شود. در ادامه تک تک باقیمانده ها تست شده و دوباره باقیمانده‌های مشکوک انتخاب می گردد و باز بزرگترین باقیمانده مشکوک را انتخاب کرده و مشاهده متناظر آن حذف می شود. سرشکنی مجدداً بدون مشاهدات حذف شده انجام 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 تست قرار گرفته و در صورت رد شدن در تست به عنوان داده اشتباه قطعی ارزیابی می‌شود.

پیوست 6: نمونه فرمت جدول ماهیانه جزرومد

Date: Dec 20 2002 Monthly HIGH/LOW WATER LEVEL DATA

October, 2002 Organisation: …….. Station: ……...

U.T.M.: …. E/W St. Name: ……. Units: Meters

Type: Mixed Datum: CD Note: …… Quality: Verified Lev 2

	High		Low			High		Low	
Day	Time	Height	Time	Height	Day	Time	Height	Time	Height
1	7.5 < 20.2	8.037 8.071	2.4 < 12.9	7.326 7.197	16	< 9.7 < 21.3	[8.292] 8.782	2.6 14.6	7.394 7.563
2	8.8 < 21.4	8.000 8.176	2.6 < 14.3	7.173 7.066	17	10.6 < 22.8	8.345 8.323	< 6.0 < 15.4	7.470 7.245
3	9.5 < 22.3	8.233 8.314	3.2 < 15.6	7.157 7.049	18	10.7 23.3	8.257 8.230	4.0 16.7	7.248 7.196
4	10.5 < 23.1	8.525 8.599	4.1 < 16.3	7.163 7.057	19	< 11.8 < 23.4	8.296 8.292	< 4.3 17.1	7.140 7.204
5	< 11.5 23.8	8.632 8.466	4.4 < 17.1	7.109 6.873	20	12.4	8.209	< 5.0 < 17.5	7.066 6.994
6	12.2	8.477	< 5.8 18.2	6.670 6.832	21	0.4 < 12.8	[8.128] 8.297	5.8 18.1	7.036 7.090
7	< 0.5 < 13.3	8.582 8.819	< 6.4 19.2	6.961 6.969	22	0.9 < 13.4	8.142 8.216	< 6.5 19.0	6.999 7.040
8	1.3 < 14.0	8.457 8.644	6.9 < 20.1	6.888 6.877	23	1.4 < 13.7	[8.075] [8.180]	< 6.9 < 19.1	7.013 6.915
9	2.3 < 14.9	8.355 8.631	< 7.9 20.9	6.852 6.986	24	2.1 < 14.7	7.934 8.164	7.3 19.9	6.969 7.093
10	3.4 < 15.8	8.316 8.497	< 8.2 21.2	6.969 7.086	25	2.9 < 15.4	[7.993] 8.156	< 8.0 < 20.3	7.047 7.136
11	4.3 < 16.7	8.240 8.455	< 9.4 22.1	7.129 7.305	26	3.8 < 16.2	[8.061] 8.607	8.3 23.5	7.204 7.389
12	5.2 < 17.7	8.295 8.462	< 10.3	7.38	27	4.6 < 17.1	7.974 8.216	< 9.1 21.9	7.090 7.348
13	5.9 < 18.7	8.266 8.344	0.5 11.8	7.481 7.461	28	5.4 < 17.9	7.860 8.008	< 10.5	7.064
14	6.8 < 20.1	8.077 8.161	< 2.2 < 12.7	7.401 7.190	29	6.2 < 18.6	7.949 8.042	1.5 < 11.6	7.243 7.109
15	8.3 20.9	8.156 8.273	2.0 < 14.1	7.349 7.344	30	< 20.0 7.3	[8.052] [8.154]	< 1.5 13.0	7.197 7.211
					31	8.3 < 20.7	8.215 8.290	2.1 < 14.1	7.239 7.222

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

Monthly Means:	MHHW	8.357
	MHW	8.272
	MTL	7.707
	DTL	7.724
	MSL	7.668
	MLW	7.141
	MLLW	7.091

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

2024

پیش نویس