



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رئیس سازمان

شماره:	۱۰۰/۹۳۶۱
تاریخ:	۸۶/۱/۲۹
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری (تجدیدنظر اول)	

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۳۱) قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی و نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷-هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۱-۱۱۹ (تجدیدنظر اول) دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری (ژئودزی و ترازیابی)» از نوع گروه اول (لازم‌الاجرا)، ابلاغ می‌شود؛ تا از تاریخ ۱۳۸۶/۴/۱ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرح‌های عمرانی، الزامی است.

مطالب مندرج در این دستورالعمل جایگزین مطالب مشابه از مندرجات نشریه ۱-۱۱۹ تا ۴-۱۱۹ پیوست دستورالعمل شماره ۲۰۰۹-۵۶/۱۷۵۴۹-۱ مورخ ۱۳۷۱/۱۱/۳ می‌شوند.

امیرمنصور برقی
معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

جمهوری اسلامی ایران

دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری

جلد اول: ژئودزی و ترازیابی

نشریه شماره ۱-۱۱۹

سازمان نقشه‌برداری کشور

www.ncc.org.ir

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و

کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

<http://tec.mporg.ir>

فهرست برگه

<محل نامه ابلاغ>

<محل نامه ابلاغ>



فهرست مطالب

صفحه

عنوان

xiii

پیشگفتار

xv

مقدمه

فصل اول : استاندارد ژئودزی

۱	۱- استاندارد ژئودزی
۱	۱-۱- کلیات سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS
۱	۱-۱-۱- سیستم مختصات
۱	۱-۱-۲- سطح مبنای مسطحاتی
۲	۱-۱-۳- سطح مبنای ارتفاعی
۲	۱-۱-۴- سرویس بین‌المللی GPS
۳	۱-۲- تعریف درستی (accuracy) و دقت (precision)
۳	۱-۲-۱- دقت مطلق
۳	۱-۲-۲- دقت نسبی
۴	۱-۲-۳- دقت مختصات مسطحاتی
۴	۱-۲-۴- دقت ارتفاعی
۴	۱-۲-۵- دقت مختصات سه بعدی
۴	۱-۲-۶- ضریب تعدیل دقت DOP
۵	۱-۲-۷- استاندارد دقت تعیین موقعیت در GPS

فصل دوم : دستورالعمل ژئودزی

۷	۲- دستورالعمل ژئودزی
۷	۲-۱- ایجاد شبکه های مبنایی مسطحاتی GPS: درجه صفر، ۱، ۲ و ۳
۷	۲-۱-۱- طراحی
۸	۲-۱-۲- شناسایی و علامت گذاری
۸	۲-۱-۳- ساختمان
۹	۲-۱-۳-۱- ساختمان نقاط شبکه مبنایی درجه صفر
۱۰	۲-۱-۳-۲- ساختمان نقاط شبکه های مبنایی درجه ۱ و ۲
۱۰	۲-۱-۳-۱-۲- مناطق غیر سنگی
۱۱	۲-۱-۳-۲-۲- مناطق سنگی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۲	۲-۱-۳-۳- شبکه مبنایی درجه ۳
۱۲	۲-۱-۳-۳-۱- مناطق خاکی
۱۲	۲-۱-۳-۳-۲- مناطق خاکی - سنگی
۱۳	۲-۱-۳-۳-۳- مناطق سنگی
۱۳	۲-۱-۳-۳-۴- پشت بام ساختمان
۱۴	۲-۱-۳-۳-۵- ساختمان علائم راهنما شبکه درجه ۳
۱۴	۲-۱-۴- اندازه گیری
۱۴	۲-۱-۴-۱- روش اندازه گیری
۱۶	۲-۱-۴-۲- تجهیزات اندازه گیری
۱۶	۲-۱-۴-۳- عملیات صحرایی
۱۸	۲-۱-۵- پردازش و سرشکنی
۲۰	۲-۱-۶- ارائه گزارش و نتایج
۲۱	۲-۲- بازسازی نقاط ژئودزی
۲۲	۲-۳- ایجاد شبکه های مسطحاتی موردی و محلی با استفاده از GPS
۲۲	۲-۳-۱- طراحی
۲۲	۲-۱-۳-۱- شبکه های اصلی با گسترش سطحی
۲۳	۲-۱-۳-۲- شبکه های اصلی با گسترش طولی
۲۴	۲-۱-۳-۳- شبکه های محلی کوچک
۲۴	۲-۳-۲- شناسایی و علامت گذاری
۲۵	۲-۳-۳- ساختمان
۲۵	۲-۱-۳-۳-۱- مناطق خاکی
۲۶	۲-۱-۳-۳-۲- مناطق خاکی - سنگی
۲۶	۲-۱-۳-۳-۳- مناطق سنگی
۲۶	۲-۱-۴-۳- اندازه گیری
۲۷	۲-۱-۴-۳-۱- تعیین بهترین زمان مشاهدات
۲۸	۲-۱-۴-۳-۲- تجهیزات اندازه گیری - گیرنده و آنتن
۲۸	۲-۱-۴-۳-۳- انجام مشاهدات
۳۰	۲-۱-۵-۳- پردازش و سرشکنی
۳۲	۲-۱-۶-۳- ارائه گزارش و نتایج
۳۳	۲-۴- انتقال مختصات از شبکه های مبنایی موجود
۳۴	۲-۵- ایجاد شبکه های مبنایی مسطحاتی کلاسیک: درجه ۱ و ۲ و ۳
۳۴	۲-۵-۱- طراحی
۳۵	۲-۵-۲- شناسایی
۳۶	۲-۵-۳- اندازه گیری ها در ژئودزی کلاسیک

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۳۶	۲-۵-۳-۱- اندازه گیری شبکه ژئودزی کلاسیک درجه ۱
۳۸	۲-۵-۳-۲- اندازه گیری شبکه ژئودزی کلاسیک درجه ۲
۳۹	۲-۵-۳-۳- اندازه گیری شبکه ژئودزی کلاسیک درجه ۳

فصل سوم: استاندارد تراز یابی

۴۱	۳- استاندارد تراز یابی
۴۱	۳-۱- استاندارد نقاط و عملیات ارتفاعی
۴۲	۳-۲- استاندارد شبکه‌های ارتفاعی

فصل چهارم: دستور العمل‌های تراز یابی

۴۳	۴- دستور العمل تراز یابی
۴۳	۴-۱- دستور العمل‌های عملیات زمینی
۴۳	۴-۱-۱- دستور العمل عملیات ارتفاعی (ترازیابی) درجه یک
۴۳	۴-۱-۱-۱- طراحی و شناسایی تراز یابی درجه یک
۴۳	۴-۱-۱-۱-۱- طراحی مسیرهای تراز یابی درجه یک
۴۳	۴-۱-۱-۱-۲- شناسایی مسیرهای تراز یابی درجه یک
۴۳	۴-۱-۱-۱-۳- نامگذاری لوپ‌ها و خطوط درجه یک
۴۳	۴-۱-۱-۱-۴- انتخاب محل ایستگاه‌ها
۴۴	۴-۱-۱-۲- ساختمان ایستگاه‌های تراز یابی درجه یک
۴۴	۴-۱-۲-۱- تعیین نهایی محل ایستگاه درجه یک
۴۴	۴-۲-۱-۱- مشخصات و خصوصیات مصالح مورد استفاده در ساختمان ایستگاه‌های تراز یابی
۴۵	۴-۲-۱-۱-۲- طرح اختلاط مصالح در ساخت بتن
۴۵	۴-۲-۱-۱-۳- نسبت آب به سیمان
۴۵	۴-۲-۱-۱-۴- نسبت سیمان به مصالح سنگی
۴۶	۴-۲-۱-۱-۴- ساختمان ایستگاه تراز یابی درجه یک (BM)
۴۸	۴-۲-۱-۱-۴- ساختمان نقاط رفرانس درجه یک (RM)
۵۰	۴-۲-۱-۱-۴- حک نام
۵۰	۴-۲-۱-۱-۴- حک نام بر روی (BM)
۵۱	۴-۲-۱-۱-۴- حک نام بر روی (RM)
۵۱	۴-۲-۱-۱-۴- تهیه شناسنامه ایستگاه درجه یک
۵۲	۴-۳-۱-۱- دستگاه‌های اندازه گیری و وسایل مورد نیاز
۵۲	۴-۳-۱-۱-۴- تست و کالیبراسیون شاخص (پیش از اندازه گیری)
۵۳	۴-۳-۱-۱-۴- کالیبراسیون شاخص‌های متریکی
۵۳	۴-۳-۱-۱-۴- کالیبراسیون شاخص‌های بارکد

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۴	۴-۱-۱-۵- تنظیم‌های صحرایی
۵۴	۴-۱-۱-۵-۱- کنترل خط دیدگانی
۵۵	۴-۱-۱-۵-۲- روش تنظیم خط دیدگانی در ترازیب‌های اُپتیکی
۵۵	۴-۱-۱-۵-۳- روش تنظیم خط دیدگانی در ترازیب‌های رقومی
۵۵	۴-۱-۱-۵-۴- تنظیم تراز کروی ترازیب
۵۶	۴-۱-۱-۵-۵- کنترل و تنظیم تراز کروی شاخص ترازیبی (کنترل قائم بودن شاخص)
۵۷	۴-۱-۱-۵-۶- تنظیم سه پایه
۵۷	۴-۱-۱-۶- اندازه‌گیری
۵۷	۴-۱-۱-۶-۱- اصول کلی
۵۷	۴-۱-۱-۶-۲- روش اندازه‌گیری
۵۸	۴-۱-۱-۶-۳- الزامات در اندازه‌گیری
۵۸	۴-۱-۱-۶-۴- روش قرائت و کنترل خطا در ترازیب‌های اُپتیکی
۵۹	۴-۱-۱-۶-۵- روش قرائت و کنترل خطا در ترازیب‌های رقومی
۵۹	۴-۱-۱-۶-۶- شرایط اندازه‌گیری
۶۰	۴-۱-۱-۶-۷- جمع‌آوری اطلاعات جانبی
۶۰	۴-۱-۱-۷- کنترل و محاسبات دفتری
۶۰	۴-۱-۱-۸- تصحیحات
۶۰	۴-۱-۱-۸-۱- تصحیح انکسار
۶۱	۴-۱-۱-۸-۲- تصحیح ارتومتریک
۶۱	۴-۱-۱-۸-۳- تصحیح کالیبراسیون
۶۱	۴-۱-۱-۸-۴- تصحیح درجه حرارت
۶۱	۴-۱-۱-۹- تست و آنالیز پیش از سرشکنی
۶۲	۴-۱-۱-۱۰- سرشکنی
۶۲	۴-۱-۱-۱۱- تست بعد از سرشکنی
۶۴	۴-۱-۲- دستورالعمل عملیات ارتفاعی (ترازیابی) درجه دو
۶۴	۴-۱-۲-۱- طراحی و شناسایی ترازیبی درجه دو
۶۴	۴-۱-۲-۱-۱- طراحی مسیرهای ترازیبی درجه دو
۶۴	۴-۱-۲-۱-۲- شناسایی مسیرهای ترازیبی درجه دو
۶۴	۴-۱-۲-۱-۳- نامگذاری لوپ‌ها و خطوط درجه دو
۶۴	۴-۱-۲-۱-۴- انتخاب محل ایستگاه‌ها
۶۵	۴-۱-۲-۲- تعیین نهایی محل ایستگاه
۶۵	۴-۱-۲-۳- مشخصات و خصوصیات مصالح مورد استفاده در ساختمان ایستگاه‌های ترازیبی
۶۵	۴-۱-۲-۴- طرح اختلاط مصالح در ساخت بتن
۶۵	۴-۱-۲-۵- ساختمان ایستگاه ترازیبی درجه دو (BM)

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۷	۴-۱-۲-۶- ساختمان نقاط رفرانس درجه دو (RM)
۶۸	۴-۱-۲-۷- حک نام
۶۸	۴-۱-۲-۷-۱- حک نام بر روی بنج مارک (BM)
۶۹	۴-۱-۲-۷-۲- حک نام بر روی رفرانس مارک (RM)
۶۹	۴-۱-۲-۸- تهیه شناسنامه ایستگاه درجه دو
۷۰	۴-۱-۲-۹- دستگاه‌های اندازه‌گیری و وسایل مورد نیاز
۷۰	۴-۱-۲-۱۰- تست و کالیبراسیون شاخص (پیش از اندازه‌گیری)
۷۱	۴-۱-۲-۱۱- تنظیم‌های صحرایی
۷۱	۴-۱-۲-۱۲- اندازه‌گیری
۷۱	۴-۱-۲-۱۲-۱- اصول کلی
۷۱	۴-۱-۲-۱۲-۲- روش اندازه‌گیری
۷۲	۴-۱-۲-۱۲-۳- الزامات در اندازه‌گیری
۷۲	۴-۱-۲-۱۲-۴- روش قرائت و کنترل خطا در ترازیب‌های اُپتیکی
۷۳	۴-۱-۲-۱۲-۵- روش قرائت و کنترل خطا در ترازیب‌های رقومی
۷۳	۴-۱-۲-۱۲-۶- شرایط اندازه‌گیری
۷۳	۴-۱-۲-۱۳- کنترل و محاسبات دفتری
۷۴	۴-۱-۲-۱۴- تصحیحات
۷۴	۴-۱-۲-۱۴-۱- تصحیح اُرتومتریک
۷۴	۴-۱-۲-۱۴-۲- تصحیح کالیبراسیون
۷۴	۴-۱-۲-۱۴-۳- تصحیح درجه حرارت
۷۴	۴-۱-۲-۱۵- تست و آنالیز پیش از سرشکنی
۷۴	۴-۱-۲-۱۶- سرشکنی
۷۵	۴-۱-۲-۱۷- تست بعد از سرشکنی
۷۶	۴-۱-۳- دستورالعمل عملیات ارتفاعی درجه سه
۷۶	۴-۱-۳-۱- طراحی و شناسایی ترازیبی درجه سه
۷۶	۴-۱-۳-۱-۱- طراحی مسیرهای ترازیبی درجه سه
۷۶	۴-۱-۳-۱-۲- شناسایی مسیرهای ترازیبی درجه سه
۷۶	۴-۱-۳-۱-۳- نامگذاری خطوط درجه سه
۷۶	۴-۱-۳-۱-۴- انتخاب محل ایستگاه‌ها
۷۷	۴-۱-۳-۲- تعیین نهایی محل ایستگاه
۷۷	۴-۱-۳-۳- مشخصات و خصوصیات مصالح مورد استفاده در ساختمان ایستگاه‌های ترازیبی
۷۷	۴-۱-۳-۴- طرح اختلاط مصالح در ساخت بتن
۷۷	۴-۱-۳-۵- ساختمان ایستگاه ترازیبی درجه سه (BM)
۷۸	۴-۱-۳-۶- حک نام بر روی ایستگاه (BM)

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۷۹	۷-۳-۱-۴- شناسنامه ایستگاه درجه یک
۷۹	۸-۳-۱-۴- دستگاه‌های اندازه گیری و وسایل مورد نیاز
۸۰	۹-۳-۱-۴- تنظیم‌های صحرائی
۸۰	۱-۹-۳-۱-۴- کنترل و تصحیح خط دیدگانی
۸۱	۲-۹-۳-۱-۴- تنظیم تراز کروی تراز یاب
۸۱	۳-۹-۳-۱-۴- کنترل و تنظیم تراز کروی شاخص تراز یابی (کنترل قائم بودن شاخص)
۸۲	۴-۹-۳-۱-۴- تنظیم سه پایه
۸۲	۱۰-۳-۱-۴- اندازه گیری
۸۲	۱-۱۰-۳-۱-۴- اصول کلی اندازه گیری
۸۲	۲-۱۰-۳-۱-۴- روش اندازه گیری
۸۳	۳-۱۰-۳-۱-۴- الزامات در اندازه گیری
۸۳	۴-۱۰-۳-۱-۴- روش قرائت و کنترل خطا در تراز یاب‌های اُپتیکی
۸۴	۵-۱۰-۳-۱-۴- روش قرائت و کنترل خطا در تراز یاب‌های رقومی
۸۴	۶-۱۰-۳-۱-۴- شرایط اندازه گیری
۸۴	۱۱-۳-۱-۴- کنترل و محاسبات دفتری
۸۴	۱۲-۳-۱-۴- تست و آنالیز پیش از سرشکنی
۸۵	۱۳-۳-۱-۴- سرشکنی
۸۵	۱۴-۳-۱-۴- تست بعد از سرشکنی

پیوست یک : روابط ژئودزی

۸۷	۱-۱- محاسبه دقت مختصات مسطحاتی
۸۷	۱-۱-۱- بیضی خطای ۹۵٪ مطلق
۸۷	۲-۱-۱- دایره خطای ۹۵٪ مطلق
۸۸	۳-۱-۱- بیضی خطای ۹۵٪ نسبی
۸۹	۴-۱-۱- دایره خطای ۹۵٪ نسبی
۸۹	۲-۱- محاسبه دقت مختصات ارتفاعی
۸۹	۱-۲-۱- فاصله اطمینان ۹۵٪ مطلق
۸۹	۲-۲-۱- فاصله اطمینان ۹۵٪ نسبی

پیوست دو : شکل های ژئودزی

۹۱	شکل ۱- مقطع نقاط ژئودزی ماهواره ای (GPS) در مناطق غیر سنگی
۹۱	شکل ۲- مقطع نقاط ژئودزی ماهواره ای (GPS) در مناطق سنگی
۹۲	شکل ۳- پیلار ژئودزی درجه صفر (GPS)
۹۲	شکل ۴- مقطع آرماتور بندی پیلار ایستگاه ژئودزی درجه صفر GPS

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹۳	شکل ۵ - مقطع نقاط GPS در شبکه های اصلی
۹۴	شکل ۶ - مقطع ایستگاههای اصلی GPS روی پشت بام
۹۵	شکل ۷ - مقطع علائم راهنما روی پشت بام
۹۶	شکل ۸ - نمونه ای از تغییرات PDOP
۹۷	شکل ۹ - تصویری از نمای آسمانی ماهواره ها
	پیوست سه : فرم های ژئودزی
۹۹	فرم شماره ۱ - فرم قرائت زوایا در شبکه ژئودزی کلاسیک
۱۰۰	فرم شماره ۲ - فرم خلاصه مشاهدات طول و زاویه در ایستگاه
۱۰۱ و ۱۰۲	فرم شماره ۳ - فرم ثبت اطلاعات صحرایی GPS
۱۰۳	فرم شماره ۴ - فرم خلاصه جلسات مشاهداتی GPS
۱۰۴ و ۱۰۵	فرم شماره ۵ - فرم شناسنامه ایستگاه های GPS
۱۰۷	پیوست چهار : فرم های تراز یابی
۱۱۵	منابع و ماخذ

پیشگفتار

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، طبق مواد ۲۳ و ۳۴ قانون برنامه و بودجه، به منظور ایجاد هماهنگی و ارتقای کیفیت فعالیت‌های فنی، دارای مسئولیت‌های زیر می‌باشد:

- تعیین معیارها و استانداردها، همچنین اصول کلی و شرایط عمومی قراردادهای مربوط به طرح‌های عمرانی .
 - نظارت بر اجرای فعالیت‌ها و طرح‌های عمرانی که هزینه آنها از محل اعتبارات جاری و عمرانی دولت تامین می‌شود.
- به منظور ایجاد معیارهای فنی مشخص و مورد توافق برای اجرا و نظارت قراردادهای نقشه‌برداری، مجموعه دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری (نشریه شماره ۱۱۹) توسط معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه تدوین، و به عنوان ملاک عمل در اختیار تمامی مشاوران و پیمانکاران نقشه‌برداری در طرح‌های عمرانی قرار گرفت. این مجموعه، که اولین نگارش آن در سال ۱۳۷۱ به چاپ رسید، با گذشت زمان و پیشرفت‌های قابل توجه در دانش و فن‌آوری نقشه‌برداری، دیگر پاسخگوی نیازهای فنی روز نبود. پیشرفت‌های علمی و همچنین مطرح شدن مقوله‌های جدید در رشته مهندسی نقشه‌برداری، از قبیل سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS)، نقشه‌های رقومی و ... ایجاب می‌کرد که دستورالعمل‌های مزبور بازنگری و توسعه داده شوند.
- در سال ۱۳۸۰، سازمان نقشه‌برداری کشور به عنوان سازمان مادر تخصصی در زمینه‌های نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، با هماهنگی معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مأموریت یافت تا نسبت به بازنگری مجموعه دستورالعمل‌های موجود اقدام نماید. بدین منظور، گروه‌های کاری و راهبری، زیر نظر کمیته استاندارد و معاونت فنی سازمان نقشه‌برداری کشور تشکیل گردید تا نسبت به تدوین و بازنگری دستورالعمل‌های مزبور اقدام نمایند. سری جدید دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری، مجموعه‌ای شامل ۱۱ جلد می‌باشد که جلد حاضر بخشی از این مجموعه است. فهرست جلد‌های سری مزبور به شرح زیر می‌باشد:

- جلد اول (۱-۱۱۹): ژئودزی و ترازیابی
- جلد دوم (۲-۱۱۹): نقشه‌برداری هوایی (کلیات)
- جلد سوم (۳-۱۱۹): سیستم اطلاعات مکانی (کلیات)
- جلد چهارم (۴-۱۱۹): کارتوگرافی (کلیات)
- جلد پنجم (۵-۱۱۹): میکروژئودزی
- جلد ششم (۶-۱۱۹): داده‌های شبکه‌ای و تصویری
- جلد هفتم (۷-۱۱۹): آبنگاری
- جلد هشتم (۸-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه و پایگاه داده توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰
- جلد نهم (۹-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه و پایگاه داده توپوگرافی مقیاس ۱:۱۰۰۰
- جلد دهم (۱۰-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه و پایگاه داده توپوگرافی مقیاس ۱:۲۰۰۰
- جلد یازدهم (۱۱-۱۱۹): استاندارد و دستورالعمل تهیه نقشه مقیاس ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰

برای حفظ هماهنگی و همگامی با پیشرفت‌های ملی و جهانی، استانداردها و دستورالعمل‌های تدوین شده در مواقع لزوم مورد تجدید نظر قرار خواهند گرفت و پیشنهادات در هنگام تجدید نظر مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین برای مراجعه به این مجموعه‌ها باید همواره از آخرین نگارش آنها استفاده نمود.

اسامی اعضای گروه راهبری در سازمان نقشه‌برداری کشور، به شرح زیر است:

مهندس محمد سرپولکی	معاون فنی
مهندس شاهین قوامیان	رئیس کمیته استاندارد
مهندس بهداد غضنفری	مدیر پژوهش و برنامه‌ریزی
مهندس مرتضی صدیقی	رئیس آموزشکده نقشه برداری
مهندس علی اسلامی راد	مدیر کل نقشه‌برداری هوایی
مهندس محسن رجب‌زاده	مدیر امور نظارت و کنترل فنی

این مجلد، تحت عنوان ژئودزی و ترازیابی توسط اعضای گروه‌های کاری زیر تدوین شده است.

- اعضای گروه کاری ژئودزی:
 - دکتر یحیی جمور (مسئول گروه کاری)
 - مهندس فرهاد صادقی
 - مهندس اکرم السادات علیج‌انزاده
 - مهندس علیرضا نعمتی
- اعضای گروه کاری ترازیابی:
 - مهندس سعدالله اسدپور
 - مهندس مقصود ایازیان
 - مرحوم مهندس مسعود جوادی
 - مهندس میر صیاد رحیمی
 - مهندس مرتضی صدیقی (مسئول گروه کاری)
 - مهندس سیاوش عربی
 - مهندس آزاده کوه زارع
 - مهندس ابراهیم مالکی
 - مهندس حمیده معینی
 - دکتر بهزاد وثوقی

جا دارد که از تمام کسانی که به طریقی گروه‌های کاری فوق را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی گردد. از آقای مهندس حمیدرضا نانکلی و آقای مهندس محمود شاکری نیز که در بخش ژئودزی مجموعه حاضر همکاری داشته‌اند تشکر می‌گردد. همچنین، از آقای مهندس مجید خاکساران‌خوش که زحمت ویراستاری بخش ترازیابی این مجموعه را تقبل نموده‌اند تشکر می‌شود.

مقدمه

ژئودزی علم تعیین موقعیت نقاط واقع بر سطح زمین به منظور تعیین شکل و ابعاد زمین، تعیین میدان ثقل زمین و بررسی تغییرات زمانی آنها است (P. Vanicek & Krakiwsky, 1980) که به ترتیب بیانگر سه شاخه ژئودزی هندسی، ژئودزی فیزیکی و ژئودزی دینامیکی (ژئودینامیک) می باشد.

بنابر تعریف فوق مواردی نظیر ژئودزی کلاسیک و ژئودزی ماهواره ای در مقیاس های بزرگ و کوچک و از دقت های مختلف در زمره ژئودزی هندسی قرار می گیرند. ثقل سنجی، ترازبایی و تعیین ژئوئید به عنوان ژئودزی فیزیکی و تعیین حرکات مسطحاتی و قائم در شمول ژئودینامیک قرار می گیرند.

در بخشهای مختلف این جلد، استاندارد و دستورالعمل تعیین موقعیت نقاط شبکه های مبنایی ژئودزی و محلی با سیستم GPS استاندارد و همچنین استاندارد و دستورالعمل ترازبایی دقیق درجه ۱، ۲، ۳ با ذکر ملاحظات اندازه گیری و محاسبات، بیان شده است و قابل استناد در دیگر دستورالعملهای تیپ نقشه برداری هستند.

۱- استاندارد ژئودزی

۱-۱- کلیات سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS

سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS (Global Positioning System)، یک سیستم رادیویی با قابلیت دسترسی عمومی است که به منظور تعیین موقعیت، زمان، سرعت و ناوبری در سال ۱۹۷۴ توسط وزارت دفاع آمریکا ابداع شد و تحولی عظیم در مهندسی نقشه‌برداری ایجاد نمود. طی چند سال اخیر کاربرد سیستم GPS در کارهای نقشه‌برداری گسترش قابل توجهی یافته است و به علت افزایش دقت سیستم و پیشرفتهای نوین فناوری در طراحی گیرنده‌ها، مهندسين نقشه‌بردار به استفاده از این روش بیشتر روی آورده اند. گذشته از دقت بالا و سرعت زیاد و راحتی کار، از دیدگاه اقتصادی نیز این روش مقرون به صرفه است بطوریکه امروزه به صورت گسترده در مهندسی نقشه‌برداری به کار برده می‌شود. لذا سیستم GPS عملاً جایگزین ژئودزی کلاسیک شده است.

در حال حاضر سیستم تعیین موقعیت جهانی متشکل از بیش از ۲۸ ماهواره در ارتفاع تقریبی ۲۰۰۰۰ کیلومتری از سطح زمین و در شش مسیر با زاویه میل ۵۵ درجه نسبت به استوا است که با دوره تناوب ۱۲ ساعت نجومی در حال چرخش به دور زمین می‌باشند. هر ماهواره GPS دو موج با دو فرکانس در باند L ارسال می‌کند. بر روی این امواج یک کد استاندارد C/A ، یک کد دقیق P و یک پیام ناوبری سوار می‌شوند. نقشه‌برداری دقیق با استفاده از سیستم GPS، مستلزم دریافت هر دو موج $L1$ و $L2$ و به کارگیری روشهای تفاضلی در پردازش داده‌ها است.

۱-۱-۱- سیستم مختصات

سیستم مختصات WGS-84 به عنوان سیستم مختصات قائم الزاویه سه بعدی پذیرفته شده در سیستم GPS، یک سیستم زمینی قراردادی است که بوسیله تغییر در مقیاس و مبدا سیستم مختصات NSWC 9Z-2 و انطباق نصف النهار مرجع آن با نصف النهار صفر تعیین شده در مؤسسه BIH به دست آمده است. بنابر تعریف مبدأ سیستم مختصات WGS-84 مرکز جرم زمین، محور Z در جهت قطب قراردادی زمینی (CTP)، محور X محل تقاطع صفحه نصف النهار مرجع WGS-84 با صفحه استوا، و محور Y عمود بر محور X در صفحه استوا بگونه‌ای قرار دارد که سیستم دست راستی باشد.

۱-۱-۲- سطح مبنای مسطحاتی

بیضوی WGS-84 به عنوان سطح مبنای مسطحاتی پذیرفته شده در سیستم GPS با استفاده از محورها و مبدا سیستم مختصات WGS-84 تعریف شده است. مرکز هندسی و محورهای X ، Y و Z بیضوی مرجع WGS-84 منطبق بر مبدا و محورهای X ، Y و Z سیستم مختصات WGS-84 می‌باشند. بنابراین محور Z سیستم مختصات WGS-84 محور دورانی بیضوی WGS-84 است. پارامترهای هندسی بیضوی WGS-84 عبارتند از:

$$a=6378137\pm 2\text{ m}$$

$$f=1/298.257223563$$

نیم قطر بزرگ بیضوی (a)

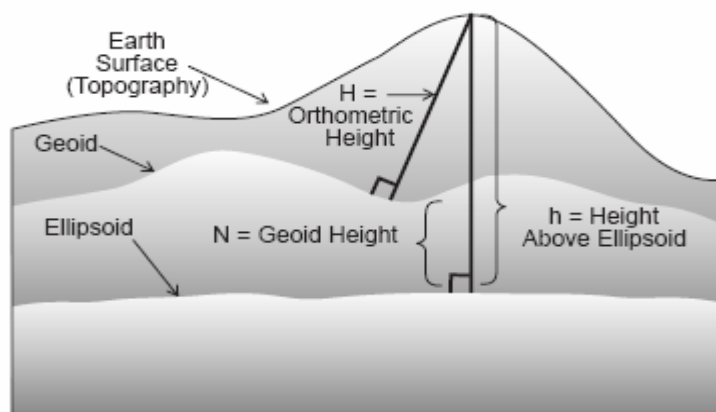
فشرده‌گی بیضوی (f)

۱-۱-۳- سطح مبنای ارتفاعی

بیضوی WGS-84 نه تنها به عنوان سطح مبنای مسطحاتی بلکه به عنوان سطح مبنای ارتفاعی در سیستم GPS نیز پذیرفته شده است. البته سطح مبنای ارتفاعی پذیرفته شده در ژئودزی سطح ژئوئید به عنوان بهترین تقریب از سطح متوسط آبهای آزاد است. حاصل پردازش داده های GPS، مختصات قائم الزاویه (x, y, z) یا مختصات ژئودتیک (φ, λ, h) به ترتیب در سیستم مختصات و بیضوی مرجع WGS-84 می باشد. مطابق نگاره ۱ تبدیل ارتفاع h از سطح بیضوی مرجع (ارتفاع بیضوی) به ارتفاع H از سطح ژئوئید (ارتفاع ارتومتریک) بصورت زیر امکان پذیر می باشد:

$$H = h - N$$

که در آن N ارتفاع ژئوئید (فاصله ژئوئید از بیضوی مرجع) می باشد.



شکل ۱-۱ نمایش رابطه ژئوئید و بیضوی

۱-۱-۴- سرویس بین المللی GPS (IGS)

سرویس بین المللی GPS یا IGS (International GNSS Service) بعد از یکسال کار آزمایشی، فعالیت رسمی خود را از اول ژانویه سال ۱۹۹۴ شروع کرد. این سرویس که در داخل انجمن بین المللی IAG تشکیل شده است، نام خود را در سال ۱۹۹۹ از «سرویس بین المللی GPS برای ژئودینامیک» به «سرویس بین المللی GPS» تغییر داد و در سال ۲۰۰۵ به سرویس بین المللی GNSS تغییر یافت.

تا زمان نگارش این مجموعه (زمستان ۱۳۸۴) شبکه IGS شامل بیش از ۳۷۰ ایستگاه دائمی جهانی GPS با سه مرکز جهانی و چندین مرکز محلی داده، ۸ مرکز تجزیه و تحلیل و یک مرکز اصلی جهت کنترل این مراکز، یک هماهنگ کننده سیستم و یک اداره مرکزی است. خدماتی که IGS ارائه می دهد و در پردازش داده های GPS در شبکه های مختلف ژئودزی مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

- ۱- پارامتر های مداری دقیق ماهواره های GPS (با دقت $\pm 5cm$) و پارامتر های مداری پیش بینی شده (دقت $\pm 10cm$)
ضرایب تصحیحی ساعت های ماهواره های GPS
- ۲- پارامترهای دوران زمین
- ۳- مختصات و سرعت ایستگاه های IGS در سیستم مختصات مرجع زمینی ITRF
- ۴- مشاهدات ایستگاه های IGS در فرمت استاندارد RINEX

۱-۲- تعریف درستی (accuracy) و دقت (precision)

دو معیار درستی و دقت به منظور بیان قابلیت اطمینان مختصات های حاصل از اندازه گیری های ژئودزی به شرح زیر تعریف می شوند.

- درستی یا صحت بیانگر میزان نزدیکی کمیت های برآورد شده، از قبیل مختصات مسطحاتی یا ارتفاعی، به مقدار واقعی آنها می باشد که دستیابی به آن وسیله ای مناسب برای تشخیص وجود یا عدم وجود خطاهای سیستماتیک است. معمولاً به دلیل مجهول بودن مقدار واقعی کمیت های برآورد شده، تعیین درستی آنها نیز مقدور نمی باشد. بنابراین درستی کمیت های برآورد شده تنها از طریق روش های مستقل دیگر بررسی می شود.
- دقت بیانگر میزان تکرارپذیری کمیت های برآورد شده، از قبیل مختصات مسطحاتی یا ارتفاعی، می باشد که تنها متأثر از خطاهای اتفاقی است. صورت های گوناگونی از دقت نظیر بیضی خطا و انحراف معیار یا فاصله اطمینان در تعیین موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی با سطوح اطمینان مختلف مورد استفاده قرار می گیرند که متداولترین آنها سطح اطمینان ۹۵٪ است.

۱-۲-۱- دقت مطلق

دقت مطلق مختصات مسطحاتی یا ارتفاعی یک نقطه به دقت مختصات مسطحاتی یا ارتفاعی آن نقطه نسبت به مبدا سیستم مختصات تعریف شده مانند سیستم مختصات WGS-84 اطلاق می گردد. اگرچه دقت مطلق مختصات ایستگاه های شبکه های مبنایی ژئودزی خیلی بالا نیست ولی به سادگی مقایسه دقت مختصات ایستگاه ها در شبکه های مختلف در نقاط مختلف کره زمین امکان پذیر است. این نوع دقت برای بیان قابلیت اطمینان در مقیاس های جهانی و شبکه های مبنایی ژئودزی استفاده می شود.

۱-۲-۲- دقت نسبی

دقت نسبی مختصات مسطحاتی یا ارتفاعی یک نقطه به دقت مختصات مسطحاتی یا ارتفاعی آن نقطه نسبت به نقطه ای دیگر که معمولاً در مجاورت آن قرار دارد، اطلاق می گردد. به عبارت دیگر دقت نسبی مختصات ایستگاه های شبکه های مبنایی ژئودزی بیانگر دقت اختلافات مختصات مسطحاتی یا ارتفاعی می باشد که به مراتب از دقت مطلق مختصات ایستگاه ها بالاتر است. این نوع دقت برای بیان قابلیت اطمینان در مقیاس های محلی و بخشی از شبکه های مبنایی ژئودزی استفاده می شود.

۱-۲-۳- دقت مختصات مسطحاتی

دقت مختصات مسطحاتی توسط بیضی خطای ۹۵٪ معرفی می شود که بیانگر ناحیه قرارگیری موقعیت مسطحاتی برآورد شده نقاط با اطمینان ۹۵٪ می باشد. به عبارت دیگر احتمال ۹۵٪ وجود دارد که در نبود خطاهای سیستماتیک، موقعیت واقعی نقاط در داخل این بیضی خطا قرار گیرد. بیضی خطای ۹۵٪ برای مختصات مسطحاتی نقاط پس از سرشکنی بروش کمترین مربعات از طریق ماتریس کواریانس مختصات های برآورده شده به دو صورت مطلق و نسبی به دست می آید.

۱-۲-۴- دقت ارتفاعی

دقت ارتفاعی توسط فاصله اطمینان ۹۵٪ معرفی می شود که بیانگر محدوده قرارگیری مولفه ارتفاعی برآورد شده نقاط با اطمینان ۹۵٪ می باشد. به عبارت دیگر احتمال ۹۵٪ وجود دارد که در نبود خطاهای سیستماتیک، ارتفاع واقعی نقاط در داخل این فاصله اطمینان قرار گیرد. فاصله اطمینان ۹۵٪ ارتفاع نقاط پس از سرشکنی بروش کمترین مربعات از طریق ماتریس کواریانس مختصات های برآورده شده به دو صورت مطلق و نسبی به دست می آید.

۱-۲-۵- دقت مختصات سه بعدی

دقت مختصات سه بعدی توسط بیضوی خطای ۹۵٪ معرفی می شود که بیانگر فضای قرارگیری موقعیت سه بعدی برآورد شده نقاط با اطمینان ۹۵٪ می باشد. به عبارت دیگر احتمال ۹۵٪ وجود دارد که در نبود خطاهای سیستماتیک، موقعیت سه بعدی واقعی نقاط در داخل این بیضوی خطا قرار گیرد. بیضوی خطای ۹۵٪ برای مختصات سه بعدی نقاط پس از سرشکنی بروش کمترین مربعات از طریق ماتریس کواریانس مختصات های سه بعدی برآورده شده به دو صورت مطلق و نسبی به دست می آید.

۱-۲-۶- ضریب تعدیل دقت (DOP)

یکی از عوامل محدود کننده در تعیین موقعیت GPS مسئله ترکیب هندسی ماهواره های مورد ردیابی با نقطه استقرار گیرنده می باشد. کمیتی که بتوان با آن اثر ترکیب هندسی را روی دقت تعیین موقعیت محاسبه نمود معیار DOP (Dilution Of Precision) است. DOP عبارتست از نسبت دقت تعیین موقعیت σ به دقت اندازه گیری σ_0 (Hofmann, 1994).

تعاریف خاصی از DOP بصورت زیر ارائه می شود:

$GDOP \cdot \sigma_0$: دقت هندسی در موقعیت و زمان (X, Y, Z, t)

$PDOP \cdot \sigma_0$: دقت در موقعیت سه بعدی (X, Y, Z)

$TDOP \cdot \sigma_0$: دقت در زمان (t)

$HDOP \cdot \sigma_0$: دقت در موقعیت مسطحاتی (X, Y)

$VDOP \cdot \sigma_0$: دقت در موقعیت ارتفاعی (h)

چنانچه تنها چهار ماهواره در نظر بگیریم، بهترین وضعیت برای تعیین موقعیت، حالتی است که یک ماهواره در بالای سر و سه ماهواره دیگر در سطح افق با فواصل زاویه‌ای ۱۲۰ درجه نسبت به محل گیرنده قرار گیرند. عبارت دیگر هرچه حجم هرم متشکل از ماهواره‌ها در گیرنده بیشتر باشد، DOP کمترین مقدار و در نتیجه بهترین دقت برای تعیین موقعیت حاصل می شود.

۷-۲-۱- استاندارد دقت تعیین موقعیت در GPS

جدول ۱-۱ به عنوان استانداردهای دقت تعیین موقعیت نسبی در شبکه های ژئودزی GPS با اندکی تغییر در استاندارد های ژئودزی کانادا (FGCC) معرفی می گردد.

جدول ۱-۱ استانداردهای دقت تعیین موقعیت نسبی در شبکه های ژئودزی با GPS

طول بین نقاط (کیلومتر)	دایره خطای نسبی ۹۵٪	طبقه بندی نقشه برداری با GPS
۴۰۰-۶۰۰	$3^{mm} + 0.01^{ppm}$	شبکه درجه صفر ژئودزی
۸۰-۱۰۰	$5^{mm} + 0.1^{ppm}$	شبکه درجه یک ژئودزی
۱۵-۲۵	$8^{mm} + 1^{ppm}$	شبکه درجه دو ژئودزی
۵-۱۵	$10^{mm} + 4^{ppm}$	شبکه درجه سه ژئودزی

۲- دستورالعمل ژئودزی

۲-۱- ایجاد شبکه های مبنایی مسطحاتی GPS: درجه صفر، یک، دو و سه

تعیین موقعیت به روش کلاسیک بسیار وقت گیر و پرهزینه می باشد، بویژه هنگامی که فاصله بین نقاط زیاد باشد. امروزه با استفاده از سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای GPS اندازه گیری شبکه های ژئودزی نسبت به روش کلاسیک آسانتر، کم هزینه تر، دقیق تر و سریعتر شده است، سیستم GPS بسیاری از محدودیت های شیوه کلاسیک را ندارد که، از مهمترین آنها عدم لزوم برقراری دید بین ایستگاه ها است. بر همین اساس شبکه های مبنایی GPS درجه صفر، یک، دو و سه در کشور طراحی و ایجاد می گردد، که در ادامه به شرح خصوصیات و دستورالعمل های مربوط اشاره می شود.

ایجاد شبکه های مبنایی GPS از هر درجه ای مانند شبکه های کلاسیک شامل مراحل طراحی، شناسایی، ساختمان، اندازه گیری، پردازش و سرشکنی، و ارائه نتایج است که، توضیحات هر یک بطور جداگانه آورده می شود.

۲-۱-۱- طراحی

اولین گام در طراحی یک شبکه مبنایی GPS، تعیین میزان دقت مورد انتظار از شبکه است. طراحی باید طوری انجام پذیرد که شبکه با کم ترین هزینه و زمان ایجاد گردد و نیاز به مشاهدات اضافی نداشته باشد.

عوامل اصلی در طراحی شبکه های GPS عبارتند از:

- وسعت منطقه

- فاصله بین ایستگاههای شبکه

- چگونگی اتصال به شبکه های موجود

- وضعیت منطقه و دسترسی به ایستگاه ها

پس از در نظر گرفتن موارد فوق در هر شبکه بر اساس جدول ۲-۱ از نقشه های مناسب استفاده کرده و به انتخاب محل تقریبی نقاط پرداخته می شود.

جدول ۲-۱ طراحی شبکه های مبنایی GPS

نوع شبکه	نحوه اتصال به شبکه بالاتر	حد اکثر طول باز ها (به کیلومتر)	نقشه های مورد استفاده جهت طراحی
درجه صفر	به شبکه جهانی	۴۰۰-۶۰۰	۱:۵۰۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰
درجه یک	به شبکه درجه صفر	۸۰-۱۰۰	۱:۵۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰
درجه دو	به شبکه درجه ۱	۱۵-۲۵	۱:۵۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰
درجه سه	به شبکه درجه ۱ و ۲	۵-۱۵	۱:۵۰۰۰۰

تبصره: توزیع ایستگاه های شبکه های مبنایی GPS باید یکنواخت باشد و با توجه به طول باز پیشنهادی برای هر شبکه مبنایی فاصله هر نقطه با نقاط مجاور خود بیش از ۳۰٪ نسبت به هم اختلاف نداشته باشند.

۲-۱-۲- شناسایی و علامت گذاری

شناسایی در ژئودزی ماهواره ای نقش بسیار مهمی در بهبود کار و حصول راندمان بیشتر داشته و به مجموعه عملیاتی اطلاق می گردد که از جستجو برای یافتن محل صحیح و مناسب برای نقاط شبکه آغاز و به انتخاب قطعی محل نقاط و علامت گذاری های لازم خاتمه می یابد، بدین ترتیب جهت شناسایی نقاط باید پس از انجام طراحی شبکه، با استفاده از نقشه های موجود به محل عزیمت نموده و نقاط مشخص شده روی نقشه ها را از لحاظ موقعیت و وضعیت توپوگرافی مورد بررسی قرارداد. در این بررسی موارد زیر در نظر گرفته شوند:

- محل ایستگاه دارای دید آسمانی باز باشد، تا امکان دریافت امواج ارسالی از ماهواره ها GPS توسط گیرنده ها میسر باشد.
 - محل ایستگاه طوری انتخاب شود که دارای ماندگاری و استحکام زیاد باشد.
 - امکان اندازه گیری بر روی ایستگاه وجود داشته باشد.
 - دسترسی به ایستگاه ساده باشد و از انتخاب ایستگاه در مناطق نظامی و یا اماکن دولتی با مجوز های خاص خودداری گردد.
 - محل ایستگاه جهت اندازه گیری دارای امنیت کافی باشد.
 - محل ایستگاه طوری انتخاب شود، که امکان تهیه مصالح برای ساختمان ایستگاه وجود داشته باشد.
 - از انتخاب محل ایستگاه در مناطق پر رفت و آمد اجتناب شود.
 - از انتخاب محل ایستگاه در مجاورت سطوح منعکس کننده، مانند ساختمان های شیشه ای، بامهای شیروانی گالوانیزه، محل پارک وسایل نقلیه و ... جلوگیری شود.
- موارد ذکر شده در بالا برای شبکه های مختلف از درجه سه تا صفر از اهمیت و حساسیت بیشتری برخوردار است. پس از انتخاب محل قطعی ایستگاه نسبت به علامت گذاری و تکمیل فرم شناسایی ایستگاه اقدام می شود. (پیوست ۳ فرم شماره ۵) محل ایستگاه ها و محل علائم راهنما با رنگ و سنگ چین مشخص می گردد تا گروه ساختمان بتواند به راحتی محل های تعیین شده را پیدا کرده و ساختمان نماید.

۲-۱-۳- ساختمان

علامت گذاری محل نقاط شبکه های ژئودزی در حین شناسایی نقاط انجام می گیرد و در برخی موارد ساختمان نقاط نیز همزمان با آن انجام می گیرد.

موارد کلی زیر در ساختمان ایستگاه ها باید مورد توجه کامل قرار گیرند:

- برای هریک از ایستگاه ها برگ شناسایی (شناسنامه) کامل و دقیق مطابق پیوست ۳ فرم شماره ۵ تهیه گردد.
- محل انتخاب شده، برای علائم راهنما بررسی و در صورت تایید موقعیت، نسبت به ساختمان آن ها اقدام شود. در صورت عدم تایید گروه می تواند نقاط دیگری را با ارائه دلایل کافی انتخاب و ساختمان نماید.
- فاصله مایل بین ایستگاه و علائم راهنما و همچنین علائم راهنما نسبت به یکدیگر اندازه گیری و ثبت گردند.

- ژیزمان های مغناطیسی بین ایستگاه و علائم راهنما و همچنین علائم راهنما نسبت به یکدیگر اندازه گیری و ثبت گردند.
- در حین ساختمان ایستگاه ها توجه شود، اضلاع سرقالب در جهت شمال - جنوب و شرق - غرب باشد.
- نام ایستگاه و علائم راهنما در جهت شمال نوشته شود.
- محل ایستگاه در روی عکس ۱:۲۰۰۰۰ و نقشه ۱:۵۰۰۰۰ مشخص شود و شماره و مشخصات عکس و نقشه در برگ شناسایی قید گردد.

۲-۱-۳-۱- ساختمان نقاط شبکه مبنایی درجه صفر

با توجه با این مطلب که یکی از اهداف شبکه درجه صفر کشور سیستم مختصات مرجع ملی از طریق انتقال مختصات از شبکه های جهانی به داخل کشور و بهبود دقت مطلق و نسبی شبکه های ژئودزی کشور می باشد، ساختن پیلار ژئودزی درجه صفر با استفاده از بتن مصالح الزامی است. برای این کار در مناطق خاکی که امکان کندن زمین وجود دارد مطابق پیوست ۱ شکل ۳ بشرح زیر عمل می شود:

- ۱- ابتدا چاله ای در محل نقاط به عمق ۶۰ سانتیمتر و به ابعاد تقریبی ۱۲۰×۱۲۰ سانتیمتر مربع حفر می گردد.
 - ۲- داخل چاله تا ارتفاع ۳۰ سانتیمتر شفته آهک ریخته شود .
 - ۳- پس از خشک شدن شفته روی آن چند سانتیمتر ملات سیمان و ماسه (به نسبت ۱ به ۳) ریخته و آرماتور مربوطه (پیوست ۱ شکل ۴) که قبلا آماده شده روی آن قرار داده می شود و آن را با ملات پر می کنیم تا تقریباً همسطح زمین اطراف شود.
 - ۴- پس از سفت شدن قسمت زیرین پیلار، قالب استوانه ای شکل با ارتفاع ۱۴۰ سانتیمتر و قطر ۴۰ سانتیمتر دور آرماتور های وسط قرار داده و داخل آن را با ملات پر نمایید. توجه گردد که در هر مرحله به هنگام ریختن ملات، لازم است این ملات به طور مرتب کوبیده شود.
 - ۵- پس از سفت شدن سیمان صفحه آلومینیومی مخصوص را که قبلا برای نصب روی پیلار تهیه شده است روی آن قرار دهید. در این مورد توجه گردد که سطح صفحه با استفاده از تراز کاملاً تراز باشد.
- تبصره ۱: لازم است حداقل روزی سه نوبت و تا سه روز به طور مرتب بتن پیلار با آب خیس شود.
- تبصره ۲: به هنگام ساختمان پیلار در گوشه شمال شرقی قسمت پایینی آن میله استیل مخصوص ترازبایی دقیق در داخل بتن نصب گردد. این نقطه به عنوان نقطه ترازبایی مطمئن قابل استفاده خواهد بود.
- تبصره ۳: در مناطقی که هنگام حفر چاله کمتر از عمق ذکر شده به زمین سنگی برخورد کند، لازم است بلافاصله از روی سنگ، بتن ریزی آغاز و ارتفاع بتن زیر آرماتور را تا حد لازم اضافه نمود.
- تبصره ۴: نیازی به ساختمان علائم راهنما نمی باشد.
- تذکر : در حین ساختمان پیلار ، شناسنامه نقطه با توجه به دستور العمل مربوط به طور کامل تهیه گردد. (پیوست ۳ فرم شماره ۵)

۲-۳-۱-۲- ساختمان نقاط شبکه های مبنایی درجه ۱ و ۲

با توجه به نیازهای مورد نظر، شبکه ژئودزی درجه ۱ در اطراف شهرها و با دسترسی مناسب در نظر گرفته می شود. ساختمان نقاط شبکه های درجه ۱ و ۲ از نوع بتنی یک طبقه، دو طبقه یا میله فلزی در سنگ می باشد. نحوه انتخاب نوع ساختمان بستگی به جنس زمین محل ایستگاه دارد.

۲-۳-۱-۲- مناطق غیر سنگی

بنا به نظر گروه ساختمان از نظر ماندگاری ساختمان نقطه به صورت یک طبقه یا ۲ و طبقه صورت می پذیرد.

الف- ساختمان دو طبقه

ابتدا چاله ای به ابعاد 40×40 سانتیمتر مربع و به عمق ۹۰ سانتیمتر حفر می گردد. سپس برای ساختن رپر زیرین ملات ماسه و سیمان تا ارتفاع حدود ۳۰ سانتیمتری داخل چاله ریخته می شود، میله وسط رپر به طول حدود ۱۵ سانتیمتر و به شکل عصا تهیه شده و قسمت بالایی آن به صورت + در آمده است در وسط بتن قرار می گیرد، به طوری که کمتر از یک سانتیمتر از آن بیرون بتن باشد. پس از سفت شدن ملات موقعیت نقطه (مرکز علامت +) را با دوربین، و در صورت نبودن دوربین با چهار میخ تثبیت نمایید. امکان انتقال مرکز علامت به رپر بالایی میسر گردد. پس از اطمینان از خشک شدن بتن زیرین، روی آن را با نایلون به طور کامل بپوشانید و روی آن به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر خاک نرم بریزید و روی آن را با ورقه نایلون بپوشانید، سپس برای ساختن بتن رویی ابتدا روی نایلون را با یک ردیف سنگ نازک بچینید و روی آن آرماتوری را که قبلاً بشکل هرم ناقص و به ابعاد 25×25 سانتیمتر مربع در بالا و 35×35 سانتیمتر مربع در پایین و ارتفاع ۴۰ سانتیمتر آماده کرده قرار دهید و چاله را با ملات بتن پر نمایید. توجه شود که در حین کار به طور مرتب بتن کوبیده شود. قسمت فوقانی بتن با کار گذاشتن سر قالب مخصوص به ابعاد فوقانی 35×35 سانتیمتر مربع، حدود ۵ سانتیمتر بالاتر از زمین مجاور ساخته می شود. میله وسط بتن با استفاده از چهار میخ و ترجیحاً به کمک دوربین در امتداد شاغولی با نقطه زیرین کار گذاشته می شود. دقت جابجایی نقطه فوقانی نسبت به تحتانی حدود ۳ میلی متر خواهد بود. توجه کنید، قسمتی از میله که بیرون از بتن می ماند کمتر از ۱ سانتیمتر باشد. (پیوست ۱ شکل ۱)

روی سطح بتن اسم موسسه صاحب کار و اسم کامل نقطه، قبل از خشک شدن کامل بتن، با استفاده از شابلن حروف در جهت شمال حک شود و روی آن یک قطعه نایلون (به منظور جلوگیری از خشک شدن سریع بتن و ترک خوردگی) کشیده می شود. ساختمان علائم راهنما برای این ایستگاه ها الزامی است. محل علائم راهنما معمولاً در هنگام شناسایی نقطه تعیین و علامت گذاری می گردد. در صورتی که این کار قبلاً انجام نشده باشد، ابتدا در سه محل مناسب علائم راهنما انتخاب و سپس ساختمان خواهد شد. علائم راهنما بهتر است در سه طرف نقطه و با زاویه تقریباً مساوی به صورتی انتخاب شوند، بطوری که نقطه در وسط مثلث حاصل از آنها قرار گیرد. سعی شود فاصله علائم راهنما از ایستگاه از ۲۰ متر تجاوز ننماید.

علائم راهنما با استفاده از قالب بتن کوچکتر و به ابعاد 25×25 سانتیمتر مربع در بالا و 30×30 در پایین و ارتفاع ۴۰ سانتیمتر ساخته می شود و روی آن در بالای میله علامت موسسه صاحب کار و در پایین حرف R با انیس ۱ یا ۲ یا ۳ حک شود.

تبصره ۱: در صورتی که در اطراف نقطه اصلی تخته سنگ های ثابت وجود داشته باشد، بهتر است از آنها برای علائم راهنما استفاده شود، در این صورت روی سنگ علامت + با قلم و چکش حک خواهد شد و طول این خطوط متقاطع حدود ۱۵ سانتیمتر خواهد بود. بالای علامت + حروف مربوط به موسسه صاحب کار مثلاً (N.C.C) و در زیر آن حرف R با اندیس ۱ یا ۲ یا ۳ و ترجیحاً با رنگ قرمز نوشته خواهد شد.

تبصره ۲: در صورتی که حفر گودال ایستگاه زودتر از عمق ذکر شده به سنگ برخورد کند، لازم است ابتدا در تخته سنگ ته گودال سوراخی مناسب با قطر میله وسط بتن تعبیه گردد، در داخل آن میله فلزی که سطح بالای آن به شکل + در آمده است به وسیله گوگرد و یا ملات سیمان کار گذاشته شود. پس از محکم شدن، روی میله خاک نرم به ضخامت حداقل ۱۰ سانتیمتر ریخته، پس از یک ردیف سنگ چین نازک بتن رویی را که دارای آرماتور خواهد بود ساختمان نمایید. تذکر: حین ساختمان نقطه یا پس از آن شناسنامه نقطه به طور کامل تکمیل گردد. (پیوست ۳ فرم ۵)

ب- ساختمان یک طبقه

در این حالت به حفر چاله ای با اضلاع 40×40 سانتیمتر مربع و عمق ۶۰ سانتیمتر اقدام نموده سپس آن را با ملات ماسه و سیمان (به نسبت ۳ به ۱) پر کنید. میله وسط بتن را که به طول ۲۰ سانتیمتر و قطر ۱/۵ الی ۲ سانتیمتر است و در بالای آن علامت + حک شده است در داخل آن قرار داده، پس از پر شدن چاله سر قالب بتن که سطح فوقانی آن مربعی به اضلاع ۳۵ سانتی متر است را روی آن طوری قرار داده که یک ضلع آن در امتداد شمال- جنوب باشد. (پیوست ۱ شکل ۱) در این حالت چاله با ملات پر و روی آنرا صاف کنید و با یک لایه ملات نرم بپوشانید.

باید دقت کرد میله تقریباً در وسط قالب قرار گیرد و تنها ۵ تا ۱۰ میلیمتر از آن بیرون از بتن قرار گیرد. روی بتن در نیمه بالای آن اسم موسسه صاحب کار و در قسمت پایین اسم و شماره نقطه روی سطح بتن (بهتر است با استفاده از شابلن های پلاستیکی) گود شود. دقت کنید، نوشته ها در امتداد شرقی- غربی نوشته شود به طوری که نوشته های بتن، جهت شمال را توجیه نماید.

۲-۱-۲-۳-۲- مناطق سنگی

در این مناطق که معمولاً در کوهستانهای سنگی است، در انتخاب ایستگاه باید دقت بیشتری شود که ایستگاه لبه پرتگاه نبوده و استقرار ثابت سه پایه و دوربین در آن میسر باشد. برای نشان دادن ایستگاه در مناطق سنگی از میله فلزی که در داخل سنگ کار گذاشته می شود، استفاده می نمایند؛ بدلیل اینکه ثبات بیشتری داشته و در اثر عوامل طبیعی یا مصنوعی کمتر آسیب پذیر باشد. قطر میله یک سانتیمتر یا بیشتر است که یک علامت + حک شده است. روی سنگ در نقطه سوراخی به قطر متناسب با قطر میله و به عمق حدود ۵ سانتیمتر ایجاد نمایید. برای ایجاد سوراخ از مواد شیمیایی، مته های مخصوص یا قلم های نازک فولادی استفاده می شود. میله در سوراخ به وسیله گوگرد به طور محکم می شود. پیوست ۱ شکل ۲ (در صورتی گوگرد نباشد می توان از ملات سیمان برای محکم کردن میله استفاده نمود). دور نقطه روی سنگ، مثلی به اضلاع ۱۵ سانتیمتر حک شود، (عرض این خطوط حدود یک سانتیمتر است). به طوریکه نقطه تقریباً در مرکز مثلث قرار گیرد و یک راس به سمت شمال باشد. نام موسسه صاحب کار مثلاً N.C.C در بالا و نام ایستگاه زیر قاعده مقابل به این راس روی سنگ حک شود. سه علامت راهنما روی سنگ های ثابت

انتخاب شود. این نقاط به شکل + به اضلاع حدود ۱۵ سانتیمتر روی سنگ حک شده و زیر آن اسم موسسه و حرف R با اندیس مربوط حک شود.

تبصره ۱: در صورتی که با توجه به موقعیت ایستگاه، تخته سنگ مناسب برای هر سه علامت راهنما نباشد می توان برای یکی از آنها در محل مناسب علامت راهنما بتنی ساخت.

داخل همه حروف و علائم حک شده با رنگ روغنی پر شود. از هریک از علائم راهنما، ژیزمان نقطه ایستگاه و علائم راهنما دیگر اندازه گیری شود همچنین فاصله مایل علائم راهنما از ایستگاه و نسبت به یکدیگر به طور دقیق اندازه گیری و ثبت گردد.

تبصره ۲: دقت کنید، فاصله علائم راهنما از ایستگاه بیشتر از ۲۰ متر نباشد.

تذکر: حین ساختمان نقطه یا پس از آن شناسنامه ایستگاه به طور کامل و با جزئیات تکمیل گردد.

(پیوست ۳ فرم ۵)

۲-۱-۳-۳- شبکه مبنایی درجه ۳

شکل ساختمان این شبکه بر اساس جنس زمین منطقه به صورت ذیل طبقه بندی می گردد:

۲-۱-۳-۳-۱- مناطق خاکی

چاله ای به اضلاع حدود ۴۰ سانتیمتر و عمق ۶۰ سانتیمتر حفر نموده، سپس آن را با ملات ماسه و سیمان (به نسبت ۳ به ۱) پر کنید. میله وسط بتن را که به طول ۲۰ سانتیمتر و قطر ۱/۵ الی ۲ سانتیمتر است و در سطح بالای آن علامت + حک شده است، در داخل آن قرار داده پس از پر شدن چاله سر قالب بتن که سطح فوقانی آن مربعی به اضلاع ۳۵ سانتی متر است روی آن طوری قرار دهید که یک ضلع آن در امتداد شمال - جنوب باشد. در این حالت چاله با ملات پر و روی آنرا صاف کنید و با یک لایه ملات نرم بپوشانید. باید دقت کرد میله تقریباً در وسط قالب قرار گیرد و فقط ۵ تا ۱۰ میلیمتر آن بیرون از بتن باشد. روی بتن در نصفه بالای آن اسم موسسه صاحب کار و در قسمت پایین اسم و شماره نقطه روی سطح سیمان (بهتر است از شابلن های پلاستیکی استفاده شود) مشخص شود. دقت گردد که نوشته ها در امتداد شرقی - غربی نوشته شود به طوری که نوشته های بتن جهت شمال را توجیه نماید. (پیوست ۱ شکل ۱)

۲-۱-۳-۳-۲- مناطق خاکی - سنگی

در این مناطق معمولاً یک لایه خاک که ضخامت آن متفاوت است، روی قشر سنگی را پوشانیده است. شروع به حفر چاله ای به اضلاع حدود ۴۰ سانتی متر و عمق ۶۰ سانتی متر بنمایید و چنانچه در عمق کمتر به لایه سنگی رسیدید با کسب اطمینان از یکپارچه بودن سنگ، حفر چاله را متوقف می کنیم و مطابق آنچه برای مرحله قبلی بیان گردید ساختمان ایستگاه انجام گردد. قبل از شروع بتن ریزی، سنگ را با قلم زخمی نموده و روی آن را تمیز نمایید.

۲-۱-۳-۳- مناطق سنگی

با توجه به اینکه در شبکه مبنایی درجه ۳ یکی از اهداف شبکه دسترسی کاربران محلی و گروههای عمرانی در مناطق شهری و روستایی است، تعداد این نوع ساختمان کم می باشد، با این حال به اختصار به آن اشاره می نماییم.

قسمتی از صخره ای را که برای ایستگاه گذاری مناسب باشد، انتخاب نموده و برای تثبیت محل نقطه علامت Δ را روی آن حک می نماییم. طول اضلاع مثلث ۱۵ سانتی متر بوده و عرض آن یک سانتی متر می باشد، نوشته ها و طرز حکاکی آن در تمام حالات مثل نقاط درجه ۱ و ۲ خواهد بود.

۲-۱-۳-۴- پشت بام ساختمان

در شبکه مبنایی درجه ۳ با توجه به اینکه در مناطق شهری محدودیت زیادی جهت یافتن محل مناسب وجود دارد (در بخش شناسایی به آن اشاره گردید) گاهی اوقات ساختمان ایستگاه در پشت بام ساختمان است.

تذکر: سعی شود از ایجاد نقاط شبکه در پشت بام ها خودداری شود.

براساس نوع پشت بام ساختمان نقاط به دو صورت انجام می پذیرد:

الف- در صورتی که پشت بام آسفالت، موزائیک، بتنی باشد:

- ۱- ابتدا سوراخی به عمق ۵ سانتیمتر و قطر ۲ سانتیمتر ایجاد گردد.
- ۲- میله ای فلزی به قطر ۱۸ میلیمتر و طول ۵ سانتیمتر با گوگرد مذاب در داخل آن تعبیه شود. (پیوست ۱ شکل ۶).
- ۳- بروش دو دوربین یا چهار میخ، موقعیت میله تثبیت گردد.
- ۴- با استفاده از سرقالب به ابعاد $۴۰ \times ۴۰ \times ۱۰$ سانتیمتر، بتنی به ابعاد فوق ساخته شود.
- ۵- با استفاده از روش دو دوربین و چهارمیخ، میله ای به طول ۱۰ سانتیمتر و قطر ۲ سانتیمتر در امتداد میله زیرین در وسط بتن قرار داده شود.
- ۶- در اینگونه موارد می توان از گوشه های پشت بام بجای علامت راهنما استفاده کرد و یا با استفاده از سرقالبی با ابعاد $۲۰ \times ۲۰ \times ۸$ سانتیمتر اقدام به ساختن علامت راهنما نمود. (پیوست ۱ شکل ۷)

ب- در صورتی که سطح پشت بام، کاه گل باشد

- ۱- کاه گل پشت بام در سطحی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتیمتر کنارزده شود تا به سطح سفت و محکم برسد.
 - ۲- با استفاده از سرقالب به ابعاد $۴۰ \times ۴۰ \times ۱۰$ سانتیمتر، بتنی به ابعاد فوق ساخته شود.
 - ۳- در اینگونه موارد می توان از گوشه های پشت بام بجای علائم راهنما استفاده کرد و یا با استفاده از سرقالبی با ابعاد $۲۰ \times ۲۰ \times ۸$ سانتیمتر اقدام به ساختن علامت راهنما نمود. (پیوست ۱ شکل ۷)
- تبصره ۱: بهتر است برای استحکام بیشتر بتن، میله ها چنان با گوگرد در سقف جا سازی شود، که باقیمانده آن در داخل بتن قرار گیرد.

تبصره ۲: سعی شود ایستگاه در امتداد ستون ها یا تیرهای حمال ساختمان انتخاب شود.

۲-۱-۳-۳-۵- ساختمان علائم راهنما شبکه درجه ۳

علائم راهنما برای هر نقطه شبکه مبنایی درجه ۳ صرفنظر از اینکه شامل کدامیک از ۴ حالت شرح داده شده می باشد، الزامی است. در انتخاب محل نقطه اصلی و علائم راهنما باید توجه داشت که حتی المقدور نقطه اصلی در وسط مثلث حاصل از سه علامت راهنما باشد. علائم راهنما در مناطق سنگی در روی سنگها و صخره ها انتخاب و با کندن علامت + روی سنگ مشخص می شود. در حالات اول و دوم نیز چنانچه در مجاورت نقطه، صخره یا سنگ بزرگ ثابت موجود باشد، انتخاب یک یا همه علائم راهنما در روی آنها توصیه می شود، در غیر این صورت در محل های مناسب علائم راهنما بتنی با ویژگیهای شرح داده شده کار گذاشته خواهد شد.

لازم است روی هریک از بتن های علائم راهنما، زیر علامت + حرف R با اندیس ۱ یا ۲ یا ۳ حک شود. ژیزمان علائم راهنما از نقطه اصلی و از یکدیگر و همچنین فاصله مایل آنها از نقطه اصلی و نسبت به یکدیگر اندازه گیری ثبت شود. به موازات ساختمان نقاط اصلی و علائم راهنما برای تدوین شناسنامه نقطه اقدام شود.

۲-۱-۴- اندازه گیری

اندازه گیری شبکه های مبنایی به روش اندازه گیری، وسایل و تجهیزات و عملیات صحرائی GPS تقسیم می شود.

۲-۱-۴-۱- روش اندازه گیری

در اندازه گیری شبکه های مبنایی از روش استاتیک استفاده می شود. در این روش حداقل به دو گیرنده که یکی روی نقطه معلوم و دیگری روی نقطه مجهول قرار گرفته و با رعایت مواردی که در ادامه توضیح داده خواهد شد به صورت همزمان اندازه گیری صورت می گیرد. معمولاً در روش استاتیک تنظیمات گیرنده مطابق جدول زیر است.

جدول ۲-۲ پارامترهای اندازه گیری شبکه های ژئودزی ماهواره ای GPS به روش استاتیک

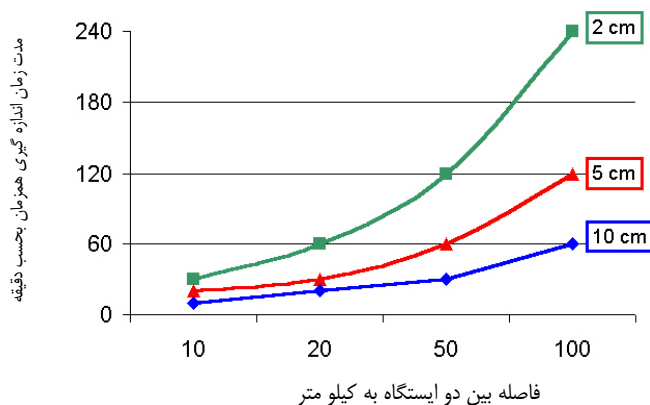
زاویه ارتفاعی بالاتر از	فاصله زمانی ثبت مشاهدات	حداقل تعداد ماهواره	حد اکثر میزان GDOP
۱۵ درجه	۱۵ ثانیه	۴ ماهواره	۶

دقت حاصل از این روش علاوه بر مدت زمان قرائت تابع بسیاری از عوامل، از جمله فاصله بین ایستگاه ها، شرایط آب و هوایی، هندسه ماهواره ها و ... می باشد. با این وجود به طور تقریبی براساس فاصله بین ایستگاه ها، مدت زمان اندازه گیری همزمان برای شبکه های مبنایی GPS معین می گردد.

جدول ۳-۲ ویژگیهای اندازه گیری شبکه مبنایی GPS

نوع شبکه	فاصله متوسط بین ایستگاه ها به کیلومتر	حداقل تعداد گیرنده مورد نیاز	نوع گیرنده	حداقل مدت اندازه گیری همزمان	حداقل تعداد ماهواره قابل اندازه گیری در ایستگاه
درجه صفر	۶۰۰-۴۰۰	۴	دوفراکانسه	بیش از دوازده ساعت	۵
درجه یک	۱۰۰-۸۰	۴	دوفراکانسه	۲۴۰-۳۶۰ دقیقه	۵
درجه دو	۲۵-۱۵	۳	دوفراکانسه	۱۸۰-۱۲۰ دقیقه	۴
درجه سه	۱۵-۵	۳	دوفراکانسه	۶۰-۴۵ دقیقه	۴

در صورتی که در زمان پردازش ثانویه اطلاعات توسط نرم افزارهای پردازش از پارامترهای مداری استفاده نشود، می توان رابطه بین دقت، فاصله و زمان مشاهدات به طور تقریبی بصورت جدول زیر در نظر گرفت.



نمودار ۱-۲ رابطه بین زمان اندازه گیری، طول باز و دقت قابل حصول به نقل از سایت
National GPS Network

به موارد زیر در انجام مشاهدات توجه نمایید:

- دوره زمانی برای جمع آوری داده ها در یک جلسه اندازه گیری باید شامل اندازه گیری همزمان و پیوسته باشد (بدون قطع فاز) یا حداقل باشد.
- استقرار مجدد در هر ایستگاه ۲ تا ۳ بار یا بیشتر (بصورت مستقل) در هر شبکه سبب کشف خطاهای دستگاهی و انسانی می شود. خطاهای انسانی شامل سانتراژ و Offset آنتن می باشد.
- در اندازه گیری شبکه های مبنایی GPS تعداد گیرنده ها بر اساس جدول ۳-۲ است، هر چه تعداد گیرنده ها و به تبع آن تعداد مشاهدات همزمان بالا برود، باعث بالارفتن سرعت اندازه گیری، کاهش هزینه، افزایش اتصال های چندانگانه و بالا رفتن استحکام هندسی شبکه می شود.

۲-۱-۴-۲- تجهیزات اندازه گیری

الف- گیرنده

گیرنده های GPS بر اساس امکان دریافت سیگنال های موج L1 و L2 به گیرنده های تک فرکانسه و دو فرکانسه تقسیم می شوند. گیرنده های تک فرکانسه تنها قادر به دریافت سیگنال های موج L1 است، گیرنده های دو فرکانسه علاوه بر دریافت سیگنال های موج L1، سیگنالهای موج L2 را نیز دریافت می کند. استفاده از گیرنده دو فرکانسه باعث حذف یا کاهش بسیاری از خطاها می شود.

در اندازه گیری شبکه های مبنایی GPS تنها از گیرنده های دو فرکانسه استفاده می شود. در انتخاب گیرنده به مواردی مانند: میزان انرژی مصرفی، تجهیزات منبع تغذیه، ابعاد گیرنده، وزن، میزان دقتی که توسط گیرنده پشتیبانی می شود، مقاومت در برابر رطوبت، نوع ارتباط با تجهیزات مانند ارتباط با آنتن، حافظه داخلی و بیرونی و ... دقت نمایند.

ب- آنتن

آنتن وسیله ای جهت تبدیل انرژی الکترومغناطیسی موج به جریان الکتریکی است. در شبکه های مبنایی GPS از آنتن هایی استفاده می شود که در برابر خطای چند مسیری دارای بیشترین مقاومت باشند، همچنین خطای مرکز فاز آنتن بسیار کوچک باشد. آنتن های CHOKE RING و ژئودتیک شامل این گروه می شوند.

ج- سایر وسایل

وسایل دیگری که در بخش مشاهدات مورد استفاده قرار میگیرند عبارتند از:

۱- سه پایه

۲- ترابراگ

۳- رابط بین سه پایه و ترابراگ

۴- کابل های رابط بین گیرنده و آنتن، گیرنده به منبع تغذیه

۵- منبع تغذیه

۶- شارژر

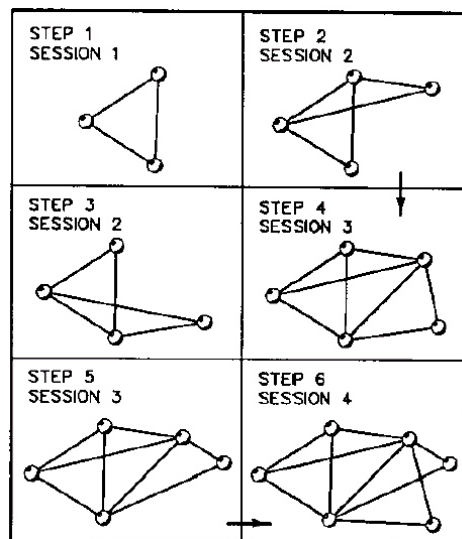
در اندازه گیری شبکه از یک نوع گیرنده و آنتن استفاده شود. در صورتی که از گیرنده ها و آنتن های مختلف استفاده شود، سازگاری آنها مد نظر قرار گیرد.

۲-۱-۴-۳- عملیات صحرائی

اندازه گیری شبکه های مبنایی به روش سه ضلع بندی انجام می شود. قبل از شروع به اندازه گیری، طراحی تعیین زمان بهینه اندازه گیری و تعیین جلسه کاری صورت گیرد. زمان بهینه اندازه گیری مدتی است که ماکزیمم ماهواره ها به طور همزمان می توانند مشاهده شوند. زمان بهینه توسط چارتهای آزمون-ارتفاع که در نرم افزارهای GPS قابل نمایش است، تعیین می شود. این

برنامه ها در نرم افزار بر پایه داده های پارامتر های مداری، آرایش مورد انتظار ماهواره ها را محاسبه می کنند. نرم افزارها تصاویر و جدولهایی را ارائه می دهند که به کمک آنها می توان مناسب ترین زمان اندازه گیری را استخراج کرد. نتایج این داده ها به دو شکل، تابعی از زاویه ارتفاعی و آزیموت و نمودار مدت زمان مشاهده قابل رویت بر اساس زمان UTC برای هر ماهواره قابل دسترسی است. (پیوست ۱ شکل های ۸ و ۹) به کمک این اطلاعات و در ارتباط با دفترچه شناسائی صحرائی می توان کنترل و معلوم کرد که در چه زمان و کدام ماهواره به خاطر عدم برقراری دید متقابل باید حذف و متناسب با آن مشاهدات را برنامه ریزی نمود. اساسی ترین معیار برای زمان صحیح مشاهدات آنست که تا حد امکان ماهواره های بیشتری مشاهده گردد. از دوره های مشاهداتی با کمتر از ۴ ماهواره صرف نظر نمود.

- ماهواره های ردیابی شده همچنین باید از لحاظ آرایش هندسی آنها (DOP) نیز مورد بررسی قرار گیرند. در بیشتر نرم افزارهای GPS نمودارهای DOP قابل رسم هستند. عموماً DOP های زیر عدد ۶ مطلوب می باشد.
- یکی دیگر از جنبه های تعیین زمان بهینه مشاهده در نظر گرفتن میزان انکسار یونسفری است. بر این اساس مشاهدات در طول شب به دلیل کاهش اثر یونسفریک مناسب تر هستند.
- در تعیین و طراحی جلسه های کاری شبکه سعی شود، مثلث های همگن داشته باشید.
- تا حد امکان از قرائت های تکراری جلوگیری شود. شبکه به صورت Loop بسته شود و در نهایت به شبکه با دقت بالاتر بسته شود.



شکل ۱-۲ نمونه ای از طراحی جلسه های کاری

- قبل از شروع به اندازه گیری از کالیبره بودن آنتن و ترابراگ مطمئن شوید.
- انجام مشاهدات براساس برنامه زمانبندی انجام می گیرد.
- لازم است گروه های کاری قبل از موعد مقرر روی ایستگاه مستقر شده و به موقع اندازه گیری مفید را شروع نمایند.
- جهت اطمینان سانتراژ دقیق آنتن با شاقول اپتیکی بر روی نقطه، باید از شاقول مکانیکی نیز استفاده شود.

- با توجه به نوع ایستگاه پیلار با سکل، پیلار با پیچ، ایستگاه با پیچ مخصوص (میله ثابت) یا استقرار سه پایه لازم است کلیه گروه های کاری وسائل لازم را با توجه به نوع ایستگاه های مورد نظر تهیه و به همراه داشته باشند.
- ارتفاع آنتن در حالت پیلار با سکل یا پیلار با پیچ مخصوص دقیقاً از روی صفحه آلومینیومی تا سطح پائین آنتن Chock Ring بطور قائم در چهار جهت جغرافیائی و سه پایه از روی میله تا لبه پائین آنتن بصورت مایل در چهار جهت جغرافیائی اندازه گیری و در برگه مربوطه ثبت گردد.
- برای هر اندازه گیری فرم ثبت اطلاعات صحرائی (پیوست ۳ فرم ۳)، دقیق و بدون خط خوردگی تکمیل گردد.
- در هنگام اندازه گیری تا شعاع ۱۰ متری ترددی صورت نگیرد.
- از پارک نمودن خودرو در نزدیکی ایستگاه خودداری نمایید.

۲-۱-۵- پردازش و سرشکنی

پردازش طول باز، در طی مراحمی که شروع آن وارد کردن داده های خام و خاتمه آن اختلاف مختصات طول باز به عنوان خروجی است، انجام می گیرد. داده ها در هر نوع گیرنده، فرمت خاص خود را دارد که مشاهدات در آن بر اساس این فرمت تعریف می شوند. مثلاً یک نوع گیرنده، ممکن است در اندازه گیری فاز، تمام سیکلها را به عنوان کمیت مشاهداتی ذخیره و در نظر بگیرد و گیرنده نوع دیگر، بخشهای کسری را ذخیره نماید. لذا داده های جمع آوری شده از انواع مختلف گیرنده ها، نمی توانند با یک نرم افزار خاص پردازشگر داده های GPS پردازش شوند. به منظور حل این مشکل دو راه وجود دارد: یا همه سازندگان گیرنده ها از فرمت خروجی یکسان، برای داده ها استفاده کنند و یا، یک فرمت مشترک تعریف شود، که به عنوان یک مبدل بین گیرنده های مختلف عمل کند. از آنجا که سازندگان گیرنده ها، علاقه دارند که گیرنده ها را بر مبنای فرمت خاص خودشان طراحی نمایند، مورد اول منتفی است. بر این اساس الزامی است، داده های خروجی هر نوع گیرنده که مورد استفاده قرار می گیرد به فرمت RINEX تبدیل گردد. فرمت RINEX شامل سه نوع فایل است:

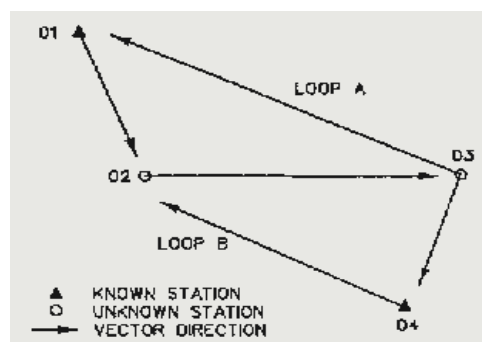
- فایل مشاهدات یا observation data file
- فایل مشاهدات تکمیلی مانند اطلاعات شرایط آب و هوایی
- فایل پیغام ناوبری

پس از تبدیل داده های خام به RINEX اطلاعات خام و یا RINEX آن در نرم افزار مربوطه وارد می گردد.

در راستای پردازش داده ها، رعایت نکات و مراحل زیر الزامی است:

- نرم افزاری که برای پردازش داده های جمع آوری شده، به کار برده می شود. باید توانایی پردازش به صورت نسبی یا اختلاف مختصات (dx, dy, dz)، همراه با ماتریس وریانس-کوریانس آنها داشته باشد، تا خروجی آن، به عنوان ورودی در نرم افزار سرشکنی به کار برده شود.

- نرم افزار مورد استفاده باید توانایی پردازش یکجای تمام مشاهدات همزمان و به تبع آن طول بازهای هر جلسه مشاهداتی را داشته باشد.
- در پردازش شبکه ها باید در انتخاب صحیح و به جای نقاط کنترل دقت زیادی نمود. طبق دستورالعمل های بیان شده در مرحله طراحی شبکه، بسته به نوع شبکه تعداد و موقعیت نقاط کنترل تعیین شود.
- در مرحله پردازش، کنترل ارتفاع و نوع آنتن تک تک مشاهدات و تطبیق آنها با فرم ثبت اطلاعات صحرایی الزامی است، تا در صورت وجود اختلاف بین آنها اصلاحات لازم انجام پذیرد.
- در نظر گرفتن مدل های یونسفر جهت حذف و یا کاهش این خطا در مشاهدات الزامی است.
- شروع پردازش از نقطه مبنایی از یک سمت پروژه آغاز می شود و به صورت طول باز ادامه می یابد. مختصات تایید شده پس از پردازش برای هر نقطه ذخیره می گردد تا در مرحله بعد از آن جهت ادامه پردازش استفاده گردد. مطابق شکل زیر فقط مختصات نقاطی که پردازش شده به عنوان مرجع جهت امتدادهای بعدی قابل استفاده است.



شکل ۲-۲ ترتیب صحیح پردازش طول باز ها

- اختلاف بین اضلاع مشترکی که تکرار می شوند محاسبه شود تا به منظور کنترل بررسی و تعیین خطاهای سیستماتیک و همچنین به دست آوردن برآورد اولیه، سازگاری داخلی شبکه به کار برده شوند. اختلافات فوق نباید از دقت مورد درخواست، با توجه به فاصله بین ایستگا هها (جدول ۱-۱) تجاوز نماید.
- در هر نوع از شبکه های ذکر شده، پس از پردازش هر لوپ بسته، باید خطای بست آن محاسبه گردد و با خطای بست مجاز لوپ و نتایج جدول ۱-۱ بدست می آید، مقایسه گردد.
- چنانچه بین دو نقطه کنترل نیز اندازه گیری شده باشد، اختلاف حاصل نباید از دقت مورد درخواست در جدول ۱-۱ بیشتر باشد.
- بعد از اینکه داده ها پردازش شدند و مجموعه ای از جواب ها به نقاط شبکه نسبت داده شد، همه بردارهای جواب پس پردازش با استفاده از نرم افزار سرشکنی شبکه، به روش کمترین مربعات، سرشکن می شوند.
- نرم افزاری که برای سرشکنی به کار برده می شود، باید مقادیر باقیمانده ها را محاسبه نماید، تا بتوان خطاهای سیستماتیک باقیمانده، در مشاهدات را تشخیص داد و آنها را از بین برد. در ضمن نرم افزار باید ماتریس

واریانس - کوواریانس مختصات برآورد شده را به صورت کامل محاسبه نماید. هر گونه ناسازگاری و مواجه شدن با خطاها باید در نرم افزار ثبت گردد.

- نتایج پردازش هر جلسه مشاهداتی، باید با استفاده از یک نقطه ثابت یا وزن دار سرشکن شوند تا سازگاری داخلی شبکه کنترل گردد. همچنین باید آنالیز باقیمانده های نرمال انجام گیرد تا در صورت نیاز، مشاهدات تکرار شود.
- پس از پردازش کامل شبکه، سرشکنی نهایی باید با استفاده از نقاط ثابت یا وزن دار انجام گیرد. این سرشکنی در دو مرحله انجام می گیرد. مرحله اول بدون در نظر گرفتن نقاط کنترل و حذف خطاهای سیستماتیک است و در مرحله دوم پس از حذف خطاهای سیستماتیک و در نظر گرفتن نقاط کنترل به صورت ثابت یا وزن دار و تعیین ضریب مقیاس بین ماتریس های واریانس - کوواریانس هر جلسه مشاهداتی، آزمون های آماری و تعیین بیضی های خطاهای نسبی و مطلق نیز انجام می گیرند.
- از آنجا که تمام نرم افزارهای مورد استفاده در GPS مقادیر خوش بینانه ای برای واریانس کوواریانس اختلاف مختصات برآورد می نماید ماتریس های ساختار فوق باید در یک ضریب مقیاس که در مرحله سرشکنی نهایی شبکه محاسبه می شود ضرب گردد.
- پس از سرشکنی مقادیر قابلیت اطمینان داخلی و خارجی برای شبکه محاسبه گردد.

۲-۱-۶ - ارائه گزارش و نتایج

در پایان مراحل انجام یک شبکه ژئودزی مبنایی، ارائه گزارش عملکرد، مراحل، مشکلات و نتایج الزامی است در این گزارش ذکر موارد زیر ضروری است:

- شرح مختصر عملیات، شامل موقعیت و محل آن و تعداد ایستگاه های مورد اندازه گیری.
- خلاصه برنامه هر جلسه مشاهداتی به طور جداگانه شامل ایستگاه های مورد اندازه گیری و زمان شروع و خاتمه جمع آوری داده ها در آن جلسه مشاهداتی مطابق فرم شماره ۴ در پیوست ۳.
- شرح مختصر تجهیزات مورد استفاده شامل مشخصات و شماره سریال آنها.
- اطلاعاتی درمورد نرخ ثبت داده ها، ارتفاع آنتن، نوع ایستگاه، ماهواره های مورد ردیابی.
- اطلاعات لجستیکی شامل نوع وسیله حمل و نقل و تجهیزات غیر فنی، پرسنل و وظایف آنها و مشکلات احتمالی بوجود آمده و روش های رفع آنها.

- اطلاعاتی پیرامون نرم افزار و سخت افزار مورد استفاده، در پردازش و سرشکنی داده ها.
- نتایج پردازش و سرشکنی داده ها، شامل طول بازها و مختصات سرشکن شده به همراه ماتریس واریانس - کوواریانس آنها و نتایج آزمون های آماری شامل باقیمانده ها و بیضی های خطای مطلق و نسبی در سطح اطمینان ۹۵ درصد.
- نتایج مقایسه اضلاع مشترک در جلسات مشاهداتی مختلف.

- ضمیمه فایل های داده های خام و فایل های فرمت RINEX بصورت هر جلسه مشاهداتی، در یک فهرست جداگانه.
- برگ ثبت اطلاعات صحرایی برای هر ایستگاه مطابق فرم شماره ۳ در پیوست ۳.
- شناسنامه یا کارت شناسایی هر ایستگاه مطابق فرم شماره ۵ در پیوست ۳.

۲-۲- بازسازی نقاط ژئودزی

در بازسازی نقاط ژئودزی قدیمی با توجه به وضع موجود ایستگاه، یکی از حالات هشت گانه زیر ممکن است پیش بیاید:

- ایستگاه و سه علامت راهنمای آن سالم هستند. در این حالت ایستگاه نیازی به بازسازی ندارد و عامل بازسازی موظف است وضعیت ایستگاه و علایم راهنما را از نظر فاصله و ژیزمان بطور مشروح و کامل در شناسنامه ایستگاه ثبت نماید.
- ایستگاه و دو علامت راهنمای آن سالم و یک علامت راهنما از بین رفته است. در این حالت پس از مقایسه ژیزمان و فاصله علایم راهنمای سالم و ایستگاه در صورت تأیید، یک علامت راهنما در محل مناسب طبق دستورالعمل بازسازی و خلاصه کارهای انجام شده برای علامت راهنما در شناسنامه ایستگاه توضیح داده شود.
- ایستگاه و یک علامت راهنمای آن سالم و دو علامت راهنما از بین رفته است. در این حالت پس از مقایسه ژیزمان و فاصله علامت راهنمای سالم و ایستگاه در صورت تأیید، دو علامت راهنما در محل مناسب طبق دستورالعمل بازسازی و خلاصه کارهای انجام شده برای علایم راهنما در شناسنامه ایستگاه توضیح داده شود.
- ایستگاه سالم و سه علامت راهنما از بین رفته اند. در این حالت، با توجه به نکات گفته شده در بخش ساختمان سه علامت راهنما بازسازی شود.
- ایستگاه از بین رفته است و سه علامت راهنمای آن سالم هستند. در این حالت با استفاده از علایم راهنما، محل ایستگاه به شرح زیر تعیین و سپس با توجه به وضع زمین به یکی از روشهای مذکور در بخش ساختمان ایستگاه بازسازی شود. برای این منظور ابتدا با استفاده از فاصله هر یک از علایم راهنما تا ایستگاه سه کمان روی زمین رسم شود. از محل تقاطع این سه کمان مثلث کوچکی حاصل خواهد شد. در داخل این مثلث، محل ایستگاه مشخص شود. از این نقطه مجدداً فاصله و ژیزمان هر یک از علایم راهنما، اندازه گیری گردند و در صورت تأیید اقدام به بازسازی ایستگاه شود.
- ایستگاه و یک علامت راهنمای آن از بین رفته اند و دو علامت راهنما سالم هستند. در این حالت با استفاده از فاصله هر یک از دو علامت راهنما تا ایستگاه، دو کمان رسم شود. از محل تلاقی این کمانها دو نقطه حاصل خواهد شد. با استفاده از ژیزمان علایم راهنما، محل تلاقی مربوط به محل ایستگاه مشخص می گردد. از این نقطه مجدداً ژیزمان و فاصله دو علامت راهنما اندازه گیری شود و پس از تأیید، نقطه بعنوان محل قطعی ایستگاه به حساب آید و با روش دو دوربین و چهارمیخ تثبیت گردد. آنگاه با توجه به وضع زمین، ایستگاه مناسب آن بازسازی شود و علایم راهنمای کسری نیز در محل های مناسب ایجاد شوند.
- ایستگاه و دو علامت راهنمای آن از بین رفته اند و یک علامت راهنما سالم است. در این حالت، محل مناسبی برای ایستگاه انتخاب و طبق دستورالعمل ساختمان بازسازی انجام گیرد.

- ایستگاه و سه علامت راهنمای آن از بین رفته اند. در این حالت، محل مناسبی برای ایستگاه انتخاب و طبق دستورالعمل ساختمان بازسازی انجام گیرد.

تبصره ۱: در کلیه حالات فوق، وضع موجود ایستگاه قبل از بازسازی در شناسنامه ذکر گردد.

تبصره ۲: در صورتی که میله یا بتن ایستگاه یا علائم راهنما احتیاج به مرمت داشته باشند، این کار با رعایت دقت کامل انجام و وضع، نحوه مرمت و دقت تعیین موقعیت ایستگاه بطور کامل در شناسنامه توضیح داده شود.

تبصره ۳: پس از تکمیل ساختمان ایستگاه و علائم راهنما و در مورد ایستگاه های بتنی پس از خشک شدن نسبی آنها کلیه نوشته ها و علامات با رنگ قرمز مشخص گردند. در نقاط مناسب بخصوص در مسیر دستیابی به ایستگاه پیکان هایی که نشان دهنده جهت ایستگاه باشند، به رنگ قرمز ترسیم شوند.

۲-۳- ایجاد شبکه های مسطحاتی موردی و محلی با استفاده از GPS

ژئودزی موردی مجموعه عملیاتی است که به ایجاد نقاط مسطحاتی ماندگار از طریق مثلث بندی یا پیمایش شبکه ای در یک منطقه خاص می انجامد. مراحل ایجاد یک شبکه موردی شامل طراحی، شناسایی و علامت گذاری، ساختمان، اندازه گیری، پردازش و سرشکنی و ارائه نتایج می باشد که در ادامه به شرح درباره هریک پرداخته خواهد شد.

۲-۳-۱- طراحی

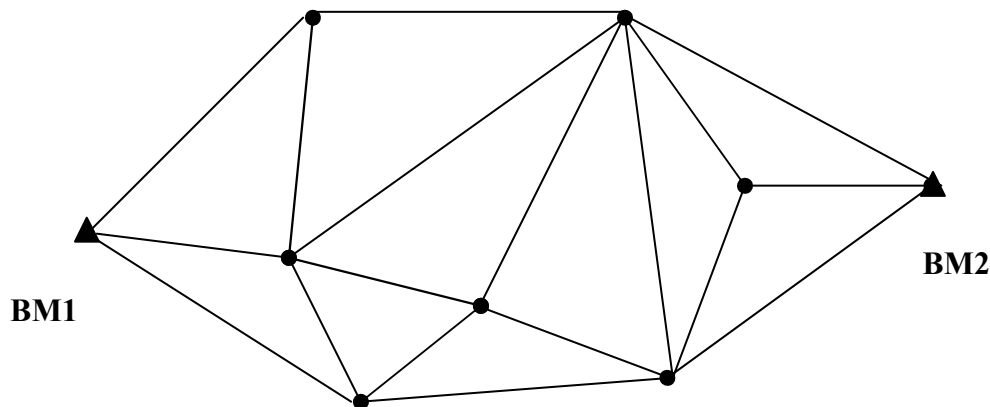
برای طراحی شبکه های محلی از نقشه های بزرگ مقیاس موجود استفاده می شود. بدین صورت که شکل شبکه و محل نقاط با توجه به امکانات و شرایط توپوگرافی منطقه، پیش بینی شده و روی نقشه های مذکور ترسیم می گردند. شکل شبکه های ژئودزی موردی و محلی به موارد ذیل تقسیم می گردند که در طراحی باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۳-۱-۱- شبکه های اصلی با گسترش سطحی

در شبکه هایی که بیش از ۱۰ الی ۱۵ ضلع دارند، اندازه گیری با حداقل چهار گیرنده به صورت همزمان از نظر اقتصادی قابل توجیه است. روش مطلوب در طراحی این شبکه ها، ایجاد یک سری نقاط با مشاهدات مثلث بندی و یا چهارضلعی با دو قطر می باشد. بدیهی است، قرائت به صورت چهار ضلعی با دو قطر و یا مثلث بندی، مشاهدات اضافی در ایجاد شبکه ای مستحکم تر و با قابلیت اطمینان بالاتر را تامین می کند. در این نوع از شبکه ها رعایت موارد زیر الزامی است:

- مثلث های ایجاد شده باید با یکدیگر در یک ضلع مشترک باشند و اضلاع همدیگر را قطع نکنند.
- سعی شود نقاط به گونه ای انتخاب گردند که نسبت طولهای اضلاع با هم برابر بوده و شبکه شکل منظمی داشته باشد.
- جهت اتصال به شبکه سراسری حداقل دو نقطه مبنایی مسطحاتی (درجه یک، دو یا سه) در منطقه مورد نیاز است.
- پراکندگی نقاط مبنایی در منطقه باید به صورت یکنواخت و متناسب باشد.

شکل ۳-۲ نمونه ای از این نوع از شبکه ها را نمایش می دهد.



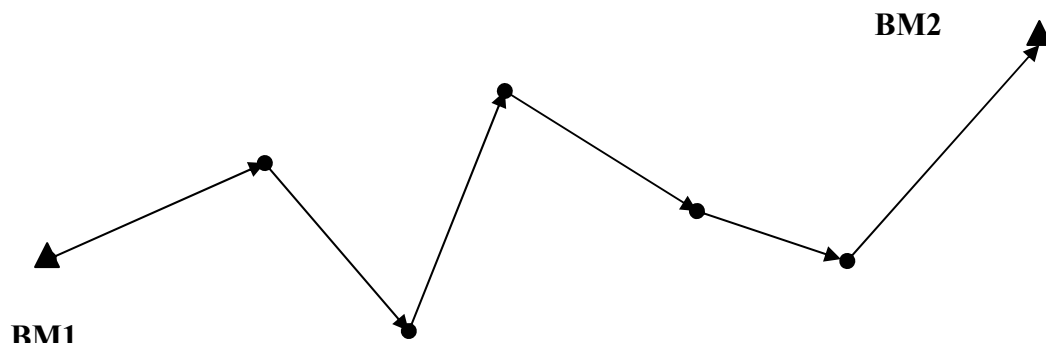
شکل ۳-۲ شبکه اصلی با گسترش سطحی

۲-۱-۳-۲ شبکه های اصلی با گسترش طولی

در مناطقی که گسترش آنها به صورت طولی باشد می توان از پیمایش باز استفاده نمود. این نوع شبکه ها معمولاً در پروژه های نظیر مسیر، رودخانه ها، کانالها و... مورد استفاده قرار می گیرند. در این نوع از شبکه ها رعایت نکات ذیل در طراحی الزامی است:

- حداقل دو نقطه مبنایی مسطحاتی در ابتدا و انتهای باند مورد نیاز است.
- حداکثر تعداد اضلاع شبکه بین هر دو نقطه مبنای مسطحاتی، ۱۵ ضلع می باشد. بدیهی است اگر تعداد طول بازهای موجود بیش از ۱۵ شود لازم است نقاط مبنایی اضافی به ازای هر ۱۵ ضلع یک نقطه در طول باند در نظر گرفته شود.
- پراکندگی نقاط مبنای مسطحاتی در کل باند به صورت یکنواخت باشد.

شکل ۴-۲ نمونه ای از این نوع شبکه ها است.



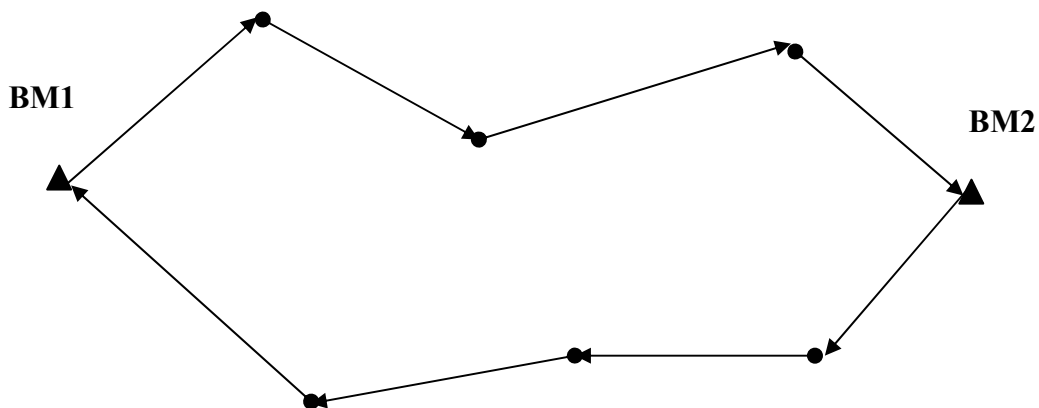
شکل ۴-۲ شبکه اصلی با گسترش طولی

۲-۳-۱-۳- شبکه های محلی کوچک

در شبکه های با اضلاع کمتر از ۵ کیلومتر می توان از یک لوپ بسته، جهت انجام پیمایش استفاده نمود. این نوع از شبکه ها در مناطق کوچک و جهت ایجاد پیمایش اصلی و یا در پروژه های استرو جهت ایجاد نقاط کنترل عکسی مورد استفاده قرار می گیرد. در این صورت در طراحی این شبکه ها موارد ذیل باید مورد توجه قرار گیرد:

- حداقل دو نقطه مبنایی جهت انجام پیمایش مورد نیاز است. این نقاط می توانند جزیی از نقاط شبکه باشند و یا از بیرون شبکه به صورت مثلث به شبکه اتصال یابد (توضیح حالت دوم به صورت مفصل در قسمت ۲-۴ آورده شده است).
- تبصره: قابل ذکر است که از نظر تئوری در صورت بسته شدن لوپ با یک نقطه مبنایی مسطحاتی دقت مورد نیاز شبکه تامین می گردد اما برای حصول اطمینان از صحت شبکه اکیدا توصیه می گردد حداقل از دو نقطه مبنایی مسطحاتی استفاده گردد.
- در صورتیکه تعداد اضلاع لوپ مورد نظر از ۱۵ طول باز بیشتر باشد، لازم است با مشاهدات اضافی لوپ شکسته شود. در این صورت الزامی است که لوپهای ایجاد شده حداقل در یک ضلع مشترک باشند.

شکل ۲-۵ فرم کلی این نوع از شبکه ها را نمایش می دهد.



شکل ۲-۵ شبکه محلی کوچک

۲-۳-۲- شناسایی و علامت گذاری

شناسایی در ژئودزی، نقش بسیار مهمی در بهبود کار و حصول راندمان بیشتر داشته و به مجموعه عملیاتی اطلاق می گردد که از جستجو برای یافتن محل صحیح و مناسب برای نقاط شبکه آغاز و به انتخاب قطعی محل نقاط و علامت گذاری های لازم خاتمه می پذیرد. بدین ترتیب جهت شناسایی نقاط، باید پس از انجام طراحی و با استفاده از نقشه های موجود به محل پروژه عزیمت نموده و نقاط مشخص شده روی نقشه های بزرگ مقیاس را از لحاظ موقعیت و وضعیت توپوگرافی مورد بررسی قرارداد. بر این اساس نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- به طور کلی نقاط شبکه ژئودزی باید دور از موانع و در ارتفاعات انتخاب گردند.
- به طور کلی موقعیت نقاط، براساس ماکزیمم دید ۱۵ درجه بالای افق انتخاب گردند.
- به دلیل تداخل امواج فرستنده های مختلف، نقاط باید حداقل ۵۰ متر از آنها فاصله داشته باشند.

- از نزدیکی نقاط به دکل های فشار قوی خودداری گردد.
- از مجاورت و نزدیکی نقاط با سطوح صیقلی که توانایی منعکس نمودن سیگنالهای برگشتی را دارند اجتناب شود.
- از انتخاب نقاط در مجاورت ساختمان های بلند که مانع از دریافت سیگنالهای کلیه ماهواره های بالای افق می شوند خودداری گردد.
- از انتخاب نقاط در پوشش های جنگلی انبوه که امکان رد یابی صحیح سیگنال توسط گیرنده وجود ندارد خودداری گردد.
- به منظور دسترسی آسان به نقاط حتی الامکان نقاط در کنار جاده ها و راههای دسترسی انتخاب گردند.
- نقاط به گونه ای انتخاب گردند که امکان بتن ریزی و ایستگاه گذاری و استقرار روی آن به راحتی وجود داشته و قابل اطمینان باشد.
- از انتخاب نقاط در اماکن دولتی و جاهایی که نیاز به مجوز خاص دارند خودداری گردد.
- کلیه موانع و مشکلات در دسترسی به نقطه ای که در طراحی اولیه در نقشه های بزرگ مقیاس در نظر گرفته شده بود باید در دفتر کار ثبت گردد.
- در بررسی های بعدی اگر امکان برطرف کردن موانع و مشکلات وجود نداشت به اجبار موقعیت نقاط طراحی به نزدیک ترین موقعیت مناسب تغییر داده شود.
- پس از انتخاب محل نقاط و علامت گذاری های لازم روی آن نحوه دسترسی به نقطه و کروکی آن به صورت کامل یادداشت شده و سپس در دفتر، وارد کارت شناسایی اولیه (پیوست ۳ فرم شماره ۵) نقطه گردد. این اطلاعات باید روشن، صریح و با ذکر آبادی ها، راه ها و عوارض مشخص در مسیر رسیدن به محل نقطه باشد و بتواند گروه ساختمان را که حامل وسایل و تجهیزات ساختمان می باشند راهنمایی نماید.

۲-۳-۳- ساختمان

در ژئودزی موردی ممکن است انتخاب نقطه با ساختمان آن یک جا انجام گیرد ولی چنانچه شبکه به صورت مثلث بندی طراحی شده باشد به جهت لزوم اطمینان از استحکام شکل شبکه و پوشش صحیح در کل منطقه، بهتر است قبلاً شناسایی محل نقطه انجام شده و در مرحله بعد اقدام به ساختمان سازی شود.

مکان این نقاط بسته به اینکه، خاکی و یا سنگی باشد به گروههای زیر تقسیم می گردد.

۲-۳-۳-۱- مناطق خاکی

در این صورت چاله ای به اضلاع حدود 40×40 سانتی متر و عمق ۶۰ سانتی متر حفر می کنیم سپس آن را با ملاط ماسه و سیمان که به نسبت سه به یک آماده شده است پر میکنیم هنگام ریختن ملاط تکه سنگ های کوچک را هم داخل ملاط ریخته و آن را به طور مرتب می کوبیم . میله وسط بتن را که به طول ۲۰ سانتی متر و قطر ۱/۵ تا ۲ سانتی متر بوده و در بالای آن شکل + حک شده است در داخل آن قرار می دهیم پس از پر شدن چاله سر قالب رپر را که سطح فوقانی آن مربعی به ضلع ۳۵ سانتی متر

است، روی آن طوری قرار می دهیم که یک ضلع آن در امتداد شمال - جنوب باشد. در این حالت آن را با ملاط پر و روی آن را صاف می کنیم. باید دقت کرد، میله در وسط قالب قرار گیرد و فقط ۵ تا ۱۰ میلیمتر آن از بتن بیرون باشد. (پیوست یک شکل ۵) روی بتن در قسمت بالا نام موسسه صاحب کار و در قسمت پایین اسم و شماره نقطه روی سیمان گود شود. نوشته ها در امتداد غربی و شرقی به طوری که جهت شمال را توجیه نماید نوشته شود.

۲-۳-۳-۲- مناطق خاکی - سنگی

این مناطق، معمولاً به صورت یک لایه خاک روی سنگ می باشد به این صورت مطابق حالت قبل چاله ای به ابعاد ۴۰×۴۰ در ۶۰ سانتی متر حفر می کنیم اگر در این حفاری به سنگ رسیدیم در صورت اطمینان از یکپارچه بودن سنگ، حفر چاله را متوقف می کنیم و ساختمان بتن را روی آن مطابق حالت قبل ایجاد می کنیم.

۲-۳-۳-۳- مناطق سنگی

در این حالت، قسمتی از صخره را برای تثبیت علامت انتخاب نموده و یک مثلث $\triangle$ با یک نقطه در وسط آن روی سنگ حک می کنیم طول اضلاع مثلث ۱۵ سانتی متر بوده و پهنای آن یک سانتی متر باشد. نوشته ها و طرز حکاکی آن شبیه حالت های قبل است.

- برای هر یک از ایستگاه های ایجاد شده، برگ شناسائی (شناسنامه) نهایی، کامل و دقیق و با رعایت دستورالعمل نحوه تهیه شناسنامه طبق فرم شماره ۵ در پیوست ۳ تهیه گردد.

۲-۳-۴- اندازه گیری

پس از تثبیت ایستگاه ها گروه های اندازه گیری از طریق کارتهای شناسایی در محل ایستگاهها مستقر شده و به جمع آوری مشاهدات می پردازند. فاکتور های عمده در تعیین مدت زمان یک مشاهده به صورت زیر است:

- هندسه نسبی ماهواره و تغییرات آن (DOP)
- تعداد ماهواره های بالای افق و قابل دید توسط گیرنده
- طول خط مبنا
- موانع موجود در ایستگاه
- درجه تاثیر یونسفری
- میزان خطای یونسفری در شب، تابستان و حداقل فعالیت خورشیدی در عرض جغرافیایی متوسط در کمترین میزان آن می باشد.

۲-۳-۴-۱- تعیین بهترین زمان مشاهدات

یکی از مهمترین مراحل در اندازه گیری، تعیین بهترین دوره مشاهدات یا تعیین session هاست. بهترین پریود مشاهدات، مدتی است که ماکزیمم ماهواره ها به طور همزمان قابل ردیابی اند. زمان بهینه، توسط چارتهای آزمون-ارتفاع که در نرم افزارهای GPS قابل نمایش است، تعیین می شود. این برنامه ها در نرم افزار بر پایه داده های آلمانک ها آرایش مورد انتظار ماهواره ها را محاسبه می کنند. نرم افزارها تصاویر و جدول هایی را ارائه می دهند که به کمک آنها می توان مناسب ترین مشاهدات را استخراج کرد. نتایج این داده ها به دو شکل، تابعی از زاویه ارتفاعی و آزمون و نمودار مدت زمان قابل رویت بر اساس زمان UTC برای هر ماهواره قابل دسترسی است. شکل های ۸ و ۹ در پیوست یک نمونه ای از این داده ها را نمایش می دهد. به کمک این اطلاعات و در ارتباط با دفترچه شناسائی صحرائی می توان کنترل و معلوم کرد که در چه زمان و کدام ماهواره را به خاطر عدم برقراری دید متقابل احتمالاً باید حذف و متناسب با آن مشاهدات را برنامه ریزی نمود.

- در هر شرایط باید از دوره های مشاهداتی با کمتر از ۴ ماهواره صرف نظر نمود.
- ماهواره های ردیابی شده، باید از لحاظ آرایش هندسی آنها (DOP) مورد بررسی قرار گیرند. در بیشتر نرم افزارهای GPS نمودارهای DOP قابل رسم هستند. عموماً DOP های زیر عدد ۶ مطلوب می باشد.
- یکی دیگر از جنبه های تعیین بهینه زمان مشاهده، در نظر گرفتن میزان انکسار یونسفری است. بر این اساس مشاهدات در طول شب و در تابستان، به دلیل کاهش اثر یونسفریک مناسب تر هستند.
- جدول شماره ۲-۴ و رابطه تقریبی زیر، جهت تعیین حداقل، مدت زمان مشاهده آورده شده است. (برگرفته از FGCC, 2002 با اندکی تغییر)

جدول ۲-۴ تعیین زمان بهینه مشاهده بر حسب فاصله و تعداد ماهواره

طول باز بر حسب کیلومتر	۴ ماهواره		۵ ماهواره		۶ ماهواره و بیشتر	
	تک فرکانسه	دو فرکانسه	تک فرکانسه	دو فرکانسه	تک فرکانسه	دو فرکانسه
یک تا ۱۰ کیلومتر	۷۵ دقیقه	۳۵ دقیقه	۴۵ دقیقه	۲۵ دقیقه	۳۵ دقیقه	۲۰ دقیقه
۱۰ تا ۲۰ کیلومتر	مجاز نیست	۴۰ دقیقه	مجاز نیست	۳۵ دقیقه	مجاز نیست	۳۰ دقیقه
۲۰ تا ۵۰ کیلومتر	مجاز نیست	مجاز نیست	مجاز نیست	مجاز نیست	مجاز نیست	۶۰ دقیقه

تعیین مدت زمان بهینه جهت مشاهده یک طول باز برای گیرنده تک فرکانسه و حداقل ۶ ماهواره:

۲ دقیقه به ازای هر کیلومتر + ۱۵ دقیقه = مدت زمان بهینه بر حسب دقیقه

تعیین مدت زمان بهینه جهت مشاهده یک طول باز برای گیرنده دو فرکانسه و حداقل ۶ ماهواره:

یک دقیقه به ازای هر کیلومتر + ۱۰ دقیقه = مدت زمان بهینه بر حسب دقیقه

۲-۳-۴-۲- تجهیزات اندازه گیری - گیرنده و آنتن

- برای رسیدن به دقت‌های بالا، باید از روش‌های تعیین موقعیت نسبی با حداقل دو گیرنده استفاده کرد. تعداد بیشتر دستگاه‌ها باعث افزایش سرعت کار، کاهش هزینه، اتصال‌های چندگانه بین نقاط، بالا رفتن درجه آزادی، تکرار مشاهدات و افزایش استحکام هندسی شبکه می‌شود.
- گیرنده‌های ۱۲ کاناله از نوع ردیابی فاز حامل و کد، بیشترین نوع گیرنده‌های موجود در بازار هستند. ممکن است در یک پروژه، چند نوع گیرنده مختلف استفاده شود که در این صورت باید سازگاری بین آنها و همزمانی مشاهدات در نظر گرفته شود.
- هر آنتن گیرنده دارای یک مرکز فاز می‌باشد که ممکن است دارای تغییراتی نسبت به آزیموت ماهواره‌ها باشد مناسب‌ترین آنتن، دارای کمترین حساسیت نسبت به خطای چند مسیری و کمترین خطای مرکز فاز می‌باشد. آنتن‌های choke-ring مناسب ترین آنتن‌ها جهت حذف خطاهای موجود است. بهتر است در پروژه‌ها از آنتن‌های یکسان استفاده شود و همه آنها نیز رو به شمال توجیه شوند.
- در طول بازهای بلندتر از ۲۰ کیلومتر به منظور حذف خطای انکسار یونسفر، استفاده از گیرنده‌های دو فرکانسه الزامی است. تبصره: طبق استاندارد‌های موجود استفاده از گیرنده‌های تک فرکانسه تا ۲۰ کیلومتر مجاز می‌باشد اما در عمل به دلیل نقص سیستم‌های بعضی از این گیرنده‌ها و میزان بالای خطاهای یونسفریک در طول روز، محدودیت‌هایی در طول‌های قابل اندازه‌گیری با آنها ایجاد می‌گردد. به این خاطر، جهت رسیدن به دقت و صحت قابل اطمینان استفاده از آنها در فواصل بیش از ۱۰ کیلومتر مجاز نمی‌باشد.
- در طول بازهای کوتاه‌تر از ۲۰ کیلومتر، استفاده از گیرنده‌های تک فرکانسه با رعایت موارد زیر مجاز می‌باشد:
 - ✓ تکرار طول باز
 - ✓ افزایش زمان مشاهدات
 - ✓ اتصالات اضافی بین ایستگاه‌ها

۲-۳-۴-۳- انجام مشاهدات

روش استاندارد و متعارف در اندازه‌گیری با GPS همان روش مشاهدات استاتیکی است که پشته‌ای از تجربه زیاد سال‌های گذشته را به همراه دارد. روش‌های دیگری چون کینماتیک، نیمه کینماتیک، شبه کینماتیک و استاتیک سریع نیز از اهمیت به سزایی در پیشبرد این علم برخوردارند. روش‌های مشاهدات کینماتیکی در نقشه برداری زمینی در صورتی قابل اجراست که در زمان انتقال گیرنده، از یک نقطه به نقطه دیگر دید متقابل بین گیرنده و ماهواره تامین گردد و حتی برای یک زمان کوتاه نیز، قطع نشود. بنابراین بهره‌گیری از این روش، در مناطق پوشیده از درختان انبوه و یا مناطق مسکونی متراکم، اغلب ناممکن است ولی در مناطق خشک و صحرایی، می‌توان از آن استفاده نمود. این دستورالعمل بر اساس کار با روش استاتیک تهیه شده و در نسخه‌های بعدی درباره روش‌های دیگر اندازه‌گیری توضیحاتی داده خواهد شد.

در این مرحله نکات زیر باید رعایت گردد:

- یک کروکی با مقیاس مناسب شامل کلیه نقاط مبنایی و نقاط طراحی شده، قبل از شروع مشاهدات باید در اختیار مجری قرار گیرد. که در آن، اضلاع مشترک و ایستگاههایی که همزمان قرائت دارند مشخص شده است.
- استفاده از ترابراگ و شاقول اپتیکی برای تراز و سانتراژ روی نقطه الزامی است. باید ترابراگ ها را قبل از شروع عملیات کالیبره نمود.
- آنتن های خاص choke ring که برای تضعیف امواج سطحی گذرنده از سطح آنتن طراحی شده اند، عموماً برای توقف انعکاسات گذرنده از بالای آنتن، از قبیل دیوارهای قائم بالای پشت بام ها و ... مفید نیستند.
- در هر جلسه مشاهداتی، ارتفاع آنتن از مرکز فاز تا روی نقطه باید با دقت میلیمتر، قبل و بعد از عملیات مشاهدات، اندازه گیری و ثبت شوند. ارتفاع نهایی آنتن، شامل اندازه گیری های انجام شده + افست آنتن نیز ثبت می گردد.
- اگر در چندین جلسه مشاهداتی، موقعیت آنتن و گیرنده در روی یک ایستگاه ثابت بماند، ارتفاع آنتن باید هر بار اندازه گیری و ثبت گردد.
- مدت زمان جمع آوری مشاهدات همزمان، بستگی به دقت مورد نیاز، هندسه ماهواره ، وضعیت یونسفری، نوع گیرنده (تک فرکانسه ، دو فرکانسه)، طول baseline، موقعیت جغرافیایی محل، زمان مشاهده، وضعیت منطقه در ایجاد خطای چندمسیری، نرم افزار مورد استفاده و نحوه حل ابهام فاز دارد. بهترین زمان از تجربه و آنالیز اولیه به دست می آید. جدول ۲-۴ و فرمول تقریبی بالا حداقل زمان مناسب برای اندازه گیری را تعیین می نماید.
- نرخ (rate) ثبت داده ها بستگی به روش مشاهداتی متفاوت است. به صورت یک قانون عمومی، در روش استاتیک این مقدار حداکثر ۱۵ ثانیه می باشد .
- کنترل و مراقبت از گیرنده و چگونگی ثبت اطلاعات در آن در تمام طول استقرار و مشاهده الزامی است. بدیهی است در طول زمان استقرار با مراقبت از گیرنده و تعیین تعداد ماهواره های دریافتی می توان طبق جدول ۲-۴ مدت زمان مشاهدات را برحسب نیاز تغییر داد .
- مواردی که باید در فرم ثبت اطلاعات صحرائی (پیوست ۳ فرم شماره ۳) آورده شوند، شامل زمان و روز مشاهدات (سال، ماه، روز)، مشخصات جلسه کاری، مشخصات ایستگاه شامل مدل و نوع گیرنده، سریال گیرنده، نوع آنتن و کارت حافظه، ارتفاع و افست آنتن، نام فایل مشاهداتی در گیرنده، زمان شروع و خاتمه طبق طراحی و همچنین زمان شروع و خاتمه اندازه گیری بر حسب UTC، دید آسمانی در افق نقطه، مسائل و مشکلات وقوع یافته در طول عملیات مشاهدات، کنترل ثبت اطلاعات، باطری و گیرنده
- شناسنامه نقاط شبکه طبق فرم شماره ۵ در پیوست ۳ تکمیل گردد.

۲-۳-۵- پردازش و سرشکنی

پردازش طول باز، در طی مراحل که شروع آن وارد کردن داده های خام و خاتمه آن اختلاف مختصات طول باز به عنوان خروجی است، انجام می گیرد. داده ها در هر نوع گیرنده، فرمت خاص خود را دارد که مشاهدات در آن بر اساس این فرمت تعریف می شوند. مثلاً یک نوع گیرنده، ممکن است در اندازه گیری فاز، تمام سیکلها را به عنوان کمیت مشاهداتی ذخیره و در نظر بگیرد و گیرنده نوع دیگر، بخشهای کسری را ذخیره نماید. لذا داده های جمع آوری شده از انواع مختلف گیرنده ها، نمی توانند با یک نرم افزار خاص پردازشگر داده های GPS پردازش شوند. به منظور حل این مشکل دو راه وجود دارد یا همه سازندگان گیرنده ها از فرمت خروجی یکسان، برای داده ها استفاده کنند و یا، یک فرمت مشترک تعریف شود، که به عنوان یک مبدل بین گیرنده های مختلف عمل کند. از آنجا که سازندگان گیرنده ها، علاقه دارند که گیرنده ها را بر مبنای فرمت خاص خودشان طراحی نمایند، مورد اول منتفی است. بر این اساس الزامی است، داده های خروجی هر نوع گیرنده که مورد استفاده قرار می گیرد به فرمت RINEX تبدیل گردد. فرمت RINEX شامل سه نوع فایل است:

✓ فایل مشاهدات یا observation data file

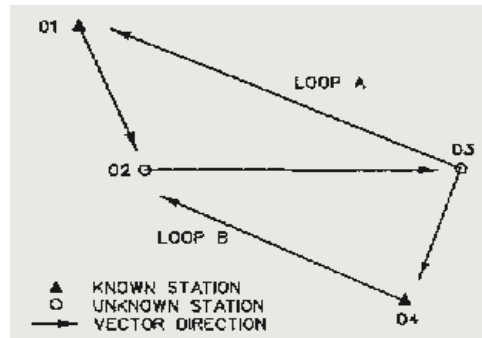
✓ فایل مشاهدات تکمیلی مانند اطلاعات شرایط آب و هوایی

✓ فایل پیغام ناوبری یا navigation file

پس از تبدیل داده های خام به RINEX اطلاعات خام و یا RINEX آن در نرم افزار مربوطه وارد می گردد. در راستای پردازش داده ها، رعایت نکات و مراحل زیر الزامی است:

- نرم افزاری که برای پردازش داده های جمع آوری شده، به کار برده می شود. باید توانایی پردازش به صورت نسبی یا اختلاف مختصات (dx, dy, dz)، همراه با ماتریس وریانس-کوریانس آنها داشته باشد، تا خروجی آن، به عنوان ورودی در نرم افزار سرشکنی به کار برده شود.
- نرم افزار مورد استفاده باید توانایی پردازش یکجای تمام مشاهدات همزمان و به تبع آن طول بازهای هر جلسه مشاهداتی را داشته باشد.
- در پردازش هر پروژه باید در انتخاب صحیح و به جای نقاط کنترل دقت زیادی نمود. طبق دستورالعمل های بیان شده در مرحله طراحی شبکه، بسته به نوع شبکه تعداد و موقعیت نقاط کنترل تعیین شود.
- بدیهی است در ژئودزی موردی نقاط کنترل، نقاطی از شبکه های با درجه بالاتر (یک، دو و سه) هستند که مختصات آنها به صورت کارتهای شناسایی، توسط سازمان نقشه برداری کشور در دسترس استفاده کنندگان آن قرار می گیرد.
- در مواردی خاص در صورت نیاز به اتصال شبکه های ایجاد شده به شبکه های قبلی موجود در منطقه، نقاط مبنایی، مختصات پنج مارکهای موجود و مورد تایید کارفرما می باشند.
- در مرحله پردازش، کنترل ارتفاع و نوع آنتن تک تک مشاهدات و تطبیق آنها با فرم ثبت اطلاعات صحرائی الزامی است، تا در صورت وجود اختلاف بین آنها اصلاحات لازم انجام پذیرد.
- در نظر گرفتن مدل های استاندارد یونسفر جهت حذف و یا کاهش این خطا در مشاهدات الزامی است.

- شروع پردازش از نقطه مبنایی از یک سمت پروژه آغاز می شود و به صورت طول باز ادامه می یابد. مختصات تایید شده پس از پردازش برای هر نقطه ذخیره می گردد تا در مرحله بعد از آن جهت ادامه پردازش استفاده گردد. مطابق شکل زیر فقط مختصات نقاطی که پردازش شده به عنوان مرجع جهت امتدادهای بعدی قابل استفاده است.



شکل ۲-۲ - ترتیب صحیح پردازش طول باز ها

- اختلاف بین اضلاع مشترکی که تکرار می شوند محاسبه شود تا به منظور کنترل بررسی و تعیین خطاهای سیستماتیک و همچنین به دست آوردن برآورد اولیه، سازگاری داخلی شبکه به کار برده شوند. اختلافات فوق نباید از دقت مورد درخواست، با توجه به فاصله بین ایستگا هها (جدول ۲-۵) (NAVSTAR Global Positioning System Surveying 1996) تجاوز نماید.

جدول ۲-۵ تعیین دقتهای مجاز حاصل از پردازش یک طول باز

فاصله بین گیرنده ها بر حسب کیلومتر	فرمول RMS طول باز مشاهداتی بر حسب متر	حداکثر RMS مجاز برای طول باز ها بر حسب میلی متر
صفر تا ۱۰ کیلومتر	$\leq [0.02 + (0.04 \times \text{طول باز (km)})]$	از ۴ میلی متر تا ۱۲ میلی متر
۱۰ تا ۲۰ کیلومتر	$\leq [0.03 + (0.03 \times \text{طول باز (km)})]$	از ۱۲ میلی متر تا ۱۸ میلی متر
۲۰ تا ۳۰ کیلومتر	$\leq [0.04 + (0.025 \times \text{طول باز (km)})]$	از ۱۸ میلی متر تا ۲۳ میلی متر
۳۰ تا ۴۰ کیلومتر	$\leq [0.04 + (0.025 \times \text{طول باز (km)})]$	از ۲۳ میلی متر تا ۲۷ میلی متر
۴۰ تا ۶۰ کیلومتر	$\leq [0.08 + (0.015 \times \text{طول باز (km)})]$	از ۲۷ میلی متر تا ۳۲ میلی متر
۶۰ تا ۱۰۰ کیلومتر	≤ 0.17	۳۲ میلی متر
بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر	≤ 0.20	۴۰ میلی متر

- در هر نوع از شبکه های ذکرشده، پس از پردازش هر لوپ بسته، باید خطای بست آن محاسبه گردد و با خطای بست مجاز لوپ و نتایج جدول ۲-۵ بدست می آید، مقایسه گردد.
- چنانچه بین دو نقطه کنترل نیز اندازه گیری شده باشد، اختلاف حاصل نباید از دقت مورد درخواست در جدول ۲-۵ بیشتر باشد.
- بعد از اینکه داده ها پردازش شدند و مجموعه ای از جواب ها به نقاط شبکه نسبت داده شد، همه بردارهای جواب پس پردازش با استفاده از نرم افزار سرشکنی شبکه، به روش کمترین مربعات، سرشکن می شوند .
- نرم افزاری که برای سرشکنی به کار برده می شود، باید مقادیر باقیمانده ها را محاسبه نماید، تا بتوان خطاهای سیستماتیک باقیمانده، در مشاهدات را تشخیص داد و آنها را از بین برد. در ضمن نرم افزار باید ماتریس واریانس- کوواریانس مختصات برآورد شده را به صورت کامل محاسبه نماید. هر گونه ناسازگاری و مواجه شدن با خطاها باید در نرم افزار ثبت گردد.
- نتایج پردازش هر جلسه مشاهداتی، باید با استفاده از یک نقطه ثابت یا وزن دار سرشکن شوند، تا سازگاری داخلی شبکه کنترل گردد. همچنین باید آنالیز باقیمانده های نرمال انجام گیرد تا در صورت نیاز، مشاهدات تکرار شود.
- پس از پردازش کامل شبکه، سرشکنی نهایی باید با استفاده از نقاط ثابت یا وزن دار انجام گیرد. این سرشکنی در دو مرحله انجام می گیرد. مرحله اول بدون در نظر گرفتن نقاط کنترل و حذف خطاهای سیستماتیک است و در مرحله دوم پس از حذف خطاهای سیستماتیک و در نظر گرفتن نقاط کنترل به صورت ثابت یا وزن دار و تعیین ضریب مقیاس بین ماتریس های واریانس- کوواریانس هر جلسه مشاهداتی، آزمون های آماری و تعیین بیضی های خطاهای نسبی و مطلق نیز انجام می گیرند.
- از آنجا که تمام نرم افزارهای مورد استفاده در GPS مقادیر خوش بینانه ای برای واریانس- کوواریانس اختلاف مختصات برآورد می نماید ماتریس های ساختار فوق باید در یک ضریب مقیاس که در مرحله سرشکنی نهایی شبکه محاسبه می شود ضرب گردد.
- پس از سرشکنی مقادیر قابلیت اطمینان داخلی و خارجی برای شبکه محاسبه گردد.

۲-۳-۶- ارائه گزارش و نتایج

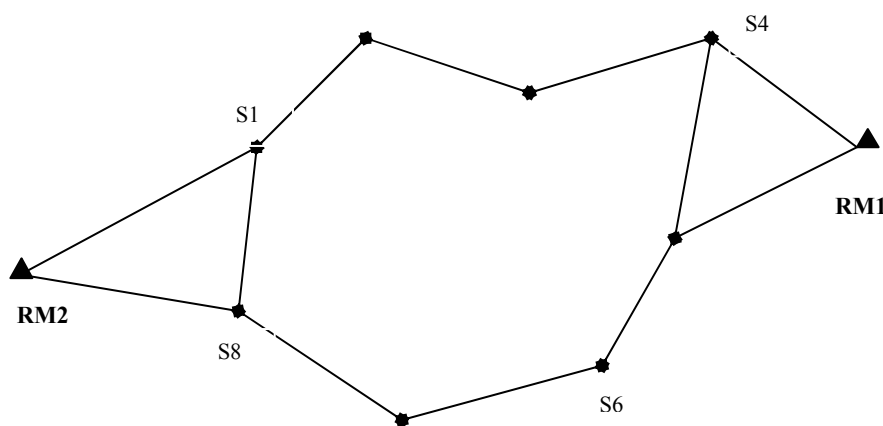
- در پایان مراحل انجام یک پروژه ژئودزی موردی، ارائه گزارش عملکرد، مراحل، مشکلات و نتایج الزامی است در این گزارش ذکر موارد زیر ضروری است:
- شرح مختصر پروژه، شامل موقعیت و محل آن و تعداد ایستگاه های مورد اندازه گیری.
 - خلاصه برنامه هر جلسه مشاهداتی به طور جداگانه شامل ایستگاه های مورد اندازه گیری و زمان شروع و خاتمه جمع آوری داده ها در آن جلسه مشاهداتی مطابق فرم شماره ۴ در پیوست ۳ .
 - شرح مختصر تجهیزات مورد استفاده شامل مشخصات و شماره سریال آنها.

- اطلاعاتی درمورد نرخ ثبت داده ها، ارتفاع آنتن، نوع ایستگاه، ماهواره های مورد ردیابی.
- اطلاعات لجستیکی شامل نوع وسیله حمل و نقل و تجهیزات غیر فنی، پرسنل و وظایف آن ها و مشکلات احتمالی بوجود آمده و روش های رفع آنها.
- اطلاعاتی پیرامون نرم افزار و سخت افزار مورد استفاده، در پردازش و سرشکنی داده ها.
- نتایج پردازش و سرشکنی داده ها، شامل طول بازها و مختصات سرشکن شده به همراه ماتریس واریانس - کواریانس آنها و نتایج آزمون های آماری شامل باقیمانده ها و بیضی های خطای مطلق و نسبی در سطح اطمینان ۹۵ درصد.
- نتایج مقایسه اضلاع مشترک در جلسات مشاهداتی مختلف.
- ضمیمه فایل های داده های خام و فایل ها با فرمت *RINEX* بصورت هر جلسه مشاهداتی، در یک فهرست جداگانه.
- برگ ثبت اطلاعات صحرایی برای هر ایستگاه مطابق فرم شماره ۳ در پیوست ۳.
- شناسنامه یا کارت شناسایی هر ایستگاه مطابق فرم شماره ۵ در پیوست ۳.

۲-۴- انتقال مختصات از شبکه های مبنایی موجود

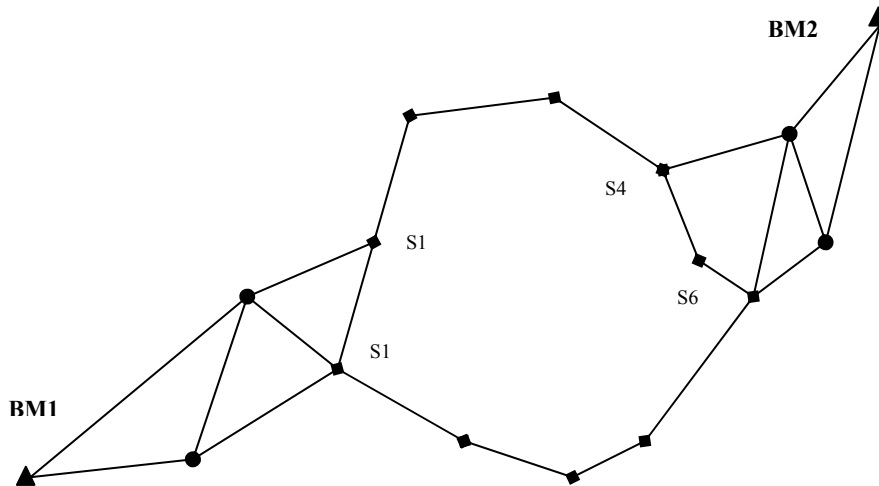
در ایجاد شبکه های ژئودزی موردی در مناطقی که نقاط مبنایی (درجه یک دو و یا سه) در نزدیکی آنها وجود ندارد، از انتقال مختصات جهت ایجاد نقاط مسطحاتی به شرح زیر استفاده می گردد:

- انتقال مختصات حتما باید به صورت مثلث که یک راس آن، نقطه مبنایی و دو راس دیگر آن، دو تا از نقاط شبکه باشند انجام شود. این مسئله برای تمام نقاط مبنایی موجود مورد استفاده در شبکه الزامی است.
- طول اضلاع این مثلث برای گیرنده های تک فرکانسه حداکثر، ۱۰ کیلومتر، و برای گیرنده های دو فرکانسه تا ۵۰ کیلومتر، و با رعایت جدول مدت زمان مشاهده (جدول ۲-۴) و جدول دقت قابل حصول از پردازش (جدول ۲-۵) مطابق شکل ۲-۶ می باشد.



شکل ۲-۶ انتقال مختصات به شبکه از فواصل کوتاه

- در صورتی که فاصله نقاط مبنایی تا شبکه بیش از ۱۰ کیلومتر باشد و گیرنده های دو فرکانسه در دسترس نباشد، باید با ایجاد نقاط کمکی در طول مسیر انتقال از یک شبکه مثلث بندی مطابق شکل ۲-۷ جهت انتقال مختصات استفاده نمود.



شکل ۲-۷ انتقال مختصات به شبکه از فواصل بلند

- در این صورت، طول اضلاع شبکه انتقال، نباید از ۱۰ کیلومتر بیشتر باشد.
- اتصال نقاط کمکی حتما به دو تا از نقاط شبکه اصلی، مطابق شکل ۲-۷ انجام شود.
- اتصال از تمام نقاط مبنایی موجود (حداقل دو نقطه مبنایی) به شبکه الزامی است.

۲-۵- ایجاد شبکه های مبنایی مسطحاتی کلاسیک: درجه ۱ و ۲ و ۳

قبل از رایج شدن سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS در مسایل نقشه برداری، شبکه های ژئودزی با استفاده از مشاهدات کلاسیک طول و زاویه اندازه گیری، محاسبه و سرشکنی می شدند و به همین دلیل به این نوع عملیات ژئودزی کلاسیک اطلاق می شود. مراحل مختلف ایجاد شبکه های ژئودزی کلاسیک بجز مراحل اندازه گیری و محاسبات با ژئودزی ماهواره ای GPS تقریباً یکسان می باشند. لذا در این بخش بیشتر به موضوع اندازه گیری در شبکه های کلاسیک پرداخته می شود.

۲-۵-۱- طراحی

این مرحله توسط متخصصان و کارشناسان ژئودزی و نقشه برداری انجام می گیرد و منظور از آن طراحی شبکه هایی یکنواخت و متناسب با نیازها و دقت های مورد نظر می باشد.

- در طراحی و تعیین موقعیت تقریبی نقاط از نقشه های ۱:۵۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ موجود یا از عکسهای هوایی موجود منطقه استفاده می شود.

- طراحی بگونه ای انجام می گیرد که شبکه شامل مثلث یا مجموعه ای از مثلثها یا چهارضلعی با دو قطر می باشد. این کار با رعایت شکلهای پیشنهادی و با در نظر گرفتن وجود دید مستقیم بین نقاط انجام می پذیرد.
- پس از طراحی اولیه در مرحله قبل و بعد از تعیین مختصات تقریبی نقاط از روی نقشه شکل نهایی شبکه و نوع و تعداد مشاهدات در محاسبات آنالیز اولیه باتوجه به دقت خواسته شده مشخص می گردد.
- باید شبکه جدید به شبکه های مسطحاتی و ارتفاعی کشور اتصال یابد.
- اتصال به شبکه های مسطحاتی کشوری باید حداقل از طریق دو نقطه صورت گیرد. بهتر است که محل این اتصال در ابتدا و انتهای شبکه باشد.
- اتصال به شبکه های ارتفاعی کشوری باید حداقل به دونقطه و برای پرهیز از کاهش نسبی دقت ارتفاعی در هر ۴۰ کیلومتر به یک نقطه ارتفاعی دیگر انجام گیرد این اتصال ممکن است از طریق ترازیابی مستقیم یا ترازیابی مثلثاتی صورت پذیرد.

۲-۵-۲- شناسایی

شناسایی نقشی مهم در بهبود و اجرای بهینه کار دارد و می توان گفت یک شناسایی خوب نتایج ارزنده ای از نظر یکنواختی و اقتصادی بودن کار خواهد داشت.

مفهوم شناسایی، جستجو برای تعیین صحیح و انتخاب قطعی محل نقطه شبکه ژئودزی و برقراری دید بین نقاط و تحصیل اطلاعات لازم در مورد بازیابی علائم کار گذاشته شده و ثبت و ارائه این اطلاعات بصورت مفید و به مقدار کافی می باشد. اگر چه پاره ای از مسائل موردنظر در شناسایی هنگام طراحی شبکه که در دفتر کار انجام می پذیرد مورد توجه قرار می گیرد ولی تکرار بعضی از آنها برای عوامل شناسایی نیز ضروری است. لذا کنترل یا اجرای آنها در این دستورالعمل نیز یادآوری شده است.

- سعی شود که نقاط شبکه حتی الامکان هم ارتفاع باشند تا خطای انکسار در زوایای قائم به حداقل برسد.
- محل ایستگاهها طوری انتخاب شود که در معرض کم شدن و فرسایش و خسارت نباشند.
- در شناسنامه ایستگاه کروکی باید به دقت ترسیم شود موقعیت هر نقطه با دایره ای به قطر چهار میلیمتر روی عکس مشخص گردد. در پشت عکس اسم و نقطه و کروکی نقطه اصلی با علایم راهنما و با مرکب سیاه آورده شود نقطه اصلی در پشت عکس با علامت O و مرکب قرمز مشخص شود.
- ژیزمان مغناطیسی ایستگاه از نقاط مشخص نظیر پاسگاههای ژاندارمری، دکل های فشار قوی، تابلوهای کیلومتر نمای نصب شده در راهها، تقاطع جاده های مهم و روستاها و... کمکی بسیار موثر در شناسایی ایستگاه می کند و شایسته است که این ژیزمانها در کارت شناسایی قید شود.
- هنگام انتخاب محل نقاط شبکه ژئودزی دقت شود که شرایط مناسب برای استقرار دستگاههای نقشه برداری و حرکت عامل در اطراف ایستگاه هنگام مشاهدات فراهم باشد.

۲-۵-۳- اندازه گیری ها در ژئودزی کلاسیک

اندازه گیری ها در ژئودزی کلاسیک بر حسب سه شبکه ژئودزی کلاسیک درجه یک، درجه دو، و درجه سه به شرح زیر توضیح داده می شود.

۲-۵-۳-۱- اندازه گیری شبکه ژئودزی کلاسیک درجه یک

اندازه گیری در ژئودزی کلاسیک درجه یک شامل اندازه گیری زوایای قائم و افقی، اندازه گیری طول بعضی از اضلاع شبکه و اندازه گیری آزیموت لاپلاس برای بعضی از امتدادهای شبکه می شود. اندازه گیری های آزیموت لاپلاس و بعضی اضلاع شبکه از قبل در طراحی تعیین می شوند و در سرشکنی به عنوان مقادیر مطلق در معادلات مشاهدات وارد می شوند. هدف از انجام آنها جلوگیری از پیچش شبکه در اثر گسترش شبکه مثلث بندی می باشد.

الف- اندازه گیری زوایای افقی

یادآوری می شود که طول اضلاع شبکه مثلث بندی در حدود ۲۵ تا ۶۰ کیلومتر است. زاویه یاب های مناسب برای استفاده در این مثلث بندی از نوع T-3 ویلد یا مشابه آن خواهد بود. در اندازه گیری زوایا موارد زیر باید رعایت گردد.

- ۱- قبل از شروع عملیات تقسیم تراز هر زاویه یاب باید اندازه گیری و محاسبه گردد.
- ۲- برای نوردادن فقط از پروژکتورهای ژئودزی استفاده شود که دارای لامپ های الکتریکی می باشند.
- ۳- قبل از شروع مشاهدات، کلیماسیون افقی و کلیماسیون قائم زاویه یاب اندازه گیری شود و در صورتی که مقدار هریک بیش از ده ثانیه شصت قسمتی باشد دستگاه باید برای تنظیم به آزمایشگاه عودت داده شود. این عمل باید قبل از عزیمت به صحرا انجام پذیرد و در حین ماموریت نیز برای هریک دستگاه در دفتر کار تکرار گردد.
- ۴- چون در حین طلوع و غروب خورشید و مدتی قبل و بعد از آن وضعیت جو در حال تعادل نیست و شرایط متعارف از قبیل درجه حرارت، فشار و غیره دستخوش تغییر است، قرائت زوایا در چنین شرایطی به علت وجود انکسار جو تا حالت تعادل و حصول شرایط مناسب جایز نیست.
- ۵- برای حذف کلیه عواملی که باعث کاهش دقت اندازه گیری زوایا می شوند امتدادهای شبکه های درجه یک باید در شب بصورت دور افق و در دو دوره شانزده کوپل و حداقل در دو شب با رعایت حذف کلیه خطاهای دستگاهی و عملیاتی اندازه گیری شوند.
- ۶- هر قرائت با دو بار تغییر در میکرومتر انجام و میانگین گرفته شود. حداکثر اختلاف این دو نباید بیش از $0/4$ ثانیه شصت قسمتی باشد.
- ۷- اختلاف هر کوپل از میانگین شانزده کوپل نباید بیش از ۴ ثانیه شصت قسمتی باشد.
- ۸- اختلاف میانگین هر دوره شانزده کوپل که در یک شب انجام می شود از میانگین دوره شانزده کوپل دیگر مربوط به همان امتداد یا زاویه که در شبهای دیگر مشاهده می شود نباید از یک ثانیه شصت قسمتی تجاوز کند. در این صورت باید میانگین دو دوره در محاسبات نهایی منظور گردد.

۹- هنگام قرائت زوایای افقی برروی امتدادهایی که شیب آنها بیش از یک درجه می‌باشد، قرائت حباب تراز نیز انجام گیرد و در محل مخصوص ثبت گردد.

۱۰- درجات لمب برای مشاهدات افقی امتداد ها بشرح زیر خواهد بود.

جدول ۲-۶ درجات لمب افقی امتداد ها برای شبکه ژئودزی کلاسیک درجه ۱

شماره کوپل	°	'	"	شماره کوپل	°	'	"
1	00	00	10	9	90	00	10
2	191	00	25	10	281	00	25
3	22	30	35	11	112	30	35
4	213	30	50	12	303	30	50
5	45	00	10	13	135	00	10
6	236	00	25	14	326	00	25
7	67	30	35	15	157	30	35
8	258	30	50	16	348	30	50

۱۱- زاویه آزیموت مارک (Azimuth Mark) در هر ایستگاه بایکی از امتدادهای اصلی شبکه همراه با قرائت زوایا یا پس از مشاهدات شبکه اصلی در دو کوپل با دقت چندثانیه قرائت شود.

ب- اندازه گیری زاویه قائم

- ۱- برای کلیه امتدادهای شبکه، زوایای قائم بطور همزمان قرائت گردند. این همزمانی از طریق بی سیم یا مخابره علائم از پیش تعیین شده تامین گردد. در هر صورت فاصله زمانی بین قرائت زاویه قائم دو ایستگاه مقابل یک امتداد نباید از نیم ساعت تجاوز نماید.
- ۲- اندازه گیری زوایای قائم باید در شب و در فاصله سه ساعت بعد از غروب تا سه ساعت قبل از طلوع آفتاب انجام پذیرد.
- ۳- قرائت زوایای قائم اضلاع شبکه در دو شب، هر شب چهار کوپل با دو بار تغییر در میکرومتر انجام پذیرد. اختلاف این دو از یکدیگر نباید بیش از 0.4 ثانیه شصت قسمتی باشد و اختلاف هر کوپل از میانگین نباید بیش از 4 ثانیه شصت قسمتی باشد.
- ۴- ارتفاع دوربین و ارتفاع علامت نشانه روی (پروژکتور) با دقت بهتر از سانتیمتر اندازه گیری و در دفترچه قرائت ثبت گردد.

ج- اندازه گیری طول

- ۱- در صورت امکان سعی شود کلیه اضلاع مثلث های شبکه اندازه گیری شود. در غیر این صورت باید از هر مثلث حداقل یک ضلع آن اندازه گیری شود.
- ۲- طول ها در دو شب یا دو روز مختلف یا در یک شب و روز در دو نوبت به فاصله زمانی حداقل چهار ساعت اندازه گیری شود.
- ۳- طولها به صورت دوطرفه در هر طرف حداقل ده قرائت انجام شود.
- ۴- در ابتدا و انتهای هر اندازه گیری فشار و حرارتهای خشک و تر هوا باید بطور دقیق اندازه گیری و ثبت شود.

تبصره - برای اندازه گیری طول، می توان از فاصله یاب های DI60 یا مشابه آن استفاده نمود.

د- کنترل اندازه گیری ها

در مورد زوایای افقی قبل از ترک ایستگاهها باید کنترل های زیر توسط رییس یا یکی از اعضای گروه انجام پذیرد.

۱- برای هر دوره شانزده کوپل، خطای استاندارد مربوط به زوایای افقی هر امتداد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}}$$

که در آن v_i اختلاف هر کوپل از میانگین شانزده کوپل و n تعداد کوپل ها است. σ نباید بیش از یک ثانیه شصت قسمتی باشد، در غیر این صورت باید یک دوره شانزده کوپل دیگر قرائت گردد.

۲- پس از حصول شرایط فوق در سه راس مثلث، باید خطای بست مثلثها با فرمول $A+B+C-\sum \leq 3''$ کنترل گردد. که

در آن A ، B و C میانگین زوایای قرائت شده در هر راس، $\sum$ تصحیح مربوط به اضافه کرویت است که از

فرمول $\sum = \frac{T}{R^2}$ بدست می آید. R شعاع کره زمین و T مساحت مثلث است که از فرمول زیر بدست می آید.

$$T = \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)}$$

۳- در صورت تجاوز خطای بست مثلثها از سه ثانیه شصت قسمتی باید منتظر دستور دفتر مرکزی بود تا در مورد ترک ایستگاه یا قرائت مجدد ایستگاه تصمیم مقتضی اتخاذ و به گروه های مستقر ابلاغ شود.

۲-۳-۵-۲- اندازه گیری شبکه ژئودزی کلاسیک درجه دو

در ژئودزی درجه دو مانند ژئودزی درجه یک اندازه گیری ها شامل اندازه گیری زوایای قائم و افقی و طول و اندازه گیری

آزیموت لاپلاس می باشد. لازم به ذکر است که طول اضلاع در ژئودزی درجه دو حدود ۱۰ تا ۳۰ کیلومتر است.

الف- اندازه گیری زوایای افقی

۱- عایت بندهای ۱ تا ۴ مندرج در بخش اندازه گیری زوایای افقی در ژئودزی درجه یک ضروری است.

۲- اندازه گیری زوایای افقی در شب در دو دوره حداقل به فاصله چهار ساعت و هر دوره در دوازده کوپل انجام پذیرد.

۳- هر قرائت با دو بار تغییر در میکرومتر انجام و میانگین گرفته شود. حداکثر اختلاف این دو نباید بیش از ۰/۴ ثانیه شصت قسمتی باشد.

۴- اختلاف هر کوپل از میانگین شانزده کوپل نباید بیش از ۴ ثانیه شصت قسمتی باشد.

درجات لمب برای مشاهدات زوایای افقی امتداد ها بشرح زیر خواهد بود.

جدول ۲-۷ درجات لمب افقی امتداد ها برای شبکه ژئودزی کلاسیک درجه ۲

شماره کوپل	°	'	"	شماره کوپل	°	'	"
1	00	00	10	7	90	00	35
2	195	00	20	8	285	00	50
3	30	30	35	9	120	30	10
4	225	30	50	10	315	30	20
5	60	00	10	11	150	00	35
6	255	00	20	12	345	00	50

ب- اندازه گیری زوایای قائم

رعایت تمام بندهای مندرج در بخش اندازه گیری زوایای قائم در ژئودزی درجه یک ضروری است.

ج- اندازه گیری طول

مشابه اندازه گیری طول در شبکه ژئودزی کلاسیک درجه یک عمل می شود.

۲-۳-۵-۳- اندازه گیری شبکه ژئودزی کلاسیک درجه سه

در این شبکه طول اضلاع حدود چهار تا پانزده کیلومتر می باشد.

الف- اندازه گیری زوایای افقی

- اندازه گیری زوایای افقی در شب و روز مجاز است.
 - زوایای افقی در دوازده کوپل با رعایت نکات مندرج در بخش اندازه گیری زوایای قائم در ژئودزی درجه دو ضروری است.
- دوربین های مورد استفاده در این مورد T-2 ویلد یا مشابه آن خواهد بود.

ب- اندازه گیری زوایای قائم

در طول های کمتر از ۱۰ کیلومتر یک دوره چهار کوپل و در طول های بیش از ۱۰ کیلومتر دو دوره چهار کوپل قرائت گردد. زمان مناسب قرائت سه ساعت قبل و بعد از طلوع و غروب آفتاب می باشد.

ج- اندازه گیری طول

مشابه اندازه گیری طول در شبکه ژئودزی کلاسیک درجه دو عمل می شود.

۳- استاندارد ترازیبی

۳-۱- استاندارد نقاط و عملیات ارتفاعی

تعریف

ترازیابی به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که منجر به تعیین ارتفاع نقاط نسبت به یک سطح مبنا می‌شود. ارتفاع از طریق اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع ترازیب و شاخص و اعمال تصحیحات لازم و سرشکنی، تعیین می‌گردد.

هدف

اهداف ایجاد شبکه‌های ترازیبی با توجه به درجه و دقت آن‌ها متفاوت می‌باشد که به‌طور مختصر می‌توان موارد زیر را نام برد:

اهداف ترازیبی درجه یک

- بررسی جابجائی‌های ارتفاعی پوسته زمین (ژئودینامیک منطقه‌ای)
- ایجاد نقاط مبنایی برای شبکه کنترل میکروژئودزی
- ایجاد و گسترش شبکه‌های ارتفاعی درجه یک به‌منظور ایجاد سیستم ارتفاعی یکسان برای تهیه نقشه‌های پوششی کشور

اهداف ترازیبی درجه دو

- ایجاد و گسترش شبکه‌های ارتفاعی درجه دو به‌منظور ایجاد سیستم ارتفاعی یکسان
- ایجاد تراکم مناسب نقاط مبنایی جهت تهیه نقشه‌های پوششی کشور و نقشه‌های بزرگ و کوچک مقیاس

اهداف ترازیبی درجه سه

- ایجاد و گسترش شبکه‌های ارتفاعی درجه سه به‌منظور ایجاد سیستم ارتفاعی یکسان
- ایجاد تراکم مناسب نقاط مبنایی جهت تهیه نقشه‌های پوششی کشور و نقشه‌های بزرگ و کوچک مقیاس
- ایجاد تراکم مناسب نقاط ارتفاعی جهت سهولت در دسترسی کاربران
- ایجاد نقاط مبنایی برای مقاصد مختلف نقشه‌برداری نظیر مطالعات زهکشی و تعیین شیب منطقه‌ای

۳-۲- استاندارد شبکه‌های ارتفاعی

جدول ۳-۱ استاندارد شبکه‌های ارتفاعی

تجهیزات اصلی			متوسط فاصله نقاط به کیلومتر	معیار دقت	درجه ترازیبی
بزرگنمایی ترازیاب	نوع میر	دقت ترازیب			
		دقت ترازیب $0.2^{mm} - 0.3^{mm}$ در یک کیلومتر ترازیبی رفت و برگشت و بزرگنمایی $32X-40X$ شاخص انوار دولبه و دماسنج تفاضلی با دقت 0.1° و فشار سنج با دقت $1mmHg$	۲	$3^{mm}\sqrt{k}$	۱
		دقت ترازیب 0.7^{mm} در یک کیلومتر ترازیبی رفت و برگشت و بزرگنمایی $32X-40X$ شاخص انوار دولبه و دماسنج با دقت 0.5°	۳	$8^{mm}\sqrt{k}$	۲
		دقت ترازیب $0.7^{mm} - 1.5^{mm}$ در یک کیلومتر ترازیبی رفت و برگشت و حداقل بزرگنمایی $32X$ شاخص یک لبه مهندسی	۴	$12^{mm}\sqrt{k}$	۳

k طول مسیر ترازیبی برحسب کیلومتر است.

جدول ۳-۲ استاندارد ساختمان ایستگاه‌های ترازیبی

درجه ترازیبی	زیر سازی (cm)	ارتفاع بتن (cm)	نقاط رفرانس <i>RM</i>	حداقل فاصله زمانی بین قرائت و ساختمان (ماه)
<i>I</i>	۱۰	۷۵	دارد	۶
<i>II</i>	۱۰	۷۰	دارد	۶
<i>III</i>	ندارد	۵۰	ندارد	۲

۴- دستورالعمل ترازیبی

۴-۱- دستورالعمل‌های عملیات زمینی

۴-۱-۱- دستورالعمل عملیات ارتفاعی (ترازیابی) درجه یک

۴-۱-۱-۱- طراحی و شناسایی ترازیبی درجه یک

۴-۱-۱-۱-۱- طراحی مسیرهای ترازیبی درجه یک

در طراحی مسیرهای ترازیبی درجه یک از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ منطقه و نیز نقشه‌های فعالیت‌های تکتونیک و جنس زمین منطقه از نظر زمین شناسی استفاده می‌گردد. در این مرحله باید توجه داشت که مسیرها حتی‌الامکان در امتداد بزرگراه‌ها و جاده‌های اصلی به صورت لوپ انتخاب شوند. چنانچه در منطقه مورد نظر جاده اصلی موجود نباشد، بناچار از جاده‌های درجات پایین‌تر استفاده خواهد شد. در طراحی مسیرهای ترازیبی درجه یک، به منظور رسیدن به دقت‌های مورد نظر، لازم است از انتخاب لوپ‌های باریک اجتناب گردد.

۴-۱-۱-۲- شناسایی مسیرهای ترازیبی درجه یک

پس از طراحی مسیرهای ترازیبی، به منظور شناسایی مسیرها ضمن حرکت در امتداد مسیرهای طراحی شده باید توجه داشت که: اولاً مسیر در امتداد دکل‌های فشار قوی نباشد ثانیاً در مسیر موانعی وجود نداشته باشد که مانع عملیات ترازیبی گردد.

۴-۱-۱-۳- نام‌گذاری لوپها و خطوط درجه یک

نام‌گذاری لوپها و خطوط معمولاً به وسیله سازمان نقشه‌برداری کشور انجام می‌گیرد. این نام‌گذاری‌ها باید به گونه‌ای باشند که اولاً حتی‌الامکان محل جغرافیایی منطقه را با توجه به جهات اصلی نشان دهد و ثانیاً فصل مشترک لوپها را خطوط تشکیل دهد به طوری که اولویت نام‌گذاری آنها از شمال به جنوب و از غرب به شرق باشد.

۴-۱-۱-۴- انتخاب محل ایستگاه‌ها

شناسایی مسیر و محل ایستگاه‌های ترازیبی دقیق درجه یک ضمن حرکت در امتداد مسیر از پیش تعیین شده (مطابق طراحی) انجام می‌گیرد. در مورد فاصله ایستگاه‌های ترازیبی دقیق درجه یک، باید توجه شود که حداکثر فاصله بین دو ایستگاه ترازیبی در مناطق کوهستانی بین ۱ تا ۱/۵ کیلومتر و در مناطق دشت ۱/۵ تا ۲/۵ کیلومتر باشد. محل نقاط نیز با توجه به موارد زیر تعیین خواهد گردید:

- محل ایستگاه خارج از حریم راه، راه آهن و حتی الامکان جهت جلوگیری از تخریب آنها دور از دسترس مردم باشد.
- محل ایستگاه خارج از مسیر و آبرو باشد.
- در مناطقی که استخراج وجود دارد ایستگاهی انتخاب نگردد.
- ایستگاه حتی‌الامکان در زمینهای زراعی، باغچه، باغ، چمن و روی خاکریزها که احتمال نشست در آنها زیاد است و یا کنار لوله‌های نفت و آب، کانال و عوارض مشابه انتخاب نشود.

- سعی شود از محوطه ساختمان‌های دولتی نظیر ادارات و یا مجاورت ساختمان‌های پایدار و ماندگار برای محل نقطه استفاده شود.
- ایستگاهها در مکان‌هایی انتخاب شوند که امکان دسترسی آن‌ها برای کاربران وجود داشته باشد.
- پایه بتنی پلهای بزرگ و یا ساختمان‌های مشخص و مطمئن که امکان نصب دیسک مخصوص در آن‌ها وجود دارد نیز می‌تواند برای نقاط ترازبایی دقیق مورد استفاده قرار گیرد. در این صورت باید توجه نمود که دیسک طوری نصب شود که استقرار شاخص مخصوص ترازبایی دقیق روی آن امکان‌پذیر باشد.
- تعیین ایستگاه در نقاط گرهِ^۱ مسیرها اجباری است. در محل تقاطع راهها، محل ایستگاه با رعایت بندهای قبلی انتخاب شود.
- محل BM^2 و RM^3 برای هر ایستگاه حتی‌المقدور نزدیک دو عارضه مجزا انتخاب شود تا در صورت تخریب یک عارضه و از بین رفتن آن لااقل یکی از آنها سالم بمانند.
- در مناطق کم عارضه و بیابانی، محل تغییر مسیر، انشعاب و یا تقاطع مسیرهای انتقال نیرو و تلگراف با جاده و حتی یک پیچ جاده آدرس خوبی برای ایستگاه می‌باشد.
- ایستگاه‌ها بیش از حد به تیرهای برق یا تلگراف نزدیک نباشد تا در صورت تعویض تیر، ایستگاه‌ها از بین نروند.
- چون در زیر دکل برق فشار قوی، میدان مغناطیسی مانع گراویمتری است، حداقل یکی از نقاط BM و RM زیر دکل گرفته نشود.
- سعی شود در ایستگاه راه آهن و فرودگاه هر شهر و در گمرک شهرهای بندری ایستگاهی در نظر گرفته شود.
- پس از رعایت موارد فوق، یک شناسنامه تقریبی برای نقاط تهیه می‌گردد که این شناسنامه اولیه حاوی اطلاعاتی در مورد موقعیت تقریبی نقطه است.

۴-۱-۱-۲- ساختمان ایستگاه‌های ترازبایی درجه یک

۴-۱-۱-۲-۱- تعیین نهایی محل ایستگاه درجه یک

پس از شناسایی مقدماتی مسیر و تعیین محل‌های تقریبی برای ایستگاه‌های ترازبایی مطابق بند (۴-۱-۱-۱-۴)، محل نهایی ایستگاه تعیین می‌گردد.

۴-۱-۱-۲-۲- مشخصات و خصوصیات مصالح مورد استفاده در ساختمان ایستگاه‌های ترازبایی

۱- **سیمان:** بر اساس جنس زمین، نوع سیمان مورد نظر مشخص می‌گردد. در مناطق شوره‌زار و در مناطقی که احتمال خطر سولفات‌ها وجود داشته باشد باید از سیمان پرتلند نوع ۲ استفاده شود. در بقیه موارد از سیمان پرتلند نوع ۱ می‌توان استفاده کرد.

نکات لازم:

- رنگ سیمان باید سبز تیره مایل به خاکستری یک‌دست باشد.
- اگر دست در کیسه سیمان فرو رود باید احساس خنکی شود نه گرمی.
- 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.

^۱ - نقاط گرهِ به نقاطی اطلاق می‌گردد که چند مسیر ترازبایی از آن منشعب می‌شود

^۲ - Bench Mark

^۳ - Refrence Mark

• پودر سیمان وقتی مابین انگشتان لمس می‌شود، باید بسیار نرم و صاف باشد و هرگونه زبری و ناهمواری دلیل خرابی و نامرغوبی سیمان است.

۲- 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 می‌شود که اندازه آن‌ها بین 4mm تا 20mm باشد.

ج- خرده سنگ: ابعاد خرده سنگ بزرگتر از شن بوده و اندازه آن حداکثر 5cm می‌باشد. سنگ مورد استفاده نباید حالت ورقه‌ای داشته باشد و قبل از استفاده سطح آن‌ها کاملاً خیس گردد و نیز از بکارگیری آن‌ها به مقدار زیاد در سطح فوقانی بتن و در اطراف آرماتور خودداری گردد.

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، مواد گیاهی، مواد رسی و غیره باشد.
- باید تا حدودی شکل منظم هندسی داشته باشند.
- وزن مخصوص مصالح سنگی حدوداً بین $2.6\text{--}2.9\text{ ton/m}^3$ می‌باشد.

۳- 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 بوده و از مصرف آب حاوی موادی که قادر به صدمه زدن به بتن یا آرماتور باشد از قبیل روغن‌ها، اسیدها، قلیائ‌ها، املاح، مواد قندی، مواد آلی و کلر خودداری گردد.

تذکر: از مصرف آب دریا خودداری شود.

۴-۱-۱-۲-۳- طرح اختلاط مصالح در ساخت بتن

۴-۱-۱-۲-۳-۱- نسبت آب به سیمان

در ساخت بتن، مقدار آب مصرفی نقش اساسی را در مقاومت بتن ایفاء می‌نماید. اگر مقدار آب مخلوط کم باشد، کار با مخلوط تازه مشکل می‌گردد و اگر مقدار آب زیاد باشد آب و اجزاء ترکیبی از یکدیگر جدا می‌شود و مقاومت لازم ایجاد نمی‌گردد. به‌طور معمول نسبت آب به سیمان حدود 40% می‌باشد. باید توجه داشت که مقدار آب مصرفی با توجه به شرایط آب‌وهوایی و میزان رطوبت ماسه و شن متغیر می‌باشد.

۴-۱-۱-۲-۳-۲- نسبت سیمان به مصالح سنگی

نسبت سیمان به مصالح سنگی (ماسه، شن، خرده سنگ) در بتن عامل ایجاد مقاومت لازم می‌باشد. در صورتی که مقدار سیمان زیاد باشد بتن حاصله جمع می‌شود یعنی حجم آن در اثر خشک شدن کم می‌شود و باعث ترک خوردگی می‌گردد. از سوی دیگر اگر سیمان کم مصرف شود باعث خواهد شد که رپر^۱، مقاومت لازم را بدست نیاورد. بنابراین لازم است که اجزاء بتن را با نسبت‌های

^۱ - رپر: اصطلاحاً به ایستگاه‌ها و نقاطی که ساختمان آن‌ها بتنی می‌باشد، اطلاق می‌گردد.

کاملاً مشخص با هم مخلوط نمائیم. بهترین نسبت برای ساختن رپرهای مورد نظر طبق تجربه، نسبت‌های حجمی ۴ شن، ۲ ماسه، ۱ سیمان یا ۳ شن، ۱/۵ ماسه ۱ سیمان پیشنهاد می‌گردد.

تذکره: لازم است که در انتخاب شن و ماسه دقت کافی به عمل آید و ابعاد آن‌ها بیش از معمول کوچکتر و یا بزرگتر انتخاب نشوند تا بتن حاصله مقاومت کافی را داشته باشد.

۴-۱-۱-۲-۴ - ساختمان ایستگاه تراز یابی درجه یک (BM)

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

- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر ۷۰ سانتیمتر و عمق ۷۵ سانتیمتر حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، حفاری آن قدر ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم رسیده شود.
 - چاله را به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر با بتن مگر^۱ (نظافت) پر نموده و سپس آرماتورهای اصلی و عرضی^۲ در وسط آن قرار داده می‌شود.
 - پس از خشک شدن بتن زیرین (معمولاً یک روز بعد) قالب رپر استوانه‌ای شکل به قطر ۴۰ سانتیمتر و ارتفاع ۷۰ سانتیمتر را در چاله قرار داده و بتدریج ملات بتن را در آن ریخته و سپس آن را کوبیده تا پر شود.^۳
 - میله وسط رپر در مرکز بتن به شکل عمودی قرار داده شود که حدود ۵ میلیمتر از سطح فوقانی رپر بالاتر قرار گیرد. به منظور استحکام بیشتر دو میله آهنی تقریباً بطول ۱۰ سانتیمتر، اولی بفاصله ۳ سانتیمتر و دومی بفاصله حدود ۱۰ سانتیمتر از انتهای میله، در دو جهت عمود بر هم به میله وسط جوش داده شود.
 - میله وسط بتن که به عنوان نقطه تراز یابی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دارای مشخصات زیر باشد:
- ۱- جنس آن نرم نباشد. ۲- در اثر رطوبت زنگ نزنند (ترجیحاً از جنس استیل). ۳- سطح بالای آن نیمکره باشد. ۴- قطر میله ۲ سانتیمتر باشد. ۵- طول میله ۲۵ سانتیمتر باشد.
- به منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود ۳ سانتیمتر از سطح بالای قالب رپر با سیمان و ماسه نرم پر شود. البته باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به صورت یکپارچه در آید.
- قالب رپر پس از خشک شدن نسبی رپر (معمولاً روز بعد) برداشته می‌شود.
 - پس از برداشتن قالب، در سه روز متوالی روی آن آب ریخته سپس اطراف آن را با ماسه نرم پر کرده و حدود ۵ سانتیمتر آخر آن را تا سطح زمین، خاک ریخته تا از پراکندگی ماسه جلوگیری شود. این عمل برای حذف اثر نیروهای جانبی به بتن ساخته شده انجام می‌گیرد. جزئیات مقطع، شبکه آرماتور و میل استیل ایستگاه تراز یابی دقیق (BM) در شکل‌های (۴-۱) و (۴-۲) آورده شده است.

نکات مهم:

- ۱- 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.
- ۲- حداقل پوشش بتن (فاصله بین حلقه و سطح خارجی رپر) ۵ سانتیمتر باشد.
- ۳- باید کنترل‌های لازم برای ساختن بتن اعمال شود. یکی از موارد مهم، 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 تهیه بتن مناسب، شرایط محیطی طوری انتخاب شود که بتن در فصول

^۲ - بتن مگر، بتنی است که نسبت سیمان و ماسه در آن تقریباً یک به چهار باشد و کم آب نباشد.

^۳ - آرماتورهای اصلی شامل ۳ عدد میل گرد به ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر و به قطر ۸ تا ۱۰ میلیمتر می‌باشد و آرماتورهای عرضی شامل حلقه‌هایی به قطر ۳۰ سانتیمتر که قطر میلگرد آن ۸ تا ۱۰ میلیمتر بوده و تعداد آنها نیز ۳ عدد می‌باشد. آرماتورهای اصلی با فواصل مساوی داخل آرماتورهای عرضی مهار میشوند.

^۴ - بهتر است از یک ویبراتور برای متراکم کردن بتن استفاده شود.

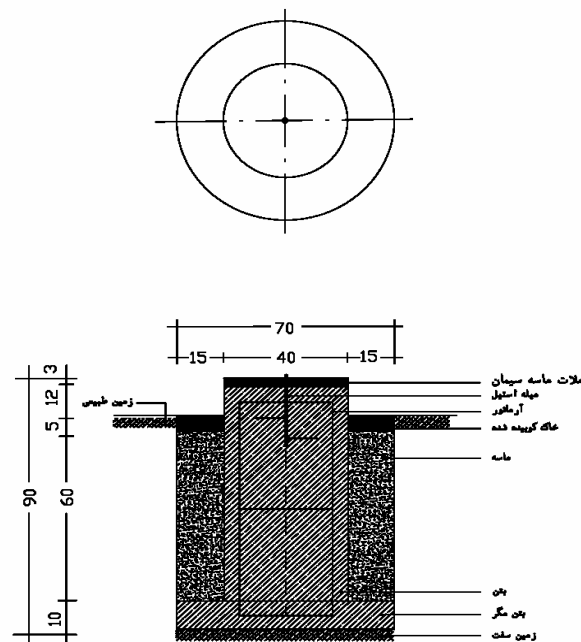
مناسب در مناطق مختلف ساخته شود و یا اگر الزاماً در شرایطی ساخته می‌شود که مناسب به نظر نمی‌رسد شرایط مصنوعی بوجود آید، مثلاً در شرایط گرم روی بتن با گونی خیس پوشانده شود و به‌طور مرتب روی آن آب ریخته شود تا آب بتن به تدریج بخار شود و اگر در هوای سرد بتن ساخته می‌شود باید طوری اطراف آن را پوشاند که از یخ زدگی جلوگیری به عمل آید.

مطابق آیین نامه بتن ایران (آبا)، درجه حرارت مناسب برای ساختن بتن بین 5°C تا 30°C باشد که در هنگام بتن ریزی هیچ قسمت از بتن نباید دمایی کمتر از 5°C و بیشتر از 30°C سانتیگراد داشته باشد.

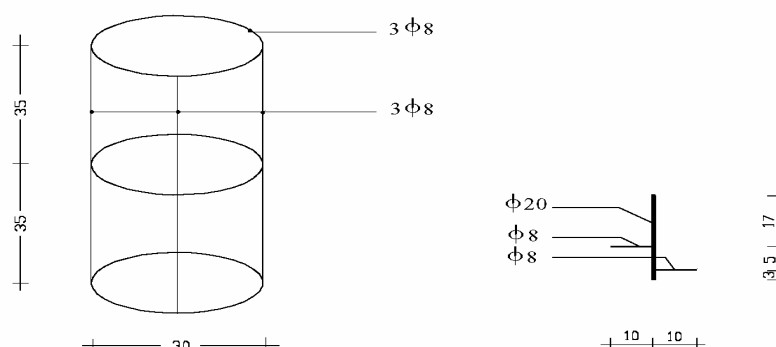
۴- حداقل زمان مراقبت و عمل آوردن بتن در دمای محیط 5°C تا 10°C ، ۴ روز و در دمای بالاتر از 30°C ، ۳ روز می‌باشد.

۵- قالب‌ها در صورت تغییر شکل الزاماً تعویض گردد.

۶- ارتفاع سطح فوقانی رپر از سطح زمین حداقل ۵ و حداکثر ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.



شکل ۴-۱ مقطع ایستگاه تراز یابی دقیق (BM) درجه یک

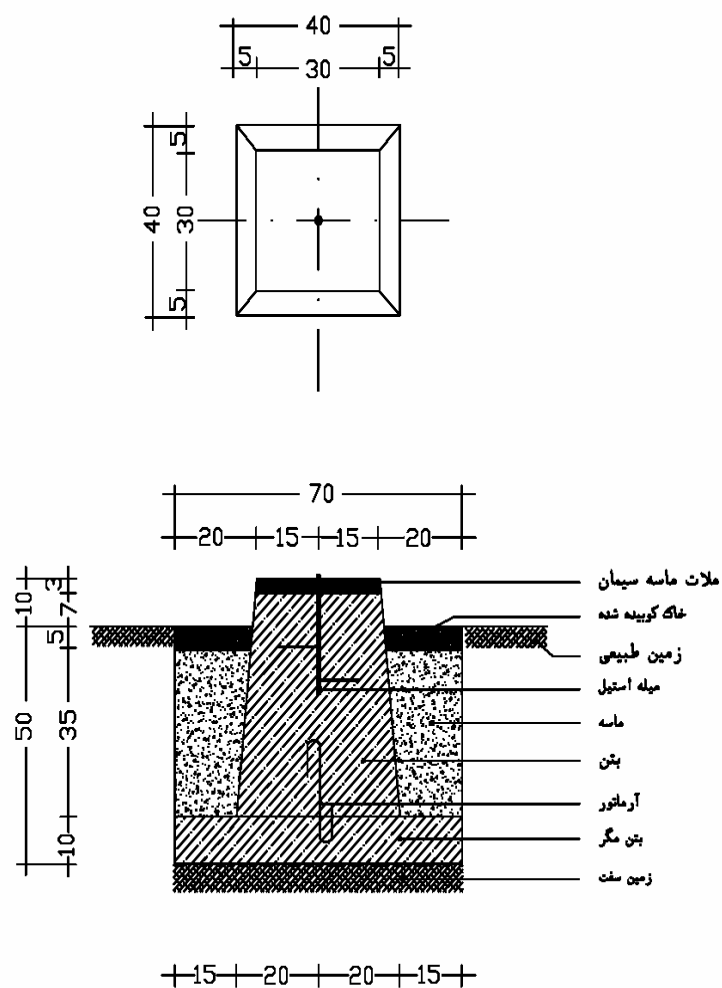


شکل ۴-۲ جزئیات شبکه آرماتور و میل استیل ایستگاه ترازبایی دقیق (BM) درجه یک

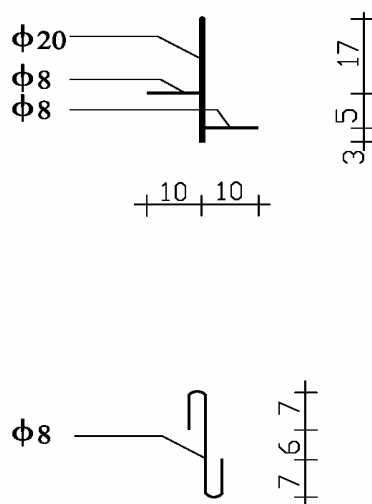
۴-۱-۱-۲-۵- ساختمان نقاط رفرانس درجه یک (RM)

برای هر ایستگاه ترازبایی دقیق درجه یک، ساختن حداقل یک نقطه (RM) الزامی است. نقطه (RM) در مجاورت نقطه اصلی و مطابق با ضوابط تعیین محل ایستگاه، انتخاب می‌گردد. برای ساختمان رفرانس مارک (RM) به‌صورت زیر عمل می‌شود:

- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر ۷۰ سانتیمتر و عمق ۵۰ سانتیمتری حفر می‌شود.
 - انتهای چاله را باید به ارتفاع ۱۰ سانتیمتری با بتن مگر پر نمود.
 - سه عدد میله آرماتور را که به شکل S در آمده طوری داخل بتن مگر قرار داده شود که نصف آن از بتن بیرون باشد.
 - پس از خشک شدن بتن زیرین (معمولاً روز بعد) قالب رپر را که به‌صورت هرم ناقص که سطح پایین آن مربعی بضلع ۴۰ سانتیمتر و سطح بالای آن مربعی بضلع ۳۰ سانتیمتر می‌باشد در چاله قرار داده، و با ریختن تدریجی ملات بتن و کوبیدن آن، قالب از بتن پر شود.
 - قالب بتن‌ها باید بسمت شمال مغناطیسی باشد.
 - سایر موارد مطابق مراحل ساختمان ایستگاه ترازبایی (BM) می‌باشد.
- جزئیات مقطع، آرماتور S شکل و میل استیل ترازبایی دقیق RM در شکل‌های (۴-۳) و (۴-۴) آورده شده است.



شکل ۴-۳ مقطع بتن رفرانس مارک (RM) برای نقاط تراز یابی دقیق درجه یک



شکل ۴-۴ جزئیات آرماتور و میل استیل ایستگاه رفرانس (RM) درجه یک

۴-۱-۱-۲-۶- حک نام

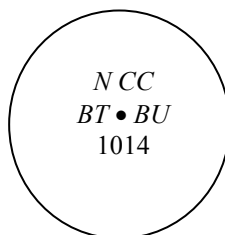
پس از صاف کردن سطح نرمه بر روی ایستگاه در سطح بالایی بتن، حروف و اعداد مربوط طوری داخل آن فرو شود که هم سطح بتن شده، بدون آنکه سطح بتن از حالت صاف و مسطح خارج گردد. پس از آنکه نرمه بتن حالت اعداد و حروف را گرفت، حروف و اعداد را به آهستگی از سطح بتن خارج کرده به‌طوری‌که لبه حروف و اعداد حک شده صدمه نبیند. برای حک حروف و اعداد بهتر است از قالب‌های آلومینیومی استفاده شود.

نام نقطه باید قبلاً تعیین و مشخص شده باشد و قبل از خشک شدن کامل بتن روی آن حک شود.

۴-۱-۱-۲-۶-۱- حک نام بر روی (BM)

نام ایستگاه روی BM در سه سطر و بسمت شمال مغناطیسی و بفاصله حداقل ۳ سانتیمتر از لبه‌های رپر به‌صورت زیر حک می‌شود.

سطر اول نام مؤسسه مجری (به‌عنوان مثال NCC) و در سطر دوم و در دو طرف میله، حروف مربوط به نام ایستگاه و در سطر سوم شماره ایستگاه حک شود. در صورت بازسازی شدن ایستگاه BM، کد عددی باید قبل از نام حروفی ایستگاه مانند IBTBU بر روی ایستگاه حک شود.



۴-۱-۱-۲-۶-۲-حک نام بر روی (RM)

$$\begin{array}{c} NCC \\ \bullet \\ RM \end{array}$$

۴-۱-۱-۲-۷- تهیه شناسنامه ایستگاه درجه یک

- مشخصات بالای صفحه شامل قسمت‌های مختلف از قبیل نام ایستگاه، نوع ایستگاه، منطقه عملیات، نزدیکترین آبادی، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ... می‌باشد که باید به‌طور کامل و دقیق پر شود.
- شرح ایستگاه: در قسمت شرح ایستگاه، مشخصات و ابعاد ایستگاه BM و RM توضیح داده می‌شود.
- موقعیت ایستگاه: در این قسمت مطالب مشروحه زیر باید ذکر شود:

۵- فاصله ایستگاه از ایستگاه‌های قبل و بعد.

- راه دسترسی: در این قسمت فاصله ایستگاه از دو مبدأ کاملاً مشخص (مانند پمپ بنزین، کارخانه، ساختمان‌های دولتی، پل‌های بزرگ، تقاطع جاده‌های مشخص با جاده‌های اصلی و ...) با ذکر نام جاده و جهت حرکت در این قسمت بیان می‌شود.
- این فاصله باید از دو طرف جداگانه آورده شود تا ایستگاه از هر دو سو قابل دسترسی باشد.
- ترسیم کروکی: کروکی و جزئیات آن باید با رعایت ژیزمان جاده و ژیزمان $BM - RM$ نسبت به شمال مغناطیسی ترسیم گردد و عوارض موجود در مجاورت ایستگاه باید دقیقاً در کروکی ترسیم و نام نزدیکترین شهر در دو طرف ایستگاه آورده شود. در ترسیم کروکی باید توجه شود که از شلوغ کردن کروکی با آوردن عوارض جزئی که هیچ‌گونه تأثیری در راهنمایی استفاده کننده جهت دستیابی به ایستگاه ندارد خودداری شود. همچنین برای مشخص شدن عوارض مصنوعی یا طبیعی از لژاند (راهنما) استاندارد سازمان نقشه برداری کشور استفاده شود.
- تذکر:** گاهی بر حسب ضرورت و با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه بجای ساختمان بتن از دیسک‌های مخصوص استفاده می‌شود. جنس دیسک‌ها آلومینوم و به شکل استوانه و به طول تقریبی ۳۰ سانتیمتر می‌باشد. محل نصب دیسک‌ها دیواره بتنی پل‌ها، دیوار ساختمان پست برق و ابنیه مشابه می‌باشد. روی قسمت خارجی دیسک نام مؤسسه مجری حک می‌گردد.

۴-۱-۱-۳- دستگاه‌های اندازه‌گیری و وسایل مورد نیاز

در ترازیابی درجه یک استفاده از وسایل زیر ضروری است:

- تراز یاب مجهز به میکرومتر که بزرگنمایی تلسکوپ آن بیش از 32X بوده و دقت آن نیز $0.2 - 0.3^{mm}$ در یک کیلومتر تراز یابی رفت و برگشت می‌باشد.
- سه پایه یکپارچه غیر تاشو مخصوص تراز یابی
- شاخص دولبه مجهز به نوار انوار مدرج برای تراز یاب‌های اُپتیکی و شاخص بارکد برای تراز یاب‌های رقومی همراه با میله‌های نگهدارنده ثابت
- تراز کروی مخصوص برای هر شاخص قابل نصب روی آن
- پایه شاخص (سُکُل) مخصوص برای شاخص‌های انوار و بارکدی
- میخ‌های استیلی مخصوص برای استفاده بجای سُکُل در مواقع تعطیل کار
- چتر صحرایی برای محافظت تراز یاب از آفتاب
- دماسنجی که درجه حرارت روی شاخص را با دقت $0.5^{\circ}C$ و نیز درجه حرارت محیط را با دقت $0.1^{\circ}C$ در ارتفاع 0.5، 1.5 و 2.5 متری شاخص به‌طور هم‌زمان اندازه‌گیری نماید.
- متر پنجاه متری و طناب برای متر کشی
- پتک
- فشارسنج با دقت $1mm\ Hg$

۴-۱-۱-۴- تست و کالیبراسیون شاخص (پیش از اندازه‌گیری)

بدلیل حمل نامناسب شاخص‌ها در حین کار صحرایی و ضربات وارده به شاخص، ضریب ثابت فنر نگهدارنده نوار انوار تغییر یافته و این امر موجب تغییر کشش در نوار انوار می‌شود و تغییر مقیاسی در نوار انوار پدید می‌آورد. از سوی دیگر، روش‌های درجه‌بندی نوار انوار شاخص نیز منجر به خطای درجه‌بندی می‌شود که البته این خطا در روش‌های لیزری درجه‌بندی شاخص‌ها از ۵ میکرون تجاوز نمی‌کند. به هر حال این‌گونه خطاها، از نوع سیستماتیک است و بدون انجام کالیبراسیون امکان کشف آن وجود ندارد، لذا ضروری

است که شاخص‌های مورد استفاده در ترازیابی دقیق در فواصل زمانی مشخص (حداقل دو بار در سال) کالیبره شوند. بعبارت دیگر هدف از کالیبراسیون شاخص ترازیابی دقیق، بدست آوردن روند خطای درجه بندی نوار انوار در خطوط درجه‌های شاخص متریکی و خطوط کددار در شاخص‌های بارکد انوار است. برای بدست آوردن میزان خطای درجه‌بندی از دستگاه کالیبراسیون (*Comparator*) استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها در انواع مختلف موجود است بعضی از این دستگاه‌ها لیزری و برخی دیگر اپتیکی هستند. این دستگاه‌ها بر اساس وضعیت قرارگیری شاخص در هنگام کالیبراسیون به دو دسته تقسیم می‌شوند. دستگاه‌های کالیبراسیون قائم و دستگاه‌های کالیبراسیون افقی.

حداکثر میزان خطای مجاز درجه‌بندی یک شاخص ۳ متری، از ۷۰ میکرون نباید تجاوز نماید.

۴-۱-۱-۴ - کالیبراسیون شاخص‌های متریکی

همان‌طور که گفته شد، شاخص‌های مدرن مورد استفاده در ترازیابی دقیق (که بروش لیزری درجه‌بندی شده‌اند) دارای درجه‌بندی بسیار دقیقی هستند ولی چون دقت هر قرائت مستقیماً به دقت درجه‌بندی بستگی دارد بنابراین ضروری است میزان خطای مقیاس درجه‌بندی شاخص‌ها تعیین شود. با معلوم شدن میزان این خطا می‌توان تصحیح خطای درجه‌بندی را به اختلاف ارتفاع مشاهده شده اعمال نمود. دستگاه‌های کالیبراسیون برای تعیین میزان این خطا در شاخص‌های متریکی می‌تواند اپتیکی یا لیزری و نیز افقی یا قائم باشد. در هر حال دو تلسکوپ با فاصله تقریباً ثابت وجود دارد و از مقایسه طول یک متر استاندارد (که در دستگاه‌های اپتیکی به‌صورت مکانیکی موجود است و در دستگاه‌های لیزری به‌صورت فیزیکی ایجاد و تعریف می‌شود) با طول قرائت شده روی شاخص مقدار خطای درجه‌بندی قسمت‌های مختلف شاخص محاسبه می‌گردد. باید توجه داشت که در دستگاه‌های کالیبراسیون افقی شاخص به‌صورت افقی قرار می‌گیرد و در اثر وزن شاخص مقداری خمیدگی پدید می‌آید که این خمیدگی منجر به تغییر مقیاس درجه‌بندی نوار انوار می‌گردد که با افزایش تعداد تکیه‌گاه‌های نگهدارنده شاخص کاهش می‌یابد. طبق تحقیقاتی که در مورد نحوه کالیبراسیون شاخص‌های متریکی انجام گرفته، این شاخص‌ها باید حداقل در بازه‌های یک متری مجاور هم 50% پوشش داشته باشند (شیفت 50 سانتیمتری) بعبارت دیگر خطای مقیاس بازه‌های ۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر و ۵۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر و ... با بازه ۲۰۰ تا ۳۰۰ سانتیمتر برای لبه اول شاخص و به‌همین ترتیب برای لبه دوم شاخص اندازه گرفته شده و تصحیح مورد نظر محاسبه و به مشاهدات اعمال می‌گردد.

۴-۱-۱-۲ - کالیبراسیون شاخص‌های بارکد

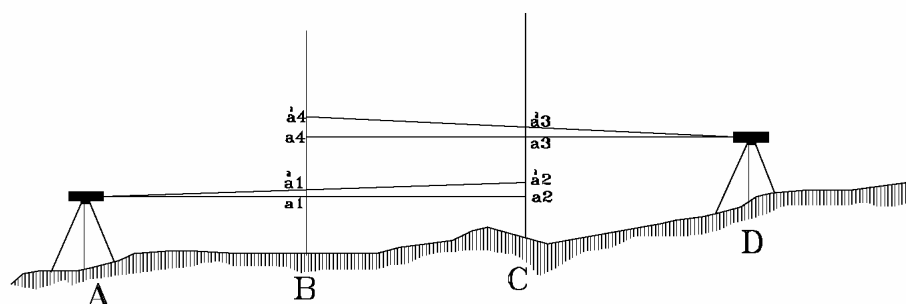
از آنجا که هر قرائت روی شاخص بارکد بر اساس تصویر 30^{cm} از بارکد انجام می‌گیرد، دقت هر قرائت به دقت درجه‌بندی بخش 30^{cm} بستگی دارد. لازم به توضیح است که شاخص‌های بارکد غالباً به‌صورت خطوط کد هستند که به‌عنوان مثال در شاخص‌های بارکد کارخانه Ziess عرض این خطوط 20^{mm} است، بنابراین باید میزان خطای مقیاس درجه‌بندی شاخص از میانگین خطای درجه‌بندی ۱۵ خط کددار محاسبه گردد. روش کالیبراسیون این شاخص‌ها با شاخص‌های متریکی متفاوت است به‌طوری‌که اگر از دستگاه‌های اپتیکی و افقی استفاده شود شاخص باید به‌صورت تقسیمات $10-50^{cm}$ کالیبره گردند. طبق اعلام کارخانه سازنده ضریب انبساط طولی شاخص‌های بارکد $0.5-0.8^{um}/^{\circ}C$ است و با توجه به تست‌ها و آزمون‌های آن‌ها این ضریب به‌طور

غیرخطی روی شاخص متغیر است. لذا در ضمن کالیبراسیون شاخص باید با تغییر درجه حرارت ضریب انبساط طولی صحیح را نیز تعیین نمود. از اینرو برای کالیبراسیون این نوع شاخص‌ها، دستگاه‌های قائم لیزر اینترفرومتری توصیه می‌شود.

۴-۱-۱-۵- تنظیم‌های صحرائی

۴-۱-۱-۵-۱- کنترل خط دیدگانی

- در یک زمین هموار یک طول ۴۵ تا ۶۰ متری به سه قسمت مساوی تقسیم می‌شود.
- دو شاخص انوار روی سَکُل در دو نقطه میانی C, B مستقر می‌گردد.
- دوربین در نقطه A مستقر گردیده و هر دو شاخص قرائت می‌گردد.
- دوربین در نقطه D قرار گرفته و مجدداً شاخص‌ها قرائت میشوند (باید توجه داشت که در ترازیب‌های اُپتیکی با شاخص‌های انوار مدرج زوج قرائت اول از لبهٔ چپ شاخص‌ها و زوج قرائت دوم از لبهٔ راست شاخص انجام می‌گیرد. و در ترازیب‌های رقومی قرائت‌ها به‌طور اتوماتیک انجام می‌گیرد).
- اگر خط دید کاملاً افقی بوده باشد این قرائت‌ها، قرائت‌های صحیح a_1, a_2, a_3 و a_4 خواهد بود و a_1-a_4 مساوی خواهد بود با a_3-a_2 . اما اگر این تساوی حاصل نشد خط دید نسبت به سطح افق با زاویه کوچک δ (دلته) انحراف دارد (شکل ۴-۷). اگر از a'_3 خطی موازی $a'_2a'_1$ رسم شود شاخص B را در نقطه a_4 قطع خواهد کرد. بنابراین $a_4-a_1=a'_3-a'_2$ یا $a_4=a'_1-a'_2+a'_3$. هم‌سطح خواهد بود.
- اگر a'_4 قرائت شده و a_4 محاسبه شده به اندازه 0.3^{mm} اختلاف داشت ضروری است که خط دید به اندازهٔ اختلاف مذکور تنظیم و تصحیح شود. البته قبل از عمل تنظیم یکبار دیگر اعمال فوق باید با دقت انجام گیرد. تا مقدار دقیق کلیماسیون بدست آید. کنترل خط دیدگانی ترازیبی باید هر دو روز یک بار قبل از شروع عملیات انجام گیرد.



شکل ۴-۷ نحوه کنترل خط دیدگانی

۴-۱-۱-۵-۲- روش تنظیم خط دیدگانی در تراز یاب های اُپتیکی

قبل از شروع هر گونه تنظیم، دستگاه را با درجه حرارت محیط وفق داده و باید مطمئن شد که دستگاه در برابر گرما و تشعشعات خورشیدی محافظت می شود. حداقل زمان برای تطبیق دمایی اجزای داخلی تراز یاب با دمای محیط ۳۰ دقیقه می باشد.

دوربین در ایستگاه D مستقر است (مطابق شکل ۴-۷). a_4 محاسبه شده به دوربین داده می شود سپس با تراز نمودن دقیق تراز لوبیایی و چرخاندن حلقه دندانه دار محافظ عدسی، خط دید افقی تنظیم می شود، بدین صورت که باید پیچ لبه قاب دوار که در زیر عدسی شیئی قرار دارد را نیم دور آزاد نموده پیچ میکرومتر را چرخانده و روی a_4 محاسبه شده قرار داده و تراز لوبیایی را نیز تنظیم نمود. سپس با دقت تمام، قاب دوار دندانه دار محافظ عدسی را چرخانده تا اینکه درجه مورد نظر شاخص دقیقاً در داخل تارهای گوه شکل قرار گیرد. مجدداً باید عدد قرائت شده و تراز لوبیایی را کنترل نمود. حال باید پیچ لبه قاب دوار دندانه دار را با نیم دور چرخش محکم نمود. در این حالت باید قرائت a_4 محاسبه شده با تراز کامل لوبیایی هماهنگ باشد. تست کنترل خط دیدگانی را تکرار نمود. و قابل قبول بودن تنظیم فوق بررسی شود. نمونه ای از فرم تنظیم خط دیدگانی در تراز یاب های اُپتیکی در فرم شماره (۴-۳) آورده شده است.

۴-۱-۱-۵-۳- روش تنظیم خط دیدگانی در تراز یاب های رقومی

قبل از شروع هر گونه تنظیم، باید از هم دما شدن دستگاه با درجه حرارت محیط و حفاظت آن از تشعشعات مستقیم خورشید اطمینان حاصل گردد. در تراز یاب های رقومی، زمان تطبیق دمای اجزای داخلی دستگاه با دمای محیط با توجه به نوع دستگاه مشخص می گردد. به عنوان نمونه در تراز یاب های رقومی $Dini$ زمان تطبیق به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\text{زمان تطبیق بر حسب دقیقه} = 2 \times (\text{دمای محیط} - \text{دمای تراز یاب درجه بندی محافظ})$$

خط دیدگانی در تراز یاب های رقومی در دو حالت (مُد) الکترونیکی و اُپتیکی تنظیم می گردد. در حالت الکترونیکی پس از کنترل خط دیدگانی مقدار موجود از تصحیح خط دیدگانی به طور اتوماتیک محاسبه و به مشاهداتی که باید انجام گیرد اعمال می شود. تنظیم خط دیدگانی باید حداقل هر روز قبل از انجام مشاهدات تراز یابی انجام گیرد و مقادیر آنها به ترتیب زمان به صورت جدول تهیه گردد. در صورتی که شرایط اندازه گیری تغییر نکرده باشد و اختلافی غیر قابل قبول مشاهده شود، تراز یاب باید به آزمایشگاه تنظیم دستگاه یا تعمیرگاه مجاز منتقل گردد.

اگر تصحیح خط دیدگانی جدید در حالت الکترونیکی پذیرفته شود باید برای قرائت مرئی به کنترل تار رتیکول پرداخت. بدین ترتیب شاخصی را که در آخرین نشانه روی استفاده شده برداشته و با یک شاخص با درجه بندی متریکی تعویض می شود و سپس قرائت اُپتیکی با مقادیر تعیین شده مقایسه می گردد. اگر اختلاف به 2^{mm} برسد موقعیت تار رتیکول باید تنظیم گردد. برای این منظور کلاهک مربوط را برداشته و پیچ تنظیم زیر چشمی را باید آن قدر پیچانده تا قرائت های واقعی و تقریبی یکسان شود.

۴-۱-۱-۵-۴- تنظیم تراز کروی تراز یاب

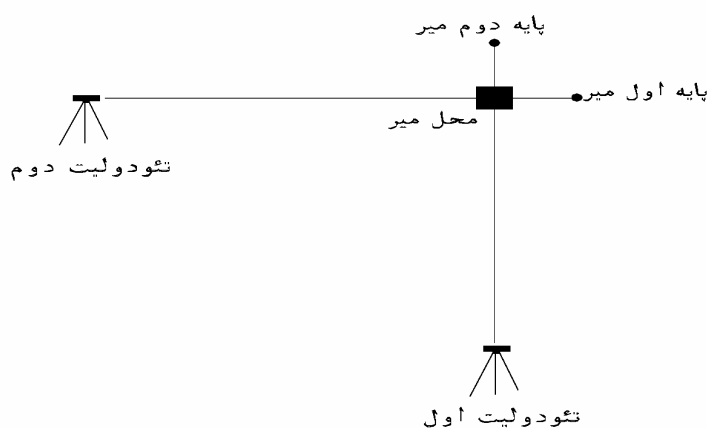
در صورتی که تراز کروی تراز یاب در یک جهت تنظیم و با دوران دستگاه به اندازه 180° حول محور قائم، حباب تراز در دایره قرار نگیرد، لازم است تراز کروی دستگاه تنظیم شود. روش تنظیم به این صورت می باشد که در ابتدا باید دستگاه را با پیچ های ترابراک

تراز نموده، سپس دستگاه را به اندازه 180° حول محور قائم چرخاند نصف انحراف حباب کروی را به وسیله پیچ تراپراک و نیم دیگر را با پیچ تنظیم حباب کروی حذف نمود. این روش را باید تکرار نموده و انحراف باقیمانده را کنترل کرد.

۴-۱-۱-۵-۵- کنترل و تنظیم تراز کروی شاخص تراز یابی (کنترل قائم بودن شاخص)

در حالت ایده‌آل با تنظیم حباب تراز کروی در مرکز، شاخص باید عمود بر سطح استقرار قرار گیرد. برای کنترل این مسئله از دو دستگاه تئودولیت استفاده می‌شود به طوری که محل استقرار شاخص نسبت به تئودولیت‌ها رأس یک زاویه قائمه خواهد بود. جهت تنظیم تراز کروی شاخص به صورت زیر عمل می‌شود. در ابتدا شاخص روی یک نقطه ثابت طوری مستقر می‌شود که دو پایه و شاخص انوار تقریباً زاویه قائمه تشکیل دهند که شاخص در رأس زاویه باشد. حال در امتداد اضلاع این زاویه قائمه از طرف شاخص، دو تئودولیت بفاصله مناسب از شاخص مستقر و دقیقاً تراز می‌شود. پس از تراز کردن شاخص و تئودولیت‌ها، ابتدا با یک تئودولیت تار قائم رتیکول را در قسمت لبه پائینی شاخص مماس نموده و سپس آنرا فقط با پیچ‌های حرکت قائم تلسکوپ به لبه بالایی شاخص منتقل مینمایند. در صورتی که لبه بالایی شاخص با تار عمودی مماس نبود، به وسیله حرکت جزئی پایه‌ای از شاخص که بر خط تئودولیت به شاخص عمود است، بالای شاخص با تار عمودی مماس می‌شود بدون تغییر حالت، همین کار را با تئودولیت دوم انجام میدهند.

پس از انجام عملیات فوق شاخص به حالت قائم درآمده و می‌توان تراز را تنظیم نمود. برای تنظیم تراز باید به وسیله پیچ مخصوص تنظیم حباب به مرکز تراز کروی آورده شود. لازم به ذکر است در صورت مماس بودن لبه‌های شاخص با تارهای قائم دو تئودولیت، تراز کروی دستگاه تنظیم می‌باشد و نیازی به انجام عملیات فوق نمی‌باشد. کنترل قائم بودن شاخص می‌بایست هفته‌ای دو بار انجام گیرد.



شکل ۴-۸ نحوه کنترل قائم بودن شاخص

۴-۱-۱-۵-۶- تنظیم سه پایه

بین قسمت‌های مختلف سه پایه نباید لقی وجود داشته باشد. پیچ‌های سه پایه باید به وسیله آچار مخصوص محکم شوند. لولاهای بین قسمت بالایی سه پایه و پایه‌ها باید به اندازه مناسب محکم باشد به طوری که وقتی قسمت فوقانی سه پایه را گرفته و بلند کنیم پایه‌ها به صورت گسترده باقی بماند.

جدول ۴-۱ زمان بندی تنظیم وسایل تراز یابی برای عملیات تراز یابی درجه یک

تنظیم تراز یاب در آزمایشگاه	تنظیم و کالیبراسیون شاخص‌ها	کلیماسیون گیری (تنظیم خط دید گانی)	تنظیم تراز شاخص	کنترل تراز تراز یاب
هر ۶ ماه یکبار	هر ۶ ماه یکبار	هر روز	هفته ای دو بار	هفته ای دو بار

۴-۱-۱-۶- اندازه گیری

۴-۱-۱-۶-۱- اصول کلی

با توجه به دستورالعمل اجرائی قرائت طرح تراز یابی دقیق سراسری کشور، برای تراز یابی دقیق درجه یک، اختلاف بین رفت و برگشت‌های قابل قبول $3\text{mm}\sqrt{K}$ منظور گردیده است. K فاصله به کیلومتر بوده و عبارت است از متوسط فاصله رفت و برگشت بین دو ایستگاه (BM) که در یک مسیر تراز یابی اندازه گیری شده است. قطعاتی که اختلاف ارتفاع رفت و برگشت در آنها بیش از مقدار فوق باشد اندازه گیری آن تکرار می‌گردد. در مورد لوپ‌های تراز یابی K عبارت از طول مسیر تراز یابی در لوپ (نه قطر لوپ) بر حسب کیلومتر می‌باشد.

ترازیابی هر قطعه ($Section$) از یک رفت و یک برگشت حاصل می‌شود. ضروری است تراز یابی رفت و برگشت با تجهیزات و افراد متفاوت و در مقاطع زمانی مختلف انجام گیرد.

قطعه‌ای از نظر تراز یابی کامل است که اختلاف بین نتایج تراز یابی رفت و برگشت در آن بیشتر از $3\text{mm}\sqrt{K}$ نباشد در این صورت اختلاف ارتفاع عبارت خواهد بود از:

$$\frac{1}{2} (\text{اختلاف ارتفاع برگشت} - \text{اختلاف ارتفاع رفت}) = \text{اختلاف ارتفاع متوسط}$$

یعنی اختلاف ارتفاع نهائی برای یک قطعه ($Section$) عبارت است از میانگین قدرمطلق رفت و برگشت‌های قابل قبول.

۴-۱-۱-۶-۲- روش اندازه گیری

قبل از شروع اندازه گیری مطابق با مطلب (۴-۱-۱-۵) باید مدت زمانی را برای یکنواخت شدن دمای دوربین با محیط در نظر گرفت. مطابق با دستورالعمل اندازه گیری تراز یابی درجه یک کشور حداکثر فاصله مجاز بین محل استقرار تراز یاب و شاخص ۳۵ متر می‌باشد که تحت شرایط جوی و جغرافیایی نامناسب کوتاه‌تر می‌باشد و حداکثر اختلاف طول دهنه‌های جلو و عقب ۵٪ فاصله بین دوربین و شاخص می‌باشد. لذا با طناب کشی دهنه‌های تراز یابی، محل تراز یاب و شاخص‌ها مشخص می‌گردد.

پس از تعیین محل شاخص‌ها، ابتدا باید شکل را به صورت افقی در محل تعیین شده قرار داده و با ضربات چکش محکم نمود به طوری که روی زائده مخصوص قرار دادن شاخص ضربه ای وارد نگردد. سپس شاخص را روی سُل قرار داده و با محکم کردن پایه‌های شاخص در زمین شاخص تراز می‌گردد.

ترازیاب در محل تعیین شده مستقر گردد و قبل از تراز کردن ترازیاب باید پایه‌های سه پایه را با فشار دادن پدال‌های مربوط در زمین محکم نمود. بعد از این مرحله قرائت‌ها آغاز می‌گردد.

۴-۱-۱-۶-۳ الزامات در اندازه‌گیری

برای اختلاف ارتفاع حاصل از اندازه‌گیری‌های دوگانه روی شاخص عقب و جلو و همچنین برای تفاوت قرائت‌های دوگانه هر شاخص در فاصله ۲۰ تا ۳۵ متری تا ترازیاب، خطای مجاز حداکثر 0.30^{mm} (برای دوربین رقومی 0.25^{mm}) و برای فاصله‌های کمتر از ۲۰ متر حداکثر 0.2^{mm} می‌باشد. در یک *Section* ترازیابی، مجموع فواصل عقب و فواصل جلو نباید بیش از ۵ متر اختلاف داشته باشند. خطای مجاز بین *BM* و *RM* در هر ایستگاه $2mm\sqrt{K}$ می‌باشد. (*K* فاصله بین *BM* و *RM* برحسب کیلومتر می‌باشد).

- در هر قطعه (*Section*) ترازیابی تعداد دهنه‌ها باید زوج باشد.
- قرائت تار وسط روی شاخص‌ها باید در فاصله ۵۰ سانتیمتری تا ۲۷۵ سانتیمتری شاخص انجام گیرد.
- اگر از سیستم اُپتیکی برای قرائت مشاهدات استفاده شود قرائت باید در فرم مخصوص قرائت با خودکار نوشته شود.^۱
- اختلاف تعداد دهنه‌ها در رفت و برگشت نباید بیش از ۵٪ تعداد دهنه‌ها باشد.
- تنظیم وضوح دید (*Focusing*) ترازیاب به‌منظور برقراری دید الزامی است. تارهای رتیکول و تصویر شاخص باید کاملاً واضح و روشن بوده و با حرکت چشم به‌صورت قائم در مقابل چشمی نباید تار افقی رتیکول روی صفحه شاخص کوچکترین حرکتی داشته باشد.
- تعداد دهنه‌های بین *BM* و *RM* باید زوج باشد.
- اندازه‌گیری دما و فشار در هر دهنه و همزمان با اندازه‌گیری روی شاخص اجباری است.
- در صورتی که به هر دلیل در مشاهدات یک خط ترازیابی وقفه زمانی قابل توجه‌ای (مثلاً چند ماه) بوجود آید، مشاهدات چند ایستگاه قبلی که قبلاً اندازه‌گیری شده (برای کسب اطمینان از عدم تغییر ارتفاع ایستگاه قبلی) اندازه‌گیری و مقایسه شود.
- مسیرهائی که تشکیل یک لوپ بسته را می‌دهند، تا حد امکان بصورت همزمان اندازه‌گیری شوند.
- چند نقطه اطراف ایستگاه گره‌ای شروع و پایان خط، اندازه‌گیری شده و با اندازه‌گیری‌های قبلی مقایسه شوند.

۴-۱-۱-۶-۴ روش قرائت و کنترل خطا در ترازیاب‌های اُپتیکی

باید توجه داشت، در هر قرائت با استفاده از پیچ‌های تنظیم ترازیاب، تارهای رتیکول و درجات شاخص کاملاً واضح و روشن گردد. سپس با حرکت پیچ میکرومتر علامت  تار رتیکول طوری تنظیم شود که یکی از درجات (خطوط نوار شاخص انوار)، کاملاً منطبق بر نیمساز علامت فوق قرار گیرد. در این حالت تراز لوبیایی مجدداً کنترل و سپس قرائت به‌ترتیب زیر انجام و در فرم مخصوص و در محل مربوط یادداشت می‌گردد:

- الف- قراولروی به لب سمت راست شاخص عقب و قرائت تار وسط (*RI*) و قرائت تارهای بالا و پائین سمت راست این شاخص.
- ب- قراولروی به لب سمت راست شاخص جلو و قرائت تار وسط (*R2*) و قرائت تارهای بالا و پائین سمت راست این شاخص.
- ج- قراولروی به لبه چپ شاخص جلو و قرائت تار وسط (*L2*).
- د- قراولروی به لبه چپ شاخص عقب و قرائت تار وسط (*L1*).

۱ - در صورت مخدوش شدن و نیز قرائت اشتباه، اگر اشتباه مربوط به میکرومتر باشد، مشاهدات دهنه باید تکرار گردد و در سایر موارد از اصلاح اشتباه خودداری گردد و ارقام صحیح حتماً به ردیف بعدی منتقل شود.

کنترل‌های لازم که قبل از جابجایی تراز یاب باید انجام گیرد به شرح زیر می‌باشد:

- چون اختلاف بین دو لبه شاخص انوار عدد ثابت (301550) می‌باشد. بنابراین میزان (L2-R2) و (L1-R1) بایستی در بازه 301520, 301580 باشد.
- (در صورتی که فاصله بین دوربین و شاخص کمتر از ۲۰ متر باشد. اختلاف‌های ذکر شده باید در بازه 301530, 301570 قرار گیرد).
- اختلاف (L1-L2) با (R1-R2) از 0.3mm بیشتر نباشد (در صورتی که فاصله بین دوربین و شاخص کمتر از ۲۰ متر باشد این مقادیر از 0.2mm نباید تجاوز نماید).
- اختلاف (L1-R1) با (L2-R2) از 0.3mm بیشتر نباشد (در صورتی که فاصله بین دوربین و شاخص کمتر از ۲۰ متر باشد این مقادیر از 0.2mm نباید تجاوز نماید).
- اختلاف حاصل بین دو بند فوق با یکدیگر مساوی باشند.

تذکر: در برخی از تراز یاب‌های آپتیکی، مطابق کتابچه راهنمای تراز یاب فاصله قرائت شده در صورت لزوم تصحیح گردد.

۴-۱-۱-۶-۵- روش قرائت و کنترل خطا در تراز یاب‌های رقومی

از آنجا که در تراز یاب‌های رقومی از شاخص‌های انوار بارکد استفاده می‌شوند و شاخص‌های بارکد یک لبه می‌باشند سیستم قرائت دستگاه به صورت زیر می‌باشد:^۱

- ۱- قراولروی به شاخص عقب (B1)
- ۲- قراولروی به شاخص جلو (F1)
- ۳- قراولروی به شاخص جلو (F2)
- ۴- قراولروی به شاخص عقب (B2)

کنترل‌های لازم که قبل از جابجایی تراز یاب باید انجام شود، توسط دستگاه و به‌طور خودکار محاسبه و به کاربر اعلام می‌گردد و در صورت وجود خطای غیرمجاز پیغام خطا در صفحه مشاهده می‌شود.

۴-۱-۱-۶-۶- شرایط اندازه‌گیری

- در تعیین محل شاخص‌ها سعی شود محل شاخص‌ها از نظر نحوه تابش نور آفتاب حتی الامکان در شرایط یکسان قرار گیرند.
- چگونگی وضع هوا و شدت باد در برگه قرائت قید گردد. در حالت استفاده از تراز یاب‌های رقومی این موارد به صورت کدهای قراردادی در حین اندازه‌گیری ذخیره شوند.
- بهتر است کار روزانه از یک ایستگاه ثابت BM شروع و به یک BM دیگر ختم گردد. چنانچه بعزل مختلف رسیدن به نقطه بعدی میسر نباشد برای تعطیل کار لازم است از سه عدد میخ استیل مخصوص بفواصل حدود 30 متر استفاده شود و روز بعد پس از کنترل اختلاف ارتفاع سه میخ مزبور عملیات ادامه پیدا کند. حد مجاز برای این اختلاف 0.30^{mm} می‌باشد.
- در شرایط جوی نامناسب مانند تشعشع زیاد خورشید، باد شدید، بارندگی و . . . از انجام کار خودداری گردد.
- از تابش نور مستقیم خورشید روی تراز یاب باید اجتناب شود حتی در زمان جابجایی دستگاه از یک دهانه به دهانه دیگر، باید سایه چتر روی تراز یاب باشد.
- تاریخ روز و ساعت انجام عملیات تراز یابی در اوراق قرائت و یا در فایل‌های مخصوص دوربین‌های رقومی وارد گردد.

۱- تذکر: در برخی از تراز یاب‌های رقومی نوعی خطای سیستماتیک ناشی از باقیمانده خطای کمپانزاتور وجود دارد که با انتخاب روش قرائت متناوب دهانه‌های فرد بصورت BFFB و دهانه‌های زوج FBBF این خطا تا حدودی مرتفع می‌گردد (مقاله نشریه نقشه برداری)

۴-۱-۱-۶-۷- جمع‌آوری اطلاعات جانبی

- به‌منظور اعمال تصحیحات مربوط به شرایط جوی، درجه حرارت محیط به‌وسیله دماسنج در ارتفاع 0.5، 1.5 و 2.5 متری شاخص با دقت 0.1°C و نیز درجه حرارت نوار انوار شاخص با دقت 0.5°C برای هر قرائت اندازه‌گیری گردد.
- فشار محیط باید با دقت 1mmHg اندازه‌گیری گردد.

۴-۱-۱-۷- کنترل و محاسبات دفتری

- اگر اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات با دستگاه‌های آپتیکی انجام شوند باید ثبت مشاهدات در دو نسخه صورت گیرد. تمامی محاسبات در دو مرحله توسط عامل نقشه‌بردار در نسخه دوم و گروه کنترل محاسبات در نسخه اول صورت می‌گیرد.
- نکات زیر باید در دفتر کار گروه‌های زمینی مورد بررسی و توجه قرار گیرند.
- کلیه محاسبات زمینی مجدداً کنترل شوند.
 - اختلاف ارتفاع و فواصل بین ایستگاهها محاسبه و کنترل گردند.
 - جمع اختلاف ارتفاع هر صفحه و فاصله عقب و جلو هر صفحه در زیر همان صفحه ثبت گردند، جمع کل اختلاف ارتفاع و جمع کل فواصل عقب و جلو هر صفحه در آخرین صفحه قطعه (Section) نوشته شوند.
 - اختلاف فاصله عقب و جلو در قسمت ملاحظات صفحه آخر نوشته شود.
 - ترازیب‌هایی که نیاز به تصحیح فاصله دارند، تصحیح مربوطه از روی گراف و یا جداول مخصوص استخراج و در ستون مربوطه نوشته شده و جمع آن در جدول نتیجه روی فاصله کل اعمال گردد.
 - در صورت غیرمجاز بودن اختلاف رفت و برگشت، قرائت‌های مجدد بایستی صورت پذیرد.
 - نتیجه کار بین قرائت‌های رفت و برگشت دو ایستگاه مطابق فرم خلاصه مشاهدات نوشته شود.
 - اگر مشاهدات با ترازیب‌های رقومی انجام شود محاسبات توسط ترازیب انجام و اختلاف ارتفاع هر قطعه (Section) مشخص شود.
 - در آخر باید تفاضل اختلاف ارتفاع رفت و برگشت کل خط ترازیبی با حد مجاز مقایسه شود.
- لازم به ذکر است که تقریباً همه موارد کنترلی در مشاهدات آپتیکی، در مشاهدات رقومی به‌صورت اتوماتیک ثبت و در فایل‌های مربوطه ذخیره می‌گردد.
- در قسمت محاسبات ترازیبی محاسبات فوق باید مجدداً کنترل شوند. اگر قسمت کنترل محاسبات به نرم افزارهای مربوطه مجهز باشد، باید محاسبات به‌وسیله کامپیوتر کنترل شده و چنانچه نرم افزار مربوطه موجود نباشد کلیه محاسبات در نسخه اول انجام و با محاسبات نسخه دوم مقایسه میشوند.

۴-۱-۱-۸- تصحیحات

۴-۱-۱-۸-۱- تصحیح انکسار

- بر اثر شکست نور در لایه‌های مختلف هوا، خطای انکسار ایجاد می‌شود که این خطا به روش‌های مختلف تصحیح می‌گردد. اما از یک سری اصول کلی تبعیت می‌کند. برای تصحیح انکسار از روش‌ها و مدل‌های تصحیح انکسار مختلف استفاده می‌نمایند و آنچه که در اکثر این مدل‌ها و روش‌ها مشهود است نیاز به اندازه‌گیری گرادیان قائم حرارتی یا تغییرات حرارت برحسب ارتفاع می‌باشد.

برای تعیین گرادیان قائم حرارتی در مسیر ترازیابی نیاز به اندازه‌گیری درجه حرارت محیط در کنار شاخص و در فواصل ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ متری می‌باشد. دقت اندازه‌گیری درجه حرارت با تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در سازمان نقشه‌برداری کشور $0.1^{\circ}C$ بدست آمده است. علاوه براین در برخی از مدل‌های تصحیح انکسار اندازه‌گیری فشار در هر دهنه ضروری می‌باشد. (شایان ذکر است که مدل‌های مختلف تصحیح انکسار، مدل‌های جامع و کاملی نمی‌باشند و هر یک از آنها تحت شرایط آب‌وهوایی مشخصی مناسب می‌باشند. پیشنهاد می‌شود که برای شرایط آب‌وهوایی و جغرافیایی ایران مدلی مناسب برای تصحیح انکسار تحقیق و ارائه شود).

۴-۱-۱-۸-۲- تصحیح ارتومتریک

ارتفاع ارتومتریک بفاصله بین هر نقطه از سطح زمین تا ژئوئید در امتداد خط شاقولی گفته می‌شود. از آنجا که سطوح هم پتانسیل موازی یکدیگر نمی‌باشند بنابراین نیاز به اعمال تصحیح ارتومتریک به مشاهدات می‌باشد برای اعمال تصحیح ارتومتریک نیاز به داشتن شتاب ثقل در ایستگاه‌های ترازیابی (BM) با دقت نسبی ۱۵ میکروگال می‌باشد.

۴-۱-۱-۸-۳- تصحیح کالیبراسیون

از آنجا که درجه بندی شاخص‌ها به وسیله کارخانه سازنده دارای محدوده دقتی می‌باشد و همچنین شاخص‌ها بر اثر برخورد و ضربات و فرسودگی به مرور زمان دچار تغییراتی در نوار انوار آن‌ها می‌گردند بنابراین برای عملیات ارتفاعی با دقت بالا نیاز به تعیین دقیق درجه بندی شاخص‌های انوار می‌باشد. شاخص‌های انوار هر ۶ ماه یکبار در آزمایشگاه کالیبره شده و مقدار تصحیح به مشاهدات اعمال می‌گردد.

۴-۱-۱-۸-۴- تصحیح درجه حرارت

مشاهدات در شرایط مختلف جوی و آب و هوایی و در دماهای مختلف انجام می‌شود. درحالی‌که عملیات کالیبراسیون در شرایط آزمایشگاهی انجام می‌گیرد و شاخص انوار نیز از جنس آلایژ و دارای تغییر بعد در اثر تغییرات دما می‌باشد، بنابراین برای تصحیح تغییر بعد انوار در اثر تغییرات دما نیاز به تصحیح درجه حرارت می‌باشد که برای انجام تصحیح، به ضریب انبساط طولی و دمای نوار انوار در هنگام انجام مشاهدات زمینی، با دقت $0.5^{\circ}C$ نیاز می‌باشد.

۴-۱-۱-۹- تست و آنالیز پیش از سرشکنی

تست و آنالیز داده‌های ترازیابی دقیق پس از اطمینان از رعایت استانداردهای تعیین شده در مرحله اندازه‌گیری و نیز اعمال تصحیحات لازم بر روی داده‌های خام شبکه انجام می‌گیرد. تست‌های ترازیابی دقیق شامل آزمون‌های مربوط به دهنه‌ها، قطعات ($Section$) و خطوط است. قویاً توصیه می‌شود که در هر یک از آزمون‌های مذکور، علاوه بر استفاده از مقادیر مشاهدات (داده‌های جمع آوری شده) یعنی ارزیابی عینی، از معلومات ذهنی حاصل از مطالعه روش انجام مشاهدات (نحوه قرائت، زمان، شرایط جوی و ...) یعنی ارزیابی ذهنی نیز استفاده گردد.

در تست‌های مربوط به هر دهنه، (در ترازیب‌های اُپتیکی) گروه داده‌ها شامل مقادیر اختلاف ارتفاع هر دهنه حاصل از دو قرائت چپ و راست شاخص است و در ترازیب‌های رقومی گروه داده‌ها شامل مجموع مقادیر فوق در دو دهنه متوالی می‌باشد.

لازم به ذکر است علت این انتخاب آن است که معیار وجود خطای سیستماتیک داخلی در دوربین‌های رقومی در دو دهنه متوالی قابل بررسی است. این اختلاف دهنه‌ها (δ) در کلاسهای مختلف طبقه‌بندی می‌شود و هیستوگرام داده‌ها ترسیم می‌گردد. سپس تست مطابقت هیستوگرام با تابع چگالی احتمال نرمال، تست واریانس و تست میانگین جهت کشف خطاهای سیستماتیک انجام می‌گیرد. پس از این مرحله، هر یک از مشاهدات به‌طور جداگانه در نظر گرفته شده، موافقت هر کدام با بقیه مورد آزمون قرار می‌گیرد.

به‌همین ترتیب در تست‌های مربوط به هر قطعه و خط، گروه داده‌ها عبارتند از تفاضل اختلاف ارتفاع رفت و برگشت در هر قطعه (*Section*) و یا خط. آزمون‌های این مرحله نیز در کشف خطاهای سیستماتیک احتمالی در طول قطعات و خطوط، تعیین کننده می‌باشند. یکی از مهمترین تست‌های این گروه داده‌ها تست *Vignal* است که با اختلاف بین رفت و برگشت بین *BM* ها، طول هر قطعه و تعداد قطعات در طول خط، خطای اتفاقی محتمل در طول خطوط محاسبه و با استاندارد تعریف شده در ترازبایی درجه یک $(0.5 - 0.7 \frac{mm}{\sqrt{km}})$ مقایسه می‌گردد.

۴-۱-۱-۱۰- سرشکنی

عموماً به‌منظور سرشکنی داده‌های ترازبایی، استفاده از روش کمترین مربعات توصیه می‌گردد. پیش از شروع محاسبات و سرشکنی موارد زیر باید معلوم گردند.

- نوع مشاهدات

- مدل ریاضی

- ماتریس واریانس کوواریانس مشاهدات

از آنجا که تأثیرات سیستماتیک مانند نشست شاخص‌ها و ترازبای، خطای باقیمانده انحراف خط دیدگانی و ... نتایج یک رفت و یا یک برگشت را تحت تأثیر قرار می‌دهند، این خطاها با میانگین‌گیری از رفت و برگشت تا حدودی از بین می‌روند. به‌همین دلیل، مشاهداتی که در سرشکنی ترازبایی دقیق استفاده می‌گردد نیز بر اساس همین میانگین‌ها است.

باید توجه داشت، این انتخاب نتایج سرشکنی ترازبایی دقیق را تغییر نداده اما در تعریف دقت مشاهدات نقش عمده‌ای دارد.

مدل ریاضی جهت این سرشکنی به‌صورت پارامتریک بوده که در آن نقطه یا نقاطی که معمولاً به تایدگیج‌ها بسته شده و یا ارتفاعات آنها با دقت‌های بالا معلوم است، ثابت فرض می‌شوند. ماتریس واریانس کوواریانس مشاهدات با فرض استقلال مشاهدات و تناسب واریانس‌ها با طول مسیر ترازبایی تعیین می‌گردد. که در اینحالت ماتریسی قطری است. این تناسب با اعمال واریانس وزن واحد به تساوی تبدیل می‌شود (لازم به ذکر است که این واریانس وزن واحد بر اساس خطای بست لوپ‌ها تعیین می‌گردد). پس از سرشکنی ارتفاعات، باقیمانده‌های مشاهدات سرشکن شده محاسبه و در تعیین واریانس فاکتور ثانویه بکار می‌رود.

مبنای ارتفاعی شبکه ترازبایی درجه یک سطح متوسط دریاها (*Mean Sea Level*) است که توسط اندازه‌گیری ایستگاه‌های جزر و مدسنجی (*tide gauge*) تعیین می‌گردد.

۴-۱-۱-۱۱- تست بعد از سرشکنی

۱- آزمون‌هایی که در مورد تابع چگالی احتمال مفروض انجام می‌گردد شامل تست‌های زیر می‌باشد:

الف - تست نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها ($\bar{r}$)

ب - تست فرم کوادراتیک خطای بست (تست فاکتور واریانس)

تست‌های فوق ممکن است به یکی از دلایل زیر ناموفق باشند:

- غیر نرمال بودن تابع پخش $\bar{f}$
- غلط بودن مدل ریاضی
- وجود خطای سیستماتیک در مشاهدات
- صحیح نبودن ماتریس واریانس کواریانس اولیه مشاهدات
- ۲- آزمون‌هایی که برای تشخیص باقیمانده اشتباه از خطا بکار می‌روند.
- ۳- ارزیابی پارامترهای تعیین شده پس از سرشکنی (مجهولات برآورد شده) کاربردهای این تست عبارتند از:
- این ارزیابی شامل ایجاد مناطق اطمینان برای پارامترها می‌باشد. با داشتن محدوده مناطق اطمینان می‌توان درجه اعتماد جواب‌های بدست آمده ($\hat{x}$) را تعیین نمود.
- این تست توافق دوسری جواب ($\hat{x}$) مستقل را بررسی می‌نماید در صورتی که دو روش مستقل برای تعیین مجهولات موجود باشد.
- در حقیقت هدف از این تست برآورد خطاهای $\hat{x}$ و ارزیابی $\hat{x}$ از این خطاها می‌باشد.

۴-۱-۲- دستورالعمل عملیات ارتفاعی (ترازیابی) درجه دو

۴-۱-۲-۱- طراحی و شناسایی ترازیبی درجه دو

۴-۱-۲-۱-۱- طراحی مسیرهای ترازیبی درجه دو

طراحی شبکه‌های ترازیبی درجه دو به صورت منطقه‌ای و در داخل لوپ‌های درجه یک انجام می‌گیرد تا امکان اتصال مجموعه خطوط درجه دو به خطوط درجه یک میسر شود. در این طراحی باید از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰ یا بزرگ مقیاس‌تر که در آن نقشه‌ها، لوپ‌های درجه یک مشخص شده باشد، استفاده نمود. در طراحی باید توجه شود که مسیر حتی‌الامکان در امتداد جاده‌های اصلی انتخاب شده و به دو نقطه ترازیبی درجه یک و یا درجه دو در ابتدا و انتهای کار متصل گردد. در صورتی که در منطقه مورد نظر جاده‌های اصلی موجود نباشد، می‌توان از جاده‌های درجات پایین‌تر استفاده نمود. فواصل خطوط ترازیبی از یکدیگر بستگی به منطقه عملیات دارد اما در طراحی خطوط درجه دو باید توجه نمود که فواصل این خطوط از یکدیگر یا از خطوط درجات بالاتر به جز در مناطق کویری که فاقد راه‌های مورد نیاز است به طور متوسط ۴۰ کیلومتر باشد و حتی‌الامکان به صورت شبکه با نقاط گرهی طراحی گردد. به طور کلی باید سعی شود که خطوط طراحی شده بهترین پوشش را در داخل لوپ درجه یک ایجاد نماید. در طراحی مسیرهای ترازیبی درجه دو حتی‌الامکان سعی شود طول خطوط بیش از ۱۰۰ کیلومتر در نظر گرفته نشود.

با توجه به اهمیت مکان‌های خاص مانند شهرها و جزایر، می‌توان علاوه بر شبکه سراسری درجه دو، شبکه محلی درجه دو نیز ایجاد نمود. این شبکه باید به نقاطی از شبکه سراسری (درجه یک یا دو) که قبلاً ارتفاع گرفته‌اند متصل گردد.

۴-۱-۲-۱-۲- شناسایی مسیرهای ترازیبی درجه دو

شناسایی محل ایستگاه‌های ترازیبی دقیق درجه دو، مطابق طراحی ضمن حرکت در مسیر پیش بینی شده انجام می‌گیرد. در شناسایی باید توجه داشت که اولاً مسیر از امتداد دکل‌های فشار قوی فاصله مناسب داشته باشد ثانیاً در مسیر موانعی وجود نداشته باشد که مانع عملیات ترازیبی گردد. تغییرات در هنگام شناسایی با نظر طراح مجاز می‌باشد.

۴-۱-۲-۱-۳- نام‌گذاری لوپها و خطوط درجه دو

همان‌طور که گفته شد خطوط درجه دو در داخل لوپ‌های درجه یک طراحی می‌گردند. بنابراین یک لوپ درجه دو شامل خطوط ترازیبی درجه یک و درجه دو می‌باشد. نام لوپ‌های ترازیبی درجه دو شامل پیشوند نام لوپ درجه یک و پسوندهای عددی (۱، ۲، ۳، ۴، ...) به ترتیب از شمال به جنوب و از غرب به شرق لوپ‌های مربوطه می‌باشد.

نام خطوط ترازیبی درجه دو، شامل پیشوند نام لوپ درجه یک و پسوند دو رقمی که مربوط به پسوند لوپ‌های درجه دو واقع در دو طرف خط (که اولویت آنها شمال یا غرب می‌باشد) در نظر گرفته می‌شوند.

۴-۱-۲-۱-۴- انتخاب محل ایستگاه‌ها

حداکثر فاصله بین دو ایستگاه ترازیبی درجه دو در مناطق کوهستانی ۲/۵-۱/۵ کیلومتر و در مناطق غیر کوهستانی بین ۲ تا ۴ کیلومتر می‌باشد. ضوابط انتخاب محل ایستگاه ترازیبی و سایر موارد دقیقاً مطابق بند (۴-۱-۱-۴) برای ایستگاه‌های درجه یک می‌باشد.

۴-۲-۱-۲- تعیین نهایی محل ایستگاه

پس از شناسایی مقدماتی مسیر و تعیین محل‌های تقریبی برای ایستگاه‌های ترازیبی مطابق بند (۴-۱-۱-۱-۴)، محل نهایی ایستگاه تعیین می‌گردد.

۴-۲-۱-۳- مشخصات و خصوصیات مصالح مورد استفاده در ساختمان ایستگاه‌های ترازیبی

مصالح مورد استفاده در ساختمان ایستگاه‌های ترازیبی درجه دو مطابق با ساختمان ایستگاه‌های درجه یک مندرج در بند (۴-۲-۱-۴) می‌باشد.

۴-۲-۱-۴- طرح اختلاط مصالح در ساخت بتن

طرح اختلاط مصالح در ساختمان درجه دو مطابق با ساختمان درجه یک مندرج در بند (۴-۲-۱-۴) می‌باشد.

۴-۲-۱-۵- ساختمان ایستگاه ترازیبی درجه دو (BM)

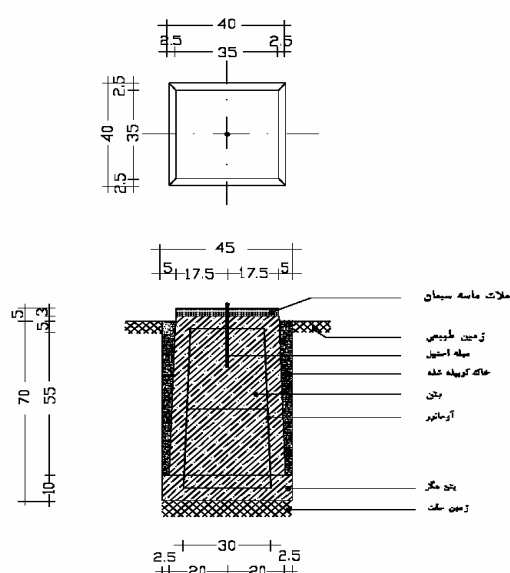
پس از شناسایی و انتخاب نهایی محل ایستگاه، به‌ترتیب زیر عمل می‌شود:

- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر ۴۵ سانتیمتر و عمق ۷۰ سانتیمتر حفر می‌شود. در زمینه‌های سست و نرم، حفاری آن قدر ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم برسد.
- چاله را به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر با بتن مگر (نظافت) پر نموده و سپس آرماتورهای اصلی و عرضی^۱ در وسط آن قرار داده می‌شود.
- پس از خشک شدن بتن زیرین (معمولاً یک روز بعد) قالب رپر به شکل هرم ناقص به ابعاد ۴۰×۴۰ و ۳۵×۳۵ سانتیمتر و ارتفاع ۶۰ سانتیمتر را در چاله بسمت شمال مغناطیسی قرار داده و بتدریج ملات بتن را در آن ریخته و سپس آن را کوبیده تا پر شود.
- میله وسط رپر در مرکز بتن به شکل عمودی قرار داده شود که حدود ۵ میلیمتر از سطح فوقانی رپر بالاتر قرار گیرد. به‌منظور استحکام بیشتر دو میله آهنی به صورت + در دو جهت عمود بر هم در انتهای میله جوش داده شود.
- میله وسط بتن که به عنوان نقطه ترازیبی (BM) مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دارای مشخصات زیر باشد: ۱- جنس آن نرم نباشد. ۲- در اثر رطوبت زنگ نزنند. ۳- سطح بالای آن نیمکره باشد. ۴- قطر میله ۲ سانتیمتر باشد. ۵- طول میله ۲۵ سانتیمتر باشد. به منظور سهولت در حک نمودن نام ایستگاه حدود ۳ سانتیمتر از سطح بالای قالب رپر با ملات سیمان و ماسه نرم پر شود. البته باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به صورت یکپارچه در آید.
- قالب رپر پس از خشک شدن نسبی رپر (معمولاً روز بعد) برداشته می‌شود.
- پس از برداشتن قالب، در سه روز متوالی روی آن آب ریخته سپس اطراف آن را با ماسه نرم پر کرده و حدود ۵ سانتیمتر آخر آن را تا سطح زمین، خاک ریخته تا از پراکندگی ماسه جلوگیری شود. این عمل برای حذف اثر نیروهای جانبی به بتن ساخته شده انجام می‌گیرد.

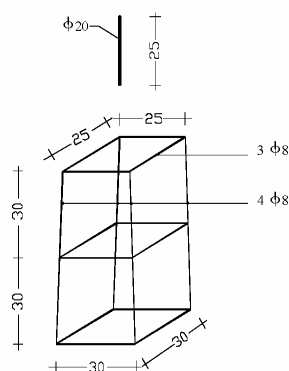
۱- شبکه آرماتور به شکل هرم ناقص بوده که آرماتورهای اصلی آن شامل ۴ عدد میل گرد به ارتفاع ۶۰ سانتیمتر و به قطر ۸ میلیمتر می‌باشد و همچنین مشتمل بر سه آرماتور عرضی بوده که در فواصل مساوی از هم قرار داده می‌شوند به طوری که ابعاد آن در قسمت فوقانی ۲۵×۲۵ سانتیمتر و در قسمت تحتانی ۳۰×۳۰ سانتیمتر می‌باشد.

نکات مهم:

- ۱- 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 پوخته شده و برف و یخ عاری باشد.
- ۲- حداقل پوشش بتن (فاصله بین حلقه و بتن) ۵ سانتیمتر باشد.
- ۳- باید کنترل‌های لازم برای ساختن بتن اعمال شود. یکی از موارد مهم، ایجاد شرایط مناسب برای شروع و تکمیل 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 یخ زدگی می‌گردد و اگر هوا گرم باشد آب موجود در بتن تبخیر می‌گردد لذا برای تهیه بتن مناسب، شرایط محیطی انتخاب شود که بتن در فصول مناسب در مناطق مختلف ساخته شود و یا اگر الزاماً در شرایطی ساخته می‌شود که مناسب به نظر نمی‌رسد، شرایط مصنوعی بوجود آید. مثلاً در شرایط گرم روی بتن با گونی خیس پوشانده شود و به‌طور مرتب روی آن آب ریخته شود تا آب بتن به‌تدریج بخار شود و اگر در هوای سرد بتن ساخته می‌شود باید طوری اطراف آنرا پوشاند که از یخ زدگی جلوگیری به‌عمل آید.
- مطابق آیین نامه بتن ایران (آبا)، درجه حرارت مناسب برای ساختن بتن بین 5°C تا 30°C می‌باشد که در هنگام بتن‌ریزی هیچ قسمت از بتن نباید دمایی کمتر از 5°C و بیشتر از 30°C سانتیگراد داشته باشد.
- ۴- حداقل زمان مراقبت و عمل‌آوردن بتن در دمای محیط 5°C تا 10°C ، ۴ روز و در دمای بالاتر از 10°C ، ۳ روز می‌باشد.
- ۵- قالب‌ها در صورت تغییر شکل الزاماً تعویض گردد.
- ۶- ارتفاع بتن از سطح زمین حداقل ۵ و حداکثر ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.



شکل ۴-۹ مقطع ایستگاه ترازبایی دقیق (BM) درجه دو

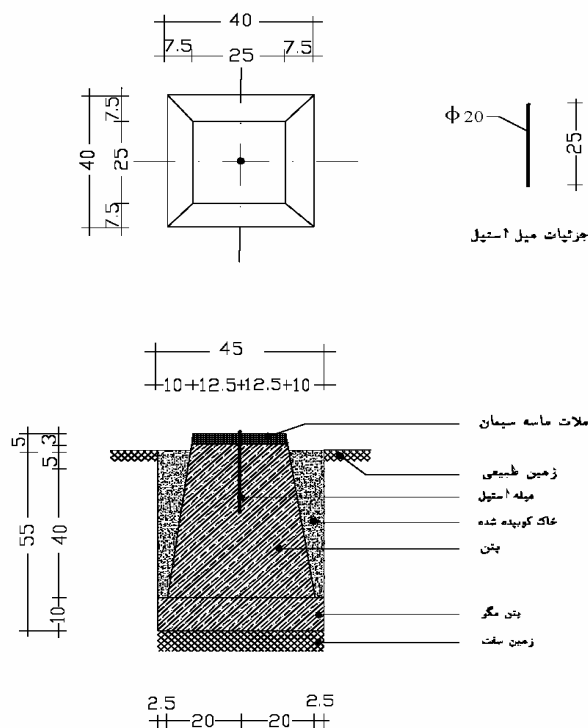


شکل ۴-۱۰ جزئیات شبکه آرماتور و میل استیل ایستگاه تراز یابی دقیق درجه دو

۴-۱-۲-۶- ساختمان نقاط رفرانس درجه دو (RM)

برای هر ایستگاه تراز یابی دقیق درجه دو، ساختن حداقل یک نقطه رفرانس (RM) الزامی است. نقطه (RM) در مجاورت نقطه اصلی و مطابق با ضوابط تعیین محل ایستگاه، انتخاب می‌گردد. برای ساختمان رفرانس مارک (RM) به صورت زیر عمل می‌شود.

- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر ۴۵ سانتیمتر و عمق ۵۵ سانتیمتری حفر می‌شود.
- انتهای چاله را باید به ارتفاع ۱۰ سانتیمتری با بتن مگر پر نمود.
- پس از گرفتن بتن زیرین (معمولاً روز بعد) قالب رپر را که به صورت هرم ناقص که سطح پایین آن مربعی به ضلع ۴۰ سانتیمتر و سطح بالای آن مربعی به ضلع ۲۵ سانتیمتر می‌باشد در چاله قرار داده، و با ریختن تدریجی ملات بتن و کوبیدن آن، قالب از بتن پر شود.
- قالب بتن‌ها باید بسمت شمال مغناطیسی باشد.
- سایر موارد مطابق مراحل ساختمان ایستگاه تراز یابی (BM) می‌باشد.



شکل ۴-۱۱ مقطع بتن رفرانس مارک (RM) برای نقاط تراز یابی دقیق درجه دو

۴-۱-۲-۷- حک نام

پس از صاف کردن سطح نرمه بر روی ایستگاه در سطح بالایی بتن حروف و اعداد مربوط طوری داخل آن قرار گیرد که هم سطح بتن شده، بدون آنکه سطح بتن از حالت صاف و مسطح خارج گردد. پس از آنکه نرمه بتن حالت اعداد و حروف را گرفت، حروف و اعداد را به آهستگی از سطح بتن خارج کرده به طوری که لبه حروف و اعداد حک شده صدمه نیند. برای حک حروف و اعداد بهتر است از قالب‌های آلومینیومی استفاده شود. نام نقطه باید قبلاً تعیین و مشخص شده باشد و قبل از خشک شدن کامل بتن روی آن حک شود.

۴-۱-۲-۷-۱- حک نام بر روی پنج مارک (BM)

نام ایستگاه روی BM در سه سطر و به سمت شمال مغناطیسی و بفاصله حداقل ۳ سانتیمتر از لبه‌های رپر به صورت زیر حک می‌شود.

سطر اول نام مؤسسه مجری (به عنوان مثال NCC) و در سطر دوم و در دو طرف میله، حروف و اعداد مربوط به نام ایستگاه و در سطر سوم شماره ایستگاه حک شود.

NCC
AY•23
2014

۴-۱-۲-۷-۲-حک نام بر روی دفرانس مارک (RM)

$$\begin{array}{c} NCC \\ \bullet \\ RM \end{array}$$

۴-۱-۲-۸- تهیه شناسنامه ایستگاه درجه دو

- مشخصات بالای صفحه شامل قسمت‌های مختلف از قبیل نام ایستگاه، نوع ایستگاه، منطقه عملیات، نزدیکترین آبادی، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و . . . می‌باشد که باید به‌طور کامل و دقیق پر شود.
- شرح ایستگاه: در قسمت شرح ایستگاه، مشخصات و ابعاد ایستگاه BM و RM توضیح داده می‌شود.
- موقعیت ایستگاه: در این قسمت مطالب مشروحه زیر باید ذکر شود:

۲- وضع BM نسبت به عوارض مجاور:

الف- فاصله از محور جاده

ب - فاصله از دو نقطه مشخص به طوری که به کمک این دو فاصله، محل زیر قابل دسترسی باشد.

۳- فاصله RM از BM .

۴- وضعیت RM نسبت به عوارض مجاور مانند بند ۲.

۵- فاصله ایستگاه از ایستگاه‌های قبل و بعد.

- راه دسترسی: در این قسمت فاصله ایستگاه از دو مبدأ کاملاً مشخص (مانند پمپ بنزین، کارخانه، ساختمان‌های دولتی، پل‌های بزرگ، تقاطع جاده‌های مشخص با جاده‌های اصلی و ...) با ذکر نام جاده و جهت حرکت در این قسمت بیان می‌شود.
- این فاصله باید از دو طرف جداگانه آورده شود تا ایستگاه از هر دو سو قابل دسترسی باشد.
- ترسیم کروکی: کروکی و جزئیات آن باید با رعایت ژیزمان جاده و ژیزمان $BM - RM$ نسبت به شمال مغناطیسی ترسیم گردد و عوارض موجود در مجاورت ایستگاه باید دقیقاً در کروکی ترسیم و نام نزدیکترین شهر در دو طرف ایستگاه آورده شود. در ترسیم کروکی باید توجه شود که از شلوغ کردن کروکی با آوردن عوارض جزئی که هیچ‌گونه تأثیری در راهنمایی استفاده‌کننده جهت دستیابی به ایستگاه ندارد خودداری شود. همچنین برای مشخص شدن عوارض مصنوعی یا طبیعی از لژاند (راهنما) استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شود.
- تذکر:** گاهی بر حسب ضرورت و با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه بجای ساختمان بتن از دیسک‌های مخصوص استفاده می‌شود. جنس دیسک‌ها آلومینوم و به شکل استوانه و به طول تقریبی ۳۰ سانتیمتر می‌باشد. محل نصب دیسک‌ها دیواره بتنی پل‌ها، دیوار ساختمان پست برق و ابنیه مشابه می‌باشد. روی قسمت خارجی دیسک نام مؤسسه مجری حک می‌گردد.

۴-۱-۲-۹- دستگاه‌های اندازه‌گیری و وسایل مورد نیاز

در ترازیابی درجه دو استفاده از وسایل زیر ضروری است:

- ترازباب مجهز به میکرومتر که بزرگنمایی تلسکوپ آن $40\times - 32\times$ بوده و دقت آن نیز حداقل 0.7^{mm} در یک کیلومتر ترازیابی رفت و برگشت باشد.
- سه پایه یکپارچه مخصوص ترازیابی
- شاخص دولبه مجهز به نوار انوار مدرج برای ترازباب‌های آپتیکی و شاخص بارکد برای ترازباب‌های رقومی همراه با میله‌های نگه‌دارنده ثابت
- تراز کروی مخصوص برای هر شاخص قابل نصب روی آن
- پایه شاخص (سُکُل) مخصوص برای شاخص انوار
- میخ‌های استیلی مخصوص برای استفاده بجای سُکُل در مواقع تعطیل کار
- چتر صحرایی برای محافظت ترازباب از آفتاب
- متر پنجاه متری و طناب برای مترکشی
- پتک
- دماسنج با دقت $5^\circ C$ برای اندازه‌گیری دما روی نوار انوار شاخص

۴-۱-۲-۱۰- تست و کالیبراسیون شاخص (پیش از اندازه‌گیری)

- تست کالیبراسیون شاخص‌ها در درجه دو نیز مطابق دستورالعمل درجه یک بند (۴-۱-۱-۴) می‌باشد. با این تفاوت که حد اکثر میزان خطای مجاز درجه‌بندی یک شاخص ۳ متری از ۱۵۰ میکرون نباید تجاوز کند.

۴-۱-۲-۱۱- تنظیم‌های صحرایی

کلیه تنظیم‌های صحرایی در ترازیابی درجه دو مطابق روش تنظیم درجه یک بوده تنها در مورد کنترل خط دیدگانی می‌توان بیان نمود که مقدار مجاز اختلاف مقادیر محاسبه شده و عدد قرائت شده 1^{mm} می‌باشد.

جدول ۴-۲ زمان بندی تنظیم وسایل ترازیابی برای عملیات ترازیابی درجه دو

تنظیم تراز یاب در آزمایشگاه	تنظیم و کالیبراسیون شاخص‌ها	کلیماتیون گیری (تنظیم خط دیدگانی)	تنظیم تراز شاخص	کنترل تراز تراز یاب
هر ۶ ماه یکبار	هر ۶ ماه یکبار	هر روز	هفته ای دو بار	هفته ای دو بار

۴-۱-۲-۱۲- اندازه‌گیری

۴-۱-۲-۱۲-۱- اصول کلی

با توجه به دستورالعمل اجرائی قرائت طرح ترازیابی دقیق سراسری کشور، برای ترازیابی دقیق درجه دو، اختلاف بین رفت و برگشت‌های قابل قبول $8mm\sqrt{K}$ منظور گردیده است. K فاصله به کیلومتر بوده و عبارت است از متوسط فاصله رفت و برگشت بین دو ایستگاه (BM) که در یک مسیر ترازیابی اندازه‌گیری شده است. قطعاتی که اختلاف ارتفاع رفت و برگشت در آن‌ها بیش از مقدار فوق باشد، اندازه‌گیری آن تکرار می‌گردد. در مورد لوپ‌های ترازیابی، K عبارت از طول مسیر ترازیابی در لوپ برحسب کیلومتر می‌باشد.

ترازیابی هر قطعه ($Section$) از یک رفت و یک برگشت حاصل می‌شود. ضروری است ترازیابی رفت و برگشت با تجهیزات و افراد متفاوت و در مقاطع زمانی مختلف انجام گیرد. قطعه‌ای از نظر ترازیابی کامل است که اختلاف بین نتایج ترازیابی رفت و برگشت در آن بیشتر از $8mm\sqrt{K}$ نباشد در این صورت اختلاف ارتفاع عبارت خواهد بود از:

$$2 / (\text{اختلاف ارتفاع برگشت} - \text{اختلاف ارتفاع رفت}) = \text{اختلاف ارتفاع متوسط}$$

یعنی اختلاف ارتفاع نهائی برای یک قطعه ($Section$) عبارت است از میانگین قدرمطلق رفت و برگشت‌های قابل قبول. معیار کنترل دیگر، مربوط به ارتفاع نقاط اتصالی به نقاط درجه یک و دو (که قبلاً ارتفاع گرفته‌اند) می‌باشد و بصورت $8mm\sqrt{K}$ محاسبه می‌گردد. K طول مسیر ترازیابی است. معیار فوق بر مبنای تفاوت اختلاف ارتفاع محاسباتی و میانگین اختلاف ارتفاع رفت و برگشت محاسبه می‌شود.

۴-۱-۲-۱۲-۲- روش اندازه‌گیری

قبل از شروع اندازه‌گیری مطابق با مطلب (۴-۱-۱-۵) باید مدت زمانی را برای یکنواخت شدن دمای تراز یاب با محیط در نظر گرفت. مطابق با دستورالعمل اندازه‌گیری ترازیابی درجه دو کشور حداکثر فاصله مجاز بین محل استقرار تراز یاب و شاخص ۷۰ متر می‌باشد که تحت شرایط جوی و جغرافیایی نامناسب کوتاهتر می‌باشد و حداکثر اختلاف طول دهنه‌های جلو و عقب ۵٪ فاصله بین تراز یاب و شاخص می‌باشد. لذا با طناب کشی دهنه‌های تراز یابی، محل تراز یاب و شاخص‌ها مشخص می‌گردد.

پس از تعیین محل شاخص‌ها، ابتدا باید سَکُل را به‌صورت افقی در محل تعیین شده قرار داده و با ضربات چکش محکم نمود به‌طوری‌که روی زائده مخصوص قرار دادن شاخص ضربه‌ای وارد نگردد. سپس شاخص را روی سَکُل قرار داده و با محکم کردن پایه‌های شاخص در زمین شاخص تراز می‌گردد.

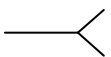
ترازیاب در محل تعیین شده مستقر گردد و قبل از تراز کردن ترازیاب باید پایه‌های سه پایه را با فشار دادن پدال‌های مربوط در زمین محکم نمود. بعد از این مرحله قرائت‌ها آغاز می‌گردد.

۴-۱-۲-۳- الزامات در اندازه‌گیری

برای اختلاف ارتفاع حاصل از اندازه‌گیری‌های دوگانه روی شاخص عقب و جلو و همچنین برای تفاوت قرائت‌های دوگانه هر شاخص در فاصله ۷۰ متری تا ترازیاب، خطای مجاز حداکثر ۱ میلی‌متر می‌باشد. در یک *Section* ترازیابی، مجموع فواصل عقب و فواصل جلو نباید بیش از ۱۰ متر اختلاف داشته باشند. خطای مجاز بین *BM* و *RM* در هر ایستگاه $4mm\sqrt{K}$ می‌باشد. (K فاصله بین *BM* و *RM* بر حسب کیلومتر می‌باشد). در هر قطعه (*Section*) ترازیابی تعداد دهنه‌ها باید زوج باشد. قرائت تار وسط روی شاخص‌ها باید در فاصله ۵۰ سانتیمتری تا ۲۷۵ سانتیمتری شاخص انجام گیرد. اگر از سیستم اُپتیکی برای مشاهدات استفاده شود قرائت باید در فرم مخصوص ضمیمه با خودکار نوشته شود.^۱

- اختلاف تعداد دهنه‌ها در رفت و برگشت نباید بیش از ۵٪ تعداد دهنه‌ها باشد.
- تنظیم وضوح دید (*Focusing*) ترازیاب به منظور برقراری دید الزامی است. تارهای رتیکول و تصویر شاخص باید کاملاً واضح و روشن بوده و با حرکت چشم به‌صورت قائم در مقابل چشمی نباید تار افقی رتیکول روی صفحه شاخص کوچکترین حرکتی داشته باشد.
- تعداد دهنه‌های بین *BM* و *RM* باید زوج باشد.
- در صورتی که به هر دلیل در مشاهدات یک خط ترازیابی وقفه زمانی قابل توجه‌ای (مثلاً چند ماه) بوجود آید، مشاهدات چند ایستگاه قبلی که قبلاً اندازه‌گیری شده (برای کسب اطمینان از عدم تغییر ارتفاع ایستگاه قبلی) اندازه‌گیری و مقایسه شود.
- مسیرهایی که با یکدیگر در ارتباط هستند، تا حد امکان بصورت همزمان اندازه‌گیری شوند.
- در صورت بسته شدن خطوط به نقاط درجه یک یا درجه دو که قبلاً ارتفاع گرفته‌اند، نقاط اطراف آنها اندازه‌گیری و اختلاف ارتفاع محاسباتی و مشاهداتی آن‌ها با یکدیگر مقایسه شوند.
- اندازه‌گیری دمای نوار انوار شاخص، همزمان با اندازه‌گیری اجباری است.

۴-۱-۲-۴- روش قرائت و کنترل خطا در ترازیاب‌های اُپتیکی

باید توجه داشت، در هر قرائت با استفاده از پیچ‌های تنظیم ترازیاب، تارهای رتیکول و درجات شاخص کاملاً واضح و روشن گردد. سپس با حرکت پیچ میکرومتر علامت  تار رتیکول طوری تنظیم شود که یکی از درجات (خطوط) نوار شاخص انوار کاملاً منطبق بر نیمساز علامت فوق قرار گیرد. در این حالت تراز لویایی مجدداً کنترل و سپس قرائت به‌ترتیب زیر انجام و در فرم مخصوص و در محل مربوط یادداشت می‌گردد:

الف- قراولروی به لب سمت راست شاخص عقب و قرائت تار وسط (*RI*) و قرائت تارهای بالا و پائین سمت راست این شاخص.

۱- در صورت مخدوش شدن و نیز قرائت اشتباه، اگر اشتباه مربوط به سانتیمتر و یا کمتر از آن باشد، مشاهدات دهنه باید تکرار گردد و در سایر موارد از اصلاح اشتباه خودداری گردد و ارقام صحیح حتماً به ردیف بعدی منتقل شود.

- ب- قراولروی به لب سمت راست شاخص جلو و قرائت تار وسط ($R2$) و قرائت تارهای بالا و پائین سمت راست این شاخص.
- ج- قراولروی به لبه چپ شاخص جلو و قرائت تار وسط ($L2$).
- د- قراولروی به لبه چپ شاخص عقب و قرائت تار وسط ($L1$).
- کنترل‌های لازم که قبل از جابجایی تراز یاب باید انجام گیرد به شرح زیر می‌باشد:
- الف- چون اختلاف بین دو لبه شاخص انوار عدد ثابت (301550) می‌باشد. بنابراین میزان ($L2-R2$) و ($L1-R1$) بایستی در بازه 301450 , 301650 باشد.
- ب - اختلاف ($L1-L2$) با ($R1-R2$) از $1mm$ بیشتر نباشد.
- ج - اختلاف ($L1-R1$) با ($L2-R2$) از $1mm$ بیشتر نباشد.
- تذکر:** در برخی از تراز یاب‌های آپتیکی، مطابق کتابچه راهنمای تراز یاب فاصله قرائت شده در صورت لزوم تصحیح گردد.

۴-۱-۲-۵- روش قرائت و کنترل خطا در تراز یاب‌های رقومی

روش قرائت و کنترل خطا در تراز یاب‌های رقومی درجه دو نیز مشابه کنترل خطا در تراز یابی رقومی درجه یک مندرج در بند (۴-۱-۱-۵) می‌باشد با این تفاوت که حد مجاز برای این اختلاف یک میلیمتر است.

۴-۱-۲-۶- شرایط اندازه‌گیری

- در تعیین محل شاخص‌ها سعی شود محل شاخص‌ها از نظر نحوه تابش نور آفتاب حتی‌الامکان در شرایط یکسان قرار گیرند.
- چگونگی وضع هوا و شدت باد در برگه قرائت قید گردد. در حالت استفاده از تراز یاب‌های رقومی این موارد به صورت کدهای قراردادی در حین اندازه‌گیری ذخیره شوند.
- بهتر است کار روزانه از یک ایستگاه ثابت BM شروع و به یک BM دیگر ختم گردد. چنانچه بعزل مختلف رسیدن به نقطه بعدی میسر نباشد، برای تعطیل کار لازم است از سه عدد میخ استیل مخصوص به فواصل حدود 30 متر استفاده شود و روز بعد پس از کنترل اختلاف ارتفاع سه میخ مزبور عملیات ادامه پیدا کند. حد مجاز برای این اختلاف I^{mm} می‌باشد.
- در شرایط جوی نامناسب مانند تشعشع زیاد خورشید، باد شدید، بارندگی و ... از انجام کار خودداری گردد.
- از تابش نور مستقیم خورشید روی تراز یاب باید اجتناب شود حتی در زمان جابجایی دستگاه از یک دهانه به دهانه دیگر، باید سایه چتر روی تراز یاب باشد.
- تاریخ روز و ساعت انجام عملیات تراز یابی در اوراق قرائت و یا در فایل‌های مخصوص تراز یاب‌های رقومی وارد گردد.

۴-۱-۲-۱۳- کنترل و محاسبات دفتری

این مرحله نیز مشابه دستورالعمل محاسبات دفتری تراز یابی درجه یک مندرج در بند (۴-۱-۱-۷) می‌باشد.

۴-۱-۲-۱۴- تصحیحات

۴-۱-۲-۱۴-۱- تصحیح ارتومتریک

ارتفاع ارتومتریک بفاصله بین هر نقطه از سطح زمین تا ژئوئید در امتداد خط شاقولی گفته می‌شود. از آنجا که سطوح هم پتانسیل موازی یکدیگر نمی‌باشند بنابراین نیاز به اعمال تصحیح ارتومتریک به مشاهدات می‌باشد برای اعمال تصحیح ارتومتریک نیاز به داشتن شتاب ثقل در ایستگاه‌های ترازیبی (BM) با دقت نسبی ۱۵ میکروگال می‌باشد.

۴-۱-۲-۱۴-۲- تصحیح کالیبراسیون

از آنجا که درجه بندی شاخص‌ها به وسیله کارخانه سازنده دارای محدوده دقتی می‌باشد و همچنین شاخص‌ها بر اثر برخورد و ضربات و فرسودگی به مرور زمان دچار تغییراتی در انوار آنها می‌گردند بنابراین برای عملیات ارتفاعی با دقت بالا نیاز به تعیین دقیق درجه بندی شاخص‌های انوار می‌باشد. شاخص‌های انوار هر ۶ ماه یکبار در آزمایشگاه کالیبره شده و مقدار تصحیح به مشاهدات اعمال می‌گردد.

۴-۱-۲-۱۴-۳- تصحیح درجه حرارت

مشاهدات در شرایط مختلف جوی و آب و هوایی و در دماهای مختلف انجام می‌شود. درحالی‌که عملیات کالیبراسیون در شرایط آزمایشگاهی انجام می‌گیرد و شاخص انوار نیز از جنس آلایژ و دارای تغییر بعد در اثر تغییرات دما می‌باشد، بنابراین برای تصحیح تغییر بعد انوار در اثر تغییرات دما نیاز به تصحیح درجه حرارت می‌باشد که برای انجام تصحیح به ضریب انبساط طولی انوار و دمای انوار در هنگام انجام مشاهدات زمینی با دقت $0.5^{\circ}C$ نیاز می‌باشد.

۴-۱-۲-۱۵- تست و آنالیز پیش از سرشکنی

تست و آنالیز داده‌های درجه دو، مطابق ترازیبی درجه یک می‌باشد. با این تفاوت که استاندارد تعریف شده در ترازیبی درجه دو در تست $Vignal$ ، $(1-1.3)^{mm}/\sqrt{K}$ می‌باشد.

۴-۱-۲-۱۶- سرشکنی

عموماً به‌منظور سرشکنی داده‌های ترازیبی، استفاده از روش کمترین مربعات توصیه می‌گردد. پیش از شروع محاسبات و سرشکنی موارد زیر باید معلوم گردند.

- نوع مشاهدات
- مدل ریاضی
- ماتریس واریانس کوواریانس مشاهدات.

از آنجا که تأثیرات سیستماتیک مانند نشست شاخص‌ها و ترازیب، خطای باقیمانده انحراف خط دیدگانی و ... نتایج یک رفت و یا یک برگشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، این خطاها با میانگین‌گیری از رفت و برگشت تا حدودی از بین می‌روند. به‌همین دلیل، مشاهداتی که در سرشکنی ترازیبی دقیق استفاده می‌گردد نیز بر اساس همین میانگین‌ها است.

باید توجه داشت، این انتخاب نتایج سرشکنی ترازیبی دقیق را تغییر نداده اما در تعریف دقت مشاهدات نقش عمده‌ای دارد.

مدل ریاضی جهت این سرشکنی به صورت پارامتریک بوده که در آن نقطه یا نقاطی که معمولاً به تایدگیج‌ها بسته شده و یا ارتفاعات آن‌ها با دقت‌های بالا معلوم است، ثابت فرض می‌شوند. ماتریس واریانس کوواریانس مشاهدات با فرض استقلال مشاهدات و تناسب واریانس‌ها با طول مسیر ترازیبی تعیین می‌گردد. که در این حالت ماتریسی قطری است. این تناسب با اعمال واریانس وزن واحد به تساوی تبدیل می‌شود (لازم بذکر است که این واریانس وزن واحد براساس خطای بست لوپ‌ها تعیین می‌گردد). پس از سرشکنی ارتفاعات، باقیمانده‌های مشاهدات سرشکن شده محاسبه و در تعیین واریانس فاکتور ثانویه بکار می‌رود. سرشکنی داده‌های ترازیبی درجه دو مطابق ترازیبی درجه یک می‌باشد با این تفاوت که سرشکنی به صورت خطی انجام می‌گیرد.

۴-۱-۲-۱۷- تست بعد از سرشکنی

آزمون‌های بعد از سرشکنی داده‌های ترازیبی درجه دو نیز مطابق ترازیبی درجه یک (بند ۴-۱-۱-۱۱) انجام می‌گیرد.

۴-۱-۳- دستورالعمل عملیات ارتفاعی درجه سه

۴-۱-۳-۱- طراحی و شناسایی ترازیبی درجه سه

۴-۱-۳-۱-۱- طراحی مسیرهای ترازیبی درجه سه

پس از تکمیل شبکه‌های ترازیبی درجه یک و دو طراحی شبکه‌های درجه سه در داخل هر لوپ به‌نحوی انجام می‌گیرد که حتی‌الامکان هر مسیر ترازیبی از یک نقطه ثابت درجه یک یا دو شروع و به یک نقطه ثابت درجه یک یا دو ختم گردد. برای این منظور از نقشه‌های موجود ۱:۵۰۰۰۰ که لوپ‌های درجه یک و دو روی آنها مشخص شده و نیز از عکسهای هوایی (در صورت وجود) استفاده می‌گردد.

فواصل خطوط ترازیبی درجه سه از یکدیگر بستگی به منطقه عملیات دارد و به‌طور متوسط حدود ۱۵ کیلومتر می‌باشد. طراحی این عملیات با جمع‌آوری حداکثر اطلاعات طوری صورت می‌گیرد که توزیع مسیرهای درجه یک و دو و سه حتی‌الامکان همگن باشد.

با توجه به اهمیت مکان‌های خاص مانند شهرها و جزایر، می‌توان علاوه بر شبکه سراسری درجه سه، شبکه محلی درجه سه نیز ایجاد نمود. این شبکه باید به نقاطی از شبکه سراسری (درجه یک یا دو یا سه) که قبلاً ارتفاع گرفته‌اند متصل گردد.

۴-۱-۳-۲- شناسایی مسیرهای ترازیبی درجه سه

پس از طراحی مسیرهای ترازیبی، به‌منظور شناسایی مسیرها ضمن حرکت در امتداد مسیرهای طراحی شده باید توجه داشت که: اولاً مسیر از امتداد دکل‌های فشار قوی فاصله مناسب داشته باشد ثانیاً در مسیر موانعی وجود نداشته باشد که مانع عملیات ترازیبی گردد. تغییرات در هنگام شناسایی با نظر طراح مجاز است.

۴-۱-۳-۱-۴- نام‌گذاری خطوط درجه سه

نام‌گذاری خطوط درجه سه با توجه به نام‌گذاری خطوط ترازیبی درجات بالاتر صورت می‌گیرد. بدین ترتیب که ابتدا نام لوپ درجه دو آورده و سپس رقم ۳ و پس از آن شماره خط با ارقام (۱،۳،۲،...) نوشته می‌شود و بعنوان مثال نمایش خط شماره ۲ از لوپ AF4 به‌صورت AF4302 می‌باشد که AF4 نمایان‌گر لوپ ۴ درجه دو AF و رقم 3 نمایان‌گر درجه سه و رقم 02 نیز نمایان‌گر مسیر شماره ۲ از لوپ فوق می‌باشد. به طریق مشابه، برای نمایش پنجمین ایستگاه درجه سه از لوپ AF4، به‌صورت AF430205 عمل می‌شود که دو رقم آخر یعنی 05 نمایان‌گر شماره ایستگاه می‌باشد.

۴-۱-۳-۱-۴- انتخاب محل ایستگاه‌ها

معیار تعیین محل ایستگاه‌های ترازیبی درجه سه مانند ایستگاه‌های درجه ۱ و ۲ می‌باشد. با این تفاوت که در مسیرهای درجه سه فاصله دو ایستگاه متوالی بر حسب آنکه منطقه کوهستانی یا دشت باشد، بین ۲/۵ الی ۵ کیلومتر منظور می‌گردد.

۴-۳-۱-۲- تعیین نهایی محل ایستگاه

پس از شناسایی مقدماتی مسیر و تعیین محل‌های تقریبی برای ایستگاه‌های ترازیابی مطابق بند (۴-۱-۱-۴)، محل نهایی ایستگاه تعیین می‌گردد.

۴-۳-۱-۳- مشخصات و خصوصیات مصالح مورد استفاده در ساختمان ایستگاه‌های ترازیابی

همان موارد و مصالحی که در ساختمان درجه یک و دو استفاده گردید در ساختمان ترازیابی درجه سه نیز بکار گرفته می‌شود.

۴-۳-۱-۴- طرح اختلاط مصالح در ساخت بتن

طرح اختلاط مصالح در ساختمان درجه سه مطابق ساختمان درجه یک مندرج در بند (۴-۱-۱-۴) می‌باشد.

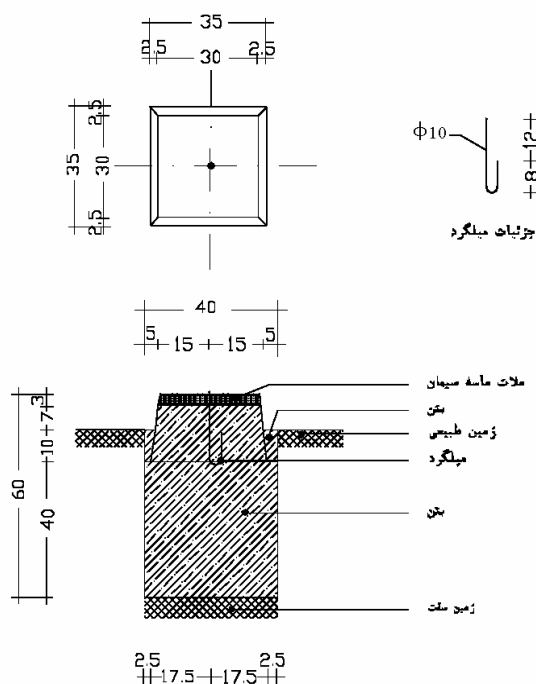
۴-۳-۱-۵- ساختمان ایستگاه ترازیابی درجه سه (BM)

پس از شناسایی و انتخاب نهایی محل ایستگاه، به‌ترتیب زیر عمل می‌شود:

- چاله‌ای استوانه‌ای به قطر ۴۰ سانتیمتر و عمق ۵۰ سانتیمتر حفر می‌شود. در زمین‌های سست و نرم، حفاری آن قدر ادامه یابد تا به زمین سفت و محکم برسد.
- در داخل چاله تا ارتفاع ۴۰ سانتیمتر بتن مطابق با طرح اختلاط (بند ۴-۳-۱-۴) پر کرده، ویبره و یا کوبیده شود.
- سر قالبی به شکل هرم به ابعاد 35×35 سانتیمتر در پایین و 30×30 سانتیمتر در بالا و به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر در جهت شمال روی بتن ریخته شده، قرار داده و سطح قالب افقی گردد.
- یک آرماتور قلاب دار بطول ۲۰ سانتیمتر و به قطر ۱۰ میلیمتر در وسط رپر به گونه‌ای قرار داده شود که حدود ۵ میلیمتر آن از سطح فوقانی نهائی رپر، بالاتر قرار گیرد. سپس سر قالب را با بتن نسبتاً سفت، پر نموده و کوبیده شود.
- فضای خالی دور بتن با خاک نرم پر گردد.
- جهت حک نام ایستگاه حدود ۳ سانتیمتر از سطح بالای رپر با ملات ماسه و سیمان پر شود. باید دقت نمود که این قسمت با بتن اصلی به صورت یکپارچه در آید.

نکات مهم:

- ۱- باید کنترل‌های لازم برای ساختن بتن اعمال شود. یکی از موارد مهم، 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 تهیه بتن مناسب، شرایط محیطی طوری انتخاب شود که بتن در فصول مناسب در مناطق مختلف ساخته شود و یا اگر الزاماً در شرایطی ساخته می‌شود که مناسب به نظر نمی‌رسد شرایط مصنوعی بوجود آید، مثلاً در شرایط گرم روی بتن با گونی خیس پوشانده شود و به‌طور مرتب روی آن آب ریخته شود تا آب بتن بتدریج بخار شود و اگر در هوای سرد بتن ساخته می‌شود باید طوری اطراف آنرا پوشاند که از یخ‌زدگی جلوگیری به عمل آید.
- مطابق آیین نامه بتن ایران (آبا)، درجه حرارت مناسب برای ساختن بتن بین 5°C تا 30°C می‌باشد که در هنگام بتن ریزی هیچ قسمت از بتن نباید دمایی کمتر از 5°C و بیشتر از 30°C سانتیگراد داشته باشد.
- ۲- حداقل زمان مراقبت و عمل آوردن بتن در دمای محیط 5°C تا 10°C ، ۴ روز و در دمای بالاتر از 10°C ، ۳ روز می‌باشد.
- ۳- قالب‌ها در صورت تغییر شکل الزاماً تعویض گردد.
- ۴- ارتفاع بتن از سطح زمین حداقل ۵ و حداکثر ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.



شکل ۴-۱۴ جزئیات مقطع و میل‌گرد ایستگاه ترازبایی (BM) درجه سه

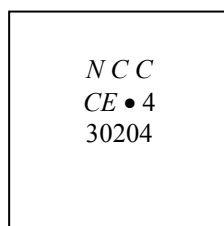
۴-۱-۳-۶- حک نام بروی ایستگاه (BM)

پس از صاف کردن سطح نرمه بر روی ایستگاه در سطح بالایی بتن حروف و اعداد مربوط طوری داخل آن قرار گیرد که هم‌سطح بتن شده، بدون آنکه سطح بتن از حالت صاف و مسطح خارج گردد. پس از آنکه نرمه بتن حالت اعداد و حروف را گرفت، حروف و اعداد را به آهستگی از سطح بتن خارج کرده به‌طوری‌که لبه حروف و اعداد حک شده صدمه نبیند. برای حک حروف و اعداد بهتر است از قالب‌های آلومینیومی استفاده شود.

نام نقطه باید قبلاً تعیین و مشخص شده باشد و قبل از خشک شدن کامل بتن روی آن حک شود.

نام ایستگاه روی BM در سه سطر و بسمت شمال مغناطیسی و بفاصله حداقل ۳ سانتیمتر از لبه‌های رپر به‌صورت زیر حک می‌شود.

سطر اول نام مؤسسه مجری (به‌عنوان مثال NCC) و در سطر دوم و در دو طرف میله، حروف و اعداد مربوط به نام ایستگاه، و در سطر سوم شماره ایستگاه حک شود.



شکل ۴-۱۵ پلان ایستگاه تراز یابی درجه ۳ (BM)

۴-۱-۳-۷- شناسنامه ایستگاه درجه سه

برای هر ایستگاه تراز یابی دقیق تهیه شناسنامه مطابق فرم ضمیمه الزامی می باشد که قسمت های مختلف آن به شرح زیر پر شود:

- مشخصات بالای صفحه شامل قسمت های مختلف از قبیل نام ایستگاه، منطقه عملیات، نزدیکترین آبادی و ... می باشد که باید به صورت کامل و دقیق پر شود.
 - شرح ایستگاه: در قسمت شرح ایستگاه، مشخصات و ابعاد ایستگاه توضیح داده می شود.
 - موقعیت ایستگاه: در این قسمت مطالب مشروحه زیر باید ذکر شود.
- ۱- محل ایستگاه

۲- وضع BM نسبت به عوارض مجاور:

الف - فاصله از محور جاده

ب - فاصله از دو نقطه مشخص به طوری که به کمک این دو فاصله، محل ایستگاه دقیقاً قابل دسترسی باشد.

۳- فاصله ایستگاه از ایستگاه های قبل و بعد.

- راه دسترسی: در این قسمت فاصله ایستگاه از دو مبدأ کاملاً مشخص (مانند پمپ بنزین، کارخانه، ساختمان های دولتی، پل های بزرگ، تقاطع جاده های مشخص با جاده های اصلی و ...) با ذکر نام جاده و جهت حرکت در این قسمت بیان می شود.
- این فاصله باید از دو طرف جداگانه آورده شود تا ایستگاه از هر دوسو قابل دسترسی باشد.

- ترسیم کروکی: کروکی در دو قسمت به صورت سایت پلان و جزئیات تهیه می شود که جزئیات کروکی باید با رعایت ژیمان جاده موجود ترسیم گردد و عوارض موجود در مجاورت ایستگاه باید دقیقاً در کروکی ترسیم و نام نزدیکترین شهر در دو طرف ایستگاه آورده شود. در ترسیم کروکی باید توجه شود که از شلوغ کردن کروکی با آوردن عوارض جزئی که هیچ گونه تأثیری در راهنمایی استفاده کننده جهت دستیابی به ایستگاه ندارد خودداری شود. همچنین برای مشخص شدن عوارض مصنوعی یا طبیعی از لژاند (راهنما) استاندارد سازمان نقشه برداری کشور استفاده شود.

۴-۱-۳-۸- دستگاه های اندازه گیری و وسایل مورد نیاز

در تراز یابی درجه سه استفاده از وسایل زیر در مناطق دشت و تپه ماهور ضروری است:

- تراز یاب که بزرگنمایی تلسکوپ آن بیش از 30X بوده و دقت آن نیز بیش از 1.5^{mm} در یک کیلومتر تراز یابی رفت و برگشت باشد.

- سه پایه یکپارچه مخصوص تراز یابی

- شاخص های ۴ متری مجهز به تراز برای تراز یاب های اپتیکی و شاخص های بارکدی مخصوص تراز یاب های رقومی.

- پایه مخصوص شاخص (سُکُل)

- میخ‌های مخصوص برای استفاده به‌جای سُل در مواقع تعطیل کار
 - پتک
- تذکر مهم:** برای مناطق کوهستانی از تجهیزات ترازیابی درجه دو مطابق بند ۴-۱-۱-۲ استفاده شود.

۴-۱-۳-۹- تنظیم‌های صحرائی

۴-۱-۳-۹-۱- کنترل و تصحیح خط دیدگانی

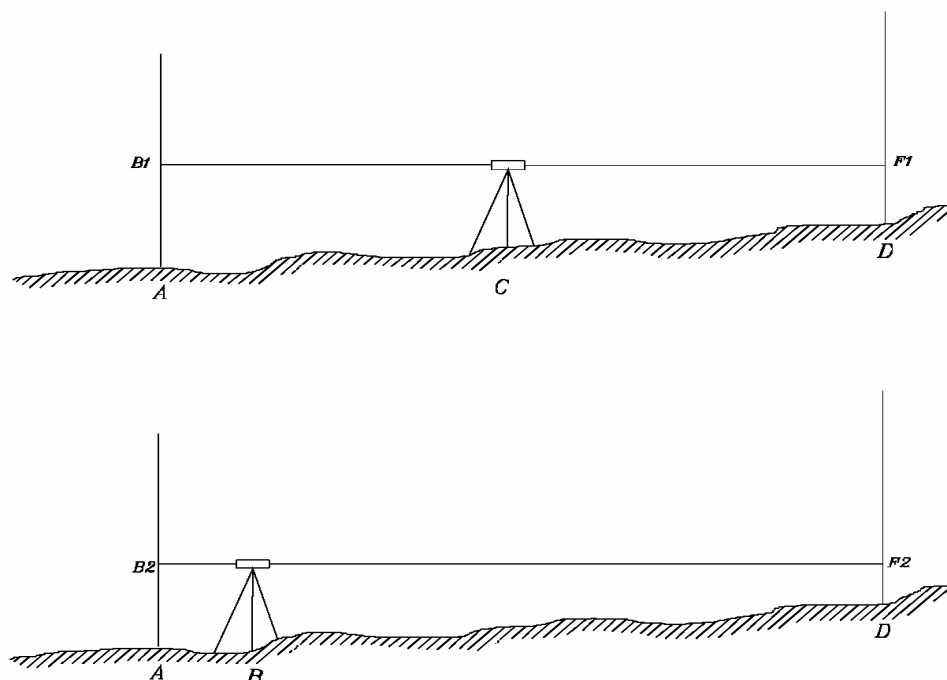
- در یک زمین هموار، یک طول ۶۰ متری به دو قسمت مساوی ۳۰ متری تقسیم می‌شود.
- دو شاخص (مطابق شکل ۴-۱۶) بر روی نقاط A و D مستقر می‌گردد.
- تراز یاب در نقطه C وسط دو میر قرار گرفته و پس از تراز دوربین، قرائت عقب (B_1) را روی شاخص عقب (A) و سپس قرائت جلو (F_1) را روی شاخص جلو (D) انجام داده و اختلاف ارتفاع به‌صورت $\Delta h_1 = B_1 - F_1$ محاسبه شود.
- تراز یاب را در نقطه B (۶ متری نقطه A) قرار داده و قرائت عقب (B_2) را روی شاخص مستقر در نقطه A و قرائت جلو (B_2) را روی شاخص مستقر در نقطه D انجام می‌دهیم. اختلاف ارتفاع از رابطه $\Delta h_2 = B_2 - F_2$ بدست می‌آید.
- در صورتی که اختلاف $|\Delta h_1| - |\Delta h_2| \leq 2mm$ باشد دستگاه تنظیم و کلیماسیون در حد مجاز می‌باشد.
- در صورتی که اختلاف $|\Delta h_1| - |\Delta h_2| > 2mm$ باشد دستگاه دارای کلیماسیون غیر مجاز بوده و باید تنظیم گردد.
- برای تنظیم کلیماسیون تراز یاب، قرائت بر روی میر نزدیک (نقطه A و قرائت B_2) را بدلیل کمی فاصله بین تراز یاب و میر و در نتیجه قابل صرف‌نظر کردن از کلیماسیون در این قرائت، مقدار واقعی قرائت در نظر گرفته می‌شود. مقدار قرائت میر دور (نقطه D و قرائت F_2) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$F_2 = B_2 - \Delta h_1$$

بنابراین با پیچ‌های مخصوص تعبیه شده تار رتیکول بر روی قرائت محاسبه شده، قرار داده می‌شود.

- پس از این مرحله مجدداً مراحل فوق تکرار و کلیماسیون دستگاه کنترل می‌گردد.

تذکر مهم: در صورت استفاده از تراز یاب‌های رقومی (مانند $Dini I2$ ، ...) باید با توجه به دستورالعمل‌های تراز یاب، عمل کنترل و تصحیح خط دیدگانی انجام شود.



شکل ۴-۱۶ نحوه کنترل خط دیدگانی

۴-۱-۳-۹-۲- تنظیم تراز کروی تراز یاب

در صورتی که تراز کروی تراز یاب در یک جهت تنظیم و با دوران دستگاه به اندازه 180° حول محور قائم، حباب تراز در دایره قرار نگیرد، لازم است تراز کروی دستگاه تنظیم شود. روش تنظیم به این صورت می باشد که در ابتدا باید دستگاه را با پیچ های ترابراگ تراز نموده، سپس دستگاه را 180° حول محور قائم چرخاند. نصف انحراف حباب کروی را به وسیله پیچ ترابراگ و نیم دیگر را با پیچ تنظیم حباب کروی حذف نمود. این روش را باید تکرار نموده و انحراف باقیمانده را کنترل کرد.

۴-۱-۳-۹-۳- کنترل و تنظیم تراز کروی شاخص تراز یابی (کنترل قائم بودن شاخص)

در حالت ایده آل با تنظیم حباب تراز کروی در مرکز، شاخص باید عمود بر سطح استقرار قرار گیرد. برای کنترل این مسئله از یک دستگاه تئودولیت استفاده می شود، به طوری که محل استقرار شاخص نسبت به محل استقرار تئودولیت در دو وضعیت رأس یک زاویه قائمه خواهد بود. جهت تنظیم تراز کروی شاخص به صورت زیر عمل می شود. در ابتدا شاخص روی یک نقطه ثابت مستقر نموده و تئودولیت در امتداد شاخص قرار داده شود. پس از تراز کردن شاخص و تئودولیت، تار قائم رتیکول را در قسمت لبه پائینی شاخص مماس نموده و سپس فقط با پیچ های حرکت قائم تلسکوپ به لبه بالایی شاخص منتقل می شود. در صورتی که لبه بالایی شاخص با تار عمودی مماس نباشد بایستی تراز میر را تنظیم نمود به طوری که لبه بالایی شاخص با تار قائم مماس باشد. این عمل با انتقال تئودولیت به وضعیت استقرار دوم نیز انجام شود. پس از تنظیم تراز عملیات مجدداً کنترل گردد.

۴-۱-۳-۹-۴- تنظیم سه پایه

بین قسمت‌های مختلف سه پایه نباید لقی وجود داشته باشد. پیچ‌های سه پایه باید به وسیله آچار مخصوص محکم شوند. لولا‌های بین قسمت بالایی سه پایه و پایه‌ها باید به اندازه مناسب محکم باشد به طوری که وقتی قسمت فوقانی سه پایه را گرفته و بلند کنیم، پایه‌ها حالت گسترده خود را حفظ کرده و به صورت گسترده باقی بماند.

جدول ۴-۳ زمان بندی تنظیم وسایل تراز یابی برای عملیات تراز یابی درجه سه

تنظیم تراز یاب در آزمایشگاه	کلیماسیون	تنظیم تراز شاخص	کنترل تراز تراز یاب
حداقل هر سال یکبار	هفته ای دوبار	هفته ای دو بار	هفته ای دوبار

۴-۱-۳-۱۰-۱- اندازه گیری

۴-۱-۳-۱۰-۱- اصول کلی اندازه گیری

با توجه به دستورالعمل اجرائی قرائت طرح تراز یابی سراسری کشور، برای تراز یابی درجه سه، اختلاف بین رفت و برگشت‌های قابل قبول $12mm\sqrt{K}$ منظور گردیده است. K فاصله به کیلومتر بوده و عبارت است از متوسط فاصله رفت و برگشت بین دو ایستگاه (BM) که در یک مسیر تراز یابی اندازه گیری شده است. قطعاتی که اختلاف ارتفاع رفت و برگشت در آنها بیش از مقدار فوق باشد اندازه گیری آن تکرار می‌گردد.

تراز یابی هر قطعه ($Section$) از یک رفت و یک برگشت حاصل می‌شود. ضروری است تراز یابی رفت و برگشت با تجهیزات و افراد متفاوت و در مقاطع زمانی مختلف انجام گیرد.

قطعه‌ای از نظر تراز یابی کامل است که اختلاف بین نتایج تراز یابی رفت و برگشت در آن بیشتر از $12mm\sqrt{K}$ نباشد در این صورت اختلاف ارتفاع عبارت خواهد بود از:

$$\frac{1}{2} (\text{اختلاف ارتفاع برگشت} - \text{اختلاف ارتفاع رفت}) = \text{اختلاف ارتفاع متوسط}$$

یعنی اختلاف ارتفاع نهائی برای یک قطعه ($Section$) عبارت است از میانگین قدر مطلق رفت و برگشت‌های قابل قبول.

معیار کنترل دیگر، مربوط به ارتفاع نقاط اتصالی به نقاط درجه یک و دو (که قبلاً ارتفاع گرفته‌اند) می‌باشد و بصورت $12mm\sqrt{K}$ محاسبه می‌گردد. K طول مسیر تراز یابی است. معیار فوق بر مبنای تفاوت اختلاف ارتفاع محاسباتی و میانگین اختلاف ارتفاع رفت و برگشت محاسبه می‌شود.

۴-۱-۳-۱۰-۲- روش اندازه گیری

برای مناطق دشت و تپه‌ماهور روش اندازه گیری بصورت زیر است:

مطابق با دستورالعمل اندازه گیری تراز یابی درجه ۳ کشور، حداکثر فاصله مجاز بین محل استقرار تراز یاب و شاخص ۹۰ متر می‌باشد که تحت شرایط جوی و جغرافیایی نامناسب کوتاه‌تر می‌باشد و حداکثر اختلاف طول دهنه‌های جلو و عقب ۵٪ فاصله بین دوربین و شاخص می‌باشد.

پس از تعیین محل شاخص‌ها، ابتدا باید سُّکُل را به‌صورت افقی در محل تعیین شده قرار داده و با ضربات چکش محکم نمود به‌طوری‌که روی زائده مخصوص قرار دادن شاخص ضربه ای وارد نگردد. سپس شاخص روی سُّکُل قرار داده می‌شود و تراز می‌گردد.

ترازیاب در محل تعیین شده مستقر و قبل از تراز کردن ترازیاب باید پایه‌های سه پایه را با فشار دادن پدال‌های مربوط در زمین محکم نمود، بعد از این مرحله قرائت‌ها آغاز می‌گردد.

تذکر مهم: اندازه‌گیری در مناطق کوهستانی باید طبق بند ۴-۱-۲-۱۲-۲ دستورالعمل تراز یابی درجه دو انجام شود.

۴-۱-۳-۱۰-۳ الزامات در اندازه‌گیری

- در یک *Section* تراز یابی، مجموع فواصل عقب و فواصل جلو نباید بیش از ۲۰ متر اختلاف داشته باشند.
- در هر قطعه (*Section*) تراز یابی تعداد دهنه‌ها باید زوج باشد.
- قرائت تار وسط روی شاخص‌ها باید در فاصله ۵۰ سانتیمتری تا ۳۰۰ سانتیمتری شاخص انجام گیرد.
- اگر از سیستم آپتیکی برای قرائت مشاهدات استفاده شود قرائت باید در فرم مخصوص ضمیمه با خودکار نوشته شود^۱.
- اختلاف تعداد دهنه‌ها در رفت و برگشت در یک قطعه نباید بیش از ۵٪ تعداد دهنه‌ها باشد.
- تنظیم وضوح دید (*Focusing*) ترازیاب به منظور برقراری دید الزامی است. تارهای رتیکول و تصویر شاخص باید کاملاً واضح و روشن بوده و با حرکت چشم به‌صورت قائم در مقابل چشمی نباید تار افقی رتیکول روی صفحه شاخص کوچکترین حرکتی داشته باشد.
- در صورتی که به هر دلیل در مشاهدات یک خطا، وقفه زمانی قابل توجه‌ای بوجود آید مشاهدات چند ایستگاه قبلی که قبلاً اندازه‌گیری شده‌اند، مجدداً اندازه‌گیری و مقایسه شوند.
- مسیرهایی که با یکدیگر در ارتباط هستند تا حد امکان همزمان یا به دنبال هم اندازه‌گیری شوند.
- باید خطوط درجه سه به نقاط درجه یک یا درجه دو که قبلاً ارتفاع گرفته‌اند بسته شوند و نقاط اطراف آن‌ها اندازه‌گیری و اختلاف ارتفاع محاسباتی و مشاهداتی آن‌ها با یکدیگر مقایسه شوند تا از ارتفاع نقاط درجه یک و دو اطمینان لازم حاصل شود.

۴-۱-۳-۱۰-۴ روش قرائت و کنترل خطا در تراز یاب‌های آپتیکی

- باید توجه داشت که در هر قرائت با استفاده از پیچ‌های تنظیم ترازیاب، تارهای رتیکول و درجات شاخص کاملاً واضح و روشن گردد. سپس قرائت به‌ترتیب زیر انجام و در فرم مخصوص و در محل مربوط یادداشت می‌گردد:
- الف- قراولروی به شاخص عقب و قرائت هر سه تار بالا، وسط و پایین.
- ب- قراولروی به شاخص جلو و قرائت هر سه تار بالا، وسط و پایین.
- کنترل‌های لازم که قبل از جابجایی ترازیاب باید انجام گیرد به‌شرح زیر می‌باشد:
- الف- فواصل عقب و جلو در هر دهنه با توجه به قرائت‌های روی شاخص‌ها کنترل گردد.
- ب- اختلاف میانگین حاصل از تار بالا و پائین با تار وسط نباید بیش از 3^{mm} اختلاف داشته باشد.

^۱ - در صورت مخدوش شدن و همچنین قرائت اشتباه، باید ارقام صحیح به ردیف بعدی منتقل شود.

۴-۱-۳-۱۰-۵- روشی قرائت و کنترل خطا در ترازیب‌های راقومی

از آنجا که در ترازیب‌های راقومی از شاخص‌های بارکد مهندسی استفاده می‌شوند و شاخص‌های بارکد یک لبه می‌باشند سیستم قرائت دستگاه به این صورت می‌باشد.

الف- قراولروی به شاخص عقب (B)

ب- قراولروی به شاخص جلو (F)

کنترل‌های لازم که قبل از جابجایی ترازیب باید انجام شود، توسط دستگاه و به‌طور خودکار محاسبه و به کاربر اعلام می‌گردد.

۴-۱-۳-۱۰-۶- شرایط اندازه‌گیری

- در تعیین محل شاخص‌ها سعی شود محل شاخص‌ها از نظر نحوه تابش نور آفتاب حتی الامکان در شرایط یکسان قرار گیرند.
- بهتر است کار روزانه از یک ایستگاه ثابت BM شروع و به یک BM دیگر ختم گردد. چنانچه بعزل مختلف رسیدن به نقطه بعدی میسر نباشد برای تعطیل کار لازم است از دو عدد میخ استیل مخصوص به فواصل حدود ۵۰ متر استفاده شود و روز بعد پس از کنترل اختلاف ارتفاع سه میخ مزبور عملیات ادامه پیدا کند. حد مجاز برای این اختلاف 3^{mm} می‌باشد.
- در شرایط جوی نامناسب مانند تشعشع زیاد خورشید، باد شدید، بارندگی و ... از انجام کار خودداری گردد.
- تاریخ روز انجام عملیات ترازیبی در اوراق قرائت و یا در فایل‌های مخصوص دوربین‌های راقومی وارد گردد.
- هنگامی که بر اثر درجه حرارت و تموج، حداکثر فاصله قابل رؤیت بر روی شاخص کمتر از ۴۰ متر گردید عملیات ترازیبی متوقف شود.

۴-۱-۳-۱۱- کنترل و محاسبات دفتری

نکات زیر باید در دفتر کار گروه‌های زمینی مورد بررسی و توجه قرار گیرند:

- کلیه محاسبات زمینی مجدداً کنترل شوند.
- اختلاف ارتفاع و فواصل بین ایستگاه‌ها محاسبه و کنترل گردند.
- اختلاف فاصله عقب و جلو در قسمت ملاحظات صفحه آخر نوشته شود.
- در صورت غیرمجاز بودن اختلاف رفت و برگشت، قرائت‌های مجدد بایستی صورت پذیرد.
- نتیجه کار بین قرائت‌های رفت و برگشت دو ایستگاه مطابق فرم ضمیمه نوشته شود.
- اگر مشاهدات با ترازیب‌های راقومی انجام شود محاسبات توسط ترازیب انجام و اختلاف ارتفاع هر قطعه ($Section$) مشخص شود.
- در آخر باید تفاضل اختلاف ارتفاع رفت و برگشت کل خط ترازیبی با حد مجاز مقایسه شود. لازم به ذکر است که تقریباً همه موارد کنترلی در مشاهدات اُپتیکی، در مشاهدات راقومی به‌صورت اتوماتیک ثبت و در فایل‌های مربوطه ذخیره می‌گردد.

۴-۱-۳-۱۲- تست و آنالیز پیش از سرشکنی

با توجه به دقت‌های مورد نظر در ترازیبی درجه سه، تست و آنالیز داده‌های ترازیبی درجه سه نسبت به درجات بالاتر محدودتر باشد. بدین معنی که برخی از آزمون‌های معیار که در ترازیبی درجه یک و دو بکار می‌روند، لزومی نداشته و تنها تست‌های مربوط به هر قطعه و خط که در کشف خطاهای سیستماتیک احتمالی در طول قطعات و خطوط تعیین کننده می‌باشند، ضروری است. تست

Vignal نیز مطابق ترازیابی درجه یک و دو بوده با این تفاوت که استاندارد تعریف شده در ترازیابی درجه سه در تست $Vignal, 2^{mm}/\sqrt{K}$ می باشد.

۴-۱-۳-۱۳- سرشکنی

نوع مشاهدات و ماتریس واریانس کواریانس مشاهدات در سرشکنی داده‌های ترازیابی درجه سه مشابه درجات بالاتر بوده و تنها مدل ریاضی بکار گرفته شده تا حدودی متفاوت می باشد. در اینجا نیز مدل ریاضی جهت سرشکنی به صورت پارامتریک بوده و در آن نقطه یا نقاطی که ارتفاعات آنها از سرشکنی درجه یک و دو معلوم هستند ثابت فرض می شوند در سرشکنی این مشاهدات سعی می شود حتی الامکان مشاهدات به صورت لوپ سرشکن شده چنانچه مسیرها به صورت آنتنی باشند به ناچار سرشکنی در خط ترازیابی انجام می گیرد.

۴-۱-۳-۱۴- تست بعد از سرشکنی

آزمون‌های بعد از سرشکنی خط‌های ترازیابی درجه سه نیز مطابق ترازیابی درجات بالاتر (بند ۴-۱-۱-۱۱) می باشد.

۱-۱- محاسبه دقت مختصات مسطحاتی

۱-۱-۱- بیضی خطای ۹۵٪ مطلق

بیضی خطای استاندارد مطلق (در سطح اطمینان ۳۹٪) برای موقعیت مسطحاتی سرشکن شده در هر نقطه، بوسیله نیم قطر بزرگ a ، نیم قطر کوچک b و جهت محور قطر بزرگ θ تعیین و تعریف می‌شود. با بکار بردن عناصر ماتریس کواریانس $C_{\hat{X}}$ ، این پارامترها از روابط زیر محاسبه می‌شوند (Cooper, 1980).

$$a = [(\sigma_E^2 + \sigma_N^2) / 2 + q]^{\frac{1}{2}}$$

$$b = [(\sigma_E^2 + \sigma_N^2) / 2 - q]^{\frac{1}{2}}$$

$$q = [(\sigma_E^2 - \sigma_N^2)^2 / 4 + \sigma_{EN}^2]^{\frac{1}{2}}$$

که در آن

$$\begin{aligned} \sigma_E^2 &: \text{واریانس طول جغرافیایی (m}^2\text{)} \\ \sigma_N^2 &: \text{واریانس عرض جغرافیایی (m}^2\text{)} \\ \sigma_{EN}^2 &: \text{کواریانس طول و عرض جغرافیایی (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

جهت بیضی خطای استاندارد مطلق به وسیله فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\operatorname{tg} 2\theta = 2\sigma_{EN} / (\sigma_N^2 - \sigma_E^2)$$

که در آن θ آزمون محور a است.

برای تبدیل بیضی خطای استاندارد به بیضی خطای ۹۵٪ باید نیم قطر بزرگ a و نیم قطر کوچک b در عدد ۲٫۴۵ ضرب شوند.

۱-۲- دایره خطای ۹۵٪ مطلق

روشی دیگر برای نمایش دقت مختصات مسطحاتی استفاده از دایره خطای ۹۵٪ به جای بیضی خطای ۹۵٪ است (FGCC, 1995). دایره خطای ۹۵٪ با استفاده از نیم قطر بزرگ a و نیم قطر کوچک b بیضی خطای استاندارد و مجموعه ای از ضرائب محاسبه می‌شود. هنگامیکه a و b برابر باشند، دایره خطا بر بیضی خطا منطبق می‌شود. شعاع دایره خطای ۹۵٪ به صورت زیر محاسبه می‌شود (Cooper, 1980).

$$r = K_p \cdot a$$

که در آن :

$$K_p = 1.960\,790 + 0.00\,4071\,C + 0.1142\,76\,C^2 + 0.371625\,C^3$$

$$C = b / a$$

۱-۱-۳- بیضی خطای ۹۵٪ نسبی

بیضی خطای استاندارد نسبی (در سطح اطمینان ۳۹٪) برای اختلاف مختصاتهای مسطحاتی سرشکن شده هر دو نقطه i و j بوسیله نیم قطر بزرگ a ، نیم قطر کوچک b و جهت محور قطر بزرگ θ تعیین و تعریف می شود. با استفاده از عناصر ماتریس کواریانس $C_{\hat{x}}$ ، این پارامترها از روابط زیر محاسبه می شوند (Cooper, 1980).

$$a = [(\sigma_{\Delta Eij}^2 + \sigma_{\Delta Nij}^2) / 2 + q]^{\frac{1}{2}}$$

$$b = [(\sigma_{\Delta Eij}^2 + \sigma_{\Delta Nij}^2) / 2 - q]^{\frac{1}{2}}$$

$$q = [(\sigma_{\Delta Eij}^2 - \sigma_{\Delta Nij}^2)^2 / 4 + \sigma_{\Delta Eij\Delta Nij}^2]^{\frac{1}{2}}$$

که در آن

$$\begin{aligned} \sigma_{\Delta Eij}^2 &: \text{واریانس اختلاف طول جغرافیایی نقاط } i \text{ و } j (m^2) \\ \sigma_{\Delta Nij}^2 &: \text{واریانس اختلاف عرض جغرافیایی نقاط } i \text{ و } j (m^2) \\ \sigma_{\Delta Eij\Delta Nij}^2 &: \text{کواریانس اختلاف طول و اختلاف عرض جغرافیایی نقاط } i \text{ و } j (m^2) \end{aligned}$$

واریانسها و کواریانسهای اختلاف موقعیتها از عناصر ماتریس کواریانس $C_{\hat{x}}$ به صورت زیر بدست می آید.

$$\begin{aligned} \sigma_{\Delta Eij}^2 &= \sigma_{Ei}^2 + \sigma_{Ej}^2 - 2\sigma_{EiEj} \\ \sigma_{\Delta Nij}^2 &= \sigma_{Ni}^2 + \sigma_{Nj}^2 - 2\sigma_{NiNj} \\ \sigma_{\Delta Eij\Delta Nij}^2 &= \sigma_{EiNi} + \sigma_{EjNj} - \sigma_{EiNj} - \sigma_{EjNi} \end{aligned}$$

که در آن

$$\begin{aligned} \sigma_{E\lambda i}^2 &: \text{واریانس طول جغرافیایی نقطه } i (m^2) \\ \sigma_{Ej}^2 &: \text{واریانس طول جغرافیایی نقطه } j (m^2) \\ \sigma_{EiEj} &: \text{کواریانس طول جغرافیایی نقاط } i \text{ و } j (m^2) \\ \sigma_{Ni}^2 &: \text{واریانس عرض جغرافیایی نقطه } i (m^2) \\ \sigma_{Nj}^2 &: \text{واریانس عرض جغرافیایی نقطه } j (m^2) \\ \sigma_{NiNj} &: \text{کواریانس عرض جغرافیایی نقاط } i \text{ و } j (m^2) \\ \sigma_{EiNi} &: \text{کواریانس طول و عرض جغرافیایی نقطه } i (m^2) \\ \sigma_{EjNj} &: \text{کواریانس طول و عرض جغرافیایی نقطه } j (m^2) \\ \sigma_{EiNj} &: \text{کواریانس طول نقطه } i \text{ و عرض نقطه } j (m^2) \\ \sigma_{EjNi} &: \text{کواریانس طول نقطه } j \text{ و عرض نقطه } i (m^2) \end{aligned}$$

جهت بیضی خطای استاندارد نسبی به وسیله فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\operatorname{tg} 2\theta = 2\sigma_{\Delta Eij\Delta Nij} / (\sigma_{\Delta Nij}^2 - \sigma_{\Delta Eij}^2)$$

که در آن θ آزیموت محور a است.

برای تبدیل بیضی خطای استاندارد به بیضی خطای ۹۵٪ باید نیم قطر بزرگ a و نیم قطر کوچک b در عدد ۲,۴۵ ضرب شوند.

۱-۱-۴- دایره خطای ۹۵٪ نسبی

روش دیگر برای نمایش دقت اختلاف مختصات مسطحاتی استفاده از دایره خطای ۹۵٪ به جای بیضی خطای ۹۵٪ است (FGCC, 1995). دایره خطای ۹۵٪ با استفاده از نیم قطر بزرگ a و نیم قطر کوچک b بیضی خطای استاندارد نسبی و مجموعه ای از ضرائب محاسبه می‌شود. هنگامیکه a و b برابر باشند، دایره خطای بر بیضی خطای نسبی منطبق می‌شود. شعاع دایره خطای ۹۵٪ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$r = K_p \cdot a$$

که در آن

$$K_p = 1.960\,790 + 0.00\,4071\,C + 0.1142\,76\,C^2 + 0.371625\,C^3$$

$$C = b / a$$

۱-۲- محاسبه دقت مختصات ارتفاعی

۱-۲-۱- فاصله اطمینان ۹۵٪ مطلق

انحراف معیار استاندارد ارتفاعی σ_h نمایش دهنده دقت ارتفاع سرشکن شده یک نقطه در سطح اطمینان ۶۸٪ است که از ماتریس کواریانس $C_{\hat{x}}$ استخراج می‌شود. برای تبدیل انحراف معیار استاندارد به فاصله اطمینان ۹۵٪ باید آن را در عدد ۱,۹۶ ضرب کرد.

۱-۲-۲- فاصله اطمینان ۹۵٪ نسبی

انحراف معیار استاندارد ارتفاعی $\sigma_{\Delta hij}$ نمایش دهنده دقت اختلاف ارتفاع سرشکن شده بین دو نقطه i و j در سطح اطمینان ۶۸٪ است که از طریق ماتریس کواریانس $C_{\hat{x}}$ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\sigma_{\Delta hij} = (\sigma_{hi}^2 + \sigma_{hj}^2 - 2\sigma_{hihj})^{\frac{1}{2}}$$

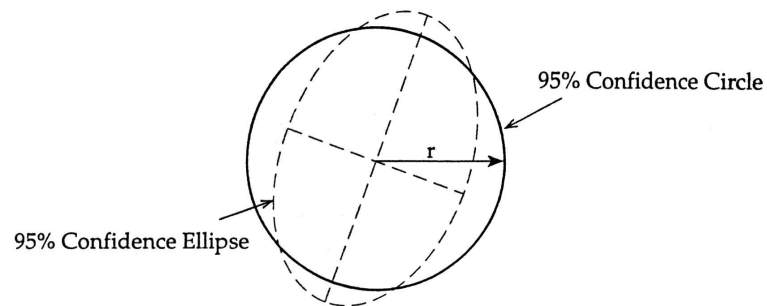
که در آن

σ_{hi}^2 : واریانس ارتفاع نقطه i (m^2)

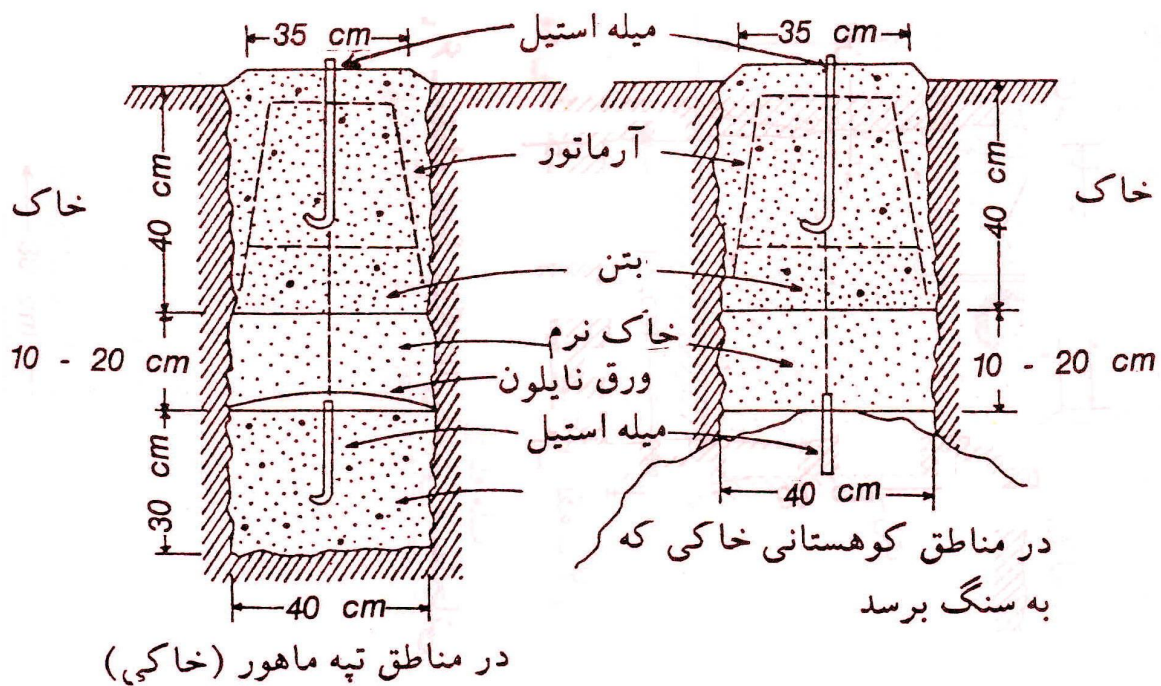
σ_{hj}^2 : واریانس ارتفاع نقطه j (m^2)

σ_{hihj} : کواریانس ارتفاع نقاط i و j (m^2)

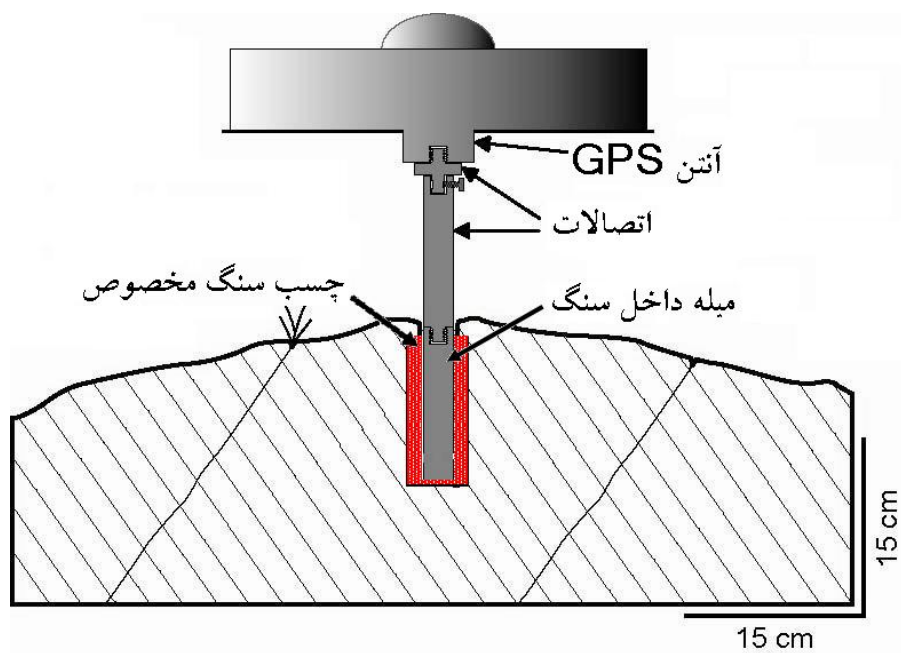
برای تبدیل انحراف معیار استاندارد به فاصله اطمینان ۹۵٪ باید آن را در عدد ۱٫۹۶ ضرب کرد.



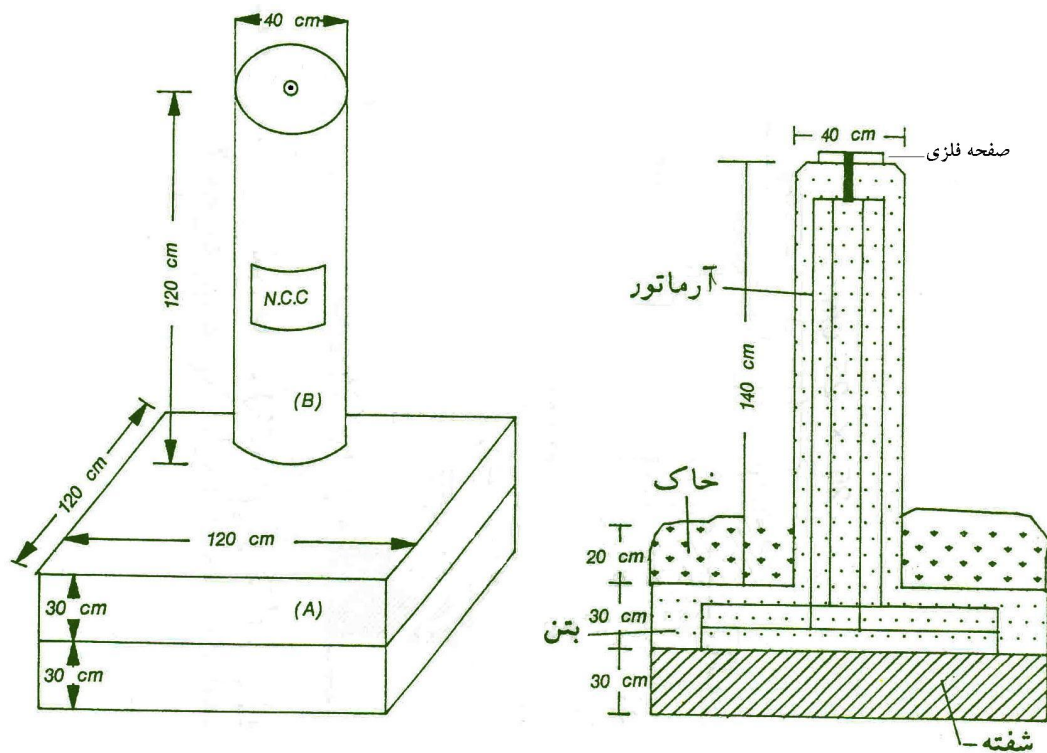
بیضی خطا و دایره اطمینان ۹۵٪



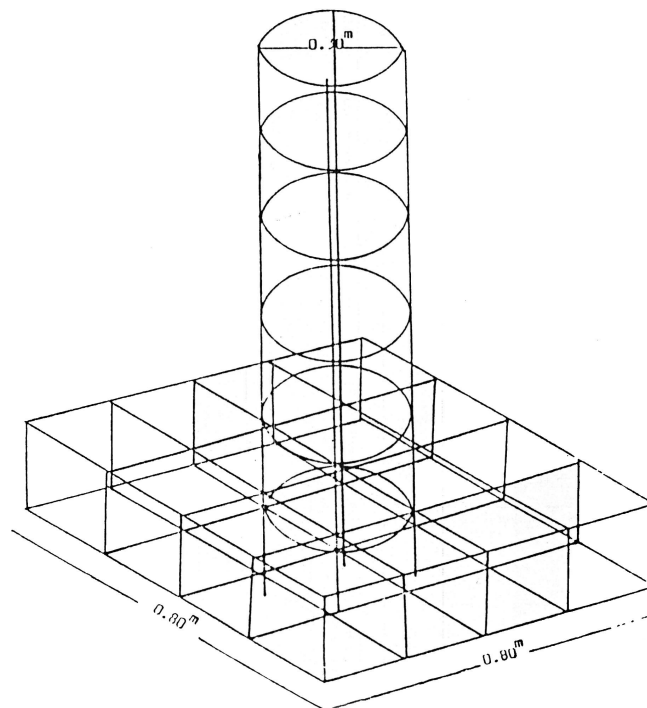
شکل ۱- مقطع نقاط ژئودزی ماهواره ای (GPS) در مناطق غیر سنگی



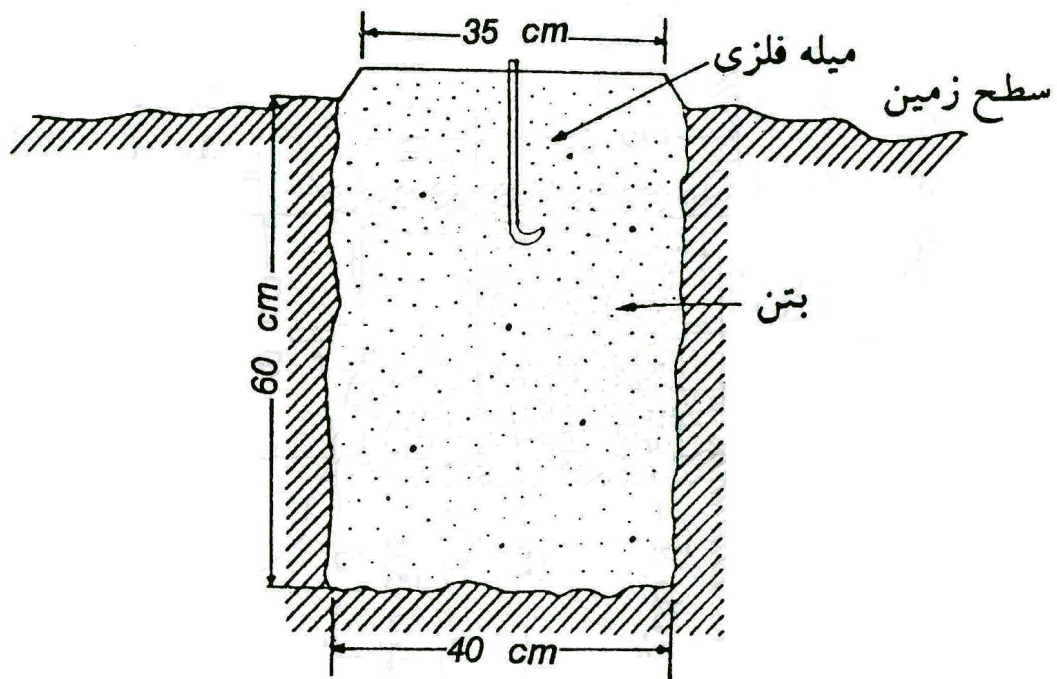
شکل ۲- مقطع نقاط ژئودزی ماهواره ای (GPS) در مناطق سنگی



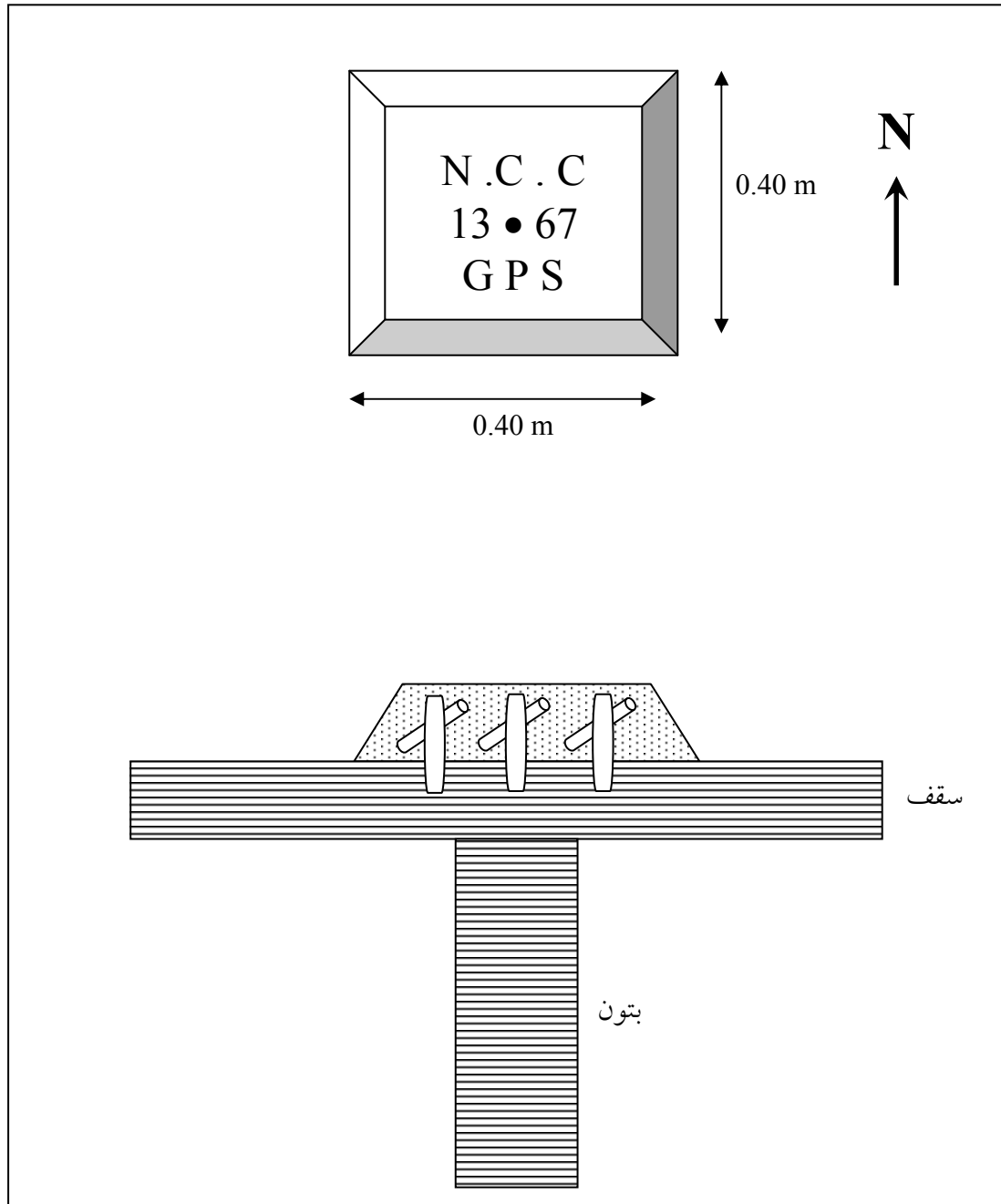
شکل ۳- پیلار ژئودزی درجه صفر (GPS)



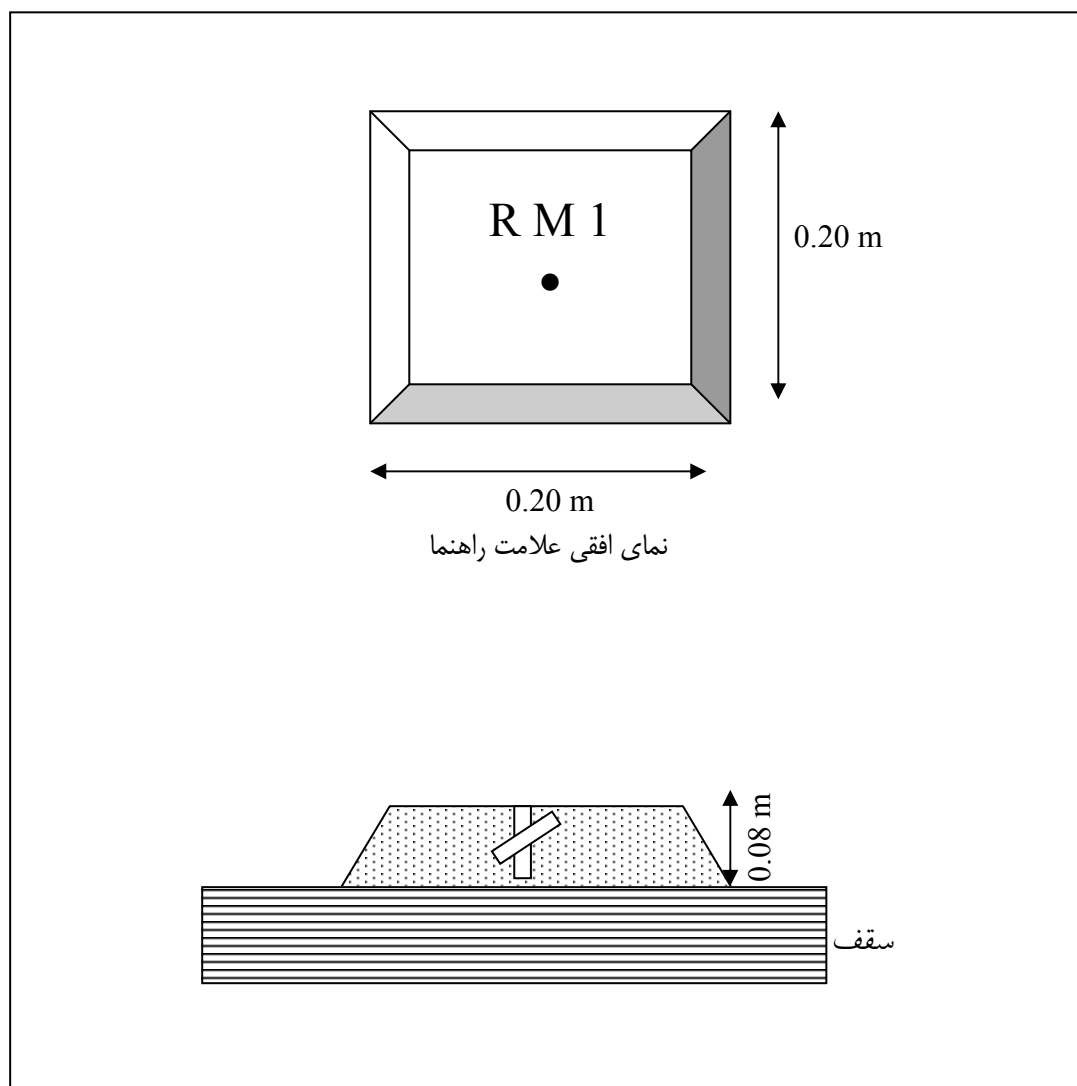
شکل ۴ - مقطع آرماتور بندی پیلار ایستگاه ژئودزی درجه صفر GPS



شکل ۵ - مقطع نقاط GPS در شبکه های اصلی



شکل ۶ - مقطع ایستگاههای اصلی GPS روی پشت بام



شکل ۷ - مقطع علائم راهنما روی پشت بام

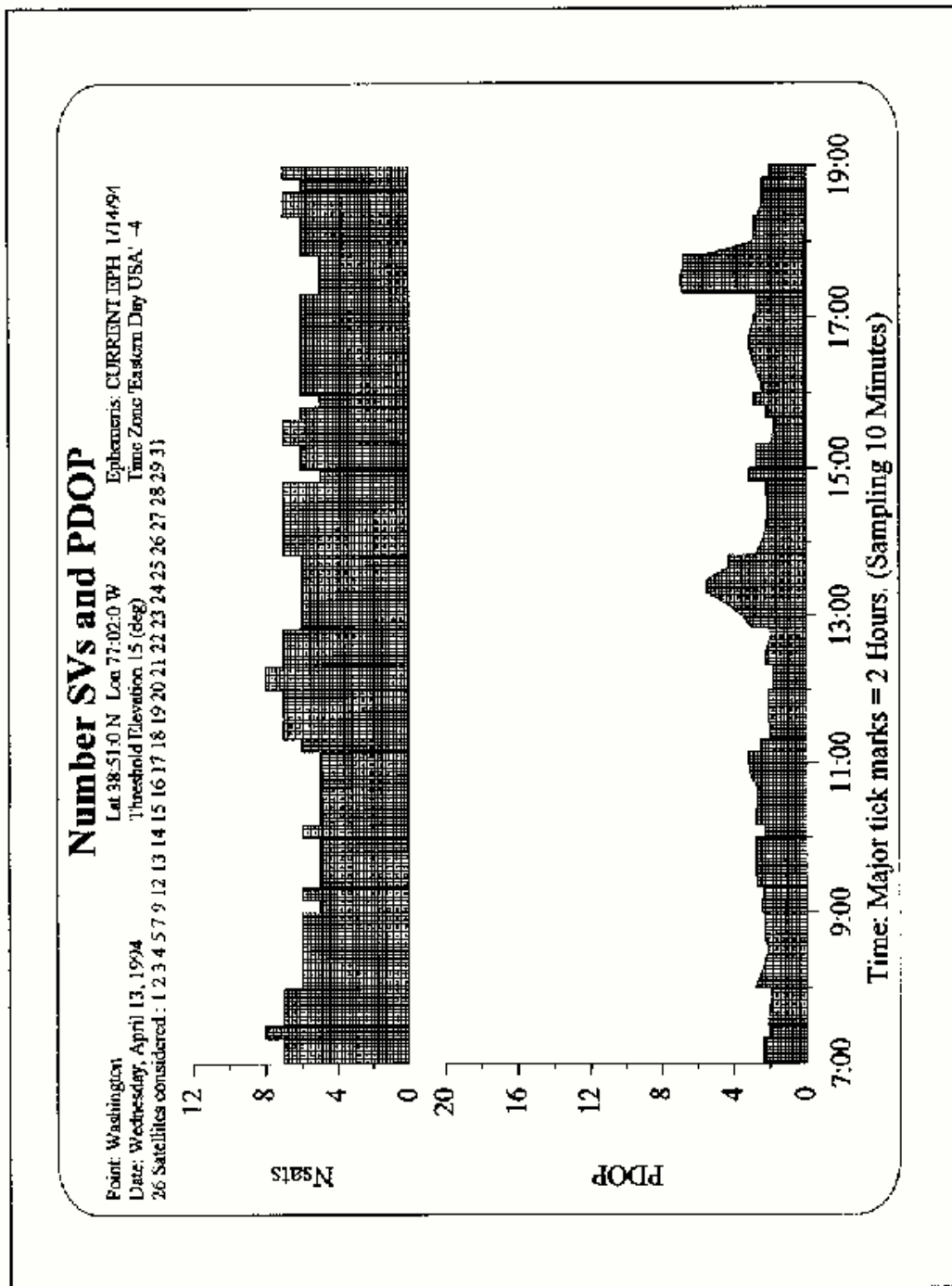


Figure 8-11. PDOP versus time plot

شکل ۸- نمونه ای از تغییرات PDOP

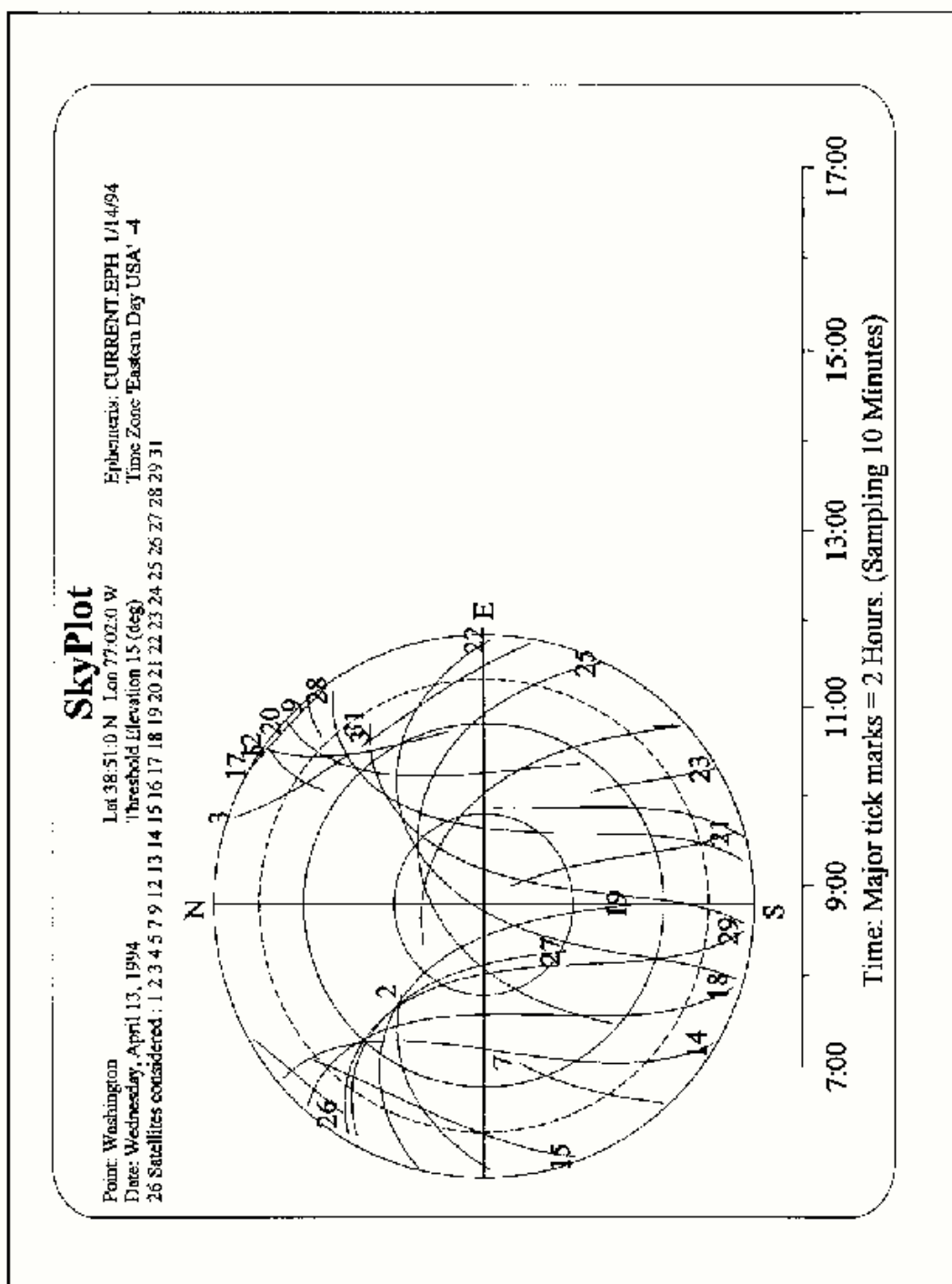


Figure 8-8. Satellite polar plot

شکل ۹- تصویر از نمای آسمانی ماهواره ها

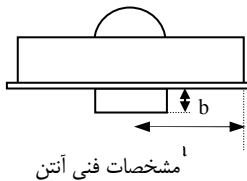
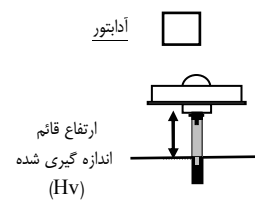
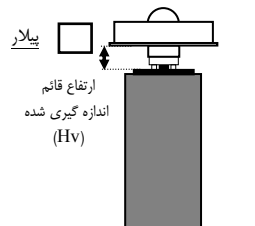
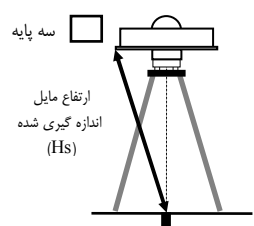
Field angles observation sheet

فرم شماره ۱

[illegible]

[illegible]

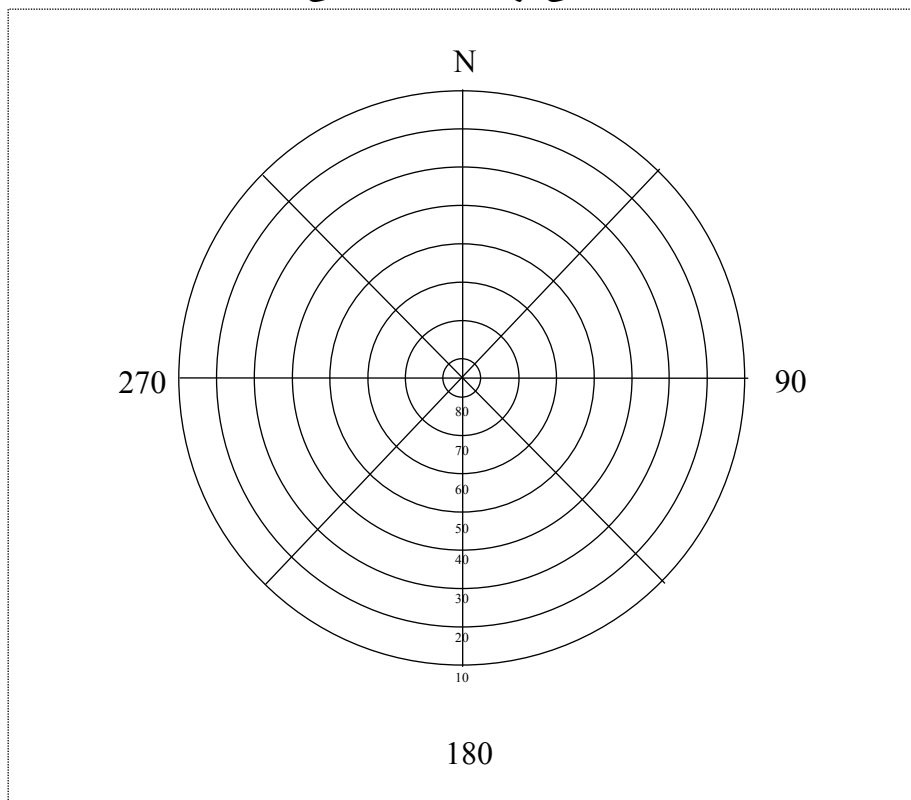
ایستگاه (چهار حرف بزرگ لاتین)		برگ ثبت اطلاعات صحرایی GPS		فرم شماره ۳
شروع / پایان روز مشاهداتی		/		
جلسه مشاهداتی		ایستگاه		
نام ایستگاه		تاریخ شروع (روز/ماه/سال)		
Station Name		تاریخ پایان (روز/ماه/سال)		
عرض جغرافیایی		زمان بر حسب UTC		
طول جغرافیایی		زمان شروع (ساعت:دقیقه)		
ارتفاع		زمان پایان (ساعت:دقیقه)		
مشاهده کننده		نوع گیرنده / تجهیزات جانبی		
		شماره سریال گیرنده		
		شماره سریال آنتن		

ارتفاع آنتن						
 آنتن CHOKE RING		آیا نوع آنتن استفاده شده CHOKE RING است؟ ☐ بله ☐ خیر ☐ سایر				
		نام سازنده آنتن شرکت				
		آیا آنتن نسبت به شمال توجیه شده است؟ ☐ بله ☐ خیر ☐ آزمون				
		آیا چشمی ترابراج به سمت شمال توجیه شده است؟ ☐ بله ☐ خیر ☐ آزمون				
اندازه گیری ارتفاع آنتن (مهمترین قسمت در برداشت مشاهدات)						
 اداینور ارتفاع قائم اندازه گیری شده (Hv)		 پیلار ارتفاع قائم اندازه گیری شده (Hv)		 سه پایه ارتفاع مایل اندازه گیری شده (Hs)		
ارتفاع بعد از انجام مشاهده			ارتفاع قبل از انجام مشاهده			آزمون اندازه گیری
ارتفاع قائم یا مایل (inch)	ارتفاع قائم یا مایل (m)	کنترل ارتفاع (m)	ارتفاع قائم یا مایل (inch)	ارتفاع قائم یا مایل (m)	کنترل ارتفاع (m)	
						شمال
						شرق
						جنوب
						غرب
مقدار وارد شده در گیرنده بعد از انجام مشاهده			مقدار وارد شده در گیرنده قبل از انجام مشاهده			متوسط

مسیر فایل	شماره کامپیوتر	فایل فشرده شده	تعداد اپوکها	زمان پایان	زمان شروع	جلسه مشاهداتی	فایل خام

خلاصه مشاهدات و موارد خاص	
توضیحات	ساعت

دید آسمانی در ایستگاه مشاهداتی



خلاصه جلسات مشاهداتی GPS

گیرنده :

:Project

مشخصات ایستگاه ثابت GPS

DESCRIPTION OF GPS BASE STATION

REFERENCE STATION NAME	POINT -ID	FILE NAME	ANTENNA HIGHT		START TIME	END TIME
			TRUE	UNTRUE		

GPS مشخصات ایستگاه متحرک

DESCRIPTION OF GPS ROVER STATION

[illegible]

سازمان نقشه برداری کشور

N.C.C

شماره ردیف

شماره پرونده بایگانی

شماره		درجه		λ		φ	

سیستم تصویر

قاج

Zone

Projection system

Station

شہرستان

نزدیکترین قریه

سایر اطلاعات

Further Information

Nearest Village

Town

Province

مقیاس عکس

تاریخ عکسبرداری

شماره نقشه

Sheet No.

Date of Photography

Photo Scale

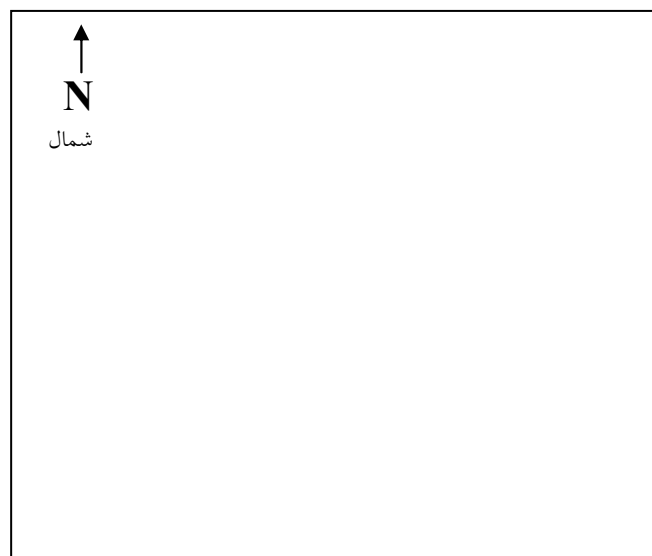
Photo No.

تاریخ محاسبه			h بیضوی	N	φ
			H ژئوئید	E	λ
تاریخ محاسبه			h بیضوی	N	φ
			H ژئوئید	E	λ
تاریخ محاسبه			h بیضوی	N	φ
			H ژئوئید	E	λ

ایستگاههای قراولروی Observed Station	آزیموت Azimuth	فاصله افقی Hor-Distance

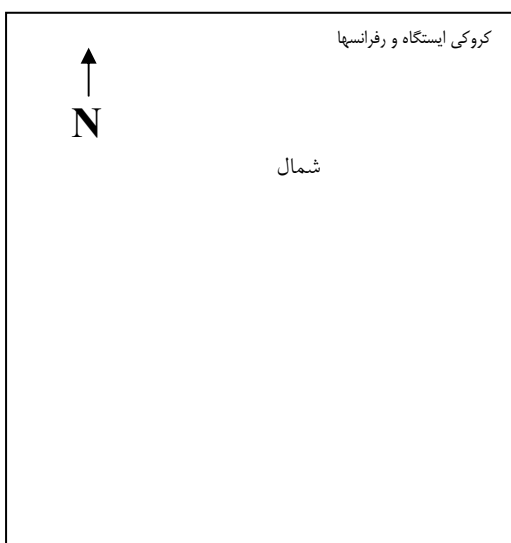
تاریخ	نام و نام خانوادگی	تفاوت ارتفاع ایستگاه

٢- توضیحات:



This image shows a full page of primary-ruled paper. It features ten sets of horizontal dashed lines, each set consisting of three parallel lines. These lines are evenly spaced vertically across the entire page, providing a guide for letter height and placement in handwriting practice. The background is white, and there are no margins or additional markings.

..... : تاریخ : کنترل کننده



.....

.....

تهیه کننده : تاریخ :

شناسنامه ایستگاه ترازبایی درجه یک و دو
LEVELING STATION DESCRIPTION (ORDER I and II)

$\lambda =$	طول جغرافیایی Longitude	شماره نقشه Sheet No.	درجه Order	نام ایستگاه Station																																					
$\varphi =$	عرض جغرافیایی Latitude	مقیاس Scale	استان Province																																						
$g =$	مقدار جاذبه Gravity	شماره پرونده و عکس Project & Photo No.	راه Road	نام قدیم ایستگاه Old Name																																					
	تاریخ اندازه گیری جاذبه Date	مقیاس عکس Photo Scale	نزدیکترین قریه Nearest Town	نوع ایستگاه Type of Station																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>تاریخ اندازه گیری Obs. Date</th> <th>تاریخ محاسبه Cal. Date</th> <th>مینا Datum</th> <th colspan="2">ارتفاع Elevation</th> <th>ارتفاع ارتومتري Orth. Elevation</th> <th>ملاحظات Remarks</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>BM.</th> <th>RM.</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>							تاریخ اندازه گیری Obs. Date	تاریخ محاسبه Cal. Date	مینا Datum	ارتفاع Elevation		ارتفاع ارتومتري Orth. Elevation	ملاحظات Remarks				BM.	RM.																							
تاریخ اندازه گیری Obs. Date	تاریخ محاسبه Cal. Date	مینا Datum	ارتفاع Elevation		ارتفاع ارتومتري Orth. Elevation	ملاحظات Remarks																																			
			BM.	RM.																																					
مشخصات ایستگاه Description																																									
موقعیت ایستگاه St.Positioning																																									
راه دسترسی به ایستگاه Address																																									
 کروکی Sketch																																									
سال ماه تهیه کننده: Preparator																																									

شناسنامه ایستگاه تراز یابی درجه سه
LEVELING STATION DESCRIPTION (ORDER III)

شماره عکس یا نقشه Photo or Map No	ارتفاع Elevation	نام ایستگاه Station
تاریخ: Date		استان: Province
راه: Nearest Village		
مشخصات ایستگاه: Description		
موقعیت ایستگاه: St.Positioning		
راه دسترسی به ایستگاه: Address		
سایت پلان Site Plan	N 	کروکی : Sketch
تهیه کننده: Preparator		بازنگری: Revision

مشاهدات ترازیبی درجه یک

[illegible]

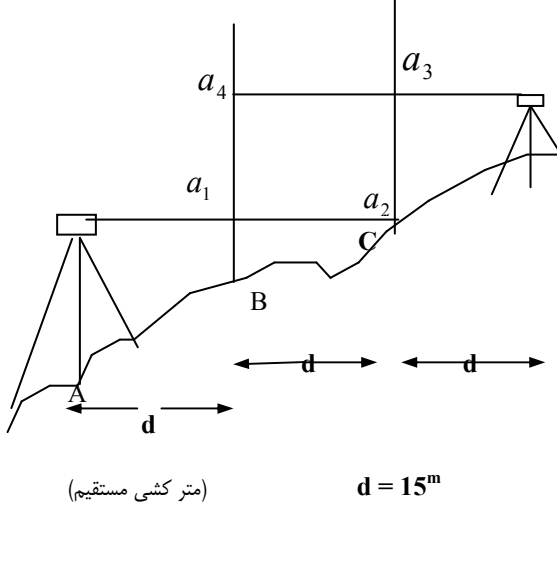
مشاهدات ترازیبی درجه دو

[illegible]

مشاهدات ترازیبی درجه سه

[illegible]

فرم کنترل ترازیب دقیق درجه I و II

کنترل ترازیب دقیق با شاخص دو لبه انوار						
منطقه: عامل:		شماره دستگاه:	تاریخ: ساعت:	وضع هوا:		
ایستگاه دوربین	تار وسط		اختلاف ارتفاع			
	نزدیک	دور	سر بالا	سر پائین		
a_1		a_2				
A	L					
	R					
a_3		a_4				
D	L					
	R					
$a_4 - a_1 = a_3 - a_2 \quad \longrightarrow \quad a_4 = \underbrace{a_3 + a_1}_{(1)} - \underbrace{a_2}_{(2)} \quad a_4 = (1) - (2)$						
(L) محاسبه قرائت‌های سمت چپ			(R) محاسبه قرائت‌های سمت راست			
$(1) = a_1 + a_3 = \dots\dots\dots$			$(2) = a_1 + a_3 = \dots\dots\dots$			
$(1) = \dots\dots\dots$ $-(2) = \dots\dots\dots$			$(1) = \dots\dots\dots$ $-(2) = \dots\dots\dots$			
$a_4 = \dots\dots\dots$ $-a_4 = \dots\dots\dots$			$a_4 = \dots\dots\dots$ $-a_4 = \dots\dots\dots$			
$\delta_L =$			$\delta_R =$			
$\bar{\delta} = \left \frac{\delta_L + \delta_R}{2} \right =$						
برای ترازیبی درجه یک مقدار $\bar{\delta}$ که به طریق فوق به دست می آید نباید از 0.30 میلیمتر تجاوز کند.						
برای ترازیبی درجه دو مقدار $\bar{\delta}$ که به طریق فوق به دست می یابد نباید از 1.00 میلیمتر تجاوز کند.						
معایب دوربین را در این قسمت یادداشت نمایید.						

مراجع و ماخذ

- ۱- نشریه شماره ۱-۱۱۹ دستورالعمل های تیپ نقشه برداری، جلد اول: کلیات، چاپ دوم ۱۳۷۶
- ۲- مدارک و مستندات منتشر نشده در زمینه دستورالعمل های GPS، سازمان نقشه برداری کشور
- ۳- جزوات درسی دانشگاه های تهران و خواجه نصیر الدین طوسی در زمینه GPS
- ۴- آئین نامه بتن ایران (آبا)
- ۵- دستورالعمل های ترازیابی درجه یک ، دو ، سه از کشورهای آمریکا، کانادا، استرالیا، دانمارک

- 6- Hafmann- Wellenhof, B. H. Lichtenegger a J. Collins (1994): "Global Positioning System Teory and Practice " , Spring – Verlag Win Newyork , USA.
- 7- Seeber, G. (1993): "Satelite Geodesy : Foundations, Methods and Applications",Walter de Gruyter, Berlin, Newyork.
- 8- NAVSTAR Global Positioning System Surveying 1996.
- 9- Federal Geodetic Control Committee, 1989b, Geometric Geodetic Accuracy Standards and Specifications for Using GPS Relative Positioning Techniques.
- 10- H. Pelzer and W. Niemeier (1983) : Precise Levelling