INSO
11702-2
1st.Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۱۷۰۲-۲
چاپ اول
۱۳۹۳

اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی– روش‌های میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه برداری
قسمت ۲: ترازیاب‌ها

Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments-
Part 2: Levels

ICS: 17.180.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی – روش‌های میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه برداری - قسمت ۲:ترازیاب‌ها"

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
خدائی فرد، شراره (فوق لیسانس فیزیک)	اداره کل استاندارد استان زنجان
دبیر:	
خدائی فرد، غلامرضا (لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)	سازمان صنعت، معدن و تجارت استان زنجان
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسدی، علی (لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)	اداره کل راه و شهرسازی استان زنجان
بشیری، سید ابوالفضل (لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)	اداره کل راه و شهرسازی استان زنجان
حقیقت، امیرحسین (لیسانس مهندسی استخراج معدن)	سازمان صنعت، معدن و تجارت استان زنجان
صارمی، مریم (فوق لیسانس مهندسی GIS&RS)	سازمان نقشه‌برداری کشور
عربی، سیاوش (فوق لیسانس مهندسی GIS&RS)	سازمان نقشه‌برداری کشور
کارگر، نادر	سازمان ثبت اسناد و املاک استان زنجان

(لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)

مالکی، ابراهیم سازمان نقشه‌برداری کشور
(لیسانس مهندسی عمران)

مرصعی، مجید کارشناس
(لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ت
پیش‌گفتار	ح
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ کلیات	۲
۵ روش آزمون ساده	۴
۶ روش آزمون کامل	۷
پیوست الف (اطلاعاتی) مثالی از روش آزمون ساده	۱۲
پیوست ب (اطلاعاتی) مثالی از روش آزمون کامل	۱۴

پیش‌گفتار

استاندارد " اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی– روش‌های میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه برداری- قسمت ۲: ترازیاب‌ها" که پیش نویس آن درکمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در دویست و هفدهمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد اندازه‌شناسی و اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۳/۷/۲۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علـوم و خـدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل ایـن استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفـت. بنـابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:
ISO 17123-2: 2001, Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments- Part 2: Levels

اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی– روش‌های میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه برداری- قسمت ۲: ترازیاب‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ملی، ارائه روش‌های میدانی پذیرفته شده‌ای برای تعیین و ارزیابی دقت ترازیاب (ترازیاب‌های اپتیکی معمولی، ترازیاب‌های خودکار ، ترازیاب‌های رقومی) و تجهیزات جانبی آن به هنگام استفاده در اندازه‌گیری‌های ساختمانی متعارف و ترازیابی‌های دارای دقت کمتر از درجه سه می‌باشد. این استاندارد ملی برای اندازه‌گیری‌های مربوط به سازه‌های ویژه مانند سد و تونل و همچنین در ترازیابی‌های دقیق مربوط به شبکه‌های ارتفاعی ملی[۱]، کاربرد ندارد. این آزمون‌ها، عمدتا به منظور تصدیق میدانی دستگاه های اندازه‌گیری مزبور از نظر تناسب برای کاربرد موردنظر و برآورده ساختن الزامات سایر استانداردها می‌باشد. این آزمون‌ها، به عنوان آزمون‌های ارزیابی یا پذیرش عملکرد که ماهیتاً آزمون‌های جامع‌تری هستند پیشنهاد نمی‌شوند.

این استاندارد ملی را می توان به عنوان یکی از اولین گام‌ها در فرآیند ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری (به ویژه اندازه ده[۲]) قلمداد کرد. عدم قطعیت در نتیجه اندازه‌گیری، بستگی به تعدادی عوامل دارد. این موارد شامل: تکرارپذیری، تجدید پذیری (تکرار پذیری روزانه) و برآورد جامعی از تمامی منابع خطاهای ممکن است، این منابع خطا در راهنمای ISO برای عدم قطعیت اندازه‌گیری [۳](GUM)، شرح داده شده است.

این روش‌های میدانی مخصوص کاربرد در محل، بدون نیاز به دستگاه‌های جانبی ویژه و با هدف به حداقل رساندن اثرات جوی طراحی و تدوین شده‌اند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن‌ها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود.

۱- مشخصات شبکه‌های ارتفاعی ایران به شرح زیر می‌باشد:

درجه ترازیابی	معیار دقت	متوسط فاصله نقاط به کیلومتر	تجهیزات اصلی		
			دقت ترازیاب	نوع مسیر	بزرگنمایی ترازیاب
۱	$3^{mm}\sqrt{k}$	۲	دقت ترازیاب mm ۰٫۳-۰٫۲ در یک کیلومتر ترازیابی رفت و برگشت و بزرگنمایی ۴۰x-۳۲x شاخص انوار دو لبه و دماسنج تفاضلی با دقت ۰٫۱ °C و فشارسنج با دقت ۱ mmHg.		
۲	$8^{mm}\sqrt{k}$	۳	دقت ترازیاب mm ۰٫۷ در یک کیلومتر ترازیابی رفت و برگشت و بزرگنمایی ۴۰x-۳۲x شاخص انوار دو لبه و دماسنج با دقت °C ۰٫۵ .		
۳	$12^{mm}\sqrt{k}$	۴	دقت ترازیاب mm ۱٫۵-۰٫۷ در یک کیلومتر ترازیابی رفت و برگشت و حداقل بزرگنمایی ۳۲x شاخص یک لبه مهندسی.		
K طول مسیر ترازیابی برحسب کیلومتر است.					

2- Measurand

3- Guide to the expression of Uncertainty in Measurement

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۷۷، روش های اندازه‌گیری در ساختمان- اصول کلی و روش‌های بررسی پذیرش ابعادی

2-2 ISO 3534-1, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: Probability and general statistical terms
2-3 ISO 4463-1, Measurement methods for building — Setting-out and measurement — Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria
2-4 ISO 7078, Building construction — Procedures for setting out, measurement and surveying — Vocabulary and guidance notes
2-5 ISO 9849, Optics and optical instruments — Geodetic and surveying instruments — Vocabulary
2-6 ISO 17123-1, Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments —Part 1: Theory
2-7 GUM, Guide to the expression of uncertainty in measurement
2-8 VIM, International vocabulary of basic and general terms in metrology

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف مشخص شده در ISO 3534-1 ، ISO 4463 ، ISO 7077 ، ISO 7078 ، ISO 9849 ، ISO 17123-1 ، GUM و VIM به کار می‌رود.

۴ کلیات

۴-۱ الزامات

پیش از شروع نقشه برداری، کاربر دستگاه باید مطمئن شود که دقت دستگاه‌های اندازه‌گیری(با توجه به مشخصات مورد ادعای سازنده) مورد استفاده برای اندازه‌گیری مورد نظر، مناسب می‌باشد.

ترازیاب و تجهیزات جانبی آن باید در شرایط قابل قبول و شناخته شده‌ای از تنظیمات دائمی باشند. این تنظیمات باید طبق روش‌های مشخص شده که در کتاب‌های راهنمای سازنده ارائه شده است، صورت گیرند. همچنین باید از شاخص‌های ترازیاب[1] و سه پایه توصیه شده توسط سازنده استفاده شود.

نتایج این آزمون‌ها متاثر از شرایط آب و هوایی، بخصوص گرادیان دما است. آسمان ابری و سرعت باد پایین، مطلوب‌ترین شرایط آب و هوایی است. شرایط خاص با توجه به محلی که کار انجام می‌شود ممکن است متغیر باشد. توصیه می‌شود شرایط آب و هوایی واقعی در زمان اندازه‌گیری و نوع سطحی که روی آن

1- Levelling staffs

اندازه گیری انجام می‌شود، نیز مورد توجه قرار گیرد. انتخاب شرایط برای آزمون‌ها باید با آنچه که در کار اندازه‌گیری واقعی موردنظر انجام می‌شود هماهنگ باشد (به ISO 7077 و ISO 7078 مراجعه شود).
نتایج آزمون‌های انجام شده در آزمایشگاه تقریباً بی‌تاثیر از اثرات جوی هستند اما هزینه انجام اینگونه آزمایشات بسیار بالا است، از اینرو برای اکثر کاربران عملی نمی‌باشد. به علاوه دقت آزمون‌های آزمایشگاهی بسیار بالاتر از آزمون‌هایی است که تحت شرایط میدانی بدست می‌آید.
این استاندارد، دو روش میدانی مختلف را که در بندهای ۵ و۶ ارائه شده است، شرح می‌دهد. کارور[1] باید روش اجرایی را انتخاب کند که با الزامات خاص پروژه، بیشتر مرتبط است.

۴-۲ روش اول: روش آزمون ساده

روش آزمون ساده، برآوردی از دقت دستگاه‌های ترازیابی در محدوده انحراف مجاز مشخص شده، مطابق با ISO 4463-1 را ارائه می‌دهد.
این روش آزمون معمولاً برای بررسی دقت یک ترازیاب اپتیکی مورد استفاده در کاربردهای ترازیابی محلی و همچنین برای انجام کارهایی که در آن اندازه‌گیری همراه با طول دیدهای متفاوت، مانند کارهای ساختمان‌سازی است، روش معمول می‌باشد.
این روش آزمون ساده بر اساس تعداد محدودی از اندازه‌گیری‌ها است. بنابراین با این روش، انحراف معیار استاندارد قابل ملاحظه‌ای را نمی‌توان بدست آورد. اگر ارزیابی دقیق‌تری از ترازیاب، تحت شرایط میدانی مورد نیاز باشد توصیه می‌شود روش آزمون کامل که در بند ۶ ارائه شده است اتخاذ شود.
این روش اجرایی بر پایه تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه با فاصله تقریبی ۶۰ متر و طول خط دید یکسان متکی است و اختلاف ارتفاع اندازه‌گیری شده به عنوان مقدار درست، پذیرفته شده است. تفاوت بین اختلاف ارتفاع اندازه‌گیری شده بین دو نقطه در دو حالت، طول دید نابرابر و مقدار پذیرفته شده به عنوان درست، نشان می‌دهد که ترازیاب دارای انحراف معیار مجاز مشخص شده (مطابق با ISO 4463-1) برای اندازه‌گیری مورد نظر است.

۴-۳ روش دوم: روش آزمون کامل

برای تعیین بهترین مقدار قابل دستیابی دقت ترازیاب موردنظر و تجهیزات جانبی آن در شرایط میدانی، روش آزمون کامل، باید اتخاذ شود که نیاز به طول‌های دید یکسان (با حداکثر تغییرات ۱۰درصد) دارد. این آزمون معمولاً برای کنترل میدانی ترازیاب‌های مورد استفاده در کاربردهای خطی (مانند جاده، لوله کشی و غیره) و سایر نقشه برداری‌های مهم مانند مهندسی عمران می‌باشد.
طول دید توصیه شده، ۳۰ متر است. طول دید بزرگتر از ۳۰ متر را برای تعیین دقت آزمون در صورتی می‌توان قبول کرد که این مقدار فاصله در مشخصات پروژه لازم باشد و یا بخواهیم دقت اندازه‌گیری ترازیاب در فاصله مربوط را تعیین کنیم.
روش آزمون کامل، فقط بر مبنای طول دید یکسان است. جابجائی محور کولیماسیون[2] دستگاه ترازیاب را

1- Operator
2- Collimation

نمی‌توان با این روش تشخیص داد. اما این خطای کولیماسیون هیچ تاثیری در انحراف معیار استاندارد مشاهداتی یا جابجایی نقطه صفر[1] شاخص ترازیاب با استفاده از طول دیدهای برابر ندارد. به منظور تعیین خطای کولیماسیون، دستگاه‌های اندازه‌گیری باید قبل از شروع ترازیابی مطابق دفترچه راهنمای سازنده، بررسی شوند.

روش آزمون ارائه شده در بند ۶ این استاندارد، برای تعیین میزان دقت در استفاده از یک ترازیاب خاص است. این میزان دقت مورد استفاده در اصطلاح انحراف معیار استاندارد مشاهداتی، در ۱ km ترازیابی رفت و برگشت، بیان می‌شود:

$s_{ISO\text{-}LEV}$

همچنین این روش اجرایی ممکن است برای تعیین موارد زیر نیز استفاده شود:

- میزان دقت در استفاده از ترازیاب‌ها توسط یک اکیپ نقشه برداری با یک دستگاه اندازه‌گیری و تجهیزات جانبی آن در یک زمان مشخص؛
- میزان دقت در استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری در طول زمان؛
- میزان دقت در استفاده از هر کدام از ترازیاب‌ها به منظور مقایسه دقت قابل دسترسی مربوط در شرایط میدانی مشابه.

بهتر است از آزمون‌های آماری، برای تعیین اینکه انحراف معیار استاندارد مشاهداتی به دست آمده، s ، به جامعه انحراف معیار استاندارد تئوری دستگاه‌های اندازه‌گیری، σ ، تعلق دارد، یا اینکه دو نمونه آزمون متعلق به یک جامعه هستند، و یا اینکه اختلاف، δ ، نقاط صفر شاخص‌های ترازیابی برابر با صفر هستند(به بند ۶-۴ این استاندارد مراجعه شود) استفاده شود.

۵ روش آزمون ساده

۵-۱ پیکر بندی خط آزمون

برای کم کردن تاثیر شکست نور[2] تا حد ممکن، باید منطقه آزمون مسطح انتخاب گردد. دو نقطه ترازیابی A و B باید با فاصله تقریبی ۶۰ =Δ متر از هم (یا پوشش گستره قابل اجرای پروژه) ایجاد شود. برای اطمینان از اعتبار نتایج، شاخص‌های ترازیابی باید در طول اندازه‌گیری‌های آزمون، از جمله تکرار اندازه‌گیری، در موقعیت‌های پایدار مستقر شده و به صورت قابل اعتماد نصب شود.

۵-۲ اندازه‌گیری‌ها

پیش از شروع اندازه‌گیری، اجازه دهید دستگاه اندازه‌گیری با دمای محیط هم دما شود. برای هر درجه سلسیوس اختلاف دمای بین داخل جعبه ترازیاب و دمای محیط، حدود دو دقیقه زمان مورد نیاز است. علاوه بر این، کاربر باید پیش از شروع آزمون، خطای کولیماسیون را بررسی کند.

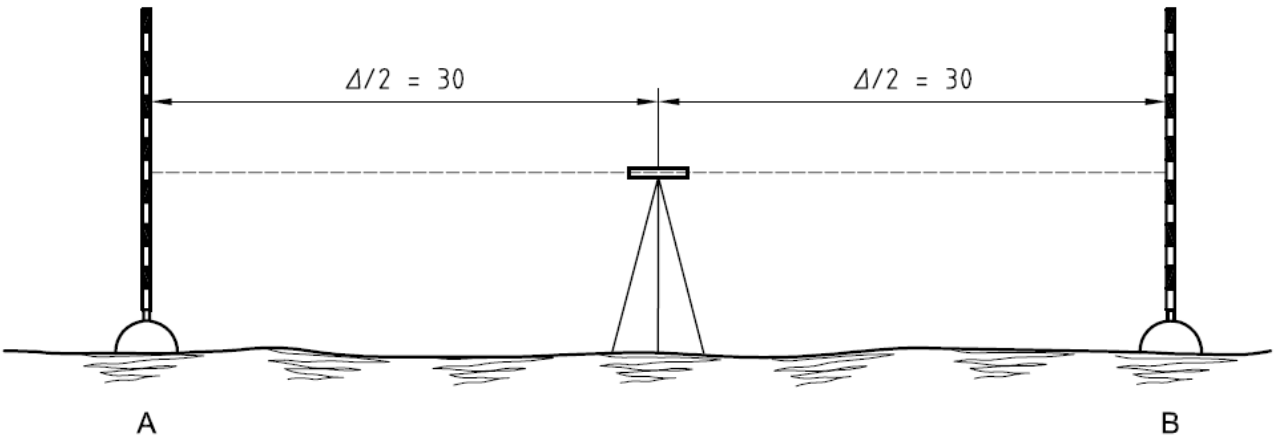
دو سری قرائت باید انجام شود. در اولین سری قرائت، ترازیاب باید به فاصله تقریباً مساوی بین دو نقطه ترازیابی A , B مستقر گردد (Δ/۲= ۳۰ m). این پیکربندی، تاثیر شکست نور و جابجایی محور کولیماسیون

1- Zero-point offsets
2- Refraction

را به حداقل می‌رساند (به شکل۱ مراجعه شود). ۱۰ سری اندازه‌گیری باید اجرا شود که هر اندازه‌گیری شامل یک قرائت عقب، $x_{A,j}$ به شاخص ترازیابی در نقطه A و یک قرائت جلو، $x_{B,j}$، به شاخص ترازیابی در نقطه B، (j = 1, …., 10) است. بین هر زوج قرائت، دستگاه اندازه‌گیری باید برداشته شود و در یک موقعیت نسبتا متفاوت قرار گیرد. بعد از پنج اندازه‌گیری($x_{A,1}$, $x_{B,1}$, …, $x_{A,5}$, $x_{B,5}$)، قرائت‌های عقب و جلو، برای پنج اندازه‌گیری باقیمانده باید ترتیب قرائت برعکس ($x_{B,6}$, $x_{A,6}$, …, $x_{B,10}$, $x_{A,10}$) شود (ابتدا قرائت جلو به شاخص در نقطه B و سپس قرائت عقب به شاخص در نقطه A).

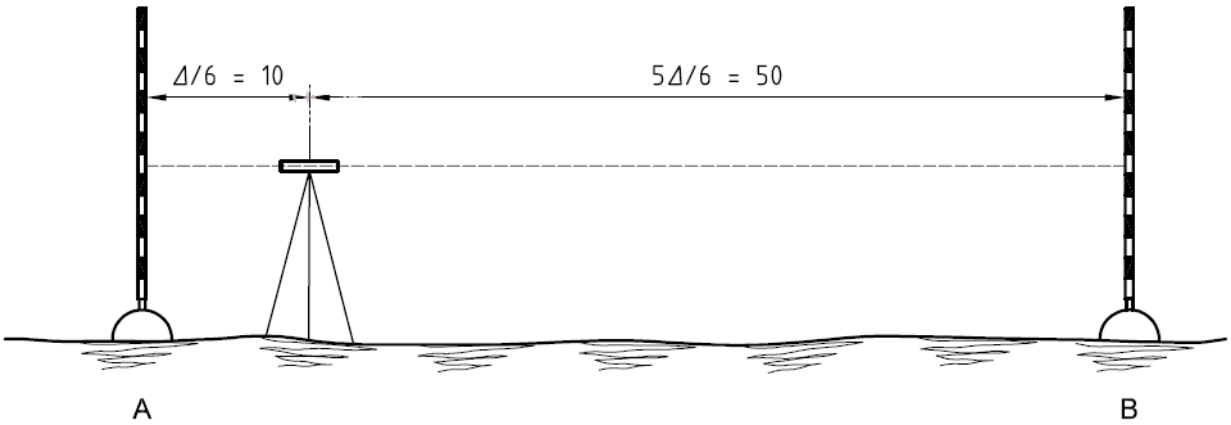
برای دومین سری قرائت، ترازیاب باید در Δ/۶= ۱۰ m از نقطه A و ۵Δ/۶= ۵۰ m از نقطه B مستقر شود (به شکل۲ مراجعه شود). سپس ده اندازه‌گیری دیگر ($x_{A,11}$, $x_{B,11}$, …, $x_{A,15}$, $x_{B,15}$; $x_{B,16}$, $x_{A,16}$,…, $x_{B,20}$, $x_{A,20}$) با همان روش تعریف شده برای اولین سری اندازه‌گیری باید مشاهده شود (j = 11, …., 20).

ابعاد بر حسب متر



شکل ۱- اولین پیکربندی خط آزمون برای روش آزمون ساده

ابعاد بر حسب متر



شکل ۲- دومین پیکربندی خط آزمون برای روش آزمون ساده

۵-۳ محاسبات

$$d_j = x_{A,j} - x_{B,j} \quad ; \quad j=1, \ldots, 20 \qquad (۱)$$

که درآن dj ، اختلاف بین قرائت عقب ($x_{A,j}$) و قرائت جلو ($x_{B,j}$) است.

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} d_j}{10} \qquad (۲)$$

که در آن $\bar{d}_1$، میانگین حسابی اختلاف ارتفاع ،d_j، اولین سری اندازه‌گیری‌ها است.

مقدار $\bar{d}_1$ برای نشان دادن اختلاف ارتفاع واقعی بین نقاط ترازیابی A وB در نظر گرفته شده است.

$$r_j = \bar{d}_1 - d_j \quad ; \quad j=1, \ldots, 10 \qquad (۳)$$

که در آن r_j باقیمانده اختلاف ارتفاع اندازه‌گیری متناظر، d_j، اولین سری اندازه‌گیری بین دو نقطه ترازیابی A و B است.

به عنوان بررسی حسابی، مجموع باقی‌مانده سری اول باید صفر باشد (به جز خطاهای گرد کردن):

$$\sum_{j=1}^{10} r_j = 0 \qquad (۴)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r^2{}_j}{\nu}} \qquad (۵)$$

که در آن

$\sum_{j=1}^{10} r^2{}_j$ مجموع مربعات باقیمانده‌های r_j سری اول است؛

V=10-1=9 درجه آزادی است؛

s انحراف معیار مشاهداتی اختلاف ارتفاع،d_j ،حاصل از اولین سری اندازه‌گیری‌ها است.

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=11}^{20} d_j}{10} \qquad (۶)$$

که در آن $\bar{d}_2$میانگین حسابی اختلاف ارتفاع ها، d_j ، دومین سری اندازه‌گیری‌ها است.

اختلاف $\bar{d}_1 - \bar{d}_2$ باید در داخل محدوده انحراف معیار مجاز مشخص شده $\pm p$ (مطابق با ISO 41463-1) برای کار اندازه گیری مورد نظر باشد. اگر p داده نشده باشد، اختلاف باید $\left|\bar{d}_1 - \bar{d}_2\right| < 2.5 \times s$ باشد، که در آن، s ، انحراف معیار استاندارد مشاهداتی محاسبه شده مطابق معادله (۵) است.

اگر اختلاف $\left|\bar{d}_1 - \bar{d}_2\right|$خیلی بزرگ باشد، عدم قطعیت بیش از حد در فاصله (۵۰ متر) را نشان می‌دهد که ناشی از خطای قرائت، شکست نور، و جابجایی محور کولیماسیون است.

در این‌صورت:

- خطای کولیماسیون را مطابق دفترچه راهنمای کاربر بررسی کنید.
- فاصله بیشینه را کاهش دهید.

۶ روش آزمون کامل

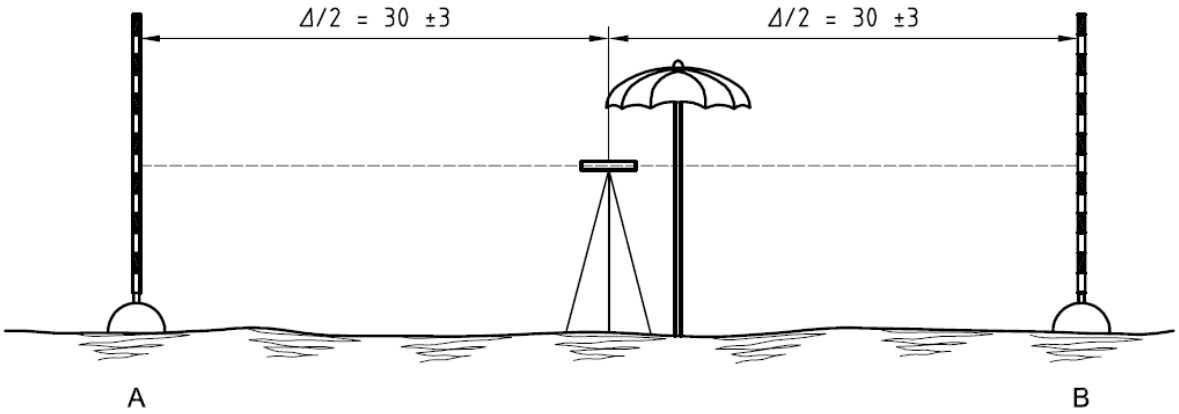
۶-۱ پیکربندی خط آزمون

برای کم کردن اثر شکست نور، تا حد ممکن باید منطقه آزمون مسطح انتخاب شود. بهتر است که زمین متراکم و دارای سطح یکنواخت بوده و از جاده‌هایی که با بتن یا آسفالت پوشیده شده است اجتناب شود. اگر نور مستقیم خورشید وجود داشته باشد، دستگاه باید در سایه قرار داده شود برای مثال با استفاده از چتر.

دو نقطه ترازیابی A وB باید تقریباً به فاصله ۶۰ =Δ متر از هم مستقر شوند. برای اطمینان از اعتبار نتایج، شاخص‌های ترازیابی باید در بازه زمانی اندازه‌گیری‌های آزمون، از جمله تکرار اندازه‌گیری‌ها، در موقعیت‌های پایدار مستقر شده و به صورت قابل اعتماد نصب شوند.

ترازیاب باید به فاصله تقریباً مساوی بین نقاط ترازیابی A و B مستقر شود (Δ/2= ۳۰ m ±۳ m)، تا تاثیر شکست نور و یا جابجایی محور کولیماسیون کاهش یابد(به شکل ۳ مراجعه شود).

ابعاد بر حسب متر



شکل ۳- پیکربندی خط آزمون برای روش آزمون کامل

۶-۲ اندازه گیری ها

پیش از شروع اندازه‌گیری، اجازه دهید دستگاه اندازه‌گیری با دمای محیط هم دما شود. برای هر درجه سلسیوس اختلاف دمای بین داخل جعبه ترازیاب و دمای محیط، حدود دو دقیقه زمان مورد نیاز است. علاوه بر این، کاربر باید پیش از شروع آزمون، خطای کولیماسیون را بررسی کند.

دو سری قرائت باید انجام شود. اولین سری باید شامل ۲۰ زوج قرائت که هر اندازه گیری متشکل از یک قرائت عقب، $x_{A,j}$ ، به شاخص ترازیابی در نقطه A و یک قرائت جلو، $x_{B,j}$ ، به شاخص ترازیابی در نقطه B (j=1, …, 20) باشد. بین هر زوج قرائت، دستگاه اندازه‌گیری باید برداشته شده و در موقعیت نسبتاً متفاوت قرار گیرد. پس از ده اندازه گیری ($x_{A,1}$, $x_{B,1}$, …, $x_{A,10}$, $x_{B,10}$) ، قرائت‌های عقب و جلو، برای ده اندازه گیری دیگر ترتیب قرائت باید برعکس ($x_{B,11}$, $x_{A,11}$, …, $x_{B,20}$, $x_{A,20}$) شود (ابتدا قرائت جلو به شاخص در نقطه B و سپس قرائت عقب به شاخص A).

سپس، دو شاخص ترازیابی در نقاط A و B بایدبا هم تعویض شده و روش آزمون بیست بار دیگر ($x_{A,21}, x_{B,21}, \ldots, x_{A,30}, x_{B,30}; x_{B,31}, x_{A,31}, \ldots, x_{B,40}, x_{A,40}$) به همان روشی که برای اولین سری از اندازه‌گیری‌ها شرح داده شد،تکرار گردد.

۶-۳ محاسبات

$$d_j = x_{A,j} - x_{B,j} \;;\quad j=1, \ldots, 40 \qquad (۷)$$

که در آن d_j، اختلاف بین قرائت عقب، $x_{A,j}$ ، و قرائت جلو، $x_{B,j}$، است.

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{20} d_j}{20} \qquad (۸)$$

که در آن $\bar{d}_1$، میانگین حسابی اختلاف ارتفاع ، d_j، اولین سری اندازه‌گیری‌ها است.

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=21}^{40} d_j}{20} \qquad (۹)$$

که در آن $\bar{d}_2$ میانگین حسابی اختلاف ارتفاع، d_j، دومین سری اندازه‌گیری‌ها است.

تفاضل:

$$\delta = \bar{d}_1 - \bar{d}_2 \qquad (۱۰)$$

هیچ تاثیری بر انحراف معیار استاندارد مشاهداتی ندارد اما نشان‌دهنده اختلاف در جابجایی‌های نقطه صفر دو شاخص ترازیابی است. برای تفسیر مناسب به زیربند ۶-۴-۴ مراجعه کنید.

باقی‌مانده‌ها بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$r_j = \bar{d}_1 - d_j \quad ;\; j=1, \ldots, 20 \qquad (۱۱)$$

$$r_j = \bar{d}_2 - d_j \quad ;\; j=21, \ldots, 40 \qquad (۱۲)$$

که در آن r_j باقی‌مانده اختلاف ارتفاع اندازه گیری متناظر،d_j ، بین دو نقطه ترازیابی A و B است.

به عنوان بررسی حسابی، مجموع باقی مانده‌های سری اول و دوم باید صفر باشد(به جز خطاهای گرد کردن):

$$\sum_{j=1}^{20} r_j = 0 \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{j=21}^{40} r_j = 0 \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{j=1}^{40} r^2{}_j = \sum_{j=1}^{20} r^2{}_j + \sum_{j=21}^{40} r^2{}_j \qquad (۱۵)$$

که در آن $\sum_{j=1}^{40} r^2{}_j$ مجموع مربعات کل باقی‌مانده‌ها، r_j ، است.

$$\nu = 2 \times (20 - 1) = 38 \qquad (۱۶)$$

که در آن ،ν ، درجه آزادی است.

انحراف معیار استاندارد مشاهداتی،s ، برای اختلاف ارتفاع در فاصله ۶۰ متر معتبر است:

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r^2{}_j}{\nu}}=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r^2{}_j}{38}} \qquad (۱۷)$$

$$s_{ISO-LEV}=\frac{s}{\sqrt{2}}\times\sqrt{\frac{1000m}{60m}}=s\times 2.89 \qquad (۱۸)$$

که در آن $s_{ISO-LEV}$ انحراف معیار استاندارد مشاهداتی برای ۱ km ترازیابی رفت و برگشت است.

۶-۴ آزمون های آماری

۶-۴-۱ کلیات

آزمون‌های آماری فقط برای روش آزمون کامل توصیه می‌شود.

برای تفسیر نتایج، آزمون‌های آماری با استفاده از موارد زیر باید انجام شود.

- انحراف معیار استاندارد مشاهداتی،s ، اختلاف ارتفاع اندازه‌گیری شده در خط آزمون.
- اختلاف،δ ، در جابجایی‌های نقطه صفر دو شاخص ترازیابی و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی آن، s_δ، به منظور پاسخ به پرسش‌های زیر(به جدول ۱ مراجعه کنید):

الف) آیا انحراف معیار استاندارد مشاهداتی محاسبه شده،s ، کوچکتر از مقدار متناظر،σ، اعلام شده توسط تولید کننده یا کوچکتر از مقدار از پیش تعیین شده ،σ، است؟

ب) آیا دو انحراف معیار استاندارد مشاهداتی، s و $\tilde{s}$، حاصل از دو نمونه اندازه‌گیری مختلف، با فرض اینکه هر دو نمونه دارای درجه آزادی یکسان ،ν، هستند متعلق به یک جامعه هستند؟

انحراف معیار استاندارد مشاهداتی،s و $\tilde{s}$، ممکن است از موارد زیر بدست آمده باشند:

- دو نمونه اندازه‌گیری با دستگاه مشابه اما با قرائت کننده‌های متفاوت؛
- دو نمونه اندازه گیری با دستگاه مشابه اما در زمان‌های متفاوت؛
- دو نمونه اندازه گیری با دستگاه‌های مختلف.

پ) آیا اختلاف δ در جابجایی‌های نقطه صفر دو شاخص ترازیابی مساوی با صفر است؟

برای آزمون‌های زیر، سطح اطمینان ۰٫۹۵ = α-۱ و مطابق طرح اندازه‌گیری، درجه آزادی ۳۸ = ν فرض می‌شود.

جدول ۱- آزمون‌های آماری

پرسش	فرضیه صفر	فرضیه‌های جایگزین
الف	$s \le \sigma$	$s > \sigma$
ب	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \ne \tilde{\sigma}$
پ	$\delta = 0$	$\delta \ne 0$

۶-۴-۲ پرسش الف

فرضیه صفر[1] بیان می‌کند که انحراف معیار استاندارد مشاهداتی، s ، کوچکتر یا مساوی مقدار از پیش تعیین شده نظری ،σ، است این فرض اگر شرایط زیر برآورده شود رد نمی‌شود:

$$s \le \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \qquad (۱۹)$$

$$s \le \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(38)}{38}} \qquad (۲۰)$$

$$x^2_{0.95}(38) = 53.38 \qquad (۲۱)$$

$$s \le \sigma \times \sqrt{\frac{53.38}{38}} \qquad (۲۲)$$

$$s \le \sigma \times 1.19 \qquad (۲۳)$$

در غیر اینصورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

۶-۴-۳ پرسش ب

در مورد دو نمونه مختلف، آزمون نشان می‌دهد که انحراف معیار استاندارد مشاهداتی s و $\tilde{s}$ متعلق به یک جامعه هستند یا خیر. فرضیه صفر متناظر، $\sigma = \tilde{\sigma}$، رد نمی‌شود در صورتی که شرط زیر برآورده شود:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu) \qquad (۲۴)$$

$$\frac{1}{F_{0.975}(38,38)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0.975}(38,38) \qquad (۲۵)$$

$$F_{0.975}(38,38) = 1.91 \qquad (۲۶)$$

$$0.52 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 1.91 \qquad (۲۷)$$

در غیر اینصورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

۶-۴-۴ پرسش پ

فرض برابری میانگین مقادیر d_1,d_2 (فرضیه صفر δ) رد نمی‌شود اگر شرایط زیر برآورده شود:

$$|\delta| \le s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(\nu) \qquad (۲۸)$$

$$|\delta| \le s_\delta \times t_{0.975}(38) \qquad (۲۹)$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{10}} \qquad (۳۰)$$

$$t_{0.975}(38) = 2.02 \qquad (۳۱)$$

$$|\delta| \le \frac{s}{\sqrt{10}} \times 2.02 \qquad (۳۲)$$

$$|\delta| \le s \times 0.64$$

1- Null hypothesis

در غیر اینصورت فرضیه صفر رد می‌شود.

اگر تعداد متفاوتی از اندازه‌گیری‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد، درجـه آزادی و بنـابراین مقـادیر آزمـون متناظر $F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)$ و $\chi_1^2-\alpha(\nu)$ و $t_{1-\alpha/2}(\nu)$ (برگرفته از کتاب‌های مرجع آمار) تغییر می‌کند.

پیوست الف
(اطلاعاتی)
مثالی از روش آزمون ساده

الف-۱ اندازه‌گیری‌ها

جدول الف-۱ در ستون‌های ۱ تا ۳ و ۷ تا ۹، شامل بیست قرائت جلو و عقب (مقادیر اندازه گیری شده $x_{A,j}$ و $x_{B,j}$) است.

قرائت کننده: اس. میلر

هوا: ابری، ۱۰ درجه سلسیوس

نوع و شماره دستگاه: NN XXX 630401

تاریخ: 1999-04-15

جدول الف-۱ – اندازه‌گیری‌ها و باقی‌مانده‌ها

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
j	$x_{A,j}$ mm	$x_{B,j}$ mm	d_j mm	r_j mm	r_j^2 mm^2	j	$x_{A,j}$ mm	$x_{B,j}$ mm	d_j mm
1	1 048	1 232	−184	0,6	0,36	11	1 115	1 300	−185
2	1 017	1 200	−183	−0,4	0,16	12	1 123	1 307	−184
3	1 061	1 245	−184	0,6	0,36	13	1 145	1 328	−183
4	1 048	1 231	−183	−0,4	0,16	14	1 167	1 351	−184
5	1 012	1 195	−184	−0,4	0,16	15	1 155	1 341	−186
6	1 051	1 235	−184	0,6	0,36	16	1 137	1 322	−185
7	1 054	1 238	−184	0,6	0,36	17	1 119	1 304	−185
8	1 038	1 221	−183	−0,4	0,16	18	1 127	1 312	−185
9	1 036	1 219	−183	−0,4	0,16	19	1 140	1 324	−184
10	1 052	1 235	−183	−0,4	0,16	20	1 144	1 328	−184
Σ	10 417	12 251	−1 834	0,0	2,40	Σ	11 372	13 217	−1 845

الف-۲ محاسبات

ابتدا، اختلاف ارتفاع اندازه‌گیری شده ، $d_1, \ldots, d_{20}$، مطابق معادله (۱) محاسبه می‌شود (به ستون‌های ۴ و۱۰ در جدول الف-۱ مراجعه شود).

با استفاده از میانگین مجموع مقادیر در ستون‌های ۴ و۱۰ در جدول الف-۱، معادله های ۲ و ۶، نتایج زیر حاصل می‌شود:

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} d_j}{10} = \frac{-1834\,mm}{10} = -183.4\,mm$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=11}^{20} d_j}{10} = \frac{-1845\,mm}{10} = -184.5mm$$

تفاضل معادله‌ها:

$$\bar{d}_1 - \bar{d}_2 = 1.1mm$$

ابتدا باقی‌مانده‌های، r_j ، اختلاف ارتفاع‌ها، d_j ، اولین سری اندازه‌گیری‌ها مطابق معادله ۳ محاسبه می‌شوند (به ستون ۵ در جدول الف -۱ مراجعه شود).

بوسیله میانگین مجموع مربعات باقیمانده های سری اول اندازه‌گیری‌ها (به آخرین خط ستون ۶ در جدول الف-۱ مراجعه شود) و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی،s ، مطابق معادله (۵) محاسبه می‌شود:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_j^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{2.40}{9}} = 0.5mm$$

بررسی‌های محاسباتی زیر باید انجام شود:

- اختلاف جمع‌ها در ستون‌های ۲ و ۳ باید با جمع ستون۴ برابر باشد:

-12251+10417= -1834

- اختلاف جمع‌ها در ستون‌های ۸ و ۹ باید با جمع ستون ۱۰ برابر باشد:

-13217+11372=-1845

- جمع باقیمانده‌ها در ستون ۵ باید برابر با صفر باشد (به جز خطای گرد کردن).

اختلاف $\bar{d}_1 - \bar{d}_2 = 1.1mm$ کوچکتر از $2.5\times s=2.5\times 0.5=1.25mm$ است. این نتایج نشان می‌دهد که هیچ نشانه‌ای از عدم اطمینان بیش از حد اندازه‌گیری ناشی از خطاهای قرائت، شکست نور و جابجایی محور کولیماسیون وجود ندارد.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
مثالی از روش آزمون کامل

ب-۱ اندازه‌گیری‌ها

ستون‌های ۱ تا ۳ و ۷ تا ۹ جدول ب-۱ شامل چهل قرائت جلو و عقب (مقادیر اندازه‌گیری شده $x_{A,j}$ و $x_{B,j}$) می‌باشد.

قرائت کننده: اس. میلر

هوا: ابری ۱۰ درجه سلسیوس

نوع و شماره دستگاه: NN XXX 630401

تاریخ: 1999-04-15

جدول ب-۱ - اندازه‌گیری‌ها و باقیمانده‌ها

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
j	$x_{A,j}$ mm	$x_{B,j}$ mm	d_j mm	r_j mm	r_j^2 mm^2	j	$x_{A,j}$ mm	$x_{B,j}$ mm	d_j mm	r_j mm	r_j^2 mm^2
1	1 048	1 232	−184	0,7	0,49	21	1 005	1 188	−183	−0,1	0,01
2	1 017	1 200	−183	−0,3	0,09	22	1 013	1 196	−183	−0,1	0,01
3	1 061	1 245	−184	0,7	0,49	23	1 035	1 218	−183	−0,1	0,01
4	1 048	1 231	−183	−0,3	0,09	24	1 057	1 241	−184	0,9	0,81
5	1 012	1 195	−183	−0,3	0,09	25	1 045	1 228	−183	−0,1	0,01
6	1 051	1 235	−184	0,7	0,49	26	1 027	1 211	−184	0,9	0,81
7	1 054	1 238	−184	0,7	0,49	27	1 009	1 192	−183	−0,1	0,01
8	1 038	1 221	−183	−0,3	0,09	28	1 017	1 199	−182	−1,1	1,21
9	1 036	1 219	−183	−0,3	0,09	29	1 030	1 213	−183	−0,1	0,01
10	1 052	1 235	−183	−0,3	0,09	30	1 034	1 216	−182	−1,1	1,21
11	1 031	1 214	−183	−0,3	0,09	31	1 043	1 226	−183	−0,1	0,01
12	1 028	1 212	−184	0,7	0,49	32	1 037	1 220	−183	−0,1	0,01
13	1 039	1 222	−183	−0,3	0,09	33	1 025	1 208	−183	−0,1	0,01
14	1 040	1 223	−183	−0,3	0,09	34	1 050	1 232	−182	−1,1	1,21
15	1 031	1 213	−182	−1,3	1,69	35	1 039	1 222	−183	−0,1	0,01
16	1 050	1 233	−183	−0,3	0,09	36	1 024	1 207	−183	−0,1	0,01
17	1 056	1 239	−183	−0,3	0,09	37	1 030	1 214	−184	0,9	0,81
18	1 028	1 212	−184	0,7	0,49	38	1 041	1 225	−184	0,9	0,81
19	1 034	1 218	−184	0,7	0,49	39	1 012	1 196	−184	0,9	0,81
20	1 049	1 232	−183	−0,3	0,09	40	1 019	1 202	−183	−0,1	0,01
Σ	20 803	24 469	−3 666	0,0	6,20	Σ	20 592	24 254	−3 662	0,0	7,80

ب-۲ محاسبات

ابتدا اختلاف ارتفاع‌های اندازه‌گیری شده $d_1, \ldots, d_{40}$ مطابق معادله ۷ محاسبه می‌شوند (به ستون‌های ۴ و ۱۰ در جدول ب-۱ مراجعه شود).

با استفاده از میانگین مجموع مقادیر ستون‌های ۴ و ۱۰ در جدول ب-۱، معادلات ۸ و ۹ نتایج زیر حاصل می‌شود:

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{20} d_j}{20} = \frac{-3666\,mm}{20} = -183.3mm$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=21}^{40} d_j}{20} = \frac{-3662\,mm}{20} = -183.1mm$$

δ مطابق معادله ۱۰ محاسبه می‌شود:

$$\delta = \bar{d}_1 - \bar{d}_2 = -183.3mm + 183.1mm = -0.2mm$$

باقیمانده‌های، r_j ، اختلاف ارتفاع‌ها، d_j ، مطابق معادلات ۱۱ و ۱۲ محاسبه می‌شوند (به ستون‌های ۵ و ۱۱ در جدول ب-۱ مراجعه شود).

بوسیله میانگین مجموع مربعات باقی‌مانده‌های سری اول و دوم اندازه‌گیری‌ها (به آخرین خط‌های ستون های ۶ و ۱۲ در جدول ب-۱ مراجعه شود)، مجموع مربعات باقیمانده‌ها، r_j ، و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی، s ، ۱ km ترازیابی رفت و برگشت مطابق معادلات ۱۵ تا ۱۸ محاسبه می‌شوند:

$$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 = 6.20\,mm^2 + 7.80\,mm^2 = 14.00\,mm^2$$

$$\nu = 38$$

$$s = \sqrt{\frac{14.00mm^2}{38}} = 0.61mm \approx 0.6mm$$

$$s_{ISO-LEV} = s \times 2.89 = 0.61mm \times 2.89 = 1.76 \approx 1.8mm$$

بررسی‌های محاسباتی زیر باید انجام شود:

- اختلاف جمع‌ها در ستون‌های ۲ و ۳ باید با جمع ستون ۴ برابر باشد:

24469-20803=3666 ;

- اختلاف جمع‌ها در ستون‌های ۸ و ۹ باید با جمع ستون ۱۰ برابر باشد:

24254-20592=3662 ;

- جمع باقیمانده‌های ستون ۵ باید با صفر برابر باشد (به جز خطاهای گرد کردن)؛
- جمع باقیمانده‌های ستون ۱۱ باید با صفر برابر باشد (به جز خطاهای گرد کردن)؛

ب-۳ آزمون‌های آماری

ب-۳-۱ آزمون آماری مطابق پرسش الف

$$\sigma = 1.0mm$$

$s_{ISO-LEV} = 1.8mm$

$\nu = 38$

$1.8mm \leq 1.0mm \times 1.19$
$1.8mm \leq 1.2mm$

از آنجائیکه شرط فوق برقرار نمی‌شود، فرضیه صفر بیان می‌کند که انحراف معیار استاندارد مشاهداتی تعیین شده، s =۱٫۸ mm ، کوچکتر یا برابر مقدار مورد ادعای سازنده دستگاه است، σ=۱٫۰ mm با سطح اطمینان ٪ ۹۵ رد می‌شود.

ب-۳-۲ آزمون آماری مطابق پرسش ب

$s = 1.8mm$
$\tilde{s} = 2.6mm$

$\nu = 38$

$0.52 \leq \frac{3.24mm^2}{6.76mm^2} \leq 1.91$
$0.52 \leq 0.48 \leq 1.91$

ازآنجائیکه شرط فوق برقرار نمی‌شود، فرضیه صفر بیان می‌کند که انحراف معیارهای استاندارد مشاهداتی، s =۱٫۸ mm و $\tilde{s}$ =۲٫۶ mm ، با سطح اطمینان ٪ ۹۵ متعلق به یک جامعه نیستند.

ب-۳-۳ آزمون آماری مطابق پرسش پ

$s = 0.6mm$

$\nu = 38$

$\delta = 0.2mm$
$s_\delta = 0.2mm$

$0.2mm \leq 0.2mm \times 2.0$
$\leq 0.4mm$

ازآنجائیکه شرط فوق برقرار می‌شود، فرضیه صفر بیان می‌کندکه جابجایی نقطه صفر شاخص‌های ترازیابی برابر با صفر بوده و با سطح اطمینان ٪ ۹۵ پذیرفته می‌شود.