INSO
11702-3
1st.Edition
2014

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

استاندارد ملی ایران
۱۱۷۰۲-۳
چاپ اول
۱۳۹۳

اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی– روش‌های میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه برداری
قسمت ۳: زاویه‌یاب‌ها

Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments- Part 3:Theodolites

ICS: 17.180.30

به نام خدا

آشنایی باسازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱ 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 درکمیسیون 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 باتوجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکزعلمی و تخصصی،نهادها،سازمانهای دولتی و غیردولتی 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 درکمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و درصورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمانهای علاقه مند و ذیصلاح 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 شوندکه بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و درکمیتهٔ 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] وسازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی(OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4]کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5]درکشورفعالیت می کند . درتدوین 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 بارعایت موازین پیش بینی شده درقانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان ازکیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و یا اقلام وارداتی، باتصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه-بندی آنرا 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 سیستمهای مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی ،آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران اینگونه سازمانها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی میکند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آنها اعطا و برعملکرد آن ها نظارت میکند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ،کالیبراسیون (واسنجی) و سایل 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 ۳:زاویه‌یاب‌ها"

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 مهندسیGIS&RS)	سازمان نقشه‌برداری کشور
کارگر، نادر (لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)	سازمان ثبت اسناد و املاک استان زنجان

مرصعی، مجید — کارشناس
(لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)
نعمتی، علیرضا — سازمان نقشه‌برداری کشور
(لیسانس مهندسی نقشه‌برداری)

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی باسازمان 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 اندازه‌گیری امتدادهای افقی	۴
۶ اندازه‌گیری زوایای قائم	۹
پیوست الف (اطلاعاتی) مثالی از روش آزمون ساده	۱۴
پیوست ب (اطلاعاتی) مثالی از روش آزمون کامل (امتدادهای افقی)	۱۶
پیوست پ (اطلاعاتی) مثالی از هر دو روش آزمون	۲۰

پیش‌گفتار

استاندارد" اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی– روش‌های میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه‌برداری- قسمت ۳:زاویه‌یاب‌ها " که پیش نویس آن درکمیسیون‌های 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 قرارگرفته است،اینک به استناد بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱،به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی باتحولات وپیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظرخواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظردرکمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:
ISO 17123-3: 2001, Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments- Part 3: Theodolites

اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی– روش‌های میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه برداری- قسمت ۳: زاویه‌یاب‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ملی، ارائه روش‌های میدانی پذیرفته شده‌ای برای تعیین و ارزیابی دقت (تکرارپذیری) زاویه‌یاب‌ها و تجهیزات جانبی آن به هنگام استفاده در اندازه‌گیری‌های ساختمانی متعارف و نقشه برداری‌های کارگاهی است. این آزمون‌ها، عمدتا به منظور تصدیق میدانی دستگاه‌های اندازه‌گیری مزبور از نظر تناسب برای کاربرد مورد نظر و برآورده ساختن الزامات سایر استانداردها می‌باشد. این آزمون‌ها، به عنوان آزمون‌های پذیرش یا ارزیابی عملکرد که ماهیتاً آزمون‌های جامع‌تری هستند پیشنهاد نمی‌شوند. این استاندارد ملی برای اندازه‌گیری‌های مربوط به سازه‌های ویژه مانند سد و تونل و همچنین شبکه‌های ژئودزی کاربرد ندارد.

این استاندارد ملی را می‌توان به عنوان یکی از اولین گام‌ها در فرآیند ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری (به ویژه اندازه ده[1]) قلمداد کرد. عدم قطعیت نتیجه اندازه‌گیری، بستگی به تعدادی از عوامل دارد. این موارد شامل: تکرار پذیری (دقت)، تجدید پذیری(تکرار پذیری روزانه)، ردیابی (زنجیره‌ای پیوسته از استانداردهای بین‌المللی) و برآوردی جامع از تمامی منابع خطای ممکن است. این منابع خطا در راهنمایISO برای عدم قطعیت اندازه‌گیری[2](GUM)، شرح داده شده است.

این روش‌های میدانی مخصوص کاربرد در محل، بدون نیاز به تجهیزات 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.

درصورتی 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، روش‌های اندازه‌گیری در ساختمان- اصول کلی و روش‌های بررسی پذیرش ابعادی

1- Measurand

2- Guide to the expression of Uncertainty in Measurement

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 وتعاریف

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 مورد استفاده برای اندازه‌گیری مورد نظر، مناسب می‌باشد.
زاویه‌یاب‌ها و تجهیزات جانبی آن باید در وضعیت‌های قابل قبول و شناخته شده‌ای از تنظیمات دائمی باشند که مطابق با روش مشخص شده در کتاب‌های راهنمای تجهیزات و استفاده از سه پایه توصیه شده توسط سازنده می‌باشد.
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 اندازه‌گیری انجام می‌شود، نیز مورد توجه قرار گیرد. انتخاب شرایط برای آزمون‌ها باید با آنچه که در کار اندازه‌گیری واقعی مورد نظر انجام می‌شود هماهنگ باشد (به ISO 7077 و ISO 7078 مراجعه شود).
نتایج آزمون‌های انجام شده در آزمایشگاه تقریباً عاری از تاثیرات جوی هستند اما هزینه انجام اینگونه آزمایشات بسیار بالا است، از این رو برای اکثر کاربران عملی نمی‌باشد. به علاوه دقت آزمون‌های آزمایشگاهی بسیار بالاتر از آزمون‌هایی است که تحت شرایط میدانی بدست می‌آید.

میزان دقت زاویه‌یاب‌ها به اصطلاح، انحراف معیار استاندارد مشاهداتی (ریشه متوسط مربع خطاها) یک بار مشاهده در هر دو جهت وضعیت تلسکوپ (دایره به راست و چپ)در امتداد افقی[1](HZ)، یا یک بار مشاهده در هر دو جهت وضعیت تلسکوپ (دایره به راست و چپ) در زاویه قائم[2](V) بیان می‌شود.
این استاندارد، دو روش میدانی مختلف برای اندازه‌گیری امتداد های افقی و زوایای قائم را شرح می‌دهد که در بندهای ۵ و۶ ارائه شده است. کارور[3] 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 زاویه‌یاب در محدوده انحراف مجاز مشخص شده، مطابق با ISO 4463-1 را ارائه می‌دهد.
این روش آزمون معمولاً به منظور بررسی این است که آیا میزان دقت دستگاه‌های اندازه گیری همراه با کارور خود با الزامات دقت اندازه‌گیری مشخص شده در اجرای اندازه‌گیری مناسب است.
این روش آزمون ساده بر پایه تعداد محدودی از اندازه‌گیری‌ها است. بنابراین انحراف معیار استاندارد مشاهداتی محاسبه شده فقط رتبه میزان دقت به دست آمده در استفاده عادی را نشان می‌دهد. اگر ارزیابی دقیق‌تری از دستگاه‌های اندازه‌گیری و تجهیزات جانبی آن، تحت شرایط میدانی مورد نیاز باشد توصیه می‌شود روش آزمون کامل که دقیق‌تر است اتخاذ شود.

۴-۳ روش دوم: روش آزمون کامل

برای تعیین بهترین مقدار قابل دستیابی دقت زاویه‌یاب خاص و تجهیزات جانبی آن در شرایط میدانی، روش آزمون کامل، باید اتخاذ شود.
روش آزمون کامل، به منظور تعیین انحراف معیار استاندارد امتداد افقی یا زاویه قائم یکبار مشاهده در هر دو جهت وضعیت تلسکوپ (دایره به راست و چپ) است:

$s_{ISO\text{-}THEO\text{-}HZ}$ و $s_{ISO\text{-}THEO\text{-}V}$

به علاوه این روش اجرائی ممکن است برای تعیین موارد زیر استفاده شود:

- میزان دقت در استفاده از زاویه‌یاب‌ها توسط یک اکیپ نقشه برداری با یک دستگاه اندازه‌گیری و تجهیزات جانبی آن در زمانی مشخص؛
- میزان دقت در استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری در طول زمان؛
- میزان دقت در استفاده از هر کدام از چندین زاویه‌یاب به منظور توانایی مقایسه دقت قابل دستیابی مربوط در شرایط میدانی مشابه به دست آمده.

بهتر است از آزمون‌های آماری، برای تعیین اینکه انحراف معیار استاندارد مشاهداتی به دست آمده، s ، به جامعه انحراف معیار استاندارد تئوری دستگاه اندازه‌گیری، σ، تعلق دارد، یا اینکه دو نمونه آزمون متعلق به

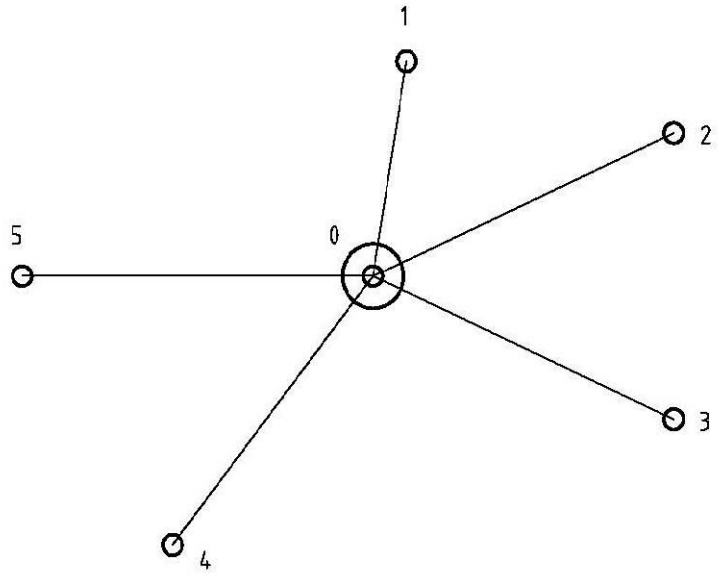
1- Horizental
2- Vertical
3- Operator

یک جامعه هستند، و یا اینکه خطای شاخص عمودی، δ ، برابر با صفر هست یا تغییر یافته است (به بندهای۵-۴ و ۶-۴ مراجعه شود) استفاده شود.

۵ اندازه‌گیری امتدادهای افقی

۵-۱ پیکر بندی میدان آزمون

نشانه‌های ثابت (چهار نشانه برای روش آزمون ساده و پنج نشانه برای روش آزمون کامل) تقریباً در همان سطح افقی که دستگاه قرار دارد در فاصله بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ متری آن باید قرار داده شود و در فواصل افقی تا حد ممکن آرایش نقاط منظم وضع شود. این نشانه‌ها باید ترجیحاً بتواند از سطح نشانه بدون اشتباه مشاهده شود.



شکل۱- پیکربندی آزمون برای اندازه‌گیری امتدادهای افقی

۵-۲ اندازه‌گیری‌ها

برای روش آزمون ساده، m=۱ سری اندازه‌گیری باید انجام شود.

برای روش آزمون کامل، m= ۴ سری اندازه‌گیری تحت شرایط آب و هوائی مختلف اما نه شدید باید انجام شود.

هر سری (i) اندازه‌گیری باید شامل n=۳ سری (j) از جهت‌ها با t=۴ یا t=۵ نشانه (k) باشد.

برای روش آزمون کامل، هنگام تنظیم کردن زاویه‌یاب برای سری اندازه‌گیری‌های مختلف، هنگام سانتراژ روی نقطه باید دقت زیادی مبذول گردد. درستی‌های قابل دستیابی سانتراژ که به اصطلاح انحراف معیار استاندارد مشاهداتی بیان می‌شود، به شرح زیر است:

تراز شاقولی: ۱mm تا ۲mm (وزش باد شدید)،

شاقول لیزری یا اپتیکی: ۰٫۵ mm (تنظیمات باید مطابق دفترچه سازنده بررسی شود)،

شاقول میله ای: ۱ mm .

یادآوری- بانشانه‌هایی در فاصله ۱۰۰ متر، عدم سانتراژ در حد ۲ mm می تواند تا ″۴ (۱٫۳ mgon) در جهت مشاهده شده تأثیر گذارد. در فاصله کوتاهتر این تاثیر بیشتر است.

نشانه‌ها باید در هر سری در جهت وضعیت I تلسکوپ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت، و درجهت وضعیت II تلسکوپ در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت مشاهده شوند. دایره مدرج پس از هر سری قرائت باید (۶۷ گراد) 60^{o} تغییر کند. اگر چرخش فیزیکی دایره مدرج امکان پذیر نباشد، برای مثال در زاویه‌یاب‌های الکترونیکی، قسمت پایین تر زاویه‌یاب ممکن است در حدود 120^{o} (۱۳۳ گراد) در تریبراگ چرخانیده شود.

۵-۳ محاسبات

۵-۳-۱ روش آزمون ساده

ارزیابی مقادیر اندازه‌گیری، همان کمترین مربعات معادلات مشاهدات است. یک جهت با $x_{j,k,I}$ یا $x_{j,k,II}$ ، تعداد سری با اندیس j و تعداد نشانه با اندیس k ، علامت گذاری می‌شود. I وII بیانگر جهت وضعیت تلسکوپ است.

اول از همه، مقادیر میانگین قرائت‌ها در وضعیت‌های I و II تلسکوپ محاسبه می‌شوند:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180^{\circ}}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200gon}{2} \right); \; j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۱)$$

تفاضل در جهت نشانه شماره ۱ برابر است با:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1} \; ; \quad j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۲)$$

مقادیر میانگین جهت‌ها حاصل از n = ۳ سری به شماره نشانه k عبارتند از:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3} \; ; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۳)$$

از تفاضل آنها:

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k} \; ; \quad j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۴)$$

برای هر سری از اندازه‌گیری‌ها، مقادیر میانگین حسابی نتیجه می‌دهد:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4}}{4} \; ; \quad j=1, 2, 3 \qquad (۵)$$

که از باقیمانده نتیجه می‌شود:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j \; ; \quad j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۶)$$

به جز خطاهای گرد کردن، هر سری باید شرایط زیر را داشته باشد :

$$\sum_{k=1}^{4} r_{j,k} = 0 \; ; \quad j=1, 2, 3 \qquad (۷)$$

مجموع مربعات باقیمانده عبارت است از:

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{4} r^2{}_{j,k} \qquad (۸)$$

برای n=۳ از سری جهت‌ها تا t= ۴ نشانه درجات آزادی عبارت است از:

$$\nu = (3-1)\times(4-1) = 6 \qquad (۹)$$

و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی s از جهت $x_{j,k}$ گرفته شده در یک سری مشاهده در دو جهت وضعیت تلسکوپ به مقدار:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{6}} \qquad (۱۰)$$

۵-۳-۲ روش آزمون کامل

ارزیابی مقادیر اندازه‌گیری بر اساس سرشکنی[1] کمترین مربعات معادلات مشاهدات صورت می‌گیرد. i امین سری اندازه‌گیری، یک امتداد با $x_{j,k,\mathrm{I}}$ یا $x_{j,k,\mathrm{II}}$، تعداد سری با اندیس j و تعداد نشانه با اندیس k ، علامت‌گذاری می‌شود. I و II بیانگر جهت وضعیت تلسکوپ است. هر m=۴ سری اندازه‌گیری باید جداگانه ارزیابی شود.

اول از همه، مقادیر میانگین قرائت‌ها در جهت وضعیت I و II تلسکوپ محاسبه می‌شوند:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} \pm 180^{\circ}}{2} \left(= \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} \pm 200gon}{2} \right); \; j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 5 \qquad (۱۱)$$

کاهش در جهت نشانه شماره ۱ برابر است با:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1} \; ; \quad j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 5 \qquad (۱۲)$$

مقادیر میانگین جهت‌ها حاصل از ۳ = n سری به تعداد نشانه k عبارتند از:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3} \; ; \; k=1, \ldots, 5 \qquad (۱۳)$$

از تفاضل آنها:

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k} \; ; \quad j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 5 \qquad (۱۴)$$

برای هر سری از اندازه‌گیری‌ها، مقادیر میانگین حسابی به دست می‌آید:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5} \; ; \quad j=1, 2, 3 \qquad (۱۵)$$

که از باقیمانده نتیجه می‌شود:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j \; ; \quad j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 5 \qquad (۱۶)$$

به جز خطاهای گرد کردن، هر سری باید شرایط زیر را داشته باشد :

$$\sum_{k=1}^{5} r_{j,k} = 0 \; ; \quad j=1, 2, 3 \qquad (۱۷)$$

مجموع مربعات باقیمانده i امین سری اندازه‌گیری عبارت است از:

1- Adjustment

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{5} r^2{}_{j,k} \qquad (۱۸)$$

برای n=۳ از سری امتدادها تا t=۵ نشانه هر سری درجات آزادی عبارت است از:

$$\nu = (3-1)\times(5-1) = 8 \qquad (۱۹)$$

و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی s_i از جهت $x_{j,k}$ گرفته شده در یک سری مشاهده در دو جهت وضعیت تلسکوپ، مجاز برای i امین سری اندازه‌گیری برابر با:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \qquad (۲۰)$$

انحراف معیار استاندارد مشاهداتی، s ، امتداد افقی مشاهده در یک سری (میانگین حسابی قرائت ها در دو جهت وضعیت تلسکوپ) مطابق با این قسمت استاندارد ملی، از همه سری های اندازه‌گیری m=۴ در یک درجه آزادی محاسبه می‌شود:

$$\nu = 4\times\nu_i = 32 \qquad (۲۱)$$

برابر با:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4}\sum r_i^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4}\sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} s_i^2}{4}} \qquad (۲۲)$$

$$s_{\text{ISO-THEO-HZ}} = s \qquad (۲۳)$$

۵-۴ آزمون‌های آماری

۵-۴-۱ کلیات

آزمون‌های آماری فقط برای روش آزمون کامل توصیه می‌شود.

برای تفسیر نتایج، آزمون‌های آماری با استفاده از انحراف معیار استاندارد مشاهداتی،s ، امتداد افقی مشاهده در یک سری در دو جهت وضعیت تلسکوپ به منظور پاسخ به پرسش زیر باید انجام شود:

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

ب) آیا دو انحراف معیار استانداردمشاهداتی،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 اندازه‌گیری مشابه اما با قرائت کننده‌های متفاوت؛
- دو نمونه اندازه‌گیری با دستگاه اندازه‌گیری مشابه اما در زمان‌های متفاوت؛
- دو نمونه اندازه‌گیری با دستگاه‌های اندازه‌گیری مختلف.

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

جدول ۱- آزمون‌های آماری

پرسش	فرضیه صفر	فرضیه های جایگزین
الف	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
ب	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$

۵-۴-۲ پرسش الف

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

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \qquad (۲۴)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(32)}{32}} \qquad (۲۵)$$

$$x^2_{0.95}(32) = 46.19 \qquad (۲۶)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{46.19}{32}} \qquad (۲۷)$$

$$s \leq \sigma \times 1.20 \qquad (۲۸)$$

در غیر اینصورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

۵-۴-۳ پرسش ب

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

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu) \qquad (۲۹)$$

$$\frac{1}{F_{0.975}(32,32)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0.975}(32,32) \qquad (۳۰)$$

$$F_{0.975}(32,32) = 2.02 \qquad (۳۱)$$

$$0.49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2.02 \qquad (۳۲)$$

در غیر اینصورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

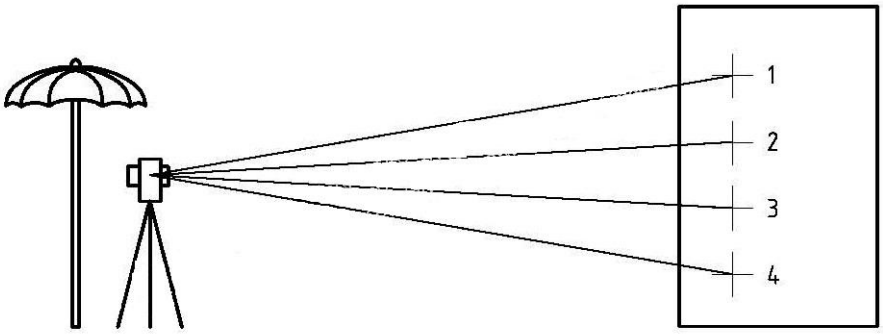
اگر تعداد متفاوتی از اندازه‌گیری‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد، درجه آزادی و بنابراین مقادیر آزمون متناظر $F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)$ و $\chi^2_1 - \alpha(\nu)$ (برگرفته از کتاب‌های مرجع آمار) تغییر می‌کند.

1- Null hypothesis

۶ اندازه‌گیری زوایای قائم

۶-۱ پیکربندی میدان آزمون

زاویه‌یاب باید در فاصله حدود ۵۰ متری از ساختمان بلندی قرار داده شود. در این ساختمان، نقاط تعریف شده خوب (قسمت‌های پنجره‌ها، گوشه آجرها، قسمت‌های آنتن‌ها و غیره) یا نشانه‌های ثابت شده بر دیوار باید انتخاب یا قرار داده شود تا بازه زاویه قائم حدود ۳۰ درجه (به شکل ۲ مراجعه شود) را پوشش دهد.



شکل ۲- پیکربندی آزمون اندازه‌گیری زوایای قائم

۶-۲ اندازه‌گیری ها

پیش از شروع اندازه‌گیری، اجازه دهید دستگاه اندازه‌گیری با دمای محیط هم دما شود. برای هر درجه سلسیوس اختلاف دمای داخل جعبه زاویه‌یاب و دمای محیط، حدود دو دقیقه زمان مورد نیاز است.

برای روش آزمون ساده، m=۱ سری از اندازه‌گیری‌های، $x_{j,k}$ ، باید انجام شود. سری اندازه‌گیری‌ها باید شامل n=۳ سری(j) از جهت ها تا t=۴ نشانه (k) باشد.

برای روش آزمون کامل، m=۴ سری از اندازه‌گیری‌های (i) اندازه‌گیری تحت شرایط آب و هوائی مختلف اما نه شدید باید انجام شود. هر سری از اندازه‌گیری‌ها باید شامل n=۳ سری(j) از جهت ها تا t=۴ نشانه (k) باشد.

در هر n=۴ سری در جهت وضعیت I تلسکوپ بطور متوالی از نشانه شماره یک تا نشانه شماره چهار و در همان سری در جهت وضعیت II تلسکوپ بطور متوالی از نشانه شماره چهارتا نشانه شماره یک، t=۴ نشانه باید مشاهده شود.

۶-۳ محاسبه

ارزیابی مقادیر اندازه‌گیری، سرشکنی کمترین مربعات معادلات مشاهدات است. در i امین سری اندازه گیری ها، یک زاویه قائم (بطور معمول زاویه سمت الراس) با $x_{j,k,I}$ یا $x_{j,k,II}$ ،اندیس k تعداد نشانه است، علامت گذاری می‌شود. I و II بیانگر جهت وضعیت تلسکوپ است. در روش آزمون کامل، هر m=۴ سری اندازه‌گیری به صورت جداگانه ارزیابی می‌شود.

اول از همه، مقادیر میانگین قرائت ها

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} \pm 360^{\circ}}{2} \left(= \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} - x_{j,k,\mathrm{II}} + 400gon}{2} \right); \; j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۳۳)$$

در جهت وضعیت I وII تلسکوپ محاسبه می شوند. این مقادیر بر خطای شاخص عمودی، δ_i ، تاثیر ندارد، خطای شاخص عمودی، δ_i ، باید برای هر سری از اندازه‌گیری‌ها بصورت جداگانه محاسبه شود (فقط برای روش آزمون توصیه می‌شود):

$$\delta_i = \frac{1}{n \times t} \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} - 360^{\circ}}{2} \left(= \frac{1}{n \times t} \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} - 400gon}{2} \right) \qquad (۳۴)$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{4} \delta_i}{4}$$

مقادیر میانگین زوایای قائم حاصل از ۳ = n سری به تعداد نشانه k عبارتند از:

$$\bar{x}_k \; \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۳۵)$$

نتیجه باقیمانده‌ها

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k; \quad j=1, 2, 3; \; k=1, \ldots, 4 \qquad (۳۶)$$

به جز خطاهای گرد کردن، باقیمانده سری باید شرایط زیر را داشته باشد :

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} r_{j,k} = 0 \qquad (۳۷)$$

مجموع مربعات باقیمانده i امین سری اندازه‌گیری عبارت است از:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} r^2{}_{j,k} \qquad (۳۸)$$

برای ۳ =n سری زوایا تا۴ =t نشانه، در هر حالت درجات آزادی عبارت است از:

$$\nu_i = (3-1) \times 4 = 8 \qquad (۳۹)$$

و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی، s_i، زاویه قائم، $x'_{j,k}$، مشاهده شده در دو جهت وضعیت تلسکوپ، مجاز برای سریi امین اندازه‌گیری‌ها به مقدار:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \qquad (۴۰)$$

معادلات ۴۱ و ۴۲ فقط برای روش آزمون ساده به کار می‌رود:

$$\nu = \nu_1 \qquad (۴۱)$$

$$s = s_1 \qquad (۴۲)$$

معادلات ۴۳ تا ۵۹ فقط برای روش آزمون ساده به کار می‌رود:

برای انحراف معیار استاندارد، s، که از همه ۴=m سری اندازه‌گیری محاسبه می‌شود، درجه آزادی عبارت است از:

$$\nu = 4 \times \nu_i = 32 \qquad (۴۳)$$

و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی زاویه عمودی مشاهده شده در هر دو جهت موقعیت، که از تمام m=۴ سری اندازه‌گیری محاسبه می‌شود، عبارت است از:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4}\sum r_i^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4}\sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} s_i^2}{4}} \qquad (۴۴)$$

$$s_{ISO-THEO-V} = s \qquad (۴۵)$$

۶-۴ آزمون‌های 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 ، زاویه قائم مشاهده در هر دو جهت دایره به چپ و راست ، و
- خطای شاخص عمودی، δ ، (جهت دایره قائم) و انحراف معیار استاندارد مشاهداتی آن، s_δ ، به منظور پاسخ به پرسش‌های زیر(به جدول ۲مراجعه کنید):

الف) آیا انحراف معیار استاندارد مشاهداتی محاسبه شده، s ، کوچکتر از مقدارمتناظر، 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 اندازه‌گیری مشابه اما با قرائت کننده‌های متفاوت؛
- دو نمونه اندازه‌گیری با دستگاه اندازه‌گیری مشابه اما در زمان‌های متفاوت؛
- دو نمونه اندازه‌گیری با دستگاه‌های اندازه‌گیری مختلف.

پ) آیا خطای شاخص عمودی ، δ ، مساوی با صفر است؟

برای آزمون‌های زیر، سطح اطمینان ۰/۹۵ =۱-α و مطابق طرح اندازه‌گیری، درجه آزادی ۳۲ = ν فرض می‌شود.

جدول ۲- آزمون‌های آماری

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

۶-۴-۲ پرسش الف

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

$$s \le \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \quad (۴۶)$$

$$s \le \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(32)}{32}} \quad (۴۷)$$

$$x^2_{0.95}(32) = 46.19 \quad (۴۸)$$

$$s \le \sigma \times \sqrt{\frac{46.19}{32}} \quad (۴۹)$$

$$s \le \sigma \times 1.20 \quad (۵۰)$$

در غیر اینصورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

۶-۴-۳ پرسش ب

در مورد دو نمونه مختلف، آزمون نشان می‌دهد که انحراف معیار استاندارد مشاهداتیs 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:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu) \quad (۵۱)$$

$$\frac{1}{F_{0.975}(32,32)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0.975}(32,32) \quad (۵۲)$$

$$F_{0.975}(32,32) = 2.02 \quad (۵۳)$$

$$0.49 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 2.02 \quad (۵۴)$$

در غیر اینصورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

۶-۴-۴ پرسش پ

فرضیه صفر بیان می‌کند که خطای شاخص عمودی، δ ، برابر با صفر است. این فرض اگر شرایط زیر برآورده شود رد نمی‌شود:

$$|\delta| \le s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(\nu) \quad (۵۵)$$

$$|\delta| \le s_\delta \times t_{0.975}(32) \quad (۵۶)$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{12} \times \sqrt{4}} \quad (۵۷)$$

1- Null hypothesis

$$t_{0.975}(32) = 2.04 \quad (۵۸)$$

$$|\delta| \le \frac{s}{\sqrt{48}} \times 2.04 \quad (۵۹)$$

$$\le s \times 0.3$$

در غیر اینصورت فرضیه صفر رد می‌شود.

اگر تعداد متفاوتی از اندازه‌گیری‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد، درجه آزادی و بنابراین مقادیر آزمون 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 ازروش آزمون ساده (امتداد های افقی)

الف-۱ اندازه‌گیری‌ها

ستون‌های ۱ تا ۴ جدول الف-۱، شامل مقادیر اندازه‌گیری شده $x_{j,k,I}$ و $x_{j,k,II}$ است.

قرائت کننده: اس. میلر

هوا: آفتابی، ۱۰ درجه سلسیوس

نوع و شماره دستگاه: NN XXX 630401

تاریخ: 1999-04-15

یادآوری- دایره امتداد اندازه گیری به gon ۴۰۰ (به جای ۳۶۰ درجه) تقسیم می شود.

جدول الف-۱- اندازه‌گیری‌ها و باقی‌مانده‌ها

1 j	2 k	3 $x_{j,k,I}$ gon	4 $x_{j,k,II}$ gon	5 $x_{j,k}$ gon	6 $x'_{j,k}$ gon	7 $\overline{x}_k$ gon	8 $d_{j,k}$ mgon	9 $r_{j,k}$ mgon	10 $r^2_{j,k}$ mgon^2
1	1	310,475	110,470	310,4725	0,0000	0,0000	0,0	0,0	0,00
	2	6,131	206,126	6,1285	95,6560	95,6553	−0,7	−0,7	0,49
	3	130,481	330,477	130,4790	220,0065	220,0058	−0,7	−0,7	0,49
	4	208,878	8,872	208,8750	298,4025	298,4040	+1,5	+1,5	2,25
	Σ	655,965	655,945	655,9550	614,0650	614,0651	+0,1	+0,1	3,23
2	1	376,749	176,744	376,7465	0,0000		0,0	−0,5	0,25
	2	72,403	272,398	72,4005	95,6540		+1,3	+0,8	0,64
	3	196,753	396,749	196,7510	220,0045		+1,3	+0,8	0,64
	4	275,154	75,148	275,1510	298,4045		−0,5	−1,0	1,00
	Σ	921,059	921,039	921,0490	614,0630		+2,1	+0,1	2,53
3	1	42,049	242,044	42,0465	0,0000		0,0	+0,6	0,36
	2	137,705	337,700	137,7025	95,6560		−0,7	−0,1	0,01
	3	262,056	62,050	262,0530	220,0065		−0,7	−0,1	0,01
	4	340,454	140,449	340,4515	298,4050		−1,0	−0,4	0,16
	Σ	782,264	782,243	782,2535	614,0675		−2,4	0,0	0,54
									6,30[a]

[a] Value represents Σr^2.

الف-۲ محاسبات

ابتدا، مقادیر $x_{j,k}$ با اندازه‌گیری‌های $x_{j,k,I}$ و $x_{j,k,II}$ محاسبه می‌شوند. در معادله ۱، ۱۸۰° ± با ۲۰۰gon ± جایگزین می‌شود (به ستون۵ در جدول الف-۱ مراجعه شود).

سپس مقادیر $x_{j,k}$ به جهت $x_{j,1}$ نشانه شماره یک کاهش می‌یابد. این مقادیر $x'_{j,k}$ طبق معادله ۲ (به ستون ۶ جدول الف-۱ مراجعه شود) محاسبه می‌شود.

ستون ۷ جدول الف-۱شامل مقادیر میانگین $\bar{x}_k$ امتدادهای کاهش یافته $x'_{j,k}$ (به معادله ۳ مراجعه شود) است.

تفاضل‌های $d_{j,k}$ از مقادیر $\bar{x}_k$ و $x'_{j,k}$ طبق معادله ۲ (به ستون ۶ تا ۸ جدول الف-۱ مراجعه شود) نتیجه می شود.

برای هر سری از امتدادها، مقدار میانگین $\bar{d}_j$ از $d_{j,k}$ طبق معادله ۵ ($\sum_{k=1}^{4} d_{j,k} = 4\bar{d}_j$) به خطوط Σ در ستون ۸ جدول الف-۱ مراجعه شود) محاسبه می‌شود.

با مقادیر $d_{j,k}$ و $\bar{d}_j$، باقیمانده های $r_{j,k}$ طبق معادله ۶ (به ستون ۹ جدول الف-۱ مراجعه شود) محاسبه می‌شود.

سپس مجموع $\sum r^2 = 6.30\ \text{mgon}^2$ با مقادیر ستون ۱۰ جدول الف- ۱ [طبق معادله ۸] محاسبه می‌شود.

انحراف معیار استاندارد مشاهداتی جهت $x_{j,k}$ اندازه‌گیری شده در یک سری اندازه‌گیری در هر دو جهت موقعیت I و II، طبق معادله ۱۰، به مقدار

$$s = \sqrt{\frac{6.30 mgon^2}{6}} = 1.0 mgon$$

به عنوان بررسی‌های محاسباتی برای هر کدام از سری امتدادهای (j =1, 2, 3)، مجموع ستون‌ها در جدول الف-۱ باید شرایط زیر را (به جز خطاهای گرد کردن) داشته باشد:

- جمع ستون ۳ به اضافه جمع ستون ۴ باید برابر باشد با $(\mu \times ۲۰۰\ \text{gon} \pm$ دو برابر جمع ستون۵) (μعدد صحیح مناسب) باشد:

$655.965 + 655.945 = 2 \times 655.9550$
$921.059 + 921.059 = 2 \times 921.9490$
$728.264 + 782.264 = = 2 \times 782.2535$

- جمع ستون ۵ منهای ۴ برابر مقدار جهت در نشانه شماره یک باید برابر با ($\pm 400\ \text{gon} \times \mu$ دو برابر جمع ستون ۶) (μ عدد صحیح مناسب) باشد:

$655.9550 - 4 \times 310.4725 = 614.065 - 3 \times 400$
$921.0490 - 4 \times 376.7465 = 614.063 - 3 \times 400$
$728.2535 - 4 \times 42.0465 = 614.0675 + 0 \times 400$

- تفاضل بین جمع ستون ۷ و جمع ستون ۶ باید برابر با جمع ستون ۸ باشد:

$614.0651 - 614.065 = +0.0001$
$614.0651 - 614.063 = +0.0021$
$614.0651 - 614.0675 = -0.0024$

- جمع ستون ۹ باید برابر با صفر (به معادله ۷ مراجعه شود) باشد؛

- جمع همه ۱۲ مقدار در ستون ۶ باید برابر با سه برابر جمع ۴ مقدار در ستون ۷ باشد:

$614.065 + 614.063 + 614.0675 \approx 3 \times 614.0651$

- جمع همه ۱۲ مقدار در ستون ۸ باید برابر با صفر باشد:

$0.1 + 2.1 - 2.4 = -0.2\ ; \approx 0.0$

پیوست ب
(اطلاعاتی)
مثالی ازروش آزمون کامل (امتداد افقی)

ب-۱ اندازه‌گیری‌ها

ستون‌های ۱ تا ۴ جدول ب-۱، شامل مقادیر اندازه‌گیری شده $x_{j,k,I}$ و $x_{j,k,II}$ سری اندازه‌گیری‌ها شماره یک (سری اندازه‌گیری‌های شماره ۲ ، ۳ و ۴ چاپ نشده است) می‌باشد.

قرائت کننده: اس. میلر

هوا: آفتابی، ۱۰ درجه سلسیوس

نوع و شماره دستگاه: NN XXX 630401

تاریخ: 1999-04-15

جدول ب-۱ – اندازه‌گیری‌ها و باقی‌مانده‌هاسری یک

1	2	3			4			5			6			7			8	9	10
j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$x_{j,k}$			$x'_{j,k}$			$\overline{x}_k$			$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$
		°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	″	″	$(″)^2$
1	1	28	12	37	208	12	42	28	12	39,5	0	00	00,0	0	00	00,0	0,0	+0,1	0,01
	2	83	50	35	263	50	40	83	50	37,5	55	37	58,0	55	38	00,3	+2,3	+2,4	5,76
	3	141	45	30	321	45	35	141	45	32,5	113	32	53,0	113	32	50,8	−2,2	−2,1	4,41
	4	219	30	49	39	30	50	219	30	49,5	191	18	10,0	191	18	9,5	−0,5	−0,4	0,16
	5	308	26	31	128	26	33	308	26	32,0	280	13	52,5	280	13	52,5	0,0	+0,1	0,01
	Σ	781	46	02	961	46	20	781	46	11,0	640	42	53,5	640	42	53,1	−0,4	+0,1	10,35
2	1	87	48	51	267	48	55	87	48	53,0	0	00	00,0				0,0	−1,7	2,89
	2	143	26	52	323	26	51	143	26	51,5	55	37	58,5				+1,8	+0,1	0,01
	3	201	21	41	21	21	47	201	21	44,0	113	32	51,0				−0,2	−1,9	3,61
	4	279	07	01	99	06	59	279	07	00,0	191	18	07,0				+2,5	+0,8	0,64
	5	8	02	42	188	02	40	8	02	41,0	280	13	48,0				+4,5	+2,8	7,84
	Σ	719	47	07	899	47	12	719	47	09,5	640	42	44,5				+8,6	+0,1	14,99
3	1	147	08	13	327	08	08	147	08	10,5	0	00	00,0				0,0	+1,7	2,89
	2	202	46	17	22	46	13	202	46	15,0	55	38	04,5				−4,2	−2,5	6,25
	3	260	41	01	80	40	57	260	40	59,0	113	32	48,5				+2,3	+4,0	16,00
	4	338	26	24	158	26	20	338	26	22,0	191	18	11,5				−2,0	−0,3	0,09
	5	67	22	07	247	22	08	67	22	07,5	280	13	57,0				−4,5	−2,8	7,84
	Σ	1 016	24	02	836	23	46	1 016	23	54,0	640	43	01,5				−8,4	+0,1	33,07
																			58,41[a]

[a] Value represents Σr_1^2.

ب-۲ محاسبات

ابتدا، مقادیر $x_{j,k}$ با اندازه‌گیری‌های $x_{j,k,I}$ و $x_{j,k,II}$ طبق معادله ۱۱ (به ستون۵ در جدول ب-۱ مراجعه شود) محاسبه می‌شود.

سپس مقادیر $x_{j,k}$ به جهت $x_{j,1}$ نشانه شماره یک کاهش می‌یابد. این مقادیر $x'_{j,k}$ طبق معادله ۱۲ (به ستون ۶ جدول ب-۱ مراجعه شود) محاسبه می‌شود.

ستون ۷ جدول ب-۱ شامل مقادیر میانگین $\bar{x}_k$ جهت های کاهش یافته $x'_{j,k}$ (به معادله ۱۳ مراجعه شود) است.

تفاضل‌های $d_{j,k}$ ، از مقادیر $\bar{x}_k$ و $x'_{j,k}$ طبق معادله ۱۴ (به ستون ۶ تا ۸ جدول ب-۱ مراجعه شود) نتیجه می‌شود.

برای هر سری از جهت‌ها، مقدار میانگین $\bar{d}_j$ از $d_{j,k}$ طبق معادله ۱۵ ($\sum_{k=1}^{5} d_{j,k} = 5\bar{d}_j$) به خطوط Σ در ستون ۸ جدول ب-۱ مراجعه شود) محاسبه می‌شود.

با مقادیر $d_{j,k}$ و $\bar{d}_j$، باقیمانده‌های $r_{j,k}$ طبق معادله ۱۶ (به ستون ۹ جدول ب-۱ مراجعه شود) محاسبه می‌شود.

سپس مجموع $\sum r_1^2 = 58.41(″)^2$ با مقادیر ستون ۱۰ جدول ب- ۱ (طبق معادله ۱۸) محاسبه می‌شود.

انحراف معیار استاندارد مشاهداتی جهت $x_{j,k}$ اندازه‌گیری شده در یک سری اندازه‌گیری در هر دو جهت موقعیت I و II ، مجاز برای سری شماره ۱، طبق معادله ۲۰، به مقدار

$$s_1 = \sqrt{\frac{58.41(″)^2}{8}} = 2.7″$$

به عنوان بررسی‌های محاسباتی برای هر کدام از سری جهت‌های (j =1, 2, 3) ، مجموع ستون‌ها در جدول ب-۱ باید شرایط زیر را (به جز خطاهای گرد کردن) داشته باشد:

- جمع ستون ۳ به اضافه جمع ستون ۴ باید برابر با ($\pm 180°\ \mathrm{g} \times \mu$) دو برابر جمع ستون ۵) (μ عدد صحیح مناسب) باشد:

781° 46′ 02″ + 961° 46′ 20″ = 2 × (781° 46′ 11″) + 1 × 180°
719° 47′ 07″ + 899° 47′ 12″ = 2 × (719° 47′ 9.5″) + 1 × 180°
1016° 24′ 02″ + 836° 23′ 46″ = 2 × (1016° 23′ 54″) + 1 × 180°

- جمع ستون ۵ منهای پنج برابر مقدار جهت در نشانه شماره یک باید برابر با ($\pm 360° \times \mu$ جمع ستون۵) (μ عدد صحیح مناسب) باشد:

781° 46′ 11″ - 5 × (28° 12′ 39.5″) = 640° 42′ 53.5″ + 0 × 360°
719° 47′ 9.5″ - 5 × (87° 48′ 53″) = 640° 42′ 44.5″ + 0 × 360°
1016° 23′ 54″ - 5 × (147° 08′ 10.5″) = 640° 43′ 1.5″ + 0 × 360°

- تفاضل بین جمع ستون ۷ و جمع ستون ۶ باید برابر با جمع ستون ۸ باشد:

640° 42′ 53.1″ - 640° 42′ 53.5″ = -0.4″
640° 42′ 53.1″ - 640° 42′ 44.5″ = +8.6″

$640° 42′ 53.1″ - 640° 43′ 1.5″ = -8.4″$

- جمع ستون ۹ باید برابر با صفر (به معادله ۱۷ مراجعه شود) باشد؛

- جمع همه ۱۵ مقدار در ستون ۶ باید برابر با سه برابر جمع ۵ مقدار در ستون ۷ باشد:

$640° 42′ 53.5″ + 640° 42′ 44.5″+ 640° 43′ 1.5″ \approx 3 \times (640° 42′ 53.1″)$

- جمع همه ۱۵ مقدار در ستون ۸ باید برابر با صفر باشد:

$-0.4″ + 8.6″ - 8.4″ = -0.2″ \approx 0″$

نتایج چهار سری اندازه‌گیری عبارت است از:

$s_1 = 2.7″$

$s_2 = 1.6″$

$s_3 = 2.0″$

$s_4 = 2.3″$

انحراف معیار استاندارد مشاهداتی کلی ،s ، و درجه آزادی،ν، بر طبق معادلات ۲۱ و ۲۲ محاسبه می‌شوند:

$$s = \sqrt{\frac{19.14(″)^2}{4}} = 2.2″$$

$$\nu = 32$$

$$s_{ISO-THEO-HZ} = 2.2″$$

ب- ۳ آزمون‌های آماری

ب-۳-۱ آزمون‌های آماری طبق پرسش الف

$\sigma = 2″$

$s = 2.2″$

$\nu = 32$

$$2.2″ \le 2″ \times 1.20$$

$$\le 2.4″$$

از آنجائیکه شرط بالا برقرار است، فرض صفر که بیان می‌کند انحراف معیار استاندارد مشاهداتی s=2.2″ که کوچکتر یا مساوی مقدار سازندهσ= 2″ است با سطح اطمینان ٪ ۹۵ رد نمی‌شود.

ب-۳-۱ آزمون‌های آماری طبق پرسش ب

$s = 2.2″$

$\tilde{s} = 1.6″$

$\nu = 32$

$$0.49 \le \frac{4.84(″)^2}{2.56(″)^2} \le 2.02$$

$$0.49 \le 1.89 \le 2.02$$

از آنجائیکه شرط بالا برقرار است، فرض صفر که بیان می‌کند انحراف معیار استاندارد مشاهداتی $s=2.7''$ و $\tilde{s}=1.6''$ متعلق به همان جامعه با سطح اطمینان ٪ ۹۵ رد نمی شود.

پیوست پ
(اطلاعاتی)
مثالی از دو روش آزمون (زوایای قائم)

پ-۱ اندازه‌گیری‌ها

ستون‌های۱ تا ۴ جدول پ-۱، شامل زوایای قائم اندازه‌گیری شده $x_{j,k,I}$ و $x_{j,k,II}$ برای روش آزمون ساده یا سری اندازه‌گیری‌ها شماره یک روش آزمون کامل (سری اندازه‌گیری‌های شماره ۲ ، ۳ و ۴ چاپ نشده است) می‌باشد.

قرائت کننده: اس. میلر

هوا: آفتابی، ۱۰ درجه سلسیوس

نوع و شماره دستگاه: NN XXX 630401

تاریخ: 1999-04-15

یادآوری- دایره دستگاهاندازه‌گیری به gon ۴۰۰ (به جای ۳۶۰ درجه) تقسیم می شود.

جدول پ-۱ – اندازه‌گیری‌ها و باقی‌مانده‌ها

1 j	2 k	3 $x_{j,k,\mathrm{I}}$ gon	4 $x_{j,k,\mathrm{II}}$ gon	5 $\delta_{j,k}$ mgon	6 $x'_{j,k}$ gon	7 $\overline{x}_k$ gon	8 $r_{j,k}$ mgon	9 $r^2_{j,k}$ mgon^2
1	1	49,367 7	350,632 6	0,15	49,367 55	49,367 27	−0,28	0,078
	2	86,353 3	313,646 7	0,00	86,353 30	86,353 43	+0,13	0,017
	3	101,416 9	298,583 2	0,05	101,416 85	101,416 97	+0,12	0,014
	4	113,649 0	286,351 8	0,40	113,648 60	113,648 62	+0,02	0,000
	Σ	350,786 9	1249,214 3	0,60	350,786 30	350,786 29	−0,01	0,109
2	1	49,367 2	350,632 8	0,00	49,367 20		+0,07	0,005
	2	86,353 8	313,646 5	0,15	86,353 65		−0,22	0,048
	3	101,416 9	298,582 9	−0,10	101,417 00		−0,03	0,001
	4	113,648 7	286,351 7	0,20	113,648 50		+0,12	0,014
	Σ	350,786 6	1249,213 9	0,25	350,786 35		−0,06	0,068
3	1	49,367 5	350,633 4	0,45	49,367 05		+0,22	0,048
	2	86,353 2	313,646 5	−0,15	86,353 35		+0,08	0,006
	3	101,417 1	298,583 0	0,05	101,417 05		−0,08	0,006
	4	113,649 0	286,351 5	0,25	113,648 75		−0,13	0,017
	Σ	350,786 8	1249,214 4	0,60	350,786 20		+0,09	0,077
								0,254[a]

[a] Value represents Σr^2_1.

پ-۲ محاسبات

ابتدا، خطای قائم، δ_1 (فقط برای روش آزمون کامل) محاسبه می‌شود. در معادله ۳۴، ۳۶۰°- با ۴۰۰gon- جایگزین می‌شود.

$$\delta_1 = \frac{0.60 + 0.25 + 0.60}{12} mgon = 1.2mgon$$

سپس مقادیر $x'_{j,k}$ با اندازه‌گیری‌های اصلی $x_{j,k,I}$ و $x_{j,k,II}$ محاسبه می‌شوند. در معادله ۳۳، ۳۶۰°+ با ۴۰۰gon + (به ستون ۶ جدول پ-۱ مراجعه شود) جایگزین می‌شود.

ستون ۷ جدول پ-۱ شامل مقادیر میانگین $\bar{x}_k$ زوایای قائم $x'_{j,k}$ (به معادله ۳۵ مراجعه شود) است.

باقیمانده‌های $r_{j,k}$ ، تفاضل مقادیر میانگین $\bar{x}_k$ و زوایای $x'_{j,k}$ بدست آمده طبق معادله ۳۶ (به ستون ۸ جدول پ-۱ مراجعه شود) هستند.

سپس مجموع $\sum r_1^2 = 0.254mgon^2$ با مقادیر ستون ۸ تا ۹۰ جدول پ- ۱ (طبق معادله ۳۸) محاسبه می‌شود.

برای روش آزمون ساده، انحراف معیار استاندارد مشاهداتی زاویه قائم $x_{j,k}$ اندازه‌گیری شده در یک سری اندازه‌گیری در هر دو جهت موقعیت I و II، طبق معادله ۳۹ و ۴۰:

$$s = \sqrt{\frac{0.254mgon^2}{8}} = 0.18mgon$$

این نتیجه نهایی به دست آمده از روش ساده می‌باشد.

برای روش آزمون کامل، انحراف معیار استاندارد مشاهداتی زاویه قائم $x_{j,k}$ اندازه‌گیری شده در یک سری اندازه‌گیری در هر دو جهت موقعیت I و II، مجاز برای سری اندازه‌گیری‌های شماره ۱، طبق معادله ۳۹ و ۴۰، برابر است با:

$$s_1 = \sqrt{\frac{0.254mgon^2}{8}} = 0.18mgon$$

به عنوان بررسی‌های محاسباتی برای هر کدام از زوایای قائم(j =1, 2, 3) ، مجموع‌های ستون‌ها در جدول پ-۱ باید شرایط زیر را (به جز خطاهای گرد کردن) داشته باشد:

- جمع ستون ۳ به اضافه جمع ستون ۴ منهای چهار برابر ۴۰۰ gon باید برابر با دو برابر جمع ستون ۵ باشد:

$350.7869 + 1249.2143 - 4 \times 400 = 2 \times 0.0060$
$350.7866 + 1249.2139 - 4 \times 400 = 2 \times 0.0025$
$350.7868 + 1249.2144 - 4 \times 400 = 2 \times 0.0060$

- تفاضل بین جمع ستون ۳ و جمع ستون ۴ به اضافه ۱۶۰۰gonباید بابر با دو برابر جمع ستون ۶ باشد:

$350.7869 + 1249.2143 - 4 \times 400 = 2 \times 350.78630$
$350.7866 + 1249.2139 - 4 \times 400 = 2 \times 350.78635$
$350.7868 + 1249.2144 - 4 \times 400 = 2 \times 350.78620$

- تفاضل بین جمع ستون ۷ و جمع ستون ۸ باید برابر با جمع ستون ۸ باشد:

350.78629 – 350.78630 = -0.0001
350.78629 – 350.78635 = -0.0006
350.78629 – 350.78620 = +0.0009

- جمع ستون ۱۲ در ستون ۸ برابر با صفر است.

نتایج سری اندازه‌گیری عبارت است از:

$S_1 = 0.18$ mgon; $\delta_1 = 0.12$ mgon
$S_1 = 0.12$ mgon; $\delta_2 = 0.70$ mgon
$S_3 = 0.11$ mgon; $\delta_3 = 0.42$ mgon
$S_4 = 0.21$ mgon; $\delta_4 = 0.59$ mgon
$\delta = 0.46$ mgon

انحراف معیار استاندارد مشاهداتی کلی،s، و درجه آزادی ،ν، بر طبق معادلات ۴۳ ، ۴۴ و ۴۵ محاسبه می‌شوند:

$$s = \sqrt{\frac{0.103 mgon^2}{4}} = 0.16 mgon$$

$$\nu = 32$$

$$s_{ISO-THEO-HZ} = 0.16 mgon$$

پ- ۳ آزمون‌های آماری

پ-۳-۱ آزمون‌های آماری طبق پرسش الف

$$\sigma = 0.1 mgon$$
$$s = 0.16 mgon$$
$$\nu = 32$$
$$0.16 mgon \le 0.1 mgon \times 1.20$$
$$\le 0.12 mgon$$

از آنجائیکه شرط بالا برقرار نیست، فرض صفر بیان می‌کند انحراف معیار استاندارد مشاهداتی s=0.16 mgon که کوچکتر یا مساوی مقدار سازنده σ= 0.1 mgon است با سطح اطمینان ٪ ۹۵ رد می‌شود.

پ-۳-۱ آزمون‌های آماری طبق پرسش ب

$$s = 0.16 mgon$$
$$\tilde{s} = 0.12 mgon$$
$$\nu = 32$$
$$0.49 \le \frac{0.025 mgon^2}{0.0144 mgon^2} \le 2.02$$
$$0.49 \le 1.78 \le 2.02$$

از آنجائیکه شرط بالا برقرار است، فرض صفر بیان می‌کند که انحراف معیار استاندارد مشاهداتی s=0.16 mgon و $\tilde{s} = 0.12mgon$ متعلق به همان جامعه با سطح اطمینان ٪ ۹۵ رد نمی‌شود.

پ-۳-۳ آزمون‌های آماری طبق پرسش پ

$$s = 0.16mgon$$

$$\nu = 32$$

$$\delta = 0.46mgon$$

$$s_\delta = 0.023\,mgon$$

$$0.49mgon \le 0.023mgon \times 2.04$$
$$\le 0.05mgon$$

از آنجائیکه شرط بالا برقرار نیست، فرض صفر که بیان می‌کند خطای شاخص قائم که برابر صفر است با سطح اطمینان ٪ ۹۵ رد می‌شود.