



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۱۷۰۲-۷

چاپ اول

ISIRI

11702-7

1st.edition

اپتیک و تجهیزات اپتیکی - روش‌های صحرائی
برای آزمون تجهیزات ژئودزی و نقشه برداری -
قسمت هفتم: شاقول اپتیکی

**Optics and optical instruments-Field procedures
for testing geodetic and surveying instruments-
Part 7: Optical plumbing instruments**

ICS: 17.180.30

به نام خدا

آشنایی با موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان موسسه* صاحب نظران مراکز و موسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولید کنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که موسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که موسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، 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. موسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون وسایل سنجش، موسسه استاندارد این گونه سازمان‌ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این موسسه است.

* موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metologie Legal)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" اپتیک و تجهیزات اپتیکی - روش های صحرائی برای آزمون تجهیزات

ژئودزی و نقشه برداری - قسمت هفتم: شاقول اپتیکی "

رئیس:

علائی‌وند، علیرضا
(لیسانس نقشه برداری)

سمت و / یانمایندگی:

مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور
آمایش و پردازش نقشه

دبیر:

مقدم، فاطمه
(فوق لیسانس فیزیک)

عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم پایه
کاربردی جهاد دانشگاهی

بدراقی، جلیل
(دانشجوی دکتری فیزیک)

معاون پژوهشی پژوهشکده علوم پایه
کاربردی جهاد دانشگاهی

اعضاء: (به ترتیب حروف الفبا)

پارسافر، ناهید
(فوق لیسانس فیزیک)

عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم پایه
کاربردی جهاد دانشگاهی

صادق آبادی، علیرضا
(لیسانس عمران - سازه)

کارشناس نظارت شرکت مهندسین
مشاور پارس گستره

عاصمی، شهاب
(فوق لیسانس برنامه ریزی شهری، منطقه‌ای)

مدیر پروژه شرکت پیمانکاری آرمه نو

کاظمی زاده، زهرا
(فوق لیسانس شیمی)

عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم پایه
کاربردی جهاد دانشگاهی

رهبری، محمد
(لیسانس عمران - سازه)

مجری طرح و نیروگاه سیمره
شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران

یزدانفر، مجید
(فوق لیسانس راه و ساختمان)

رئیس بخش نظارت شرکت مهندسین
مشاور پارس گستره

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیشگفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ الزامات
۳	۵ انواع شاقول اپتیکی
۳	۶ اصول آزمون
۴	۷ روش انجام آزمون
۸	۸ آزمون‌های آماری
۱۱	پیوست الف (اطلاعاتی) مثالی از روش اجرایی آزمون

پیش‌گفتار

استاندارد " اپتیک و تجهیزات اپتیکی - روش‌های صحرائی برای آزمون تجهیزات ژئودزی و نقشه برداری - قسمت هفتم: شاقول اپتیکی " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی تهیه و تدوین شده و در یکصد و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۸۷/۱۱/۳۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبعی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 17123-7:2005, Optics and optical instruments-Field procedures for testing geodetic and surveying instruments-Part 7: Optical plumbing instruments.

مقدمه

عنوان کلی استاندارد ISO 17123 ، "اپتیک و تجهیزات اپتیکی - روش‌های صحرائی برای آزمون تجهیزات ژئودزی و نقشه برداری" می‌باشد و شامل قسمت‌های زیر است:

قسمت اول: تئوری؛

قسمت دوم: ترازیاها؛

قسمت سوم: تئودولیت‌ها؛

قسمت چهارم: سنجشگرهای الکترواپتیکی فاصله (تجهیزات EDM)؛

قسمت پنجم: تاکنومترهای الکترونیکی؛

قسمت ششم: لیزرهای چرخشی؛

قسمت هفتم: شاقول اپتیکی.

اپتیک و تجهیزات اپتیکی - روش‌های صحرایی برای آزمون تجهیزات ژئودزی و نقشه برداری - قسمت هفتم: شاقول اپتیکی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه روش‌های صحرایی برای تعیین و ارزیابی دقت (تکرارپذیری) شاقول اپتیکی^۱ و تجهیزات جانبی آنها، به‌نگام اندازه‌گیری‌های ساختمانی و نقشه‌برداری می‌باشد. این استاندارد برای شاقول‌های اپتیکی نصب شده در دوربین یا دستگاه‌های نقشه برداری کاربردی ندارد. این آزمونها، به منظور بررسی‌های صحرایی و سریع صحت ابزار می‌باشند و الزامات استانداردهای دیگر را هم برآورده می‌نمایند. این روشهای اجرایی به عنوان آزمونی برای پذیرش یا ارزیابی کارایی دستگاه‌هایی که در طبیعت بیشتر جامعیت دارند، پیشنهاد نمی‌شود. این استاندارد را می‌توان به عنوان یکی از اولین گام‌ها در فرآیند ارزیابی عدم اطمینان یک اندازه‌گیری (به ویژه یک اندازه‌ده^۲) در نظر گرفت. عدم اطمینان نتیجه یک اندازه‌گیری به تعدادی از عوامل بستگی دارد. این موارد شامل: تکرار مشاهده، تجدید پذیری (تکرار پذیری روزانه مشاهده) و یک برآورد کلی از تمامی منابع خطاهای موجود است، این منابع خطا در راهنمای ISO که عدم قطعیت اندازه‌گیری را بیان می‌کند^۳ شرح داده شده‌است. این روش‌های صحرایی، ویژه کاربردها در مکان طبیعی می‌باشند و بدون نیاز به تجهیزات جانبی خاص و با هدف کاهش تأثیرات جوی و اثرات تنظیم ناقص ابزار شاقول اپتیکی طراحی شده‌اند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیرحاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای 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 تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع الزامی زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 3534-1:2006, Statistics-Vocabulary and symbols- Part 1:probability and general statistical terms

2-2 ISO 4463-1:1989, Measurement method for building-Setting-out and measurement-Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria

2-3 ISO 7077:1981, Measuring methods for bulding-General principles and procedures for the verification of dimensional comoliance

1-Optical plumbing

2-Measurand

3-ISO Guide to the expression of Uncertainty in Measurement (GUM)

- 2-4** ISO 7078:1985, Building construction-Procedures for setting out, measurement and surveying-Vocabulary and guidance notes
- 2-5** ISO 9849:2000, Optics and optical instruments- Geodetic and surveying instruments-Vocabulary
- 2-6** ISO 17123-1:2002, Optics and optical instruments- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments-Part1:Theory
- 2-7** Guide to the expression of uncertainty in measurement(GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993, corrected and reprinted in 1995
- 2-8** International vocabulary of basic and general terms in metrology(VIM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 2nd ed., 1993

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در ISO 4463-1:1989، ISO3534-1:2006، ISO 7077:1981، ISO 7078:1985، ISO 9849:2000، ISO 17123-1:2002، GUM و VIM به کار می‌روند.

۴ الزامات

پیش از شروع نقشه‌برداری، کاربر دستگاه باید مطمئن شود که دقت تجهیزات اندازه‌گیری مورد استفاده، برای اندازه‌گیری مورد نظر مناسب می‌باشد.

شاقول اپتیکی و تجهیزات جانبی آن باید در مکان مناسب و شناخته شده نگهداری شده و به صورت دوره‌ای و مطابق روش‌های مشخص شده در دستورالعمل سازنده تنظیم گردد و با سه پایه پیشنهادی سازنده به کار برده شود.

نتایج این آزمونها متأثر از شرایط هواشناسی است. آسمان ابری و سرعت پایین باد، شرایط جوی مساعدتری است. بسته به مکانی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌گیرد مقادیر تصحیحات، متفاوت است. همچنین شرایط واقعی آب و هوا باید در زمان اندازه‌گیری ثبت شود و محیط مناسب اندازه‌گیری ایجاد شود. شرایط انتخابی برای آزمونها باید با مواردی که به‌هنگام آزمایشها در واقعیت روی می‌دهد، انطباق داشته باشند (به استانداردهای ISO 7077:1981 و ISO 7078:1985 مراجعه کنید). به خصوص این مورد برای گستره فاصله عمودی (ارتفاع شاقول) قابل اجرا است که بایستی هنگام عملکرد شاقول انجام شود.

آزمون‌هایی که در آزمایشگاه‌ها انجام گرفته نتایجی ارائه می‌کنند که اغلب تحت تأثیر بسیاری از شرایط اندازه‌گیری که پیش از این ذکر شد، قرار نمی‌گیرند، اما هزینه چنین آزمون‌هایی بسیار بالا است، و بنابراین برای بسیاری از کاربران عملی نمی‌باشند، بعلاوه، آزمونهای آزمایشگاهی دقتی بسیار بیشتر از دقت آزمون‌ها تحت شرایط صحرائی دارند.

در روش اجرایی شرح داده شده در این استاندارد، یک شبکه مستطیلی $x-y$ که به عنوان صفحه مدرج استفاده می‌شود، ضروری است. فاصله بندی t این شبکه باید شرایط زیر را برآورده نماید:

$$t \geq 2/9 \times \frac{h}{\Gamma} \quad (1)$$

که در آن:

۲/۹ ضریب ثابتی است که تخمین مناسبی را در طی شبکه مجاز می‌سازد؛

h ارتفاع شاقول به متر؛

Γ قدرت بزرگنمایی تلسکوپ است.

اندازه t به میلیمتر به دست می‌آید.

۵ انواع شاقول اپتیکی

انواع تجهیزات شاقول اپتیکی به قرار زیر می‌باشند:

- تجهیزاتی که از تراز حبابدار استفاده می‌نمایند؛

- تجهیزاتی که از یک جبران کننده (کمپانساتور)^۱ واحد استفاده می‌نمایند؛

- تجهیزاتی که از جبران کننده دوتایی (کمپانساتور دوتایی) استفاده می‌نمایند.

تراز حبابدار یا یک جبران کننده واحد متضمن آن است که خط دید در صفحه قائمی باشد که منحصراً بر راستای قراولروی^۲ عمود است. خط شاقولی فصل مشترک دو صفحه قائم عمود بر

یکدیگر می‌باشد و نیازمند استقرار و اندازه‌گیری در دو راستای عمودی قراولروی می‌باشد.

تجهیزاتی با جبران کننده دوگانه متضمن آن است که خط دید در همه راستاها برخط شاقولی منطبق باشد. با اینکه اختلاف در طراحی‌ها بدیهی است، تنها باید یک روش اجرایی آزمون برای

انواع مختلف شاقول‌های اپتیکی استفاده شود.

شاقول‌های اپتیکی قادر به رویت رو به بالا یا رو به پایین یا هر دو سمت هستند. روش اجرایی آزمون در همه این موارد یکسان است.

این روش اجرایی آزمون برای شاقول لیزری نیز به کار برده می‌شود، اما وسیله مشاهده دیگری برای مشاهده نقطه لیزر روی نشانه نیاز است.

۶ اصول آزمون

این روش اجرایی آزمون باید برای تعیین دقت اندازه‌گیری یک شاقول اپتیکی مخصوص و تجهیزات جانبی آن، تحت شرایط صحرائی، انتخاب شود.

دقت اندازه‌گیری هر یک از انواع شاقول‌های اپتیکی به ارتفاع شاقول بستگی دارد. بنابراین

دقت اندازه‌گیری قابل حصول در اصل، انحراف معیار تجربی نسبی یک مؤلفه از نقطه منتقل شده در همان هنگام روی ارتفاع متناظر شاقول است:

$$^S\text{ISO-plumb}$$

ضمناً، این روش اجرایی می‌تواند برای تعیین موارد زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- دقت اندازه‌گیری یک دستگاه شاقول اپتیکی و تجهیزات جانبی آن به وسیله یک گروه نقشه بردار در زمانی معین؛

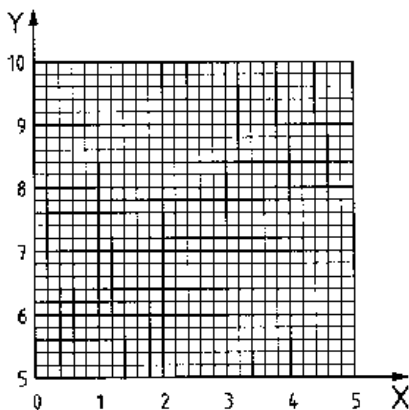
1-compensator
2-pointing

- دقت اندازه‌گیری یک دستگاه بر حسب زمان و شرایط محیطی مختلف؛
 - دقت اندازه‌گیری هر یک از انواع شاقول‌های اپتیکی به منظور آنکه توانایی مقایسه با دقت‌هایی که تحت شرایط صحرائی مشابه به دست می‌آیند، را داشته باشیم.
 بهتر است برای تعیین اینکه آیا انحراف معیار تجربی به دست آمده، به جامعه انحراف معیار نظری تجهیزات σ ، متعلق است، یا دو نمونه مورد آزمون به یک جامعه متعلق هستند، یا انحراف معیار مؤلفه x با انحراف معیار مؤلفه y برابر است و یا خط دید برخط شاقولی منطبق است، آزمون‌های آماری به کار برده شوند.
 انحراف از خط دید بر انحراف معیار به دست آمده در روش اجرایی آزمون که در بند ۷ توصیف شد، تأثیر ندارد.
 این روش اجرایی آزمون برای شاقول لیزری نیز به کار برده می‌شود، اما وسیله مشاهده دیگری برای مشاهده نقطه لیزر روی نشانه نیاز است.

۷ روش انجام آزمون

۱-۷ پیکربندی آزمون

یک شبکه مستطیلی شکل $x-y$ چنانچه در بند ۴ توصیف شد، باید در ارتفاع شاقول h همان گونه که از عملکرد شاقول انتظار داریم، برقرار شود. شکل ۱ مثالی از شبکه $x-y$ را نشان می‌دهد با فاصله‌گذاری ۲ mm و شماره‌گذاری که تغییرات اندازه $x-y$ را نشان می‌دهد. این صفحه مدرج باید به طور تقریبی تراز شود و به طور قائم بالا یا پایین علامتی قرار گیرد که رو یا زیر شاقول مرکز به مرکز شده (سانتراژ شده) می‌باشد.
 ترازهای رتیکول تلسکوپ باید موازی محورهای صفحه مدرج باشد.



شکل ۱- مثالی از شبکه $x-y$

۲-۷ اندازه‌گیری

قبل از شروع اندازه‌گیری‌ها، باید اجازه داد تجهیزات با محیط پیرامون همدم شوند. زمان لازم در حدود دو دقیقه برای هر اختلاف درجه سلسیوس می‌باشد. بعلاوه، کاربر باید قبل از آزمون خطای موزای سازی (کولیماسیون) را به شیوه‌ای که سازنده مشخص نموده اندازه‌گیری و دستگاه را تنظیم نماید.

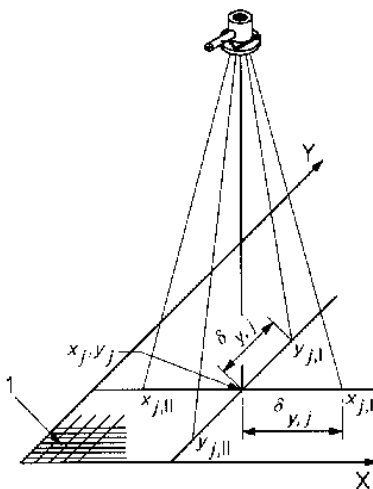
سه سری از اندازه‌گیری‌ها ($m = 3$ برای $i = 1, \dots, m$) باید انجام گیرد. هر سری باید حاوی $n = 10$ (برای $j = 1, \dots, n$) مجموعه از اندازه‌گیری‌ها باشد. ما بین سری‌های به خصوصی از اندازه‌گیری‌ها، دستگاه باید بالا برده شده و دوباره تنظیم شود. هنگام استقرار دستگاه، باید به سانتراژ دستگاه بر روی نقطه مبنا (نقطه پنج مارک) توجه ویژه‌ای داشت.

هر مجموعه از اندازه‌گیری‌ها دو مشاهده $x_{j,i}$ و $x_{j,II}$ را با تلسکوپ در امتداد قطر، خلاف جهت موقعیت‌های I و II (برای مثال، مکانی در امتداد محور x + و محور x -) شامل می‌شود و همچنین دو مشاهده دیگر $y_{j,i}$ و $y_{j,II}$ دوباره با تلسکوپ در امتداد قطر، خلاف جهت موقعیت‌های I و II (برای مثال، مکانی در امتداد محور y + و محور y -).

۳-۷ محاسبه

اندازه‌گیری‌های هر سری به طور جداگانه ارزیابی می‌شوند. ضریب i برای i امین سری تنها به نمادهای نتایج نهایی اضافه می‌شود.

ابتدا، اختلاف‌های قرائت‌های $x_{j,i}$ و $x_{j,II}$ ، $y_{j,i}$ و $y_{j,II}$ ، به ترتیب در موقعیت‌های تلسکوپی I و II محاسبه شده و بر ۲ تقسیم می‌شوند. این مقادیر $\delta x_{j,i}$ ، $\delta y_{j,i}$ ، انحراف‌ها از خط شاقولی می‌باشند (به شکل ۲ مراجعه شود):



راهنما
۱ صفحه شبکه

شکل ۲- شکل توضیحی برای محاسبات

$$\delta x_j = \frac{1}{\sqrt{2}} \times (x_{j,I} - x_{j,II}) : \quad j = 1, \dots, 10 \quad (2)$$

$$\delta y_j = \frac{1}{\sqrt{2}} \times (y_{j,I} - y_{j,II}) : \quad j = 1, \dots, 10 \quad (3)$$

گام بعدی محاسبه شبه مشاهده‌های x_j و y_j است:

$$x_j = \frac{1}{\sqrt{2}} \times (x_{j,I} + x_{j,II}) : \quad j = 1, \dots, 10 \quad (4)$$

$$y_j = \frac{1}{\sqrt{2}} \times (y_{j,I} + y_{j,II}) : \quad j = 1, \dots, 10 \quad (5)$$

که:

x_j مقدار میانگین مشاهده‌های $x_{j,I}$ و $x_{j,II}$ است؛

y_j مقدار میانگین مشاهده‌های $y_{j,I}$ و $y_{j,II}$ است.

مقادیر میانگین شبه مشاهده‌ها روی همه ده مجموعه به صورت زیر هستند:

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} x_j \quad (6)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} y_j \quad (7)$$

$$\bar{\delta x} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} \delta x_j \quad (8)$$

$$\bar{\delta y} = \frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} \delta y_j \quad (9)$$

با مقادیر میانگین \bar{x} و \bar{y} ، باقیمانده‌های شبه مشاهده‌ها، $r_{x,j}$ و $r_{y,j}$ به شکل زیر محاسبه می‌شوند:

$$r_{x,j} = \bar{x} - x_j \quad (10)$$

$$r_{y,j} = \bar{y} - y_j \quad (11)$$

نتایج نهایی i امین مجموعه از اندازه‌گیری‌ها به این صورت هستند:

$$\sum r_{x,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{x,i,j}^2 \quad (12)$$

$$\sum r_{y,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{y,i,j}^2 \quad (13)$$

$$\sum r_i^2 = \sum r_{x,i}^2 + \sum r_{y,i}^2 \quad (14)$$

$$v_{x,i} = v_{y,i} = 10 - 1 = 9 \quad (15)$$

$$v_i = 20 - 2 = 18 \quad (16)$$

$$s_{x,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{v_{x,i}}} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{9}} \quad (17)$$

$$s_{y,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{y,i}^2}{v_{y,i}}} = \sqrt{\frac{\sum r_{y,i}^2}{9}} \quad (18)$$

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^x}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^y}{18}} \quad (19)$$

که در آن:

$\sum r_{x,i}^x$ مجموع مربعات باقیمانده‌ها در راستای x می‌باشد؛

$\sum r_{x,i}^y$ مجموع مربعات باقیمانده‌ها در راستای y می‌باشد؛

$\sum r_i^x$ مجموع کل مربعات باقیمانده‌ها است؛

$v_{x,j} = v_{y,j}$ به ترتیب درجه آزادی مؤلفه‌های x و y است؛

v_i درجه آزادی است؛

$s_{x,i}$ انحراف معیار مؤلفه x از یک نقطه منتقل شده برای ارتفاع شاقول، h ، است که در هر دو موقعیت تلسکوپ تعیین شده است؛

$s_{y,i}$ انحراف معیار مؤلفه y از یک نقطه منتقل شده برای ارتفاع شاقول، h ، است که در هر دو موقعیت تلسکوپ تعیین شده است؛

s_i انحراف معیار از یک نقطه منتقل شده برای ارتفاع شاقول، h ، است که در هر دو موقعیت تلسکوپ تعیین شده است.

به منظور دستیابی به نتایج با معنی‌تر روش اجرایی آزمون، محاسبه مؤلفه‌های x و y انحراف معیار تجربی، به تفکیک، پیشنهاد می‌شود:

$$\sum_{i=1}^r v_{x,i} = \sum_{i=1}^r v_{y,i} = 27 \quad (20)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_{x,1}^x + \sum r_{x,2}^x + \sum r_{x,3}^x}{v_{x,1} + v_{x,2} + v_{x,3}}} \quad (21)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum r_{y,1}^y + \sum r_{y,2}^y + \sum r_{y,3}^y}{v_{y,1} + v_{y,2} + v_{y,3}}} \quad (22)$$

درجه آزادی به شکل زیر است:

$$v = \sum_{i=1}^r v_i = 54 \quad (23)$$

و انحراف معیار از یک نقطه منتقل شده برای ارتفاع شاقول، h ، که همزمان در هر دو موقعیت تلسکوپ تعیین شده است، از اندازه‌گیری همه سری‌ها محاسبه می‌شود:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_1^x + \sum r_2^x + \sum r_3^x}{v}} \quad (24)$$

دقت اندازه‌گیری به صورت زیر بازخوانی می‌شود:

$$= \frac{s}{h} [\text{or} = s(\text{at } h)] s_{\text{ISO-plumb}} \quad (25)$$

انحراف برآورد شده خط دید از خط شاقولی، δ ، را می‌توان با شبه مشاهده‌های $\overline{\delta x}$ و $\overline{\delta y}$ از هر سری i ارزیابی کرد:

$$\delta_x = \frac{\sum_{i=1}^r \overline{\delta x_i}}{3} \quad (26)$$

$$\delta_y = \frac{\sum_{i=1}^r \overline{\delta y_i}}{3} \quad (27)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \quad (28)$$

این انحراف معیار تجربی انحراف δ به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$s_\delta = s \left(\frac{1}{\sqrt{3} \times \sqrt{10}} \right) \quad (29)$$

۸ آزمون‌های آماری

۱-۸ کلیات

برای روش اجرایی آزمون ارائه شده در این استاندارد، آزمون‌های آماری توصیه می‌شود. برای تفسیر نتایج، آزمون‌های آماری باید با استفاده از موارد زیر، انجام گیرند:

- انحراف معیار تجربی s ، از یک عملکرد شاقول در هر دو موقعیت تلسکوپ انجام شود،
 - انحراف δ ، از خط دید و از انحراف معیار تجربی آن، s_δ ؛ برای تجهیزات جبران کننده دوتایی بهتر است δx و δy به طور جداگانه به همراه انحراف معیارهای تجربی آنها $s_{\delta x}$ و $s_{\delta y}$ بررسی شوند، به منظور پاسخ سؤالات زیر (به جدول ۱ مراجعه شود).

الف) آیا انحراف معیار تجربی محاسبه شده s ، از مقدار σ ای که سازنده بیان کرده است یا از مقدار σ دیگری که از پیش تعیین شده است، کوچکتر می‌باشد؟

ب) آیا دو انحراف معیار تجربی s و \bar{s} که از دو نمونه متفاوت اندازه‌گیری‌ها با ارتفاع شاقول همانند h و تعداد یکسان درجه آزادی v ، تعیین شده‌اند به یک جامعه تعلق دارند؟
 برای دستیابی به انحراف معیارهای تجربی s و \bar{s} انجام موارد زیر، مجاز است:

۱) دو نمونه از اندازه‌گیری‌ها با یک دستگاه با عامل‌های متفاوت، یا

۲) دو نمونه از اندازه‌گیری‌ها با یک دستگاه در زمان‌های متفاوت، یا

۳) دو نمونه از اندازه‌گیری‌ها با دستگاه‌های مختلف.

ج) آیا انحراف معیار مؤلفه x ، s_x ، با انحراف معیار مؤلفه y ، s_y ، حاصل از عملکرد شاقول، برابر می‌باشد؟

د) آیا انحراف δ ، از خط دید برابر صفر است؟

برای آزمون‌های زیر، سطح اطمینان $1 - \alpha = 0.95$ در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱- آزمون‌های آماری

پرسش	فرضیه اولیه	فرضیه جایگزین
الف	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
ب	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
ج	$\sigma_x = \sigma_y$	$\sigma_x \neq \sigma_y$
د	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

۲-۸ پاسخ به پرسش الف در ۱-۸

فرضیه اولیه که بیان می‌کند انحراف معیار تجربی، s ، کوچکتر یا برابر مقدار پیش بینی شده یا نظری σ می‌باشد، چنانچه شرایط زیر تأمین شود، مورد قبول است:

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v)}{v}} \quad (30)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{.95}^2(54)}{54}} \quad (31)$$

$$\chi_{.95}^2(54) = 72/15 \quad (32)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{72/15}{54}} \quad (33)$$

$$s \leq \sigma \times 1/16 \quad (34)$$

که:

χ ، توزیع خی ۲ می‌باشد.

در غیر اینصورت، فرضیه اولیه رد می‌شود.

۳-۸ پاسخ به پرسش ب در ۱-۸

در مورد دو نمونه متفاوت، یک آزمون نشان می‌دهد آیا انحراف معیارهای تجربی s و \tilde{s} ، به یک جامعه متعلق هستند یا نه. متناظر فرضیه اولیه، $\sigma = \tilde{\sigma}$ ، چنانچه شرایط زیر تأمین شوند، مورد قبول است:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2) \quad (35)$$

$$\frac{1}{F_{.975}(54, 54)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{.975}(54, 54) \quad (36)$$

$$F_{.975}(54, 54) = 1/71 \quad (37)$$

$$0/58 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 1/71 \quad (38)$$

که:

F ، توزیع فیشر می‌باشد.

در غیر اینصورت، فرضیه اولیه رد می‌شود.

۴-۸ پاسخ به پرسش ج در ۱-۸

فرضیه اولیه که بیان می‌کند انحراف معیارهای تجربی s_x و s_y متعلق به یک جامعه هستند، چنانچه شرایط زیر تأمین شود مورد قبول است:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_x, v_y)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_x, v_y) \quad (39)$$

$$v_x = v_y = 27 \quad (40)$$

$$\frac{1}{F_{.975}(27, 27)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{.975}(27, 27) \quad (41)$$

$$F_{.975}(27, 27) = 2/16 \quad (42)$$

$$.46 \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq 2/16 \quad (43)$$

در غیر اینصورت، فرضیه اولیه رد می‌شود.

۵-۸ پاسخ به پرسش د در ۱-۸

فرضیه انطباق خط دید با صفحه قائم مربوط به خط شاقولی (فرضیه اولیه δ) چنانچه شرایط زیر تأمین شود مورد قبول است:

$$|\delta| \leq s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(v) \quad (44)$$

$$|\delta| \leq s_\delta \times t_{.975}(54) \quad (45)$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{3} \times \sqrt{1.0}} \quad (46)$$

$$t_{.975}(54) = 2/0.0 \quad (47)$$

$$|\delta| = \frac{s}{\sqrt{3} \times \sqrt{1.0}} \times 2/0.0 \quad (48)$$

$$|\delta| \leq s \times 0/37 \quad (49)$$

در غیر اینصورت فرضیه اولیه رد می‌شود.

درجه آزادی و بنابراین مقادیر متناظر آزمون $\chi^2_{1-\alpha}(v)$ ، $f_{1-\alpha/2}(v, v)$ و $t_{1-\alpha/2}(v)$ (برگرفته از کتابهای مرجع آمار) اگر تعداد متفاوتی از اندازه‌گیری‌ها آنالیز شود، تغییر می‌کنند.

پیوست الف
(اطلاعاتی)
مثالی از روش اجرایی آزمون

الف-۱ اندازه‌گیری‌ها

جدول الف-۱ در ستون‌های ۲ تا ۵ در برگزیده مقادیر اندازه‌گیری شده ده مجموعه از قرائت‌های (j) در صفحه شبکه $x-y$ (صفحه مدرج) در راستای x و y ، هر یک در موقعیت‌های تلسکوپ I و II (مقادیر اندازه‌گیری شده $x_{j,I}$ ، $y_{j,I}$ ، $x_{j,II}$ و $y_{j,II}$) از سری اندازه‌گیری‌های شماره-۱ می‌باشد. (سری اندازه‌گیری‌های شماره-۲ و شماره-۳ نیامده‌اند).

جدول الف-۱ اندازه‌گیری‌ها و باقیمانده‌ها

ردیف	مقادیر اندازه‌گیری شده در موقعیت‌های تلسکوپی I و II				انحراف از خط شاقولی		مقدار میانگین مشاهده‌ها				باقیمانده‌ها					
	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱	۲	۳	۴
j	$x_{j,I}$	$y_{j,I}$	$x_{j,II}$	$y_{j,II}$	δx_j	δy_j	x_j	y_j	$r_{x,j}$	$r_{y,j}$	$r_{x,j}^2$	$r_{y,j}^2$				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ²				
۱	۳۶/۷	۷۱/۸	۳۷/۵	۷۲/۳	-۰/۴۰	-۰/۲۵	۳۷/۱۰	۷۲/۰۵	۰/۰۶	-۰/۰۴	۰/۰۳۶	۰/۰۱۶				
۲	۳۶/۸	۷۱/۸	۳۷/۳	۷۲/۳	-۰/۲۵	-۰/۲۵	۳۷/۰۵	۷۲/۰۵	۰/۱۱	-۰/۰۴	۰/۰۱۲۱	۰/۰۱۶				
۳	۳۶/۹	۷۱/۸	۳۷/۴	۷۲/۳	-۰/۲۵	-۰/۲۵	۳۷/۱۵	۷۲/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۶				
۴	۳۶/۹	۷۱/۸	۳۷/۴	۷۲/۲	-۰/۲۵	-۰/۲۰	۳۷/۱۵	۷۲/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۶				
۵	۳۶/۹	۷۱/۸	۳۷/۶	۷۲/۲	-۰/۳۵	-۰/۲۰	۳۷/۲۵	۷۲/۰۰	-۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۰۸۱	۰/۰۱۶				
۶	۳۶/۸	۷۱/۷	۳۷/۶	۷۲/۲	-۰/۴۰	-۰/۲۵	۳۷/۲۰	۷۱/۹۵	۰/۰۶	-۰/۰۴	۰/۰۰۳۶	۰/۰۱۶				
۷	۳۶/۸	۷۱/۸	۳۷/۴	۷۲/۲	-۰/۳۰	-۰/۲۰	۳۷/۱۰	۷۲/۰۰	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۰۳۶	۰/۰۱۶				
۸	۳۶/۸	۷۱/۷	۳۷/۸	۷۲/۲	-۰/۵۰	-۰/۲۵	۳۷/۳۰	۷۱/۹۵	۰/۱۶	-۰/۱۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۳۶				
۹	۳۶/۷	۷۱/۹	۳۷/۳	۷۲/۲	-۰/۳۰	-۰/۱۵	۳۷/۰۰	۷۲/۰۵	۰/۱۶	-۰/۰۴	۰/۰۲۵۶	۰/۰۱۶				
۱۰	۳۶/۹	۷۱/۸	۳۷/۶	۷۲/۲	-۰/۳۵	-۰/۲۰	۳۷/۲۵	۷۲/۰۰	-۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۰۸۱	۰/۰۱۶				
Σ	۳۶۸/۲	۷۱۷/۹	۳۷۴/۹	۷۲۲/۳	-۳/۳۵	-۲/۲۰	۳۷۱/۵۵	۷۲۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۸۲۵	۰/۰۱۴۰				

شرایط اندازه‌گیری

مجموعه: $i = 1$

عامل: S.Miller

هوا: $C \pm 10^\circ$ ابری

شماره و نوع ابزار: NN xxx ۶۳۰۴۰۱

بزرگ نمایی تلسکوپ: $\Gamma = 31/5$

ارتفاع شاقول: ۱۰/۱ m

فاصله صفحه شبکه: ۱ mm

تاریخ: ۱۹۹۹-۰۴-۱۵

الف-۲ محاسبات

ابتدا، اختلاف‌های δx_j و δy_j ، مطابق معادلات (۲) و (۳) (به ستون‌های ۶ و ۷ جدول الف-۱ مراجعه شود) و شبه مشاهده‌های x_j و y_j محاسبه می‌شوند [مطابق معادلات (۴) و (۵)]، به ستون‌های ۸ و ۹ جدول الف-۱ مراجعه شود]. با حاصل جمع هر سری از ۱۰ مشاهده (به سطرهای انتهایی ستون‌های ۲ تا ۹ مراجعه شود)، مقادیر میانگین اولین سری‌ها از مشاهدات مطابق معادلات (۶) الی (۹) محاسبه می‌شوند:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{10} x_j &= 371.55 \text{ mm} & \bar{x} &= 37.16 \text{ mm} \\ \sum_{j=1}^{10} y_j &= 720.10 \text{ mm} & \bar{y} &= 72.01 \text{ mm} \\ \sum_{j=1}^{10} \delta x_j &= -3.35 \text{ mm} & \overline{\delta x} &= -0.34 \text{ mm} \\ \sum_{j=1}^{10} \delta y_j &= -2.20 \text{ mm} & \overline{\delta y} &= -0.22 \text{ mm} \end{aligned}$$

با استفاده از مقادیر میانگین \bar{x} و \bar{y} ، باقیمانده‌های $r_{x,j}$ و $r_{y,j}$ مطابق معادلات (۱۰) و (۱۱) و مربع‌های آنها (به ستون‌های ۱۰ الی ۱۳ جدول الف-۱ مراجعه شود) محاسبه شده‌اند و در ادامه نتایج اولین سری از اندازه‌گیری‌ها، مطابق معادلات (۱۲) الی (۱۴) به صورت زیر هستند:

$$\begin{aligned} \sum r_{x,1}^2 &= 0.825 \text{ mm}^2 \\ \sum r_{y,1}^2 &= 0.140 \text{ mm}^2 \\ \sum r_1^2 &= 0.965 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

انحراف معیارهای متناظر $s_{x,1}$ ، $s_{y,1}$ و s_1 اولین سری‌ها از اندازه‌گیری‌ها بر اساس معادلات (۱۷) الی (۱۹)، با درجه آزادی (۱۵) و (۱۶) محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} s_{x,1} &= \sqrt{\frac{0.825 \text{ mm}^2}{9}} = 0.10 \text{ mm} \\ s_{y,1} &= \sqrt{\frac{0.140 \text{ mm}^2}{9}} = 0.04 \text{ mm} \\ s_1 &= \sqrt{\frac{0.965 \text{ mm}^2}{18}} = 0.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

نتایج نهایی سری‌های ۲ و ۳ به اینصورت هستند:

$$\begin{aligned} \sum r_{x,2}^2 &= 0.372 \text{ mm}^2 \\ \sum r_{y,2}^2 &= 0.836 \text{ mm}^2 \\ \sum r_{x,3}^2 &= 0.200 \text{ mm}^2 \\ \sum r_{y,3}^2 &= 0.292 \text{ mm}^2 \\ s_{x,2} &= 0.06 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s_{y,z} = 0.10 \text{ mm}$$

$$s_y = 0.08 \text{ mm}$$

$$s_{x,z} = 0.05 \text{ mm}$$

$$s_{y,z} = 0.06 \text{ mm}$$

$$s_z = 0.05 \text{ mm}$$

$$\overline{\delta x_z} = -0.40 \text{ mm}$$

$$\overline{\delta y_z} = -0.30 \text{ mm}$$

$$\overline{\delta x_z} = -0.44 \text{ mm}$$

$$\overline{\delta y_z} = -0.24 \text{ mm}$$

درجه آزادی برابر ۵۴ است، آنگاه مطابق معادله (۲۳)، انحراف معیار تجربی، s ، مطابق معادله (۲۴) محاسبه می‌شود:

$$s = \sqrt{\frac{0.0965 \text{ mm}^2 + 0.1208 \text{ mm}^2 + 0.0492 \text{ mm}^2}{54}} = 0.07 \text{ mm}$$

انحراف معیار تجربی $s_{\text{ISO-plumb}}$ مطابق معادله (۲۵) به دست می‌آید:

$$s_{\text{ISO-plumb}} = \frac{s}{h} = 1 : \frac{h}{s} = 1 : 144286 \approx 1 : 140000$$

بعلاوه، پارامترهای حاصل از همه سری‌های اندازه‌گیری‌ها مطابق معادلات (۲۶) و (۲۷) محاسبه می‌شوند:

$$\delta_x = \frac{-0.34 \text{ mm} - 0.40 \text{ mm} - 0.44 \text{ mm}}{3} = -0.39 \text{ mm}$$

$$\delta_y = \frac{-0.22 \text{ mm} - 0.30 \text{ mm} - 0.24 \text{ mm}}{3} = -0.25 \text{ mm}$$

و در برخی موارد، مطابق معادله (۲۸):

$$\delta = 0.46 \text{ mm}$$

انحراف معیار تجربی δ مطابق معادله (۲۹) محاسبه می‌شود، به طوریکه:

$$s_\delta = s \left(\frac{1}{\sqrt{3} \times \sqrt{10}} \right) = 0.1 \text{ mm}$$

الف- ۳ آزمون‌های آماری

الف-۳- ۱ آزمون آماری مطابق پرسش الف، در ۸-۱

$$\sigma = 1 : 100000 = 0.000100$$

$$s_{\text{ISO-plumb}} = 1 : 140000 = 0.000071$$

$$v = 54$$

$$0.000071 \leq 0.000100 \times 1/16$$

$$0.000071 \leq 0.000116$$

نظر به تأمین شرایط فوق، فرضیه اولیه که بیان می‌کند انحراف معیار تجربی $s_{ISO-plumb}$ کوچکتر یا مساوی مقدار σ است که سازنده بیان کرده، با سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته می‌شود.

الف-۳-۲ آزمون آماری مطابق پرسش ب، در ۸-۱

$$s = 0.000071$$

$$\tilde{s} = 0.000060 \quad (\text{فرض})$$

$$v = 54$$

$$0.58 \leq \frac{5.0 \times 10^{-11}}{3.6 \times 10^{-11}} \leq 1.71$$

$$0.58 \leq 1.39 \leq 1.71$$

با توجه به برقراری شرایط فوق، فرضیه اولیه که بیان می‌کند انحراف معیارهای تجربی s_x و s_y ، به جامعه یکسانی متعلق می‌باشند با سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته می‌شوند.

الف-۳-۳ آزمون آماری مطابق پرسش ج، در ۸-۱

$$s_x = 0.072 \text{ mm}$$

$$s_y = 0.068 \text{ mm}$$

$$v_x = v_y = 27$$

$$0.46 \leq \frac{0.0052}{0.0046} \leq 2.16$$

$$0.46 \leq 1.12 \leq 2.16$$

با توجه به برقراری شرایط فوق، فرضیه اولیه که بیان می‌کند انحراف معیارهای تجربی s_x و s_y ، به جامعه یکسانی متعلق هستند با سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته می‌شوند.

الف-۳-۴ آزمون آماری مطابق پرسش د) در ۸-۱

$$s = 0.07 \text{ mm}$$

$$\delta = 0.46 \text{ mm}$$

$$s_\delta = 0.01 \text{ mm}$$

$$v = 54$$

$$0.46 \text{ mm} \leq 0.01 \text{ mm} \times 2.00$$

$$0.46 \text{ mm} \leq 0.02 \text{ mm}$$

نظر به عدم برقراری شرایط فوق، فرضیه اولیه که بیان می‌کند انحراف δ ، از خط دید برابر صفر می‌باشد؛ با سطح اطمینان ۹۵٪ رد می‌شود، یعنی ابزار باید تنظیم شود.