



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۱۱۷۰۲-۵
تجدیدنظر اول
۱۳۹۹

INSO
11702-5
1st Revision
2020

Identical with
ISO 17123-5:
2018

اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی – روش‌های
اجرایی میدانی برای آزمون تجهیزات
ژئودتیک و نقشه‌برداری – قسمت ۵: توتال
استیشن‌ها

Optics and optical instruments –
Field procedures for testing geodetic and
surveying instruments -
Part 5: Total stations

ICS: 17.180.30

استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۱۷۰۲ (تجدیدنظر اول): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی ایران را بر 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات 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 تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات 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 مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح 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 می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد، به تصویب رسیده باشند.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به‌عنوان 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.

سازمان ملی استاندارد 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. سازمان 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 مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و 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، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و 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 اجرایی میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه‌برداری - قسمت ۵: توتال استیشن‌ها»

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس:

صباغان، محمد
(دکتری فیزیک - اپتیک و لیزر)
عضو هیأت علمی - دانشگاه شهید چمران اهواز

دبیر:

شجاع بختیار، نجمه
(کارشناسی ارشد فیزیک)
اداره کل استاندارد استان خوزستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

دایی، مینا
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)
اداره کل استاندارد استان خوزستان

عبدالخانی، علی
(دکتری عمران - GIS)
برق منطقه ای استان خوزستان

علی آبادی، شمس الملوک
(کارشناسی ارشد ریاضی)
سازمان نقشه‌برداری کشور

علیزاده، مصطفی
(کارشناسی ارشد عمران)
سازمان صنعت معدن تجارت استان خوزستان

عیوض زاده، بهنام
(کارشناسی ارشد مهندسی نقشه‌برداری)
سازمان نقشه‌برداری کشور

قبادی نیا، حمزه
(کارشناسی عمران)
شرکت بنیاد بتن خوزستان

محمدیان کریمی، سپهر
(کارشناسی ارشد عمران)
مهندسين مشاور

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ملک، محمدرضا
(دکتری عمران)

سمت و/یا محل اشتغال:

دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

نظری، آرش

(کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)

عضو مستقل

نیکو، محمد

(دکتری عمران)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

ویراستار:

رضوی، رخساره
(کارشناسی فیزیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ نمادها و زیرنویس‌ها
۲	۴-۱ نمادها
۳	۴-۲ زیرنویس‌ها
۵	۵ کلیات
۵	۵-۱ الزامات
۶	۵-۲ روش اجرایی ۱: روش اجرایی آزمون ساده شده
۶	۵-۳ روش اجرایی ۲: روش اجرایی آزمون کامل
۷	۶ روش اجرایی آزمون ساده شده
۷	۶-۱ پیکربندی میدان آزمون
۷	۶-۲ اندازه‌گیری
۸	۶-۳ محاسبه
۸	۶-۳-۱ مختصات x -, y -
۹	۶-۳-۲ مختصه z -
۱۰	۶-۳-۳ ارزیابی
۹	۷ روش اجرایی آزمون کامل
۹	۷-۱ پیکربندی میدان آزمون
۱۰	۷-۲ اندازه‌گیری‌ها
۱۲	۷-۳ محاسبات
۱۲	۷-۳-۱ مختصات x -, y -
۱۵	۷-۳-۲ مختصه z -
۱۶	۷-۴ آزمون‌های آماری
۱۶	۷-۴-۱ کلیات
۱۶	۷-۴-۲ پاسخ پرسش الف
۱۸	۷-۴-۳ پاسخ پرسش ب

۱۹	۵-۷ ارزیابی عدم قطعیت مرکب (نوع A و نوع B)
۲۱	پیوست الف (آگاهی دهنده) مثالی از روش اجرایی آزمون ساده شده
۲۴	پیوست ب (آگاهی دهنده) مثالی از روش اجرایی آزمون کامل
۳۰	پیوست پ (آگاهی دهنده) مثالی از محاسبه بودجه عدم قطعیت ترکیب شده (نوع A و نوع B)
۳۳	پیوست ت (آگاهی دهنده) منابعی که مشمول ارزیابی عدم قطعیت نیستند
۳۴	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی- روش‌های اجرایی میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه‌برداری قسمت ۵: توتال استیشن‌ها» که نخستین بار در سال ۱۳۸۷ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهاد‌های دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در چهارصد و سی و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۹/۰۹/۰۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۱۷۰۲: سال ۱۳۸۷ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 17123-5: 2018, Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments Part 5: Total stations

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۱۷۰۲ است. سایر قسمت‌های این مجموعه عبارتند از:

قسمت ۱: تئوری

قسمت ۲: ترازیاها

قسمت ۳: تئودولیت‌ها

قسمت ۴: سنجشگرهای الکترواپتیکی فاصله (تجهیزات EDM)

قسمت ۶: لیزرهای چرخشی

قسمت ۷: شاقول اپتیکی

اپتیک و تجهیزات اپتیکی - روش‌های اجرایی میدانی برای آزمون تجهیزات ژئودتیک و نقشه‌برداری - قسمت ۵: توتال استیشن‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص نمودن روش‌های میدانی پذیرفته شده برای تعیین و ارزیابی دقت (تکرارپذیری) اندازه‌گیری مختصات توتال استیشن‌ها^۱ و تجهیزات جانبی آن‌ها، هنگام اندازه‌گیری‌های ساختمانی و نقشه‌برداری می‌باشد. در گام اول این آزمون‌ها برای تأییدهای میدانی سازگاری تجهیزات ویژه برای انجام کار موردنظر و تأمین الزامات استانداردهای دیگر در نظر گرفته شده‌اند. این روش‌های اجرایی به‌عنوان آزمونی برای قبولی یا ارزیابی کارایی که به‌طور طبیعی جامع‌تر هستند، پیشنهاد نمی‌شود.

این روش‌های میدانی، به‌طور خاص برای کاربردهایی در محل، بدون نیاز به تجهیزات جانبی خاص ایجاد شده‌اند و به‌منظور کمینه کردن اثرات جوی طراحی شده‌اند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 3534-1, Statistics- Vocabulary and symbols - Part 1: General statistical terms and terms used in probability

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

2-3 ISO 7077, Measuring methods for building - General principles and procedures for the verification of dimensional compliance

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۷۷: سال ۱۳۸۸، روش‌های اندازه‌گیری ساختمان- اصول کلی و روش‌های بررسی پذیرش ابعادی با استفاده از استاندارد ISO 7077: 1981 تدوین شده است.

2-4 ISO 7078, Building construction - Procedures for setting out, measurement and surveying - Vocabulary and guidance notes

1- Total stations

تاکنومتری است که در آن اندازه‌گیری طول و زاویه همزمان به‌صورت الکترونیکی انجام می‌شود، این کار با استفاده از لیزر یا امواج فراصوت، صورت می‌گیرد و نتایج با نرم‌افزارهای مرسوم تحلیل می‌شوند.

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

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۷۰۲: سال ۱۳۹۶، اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی- روش‌های اجرایی میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه‌برداری- قسمت ۱: نظریه، با استفاده از استاندارد ISO 17123-1: 2014 تدوین شده است.

2-7 ISO 17123- 3, Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 3: Theodolites

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۷۰۲: سال ۱۳۹۳، اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی- روش‌های اجرایی میدانی برای آزمون دستگاه‌های ژئودتیک و نقشه‌برداری- قسمت ۳: زاویه یاب‌ها، با استفاده از استاندارد ISO 17123-3: 2001 تدوین شده است.

2-8 ISO 17123- 4, Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 4: Electro-optical distance meters (EDM measurements to reflectors)

2-9 ISO/IEC Guide 98- 3:2008, Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)

2-10 ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM)

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ISO 7077، ISO 4463، ISO 3534- 1، ISO 17123، ISO 9849، ISO 7078، راهنمای ISO/IEC Guide 98-3 (GUM) و راهنمای ISO/IEC Guide 99 (VIM) به کار می‌روند.

۴ نمادها و زیرنویس‌ها

۱-۴ نمادها

نماد	کمیت	یکا
a	مقدار میانگین اختلاف ارتفاع‌ها	m
d	انحراف، اختلاف‌ها	m
k	ضریب پوشش	—
L	مقدار میانگین فاصله افقی بین دو نقطه نشانه	m
l	فاصله افقی بین دو نقطه نشانه	m
M	راس مثلث مدل ریاضی	—

نماد	کمیت	یکا
p	متغیر برای محاسبه زاویه دوران	—
q	متغیر برای محاسبه زاویه دوران	—
r	اختلاف از مقدار میانگین	m
S	ایستگاه استقرار دستگاه	—
s	انحراف استاندارد تجربی	مختلف
$\tilde{s}$	انحراف استاندارد تجربی جامعه یکسان	مختلف
T	نقطه نشانه	—
U	عدم قطعیت گسترده	مختلف
u	عدم قطعیت	مختلف
v	درجه آزادی	—
X	مختصه X مدل ریاضی	m
x	مختصه x مشاهداتی	m
Y	مختصه Y مدل ریاضی	m
y	مختصه y مشاهداتی	m
Z	مختصه Z مدل ریاضی	m
z	مختصه z مشاهداتی	m
α	سطح اطمینان	—
σ	انحراف استاندارد جامعه	مختلف
$\bar{\sigma}$	انحراف استاندارد جامعه یکسان	مختلف
θ	زاویه دوران افقی	°
ψ	زاویه (ارتفاع) عمودی ^a	°
χ	توزیع ربع خی ^b	—

^a Elevation
^b Chi-Quadrat

۲-۴ زیرنویس‌ها

زیرنویس	اصطلاح
۰/۹۷۵	سطح اطمینان ۰/۹۷۵
$1 - \alpha$	سطح اطمینان
$dist$	فاصله
$disp$	کمینه رقم نمایش مختصات
$dispx$	کمینه رقم نمایش مختصه x
$dispy$	کمینه رقم نمایش مختصه y

اصطلاح	زیرنویس
کمینه رقم نمایش مختصه Z	<i>dispz</i>
محور شرقی	E
مرکز ثقل	g
محور ارتفاع	H
پایداری ارتفاع سه پایه	hs
شماره ایستگاه استقرار دستگاه	<i>i</i>
توتال استیشن مطابق با استاندارد ISO 17123-5	ISO- TS
مختصات اندازه گیری شده XY در یک کوپل تلسکوپ مطابق با استاندارد ISO 17123-5	ISO- TS- XY
مختصات Z در یک کوپل تلسکوپ که مطابق با استاندارد ISO 17123-5 اندازه گیری می شود.	ISO- TS- Z
شماره نقطه نشانه	<i>j</i>
شماره مجموعه اندازه گیری (نیم کوپل تلسکوپ)	<i>k</i>
مختصه مرکز ثقل مدل ریاضی بعد از دوران	m
محور شمالی	N
فشار	prs
رطوبت نسبی	rh
اندازه گیری فاصله در توتال استیشن	dist- TS
زاویه افقی در مشخصات توتال استیشن	θ -TS
مختصات مرکز ثقل مدل ریاضی بعد از انتقال	t
دما	temp
پیچش سه پایه	trd
زاویه افقی	θ
زاویه قائم یا زاویه ارتفاعی	ψ
زاویه قائم در مشخصات توتال استیشن	ψ - TS
مختصه x (بالا)	x
مختصات xy (افقی)	xy
مختصات XY (افقی) در مدل ریاضی	XY
مختصه y (راست)	y
مختصه Z (ارتفاع) در مدل ریاضی	Z
مختصه z (ارتفاع)	z

۵ کلیات

۵-۱ الزامات

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

توتال استیشن و تجهیزات جانبی آن باید در حالت‌های معلوم و مورد قبول با تنظیم دائم مطابق با روش‌های مشخص شده در کتابچه راهنمای مرجع شرکت سازنده باشد و سه پایه‌ها همراه با بازتابنده‌ها همان‌طوری که شرکت سازنده توصیه کرده است، مورد استفاده قرار گیرد.

از آنجا که مختصات در توتال استیشن‌های جدید به‌عنوان مقادیر خروجی قابل انتخاب است، لذا مختصات به‌عنوان مشاهدات در نظر گرفته می‌شود.

همه مختصات باید در یک روز اندازه‌گیری شوند. توصیه می‌شود تجهیزات همیشه به دقت تراز شوند. تصحیح نقطه صفر درست منشور بازتابنده باید استفاده شود.

نتایج این آزمون‌ها متأثر از شرایط هواشناسی، بخصوص گرادیان دما می‌باشد. آسمان ابری و سرعت پایین باد، مطلوب‌ترین شرایط آب و هوایی را تضمین می‌کند. پارامترهای هواشناسی واقعی باید برای محاسبه تصحیحات جوی، اندازه‌گیری شده و به فاصله‌های خام اضافه شوند. شرایط خاصی که در گزارش به‌کار گرفته شده، به مکانی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌گیرد، بستگی دارد. این شرایط باید شامل تغییرات دمای هوا، سرعت باد، پوشش ابری و قابلیت دید باشد. همچنین باید به شرایط واقعی آب و هوا در زمان اندازه‌گیری و نوع سطحی که بالای آن اندازه‌گیری صورت می‌گیرد، توجه شود. شرایط انتخابی برای آزمون‌ها باید با مواردی که هنگام اندازه‌گیری مورد نظر در واقعیت مورد انتظار است، انطباق داشته باشند (به استانداردهای ISO 7077 و ISO 7078 مراجعه کنید).

آزمون‌هایی که در آزمایشگاه‌ها انجام گرفته نتایجی ارائه می‌کنند که اغلب از تأثیرات جوی متأثر نمی‌شوند، اما هزینه چنین آزمون‌هایی بسیار بالاست، و بنابراین برای بسیاری از کاربران قابل استفاده نمی‌باشند، به‌علاوه، آزمون‌های آزمایشگاهی دقتی بسیار بیشتر از دقت‌های آزمون‌ها تحت شرایط میدانی به‌دست می‌دهند.

این استاندارد دو روش میدانی مختلفی را که در بندهای ۶ و ۷ ارائه شده‌اند، تشریح می‌نماید. کاربر باید روشی را انتخاب نماید که به الزامات ویژه پروژه بیشتر مربوط می‌شوند.

برای ارزیابی جداگانه، اندازه‌گیری زاویه و فاصله باید استانداردهای ISO 7077 و ISO 7078 اعمال شود.

۵-۲ روش اجرایی ۱: روش اجرایی آزمون ساده شده

روش اجرایی آزمون ساده شده برآورد می‌کند که آیا دقت توتال استیشن مورد نظر در محدوده انحراف مجاز مشخص شده طبق استاندارد ISO 4463-1 می‌باشد یا نه.

روش اجرایی آزمون ساده شده براساس تعداد محدودی از اندازه گیری ها می باشد. این روش اجرایی آزمون بر اندازه گیری های مختصات x ، y و z در یک میدان آزمون بدون مقادیر اسمی تکیه دارد. بیشترین اختلاف از مقدار میانگین به عنوان شاخص دقت محاسبه می شود.

یک انحراف استاندارد معنی دار را نمی توان به دست آورد. چنان چه ارزیابی دقیق تر از توتال استیشن تحت شرایط میدانی مورد نیاز باشد، توصیه می شود روش اجرایی آزمون کامل پیچیده تری که در بند ۷ آمده است، انتخاب شود.

یک نمونه از روش اجرایی آزمون ساده شده در پیوست الف داده شده است.

۵-۳ روش اجرایی ۲: روش اجرایی آزمون کامل^۱

روش اجرایی آزمون کامل باید برای تعیین بهترین اندازه گیری قابل دستیابی دقت یک توتال استیشن و تجهیزات جانبی آن تحت شرایط میدانی انتخاب شود.

این روش اجرایی بر پایه اندازه گیری مختصات در یک میدان آزمون بدون مقادیر اسمی است. انحراف معیار تجربی اندازه گیری مختصات یک نقطه از روش سرشکنی کمترین مربعات تعیین شده است.

روش اجرایی آزمون کامل که در بند ۷ این استاندارد آمده برای تعیین اندازه دقت اندازه گیری هنگام استفاده از یک توتال استیشن خاص، در نظر گرفته شده است. این اندازه از دقت برحسب انحراف معیار تجربی $ISO-TS-Z$ و $ISO-TS-XY$ مختصات اندازه گیری شده در یک کوپل بیان می شود.

به علاوه، این روش را می توان برای تعیین موارد زیر استفاده کرد:

- اندازه دقت در استفاده از توتال استیشن و تجهیزات جانبی آن توسط یک گروه نقشه بردار با یک سری تجهیزات، در یک زمان معین،
- اندازه دقت در استفاده از یک دستگاه در طول زمان، و
- اندازه دقت در استفاده از هر کدام از توتال استیشن ها به منظور مقایسه دقت های قابل دستیابی مربوط به آنها که تحت شرایط میدانی مشابه به دست می آیند.

بهتر است برای تعیین تعلق انحراف استاندارد تجربی به دست آمده، به جامعه انحراف استاندارد نظری تجهیزات، یا تعلق دو نمونه مورد آزمون به یک جامعه، آزمون های آماری به کار رود.

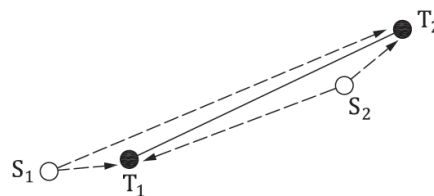
یک نمونه از روش آزمون کامل در پیوست ب داده شده است.

۶ روش اجرایی آزمون ساده شده

۱-۶ پیکربندی میدان آزمون

باید دو نقطه نشانه (T_1 و T_2) را همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در نظر بگیریم. توصیه می شود نشانه ها به زمین محکم شوند. فاصله بین دو نقطه نشانه بهتر است طولانی تر از فاصله میانگین (به طور مثال ۶۰ m متر) و مطابق با اندازه گیری مورد نظر باشد. ارتفاع ها، بهتر است تا جایی که سطح زمین اجازه می دهد اختلاف داشته باشند.

استقرار روی دو ایستگاه (S_1 و S_2) باید تقریباً در راستای خطی با دو نقطه نشانه انتخاب شوند. S_1 باید در فاصله ۵ m تا ۱۰ m دورتر از T_1 و در جهت مخالف T_2 انتخاب شود. S_2 باید بین دو نقطه نشانه و در فاصله ۵ m تا ۱۰ m دورتر از T_2 قرار گیرد.



شکل ۱- پیکربندی میدان آزمون

۲-۶ اندازه گیری

یک مجموعه شامل دو اندازه گیری به هر کدام از نقاط نشانه در یک وجه تلسکوپ در یکی از ایستگاه های استقرار تجهیزات می باشد. مختصات دو نقطه نشانه باید توسط ۴ مجموعه (دید تلسکوپ: I – II – I – II) در ایستگاه محل استقرار S_1 اندازه گیری شود. تجهیزات به ایستگاه S_2 انتقال داده شده و همان زنجیره اندازه گیری ها انجام شود. مختصات ایستگاه و توجیه مرجع ایستگاه در هر مجموعه اختیاری هستند.

باید نرم افزار روی صفحه دستگاه و یا برای مشاهدات به کار رود. بهتر است همان نرم افزاری استفاده شود که برای فعالیت های عملی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

زنجیره اندازه گیری ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- زنجیره اندازه‌گیری‌ها برای یک مجموعه

شماره زنجیره	ایستگاه مستقر i	نقطه نشانه j	مجموعه k	دید تلسکوپ	x	y	z
۱	۱	۱	۱	I	$x_{1,1,1}$	$y_{1,1,1}$	$z_{1,1,1}$
۲		۲			$x_{1,2,1}$	$y_{1,2,1}$	$z_{1,2,1}$
۳		۱	۲	II	$x_{1,1,2}$	$y_{1,1,2}$	$z_{1,1,2}$
۴		۲			$x_{1,2,2}$	$y_{1,2,2}$	$z_{1,2,2}$
۵		۱	۳	I	$x_{1,1,3}$	$y_{1,1,3}$	$z_{1,1,3}$
۶		۲			$x_{1,2,3}$	$y_{1,2,3}$	$z_{1,2,3}$
۷		۱	۴	II	$x_{1,1,4}$	$y_{1,1,4}$	$z_{1,1,4}$
۸		۲			$x_{1,2,4}$	$y_{1,2,4}$	$z_{1,2,4}$
۹	۲	۱	۱	I	$x_{2,1,1}$	$y_{2,1,1}$	$z_{2,1,1}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۱۵	۲	۱	۴	II	$x_{2,1,4}$	$y_{2,1,4}$	$z_{2,1,4}$
۱۶		۲			$x_{2,2,4}$	$y_{2,2,4}$	$z_{2,2,4}$

۳-۶ محاسبه

۱-۳-۶ مختصات $y-x$

ارزیابی نتایج آزمون با انحراف از فاصله افقی در هر مجموعه از مقدار میانگین فاصله‌های افقی اندازه‌گیری شده ارائه می‌شود.

هر فاصله افقی بین دو نقطه نشانه $l_{j,k}$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$l_{i,k} = \sqrt{(x_{i,2,k} - x_{i,1,k})^2 + (y_{i,2,k} - y_{i,1,k})^2} \quad i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4 \quad (1)$$

مقدار میانگین L به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$L = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^4 l_{i,k} \quad (2)$$

مقادیر انحراف از هر فاصله از میانگین $r_{i,k}$ آن‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r_{i,k} = l_{i,k} - L \quad i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

بیشترین مقدار d_{xy} از $r_{i,k}$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_{xy} = \max |r_{i,k}| \quad i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4 \quad (۴)$$

۲-۳-۶ مختصه z-

اختلاف ارتفاع $d_{z,i,k}$ بین نقطه‌های نشانه با استفاده از مقادیر مختصات z در هر مجموعه محاسبه می‌شود:

$$d_{z,i,k} = z_{i,2,k} - z_{i,1,k} \quad i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4 \quad (۵)$$

مقدار میانگین a_z از اختلاف ارتفاع در همه مجموعه‌ها:

$$a_z = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^4 d_{z,i,k} \quad (۶)$$

اختلاف $r_{z,i,k}$ بین اختلاف ارتفاع از دو نقطه نشانه و مقدار میانگین a_z :

$$r_{z,i,k} = d_{z,i,k} - a_z \quad i = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4 \quad (۷)$$

مقدار بیشینه اختلاف d_z به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d_z = \max |r_{z,i,k}| \quad (۸)$$

۳-۳-۶ ارزیابی

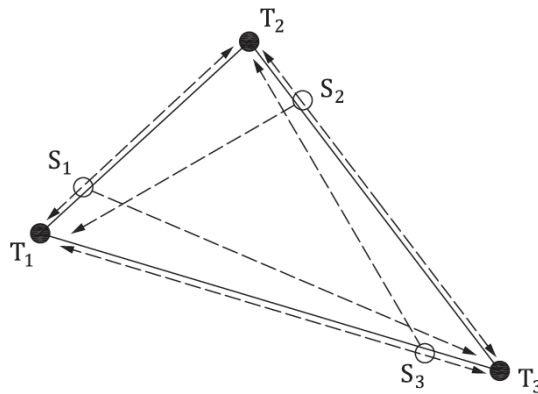
اختلاف‌های d_{xy} و d_z به ترتیب باید برای اندازه‌گیری موردنظر در محدوده انحراف مجاز معین p_{xy} و p_z (مطابق با استاندارد ISO 4463-1) باشند. چنانچه p_{xy} و p_z معلوم نباشند، آن‌ها به ترتیب $d_{xy} \leq 2.5 \times \sqrt{2} \times s_{\text{ISO-TS-XY}}$ و $d_z \leq 2.5 \times \sqrt{2} \times s_{\text{ISO-TS-Z}}$ هستند، که در آن $s_{\text{ISO-TS-XY}}$ و $s_{\text{ISO-TS-Z}}$ به ترتیب انحراف استانداردهای تجربی اندازه‌گیری‌های x، y و -x، -y می‌باشند و مطابق با روش آزمون کامل با همان دستگاه تعیین می‌شوند.

۷ روش اجرایی آزمون کامل

۱-۷ پیکربندی میدان آزمون

سه نقطه نشانه (T_1 ، T_2 و T_3) باید در گوشه‌های مثلث مستقر شوند (به شکل ۲ مراجعه شود). نشانه‌ها باید به طور محکم به سطح زمین ثابت شوند. فاصله بین نقطه‌های نشانه باید متفاوت باشد و حداقل یک فاصله باید مطابق با اندازه‌گیری موردنظر طولانی‌تر از فاصله میانگین (به طور مثال ۶۰ m متر) باشد. ارتفاع آن‌ها، بهتر است تا جایی که سطح زمین اجازه می‌دهد اختلاف داشته باشند.

سه ایستگاه استقرار (S_1 ، S_2 و S_3) باید در هر ضلع مثلث تقریباً ۵ m تا ۱۰ m دورتر از هر نقطه نشانه مستقر شوند.



شکل ۲- مثالی از پیکربندی میدان برای آزمون کامل

۲-۷ اندازه‌گیری‌ها

یک مجموعه شامل سه اندازه‌گیری به هر نقطه نشانه با یک وجه تلسکوپ از هر ایستگاه است. از ایستگاه‌های استقرار S_1 ، S_2 و S_3 ، مختصات‌های سه نقطه نشانه باید به وسیله چهار مجموعه از زنجیره مشاهدات اندازه‌گیری شوند (دید تلسکوپ: $I - II - I - II$). مختصات ایستگاه و توجیه برای تنظیمات هر ایستگاه اختیاری و با صلاحدید هستند. این ترکیب‌ها نباید هنگام اندازه‌گیری چهار مجموعه مشاهدات از ایستگاه تغییر کنند. نرم افزار روی صفحه یا جدای از آن باید برای مشاهدات به کار رود. ترجیحا همان نرم افزاری که برای کار عملیاتی به کار می‌رود، استفاده شود. زنجیره اندازه‌گیری‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- زنجیره اندازه‌گیری‌ها برای هر سری

شماره زنجیره	ایستگاه مستقر i	نقطه نشانه j	مجموعه k	دید تلسکوپ	x	y	z
۱	۱	۱	۱	I	$x_{1,1,1}$	$y_{1,1,1}$	$z_{1,1,1}$
۲		۲			$x_{1,2,1}$	$y_{1,2,1}$	$z_{1,2,1}$
۳		۳			$x_{1,3,1}$	$y_{1,3,1}$	$z_{1,3,1}$
۴		۱	۲	II	$x_{1,1,2}$	$y_{1,1,2}$	$z_{1,1,2}$
۵		۲			$x_{1,2,2}$	$y_{1,2,2}$	$z_{1,2,2}$
۶		۳			$x_{1,3,2}$	$y_{1,3,2}$	$z_{1,3,2}$
۷		۱	۳	I	$x_{1,1,3}$	$y_{1,1,3}$	$z_{1,1,3}$
۸		۲			$x_{1,2,3}$	$y_{1,2,3}$	$z_{1,2,3}$
۹		۳			$x_{1,3,3}$	$y_{1,3,3}$	$z_{1,3,3}$
۱۰		۱	۴	II	$x_{1,1,4}$	$y_{1,1,4}$	$z_{1,1,4}$
۱۱		۲			$x_{1,2,4}$	$y_{1,2,4}$	$z_{1,2,4}$
۱۲		۳			$x_{1,3,4}$	$y_{1,3,4}$	$z_{1,3,4}$
۱۳	۲	۱	۱	I	$x_{2,1,1}$	$y_{2,1,1}$	$z_{2,1,1}$
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۲۴		۳	۴	II	$x_{2,3,4}$	$y_{2,3,4}$	$z_{2,3,4}$
۲۵	۳	۱	۱	I	$x_{3,1,1}$	$y_{3,1,1}$	$z_{3,1,1}$
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۳۴		۱	۴	II	$x_{3,1,4}$	$y_{3,1,4}$	$z_{3,1,4}$
۳۵		۲			$x_{3,2,4}$	$y_{3,2,4}$	$z_{3,2,4}$
۳۶		۳			$x_{3,3,4}$	$y_{3,3,4}$	$z_{3,3,4}$

۳-۷ محاسبات

۱-۳-۷ مختصات $-y, -x$

ساختار مدل ریاضی مثلث به صورت زیر انجام می شود (به شکل ۳ مراجعه شود).

فاصله های افقی $l_{i,3,k}$ بین T_1 و T_2 ؛ $l_{i,1,k}$ بین T_2 و T_3 ؛ $l_{i,2,k}$ بین T_1 و T_3 را به ترتیب به وسیله مختصات اندازه گیری شده $(x_{i,j,k}, y_{i,j,k})$ محاسبه کنید.

$$l_{i,j,k} = \sqrt{(x_{i,j-1,k} - x_{i,j+1,k})^2 + (y_{i,j-1,k} - y_{i,j+1,k})^2} \quad i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3, 4 \quad (9)$$

(اگر $j-1$ برابر صفر یا $j+1$ برابر صفر باشد، آنگاه آن را به ترتیب با ۳ یا ۱ جایگزین کنید).

میانگین طول هر ضلع L_j برابر است با:

$$L_j = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^4 l_{i,j,k} \quad j = 1, 2, 3 \quad (10)$$

مختصات رأس مدل ریاضی مثلث M_j ($j=1, 2, 3$) بر پایه $M_1 = (0, 0)$ و خط M_1 تا M_2 به عنوان محور x تعریف شده است.

مختصات M_1 :

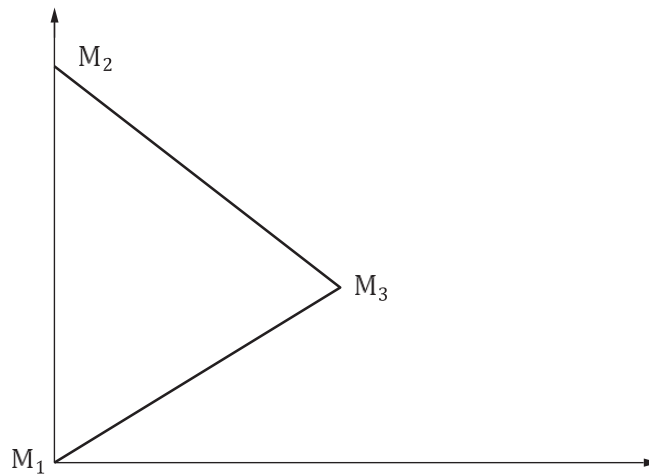
$$M_1 (X_1, Y_1) = (0, 0) \quad (11)$$

مختصات M_2 :

$$M_2 (X_2, Y_2) = (L_3, 0) \quad (12)$$

مختصات M_3 :

$$M_3 (X_3, Y_3) = \left[\frac{-(L_1^2) + L_2^2 + L_3^2}{2L_3}, \sqrt{L_2^2 - \left[\frac{-(L_1^2) + L_2^2 + L_3^2}{2L_3} \right]^2} \right] \quad (13)$$



شکل ۳- مدل ریاضی مثلث

مختصات مرکز ثقل مدل ریاضی، (X_g, Y_g) :

$$(X_g, Y_g) = \left[\frac{\sum_{j=1}^3 X_j}{3}, \frac{\sum_{j=1}^3 Y_j}{3} \right] \quad (14)$$

مختصات مرکز ثقل مثلث به دست آمده در هر ایستگاه مستقر $(x_{g,i}, y_{g,i})$:

$$(x_{g,i}, y_{g,i}) = \left[\frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 x_{i,j,k}}{12}, \frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 y_{i,j,k}}{12} \right] \quad i = 1, 2, 3 \quad (15)$$

مختصات مرکز ثقل مدل ریاضی را تا منطبق شدن روی مرکز ثقل مثلث اندازه گیری انتقال دهید.

مختصات مرکز ثقل مدل ریاضی $(X_{t,i,j,k}, Y_{t,i,j,k})$ بعد از انتقال به صورت زیر محاسبه می شود:

$$X_{t,i,j,k} = X_j + (x_{g,i} - X_g); \quad Y_{t,i,j,k} = Y_j + (y_{g,i} - Y_g) \quad i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3, 4 \quad (16)$$

مدل ریاضی را حول مرکز ثقل دوران دهید تا باقیمانده های مختصات رأس بین مدل ریاضی و مثلث های اندازه گیری شده مرتبط به حداقل برسد.

زاویه دوران $\theta_{i,k}$:

$$\theta_{i,k} = \tan^{-1} \left(\frac{q_{i,k}}{p_{i,k}} \right) \quad i = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3, 4 \quad (17)$$

$$q_{i,k} = \frac{\sum_{j=1}^3 ((X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) \cdot (y_{i,j,k} - y_{g,i}) - (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \cdot (x_{i,j,k} - x_{g,i}))}{\sum_{j=1}^3 ((X_{t,i,j,k} - x_{g,i})^2 + (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i})^2)} \quad (18)$$

$$p_{i,k} = \frac{\sum_{j=1}^3 \left((X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) \cdot (x_{i,j,k} - x_{g,i}) + (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \cdot (y_{i,j,k} - y_{g,i}) \right)}{\sum_{j=1}^3 \left((X_{t,i,j,k} - x_{g,i})^2 + (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i})^2 \right)} \quad (19)$$

مختصات رأس مدل ریاضی $(X_{m,i,j,k}, Y_{m,i,j,k})$ بعد از دوران به صورت زیر است:

$$X_{m,i,j,k} = x_{g,i} + \cos \theta_{i,k} \cdot (X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) - \sin \theta_{i,k} \cdot (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \quad i=1, 2, 3; j=1, 2, 3; k=1, 2, 3, 4 \quad (20)$$

$$Y_{m,i,j,k} = y_{g,i} + \sin \theta_{i,k} \cdot (X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) + \cos \theta_{i,k} \cdot (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \quad i=1, 2, 3; j=1, 2, 3; k=1, 2, 3, 4 \quad (21)$$

باقی مانده‌های $(r_{x,i,j,k}, r_{y,i,j,k})$ مختصات مثلث اندازه‌گیری از مدل ریاضی دوران یافته:

$$r_{x,i,j,k} = x_{i,j,k} - X_{m,i,j,k} \quad i=1, 2, 3; j=1, 2, 3; k=1, 2, 3, 4 \quad (22)$$

$$r_{y,i,j,k} = y_{i,j,k} - Y_{m,i,j,k} \quad i=1, 2, 3; j=1, 2, 3; k=1, 2, 3, 4 \quad (23)$$

مجموع مربعات باقیمانده‌ها:

$$\sum r_{xy}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 (r_{x,i,j,k}^2 + r_{y,i,j,k}^2) \quad (24)$$

از آنجایی که سه ضلع مدل ریاضی، ((ایستگاه استقرار) $\times 3$ (رأس‌ها) $\times 2$ (= ۶ مرکز نقاط ثقل مثلث اندازه‌گیری و ((ایستگاه تجهیزات) $\times 3$ (مجموعه) $\times 4$ (= ۱۲ پارامترهای دوران وجود دارند، تعداد پارامترهای مجهول برابر $21 = 3 + 6 + 12$ است. بنابراین درجه آزادی برابر است با:

$$v_{XY} = 72 - 21 = 51 \quad (25)$$

انحراف استاندارد تجربی:

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{\sum r_{xy}^2}{51}} \quad (26)$$

در نهایت، عدم قطعیت مختصات x- , y- استاندارد برابر است با:

$$u_{\text{ISO-TS-XY}} = s_{XY} \quad (27)$$

۲-۳-۷ مختصه z-

اختلاف ارتفاع بین T_1 و T_2 (و T_3) با استفاده از مقادیر z- اندازه گیری شده برای هر مجموعه محاسبه می شود.

$$d_{z,i,j,k} = z_{i,j,k} - z_{i,1,k} \quad i=1,2,3; j=2,3; k=1,2,3,4 \quad (28)$$

مقادیر متوسط $d_{z,i,2,k}$ و $d_{z,i,3,k}$:

$$a_{zj} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^4 d_{z,i,j,k} \quad j=2,3 \quad (29)$$

باقی مانده های $r_{z,i,j,k}$ از اختلاف ارتفاع های $d_{z,i,2,k}$ و $d_{z,i,3,k}$ از مقادیر متوسط به دست آمده برای هر مجموعه از اندازه گیری به صورت زیر محاسبه می شود:

$$r_{z,i,j,k} = d_{z,i,j,k} - a_{zj} \quad i=1,2,3; j=2,3; k=1,2,3,4 \quad (30)$$

مجموع مربعات باقیمانده ها به صورت زیر به دست می آید:

$$\sum r_z^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=2}^3 \sum_{k=1}^4 r_{z,i,j,k}^2 \quad (31)$$

درجه آزادی برابر است با:

$$v_z = 24 - 2 = 22 \quad (32)$$

در نهایت، انحراف معیار اختلاف ارتفاع یا انحراف معیار مختصات z-:

$$s_{dz} = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{22}}; s_z = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{22 \times 2}} \quad (33)$$

عدم قطعیت استاندارد آن:

$$u_{ISO-TS-Z} = s_z \quad (34)$$

۴-۷ آزمون‌های آماری

۱-۴-۷ کلیات

آزمون‌های آماری فقط برای روش اجرایی آزمون کامل کاربرد دارند.

برای تفسیر نتایج، آزمون‌های آماری باید با استفاده از انحراف استاندارد تجربی یک مختصات اندازه‌گیری شده روی مثلث آزمون انجام گیرد تا به سوالات زیر پاسخ داده شود (به جدول ۳ مراجعه شود).

الف) آیا انحراف استاندارد تجربی محاسبه شده s ، کوچکتر یا مساوی مقدار متناظر σ تعیین شده توسط سازنده، یا کوچکتر از مقدار σ از پیش تعیین شده دیگر است؟

ب) آیا دو انحراف استاندارد تجربی s و $\tilde{s}$ که از دو نمونه متفاوت اندازه‌گیری‌ها تعیین شده‌اند، با فرض این که هر دو نمونه درجه آزادی یکسان v دارند، به یک جامعه تعلق دارند؟

انحراف استاندارد های تجربی s و $\tilde{s}$ را می‌توان به روش‌های زیر به‌دست آورد:

- دو نمونه اندازه‌گیری به‌وسیله تجهیزات یکسان با مشاهده‌گرهای متفاوت،
- دو نمونه اندازه‌گیری به‌وسیله تجهیزات یکسان در زمان‌های متفاوت، یا
- دو نمونه اندازه‌گیری به‌وسیله تجهیزات متفاوت.

برای آزمون‌های زیر یک سطح اطمینان $1 - \alpha = 0.95$ و، مطابق با طرح مشاهدات، درجه آزادی $v_{XY} = 51$ برای مختصات x ، y و $v_Z = 22$ برای مختصات z فرض شده است.

جدول ۳- آزمون‌های آماری

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

۲-۴-۷ پاسخ پرسش الف)

فرضیه صفر که بیان می‌دارد انحراف استاندارد تجربی، s ، که کوچکتر یا برابر مقدار از پیش تعیین شده یا نظری σ می‌باشد، چنان‌چه شرایط زیر برآورده شود، مورد قبول است:

برای x و y :

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v_{XY})}{v_{XY}}} \quad (۳۵)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(51)}{51}} \quad (۳۶)$$

$$\chi^2_{0,95}(51) = 68,67 \quad (۳۷)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{68,67}{51}} \quad (۳۸)$$

$$s \leq \sigma \times 1,16 \quad (۳۹)$$

برای z :

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v_Z)}{v_Z}} \quad (۴۰)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(22)}{22}} \quad (۴۱)$$

$$\chi^2_{0,95}(22) = 33,92 \quad (۴۲)$$

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{33,92}{22}} \quad (۴۳)$$

$$s \leq \sigma \times 1,24 \quad (۴۴)$$

در غیر این صورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

۳-۴-۷ پاسخ پرسش ب)

در مورد دو نمونه متفاوت، یک آزمون بیان می‌کند که آیا انحراف استانداردهای تجربی s و $\tilde{s}$ به یک جامعه متعلق هستند یا نه. متناظر فرضیه صفر، $s = \tilde{s}$ چنانچه شرایط زیر برآورده شود، مورد قبول است:

برای x و y :

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_{XY}, v_{XY})} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_{XY}, v_{XY}) \quad (۴۵)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(51,51)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(51,51) \quad (۴۶)$$

$$F_{0,975}(51,51) = 1,74 \quad (۴۷)$$

$$0,57 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 1,74 \quad (۴۸)$$

برای z :

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_Z, v_Z)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_Z, v_Z) \quad (۴۹)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(22,22)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(22,22) \quad (۵۰)$$

$$F_{0,975}(22,22) = 2,36 \quad (۵۱)$$

$$0,42 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,36 \quad (۵۲)$$

در غیر این صورت، فرضیه صفر رد می‌شود.

اگر تعداد مختلفی از اندازه‌گیری‌ها تجزیه و تحلیل شود، درجه آزادی و بنابراین مقادیر متناظر آزمون $\chi^2_{1-\alpha}$ و $F_{1-\alpha/2}(v, v)$ (اخذ شده از کتاب‌های مرجع آمار) تغییر می‌کند.

۵-۷ ارزیابی عدم قطعیت مرکب (نوع A و نوع B)

منابع عدم قطعیت (کمیت‌های موثر) به‌عنوان یک بودجه عدم قطعیت در جدول ۴ شرح داده شده‌اند.

جدول ۴- کمیت‌های موثر نمونه مربوط به توتال استیشن

منابع عدم قطعیت	نماد	ارزیابی	توزیع
۱. نتایج اندازه‌گیری			
انحراف استاندارد مختصات $-x$, $-y$, $-z$	u_{ISO-TS}	نوع A	نرمال
۲. منابع مربوط به توتال استیشن			
عدم قطعیت فاصله در مشخصات	$u_{dist-TS}$	نوع B	نرمال یا مشخص شده توسط سازنده
عدم قطعیت زاویه افقی در مشخصات	$u_{\theta-TS}$	نوع B	نرمال یا مشخص شده توسط سازنده
عدم قطعیت زاویه عمودی در مشخصات	$u_{\psi-TS}$	نوع B	نرمال یا مشخص شده توسط سازنده
حداقل رقم نمایش		نوع B	مستطیلی
۳. الگوهای خطا از تنظیم مکانیکی			
پیچش سه پایه	u_{trd}	نوع B	مستطیلی
پایداری ارتفاع سه پایه	u_{hs}	نوع B	مستطیلی
۴. خطای منابع جوی			
دما	u_{temp}	نوع B	نرمال
فشار	u_{prs}	نوع B	نرمال
رطوبت نسبی	u_{rh}	نوع B	نرمال

عدم قطعیت سیستم مختصات قطبی به شرح زیر است:

$$u_{dist} = \sqrt{u_{dist-TS}^2 + u_{temp}^2 + u_{prs}^2 + u_{rh}^2} \quad (53)$$

$$u_{\theta} = \sqrt{u_{\theta-TS}^2 + u_{trd}^2} \quad (54)$$

$$u_{\psi} = \sqrt{u_{\psi-TS}^2 + u_{hs}^2} \quad (55)$$

رابطه تبدیل به مختصات متعامد از مختصات قطبی:

$$u_N^2 + u_E^2 = (\cos \theta_{\text{dist}} u_{\text{dist}})^2 + (r_{\text{dist}} \sin \theta_{\text{dist}} u_{\psi})^2 + (r_{\text{dist}} \cos \theta_{\text{dist}} u_{\theta})^2 \quad (56)$$

$$u_H^2 = (\sin \theta_{\text{dist}} u_{\text{dist}})^2 + (r_{\text{dist}} \cos \theta_{\text{dist}} u_{\psi})^2 \quad (57)$$

عدم قطعیت مرکب:

$$u_{xy} = \sqrt{u_{\text{ISO-TS-X}}^2 + (u_N^2 + u_E^2) + u_{\text{disp}}^2} \quad (58)$$

$$u_Z = \sqrt{u_{\text{ISO-TS-Z}}^2 + u_H^2 + u_{\text{disp}}^2} \quad (59)$$

عدم قطعیت گسترده با ضریب پوشش $k = 2$ است.

$$U_{xy} = 2 \times u_{xy} \quad (60)$$

$$U_Z = 2 \times u_Z \quad (61)$$

یک مثال از محاسبه بودجه عدم قطعیت مرکب در پیوست پ ارائه شده است.

منابعی که در ارزیابی عدم قطعیت در نظر گرفته نشده‌اند در پیوست ت آمده است.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

مثالی از روش اجرایی آزمون ساده شده

الف-۱ اندازه‌گیری‌ها

در جدول الف-۱ همه اندازه‌گیری‌ها مطابق با طرح مشاهدات در جدول ۱، گردآوری شده است.

جدول الف-۱- اندازه‌گیری‌ها

ابعاد بر حسب متر

شماره مجموعه	ایستگاه مستقر <i>i</i>	نقطه نشانه <i>j</i>	مجموعه <i>k</i>	دید تلسکوپ	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
۱	۱	۱	۱	I	۶,۹۷۹	۴/۸۸۶	۹,۹۳۴
۲		۲			۵۹,۶۱۷	۲۵/۱۱۷	۶,۷۶۳
۳		۱	۲	II	۶,۹۷۹	۴/۸۸۶	۹,۹۳۳
۴		۲			۵۹,۶۱۹	۲۵/۱۱۷	۶,۷۶۲
۵		۱	۳	I	۶,۹۷۸	۴/۸۸۵	۹,۹۳۴
۶		۲			۵۹,۶۱۸	۲۵/۱۱۶	۶,۷۶۴
۷		۱	۴	II	۶,۹۷۹	۴/۸۸۵	۹,۹۳۴
۸		۲			۵۹,۶۲۰	۲۵/۱۱۶	۶,۷۶۲
۹	۲	۱	۱	I	۸,۳۴۴	-۴۷,۳۲۳	۱۲,۷۶۷
۱۰		۲			۱,۲۱۴	۸,۶۱۹	۹,۵۹۶
۱۱		۱	۲	II	۸,۳۴۶	-۴۷,۳۲۲	۱۲,۷۶۴
۱۲		۲			۱,۲۱۳	۸,۶۱۹	۹,۵۹۶
۱۳		۱	۳	I	۸,۳۴۴	-۴۷,۳۲۳	۱۲,۷۶۷
۱۴		۲			۱,۲۱۳	۸,۶۱۹	۹,۵۹۶
۱۵		۱	۴	II	۸,۳۴۵	-۴۷,۳۲۴	۱۲,۷۶۶
۱۶		۲			۱,۲۱۳	۸,۶۱۹	۹,۵۹۶

شرایط اندازه‌گیری:

عامل نقشه‌بردار (مشاهده‌گر): Y. Ohshima

هوا: آفتابی

دما: ۲۹°C

فشار هوا: ۱۰۰۶ hPa

شماره و نوع دستگاه: NT xxx ۳۰۹۰۹۰

تاریخ: ۱۳۸۹/۰۴/۱۷

الف-۲ محاسبه

الف-۲-۱ مختصات x- , y-

مطابق با معادله (۱):

$$l_{1,1} = 56,392 \text{ 0 m}; l_{2,1} = 56,394 \text{ 5 m}$$

$$l_{1,2} = 56,393 \text{ 8 m}; l_{2,2} = 56,393 \text{ 9 m}$$

$$l_{1,3} = 56,393 \text{ 8 m}; l_{2,3} = 56,394 \text{ 7 m}$$

$$l_{1,4} = 56,394 \text{ 8 m}; l_{2,4} = 56,395 \text{ 8 m}$$

و مطابق با معادله (۲):

$$L = 56,394 \text{ 2 m}$$

و مطابق با معادله (۳):

$$r_{1,1} = -0,002 \text{ 2 m}; r_{2,1} = 0,000 \text{ 4m}$$

$$r_{1,2} = -0,000 \text{ 2 m}; r_{2,2} = -0,000 \text{ 2m}$$

$$r_{1,3} = -0,000 \text{ 3 m}; r_{2,3} = 0,000 \text{ 5m}$$

$$r_{1,4} = 0,000 \text{ 6 m}; r_{2,4} = 0,001 \text{ 6m}$$

مطابق با معادله (۴):

$$d_{xy} = 0,002 \text{ 2 m}$$

الف-۲-۲ مختصات z-

مطابق با معادله (۵):

$$d_{z,1,1} = -3,171 \text{ m}; d_{z,2,1} = -3,171 \text{ m}$$

$$d_{z,1,2} = -3,171 \text{ m}; d_{z,2,2} = -3,168 \text{ m}$$

$$d_{z,1,3} = -3,170 \text{ m}; d_{z,2,3} = -3,171 \text{ m}$$

$$d_{z,1,4} = -3,172 \text{ m}; d_{z,2,4} = -3,170 \text{ m}$$

و مطابق با معادله (۶):

$$a_z = -3,170 \text{ 5 m}$$

و مطابق با معادله (۷):

استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۱۷۰۲ (تجدیدنظر اول): سال ۱۳۹۹

$$r_{z,1,1} = -0,000\ 5\ \text{m}; r_{z,2,1} = -0,000\ 5\ \text{m}$$

$$r_{z,1,2} = -0,000\ 5\ \text{m}; r_{z,2,2} = 0,002\ 5\ \text{m}$$

$$r_{z,1,3} = 0,000\ 5\ \text{m}; r_{z,2,3} = -0,000\ 5\ \text{m}$$

$$r_{z,1,4} = -0,001\ 5\ \text{m}; r_{z,2,4} = 0,000\ 5\ \text{m}$$

و مطابق با معادله (۸):

$$d_z = 0,002\ 5\ \text{m}$$

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مثالی از روش اجرایی آزمون کامل

ب-۱ اندازه‌گیری‌های مختصات x و y

جدول ب-۱ مثالی از داده‌های مشاهده‌شده مطابق با روش اجرایی آزمون کامل را در بردارد.

جدول ب-۱- اندازه‌گیری‌ها

ابعاد بر حسب متر

شماره مجموعه	ایستگاه مستقر	نقطه نشانه	مجموعه	دید تلسکوپ	x	y	z
	i	j	k				
۱	۱	۱	۱	I	۵۷,۰۵۳	۵۰,۰۰۰	۱۰,۹۰۲
۲		۲			۱,۴۶۹	۳۹,۱۵۷	۱۳,۱۲۰
۳		۳			۳۹,۴۲۹	-۲,۹۹۹	۱۰,۶۴۱
۴		۱	۲	II	۵۷,۰۵۳	۵۰,۰۰۱	۱۰,۹۰۲
۵		۲			۱,۴۷۰	۳۹,۱۵۹	۱۳,۱۲۱
۶		۳			۳۹,۴۲۶	-۲,۹۹۸	۱۰,۶۴۰
۷		۱	۳	I	۵۷,۰۵۴	۵۰,۰۰۱	۱۰,۹۰۲
۸		۲			۱,۴۶۸	۳۹,۱۵۶	۱۳,۱۲۰
۹		۳			۳۹,۴۲۷	-۲,۹۹۷	۱۰,۶۴۰
۱۰	۲	۱	۴	II	۵۷,۰۵۴	۵۰,۰۰۰	۱۰,۹۰۲
۱۱		۲			۱,۴۷۰	۳۹,۱۵۸	۱۳,۱۲۱
۱۲		۳			۳۹,۴۲۸	-۲,۹۹۸	۱۰,۶۴۰
۱۳		۱	۱	I	۲۳,۰۴۰	۹۶,۶۹۷	۸,۸۳۷
۱۴		۲			۵۴,۱۴۱	۴۴,۵۵۵	۱۱,۰۵۶
۱۵		۳			۷۸,۵۳۵	۹۰,۴۱۱	۸,۵۷۶
۱۶		۱	۲	II	۲۳,۰۴۳	۹۶,۶۹۸	۸,۸۳۴
۱۷		۲			۴۵,۱۳۹	۴۴,۵۵۵	۱۱,۰۵۶
۱۸		۳			۷۸,۵۳۵	۹۰,۴۱۲	۸,۵۷۶
۱۹		۱	۳	I	۲۳,۰۴۲	۹۶,۶۹۷	۸,۸۳۵
۲۰		۲			۴۵,۱۴۲	۴۴,۵۵۵	۱۱,۰۵۶
۲۱		۳			۷۸,۵۳۴	۹۰,۴۱۲	۸,۵۷۴

شماره مجموعه	ایستگاه مستقر	نقطه نشانه	مجموعه	دید تلسکوپ	x	y	z
۲۲		۱	۴	II	۲۳,۰۴۰	۹۶,۶۹۶	۸,۸۳۴
۲۳		۲			۴۵,۱۴۰	۴۴,۵۵۵	۱۱,۰۵۶
۲۴		۳			۵۳۴,۷۸	۹۰,۴۱۲	۸,۵۷۴
۲۵	۳	۱	۱	I	۷۴,۶۸۵	۹۲,۷۵۵	۱۱,۷۰۳
۲۶		۲			۱۸,۰۶۶	۹۳,۹۷۴	۱۳,۹۲۲
۲۷		۳			۴۶,۱۹۸	۴۴,۷۱۶	۱۱,۴۴۲
۲۸		۱	۲	II	۷۴,۶۸۶	۹۲,۷۵۲	۱۱,۷۰۳
۲۹		۲			۱۸,۰۶۸	۹۳,۹۷۵	۱۳,۹۲۲
۳۰		۳			۴۶,۱۹۸	۴۴,۱۷۵	۱۱,۴۴۲
۳۱		۱	۳	I	۷۴,۶۸۷	۹۲,۷۵۲	۱۱,۷۰۳
۳۲		۲			۱۸,۰۶۸	۹۳,۹۷۶	۱۳,۹۲۲
۳۳		۳			۴۶,۱۹۹	۴۴,۷۱۵	۱۱,۴۴۲
۳۴		۱	۴	II	۷۴,۶۸۹	۹۲,۷۵۱	۱۱,۷۰۱
۳۵		۲			۱۸,۰۶۸	۹۳,۹۷۵	۱۳,۹۲۳
۳۶		۳			۴۶,۱۹۹	۴۴,۷۱۵	۱۱,۴۴۲

شرایط اندازه‌گیری:
 عامل نقشه‌بردار (مشاهده‌گر): Y. Ohshima
 هوا: آفتابی
 دما: ۲۹ °C
 فشار هوا: ۱۰۰۶ hPa
 شماره و نوع دستگاه: NT xxx ۳۰۹۰۹۰
 تاریخ: ۱۳۸۹/۰۴/۱۷

ب-۲ محاسبه

ب-۲-۱ مختصات x-, y-

مطابق با معادله ۱۰:

$$L_1 = 56,726 \text{ 7 m}$$

$$L_2 = 55,849 \text{ 9 m}$$

$$L_3 = 56,632 \text{ 1 m}$$

مطابق با معادله (۱۵):

$$(x_{g,1}, y_{g,1}) = (32,650 \text{ 1 m}, 28,720 \text{ 2 m})$$

$$(x_{g,2}, y_{g,2}) = (48,905 \text{ 4 m}, 77,221 \text{ 3 m})$$

$$(x_{g,3}, y_{g,3}) = (46,317 \text{ 6 m}, 77,147 \text{ 6 m})$$

جدول ب-۲ مطابق با معادله ۱۶:

جدول ب-۲- مختصات مرکز ثقل مدل ریاضی

ابعاد بر حسب متر

ایستگاه مستقر i	مجموعه k	$X_{t,i,1,k}$	$Y_{t,i,1,k}$	$X_{t,i,2,k}$	$Y_{t,i,2,k}$	$X_{t,i,3,k}$	$Y_{t,i,3,k}$
۱	۱	۴,۶۲۴۵	۱۲,۵۰۶۳	۶۱,۲۵۶۶	۱۲,۵۰۶۳	۳۲,۰۶۹۱	۶۱,۱۴۷۹
۱	۲	۴,۶۲۴۵	۱۲,۵۰۶۳	۶۱,۲۵۶۶	۱۲,۵۰۶۳	۳۲,۰۶۹۱	۶۱,۱۴۷۹
۱	۳	۴,۶۲۴۵	۱۲,۵۰۶۳	۶۱,۲۵۶۶	۱۲,۵۰۶۳	۳۲,۰۶۹۱	۶۱,۱۴۷۹
۱	۴	۴,۶۲۴۵	۱۲,۵۰۶۳	۶۱,۲۵۶۶	۱۲,۵۰۶۳	۳۲,۰۶۹۱	۶۱,۱۴۷۹
۲	۱	۲۰,۸۷۹۹	۶۱,۰۰۷۴	۷۷,۵۱۲۰	۶۱,۰۰۷۴	۴۸,۳۲۴۴	۱۰۹,۶۴۹۰
۲	۲	۲۰,۸۷۹۹	۶۱,۰۰۷۴	۷۷,۵۱۲۰	۶۱,۰۰۷۴	۴۸,۳۲۴۴	۱۰۹,۶۴۹۰
۲	۳	۲۰,۸۷۹۹	۶۱,۰۰۷۴	۷۷,۵۱۲۰	۶۱,۰۰۷۴	۴۸,۳۲۴۴	۱۰۹,۶۴۹۰
۲	۴	۲۰,۸۷۹۹	۶۱,۰۰۷۴	۷۷,۵۱۲۰	۶۱,۰۰۷۴	۴۸,۳۲۴۴	۱۰۹,۶۴۹۰
۳	۱	۱۸,۲۹۲۰	۶۰,۹۳۳۷	۷۴,۹۲۴۱	۶۰,۹۳۳۷	۴۵,۷۳۶۶	۱۰۹,۵۷۵۳
۳	۲	۱۸,۲۹۲۰	۶۰,۹۳۳۷	۷۴,۹۲۴۱	۶۰,۹۳۳۷	۴۵,۷۳۶۶	۱۰۹,۵۷۵۳
۳	۳	۱۸,۲۹۲۰	۶۰,۹۳۳۷	۷۴,۹۲۴۱	۶۰,۹۳۳۷	۴۵,۷۳۶۶	۱۰۹,۵۷۵۳
۳	۴	۱۸,۲۹۲۰	۶۰,۹۳۳۷	۷۴,۹۲۴۱	۶۰,۹۳۳۷	۴۵,۷۳۶۶	۱۰۹,۵۷۵۳

جدول ب-۳ مطابق با معادله های ۲۰ و ۲۱:

جدول ب-۳- مختصات رأس مدل ریاضی

ابعاد بر حسب متر

ایستگاه مستقر i	مجموعه k	$X_{m,i,1,k}$	$Y_{m,i,1,k}$	$X_{m,i,2,k}$	$Y_{m,i,2,k}$	$X_{m,i,3,k}$	$Y_{m,i,3,k}$
۱	۱	۵۷,۰۵۲۹	۴۹,۹۹۹۸	۱,۴۶۸۵	۳۹,۱۵۷۱	۳۹,۴۲۸۹	-۲,۹۹۶۴
۱	۲	۵۷,۰۵۳۹	۴۹,۹۹۸۷	۱,۴۶۹۰	۳۹,۱۵۸۶	۳۹,۴۲۷۴	-۲,۹۹۶۸
۱	۳	۵۷,۰۵۳۰	۴۹,۹۹۹۷	۱,۴۶۸۵	۳۹,۱۵۷۳	۳۹,۴۲۸۷	-۲,۹۹۶۵
۱	۴	۵۷,۰۵۳۶	۴۹,۹۹۹۰	۱,۴۶۸۸	۳۹,۱۵۸۱	۳۹,۴۲۷۹	-۲,۹۹۶۷
۲	۱	۲۳,۰۴۰۱	۹۶,۶۹۷۰	۴۵,۱۴۱۰	۴۴,۵۵۵۵	۷۸,۵۳۵۱	۹۰,۴۱۱۲
۲	۲	۲۳,۰۴۰۸	۹۶,۶۹۸۰	۴۵,۱۳۹۸	۴۴,۵۵۵۶	۷۸,۵۳۵۶	۹۰,۴۱۰۱
۲	۳	۲۳,۰۳۹۹	۹۶,۶۹۶۸	۴۵,۱۴۱۴	۴۴,۵۵۵۴	۷۸,۵۳۵۰	۹۰,۴۱۱۶
۲	۴	۲۳,۰۳۹۹	۹۶,۶۹۶۸	۴۵,۱۴۱۴	۴۴,۵۵۵۴	۷۸,۵۳۵۰	۹۰,۴۱۱۶
۳	۱	۷۴,۶۸۵۹	۹۲,۷۵۳۹	۱۸,۰۶۷۰	۹۳,۹۷۴۰	۴۶,۱۹۹۸	۴۴,۷۱۴۹
۳	۲	۷۴,۶۸۶۷	۹۲,۷۵۲۵	۱۸,۰۶۷۸	۹۳,۹۷۵۴	۴۶,۱۹۸۲	۴۴,۷۱۴۹
۳	۳	۷۴,۶۸۶۸	۹۲,۷۵۲۴	۱۸,۰۶۷۹	۹۳,۹۷۵۵	۴۶,۱۹۸۱	۴۴,۷۱۴۹

ایستگاه مستقر i	مجموعه k	$X_{m,i,1,k}$	$Y_{m,i,1,k}$	$X_{m,i,2,k}$	$Y_{m,i,2,k}$	$X_{m,i,3,k}$	$Y_{m,i,3,k}$
۳	۴	۷۴,۶۸۶۹	۹۲,۷۵۲۱	۱۸,۰۶۸۱	۹۳,۹۷۵۸	۴۶,۱۹۷۸	۴۴,۷۱۴۹

مطابق با معادله ۲۴:

$$\sum r_{xy}^2 = 0.000\ 061\ m^2$$

مطابق با معادله ۲۶ و ۲۷:

$$s_{xy} = 0.001\ 10\ m$$

ب-۲-۲ مختصات z-

جدول ب-۴ مطابق با معادله‌های ۲۸، ۲۹، ۳۰ و ۳۱:

جدول ب-۴- باقیمانده‌های اختلاف ارتفاع‌ها

ایستگاه مستقر i	مجموعه k	$d_{z,i,2,k}$ m	$d_{z,i,3,k}$ m	$r_{z,i,2,k}$ m	$r_{z,i,3,k}$ m	$r_{z,i,2,k}^2$ m^2	$r_{z,i,3,k}^2$ m^2
۱	۱	۲,۲۱۸	-۰,۲۶۱	-۰,۰۰۱۷۵	-۰,۰۰۰۲۵	۰,۰۰۰۰۳۱	۰,۰۰۰۰۰۱
	۲	۲,۲۱۹	-۰,۲۶۲	-۰,۰۰۰۷۵	-۰,۰۰۰۱۲۵	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱۶
	۳	۲,۲۱۸	-۰,۲۶۲	-۰,۰۰۰۱۷۵	-۰,۰۰۰۱۲۵	۰,۰۰۰۰۰۳۱	۰,۰۰۰۰۰۱۶
	۴	۲,۲۱۹	-۰,۲۶۲	-۰,۰۰۰۷۵	-۰,۰۰۰۱۲۵	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱۶
۲	۱	۲,۲۱۹	-۰,۲۶۱	-۰,۰۰۰۷۵	-۰,۰۰۰۲۵	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱
	۲	۲,۲۲۲	-۰,۲۵۸	۰,۰۰۰۲۲۵	۰,۰۰۰۲۷۵	۰,۰۰۰۰۵۱	۰,۰۰۰۰۰۷
	۳	۲,۲۲۱	-۰,۲۶۱	۰,۰۰۰۱۲۵	-۰,۰۰۰۲۵	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱
	۴	۲,۲۲۲	-۰,۲۶۰	۰,۰۰۰۲۲۵	۰,۰۰۰۰۷۵	۰,۰۰۰۰۵۱	۰,۰۰۰۰۰۶
۳	۱	۲,۲۱۹	-۰,۲۶۱	-۰,۰۰۰۷۵	-۰,۰۰۰۲۵	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱
	۲	۲,۲۱۹	-۰,۲۶۱	-۰,۰۰۰۷۵	-۰,۰۰۰۲۵	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱
	۳	۲,۲۱۹	-۰,۲۶۱	-۰,۰۰۰۷۵	-۰,۰۰۰۲۵	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱
	۴	۲,۲۲۲	-۰,۲۵۹	۰,۰۰۰۲۲۵	۰,۰۰۰۱۷۵	۰,۰۰۰۰۵۱	۰,۰۰۰۰۰۳۱
$\sum d$		۲۶,۶۳۷	-۳,۱۲۹				
		$a_{z,2}$	$a_{z,3}$				
مقدار میانگین		۲,۲۱۹۸	-۲,۲۶۰۷				

مطابق با معادله ۳۴:

$$u_{ISO-TS-Z} = 0,000\ 98\ m$$

ب-۳ آزمون‌های آماری

ب-۳-۱ آزمون آماری مطابق با سؤال الف

آزمون برای x و y ؛

$$\sigma = 5,0 \text{ mm}$$

$$u_{\text{ISO-TS-XY}} = 1,10 \text{ mm}$$

$$v_{\text{XY}} = 51$$

$$1,10 \text{ mm} \leq 5,0 \text{ mm} \times 1.16$$

$$1,10 \text{ mm} \leq 5,8 \text{ mm}$$

از آنجا که شرایط بالا تأمین می‌شوند، فرضیه صفر که بیان می‌کند انحراف معیار تجربی $u_{\text{ISO-TS-XY}} = 1,10$ mm کوچکتر یا برابر مقدار موردنظر سازنده $\sigma = 5,0 \text{ mm}$ است، با سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته می‌شود.

آزمون برای z ؛

$$\sigma = 5,0 \text{ mm}$$

$$u_{\text{ISO-TS-Z}} = 0,98 \text{ mm}$$

$$v_Z = 22$$

$$0,98 \text{ mm} \leq 5,0 \text{ mm} \times 1.24$$

$$0,98 \text{ mm} \leq 6,2 \text{ mm}$$

از آنجا که شرایط بالا تأمین می‌شوند، فرضیه صفر که بیان می‌کند انحراف معیار تجربی $u_{\text{ISO-TS-Z}} = 0,98 \text{ mm}$ کوچکتر یا برابر مقدار موردنظر سازنده $\sigma = 5,0 \text{ mm}$ است، با سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته می‌شود.

ب-۳-۲ آزمون آماری مطابق با سؤال ب

آزمون برای x و y ؛

$$s = 1,10 \text{ mm}$$

$$\tilde{s} = 1,15 \text{ mm}$$

$$v_{\text{XY}} = 51$$

$$0,57 \leq \frac{1,21 \text{ mm}^2}{1,32 \text{ mm}^2} \leq 1.74$$

$$0,57 \leq 0,92 \leq 1.74$$

از آنجا که شرایط بالا تأمین می‌شوند، فرضیه صفر که بیان می‌کند انحراف معیار تجربی $s = 1,10 \text{ mm}$ و $\tilde{s} = 1,15 \text{ mm}$ متعلق به جامعه یکسان، با سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته می‌شوند.

آزمون برای z ؛

$$s = 0,98 \text{ mm}$$

$$\tilde{s} = 1,15 \text{ mm}$$

$$\nu_Z = 22$$

$$0,42 \leq \frac{0,96 \text{ mm}^2}{1,32 \text{ mm}^2} \leq 2,36$$

$$0,42 \leq 0,73 \leq 2,36$$

از آنجا که شرایط بالا تأمین می‌شوند، فرضیه صفر که بیان می‌کند انحراف معیار تجربی $s = 0,98 \text{ mm}$ و $\tilde{s} = 1,15 \text{ mm}$ متعلق به جامعه یکسان، با سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته می‌شوند.

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

مثالی از محاسبه بودجه عدم قطعیت مرکب (نوع A و نوع B)

پ-۱ مثال بودجه عدم قطعیت

پ-۱-۱ منابع عدم قطعیت

تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌ها:

$u_{\text{ISO-TS}}$

از پیوست به‌دست می‌آید:

$$u_{\text{ISO-TS-XY}} = 0.001 \text{ 10 m}$$

$$u_{\text{ISO-TS-Z}} = 0.00098 \text{ m}$$

توتال استیشن:

مطابق با مشخصات مورد نظر سازنده عدم قطعیت فاصله $u_{\text{dist-TS}}$ با اعمال $(3 + 2 \text{ ppm} \times D) \pm$ به‌دست می‌آید. بیشترین فاصله اندازه‌گیری شده برابر 57 m است.

$$u_{\text{dist-TS}} = 3 + 2 \times 57\,000 \times 10^{-6} = 3,1 \text{ mm}$$

عدم قطعیت اندازه‌گیری زاویه افقی $u_{\theta\text{-TS}}$ با مشخصات به‌کار رفته توسط سازنده با اعمال 5" (مطابق با استاندارد ISO 17123-3) به‌دست می‌آید:

$$u_{\theta\text{-TS}} = 5''$$

عدم قطعیت اندازه‌گیری زاویه قائم $u_{\psi\text{-TS}}$ با مشخصات به‌کار رفته توسط سازنده با اعمال 5" (مطابق با استاندارد ISO 17123-3) به‌دست می‌آید.

$$u_{\psi\text{-TS}} = 5''$$

عدم قطعیت حداقل رقم نمایش:

$$u_{\text{dispx}} = u_{\text{dispy}} = u_{\text{dispz}} = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,29 \text{ mm}$$

هنگامی که حداقل رقم ۱ mm است.

سه پایه:

کمیت موثر سه پایه u_{trd} :

$$u_{\text{trd}} = \frac{3}{\sqrt{3}} = 1.73''$$

با پیچش برآورد شده مطابق با استاندارد ISO 12858-2 و توزیع مستطیل شکل است.

پایداری ارتفاع سه پایه u_{hs} در حدود ۰٫۰۵ مطابق با استاندارد ISO 12858-2 برآورد می‌شود و این را می‌توان از بودجه حذف کرد.

شرایط جوی

عدم قطعیت دما u_{temp} :

$$u_{temp} = 1 \times 57\,000 \times 10^{-6} = 0,057 \text{ mm}$$

که در آن $\pm 1^\circ \text{C}$ از آزمون به‌دست آمده است.

عدم قطعیت فشار u_{prs} :

$$u_{prs} = 0,3 \times 5 \times 57\,000 \times 10^{-6} = 0,086 \text{ mm}$$

که در آن ۵ hpa به تجربه به‌دست آمده است.

اثر عدم قطعیت رطوبت برای بیشترین فاصله ۱۰۰ m درآزمون قابل صرفنظر کردن است و لذا می‌توان آن را حذف کرد.

پ-۱-۲ محاسبه عدم قطعیت

عدم قطعیت مختصات قطبی مطابق با معادله‌های ۵۳، ۵۴ و ۵۵ محاسبه می‌شود.

$$u_{dist} = \sqrt{u_{dist-TS}^2 + u_{tmp}^2 + u_{prs}^2} = \sqrt{3,114^2 + 0,057^2 + 0,086^2} = 3,116 \text{ mm}$$

$$u_{\theta} = \sqrt{u_{\theta-TS}^2 + u_{trd}^2} = \sqrt{5^2 + 1,73^2} = 5,29''$$

$$u_{\psi} = \sqrt{u_{\psi-TS}^2 + u_{hs}^2} = 2,89''$$

عدم قطعیت مختصات متعامد مطابق با معادله‌های ۵۶ و ۵۷ محاسبه می‌شود.

$$u_N^2 + u_E^2 = 11,84 \text{ mm}^2$$

$$u_H^2 = 1,19 \text{ mm}^2$$

عدم قطعیت مرکب مطابق با جدول پ-۱ و معادله‌های ۵۸ و ۵۹ محاسبه می‌شود.

$$u_{xy} = \sqrt{1,10^2 + 11,84 + 0,29^2} = 3,62 \text{ mm}$$

$$u_z = \sqrt{0,98^2 + 1,91 + 0,29^2} = 1,72 \text{ mm}$$

جدول پ-۱- بودجه عدم قطعیت مختصات متعامد

ابعاد بر حسب میلی‌متر

توضیحات	ارزیابی	$u_i(c_{xy}) \equiv ci . u(x_i)$	ضریب حساسیت	توزیع	عدم قطعیت استاندارد $u(x_i)$	تخمین ورودی	کمیت ورودی $u(x_i)$
معادله ۲۷	نوع A	1,10	۱	نرمال	1,10	-	$u_{ISO-TS-XY}$
معادله ۳۴	نوع A	0,98	۱	نرمال	0,98	-	$u_{ISO-TS-Z}$
	نوع B	3,44	۱	نرمال	3,44	$D_{max} = 57 \text{ m}, V_a = 1^\circ$	$(u_x^2 + u_y^2)^{0,5}$
	نوع B	1,38	۱	نرمال	1,38	$D_{max} = 57 \text{ m}, V_a = 1^\circ$	u_z
	نوع B	0,29	۱	مستطیلی	0,29	0	u_{disp}
		3,62	u_{xy}	نتایج نهایی			
		1,72	u_z				

پ-۲ عدم قطعیت گسترده

$$U_{xy} = 2 \times 3.62 \approx 7 \text{ mm}$$

$$U_z = 2 \times 1.27 \approx 3 \text{ mm}$$

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

منابعی که در ارزیابی عدم قطعیت در نظر گرفته نشده‌اند

از آنجایی که منابع عدم قطعیت نشان داده شده در جدول ت-۱ قبلاً در لیست کمیت‌های موثر متناظر در جدول ۴ در نظر گرفته شده‌اند یا مرتبط نیستند، به‌طور جداگانه ارزیابی نشده‌اند.

جدول ت-۱- منابع عدم قطعیت که به‌طور جداگانه ارزیابی نشده‌اند

منابع عدم قطعیت	فاصله	زاویه عمودی	زاویه افقی
توان تفکیک تلسکوپ	•	•	•
خطای تار رتیکول	•	•	•
هم مرکز کردن ^۱ توتال استیشن	•	•	•
محور نشانه روی و محور قائم			•
تیلت محور قائم توتال استیشن	•	•	•
خطای خط دید			•
خطای محور تیلت	•		•
خطای درجه بندی لمب ^۲ افق H			•
خطای خروج از مرکزیت لمب افق H			•
خطای جبران کننده قائم	•		
خطای جبران کننده افقی			•
ثابت اضافی		•	
خطای ثابت منشور		•	
پارامتر ضریب جوی		•	
هم مرکز کردن منشور		•	
امتداد وجه منشور	•	•	•
1- Centring			
2- Circle			

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۴۵۲۳: سال ۱۳۹۳، اپتیک و دستگاه‌های اپتیکی-وسایل جانبی برای دستگاه‌های ژئودتیک - قسمت ۲: سه پایه‌ها
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۶۱۱۵: سال ۱۳۸۱، کنترل کیفیت آماری - تعبیر آماری داده‌ها - توان آزمونهای مربوط به میانگین و واریانسها
- [3] ISO 1101:2012, Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out
- [4] ISO 2854:1976, Statistical interpretation of data — Techniques of estimation and tests relating to means and variances
- [5] JCGM 200:2008, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)
- [6] JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement
- [7] JCGM 104:2009, Evaluation of measurement data — An introduction to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” and related documents
- [8] NIST Technical Note 1297: 1994, Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/2017/05/09/tn1297s.pdf>
- [9] NIST SOP No29: 2014, Standard Operating Procedure for the Assignment of Uncertainty https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/2017/04/28/SOP_29_20140911.pdf
- [10] EA- 4/02 M: 2013, Evaluation of the Uncertainty of Measurements in Calibration <http://www.european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m-rev01--september-2013>