



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران
۱۶۳۵۷
تجدیدنظر اول
۱۴۰۳

INSO

16357

1st Revision

2024

عدم قطعیت اندازه گیری در کالیبراسیون

Measurement uncertainty in
calibration

ICS: 03.120;01.060

استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۵۷ (تجدیدنظر اول): سال ۱۴۰۳

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@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards 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@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.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 روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران 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 ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های 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، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

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 به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون دکس 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 زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. 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 واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس 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 وسیله بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electro Technical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«عدم قطعیت اندازه گیری در کالیبراسیون»

رئیس:

سمت و/یا محل اشتغال:

محمدری، لیواری، احد
(کارشناسی ارشد فیزیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

دبیر:

باقری، مهناز
(کارشناس ارشد شیمی)

سازمان ملی استاندارد ایران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

جزمی، محسن
(کارشناس الکترونیک)

شرکت تابان فرتاک ویستا

عابدینی، محمد
(کارشناس ارشد فیزیک کاربردی)

شرکت اندازه نگاشت

نبی، مهدی
(کارشناس ارشد شیمی)

آزمایشگاه معیاردانش پارسیان ودانشگاه آزاد اسلامی اصفهان

نورس فرد، مهدی
(کارشناس ارشد فیزیک)

آزمایشگاه بهینه فرآیند آزما

هاشمی شاد، الهام
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

پژوهشکده ارزیابی کیفیت و سامانه های مدیریت- پژوهشگاه
استاندارد

ویراستار:

کرمی، زهرا
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش‌گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ خط‌مشی ارزشیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری
۴	۵ دامنه‌های تایید صلاحیت آزمایشگاه‌های کالیبراسیون
۹	۶ بیانیه عدم قطعیت اندازه‌گیری در گواهینامه‌های صادر شده توسط آزمایشگاه‌های کالیبراسیون
۱۱	۷ کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «عدم قطعیت اندازه‌گیری در کالیبراسیون» که نخستین بار در سال ۱۳۹۷ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در سیصد و یازدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد سیستم مدیریت مورخ ۱۴۰۳/۰۲/۰۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان 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 خواهند 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 ۱۶۳۵۷: سال ۱۳۹۷ می‌شود.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

1. ILAC P14-09:2020, ILAC Policy for measurement uncertainty in calibration
2. EA-4/02 M: 2013, *Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration*
3. UKAS, M3003-Edition 5: September 2022, the Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement
4. NABL143:2020, policy on calibration and measurement capability (CMC) and uncertainty in calibration
5. SAC-SINCLAS technical notes MET 001: May 2021, specific requirement for calibration and measurement laboratories
6. SANAS R50-04:2021, Estimation of the uncertainty of measurement by calibration laboratories and specification of calibration and measurement capability on scopes of accreditation
7. SANAS R79-04:2021, Requirement for the issue of SANAS calibration certificates
8. UKAS, LAB45:2023, Schedules of accreditation for calibration laboratories

مقدمه

به منظور یکپارچه‌سازی بیان عدم قطعیت در گواهینامه‌های کالیبراسیون صادره توسط آزمایشگاه‌های کالیبراسیون و همچنین در دامنه فعالیت تایید صلاحیت آزمایشگاه‌های کالیبراسیون، اتحادیه بین‌المللی تایید صلاحیت آزمایشگاهی^۱ مدرک ILAC P14:09/2020 را با عنوان خط‌مشی عدم قطعیت اندازه‌گیری در کالیبراسیون منتشر کرده است.

مطابق پیوست پ از توافقنامه شناسایی متقابل با کمیته بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها^۲، اتحادیه بین‌المللی تایید صلاحیت آزمایشگاهی و دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها^۳ توافق کردند به منظور یکپارچه‌سازی اصطلاحات فنی، واژه بهترین توان اندازه‌گیری^۴ که در دامنه فعالیت تایید صلاحیت آزمایشگاه‌های کالیبراسیون به کار می‌رود با واژه توانمندی کالیبراسیون و اندازه‌گیری^۵ جایگزین شود. مطابق این مدرک توانمندی کالیبراسیون و اندازه‌گیری در بانک اطلاعاتی مقایسه کلیدی^۶ جهت نشان دادن توانمندی‌های مراکز ملی اندازه‌شناسی کشورها به کار می‌رود.

بر اساس خط‌مشی منتشر شده، الزامات استاندارد ایران-ایزو-آی ای سی شماره ۱۷۰۲۵ و این استاندارد، آزمایشگاه‌های کالیبراسیون/آزمون متقاضی و تایید صلاحیت شده باید خط‌مشی و روش‌های اجرایی در زمینه برآورد عدم قطعیت و ارزشیابی توانمندی کالیبراسیون و اندازه‌گیری، تهیه و به کار گیرند. طبق مفاد این استاندارد اعضا باید مستندات عدم قطعیت اندازه‌گیری را بر اساس GUM^۷ و پیوست‌های آن استقرار دهند. لازم به ذکر است GUM و مدارک پیوست، قوانین عمومی و راه‌های یکپارچه را برای ارزشیابی و بیان عدم قطعیت در اندازه‌گیری تعیین کرده‌است که مورد استفاده در اکثر اندازه‌گیری‌های فیزیکی و شیمیایی می‌باشد. مدرک EAL-R2 (بیانیه عدم قطعیت اندازه‌گیری در کالیبراسیون) بعنوان مدرک پیوست هنگام تعلیق با هدف تجدیدنظر مدارک ILAC، قابل استفاده است. ویرایش‌های بعدی مدرک EA همچنان معتبر است که در حال حاضر EA-4/02 می‌باشد.

1- ILAC International laboratory Accreditation Cooperation

2- CIPM MRA International Committee for Weights and Measures Mutual Recognition Arrangement

3- BIPM Bureau of Weights and Measures

4- BMC Best Measurement Capability

5-CMC Calibration and Measurement Capability

6-KCDB Key Comparison Database

7-ISO/IEC GUID 98

عدم قطعیت اندازه‌گیری در کالیبراسیون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارزشیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری و بیانیه آن در گواهینامه کالیبراسیون آزمایشگاه‌های تایید صلاحیت شده، همچنین ارزیابی توانمندی اندازه‌گیری و کالیبراسیون (CMC) در دامنه‌های تایید صلاحیت شده در راستای اصول مورد توافق بین اتحادیه بین‌المللی تایید صلاحیت آزمایشگاه‌ها (ILAC) و دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها (BIPM) می‌باشد.

این استاندارد الزامات بیانیه توانمندی‌های اندازه‌گیری و کالیبراسیون (CMCs) و ارزشیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری در گواهینامه‌ها یا گزارشات کالیبراسیون را مشخص می‌کند.

با وجودی که این استاندارد، کالیبراسیون ماده مرجع (RM) را پوشش می‌دهد، اما تخصیص عدم قطعیت به مقدار خاصیت یک RM را در هیچ حوزه‌ای پوشش نمی‌دهد.

انتظار نمی‌رود سازمان‌هایی به غیر از آزمایشگاه‌های کالیبراسیون CMC شان را ارزشیابی کنند اما توصیه می‌شود به CMC های تحت پوشش ترتیبات ILAC در کالیبراسیون و توافقنامه شناسایی متقابل با کمیته بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها (CIPM MRA) توجه داشته باشند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت 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:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳ سال ۱۳۹۰، واژه‌نامه اندازه‌شناسی - مفاهیم پایه و عمومی و اصطلاحات مربوطه

۲-۲ استاندارد ملی ایران - ایزو-آی‌سی شماره ۱۷۰۲۵: سال ۱۳۹۹، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳، اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

آزمایشگاه کالیبراسیون

calibration laboratory

شامل همه سازمان‌هایی که فعالیت‌های کالیبراسیون انجام می‌دهند از جمله آزمایشگاه‌های آزمون، کالیبراسیون و پزشکی، نهادهای بازرسی، بانک‌های اطلاعات پزشکی، تولیدکنندگان مواد مرجع و فراهم‌کنندگان آزمون مهارت می‌باشد.

۲-۳

توانمندی کالیبراسیون و اندازه‌گیری

calibration and measurement capability

CMC

مطابق مفاد ترتیبات اتحادیه بین‌المللی تاییدصلاحیت آزمایشگاهی و ترتیبات شناسایی متقابل کمیته بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها و همچنین در تطابق با بیانیه مشترک اتحادیه بین‌المللی تایید صلاحیت آزمایشگاهی-کمیته بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها تعریف زیر مورد توافق قرار گرفته است: CMC توانمندی کالیبراسیون و اندازه‌گیری قابل دسترس مشتریان تحت شرایط عادی است، بر اساس آنچه که:

الف- در دامنه فعالیت آزمایشگاه دارای تاییدصلاحیت از مرکز تاییدصلاحیتی که ترتیبات شناسایی اتحادیه بین‌المللی تاییدصلاحیت آزمایشگاهی را امضا کرده، شرح داده شده باشد؛

ب- در پایگاه داده مقایسه کلیدی ترتیبات شناسایی متقابل کمیته بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها منتشر شده باشد.

یادآوری ۱- تحت CMC، بهتر است اندازه‌گیری یا کالیبراسیون:

۱- طبق یک روش اجرایی مدون انجام و بودجه بندی عدم قطعیت تحت سیستم مدیریت مرکز اندازه‌شناسی ملی یا آزمایشگاه تاییدصلاحیت شده برقرار شده باشد.

۲- بر اساس اصول منظم انجام شود (بر اساس درخواست یا برنامه زمانی مشخص سالیانه، به روز رسانی شود).

۳- در دسترس همه مشتریان قرار داشته باشد.

یادآوری ۲- CMC کوچکترین عدم قطعیت اندازه گیری است که آزمایشگاه براساس دامنه فعالیت تایید صلاحیت- شده اش و از طریق انجام کالیبراسیون های روزمره تجهیزات اندازه گیری که جهت اندازه گیری آن کمیت طراحی- شده اند به آن دست می یابد.

۳-۳

بهترین وسیله موجود

best existing device

BED

بهترین وسیله موجود، وسیله تحت کالیبراسیون است که به صورت تجاری یا از طرق دیگر در دسترس مشتریان قرار دارد، حتی اگر عملکرد خاص (پایداری) داشته باشد یا تاریخچه طولانی از کالیبراسیون داشته باشد.

یادآوری ۱- سوابق کالیبراسیون بهترین وسیله موجود که کالیبراسیون آن توسط آزمایشگاه انجام شده است باید به طور مناسب نگهداری شود. الزامی نیست بهترین وسیله موجود متعلق به آزمایشگاه باشد.

یادآوری ۲- بهترین وسیله موجود وسیله ای قابل دسترسی است که الزاماً نباید نماینده وسایلی باشد که بیشترین درخواست کالیبراسیون آنها از آزمایشگاه شده است.

ویژگی های وسایلی که به عنوان بهترین وسیله موجود در نظر گرفته می شوند به زمینه کالیبراسیون بستگی خواهد داشت. به عنوان مثال وسیله ای با نوسانات تصادفی خیلی جزیی، ضریب دمایی قابل صرف نظر کردن و ضریب انعکاس ولتاژ خیلی کم.

یادآوری ۳- ممکن است در مواقعی آزمایشگاه قصد کالیبراسیون وسیله ای را داشته باشد که نماینده بهترین وسیله موجود نباشد. در چنین مواقعی جهت ارزشیابی CMC نوع وسیله ای که آزمایشگاه قصد کالیبره کردنش را دارد به عنوان بهترین وسیله اندازه گیری برای آن آزمایشگاه و مشخصات در نظر گرفته می شود.

۴ خط مشی ارزشیابی عدم قطعیت اندازه گیری

نهاد تایید صلاحیت باید اطمینان حاصل کند که آزمایشگاه های کالیبراسیون تایید صلاحیت شده، عدم قطعیت اندازه گیری را مطابق با GUM ارزشیابی می کنند.

برای اطمینان از همسویی ارزشیابی عدم قطعیت اندازه گیری با GUM، ممکن است نهاد تایید صلاحیت از مستندات منتشر شده توسط سایر سازمان ها استفاده کند یا مدرک خود را که حاوی راهنمایی عملی و الزامات اجباری است منتشر کند. هرگونه الزام اجباری باید مطابق با این استاندارد و مستندات مرجع باشد.

۵ دامنه های تایید صلاحیت آزمایشگاه های کالیبراسیون

۵-۱ دامنه تایید صلاحیت یک آزمایشگاه کالیبراسیون تایید صلاحیت شده باید شامل توانمندی کالیبراسیون و اندازه گیری (CMC) باشد که بر حسب موارد زیر بیان می شود:

الف - اندازه ده/ ماده مرجع؛

ب - روش/ روش اجرایی کالیبراسیون/ اندازه گیری و نوع وسیله/ ماده تحت کالیبراسیون/ اندازه گیری؛

پ - گستره اندازه گیری و پارامترهای اضافی در صورت کاربرد، مانند فرکانس ولتاژ اعمال شده؛

ت - عدم قطعیت اندازه گیری که می تواند با یکای یکسان با اندازه ده یا به شکل عدم قطعیت نسبی ارائه شود.

جدول زیر قالب گواهینامه های تایید صلاحیت آزمایشگاه های کالیبراسیون را نشان می دهد:

جدول ۱- دامنه فعالیت تایید صلاحیت آزمایشگاه های کالیبراسیون

توانمندی کالیبراسیون و اندازه گیری (CMC)				
اندازه ده/ ماده - مرجع	روش / روش اجرایی کالیبراسیون / اندازه گیری و نوع وسیله / ماده تحت کالیبراسیون / اندازه گیری	گستره اندازه گیری و پارامترهای اضافی در صورت کاربرد، مانند فرکانس ولتاژ اعمال شده	عدم قطعیت اندازه گیری (k=2)	توضیحات

یادآوری ۱- در مواردی که شرایط خاصی برای دست یافتن به CMC الزامی است، بهتر است این شرایط در جدول دامنه کاربرد و تایید صلاحیت آزمایشگاه های کالیبراسیون (معمولاً در ستون ملاحظات) توضیح داده شود.

یادآوری ۲- بهتر است CMC همیشه به صورت عددی بیان شود و منحصرأ با ارجاع به یک استاندارد یا مدرک دیگری که اندازه گیری های انجام شده را توصیف می کند، بیان نشود.

یادآوری ۳- بهتر است تعداد ارقام با معنی در یک بیانیه عدم قطعیت اندازه گیری همیشه منعکس کننده توانمندی عملی اندازه گیری باشد. با توجه به فرآیند برآورد عدم قطعیت ها به ندرت ارائه بیش از دو رقم با معنی توجیه پذیر است. گرچه کمتر از دو رقم با معنی نیز می تواند خطاهای گرد کردن بزرگ غیر قابل قبولی را به همراه داشته باشد. بنابراین بهتر است عدم قطعیت اندازه گیری با استفاده از قوانین عادی گرد کردن تا دو رقم با معنی بیان شود، در غیر این صورت دلایل فنی معتبری برای آن وجود داشته باشد.

بهتر است هنگامی که مقدار عدم قطعیت اندازه گیری توسط یک تابع ارائه می شود، تعداد ارقام بامعنی ضرایب، بیش از آنچه مورد نیاز برای محاسبه درست است، (گرد کردن تا دو رقم) نباشد.

یادآوری ۴- هنگامی که استاندارد، یک روش شناسی را برای محاسبه «عدم قطعیت» تعریف می کند که با روش معمول ارزشیابی عدم قطعیت اندازه گیری متفاوت است (برای مثال در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۷۶۱، عدم قطعیت مقدار آزمون برای تصدیق کولیس ها تعریف شده است)، در این حالت عدم قطعیت مقدار آزمون همراه با نکته ای گزارش می شود که توضیح می دهد چه چیزی در تحلیل گنجانده و چه چیزی مطابق با تعریف ارائه شده توسط استاندارد گنجانده نشده است. به طور مثال «در ارزشیابی عدم قطعیت مقدار آزمون مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۷۶۱، تفکیک پذیری و تکرارپذیری کولیس در عدم قطعیت مقدار آزمون گنجانده نشده است».

یادآوری ۵- در کالیبراسیون ابعادی، در دامنه تایید صلاحیت برای کالیبراسیون وسایل و تجهیزات پایه ای اندازه گیری ابعادی، بطور تاریخی یک CMC برای پارامترهای بیشتر مرتبط با کاربران نهایی گزارش می شود. به هر حال، این روش در مورد اندازه گیری های جانبی مانند صافی و توازی فک های اندازه گیری میکرومتر و غیره شفافیتی فراهم نمی کند. این فنون اندازه گیری اضافی باید در جدول دامنه کاربرد و تایید صلاحیت همراه با عدم قطعیت اندازه گیری مربوطه فهرست شوند.

۵-۲ در دامنه های تایید صلاحیت در بیان CMC به عبارتی در بیان کوچکترین عدم قطعیت اندازه گیری که انتظار می رود آزمایشگاه در طی کالیبراسیون یا اندازه گیری به آن دست پیدا کند، نباید هیچگونه ابهامی وجود داشته باشد. هنگامی که اندازه ده مقدار یا گستره ای از مقادیر را پوشش می دهد، باید یک یا چند روش از روش های زیر برای بیان عدم قطعیت به کار گرفته شود:

الف- یک مقدار تکی، که در تمام گستره اندازه گیری اعتبار دارد؛

ب- یک گستره اندازه گیری. در این حالت آزمایشگاه کالیبراسیون باید از مناسب بودن درونیابی خطی به منظور یافتن عدم قطعیت در مقادیر میانی اطمینان حاصل کند؛

یادآوری ۱- ترجیحا توصیه می شود به منظور اطمینان از رابطه خطی بین گستره های CMC و گستره های اندازه گیری، گستره های اندازه گیری تفکیک شوند. تقسیم گستره ها می تواند بر پایه استانداردهای مرجع مورد استفاده و روش های مختلف به کار برده شده توسط آزمایشگاه انجام پذیرد؛

یادآوری ۲- هر جا که خطی بودن در یک گستره امکان پذیر نباشد، توصیه می شود از معادلات رگرسیون به شکل های دیگر (مانند چند جمله ای، نمایی) استفاده شود. هر چند در تمامی موارد بایستی از طریق تصحیح معادله بهترین برازش، برازش محافظه کارانه ای به کار بست، یا عدم قطعیت ها در آن نقاط را می توان به صورت جداگانه در هر بخش مرتبط از گستره مشخص نمود؛

پ- تابعی صریح از اندازه ده و/یک پارامتر؛

ت- ماتریسی که مقادیر عدم قطعیت وابسته به مقادیر اندازه ده و پارامترهای اضافی باشد؛

ث- یک شکل ترسیمی به شرط تفکیک پذیری کافی روی هر محور مختصات برای به دست آوردن عدم قطعیت با حداقل دو رقم با معنی.

یادآوری ۱- بهتر است توجه ویژه داشت که هنگامی که گستره مقادیر کمی شامل یا نزدیک صفر باشد، استفاده از عبارات نسبی، مانند درصد، مجاز نیست. در چنین شرایطی، بهتر است یک عبارت به صورت مطلق و به تنهایی یا به همراه عبارت نسبی نیز وجود داشته باشد.

یادآوری ۲- هنگامی که اندازه ده به جای اینکه گستره ای از مقادیر داشته باشد، یک مقدار منفرد (یگانه) یا مقدار خاص باشد، بهتر است توابع ریاضی استفاده نشوند. در عوض، عبارت ارزشیابی شود و یک مقدار منفرد (یگانه) برای عدم قطعیت اندازه گیری بیان شود.

یادآوری ۳- غالباً این اتفاق می افتد که توانمندی کالیبراسیون و اندازه گیری به گستره هایی مطابق با آنچه در وسیله اندازه گیری که توانمندی کالیبراسیون و اندازه گیری مبتنی بر آن است، تقسیم می شود. تحت چنین شرایطی، بهتر است گستره های توصیف شده در جدول دامنه کاربرد و تایید صلاحیت آزمایشگاه های کالیبراسیون، مطابق با تغییر نقاط در گستره نامی وسیله اندازه گیری باشد.

یادآوری ۴- برای بیان CMC، بازه های باز اطمینان (مانند « $0 < U < x$ »)، یا مانند بازه مقاومتی ۱ تا ۱۰۰ اهمی که عدم قطعیت به صورت «کمتر از $2\mu\Omega/\Omega$ » بیان شده، نادرست است.

۳-۵ عدم قطعیت پوشش داده شده توسط CMC باید به صورت عدم قطعیت گسترده که احتمال پوشش تقریبی ۹۵٪ دارد، بیان شود. همیشه باید یکای عدم قطعیت با یکای اندازه ده یکسان باشد یا بر حسب نسبیتی از اندازه ده بیان شود، به طور مثال درصد، $\mu V/V$ یا PPM. به دلیل ابهام در تعاریف، استفاده از اصطلاحات "PPM" و "PPB" قابل قبول نیست.

CMC اعلام شده باید شامل سهم بهترین وسیله موجودی باشد که کالیبره می شود، همچنین تحقق CMC ادعا شده باید قابل اثبات باشد.

۴-۵ در محاسبات CMC موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد:

۴-۵-۱ آزمایشگاه های کالیبراسیون باید شواهدی فراهم کنند که می توانند کالیبراسیون ها را منطبق با روش /روش اجرایی کالیبراسیون یا اندازه گیری به نحوی انجام دهند که عدم قطعیت اندازه گیری مساوی آنچه توسط CMC پوشش داده می شود، باشد.

در تعیین CMC، آزمایشگاه باید عملکرد «بهترین وسیله موجود» که برای مقوله بخصوصی از کالیبراسیون در دسترس است را مدنظر قرار دهد. برای اثبات صلاحیت، آزمایشگاه باید «بهترین وسیله موجود» را به عنوان وسیله تحت کالیبراسیون انتخاب کند.

یادآوری ۱- بیانیه عدم قطعیت CMC، آمیزه ای از مقادیر توافق شده از بهترین وسیله های موجود است.

یادآوری ۲- آزمایشگاه تأیید صلاحیت شده، اجازه گزارش عدم قطعیتی کوچکتر از CMC ای که برای آن تأیید صلاحیت شده است را ندارد، اما ممکن است عدم قطعیت مساوی یا بزرگتر از آن را گزارش نماید. به طور مثال اگر قلم تحت کالیبراسیون خاصی، خودش به طور معنادار در عدم قطعیت سهمیم باشد (مثلاً به واسطه تفکیک پذیری محدود یا عدم تکرار پذیری قابل توجه) عدم قطعیت گزارش شده در گواهینامه کالیبراسیون به طور طبیعی برای به حساب آوردن چنین عواملی افزایش می یابد.

یادآوری ۳- بودجه عدم قطعیت که برای نشان دادن CMC در نظر گرفته می‌شود، بایستی شامل سهم‌هایی از خواص بهترین وسیله موجود باشد. در موارد خاص برخی سهم‌های عدم قطعیت بهترین وسیله موجود می‌تواند در صورت موضوعیت داشتن صفر یا قابل صرف نظر کردن لحاظ شود. در صورت کاربرد، عدم قطعیت باید در برگرنده سهم‌های مشابه با آنچه در ارزیابی مولفه‌های عدم قطعیت CMC در نظر گرفته شده است، باشد. با این تفاوت که مولفه‌های عدم قطعیت ارزیابی شده برای بهترین وسیله موجود با وسیله مشتریان جایگزین شود.

یادآوری ۴- معمولاً اثرات تاثیرگذار بر عملکرد که مربوط به وسیله مشتری، قبل یا بعد از کالیبراسیون آن می‌باشد مانند اثرات ناشی از حمل و نقل، بایستی از بیانیه عدم قطعیت کنار گذاشته شود. هر چند اگر آزمایشگاه پیش‌بینی کند اثر چنین سهم‌هایی در مقایسه با عدم قطعیت‌های تخصیص داده شده به وسیله آزمایشگاه معنادار^۱ است، بایستی مطابق با بند بازنگری درخواستها و قراردادهای (بند ۷-۱ استاندارد ایران- ایزو- آی ای سی ۱۷۰۲۵) به مشتری اطلاع رسانی کند.

۴-۲-۵ بهتر است سهم قابل قبولی از عدم قطعیت ناشی از تکرارپذیری و سهم‌های ناشی از تجدیدپذیری در صورت در دسترس بودن، در عدم قطعیت CMC به حساب آورده شوند. از طرف دیگر نباید سهم معناداری به مولفه عدم قطعیت CMC ناشی از اثرات فیزیکی اختصاص داده شود که می‌تواند مربوط به عیوب و نواقص نسبت داده شده حتی به بهترین وسیله موجود که تحت کالیبراسیون یا اندازه‌گیری است، باشد.

یادآوری ۱- بطور کلی، سهم قابل قبولی از عدم قطعیت ناشی از تکرارپذیری به معنای تکرارپذیری در بازه کوتاهی از زمان است. در نظر نگرفتن قسمت‌هایی از تکرارپذیری باید توجیه فنی داشته باشد.

یادآوری ۲- در صورت نیاز و الزام روش استاندارد توصیه می‌شود سهم قابل قبولی از عدم قطعیت ناشی از تجدیدپذیری در نظر گرفته شود.

یادآوری ۳- هر جا که ممکن و قابل شناسایی باشد، عیوب و نواقص بهترین وسیله‌های موجود مانند پسماند^۲، درستی نسبی و غیره نمی‌تواند به طور مستقیم مدنظر قرار گیرد. هر چند در این زمینه نمی‌توان مولفه عدم قطعیت نوع A (تکرارپذیری) را شامل سهم عدم قطعیت آن عیب و نقص در نظر گرفت.

یادآوری ۴- هنگامی که تغییرات اندازه‌ده از وسیله تحت کالیبراسیون خوانده می‌شود، باید تفکیک پذیری وسیله به حساب آورده شود. در مواردی که تغییرات اندازه‌ده در استاندارد مرجع خوانده می‌شود، تفکیک‌پذیری استاندارد مرجع باید به حساب آورده شود.

۴-۳-۵ در موارد استثنایی، مانند آنچه در تعداد بسیار محدودی از CMCها در KCDB مشاهده می‌شود، «بهترین وسیله موجود» وجود ندارد و/یا سهم‌های عدم قطعیت منسوب به آن به میزان معنادار عدم قطعیت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اگر جداسازی چنین سهم‌های عدم قطعیت مرتبط با وسیله از سایر سهم‌ها ممکن باشد، می‌توان سهم‌های ناشی از وسیله را از بیانیه CMC مستثنی کرد. به هر حال در این گونه موارد، باید در دامنه تایید صلاحیت به روشنی مشخص شود که سهم‌های عدم قطعیت وسیله به حساب آورده نشده‌اند.

1- Significant
2- Hysteresis

۴-۴-۵ ممکن است سهم بهترین وسیله موجود از تکرارپذیری در عدم قطعیت صفر باشد، در این صورت این مقدار ممکن است در ارزشیابی CMC استفاده شود. با این حال سایر عدم قطعیت‌های قطعی مرتبط با بهترین وسیله موجود باید به حساب آورده شود.

۴-۵-۵ در ارزیابی اولیه آزمایشگاه متقاضی تایید صلاحیت، تعیین CMC بر اساس ارائه نمونه‌های واقعی برای اثبات تجربی آن خواهد بود. هر چند در ارزیابی‌های بعدی، آزمایشگاه می‌تواند درخواست برای CMC‌های بهتری بنماید. این CMC‌ها می‌توانند با توجه به شواهد زیر مورد قبول واقع شوند:

الف - بر اساس سوابق کالیبراسیون‌های معمول انجام شده قبلی توسط آزمایشگاه، به شرط این‌که شواهد آن از طریق تدارک استاندارد مرجع بهتر، کنترل شرایط محیطی مناسب و اجرای کالیبراسیون با استفاده از بهترین وسیله موجود ارائه گردد.

ب - بر اساس ارائه شواهد عملی

به هر حال در مورد آخر، آزمایشگاه باید روش عملی کار و فرآیند متعاقب آن را نشان دهد.

۴-۵-۶ باید خاطر نشان کرد که طبق تعریف CMC، این مفهوم فقط به نتایجی که آزمایشگاه مدعی آن وضعیت به عنوان آزمایشگاه تایید صلاحیت شده است قابل اطلاق است. بنابراین اگر بخواهیم دقیق‌تر صحبت کنیم، عبارت CMC یک مشخصه اداری است و لزوماً نیاز نیست منعکس کننده توانایی فنی واقعی آزمایشگاه باشد.

گاهی اوقات ممکن است آزمایشگاه بخواهد برای عدم قطعیت اندازه‌گیری که بزرگتر از آن چیزی است که واقعاً می‌تواند به دست آورد، تایید صلاحیت شود. اگر هنگام ساخت بودجه عدم قطعیت از اصول کلی که در GUM بیان شده پیروی شود، بهتر است عدم قطعیت گسترده حاصل، معرف واقعی از توانمندی اندازه‌گیری آزمایشگاه باشد. اگر این کمتر از عدم قطعیتی باشد که آزمایشگاه می‌خواهد برای آن تایید صلاحیت شود و در گواهی‌نامه‌های کالیبراسیون خود گزارش کند، مفهوم آن این است که آزمایشگاه به نوعی در مورد اندازه عدم قطعیت گسترده خود راحت نیست. در این صورت بهتر است سهم‌ها در بودجه عدم قطعیت بازنگری شده و مجدداً ارزشیابی شوند، نه این‌که به‌طور خودسرانه برای تخمین «ایمن» یا «محافظه‌کارانه» گسترده شوند، زیرا این با GUM سازگار نیست.

۵-۵ هر جا که آزمایشگاه‌ها خدماتی مانند تعیین مقدار مرجع را عرضه کنند، عدم قطعیت تحت پوشش CMC باید در برگیرنده عوامل مرتبط با روش اجرایی اندازه‌گیری باشد که بر روی یک نمونه انجام خواهد شد. بافت نوعی، تداخل‌ها و غیره باید در نظر گرفته شود.

به‌طور کلی عدم قطعیت تحت پوشش CMC در برگیرنده سهم‌های حاصل از ناپایداری و یا ناهمگنی ماده نیست. CMC باید بر پایه تحلیل عملکرد ذاتی روش برای نمونه‌های نوعی پایدار و همگن باشد.

یادآوری- عدم قطعیت توصیف شده توسط CMC برای اندازه گیری مقدار مرجع با عدم قطعیت مرتبط با یک ماده مرجع فراهم شده توسط تولیدکننده مواد مرجع یکسان نیست. معمولاً عدم قطعیت گسترده مواد مرجع گواهی شده بزرگتر از عدم قطعیت توصیف شده توسط CMC اندازه گیری مرجع بر روی ماده مرجع خواهد بود.

۶ بیانیه عدم قطعیت اندازه گیری در گواهینامه های صادر شده توسط آزمایشگاه های کالیبراسیون

۶-۱ نهاد تایید صلاحیت باید اطمینان حاصل کند که آزمایشگاه کالیبراسیون تایید صلاحیت شده، عدم قطعیت اندازه گیری را مطابق با GUM گزارش می کند.

۶-۲ بطور معمول نتایج اندازه گیری باید شامل مقدار کمی اندازه گیری شده y و عدم قطعیت گسترده مرتبط با U باشد. در گواهینامه های کالیبراسیون نتیجه اندازه گیری بایستی به صورت $y \pm U$ همراه با یکاهای y و U گزارش شود.

در صورت مقتضی، برای ارائه گزارش نتیجه اندازه گیری ممکن است از جدول استفاده شود و همچنین ممکن است به صورت عدم قطعیت گسترده نسبی $U/|y|$ ارائه شود. ضریب پوشش و احتمال پوشش باید در گواهینامه کالیبراسیون بیان شوند. برای این باید یک یادداشت توضیحی اضافه شود، که ممکن است محتوای زیر را داشته باشد:

«عدم قطعیت گسترده اندازه گیری به صورت حاصل ضرب عدم قطعیت استاندارد اندازه گیری در ضریب پوشش k ، مطابق با احتمال پوشش تقریبی ۹۵٪ بیان شده است»

یادآوری- ممکن است نیاز باشد، عدم قطعیت های نامتقارن بصورت متفاوت از $y \pm U$ ارائه شوند. این همچنین به حالت هایی مربوط می شود که عدم قطعیت توسط شبیه سازهای مونت کارلو (انتشار توزیع ها) یا یکاهای لگاریتمی تعیین می شود.

۶-۳ مقدار عددی عدم قطعیت گسترده باید حداکثر با دو رقم با معنی مشخص شود. علاوه بر آن بهتر است درجایی که نتیجه اندازه گیری گرد می شود، این گرد کردن زمانی اعمال شود که تمام محاسبات تکمیل شده باشد. برای فرآیند گرد کردن، قواعد معمول گرد کردن اعداد مطابق با راهنمای فراهم شده، مانند آنچه در بند ۷ GUM آمده است، باید استفاده شود.

یادآوری- برای اطلاع از جزییات بیشتر گرد کردن به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۸۱۹ مراجعه شود.

۶-۴ سهم های عدم قطعیت بیان شده در گواهینامه کالیبراسیون باید شامل سهم های کوتاه مدت مرتبط در طی کالیبراسیون و سهم هایی باشد که می توان به طور منطقی به وسیله مشتری نسبت داد.

در صورت کاربرد، عدم قطعیت باید پوشش دهنده سهم های مشابه در عدم قطعیتی باشد که در ارزشیابی مولفه عدم قطعیت CMC ارزشیابی شده، به استثنای این که، مولفه های عدم قطعیت ارزشیابی شده برای بهترین وسیله موجود باید با مولفه های وسیله مشتری جایگزین شوند. بنابراین

عدم قطعیت‌های گزارش شده تمایل دارند بزرگتر از عدم قطعیت پوشش داده شده CMC باشند. بهتر است به طور معمول سهم‌هایی که توسط آزمایشگاه نمی‌تواند معلوم شود، مانند عدم قطعیت‌های حمل و نقل، از بیانیه عدم قطعیت حذف شوند. به هر حال اگر آزمایشگاهی پیش‌بینی کند چنین سهم‌هایی تاثیر معناداری روی عدم قطعیت‌های نسبت داده شده توسط آزمایشگاه دارد، بهتر است مطابق با بندهای عمومی مرتبط با مناقصه‌ها و بازنگری قراردادها در استاندارد ملی ایران-ایزو-آی ای سی شماره ۱۷۰۲۵ به مشتری اطلاع‌رسانی شود.

۵-۶ همانگونه که تعریف CMC دلالت دارد آزمایشگاه کالیبراسیون تایید صلاحیت شده نباید عدم قطعیت اندازه‌گیری کوچکتر از عدم قطعیت CMC توصیف شده‌ای که آزمایشگاه برای آن تایید صلاحیت شده است را گزارش نماید.

۶-۶ همانطور که در استاندارد ملی ایران-ایزو-آی ای سی شماره ۱۷۰۲۵ الزام شده است ، آزمایشگاه‌های کالیبراسیون تایید صلاحیت شده باید عدم قطعیت اندازه‌گیری را با همان یکای اندازه‌دهی یا بر حسب نسبتی از اندازه‌دهی (به عنوان مثال درصد) ارائه دهند.

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۵۰: سال ۱۳۹۸، الزامات عمومی برای صلاحیت تولیدکنندگان مواد مرجع
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹-۱: سال ۱۳۸۹، کمیت‌ها و یکاها - قسمت ۱: اصول کلی
- [3] EA-4/02 M: 2013, Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration.
- [4] ISO/IEC Directives, part 2, principles to structure and draft documents intended to become international standards, technical specifications or publicly available specifications, Eight edition 2018.
- [5] ISO/IEC Guide 98-3:2008 – Uncertainty of measurement – Part 3, Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995).
- [6] ISO 15195:2018, laboratory medicine-requirements for the competence of calibration laboratories using reference measurement procedures.
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۹۹: سال ۱۳۸۶، آزمایشگاه تشخیص طبی - الزامات آزمایشگاههای اندازه‌گیری مرجع، با استفاده از استاندارد ISO 15195:2003 تدوین شده است.
- [7] the international system of units (SI). Bureau international des poids et mesures. 9th Edition.
- [8] JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data-guide to the expression of uncertainty in measurement . also includes a suite of guides on evaluation of measurement data (Available from <https://www.bipm.org/en/publications/guides/>)
- [9] JCGM 200:2012 international vocabulary of metrology-basic and general concepts and associated terms (available from www.BIPM.org)
- [10] IPAC OGC10 Avaliacao de incerteza de medicao em calibracao 2015
- [11] COFRAC document LAB REF 02, Exigences pour l'accréditation des laboratoires selon la Norme NF EN ISO/IEC 17025:2017, available from www.cofrac.fr