



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۱۷۳

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

20173

1st. Edition

2016

راهنمای استاندارد برای گزارش عدم قطعیت
نتایج آزمون و استفاده از واژه‌ی عدم قطعیت
در روش آزمون ASTM

**Standard Guide for Reporting Uncertainty
of Test Results and Use of the Term
Measurement Uncertainty in ASTM Test
Methods**

ICS: 17.160

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام مؤسسه 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 جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* 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 غیر دولتی 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 پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته رویه 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 رویه و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان استاندارد تشکیل می‌دهد 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 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 درجه-بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه 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 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 Electro technical Commission

3-International Organization for Legal Metrology (Organization Internationale de Metrologie Legale)

4-Contact point

5-Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
" راهنمای استاندارد برای گزارش عدم قطعیت نتایج آزمون و استفاده از واژه‌ی عدم قطعیت در
روش آزمون ASTM "

رئیس:

سمت و/یا نمایندگی
هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

زمانی میمیان، محمدرضا
(دکترای فیزیک کاربردی)

دبیر:

کارشناس تایید صلاحیت اداره کل استاندارد استان
آذربایجان غربی و سرممیز D.A.S انگلستان

مرادی حاجی جفان، محسن
(فوق لیسانس فیزیک حالت جامد)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفباء)

کارشناس آزمایشگاه تخصصی ثمین رهیاب گستر

بایزیدی، په شیو
(دانشجوی فوق لیسانس صنایع غذایی)

مدیرعامل شرکت D.A.S انگلستان در ایران

جلالی، علی

معاونت آموزش و استاندارد سازی اداره کل استاندارد
آذربایجان غربی

محمد، شهروز
فوق لیسانس شیمی - فیزیک

دانشجوی دانشگاه علم و صنعت ایران

خاموشی، ناصر
(فوق لیسانس فیزیک حالت جامد)

هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

ربانی، محبوبه
(دکترای شیمی معدنی)

مدیر شرکت مشاوره ارتقا صنعت ایمن

زینل زاده، مینا
(دانشجوی فوق لیسانس ایمنی و بهداشت حرفه‌ای)

کارشناس راه آهن جمهوری اسلامی ایران (رجا)

سلیمانی، علی
(کارشناس ارشد مکانیک - راه آهن)

مدیر فنی آزمایشگاه متالوژی سنجش گراف سخت آزما

فربود، عطالله
(لیسانس متالوژی)

مدیر آزمایشگاه متالوژی سنجش گراف سخت آزما

عطالو، هادی
(لیسانس مکانیک)

کارشناس شرکت مشاوره طراحان کیفیت کیهان

علی، جواد
(لیسانس مدیریت صنعتی)

کارشناس مرکز ملی اندازه شناسی، اوزان و مقیاس ها

غنی راینی، محمد
(لیسانس الکترونیک)

معاون اداری و پشتیبانی اداره کل استاندارد آذربایجان غربی

نیازی، علیرضا
(فوق لیسانس مدیریت اجرایی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
۵	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصلاحات و تعاریف
۳	۴ اهمیت و کاربرد
۳	۵ مفاهیمی برای گزارش عدم قطعیت نتیجه آزمون
۸	۶ عدم قطعیت برآورد نمونه‌های احتمالی
۹	۷ برآورد عدم قطعیت با استفاده از نمونه کنترلی
۱۰	۸ انتشار عدم قطعیت
۱۳	۹ واژه‌های کلیدی
۱۴	پیوست الف (الزامی) مثالی از محاسبه عدم قطعیت با استفاده از انتشار عدم قطعیت
۱۷	کتابنامه

پیش گفتار

استاندارد" راهنمای استاندارد برای گزارش عدم قطعیت نتایج آزمون و استفاده از واژه‌ی عدم قطعیت در روش آزمون ASTM" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده و در دویست و شصت و نهمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد اوزان و مقیاس ها مورخ ۱۳۹۴/۱۱/۲۰ مورد تصویب قرار گرفته‌است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته، به شرح زیر است:

ASTM E2655:2014, Standard Guide for Reporting Uncertainty of Test Results and Use of the Term Measurement Uncertainty in ASTM Test Methods.

راهنمای استاندارد برای گزارش عدم قطعیت نتایج آزمون و استفاده از واژه عدم قطعیت در روش آزمون ASTM

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنمایی برای درک واژه "عدم قطعیت"، هنگامی که برای نتیجه آزمون کمی به کار برده می‌شود، است. برای یک نتیجه اندازه‌گیری ارائه‌شده، می‌توان چندین سنجه عدم قطعیت را به کار برد؛ که در این استاندارد تفسیر بعضی از فرم‌های رایج آن شرح داده می‌شود.

۱-۲ این استاندارد روش‌هایی را برای بیان عدم قطعیت نتیجه آزمون ارائه می‌کند و آن‌ها را به روش شناختی آماری استاندارد مرتبط می‌سازد. همچنین روابط بین عدم قطعیت و مفاهیم دقت و اریبی نیز در این استاندارد توضیح داده می‌شود.

۱-۳ این استاندارد همچنین مفهوم‌های مورد نیاز یک آزمایشگاه جهت شناسایی و تشخیص مولفه‌های عملکردی یک آزمون را نشان می‌دهد. مولفه‌های موجود در یک روش ASTM می‌تواند شامل ارائه آیین کار برآورد عدم قطعیت برای کاربران آن روش باشد.

۱-۴ سامانه یکاها برای این استاندارد مشخص نشده‌است. کمیت‌های ابعادی در این استاندارد فقط به عنوان توصیفی برای روش‌های محاسباتی، ارائه می‌گردند و برای محصول‌ها یا روش آزمون مورد عمل، الزام آور نیست.

۱-۵ این استاندارد، قصد رسیدگی به نگرانی‌های ایمنی که ممکن است در ارتباط با استفاده آن بوجود بیاید را ندارد. وظیفه هر کاربری این است که موقع استفاده از این استاندارد، تمهیدات ایمنی و بهداشت مناسب را برقرار و قبل از استفاده، قابلیت‌های به کارگیری و محدودیت‌های قانونی را تعیین نماید.

۲ مراجع الزامی

مدارک زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده‌است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شوند.

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

۱-۱ استاندارد ملی ایران شماره ISIRI-ISO-IEC17025، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون.

- 1-2 ASTM E29, Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications
- 1-3 ASTM E122, Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With Specified Precision, the Average for a Characteristic of a Lot or Process
- 1-4 ASTM E177, Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods
- 1-5 ASTM E456, Terminology Relating to Quality and Statistics
- 1-6 ASTM E691, Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method
- 1-7 ASTM E1402, Guide for Sampling Design
- 1-8 ASTM E2554, Practice for Estimating and Monitoring the Uncertainty of Test Results of a Test Method Using Control Chart Techniques
- 1-9 ASTM E2586, Practice for Calculating and Using Basic Statistics

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر واژگان آماری موجود در استاندارد ASTM E456، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار برده می‌شوند:

۱-۳

مقدار مرجع پذیرفته شده

accepted reference value

مقداری است که به عنوان مرجع پذیرفته شده جهت مقایسه به کار برده می‌شود و برگرفته از موارد زیر است:

- مقدار پایدار یا نظری بر اساس اصول علمی؛
- مقدار تعیین شده و یا گواهی شده بر اساس فعالیت آزمایشگاهی سازمانهای ملی یا بین المللی؛
- مقدار توافقی یا گواهی شده بر اساس فعالیت آزمایشگاهی مشارکتی تحت نظارت گروه علمی یا مهندسی.

۲-۳

error of result

خطای نتیجه

نتیجه آزمون منهای مقدار مرجع پذیرفته شده برای یک مشخصه است.

۳-۳

expanded uncertainty, U

عدم قطعیت گسترده، U

عدم قطعیت گزارش شده‌ای که مضربی از عدم قطعیت است.

۴-۳

random error of result

خطای تصادفی نتیجه

جزئی از خطا است که در روند تعدادی از نتایج آزمون با مشخصه‌های یکسان، بطور غیر قابل پیش بینی تغییر می‌کند.

یادآوری - عدم قطعیت ناشی از خطای تصادفی را می‌توان با میانگین گیری چندین نتیجه آزمون کاهش داد.

۵-۳

ضریب حساسیت

sensitivity coefficient

اثر دیفرانسیلی است که برای تبدیل مولفه مربوط به نتایج آزمون به کار برده می‌باشد.

۶-۳

عدم قطعیت ، u

standard uncertainty, u

عدم قطعیتی است که بصورت انحراف استاندارد برآورد شده از یک کمیت مربوط به اندازه گیری گزارش می‌شود.

۷-۳

خطای سیستماتیک نتیجه

systematic error of result

جزئی از خطا است که در روند تعدادی از نتایج آزمون برای یک مشخصه یکسان، ثابت باقی می‌ماند و یا در شرایط قابل پیش‌بینی تغییر می‌کند.

یادآوری - خطاهای سیستماتیک و یا علل ایجاد آن ممکن است شناخته شده و یا ناشناخته باشند. زمانی که علل آن قابل شناسایی باشد، خطاهای سیستماتیک را اغلب می‌توان با استفاده از اعمال تصحیح‌هایی در محاسبات نتیجه آزمون کاهش داد.

۸-۳

عدم قطعیت

uncertainty

نمایشی از بزرگی خطای مرتبط به یک مقدار است که هر دو خطاهای سیستماتیک و تصادفی مرتبط با اندازه گیری یا فرآیند آزمون را شامل می‌شود.

۹-۳

بیان عدم قطعیت

uncertainty budget

فهرست جدولی از مولفه‌های عدم قطعیت یک فرآیند اندازه گیری ارائه شده است که بزرگی توزیع‌ها را به عدم قطعیت نتیجه حاصل شده از آن منابع ارائه می‌دهد.

۱۰-۳

مولفه‌های عدم قطعیت

uncertainty component

منبع خطا در یک نتایج آزمون است که به عدم قطعیت افزوده می‌شود.

۴ اهمیت و کاربرد

۴-۱ قسمت A از " کتاب آبی"^۱ استانداردهای ASTM، وضعیت عدم قطعیت اندازه‌گیری به عنوان یک قسمت اختیاری گزارش شده برای اعمال روش آزمون خاص به یک ماده خاص را بیان می‌کند.

۴-۲ آماده‌سازی برآوردهای عدم قطعیت برای تایید صلاحیت آزمایشگاه‌ها تحت استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵ الزامی است. این استاندارد بعضی از انواع داده‌هایی که آزمایشگاه می‌تواند برای گزارش عدم قطعیت استفاده کند را توصیف می‌کند.

۵ مفاهیمی برای گزارش عدم قطعیت نتایج آزمون

۵-۱ عدم قطعیت قسمتی از رابطه نتیجه آزمون با ویژگی مورد انتظار از ماده مورد آزمون است که به کار برده می‌شود. زمانی که رویه آزمون برای یک ماده به کار برده می‌شود، نتیجه آزمون مقداری برای یک ویژگی آن ماده است. نتیجه آزمون بدست آمده معمولاً از مقدار واقعی ماده مورد نظر متفاوت است. علل مختلفی می‌توانند در خطای نتیجه سهمیم باشند. خطاهای نمونه‌برداری و تاثیرات جابجایی نمونه‌ها، باعث می‌شود که نمونه آزمون‌شده با ماده اصلی بطور کلی یکسان نباشد. وجود نقص در دستگاه آزمون و کالیبراسیون آن، عوامل محیطی و انسانی در نتیجه آزمون موثر می‌باشند. با این وجود، پس از انجام کامل آزمون و در صورت واقعی بودن مقدار، نتیجه بدست آمده برای مقاصد بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گزارش عدم قطعیت اندازه‌گیری نتیجه آزمون اقدامی است که برای برآورد بزرگی تقریبی همه‌ی این منابع خطا است. به طور معمول اندازه‌گیری به شکل $x \pm u$ گزارش می‌شود که در آن x به عنوان نتیجه آزمون و u به عنوان عدم قطعیت مرتبط با x است.

۵-۲ در استاندارد ASTM E177 موارد مربوط به دقت و اریبی توضیح داده شده‌است. عدم قطعیت رابطه نزدیکی با دقت و اریبی دارد ولی با آن یکسان نیست. تفاوت اصلی بین مفاهیم دقت و عدم قطعیت در موارد خطاب گرفته توسط آن‌ها است. دقت (قابلیت تکرار پذیری و تجدیدپذیری) و اریبی از ویژگی‌های روش آزمون می‌باشند. آن‌ها برآوردی از تغییرات آماری نتایج آزمون برای روش آزمون مورد کاربرد در ماده مورد نظر می‌باشند. با استفاده از قابلیت تکرارپذیری و دقت میانی می‌توان تفاوت‌های موجود در یک آزمایشگاه را اندازه‌گیری کرد. قابلیت تجدیدپذیری اشاره به تفاوت‌های بین آزمایشگاهی می‌باشد. عدم قطعیت یکی از نشانه‌های نتیجه آزمون خاص برای ماده آزمون است. عدم قطعیت برآوردی از کیفیت نتیجه آزمون مورد نظر است.

۳-۵ در مورد کمیت هایی که تعریف آن‌ها به اندازه گیری یا روش آزمون بستگی ندارد (به عنوان مثال غلظت، pH ، مدول ها^۱ و آنتالپی)، عدم قطعیت میزان اطمینان از نزدیکی مقدار اندازه گیری شده به کمیت را می‌دهد. در مورد نتایج روش‌های آزمون که هدف مورد نظر فقط بصورت نسبی برای روش آزمون تعریف شده باشد، (به عنوان مثال نقطه های اشتعال، عناصر قابل استخراج و روش الک کردن)، توصیه می‌شود عدم قطعیت نتیجه آزمون به عنوان یک سنجه مستقل، به همان اندازه که در گزارش نتیجه آزمون پذیرفته شده است، تفسیر شود.

۴-۵ در ساده ترین حالت، عدم قطعیت نتیجه آزمون از لحاظ عددی معادل دقت در نتیجه آزمون است. در صورتی که یک نمونه ناشناس مورد آزمون قرار گیرد، و دقت آزمون نیز سیگما باشد در این صورت عدم قطعیت نتیجه آزمون همان سیگما خواهد بود. بنابراین استفاده از واژه عدم قطعیت در مواردی که تفاوت نتایج آزمون تکرار شده با هم مرتبط نباشد، همانند مثال‌های زیر به درستی اعمال می‌شود:

۱-۴-۵ مثال - بر اساس بیانیه کنفرانس داده‌های علمی و فنآوری (CODATA)^۲ سال ۲۰۰۲ میلادی، ثابت گرانش نیوتن، G ، برابر است با $6,6742 \times 10^{-11} \pm 0,0010 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ که در آن مقدار $0,0010 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ عدم قطعیت می‌باشد. مقدار اصلی و عدم قطعیت باهم نشان دهنده وضعیت علمی این پدیده ثابت فیزیکی می‌باشند. طبیعتاً در مورد تفاوت تکرار اندازه گیری هیچ بحثی نشده‌است و هر دو مقدار G و عدم قطعیت آن با تجزیه تحلیل و مقایسه‌های متعددی از داده‌های اندازه گیری شده با استفاده از روش‌هایی که در این استاندارد اشاره شده‌اند، بدست می‌آیند.

۲-۴-۵ مثال - در هنگام اندازه‌گیری طول، نتیجه آن فقط در نزدیکترین مقدار به اینچ^۳ گزارش داده می‌شود (به عنوان مثال از یک خط‌کش اندازه گیری درجه‌بندی شده برحسب اینچ برای این اندازه گیری استفاده می‌شود). زمانی که همه‌ی طول‌های اندازه گیری شده یکسان باشند، دقت مقدار گزارش شده، در حضور تفاوت اندازه گیری‌های تکرار شده صفر می‌باشد. در این گونه موارد امکان آشکار نمودن تغییر تصادفی ناشی از تکرار آزمون وجود ندارد. عدم قطعیت طول به خطای سیستماتیک ± 0.5 in ناشی از تفکیک دستگاه اندازه گیری مربوط می‌شود.

۵-۵ هدف از گزارش عدم قطعیت مد نظر قرار دادن همه عوامل بالقوه خطا در نتیجه آزمون است. در بسیاری از موارد، عدم قطعیت می‌تواند به مولفه‌های تغییرپذیری که منشا آن‌ها مربوط به نمونه برداری و آزمودن است، مرتبط باشد. هنگامی که هدف از نتیجه آزمون برآورد ماهیت انبوهی از ماده باشد که نمونه از آن گرفته می‌شود، توصیه می‌شود که هر دو عامل نمونه برداری و آزمودن برای عدم قطعیت اندازه گیری مد نظر قرار بگیرند. عدم قطعیت برای انبوهی از موارد بسته به تعیین ساده با رابطه‌ی $\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + u_3^2}$ محاسبه می‌شود که در آن s_1 برآورد انحراف استاندارد نمونه برداری، s_2 انحراف استاندارد روش آزمون و u_3 عدم قطعیت ناشی از عواملی است که روی همه اندازه گیری‌های آزمون مورد نظر تاثیر می‌گذارد.

۶-۵ بر اساس تعریف مشترک ذکر شده در [۲ و ۳]، عدم قطعیت به عنوان جزئی مرتبط با نتیجه اندازه گیری یا نتیجه آزمون است که پراکندگی مقادیری را که به هر دلیلی می‌توانند روی کمیت اندازه گیری و یا روی مشخصه آزمون تاثیر بگذارند، توصیف میکند. این تعریف بر این تاکید می‌کند که عدم قطعیت نشانی از

1-modulus
2-Committee on Data for Science and Technology
2-Inch

نتیجه خاص است بطوری که با تغییرات آماری نتیجه آزمون مخالفت می‌کند. پارامتر عدم قطعیت، سنجهای از گسترش یک توزیع احتمال است (به عنوان مثال، انحراف استاندارد) که برای نشان دادن راستی آزمایشی ماهیت یک مقدار بکار برده می‌شود.

۷-۵ روش شناسی برآوردهای عدم قطعیت براساس [۴] به صورت نوع A و نوع B طبقه‌بندی می‌شود. برآوردهای عدم قطعیت نوع A شامل برآورد خطاهای استاندارد مبتنی بر مشخصه های آماری مشاهدات است و بر اساس تحلیل تکرار اندازه گیری بدست می‌آید. برآورد عدم قطعیت نوع B شامل مقادیر تقریبی است که از تجربه به همراه فرآیندهای اندازه‌گیری مورد مشابه و عدم قطعیت برگرفته از گستره مقادیر اندازه گیری محتمل برای ماده مورد نظر و توزیع مفروض مقادیر داخل در گستره مورد نظر بدست می‌آید. برای مثالهایی در مورد توابع توزیع (به عنوان مثال توابع توزیع مستطیلی، مثلثی و نرمال) که در آن انحراف استاندارد از گستره بدون بعد از نمونه های قابل دسترس بدست می‌آید، به استاندارد ASTM-E122 مراجعه کنید. برآوردهای مختلط عدم قطعیت نتیجه آزمون با ترکیب مولفه‌های عدم قطعیت‌های نوع A و B برای عوامل موثر در خطا محاسبه می‌شود(به بند ۸ این استاندارد مراجعه کنید).

۸-۵ صورت های بیان عدم قطعیت

۱-۸-۵ عدم قطعیت(یا انحراف استاندارد) - عدم قطعیت به صورت انحراف استاندارد از مقدار گزارش شده، ارائه می‌شود. $x \pm u$ نشان می‌دهد که این مقدار، با احتمال تقریبی دو سوم باید بین $x+u$ و $x-u$ باشد.

۲-۸-۵ عدم قطعیت نسبی- این عدم قطعیت به عنوان کسری از مقدار گزارش شده، ارائه می‌گردد. برای مقدار اندازه گیری شده و عدم قطعیت، $x \pm u$ ، عدم قطعیت نسبی بصورت $\frac{u}{x}$ نشان داده می‌شود. این روش برای بیان عدم قطعیت هنگامی که عدم قطعیت در مقایسه با گستره وسیعی از مقادیر ارائه شده باشد، مفید است. با این حال برای یک نتیجه خاص، گزارش عدم قطعیت به همراه مقدار ارجحیت دارد.

۳-۸-۵ عدم قطعیت توسعه یافته- این عدم قطعیت بصورت $x \pm U$ بیان می‌شود که در آن U بصورت مضربی از عدم قطعیت u است. در این رابطه اغلب از ضریب دو که به طور تقریبی برابر ۱٫۹۶ برای ۹۵٪ بازه اطمینان دو طرفه برای میانگین تابع توزیع نرمال است، استفاده می‌شود. (به زیربند ۴-۸-۵ مراجعه کنید).

۴-۸-۵ بازه اطمینان

بازه اطمینان پارامتر (مقدار واقعی خواص ماده براساس اندازه‌گیری) شامل حدهای بالایی و پایینی ایجاد شده از داده‌های نمونه با روشی است که از نگاه‌داشتن مقدار پارامتر با احتمال مشخص شده $I-a$ ارجاع داده شده به بازه اطمینان توسط حدها، اطمینان حاصل می‌کند.

۱-۴-۸-۵ مطابق نظریه آماری، بازه اطمینان ۹۵٪ برای میانگین تابع توزیع نرمال برای تعداد n تا از مشاهدات مستقل x_1, x_2, \dots, x_n برگرفته از تابع توزیع، برابر است با $\bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$ که در آن \bar{x} میانگین نمونه-ها، s انحراف استاندارد مشاهدات و t نیز برابر با ۰٫۹۷۵٪ از تابع توزیع t -student با $n-1$ درجه آزادی است. از

آنجایی که با افزایش n تابع توزیع t -student به نرمال نزدیک می‌شود، مقدار t نیز با افزایش n به ۱/۹۶ نزدیک می‌شود. به همین دلیل برای عدم قطعیت توسعه یافته از ضریب ۲ استفاده می‌گردد.

۵-۴-۸-۲ در استاندارد ASTM- E2586 بازه اطمینان و جزئیات اضافی مربوط به آن به طور کامل توضیح داده شده‌است.

۵-۸-۵ عدم قطعیت اندازه گیری- عدم قطعیت اندازه گیری، گزارش عدم قطعیت یک نتیجه آزمون صرف نظر از نوع نمونه‌ها و یا نا همگن بودن ماده‌های مورد نظر می‌باشد. گزارش عدم قطعیت اندازه گیری سپس به طور خاصی به نمونه مخصوصی ارجاع داده می‌شود تا تجزیه و تحلیل روی آن‌ها انجام گیرد.

۵-۸-۶ گزارش عدم قطعیت با مولفه اریبی - یک اندازه گیری عملی خوب مستلزم آن است که اریبی (جهت گیری) ناشی از عوامل محیطی و سایر عوامل در نتیجه یک گزارش اصلاح شوند بطوری که خود مبنای تصحیح یک اصلاح و خطای اصلاح شده به تنهایی از مقدار اریبی بیشتر نباشند. هر اصلاح‌های مشابه، بخشی از محاسبات نتیجه در روش آزمون می‌باشد. زمانی که اریبی در نظر گرفته نشده باشد و یا اصلاح شده باشد در این صورت نوشتن شکل متقارن گزارش یک نتیجه آزمون به همراه عدم قطعیت بصورت $x \pm u$ کفایت می‌کند. هنگامی که فرآیند اندازه گیری برای برآورد هر کدام از مقادیر، دارای اریبی باشد و اریبی در ارائه مقدار x نیز اصلاح نشود، توصیه می‌شود که در شکل گزارش دهی هر دو مقدار اریبی و مولفه‌های تصادفی بصورت واضح به کار برده شوند. شکل نوعی برای مشخص نمودن عدم تقارن ایجاد شده با اریبی بصورت $x - u_l / + u_h$ می‌باشد که در آن u_l اریبی (جهت گیری) منفی عدم قطعیت و u_h جهت گیری در جهت مثبت عدم قطعیت است.

۵-۸-۷ اریبی اغلب بصورت موردی و یا بر اساس اطلاعات ناکافی^۱ برآورد می‌شود. هنگامی که اریبی در نظر گرفته می‌شود ولی بزرگی و جهتگیری آن نامعلوم باشد، عدم قطعیت اریبی به عنوان یکی از مهمترین بخش عدم قطعیت کلی در نظر گرفته می‌شود و باید با مولفه‌های تصادفی ادغام گردد. در این صورت عدم قطعیت موثر کل بصورت $\sqrt{u_{bias}^2 + \sigma^2}$ است.

۵-۹ مقادیر مربوط به قابلیت تکرار پذیری و تجدید پذیری منتشر شده برای روش استاندارد ASTM، مطابق استاندارد ASTM-E691 و یا رویه‌های مشابه، بر اساس مطالعات بین آزمایشگاهی بدست می‌آیند. مقادیر مربوط به قابلیت تکرار پذیری و تجدید پذیری ارائه شده در روش آزمون ASTM، به منظور برآورد نتیجه آزمون در آزمایشگاههای تایید صلاحیت شده به کار برده می‌شوند (به استاندارد ASTM-E177 مراجعه کنید). با استفاده از قابلیت تجدید پذیری می‌توان تغییرات اندازه گیری مربوط به نتایج آزمون بر روی نمونه‌های مشابهی که بطور مستقل توسط آزمایشگاههای مختلف انجام شده را بدست آورد. قابلیت تجدید پذیری یک راهنمای خوبی برای سطح عدم قطعیت می‌باشد که به وسیله آن می‌توان مقادیر اندازه گیری روش مربوطه را هموار کرد و همچنین می‌تواند برای به کار بردن نتایج مربوط به روش هایی که در آن برآورد

1-weak

عدم قطعیت واضح تری وجود ندارد، مفید باشد با این حال توصیه می‌شود یک آزمایشگاه که با استفاده از روش های آزمون، نتایج آزمون صادر می‌کند مقادیر مربوط به نتیجه آزمون را بر اساس روش شناسی و تجربیات خودش که استخراج کرده، ارائه نماید. بطوری که لزوماً روش بکار برده شده معادل با روش آزمایشگاههایی که در مطالعات بین آزمایشگاهی مرجع شرکت کرده‌اند نیست. در حالت خاص این درست می‌باشد که آزمایشگاه از روش های اندازه گیری ای که زیاد پالایش شده‌اند استفاده کند بطوری که آزمایشگاههای دیگری نتوانند تکرار کنند و یا اینکه معدودی از آزمایشگاهها بتوانند از آن روش استفاده کنند.

۵-۹-۱ قابلیت تغییر پذیری نمونه‌ها- زمانی که کمیت مورد بررسی مربوط به یک ماده ناهمگن باشد در این صورت این کمیت بخشی از عدم قطعیت اندازه گیری است و این مولفه از تغییر پذیری معمولاً شامل تجدیدپذیری نمی‌باشد زیرا روش های آزمون مورد استفاده در ارزیابی های بین آزمایشگاهی برای ماده‌ای که یکنواخت است، امکان پذیر می‌باشد.

۵-۱۰ مقادیر مرجع گواهی شده برای مواد استاندارد می‌توانند در یک مقدار شناخته شده‌ای تهیه شوند، اغلب به وسیله آزمون بین آزمایشگاهی بدست می‌آیند. در این صورت میانگین نتایج آزمون بدست آمده از آزمایشگاههای شرکت کننده به عنوان "اجماع"، مقدار مرجع پذیرفته در نظر گرفته می‌شود. عدم قطعیت برای مقدار اجماع برابر $\frac{s}{\sqrt{n}}$ است که در آن s انحراف استاندارد نتیجه صادر شده از n آزمایشگاه می‌باشد.

۵-۱۱ استاندارد ASTM-E29، به توصیف ارزیابی انطباق مواد با یک مشخصه، با مقایسه نتیجه آزمون و با حدود مشخصه می‌پردازد. در بعضی از طرح های پیشنهادی [۵] به منظور ارزیابی انطباق با مشخصات، مقدار عدم قطعیت را در یک رویه جایگزین دیگری به کار می‌برند. مطابقت مواد با مشخصه زمانی مورد تایید است که بازه توسعه یافته عدم قطعیت در داخل گستره مشخصه باشد و هنگامی که بازه مربوط به عدم قطعیت در داخل گستره مشخصه نباشد به عنوان عدم مطابقت در نظر گرفته می‌شود. زمانی که بازه عدم قطعیت در روی حد مشخصه قرار بگیرد، نتیجه آزمون دارای قطعیت نمی‌باشد.

۵-۱۱-۱ در صورتی که برای ارزیابی انطباق از این روش استفاده شود، باید این روش آزمون شامل رویه شفافیتی جهت محاسبه بازه عدم قطعیت باشد.

۶ عدم قطعیت برآوردها بر پایه نمونه‌های احتمالی

۶-۱ از روش های آماری کلاسیک بمنظور برآورد مستقیم عدم قطعیت در فرضیات توابع توزیع به عنوان مبنا و اساس استفاده می‌شود. نمونه برداری آماری (به استاندارد ASTM-E1402 مراجعه کنید) یک رویه‌ای است که برای اطمینان از قابل کاربرد بودن روش های آماری و فراهم نمودن برآوردهای معتبر از عدم قطعیت، به کار برده می‌شود. اندازه گیری‌های به کار گرفته شده توسط نمونه‌های احتمال شامل تعیین نسبت اقلام در یک مجموعه مشخص که دارای مشخصه‌های قابل مشاهده کیفی می‌باشند، میانگین مشخصه‌های کیفی که

ممکن است در کل محیط بصورت ناهمگن باشند و یا مجموع ویژگی ها برای انبوهی از موادی که ناهمگن باشند، است. مثال های مطرح شده نشان دهنده ی برخی از جنبه های عدم قطعیت می باشند.

۶-۲ عدم قطعیت مقادیر میانگین

۶-۲-۱ هنگامی که مقادیر مورد نظر برای گزارش میانگینی از n اندازه گیری که هر کدام دارای انحراف استاندارد σ هستند، باشد، هیچ اریبی در نظر گرفته نمی شود و اندازه گیری ها به طور متقابل مستقل می باشند. در این صورت عدم قطعیت مقدار میانگین $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ محاسبه می شود.

۶-۲-۲ زمانی که مقدار مورد نظر برای گزارش میانگینی از اندازه گیری های غیرمستقل باشد آن گاه میانگین میتواند عدم قطعیت باقی مانده ای داشته باشد که با افزایش تعداد اندازه گیری ها کاهش نمی یابد. این وضعیت زمانی اتفاق می افتد که برخی از مولفه های خطا در بین همه اندازه گیری ها مشترک باشند. هنگامی که انحراف استاندارد به ترتیب برای مولفه های مشترک و مولفه های غیر مشترک (مستقل در اندازه گیری های مختلف) بصورت σ_1 و σ_2 باشد، در این صورت عدم قطعیت میانگین n اندازه گیری های وابسته بصورت $\sqrt{\sigma_1^2 + \frac{\sigma_2^2}{n}}$ خواهد بود.

۶-۳ عدم قطعیت اندازه گیری ها به وسیله تفاضل و یا نسبت

۶-۳-۱ با استفاده از مقایسه با یک استاندارد مرجع ثابت می توان صحت اندازه گیری انجام یافته را بهبود بخشید. در اندازه گیری مقایسه ای، جواب مربوط به ماده مرجع (x) و ماده مورد نظر (y) در فرآیندهای اندازه گیری مجزایی بصورت اجرایی بدست می آید. قابلیت اختلاف مربوط به تفاضل $y-x$ و یا نسبت $\frac{y}{x}$ ممکن است از مقدار y کمتر باشد. به هر حال اگر خود ماده مرجع دارای عدم قطعیت باشد، این مقدار عدم قطعیت به عدم قطعیت نتیجه مورد نظر اضافه می گردد.

۶-۳-۲ برای تعیین عدم قطعیت اندازه گیری به وسیله تفاضل، داده های y و x که به ترتیب مربوط به نمونه مورد نظر و ماده مرجع می باشند، اندازه گیری می شوند و مقدار مرجع پذیرفته شده X مرجع، دارای عدم قطعیت u_X است. نتیجه اندازه گیری بصورت $Y = (y-x) + X$ خواهد بود. عدم قطعیت Y را می توان از n جفت اندازه گیری، ابتدا با محاسبه انحراف استاندارد ($y-x$) سپس با رابطه $u_Y = \sqrt{\frac{s_{y-x}^2}{n} + u_X^2}$ بدست آورد.

۶-۳-۳ در اندازه گیری عدم قطعیت تعریف شده به وسیله نسبیتی به ماده مرجع، داده های جواب های y و x به ترتیب مربوط به نمونه مورد نظر و ماده مرجع می باشند و مقدار مرجع پذیرفته شده X مرجع، دارای عدم قطعیت u_X است. نتیجه اندازه گیری بصورت $Y = \left(\frac{y}{x}\right) \times X$ خواهد بود. در این صورت عدم قطعیت بصورت $u_Y = Y \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{y^2} + \frac{\sigma_x^2}{x^2} + \frac{\sigma_X^2}{X^2}}$ خواهد بود. اعتبار این نتیجه بطور قوی به جوابی که به طور مستقیم متناسب با کمیت است و باید برای روش آزمون نشان داده شود، بستگی دارد.

۶-۴ عدم قطعیت پیش بینی ها

۶-۴-۱ کمیت مورد نظر $y(t)$ ممکن است در زمان آینده t (یا برای یک مقدار اضافه شده متغیر مستقل دیگر) بر اساس سری های موجود از مشاهدات $y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)$ پیش بینی شوند. توصیه می شود روشی به منظور پیش بینی و عدم قطعیت پیش بینی بکار برده شود، به مدل به کار برده شده در متغیرهای سری بستگی دارد. به عنوان مثال در تجزیه تحلیل رگرسیون، پیش بینی مقادیر بر اساس روند خطی مجاز است.

عدم قطعیت مقادیر پیش بینی شده در زمان t از رابطه $u_t = \sigma \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(t-\bar{t})^2}{\sum (t_i - \bar{t})^2}}$ بدست می آید. این رابطه، یک رابطه مخروطی از عدم قطعیت است که به موجب آن با دور شدن از داده های مشاهده شده، عدم قطعیت مقدار پیش بینی افزایش می یابد. عدم قطعیت مقادیر پیش بینی شده مربوط به تجزیه و تحلیل های رگرسیون شامل عدم قطعیت های غیر قابل سنجشی که برای معادلات پیش بینی ممکن است فراتر از حد انتظار باشد، نمی باشد.

۷- برآورد عدم قطعیت با استفاده از نمونه کنترلی

۷-۱ اندازه گیری دقت میانی آزمایشگاهی، هنگامی که نمونه شاهد کنترلی به همراه نمونه معمولی اجرا می شود، می تواند به عنوان پایه ای برای گزارش های معمول عدم قطعیت اندازه گیری به کار برده شود. این مواد کنترلی جهت پایش عملکرد روش آزمون با استفاده از نمودار کنترلی به کار برده می شود. استاندارد ASTM E2554 روش های محاسبه برآورد عدم قطعیت برای نمونه های کنترلی مورد استفاده در یک واحد آزمایشگاهی را بیان می کند. دقت میانی، انحراف استاندارد مربوط به اندازه گیری نمونه های کنترلی مورد استفاده در طول بازه زمانی است. به دلیل وجود برخی از عوامل موثر در عدم قطعیت و همچنین قابلیت انجام برخی آزمایشگاهها، اندازه گیری دقت میانی متفاوت است و شامل عدم قطعیت مولفه های مربوط به منبع اریبی ثابت آزمایشگاهها و یا نمونه های نامتجانس نمی باشد. همچنین جهت به کار گیری دقت میانی باید شرایط زیر برقرار باشد:

۷-۱-۱ توصیه می شود نمونه کنترلی همانند نمونه های معمولی باشد و تقریباً مشخصات آن به همان اندازه باشد. در عوض اگر مشخص باشد که انحراف استاندارد مربوطه در روش آزمون ثابت است یا رابطه های مشابهی بین نتایج آزمون و متغیرهای آن وجود دارد، در این صورت ممکن است از انحراف استاندارد نسبی برای نمونه های کنترلی در نتایج آزمون مربوط به نمونه های معمولی استفاده گردد.

۷-۱-۲ توصیه می شود نمونه های کنترلی بصورت مداوم انجام گیرند و استناد به انحراف استاندارد نمونه های کنترلی در گذشته و متعاقباً غیر قابل کاربرد، مفید نیست.

۷-۱-۳ توصیه می شود کنترلها همانند نمونه های معمولی تحت شرایط محیطی یکسان، با دستگاههای اندازه گیری یکسان و توسط اپراتور یکسانی انجام گیرد.

۷-۱-۴ نمودار کنترلی بهتر است نشان دهد که فرآیند آزمون بطور آماری ثابت است.

۲-۷ هنگامی که نمونه‌ها مربوط به تعداد زیادی از مواد ناهمگن باشد و نتیجه اندازه‌گیری مربوط به همه موارد مورد نظر باشد، یک مولفه عدم قطعیت اضافی به دلیل قابلیت تغییر پذیری نمونه‌ها می‌تواند به برآورد تنوع اندازه‌گیری اضافه شود. توصیه می‌شود عدم قطعیت ناشی از تغییر پذیری نمونه‌ها با دقت میانی برآورد شده که به نتایج آزمون نمونه کنترلی مربوط است، ترکیب شود. عدم قطعیت ترکیبی بصورت $\sqrt{s_1^2 + s_2^2}$ خواهد بود که s_1 برآورد مولفه تغییر پذیری مربوط به نمونه برداری و s_2 انحراف استاندارد نمونه‌های کنترلی است.

۱-۲-۷ برای برآورد مولفه نمونه برداری s_1 ، یک آزمایش باید برای دفعات متعددی بر روی چندین نمونه مستقل انجام گیرد (مثلاً $2n \geq 2$ آزمون برای هرکدام از نمونه‌های k) و مولفه‌های نمونه برداری را با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس برآورد نماید.

۸- انتشار عدم قطعیت

۱-۸ روش انتشار عدم قطعیت و شکل جدولی مربوطه (بیان عدم قطعیت) ابزاری برای تعیین عدم قطعیت نتایج آزمون به وسیله ترکیبی از عدم قطعیت مربوط به مواد مرجع، دقت مشاهدات، عوامل محیطی و سایر منابع خطای موجود در آزمون می‌باشد. این روش همچنین ممکن است به عنوان راهنمایی برای تعیین دقت مورد اندازه‌گیری جهت رسیدگی به دقت مورد مطلوب نتیجه آزمون به کار برده شود. ارزیابی روش آزمون به منظور شناسایی منابع اصلی خطا، نیازمند سطح بالایی از تخصص در فن آوری مربوط به اندازه‌گیری می‌باشد. در گذشته تجربه نشان داده‌است که دست کم عدم قطعیت با این روش برآورد می‌شود مانند خطاهای مربوط به مولفه‌هایی که قابل برآورداند و مولفه خطاهای ناشناخته‌ای که از جدول خارج شده‌اند [۶].

۲-۸ جهت به کارگیری این روش، یک معادله صریح و روشن که نتیجه آزمون را به کمیت‌های مشخص شده مرتبط می‌کند. این کمیت‌ها یا اندازه‌گیری‌ها برای عدم قطعیت‌های موجود یا عوامل موثر در اندازه‌گیری‌هایی که تغییرات آن ارزیابی شده‌است، هستند. در حالت خاص نتیجه آزمون به عنوان تابعی از متغیر z_i به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$x = f(z_1, z_2, \dots) \quad (1)$$

۱-۲-۸ در متغیر z_i اگر b_i خطای سیستماتیک (اریبی) و u_i عدم قطعیت (یا انحراف استاندارد) باشد، در این صورت نتیجه محاسبات مولفه‌های اریبی و عدم قطعیت با تقریب زیر نمایش داده می‌شود که از بسط خطی معادله مشتق گرفته شده‌است:

$$\begin{aligned} bias_x &= \sum \left(\frac{\partial f}{\partial z_i} \right) b_i \\ u_x^2 &= \sum \left(\frac{\partial f}{\partial z_i} \right)^2 u_i^2 \end{aligned} \quad (2)$$

۸-۲-۲ این فرم از معادله نشان می‌دهد که مولفه عدم قطعیت Z_i ناهمبسته است. در مورد نوع همبسته مولفه عدم قطعیت، عدم قطعیت ترکیبی نیز در بین مولفه‌ها به همبسته ρ_{ij} وابسته می‌باشد در این صورت داریم:

$$u_x^2 = \sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial z_i}\right)^2 u_i^2 + 2 \sum_{i < j} \left(\frac{\partial f}{\partial z_i}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial z_j}\right) \rho_{ij} u_i u_j \quad (3)$$

۸-۳ محاسبات فوق با استفاده از انتشار خطا، اغلب به شکل جدول به راحتی قابل دسته بندی می‌باشد. بیان عدم قطعیت، فهرست جدولی از عوامل تاثیر گذار روی نتیجه آزمون می‌باشد که شامل عدم قطعیت، اریبی آن‌ها (b_i) و مقادیر عدم قطعیت (u_i)، ضریب حساسیت $c_i = \left(\frac{\partial f}{\partial z_i}\right)$ و مولفه‌های اریبی و عدم قطعیت (به ترتیب $c_i b_i$ و $c_i u_i$) می‌باشد. یکی از بخش‌های اصلی بیان عدم قطعیت، مستند سازی پایه‌های مربوط به مولفه‌های اریبی و مقادیر عدم قطعیت می‌باشد.

۸-۳-۱ عدم قطعیت برای نتیجه آزمون از مولفه‌های عدم قطعیت $c_i u_i$ بصورت رابطه $u = \sqrt{\sum (c_i u_i)^2}$ محاسبه می‌گردد.

۸-۳-۲ کسر عدم قطعیت نتیجه آزمون به وسیله مولفه‌ی i ام ارائه می‌شود که برای شناسایی علل عمده عدم قطعیت مفید می‌باشد. کسر مربوط به مولفه‌ی ارائه شده بصورت $\frac{(c_i u_i)^2}{\sum (c_j u_j)^2}$ می‌باشد.

۸-۳-۳ در صورتی که عدم قطعیت برای نتیجه آزمون مشخص باشد، عدم قطعیت مورد نیاز و یا دقت عوامل را می‌توان دوباره با استفاده از بیان عدم قطعیت محاسبه کرد. طراح این روش از این رویکرد برای تعیین صحت قسمتی از روش آزمون و درجه کنترل عوامل مربوط به شرایط محیطی به منظور رسیدن به هدف مورد نظر در عدم قطعیت ترکیبی یک اندازه گیری استفاده می‌کند.

۸-۴ یک مثال کاربردی برای این روش در پیوست الف شرح داده شده‌است. چندین مثال اضافی دیگر در مراجع [۷۳] موجود می‌باشد.

۹ واژه‌های کلیدی

۹-۱ خطای اندازه گیری؛ دقت؛ انتشار خطا؛ خطای تصادفی؛ خطای سیستماتیک؛ نتایج آزمون؛ عدم قطعیت نوع A و عدم قطعیت نوع B.

پیوست الف

(الزامی)

یک مثال از محاسبه عدم قطعیت بوسیله انتشار عدم قطعیت

الف- ۱ این مثال استفاده از بیلان عدم قطعیت برای ارزیابی عدم قطعیت نتیجه آزمون را بطوری که تمام اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی عدم قطعیت فقط در طول فرایند آزمون فراهم می‌شود، نشان می‌دهد

الف- ۲ در تعیین محتوی رطوبت پودر خشک از روش کلومتریک کارل فیشر استفاده می‌شود. در این روش آب از مقدار نمونه وزن شده با استفاده از حلال خشک استخراج شده و سپس مقدار آب استخراج شده اندازه گیری می‌شود. محتوی رطوبت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{الف-۱)} \quad \% \text{محتوی رطوبت} = \frac{C_{\text{حلال}} - C_{\text{نمونه}}}{w} \times k \times 100$$

$C_{\text{نمونه}}$: حجم مصرفی نمونه

$C_{\text{حلال}}$: حجم مصرفی حلال

w : وزن نمونه

k : عامل کالیبراسیون (ابزاری برای تبدیل شاره به یکاهای وزن)

گزارش نتیجه آزمون میانگینی از نتایج به دست آمده روی n نمونه از بهر می‌باشد.

الف- ۳ برای ساده سازی در ابتدا تعیین تکی برای بیلان عدم قطعیت مطرح شده است. تعیین عدم قطعیت یک آزمایش به اجزاء زیر بستگی دارد.

الف- ۳-۱ قابلیت تغییرپذیری حجم واقعی حلال استخراج شده، قابلیت تغییر پذیری مقدار رطوبت که ممکن است توسط نمونه از هوا جذب شده باشد و قابلیت تغییر پذیری کاربرهای دستگاه. این عوامل بر روی حلال‌ها اثر می‌گذارند و $C_{\text{نمونه}}$ و $C_{\text{حلال}}$ قابل تشخیص از همدیگر نیستند.

الف- ۳-۲: تغییر پذیری توزین نمونه.

الف- ۳-۳: عدم قطعیت برای عامل کالیبراسیون، k .

الف- ۴ ضریب حساسیت برای نتیجه آزمون بوسیله فرمول مشتق که به هر جزء کمیت نسبت داده خواهد شد پیدا شده است.

$$\text{الف-۲)} \quad \frac{\partial(\%M)}{\partial C_{\text{نمونه}}} = \frac{100}{W} k$$

$$\frac{\partial(\%M)}{\partial C_{\text{حلال}}} = -\frac{100}{w}k$$

$$\frac{\partial(\%M)}{\partial w} = -100 \frac{C_{\text{حلال}} - C_{\text{نمونه}}}{w}k$$

$$\frac{\partial(\%M)}{\partial k} = 100 \frac{C_{\text{نمونه}} - C_{\text{حلال}}}{w}k$$

الف-۵ جدول الف-۱ مثالی از بیلان عدم قطعیت برای یک نمونه مشخص تکی را نشان می‌دهد. در این مثال، انحراف استاندارد اندازه گیری ابزاری مفروض برای $C_{\text{نمونه}}$ و $C_{\text{حلال}}$ هر دو ۵٪ است و وزن تقریباً ۵۰ mg است که با انحراف استاندارد ۰٫۰۰۰۲ g یا ۰٫۲ mg اندازه گیری می‌شود. عدم قطعیت عامل کالیبراسیون نیز ۱٪ فرض شده است. این اعداد باید از سایر داده‌های دیگر پس از تجزیه و تحلیل نمونه بدست بیایند. انحراف استاندارد نسبی $C_{\text{نمونه}}$ و $C_{\text{حلال}}$ از تغییر پذیری محتوی آب استاندارد شده و به عنوان نمونه‌های واریسی محاسبه می‌شود.

جدول الف-۱- بیلان عدم قطعیت برای یک نمونه مشخص واحد

منشاء	مقدار	حساسیت	عدم قطعیت	سهم عدم قطعیت	درصد کسری
		C_i	u_i	$C_i u_i$	
$C_{\text{نمونه}} (mg)$	۰٫۸۲۶	۱٫۹۲۶۸	۰٫۰۴۱	۰٫۰۷۹۵۸	۸۵٫۱٪
$C_{\text{حلال}} (mg)$	۰٫۳۲۹	-۱٫۹۲۶۸	۰٫۰۱۶	۰٫۰۳۱۷۰	۱۳٫۵٪
$w (mg)$	۵۱٫۹	-۰٫۰۱۸۵	۰٫۲۰۰	۰٫۰۰۳۶۹	۰٫۲٪
k	۱	۰٫۹۴۷۶	۰٫۰۱۰	۰٫۰۰۹۵۸	۱٫۲٪
تشخیص:	۰٫۹۶٪		عدم قطعیت ترکیبی:		
			۰٫۰۸۶٪		

الف-۶ بدست آوردن عدم قطعیت باید نتایج آزمون که میانگینی از n اندازه گیری با نمونه حلال و مقدار k ، یک جزء اضافه شده عدم قطعیت، تغییرات مابین نمونه‌ها باید از میان تعداد زیادی از آن‌ها مورد توجه قرار بگیرد. در مورد تغییرات میان نمونه‌ها در نتایج آزمون، عدم قطعیت آن بصورت $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ است. σ انحراف استاندارد مربوط به تغییرات نمونه‌ها است و به چگونگی یکسان بودن تعداد زیادی آزمایش‌های ویژه در حال انجام بستگی دارد. انحراف استاندارد S ، برای n نمونه جهت برآورد این جزء از عدم قطعیت استفاده شده است. این عدم قطعیت همچنین شامل مولفه‌هایی است که از تغییرات ابزار در $C_{\text{نمونه}}$ و وزن کردن نشأت می‌گیرد. بهر

حال، عدم قطعیت به نمونه شاهد و k نیز بستگی دارد که مقدار این دو در انحراف استاندارد نمونه‌ها محاسبه نشده‌است.

الف-۷ در جدول الف-۲ برای ارزیابی عدم قطعیت نتایج نتایج $\% 0.95$ و $\% 1.16$ و $\% 0.7$ رطوبت تعیین می‌شوند. میانگین و انحراف استاندارد نمونه‌ها 0.94 و 0.23 است و سهم نمونه برداری و عوامل (نمونه C و w) به عنوان خطای استاندارد میانگین $0.133 = \frac{0.23}{\sqrt{3}}$ محاسبه شده‌است. از مقدار میانگین نمونه C و میانگین وزنی (w) برای محاسبه ضریب نفوذ و سهم عدم قطعیت برای خالی و k استفاده شده‌است.

جدول الف-۲- محاسبات عدم قطعیت برای نتیجه آزمون

منشاء	مقدار	حساسیت	عدم قطعیت	سهم عدم قطعیت	درصد کسری
		C_i	u_i	$C_i u_i$	
نمونه برداری	۱			۰.۱۳۳	۹۴.۲٪
C (نمونه Avg)	۰.۸۱۹				
w (Avg)	۵۲.۰				
C حلال (mg)	۰.۳۲۹	-۱.۹۲۳۱	۰.۰۱۶	۰.۰۳۱۶۳	۵.۳٪
k	۱	۰.۹۴۷۶	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹۴۲	۰.۵٪
نتیجه آزمون:		عدم قطعیت ترکیبی:			
۰.۹۴٪		۰.۱۳۷٪			

الف-۸ یکی از نتایج این تجزیه تحلیل عبارت است از این که تغییر پذیری نمونه‌ها به تنهایی منبع بزرگی در تعیین عدم قطعیت است. به ویژه در این مثال که برای تعداد زیادی از نمونه‌ها می‌باشد. هرچند که عدم قطعیت تعیین شده برای نمونه‌ها در حالت بحرانی به سطح رطوبت حلال نیز بستگی دارد.

کتابنامه

- [1] Mohr, P. J., and Taylor, B. N., CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2002, *Reviews of Modern Physics*, Vol 77, pp. 1–107, 2005.
- [2] International Organization for Standardization, *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* (VIM), Geneva, Switzerland, 1993.
- [3] International Organization for Standardization, *ISO Guide 98 — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM), Geneva, Switzerland, 1995.
- [4] Taylor, B. N., and Kuyatt, C. E., NIST Technical Note 1297, Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results, 1994.
- [5] International Laboratory Accreditation Cooperation, Guidelines on Assessment and Reporting of Compliance with Specification, G8, 1996.
- [6] Youden, W. J., “Enduring Values,” *Technometrics*, Vol 14, pp. 1–11, 1972.
- [7] EURACHEM, *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*, 2nd Ed., 2000