



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic Of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۳۳۲

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO  
20332

1st.Edition

2016

راهنمای استفاده از برآوردهای  
تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت در  
برآورد عدم قطعیت اندازه گیری

**Guidance for the use of repeatability,  
reproducibility and trueness estimates in  
measurement uncertainty estimation**

ICS: 17.020

استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۳۳۲ : ۱۳۹۵

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.org>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.1294 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.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

Website: <http://www.isiri.org>

## 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 مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند 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 می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، 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 می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی 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

«راهنمای استفاده از برآوردهای تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت دربرآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری»

(چاپ اول)

رئیس:

محمدی، احد

(کارشناسی ارشد فیزیک)

دبیر:

پورزرگر، ایمان

(کارشناسی مهندسی صنایع)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امینی، حمیدرضا

(کارشناسی فیزیک)

کارشناس اداره کل استاندارد استان اصفهان

برزو، مسعود

(کارشناسی شیمی)

کارشناس شرکت هواپیما سازی ایران

برقی، سیدمجید

(دکترای فیزیک)

عضو هیئت علمی دانشگاه اسلامی واحد کرج

توکلی، احسان

(کارشناسی ارشد فیزیک)

کارشناس اداره استاندارد استان اصفهان

جزمی، محسن

(کارشناسی مهندسی الکترونیک)

مدیر بازرسی فنی و اتوماسیون و ابزار دقیق فولاد مبارکه اصفهان

جعفرپور، احسان

(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

مدیر عامل شرکت آریا کیفیت پارس

خوازی، مریم

(کارشناسی مهندسی صنایع)

مدیر کنترل کیفی شرکت مهندسی مشاور بینا آزما

دیپیم نیا، بابک

(کارشناسی ارشد شیمی)

کارشناس شرکت هواپیما سازی ایران

زمانی، سید احمد

(کارشناسی ارشد کنترل)

کارشناس کالیبراسیون و ابزار دقیق شرکت فولاد مبارکه

سعیدی، سیمین

(کارشناسی شیمی)

مدیر تضمین کیفیت شرکت مرجعان خاتم

**سمت و/یا محل اشتغال:**

رئیس تضمین کیفیت و HSE شرکت مهندسی مشاور آزمون فولاد

مدیر عامل شرکت کیفیت آفرینان

مدیر فنی آزمایشگاه کالیبراسیون شرکت ابزار برتر

مدیر عامل شرکت مرجع خاتم

مدیر عامل شرکت بهفام روش

مدیر پشتیبانی علمی شرکت مرجع خاتم

مدیر آزمایشگاه تابان نیرو

رئیس آموزش و بازرسی کالا و شعب شرکت مهندسی مشاور آزمون فولاد

کارشناس مرکز اندازه شناسی سازمان ملی استاندارد ایران

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

عسکریان، مهسا  
(کارشناسی ارشد خاک شناسی)

قنبری، عبدالله  
(کارشناسی فیزیک)

کعبی، مریم  
(کارشناسی فیزیک)

مشکانی، اعظم السادات  
(کارشناسی زیست شناسی)

معین، کوروش  
(کارشناسی مهندسی برق و الکترونیک)

منافی، محمد حنیف  
(کارشناسی ارشد شیمی)

میرزا باقریان، مسعود  
(کارشناسی مهندسی الکترونیک)

نادراصلی، مازیار  
(کارشناسی مهندسی متالورژی)

**ویراستار:**

صبور، عباس  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

فهرست مندرجات

ح	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۷	۴ نمادها
۱۰	۵ اصول
۱۰	۱-۵ نتایج مجزا و عملکرد فرآیند اندازه‌گیری
۱۱	۲-۵ کاربرد داده‌های تجدیدپذیری
۱۱	۳-۵ معادلات اصلی برای مدل آماری
۱۳	۴-۵ داده‌های تکرارپذیری
۱۳	۶ ارزیابی عدم قطعیت با استفاده از برآوردهای تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت
۱۳	۱-۶ روش اجرایی ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری
۱۴	۲-۶ اختلاف‌ها بین دقت واقعی و دقت مورد انتظار
۱۴	۷ برقراری ارتباط داده‌های عملکردی روش با نتایج اندازه‌گیری از طریق یک فرآیند اندازه‌گیری خاص
۱۴	۱-۷ کلیات
۱۴	۲-۷ اثبات کنترل مولفه آزمایشگاهی اریبی
۱۸	۳-۷ تصدیق تکرارپذیری
۱۹	۴-۷ تصدیق مداوم عملکرد
۱۹	۸ برقراری ارتباط با قلم آزمون
۱۹	۱-۸ کلیات
۲۰	۲-۸ نمونه برداری
۲۰	۳-۸ آماده‌سازی نمونه و اصلاحات مقدماتی
۲۱	۴-۸ تغییرات در نوع قلم آزمون

۲۱	۵-۸	تغییرپذیری عدم قطعیت با سطح پاسخ
۲۲	۹	عوامل اضافی
۲۲	۱۰	عبارت کلی برای عدم قطعیت استاندارد مرکب
۲۳	۱۱	بودجه‌های عدم قطعیت براساس داده‌های مطالعه مشترک
۲۴	۱۲	ارزیابی عدم قطعیت برای یک نتیجه مرکب
۲۵	۱۳	بیان اطلاعات عدم قطعیت
۲۵	۱-۱۳	بیان کلی
۲۵	۲-۱۳	انتخاب عامل پوشش
۲۶	۱۴	مقایسه ارقام عملکردی روش و داده‌های عدم قطعیت
۲۶	۱-۱۴	فرضیات پایه برای مقایسه
۲۷	۲-۱۴	روش اجرایی مقایسه
۲۸	۳-۱۴	دلایل برای اختلاف‌ها
۲۹		پیوست الف (آگاهی دهنده) رویکردهایی برای برآورد عدم قطعیت
۳۶		پیوست ب (آگاهی دهنده) ارزیابی عدم قطعیت به طور تجربی
۳۸		پیوست پ (آگاهی دهنده) مثال‌هایی از محاسبات عدم قطعیت
۵۳		کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد « راهنمای استفاده از برآوردهای تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت در برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در دویست و نود و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۵/۲/۲۲ تصویب شد. اینک این استاندارد 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.

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 کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی (منابع و مأخذی) که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ISO 21748:2010, Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation.



## راهنمای استفاده از برآوردهای تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت در برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنمایی برای موارد زیر می‌باشد:

- ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری با استفاده از داده‌های به دست آمده از مطالعات انجام شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۴۴۲؛

- مقایسه نتایج مطالعات مشترک با عدم قطعیت اندازه‌گیری (MU)، با استفاده از اصول قراردادی انتشار عدم قطعیت ( بند ۱۴ را ببینید).

- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۷۴۴۲، مدل‌های بیشتری برای مطالعات دقت میانی ارائه می‌دهد. در ضمن، از آنجا که ممکن است رویکردهای کلی، در استفاده از چنین مدل‌های تعمیم یافته بکار رود، این استاندارد شامل ارزیابی عدم قطعیت با استفاده از این مدل‌ها، نمی‌شود.

این استاندارد، در همه اندازه‌گیری‌ها و آزمایشاتی که در آن‌ها بایستی، عدم قطعیت مرتبط با یک نتیجه تعیین شود کاربرد دارد.

این استاندارد، کاربرد داده‌های تکرارپذیری در غیاب داده‌های تجدیدپذیری را شرح نمی‌دهد.

این استاندارد، چنین فرض می‌کند که اثرات روشمند که جزئی نیستند شناخته شده، چه با استفاده از تصحیح عددی به عنوان بخشی از روش اندازه‌گیری و چه با جستجو و حذف عامل اثر، تصحیح شده‌اند.

توصیه‌های این استاندارد، در وهله اول برای راهنمایی می‌باشد. مشخص شده است که علاوه بر توصیه‌های ارائه شده که راهکاری معتبر برای ارزیابی عدم قطعیت برای مقاصد بسیاری ارائه می‌دهد، همچنین امکان تطبیق آن‌ها با راهکارهای مناسب دیگر می‌باشد.

به طور کلی، ارجاعات به نتایج اندازه‌گیری روش‌ها و فرآیندها در این استاندارد، همچنین به طور معمول برای بکارگیری در نتایج آزمون، روش‌ها و فرآیندها پذیرفته می‌شوند.

### 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 شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است :

- ۱- استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳ : سال ۱۳۹۰ ، واژه نامه اندازه شناسی مفاهیم پایه عمومی و اصطلاحات مربوط
  - ۲- استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲-۲ : سال ۱۳۸۴ ، درستی (صحت و دقت) روش‌ها و نتایج اندازه گیری - قسمت دوم : روش پایه برای تعیین تکرارپذیری و تجدیدپذیری روش اندازه گیری استاندارد
  - ۳- استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲-۳ : سال ۱۳۸۳ ، درستی (صحت و دقت) روش‌ها و نتایج اندازه گیری - قسمت سوم : اندازه‌های دقت میانی یک روش اندازه‌گیری استاندارد
  - ۴- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴۳ : سال ۱۳۹۳ ، ارزیابی انطباق - الزامات عمومی آزمون مهارت
- 5- ISO 3534-2:2006-Statistics - Vocabulary and symbols - Part 2: applied statistics.
- 6- ISO/IEC Guide 98-3 : 2008 : Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲-۳ (در رابطه با دقت میانی) اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

### اریبی

#### Bias

اختلاف بین امید ریاضی یک نتیجه آزمون یا اندازه‌گیری و مقدار واقعی است.

**یادآوری ۱-** اریبی، خطای روشمند کلی در مقایسه با خطای تصادفی می‌باشد. ممکن است یک یا چند خطای روشمند، اجزای تشکیل دهنده اریبی باشند. مقدار اریبی بزرگتر، اختلاف روشمند بزرگتری از مقدار واقعی به دست می‌دهد.

**یادآوری ۲-** اریبی یک دستگاه اندازه‌گیری معمولاً با میانگین‌گیری از خطای نشان‌دهی حاصل از تعداد مناسبی از اندازه‌گیری‌های تکراری برآورد می‌شود. خطای نشان‌دهی دستگاه اندازه‌گیری، « نشان‌دهی دستگاه اندازه‌گیری منهای مقدار واقعی مربوط به کمیت ورودی » است.

**یادآوری ۳-** در عمل، مقدار مرجع پذیرفته شده، جانشین مقدار واقعی می‌باشد.

( بند 3.3.2 ISO3534-2:2006 را ببینید )

۲-۳

عدم قطعیت استاندارد مرکب

$$u(y)$$

### Combined standard uncertainty

عدم قطعیت استاندارد نتیجه یک اندازه‌گیری، وقتی که آن نتیجه از مقادیر تعدادی از کمیت‌های دیگر به دست آمده است، مساوی با مثبت ریشه دوم مجموع عبارت‌ها می‌باشد، که این عبارت‌ها واریانس یا کوواریانس کمیت‌های دیگر هستند، که مطابق با چگونگی تغییر نتیجه اندازه‌گیری با تغییرات این کمیت‌ها ارزش‌گذاری شده‌اند. ( بند ISO/IEC Guide 98-3:2008,2.3.4 را ببینید)

۳-۳

فاکتور پوشش

$$k$$

### Coverage factor

عامل عددی که در عدم قطعیت استاندارد مرکب ضرب می‌شود تا عدم قطعیت گسترده به دست آید.

یادآوری-فاکتور پوشش  $k$  به طور معمول در گستره ۲ تا ۳ می‌باشد.

( بند ISO/IEC98-3:2008,2.3.6 را ببینید)

۴-۳

عدم قطعیت گسترده

$$U$$

### Expanded uncertainty

کمیتی که یک بازه اطراف نتیجه اندازه‌گیری تعریف می‌کند و انتظار می‌رود کسر بزرگی از توزیع مقادیری را که می‌توان به طور منطقی به اندازه ده نسبت داد، در بر می‌گیرد.

یادآوری ۱- این کسر ممکن است به عنوان احتمال پوشش یا سطح اطمینان بازه در نظر گرفته شود.

یادآوری ۲- برای مرتبط ساختن سطح مشخصی از اطمینان با بازه تعریف شده توسط عدم قطعیت گسترده، نیاز به فرضیه‌های صریح یا ضمنی با توجه به توزیع احتمال مشخص شده توسط نتیجه اندازه‌گیری و عدم قطعیت استاندارد مرکب می‌باشد. سطح اطمینانی که ممکن است به این بازه نسبت داده شود، تنها می‌تواند برای حدودی شناخته شود که این فرضیات قابل توجیه باشند.

یادآوری ۳- «عدم قطعیت گسترده» در بند ۵ توصیه INC-1(1980)، عدم قطعیت کل نامیده شده است.

( بند ISO/IEC Guide 98-3:2008,2.3.5 را ببینید)

۵-۳

دقت

### Precision

نزدیکی توافق بین نتایج آزمون/ اندازه‌گیری مستقل که تحت شرایط تصریح شده به دست آمده است.  
یادآوری ۱- دقت تنها به توزیع خطاهای تصادفی بستگی دارد و به مقدار واقعی یا مقدار مشخص شده مربوط نمی‌شود.  
یادآوری ۲- اندازه دقت معمولاً بر حسب عدم دقت بیان می‌شود و به عنوان انحراف معیار نتایج آزمون یا نتایج اندازه‌گیری محاسبه می‌شود. دقت کمتر، نتیجه انحراف معیار بزرگتر است.  
یادآوری ۳- اندازه‌های کمی دقت وابستگی شدیدی به شرایط تصریح شده دارند. شرایط تکرارپذیری و تجدیدپذیری دو مجموعه‌های خاصی از شرایط کرانه‌ای(شدیدتر) تصریح شده هستند.  
( بند 3.3.4:2006, ISO3534-2 را ببینید )

۶-۳

تکرارپذیری

### Repeatability

دقت تحت شرایط تکرارپذیری  
یادآوری - تکرارپذیری می‌تواند به صورت کمی و برحسب پراکندگی مشخصه‌های نتایج بیان شود.  
( بند 3.3.5:2006, ISO3534-2 را ببینید )

۷-۳

شرایط تکرارپذیری

### Repeatability conditions

شرایط مشاهدات که در آن نتایج آزمون و/ یا اندازه‌گیری مستقل، با یک روش یکسان روی اقلام آزمون و/ یا اندازه‌گیری یکسان در یک مکان و توسط یک کاربر و با استفاده از تجهیزات یکسان در فواصل زمانی کوتاه به دست می‌آید.

یادآوری - شرایط تکرارپذیری شامل موارد زیر می‌باشد :

- روش اجرایی اندازه‌گیری یا روش اجرایی آزمون یکسان،

- کاربر یکسان،

- به کارگیری تجهیزات اندازه‌گیری یا آزمون یکسان تحت شرایط یکسان،

- مکان یکسان،

- تکرار در فواصل زمانی کوتاه،

( بند 3.3.6:2006, ISO3534-2 را ببینید )

۸-۳

### انحراف معیار تکرارپذیری

#### Repeatability standard deviation

انحراف معیار نتایج آزمون یا اندازه‌گیری که تحت شرایط تکرارپذیری به دست می‌آید. یادآوری ۱- انحراف معیار تکرارپذیری، معیار پراکندگی توزیع نتایج آزمون یا اندازه‌گیری تحت شرایط تکرارپذیری است. یادآوری ۲- به طور مشابه، «واریانس تکرارپذیری» و «ضریب تغییرات تکرارپذیری» می‌تواند به عنوان معیار پراکندگی نتایج آزمون یا اندازه‌گیری تحت شرایط تکرارپذیری تعریف و استفاده شود. ( بند ISO3534-2:2006,3.3.7 را ببینید )

۹-۳

### تجدیدپذیری

#### Reproducibility

دقت تحت شرایط تجدیدپذیری یادآوری ۱- تجدیدپذیری می‌تواند از نظر کمی برحسب پراکندگی مشخصه‌های نتایج بیان شود. یادآوری ۲- نتایج معمولاً به عنوان نتایج تصحیح شده پذیرفته می‌شوند. (بند ISO3534-2:2006,3.3.10 را ببینید)

۱۰-۳

### شرایط تجدیدپذیری

#### Reproducibility conditons

شرایط مشاهدات که در آن نتایج مستقل آزمون/ اندازه‌گیری، با یک روش یکسان بر روی اقلام آزمون و/ یا اندازه‌گیری در مکان‌های مختلف با امکانات متفاوت آزمون یا اندازه‌گیری، توسط کاربران متفاوت و با استفاده از تجهیزات متفاوت به دست می‌آید. ( بند ISO3534-2:2006,3.3.11 را ببینید )

۱۱-۳

### انحراف معیار تجدیدپذیری

#### Reproducibility standard deviation

انحراف معیار نتایج آزمون یا اندازه‌گیری که تحت شرایط تجدیدپذیری به دست می‌آید. یادآوری ۱- انحراف معیار تجدیدپذیری، معیار پراکندگی توزیع نتایج آزمون یا اندازه‌گیری تحت شرایط تجدیدپذیری است .

یادآوری ۲- به طور مشابه، «واریانس تجدیدپذیری» و «ضریب تغییرات تجدیدپذیری» می‌تواند به عنوان **معیار** پراکندگی نتایج آزمون یا اندازه‌گیری تحت شرایط تجدیدپذیری تعریف و استفاده شود.

( بند 3.3.12:2006, ISO3534-2 را ببینید )

۱۲-۳

### عدم قطعیت استاندارد

$$u(x_i)$$

عدم قطعیت نتیجه اندازه‌گیری که به صورت انحراف معیار بیان می‌شود.

( بند 2.3.1, ISO/IEC Guide 98-3:2008 را ببینید )

۱۳-۳

### صحت

#### Trueness

نزدیکی توافق بین امید ریاضی یک نتیجه آزمون و یا اندازه‌گیری و مقدار واقعی است.

یادآوری ۱- اندازه صحت معمولاً بر حسب اریبی بیان می‌شود.

یادآوری ۲- به صحت گاهی «درستی میانگین» گفته می‌شود. این کاربرد توصیه نمی‌شود.

یادآوری ۳- در عمل، مقدار مرجع پذیرفته شده جایگزین مقدار واقعی می‌شود.

( بند 2.3.3, ISO/IEC Guide 98-3:2008 را ببینید )

۱۴-۳

### عدم قطعیت

#### Uncertainty

پارامتر  $\langle$  اندازه‌گیری  $\rangle$  مرتبط با نتیجه اندازه‌گیری است که پراکندگی مقادیری را مشخص می‌کند که به طور منطقی به اندازه ده نسبت داده می‌شود.

یادآوری ۱- برای مثال، پارامتر ممکن است انحراف معیار (یا مضرب مشخصی از آن)، یا نیم پهنای یک بازه دارای سطح تعیین شده‌ای از اطمینان باشد.

یادآوری ۲- بطور کلی، عدم قطعیت اندازه‌گیری دربرگیرنده مؤلفه‌های زیادی می‌باشد. بعضی از این مؤلفه‌ها ممکن است از توزیع آماری نتایج مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها ارزیابی شوند و می‌توانند با انحراف معیارهای تجربی مشخص گردند. مؤلفه‌های دیگر هم که می‌توانند به وسیله انحراف‌های معیار مشخص شوند، از توزیع احتمال‌های فرض شده بر اساس تجربه یا اطلاعات دیگر، ارزیابی می‌شوند.

یادآوری ۳- چنین استنباط می‌شود که نتیجه اندازه‌گیری بهترین برآورد از مقدار اندازه‌ده می‌باشد و همه مؤلفه‌های عدم قطعیت، شامل مواردی که از اثرات روشمند ناشی می‌شوند، مثل مؤلفه‌های مرتبط با تصحیح‌ها و استانداردهای مرجع، در پراکندگی دخالت دارند.

( بند 2.2.3, ISO/IEC Guide 98-3:2008 را ببینید )

بودجه عدم قطعیت

**Uncertainty budget**

فهرست منابع عدم قطعیت و عدم قطعیت‌های استاندارد مرتبط با آن‌ها، مطابق با نگرشی به ارزیابی عدم قطعیت استاندارد مرکب مرتبط با نتیجه اندازه‌گیری،

یادآوری- این فهرست اغلب شامل اطلاعات اضافه‌تری مثل ضرایب حساسیت (تغییر نتیجه با تغییر در کمیت تأثیرگذار بر نتیجه)، درجه‌های آزادی برای هر عدم قطعیت استاندارد و شناسایی منابع ارزیابی هر عدم قطعیت استاندارد برحسب ارزیابی نوع A یا نوع B می‌باشد.

(ISO/IEC Guide 98-3:2008 را ببینید)

نمادها	۴
$\hat{S}_R = a + bm$ ضریب نشان‌دهنده عرض از مبدا در رابطه تجربی	<i>a</i>
مولفه آزمایشگاهی اریبی،	<i>B</i>
$\hat{S}_R = a + bm$ ضریب نشان‌دهنده شیب در رابطه تجربی	<i>b</i>
$\hat{S}_R = cm^d$ ضریب در رابطه تجربی	<i>c</i>
ضریب حساسیت $\partial y / \partial x_i$	<i>c_i</i>
$\hat{S}_R = cm^d$ ضریب نشان‌دهنده توان در رابطه تجربی	<i>d</i>
خطای تصادفی تحت شرایط تکرارپذیری.	<i>e</i>
عامل عددی که به عنوان مضرب عدم قطعیت استاندارد مرکب $u$ ، به منظور دستیابی به عدم قطعیت گسترده $U$ استفاده می‌شود.	<i>k</i>
شماره (شناسایی) آزمایشگاه.	<i>l</i>
مقدار میانگین اندازه‌گیری‌ها.	<i>m</i>
تعداد مؤلفه‌های سهمیم در محاسبات عدم قطعیت مرکب.	<i>N</i>
تعداد مؤلفه‌های سهمیم در محاسبات عدم قطعیت مرکب به علاوه داده‌های بررسی مشترک.	<i>n'</i>
تعداد تکرار توسط آزمایشگاه <i>l</i> در بررسی ماده مرجع گواهی شده.	<i>n_l</i>
تعداد اندازه‌گیری‌های تکراری.	<i>n_r</i>
تعداد آزمایشگاه‌ها.	<i>p</i>

$Q$	تعداد اقلام آزمون از یک بهر بزرگتر.
$q$	تعداد مقادیر معین نسبت داده شده حین یک بررسی مشترک.
$r_{ij}$	ضریب همبستگی بین $x_i$ و $x_j$ در بازه -۱ تا +۱.
$S_b$	مؤلفه بین گروهی واریانس که به عنوان انحراف معیار بیان می شود،
$S_b^2$	مؤلفه بین گروهی واریانس.
$S_D$	انحراف معیار برآورد شده یا تجربی نتایج حاصل از طریق اندازه گیری تکراری روی یک ماده مرجع که برای بررسی کنترل اریبی استفاده می شود.
$S_{inh}$	عدم قطعیت مرتبط با ناهمگونی نمونه.
$S_{inh}^2$	مؤلفه واریانس مرتبط با ناهمگونی نمونه.
$S_l$	انحراف معیار تکرارپذیری برآورد شده با درجه آزادی $\nu_l$ برای آزمایشگاه $l$ در طی تصدیق تکرارپذیری.
$S_L$	انحراف معیار برآورد شده یا تجربی بین آزمایشگاهی.
$\hat{S}_L$	برآورد تنظیمی انحراف معیار مرتبط با $B$ که در آن $S_l$ وابسته به پاسخ می باشد.
$S_L^2$	واریانس برآورد شده $B$ .
$S_r$	برآورد انحراف معیار درون آزمایشگاهی ؛ انحراف معیار برآورد شده برای $e$ .
$S'_r$	برآورد تنظیمی انحراف معیار درون آزمایشگاهی، که سهم آن وابسته به پاسخ می باشد.
$S_r^2$	واریانس برآورد شده $e$ .
$S_R$	انحراف معیار تجدید پذیری برآورد شده،
$S'_R$	برآورد تنظیمی انحراف معیار تجدید پذیری، برای برآورد آزمایشگاهی انحراف معیار تکرارپذیری ،
$\hat{S}_R$	برآورد تنظیمی انحراف معیار تجدید پذیری که از یک مدل تجربی محاسبه می شود، و سهمها وابسته به پاسخ می باشند.
$S_W$	برآورد انحراف معیار درون آزمایشگاهی حاصل از تکرار یا بررسی های تکرارپذیری دیگر.
$S_W^2$	مؤلفه درون گروهی واریانس برآورد شده (اغلب به عنوان مؤلفه درون آزمایشگاهی واریانس شناخته می شود).
$S_{\hat{\delta}}$	انحراف معیار برآورد شده اریبی $\hat{\delta}$ که در یک مطالعه مشترک اندازه گیری شده است.
$s(\Delta_y)$	انحراف معیار آزمایشگاهی اختلافها در طی مقایسه یک روش متداول با یک روش قطعی یا با



مقادیر نسبت داده شده توافقی.

$u(\delta)$  عدم قطعیت مرتبط با  $\delta$  به واسطه عدم قطعیت برآورد  $\delta$  با اندازه‌گیری یک استاندارد اندازه‌گیری مرجع یا ماده مرجع با مقدار گواهی شده  $\hat{\mu}$ .

$u(\hat{\mu})$  عدم قطعیت مرتبط با مقدار گواهی شده  $\hat{\mu}$ .

$u(x_i)$  عدم قطعیت مرتبط با مقدار ورودی  $x_i$ ، همچنین عدم قطعیت مرتبط با  $x'_i$ ، که در آن  $x_i$  و  $x'_i$  تنها در یک عدد ثابت اختلاف دارند.

$u(y)$  عدم قطعیت استاندارد مرکب مرتبط با  $y$ ، که در آن  $u(y) = \sqrt{\sum_{i=1,n} c_i^2 u^2(x_i)}$  باشد.

$u_i(y)$  سهم مولفه  $x_i$  در عدم قطعیت مرکب  $y$ ، برحسب تعریف  $u(y)$ ، بالا  $u_i(y) = c_i u(x_i)$ ،

$u(y_i)$  عدم قطعیت استاندارد مرتبط با نتیجه یا مقدار نسبت داده شده  $y_i$ ،

$u(Y)$  عدم قطعیت مرکب برای نتیجه  $Y = f(y_1, y_2, \dots)$  که در آن  $u(Y) = \sqrt{\sum_i [c_i u(y_i)]^2}$ ،

$u^2(y)$  عدم قطعیت استاندارد مرتبط با  $y$ ، که به صورت واریانس بیان می‌شود.

$u_{inh}$  عدم قطعیت مرتبط با ناهمگونی نمونه.

$U$  عدم قطعیت گسترده، مساوی با  $k$  برابر عدم قطعیت استاندارد  $u$ .

$U(y)$  عدم قطعیت گسترده در  $y$ ، که در آن  $U(y) = ku(y)$  و  $k$  عامل پوشش است.

$x_i$  مقدار کمیت ورودی  $i$  ام در تعیین یک نتیجه.

$x'_i$  انحراف مقدار ورودی  $i$  ام از مقدار اسمی  $x$ .

$Y$  نتیجه مرکب که به صورت تابعی از نتایج دیگر  $y_i$  شکل می‌گیرد.

$y_i$  نتیجه برای قلم آزمون  $i$  ام از روش قطعی در طی مقایسه روش‌ها یا مقادیر نسبت داده شده در مقایسه با مقادیر نسبت داده شده توافقی.

$\hat{y}_i$  نتیجه قلم آزمون  $i$  ام از روش آزمون متداول در طی مقایسه روش‌ها.

$y_0$  مقدار نسبت داده شده برای آزمون مهارت.

$\Delta$  اریبی آزمایشگاه.

$\Delta_l$  برآورد اریبی آزمایشگاه  $l$ ، برابر با میانگین آزمایشگاهی،  $(m)$ ، منهای مقدار گواهی شده،  $(\hat{\mu})$ .

$\bar{\Delta}_y$  میانگین اریبی آزمایشگاه در طی مقایسه روش متداول با یک روش قطعی یا با مقادیر نسبت داده شده توافقی.

$\delta$	اریبی ذاتی روش اندازه‌گیری مورد استفاده.
$\hat{\delta}$	اریبی اندازه‌گیری شده یا برآورد شده.
$\mu$	امید ریاضی نامعلوم نتیجه ایده‌آل.
$\hat{\mu}$	مقدار گواهی شده یک ماده مرجع.
$\sigma_0$	انحراف معیار برای آزمون مهارت.
$\sigma_D$	مقدار واقعی انحراف معیار نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های تکراری بر روی یک ماده مرجع مورد استفاده برای بررسی کنترل اریبی،
$\sigma_L$	انحراف معیار بین آزمایشگاهی؛ انحراف معیار $B$ ،
$\sigma_L^2$	واریانس $B$ ؛ واریانس بین آزمایشگاهی،
$\sigma_r$	انحراف معیار درون آزمایشگاهی؛ انحراف معیار $e$ ،
$\sigma_r^2$	واریانس $e$ ؛ واریانس درون آزمایشگاهی،
$\sigma_w$	انحراف معیار درون گروهی،
$\sigma_{w0}$	انحراف معیار مورد نیاز برای عملکرد مناسب (به ISO Guide 33 مراجعه شود)،
$\nu_{eff}$	درجه‌های مؤثر آزادی برای انحراف معیار نتیجه $\nu_i$ یا عدم قطعیت $\nu_i$
$\nu_i$	درجه‌های آزادی مرتبط با مؤلفه $i$ ام عدم قطعیت.
$\nu_l$	درجه‌های آزادی مرتبط با برآورد $s_i$ انحراف معیار برای آزمایشگاه $l$ در طی تصدیق تکرارپذیری،

## ۵ اصول

### ۱-۵ نتایج مجزا و عملکرد فرآیند اندازه‌گیری

#### ۱-۱-۵

در حالی که عدم قطعیت اندازه‌گیری به نتایج مجزا مربوط می‌شود، تکرارپذیری، تجدیدپذیری و اریبی مربوط به عملکرد فرآیند اندازه‌گیری یا آزمون می‌باشند. برای انجام مطالعات، تحت همه بخش‌های استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲، فرآیند اندازه‌گیری یا آزمون مورد استفاده توسط همه آزمایشگاه‌های شرکت‌کننده در تحقیق، یک روش اندازه‌گیری واحد خواهد بود. توجه کنید که برای مقاصد این استاندارد ملی، فرض بر این است که روش اندازه‌گیری به شکل یک روش اجرایی اندازه‌گیری تفصیلی واحد اجرا می‌شود (همان گونه که در استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳ بند ۳-۶ تعریف شده است).

به صورت ضمنی در این استاندارد ملی بیان شده که ارقام مشخص کننده عملکرد فرآیند که از مطالعات عملکرد روش استخراج می‌شود، مرتبط با تمامی نتایج اندازه‌گیری مجزا است که در فرآیند ایجاد شده‌اند. در ادامه خواهید دید که این فرضیه نیازمند شواهد پشتیبانی کننده‌ای به صورت داده‌های مناسب کنترل کیفی و تضمین کیفیت برای فرآیند اندازه‌گیری می‌باشد (بند ۷ را مشاهده کنید).

#### ۲-۱-۵

در ادامه خواهید دید که علاوه بر این ممکن است نیاز باشد که بین ارقام آزمون مجزا تفاوت قایل شد. اما باوجود این پیش بینی محتاطانه، در یک فرآیند اندازه‌گیری پایدار و خوب توصیف شده نیازی به انجام مطالعات مفصل و مجزا مربوط به عدم قطعیت برای هر قلم مورد آزمون نمی‌باشد.

#### ۲-۵ کاربرد داده‌های تجدیدپذیری

کاربرد این استاندارد ملی بر دو اصل استوار است :

- اول، انحراف معیار تجدیدپذیری بدست آمده در مطالعات مشترک، مبنایی معتبر برای ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری می‌باشد. (پیوست الف ۲-۱ را مشاهده کنید)
- دوم، از اثراتی که در بررسی‌های مشترک مشاهده نشده‌اند، یا بایستی آشکارا چشم‌پوشی شود و یا این که به طور ضمنی مجاز در نظر گرفته شوند. اصل اخیر، از طریق بسط مدل پایه به کار برده شده برای مطالعه مشترک اجرا می‌شود (پیوست الف ۲-۳ را مشاهده کنید).

#### ۳-۵ معادلات اصلی برای مدل آماری

##### ۱-۳-۵

مدل آماری که این استاندارد ملی بر اساس آن نوشته شده است همان‌طور که در معادله (۱) آمده، فرمول‌بندی شده است.

$$y = \mu + \delta + B + \sum c_i x'_i + e \quad (1)$$

که در آن :

$y$  نتیجه اندازه‌گیری است، با فرض اینکه از یک تابع مناسب محاسبه شده است؛

$\mu$  امید ریاضی (نامعلوم) از نتایج آرمانی؛

$\delta$  عبارتی است که اریبی ذاتی روش اندازه‌گیری را بیان می‌کند؛

$B$  مؤلفه آزمایشگاهی اریبی؛

$x'_i$  انحراف از مقدار نامی  $x_i$

$c_i$  ضریب حساسیت، مساوی با  $\partial y / \partial x_i$

$e$  عبارت خطای تصادفی تحت شرایط تکرارپذیری است.

فرض بر این است که  $B$  و  $e$  به صورت نرمال، به ترتیب با واریانس  $\sigma_L^2$  و  $\sigma_r^2$  توزیع شده‌اند.

این مدل در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۴۴۲ برای تحلیل داده‌های مطالعات مشترک استفاده شده است. از آنجا که انحراف معیارهای مشاهده شده اریبی روش،  $\delta$ ، اریبی آزمایشگاه،  $B$  و خطای تصادفی  $e$ ، روی هم رفته معیارهای پراکندگی تحت شرایط مطالعات مشترک هستند، مجموع  $\sum c_i x_i'$  در برگیرنده اثرات منجر به انحراف غیر از آنهایی که در  $B$ ،  $\delta$  یا  $e$  دخیل می‌باشند است و در نتیجه این مجموع روشی برای در نظر گرفتن اثرات عملیاتی است که در مطالعات مشترک اجرا نشده است.

مثال‌هایی از این گونه عملیات‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:

الف- آماده‌سازی قلم آزمون که در عمل برای هر قلم آزمون انجام می‌شود، که در مورد مطالعات مشترک بایستی قبل از قرارگرفتن در چرخه انجام شود.

ب) تأثیرات نمونه‌برداری از نمونه اصلی در عمل، وقتی قلم‌های آزمون که تحت مطالعات مشترک قرار گرفته‌اند، طبق معمول، پیش از مطالعه همگن‌سازی شده باشند. فرض بر این است که توزیع  $x_i'$  نرمال، با امید ریاضی صفر و واریانس  $u^2(x_i)$  می‌باشد.

منطق این مدل با جزییات آن در پیوست اطلاعاتی الف ارائه شده است.

یادآوری- خطا عموماً به صورت اختلاف مقدار مرجع و نتیجه تعریف می‌شود. در GUM، «خطا» (به عنوان یک مقدار) آشکارا با «عدم قطعیت» (پراکندگی مقادیر) متفاوت است. با این وجود، در برآورد عدم قطعیت، مشخص کردن پراکندگی به دلیل تأثیرات تصادفی و ارائه آن‌ها در یک مدل صریح از اهمیت برخوردار می‌باشد. این منظور، همان‌طور که در معادله (۱) آمده است، با اضافه کردن «عبارات خطا» با امید ریاضی صفر قابل دستیابی خواهد بود.

### ۲-۳-۵

با در نظر گرفتن مدل توصیف شده در معادله (۱)، عدم قطعیت  $u(y)$  مرتبط با یک مشاهده می‌تواند با استفاده از معادله (۲) برآورد شود.

$$u^2(y) = u^2(\delta) + s_L^2 + \sum c_i^2 u^2(x_i) + s_r^2 \quad (2)$$

که در آن :

$s_L^2$  واریانس برآورد شده  $B$ ،

$s_r^2$  واریانس برآورد شده  $e$ ،

$u(\hat{\delta})$  عدم قطعیت مرتبط با  $\delta$  به واسطه عدم قطعیت  $\delta$  برآورد شده، از طریق اندازه‌گیری یک استاندارد اندازه‌گیری مرجع یا ماده مرجع با مقدار گواهی شده  $\hat{\mu}$  ؛

$u(x_i)$  عدم قطعیت مرتبط با  $x_i$  ؛

با در نظر گرفتن این که انحراف معیار تجدیدپذیری  $s_R$  از رابطه  $s_R^2 = s_L^2 + s_T^2$  به دست می‌آید و  $s_R^2$  می‌تواند جایگزینی برای  $s_L^2 + s_T^2$  باشد، معادله (۲) به معادله (۳) به شرح زیر تبدیل می‌شود:

$$u^2(y) = u^2(\hat{\delta}) + s_R^2 + \sum c_i^2 u^2(x_i) \quad (3)$$

#### ۴-۵ داده‌های تکرارپذیری

در ادامه خواهید دید که داده‌های تکرارپذیری در این استاندارد ملی در درجه اول به عنوان بررسی دقت، استفاده خواهد شد، که در ارتباط با سایر آزمون‌ها، تاییدکننده این مطلب هستند که یک آزمایشگاه خاص می‌تواند داده‌های صحت و تجدیدپذیری را در برآوردهای عدم قطعیت خود به کارگیرد. همچنین، داده‌های تکرارپذیری در محاسبات مؤلفه‌های تجدیدپذیری عدم قطعیت به کار برده می‌شوند (به زیربند ۷-۳ و بند ۱۱ رجوع کنید).

#### ۶ ارزیابی عدم قطعیت با استفاده از برآوردهای تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت

##### ۱-۶ روش اجرایی ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری

اصولی که این استاندارد ملی بر مبنای آن استوار است ( ۵-۱ مشاهده شود) منجر به شکل‌گیری روش اجرایی زیر برای ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری می‌شود :

الف) برآوردهایی از تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت روش مورد استفاده از اطلاعات منتشر شده در رابطه با روش مورد استفاده را فراهم نماید.

ب) اثبات این که اریبی آزمایشگاه برای اندازه‌گیری‌ها در محدوده مورد انتظار براساس داده‌های به دست آمده در بند ۱-۶-الف می‌باشد.

پ) اثبات این که دقت بدست آمده از اندازه‌گیری‌های در حال انجام ، در محدوده مورد انتظار براساس برآوردهای تکرارپذیری و تجدیدپذیری به دست آمده در بند ۱-۶-الف می‌باشد.

ت) شناسایی هرگونه تأثیر بر اندازه‌گیری که به طور کافی در مطالعات ارجاع شده به بند ۱-۶-الف پوشش داده نشده و تعیین مقدار کمی واریانس ناشی از این تأثیرات، با در نظر گرفتن ضریب‌های حساسیت و عدم قطعیت‌های هر عامل تأثیرگذار .

ث) جایی که اریبی و دقت تحت کنترل باشند (مطابق بندهای ۱-۶-ب و ۱-۶-ج)، برای برآورد عدم قطعیت مرکب، برآورد تجدیدپذیری (۱-۶-الف) را با عدم قطعیت مرتبط با صحت (۱-۶-الف و ۱-۶-ب) و تاثیر عوامل اضافه‌تر، ترکیب کنید.

این مراحل متفاوت با جزئیات بیشتر در بندهای ۷ تا ۱۱ شرح داده شده است.

یادآوری- در این استاندارد ملی فرض می‌شود، جایی که اریبی تحت کنترل نیست، اقدام اصلاحی این است که فرآیند را تحت این چنین کنترلی درآورد.

## ۲-۶ اختلاف‌ها بین دقت واقعی و دقت مورد انتظار

در عمل، وقتی دقت با آنچه که در مطالعات بند ۱-۶-الف انتظار می‌رود، متفاوت باشد، عوامل مرتبط سهیم در عدم قطعیت بایستی تنظیم شوند. زیربند ۸-۵ تنظیم برآوردهای تجدیدپذیری برای موارد متداول، که دقت تقریباً متناسب با سطح پاسخ باشد را بیان می‌کند.

## ۷ برقراری ارتباط داده‌های عملکردی روش با نتایج اندازه‌گیری از طریق یک فرآیند اندازه‌گیری خاص

### ۱-۷ کلیات

نتایج مطالعات مشترک، که شاخص‌های عملکردی ( $S_R$  و  $S_T$ ) و در برخی شرایط، برآورد اریبی یک روش را ارائه می‌دهد، شکل‌دهنده «مشخصات» برای عملکرد روش است، در تطبیق روش برای مقاصد مشخص شده، معمولاً انتظار می‌رود که آزمایشگاه ثابت کند این «مشخصات» را برآورده می‌نماید. در بیشتر موارد، این موضوع از طریق مطالعاتی که به منظور تصدیق کنترل تکرارپذیری (بند ۷-۳ مشاهده شود)، مؤلفه آزمایشگاهی اریبی (بند ۷-۲ مشاهده شود) و با بررسی‌های مداوم عملکرد [کنترل و تضمین کیفیت (بند ۷-۴ مشاهده شود)]، قابل دستیابی می‌باشد.

## ۲-۷ اثبات کنترل مؤلفه آزمایشگاهی اریبی

### ۱-۲-۷ الزامات عمومی

#### ۱-۱-۲-۷

آزمایشگاه بایستی در پیاده‌سازی روش خود، نشان دهد اریبی تحت کنترل است، به این معنی که مؤلفه آزمایشگاهی اریبی در گستره مورد انتظار از مطالعات مشترک باشد. در شرحی زیر فرض می‌شود که بررسی‌های اریبی بر روی موادی با مقادیر مرجع بسیار شبیه به قلم‌های تحت آزمون متداول، انجام شده‌اند. در صورتی که مواد مورد استفاده برای بررسی‌های اریبی مقادیر مرجعی نزدیک به موادی که به طور متداول

مورد آزمون قرار می‌گیرند، ندارند، سهم عدم قطعیت به دست آمده بایستی مطابق با بندهای ۴-۸ و ۵-۸ اصلاح شود.

#### ۲-۱-۲-۷

در کل، بررسی بر روی مؤلفه آزمایشگاهی اریبی باعث شکل‌گیری مقایسه بین نتایج آزمایشگاهی و بعضی از مقدار (مقادیر) مرجع می‌شود و برآوردی از  $B$  را تشکیل می‌دهند. معادله (۲) نشان می‌دهد که عدم قطعیت مرتبط با تغییرات در  $B$  با  $s_L$  نشان داده می‌شود که خود در  $s_R$  قرار دارد<sup>۱</sup>. به‌هرحال، از آنجا که خود بررسی اریبی همراه با عدم قطعیت است، در اصل عدم قطعیت مقایسه، عدم قطعیت نتایج به دست آمده در کاربردهای آینده روش را افزایش می‌دهد. به‌همین دلیل، مهم است که اطمینان حاصل شود که عدم قطعیت مرتبط با بررسی اریبی در مقایسه با  $s_R$  کوچک تر (در حالت ایده آل کمتر از  $s_R/2$ ) باشد و راهنمایی که در ادامه آمده، عدم قطعیت مرتبط با بررسی اریبی را قابل چشم‌پوشی فرض می‌کند. در این حالت و وقتی که شاهدی دال بر مؤلفه آزمایشگاهی اضافه‌تر اریبی به دست نیامده است، معادله (۳) بدون تغییر به کارگرفته می‌شود. وقتی عدم قطعیت مرتبط با بررسی اریبی بزرگ باشد، احتیاط بر این است که عدم قطعیت برآورد شده بر اساس معادله (۳) را افزایش داد، برای مثال با در نظر گرفتن عبارتهای اضافی در بودجه عدم قطعیت (۱۶-۲). وقتی از طریق مطالعات مشترک صحت مشخص شود که روش، دارای اریبی قابل چشم‌پوشی نیست، اریبی معلوم روش بایستی در ارزیابی اریبی آزمایشگاهی به حساب آورده شود، برای مثال با تصحیح نتایج برای اریبی معلوم روش.

#### ۲-۲-۷ روش‌های اثبات کنترل مؤلفه آزمایشگاهی اریبی

##### ۱-۲-۲-۷ کلیات

کنترل اریبی، به طور مثال، می‌تواند به وسیله هر کدام از روش‌های زیر اثبات شود. در این استاندارد ملی برای سازگاری، از معیارهای عمومی مشابه برای همه آزمون‌های اریبی استفاده شده است. آزمون‌های سخت‌گیرانه‌تری می‌تواند به کار برده شوند.

#### ۲-۲-۲-۷ مطالعه مواد مرجع گواهی شده یا استاندارد اندازه‌گیری

آزمایشگاه  $l$ ، بایستی  $n_l$  اندازه‌گیری تکراری را بر روی استاندارد مرجع تحت شرایط تکرارپذیری انجام دهد، تا برآورد  $\Delta_l$  از اریبی (که با میانگین آزمایشگاهی  $m$  منهای مقدار گواهی شده  $\hat{\mu}$  مساوی است) بر روی این ماده شکل گیرد. وقتی عملی باشد،  $n_l$  بایستی به گونه‌ای انتخاب شود که  $\sqrt{s_W^2/n_l} < 0.2s_R$  باشد. توجه داشته باشید که به طور عمومی این استاندارد مرجع، همان استاندارد اندازه‌گیری که برای ارزیابی صحت روش به کار گرفته شده، نیست. علاوه بر این،  $\Delta_l$  در کل مساوی با  $B$  نمی‌باشد. مطابق با ISO Guide 33

۱- مطابق بند ۲-۳-۵ داریم  $s_R^2 = s_L^2 + s_r^2$

(کتابنامه مشاهده شود) با تغییراتی مناسب در نمادها، فرآیند اندازه‌گیری به شرطی بطور مناسبی اجرا می‌شود که:

$$|\Delta_l| < 2\sigma_D \quad (۴)$$

$\sigma_D$  در معادله (۴) بوسیله  $\sigma_D$  که از معادله (۵) به دست می‌آید، برآورد می‌شود:

$$s_D^2 = s_L^2 + \frac{s_w^2}{n_l} \quad (۵)$$

که در آن :

$n_l$  تعداد تکرار در آزمایشگاه  $l$  است؛

$s_w$  انحراف معیار درون آزمایشگاهی برای  $n_l$  تکرار یا برگرفته از سایر مطالعات تکرارپذیری است؛

$s_L$  انحراف معیار بین آزمایشگاهی برگرفته از مطالعات مشترک است.

انطباق با معیار معادله ۴ به معنی تائید این است که مؤلفه آزمایشگاهی اریبی  $B$  در محدوده مقادیر تجمعی<sup>۱</sup> ارائه شده در مطالعات مشترک می‌باشد. توجه کنید که در اینجا، ماده یا استاندارد مرجع به عنوان بررسی‌کننده مستقل یا ماده کنترلی استفاده می‌شوند، نه به عنوان کالیبره‌کننده.

**یادآوری ۱-** آزمایشگاه اختیار دارد برای پذیرش، معیاری سخت‌گیرانه تر از معادله (۴)، هم ضریب کوچکتر از ۲ و/یا آزمون جایگزین و حساس‌تر برای اریبی به کارگیرد.

**یادآوری ۲-** در این روش اجرایی فرض می‌شود که عدم قطعیت مرتبط با مقدار مرجع در مقایسه با  $\sigma_D$  کوچک است.

### ۳-۲-۲-۷ مقایسه با یک روش آزمون قطعی شده با عدم قطعیت معلوم

آزمایشگاه  $l$ ، بایستی تعداد مناسب  $n_l$ ، از اقلام را با استفاده از دو روش قطعی و آزمون در حال استفاده در آزمایشگاه، مورد آزمون قرار دهد تا بتواند  $n_l$  جفت از مقادیر  $(\hat{y}_i$  و  $y_i)$  را ایجاد کند که در آن،  $y_i$  نتیجه روش قاطع برای قلم آزمون « $i$ » و  $\hat{y}_i$  مقدار بدست آمده از روش آزمون متداول برای قلم آزمون « $i$ » می‌باشد. سپس آزمایشگاه بایستی اریبی میانگین  $\bar{\Delta}_y$  را با استفاده از معادله ۶ و انحراف معیار  $s(\Delta_y)$  اختلاف‌ها را همان‌طور که در معادله ۷ آمده، محاسبه کند.

$$\bar{\Delta}_y = \frac{1}{n_l} \sum_{i=1}^{n_l} (\hat{y}_i - y_i) \quad (۶)$$

$$s(\Delta_y) = \sqrt{\frac{1}{n_l-1} \sum_{i=1}^{n_l} (\Delta_{y_i} - \bar{\Delta}_y)^2} \quad (۷)$$

که در آن  $\Delta_{y_i} = \hat{y}_i - y_i$  است.

<sup>۱</sup> -Population Values



وقتی که عملی باشد  $n_i$  بایستی به گونه‌ای انتخاب شود که انحراف معیار  $\sqrt{s^2(\Delta y)/n_i} < 0.2s_R$  در قیاس با معادله ۴ و ۵ اگر  $|\bar{\Delta y}| < 2\sigma_D$  باشد بدین معنی است که فرآیند اندازه‌گیری بطور مناسبی اجرا شده است که  $s_D^2 = s_L^2 + s^2(\Delta y)/n_i$  است. در این صورت، معادله ۳ بدون هیچ تغییری به کار گرفته می‌شود.

**یادآوری ۱-** آزمایشگاه اختیار دارد برای پذیرش، معیاری سخت گیرانه تراز  $|\bar{\Delta y}| < 2\sigma_D$  هم ضریب پوششی کوچکتر از ۲ و یا آزمون جایگزین و حساس تر برای اریبی به کارگیرد.

**یادآوری ۲-** در این روش اجرایی فرض می‌شود که عدم قطعیت استاندارد مرتبط با روش مرجع در مقایسه با  $\sigma_D$  کوچک است. و انحراف‌های  $\Delta y_i = \hat{y}_i - y_i$  از جامعه آماری<sup>۱</sup> با واریانس تقریباً ثابت می‌باشد.

#### ۴-۲-۲-۷ مقایسه با سایر آزمایشگاه‌های استفاده کننده از روش یکسان

اگر آزمایشگاه آزمون  $l$  در فعالیت‌های مشترک<sup>۲</sup> اضافه‌تر (برای مثال آزمون مهارت، آن‌گونه که در استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴۳ تعریف شده است) شرکت کند، می‌تواند از طریق آن، اریبی را برآورد و از داده‌ها برای بررسی کنترل اریبی استفاده نماید. در اینجا دو طرح احتمالی وجود دارد:

الف) فعالیت شامل آزمون یک استاندارد اندازه‌گیری یا ماده مرجع با مقدار معین و عدم قطعیت مستقل باشد. سپس روش اجرایی بند ۲-۲-۲-۷ به طور دقیق به کار برده می‌شود.

ب) مقایسه از طریق اجماع،  $q$  ( $q \geq 1$ ) مقدار تخصیص داده شده  $y_1, y_2, \dots, y_q$  ایجاد می‌کند. آزمایشگاه آزمونی که نتایج آن به صورت  $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_q$  ارائه شده، بایستی  $\bar{\Delta y}$  میانگین اریبی را مطابق با معادله ۸ و انحراف معیار  $s(\Delta y)$  را با در نظر گرفتن میانگین‌های مورد اجماع مطابق با معادله ۹ محاسبه کند.

$$\bar{\Delta y} = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q (\hat{y}_i - y_i) \quad (۸)$$

$$s(\Delta y) = \sqrt{\frac{1}{q-1} \sum_{i=1}^q (\Delta y_i - \bar{\Delta y})^2} \quad (۹)$$

که در آن  $\Delta y_i = \hat{y}_i - y_i$

اگر  $|\bar{\Delta y}| < 2\sigma_D$  باشد که در آن  $s_D^2 = s_L^2 + s^2(\Delta y)/q$  است، این طور در نظر گرفته می‌شود که فرآیند اندازه‌گیری به خوبی انجام شده است. در این صورت، معادله ۳ بدون هیچ تغییری به کار گرفته می‌شود.

**یادآوری ۱-** این روش اجرایی چنین فرض می‌کند که مقدار اجماعی براساس تعدادی از نتایج است، که در مقایسه با  $q$  بزرگتر هستند و منجر به عدم قطعیت ناچیزی مرتبط با مقدار تخصیص داده شده می‌شوند و انحراف‌های  $\Delta y_i$  را می‌توان ناشی از یک جامعه آماری با واریانس تقریباً ثابت در نظر گرفت.

**یادآوری ۲-** در برخی از طرح‌های مهارت، تمامی نتایج برگشتی  $\hat{y}_i$  به z-score ها تبدیل می‌شود که  $z_i = (\hat{y}_i - y_i)/\sigma_0$  با تفریق مقدار تخصیص داده شده  $y_i$  و تقسیم آن بر انحراف معیار  $\sigma_0$  برای آزمون مهارت بدست می‌آید (استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴۳). در این وضعیت و در صورتی که انحراف معیار آزمون مهارت برای روش، کمتر یا مساوی با  $s_R$

باشد، قرار گرفتن یک میانگین z-score در بازه  $\pm 2/\sqrt{q}$  برای q مقدار تخصیص داده شده، شاهد کافی برای کنترل اریبی را فراهم می‌کند. این برای انجام محاسبات متداول و از فرض واریانس ثابت در یادآوری ۱ از حساسیت کمتری برخوردار است، اما بایستی در نظر گرفت که معمولاً معیار سخت‌گیرانه‌تری نسبت به آنچه در بند ۷-۲-۴ شرح داده شد، می‌باشد. آزمایشگاه مختار است از معیار سخت‌گیرانه‌تری (یادآوری ۳ مشاهده شود) استفاده کند، اما محاسباتی که در بند ۷-۲-۴ ارائه شده برای معادل سازی کامل ضروری می‌باشد.

یادآوری ۳- آزمایشگاه مختار است از معیار سخت‌گیرانه‌تری از آن چه در بند ۷-۲-۴ شرح داده شده، استفاده کند.

### ۳-۲-۷ تشخیص<sup>۱</sup> مولفه معنادار اریبی آزمایشگاهی

همان‌طور که در قسمت هدف و دامنه کاربرد بیان شد، این استاندارد ملی تنها زمانی کاربرد دارد که بتوان نشان داد، مؤلفه آزمایشگاهی اریبی، تحت کنترل است. در جایی که اریبی اضافه‌تری تشخیص داده شود، چنین فرض می‌شود که قبل از انجام اندازه‌گیری‌ها، اقدامی برای این که اریبی در گستره مورد نیاز قرار گیرد، انجام شود. بطور معمول چنین اقدامی، شامل تحقیق و حذف علت اریبی خواهد شد.

### ۳-۷ تصدیق تکرارپذیری

#### ۱-۳-۷

آزمایشگاه آزمون l بایستی نشان دهد که تکرارپذیری آن با انحراف معیار تکرارپذیری بدست آمده در فعالیت مشترک سازگار است. اثبات سازگاری بایستی از طریق تحلیل‌های مکرر یک یا چند ماده آزمون مناسب حاصل شود، تا (در صورت نیاز، با تجمع نتایج) انحراف معیار تکرارپذیری  $s_L$  با درجه آزادی  $\nu_L$  به دست آید. در صورت نیاز، مقادیر  $s_L$  بایستی با انحراف معیار تکرارپذیری  $s_R$  که از مطالعات مشترک حاصل شده است با استفاده از F-test در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شود. در صورتی که عملی باشد، تعداد تکرار کافی، برای بدست آوردن  $\nu_L \geq 15$ ، بایستی انجام پذیرد.

#### ۲-۳-۷

اگر  $s_L$  به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از  $s_R$  بدست آمد، آزمایشگاه مربوطه یا بایستی علل را شناسایی و تصحیح کند یا در تمامی برآوردهای عدم قطعیت که با استفاده از این استاندارد ملی محاسبه شده، به جای  $s_R$  از  $s_L$  استفاده کند. بطور خاص توجه شود که این منجر به افزایش مقدار برآورد شده انحراف معیار تجدید پذیری  $s_R$  می‌شود، به طوری که  $s_R = \sqrt{s_L^2 + s_R^2}$  توسط  $s'_R = \sqrt{s_L^2 + s_L^2}$  جایگزین می‌شود، که در آن  $s'_R$  برآورد تنظیم شده انحراف معیار تجدیدپذیری می‌باشد. برعکس، زمانی که  $s_L$  به طور قابل ملاحظه‌ای کوچکتر از  $s_R$  باشد، آزمایشگاه ممکن است از  $s_L$  به جای  $s_R$  استفاده کند و برآورد کوچکتری از عدم قطعیت ارائه دهد. در همه مطالعات دقت، اثبات عاری بودن داده‌ها از روند پیش‌بینی نشده و بررسی ثابت بودن انحراف معیار  $s_W$  برای اقلام آزمون مختلف دارای اهمیت زیادی است.

وقتی انحراف معیار  $s_w$  ثابت نباشد، بهتراست دقت برای هر رده از اقلام، جداگانه ارزیابی، یا یک مدل کلی برای وابستگی (مانند آن چه در ۸-۵ آمده است) استخراج شود.

یادآوری - جایی که مقدار معین دقت مورد نیاز است، ISO Guide 33 (کتابنامه مشاهده شود) جزئیات آزمونی را بر اساس  $\chi_c^2 = \left(\frac{s_w}{\sigma_{w0}}\right)^2$  با  $\sigma_{w0}$  که برای مقدار دقت مورد نیاز تنظیم شده، فراهم می‌آورد.

#### ۴-۷ تصدیق مداوم عملکرد

علاوه بر برآورد اولیه اریبی و دقت، آزمایشگاه بایستی معیارهای دیگری را به منظور کسب اطمینان از این که فرآیند اندازه‌گیری در شرایط کنترل آماری قرار دارد مد نظر قرار دهد. به طور ویژه، این می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- کنترل کیفیت مناسب شامل بررسی‌های منظم اریبی و دقت می‌باشد. در این بررسی‌ها می‌تواند از هرگونه ماده یا قلم آزمون ثابت مرتبط و همگن استفاده شود. استفاده از نمودار کنترل کیفی به شدت توصیه می‌شود. (مراجع [۱۰] و [۱۱] مشاهده شود)؛
- معیارهای<sup>۱</sup> تضمین کیفیت، شامل به کارگیری کارکنان صلاحیت‌دار و آموزش دیده مناسب که در یک سیستم کیفیت مناسب کار می‌کنند، می‌باشد.

یادآوری - جایی که از نمودارهای کنترل کیفی استفاده می‌شود، اگر دقت و اریبی تحت کنترل کافی باشند، انحراف معیار مشاهدات کنترل کیفیتی در طول یک دوره زمانی بایستی کمتر از مقدار محاسبه شده  $s'_R$  در بند ۷-۳-۲ باشد.

### ۸ برقراری ارتباط با قلم آزمون

#### ۱-۸ کلیات

در یک مطالعه مشترک یا برآورد اندازه‌های دقت میانی دقت طبق استانداردهای ملی ایران شماره ۲-۷۴۴۲ و ۳-۷۴۴۲، طبیعی است که اندازه‌گیری مقادیر روی مواد همگن یا اقلام آزمونی که شامل تنوع کمتری هستند، انجام گیرد. همچنین توزیع مواد آماده شده، رویه‌ای متداول می‌باشد. از طرف دیگر، اقلام آزمون روزمره، ممکن است به صورت وسیع‌تری تغییر کند و قبل از آزمون، به اصلاحات اضافی<sup>۲</sup> نیاز داشته باشند. برای مثال، در مطالعات مشترک نمونه‌های آزمون محیطی اغلب خشک عرضه شده، به خوبی پودر و همگن می‌شوند، در حالی که نمونه‌های متداول، مرطوب، ناهمگن و با تقسیم بندی‌های درشت می‌باشند. بنابراین لازم است که واریسی<sup>۳</sup> مورد نیاز انجام و در صورت لزوم این اختلاف‌ها مجاز شمرده شوند.

1-Measures  
2- Additional Treatment  
3-Investigate

## ۲-۸ نمونه برداری

## ۱-۲-۸ شمول فرآیند نمونه برداری

مطالعات مشترک به ندرت شامل مرحله نمونه برداری می‌شوند؛ اگر روش استفاده شده در محل آزمون، شامل نمونه برداری‌های از نمونه اصلی<sup>۱</sup> باشند یا روش اجرایی، آن گونه که معمولاً به کار می‌رود، خاصیت توده‌ای را از روی نمونه‌ای کوچک برآورد نماید، در این صورت تأثیرات نمونه برداری بایستی مورد واریسی قرارگیرد. برای مقاصد خاص، ارجاع به مدارک نمونه برداری مانند آنچه در استاندارد ISO 11648-1 یا استانداردهای دیگر آمده است، سودمند خواهد بود.

## ۲-۲-۸ ناهمگنی

به طور نوعی واریسی ناهمگنی، به صورت تجربی از طریق مطالعات همگنی صورت می‌پذیرد و معمولاً از طریق تحلیل واریانس (ANOVA)<sup>۲</sup> روی نتایج حاصل از تکرار، بر روی چند قلم آزمون می‌تواند منجر به برآورد واریانس شود، که در آن مؤلفه بین-قلم واریانس  $s_{inh}^2$ ، تأثیر ناهمگنی را ارائه می‌دهد. وقتی مشخص شود که مواد آزمون بطور قابل توجهی ناهمگن هستند (بعد از انجام همگن سازی مطابق نسخ تعیین شده) این برآورد واریانس بایستی مستقیم به عدم قطعیت استاندارد تبدیل شود.

(یعنی  $u_{inh} = s_{inh}$ ). در بعضی شرایط، بخصوص وقتی انحراف معیار ناهمگنی از یک نمونه با Q قلم آزمون از یک بهره<sup>۳</sup> بزرگتر به دست آمده باشد و نتیجه میانگین برای سایر اقلام در بهره به کار برده شود، سهم عدم قطعیت براساس بازه پیش‌بینی شده می‌باشد (یعنی  $u_{inh} = s_{inh} \sqrt{(Q+1)/Q}$ ). همچنین برآورد تأثیرات ناهمگنی، به صورت تئوری، با استفاده از دانش فرآیند نمونه برداری و فرضیات مناسب درباره توزیع نمونه برداری امکان پذیر است.

۳-۸ آماده سازی نمونه و اصلاحات مقدماتی<sup>۴</sup>

در بیشتر مطالعات، قبل از توزیع، نمونه‌ها همگن شده و علاوه بر این در صورت امکان تثبیت می‌شوند. ممکن است لازم باشد تأثیرات روش‌های اجرایی اصلاحات مقدماتی که در محل آزمون اعمال می‌شوند را واریسی و مجاز شمردند. به نوعی، چنین واریسی‌هایی تأثیر روش اجرایی بر نتیجه اندازه‌گیری، از طریق مطالعه بر روی مواد با خاصیت‌های تقریباً یا کاملاً درست برقرار شده، احراز می‌کند. این تأثیر می‌تواند تغییر در پراکندگی، یا یک اثر روش مند باشد. تغییرات قابل توجه در پراکندگی (با فرض اینکه این تأثیر باعث افزایش پراکندگی)

می‌شود)، بایستی همراه با اضافه کردن عبارت مناسب به بودجه عدم قطعیت باشد. وقتی که تأثیر روش مند قابل توجهی به وجود آید، مناسب‌تر این است که حد بالایی برای تأثیر برقرار کرد. با پیروی از توصیه‌های

1-Sub-Sampling  
2-Analysis Of Variance  
3-Batch  
4-Pre-Treatment

GUM، با این امر می‌توان مانند یک حد توزیع مستطیلی یا سایر توزیع‌های متقارن محدود رفتار کرد و یک عدم قطعیت استاندارد با تقسیم نیم-عرض توزیع با ضریب مناسب برآورد نمود.

#### ۴-۸ تغییرات در نوع قلم آزمون

عدم قطعیتی که از تغییر در نوع اقلام آزمون یا ترکیب آن‌ها در مقایسه با اقلامی که در مطالعه مشترک به کار برده شده‌اند ناشی می‌شود، در صورت مرتبط بودن، بایستی واریسی شود. بطور نوعی، چنین تأثیراتی یا بایستی براساس تأثیرات مسلم برخاسته از خاصیت‌های توده‌ای پیش بینی شود (که سپس منجر به عدم قطعیت‌های برآورد شده با استفاده از رویکرد پایه در GUM می‌شود) یا با تغییر روش‌مند یا تصادفی در نوع قلم آزمون یا ترکیب آن واریسی شود. (پیوست ب مشاهده شود)

#### ۵-۸ تغییرپذیری عدم قطعیت با سطح پاسخ

##### ۱-۵-۸ تنظیم $s_R$

این‌که برای یک اندازه‌گیری معین بعضی یا بیشتر سهم‌های عدم قطعیت، وابسته به مقدار اندازه‌دهنده هستند رایج است. استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۴۴۲ سه حالت ساده را در نظر می‌گیرد که در آن‌ها انحراف معیار تجدیدپذیری برای یک مقدار مثبت خاص  $m$ ، تقریباً با یکی از مدل‌های زیر شرح داده می‌شود:

$$\hat{s}_R = bm \quad (10)$$

$$\hat{s}_R = a + bm \quad (11)$$

$$\hat{s}_R = cm^d \quad (12)$$

که در آن‌ها :

$\hat{s}_R$  انحراف معیار تجدیدپذیری میانگین تنظیم شده می‌باشد که از مدل تقریبی محاسبه شده است،  $a, b, c, d$  و ضرایب تجربی برگرفته از مطالعه پنج قلم آزمون متفاوت یا بیشتر با میانگین پاسخ‌های متفاوت هستند  $m$  (ب،  $a$  و  $c$  مثبت هستند).

وقتی یکی از معادلات ۱۰ تا ۱۲ به کار برده شوند، عدم قطعیت بایستی براساس برآورد تجدیدپذیری که با استفاده از مدل مناسب محاسبه شده باشد .

وقتی شروط موجود در بند ۷-۳ به کار برده شوند،  $\hat{s}_R$  نیز بایستی بازتاب دهنده سهم تغییر یافته عبارت تکرارپذیری  $s_R$  باشد. برای بیشتر مقاصد، تغییر تناسبی ساده در  $\hat{s}_R$  بایستی کافی باشد، یعنی :

$$s'_R = (a + bm) \frac{\sqrt{s_L^2 + s_I^2}}{\sqrt{s_L^2 + s_W^2}} \quad (13)$$

که در آن  $s'_R$  همان معنای گفته شده در بند ۷-۳ را دارد.

#### ۸-۵-۲ تغییر در سهم‌های دیگر عدم قطعیت

بطور کلی، وقتی که هر سهم عدم قطعیت با پاسخ اندازه‌گیری شده با رفتاری قابل پیش بینی تغییر کند، عدم قطعیت استاندارد مرتبط در  $y$  نیز بایستی مطابق با آن، تنظیم شود.

یادآوری- وقتی که سهم‌های زیادی در عدم قطعیت اکیداً متناسب با  $y$  باشند، اغلب بهتر است تمامی تأثیرات چشمگیر، برحسب تأثیرات ضربی بر روی  $y$  و تمامی عدم قطعیت‌ها به شکل انحراف معیار مرتبط بیان شوند.

#### ۹ عوامل اضافی

بند ۸، عوامل اصلی که احتمالاً بین مطالعه مشترک و آزمون متداول تغییر می‌کنند را در نظر می‌گیرد. ممکن است تأثیرات دیگری نیز در موارد خاص وارد عمل شوند، به این دلیل که یا متغیرهای کنترل کننده در حین فعالیت مشترک بطور اتفاقی یا به طور عمد ثابت هستند، یا بخاطر اینکه گستره کاملی از شرایط قابل دسترس در روش کار متداول، به میزان کافی در طول مطالعه مشترک در معرض انتخاب قرار داده نشده‌اند.

تأثیرات عواملی که ثابت نگه‌داشته می‌شوند یا عواملی که بطور ناکافی در طی مطالعات مشترک تغییر می‌کنند، بایستی به طور جداگانه، یا از طریق تغییرپذیری تجربی یا با پیش‌بینی از طریق نظریه اثبات شده، برآورد شوند. وقتی این تأثیرات قابل چشم‌پوشی نیستند، عدم قطعیت مرتبط با چنین عواملی بایستی برآورد، ثبت و با سهم‌های دیگر به شیوه‌ای معمول ترکیب شوند [یعنی پیروی از اصل جمع‌بندی در معادله (۳)].

#### ۱۰ عبارت کلی برای عدم قطعیت استاندارد مرکب

در صورتی که نیاز به استفاده از برآورد تنظیم شده  $s_R^2$ ، به جای  $s_R^2$  را مدنظر قرار دهیم، تا تاثیر عوامل بحث شده در بند ۸ مجاز باشند، معادله ۳، ما را به سوی یک عبارت کلی یعنی معادله ۱۴ برای برآورد عدم قطعیت استاندارد مرکب،  $u(y)$ ، مرتبط با نتیجه  $y$  رهنمون می‌سازد:

$$u^2(y) = \hat{s}_R^2 + u^2(\hat{\delta}) + \sum_{i=1}^n [c_i^2 u^2(x_i)] \quad (14)$$

که در آن  $u(\hat{\delta})$  همانگونه که در معادله ۱۵ مشخص شده است، محاسبه می‌شود. معادله (الف-۸) را نیز مشاهده کنید:

$$u(\hat{\delta}) = \sqrt{s_{\hat{\delta}}^2 + u^2(\hat{\mu})} = \sqrt{\frac{s_R^2 - (1-1/n)s_r^2}{p} + u^2(\hat{\mu})} \quad (15)$$

که در آن

$p$  تعداد آزمایشگاه‌ها؛

$n$  تعداد تکرار در هر آزمایشگاه؛

$u(\hat{\mu})$  عدم قطعیت مرتبط با مقدار گواهی شده  $\hat{\mu}$  است که برای برآورد اریبی در مطالعه مشترک استفاده شده.

متغیر  $u(B)$  در معادله ۱۴ ظاهر نشده، زیرا  $s_L$ ، عدم قطعیت مرتبط با  $B$ ، قبلاً در  $\hat{S}_R^2$  شرکت داشته است. زیر نویس  $i$ ، تاثیرات تعیین شده در بندهای ۸ و ۹ را پوشش می‌دهد (با فرض بر اینکه زیر نویس‌هایی دارند که به‌طور پیوسته از ۱ تا  $n'$  ادامه دارند). آشکارا وقتی هرگونه اثر و عدم قطعیت در مقایسه با  $S_R$  کوچکتر باشند، می‌توان برای بیشتر مقاصد کاربردی، نادیده گرفته شوند. برای مثال، عدم قطعیت‌های کمتر از  $S_R$  ۰٫۲، منجر به تغییرات کمتر از  $S_R$  ۰٫۲، در برآورد عدم قطعیت کلی می‌شود.

یادآوری - وقتی همه سهم‌های عدم قطعیت به شکل انحراف معیارهای نسبی یا درصدهایی مانند آنچه در یادآوری ۸-۵-۲ عنوان شد بیان می‌شوند، معادله‌های ۱۴ و ۱۵ می‌توانند بصورت مستقیم برای مقادیر مربوطه به کار گرفته شوند و عدم قطعیت نتیجه شده  $u(y)$ ، به شکل انحراف معیار نسبی یا درصدی به‌دست خواهد آمد.

## ۱۱ بودجه‌های عدم قطعیت بر اساس داده‌های مطالعه مشترک

این استاندارد ملی، به‌طور اساسی تنها یک مدل برای نتایج اندازه‌گیری یا آزمون فرض می‌کند که در معادله (۳) ارائه شده است. شاهدهی که برای اعتماد دائم به این مدل لازم است، می‌تواند از منابع گوناگونی رسیده باشد، اما وقتی عدم قطعیت‌های مرتبط با آزمون‌های درگیر قابل چشم‌پوشی باشند، معادله (۳) استفاده می‌شود. به هر حال، موقعیت‌های متفاوتی وجود دارند که شکل معادله (۳) برای آن‌ها، اندکی تغییر می‌کند، به‌ویژه هر جا عبارت‌های تجدیدپذیری یا تکرارپذیری به پاسخ بستگی دارند. وقتی عدم قطعیت در اصل، مستقل از پاسخ در کل گستره مورد نظر باشد، بودجه عدم قطعیت در جدول ۱ خلاصه می‌شود، و وقتی عدم قطعیت وابسته به پاسخ باشد، در جدول ۲ خلاصه می‌گردد.

جدول ۱- سهم‌های عدم قطعیت مستقل از پاسخ

توضیح	عدم قطعیت استاندارد <sup>۱</sup> مرتبط با $y$	اثر
فقط اگر مطالعه مشترک، تصحیحی برای اریبی در نظر بگیرد و عدم قطعیت غیر قابل چشم‌پوشی باشد، به حساب آورده می‌شود.	$u(\delta)$	$\delta$
جدول شماره ۲ مشاهده شود	$s_L$	$B$
اگر میانگین $n_r$ تکرارهای کامل روش <sup>۲</sup> که در عمل روی قلم آزمون به کار می‌رود را استفاده کند، عدم قطعیت مرتبط با $e$ ، $\hat{S}_r/\sqrt{n_r}$ خواهد شد.	$s_r$	$e$
بند ۸ و پیوست ب مشاهده شود.	$ c_i u(x_i)$	$x_i$

<sup>۱</sup> این عدم قطعیت‌های استاندارد همان یکای  $y$  را دارند. هم چنین، می‌تواند به شکل عبارت‌های نسبی بیان شوند. (یادآوری بند ۱۰ مشاهده گردد)  
<sup>۲</sup> روش به خودی خود ممکن است شامل تکرار شود،  $n_r$  مربوط به باز انجام کل روش، شامل هرگونه تکرار می‌باشد.

جدول ۲- سهم‌های عدم قطعیت وابسته به پاسخ

توضیح	عدم قطعیت استاندارد <sup>۱</sup> و <sup>۲</sup> مرتبط با $y$	تأثیر
فقط اگر مطالعه مشترک، تصحیحی برای اربیبی در نظر بگیرد و عدم قطعیت غیر قابل چشم پوشی باشد، به حساب آورده می‌شود. (عبارت دیفرانسیل برای پوشش مواردی است که تصحیح، یک جمع یا تفریق ساده نباشد).	$\left  \frac{\partial y}{\partial \hat{y}} \right  u(\hat{\delta})$	$\delta$
$a_L$ و $b_L$ ، ضریب‌های رابطه خطی فرضی بین $S_L$ و پاسخ میانگین $m$ می‌باشد، مانند معادله ۱۱. این حالت تنها زمانی قابل کاربرد است که وابستگی $S_L$ به $m$ اثبات شده باشد. در غیر این صورت، برآورد مرکب مرتبط با $B, e$ در جدول ۱ را به کار ببرید.	$\hat{S}_L = a_L + b_L m$	$B$
$a_r$ و $b_r$ ، ضریب‌های رابطه خطی فرضی $S_r$ و پاسخ میانگین $m$ می‌باشد، مانند معادله ۱۱. اگر میانگین $n_r$ تکرارهای کامل روش ۲ که در عمل روی قلم آزمون به کار می‌رود را استفاده کند، عدم قطعیت مرتبط با $\hat{S}_r / \sqrt{n_r}$ خواهد شد. این حالت تنها زمانی قابل کاربرد است که وابستگی $S_r$ به $m$ اثبات شده باشد. در غیر این صورت، برآورد مرکب مرتبط با $B, e$ در جدول ۱ را به کار ببرید.	$\hat{S}_r = a_r + b_r m$	$e$
$a$ و $b$ ضرایب رابطه اثبات شده مناسب، بین $S_R$ و پاسخ میانگین $m$ می‌باشند، مانند آنچه در معادله‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ مشخص شده است. این برآورد ترکیب شده بایستی به جای برآوردهای جداگانه مرتبط با $B, e$ (جدول ۱ مشاهده شود) زمانی که وابستگی‌های جداگانه $S_L$ و $S_r$ به $m$ اثبات نشده باشد، استفاده شود.	یا $\hat{S}_R = bm$ یا $\hat{S}_R = a + bm$ یا $\hat{S}_R = cm^d$	$B, e$
بند ۷ و پیوست ب مشاهده شود.	$ c_i  u(x_i)$	$x_i$

<sup>۱</sup> این عدم قطعیت‌های استاندارد یک‌گانه‌ای مانند  $y$  دارند. هم چنین، می‌تواند به شکل عبارت‌های نسبی بیان شوند. (یادآوری بند ۱۰ مشاهده شود).  
<sup>۲</sup> در ادامه یک حالت وابستگی خطی ساده در معادله ۱۱ فرض شده است.  
<sup>۳</sup> روش به خودی خود ممکن است شامل تکرار شود،  $n_r$  مربوط به باز انجام کل روش، شامل هرگونه تکرار می‌باشد.

## ۱۲ ارزیابی عدم قطعیت برای یک نتیجه مرکب

۱-۱۲

یک «نتیجه مرکب»  $Y$ ، از نتایج  $i$  تعداد آزمون مختلف شکل گرفته که هر کدام توسط مطالعه مشترک مشخص شده است. بطورمثال، برای محاسبه «مواد تشکیل دهنده گوشت» بطورنوعی، محتوای پروتئین که از تعیین نیتروژن، با محتوای چربی و رطوبت که هر یک با روش‌های استاندارد متفاوتی تعیین شده‌اند، ترکیب می‌شود.



## ۲-۱۲

عدم قطعیت‌های  $u(y_i)$  برای هر نتیجه سهم  $y_i$  می‌تواند با استفاده از اصول مشخص شده در این استاندارد ملی یا بطور مستقیم با استفاده از معادله (الف-۱) یا (الف-۲)، به طور مقتضی به دست آیند. وقتی، مثل اغلب موارد، مقادیر ورودی  $y_i$  مستقل باشند، عدم قطعیت مرکب  $u(Y)$  برای نتیجه  $Y = g(y_1, y_2, \dots)$  با معادله ۱۶ بدست می‌آید:

$$u(Y) = \sqrt{\sum_i [c_i u(y_i)]^2} \quad (۱۶)$$

جایی که نتایج  $y_i$  مستقل نباشند، بایستی طلب سهم ادا نشده برای همبستگی<sup>۱</sup>، با ارجاع به GUM [که از معادله (الف-۲) استفاده می‌کند] انجام گیرد.

## ۱۳ بیان اطلاعات عدم قطعیت

## ۱-۱۳ بیان کلی

عدم قطعیت می‌تواند به صورت عدم قطعیت استاندارد  $u(y)$  یا به صورت عدم قطعیت‌های گسترده،  $U(y) = ku(y)$ ، بیان شود که در آن، با پیروی از اصول GUM،  $k$  عامل پوشش می‌باشد (۱۳-۲ مشاهده شود). همچنین ممکن است بیان عدم قطعیت با اصطلاحات مرتبطی مثل ضریب تغییرات یا عدم قطعیت گسترده به صورت درصدی از نتیجه گزارش شده، مناسب‌تر باشد.

## ۲-۱۳ انتخاب عامل پوشش

## ۱-۲-۱۳ کلیات

در برآورد عدم قطعیت گسترده مرکب، ملاحظات زیر در انتخاب عامل پوشش  $k$ ، مناسب هستند.

## ۲-۲-۱۳ سطح اطمینان مطلوب

برای بیشتر مقاصد عملی، عدم قطعیت گسترده مرکب بایستی با سطح اطمینان تقریبی ۹۵ درصد بیان شود. به هر حال، انتخاب سطح اطمینان تحت تاثیر گستره‌ای از عوامل، شامل بحرانی بودن کاربرد و پیامدهای ناشی از نتایج نادرست می‌باشد. این عوامل، همراه با هرگونه راهنمایی یا الزام قانونی مربوط به کاربرد، در زمان انتخاب  $k$ ، بایستی مورد توجه کافی قرار گیرند.

۱۳-۲-۳ درجات آزادی مرتبط با برآورد

۱-۳-۲-۱۳

برای بیشتر مقاصد عملی، وقتی اطمینان تقریبی ۹۵ درصد مورد نیاز است و درجات آزادی در سهم‌های غالب عدم قطعیت، بزرگ باشد ( $> 10$ )، انتخاب  $k = 2$ ، یک نشان‌دهی کافی قابل اعتماد از گستره احتمالی مقادیر فراهم می‌کند. با این وجود، موقعیت‌هایی وجود دارند که ممکن است منجر به برآورد بسیار ناچیزتر از آنچه باید باشد بشود، بطور مشخص زمانی که یک یا بیشتر عبارت(های) قابل ملاحظه در معادله ۱۴ با درجات آزادی کمتر از ۷، برآورد شوند.

۲-۳-۲-۱۳

وقتی یک چنین عبارتی مثل  $u_i(y)$  با درجات آزادی  $v_i$  غالب باشد [سطح شاخص آن  $u_i(y) \geq 0.7 u(y)$  است]، معمولاً در نظر گرفتن درجات آزادی موثر  $v_{eff}$  مرتبط با  $u(y)$  به صورت  $v_i$  کفایت می‌کند.

۳-۳-۲-۱۳

وقتی چندین عبارت قابل ملاحظه، اندازه‌های تقریباً مساوی داشته باشند و همگی دارای درجات آزادی محدود باشند (یعنی  $v_i \ll 10$ ) معادله ولج-سترث وایت<sup>۱</sup> [معادله (۱۷)] برای به دست آوردن درجات آزادی موثر  $v_{eff}$ ، به کار می‌رود:

$$\frac{u^4(y)}{v_{eff}} = \sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i} \quad (17)$$

سپس مقدار  $k$  از  $v_{eff}$ ، با استفاده از مقدار دو-دنباله تی استیودنت<sup>۲</sup> مناسب برای سطح اطمینان مورد نیاز و درجات آزادی  $v_{eff}$  انتخاب می‌شود. بطور معمول، گرد کردن مقادیر غیر صحیح  $v_{eff}$  به سمت مقدار صحیح کمتر بعدی، روش مطمئن تری می‌باشد.

یادآوری- در بیشتر زمینه‌های اندازه‌گیری و آزمون، کثرت وقوع نتایج دورافتاده<sup>۳</sup> آماری در مقایسه با موارد مورد توقع از توزیع نرمال جهت تضمین نمودن توجه حداکثری در برونیایی<sup>۴</sup> تا سطوح بالای اطمینان (>۹۵٪) بدون وجود دانش زیاد از توزیع مربوطه، به میزان قابل توجهی زیاد است.

1-Welch-Satterthwait  
2-Two-Tailed Student t  
3-Outliers  
4-Extrapolation

۱۴ مقایسه ارقام عملکردی<sup>۱</sup> روش و داده‌های عدم قطعیت

## ۱-۱۴ فرضیات پایه برای مقایسه

ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری بر طبق این استاندارد ملی، عدم قطعیت استاندارد را ارائه می‌دهد که، باوجود این که از ابتدا بر اساس برآوردهای تجدیدپذیری یا دقت میانی می‌باشد، مجوز لازم برای سهم کردن عواملی که در طی مطالعه‌ای که مبنای این برآوردهای دقت هستند و تغییر نمی‌کنند را فراهم می‌آورد. در اصل، عدم قطعیت استاندارد نتیجه شده  $u(y)$  بایستی با آن چه از مدل ریاضی مشروح فرآیند اندازه‌گیری شکل می‌گیرد، یکسان باشد. مقایسه بین دو برآورد جداگانه، چنانچه مقدور باشد، آزمون سودمندی برای قابل اعتماد بودن هر کدام از برآوردها را شکل می‌دهد. روش اجرایی آزمون در بند ۱۴-۲ توصیه می‌شود.

در هر صورت، توجه داشته باشید که روش اجرایی براساس دو فرض مهم می‌باشد:

– اول : گرچه عدم قطعیت استاندارد  $u(y)$  با درجات آزادی موثر  $ν_{eff}$  برآورد می‌شود، اما از توزیع معمول برای انحراف معیار  $s$  با  $n - 1$  درجه آزادی پیروی می‌کند (یعنی  $(s^2/\sigma^2)(n - 1)$  که به صورت  $\chi^2$  با  $n - 1$  درجه آزادی توزیع شده است). این فرض، اجازه استفاده از آزمون متداول  $F$  را می‌دهد. در هر صورت، چون عدم قطعیت‌های مرکب می‌توانند شامل عدم قطعیت‌های مرتبط با عبارت‌هایی از انواع گوناگون توزیع‌ها و همچنین عبارت‌هایی با واریانس‌های متفاوت باشد، این آزمون بایستی به عنوان نشانگر تلقی گردد و سطح اطمینان به کار گرفته شده بایستی با احتیاط‌های لازم در نظر گرفته شود.

– دوم : هر دو برآورد عدم قطعیت که با هم مقایسه می‌شوند کاملاً مستقل هستند. این فرض در عمل بعید است چون برخی عوامل می‌توانند در دو برآورد، مشترک باشند. (یک اثر بسیار ظریف، تمایل به قضاوت در مورد عدم قطعیت‌هایی که تحت تاثیر عملکرد بین-آزمایشگاهی قرار می‌گیرند، می‌باشد. چنین فرض می‌شود که مراقبت‌های مقتضی بایستی صورت گیرد تا از این تأثیرات اجتناب شود). هر جا عوامل قابل ملاحظه‌ای در هر دو برآورد عدم قطعیت مشترک باشند، آشکار است این دو برآورد در مقایسه با حالت احتمالی که به تنهایی تحمیل می‌شود، بسیار شبیه تر به هم خواهند بود. در چنین مواردی، وقتی آزمون قادر به یافتن اختلاف‌های قابل ملاحظه نباشد، توصیه نمی‌شود نتایج به عنوان شواهدی قوی دال بر قابل اعتماد بودن مدل اندازه‌گیری در نظر گرفته شوند.

## ۲-۱۴ روش اجرایی مقایسه

دو برآورد  $u(y)_1$  و  $u(y)_2$  را مقایسه کنید، آن‌ها را به گونه‌ای انتخاب کنید که  $u(y)_1$  بزرگ‌تر از  $u(y)_2$  باشد و به ترتیب دارای درجات آزادی  $\nu_1$  و  $\nu_2$  باشند و از سطح اطمینان  $\alpha$  استفاده شود. (یعنی برای ۹۵ درصد اطمینان  $\alpha = 0.05$ )، آن‌طور که در ادامه آمده است :

$$F = [u(y)_1/u(y)_2]^2 \quad \text{الف) } F \text{ را محاسبه کنید.}$$

ب) با جستجو یا از طریق نرم‌افزار، مقدار بحرانی بالایی یک طرفه  $F_{crit} = F\left(\frac{\alpha}{2}, v_1, v_2\right)$  را به دست آورید. جایی که یک مقدار بالایی و یک پایینی ارائه شده باشند، مقدار بالایی که همیشه بیشتر از یک می‌باشد را در نظر بگیرید.

پ) اگر  $F > F_{crit}$  باشد،  $u(y)_1$  بایستی بطور قابل ملاحظه ای بزرگتر از  $u(y)_2$  در نظر گرفته شود.

#### ۳-۱۴ دلایل برای اختلاف ها

دلایل گوناگونی می‌توانند برای اختلاف قابل ملاحظه بین برآوردهای عدم قطعیت مرکب وجود داشته باشند، که شامل موارد زیر می‌شوند:

- اختلاف‌های واقعی در عملکرد بین آزمایشگاه‌ها.
- نقص مدل برای اینکه تمامی تاثیرات قابل ملاحظه در اندازه‌گیری را شامل شود.
- برآورد بیش یا ناچیز انگاشتن سهم‌های قابل ملاحظه در عدم قطعیت.

پیوست الف  
(آگاهی‌دهنده)

رویکردهایی برای برآورد عدم قطعیت

الف-۱ رویکرد GUM

راهنمایی برای بیان عدم قطعیت در اندازه‌گیری (GUM)، یک روش‌شناسی<sup>۱</sup> برای ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری مرتبط با یک نتیجه  $y$  حاصل از یک مدل فرآیند اندازه‌گیری ارائه می‌دهد. روش‌شناسی GUM بر مبنای توصیه‌های دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها<sup>۲</sup> می‌باشد که از آن، گاهی به عنوان توصیه INC-۱ (۱۹۸۰) یاد می‌شود. این توصیه‌ها در ابتدا تشخیص می‌دهند که سهم‌های عدم قطعیت می‌توانند یا با تحلیل‌های آماری مجموعه‌ای از مشاهدات (ارزیابی نوع A) یا از طریق واسطه‌های دیگر (ارزیابی نوع B) ارزیابی شوند، برای مثال استفاده از داده‌هایی مانند عدم قطعیت‌های منتشر شده مواد مرجع یا استاندارد اندازه‌گیری، یا، در صورت لزوم، قضاوت‌های حرفه‌ای. به هر حال سهم‌های جداگانه ارزیابی، به صورت انحراف معیار بیان می‌شوند و هر جا که لازم باشد آن گونه که بیان شد، ترکیب می‌شوند.

GUM، پیاده‌سازی توصیه‌های BIPM را، با یک مدل اندازه‌گیری به شکل  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  شروع می‌کند، که نتیجه اندازه‌گیری  $y$  را به کمیت‌های ورودی  $x_i$  مرتبط می‌کند. سپس، GUM، عدم قطعیت  $u(y)$  را برای حالتی که کمیت‌های ورودی مستقل باشند را، آن گونه که در معادله (الف-۱) مشخص شده، ارائه می‌دهد.

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i)} \quad \text{(الف-۱)}$$

که در آن :

$c_i$  ضریب حساسیت است که از  $c_i = \partial y / \partial x_i$ ، دیفرانسیل جزئی  $y$  نسبت به  $x_i$  ارزیابی می‌شود؛  
 $u(x_i)$  و  $u(y)$  عدم قطعیت‌های استاندارد (عدم قطعیت اندازه‌گیری که به شکل انحراف‌های استاندارد بیان می‌شود)، به ترتیب در  $x_i$  و  $y$  هستند.

هر جا کمیت‌های ورودی مستقل نیستند، رابطه پیچیده‌تر می‌شود، همان گونه که در معادله (الف-۲) شده است:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N c_i c_j u(x_i, x_j)} \quad \text{(الف-۲)}$$

که در آن

$u(x_i, x_j)$  کوواریانس بین  $x_i$  و  $x_j$  می‌باشد؛

1-Methodology  
2-Bureau of Weight and Measures (BIPM)

$c_i$  و  $c_j$  ضرایب حساسیت هستند، آن گونه که در معادله (الف-۱) شرح داده شد.

در عمل، کوواریانس اغلب با ضریب همبستگی  $r_{ij}$  مرتبط است، همان گونه که در معادله (الف-۳) مشخص شده است :

$$u(x_i, x_j) = u(x_i)u(x_j)r_{ij} \quad \text{(الف-۳)}$$

$$1 \leq r_{ij} \leq 1 \quad \text{که در آن}$$

در مواردی که مدل اندازه‌گیری حالت غیر خطی شدید داشته باشد، معادله (الف-۱) با عبارات ریاضی با درجات بالاتر، توسعه پیدا می‌کند. این مطلب با جزئیات بیشتر در GUM پوشش داده شده است.

بعد از محاسبه عدم قطعیت مرکب، با استفاده از معادلات (الف-۱) تا (الف-۳)، عدم قطعیت گسترده با ضرب  $u(y)$  در عامل پوشش  $k$ ، که می‌تواند براساس درجات آزادی برآورده شده برای  $u(y)$  انتخاب شده باشد، محاسبه می‌شود. این بحث با جزئیات، در بند ۱۳ شرح داده شد.

به‌طور کلی، در رویکرد GUM بصورت ضمنی این که کمیت‌های ورودی، اندازه‌گیری یا نسبت داده می‌شوند، وجود دارد. هر جا که تأثیراتی به وجود می‌آیند که به آسانی به صورت کمیت‌های قابل اندازه‌گیری تعریف شدنی نیستند (مانند تأثیرات کاربر)، بهتر است عدم قطعیت‌های مرکب  $u(x_i)$ ، که این تأثیرات را دربر می‌گیرند، شکل گرفته یا این که متغیرهای بیشتری به جمله  $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  اضافه گردند.

این رویکرد، به دلیل تمرکز بر روی کمیت‌های ورودی مجزا، گاهی رویکرد «پائین-بالا» برای ارزیابی عدم قطعیت، نامیده می‌شود.

تفسیر فیزیکی  $u(y)$ ، کار کاملاً آسانی نیست، چراکه ممکن است شامل عبارت‌هایی باشد که با قضاوت برآورد شوند و در نتیجه  $u(y)$  ممکن است در بهترین حالت به عنوان یک تابع «درجه باور<sup>۲</sup>» که در عمل، ممکن است قابل مشاهده یا غیر قابل مشاهده باشد در نظر گرفته شود. به هر حال تفسیر فیزیکی بسیار ساده با توجه به این نکته میسر می‌شود که، محاسبه انجام شده برای رسیدن به  $u(y)$ ، در واقع به انحراف معیاری منتج می‌شود که اگر همه متغیرهای ورودی واقعاً به صورت تصادفی آن گونه که توسط توزیع‌های فرض شده آن‌ها توصیف می‌شوند، تغییر کنند. در اصل، این امر تحت شرایطی که در آن، همه کمیت‌های ورودی مجاز به تغییر به صورت تصادفی باشند، قابل مشاهده و اندازه‌گیری است.

الف-۲ رویکرد مطالعه مشترک

الف-۲-۱ مدل اصلی

طراحی، سازماندهی و رفتار آماری مطالعه مشترک، به تفصیل در قسمت‌های ۱ تا ۴ استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲ و قسمت‌های ۴ و ۵ استاندارد ISO 5725 شرح داده شده است. ساده‌ترین مدلی که زیربنای رفتار آماری داده‌های مطالعه مشترک می‌باشد، در معادله (الف-۴) ارائه شده است (در این معادله از همان نمادهای استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲ استفاده شده است):

$$y = m + B + e \quad (\text{الف-۴})$$

که در آن :

$m$  امید ریاضی برای  $y$

$B$  مولفه آزمایشگاهی اریبی تحت شرایط تکرارپذیری، با این فرض که به صورت نرمال با انحراف معیار  $\sigma_L$  توزیع شده باشد؛

$e$  خطای تصادفی تحت شرایط تکرارپذیری، با این فرض که به صورت نرمال با انحراف معیار  $\sigma_W$  توزیع شده باشد؛

علاوه بر این،  $B$  و  $e$  ناهمبسته فرض می‌شوند.

کاربرد معادله (الف-۱) در این مدل ساده، منجر به شکل‌گیری معادله (الف-۵)، برای تک نتیجه  $y$  می‌شود.

$$u^2(y) = u^2(B) + u^2(e) \quad (\text{الف-۵})$$

با توجه به این که  $\sigma_L^2$  و  $\sigma_W^2$  به ترتیب واریانس‌های مرتبط با  $B$  و  $e$  هستند و بوسیله واریانس بین آزمایشگاهی  $s_L^2$  و واریانس تکرارپذیری  $s_r^2$  که در یک مطالعه بین آزمایشگاهی به دست آمده‌اند، برآورد می‌شوند، به طوری که  $u(B) = s_L$  و  $u(e) = s_r$ ، معادله (الف-۶) برای عدم قطعیت استاندارد مرکب  $u(y)$  مرتبط با نتیجه، حاصل می‌شود :

$$u^2(y) = s_L^2 + s_r^2 \quad (\text{الف-۶})$$

در مقایسه با استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۴۴۲، معادله (الف-۶) تنها، انحراف معیار تجدیدپذیری برآورده شده،  $s_R$ ، می‌باشد.

از آنجا که این رویکرد بر عملکرد روش کامل تمرکز می‌کند، گاهی از آن به عنوان رویکرد «بالا-پائین» تعبیر می‌شود.

توجه داشته باشید که هر آزمایشگاه برآورد خود را از  $m$  از طریق معادله  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  محاسبه می‌کند و این گونه فرض می‌کند که این بهترین برآورد آزمایشگاه از مقدار اندازه‌ده  $y$  می‌باشد. حال اگر  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  یک مدل اندازه‌گیری کامل باشد که برای توصیف رفتار سیستم اندازه‌گیری استفاده

می‌شود، انتظار می‌رود که تغییرات مشخص شده توسط  $s_L$  و  $s_T$  از تغییرات کمیت‌های  $x_1, x_2, \dots, x_N$  به وجود آیند. اگر چنین فرض شود که شرایط تجدید پذیری برای تغییرات تصادفی در همه کمیت‌های قابل ملاحظه تاثیرگذار فراهم باشد و با لحاظ کردن تفسیر فیزیکی  $u(y)$  که در بالا آمده، چنین استنباط می‌شود که  $u(y)$  در معادله (الف-۶) برآورد از  $u(y)$  می‌باشد که در معادله الف-۱ و الف-۲ شرح داده شد.

بنابراین، اولین اصلی که این استاندارد ملی بر پایه آن شکل گرفته این است که، انحراف معیار تجدیدپذیری بدست آمده در یک مطالعه مشترک، یک مبنای معتبر برای ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری است.

#### الف-۲-۲ ترکیب کردن داده‌های صحت

صحت عموماً به عنوان اریبی نسبت به مقدار مرجع محرز شده اندازه‌گیری می‌شود. در برخی مطالعات مشترک، صحت روش نسبت به یک سیستم اندازه‌گیری خاص (معمولاً SI)، با مطالعه یک ماده مرجع گواهی شده (CRM) یا استاندارد اندازه‌گیری با مقدار گواهی شده  $\hat{\mu}$  که بر حسب یکاهای آن سیستم بیان شده است (استاندارد ملی ایران شماره ۴-۷۴۴۲)، آزموده می‌شود. مدل آماری نتیجه شده، با معادله الف-۷ مشخص

می‌شود:

$$y = \hat{\mu} + \delta + B + e$$

(الف-۷)

که در آن

$\hat{\mu}$  مقدار مرجع؛

$\delta$  «اریبی روش»؛

می‌باشد.

مطالعه مشترک به یک اریبی اندازه‌گیری  $\hat{\delta}$  با انحراف معیار مرتبط  $s_{\hat{\delta}}$  که از طریق مشخص شده در معادله الف-۸ محاسبه می‌شود، منجر خواهد شد:

$$s_{\hat{\delta}} = \sqrt{\frac{s_R^2 - (1-1/n)s_T^2}{p}}$$

(الف-۸)

که در آن

$p$  تعداد آزمایشگاه‌ها؛

$n$  تعداد تکرار در هر آزمایشگاه؛

می‌باشد.

عدم قطعیت  $u(\hat{\delta})$  مرتبط با اریبی، توسط معادله (الف-۹) ارائه شده است:



$$u^2(\hat{\delta}) = s_{\delta}^2 + u^2(\hat{\mu}) \quad (\text{الف-۹})$$

که در آن  $u(\hat{\mu})$ ، عدم قطعیت مرتبط با مقدار گواهی شده  $\hat{\mu}$  می باشد که برای برآورد صحت در کار انجام شده مشترک استفاده می شود.

جایی که اربیبی برآورد شده در طی آزمایش، در محاسبه نتایج در آزمایشگاهها به حساب آورده می شود، عدم قطعیت مرتبط با اربیبی برآورد شده، چنانچه قابل نظر نباشد، بایستی در بودجه عدم قطعیت به حساب آورده شود.

### الف-۲-۳ تاثیرات دیگر - مدل مرکب

البته در عمل  $s_R$  و  $u(\hat{\delta})$ ، فقط در برگزیده تغییرات در تمامی اثرهایی که بر نتیجه اندازه گیری تاثیر می گذارند نمی شوند. بعضی از عوامل مهم به خاطر طبیعت مطالعه مشترک از قلم می افتند و برخی دیگر ممکن است حضور نداشته باشند یا به صورت تصادفی یا بر اساس طرح، ناچیز شمرده شوند. اصل دومی که این استاندارد ملی بر آن استوار است این است که تاثیراتی که در مفاد مطالعه مشترک مشاهده نمی شوند، بایستی با دلیل نادیده گرفته شوند و یا این که به صراحت به حساب آورده شوند.

این امر، بسیار ساده با در نظر گرفتن تاثیرات انحرافات  $x'_i$  از مقدار نامی  $x_i$ ، که برای فراهم سازی برآوردی از  $y$  لازم است و فرض تقریبی خطی بودن تاثیرات، انجام می گیرد. بنابراین مدل مرکب، به شکل معادله (الف-۱۰) مشخص می شود:

$$y = \hat{\mu} + \delta + B + \sum c_i x'_i + e \quad (\text{الف-۱۰})$$

که عبارت مجموع در آن فراتر از تمامی تاثیرات دیگری است، که به وسیله  $B$ ،  $\delta$  و  $e$  ارائه شده اند. تاثیرات نمونه برداری، آماده سازی قلم های آزمون و تغییرات در ترکیب یا نوع قلم های آزمون انفرادی، نمونه هایی از این تاثیرات هستند. به طور دقیق تر، این یک شکل خطی از مدل کلی تر می باشد که هر کجا لازم باشد، دقیقاً همان گونه که در GUM شرح داده شده است، این امکان را دارد که عبارت های ریاضی با درجات بالاتر یا عبارت های همبستگی را با آن ترکیب کرد.

با توجه به این که مقدار مرکزی  $x'_i$  هیچ تاثیری بر روی  $u(x_i)$  ندارد، بنابراین  $u(x'_i) = u(x_i)$  می باشد، بنابراین عدم قطعیت مرتبط با  $y$  که از معادله الف-۱۰ برآورده شده است، از طریق معادله الف-۱۱ تعیین می شود:

$$u^2(y) = s_L^2 + s_r^2 + u^2(\hat{\delta}) + \sum c_i^2 u^2(x_i) \quad (\text{الف-۱۱})$$

که عبارت مجموع در آن، محدود به آن تاثیراتی می باشد که تحت پوشش سایر عبارت ها قرار نمی گیرند. اینجا می توان توجه داشت که در مفاد ارزیابی عملکرد روش، شرایط دقت میانی نیز می تواند به وسیله معادله الف-۱۰، توصیف شود، گرچه تعداد عبارت های مجموع بطور قابل ملاحظه ای بیشتر خواهد شد زیرا انتظار می رود تحت شرایط میانی، نسبت به شرایط تجدید پذیری، متغیرهای کمتری بصورت تصادفی تغییر کنند

. اما در کل معادله الف-۱۰ برای هر شرایط دقتی درارتباط با ترکیب مناسب تاثیرات در درون عبارت مجموع به کار می‌رود. البته در یک مورد خاص، وقتی شرایط به‌گونه‌ای است که عبارت‌های  $s_r$  و  $s_L$  صفر هستند و عدم قطعیت در اریبی کلی<sup>۱</sup> مشخص نشده است، معادله الف-۱۱ با معادله الف-۱ یکسان خواهد شد.

در اینجا دو نتیجه فرعی وجود دارد :

– اول، لازم است ثابت شود که داده های کمی فراهم شده از مطالعه مشترک، مستقیم به نتایج آزمون مطرح شده، وابسته می‌باشند.

– دوم این‌که، حتی وقتی داده‌های مطالعه مشترک بصورت مستقیم مرتبط هستند، ممکن است مطالعات و مجوزهای اضافه‌تری برای برقراری یک برآورد معتبر عدم قطعیت برای مجاز شمردن تاثیرات اضافی، لازم باشد [در معادله الف-۱۰]. برای مجاز شمردن تاثیرات اضافی، فرض بر این است که معادله (الف-۱) به کار خواهد رفت.

در نهایت، این استاندارد ملی، در حمایت از این موضوع که برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری ممکن است به طور قابل اعتمادی با توجه به داده‌های تکرارپذیری، تجدیدپذیری و صحت که از روش‌های اجرایی که در قسمت‌های ۱ تا ۴ استاندارد ملی ایران ۷۴۴۲ و قسمت‌های ۴ و ۵ استاندارد ISO 5725 بدست آمده‌اند، حاصل شده باشد، همان فرضیات استاندارد ملی ایران ۷۴۴۲ را در نظر می‌گیرد.

الف) جایی که از داده‌های تجدیدپذیری استفاده می‌شود، چنین فرض می‌شود که تمامی آزمایشگاه‌ها عملکرد مشابه هم دارند. به طور خاص، دقت تکرارپذیری آن‌ها برای یک قلم آزمون معین، یکسان است و مولفه آزمایشگاهی اریبی (که در معادله الف-۱۰ با  $B$  نشان داده شده) از همان جامعه آماری استخراج شده که در مطالعه مشترک، نمونه‌گیری شده است.

ب) ماده (مواد) آزمون که در مطالعه مشترک توزیع می‌شود (می‌شوند)، همگن و پایدار می‌باشند.

### الف-۳ ارتباط بین رویکردها

بحث قبلی، دو رویکرد به ظاهر متفاوت برای ارزیابی عدم قطعیت را شرح می‌دهد. از یک طرف، رویکرد GUM، عدم قطعیت را به شکل یک واریانس براساس واریانس‌های مرتبط با ورودی‌ها به یک مدل ریاضی پیش‌بینی می‌کند. دیگری از این حقیقت استفاده می‌کند که اگر همان تأثیرات یکسان، بصورت نوعی در طی دوره مطالعه تجدیدپذیری تغییر کنند، واریانس مشاهده شده، برآورد مستقیمی از همان عدم قطعیت می‌باشد. در عمل، مقادیر عدم قطعیت که از طریق رویکردهای متفاوت به دست می‌آیند، به دلایل گوناگون با هم متفاوت هستند که این دلایل شامل موارد زیر می‌باشند :

الف) مدل‌های ناقص ریاضی (یعنی وجود تاثیرات ناشناخته)؛

ب) تغییرات ناقص یا غیر قابل ارائه تمامی تاثیرات در طی ارزیابی‌های تجدیدپذیری.

بنابراین، مقایسه دو برآورد مختلف به عنوان یک ارزیابی مفید، از کامل بودن مدل‌های اندازه‌گیری می‌باشد. با این وجود، توجه داشته باشید که تکرارپذیری مشاهده شده یا دیگر برآوردهای دقت، اغلب اوقات به‌عنوان سهم‌های جداگانه‌ای برای عدم قطعیت، حتی در رویکرد GUM در نظر گرفته می‌شوند. به‌طور مشابه، تاثیرات مجزای معمولاً، حداقل از نظر درجه اهمیت بررسی می‌شوند یا پیش از ارزیابی تجدیدپذیری، کمی می‌شود. بنابراین، برآوردهای عدم قطعیت عملی، معمولاً از برخی اجزای هر دو رویکرد استفاده می‌کنند.

جایی که برای کمک به تفسیر، برآورد عدم قطعیت، با یک نتیجه عرضه می‌شود، اصلاح کاستی‌های هر رویکرد دارای اهمیت می‌باشد. در عمل، معمولاً احتمال وجود مدل‌های ناقص، با ارایه برآوردهای محافظه کارانه، که به صراحت عدم قطعیت مدل را افزایش می‌دهد نشان داده می‌شود.

در این استاندارد ملی، احتمال تغییرات ناکافی تاثیرات کمیت‌های ورودی از طریق ارزیابی تاثیرات اضافه نشان داده می‌شود. این منجر به روی‌آوری به رویکرد ترکیبی<sup>۱</sup> می‌شود که عناصر ارزیابی‌های «بالا - پائین»

و

«پائین - بالا» را ترکیب می‌کند.

## پیوست ب

## ( آگاهی‌دهنده )

## ارزیابی عدم قطعیت به طور تجربی

## ب-۱ روش اجرایی عملی برای برآورد ضریب های حساسیت

جایی که ممکن است یک کمیت ورودی  $x_i$  در طی یک بازه مناسب، پیوسته در حال تغییر باشد، بهتر است تاثیر چنین تغییری مستقیم مطالعه شود. یک روش اجرایی ساده، که فرض را بر تغییر خطی نتیجه با  $x_i$  می‌گذارد، به شرح زیر است :

الف) بازه مناسبی را انتخاب کنید که در آن متغیر  $x_i$ ، که بایستی در مرکز بهترین برآورد (یا روی مقدار مشخص شده توسط روش) باشد تغییر کند.

ب) روش اجرایی اندازه‌گیری (یا قسمتی از آن که تحت تاثیر  $x_i$  باشد) را، در هر یک از پنج سطح یا بیشتر و با تکرار مورد نیاز بصورت کامل انجام دهید.

پ) یک مدل خطی را به نتیجه اختصاص دهید و از  $x_i$  به عنوان طول محور مختصات و از نتیجه اندازه‌گیری به عنوان عرض محور مختصات استفاده کنید.

ت) از شیب خط، به عنوان ضریب  $c_i$  در معادله الف-۱ یا معادله ۱۴ استفاده کنید.

این رویکرد ممکن است ضرایب حساسیت متفاوتی برای قلم‌های آزمون مختلف نشان بدهد. در مطالعات فراگیر این می‌تواند یک مزیت از یک قلم خاص یا رده قلم‌های آزمون باشد.

به‌هرحال، جایی که ضریب حساسیت برای گستره بزرگی از موارد مختلف به کار می‌رود، تایید<sup>۱</sup> این که قلم‌های مختلف به‌اندازه کافی رفتاری مشابه دارند اهمیت دارد.

## ب-۲ روش اجرایی ساده برای ارزیابی عدم قطعیت به سبب اثرات تصادفی

هرجاکه کمیت ورودی  $x_i$  ناپیوسته باشد و یا به آسانی قابل کنترل نباشد، عدم قطعیت مرتبط می‌تواند از تحلیل آزمایش‌هایی که در آن‌ها متغیرها به صورت تصادفی تغییر می‌کنند، مشتق شود. برای مثال، نوع خاک در تحلیل‌های محیطی ممکن است تاثیراتی غیرقابل پیش‌بینی بر روی تعیین مقادیر بصورت تحلیلی بگذارد. جایی که خطاهای تصادفی تقریباً مستقل از سطح کمیت مورد نظر باشد، امکان آزمون پراکندگی خطای ناشی از چنین تغییراتی با استفاده از مجموعه‌ای از قلم‌های آزمون که مقدار قطعی برای آن‌ها در دسترس است یا جایی که تغییر معلومی تحمیل شده باشد وجود دارد.

بنابراین روش اجرایی کلی به شرح زیر می‌باشد:

الف) اندازه‌گیری کامل را بر روی قلم‌های آزمون انتخاب شده به‌عنوان نماینده، با تکرار، تحت شرایط تکرارپذیری، با استفاده از تعداد تکرارهای برابر، برای هر قلم آزمون انجام دهید،

ب) برای هر مشاهده، اختلاف علامت‌دار<sup>۱</sup> از مقدار معلوم را محاسبه کنید.

پ) تحلیل نتایج را با ANOVA (که بر اساس کمیت مورد نظر رده‌بندی شده‌اند)، با استفاده از مجموع مربعات نتایج، برای شکل‌گیری برآورد مولفه‌های درون‌گروهی واریانس  $S_W^2$  و بین‌گروهی واریانس  $S_B^2$ ، دهید. عدم قطعیت استاندارد  $u(x_j)$  برخاسته از تغییرات  $x_j$ ، مساوی با  $S_B$  است.

یادآوری- وقتی قلم‌های آزمون مختلف یا رده‌های قلم آزمون، به کمیت مورد نظر واکنش متفاوتی نشان می‌دهند، (یعنی کمیت و رده قلم آزمون اثر متقابل بر روی هم دارند)، این اثر متقابل، مقدار  $S_B$  را افزایش می‌دهد. شرح جزئیات رفتاری در چنین موقعیتی، فراتر از دامنه این استاندارد ملی است.

پیوست پ

( آگاهی‌دهنده )

مثال‌هایی از محاسبات عدم قطعیت

پ-۱ اندازه‌گیری مونوکسیدکربن (CO) در خروجی‌های منتشره از خودرو

پ-۱-۱ مقدمه

قبل از ارائه به بازار، لازم است خودروهای مسافربری، برای بررسی این که نوع خودرو مطابق با الزامات مقررات<sup>۱</sup> مربوط به خروجی منتشره موتور و سیستم اگزوز، گاز آلاینده مونوکسید کربن می‌باشد، مورد آزمون نوعی<sup>۲</sup> قرار گیرند. حد بالایی برای تایید،  $2/2 \text{ g/km}$  تعیین شده است. روش آزمون در دستورالعمل ۷۰/۲۲۰ اتحادیه اروپایی که ویژگی‌های زیر برای اولین بار ارایه شد، شرح داده شده است.

- چرخه محرکه (Euro ۹۶) به عنوان تابعی از سرعت (برحسب km/h)، زمان (برحسب s) و دنده درگیر ارائه شده است. خودرویی که در حال آزمون است، برای اجرای چرخه، بر روی میزکار غلطکی مشخص شده‌ای قرار می‌گیرد.

- تجهیز اندازه‌گیری، یک دستگاه تجزیه کننده CO مشخص شده، می‌باشد.

- محیط با به کارگیری یک سلول پایش<sup>۳</sup> آلودگی مشخص شده، کنترل می‌شود.

- کارکنان، آموزش‌های تعیین شده را دیده‌اند.

چنین آزمون انطباقی، می‌تواند در آزمایشگاه آزمون واحد تولیدی یک کارخانه سازنده خودرو یا در آزمایشگاه آزمون مستقلی انجام شود.

پ-۱-۲ داده‌های مطالعه مشترک

قبل از پذیرش و استفاده متداول از چنین روش آزمونی، لازم است که عوامل یا منابع تاثیر گذار بر روی نتایج روش آزمون (و در نتیجه بر روی عدم قطعیت نتایج آزمون) مورد ارزیابی قرار گیرند. این کار از طریق آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه‌های مختلف صورت می‌گیرد. جهت کنترل روش آزمون، یک آزمایش بین آزمایشگاهی بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲-۲ طراحی و هدایت می‌شود. منظور از این آزمایش بین آزمایشگاهی، ارزیابی دقت روش آزمون، در مجموعه معینی از آزمایشگاه‌های آزمون وقتی به‌طور متداول بکار گرفته می‌شود می‌باشد. ارزیابی دقت از طریق داده‌های جمع‌آوری شده با آزمایش‌های بین آزمایشگاهی و تحلیل‌های آماری که بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴۲-۲ هدایت می‌شوند، انجام می‌پذیرد. مطالعه به گونه‌ای هدایت می‌شود که هر شرکت کننده، عهده دار تمامی فرآیندهای لازم برای انجام اندازه‌گیری است و در نتیجه تمامی عوامل تاثیرگذار مربوطه به حساب آورده می‌شوند.

1-Regulatory

2-Type-Test

3-Monitoring

(در این مثال) این چنین پذیرفته شده که تکرارپذیری‌های آزمایشگاه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای، متفاوت نیستند و انحراف معیار تکرارپذیری روش آزمون، می‌تواند  $0.22 \text{ g/km}$  برآورد شود. انحراف معیار تجدیدپذیری روش آزمون می‌تواند  $0.28 \text{ g/km}$  برآورد شود.

#### پ-۱-۳ کنترل اریبی

ارزیابی صحت (کنترل اریبی در مقابل یک مرجع) سوالات روش شناختی و فنی را مطرح می‌کند. هیچ «خودرو مرجعی» به مفهوم یک ماده مرجع وجود ندارد، از این رو صحت باید بوسیله کالیبراسیون سیستم آزمون کنترل شود. برای مثال، کالیبراسیون دستگاه تجزیه کننده CO می‌تواند با گاز مرجع و کالیبراسیون میز غلطکی، برای کمیت‌هایی مثل زمان، طول، سرعت و شتاب صورت گیرد. از اطلاعات میزان خروجی منتشره در سرعت‌های مختلف و از اطلاعات مشابه، چنین تایید می‌شود که عدم قطعیت‌های مرتبط با این کالیبراسیون‌ها، منجر به سهم‌های قابل توجه عدم قطعیت مرتبط با نتیجه اندازه‌گیری نمی‌شوند. (یعنی این که، تمامی عدم قطعیت‌های محاسبه شده به شدت کمتر از انحراف معیار تجدیدپذیری می‌باشند). از این رو اریبی تحت کنترل در نظر گرفته می‌شود.

#### پ-۱-۴ دقت

انجام دوباره آزمون که بطور نوعی توسط آزمایشگاه انجام می‌شود، اثبات کرده که تکرارپذیری بطور تقریبی  $0.22 \text{ g/km}$  می‌باشد. این مقدار در گستره تکرارپذیری قرار می‌گیرد که در مطالعه بین آزمایشگاهی یافت شده است، بنابراین چنین در نظر گرفته می‌شود که دقت تحت کنترل خوبی می‌باشد.

#### پ-۱-۵ وابستگی به قلم‌های آزمون

دامنه کاربرد این روش، استقرار آن را برای تمامی وسایل نقلیه در دامنه «خودروهای مسافری» مناسب می‌سازد. مادامی که که بیشتر وسایل نقلیه انطباق مورد نظر را نسبتاً راحت بدست می‌آورند و عدم قطعیت در سطوح خروجی منتشره پایین‌تر، به مقادیر کوچکتر میل می‌کند، عدم قطعیت در سطوح نزدیک به حد مقرر شده، مهم خواهد بود. بنابراین قطعی است که عدم قطعیت برآورد شده نزدیک به حد مقرر شده، به عنوان برآورد منطقی عدم قطعیت و قدری محافظه‌کارانه برای سطوح پائین‌تر خروجی منتشره CO در نظر گرفته شود. نکته این که هر جا یک آزمون نشان دهد، مقدار خروجی منتشره وسیله نقلیه به میزان قابل توجهی بیشتر از حد است، ممکن است به این معنی باشد که چنانچه مقایسه‌ها بحرانی باشند، مطالعات عدم قطعیت اضافه‌تری لازم دارد. به هر حال، در عمل، در هیچ شرایطی چنین وسیله نقلیه‌ای بدون اصلاح، برای فروش عرضه نشود.

#### پ-۱-۶ برآورد عدم قطعیت

از آنجا که مطالعات پیشین، اثبات نموده است که اریبی و دقت در آزمایشگاه آزمون تحت کنترل هستند، و هیچ عاملی برخاسته از عملیات اجرایی در طی مطالعه مشترک از قلم نیافتاده است، از انحراف معیار تجدیدپذیری برای برآورد انحراف معیار عدم قطعیت استفاده می‌شود که منجر به یک عدم قطعیت گسترده

به میزان  $U = 0.56 \text{ g/km}$ ، با عامل پوشش  $k = 2$  می‌شود که یک سطح اطمینان تقریباً ۹۵٪ را ارائه می‌دهد.

یادآوری - تفسیر نتایج با عدم قطعیت‌هایی در حوزه آزمون انطباق در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۰۷۲ مطرح شده است.

## پ-۲ تعیین محتوای گوشت

### پ-۲-۱ مقدمه

مقررات مربوط به فرآورده‌های گوشتی به‌گونه‌ای است تا اطمینان حاصل شود محتوای گوشت به‌درستی اعلان می‌شود. محتوای گوشت، ترکیبی از محتوای نیتروژنی (که به پروتئین کل تبدیل شده) و محتوای چربی می‌باشد. مثال کنونی، نشان‌دهنده اصل ترکیب سهم‌های مختلف عدم قطعیت است، همان‌طور که در بند ۱۲ توضیح داده شد، هر یک از آن‌ها خود، به‌طور عمده برخاسته از برآوردهای تجدیدپذیری می‌باشد.

### پ-۲-۲ معادلات پایه

محتوای کلی گوشت  $W_{\text{meat}}$  در معادله پ-۱ تعریف می‌شود:

$$W_{\text{meat}} = W_{\text{pro}} + W_{\text{fat}} \quad (\text{پ-۱})$$

که در آن :

$W_{\text{pro}}$  پروتئین کلی گوشت ؛

$W_{\text{fat}}$  چربی کلی گوشت ؛

که برحسب درصد جرمی بیان شده‌اند.

پروتئین گوشت  $W_{\text{pro}}$  نیز از معادله پ-۲ محاسبه می‌شود :

$$w_{\text{pro}} = 100 w_{\text{mN}} / f_{\text{N}} \quad (\text{پ-۲})$$

که در آن

$f_{\text{N}}$  عامل نیتروژن مخصوص ماده ؛

$w_{\text{mN}}$  کل محتوای نیتروژن گوشت ؛

می‌باشد.

در این مثال،  $w_{\text{mN}}$  مساوی است با کل محتوای نیتروژن،  $w_{\text{tN}}$ ، که مطابق با تحلیل کلدال<sup>۱</sup> تعیین شده است.

### پ-۲-۳ مراحل تجربی در تعیین محتوای گوشت

مراحل تجربی مرتبط با تعیین محتوای گوشت به شرح زیر است:



الف) محتوای چربی را تعیین کنید،  $w_{fat}$ ،

ب) محتوای نیتروژن،  $w_{mN}$ ، را با استفاده از روش کلدال تعیین کنید، (میانگین دو اندازه گیری تکراری)،

ج) محتوای پروتئین کلی گوشت،  $w_{pro}$ ، را با استفاده از  $f_N$  محاسبه کنید، (معادله پ-۲)،

د) محتوای کلی گوشت،  $w_{meat}$ ، را محاسبه کنید (معادله پ-۱).

#### پ-۲-۴ مؤلفه‌های عدم قطعیت

مؤلفه‌های عدم قطعیت که بایستی در نظر گرفته شوند، آن‌هایی هستند که با هر کدام از کمیت‌های ذکر شده در پ-۲-۳ مرتبط می‌باشند. پر اهمیت‌ترین آن‌ها با  $w_{pro}$  مرتبط است که حدود ۹۰ درصد جرم  $w_{meat}$  را تشکیل می‌دهد. بزرگترین عدم قطعیت‌های مرتبط با  $w_{pro}$  برخاسته از موارد زیر می‌باشد:

الف) عدم قطعیت در عامل  $f_N$  نسبت داده شده به شناخت ناقص ماده؛

ب) تغییرات در تجدید پذیری روش، از دو جنبه، از یک اجرا تا اجرای دیگر و اجرای با جزییات در طولانی مدت؛

پ) عدم قطعیت مرتبط با ارببی روش؛

ت) عدم قطعیت در محتوای چربی  $w_{fat}$ ،

یادآوری - عدم قطعیت‌های الف، ب و پ، به ترتیب مرتبط با نمونه، آزمایشگاه و روش می‌باشند. معمولاً متداول است که هر کدام از این سه عامل را، در هنگام شناسایی عدم قطعیت‌های ناخالص<sup>۱</sup> و همچنین هرگونه ملاحظات لازم مراحل مجزا در روش اجرایی در نظر گرفته شوند.

#### پ-۲-۵ ارزیابی مؤلفه‌های عدم قطعیت

##### پ-۲-۵-۱ عدم قطعیت مرتبط با $f_N$

عدم قطعیت مرتبط با  $f_N$  می‌تواند از یک گستره منتشر شده از مقادیر، برآورد شود. این مرجع [۲۲]، نتایج یک مطالعه گسترده از عوامل نیتروژن را در گوشت گاو، ارائه می‌دهد که نشان‌دهنده تغییرات آشکار بین منابع و برش‌های مختلف گوشت می‌باشد. این مرجع [۲۲]، همچنین اجازه محاسبه انحراف معیار مشاهده شده برای  $f_N$ ، ۰/۰۵۲ و انحراف معیار نسبی، ۰/۰۱۴ برای گستره بزرگی از انواع نمونه را می‌دهد.

یادآوری - عوامل نیتروژن تعیین شده در مرجع [۲۲]، از روش کلدال استفاده کرده‌اند و از این رو برای مقصد پیش‌رو، کاربرد دارد.

##### پ-۲-۵-۲ عدم قطعیت مرتبط با $w_{tN}$

اطلاعات در دو آزمایش انجام شده بصورت مشترک [۲۳] و [۲۴]، اجازه برآورد عدم قطعیت ناشی از خطاها در تجدیدپذیری یا اجرای روش را می‌دهد. بررسی دقیق شرایط آزمایش نشان می‌دهد که اولاً، هر آزمون بر روی گستره وسیعی از انواع نمونه و گستره خوبی از آزمایشگاه‌های دارای صلاحیت بعنوان نماینده انجام

شده و ثانیاً، انحراف معیار تجدیدپذیری  $s_R$  به خوبی، با سطح نیتروژن همبستگی دارد. در هر دو آزمایش، بهترین خط برازش شده<sup>۱</sup> بصورت  $s_R = 0.21 w_{tN}$  ارائه شده است. همچنین، مطالعه مشابه نشان می‌دهد که انحراف معیار تکرارپذیری تقریباً متناسب با  $w_{tN}$ ،  $s_r = 0.018w_{tN}$  و برای عبارت بین آزمایشگاهی  $s_L = 0.011w_{tN}$  می‌باشد.

این روش مشخص می‌کند که هر اندازه‌گیری دوبار تکرار شده و میانگین آن محاسبه شده است. بنابراین عبارت تکرارپذیری، که برآوردی از تکرارپذیری نتایج مجزا است، باید برای به حساب آوردن تأثیر میانگین‌گیری دو نتیجه درون آزمایشگاه، تنظیم شود. (توضیح مربوط به  $s_r$  را در جدول ۱ مشاهده کنید). بنابراین، عدم قطعیت  $u(w_{tN})$  مرتبط با محتوی نیتروژن به شرح زیر می‌باشد:

$$u(w_{tN}) = w_{tN} \sqrt{s_L^2 + \frac{s_r^2}{2}} = w_{tN} \sqrt{0.011^2 + \frac{0.018^2}{2}} = 0.017w_{tN} \quad (\text{پ-۳})$$

معادله پ-۳ بهترین برآورد عدم قطعیت در  $w_{tN}$  را شکل می‌دهد که برخاسته از تغییرات معقول در اجرای روش می‌باشد.

مقدار تکرارپذیری نیز به عنوان معیاری برای پذیرش دقت آزمایشگاهی مجزا استفاده می‌شود؛ این روش مشخص می‌کند که اگر اختلاف خارج از بازه اطمینان ۰/۹۵ مربوطه باشد (تقریباً برابر  $1.96s_r\sqrt{2}$ )، نتایج بایستی مردود شود. این بررسی اطمینان می‌دهد که دقت درون آزمایشگاهی برای آزمایشگاهی که عهده‌دار آزمون می‌شود، مطابق با دقتی است که در مطالعه مشترک بدست آمده است.

**یادآوری-** اگر این بررسی، بیش از حدود ۵٪ مواقع با شکست روبرو شود، احتمال دارد که دقت، تحت کنترل کافی نباشد و لازم است که روش اجرایی اصلاح شود.

همچنین، برای عدم قطعیت مرتبط با  $w_{tN}$  که برخاسته از ارزیابی ناشناخته در روش می‌باشد، لازم است برخی ملاحظات در نظر گرفته شود. در غیاب مواد مرجع قابل اطمینان، مقایسه با روش‌های دیگر که براساس اصول متفاوتی عمل می‌کنند، می‌تواند روش مناسبی برای برآورد ارزیابی باشد. مقایسه روش‌های کدال و احتراقی برای نیتروژن کلی در گستره‌ای از انواع نمونه‌های متفاوت، اختلاف  $0.01 w_{tN}$  را محرز می‌کند.

اینکه در محدوده ارقام تجدیدپذیری قرار دارند به اندازه کافی به حساب آمده‌اند. برای

#### پ-۲-۵-۳ عدم قطعیت مرتبط با $w_{fat}$

داده‌های آزمایش مشترک اضافی برای تحلیل چربی [۲۵]، برآوردی برابر  $0.02 w_{fat}$  از انحراف معیار تجدیدپذیری فراهم می‌کند. تحلیل دوباره تکرار می‌شود و نتایج تنها زمانی پذیرفته می‌شوند که اختلاف بدست آمده، در حد تکرارپذیری مناسب باشد تا اطمینان حاصل شود که دقت آزمایشگاهی تحت کنترل

می‌باشد. کار تصدیق اولیه بر روی یک ماده مرجع مناسب برای تعیین چربی ثابت کرد که عدم قطعیت‌های مرتبط با اربیی به اندازه کافی توسط ارقام تجدیدپذیری به‌شمار آورده شده‌اند.

پ-۲-۶ عدم قطعیت ترکیب شده

جدول پ-۱ مقادیر مجزا و عدم قطعیت‌های محاسبه شده بوسیله ارقام بالا را نشان می‌دهد.

جدول پ-۱ بودجه عدم قطعیت برای محتوای گوشت

مقدار $x_i$ (کسر جرمی) %	$u(x_i)$	$u(x_i)/x_i$	کمیت
۵۵۰	۰/۱۱۰	۰/۰۲۰	محتوای چربی $W_{fat}$
۳/۲۹	۰/۰۵۶	۰/۰۱۷	محتوای نیتروژن $W_{mN}$
۳/۶۵	۰/۰۵۲	۰/۰۱۴	عامل نیتروژن $f_N$
۹۰/۱	$90/1 \times 0.022 = 1.98$	$\sqrt{0.017^2 + 0.014^2} = 0.022$	پروتئین گوشت $W_{pro}$
۹۵/۶	$\sqrt{1.98^2 + 0.110^2} = 1.98$	۰/۰۲۱	محتوای کلی گوشت $W_{meat}$

سطح اطمینان تقریبی ۹۵٪ لازم است. این سطح اطمینان با ضرب کردن عدم قطعیت استاندارد مرکب با عامل پوشش  $k = 2$  به دست می‌آید که عدم قطعیت گسترده  $U$  را در مورد محتوای گوشت  $u = 2/0$  ارائه می‌دهد (با گرد کردن تا دو رقم معنی‌دار)، که  $W_{meat} = 95/6 \pm 4.0\%$  می‌باشد. یادآوری- «محتوای گوشت» می‌تواند به طور قانونی، در بعضی از محصولات از ۱۰۰٪ تجاوز کند.

پ-۳ عدم قطعیت برای روش AOAC ۹۹۰/۱۲ کمیته رسمی شیمی کشاورزی : شمارش صفحه کشت باکتری‌های هوازی

پ-۳-۱ مقدمه

این روش، یک روش میکروبیولوژیکی برای بازبینی فعالیت‌های میکروبی در مواد غذایی [۲۷] می‌باشد. در این روش از صفحات کشت میکروب نیمه خشک و ژل قابل حل در آب، استفاده می‌شود. نمونه‌ها به میزان ml ۱/۰ (یک میلی لیتر) در هر صفحه، به صفحه‌های کشت اضافه می‌شوند و به مساحت تقریبی  $20 \text{ cm}^2$  روی ناحیه رشد گسترده می‌شوند. صفحه‌ها در انکوباتور نگهداری و کلونی‌ها شمارش می‌شوند. اندازه‌ده، تعداد واحدهای کلونی شکل گرفته می‌باشد. برای شمارش‌های غیرصفر، واحدهای گزارش شده، بر پایه  $\log_{10}(\text{count})$  هستند. یعنی، لگاریتم برپایه ۱۰ تعداد واحدهای کلونی شکل گرفته (CFU) یافته شده. برآوردهای عدم قطعیت برای ۳ گروه مواد غذایی در نظر گرفته می‌شود؛ نرم‌تنان صدف‌دار، آرد و سبزیجات.

مثالی که در اینجا آورده شده براساس داده‌های منتشر شده از سند راهنمای ۱۰۸<sup>[28]</sup> A2LA )A2LA (G108,2007 می‌باشد که با مجوز A2LA از آن استفاده شده است.

**پ-۳-۲ داده‌های مطالعه مشترک**

این روش با یک مطالعه مشترک که از هشت آزمایشگاه، شش غذا با سطوح مختلف آلودگی، دو نمونه برای هر غذا و دو تکرار برای هر نمونه استفاده می‌کند، اعتبار بخشی شده است<sup>۲</sup>. تحلیل داده‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۴۴۲ بوده و مطالعه اعتبار بخشی شامل همه مراحل در فرآیند آزمون، به جز مرحله‌ای که شامل انتخاب اندازه دقیق زیر نمونه<sup>۳</sup> است، می‌باشد (نمونه‌های اندازه‌گیری شده که در مطالعه مشترک عرضه شده‌اند).

جدول پ-۲ برآوردهای گزارش شده انحراف معیار نسبی تکرارپذیری و تجدیدپذیری را برای سه ماده خوراکی مرتبط با الزام ارزیابی عدم قطعیت نشان می‌دهد که به صورت درصدی بیان شده‌اند.

**جدول پ-۲ داده‌های انتخاب شده مطالعه مشترک برای شمارش صفحه کشت باکتری‌های هوایی**

خوراکی	انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری %	انحراف معیار نسبی تکرار %
میگو	۱۱٫۱	۹٫۸
سبزیجات	۹٫۲	۶٫۳
آرد	۵٫۸	۵٫۳

نکته این‌که همه داده‌های تکرارپذیری و تجدیدپذیری به عنوان انحراف معیار نسبی، وابسته به میانگین مقدار مشاهده شده برای  $\log_{10}(\text{count})$  (تعداد شمارش‌ها) بیان شده‌اند. این امر برای این روش خاص مناسب می‌باشد؛ چون میل به نمایش پراکندگی، تقریباً متناسب با سطح و سازگار با انحراف معیار نسبی دارد.

**پ-۳-۳ کنترل اریبی**

برای اثبات این‌که آیا اریبی آزمایشگاه در محدوده مورد انتظار هست، آزمایشگاه یک مطالعه مقایسه‌ای با یک آزمایشگاه مرجع انجام می‌دهد. نتایج مربوط به سبزیجات و میگوها همیشه در حدود ۱۰٪ می‌باشند. (مطابق با  $\Delta_1 < 0,1\bar{x}$  و  $\bar{x}$ ، میانگین مشاهدات مربوط). مقایسه با یک نمونه آرد نشان می‌دهد، نتایج ۵٪ جدا هستند (مطابق با  $\Delta_1 < 0,05\bar{x}$ ). این انحراف‌ها به طور واضح، سازگار با انحراف معیارهای تجدیدپذیری می‌باشند؛ بنابراین قضاوت می‌شود که اریبی قابل قبول است.

1-American Association for Laboratory Accreditation

2-Validated

3-Sub-Sample

پ-۳-۴ کنترل دقت

برای اثبات این که آیا دقت درون آزمایشگاهی در محدوده مورد انتظار هست، آزمایشگاه برآوردهایی از انحراف معیار تکرارپذیری با مجموعه ای از ۱۰ تکرار، ایجاد می کند. انحراف معیار نسبی تکرارپذیری برای همه

خوراکها ۵٪ یا کمتر می باشد ( $S_r < 0.05\bar{x}$ ). بنابراین، تصمیم بر این شد که نه تنها تکرارپذیری مورد قبول است، بلکه همان طور که در بند ۷-۳-۲ شرح داده شد، یک تجدیدپذیری تنظیم شده کوچکتری تواند محاسبه شود. انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری تجدید نظر شده در جدول پ-۳ نشان داده شده است.

جدول پ-۳ انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری تنظیم شده

انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری تنظیم شده %	انحراف معیار نسبی تکرارپذیری %	انحراف معیار نسبی بین آزمایشگاهی %	انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری %	خوراکی
۷٫۲	۵٫۰	۵٫۲	۱۱٫۱	میگو
۸٫۴	۵٫۰	۶٫۷	۹٫۲	سبزیجات
۵٫۵	۵٫۰	۲٫۴	۵٫۸	آرد

پ-۳-۵ برقراری وابستگی به قلم آزمون

پ-۳-۵-۱ آماده سازی نمونه ها و اصلاحات مقدماتی

در مطالعه مشترک، مرحله نمونه برداری را مستثنی کرده بود. با در نظر گرفتن این مؤلفه اضافی، آماده سازی نمونه (زیر نمونه برداری، توزین) برآورد می شود یک سهم بیش تر ۳ درصدی به عدم قطعیت استاندارد مرکب (براساس نظر کارشناس) اضافه می کند این سهم در جدول پ-۴ نشان داده شده است.

پ-۳-۵-۲ تغییرات عدم قطعیت با سطح پاسخ

اعتقاد بر این است تجدیدپذیری، تکرارپذیری و سهم اضافه تر مراحل آماده سازی نمونه، تقریباً متناسب با تعداد شمارش صفحه کشت هوازی است. این موضوع، مدلی اساسی به شکل معادله (۱۰) را پیشنهاد می دهد که در آن ضریب  $b$  مساوی با انحراف معیار تجدیدپذیری نسبی تنظیم شده قرارداد می شود و سهم اضافی از نمونه گیری به عنوان یک سهم تناسبی شمرده می شود. این کاملاً معادل رویکرد ساده استفاده شده در بالا، بیان تمامی سهم های عدم قطعیت بصورت عبارات نسبی می باشد.

پ-۳-۶ عدم قطعیت استاندارد مرکب

عدم قطعیت استاندارد مرکب (که به صورت انحراف معیار نسبی بیان شده) برای هر نوع خوراک، در جدول پ-۴ محاسبه شده است.

جدول پ-۴ انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری تنظیم شده

خوراک	انحراف معیار نسبی بین آزمایشگاهی %	انحراف معیار نسبی تکرارپذیری %	سهم های بیشتر در عدم قطعیت استاندارد حاصل از آماده سازی نمونه %	عدم قطعیت استاندارد مرکب (که به عنوان انحراف معیار نسبی بیان می شود) %
میگو	۵۲	۵۰	۳۰	۷۸
سبزیجات	۶۷	۵۰	۳۰	۸۹
آرد	۲۴	۵۰	۳۰	۶۴

پ-۳-۷ عدم قطعیت گسترده

عدم قطعیت گسترده با استفاده از عامل پوشش ۲ محاسبه می شود که سطح اطمینان تقریبی ۹۵٪ را فراهم می کند تا عدم قطعیت های گسترده ۱۵۶٪، ۱۷۸٪ و ۱۲۸٪ را ارائه کند [به صورت درصدی از (تعداد)  $\log_{10}$  مشاهده شده به ترتیب برای میگو، سبزیجات و آرد]

پ-۳-۸ ملاحظات اضافی

نتایج تعداد شمارش شده صفحه کاشت هوازی به صورت قراردادی به شکل  $\log_{10}(\text{count})$  به طور مختصر بیان می شوند. به هر حال، برای یک قلم آزمون مجزا، گزارش یک بازه عدم قطعیت گسترده در واحدهای شمارش CFU اغلب سودمندتر می باشد. برای کمیت هایی با عدم قطعیت در دامنه  $\log_{10}(\text{count})$ ، این کار با محاسبه عدم قطعیت گسترده در دامنه  $\log_{10}$  آن گونه که در بند پ-۳-۷ آمده و پس از آن تبدیل به شمارش CFU، بهتر انجام می شود. این موضوع، می تواند به وسیله محاسبه بازه های عدم قطعیت گسترده، برای مواد آزمون در ۱۵۰ CFU توضیح داده شود. محاسبات مربوط در جدول C-۵ خلاصه شده اند.

جدول پ-۵ انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری تنظیم شده

خوراک	عدم قطعیت استاندارد (انحراف معیار نسبی)	عدم قطعیت گسترده (U) بصورت درصدی از شمارش CFU	$\log_{10}$ از 150 CFU	عدم قطعیت گسترده بصورت $\log_{10}$	بازه عدم قطعیت در شمارش CFU $\log_{10}$	بازه نهایی عدم قطعیت در شمارش CFU
میگو	۷۸	۱۵۶	۲،۱۷۶۱	۰،۳۳۹۵	از ۱،۸۳۶۶ تا ۲،۵۱۵۶	از ۶۸ تا ۳۲۸
سبزیجات	۸۹	۱۷۸	۲،۱۷۶۱	۰،۳۸۷۳	از ۱،۷۸۸۸ تا ۲،۵۶۳۴	از ۶۱ تا ۳۶۶
آرد	۶۴	۱۲۸	۲،۱۷۶۱	۰،۲۷۸۵	از ۱،۸۹۷۶ تا ۲،۴۵۴۶	از ۷۹ تا ۲۸۵

پ-۴ عدم قطعیت برای تعیین فیبر خام

پ-۴-۱ مقدمه:

این روش برای تعیین فیبر خام در فرآورده‌های غذایی حیوانی به کار می‌رود. فیبر خام بصورت مقدار مواد آلی<sup>۱</sup> بدون چربی تعریف می‌شود که در محیط‌های اسیدی و قلیایی حل نمی‌شوند. محتوای فیبر مواد غذایی در بازه ۰.۲٪ تا ۱۲.۱٪ و به صورت کسری از جرم بیان می‌شوند.

پ-۴-۲ محاسبه غلظت فیبر

محتوای فیبر،  $C_{\text{fibre}}$ ، به صورت درصدی از جرم نمونه (که، این کسر جرمی با درصد بیان و در این مثال، با علامت «٪» مشخص شده است) و از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$C_{\text{fibre}} = \frac{(m_{\text{sd}} - m_{\text{sa}}) - (m_{\text{bd}} - m_{\text{ba}})}{m_s} \times 100 \quad (\text{پ-۴})$$

که در آن

$m_s$  جرم نمونه، بر حسب گرم (تقریباً ۱ گرم از نمونه برای تجزیه برداشته می‌شود)؛

$m_{\text{sd}}$  جرم بوته و نمونه بعد از خشک کردن به جرم ثابت، بر حسب گرم؛

$m_{\text{sa}}$  جرم بوته و نمونه بعد از خاکستر شدن، بر حسب گرم؛

$m_{\text{bd}}$  جرم بوته در آزمون خالی<sup>۲</sup> بعد از خشک کردن جرم ثابت، بر حسب گرم؛

$m_{\text{ba}}$  جرم بوته در آزمون خالی بعد از خاکستر شدن، بر حسب گرم؛ می‌باشند.

نمودار جریانی که مراحل اصلی در این روش را شرح داده، در شکل پ-۱ ارائه شده است.

پ-۴-۳ داده های مطالعه مشترک

این روش مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۴۴۲، موضوع یک آزمایش مشترک بوده است. در این آزمایش، ۵ ماده خوراکی متفاوت که غلظت‌های متفاوتی از چربی و فیبر را نمایندگی می‌کردند، مورد تحلیل قرار گرفتند. شرکت کننده‌ها در آزمایش، تمامی مراحل روش را که شامل آسیاب نمودن نمونه‌ها هم می‌شد، انجام دادند. برآوردهای تکرارپذیری و تجدیدپذیری حاصل از آزمایش، در جدول پ-۶ ارائه شده‌اند.

1-Organic

۲-Blank Test یا آزمون خالی شامل استفاده کردن از یک بوته خالی و انجام تمام مراحل روش (بدون نمونه) است.

## جدول پ-۶ داده‌های مطالعه مشترک برای فیبر خام

ماده آزمون	میانگین محتوای فیبر %	انحراف معیار تجدید پذیری (S <sub>R</sub> ) %	انحراف معیار نسبی تجدید پذیری %	انحراف معیار تکرار پذیری (S <sub>r</sub> ) %
A	۲/۳	۰/۲۹۳	۰/۱۲۷	۰/۱۹۸
B	۱۲/۱	۰/۵۶۳	۰/۰۴۶۵	۰/۳۵۸
C	۵/۴	۰/۳۹۰	۰/۰۷۲۲	۰/۲۶۴
D	۳/۴	۰/۳۴۷	۰/۱۰۲	۰/۲۳۲
E	۱۰/۱	۰/۵۷۵	۰/۰۵۶۹	۰/۳۹۱

## پ-۴-۴ کنترل اریبی

برای اثبات این که آیا اریبی آزمایشگاه در محدوده مورد انتظار هست، آزمایشگاه یک مطالعه مقایسه‌ای با یک ماده مرجع گواهی شده با روش مورد سوال، انجام می‌دهد (ضرورت این امر به این دلیل است که اندازه‌دهی با ارجاع به یک روش تحلیلی خاص تعریف شده است). مقدار گواهی شده  $(9.3\%)$   $93 \text{ g/kg} \pm 14 \text{ g/kg}$  می‌باشد. آزمایشگاه،  $9.16\%$  را، مطابق با اریبی آزمایشگاه  $\Delta_t = -0.14\%$ ، به دست می‌آورد. این مقدار بخوبی در بازه‌ای که از انحراف معیار تجدیدپذیری در سطحی نزدیک به  $9\%$  انتظار می‌رود، قرار می‌گیرد. عدم قطعیت استاندارد در مقدار گواهی شده تقریباً  $0.107 \text{ g/kg}$  می‌باشد ( $0.17\%$  به صورت کسر جرمی)؛ این مقدار در مقایسه با انحراف معیار تجدیدپذیری در سطوح فیبر مشابه در جدول پ-۶، کوچک می‌باشد. بنابراین، می‌توان قضاوت کرد که اریبی قابل قبول است.

## پ-۴-۵ کنترل دقت

به‌عنوان بخشی از تصدیق آزمایشگاهی روش، آزمایش‌هایی برای ارزیابی تکرارپذیری (دقت درون گروهی<sup>۱</sup>) بر روی مواد خوراکی با غلظت‌های فیبر مشابه با بعضی از نمونه‌های تحلیل شده در آزمایش مشترک، انجام پذیرفت. نتایج در جدول پ-۷ خلاصه شده‌اند. مقایسه با جدول پ-۶ نشان می‌دهد که آزمایشگاه، دقتی بسیار مشابه با آنچه که در مطالعه مشترک یافت شد، به دست آورده است.



## جدول پ-۷ داده‌های تکرارپذیری برای مواد آزمون فیبر خام

ماده آزمون	میانگین محتوای فیبر یافته شده	انحراف معیار تکرارپذیری ( $S_r$ )
	%	%
F	۳٫۰	۰٫۱۹۸
G	۵٫۵	۰٫۲۶۴
H	۱۲٫۰	۰٫۳۵۸

## پ-۴-۶ تغییرات عدم قطعیت با سطح پاسخ

انحراف معیارهای تجدیدپذیری و تکرارپذیری در جدول پ-۶، آشکارا با سطح فیبر خام افزایش پیدا می‌کنند. به هر حال، شواهدی از وجود یک روند در انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری وجود دارند که مدل ساده تناسبی را نامناسب می‌کند. از این رو در عوض، آزمایشگاه مبنا را عدم قطعیت در سطوح مشاهده شده مختلفی از فیبر در تجدیدپذیری یافته شده در سطوح مشابه در مطالعه مشترک انتخاب می‌کند. برای مثال، برای سطوح فیبر در حد ۲٫۵٪ یا پائین تر (کسر جرمی)، انحراف معیار تجدیدپذیری ۰٫۲۹٪ (کسر جرمی) از جدول پ-۶ انتخاب شده است.

## پ-۴-۷ عوامل اضافی

آزمایشگاه مطالعات تجربی و دیگری را در مورد کمیت‌های اثر گذار مختلف بر روی نتایج برای مواد آزمون نوعی انجام داده است. برآوردهای عدم قطعیت به دست آمده، در جدول پ-۸ نشان داده شده‌اند. هیچ‌یک از سهم‌ها به غیر از تاثیر خشک کردن تا جرم ثابت قابل ملاحظه نیستند. عدم قطعیت مرتبط با این بخش از فرآیند، از ویژگی جرم ثابت که توسط آزمایشگاه مقرر شده، بدست آمده است. «جرم ثابت» در روش استاندارد تعریف نشده است و آزمایشگاه استفاده از یک روش با زمان خشک کردن ثابت را انتخاب می‌کند که نشان می‌دهد نتیجه نهایی جرم در محدوده ۰٫۰۲ گرم، جرم حاصل از خشک کردن طولانی است. تقسیم کردن بیشینه این انحراف برآورد زده شده بر  $\sqrt{3}$ ، با فرض این که یک گرم از نمونه برای تجزیه برداشته شده است، منتج به عدم قطعیت برآورد شده ۰٫۱۱۵٪ (کسر جرمی) فیبر می‌شود.

جدول پ-۸ اثر کمیت‌های تاثیر گذار بر روی تعیین فیبر خام

منبع اطلاعات	عدم قطعیت مرتبط که به صورت انحراف معیار تکرار پذیری بیان می‌شود	عدم قطعیت استاندارد	مقدار	منبع عدم قطعیت
گواهینامه کالیبراسیون	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۲۰g	۱/۰g	جرم نمونه
داده‌های منتشر شده در مورد تغییر در محتوای فیبر با غلظت اسید	۰/۰۰۰۳۰	-	-	غلظت اسید
داده‌های منتشر شده در مورد تغییر محتوای فیبر با غلظت باز	۰/۰۰۰۴۸	-	-	غلظت باز
داده‌های منتشر شده در مورد تغییر در محتوای فیبر با زمان هضم	۰/۰۰۰۹۰	-	-	زمان هضم اسید
داده‌های منتشر شده در مورد تغییر در محتوای فیبر با زمان هضم	۰/۰۰۰۷۲	-	-	زمان هضم باز
ویژگی‌های آزمایشگاه از جرم ثابت	-	۰/۰۰۱۱۵g	-	خشک کردن تا جرم ثابت
داده‌های منتشر شده (زمانی که تغییر دما و زمان خاکستر شدن و هیچ تغییر چشم‌گیری در محتوای فیبر بوجود نیامورد)	-	ناچیز	-	دما و زمان خاکستر شدن
مطالعات تجربی	-	ناچیز	-	کاهش جرم بعد از خاکستر شدن در طی آزمون خالی

پ-۴-۸ عدم قطعیت استاندارد مرکب

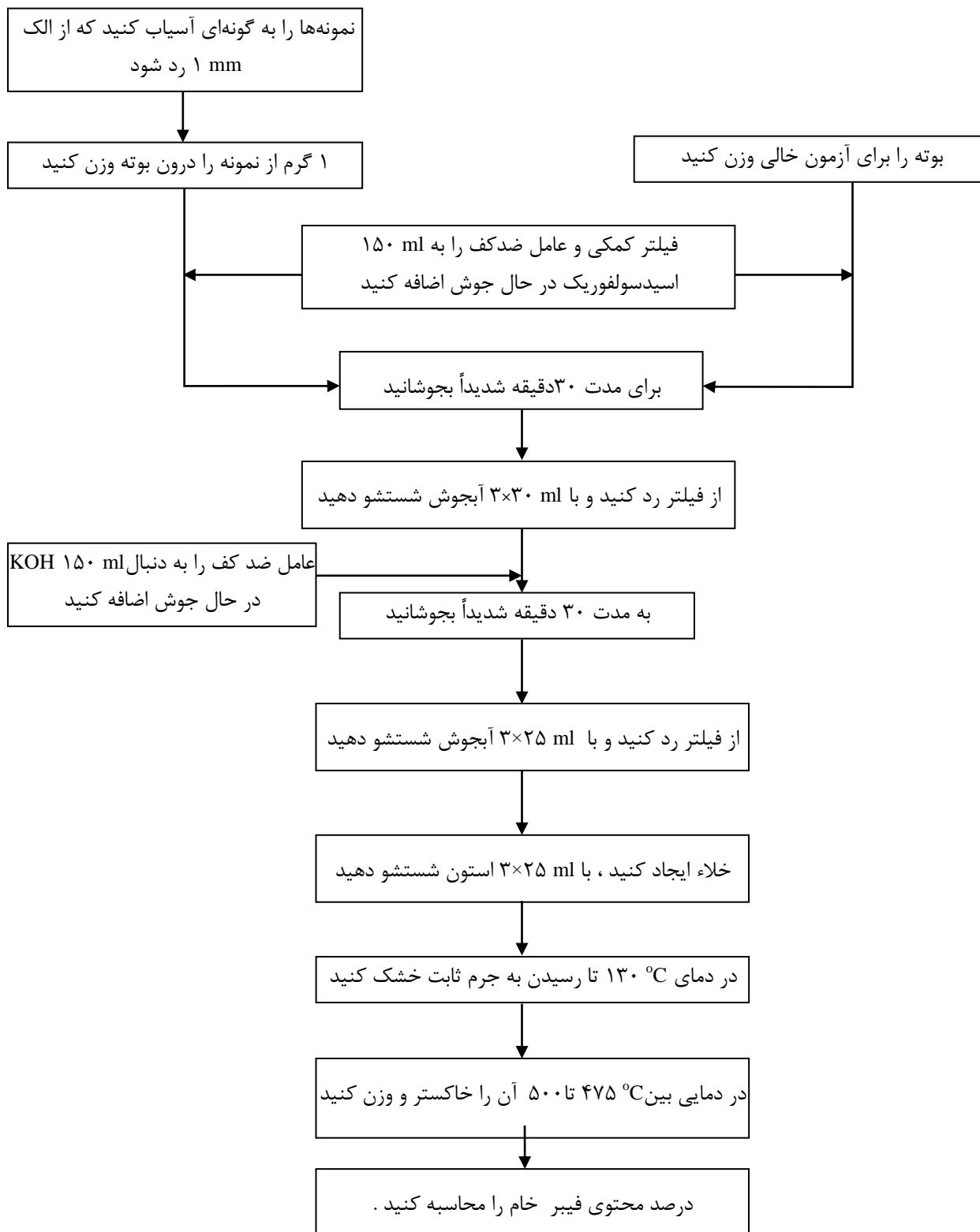
از آنجا که عدم قطعیت مرتبط با خشک کردن تا جرم ثابت متناسب با سطح فیبر خام نیست، تطبیق یک مدل تناسبی ساده، برای برآورد عدم قطعیت امکان‌پذیر نیست. در عوض، بهتر است که عدم قطعیت مرتبط با سطوح نوعی فیبر خام برآورد شود. جدول پ-۹ عدم قطعیت‌های برآورد شده در سطوح ارایه شده در جدول پ-۹ نشان داده شده‌اند.

جدول پ-۹ انحراف معیار نسبی تجدیدپذیری تنظیمشده

محتوای فیبر %	انحراف معیار تجدیدپذیری %( $S_R$ )	سهم اضافی از خشک کردن %	عدم قطعیت استاندارد مرکب %( $u(y)$ )
مساوی یا کمتر از ۲٫۵	۰٫۲۹۳	۰٫۱۱۵	۰٫۳۱
۲٫۵ تا ۵	۰٫۳۹۰	۰٫۱۱۵	۰٫۴۱
۵ تا ۱۰	۰٫۵۷۵	۰٫۱۱۵	۰٫۵۹

پ-۴-۹ عدم قطعیت گسترده

عدم قطعیت گسترده با استفاده از عامل پوشش ۲ که سطح اطمینان تقریبی ۹۵٪ را فراهم می‌کند محاسبه می‌شود تا عدم قطعیت‌های گسترده ۰٫۶٪، ۰٫۸٪ و ۱٫۲٪ را به ترتیب برای گستره‌های محتوای فیبر مختلف در جدول پ-۹ ارائه کند.



شکل پ-۱ عملیات برآورد فیبر خام

## کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ۱۷۰۲۵ : سال ۱۳۸۶ ، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه های آزمون و کالیبراسیون
- [۲] استاندارد ملی ۱۷۰۴۳ : سال ۱۳۹۳ ، ارزیابی انطباق - الزامات عمومی آزمون مهارت
- [3] ISO 3534-1, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability
- [4] ISO 3534-2:2006, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics
- [5] ISO 3534-3, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 3: Design of experiments
- [6] ISO 5725-1:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions
- [7] ISO 5725-2:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- [8] ISO 5725-3:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method
- [9] ISO 5725-4:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 4: Basic methods for the determination of the trueness of a standard measurement method
- [10] ISO 5725-5:1998, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of a standard measurement method
- [11] ISO 5725-6:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 6: Use in practice of accuracy values
- [12] ISO/TR 7871:1997, Cumulative sum charts — Guidance on quality control and data analysis using CUSUM techniques
- [13] ISO 8258:1991, Shewhart control charts
- [14] ISO 10576-1, Statistical methods — Guidelines for the evaluation of conformity with specified requirements — Part 1: General principles
- [15] ISO 11648 (all parts), Statistical aspects of sampling from bulk materials
- [16] ISO Guide 33, Uses of certified reference materials
- [17] ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [18] ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)
- [19] AFNOR FD X07-021 (October 1999), Normes fondamentales — Métrologie et applications de la statistique — Aide à la démarche pour l'estimation et l'utilisation de l'incertitude des mesures et des résultats d'essais

- [21] European Directive 70/220, Measures to be taken against air pollution by emissions from motor vehicles
- [22] KAARLS, R. Proc.-Verbal Com. Int. Poids et Mesures, 49, BIPM, 1981, pp. A.1-A.12  
References for Example C.2
- [23] Analytical Methods Committee. Analyst, 118, 1993, p. 1217
- [24] SHURE, B., CORRAO, P.A., GLOVER, A. and MALINOWSKI, A.J. J. AOAC Int., 65, 1982, p. 1339
- [25] KING-BRINK, M. and SEBRANEK J.G. J. AOAC Int., 76, 1993, p. 787
- [26] BREESE JONES, D. US Department of Agriculture Circular No. 183 (August 1931)  
References for Example C.3
- [27] Official Methods of Analysis, 18th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, 2007
- [28] METTLER, D. and THOLEN, D. A2LA Guidance Document G108 — Guidelines for Estimating Uncertainty for Microbiological Counting Methods . American Association for Laboratory Accreditation, 2007