



LAB 48

Edition 3 June 2020

Decision Rules and Statements of Conformity

قواعد تصمیم‌گیری و بیانیه‌های انطباق

ترجمه:

prowindingtech_admin

"LAB 48: Decision Rules and Statements of Conformity – Edition 3, June 2020"

LAB 48 نسخه سوم، ژوئن ۲۰۲۰

قواعد تصمیم‌گیری و بیانیه‌های انطباق

خدمات اعتباربخشی بریتانیا (UKAS)

2 Pine Trees, Chertsey Lane, Staines-upon-Thames, TW18 3HR

وبسایت: www.ukas.com

ایمیل درخواست‌های انتشارات: UKASPublications@ukas.com

© خدمات اعتباربخشی بریتانیا. تمام حقوق مادی و معنوی متعلق به UKAS است.

فهرست مطالب

مقدمه	۲
مثال ۱: روش آزمون «معتبرشده»	۳
مثال ۲: سناریوی آزمون بدون عدم قطعیت	۴
مثال ۳: مشتری درخواست می‌کند که عدم قطعیت نادیده گرفته شود	۵
مثال ۴: استاندارد آزمون به عدم قطعیت اندازه‌گیری اشاره‌ای ندارد	۶
مثال ۵ تا ۱۴: انواع محدودیت‌های تلورانسی و قواعد تصمیم‌گیری	۷ تا ۱۴
پیوست A: واژه‌نامه	۱۵
پیوست B: نتایج اندازه‌گیری و مشخصات	۱۶
پیوست C: احتمال انطباق و ریسک	۱۸
پیوست D: ضریب باند حفاظتی kw	۲۰
پیوست E: مشکل قواعد تصمیمی که عدم قطعیت اندازه‌گیری را در نظر نمی‌گیرند	۲۰
اسناد مرجع	۲۰

مقدمه

الزامات عمومی که آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون باید برای اثبات عملکرد در یک سیستم کیفیت، صلاحیت فنی و توانایی ارائه نتایج فنی معتبر رعایت کنند، در استاندارد بین‌المللی ISO/IEC 17025:2017 درج شده‌اند. این استاندارد بین‌المللی مبنای اعتباربخشی بین‌المللی آزمایشگاه‌هاست و در مواردی که اختلاف تفسیر وجود داشته باشد، همواره سند مرجع به شمار می‌آید.

راهنمایی‌های تکمیلی در راستای اعتباربخشی، از سوی ILAC در قالب الزامات سیاستی و راهنماها ارائه می‌شوند. به‌طور خاص، سند ILAC G8:09/2019 با عنوان «راهنمای قواعد تصمیم‌گیری و بیانیه‌های انطباق»، مروری دارد بر الزامات بیان‌شده در استاندارد ISO/IEC 17025:2017 که مربوط به بیانیه‌های انطباق هستند (که در این سند تکرار نشده‌اند) و تشریح می‌کند چگونه می‌توان قواعد تصمیم‌گیری خاصی را انتخاب کرد و چگونه باید عدم قطعیت را – به‌صورت «مستقیم» یا «غیرمستقیم» – در نظر گرفت. این راهنما همچنین شامل تعداد محدودی مثال‌های کاربردی است.

هدف بیان‌شده ILAC G8 این است که «مروری ارائه دهد برای ارزیابان، آزمایشگاه‌ها، قانون‌گذاران و مشتریان در خصوص قواعد تصمیم‌گیری و انطباق با الزامات. این سند وارد جزئیات آماری و ریاضیاتی نمی‌شود، بلکه خواننده را به منابع مرتبط ارجاع می‌دهد. به این معنا که برخی آزمایشگاه‌ها، پرسنل آنها و مشتریان‌شان ممکن است نیاز داشته باشند دانش خود را درباره ریسک قواعد تصمیم و آمارهای مرتبط ارتقا دهند.» این سند راهنمایی UKAS تحت عنوان LAB 48 نیز برای پشتیبانی از همین فرآیند تدوین شده است.

مطالب ارائه‌شده در این سند بسیار متنوع‌اند، اما قصد آن پوشش همه سناریوهای ممکن تصمیم‌گیری نیست؛ بلکه هدف، نمایش اصول گوناگون است. با توجه به ماهیت متنوع سناریوهای عملی تصمیم‌گیری در انطباق، ساختار مثال‌ها نیز به‌طور عمدی متنوع در نظر گرفته شده است.

بدنه اصلی این سند با چندین مثال آغاز می‌شود که به سناریوهای فرضی گوناگون قواعد تصمیم‌گیری می‌پردازد. مثال‌های بعدی نشان می‌دهند چگونه می‌توان احتمال انطباق و ریسک‌های خاص را در موقعیت‌های مختلف محاسبه کرد و چگونه می‌توان قواعد تصمیم‌گیری مناسب را تعریف نمود.

در پایان، چند پیوست ارائه شده‌اند که شامل واژه‌نامه‌ای از اصطلاحات به‌کار رفته در مثال‌های اصلی، و مروری بر چگونگی محاسبه احتمال انطباق و ریسک با استفاده از توابع استاندارد اکسل در شرایطی است که عدم قطعیت اندازه‌گیری با تابع چگالی احتمال گاوسی (یا توزیع t) توصیف شده باشد (رویکرد مشابه برای سایر توزیع‌ها نیز معتبر است). هرچند، همان‌گونه که در ادامه خواهید دید، ارزیابی احتمال و ریسک اغلب به‌طور معمول موردنیاز نیست.

◆ مثال ۱: استاندارد آزمون یک روش «معتبرشده» است

برخی از انواع آزمون‌ها با استفاده از آنچه به عنوان «روش یا رویه معتبرشده» شناخته می‌شود، انجام می‌گردند. این روش‌ها از نظر میزان استواری و دقت، بسیار متفاوت‌اند. مثلاً از روش‌های تحلیلی کاملاً معتبرشده (مثل آن‌هایی که از ISO 5725 پیروی می‌کنند) گرفته تا روش‌های «مورد قبول در صنعت» (مثلاً بر پایه هنجارهای پذیرفته‌شده موردی).

میزان دخالت عدم قطعیت در یک روش یا استاندارد ممکن است مشخص و صریح باشد؛ برای مثال، ممکن است عدم قطعیت روش ذکر شده باشد که تنها کافی است با عوامل خاص آزمایشگاه ترکیب شده و عدم قطعیت نهایی اندازه‌گیری به دست آید. در چنین مواردی، تصمیم‌گیری درباره چگونگی در نظر گرفتن عدم قطعیت اندازه‌گیری معمولاً روشن است.

برای نمونه، در حوزه آزمون‌های محیط‌زیستی تحت نظارت (مانند آزمون خاک و آب طبق MCERTS)، عدم قطعیت اندازه‌گیری معمولاً از طریق ویژگی‌های عملکرد تعریف‌شده برای دقت (تکرارپذیری و/یا تجدیدپذیری) و بایاس (روش و/یا آزمایشگاه) که طی فرآیند اعتبارسنجی شناسایی شده‌اند، لحاظ می‌شود و این‌ها مؤلفه‌های اصلی عدم قطعیت در آن روش‌ها هستند.

در مقابل، در برخی شرایط دیگر (مثل آزمون‌های انتشار از دودکش طبق MCERTS)، ارزیابی دقیق‌تری از عدم قطعیت موردنیاز است و در این‌جا نیاز به تصمیم‌گیری درباره انطباق با استاندارد با گزارش صرف نتایج (یعنی مقدار اندازه‌گیری‌شده به همراه عدم قطعیت ارزیابی‌شده دقیق) و ذکر مقدار حد مجاز مربوطه برطرف می‌شود.

در معنایی کلی‌تر، این رویکرد اخیر این مزیت را دارد که مشتری می‌تواند در زمان دلخواه خود درباره پذیرش یا رد نتیجه تصمیم بگیرد، بدون اینکه تصمیم نهایی در گزارش آزمون یا کالیبراسیون درج شود.

در سایر موارد، ممکن است هیچ اشاره‌ای به عدم قطعیت در استاندارد نشده باشد؛ در چنین حالتی، آزمایشگاه باید مشخص کند که آیا مشتری خواهان در نظر گرفتن مستقیم عدم قطعیت هست یا خیر – که می‌توان از رویکرد توصیف‌شده در پیوست C و نمونه‌های بعدی بهره گرفت.

در عوض، ممکن است مشتری بخواهد که به‌صورت غیرمستقیم عدم قطعیت لحاظ شود – همان‌طور که در چند مثال بعدی نشان داده خواهد شد.

◆ مثال ۲: سناریوی آزمون بدون عدم قطعیت در نتیجه

در برخی سناریوهای آزمون، نتیجه آزمون بدون عدم قطعیت است. بلکه نتیجه تحت تأثیر شرایطی است که آزمون تحت آن‌ها انجام می‌شود – و این شرایط خودشان دارای عدم قطعیت اندازه‌گیری هستند.

برای مثال، فرض کنید بسته‌بندی یک بطری شیشه‌ای حساس برای حمل و نقل باید آزمون شود. بطری شیشه‌ای داخل بسته قرار می‌گیرد و سپس تحت شرایط مشخص شده از ارتفاع رها می‌شود. پس از آن، بطری باز شده و برای آسیب‌دیدگی بررسی می‌شود.

مشخصات آزمون برای یک بطری شیشه‌ای بسته‌بندی شده:

بطری باید هنگام رها شدن در شرایط زیر، سالم باقی بماند: ارتفاع h بین ۰/۹۹ تا ۱/۰۵ متر، دما T بین ۱۸ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد.

قاعده تصمیم‌گیری:

چندین قاعده می‌توان تعریف کرد که عدم قطعیت اندازه‌گیری (که قبلاً توسط آزمایشگاه ارزیابی شده است) را لحاظ کند. برای مثال:

✓ «قبول» اگر بطری نشکسته باشد و شرایط آزمون با معیار پذیرش ساده برای h و T مطابقت داشته باشد
(یعنی: $0.99 \text{ m} \leq h \leq 1.05 \text{ m}$ و $18^\circ\text{C} \leq T \leq 23^\circ\text{C}$)
به شرطی که $u(h) \leq 0.5 \text{ cm}$ و $u(T) \leq 0.5^\circ\text{C}$

✗ «رد» در غیر این صورت

م توجه: همان‌طور که نشان داده شد، قاعده تصمیم‌گیری به اصطلاح «پذیرش ساده» به این معناست که بازه پذیرش = بازه تلورانس. اما این قاعده، به تنهایی قاعده تصمیم‌گیری به حساب نمی‌آید (طبق تعریف در ISO/IEC 17025:2017)، زیرا عدم قطعیت به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در نظر گرفته نشده است (رجوع شود به پیوست E).

همچنین این قاعده می‌تواند بر پایه احتمال انطباق برای شرایط آزمون تعریف شود. مثلاً:

✓ «قبول» اگر بطری نشکسته باشد و احتمال انطباق $pc > 99\%$ برای شرایط آزمون h و T باشد.

✗ «رد» در غیر این صورت.

(روش محاسبه pc در پیوست C توضیح داده شده است)

♦ مثال ۳: سناریویی که مشتری از آزمایشگاه می‌خواهد «عدم قطعیت نادیده گرفته شود»

ممکن است مشتری از آزمایشگاه بخواهد که تصمیم انطباق را بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت اتخاذ کند.

اما گزارش تحت اعتبار نمی‌تواند طبق ISO/IEC 17025:2017 یا ILAC-G8:09/2019 چنین تصمیمی را شامل شود، زیرا این اسناد الزام می‌کنند که عدم قطعیت در تصمیم‌گیری انطباق لحاظ شود – مستقیم یا غیرمستقیم. (رجوع شود به پیوست E)

بنابراین آزمایشگاه باید روشن کند که مشتری چگونه مایل است ادامه کار انجام شود.

خوشبختانه، بیشتر مشتریان در عمل انتظار ضمنی یا نانوشته‌ای از «قابلیت اعتماد» اندازه‌گیری دارند. آیا واقعاً با عدم قطعیتی به اندازه ۱۰ یا ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ برابر مشخصات موافق‌اند؟ احتمالاً نه!

مثال عددی:

فرض کنید آزمایشگاه درخواست تست مقاومت پارگی یک نخ را دریافت می‌کند. مشتری می‌گوید که نخ باید تا نیروی N_{10} سالم بماند و از آزمایشگاه می‌خواهد که چون در استاندارد اشاره‌ای به عدم قطعیت نشده، آن را نادیده بگیرند.

آزمایشگاه طی بررسی قرارداد توضیح می‌دهد که برای گزارش تحت اعتبار، نمی‌تواند عدم قطعیت را نادیده بگیرد. آزمایشگاه همچنین توضیح می‌دهد که عدم قطعیت بار اعمالی که از قبل تعیین شده است، بهتر از $N_{0.1}$ است (با $k = 2$ ، حدود ۹۵٪ پوشش).

برای کاهش ریسک پذیرش نادرست، آزمایشگاه پیشنهاد می‌دهد که نیروی اندازه‌گیری‌شده را $N_{10.1}$ انتخاب کند.

مشتری تأیید می‌کند که با انتخاب آزمایشگاه معتبر، انتظار داشته که عدم قطعیت مناسب در نظر گرفته شود و خواهان تصمیم‌گیری دوتایی (قبول/رد) است.

بنابراین نتیجه نهایی:

- مشخصات توافق‌شده و گزارش‌شده: نخ باید تحت بار $N_{10.1}$ سالم بماند
- قاعده تصمیم‌گیری توافق‌شده و گزارش‌شده:
✓ «قبول» اگر نخ تحت بار اعمالی $N_{10.1}$ سالم بماند و عدم قطعیت گسترده بار اندازه‌گیری‌شده $N_{0.1} \geq$ باشد ($k = 2$)

تصمیم‌های گزارش‌شده:

- نخ تحت بار N ۱۰/۱ سالم ماند: ✓ قبول
- نخ آسیب دید: ✗ رد

محاسبات:

احتمال انطباق:

$$p_c = 1 - \text{NORM.DIST}(10, 10.1, 0.1/2, \text{TRUE}) = 0.97725$$

$$\% (PFA) = 1 - p_c = 2.3 \quad \text{احتمال پذیرش نادرست}$$

♦ مثال ۴: استاندارد آزمون به عدم قطعیت اندازه‌گیری اشاره‌ای ندارد

بسیار رایج است که یک استاندارد آزمون، هیچ اشاره‌ای به عدم قطعیت اندازه‌گیری نداشته باشد. دلایل مختلفی ممکن است برای این امر وجود داشته باشد:

- ممکن است استاندارد مربوط به زمانی قبل از انتشار (1995) GUM و فراگیر شدن چارچوب «عدم قطعیت» باشد؛
- نویسندگان استاندارد ممکن است بنا به دلایلی تصمیم گرفته باشند که الزامات یا فرضیات مربوط به عدم قطعیت را ذکر نکنند؛
- یا شاید استاندارد دارای نقص باشد.

در هر صورت، استاندارد ISO/IEC 17025:2017 و راهنمای ILAC-G8:09/2019 الزام می‌کنند که عدم قطعیت اندازه‌گیری، چه به صورت مستقیم و چه غیرمستقیم، در نظر گرفته شود (حداقل برای آنکه تصمیم انطباق از ردیابی متروژیکی برخوردار باشد).

در نگاه اول ممکن است این یک چالش به نظر برسد، اما موقعیت مشابه است با مثال قبلی که مشتری از آزمایشگاه می‌خواهد عدم قطعیت نادیده گرفته شود.

مثال عددی:

فرض کنید یک آزمایشگاه خواسته می‌شود که کالیبراسیونی را مطابق با استاندارد «ABC123» انجام دهد. این استاندارد یک سلسله‌مراتب تجهیزات را تعریف کرده و الزامات «دقت» تجهیز را با اصطلاح «خطای مجاز حداکثری» بیان می‌کند ولی به عدم قطعیت اشاره‌ای ندارد.

مشتری می‌گوید چون در استاندارد اشاره‌ای به عدم قطعیت نیست، مایل است آزمایشگاه آن را نادیده بگیرد.

در بررسی قرارداد، آزمایشگاه پاسخ می‌دهد که قادر است الزامات «دقت» را رعایت کند و اندازه‌گیری‌های لازم را انجام دهد، اما برای آنکه نتایج تحت اعتبار گزارش شوند، عدم قطعیت اندازه‌گیری نمی‌تواند نادیده گرفته شود.

آزمایشگاه توضیح می‌دهد که در برخی موارد، حتی اگر تجهیز آزمایشگاهی باقیمانده خطا (residual error) را در محدوده استاندارد حفظ کند، ممکن است به دلیل عواملی مثل رانش (drift) یا اثرات جانبی دیگر، عدم قطعیت کل از مشخصات بیشتر شود - و این باعث افزایش احتمال پذیرش نادرست می‌گردد.

با این حال، آزمایشگاه در این مثال اعلام می‌کند که عدم قطعیت اندازه‌گیری آن، بیشتر از دقت تعریف‌شده در استاندارد نیست. سپس مقدار عدم قطعیت گسترده ($k = 2$ ، با پوشش ۹۵٪) را برای هر اندازه‌گیری به مشتری اعلام می‌کند.

مشتری تأیید می‌کند که این مقادیر عدم قطعیت برای کاربرد وی مناسب هستند و درخواست تصمیم‌گیری دوتایی (قبول/رد) دارد.

✓ مشخصات توافق‌شده و گزارش‌شده:

کالیبراسیون و تلورانس‌ها طبق الزامات دقت استاندارد ABC123.

✓ قاعده تصمیم‌گیری توافق‌شده و گزارش‌شده:

«قبول» زمانی است که تجهیز با الزامات دقت در استاندارد آزمون تطابق داشته باشد و عدم قطعیت اندازه‌گیری گسترده ($k = 2$ ، برای احتمال پوشش تقریبی ۹۵٪) از حد دقت ذکرشده در جدول X استاندارد ABC123 تجاوز نکند.

◆ مثال ۵: محدودیت تلورانس دوطرفه، قاعده تصمیم‌گیری $p_c \geq 95\%$:

مشتری برای یک ترنس‌دیوسر فشار ۲ مگاپاسکال چنین مشخص کرده:
«خطاهای کالیبراسیون نباید بیشتر از ۰/۵٪ از مقدار کامل مقیاس باشند»
اما قاعده تصمیم‌گیری خاصی تعریف نکرده است.

آزمایشگاه قاعده زیر را پیشنهاد می‌کند:

قاعده تصمیم‌گیری:

در هر نقطه فشار اندازه‌گیری‌شده، وقتی احتمال انطباق $\leq 95\%$ باشد، نتیجه به صورت «قبول» گزارش شود. در غیر این صورت، «رد»

✓ مشخصات:

خطای کالیبراسیون نباید بیشتر از $\pm 0.5\%$ FS برای مقیاس ۲ MPa باشد.

✓ قاعده تصمیم‌گیری:

در هر نقطه فشار اندازه‌گیری‌شده، اگر احتمال انطباق $\leq 95\%$ باشد → «قبول»، در غیر این صورت → «رد»

✓ عدم قطعیت اندازه‌گیری برای خطا e:

$U(e) = 0.004 \text{ MPa} = 0.2\%$ FS، با ضریب پوشش $k = 2$ ، تقریباً ۹۵٪

نتایج کالیبراسیون نمونه:

فشار نشان داده شده (MPa)	خطا (FS) (%)	تصمیم	احتمال انطباق
1.995	0.25	قبول	0.994
1.494	0.30	قبول	0.977
0.993	0.35	رد	0.933
0.492	0.40	رد	0.841
0.083	0.35	رد	0.933
-0.006	0.30	قبول	0.977

برای مثال اول، احتمال انطباق مطابق فرمول زیر محاسبه شده است:

$$p_c = \text{NORM.DIST}(0.5, 0.25, 0.1, \text{TRUE}) - \text{NORM.DIST}(-0.5, 0.25, 0.1, \text{TRUE}) = 0.994$$

(جوع شود به پیوست C)

♦ مثال ۶: محدودیت تلورانس یک طرفه پایین (طبق JCGM106 بند ۷/۳/۳ مثال ۲)

یک مخزن فلزی با استفاده از فشار آب به صورت مخرب (تخریبی) تست می‌شود تا استحکام ترکیدگی (B) آن اندازه‌گیری شود.

مقدار اندازه‌گیری شده (بهترین تخمین):

$$b = 509.7 \text{ kPa}$$

عدم قطعیت استاندارد $u = 8.6 \text{ kPa}$:

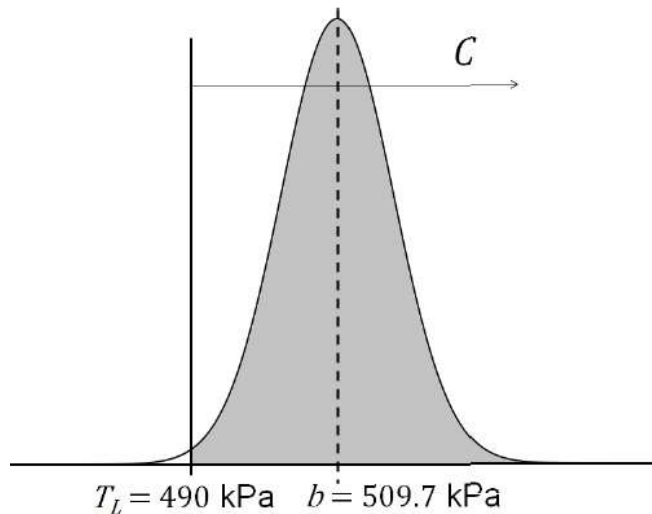
مشخصات $B \geq 490 \text{ kPa}$: (حد پایین تلورانس)

محاسبه احتمال انطباق:

$$p_c = 1 - \text{NORM.DIST}(490, 509.7, 8.6, \text{TRUE}) = 0.99 \text{ (یعنی ۹۹\%)}$$

در صورت پذیرش، احتمال پذیرش نادرست: (PFA)

$$\%PFA = 1 - p_c = 1$$



✓ قواعد تصمیم‌گیری ممکن:

- «قبول» زمانی که $p_c \geq 95\%$ ؛ در غیر این صورت «رد»
- یا: «قبول» وقتی $PFA \leq 5\%$ ؛ در غیر این صورت «رد»

■ گزارش نتیجه:

- «قبول، با احتمال انطباق ۹۹٪ که معیار $p_c \geq 95\%$ را برآورده می‌کند»
- یا: «قبول، با احتمال پذیرش نادرست ۱٪ که معیار $PFA \leq 5\%$ را برآورده می‌کند»

! اگر مقدار $b = 495.2 \text{ kPa}$ باشد:

$$p_c = 1 - \text{NORM.DIST}(490, 495.2, 8.6, \text{TRUE}) = 0.73$$

■ گزارش:

«رد، چون احتمال انطباق تنها ۷۳٪ است که معیار پذیرش را برآورده نمی‌کند»

◆ مثال ۷: محدودیت تلورانس یک‌طرفه بالا (JCGM106 بند ۷/۳/۳ مثال ۱)

اندازه‌گیری ولتاژ شکست (V_b) یک دیود زبر:

$$v_b = -5.47 \text{ V}$$

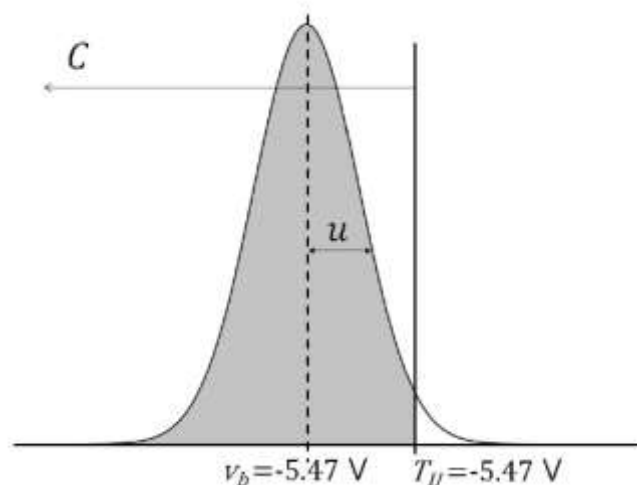
$$u = 0.05 \text{ V}$$

مشخصات ($V_b \leq -5.40 \text{ V}$): (حد بالای مجاز)

✎ احتمال انطباق:

$$p_c = \text{NORM.DIST}(-5.4, -5.47, 0.05, \text{TRUE}) = 0.92$$

$$\%PFA = 1 - p_c = 8$$



✓ قاعده تصمیم‌گیری ممکن:

- «قبول» اگر $PFA \leq 5$ (یا $pc \geq 0.95$)
- «رد» اگر $PFA \geq 10$ (یا $pc \leq 0.90$)
- در غیر این صورت: «نامشخص»

■ گزارش:

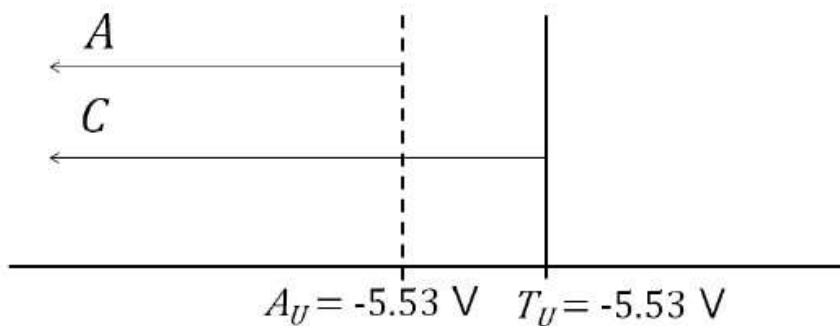
«نامشخص، چون احتمال انطباق ۰/۹۲ است و نه به حد پذیرش (۰/۹۵) و نه به حد رد (۰/۹۰) می‌رسد»

◆ مثال ۸: محدودیت تلورانس یک‌طرفه بالا، قاعده: قبول اگر $PFA \leq PFA_{max}$

در آزمون ولتاژ شکست دیود زبر، فرض کنید حداکثر PFA مجاز ۰/۵٪ است.
با $u = 0.05 \text{ V}$ ، حد پذیرش بالا (AU) محاسبه می‌شود:

$$kw = \text{NORM.S.INV}(1 - 0.005) = 2.58$$

$$AU = TU - kw \times u = -5.4 - 2.58 \times 0.05 = -5.53 \text{ V}$$



باند حفاظتی بین ۵/۵۳ - و ۵/۴ - قرار دارد.

در آزمون‌ها:

اگر $\rightarrow -5.53 \leq vb$ «قبول»

در غیر این صورت: «رد»

■ گزارش نمونه:

- «قبول، چون مقدار اندازه‌گیری شده از حد پذیرش بالا تجاوز نمی‌کند»
- یا: «قبول، با $PFA \leq 0.5\%$ »

◆ مثال ۹: محدودیت تلورانس یک‌طرفه بالا، قاعده: قبول اگر $PFA \leq PFA_{max}$

یک دستگاه خردکن شاخه تا قطر ۵۰ میلی‌متر طراحی شده است، ولی مالک نمی‌خواهد بیشتر از ۱۰٪ مواقع شاخه‌های بزرگ‌تر وارد دستگاه شوند.

ابزار اندازه‌گیری کولیس: با $u = 5 \text{ mm}$

حد تلورانس: $TU = 50 \text{ mm}$

حد پذیرش بالا: $\% PFA_{max} = 10 \text{ (AU)}$

$$k_w = \text{NORM.S.INV}(0.9) = 1.28$$

$$AU = 50 - 1.28 \times 5 = 43.6 \text{ mm}$$

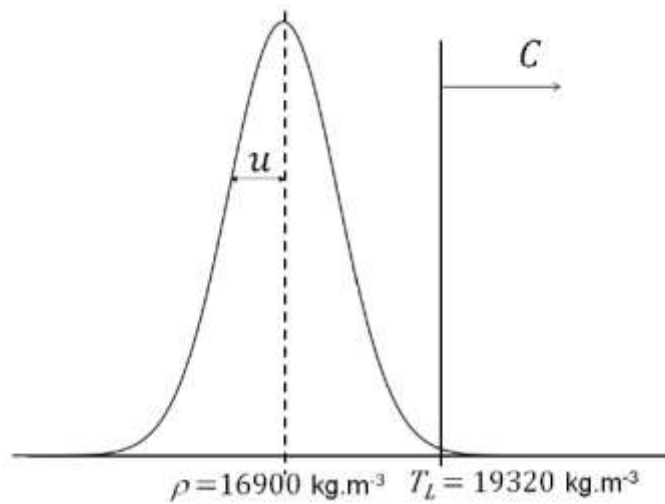
✓ قاعده تصمیم:

«قبول» اگر قطر اندازه‌گیری شده $< 43.6 \text{ mm}$

◆ مثال ۱۰: محدودیت تلورانس یک‌طرفه پایین، قاعده: قبول اگر $PFA \leq PFA_{max}$

در برخی کاربردها (مثلاً معدن‌کاری)، ممکن است مشتری بخواهد حتی با ریسک بالای پذیرش نادرست، نمونه‌ای را قبول کند.

مثلاً، چگالی ظاهری سنگ طلا معمولاً 19320 kg/m^3 است. معدن‌دار حداکثر $PFA = 99.5\%$ را می‌پذیرد.



نمونه اول:

$$\rho = 16900 \text{ kg/m}^3$$

$$u = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\%pc = 1 - \text{NORM.DIST}(19320, 16900, 1000, \text{TRUE}) = 0.8$$

$$\%PFA = 99.2 \rightarrow \text{قبول}$$

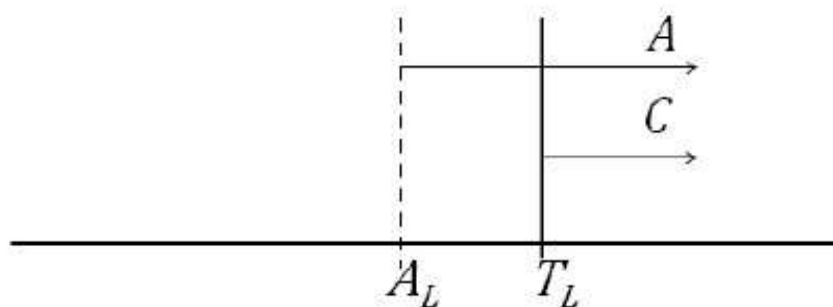
نمونه دوم:

$$\rho = 16500 \rightarrow pc = 0.2 \rightarrow \%PFA = 99.8 \rightarrow \text{رد}$$

حد پذیرش پایین (AL) برای: $u = 1000$

$$kw = \text{NORM.S.INV}(0.005) = -2.58$$

$$AL = 19320 + (-2.58) \times 1000 = 16744 \text{ kg/m}^3$$



■ قاعده تصمیم:

«قبول» اگر $\rho \geq 16744$

♦ مثال ۱۱: محدودیت تلورانس یک طرفه بالا (JCGM106 بند ۸٫۳٫۳٫۲ مثال ۱)

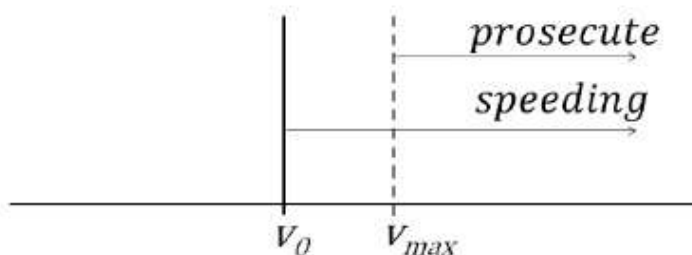
در سنجش سرعت راننده‌ها با رادار:

- عدم قطعیت نسبی $u(v)/v = 2\%$
- حد سرعت مجاز: $v_0 = 100 \text{ km/h}$
- حداکثر PFA قابل قبول: 0.1%

محاسبه آستانه صدور جریمه: (v_{max})

$$k_w = \text{NORM.S.INV}(0.999) = 3.09$$

$$v_{max} = v_0 / (1 - 0.02 \times k_w) = 100 / (1 - 0.062) \approx 107 \text{ km/h}$$



■ قاعده تصمیم:

«جریمه» وقتی $v \geq 107 \text{ km/h}$ (با اطمینان 99.9% از تخلف)

♦ مثال ۱۲: محدودیت تلورانس دوطرفه (JCGM106 بند ۷٫۴)

برای روغن موتور: SAE Grade 40

ویسکوزیته در 100°C باید بین 12.5 تا $16.3 \text{ mm}^2/\text{s}$ باشد.

نمونه:

$$\mu = 13.6$$

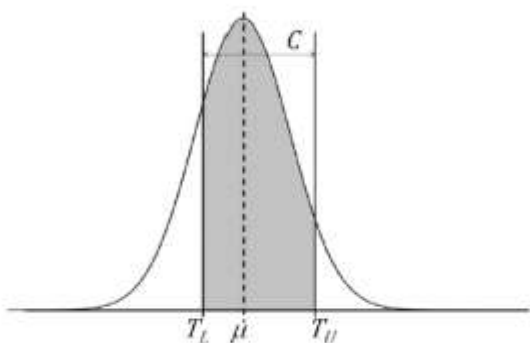
$$u = 1.8$$

$$\%pc = \text{NORM.DIST}(16.3, 13.6, 1.8) - \text{NORM.DIST}(12.5, 13.6, 1.8) = 66$$

$$\%PFA = 34$$

$$\text{اگر } u = 2.2 \rightarrow pc = 58\%$$

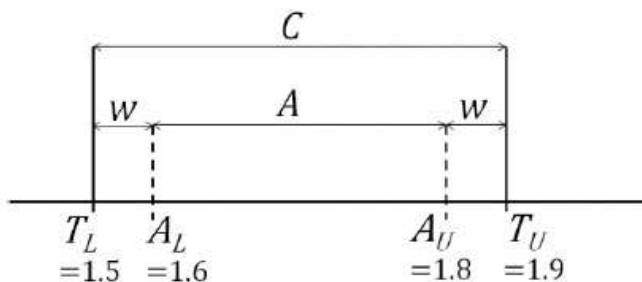
$$\text{اگر توزیع } t \text{ با } v = 3 \text{ مدنظر باشد } pc \approx 59.3\% \rightarrow \%$$



♦ مثال ۱۳: محدودیت دوطرفه، قاعده DR1: $w = 2u$ ، قاعده DR2: پذیرش ساده مشروط به $u \leq u_{max}$

مشخصات زیری سطح: $1.91/5 \leq r \leq$

$$u = 0.05$$



DR1 (باند حفاظتی):

$$w = 2u = 0.1 \rightarrow 1.6 \leq r \leq 1.8$$

DR2 (پذیرش ساده + کنترل TUR):

اگر $1.91/5 \leq r \leq 2 \rightarrow \text{TUR} \geq 2$ «قبول»

مثال:

r	تصمیم DR1	تصمیم DR2	PFA (برای قبول)
1.7	قبول	قبول	0.01%
1.75	قبول	قبول	0.14%
1.8	قبول	قبول	2.3%
1.85	رد	قبول	16%
1.9	رد	قبول	50%

♦ مثال ۱۴: واریس سطوح (تصمیم‌گیری برای مقادیر گسسته)

در اندازه‌گیری‌هایی که خروجی فقط می‌تواند سطوح گسسته باشد (مثل درجه‌بندی رنگ)، عدم قطعیت ناشی از وضوح بین سطوح است.

مثال a (احتمال مساوی برای $m \pm 1$):

مقدار گزارش شده: ۱/۵

سطوح قابل قبول: ۱/۵، ۲/۰، ۲/۵

اگر $m = 1.5 \rightarrow$ مقادیر واقعی ممکن: ۱/۰، ۱/۵، ۲/۰ $\rightarrow$

$$\%pc = 2/3 = 66.7$$

$$\%PFA = 1/3 = 33.3$$

اگر $m = 2.0 \rightarrow$ همه مقادیر واقعی ممکن (۱/۵، ۲/۰، ۲/۵) درون بازه انطباق هستند $pc = 100 \rightarrow \%$

پیوست A: واژه‌نامه

اصطلاحات استفاده‌شده در این سند مطابق با راهنمای (JCGM 106) ISO/IEC Guide 98-4:2012 هستند:

- **TU:** حد بالای انطباق
 - **TL:** حد پایین انطباق
 - **C:** بازه انطباق، که مقادیر منطبق یک اندازه‌گیر را شامل می‌شود و معمولاً در قالب «تلورانس» یا «مشخصه» تعریف می‌گردد.
 - **AU:** حد بالای پذیرش
 - **AL:** حد پایین پذیرش
 - **A:** بازه پذیرش، شامل مقادیری که به‌عنوان انطباق اندازه‌گیر پذیرفته می‌شوند.
 - **Y:** متغیری که نمایان‌گر اندازه‌گیر است
 - **η:** متغیری که مقادیر ممکن برای اندازه‌گیر Y را توصیف می‌کند
 - **ym:** برآورد اندازه‌گیری‌شده از مقدار اندازه‌گیر
 - **u, um:** عدم قطعیت استاندارد مرتبط با کمیت اندازه‌گیری‌شده
 - **PFA:** احتمال پذیرش نادرست (false acceptance)؛ گاه «ریسک مصرف‌کننده» نیز نامیده می‌شود
 - **PFR:** احتمال رد نادرست (false rejection)؛ گاه «ریسک تولیدکننده» نامیده می‌شود
 - **pc:** احتمال انطباق
 - **kw:** ضریب باند حفاظتی؛ برای تعریف باند حفاظتی W به‌کار می‌رود که ضریبی از عدم قطعیت اندازه‌گیری است
- $$w = kw \times u \quad \circ$$

! توجه: نماد k معمولاً برای ضریب باند حفاظتی استفاده می‌شود (همان‌طور که در این سند آمده است) ولی نباید با «ضریب پوشش» که برای تعیین عدم قطعیت گسترده به‌کار می‌رود، اشتباه گرفته شود.

Rule Decision (قاعده تصمیم‌گیری):

قاعده‌ای مستند که توصیف می‌کند چگونه عدم قطعیت اندازه‌گیری در تصمیم‌گیری برای پذیرش یا رد یک آیت با توجه به الزامات مشخص‌شده و نتیجه اندازه‌گیری لحاظ می‌شود.

Simple Acceptance (پذیرش ساده):

شرایطی که در آن بازه پذیرش برابر با بازه انطباق تعریف می‌شود، یعنی $A = C$. پذیرش ساده به‌تنهایی یک قاعده تصمیم‌گیری به‌شمار نمی‌رود (طبق توضیحات پیوست E)

Guard Band (باند حفاظتی):

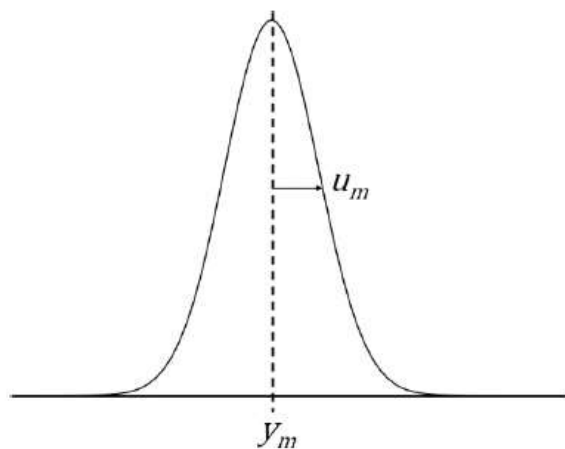
فاصله‌ای بین حد انطباق و حد پذیرش که معمولاً به صورت ضریبی از عدم قطعیت تعریف می‌شود و هدف آن محدود کردن احتمال پذیرش نادرست است.

◆ پیوست B: نتایج اندازه‌گیری و مشخصات

یک تابع توزیع احتمال، که مثلاً توسط تابع چگالی احتمال (PDF) توصیف می‌شود، احتمال اینکه مقادیر ممکن یک اندازه‌گیر (Y) درون یک بازه معین قرار گیرند را تعیین می‌کند.

در اندازه‌گیری‌هایی که عدم قطعیت آن‌ها با استفاده از «قانون انتشار عدم قطعیت» (LPU) طبق GUM و راهنماهای دیگر مانند M3003 ارزیابی شده است، توزیع احتمال برای اندازه‌گیر معمولاً توزیع گاوسی (نرمال) با امید ریاضی y_m و انحراف معیار u_m است.

◆ شکل ۱: تابع چگالی احتمال گاوسی



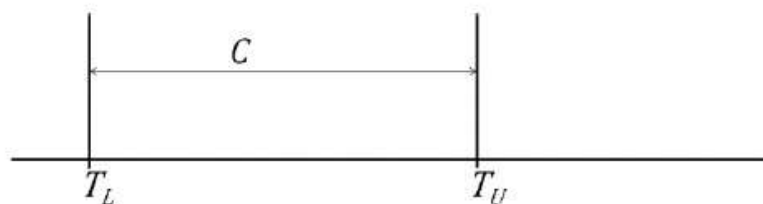
در این وضعیت، تابع PDF به صورت زیر تعریف می‌شود:

برای مقادیر ممکن η از اندازه‌گیر.

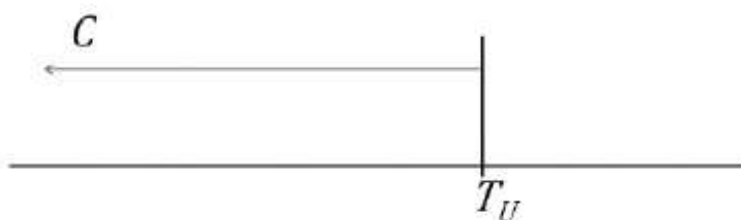
با استفاده از این تابع، می‌توان احتمال اینکه اندازه‌گیر مقداری مطابق با مشخصات تعریف شده داشته باشد را محاسبه کرد.

♦ شکل‌های ۲ تا ۴:

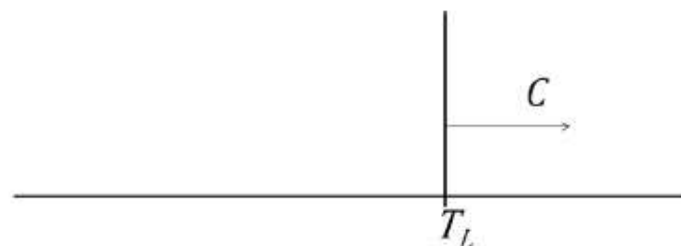
- شکل ۲: بازه تلورانس دوطرفه با حدود بالا و پایین؛ مقادیر منطبق بین این دو حد قرار دارند.



- شکل ۳: حد بالای منفرد؛ مقادیر منطبق γ کمتر یا مساوی این حد هستند.



- شکل ۴: حد پایین منفرد؛ مقادیر منطبق γ بزرگ‌تر یا مساوی این حد هستند.



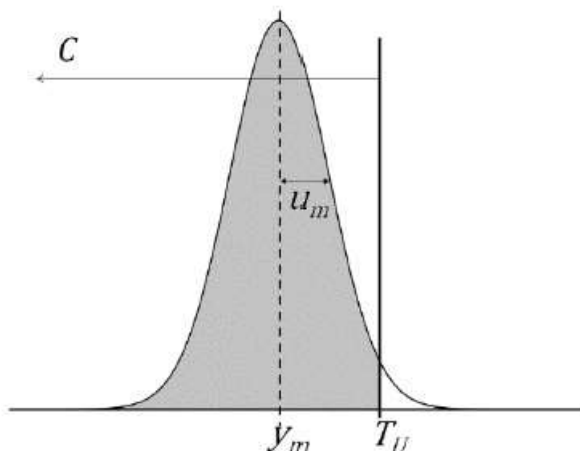
◆ پیوست C: احتمال انطباق و ریسک

مقادیر Y که درون بازه تلورانس C قرار می‌گیرند، مقادیر منطبق برای اندازه‌گیر هستند که ممکن است باعث ایجاد نتیجه اندازه‌گیری شده باشند.

برای توزیع گاوسی، سطح زیر نمودار PDF در محدوده C ، احتمال انطباق (pc) را نشان می‌دهد:

❖ شکل ۵: مقدار اندازه‌گیری شده درون بازه تلورانس با یک حد بالا

بخش سایه‌دار زیر نمودار، مقادیر منطبق را نشان می‌دهد؛
بخش غیر سایه‌دار، مقادیر غیرمنطبق را.



◆ محاسبه با اکسل (توابع استاندارد):

• حد بالا:

$$pc = \text{NORM.DIST}(T_U, y_m, u_m, \text{TRUE}) \quad (\text{C.1})$$

• حد پایین:

$$pc = 1 - \text{NORM.DIST}(T_L, y_m, u_m, \text{TRUE}) \quad (\text{C.2})$$

• دو حد:

$$pc = \text{NORM.DIST}(T_U, y_m, u_m, \text{TRUE}) - \text{NORM.DIST}(T_L, y_m, u_m, \text{TRUE}) \quad (\text{C.3})$$

❖ مثال:

$$T_U = 1.96, y_m = 0, u_m = 1 \rightarrow$$

$$\%pc = \text{NORM.DIST}(1.96, 0, 1, \text{TRUE}) = 0.975 = 97.5$$

♦ اگر توزیع t با درجه آزادی v مدنظر باشد:

- حد بالا:

$$pc = T.DIST((TU - ym)/u, v, TRUE) \quad (C.4)$$

- حد پایین:

$$pc = 1 - T.DIST((TL - ym)/u, v, TRUE) \quad (C.5)$$

- دو حد:

$$pc = T.DIST((TU - ym)/u, v, TRUE) - T.DIST((TL - ym)/u, v, TRUE) \quad (C.6)$$

مثال: $TU = 1.96, ym = 0, u = 1, v = 3$:

$$\% \rightarrow pc = T.DIST(1.96, 3, TRUE) \approx 0.928 = 92.8$$

♦ ریسک تصمیم‌گیری:

برای بازه تلورانس یک‌طرفه پایین: TL

- اگر نتیجه درون تلورانس باشد: $(ym \geq TL)$

بخش غیر سایه‌دار (سمت چپ TL) نشان‌دهنده احتمال پذیرش نادرست (PFA) است.

- اگر نتیجه بیرون تلورانس باشد: $(ym < TL)$

بخش سایه‌دار که درون بازه تلورانس است، نشان‌دهنده احتمال رد نادرست (PFR) است.

✦ روابط مهم:

- $PFA = 1 - pc$ (در صورت «قبول») (C.7)

- $PFR = pc$ (در صورت «رد») (C.8)

مثال عددی:

- $TL = 0, ym = 1.64, um = 1$

$$\rightarrow pc = 1 - NORM.DIST(0, 1.64, 1, TRUE) = 0.95$$

$$\% \rightarrow PFA = 5$$

- $TL = 0, ym = -1.64 \rightarrow pc = NORM.DIST(0, -1.64, 1, TRUE) = 0.05$

$$\% \rightarrow PFR = 5$$

◆ پیوست D: ضریب باند حفاظتی k_w

برای تعریف یک باند حفاظتی $w = k_w \times u$ ، ضریب k_w را می‌توان با توابع نرمال محاسبه کرد.

D.1: محاسبه k_w برای یک حد بالا

$$\rightarrow k_w = NORM.S.INV(0.95) = 1.645\%: PFA_{max} = 5\%$$

D.2: محاسبه حد پذیرش برای حد پایین:

$$AL + TL + K_w.U$$

D.3: محاسبه حد پذیرش برای حد بالا:

$$Au + Tu - K_w.U$$

D.4: برای بازه تلورانس دوطرفه

پوشش بین دو حد پذیرش:

$$k_w = k_w^+ = k_w^- = NORM.S.INV((1 + pc)/2)$$

◆ پیوست E: مشکل قواعد تصمیم‌گیری که عدم قطعیت اندازه‌گیری را نادیده می‌گیرند

در برخی موارد، تصمیم‌گیری‌ها تنها بر پایه مقدار اندازه‌گیری شده انجام می‌شوند و عدم قطعیت نادیده گرفته می‌شود – این همان چیزی است که به عنوان «پذیرش ساده» شناخته می‌شود (یعنی $A = C$).

اما چنین روشی مطابق تعریف ISO/IEC 17025:2017 ، یک **قاعده تصمیم‌گیری واقعی** نیست، زیرا عدم قطعیت را مستقیماً یا غیرمستقیم لحاظ نمی‌کند.

این موضوع می‌تواند منجر به مواردی از پذیرش یا رد نادرست شود، به‌ویژه در نزدیکی مرزهای مشخصه (تلورانس).

✦ برای کاهش ریسک‌های پذیرش نادرست یا رد نادرست، باید از قواعدی استفاده شود که بر مبنای احتمالات (pc) و باندهای حفاظتی ($k_w \times u$) عمل می‌کنند.

◆ اسناد مرجع (صفحه ۳۷)

1. ISO/IEC 17025:2017
2. ILAC-G8:09/2019
3. ISO/IEC Guide 98-4:2012 (JCGM 106)
4. ISO/IEC Guide 98-3:2008 (GUM:1995)
5. UKAS M3003
6. BIPM: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
7. NIST Technical Note 1297
8. EA-4/02 M:2013