INSO
20232
1st.Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۲۳۲
چاپ اول
۱۳۹۴

کیفیت هوا- ارزیابی مشخصه‌های عملکرد روش‌های اندازه‌گیری کیفیت هوا با توابع واسنجی خطی- آیین‌کار

Air quality - Evaluation of performance characteristics of air quality measurement methods with linear calibration functions- Code of practice

ICS: 13.040.20

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: 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

Website: http://www.isiri.org

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«کیفیت هوا- ارزیابی مشخصه‌های عملکرد روش‌های اندازه‌گیری کیفیت هوا با توابع واسنجی خطی-آیین‌کار»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
مرادی، محمد (دکتری آمار کاربردی)	دانشگاه رازی استان کرمانشاه
دبیر:	
حبیبی، سونا (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	اداره کل استاندارد استان کرمانشاه
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
امینی، اسماعیل (کارشناسی آمار)	شرکت داده گستران آرمیتا
پورحسینقلی، محمد امین (دکتری آمار زیستی)	دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
ذوالنوری، ایمان (کارشناسی ارشد برق)	اندیشه آزمای زاگرس
علی‌نژاد، علیرضا (دکتری مهندسی صنایع)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
فرهادی، افشین کارشناسی ارشد محیط زیست	سازمان ملی استاندارد ایران
فلاحی، صادق (کارشناسی ارشد آمار)	دانشگاه رازی استان کرمانشاه
قریشی‌پور، سعید (کارشناسی ارشد فیزیک)	اداره کل استاندارد استان کرمانشاه
مرادی، یاسر (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	اداره کل استاندارد استان کرمانشاه
ویراستار:	
دارابی‌پورکلهر، ژیلا (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	اداره کل استاندارد استان کرمانشاه

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

	پیش‌گفتار	ز
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها	۲
۴	الزامات	۱۱
۵	روش اجرای آزمون	۱۲
۶	پیوست الف (الزامی) جدول مقادیر آزمون داده های پرت دو طرفه گرابس	۲۸
۷	پیوست ب (الزامی) جدول مقادیر $F_{\upsilon 1,\upsilon 2;1-\alpha}$ توزیع F	۲۹
۸	پیوست پ (الزامی) جدول مقادیر توزیع t	۳۰
۹	کتاب‌نامه	۳۲

پیش‌گفتار

استاندارد «کیفیت هوا- ارزیابی مشخصه‌های عملکرد روش‌های اندازه‌گیری کیفیت هوا با توابع واسنجی خطی-آیین‌کار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در نود و یکمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ 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 شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ASTM D 5280:1996(2013), Standard practice for evaluation of performance characteristics of air quality measurement methods with linear calibration functions

کیفیت هوا- ارزیابی مشخصه‌های عملکرد روش‌های اندازه‌گیری کیفیت هوا با توابع واسنجی خطی-آیین‌کار

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی نوشته نشده است. در صورت وجود چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط ایمنی و سلامتی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارائه رویه‌های ارزیابی مشخصه‌های عملکرد در روش‌های اندازه‌گیری کیفیت هوا است. مشخصه‌های عملکرد شامل: اریبی[1]، تابع واسنجی و خطی بودن، ناپایداری[2]، حد پایین تشخیص[3]، دوره عملکرد بی‌مراقب[4]، گزینش‌پذیری[5]، حساسیت و حد بالای اندازه‌گیری[6] می‌باشند.

۱-۲ این استاندارد فقط برای روش‌های اندازه‌گیری کیفیت هوا با تابع واسنجی پیوسته خطی،که در آن متغیر خروجی یک میانگین زمانی معین است قابلیت کاربرد دارد. همچنین خطی بودن متغیر خروجی ممکن است پس از پردازش متغیر خروجی اولیه حاصل شود. به علاوه فرض می‌شود که مقادیر تکراری حاصل از یک وضعیت ورودی مشابه، دارای توزیع نرمال هستند. مراحل مورد نیاز تبدیل خروجی روش اندازه‌گیری اولیه به میانگین زمانی مطلوب، به عنوان یک بخش جدایی‌ناپذیر از این روش اندازه‌گیری لحاظ می‌شوند.

۱-۳ برای نظارت بر پایداری روش اندازه‌گیری تحت شرایط اندازه‌گیری معمول، ممکن است کافی باشد که مشخصه‌های عملکرد ضروری با استفاده از آزمون‌های ساده شده بررسی شوند، میزان قابل قبول بودن ساده‌سازی، بستگی به آگاهی در مورد خواص تغییرناپذیر مشخصه‌های عملکردی دارد که از قبل و توسط روش‌های نشان داده شده در این استاندارد به دست آمده‌اند.

۱-۴ تا زمانی که مقدار اندازه‌گیری شدهٔ متوسط فاصله زمانی، از پیش تعریف شده باشد، تفاوت اساسی میان روش‌های دستگاهی (خودکار) و روش‌های دستی (برای مثال شیمیایی مرطوب) وجود ندارد. بنابراین، شیوه‌های بیان شده در این استاندارد برای هر دو حالت خودکار و دستی قابل اجرا می‌باشند. به علاوه، این

1- Bias
2 - Instability
3- Lower Detection Limit
4- Period of unattended operation
5- Selectivity
6- Upper limit of measurement

شیوه‌ها برای روش‌های اندازه‌گیری محیط، محل کار و فضای داخلی و همچنین گازهای گلخانه‌ای قابل اجـرا هستند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده اسـت. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM D 1356, Terminology relating to sampling and analysis of atmospheres

2-2 ASTM E 177, Practice for use of the terms precision and bias in ASTM test methods

2-2 ASTM E 456, Terminology relating to quality and statistics

2-4 ISO 6879: 1983, Air quality- Performance characteristicsand related concepts for air quality measuring methods

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائـه شـده در اسـتاندارد ASTM D1356، اصـطلاحات بـا تعاریف زیر نیز به‌کار می‌روند.

یادآوری- مشخصه‌های عملکرد آماری استفاده شده در این استاندارد به‌طور قراردادی با سـطح اطمینـان ۰٫۹۵=α-۱ بـرآورد می‌شوند.

۳-۱-۱

متوسط زمانی

averaging time

فاصله زمانی از پیش تعریف شده برای هر مشخصهٔ کیفیت هوا که نشانگر آن است و $\Delta\theta$ متوسط زمانی است.

۳-۱-۱-۱ هر مقدار اندازه‌گیری شده به دست آمده، نمایندهٔ یک فاصله زمانی مشخص شده مانند τ است، به علت ویژگی‌های ذاتی روش اندازه‌گیری اعمال شده، این مقدار همیشه بالاتر از حداقل مشخص شده قـرار

می‌گیرد. به منظور دستیابی به مقایسه‌پذیری متقابل داده‌های مربوط به اهداف مقایسه‌پذیر، برای یک فاصله زمانی پیش فرض و مشترک، نرمال‌سازی[1] لازم است.

۳-۱-۲ طبق قرارداد، نرمال‌سازی، تبدیلی است که با استفاده از میانگین‌های یک فرآیند متوسط‌گیری خطی، ساده و بدون وزن‌دهی حاصل می‌شود.

الف- سری‌هایی از نمونه‌های گسسته:

$$\hat{c}(\theta \mid \Delta\theta) = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} \hat{c}(\theta_0 + (k-1)\tau \mid \tau \qquad (۱)$$

که در آن:

θ_0 $\theta - \Delta\theta$

k_τ $\Delta\theta \, , \tau << \Delta\theta$

ب- سری‌های زمان پیوسته:

$$\hat{c}(\theta \mid \Delta\theta) = \frac{1}{\Delta\theta}\int_{\theta_0}^{\theta} d\theta\, \hat{c}(\theta \mid \tau) \qquad (۲)$$

در هر دو مورد (الف و ب) نمونه اصلی با $\hat{c}(t)$ توصیف می‌شود و به یک فاصله زمانی نمونه به طول τ مرتبط است، در حالی‌که $\hat{c}(\Delta\theta)$ که بعد از اعمال عملیات متوسط‌گیری نتیجه می‌شود، به عنوان نماینده‌ی بازه زمانی $\Delta\theta$ (درست قبل از θ) معرفی می‌شود که $\Delta\theta$ متوسط زمان است.

۳-۱-۳ متوسط زمانی، $\Delta\theta$ ، همچنین از قبل تعریف شده است، طبق قرارداد، طول بازه زمانی معمولی برای هر متغیر اندازه‌گیری شده $\hat{c}$، به عنوان نمونه به مفهوم مربع انحراف از مقادیر اصلی است، منسوب به طول بازه‌های زمانی $\tau << \Delta\theta$ از $\hat{c}$ تا $\Delta\theta$ حداقل است.

۳-۱-۴ فرآیند متوسط‌گیری می‌تواند به صورت متناوب با فنون نمونه‌گیری خاصی تحقق یابد (متوسط‌گیری با نمونه‌برداری).

۳-۱-۲

سامانه اندازه‌گیری پیوسته

continuously measuring system

سامانه‌ای که در تعامل مستمر با مشخصه کیفیت هوا، سیگنال خروجی پیوسته را ایجاد می‌کند.

1- Normalization

۳-۱-۳

متغیر مؤثر

influence variable

متغیری که روابط متقابل مقادیر صحیح مشخصه‌های کیفیت هوای مشاهده شده و مقادیر اندازه‌گیری شده متناظر را تحت تأثیر قرار می‌دهد، برای مثال، متغیر تأثیرگذار بر شیب یا عرض از مبدأ، یا پراکنده شدن نقاط اطرف تابع واسنجی.

۴-۱-۳

سامانه اندازه‌گیری گسسته

noncontinuously measuring system

سامانه‌ای که یک سری سیگنال‌های خروجی گسسته را ارائه می‌دهد.

۳-۱-۴-۱ گسستگی متغیر خروجی می‌تواند به دلیل نمونه‌برداری بخش‌های گسسته یا به دلیل ویژگی‌های عملکرد داخلی اجزای سامانه باشد.

۵-۱-۳

دوره عملکرد بدون مراقبت

period of unattended operation

بیشترین بازه زمانی مجاز که در آن شاخص‌های عملکرد، در طول یک محدوده زمانی پیش فرض، باقی بمانند درحالی که هیچ سرویس خارجی از قبیل، تعویض، واسنجی و تنظیم اعمال نشده باشد.

۶-۱-۳

متغیر تصادفی

random variable

متغیری که ممکن است به طور شانسی هر یک از مقادیر یک مجموعه مشخص (فضای نمونه) را اختیار کند و شانس انتخاب هرکدام از این مقادیر با یک توزیع احتمال همراه می‌شود.

۷-۱-۳

تصادفی کردن

randomization

اگر از یک جمعیت شامل اعداد طبیعی ۱ تا n ، اعداد یکی یکی و پیاپی به طور تصادفی و بدون جایگزینی انتخاب شوند تا جایی که همه n عدد، انتخاب شوند، به دنباله اعداد انتخاب شده حاصل یک ترتیب تصادفی گویند.

۳-۱-۷-۱ اگر این اعداد از ابتدا به n شی متمایز یا n عملیات متمایز نسبت داده شده باشد و سپس اشیاء یا عملیات مورد نظر طبق شماره‌های انتخاب شده مرتب شوند، گفته می‌شود که ترتیب اشیاء یا عملیات تصادفی شده است.

۳-۱-۸

شرایط مرجع

reference conditions

مجموعه مشخصی از مقادیر (شامل رواداری‌ها) متغیرهای مؤثر، که مقادیر نماینده‌ای از مشخصه‌های عملکرد را ارائه می‌دهند.

۳-۱-۹

تابع واریانس

variance function

واریانسی از متغیر خروجی که به فرم تابعی از مشخصه کیفیت هوای مشاهده شده، نوشته می‌شود.

۳-۱-۱۰

زمان گرم شدن

warm-up time

کمترین زمان انتظار یک ابزار تا رسیدن به مقادیر پیش فرضی از مشخصه‌های عملکردش، پس از فعال‌سازی ابزار، در شرایطی غیر عملیاتی که در آن شرایط به ثبات هم رسیده باشد.

۳-۱-۱۰-۱ در عمل زمان گرم شدن می‌تواند با استفاده از مشخصه‌های عملکردی تعیین شود که انتظار می‌رود آن مشخصه به طولانی‌ترین فاصله زمانی نیاز داشته باشد.

۳-۱-۱۰-۲ در مورد روش‌های دستی، زمان اجرا متناظر با زمان گرم شدن استفاده می‌شود.

۳-۲ نمادها و کوته‌نوشت‌ها

۳-۲-۱ a_2 ،a_1 ،a_0

ضرایب مدل تابع واریانس؛

۳-۲-۲ b_1 ،b_0

برآوردهایی برای پارامترهای تابع واسنجی؛

۳-۲-۳ **C**

مشخصه کیفیت هوا؛

۳-۲-۴ **c**

مقدار C؛

۳-۲-۵ $\hat{c}$

مقدار اندازه‌گیری شده c؛

۳-۲-۶ c_i

مقدار c در نمونه iام، این نمونه ممکن است از مواد مرجع تولید شود؛

۳-۲-۷ c_0

عامل نرمال‌سازی برای مشخصه‌های کیفیت هوا؛ در این مورد $|c_0| = 1$؛

۳-۲-۸ Δc_1

عدم دقت (نادرستی) c در c_i؛

۳-۲-۹ $\bar{c}_\omega$

میانگین وزنی با مجموعه‌ی وزن‌های ω_k؛

۳-۲-۱۰ $D(b_0)$

انحراف از عرض از مبدأ در تابع واسنجی خطی (به استاندارد ISO 6879 مراجعه شود)؛

۳-۲-۱۱ $D(b_1)$

انحراف از شیب تابع واسنجی خطی؛

۳-۲-۱۲ $D(\hat{c})$

انحراف از مقدار اندازه‌گیری شده، $\hat{c}$ ، در c؛

۳-۲-۱۳ $DEP(b_0)_{Ivi}$

اندازه مرتبه اول از وابستگی عرض از مبدأ به متغیر موثر با اندیس i؛

۳-۲-۱۴ $DEP(b_1)_{Ivi}$

اندازه مرتبه اول از وابستگی شیب به متغیر موثر با اندیس i؛

۳-۲-۱۵ $DEP(\hat{c})_{Ivi}$

اندازه مرتبه اول از وابستگی مقدار اندازه‌گیری شده c به متغیر موثر با اندیس i؛

۳-۲-۱۶ $DEP(\chi)_{Ivi}$

اندازه مرتبه اول از وابستگی سیگنال خروجی به متغیر موثر با اندیس i؛

۳-۲-۱۷ آماره F (F-test)

۳-۲-۱۸ F_x

چندک[1] xام از توزیع F؛

۳-۲-۱۹ I_{Ivi}

انتخاب با توجه به متغیر موثر با اندیس i؛

۳-۲-۲۰ IV_i

متغیر موثر اندیس‌گذاری شده با i؛

۳-۲-۲۱ iv_i

مقدار IV_i؛

۳-۲-۲۲ $\Delta\, iv_i$

اختلاف مقادیر iv_i ؛

1- Quantile

L ۲۳-۲-۳

تعداد کل فواصل زمانی در آزمون ناپایداری؛

LDL ۲۴-۲-۳

حد آشکارسازی پایین؛

M ۲۵-۲-۳

تعداد کل نمونه‌های تولید شده با مواد مرجع در طول یک آزمایش واسنجی؛

N_i ۲۶-۲-۳

تعداد مقادیر متغیر خروجی در c_i ؛

p_{III} , P_u ۲۷-۲-۳

برآورد شیب تابع رگرسیون متغیر خروجی برحسب زمان، به ترتیب در $C=C_{III}$ در $c=c_u$؛

R[1] ۲۸-۲-۳

تجدیدپذیری؛

r[2] ۲۹-۲-۳

تکرارپذیری؛

RES_c ۳۰-۲-۳

تفکیک پذیری در $c=c_0$؛

$\hat{s}$ ۳۱-۲-۳

برآورد انحراف معیار هموار شده[3] X در c؛

$\hat{s}^2$ ۳۲-۲-۳

برآورد هموار شده واریانس X (اندازه‌گیری‌های تکراری) در c؛

1- Reproducibility
2- Repeatability
3- Smoothed

S_0 ۳۳-۲-۳

فاکتور نرمال‌سازی برای انحراف معیار، مقدار s_0 برابر ۱ است؛

S_{b0}, S_{b1} ۳۴-۲-۳

برآورد انحراف معیار ناپایداری عرض از مبدأ و شیب خط تابع واسنجی خطی (به استاندارد ISO 6879 مراجعه شود)؛

sc ۳۵-۲-۳

برآورد انحراف معیار ناپایداری در c؛

s_i ۳۶-۲-۳

برآورد انحراف معیار مکرر x_{ij}های تکراری در شاخص c_i، نماد j اندیس تکرار است؛

$\hat{s}_i$ ۳۷-۲-۳

برآورد انحراف معیار هموار شده x_{ij}های تکراری در شاخص c_i، نماد j اندیس تکرار است؛

s_r ۳۸-۲-۳

برآورد انحراف استاندارد تکرارپذیری؛

$s_{\hat{c}_x}$ ۳۹-۲-۳

برآورد انحراف معیار تابع واسنجی که به صورت تجربی به‌دست آمده باشد (در واحدهایی از مشخصه‌های کیفیت هوا)؛

s_{xc} ۴۰-۲-۳

برآورد انحراف معیار تابع واسنجی که به صورت تجربی به دست آمده باشد (در واحدهایی از متغیر خروجی)؛

$t_{\upsilon;q}$ ۴۱-۲-۳

چندک q از توزیع t با υ درجه آزادی؛

TC ۴۲-۲-۳

آماره آزمون، آزمون داده پرت گرابس؛

۳-۲-۴۳ $\mathbf{X}$

متغیر خروجی؛

۳-۲-۴۴ x

مقدار X؛

۳-۲-۴۵ x

برآورد x؛

۳-۲-۴۶ $\mathbf{x_i}$

برآورد سیگنال خروجی در c_i؛

۳-۲-۴۷ $\bar{x}_i$

میانگین مجموعه سیگنال‌های خروجی در c_i؛

۳-۲-۴۸ $\mathbf{x_{i,extr}}$

سیگنال خروجی در c_i با بیشترین قدر مطلق فاصله از $\bar{x}_i$؛

۳-۳-۴۹ $\mathbf{x_{ij}}$

jامین سیگنال خروجی در c_i؛

۳-۲-۵۰ $\mathbf{x_{l;i}, x_{u;i}}$

سیگنال خروجی بعد از بازه‌های زمانی i در مقدار بالاتر و پایین‌تر مشخصه کیفیت هوای مربوط به ماده مرجع؛

۳-۲-۵۱ $\bar{\mathbf{x}}_\omega$

میانگین موزون شده کل مجموعه سیگنال‌های خروجی در طول آزمایش واسنجی؛

۳-۲-۵۲ $\boldsymbol{\beta_1}$ ،$\boldsymbol{\beta_0}$

به ترتیب عرض از مبدأ و شیب تابع واسنجی خطی؛

۳-۲-۵۳ $\boldsymbol{\theta}$

زمان؛

$\Delta\theta$ ۵۴-۲-۳

متوسط زمانی؛

υ ۵۵-۲-۳

تعداد درجات آزادی در آزمون واسنجی؛

υ_2 ،υ_1 ۵۶-۲-۳

به ترتیب اعداد مربوط به درجات آزادی صورت و مخرج توزیع F؛

$\omega = \omega(c)$ ۵۷-۲-۳

عامل وزن‌دهی پیوسته که از مدل‌بندی s_i حاصل شده است؛

ω_1 ۵۸-۲-۳

عامل وزن‌دهی در c_1.

۴ الزامات

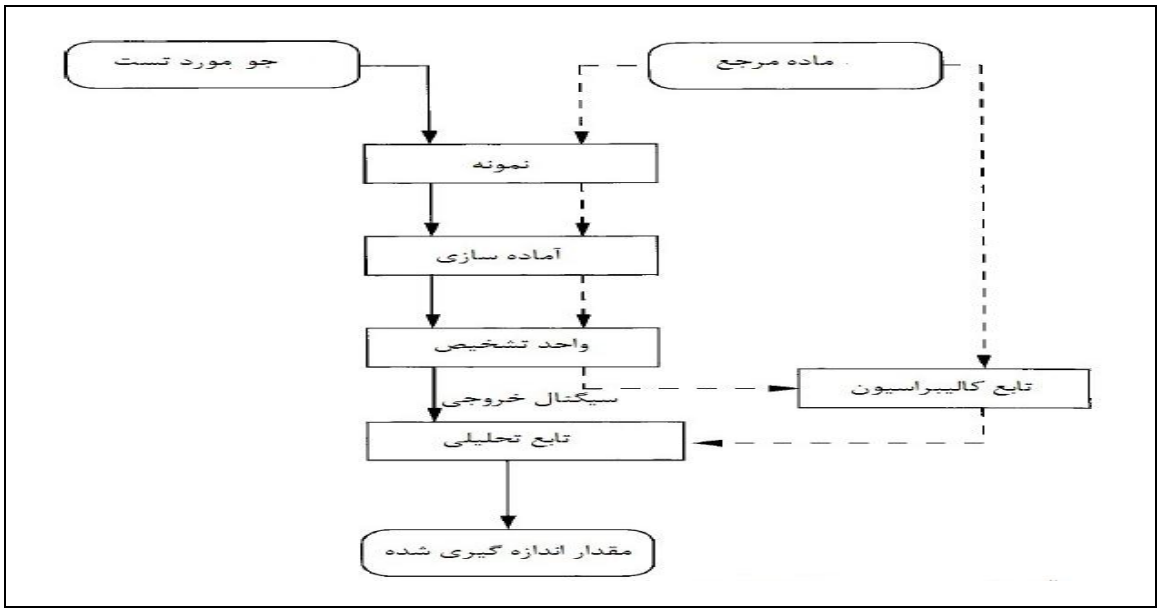
۴-۱ روش‌های اندازه‌گیری آزمون

به منظور ارزیابی مشخصه‌های عملکرد، همه مراحل مربوط به روش اندازه‌گیری از قبیل نمونه‌برداری، تحلیل، پس‌پردازش و واسنجی را توصیف کنید. مراحلی که باید در یک اندازه‌گیری یا اجرای یک سری آزمایش‌های واسنجی پیروی شوند در شکل ۱ به صورت نمودار نشان داده شده است.

یادآوری- تحت شرایط خاصی ممکن است، برای آزمون انجام تنها یک مرحله یا گروه منتخبی از مراحل روش اندازه‌گیری مناسب باشد. تحت شرایط دیگری ممکن است پوشش همه مراحل روش اندازه‌گیری امکان‌پذیر نباشد. با این وجود، تا حد امکان تعداد مراحل بیشتری از روش اندازه‌گیری باید مورد بررسی قرار گیرند.

۴-۲ ویژگی مشخصه‌های عملکردی که باید آزمون شوند

مشخصه‌های عملکرد روش اندازه‌گیری را به ترتیب ارتباط آن‌ها برای برآورد نهایی درستی، تعیین کنید. توصیف‌گرهای تابع واسنجی، برای مثال عرض از مبدأ β_0 و شیب خط β_1، مانند مشخصه‌های عملکرد مقدماتی ضروری است. مشخصه‌های عملکردی که برای آن‌ها دانش قبلی در دسترس است و آن‌هایی که مربوط به متغیرهای مؤثر تحت پوشش تصادفی‌سازی هستند، اهمیت کمتری دارند و لازم نیست تعیین شوند.



راهنما:

——— شاخه اندازه‌گیری

- - - - شاخه واسنجی

شکل ۱- نمودار مراحل اندازه‌گیری و ارزیابی مشخصه‌های عملکرد

۳-۴ شرایط آزمون

آزمون‌ها را تحت شرایطی که به طور واضح بیانگر شرایط اندازه‌گیری‌های عملیاتی هستند، انجام دهید. هنگامی که آزمون را برای ارزیابی مشخصه‌های عملکرد، جهت توصیف وابستگی‌های تابعی، انجام می‌دهید، همه متغیرهای موثر به جز آن متغیری که تحت مطالعه است را ثابت نگه‌دارید.

۵ روش اجرای آزمون

۵-۱ متوسط زمانی

دامنه مجاز زمان‌های متوسط‌گیری با این الزام که تفاوت‌های سیگنال‌های خروجی پشت سرهم از نظر آماری به طور متقابل (دو به دو) مستقل هستند، محدود می‌شوند (به زیر بند ۳-۲-۱ مراجعه شود). کمترین متوسط زمانی متناظر با یک مشخصه عملکرد ویژه (زمان)، نظیر: سامانه اندازه‌گیری پیوسته، زمان پاسخ و سامانه اندازه‌گیری ناپیوسته، زمان نمونه (زمان پرشدن، زمان تجمع وغیره)، تعیین می‌شود.

۵-۱-۱ سامانه اندازه‌گیری پیوسته

به منظور ایجاد زمان پاسخ، زمان تاخیر، زمان افت و خیز، به سامانه اندازه‌گیری پیوسته یک تابع پله‌ای مشخصه کیفیت هوا اعمال کنید. این کار ممکن است با تغییر دادن ناگهانی مقدار مشخصه کیفیت هوا برای

مثال از ٪ ۲۰ تا ٪ ۸۰ کران بالای اندازه‌گیری انجام گیرد (به شکل۲ مراجعه شود). این مشخصه‌های عملکرد را با تعداد مناسبی تکرار تأیید کنید. اگر زمان‌های خیز و افت متفاوت از هم باشند، برای محاسبه زمان پاسخ، هرکدام که طولانی‌تر است را انتخاب کنید. به‌طور قراردادی کمترین متوسط زمانی مساوی چهار برابر زمان پاسخ است.

۲-۱-۵ سامانه اندازه‌گیری ناپیوسته

کمترین متوسط زمانی را با استفاده از بیشترین زمان نمونه‌گیری، زمان پرشدن، یا زمان تجمع، با توجه به روش اندازه‌گیری، تعیین کنید.

۲-۵ شاخص‌های عملکرد تابعی و آماری

۱-۲-۵ مشخصه‌های عملکرد مربوط به تابع واسنجی و پایداری آن‌ها تحت شرایط مرجع را تعیین کنید؛

۲-۲-۵ مشخصه‌های عملکرد مربوط به وابستگی تابع واسنجی به متغیرهای موثر را تعیین کنید.

۳-۲-۵ یک تابع واسنجی خطی را با شیب (حساسیت) و عرض از مبدأ آن تعیین کنید. ناپایداری و اثرات متغیرهای موثر را با نحوه تأثیرشان روی شیب (حساسیت) و عرض از مبدأ توصیف کنید.

۴-۲-۵ همه سیگنال‌های خروجی مورد بررسی در سراسر این آزمون‌ها را پس از اینکه سامانه اندازه‌گیری به شرایط ثبات رسید، قرائت[1] کنید.

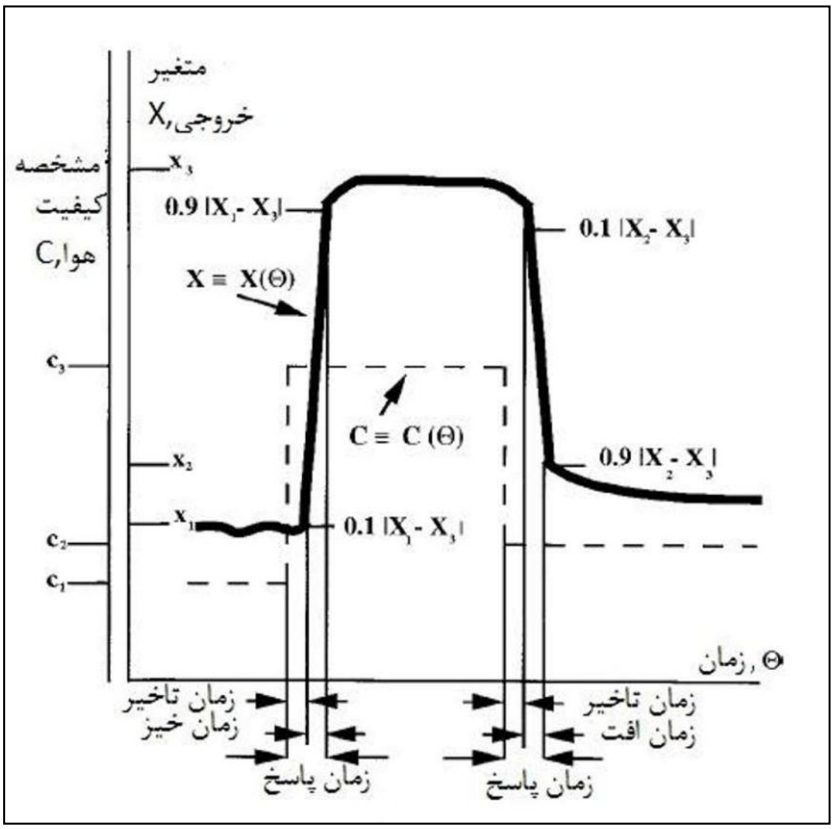
۳-۵ واسنجی

۱-۳-۵ یک آزمایش واسنجی برای ارزیابی مشخصه‌های عملکرد باید حداقل شامل ده اندازه‌گیری مکرر و حداقل در پنج سطح مختلف (هر سطح دارای دو تکرار) از مشخصه‌های کیفیت هوا باشد.

۲-۳-۵ در حالت رانش[2]، آزمایش واسنجی را تا حد ممکن زود به زود انجام دهید. این کار ممکن است با قرائت متوالی ابزار در یک مقدار مشخص از مشخصه کیفیت هوا انجام شود و یا بعد از یک تغییر در آن مقدار و با تثبیت مجدد آن، دوباره خواندن ابزار به طور متوالی در آن مقدار جدید شروع می‌شود. (به شکل ۳ مراجعه شود). این امر فقط در غیاب پسماند یا زمانی که پسماند قابل چشم پوشی باشد، معتبر است.

یادآوری- برای اینکه تکرارها تحت شرایط تجدیدپذیر انجام شوند (به استاندارد ASTM E177 مراجعه شود) به یک نمونه تصادفی از جمعیت متغیرهای موثر تحت آزمایش نیاز است (تصادفی‌سازی).

1- Obtain
2- Drift



شکل ۲- پاسخ نشان دهنده مشخصه عملکرد (زمان) مربوط به یک سامانه اندازه‌گیری پیوسته

۵-۳-۳ حذف داده‌های پرت [1]

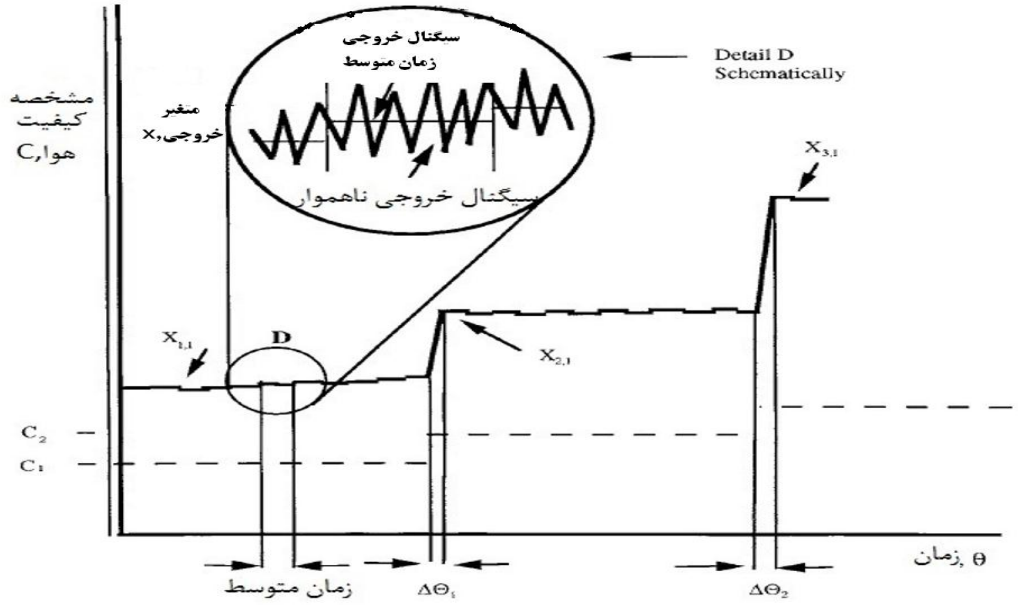
معمولاً تجربه به تشخیص داده‌های پرت بالقوه کمک می‌کند. روش تشخیص غیر قراردادی چنین داده‌های پرت بالقوه‌ای، از ترکیب این تجربه با آزمون‌هایی چون آزمون گرابس[2] حاصل می‌شود. با این وجود، بایستی مطمئن بود که چنین آزمونی داده‌های پرت بالقوه را تشخیص می‌دهد. دلایل اساسی به وجود آمدن داده پرت ممکن است آماری یا دخالت عملیات و عوامل سامانه باشد. دومین دلیل (دخالت عملیات و عوامل سامانه) یک مبنای کافی برای حذف سیگنال خروجی مربوطه است (تایید پرت بودن داده).

۵-۳-۳-۱ انحراف معیار s_i در c_i مطابق با معادله ۳ برآورد می‌شود.

$$s_i = \sqrt{\frac{N_i \sum_j x_{ij}^2 - \left(\sum_j x_{ij}\right)^2}{(N_i - 1)}} \qquad (۳)$$

در c_i، سیگنال خروجی با بیشترین قدر مطلق فاصله از میانگین سیگنال خروجی $\bar{x}_1$ را به دست آورید. آماره

1- Outliers
2- Grubbs'



یادآوری ۱- X_{ij} jامین میانگین زمانی روی فاصله زمانی $\Delta\theta$، در iامین مقدار مشخصه کیفیت هوای تولید شده با مواد مرجع.

$\Delta\theta_i$ - بازه‌های زمانی که در طی آن سیگنال‌های خروجی ناهموار نبایستی به روش متوسط‌گیری بیان شوند و بنابراین ارزیابی نمی‌شوند.

شکل۳- مثالی از یک آزمون واسنجی

آزمون را به صورت زیر محاسبه و آن را با مقدار بحرانی در جدول آزمون پرت دو طرفه گرابس مقایسه کنید (به پیوست **الف** مراجعه شود).

$$TC = \frac{|x_{i,extr} - \bar{x}_i|}{s_i} \qquad (۴)$$

که در آن:

$$\bar{x} = \frac{\sum_j x_{ij}}{N_i} \qquad (۵)$$

۵-۳-۳-۲ اگر TC بیشتر از مقدار بحرانی بود و پس از بررسی مشخص شد که عامل آن دلایل عملیاتی بوده است، باید آن سیگنال را رد کرد. این شیوه ممکن است تکرار شود، با این وجود ممکن نیست بیشتر از ٪ ۵ تعداد سیگنال‌های خروجی با این روش رد شوند. در غیر این صورت این آزمایش واسنجی معتبر نخواهد بود.

۵-۳-۳-۳ اگر دلایل کاری مبنی بر اینکه چرا TC از مقدار بحرانی بیشتر شده است، یافت نشد آنگاه امکان حذف داده پرت بالقوه وجود ندارد. در این گونه موارد باید از اعتبار مفروضات اساسی آزمون و پیش‌نیازها اطمینان حاصل کرد.

۵-۳-۴ روش محاسبه تابع واریانس

تابع واریانس ابزار مرکزی برای برآورد مشخصه‌های عملکرد مرتبط است. بنابراین، برخی ساختارها برای محاسبات آن و محاسبه پارامترهای مرتبط به صورت زیر بیان می‌شود.

۵-۳-۴-۱ واریانس s_i^2 سیگنال‌های خروجی x_{ij} ($j=1..N_i$) را برای هر مقدار c_i ($i = 1…M$) از مشخصه‌های کیفیت هوا را به صورت زیر محاسبه کنید.

$$s_i^2 = \frac{N_i \sum_j x_{ij}^2 - \left(\sum_J x_{ij}\right)^2}{N_i - 1} \quad (۶)$$

همچنین، وابستگی s_i^2 به c را به صورت زیر تعیین می‌شود.

$$log\frac{s^2}{s_0^2} \approx a_0 + a_1\sqrt{\frac{c}{c_0} + a_2\left(\sqrt{\frac{c}{c_0}}\right)^2} \quad (۷)$$

ضرایب این چند جمله ای مرتبه دوم $\sqrt{\frac{c}{c_0}}$ را به صورت زیر محاسبه کنید.

$$a_0 = \frac{\sum_i y_i - a_i \sum_i z_i - a_2 \sum_i z_i^2}{M} \quad (۸)$$

$$a_1 = \frac{Q_{(z,y)}Q_{(z^2,z^2)} - Q_{(z^2,yQ(z,z^2)}}{Q_{(z,z)}Q_{(z^2,z^2)} - \left(Q_{(z,z^2)}\right)^2} \quad (۹)$$

$$a_2 = \frac{Q(z^2,y)Q_{(z,z)} - Q_{(z,y)}Q(z,z^2)}{Q_{(z,z)}Q_{(z^2,z^2)} - \left(Q_{(z,z^2)}\right)^2} \quad (۱۰)$$

با

$$Q_{(\zeta^m,\eta^n)} = \frac{\sum_i(\zeta_i^m\eta_i^n) - (\sum_i \zeta_i^m)(\sum_i \eta_i^n)}{M} \quad (۱۱)$$

پارامتر $Q(\zeta m,\eta n)$ را با جایگزینی ζ با z و η با z و y به صورت زیر به‌دست آورید.

$$y_1 = \log\frac{s_i^2}{s_0^2} \quad (۱۲)$$

$$z_1 = \sqrt{\frac{c_1}{c_0}} \quad (۱۳)$$

شکل ۴- برازش لگاریتم تابع واریانس

۵-۳-۴-۲ مثالی از یک تابع واریانس به‌دست آمده با این روش در شکل ۴ نشان داده شده است.

۵-۳-۴-۳ در نتیجه، تابع واریانس هموار شده، $\hat{s}^2$، را به صورت زیر به‌دست آورید.

$$\hat{s}^2 = \hat{s}^2(c) = s_0^2 \exp\left(a_0 + a_1\sqrt{\frac{c}{c_0}} + a_2\frac{c}{c_0}\right) \quad (۱۴)$$

۵-۳-۴-۴ عامل وزن‌دهی ω_i در c_i $(i = 1 \ldots M)$ که در ادامه در محاسبه تابع واسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]، [۲]، [۳] با معکوس واریانس بالا متناسب است.

$$\omega = \omega(c) = \frac{s_0^2}{\hat{s}^2} \quad (۱۵)$$

۵-۳-۵ روش محاسبه تابع واسنجی

یک تابع واسنجی خطی به صورت زیر را برآورد کنید (معادله ۱۵).

$$x = \beta_0 + \beta_1 c \quad (۱۶)$$

این تابع همچنین می‌تواند با رابطه زیر برآورد شود.

$$x = b_0 + b_1 c \quad (۱۷)$$

که در آن:

$$b_0 = \bar{x}_\omega - b_1 \bar{c}_\omega \quad (۱۸)$$

$$\bar{c}_{\omega} = \frac{\sum_i N_i \omega_i c_i}{\sum_k N_K \omega_k} \quad (۱۹)$$

$$\bar{x}_{\omega} = \frac{\sum_i \sum_j \omega_i x_{ij}}{\sum_k N_K \omega_k} \quad (۲۰)$$

$$b_1 = \frac{\sum_i \sum_j \omega_i x_{ij(c_i - \bar{c}_{\omega})}}{\sum_1 N_i \omega_i (c_i - \bar{c}_{\omega})^2} \quad (۲۱)$$

۵-۳-۵-۱ به علاوه، برای انحراف معیارهای مختلف طراحی شده به عنوان توصیف‌کننده‌هایی برای پراکنش متقابل مقادیر درست پذیرفته شده، مقادیر اندازه‌گیری شده، سیگنال‌های خروجی، پراکنشی ویژه منسوب به فرایند کلی برآورد مشخص می‌شود.

۵-۳-۵-۲ این پراکنش ممکن است با انحراف معیار زیر توصیف شود.

$$s_x c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{M} \omega_i \sum_{k=1}^{N_i} (x_{ik} - x_i)^2}{[\sum_{i=1}^{M} (N_i)] - 2}} \quad (۲۲)$$

۵-۳-۵-۳ اغلب اوقات سیگنال خروجی بعد از اصلاح شاهد به‌دست می‌آید. اگر شاهد با نمونه‌های صفر واقعی متناظر باشد، تابع واسنجی اصلاح شده بایستی از مبدأ عبور کند. در این مورد ضریب b_1 به صورت زیر کاهش می‌یابد.

$$b_{i:trf} = \frac{\sum_i \sum_j \omega_i x_{ij} c_i}{\sum_k N_k \omega_k c_k^2} \quad (۲۳)$$

۵-۳-۵-۴ انحراف معیار، $S_x c$، در برابر تبدیلات پایا است، تنها درجات آزادی به صورت زیر تغییر می‌کند.

$$V_{trf} = \left(\sum_{i=1}^{M} N_i \right) - 1 \quad (۲۴)$$

۵-۳-۶ روش محاسبه تابع تحلیلی

تابع تحلیلی را با معکوس کردن تابع واسنجی به صورت زیر محاسبه کنید.

$$\hat{c} = \frac{x - b_0}{b_1} \quad (۲۵)$$

۵-۳-۷ خطی بودن

آزمون فرضیه خطی تابع واسنجی با استفاده از آماره F به صورت زیر است (به شکل ۵ مراجعه شود).

$$F = \frac{\frac{\sum_i N_i \omega_i (\bar{x}_i - x_i)^2}{\nu_1}}{\frac{\sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{\nu_2}} \qquad (۲۶)$$

که در آن:

$$\nu_1 = M - 2 \qquad (۲۷)$$

$$\nu_1 = \sum_i (N_1 - 1) \qquad (۲۸)$$

۵-۳-۸ اگر F از مقدار بحرانی جدولی توزیع F یعنی $F_{\upsilon_1;\upsilon_2;1-\alpha}$، که برای آزمون یک طرفه با سطح اطمینان α=۰٫۰۵، (به پیوست **الف** مراجعه شود) تجاوز نکند، غیرخطی بودن قابل چشم پوشی است. مشخصه‌های عملکرد بعدی را به صورتی که نشان داده شده‌اند، تعیین کنید.

۵-۳-۹ اگر F از مقدار بحرانی تجاوز کند فرضیه خطی بودن را رد کنید. اگر نامعادله زیر برقرار باشد معلوم می‌شود که آیا غیرخطی بودن در مقایسه با سایر عدم قطعیت‌ها قابل توجه است یا خیر.

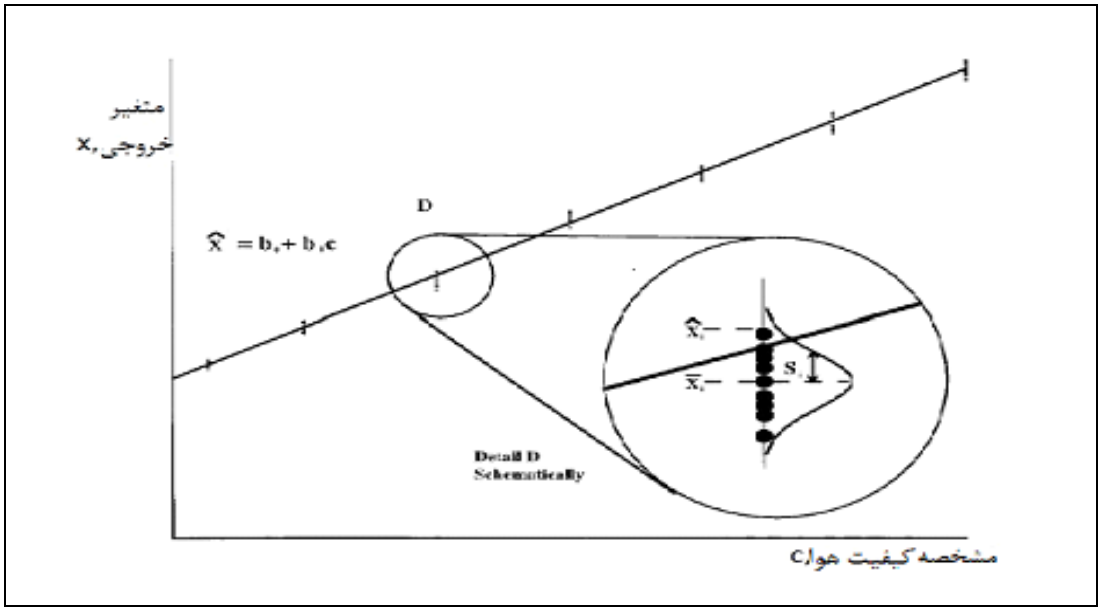
$$\underset{i=1}{\overset{M}{MAX}} \left\{ \frac{|\bar{x}_i - x_i|}{2s_i} \right\} < 1 \qquad (۲۹)$$

۵-۳-۱۰ اگر نامعادله برقرار نبود (به شکل ۵ مراجعه شود). به روش تعیین مشخصه‌های عملکرد خاتمه دهید. برای وضعیت بعدی مراحل و اندازه‌گیری‌های زیر را اجرا کنید:

۵-۳-۱۱ به عنوان یک دلیل بالقوه برای غیرخطی بودن، کیفیت نمونه‌های ماده مرجع را مورد بررسی قرار دهید. اگر پس از ارزیابی مشخص شد که غیرخطی بودن به دلیل کیفیت مواد مرجع نیست، بررسی کنید که آیا زیربخشی که معیار نابرابری در آن قرار گرفته است می‌تواند مورد قبول واقع شود، یا با یک تبدیل یکنواخت با مشتق مرتبه اول یکنواخت برای کاهش انحراف از خطی بودن اقدام کنید. اگر امکان کاهش انحراف از خطی بودن پذیرفته شد، آنگاه تعریف روش اندازه‌گیری جدید، به یک آزمون جدیدی برای تعیین مشخصه‌های عملکرد نیاز دارد.

۵-۳-۱۲ ابهام به دلیل برآورد تابع واسنجی

ضرایب تابع واسنجی b_0 و b_1 برآوردهای حاصل از تعداد محدودی از اندازه‌گیری‌ها هستند. بنابراین، آن‌ها از



شکل ۵- تابع واسنجی غیرخطی: فرضیه خطی بودن رد شد

مقادیر واقعی که از یک مجموعه کامل به‌دست می‌آیند، منحرف خواهند شد. لذا هر مقدار اندازه‌گیری برآورد شده، $\hat{c}$، که به وسیله تابع واسنجی به‌دست آید از مقدار «واقعی قابل قبول» منحرف خواهد شد. این انحراف‌ها هنگامی که سامانه اندازه‌گیری کالیبره باشد، به طور تصادفی تغییر خواهند کرد.

۵-۳-۱۳ عدم قطعیت مقدار اندازه‌گیری شده، $\hat{c}$، تحت آزمایش انجام شده واسنجی را به وسیله برآورد $S_{\hat{c}x}$ برای انحراف معیار مربوطه، توصیف کنید (به زیر بند ۵-۳-۵ مراجعه شود).

$$s_{\hat{c}x} = \frac{s_{xc}}{b_1}\sqrt{\frac{1}{\sum_i N_i \omega_i} + \frac{(c - \bar{c}_\omega)^2}{\sum_i N_i \omega_i (c_i - \bar{c}_\omega)^2}} \qquad (۳۰)$$

۵-۳-۱۴ در زمینه واسنجی دو نقطه‌ای ساده شده، با فرض اینکه مشخصه‌های عملکرد ارزیابی شده پایدار باقی بمانند، از فرمول تقریبی زیر استفاده کنید.

$$s_{\hat{c}x} \approx \frac{1}{b_1}\sqrt{\left(1 - \frac{c}{c_{sp}}\right)^2 \hat{s}^2(0) + \left(\frac{c}{c_{sp}}\right)^2 \hat{s}^2(c_{sp})} \qquad (۳۱)$$

با مواد مرجع در:

$C = 0$ (نمونه شاهد) و

$C = c_{sp}$ (نمونه گسترده)

۵-۴ دقت

۵-۴-۱ تکرارپذیری

تکرارپذیری r را با استفاده از تابع واریانس ارجاع داده شده به شرایط متناظر محاسبه کنید (به اصطلاحات استاندارد ASTM E465 مراجعه شود).

۵-۴-۴-۱ تابع واریانس هموار شده $\hat{s}^2$ را محاسبه کنید (به زیر بند ۴-۳-۵ مراجعه شود) و از روی آن، انحراف معیار تکرارپذیری را به صورت زیر برآورد کنید.

$$s_r = \frac{\sqrt{\hat{s}^2(c)}}{b_1} \qquad (۳۲)$$

۵-۴-۱-۲ تکرارپذیری r را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$r = t_{\nu;0.975}\, s_r \sqrt{2} \qquad (۳۳)$$

که در آن:

$t_{0.975}$ مقدار جدول $t_{\upsilon;1-\alpha/2}$ توزیع t برای آزمون دو طرفه برای سطح اطمینان $\alpha = ۰/۰۵$ و با درجه آزادی υ می‌باشد (پیوست **پ** را ببینید)، درجه آزادی υ به فرم زیر است .

$$\nu = MIN\{N_i - 1\}. \qquad (۳۴)$$

یادآوری- ضریب $\sqrt{2}$ از این حقیقت ناشی می‌شود در معادلات مربوط به R و r، به تفاوت میان دو اندازه‌گیری تنها اشاره دارند.

۵-۴-۲ تفکیک‌پذیری اندازه‌گیری[1]

تفکیک‌پذیری اندازه‌گیری در C = c را مطابق زیر برآورد کنید.

$$RES_c = \frac{t_{\nu;0.95}\hat{s}_c\sqrt{2}}{b_1} \qquad (۳۵)$$

۵-۴-۳ حد پایین تشخیص

1- Measurement Resolution

۵-۴-۳-۱ واریانس، $\hat{s}^2(0)$، در $C = 0$ از تابع واریانس (۵-۳-۴) را محاسبه کنید. انحراف معیار تکرارپذیری همچنین مطابق با زیر بند ۴-۵، به صورت به دست می‌آید.

$$s_r = \frac{\sqrt{\hat{s}^2(0)}}{b_1} \qquad (۳۶)$$

۵-۴-۳-۲ برای شرایط مرجع اجرا، حد تشخیص پایین (LDL) با معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$LDL = t_{v;0.95}\sqrt{s_r^2 + s_{\hat{c}x;}^2}(s_r \; and \; s_{\hat{c}x} \; at \; C = 0) \qquad (۳۷)$$

۵-۴-۴ حد بالای اندازه‌گیری[1]

حد بالای اندازه‌گیری را به وسیله مقدار مشخصه کیفیت هوای متناظر با بزرگ‌ترین مقدار اندازه‌گیری شده و مورد تایید فرایند واسنجی، تقریب بزنید.

یادآوری- برای روش‌هایی که متوسط سیگنال را نمایش می‌دهند، حد بالای اندازه‌گیری عملیاتی، بسته به نوسانات مقدار مشخصه کیفیت هوا در طول دوره متوسط‌گیری، پایین‌تر خواهد بود.

۵-۴-۵ ناپایداری

۵-۴-۵-۱ فرض می‌شود که مشخصه‌های عملکرد با زمان تغییر نمی‌کند. با این وجود، در عمل آنها تغییر می‌کنند، به ویژه، تغییر ضرایب b_0 و b_1 تابع واسنجی ممکن است یک اثر قابل ملاحظه روی درستی مقدار اندازه‌گیری شده داشته باشد. تغییر ضرایب روی یک دوره بیان شده زمان (ناپایداری) ممکن است یک بخش سیستماتیک (رانش) و یک بخش تصادفی (پراکندگی) داشته باشد. اینطور فرض می‌شود که مقدار رانش یک ثابت است. مقدار انحراف معیار پراکندگی بزرگتر مساوی انحراف معیار تکرار پذیری است.

۵-۴-۵-۲ رانش و پراکندگی از رگرسیون خطی متغیر خروجی روی زمان مشتق می‌شود، که فاصله زمانی میان سیگنال‌های خروجی متوالی همان فاصله زمانی مورد نظر است (به شکل ۶ مراجعه شود). رانش برابر با شیب تابع رگرسیون است و پراکندگی به کمک انحراف معیار باقیمانده‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

۵-۴-۵-۳ فاصله زمانی، $\Delta\theta$، را انتخاب کنید که روی هر کدام ناپایداری برای مثال، فاصله زمانی میان واسنجی‌های متوالی بایستی تست شود.

۵-۴-۵-۴ از ماده مرجع $C = c_t$ و $C = c_u$ استفاده کنید (c_t در پایین ترین و c_u در بالاترین قسمت از دامنه اندازه گیری $c_t << c_u$).

1- Upper Limit of Measurement

۵-۵-۴-۵ در $\theta = 0$ از $C = c_t$ نمونه‌گیری کنید. سیگنال خروجی متناظر $x_{l;0}$ را ثبت کنید. از $C = c_u$ سیگنال خروجی متناظر $X_{u;0}$ را ثبت کنید. این فرایند را L مرتبه در فاصله زمانی یکسان از $\Delta\theta$ تکرار کنید ($L \geq 8$).

۶-۵-۴-۵ رانش p_1 و انحراف معیار پراکندگی s_t برای $C = c_t$ را به صورت زیر محاسبه کنید.

$$p_{|fl} = \frac{\sum_i^{\theta} i^{x}{}_{|fl;i} - (\sum_i \theta_i)(\sum_i x_{|fl;i})^{/L}}{\sum_i \theta_i^2 - (\sum_i \theta_i)^{2/L}} \qquad (۳۸)$$

$$s_{|fl} = \sqrt{\frac{1}{L-2}\sum_1 \left[x_{|fl;i} - \bar{x}_{|fl} - p_{|fl(\theta_i - \bar{\theta})}\right]^2} \qquad (۳۹)$$

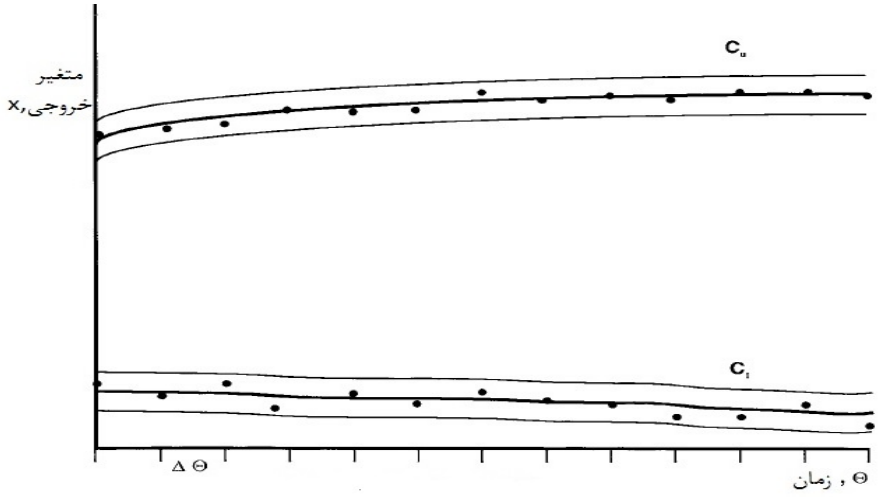
مقادیر متناظر p_u و s_u برای $C = c_u$ را محاسبه کنید.

۶-۴-۵ رانش

۱-۶-۴-۵ رانش به عنوان تغییر b_0 و b_1 از منحنی واسنجی نسبت به زمان در نظر گرفته می‌شود.

$$D(b_0) = \frac{\Delta b_0}{\Delta\theta} = \frac{c_{|fl} p_u - c_u p_{|fl}}{c_{|fl} - c_u} \qquad (۴۰)$$

$$D(b_1) = \frac{\Delta b_1}{\Delta\theta} = \frac{p_u - p_{|fl}}{c_u - c_{|fl}} \qquad (۴۱)$$



شکل ۶- مثالی از آزمون ناپایداری

۵-۴-۶-۲ بدین ترتیب که در هر مقدار C = c در محدوده در نظرگرفته شده، برآورد رانش به این صورت است.

$$D(\hat{c}) = \frac{\Delta c}{\Delta \theta} = \frac{1}{b_1} = [D(b_0) + cD(b_1)] \qquad (۴۲)$$

۵-۴-۷ پراکندگی

انحراف معیارهای b_0 و b_1 را تحت فرضیه $C_u/C_l > S_u/S_l \geq 1$ بهبود دهید.

$$s_{b_0} = \sqrt{\frac{c_u^2 s_{|fl}^2 - c_{|fl}^2 s_u^2}{c_u^2 - c_{|fl}^2}} \qquad (۴۳)$$

$$s_{b_1} = \sqrt{\frac{s_u^2 - s_1^2}{c_u^2 - c_1^2}} \qquad (۴۴)$$

۵-۴-۷-۱ در نهایت بخش پراکندگی ناپایداری مورد انتظار مطابق زیر است.

$$s_{inst} = \frac{1}{b_1}\sqrt{s_{b_0}^2 + c^2 s_{b_1}^2} \qquad (۴۵)$$

۵-۴-۷-۲ اگر این پراکندگی از انحراف معیار تکرارپذیری مربوطه تجاوز نکند، نوسانات بلند مدت در بازه زمانی $\Delta\theta$ ناچیز ارزیابی می‌شوند.

۵-۵ وابستگی مقدار اندازه‌گیری شده به متغیرهای موثر

این آزمون برای برآورد عملکرد حفظ شده تحت شرایط میدانی طراحی شده است. فرض می‌شود که اثر متغیر موثر روی مقدار اندازه‌گیری شده می‌تواند با آزمون‌هایی در کرانه‌ها (بیشترین یا کمترین‌ها) تعیین شود (به شکل ۷ مراجعه شود). متغیرهای موثر به دسته‌های با اثر شناخته‌شده و ناشناخته روی مقدار اندازه‌گیری تقسیم‌بندی کنید. به طور مثال دما و فشار تا زمانی که معادله حالت گاز کلاسیک معتبر باقی بماند متغیرهایی از دسته اول محسوب می‌شوند. به هر حال، رابطه خیلی پیچیده است و معمولاً ناشناخته می‌باشد برای مثال: اثرات درجه حرارت در وسایل الکترونیکی، بخشی که مربوط به ولتاژ خط و تراکم ترافیک است.

۵-۵-۱ وابستگی شناخته‌شده[1]

مقدار اندازه‌گیری شده، $\hat{c}$، را به عنوان یک تابع مشخصه کیفیت هوا و *i*امین متغیر موثر بیان کنید.

$$\hat{c} = g(C, IV_1 \ldots, IV_k) :IV_i.$$

۵-۵-۱-۱ وابستگی، DEP، که اثر IV_i روی $C = c$ است را با مشتق جزیی متناظر زیر محاسبه کنید.

$$DEP(\hat{C})_{IV_i} = \frac{\partial g}{\partial (IV_i)} |c, \quad iv_1 000 iv_k \qquad (۴۶)$$

۵-۵-۲ وابستگی ناشناخته

از ماده مرجع $C = c_1$ و $C = c_u$ استفاده کنید (c_1 در پایین‌ترین و c_u در بالاترین قسمت از دامنه اندازه‌گیری $c_1 << c_u$).

۵-۵-۲-۱ برای تعیین وابستگی به متغیر موثر به طور آزمایشگاهی، آزمون‌ها را در کرانه‌های عملیاتی متغیر موثر (کمترین و بیشترین مقدار ممکن برای متغیرها) و برای متغیرهای موثر باقی مانده تحت شرایط مرجع و به صورت زیر انجام دهید.

۵-۵-۲-۲ برای هریک از مقادیر C، تفاوت در سیگنال خروجی، Δx، را از یک مقدار کران IV_i، تا مقدار کران دیگر ثبت کنید.

۵-۵-۲-۳ وابستگی، DEP، روی متغیر **موثر**، IV_i، در $C = c_k$ و $k=1$ و μ را محاسبه کنید.

$$DEP(x)_{IV_i} = \frac{\Delta x}{\Delta iv_i} |C = c \qquad (۴۷)$$

۵-۵-۲-۴ وابستگی b_0 و b_1 به متغیر موثر به صورت زیر نشان داده شده است.

$$DEP(b_0)_{IV_i} = \frac{C_U DEP(x)_{IV_i|c|fl} - c_{|fl} DEP(x)_{IV_i|c_u}}{c_u - c_{|fl}} \qquad (۴۸)$$

$$DEP(b_1)_{IV_i} = \frac{DEP(x)_{IV_i|c_u} - DEP(x)_{IV_i|c|fl}}{c_u - c_{|fl}} \qquad (۴۹)$$

۵-۵-۲-۵ به ازای هر مقدار $C = c$ در دامنه مورد نظر، برآورد وابستگی مقدار اندازه‌گیری شده به متغیر موثر IV_i به صورت زیر محاسبه می‌شود.

1- Known Dependence

$$\mathrm{DEP}(\hat{c})_{IV_i} = \frac{1}{b_1}\left[DEF(b_0)_{IV_1} + cDEP(b_1)_{IV_i}\right] \qquad (۵۰)$$

۵-۵-۲-۶ مطابق با استاندارد ISO 6879، یک تقریب مرتبه اول برای انتخاب، I، با لحاظ کردن IV_i به صورت زیر نشان داده می‌شود.

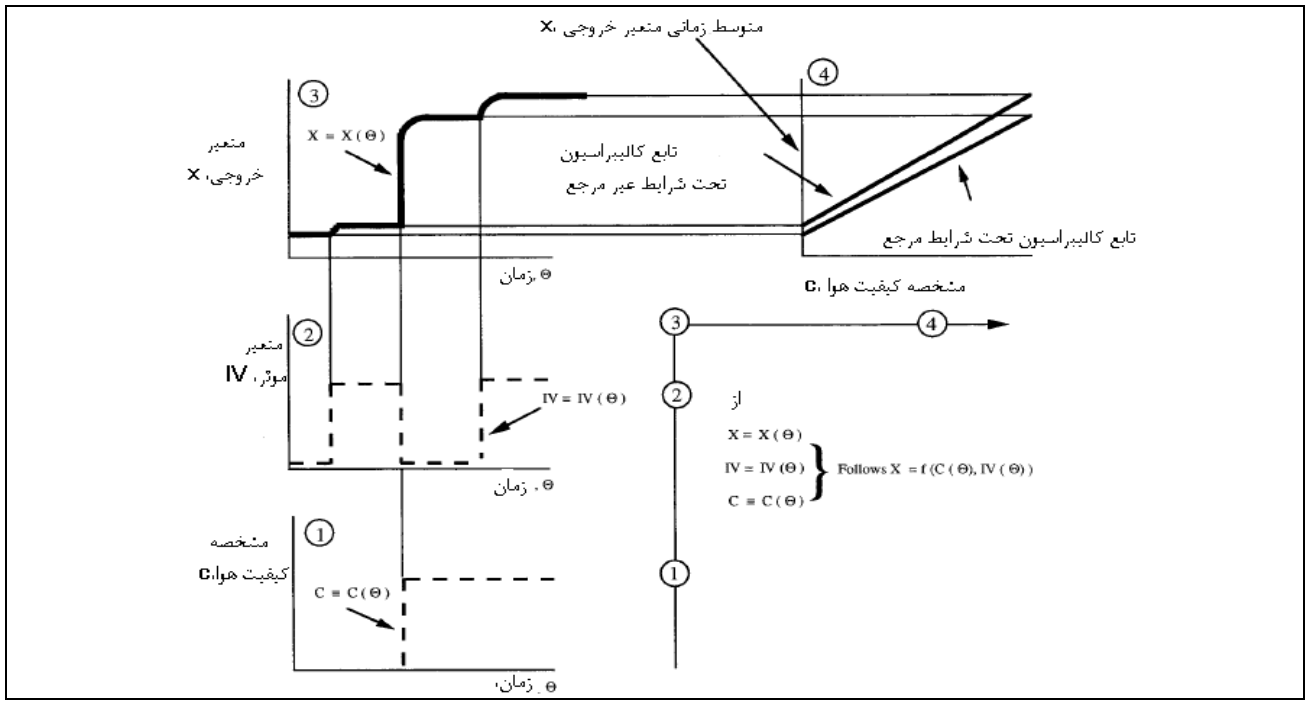
$$I_{IV_i} = b_1 \frac{\Delta iv_i}{\Delta x} \qquad (۵۱)$$

۵-۶ مشخصه‌های عملکرد اجرایی

۵-۶-۱ زمان گرم شدن، زمان اجرا

مشخصه عملکردی که احتمالاً یک عامل محدودکننده در زمان خواهد بود را بررسی کنید. حد تشخیص پایین و تکرارپذیری مثال‌هایی از این نوع مشخصه عملکردی هستند.

۵-۶-۲ نامطلوب‌ترین شرایط اجرایی مورد انتظار را در نظر بگیرید و در آن شرایط آزمون را اجرا کنید. اگر سامانه اندازه‌گیری اجرایی بود، به شرایطی غیراجرایی برگردید و منتظر بمانید تا سامانه اندازه‌گیری پایدار شود. اندازه‌گیری را آغاز کنید. زمان سپری شده برای رسیدن به محدوده مشخصه عملکرد انتخاب شده را تعیین کنید.



شکل ۷- تأثیر یک متغیر موثر روی یک تابع واسنجی خطی نشان داده شده برای مورد یک واسنجی دونقطه ای

۵-۶-۳ دوره اجرایی بدون مراقبت

به مقدار حد مشخصه‌های عملکردی در نظر گرفته شده، مطابق با زیربند ۵-۶-۱، رجوع کنید و مشخصه عملکرد بحرانی که محدودکننده دوره اجرایی بدون مراقبت است را مورد بررسی قرار دهید.

۵-۶-۳-۱ نامطلوب‌ترین شرایط اجرایی مورد انتظار را بررسی کنید.

۵-۶-۳-۲ عملیات نگهداری ضروری را انجام دهید.

۵-۶-۳-۳ سامانه اندازه‌گیری را مطابق با دستورات اجرایی در نامطلوب‌ترین شرایط اجرایی آغاز کنید و اجازه دهید که سامانه اندازه‌گیری به شرایط گرم شدن یا اجرا برسد. زمان سپری شده تا رسیدن به پایداری را ثبت کنید.

۵-۶-۳-۴ سامانه اندازه‌گیری را بدون مداخله اجرا کنید.

۵-۶-۳-۵ مقدار مشخصه عملکرد محدودکننده را به طور منظم تا هنگامی‌که در خارج از حدود گستره آن قرار نگیرد، مورد بررسی قرار دهید.

۵-۶-۳-۶ زمان سپری شده از آخرین ارزیابی مثبت را ثبت کرده و این زمان را به عنوان دوره اجرایی بدون مراقب در نظر بگیرید.

۵-۶-۳-۷ در غیر این صورت، آزمون را چندین مرتبه تکرار کنید، یا با سامانه‌های اندازه‌گیری مختلف آزمون کنید. کم‌ترین دوره در مجموعه سپری شده تا زمان اولین ارزیابی منفی، دوره عمومی اجرای بدون مراقب است.

۵-۶-۳-۸ دوره اجرایی بدون مراقب را همراه با دامنه مجاز مشخصه‌های عملکرد گزارش کنید.

پیوست الف

(الزامی)

جدول مقادیر آزمون داده های پرت دو طرفه GRUBB

جدول الف – ۱ مقادیر آزمون داده های پرت دو طرفه گرابس

تعداد تکرار	مقدار جدول (مقدار بحرانی) (TC)
۳	۱٫۱۵۵
۴	۱٫۴۸۱
۵	۱٫۷۱۵
۶	۱٫۸۸۷
۷	۲٫۰۲۰
۸	۲٫۱۲۵
۹	۲٫۲۱۵
۱۰	۲٫۲۹۰
۱۱	۲٫۳۵۵
۱۲	۲٫۴۱۲
۱۳	۲٫۴۶۲
۱۴	۲٫۵۰۷
۱۵	۲٫۵۴۹
۱۶	۲٫۵۸۵
۱۷	۲٫۶۲۰
۱۸	۲٫۶۵۱
۱۹	۲٫۶۸۱
۲۰	۲٫۷۰۹
۲۵	۲٫۸۲۲
۳۰	۲٫۹۰۸
۴۰	۳٫۰۳۶
۵۰	۳٫۱۲۸

یادآوری- برای سطح اطمینان $\alpha = ۱۰^{A}$

پیوست ب

(الزامی)

جدول مقادیر $F_{\upsilon 1,\upsilon 2;1-\alpha}$ توزیع F

جدول ب-۱ جدول مقادیر $F\upsilon_{1,\upsilon 2;1-\alpha}$ توزیع F برای آزمون یک طرفه

تعداد درجات آزادی واریانس در صورت کسر υ_1[a]												
*)[b]	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۴۰	۴٫۰۸	۳٫۲۳	۲٫۸۴	۲٫۶۱	۲٫۴۵	۲٫۳۴	۲٫۲۵	۲٫۱۸	۲٫۱۲	۲٫۰۸	۲٫۰۴	۲٫۰۰
۲۰	۴٫۰۳	۳٫۱۸	۲٫۷۹	۲٫۵۶	۲٫۴۰	۲٫۲۹	۲٫۲۰	۲٫۱۳	۲٫۰۷	۲٫۰۳	۱٫۹۹	۱٫۹۵
۶۰	۴٫۰۰	۳٫۱۵	۲٫۷۶	۲٫۵۳	۲٫۳۷	۲٫۲۵	۲٫۱۷	۲٫۱۰	۲٫۰۴	۱٫۹۹	۱٫۹۵	۱٫۹۲
۱۰۰	۳٫۹۴	۳٫۰۹	۲٫۷۰	۲٫۴۶	۲٫۳۱	۲٫۱۹	۲٫۱۰	۲٫۰۳	۱٫۹۷	۱٫۹۳	۱٫۸۹	۱٫۸۵
۱۲۰	۳٫۹۲	۳٫۰۷	۲٫۶۸	۲٫۴۵	۲٫۲۹	۲٫۱۸	۲٫۰۹	۲٫۰۲	۱٫۹۶	۱٫۹۱	۱٫۸۷	۱٫۸۳
α	۳٫۸۴	۳٫۰۰	۲٫۶۰	۲٫۳۷	۲٫۲۱	۲٫۱۰	۲٫۰۱	۱٫۹۴	۱٫۸۸	۱٫۸۳	۱٫۷۹	۱٫۷۵

یادآوری- برای سطح اطمینان ۰٫۰۵ = α

a مقادیر $F_{\upsilon 1,\upsilon 2;0/95}$ برای ۳۰ < υ_1 همچنین می‌تواند از $F\upsilon_{1,\upsilon 2;0/95}$ = ۱۰ A جایی که:

$$A=\frac{1/4287}{\sqrt{\frac{2\upsilon_1\upsilon_2}{(\upsilon_1+\upsilon_2)}-0/95}}-\frac{0/681(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}{\varepsilon_1\varepsilon_2}$$

b مخرج υ_2

پیوست پ

(الزامی)

جدول مقادیر توزیع t

جدول پ-۱- جدول مقادیر توزیع t [a]

تعداد درجات آزادی v	آزمون یک طرفه $t_{v;1-\alpha} = t_{v;0/95}$	آزمون دو طرفه $t_{v;1-\alpha/2} = t_{v;0/975}$
۱	۶٫۳۱۴	۱۲٫۷۰۶
۲	۲٫۹۲۰	۴٫۳۰۳
۳	۲٫۳۵۳	۳٫۱۸۲
۴	۲٫۱۳۲	۲٫۷۷۶
۵	۲٫۰۱۵	۲٫۷۵۱
۶	۱٫۹۴۳	۲٫۴۴۷
۷	۱٫۸۹۵	۲٫۳۶۵
۸	۱٫۸۶۰	۲٫۳۰۶
۹	۱٫۸۳۳	۲٫۲۶۲
۱۰	۱٫۸۱۲	۲٫۲۲۸
۱۱	۱٫۷۹۶	۲٫۲۰۱
۱۲	۱٫۷۸۲	۲٫۱۷۹
۱۳	۱٫۷۷۱	۲٫۱۶۰
۱۴	۱٫۷۶۱	۲٫۱۶۰
۱۵	۱٫۷۵۳	۲٫۱۳۱
۱۶	۱٫۷۴۶	۲٫۱۳۱
۱۷	۱٫۷۴۰	۲٫۲۱۱۰
۱۸	۱٫۷۳۴	۲٫۱۰۱
۱۹	۱٫۷۲۹	۲٫۰۹۳
۲۰	۱٫۷۲۵	۲٫۰۸۶
۳۰	۱٫۶۹۷	۲٫۰۴۲
۴۰	۱٫۶۸۴	۲٫۰۲۱
۶۰	۱٫۶۷۱	۲٫۰۰۰
α	۱٫۶۴۵	۱٫۹۶۰

یادآوری - برای سطح اطمینان ۰/۰۵ = α؛

a مقادیر $t_{vn;0/95}$ برای $\upsilon > 3$ می‌تواند همچنین از رابطه زیر به دست آید.

ادامه جدول پ-۱- جدول مقادیر توزیع t

$$t_{\upsilon;0/95} = \frac{1/6449\upsilon + 3/5283 + \frac{0/85602}{\upsilon}}{\upsilon + 1/2209 - \frac{1/5162}{\upsilon}} \qquad (پ-۱)$$

مقادیر $t_{\upsilon;0/975}$ برای $\upsilon > ۳$:

$$t_{\upsilon;0/975} = \frac{1/9600\upsilon + 0/60033 + \frac{0/95910}{\upsilon}}{\upsilon + 0/90259 - \frac{0/11588}{\upsilon}} \qquad (پ-۲)$$

کتاب‌نامه

[1] Grubbs, F. E., and Beck, G., “Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations,” Technometrics 14, 1972, pp. 847–854.

[2] Garden, J. S., Mitchell, D. G., and Mills, W. N., “Non-Constant Variance Regression Techniques for Calibration-Curve-Based Analysis,” Analytical Chemistry 52, 1980, pp. 2310–2315.

[3] Green, J. R., and Margerison, D., “Statistical Treatment of Experimental Data,” Elsevier, Amsterdam, 1978.

[4] Natrella, M. G.,“ Experimental Statistics,” NBS Handbook 91, 1966.

[5] Dixon, W. J., and Massey, F. J., “Introduction to Statistical Analysis,” McGraw Hill, New York, NY, 1969.