

# مروری بر مفهوم و تعریف کالیبراسیون و پیشینه آن در ایران

نوذ ایرانی

کارشناس اندازه‌شناسی nouzar.irani@firooz.info

ورود نظام مدیریت کیفیت مبتنی بر ISO 9001 صنعت عمومی کشور با کالیبراسیون، که یکی از الزامات این استانداردها هستند، آشنا شد و این پنجره‌ای بود که صنایع در ایران رو به کالیبراسیون گشودند. نکته تلخ داستان اینجاست! کالیبراسیون به خاطر پیشرفت دانش بومی و نیاز صنعت خودساخته‌ی ما و برای پاسخ به نیاز توسعه‌ای صنایع ما بکار گرفته نشد، بلکه در کنار، همراه و به عنوان یک الزام و اجبار برای صنایعی که بدنبال کسب اعتبار و گسترش سهم بازار با استفاده از گواهی‌نامه‌های استانداردهای سری ISO 9000 بودند به صنعت تحمیل شد! البته پس از چندی نخبگان صنعت و مدیران هوشمند به سرعت به علت قرار گرفتن الزام کالیبراسیون در لیست الزامات استانداردهای کیفیت محور پی‌بردند و از مزایای آن برای تقویت تحقیق و توسعه و ارتقاء کیفیت محصولات و خدمات و افزایش بهره‌وری و پیشگیری از اتلاف منابع حداکثر بهره را بردند. خوشبختانه امروز در کشور، اکثر صنایع عمومی و زیربنایی از فولاد، سیمان، نیروگاه، نفت و خودرو تا بهداشت، گمرک، حمل و نقل و گردشگری به نوعی با کالیبراسیون آشنا بوده و تا

خورشیدی باز می‌گردد. در تیرماه سال ۱۳۵۴ مرکز اندازه‌شناسی ایران بطور رسمی و با حضور وزیر صنایع و معادن وقت افتتاح شد و در ابتدا شامل شش آزمایشگاه بود. آزمایشگاه‌ها شامل آزمایشگاه اوزان، دما، برق، زمان، فرکانس و فتومتري بود. همچنین نظام کالیبراسیون از پیش از انقلاب در صنایع هوایی ایران و صنایع دفاع توسط کارشناسان آمریکایی مستقر و مورد استفاده بود.

تا پایان دفاع هشت ساله ملت ایران، در سایر صنایع فعالیت جدی در زمینه استقرار و بهره‌گیری از نظام کالیبراسیون مشاهده نمی‌شود. برخی از صنایع مادر که ماشین‌آلات، خطوط تولید و یا دانش فنی توسط طرف خارجی تامین شده بود؛ به عنوان بخشی از سازمان مستقر شده، نظام کالیبراسیون به بهره‌بردار واگذار و مورد استفاده قرار می‌گرفت. در این فاصله زمانی دانش و فرهنگ اندازه‌شناسی و کالیبراسیون محدود بود و بطور جزیره‌ای در صنایع مذکور حضور داشت و به همین دلیل پویایی نداشت و در مواردی حتی بصورت موقت کنار گذاشته شد.

از اواخر دهه ۶۰ خورشیدی و همراه با آغاز دوران سازندگی پس از جنگ به تدریج و با

کالیبراسیون یکی از زیر مجموعه‌های علم اندازه‌شناسی به حساب می‌آید و با اندازه‌گیری و اندازه در ارتباط است. از دیدگاه واژه‌شناسی Calibration واژه انگلیسی آن می‌باشد و در واژه‌نامه بین‌المللی<sup>۱</sup> ISO/IEC Guide 99:2007 تعریف آن آمده است. این واژه‌نامه با مشارکت و همکاری دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک<sup>۲</sup>، فدراسیون بین‌المللی شیمی بالینی و آزمایشگاه پزشکی<sup>۳</sup>، سازمان بین‌المللی استانداردسازی<sup>۴</sup>، اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی<sup>۵</sup>، اتحادیه بین‌المللی فیزیک محض و کاربردی<sup>۶</sup>، سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی<sup>۷</sup> و اتحادیه بین‌المللی تایید صلاحیت آزمایشگاه<sup>۸</sup> آخرین بار در سال ۲۰۰۷ میلادی تجدید نظر و منتشر شده است. در واژه‌نامه ملی ISIRI 4723 که بر اساس واژه‌نامه فوق و در سال ۱۳۹۰ خورشیدی تجدید نظر و منتشر شده است، برای واژه Calibration معادل فارسی از ریشه فرانسه آن یعنی "کالیبراسیون" انتخاب شده است.

پیشینه تاسیس و راه‌اندازی مرکز اندازه‌شناسی ایران در موسسه استاندارد به سال ۱۳۵۴



حد خوبی از آن بهره‌مند هستند. بدون شک هنوز راه طولانی در پیش داریم تا به جایگاهی برسیم که در بحث اندازه‌شناسی در سطح بین‌المللی حرفی برای گفتن داشته باشیم. اولین رقیب ما در منطقه کشور ترکیه است که حداقل از نظر چهارچوب‌های رسمی، ملی و زیر بنایی از ما جلوتر است. در این راستا در سازمان استاندارد، در چند سال اخیر، تلاش‌هایی صورت گرفته ولی شوربختانه کوتاه مدت و مقطعی بوده و اثری از نقشه راهی روشن در آن به چشم نمی‌خورد. امید می‌رود با تغییر ساختار این سازمان مهم ملی و با مدیریت سرکار خانم مهندس پیروزبخت و همراهی بدنه‌ی ارزشمند کارشناسی سازمان استاندارد، به تدریج کشور رو به بهبود و پویایی در اندازه‌شناسی گام بردارد.

بی‌مناسبت نیست در اینجا به مفهوم و تعریف کالیبراسیون و سیر تکامل تعریف بین‌المللی و همچنین برداشت‌های گوناگونی که از کالیبراسیون وجود دارد بپردازیم. ابتدا به برداشت‌ها بپردازیم:

– واژه کالیبر، که از نظر ظاهری و آوایی انگار با کالیبراسیون یکی است، ولی مفهوم آن از مفهوم کالیبراسیون دور است. کالیبر در سلاح‌های گرم به معنی قطر داخلی لوله سلاح یا قطر خارجی گلوله است. در زبان‌های اروپایی واژه کالیبر<sup>۱۱</sup> از واژه ایتالیایی کالیبرو<sup>۱۲</sup> آمده که آن نیز از واژه عربی قالب گرفته شده که قالب هم از ریشه فارسی کال و واژه کالبد گرفته شده است. این واژه از نظر مفهوم و تعریف از کالیبراسیون دور است و این دو واژه رابطه‌ای با هم ندارند.

– برداشت بعدی برابر دانستن کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری با تنظیم<sup>۱۳</sup> آنهاست. این برداشت کالیبراسیون را تنها برای تجهیزات اندازه‌گیری که قابل تنظیم باشند صادق می‌داند، در صورتی که در واقع اینگونه نیست. در عمل کالیبراسیون و تنظیم دو واژه با دو تعریف مستقل و ویژه به خود هستند. گاهی عمل تنظیم به عنوان بخشی از فرآیند کالیبراسیون استفاده می‌شود که در ادامه به آن اشاره خواهیم نمود. جالب اینکه تمام تجهیزات اندازه‌گیری قابل کالیبراسیون هستند ولی همه آنها قابل تنظیم نیستند

در بحث تعریف کالیبراسیون، در واقع مفهوم کالیبراسیون تقریباً ثابت است. سعی شده است تعریف کالیبراسیون در واژه‌نامه بین‌المللی در طی ۲۰ سال اخیر کامل و در برگیرنده تمام زاویه‌های بحث برانگیز باشد؛ این موضوع باعث شده تعریف‌های آرایه شده طولانی و گاهی پیچیده از آب درآیند. گاهی سعی می‌شود تعریف ساده‌ای در یک جمله از آن آرایه شود که لزوماً تعریف درست و کاملی نیست. تعدادی از تعریف‌ها به ترتیب از ناقص و خلاصه به کامل تر عبارتند از:

- دقت‌سنجی وسیله اندازه‌گیری
- بدست آوردن دقت و صحت دستگاه اندازه‌گیری
- اندازه‌گیری و تعیین صحت وسیله اندازه‌گیری در مطابقت با مرجع تایید شده
- تعریف‌های فوق تلاش دارند مفهوم کلی کالیبراسیون را برسانند ولی در بیان بدون ابهام

آن موفق نیستند. افزون بر اینها در این تعریف‌ها واژه‌های دقت<sup>۱۴</sup> و "صحت" بکار رفته که نخست تعریف ویژه خود را دارند، یعنی تعریف به سادگی منجر نشده است و دوم اینکه عبارت "صحت"، معادل عبارت accuracy، منسوخ و با واژه "درستی" جایگزین شده و البته مفهوم کمی نیز نیست. سوم اینکه در حال حاضر در واژه‌نامه ملی ISIRI ۴۷۲۳:۱۳۹۰ واژه "صحت" معادل عبارت trueness انتخاب شده است و این تعریف‌های بالا را بی اعتبارتر می‌کند.

درک مفهوم و هدف تعریف کنونی کالیبراسیون با آگاهی از پیشینه و حواشی بحث کالیبراسیون بهتر خواهد بود. تعریف پیشین در واژه‌نامه بین‌المللی تجدید نظر ۱۹۹۳ میلادی و تعریف نوین در واژه‌نامه بین‌المللی تجدید نظر سال ۲۰۰۷ میلادی آمده است.

در تعریف پیشین برای کالیبراسیون آمده بود: مجموعه عملیاتی که، تحت شرایط مشخص، میان نشاندهی یک دستگاه یا سیستم اندازه‌گیری، یا مقدار یک سنجی مادی یا ماده‌ی مرجع، و مقدار متناظر آن که از استانداردهای اندازه‌گیری حاصل می‌شود رابطه‌ای برقرار می‌کند.

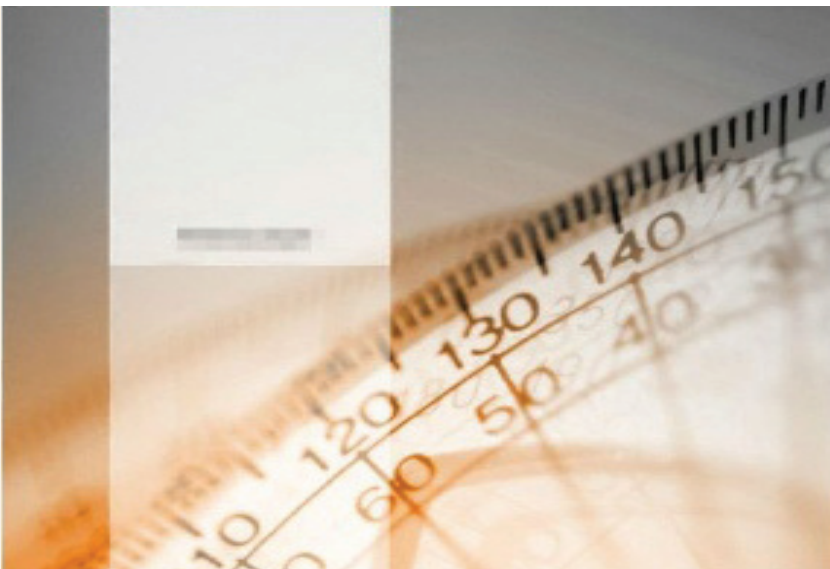
**یادآوری ۱-** کالیبراسیون اجازه می‌دهد که مقدار اندازه ده را به نشاندهی نسبت داده یا میزان

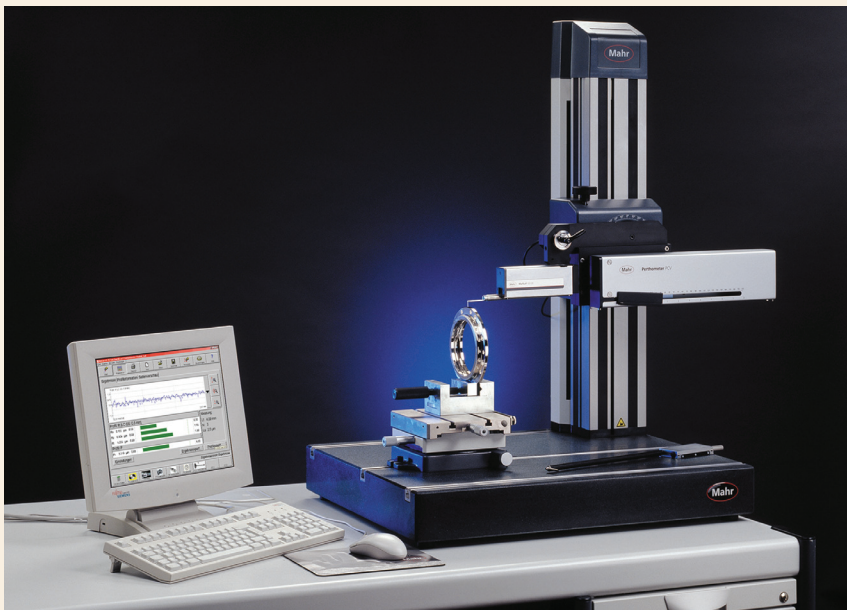
تصحیح لازم را نسبت به نشاندهی تعیین کنیم. **یادآوری ۲-** با کالیبراسیون ممکن است خواص اندازه‌شناختی دیگری نظیر اثر کمیت‌های تأثیرگذار نیز تعیین شود.

**یادآوری ۳-** نتیجه‌ی کالیبراسیون ممکن است در مدارکی ثبت شود که گاه آن را گواهی‌نامه‌ی کالیبراسیون یا گزارش کالیبراسیون می‌نامند. در تعریف نوین آمده است:

عملیاتی است که، تحت شرایط مشخص انجام می‌شود؛ به طوری که در گام اول، بین مقادیر کمیت و عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری ارتباط برقرار می‌کند. این عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری توسط استانداردهای اندازه‌گیری و نشاندهی‌های متناظر، به همراه عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری مربوط فراهم می‌شود و در گام دوم، از این اطلاعات برای برقراری رابطه‌ای جهت دستیابی به نتیجه اندازه‌گیری که از نشاندهی استفاده می‌شود.

**یادآوری ۱:** کالیبراسیون می‌تواند با اظهاریه، تابع کالیبراسیون، نمودار کالیبراسیون، معادله کالیبراسیون، یا جدول کالیبراسیون بیان گردد. در برخی حالات نیز مقدار تصحیح نشاندهی به صورت اضافه کردن یک مقدار یا ضرب در یک ضریب، همراه با عدم قطعیت اندازه‌گیری داده می‌شود.





**یادآوری ۲:** کالیبراسیون نباید با تنظیم سیستم اندازه‌گیری اشتباه شود، اغلب به اشتباه گفته می‌شود "خود کالیبراسیون"<sup>۱۴</sup>، همچنین با صحه‌گذاری هم نباید اشتباه گرفته شود.

**یادآوری ۳:** اغلب مرحله نخست از تعریف بالا به تنهایی به عنوان کالیبراسیون شناخته می‌شود. اضافه شده‌ها در تعریف نوین:

در تعریف نوین سعی شده ابهامات تعریف پیشین تا حد زیادی برطرف گردد.

در تعریف پیشین اشاره آشکاری به عدم قطعیت اندازه‌گیری نشده بود، در تعریف نوین تلاش شده این کاستی جبران شود و حتی به عدم قطعیت استانداردهای اندازه‌گیری بطور شفاف و عدم قطعیت‌های وابسته به ابزار مورد کالیبراسیون بطور ضمنی اشاره شده است.

در تعریف نوین عملیات کالیبراسیون به دو مرحله تفکیک شده است، مرحله اول در متن تعریف پیشین آمده بود و موضوع جدیدی نیست. مرحله دوم به گونه‌ای کلی در یادآوری ۱ تعریف پیشین آمده بود ولی در تعریف نوین مطلب پخته و شفاف‌تر ارائه شده است. یعنی با استفاده از اطلاعات بدست آمده از مرحله اول رابطه‌ای را برقرار نمود که با داشتن نشاندهی وسیله اندازه‌گیری مورد کالیبراسیون، نتیجه اندازه‌گیری را بتوان بدست آورد. چگونگی برقراری این رابطه و ارائه آن در یادآوری ۱ همین تعریف آورده شده است. رابطه می‌تواند با یک عبارت، تابع کالیبراسیون، نمودار کالیبراسیون، معادله کالیبراسیون، یا جدول کالیبراسیون بیان گردد البته عدم قطعیت وابسته به برقرار کردن این رابطه در پاره‌ای موارد دارای اهمیت فراوان است. به همین دلیل برخی از انواع ارائه رابطه دارای تقدم هستند.

در یادآوری ۲ تعریف نوین به موضوعات کلیدی و مهمی که جای آنها در تعریف کالیبراسیون خالی بود پرداخته شده است. مفاهیمی که با کالیبراسیون اشتباه می‌شوند نظیر تنظیم، خود کالیبراسیون و صحه‌گذاری کالیبراسیون، بگونه‌ای شفاف تعریف شده‌اند. تنظیم، مقوله‌ای مستقل از کالیبراسیون و گاهی مکمل آن است که گاه به اشتباه معادل کالیبراسیون گرفته می‌شود. خود کالیبراسیون معمولاً در کتابچه راهنمای سازنده وسیله اندازه‌گیری عنوان می‌شود. صحه‌گذاری کالیبراسیون در مقایسه با فرآیند کالیبراسیون فرآیندی بسیار مختصر، سطحی و ناقص است.

در یادآوری ۳ تعریف نوین هم به این نکته توجه شده که مرحله اول کالیبراسیون در تعریف نوین که همان تعریف پیشین است اغلب به عنوان کالیبراسیون یاد می‌شود. حذف شده‌های تعریف پیشین:

ردیابی اندازه‌گیری‌ها). این نکته هم در تعریف نوین بدیهی فرض شده و حذف گردیده است. در تعریف پیشین به این نکته که نتایج به دست آمده از کالیبراسیون ممکن است اثر ناشی از کمیت‌های تأثیرگذار و یا خواص اندازه‌شناختی دیگری را نیز شامل گردند، اشاره شده بود که در تعریف نوین بدیهی فرض شده است.

#### نتیجه‌گیری:

- تعریف نوین را ایده‌آل تصور نکنیم! حتماً تعریف بعدی بسته به امکانات و نیازهای آینده‌ی انسان کامل‌تر خواهد بود.
- عدم قطعیت اندازه‌گیری که از ابتدای دهه نود گسترش پیدا کرده همچنان در همه علم اندازه‌شناسی دامن می‌گسترند. آنرا جدی‌تر بگیریم!
- به گونه‌گونی برقراری رابطه بین نشان‌دهی وسیله اندازه‌گیری مورد کالیبراسیون و نتیجه اندازه‌گیری همانند تابع کالیبراسیون، نمودار کالیبراسیون، معادله کالیبراسیون، جدول کالیبراسیون و امکاناتی که هر کدام در اختیار ما قرار می‌دهند و همچنین نیازهای خودمان توجه بیشتری نماییم.
- کالیبراسیون با تنظیم، خودکالیبراسیون و صحه‌گذاری کالیبراسیون متفاوتند و هر کدام مقوله‌ای مستقل هستند.
- نکات و کلمات حذف شده از تعریف نوین نسبت به تعریف پیشین، نکاتی هستند که بدیهی فرض شده‌اند.
- یادآوری تاریخچه‌ی یک تحول به شفاف‌تر شدن آن می‌افزاید. شاید بهتر بود در سیر تحول تعریف کالیبراسیون دورتر هم می‌رقیم.

در تعریف پیشین به عنوان "مورد کالیبراسیون" از دستگاه اندازه‌گیری، سیستم اندازه‌گیری، سنج‌های مادی و ماده مرجع یاد شده بود. دلیل آن نیز یادآوری نکته‌هایی بود: اول اینکه علاوه بر دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند کولیس، دماسنج، مولتی-متر، فشارسنج و ... سیستم‌های اندازه‌گیری همچون انکوباتور، کوره عملیات حرارتی، آون و فریزر نیز قابل کالیبراسیون هستند. دلیل نام بردن از سیستم اندازه‌گیری این بود که تا دهه هشتاد میلادی نظر بر این بود که بدلیل وجود پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر خطای سیستم‌های اندازه‌گیری که معمولاً بطور کنترل نشده‌ای متغیر هستند، کالیبراسیون سیستم‌های اندازه‌گیری اعتبار چندانی ندارد ولی از ابتدای دهه نود میلادی بدلیل اینکه فن‌آوری این امکان را فراهم نمود تا سیستم‌های اندازه‌گیری به گونه‌ای ساخته و به کار گرفته شوند که پارامترهای موثر بر آنها در حد قابل قبول کنترل شده باشند. برای یادآوری اینکه سیستم‌های اندازه‌گیری هم قابل کالیبراسیون هستند این مطلب در تعریف پیشین کالیبراسیون گنجانده شده بود ولی در تعریف نوین به دلیل اینکه این امر دانسته فرض شده است عبارت "سیستم اندازه‌گیری" حذف گردیده است. دوم، یادآوری این مطلب که تمام دستگاه‌ها یا سیستم‌ها و یا سنج‌های مادی همچون وزنه یا گیج بلوک یا ماده‌های مرجع مانند بافر PH نیز باید کالیبره گردند. این در واقع اشاره ضمنی به این نکته است که تمام مراجع از هر نوع، نیاز به کالیبراسیون دارند و این سلسله پیوسته کالیبراسیون‌ها تا مراجع بین‌المللی هر کمیت ادامه می‌یابد (قابلیت

1. ISO/IEC GUIDE 99:2007(E/F): International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)
2. BIPM
3. IEC
4. IFCC
5. ISO
6. IUPAC
7. IUPAP
8. OIML
9. ILAC
10. Calibre یا Caliber
11. Calibro
12. Adjustment
13. Precision
14. Self-Calibration

