هشتمین کنفرانس ملی
مطالعات مدیریت و اقتصاد در علوم انسانی
8th National Conference on
Management Studies and Economics in the Humanities
www.spconf.ir

بررسی برنامه و فرآیند کالیبراسیون در شرکت ایران تابلو

حمیدرضا صالحی

مدیر سیستم‌ها و روش‌ها، شرکت شیمیایی فرتاک لوتوس hr.salehi59@gmail.com

چکیده

کالیبراسیون مقایسه دو سیستم یا وسیله اندازه گیری است (یکی باعدم قطعیت معلوم ودیگری با عدم قطعیت نامعلوم)به منظورمحاسبه عدم قطعیت وسیله ای که عدم قطعیت آن نامعلوم است. هدف کالیبراسیون ایجاد نظامی مؤثر به منظور کنترل صحت و دقت پارامترهای مترولوژیکی دستگاه‌های آزمون و وسایل اندازه‌گیری و کلیه تجهیزاتی است که عملکرد آنها بر کیفیت فرایند تأثیرگذار می‌باشد. این کار به منظور اطمینان از تطابق اندازه‌گیری‌های انجام شده با استانداردهای جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو هدف از تحقیق حاضر بررسی برنامه کالیبراسیون در شرکت ایران تابلو می‌باشد. بدین منظور در ادامه به بررسی فرآیند کالیبراسیون شرکت و ارائه برنامه‌ها در این بخش پرداخته شده است. بررسی های انجام شده نشان داد که برای هر دستگاه در شرکت ایران تابلو یک درصد خطای مشخص تعریف شده و بر آن اساس کالیبراسیون انجام می‌گردد.

واژه‌های کلیدی

استاندارد، خطا، کالیبراسیون، مقایسه

مقدمه

کالیبراسیون[1] عبارت است از مقایسه یک دستگاه اندازه گیری با یک استاندارد و تعیین میزان خطای این وسیله نسبت به آن و در صورت لزوم تنظیم دستگاه در مقایسه با استانداردهای مربوطه. به زبان ساده کالیبراسیون، اندازه گیری و صحت وسیله اندازه گیری در مطابقت با مرجع تایید شده می‌باشد .تعریف دقیق کالیبراسیون در استاندارد ملی ایران به شماره ۴۷۲۳ آمده است. کالیبراسیون اجازه می‌دهد که میزان تصحیح لازم را نسبت به نشاندهی تعیین کنیم. با کالیبراسیون ممکن است خواص اندازه شناختی دیگری نظیر اثر کمیت‌های تاثیرگذار نیز تعیین شود. در واقع کالیبراسیون ویژگی‌های کارآمدی دستگاه یا مواد مرجع را بوسیله انجام مقایسات مستقیم مشخص می‌نماید. هر وسیله‌ای که برای اندازه گیری به کار می‌رود و در روش‌های اجرایی به استفاده از آن اشاره شده است، نیاز به تعیین صحت و دقت یا کالیبراسیون دارد [۱].

تعریف کالیبراسیون

تعاریف متعددی برای کالیبراسیون ارائه شده است. در استاندارد ملی ایران در بخش "واژه‌ها واصطلاحات پایه و عمومی اندازه شناسی" کالیبراسیون" چنین تعریف شده است: مقایسه ابزار دقیق با یک مرجع استاندارد آزمایشگاهی در شرایط استاندارد، جهت اطمینان از دقت و سلامت آن و تعیین میزان خطای این وسیله نسبت به آن استاندارد وتنظیم آن در مقایسه با استاندارد. کالیبراسیون مقایسه دو سیستم یا وسیله اندازه گیری است (یکی باعدم قطعیت معلوم ودیگری با عدم قطعیت نامعلوم) به منظور محاسبه عدم قطعیت وسیله ای که عدم قطعیت آن نامعلوم است. تعریف دیگری که در ایزو ۱۰۰۱۲ آمده است کالیبره کردن را چنین معرفی کرده است: مجموعه‌ای از عملیات که تحت شرایط مشخصی برقرار می‌شود و رابطه ی بین مقادیر نشان داده شده توسط وسیله اندازه‌گیری و مقادیر متناظر آن کمیت توسط استاندارد مرجع را مشخص می‌نماید [۲].

هدف از کالیبراسیون

معمولاً کالیبراسیون اولیه دستگاه آزمون و اندازه گیری (TME) در مرحله ساخت و تولید آن انجام می‌گیرد که می تواند شامل این مراحل باشد: درجه بندی دستگاه ، تنظیم مدارات الکتریکی موجود روی وسیله مانند تنظیم نشان دهنده‌های دیجیتالی، تخمین عدم قطعیت و پایداری دستگاه است. پس از این مراحل وسیله اندازه‌گیری با توجه به طول عمر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. کالیبراسون مجدد جهت اطمینان از عملکرد صحیح دستگاهها و کنترل کیفیت اجزای آنها مورد نیاز است. بنابراین با کالیبراسیون مجدد می‌توان عوامل و اجزایی از دستگاه را که کیفیت خود را از دست داده است، شناسایی نمود. دستگاههای اندازه‌گیری باید به طور دوره‌ای کالیبره شوند. گذشت زمان، فرسودگی، حوادث غیر قابل پیش بینی، باعث می‌شوند تا قابلیت ردیابی نتایج آنها تا استانداردها زیر سوال رفته و نیازمند تایید مجدد باشند. برای تجهیزات، کالیبره شده گواهی کالیبراسیون صادر شده و ضمیمه دستگاه می‌گردد. کالیبره نمودن تمام تجهیزات لازم نیست. برخی از آنها ممکن است صرفاً به عنوان نشان دهنده مورد استفاده قرار گیرند. انواع دیگر تجهیزات ممکن است به عنوان ابزار تشخیصی و آشکارسازی به کار بروند. هر گاه وسیله‌ای برای تعیین قابلیت پذیرش محصول و یا عوامل موثر در فرایند آزمون مورد استفاده قرار نگیرد کالیبراسیون آن ضرورت ندارد [۳].

هدف کالیبراسیون ایجاد نظامی مؤثر به منظور کنترل صحت و دقت پارامترهای مترولوژیکی دستگاه‌های آزمون و وسایل اندازه‌گیری و کلیه تجهیزاتی است که عملکرد آنها بر کیفیت فرایند تأثیرگذار می‌باشد. این کار به منظور اطمینان از تطابق اندازه‌گیری‌های انجام شده با استانداردهای جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴].

اهداف اصلی کالیبراسیون

- برای اطمینان از قرائت‌هایی که از دستگاه صورت می‌گیرد.
- برای تعیین درستی مقادیر خوانده شده از دستگاه

[1] Calibration

- برای استقرار قابلیت ردیابی دستگاه به استانداردهای مرجع

هدف نهایی کالیبراسیون برقراری قابلیت ردیابی عنوان شده‌است. قابلیت ردیابی traceability مهمترین ویژگی که یک اندازه‌گیری باید داشته باشد وجود قابلیت ردیابی نتایج آن تا استانداردهای ملی و سپس بین‌المللی می‌باشد [۵].

علت کالیبراسیون:

کالیبراسیون اولیه وسیله اندازه گیری چگونگی کارایی مورد ادعای سازنده را به مشتری نشان می‌دهد. پارامترهایی که توسط دستگاه اندازه گیری می‌شود به استانداردهای اندازه گیری قابل ردیابی ارجاع داده می‌شود که اگر چنین نباشد اطمینانی به آنها نمی‌توان داشت [۶].

کالیبراسیون مجدد به خاطر کنترل و نگهداری فرایندهای اندازه گیری که بوسیله اندازه‌گیری انجام می‌شود لازم است. معمولاً عدم قطعیت وسیله نسبت به زمان و با استفاده‌های مکرر از آن افزایش می‌یابد. شناسایی رشد تدریجی عدم قطعیت و افزایش آن به راحتی توسط کاربران امکان پذیر نیست. آنچه که در اندازه گیری بسیار ضروری است قابلیت ردیابی است. برقراری قابلیت ردیابی که با کالیبراسیون امکان پذیر می‌شود در کنترل سیستم اندازه گیری و تجارت بین‌المللی ضروری می‌باشد. قابلیت رد یابی عبارت است از: قابلیت ارتباط مقدار یک استاندارد یا نتیجه یک اندازه گیری با مرجع‌های ملی و بین‌المللی، از طریق زنجیره پیوسته مقایسه‌ها که همگی عدم قطعیتی معین دارند که به صورت ملی یا بین‌المللی تعیین یا مشخص می‌شوند [۷]. از ملزومات هر تحقیقاتی، طراحی فعالیت‌های تولیدی، آزمون های نهایی و کالیبراسیون تولیدات و تجهیزات قبل از تحویل می‌باشد. همچنین کالیبراسیون قابل ردیابی، حصول اطمینان از عدم قطعیت اندازه‌گیری در یک بخش از فرایند را که بر بخش‌های دیگر فرایند تاثیر گذار است امکان پذیر می‌سازد [۸].

اعتبار اندازه گیری‌ها مربوط به تحقیقات، بستگی به درستی برآورد پدیده‌های تحت مطالعه و عدم قطعیت‌های بدست آمده دارد. کالیبراسیون وسیله‌هایی که در تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرند، عدم قطعیت و کنترل رشد عدم قطعیت را مشخص می‌نماید و به محقق کمک می‌کند که به نتایج حاصل از تحقیقات خود اطمینان داشته باشد؛ که این نتایج ناشی از تغییرات واقعی پدیده‌هاست؛ نه ناشی از عدم درستی در تخمین عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری است [۹].

کالیبراسیون جهت بازرسی و تصحیح

باتوجه به نتایج حاصل از بازرسی، تصحیح اعمال می‌شود. تا وقتی که خطا در حدود قابل قبول سیستم اندازه‌گیری باشد، نیازی به تصحیح نیست و از وسیله اندازه‌گیری می‌توان استفاده نمود. اما اگر خطای مقادیر مورد اندازه گیری از حدود قابل قبول بیشتر باشد اعمال تصمیمات لازم ضروری است [۱۰].

کالیبراسیون فقط به منظور بازرسی

اگر خطای مقادیر مورد اندازه‌گیری که از اعمال بازرسی حاصل می‌شوند در حدود تعریف شده باشد، از دستگاه اندازه‌گیری می‌توان استفاده نمود. از آنجایی که تصحیح و یا تعمیر دستگاه اندازه‌گیری گران است با بازرسی‌های دوره‌ای تا زمانی که خطای وسیله اندازه‌گیری در حدود تعریف شده باشد استفاده از آن بلامانع است. چنانچه خطاها از حدود تعریف شده تجاوز نمایند، وسیله اندازه گیری را باید کنار گذاشت و یا تقلیل رده وکلاس داد [۱۱].

کالیبراسیون فقط به منظور تصحیح

در این روش بازرسی انجام نمی‌شود اما تصمیمات لازم جهت رسیدن به مفهومی معادل کالیبراسیون جدید واستفاده از وسیله اندازه گیری انجام می‌شود. به عنوان مثال تصحیح نقطه صفر وسیله اندازه‌گیری که به صورت دوره‌ای انجام می‌پذیرد، استفاده مجدد از آنرا امکان پذیر می‌نماید.چنانچه نقطه صفر تغییر کرده باشد، با تصحیح مجدد می‌توان وسیله اندازه‌گیری را تنظیم نمود [۱۲].

عدم کالیبراسیون

در این روش بدون انجام بازرسی و تصمیمات لازم از دستگاه اندازه‌گیری استفاده می‌شود. در این حالت به دلیل آنکه مقدار بعضی از خطاهای مشخص دستگاه از حدود کنترل تعریف شده برای وسیله اندازه‌گیری در فرایند تولید کوچکترند، بدون انجام کالیبراسیون دوره‌ای از وسیله اندازه‌گیری استفاده می‌شود [۱۳].

تعیین فواصل زمانی کالیبراسیون مجدد:

تعیین زمان کالیبراسیون یکی از تصمیمات مهم و قابل توجه است که البته به نظر برخی منجر به اتلاف وقت و پول می گردد. عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری سبب اتخاذ تصمیمات نادرستی می‌شود که این تصمیمات نادرست، ناشی از نتایج اندازه‌گیری فریبنده می‌باشد و هزینه کالیبراسیون را معمولاً نمی‌توان در تعیین فواصل کالیبراسیون نادیده گرفت که این خود ممکن است عامل محدودکننده به شمار آید؛ بنابراین با توجه به عوامل فوق آشکار است که جدول فواصل کالیبراسیون یکنواختی نمی‌توان تهیه نمود. بهتر است که ابتدا جدولی تهیه شود و سپس با توجه به موقعیت‌های خاص در آن تغییراتی داده شود. به هنگام تعیین فواصل کالیبراسیون مجدد هر وسیله اندازه گیری، دو معیار اساسی و متناقض وجود دارد که لازم است موازنه شوند:

۱ – خطر احتمالی ناشی از به کارگیری یک وسیله اندازه‌گیری در خارج از حدود رواداری آن که باید تا حد امکان کاهش یابد.

۲ – هزینه کالیبراسیون سالیانه که باید در حداقل مقدار نگهداشته شود.

سیستمی که فواصل زمانی بین دو تأییدیه را، پس از تعیین اولیه بازبینی ننماید قابل اطمینان نیست. در بازبینی باید دو پارامتر ریسک و قرار نگرفتن وسیله در محدوده مجاز در فواصل بین دو تأیید و هزینه هر بار تست و تأییدیه مد نظر قرار گیرد [۱۴].

بازنگری فاصله زمانی کالیبراسیون

سیستمی که فواصل زمانی بین دو تأییدیه را پس از تعیین اولیه، بازبینی نکند قابل اطمینان نیست. در بازبینی باید دو عامل ریسک و قرار نگرفتن وسیله در محدوده مجاز کارکرد، در فواصل بین مورد تأیید را در نظر گرفت و همچنین هزینه هر بار آزمون و تأییدیه را نیز مورد توجه قرار داد. به منظور بهینه‌سازی بین هزینه و ریسک، باید تناوب کالیبراسیون به طور مداوم مورد بازنگری قرار گیرد. و داده‌های حاصل از سوابق تأیید اندازه شناسی و کالیبراسیون و پیشرفت‌های دانش و فناوری می‌تواند در تعیین فواصل زمانی مورد استفاده قرار گیرد. در تصمیم گیری برای اصلاح فواصل اندازه شناختی، سوابق حاصل از فنون کنترل آماری می‌تواند مفید باشد. در بازنگری فاصله زمانی، کالیبراسیون تجهیزات به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱) عدم تغییر دوره کالیبراسیون؛

۲) افزایش دوره کالیبراسیون؛

۳) کاهش دوره کالیبراسیون.

۱: عدم تغییر دوره کالیبراسیون

هر زمان یک ابزار براساس یک رویه مشخص کالیبره شود، اگر خطای ابزار از ۸۰ درصد ماکزیمم خطای مجاز تجاوز نکرده باشد آنگاه بازه زمانی آن می‌تواند تمدید شود.

۲: افزایش دوره کالیبراسیون

وقتی تجهیزات اندازه‌گیری مشکلی در عدم پایداری نداشته باشند، بازه کالیبراسیون آنها می‌تواند طولانی شود. اگر حداقل سه بار از دفعات کالیبراسیون بدون مشکل باشد و مشخصات کالیبراسیون ابزار اندازه‌گیری با دفعات قبل یکسان باشد می‌توان بازه کالیبراسیون را طولانی نمود. باید توجه داشت که طولانی نمودن بازه زمانی کالیبراسیون نباید بیشتر از ماکزیمم بازه زمانی کالیبراسیون تجهیز شود. همچنین در صورتی که ابزار اندازه‌گیری(اول) که قابلیت پایداری بیشتری دارد به موازات ابزار اندازه‌گیری (دوم) استفاده شود، می‌توان بازه کالیبراسیون (دستگاه دوم)

را مطابق (دستگاه اول) انتخاب نمود. در ضمن، هنگامی که ابزار اندازه‌گیری در محلی استفاده شود که سازنده آن ابزار، موارد دقیق‌تر از محل استفاده را پیش فرض قرار دهد، فرکانس کالیبراسیون می‌تواند افزایش یابد.

۳: کاهش دوره کالیبراسیون

وقتی ابزار اندازه‌گیری از مشخصات تعیین شده خود انحراف بالایی داشته باشد در صورتی‌که خطا بیشتر از ۸۰ درصد خطای مجاز باشد، دستورالعمل زیر باید انجام شود. در مواقعی که این انحراف از طریق خرابی ابزار یا استفاده نادرست از آن ایجاد شود باید علت خرابی یا عدم استفاده صحیح مشخص شود و اقدام اصلاحی لازم و همچنین درصورت نیاز آموزش لازم برای بالا بردن مهارت اپراتور برای جلوگیری از وقوع حوادث مشابه صورت پذیرد. در مواقعی که ابزار به دلیل وجود علل سیستماتیک، انحرافی در آن ایجاد شود، بازه زمانی کالیبراسیون باید به نصف بازه زمانی اولیه تغییر یابد و بررسی شود که آیا بازه زمانی ابزار مشابه نیز باید تغییر کند یا خیر برای مثال، برای تعیین فواصل زمانی کالیبراسیون تجهیزات مطابق استاندارد OIML D 10 به منظور هر یک از عوامل مهم ذکر شده، وزن مشخص و درجه اهمیتی تعیین شده است که وزن فوق برای تمامی تجهیزات ثابت است و درجه اهمیت برای هر کدام از عوامل می تواند متفاوت باشد. در نهایت، مجموع حاصل‌ضرب وزن و درجه اهمیت عوامل، عددی را مشخص می‌کند که با توجه به قرار گرفتن عدد مذکور در محدوده ذکر شده، دوره زمانی کالیبراسیون تعیین می‌شود. دوره زمانی کالیبراسیون براساس روش تنظیم پلکانی بازنگری خواهد شد. بدین صورت که بعد از انجام فرآیند کالیبراسیون در صورتی که نتایج در محدوده خطای مجاز باشد زمان بعدی کالیبراسیون شش ماه افزایش می‌یابد و در صورتی که نتایج در محدوده خطای مجاز نباشد زمان بعدی کالیبراسیون شش ماه کاهش می‌یابد [۱۵].

مراحل اقدام برای کالیبراسیون

۱ .کد گذاری تجهیزات اندازه گیری و تهیه شناسنامه و لیست آنها

تمام تجهیزات اندازه گیری باید وارد یک لیست شده و به هر یک کد یا مشخصه‌ای داده شود. کد باید به گونه ای باشد که بتوان بدون احتمال خطا تجهیز را شناسایی نمود. برای هر تجهیز اندازه گیری شناسنامه تهیه شود.

۲. طبقه بندی تجهیزات از نظر کالیبراسیون

- تجهیزاتی که اندازه گیر نبوده و نیاز به کالیبراسیون ندارند. مانند کلنی کانتر، آب مقطر گیر، هیتر بدون دماسنج، همزن مغناطیسی و بن ماری جوش در این گروه قرار دارند.
- تجهیزاتی که هر بار قبل از استفاده باید توسط کاربر کالیبره شوند. در این گروه می‌توان از دستگاه‌های PH متر نام برد. کاربر باید دوره آموزشی کالیبراسیون و کنترل کیفی این گونه تجهیزات را بگذراند.
- تجهیزاتی که باید توسط واحدهای مورد تائید مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران کالیبره شوند. ترازو، اتوکلاو، وسایل حجم سنجی، انکوباتور و فور نمونه‌هایی هستند که در این گروه قرار دارند.

می توان خطای اندازه گیری را به دو قسمت تقسیم نمود :

- خطای قابل تصحیح
- خطای غیر قابل تصحیح

بررسی انواع خطا را می‌توان با تیراندازی به یک هدف مقایسه کرد: تیراندازی باید با : دقت (Precision) و صحت (Accuracy) انجام پذیرد [۱۶].

درستی وصحت: نزدیکی میان خروجی های یک سیستم نسبت به مبداء مورد نظر.

میزان نزدیکی یک اندازه گیری به مقدار واقعی است. به عبارت دیگر نشان می‌دهد که در بدترین حالت، یک مجموعه اندازه‌گیری با چه فاصله-ای به مقدار واقعی نزدیک است.

دقت: نزدیکی خروجی‌های یک سیستم نسبت به یکدیگر.

میزان نزدیکی مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها به یکدیگر است. به عبارت دیگر دقت، اطلاعاتی در خصوص تکرارپذیری اندازه گیری به ما می‌دهد.

خطا: اختلاف مقدار اندازه گیری شده با مقدار واقعی است.

"تفاضل بین مقدار حساب شده یا مشاهده شده و مقدار واقعی آن"

- دقت زیاد (high precision)
- صحت زیاد (high accuracy)
- صحت کم (low accuracy)
- دقت کم (low precision)

ثبت و حفظ و نگهداری سوابق کالیبراسیون

بعداز انجام کالیبراسیون سوابق کالیبراسیون باید نگهداری شود دلایل نگهداری این سوابق عبارتند از:

۱.امکان بررسی وضعیت و تغییرات ابزار در طول زمان جهت تعیین توالی انجام کالیبراسیون و نحوه بکارگیری ابزار.

۲. اثبات ادعای کالیبره بودن ابزار.

سوابق کالیبراسیون باید موارد زیر را شامل شود:

- اطلاعات شناسایی دقیق ابزار مورد نظر (نوع ، نام ، شماره سریال و ...)
- نام مسئول و محل نگهداری
- تاریخی که کالیبراسیون انجام شده است.
- نتیجه کالیبراسیون در قالب مقادیر خوانده شده پیش از تنظیم و پس از تنظیم برای هریک از پارامترهای مورد کالیبراسیون (این مورد برای بررسی وضعیت و روند تغییرات ابزار ضروری است)
- تاریخ کالیبراسیون بعدی
- حدود خطای قابل قبول
- شماره سریال استانداردهایی که برای کالیبره کردن ابزار به کار رفته‌اند.
- شرایط محیطی در حین کالیبراسیون
- بیان مقدار خطای احتمالی (در قالب دقت و صحت)
- جزئیات تمامی تنظیمات، خدمات، تعمیرات و تغییراتی که انجام شده است.
- نام شخصی که عمل کالیبراسیون را انجام داده است.
- جزئیات هر گونه محدودیت استفاده (پوزتای[2] و همکاران، ۲۰۱۸).

مواد و روش

تحقیق حاضر از حیث هدف، کاربردی و از حیث نحوه گردآوری داده‌ها از نوع تحقیقات توصیفی(غیرآزمایشی) و از شاخه مطالعات میدانی به شمار می‌آید. روش انجام تحقیق به صورت پیمایشی بوده که شامل: مجموعه روش‌هایی است که هدف آنها توصیف

[2] Pusztai, Z.,

کردن شرایط پدیده‌های مورد بررسی، بدون تلاش در جهت تغییر و یا تاثیر در وضعیت موجود و مورد مطالعه است که در شرکت ایران تابلو به عنوان مطالعه موردی انجام شده است.

جدول ۱ نیز برنامه کالیبراسیون شرکت ایران تابلو را نشان می‌دهد.

جدول ۱. برنامه کالیبراسیون شرکت ایران تابلو

ردیف	نام دستگاه	شماره سریال	علامت مشخصه	مدل	شرکت سازنده	کشور سازنده	تاریخ کالیبراسیون	کالیبره کننده	تاریخ بعدی کالیبراسیون	دقت مورد قبول	دقت دستگاه	گستره مورد نیاز	واحد استفاده کننده
1	آوومتر دیجیتال	07030 7522	TE.Q080 2	HIO KI 3282	HIOK I	ژاپن	۱۳۹۲/۴/۱۰	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۰	3.0% A	0.21% A	0…500 A	تست
۲	آوومتر دیجیتال	Z4/66 25	TE.Q130 2	FLU KE (25)	FLUK E	آمریکا	۱۳۹۲/۴/۱۷	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۷	3.0% A	0.1% A	0..10A	تست
۳	آوومتر دیجیتال	11022 5781	TE.Q110 1	HIO KI32 88-20	HIOK I	ژاپن	۱۳۹۲/۴/۹	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	3.0% A	0.93% A	0..500A	تست
۴	آوومتر دیجیتال	07031 2870	TE.Q080 1	HIO KI 3282	HIOK I	ژاپن	۱۳۹۲/۴/۱۵	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۵	3.0% A	0.36% A	0..500A	تست
۵	آوومترد یجیتال		TE.Q052 0	KYO RITS U KEW 1011	KYO RITS U	ژاپن	۱۳۹۲/۴/۱۰	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۰	3.0% A	0.38% A	0..10A	تست
۶	آوومتر دیجیتال		TE.Q100 2	HIO KI 3804/ 50	HIOK I	ژاپن	۱۳۹۲/۴/۱۵	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۵	1.0% Ohm	0.02% ohm	0..5M	تست
۷	آوومتر دیجیتال		TE.Q060 5	FLU KE 87	FLUK E	امریکا	۱۳۹۲/۴/۱۵	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۵	3.0% A	0.01 % A	0..10 A	تست

8	مگر دیجیتال		TE.Q0201		MET RAL	انگلیس	۱۳۹۲/۴/۱۰	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۰	3.0% Ohm	0.66%ohm	0..5 T	تست
9	مگر دیجیتال		TE.Q0502		MET RAL	انگلیس	۱۳۹۲/۴/15	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/15	3.0% Ohm	0.16%ohm	0..5 T	تست

جدول ۲. برنامه کالیبراسیون شرکت ایران تابلو

ردیف	نام دستگاه	شماره سریال	علامت مشخصه	مدل	شرکت سازنده	کشور سازنده	تاریخ کالیبراسیون	کالیبره کننده	تاریخ بعدی کالیبراسیون	دقت مورد قبول	دقت دستگاه	گستره مورد نیاز	واحد استفاده کننده
10	مگر دیجیتال	105-99-758-9342	TE.Q1301	AVO-MEGGER BM80 MIN/2	AVO	انگلیس	۱۳۹۲/۴/۱۶	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۶	3.0% ohm	0.33% Ohm	0.500 M	تست
11	مولتی تستر دیجیتال		TE.Q0606	METRAL (M12094)	MET RAL	انگلیس	۱۳۹۲/۴/۱۰	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۰	4.0% V	0.57% V	0..5KV	تست
۱۲	مولتی تستر دیجیتال		TE.Q1109	METRAL (M12094)	MET RAL	انگلیس	۱۳۹۲/۴/۷۱	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/17	4.0% V	0.47% V	0..5KV	تست
۱۳	میکرو اهم متر	29B381A	TE.Q1102	RMO200A	DVP OWER	سوئد	۱۳۹۲/۴/۹	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	3.0%ohm	0.21% ohm	0…100m	تست
۱۴	LCR Meter		TE.Q1307	41R	CHY	تایوان	کالیبره نشده			3.0%ohm		0..100ohm	تست

۱۵	m A source	13020050	TE.Q1308	IC AL	ICA L	تایوان	کالیبره نشده			3.0%A		0..24m A	تست
16	آمپرمتر دیجیتال		TE.Q0320	A96-L	ZILUG	ایران	۱۳۹۲/۴/۹	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	3.0%A	٪ ۰.۷۴A	0…4KA	تست

جدول ۳. برنامه کالیبراسیون شرکت ایران تابلو

ردیف	نام دستگاه	شماره سریال	علامت مشخصه	مدل	شرکت سازنده	کشور سازنده	تاریخ کالیبراسیون	کالیبره کننده	تاریخ بعدی کالیبراسیون	دقت مورد قبول	دقت دستگاه	گستره مورد نیاز	واحد استفاده کننده
17	میلی آمپر متر AC	وسایل اندازه گیری دستگاه HP:0..70KV AC /0..10KV DC/ 2.5KVA	TE.Q11 12	Arm -45AS	ARMENIAN	ایران	۱۳۹۲/۴/۹	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	۱.۰ ٪mA	٪ ۰.۲۹mA	0..200m A	تست
18	میکرو آمپر متر DC		TE.Q11 11	Arm -45D	ARMENIAN	ایران	۱۳۹۲/۴/۱۹	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۹	۳.۰ ٪µA	۰.۲۶ ٪µA	0..5KV	تست
۱۹	کیلو ولت متر		TE.Q11 10	Arm -46K	ARMENIAN	ایران	۱۳۹۲/۴/۱۱	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۱	٪۳.۰ V	٪ ۰.۰۱V	0..200KV	تست
۲۰	ولتمتر دیجیتال	وسایل اندازه گیری دستگاه HP:0..100KV AC / 10KVA	TE.Q05 04	Arm -46	ARMENIAN	ایران	۱۳۹۲/۴/۱۵	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۵	۳.۰ ٪V	۰.۰01 ٪V	0…300 V	تست
۲۱	آمپرمتر دیجیتال		TE.Q05 10		ARMENIAN	ایران	۱۳۹۲/۴/۱۵	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۵	۳.۰ ٪A	۰.۰01 ٪A	0…100A	تست
۲۲	تایمر دیجیتال		TE.Q04 01	FX6Y-1	AUTONICS	ایران	۱۳۹۲/۴/۱۵	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۵	3.0 % S	0.65% S	0…100S	تست
۲۳	کیلو ولتمتر دیجیتال		TE.Q05 07	Arm -46K	ARMENIAN	ایران	۱۳۹۲/۴/۱۸	سنج ش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۸	۳.۰ ٪V	۰.۰1٪ V	0…100K V	تست

۲۴	میلی آمپرمتر دیجیتال		TE.Q1001		NEUBERGER	ایران	۱۳۹۲/۴/۱۸	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۸	1.0 ٪mA	٪ ۰.۰۳mA	0…100mA	تست

جدول ۴. برنامه کالیبراسیون شرکت ایران تابلو

ردیف	نام دستگاه	شماره سریال	علامت مشخصه	مدل	شرکت سازنده	کشور سازنده	تاریخ کالیبراسیون	کالیبره کننده	تاریخ بعدی کالیبراسیون	دقت مورد قبول	دقت دستگاه	گستره مورد نیاز	واحد استفاده کننده
۲۵	آمپرمتر دیجیتال	دستگاه تزریق جریان تک فاز 1500A/ 5KVA	TE.Q0804	A96-L	ZILUG	ایران	۱۳/۴/۱۷۹۲	سنجش کوشا	۱۳۹/۴/۱۷۳	3.0 %A	0.04 %A	0..1500A	تست
۲۶	ولتمتر دیجیتال		TE.Q0509	V96-L	ZILUG	ایران	۱۳/۴/۱۴۹۲	سنجش کوشا	۱۳۹/۴/۱۴۳	3.0 %V	0.71 %V	0..300V	تست
۲۷	تایمر دیجیتال		TE.Q1103	FX6Y-1	AUTRONIC	کره	۱۳/۴/۱۵۹۲	سنجش کوشا	۱۳۹/۴/۱۵۳	3.0 %S	0.02 %S	0..100S	تست
۲۸	آمپرمتر دیجیتال	دستگاه تزریق جریان سه فاز 3200A/ 5X3KVA	TE.Q0403	A96-L	ZILUG	ایران	۱۳۹/۴/۹۲	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	٪ ۳.۰A	1.22٪ A	0…3000A	تست
۲۹	آمپرمتر دیجیتال		TE.Q0805	A96-L	ZILUG	ایران	۱۳۹/۴/۹۲	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	٪ ۳.۰A	0.22٪ A	0…3000A	تست
۳۰	آمپرمتر دیجیتال		TE.Q0806	A96-L	ZILUG	ایران	۱۳۹/۴/۹۲	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	٪ ۳.۰A	0.6٪ A	0…3000A	تست
۳۱	ولتمتر دیجیتال		TE.Q0807	V96-L	ZILUG	ایران	۱۳۹/۴/۹۲	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	3.0 %V	0.8 %V	0..500V	تست
۳۲	تایمر دیجیتال		TE.Q1104	FX6Y-1	AUTRONIC	۱۳۹۲/۴/۹	سنجش کوشا	۱۳۹/۴/۹۳	۱۳۹۲/۴/۹	3.0 %S	0.0۰۱ %S	0..100S	تست
۳۳	تایمر دیجیتال		TE.Q1105	FX6Y-1	AUTRONIC	۱۳۹۲/۴/۹	سنجش کوشا	۱۳۹/۴/۹۳	۱۳۹۲/۴/۹	3.0 %S	0.0۱ %S	0..100S	تست

۳۴	تایمر دیجیتال		TE.Q0 810		AUTRON IC	کره	دارای مشکل می باشد		3.0 % S		0..100 S	تست

جدول ۵. برنامه کالیبراسیون شرکت ایران تابلو

ردیف	نام دستگاه	شماره سریال	علامت مشخصه	مدل	شرکت سازنده	کشور سازنده	تاریخ کالیبراسیون	کالیبره کننده	تاریخ بعدی کالیبراسیون	دقت مورد قبول	دقت دستگاه	گستره مورد نیاز	واحد استفاده کننده
۳۵	کولیس	30690 605	TE.Q1 305		INSI ZE		۱۳۹۲/۴/۱۶	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۶	0.1% mm	٪ ۰.۰۰ mm	0..15cm	فلز کاری
۳۶	کولیس		TE.Q1 304		INSI ZE		۱۳۹۲/۴/۱۶	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۶	0.1% mm	٪ ۰.۰۰ mm	0..15cm	فلزکاری
۳۷	کولیس دیجیتال		TE.Q0 320		INSI ZE		۱۳۹۲/۴/۱۶	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۶	0.1% mm	۰.۰۶ ٪mm	0..15cm	فلزکاری
۳۸	کولیس	3011-10871	TE.Q1 106		TF	زاپن	۱۳۹۲/۴/۱۰	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۰	0.1% mm	٪ ۰.۰۰ mm	0..15cm	فلز کاری
۳۹	کولیس	841-2118	TE.Q1 004		M	زاپن	۱۳۹۲/۴/۱۰	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۰	0.1% mm	٪ ۰.۰۰ mm	0..15cm	فلز کاری
۴۰	ترک متر عقربه ای		TE.Q1 303	AD T70	BRIT OOL	تایوان	۱۳۹۲/۴/۹	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۹	3.0% N/M	0.42% N/M	0..70N/M	تست
۴۱	ترکمتر دیجیتال		TE.Q1 306	DT4 - 340 AR	ECL ATO RQ							0..300 N/M	تست
۴۲	کولیس		TE.Q0 503			ژاپن	۱۳۹۲/۴/۱۶	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۶	0.1% mm	٪ ۰.۰۰ mm	0..15cm	تست
۴۳	ضخامت سنج رنگ همراه با فیلم		TE.Q1 003	M43 6BU	ELC OME TER	انگلست ان	۱۳۹۲/۴/۱۶	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/۱۶	٪ ۳.۰ µm	0.24 % µm	0..600 µm	نقاشی
۴۴	ضخامت سنج رنگ همراه با فیلم		TE.Q0 202	۳۴۵	ELC OME TER		۱۳۹۲/۴/10	سنجش کوشا	۱۳۹۳/۴/01	٪ ۳.۰ µm	0.16 %µm	0..600 µm	تست

بحث و نتیجه گیری

بر اساس بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که به طور کلی کالیبراسیون به سه روش قابل اجرا است. روش اول کالیبراسیون، برای بدست آوردن خطا و ثبت نتایج حاصله، روش دوم کالیبراسیون روش اول را شامل می‌شود و علاوه بر آن نتایج حاصله با استاندارد و دستورالعمل مقایسه شده و وضعیت وسیله نیز از نقطه نظر قبول یا رد آن مشخص می‌شود. روش سوم کالیبراسیون روش دوم را در برگرفته و تنظیم، تعمیر یا حذف خطای ایجاد شده را نیز شامل می‌شود. علاوه بر این مشخص گردید که کالیبراسیون مزایای بسیاری دارد از جمله: افزایش اعتبارات بین المللی، افزایش اعتماد در سطح جامعه، بهبود حقوق اجتماعی، بهبود فرهنگ قانون مداری، جلوگیری از ایجاد خسارت و ضرر در مبادلات بازرگانی، ایجاد اشتغال، کاهش هزینه تعمیرات و افزایش کیفیت خدمات ارائه شده.

منابع

[1] Guo, C., Pleiss, G., Sun, Y., & Weinberger, K. Q. (2017, July). On calibration of modern neural networks. In *International conference on machine learning* (pp. 1321-1330). PMLR.
[2] Spinelle, L., Gerboles, M., Villani, M. G., Aleixandre, M., & Bonavitacola, F. (2015). Field calibration of a cluster of low-cost available sensors for air quality monitoring. Part A: Ozone and nitrogen dioxide. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *215*, 249-257.
[3] Sanz, G., Pérez, R., Kapelan, Z., & Savic, D. (2016). Leak detection and localization through demand components calibration. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *142*(2), 04015057.
[4] Kuleshov, V., Fenner, N., & Ermon, S. (2018, July). Accurate uncertainties for deep learning using calibrated regression. In *International conference on machine learning* (pp. 2796-2804). PMLR.
[5] Hébert-Johnson, U., Kim, M., Reingold, O., & Rothblum, G. (2018, July). Multicalibration: Calibration for the (computationally-identifiable) masses. In *International Conference on Machine Learning* (pp. 1939-1948). PMLR.
[6] Furgale, P., Rehder, J., & Siegwart, R. (2013, November). Unified temporal and spatial calibration for multi-sensor systems. In *2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 1280-1286). IEEE.
[7] Elbakly, R., & Youssef, M. (2016, June). A robust zero-calibration RF-based localization system for realistic environments. In *2016 13th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON)* (pp. 1-9). IEEE.
[8] Barsi, J. A., Schott, J. R., Hook, S. J., Raqueno, N. G., Markham, B. L., & Radocinski, R. G. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, *6*(11), 11607-11626.
[9] Condon, D. J., Schoene, B., McLean, N. M., Bowring, S. A., & Parrish, R. R. (2015). Metrology and traceability of U–Pb isotope dilution geochronology (EARTHTIME Tracer Calibration Part I). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *164*, 464-480.
[10] Wei, R., Ouyang, K., Bao, X., Gao, X., & Chen, C. (2019). High-precision smart calibration system for temperature sensors. *Sensors and Actuators A: Physical*, *297*, 111561.
[11] Rodrigues Filho, B. A., Farias, R. F., & dos Anjos, W. E. (2020). An automated calibration system for blood pressure measurement traceability. *MAPAN*, *35*(1), 43-51.
[12] Ding, X., Wang, Y., Wang, Y., & Xu, K. (2021). A review of structures, verification, and calibration technologies of space robotic systems for on-orbit servicing. *Science China Technological Sciences*, *64*(3), 462-480.
[13] Xiaoteng, L., Hui, X., Jian, W., Ao, D., & Long, Y. (2019, May). Development of Remote Monitoring and Calibration System for Unmanned Roller Based on Digital Radio. In *2019 International Conference on Advances in Construction Machinery and Vehicle Engineering (ICACMVE)* (pp. 196-200). IEEE.
[14] Algeo, T. J., & Li, C. (2020). Redox classification and calibration of redox thresholds in sedimentary systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *287*, 8-26.
[15] Abdollahpouri, H., Mansoury, M., Burke, R., & Mobasher, B. (2020, September). The connection between popularity bias, calibration, and fairness in recommendation. In *Fourteenth ACM conference on recommender systems* (pp. 726-731).
[16] Nguyen, D. T., Choi, Y. M., Im, S., Shin, J., & Kang, W. (2022). Calibration process and uncertainty estimation for 3D pitot tubes to enhance greenhouse gas emission measurements in smokestacks. *Metrologia*, *59*(4), 045004.
Pusztai, Z., Eichhardt, I., & Hajder, L. (2018). Accurate calibration of multi-lidar-multi-camera systems. *Sensors*, *18*(7), 2139.