ویژه‌نامه چهاردهمین همایش

روز جهانی اندازه‌شناسی

۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۱

اندازه‌شناسی در عصر دیجیتال

اشتغال آفرین
دانش بنیان
تولید
سال ۱۴۰۱

مقام معظم رهبری (دام ظلّه العالی):

پیشرفت مادی کشور در درجه ی اول، متوقف بر دو عنصر است:
یک عنصر، عنصر علم است؛ یک عنصر، عنصر تولید است.
اگر علم نباشد، تولید هم صدمه می‌بیند؛ کشور با علم پیش می‌رود.
اگر علم باشد، اما بر اساس این علم و بر بنیاد دانش،
تولید تحول و تکامل و افزایش پیدا نکند، باز کشور درجا می‌زند.

« فهرست مطالب »

پیام رئیس مرکز اندازه‌شناسی ..... صفحه ۱

پیام رئیس دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها و رئیس کمیته بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی ..... صفحه ۲

اندازه‌شناسی برای دیجیتالی کردن اقتصاد و جامعه ..... صفحه ۴

اهمیت و پیامدهای تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی ..... صفحه ۲۵

رویکردی بر نمایش دیجیتالی عدم‌قطعیت در اندازه‌گیری و اصلاح راهنمای GUM ..... صفحه ۳۱

اندازه شناسی در عصر دیجیتال و قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ..... صفحه ۳۷

پیام رئیس مرکز اندازه‌شناسی به مناسبت روز جهانی انـدازه‌شناسـی

اندازه‌شناسی (Metrology)، علم اندازه‌گیری و کاربرد آن است و فعالیت‌های اندازه‌شناسی شامل کالیبراسیون، آزمون و اندازه‌گیری‌ها، رویه‌های ارزشمندی هستند که کیفیت بسیاری از فعالیت های صنعتی مرتبط با کیفیت زندگی را تضمین می‌نماید. اندازه‌شناسی با مفهوم دیجیتال، امروزه با کیفیت زندگی عجین شده است. بدون شک فناوری دیجیتال مانند هوش مصنوعی، سیستم‌های خودکار و داده‌های منتج از ماشین‌های بزرگ اهمیت فزاینده‌ای برای صنعت تولید دارد. «اندازه‌شناسی در عصر دیجیتال» که موضوع روز جهانی اندازه شناسی امسال است، از این جهت حائز اهمیت است که این فناوری در حال متحول کردن اندازه‌شناسی بوده و بسیاری از ابزارها و ایده‌های امروزی در حال جایگزینی با ابزارهای هوشمند دیجیتال هستند. این موضوع زمانی هیجان انگیزتر خواهد بود که بدانیم داده‌های دقیق و منصفانه سنگ بنای مهم توسعه فناوری دیجیتال است. داده‌های با کیفیت بالا براساس استانداردهای اندازه‌گیری، کلید ارتقای صنعت به سطح بعدی بر مبنای دیجیتال است. فناوری‌های دیجیتال مانند Cloud Computing و IoT و نهایتاً Blockchain زمینه‌های نوین مبتنی بر داده‌هایی هستند که بازارهای مالی را از خود متاثر نموده‌اند و می‌توانند نفع همه ذینفعان را فراهم آورند. همچنین برای غلبه بر موانع نوآوری تعیین شده توسط مقررات، هماهنگی بهتر فرآیندهای قانونی، هزینه‌های توسعه کاهش و زمان عرضه به بازار را به دنبال خواهد داشت. اکنون زمان مناسبی است که همه ذینفعان در اندازه‌شناسی قانونی گرد هم آیند تا در مورد چالش‌ها و فرصت‌هایی که دیجیتال‌سازی به ارمغان می‌آورد بحث نمایند. برای بسیاری از مصرف‌کنندگان، نحوه هزینه کرد اتصال به اینترنت بسیار پیچیده است و کیفیت زندگی را متاثر از خود نموده است. شاید ایجاد

گواهی‌های تاییدیه دیجیتال بتواند ضمانت قانونی در این زمینه را محتمل شوند. مرکز اندازه‌شناسی سازمان ملی استاندارد ایران مصمم است بستری را فراهم آورد تا ضمن حمایت و توسعه از فناوری‌های دیجیتال، در جهت دهی به شفاف سازی خدمات عمومی و دیجیتال برای آحاد جامعه قدم‌های موثر بردارد.

Anthony Donnellan
رئیس BIML

Martin Milton
رئیس BIPM

پیام رئیس دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها و رئیس کمیته بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی به مناسبت روز جهانی انـدازه‌شناسـی

پذیـرش فنـاوری دیجیتـال در حـال متحـول کـردن جامعـه مـا اسـت. ایـن امـر فرایندهـا را بهبـود بخشـیده وفرصت‌هـای جدیـدی را ایجـاد می‌کنـد و یکـی از هیجان‌انگیزتریـن رویکردهـا در جامعـه امـروز اسـت کـه نشـان‌دهنده سـرعت بـالای تغییـری اسـت کـه هـر روز در حـال تجربـه آن هسـتیم.

یکـی از ارکان تحـول دیجیتـال، تبـادل آزاد و شـفاف اطلاعـات اسـت. هـر زمـان کـه اطلاعاتـی مـورد نیـاز اسـت، بایـد بـه راحتـی پیـدا شـود و نیـز بـه راحتـی در قالبـی قابـل اسـتفاده و قابـل اسـتفاده مجـدد در دسـترس باشـد. داده‌هایـی کـه ایـن الزامـات را بـرآورده می‌کننـد، بـه عنوان «داده منصفانـه» شـناخته می‌شـوند. بـه ایـن معنـی کـه آنهـا بایـد قابـل یافتـن، قابـل دسترسـی، هم‌کنش‌پذیـر (قابـل اسـتفاده توسـط نرم‌افزارهـای مختلـف) و قابـل اسـتفاده مجـدد باشـند. هنگامـی کـه ایـن الزامـات بـرآورده شـوند، می‌تـوان داده‌هـا را قابـل اعتمـاد دانسـت و آن‌هـا را زیربنـای قواعـد داده آزاد قـرار داد.

بـه منظـور بـه حداکثـر رسـاندن کارایـی اسـتفاده از اطلاعـات در دنیـای دیجیتـال جدیـد، ضـروری اسـت کـه همـه منابـع اطلاعاتـی نـه تنهـا بـرای انسـان قابـل خوانـدن باشـند، بلکـه در قالب‌هایـی قابـل خوانـدن توسـط ماشـین‌ها نیـز در دسـترس باشـند. در ایـن حالـت، ماشـین‌ها می‌تواننـد بـر مبنـای ایـن داده‌هـا عمـل کننـد (بـه اصطـلاح داده‌هـا «عمل‌پذیـر توسـط ماشـین» هسـتند) و ایـن داده‌هـا می‌تواننـد بـه عنـوان مبنایـی بـرای کاربردهـای جدیـد هـوش مصنوعـی مـورد اسـتفاده قـرار گیرنـد.

اگـر بتـوان زیرسـاخت جهانـی کیفیـت را بـرای پذیـرش ترویـج و اسـتفاده از فناوری‌هـای دیجیتـال جدیـد کـه داده‌هـای عادلانـه تولیـد و اسـتفاده می‌کننـد، مطابقـت داد، فرصت‌هـای حاصـل از تحـول دیجیتـال سـریع‌تر محقـق خواهنـد شـد. یکـی از اجـزای اصلـی زیرسـاخت ملـی و بین‌المللـی کیفیـت، اندازه‌شناسـی(یعنی علـم اندازه‌گیـری و کاربـرد آن) اسـت کـه در حـال حاضـر شـروع بـه پشـتیبانی از الزامـات اقتصـاد دیجیتـال جدیـد کـرده اسـت.

یـک نمونـه پیشـرو از اقدامـات حمایتـی از تحـول دیجیتال، کار CIPM بـرای توسـعه یـک چهارچـوب دیجیتـال SI اسـت. ایـن چهارچـوب بـر اسـاس یـک نمایـش اصلـی از SI، شـامل قالب‌هـای مـورد توافـق بـرای عناصـر داده‌ای

پایه شامل مقادیر، یکاها و عدم قطعیت‌ها بر اساس بروشور SI خواهد بود. این چهارچوب اجرای خدمات جدیدی را توسط مراکز ملی اندازه‌شناسی، دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها و دیگر سازمان‌ها فراهم می‌آورد که از قالب‌های داده آزاد و ابزارها و خدمات نرم‌افزاری بنا نهاده شده بر اساس نمایش اصلی SI، بهترین بهره را می‌برند. چنین خدماتی امکان دسترسی به داده‌ها را برای تجزیه و تحلیل، بهبود کیفیت و شفافیت آن‌ها فراهم می‌کند. نتیجه چهارچوب دیجیتال SI، کاربردهای دیجیتال جدیدی خواهد بود که در جامعه اندازه‌شناسی به صورت گسترده‌تر و همچنین در رشته‌های تحقیقاتی متکی بر SI، توسعه یافته و به کار گرفته می‌شوند.

استفاده از چهارچوب‌های اندازه‌گیری دیجیتال برای صنعت و مصرف‌کنندگان از تحول دیجیتالی فراگیر و قابل اعتماد جدایی‌ناپذیر است. به‌کارگیری اصول و قواعد دیجیتال در استانداردهای مستند و مقررات فنی، حوزه‌ای است که OIML از ابتدا در حال بررسی آن است. گواهی‌نامه انطباق دیجیتال که به اصول منصفانه بودن پایبند می‌باشد، بخشی از این موضوع است. تحول دیجیتالی اندازه‌شناسی می‌تواند مزایای زیادی برای جامعه ما به همراه داشته باشد. به عنوان مثال، می‌تواند زمان ورود به بازار را برای محصولات و خدمات اندازه‌گیری تسریع کند و تاخیرهای مربوط به فرآیندهای تایید را کاهش دهد. به نوبه خود، این امر به نوآوری، چابکی محصول و توسعه پایدار کمک می‌کند.

برای BIPM و OIML، دستیابی به هدف دیجیتالی شدن، یک مسیر دوگانه خواهد بود. ما فعالیت‌ها و خدمات خود را تغییر خواهیم داد، که این امر به نوبه خود پایه‌های دیجیتالی را برای همه کاربران داده‌های اندازه‌گیری فراهم می‌کند. این مسیری است که هم مترقی و هم جذاب خواهد بود و ما مشتاقانه منتظر به اشتراک گذاشتن آن با ذی‌نفعان خود هستیم.

اندازه‌شناسی برای دیجیتالی کردن اقتصاد و جامعه

در مسیر دیجیتالی شدن اقتصاد (استفاده مجازی از منابع، نسل چهارم صنعت، اینترنت اشیا و غیره)، مراکز اندازه‌شناسی نقش کلیدی در اندازه‌گیری‌های مرتبط با اینترنت و دیجیتالی شدن، به ویژه در حوزه‌های اندازه‌شناسی، استانداردسازی و کالیبراسیون و کمیت‌های مرجع در فناوری اطلاعات را به عهده دارند.

«کشورها جهت توسعه زیرساخت‌های کیفیت (استانداردسازی، تاییدصلاحیت، ارزیابی انطباق، اندازه‌شناسی، ایمنی فنی محصول و نظارت بر بازار) نیاز به تقویت بیشتر مراکز اندازه‌شناسی خود دارند تا بتوانند جایگاه خود را در رقابت جهانی با توجه به خدمات علمی و فنی حفظ کنند.»

چکیده

نوآوری و اطمینان به زیرساخت کیفیت کارآمد، اساس یک اقتصاد و جامعه با ثبات و موفق است. ستون اصلی یک زیرساخت کیفیت کارآمد، توانایی به دست آوردن داده‌های معتبر بر اساس اندازه‌گیری‌های با دقت بالا -طبق تعریف اندازه‌شناسی- است. اقتصاد و جامعه قرن بیست و یکم در حال تحول فراگیر دیجیتال است بدین صورت که این دوره در حال ایجاد پایه‌هایی برای موفقیت در عرصه دیجیتال که سنگ بنای توسعه اقتصاد و جامعه در عصر دیجیتال است، می‌باشد. دیجیتال شدن فرآیندی است که طی چندین سال در حال توسعه بوده است. به ویژه توسعه تصاعدی ظرفیت‌های رایانش و ذخیره‌سازی و همچنین افزایش سرعت تبادل داده‌ها و در دسترس و مقرون به صرفه بودن حسگرهایی که می‌توانند به طور انعطاف‌پذیر مورد استفاده قرار گیرند، فرصت‌های کاملا جدیدی را در زمینه ایجاد شبکه‌ها و بهره‌برداری از داده‌ها و اطلاعات ذخیره شده ایجاد کرده است.

نقش اندازه‌شناسی برای دیجیتالی‌شدن اقتصاد و جامعه

مقادیر اندازه‌گیری، داده‌ها، الگوریتم‌ها، روش‌های ریاضی و آماری و همچنین معماری‌های ارتباطی و امنیتی اساس گسترش و تحول دیجیتال را نشان می‌دهند. بنابراین، زیرساخت کیفیت (شامل سه‌گانه اندازه‌شناسی، استانداردسازی و تایید صلاحیت) و اندازه‌شناسی قانونی (با ارزیابی انطباق، سیستم تصدیق و نظارت بر بازار) باید قوی‌تر شود زیرا پیش‌نیاز تحول دیجیتال موفق به یک اقتصاد، صنعت و جامعه به هم پیوسته است. مراکز اندازه‌شناسی کشورها نقش کلیدی در شایستگی‌ها و توانمندی‌های مختلف دارد. علاوه بر ایجاد و صحه‌گذاری روش‌های اندازه‌گیری دارای بالاترین دقت و همچنین الگوریتم‌ها و روش‌های تحلیل داده‌ها، وظایف این مراکز همچنین شامل صحه‌گذاری داده‌های اندازه‌گیری از طریق برقراری قابلیت‌ردیابی به سیستم بین‌المللی یکاها (SI) است. این نشان دهنده بخشی از اصول تاییدصلاحیت اندازه‌شناسی قانونی در دامنه کاری اوزان و تصدیق و توسعه مشترک استانداردهای ملی و بین‌المللی و کمک به نهادهای متولی تصدیق در اقدامات نظارت بر بازار است. مراکز اندازه‌شناسی ستون اصلی

زیرساخت ملی کیفیت و اندازه‌شناسی قانونی بوده و به عنوان پشتیبان قابل اعتماد برای صنعت و جامعه در تحول دیجیتال عمل کند. هسته اصلی این تحول شامل خدمات اندازه شناسی ارائه شده توسط مراکز اندازه‌شناسی در حوزه‌های قانونی همراه با خدمات زیرساخت کیفیت است. در سطح بین‌المللی، اندازه‌شناسی برای دیجیتالی شدن به‌شدت با استفاده از برنامه‌های تحقیقاتی و با ایجاد گروه‌های جدید به پیش می‌رود. برای مثال، چندین گروه در مراکز اندازه‌شناسی کشورهای مختلف، همراه با سازمان‌های دولتی و بخش اقتصادی خصوصی، در حال تدوین مبانی قانونی و اداری برای حوزه‌های رایانش ابری، داده‌های بزرگ، امنیت فناوری اطلاعات و یادگیری ماشینی و درحال ساخت اصول اندازه‌شناختی برای توسعه شبکه‌های ارتباطی 5G با کارایی بالا هستند. این مراکز همچنین در حال توسعه حوزه علم داده‌ها و همچنین شبکه‌های ارتباطی 5G و انجام تحقیقات مرتبط با دیجیتالی شدن هستند. فعالیت‌های مشابه در حال حاضر در سراسر جهان مشاهده می شود. این مراکز ظرفیت‌های خود را به همین ترتیب توسعه خواهند داد، به طوری که به نقش خود به عنوان مؤسسات پیشرو اندازه‌شناسی در کشورهای خود عمل کرده و تحول دیجیتال و گسترش اندازه‌شناسی را رهبری می‌کنند.

e کانون‌های جدید شناسایی‌شده

مطالعه‌ای جامع و مبتنی بر تجزیه و تحلیل ظرفیت‌های اصلی مراکز اندازه‌شناسی، در مورد الزاماتی که مشتریان قبلاً بیان کرده‌اند و بر اساس نتایج بازدید از مراکز اندازه‌شناسی آلمان و آمریکا (NIST) و همچنین مباحث کارشناسان، وظایف اساسی جدیدی را برای مراکز اندازه‌شناسی به منظور ترویج تحول دیجیتال تعیین شده است. نقاط کانونی جدید زیر تعیین شده است:

الف) تحول دیجیتال خدمات اندازه‌شناسی

بخش اصلی این وظایف ارتقای دیجیتالی زیرساخت کیفیت و اندازه‌شناسی قانونی درکنار دیگر موارد از جمله توسعه معماری‌های مرجع[1] ، روش‌های آماری تصدیق شده برای نگهداری قابل پیش‌بینی، زیرساخت برای گواهی‌نامه‌های دیجیتال کالیبراسیون و در نهایت اما نه کم‌اهمیت، ایجاد یک «ابر اندازه‌شناسی» در قالب یک زیرساخت دیجیتال کیفیت برای هماهنگ‌سازی و توسعه ارزیابی انطباق و نظارت بر بازار است.

ب) اندازه‌شناسی در تحلیل مقادیر حجم بالایی از داده‌ها

هدف شامل توسعه روش‌های تحلیلی اندازه‌شناختی برای مقادیر حجم بالای داده و در ارزیابی روش‌های یادگیری ماشینی برای داده‌های بزرگ با تاکید بر کاربردهای اندازه‌شناختی موجود و روزافزون مرتبط با صنعت است که در آن‌ها مقادیر زیادی از داده‌ها باید پردازش شوند و در مواردی که دارای ابعاد بالا هستند، اطلاعات باید استخراج شود (به عنوان مثال در روش های تصویربرداری و فوتونیک).

پ) اندازه‌شناسی سیستم‌های ارتباطی برای دیجیتالی شدن

این تمرکز مربوط به ایمن‌سازی و صحه‌گذاری اندازه‌شناختی قابل اعتماد، ایمن و کارآمد ارتباطات در سناریوهای پیچیده است. فرآیند فوق شامل قابلیت‌ردیابی فرکانس بالا برای شبکه‌های 5G، اندازه‌گیری‌های غیرخطی و آماری در فرکانس بالا، یکاهای فرعی در سیستم‌های ارتباطی دیجیتال و سیستم‌های آنتنی پیچیده است.

ت) اندازه‌شناسی برای شبیه‌سازی‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری مجازی

با توسعه روش‌های تحلیلی و روش‌های اجرایی مجاز برای سیستم‌های اندازه‌گیری متصل و مجازی، شبیه‌سازی سیستم‌های اندازه‌گیری پیچیده (مانند تکنیک‌های اندازه‌گیری نوری یا اندازه‌شناسی مختصات) برای برنامه‌ریزی و تحلیل آزمایش‌ها، روش‌های اجرایی و استانداردهای اندازه‌گیری برای

1 - reference architecture

کنترل فرآیند خودکار و فرآیندهای اندازه‌گیری مجازی برای ارزیابی خودکار داده‌های اندازه‌گیری شده که به طور فعال پشتیبانی می‌شوند انجام می‌شود.

e راهبرد پیاده سازی

ستون‌های اصلی مراکز اندازه‌شناسی به عنوان پشتیبان تحول دیجیتال در اقتصاد و جامعه در پروژه‌های بین رشته‌ای بین بخشی عبارتند از:

ابر اندازه‌شناسی- ایجاد یک پلتفرم اصلی قابل اعتماد برای زیرساخت دیجیتال کیفیت با پیوند زیرساخت‌های داده و پایگاه‌های اطلاعاتی موجود و ارائه دسترسی برای همه به منظور ارتقای اندازه‌شناسی قانونی که به صورت دیجیتالی ارتقاء یافته است.

گواهی دیجیتال کالیبراسیون- توسعه یک ساختار دیجیتالی اطلاعات امن و استانداردشده برای استفاده جهانی در کالیبراسیون، تاییدصلاحیت و اندازه‌شناسی و همچنین ارتقاء دیجیتالی همه سلسله مراتب کالیبراسیون در زیرساخت کیفیت.

آزمایش‌های مجازی و اندازه‌شناسی به کمک ریاضیات- ایجاد یک گروه بین‌رشته‌ای و صلاحیت مجازی برای حمایت اندازه‌شناختی تغییر پارادایم در جهت استفاده از شبیه‌سازی و تحلیل داده‌ها به عنوان مولفه اساسی روش‌های اندازه‌گیری.

علاوه بر این، تحقیقات اندازه‌شناختی برای شبکه‌های مدرن با فرکانس بالا (5G)، گسترش زیرساخت‌های کیفی برای نظارت برخط، و پشتیبانی اندازه‌شناختی برای تولید دقیق دیجیتالی، برخی از وظایفی هستند که باید در درازمدت در بخش‌های مربوطه بیشتر انجام شوند.

e مقدمه

اصطلاح «دیجیتالی‌شدن» در واقع تحول کمیت‌های آنالوگ به مقادیر گسسته برای ذخیره‌سازی و پردازش الکترونیکی است. با این حال، این اصطلاح در حال حاضر به طور کلی برای تغییر و ترغیب کل جامعه به استفاده از فناوری‌های دیجیتالی و مشارکت فزاینده داده‌ها و ماشین‌ها در فرآیندهای تجاری با استفاده از واسطهای دیجیتالی است. این ارتباط متقابل که امکان ایجاد انجمن‌های محلی تا شبکه‌های جهانی را فراهم می‌کند، کیفیت جدید فرآیند دیجیتالی‌سازی را نیز بیان می‌کند. داده‌ها به صورت انعطاف‌پذیر و خودکار بین انسان و ماشین‌ها مبادله، تجزیه و تحلیل و تجسم می‌شوند. این امر ظرفیت‌های ارتباطی و زمینه‌های تجاری جدید را برای شرکت‌های موجود فراهم کرده و منجر به صنایع و زمینه‌های تحقیقاتی کاملاً جدید شده است. طبق یکی از مطالعات ، ۶۵ درصد از شرکت‌های آلمانی تصور می‌کنند که دیجیتالی‌شدن مدل‌های تجاری موجود آنها را تغییر خواهد داد.

«شاید مهم‌ترین اختلال‌های تجاری از ترکیب حسگرها، دستگاه‌ها و اشیاء (اینترنت اشیا) متصل‌شده، همراه با روش‌های جدید برای تجزیه و تحلیل، اقدام و کسب درآمد از جریان‌های داده‌ای حاصل شود.»

با این حال، چالش‌های جدیدی به وجود می‌آیند، زیرا اغلب امکان انتقال مفاهیم، استانداردها و رویکردهای موجود به دنیای دیجیتال و سیستم‌های به هم پیوسته وجود ندارد. به عنوان مثال، در زمینه اندازه‌شناسی، تولیدکنندگان حسگر به‌جای دستگاه اندازه‌گیری، به طور فزاینده‌ای ملزم به ارائه قابلیت‌های اندازه‌گیری هستند. در نتیجه، حسگرها به طور فزاینده‌ای در حال توسعه هستند به گونه ای که حاوی اطلاعات اضافی و پردازش یکپارچه داده باشند. این به نوبه خود چالش بزرگی برای کالیبراسیون قابل‌رديابی است که به عنوان یک رویکرد صرفاً برای اندازه‌گیری دقیق قابل مدیریت نیست.

کمیت داده‌هایی که به دلیل دیجیتالی شدن باید پردازش شوند به طور تصاعدی در حال افزایش است و تنها با استفاده از ابزارهای ریاضی و آماری مناسب می‌توانند مفید و قابل بهره‌برداری باشد. اولین قدمی که اکثر شرکت‌ها برمی‌دارند این است که حجم

زیاد داده‌ها را به شیوه‌ای مناسب بصورت تصویری درآورده و تجسم بخشند. بدین منظور، فرآیندهایی که در یک «دوقلو دیجیتال» انجام شده بر اساس داده‌های حسگر ارایه می‌شوند. روش‌های «تعمیر و نگهداری پیشگیرانه» با استفاده از نتیجه‌گیری‌های بدست آمده از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های قابل اعتماد بهبود می‌یابد. این امر می‌تواند از بازه‌های ثابت آزمون و در نتیجه خاموش شدن تجهیزات جلوگیری کند. چنین روش‌های (و سایر روش‌های) تحلیل داده هوشمند و خودکار حتی در تأسیساتی که قبلاً کاملاً خودکار بوده‌اند می‌تواند به افزایش قابل توجه کارایی کمک کند. این فرآیند معمولاً با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های بدون مدل که برای کار با حجم زیاد داده آموزش داده شده انجام می‌شود، که منجر به چالش‌های جدیدی در تعیین کیفیت نتایج به‌دست‌آمده می‌شود. گرچه روش‌های مبتنی بر مدل نیز به طور فزاینده‌ای به رویکردهای جدید نیاز دارند تا مفاهیم تجزیه و تحلیل داده‌ها را برای این مقدار داده در حال افزایش (به عنوان مثال، روش‌های تصویربرداری) قابل اجرا کنند. در اندازه‌شناسی، این چالش بیش از پیش خود را از طریق لزوم تعیین و انتشار عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری برای کمیت‌هایی با ابعاد بالا نشان می‌دهد. با توجه به ارتباط منابع مختلف داده‌ها و سیستم‌های پراکنده اندازه‌گیری با یکدیگر، الزاماتی که برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در اندازه‌شناسی بکار می‌روند، در حال افزایش هستند.

«اصطلاح کیفیت داده، کیفیت و قابلیت اطمینان خود اشیاء داده را مشخص می‌کند. در صورت امکان، عدم‌قطعیت یک قطعه داده باید به طور مناسب اندازه‌گیری شود.»

علاوه بر این، مانند تمام برنامه‌های کاربردی دیجیتالی شده، اهداف حفاظت از فناوری اطلاعات یکپارچه، محرمانه و در دسترس، نقش اساسی را در حوزه‌های مختلف ایفا می‌کنند. در نتیجه نیاز به حفاظت، بسته به الزامات واقعی برنامه متفاوت است. همچنین، یکپارچگی تجهیزات اندازه‌گیری (مانند حافظت در برابر دسترسی غیرمجاز به تجهیزات اندازه گیری و کالیبراسیون آن) نقش مهمی ایفا می‌کند. اهداف حفاظت از فناوری اطلاعات به ویژه در حوزه قانونی (اندازه‌شناسی قانونی) از اهمیت بالایی برخوردار است. در اندازه‌شناسی قانونی، اطمینان از یکپارچگی، محرمانه بودن و در دسترس بودن یک پیش‌نیاز قطعی برای پذیرش فناوری‌های نوین اطلاعات و ارتباطات است. علاوه بر این، نیاز به بالاترین استانداردهای ممکن باعث می‌شود تولیدکنندگان با الزامات غیر ضروری بالا مواجه شوند و از نوآوری و توسعه جلوگیری کند. در اینجا، مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند و باید نقشی کلیدی در ایجاد راه‌حل‌های مناسب و به دور از هرگونه موانع قانونی برای تولیدکنندگان، کاربران و نظارت بر بازار، ایفا کنند.

همانطور که راه‌حل‌های فنی تنظیم‌نشده به طور فزاینده‌ای در حوزه اندازه‌شناسی قانونی (مانند رایانش ابری یا تعمیر و نگهداری از راه دور) به کار می‌روند، بسیاری از راه‌حل‌های مورد نیاز برای حوزه تحت نظارت قانونی در بخش تنظیم‌نشده قابل اجرا خواهند بود، زیرا با توجه به خواسته‌های کاربران می‌توان نیازهای مشابهی را انتظار داشت. در عین حال، دستگاه‌هایی با تدابیر امنیتی غیر ضرور بالا به سختی وارد بازار می‌شوند. تصویر مشابهی را می‌توان برای اندازه‌شناسی قانونی ترسیم کرد که در آن تولیدکنندگان به طور فزاینده‌ای مایل به استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات مدرن هستند. ارزیابی انطباق مستلزم قوانین سختگیرانه برای ارتباطات داده و پردازش داده‌ها است، در حالی که نظارت بر بازار را با امکان بررسی ساده از نظر فنی به طور همزمان فراهم می‌کند. این عمل متعادل کردن به منظور امکان دیجیتالی‌کردن اندازه‌شناسی قانونی، ضروری به نظر می‌رسد.

«وزارت امور اقتصادی و انرژی فدرال آلمان انتظار دارد که نسل چهارم صنعت ارزش افزوده ای بالغ بر ۳۰ میلیارد یورو در سال ایجاد کند. ۸۰ درصد از شرکت‌های صنعتی تا سال ۲۰۲۰ کل زنجیره خود را دیجیتالی می‌کنند که به معنای سرمایه گذاری ۴۰ میلیارد یورو در سال است.»

محرک اصلی تحول دیجیتال در حال حاضر صنعت است - که در مفاهیمی مانند «نسل چهارم صنعت»، «اینترنت صنعتی اشیا» یا «سیستم های فیزیکی-سایبری» منعکس شده است. مطالعات اخیر نشان داده که ۲۵ درصد از شرکت‌های فعال کشور آلمان در زمینه مهندسی مکانیک و ساخت کارخانه در حال حاضر فناوری‌های دیجیتال جدید مانند خدمات ابری را عرضه می‌کنند. این شرکت‌ها بر این باورند که سود اصلی این فناوری‌ها از افزایش نظارت و کنترل‌ها ناشی می‌شود که در نهایت منجر به افزایش رقابت‌پذیری صنعت آلمان می‌شود. دانش مورد نیاز، دیگر صرفاً در اندازه‌شناسی محض نیست، بلکه در توسعه نرم‌افزار و تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده قرار دارد. بنابراین، کنترل و نظارت کارخانه به طور فزاینده‌ای از طریق برنامه‌هایی اجرا می‌شود که قادر به گنجاندن داده‌هایی باشد که توسط سازنده تولید نشده است. این امر مستلزم پیاده‌سازی بین بخشی و ارتباطات متقابل است که تنها می‌تواند بر اساس استانداردهای مناسب و پذیرفته شده باشد. به طور کلی، این روند به سمتی می‌رود که شرکت‌ها بیشتر به همکاری با سایر شرکای صنعتی به منظور توسعه توافق نامه‌های دوجانبه تمایل دارند. یکی از دلایل این امر ضرورت اقدام سریع است که ناشی از فشار بر بازار بین‌المللی است. از این رو، مطالعه انجام شده توصیه می‌کند که شرکت‌ها منتظر تدوین استانداردهای جامع نباشند، بلکه راه‌حل‌های اولیه را ارائه دهند. این روند به ناچار در تقابل با پروژه‌های استانداردسازی سریع، متمرکز، کاربر پسند و انعطاف‌پذیر قرار می‌گیرد.

علاوه بر مهندسی مکانیک و فناوری اطلاعات، فوتونیک یک فناوری کلیدی به عنوان مکانی برای نوآوری است. انتقال آتی به سمت (میکرو)سیستم‌های فوتونی یکپارچه و ارتباط با ابزارهای دیجیتال پردازش تصویر سریع و قدرتمند، فوتونیک را به یک فناوری راهبردی در تعداد فزاینده‌ای از بازارها، در محصولات و فرآیندها تبدیل می‌کند. اینها از کنترل (مانند کنترل حرکت، میکرو نمایشگرها) تا جمع‌آوری داده‌ها (حسگرها) و پردازش داده‌ها (تصویربرداری محاسباتی) تا تولید (پرینت سه بعدی، اندازه‌گیری برخط کیفیت، پردازش لیزری) را شامل می‌شود. بنابراین فوتونیک هم به عنوان محرک و هم به عنوان کاربر دیجیتالی سازی عمل می‌کند. آزمایش‌ها و شبیه‌سازی‌های مجازی به‌ویژه ابزاری اساسی برای برنامه‌ریزی، بهینه‌سازی و تحلیل در زمینه فوتونیک هستند. گرچه کمبود قابل توجهی از استانداردهای قابل اعتماد و قابلیت‌ردیابی اندازه‌شناختی وجود دارد. بر اساس قابلیت‌های عالی موجود و گسترش هدفمند فعالیت‌های تحقیقاتی، مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند نقشی کلیدی در این زمینه ایفا کند.

کل حوزه سلامت نیز به طور گسترده تحت تأثیر تحولات پیشگامانه ناشی از تحول دیجیتال است. در بیوتکنولوژی، مفاهیم دیجیتالی نوآورانه به ایجاد منابع و مواد فعال در فرآیندهای جدید، تولید و روش‌های همکاری کمک می‌کند. تحقق آنها مستلزم پروژه‌های همکاری بین بخشی و بین‌رشته ای با شرکا در صنعت و تحقیقات است. نمونه‌هایی از چنین همکاری‌هایی ممکن است شبکه‌های بین بخشی در اقتصاد زیستی با اهداف مشترک و زیرساخت فناوری اطلاعات مشترک باشد که هدف آن توسعه پلتفرم‌های نوآورانه برای تحقیقات کارآمد در منابع و انرژی و توسعه و پیاده‌سازی محصولات و فرآیندهای مبتنی بر زیست است.

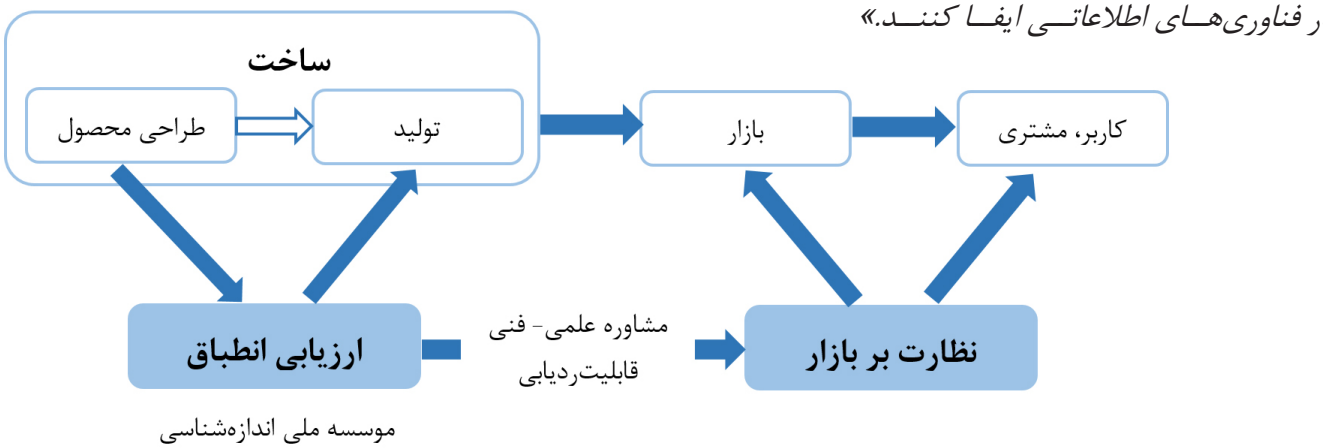
e چالش‌های مراکز اندازه‌شناسی به عنوان سنگ بنای زیرساخت کیفیت و اندازه‌شناسی قانونی

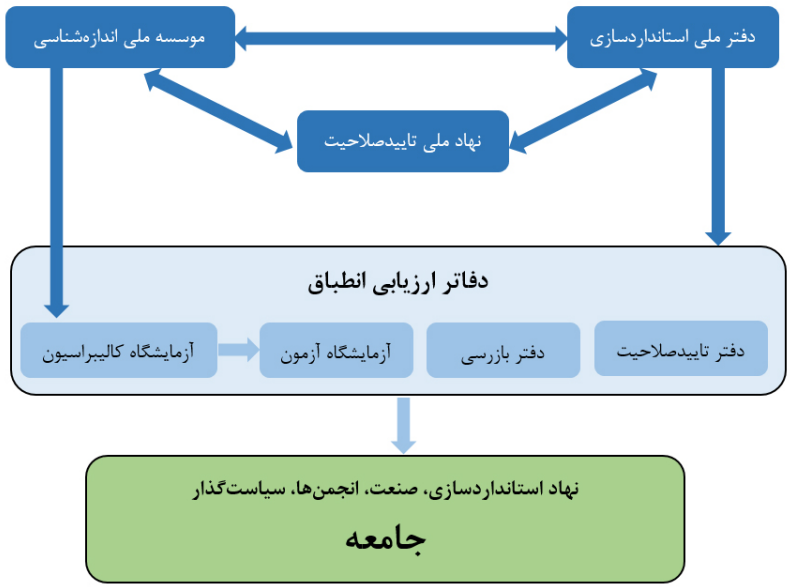
برای مراکز اندازه‌شناسی، چالش دیجیتالی شدن

اقتصاد و جامعه ناشی از موقعیت خاص آن در بخش قانونی تنظیم شده زیرساخت کیفیت (متشکل از اندازه‌شناسی، استانداردسازی و تاییدصلاحیت) و اندازه‌شناسی قانونی (با ارزیابی انطباق و نظارت بر بازار) است. مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند و باید به‌عنوان یک همکار قوی و تسهیل‌کننده بین صنعت و استانداردسازی، بر اساس قابلیت‌های متناظر خود در زمینه‌های اندازه‌گیری و در حوزه‌های جدید فناوری اطلاعات، ارتباطات و چشم‌انداز تحلیل داده‌ها، به منظور حمایت، پیشبرد و استقرار هرچه سریعتر زیرساخت های کیفیت و اندازه شناسی قانونی به عنوان مروج نوآوری و ضامن پایداری کیفیت عمل کنند.

«مراکز اندازه‌شناسی [باید] نقش کلیدی در اندازه‌شناسی برای اندازه‌گیری‌های مرتبط با اینترنت و دیجیتالی‌سازی، به‌ویژه در حوزه‌های اندازه‌شناسی، استانداردسازی و کالیبراسیون، و برای کمیته‌های مرجع در فناوری‌های اطلاعاتی ایفا کنند.»

برای این منظور، زیرساخت کیفیت بیانگر علت فروش موثر برای شرکت‌هایی است که اغلب در سراسر جهان پذیرفته شده‌اند و اکنون به عنوان مدلی از زنجیره‌ردیابی پایدار از شهرت بین‌المللی برخوردار می‌باشند. استانداردسازی که در بخش‌های فنی و تا حدی در حوزه‌های پزشکی بر اندازه‌شناسی متکی است، راه را برای دسترسی (اغلب بین‌المللی) به بازار و قابلیت همکاری مدل‌های تجاری هموار می‌کند. زیرساخت کیفیت - و در نتیجه وظیفه اصلی مراکز اندازه‌شناسی - بر قابلیت‌ردیابی (اندازه‌شناسی)، استانداردسازی و تایید صلاحیت است تکیه دارد. مراکز اندازه‌شناسی با حفظ همکاری نزدیک با شرکای متعدد، موقعیت پیشرو اقتصاد را با استفاده از ظرفیت‌های اندازه‌گیری قابل اعتماد و بسیار دقیق تضمین می‌کند. این مراکز ارایه کننده خدمات کالیبراسیون در کشورهای خود و و عضویت در کمیته‌های فنی استانداردسازی بین‌المللی را به عهده دارند.





شکل ۱- نقش مراکز اندازه‌شناسی در زیرساخت کیفیت (پائین) و در اندازه‌شناسی قانونی و نظارت بر بازار (بالا)

تحول دیجیتال محصولات و استفاده از فرآیندهای دیجیتال در ارزیابی انطباق در حال حاضر منجر به افزایش شدید چالش‌های جدید (به عنوان مثال برای فرآیند کالیبراسیون) شده و نیازمند تحول دیجیتال کل زنجیره قابلیت‌ردیابی است. استفاده از حسگرهای هوشمند به عنوان محصول در زیرساخت کیفیت، نیازمند قابلیت‌ردیابی مناسب با در نظر گرفتن خواص فیزیکی ترنسدیوسر و پیش پردازش دیجیتال یکپارچه داده‌های اندازه‌گیری است. در عین حال، تحول دیجیتالی فرآیندهای اداری در زنجیره قابلیت‌ردیابی، در تاییدصلاحیت و ارزیابی انطباق، مستلزم استانداردسازی مناسب و یک نهاد متمرکز و قابل اعتماد برای صدور گواهینامه‌های دیجیتال کالیبراسیون است.

«کمیته‌های مرجع برای اقتصاد دیجیتالی شده اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کنند. در مقابل توسعه پویا خدمات مبتنی بر ابر ، تقاضا برای کالیبراسیون سیستم‌های دیجیتال به طور فزاینده‌ای ضروری به نظر می‌رسد. در این زمینه، حمایت از فعالیت‌های مرتبط با توسعه اندازه‌شناسی برای دیجیتالی شدن در حال تشدید است.»

اندازه‌شناسی قانونی- همراه با ارزیابی انطباق قبل از عرضه محصولات در بازار و همچنین سیستم تصدیق و نظارت بر بازار در حین استفاده - ضامن اعتماد متقابل بین مشتریان و تولیدکنندگان است. بیش از ۱۷۰ میلیون دستگاه اندازه‌گیری و گردش مالی سالانه در حدود. ۱۵۰ میلیارد یورو - فقط در آلمان - به ویژه در زمینه کنتورهای مصرفی (برق، آب، گاز، سوخت و غیره) و ترازوهای مورد استفاده برای معاملات تجاری نشان می‌دهد که اندازه‌شناسی قانونی چقدر برای جامعه و اقتصاد اهمیت دارد. در سطح اروپا، چارچوب مقرراتی «دستورالعمل دستگاه‌های اندازه‌گیری» است که با استفاده از اقدامات، فعالیت‌ها و دستورالعمل‌های تصدیق به قوانین ملی کشورها منتقل شده است. در سطح اروپا، ارزیابی انطباق (و استانداردسازی) هردو در درجه اول از شبکه‌های ایجاد شده در قالب کمیته‌ها و انجمن‌های مختلف بهره می‌برند. در مرتبه بعدی «رویکرد جدید» اتحادیه اروپا در حوزه ارزیابی انطباق، راه را برای اعلامیه‌های شناسایی و پذیرش انطباق در سراسر اتحادیه اروپا و محدود شدن بازرسی‌های مربوطه به الزامات ضروری هموار کرده است . این امر مستلزم درجه خاصی از فراهم آمدن فناوری‌های جدید و تقویت استانداردسازی و بازار واحد است. با این حال در حوزه‌های تحت نظارت قانونی، فناوری‌های ارتباطاتی و فناوری اطلاعات پیچیده مورد استفاده در دستگاه‌های اندازه‌گیری منجر به افزایش تصاعدی در زمان و تلاش صرف شده برای ارزیابی انطباق و الزامات فوق‌العاده‌ای برای سیستم تصدیق و نظارت بر بازار می‌شود. بنابراین خطری که تولیدکنندگان ممکن است افزایش تصاعدی زمان و گستردگی الزامات را به عنوان مانعی برای نوآوری در نظر بگیرند در حال افزایش است. آنچه در اینجا به فوریت مورد نیاز است، ایجاد یک ساختار جدید و مناسب به منظور تسریع فرآیند ارزیابی انطباق و پشتیبانی از تصدیق و سیستم‌های نظارت بر بازار است. علاوه بر این، ایجاد گستره مبنی بر ابر و دیجیتال از راه حل‌ها با یک نهاد متمرکز به عنوان مبنایی قابل اعتماد برای تبدیل دیجیتالی فرآیندها در اندازه‌شناسی قانونی، کاملاً ضروری است.

«از مراکز اندازه‌شناسی برای شروع راه‌اندازی معماری مرجع برای رایانش ابر ایمن و اطمینان از هماهنگی مرکزی خود، حمایت‌های زیادی صورت از سوی نهادهای دولتی و غیر دولتی صورت می‌گیرد. اندازه‌شناسی ابر باید به پیاده‌سازی مفاهیم دیجیتال برای متناسب‌سازی، تمرکز، ساده‌سازی، هماهنگ‌سازی و تضمین کیفیت خدمات اندازه‌شناسی برای همه ذینفعان نقش داشته باشد.»

با توجه به پیشرفت سریع تحول دیجیتال، شرکت ها با چالش‌های جدید متعددی روبرو هستند که اکثریت آنها، آن را مهمترین چالش برای حفظ رقابت خود می‌دانند. از نمونه‌های موفق تحول دیجیتال در

نسل چهارم صنعت، آشکار می‌شود که الزامات اعمال شده برای شرکت‌ها برای اجرای این تحول دیجیتال عمدتاً در حوزه‌های زیر است:

- توانمندی‌ها در حوزه فناوری‌های اطلاعات و نرم افزار؛
- فرآیند مدل‌سازی و اندازه‌گیری مجازی یا «دوقلوهای دیجیتال»؛
- ذخیره‌سازی داده‌ها و خدمات ابرداده ؛
- سیستم‌های خودکار؛
- توسعه و یکپارچه‌سازی اپلیکیشن‌ها، و
- ایجاد ارتباط بین دنیای مجازی و فیزیکی.

در عین حال، این فناوری‌ها از مرحله اقبال اولیه پیشی گرفته و وارد استفاده‌های صنعتی روزمره شده‌اند. فن‌آوری‌های مورد نیاز برای پیشرفت‌های ساختارشکنانه در آینده قابل پیش‌بینی، تا حدودی، از قبل در گستره وسیعی در دسترس هستند و براساس تحقیقات در ۲ تا ۳ سال آینده منجر به تغییرات بیشتر در دنیای تجارت و صنعت خواهد شد. شرکت‌ها در حال آماده شدن برای این تغییرات - به میزان زیاد و با سرعت بالا- هستند. در مقابل، تحول دیجیتال در مراکز اندازه‌شناسی -و بنابراین در بخش بزرگی از زیرساخت کیفیت و نهادهای تصدیق- هنوز به وضوح به دولت‌های توسعه یافته نرسیده است. بدون واکنش گسترده، کارآمد و سریع، این نقصان، زیرساخت کیفیت را به عنوان یک کل در معرض خطر در نظر گرفتن مانعی برای نوآوری قرار می‌دهد - و در نتیجه اهمیت خود را از دست می‌دهد.

e موضوعات دیجیتالی‌سازی: وظایف جدید مراکز اندازه‌شناسی

تبادلات مستمر بین کشورها، اقتصادها و پژوهش‌ها، پیش‌نیاز یک تحول دیجیتال موفق است، زیرا تنها تلاش مشترک ما را قادر به حل چالش‌های دیجیتالی‌سازی می‌کند. با گردآوری و به هم پیوستن همه شرکای مربوطه، پلتفرم نسل چهارم صنعت نتیجه ابتکارات کشورها را نشان می‌دهد. در این زمینه، مهم‌ترین بخش برای مراکز اندازه‌شناسی استانداردسازی است، به ویژه، با شرکت این مراکز در کمیته‌های سطح ملی و بین‌المللی، نقش کلیدی ایفا کرده و تأثیر قابل توجهی دارند. مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند با استفاده از فعالیت‌های تحقیقاتی هدفمند نقش موثری در حل چالش‌های جدید دیجیتالی‌سازی و تحول دیجیتال، ایفا کنند.

دولت‌ها می‌توانند از طریق ترویج یکاها از تحول دیجیتال حمایت کنند. مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند به طور غیرمستقیم از بنگاه‌های کوچک و متوسط از طریق اقداماتی مانند تحول دیجیتالی سیستم کالیبراسیون یا با ارائه معماری مرجع پشتیبانی کنند، که به تسهیل فرآیندهای کسب و کار دیجیتال با رابط‌های دیجیتالی با سطح امنیتی مناسب در زنجیره اندازه‌گیری و زیرساخت کیفیت کمک می‌کند. مراکز آزمون بنگاه‌های کوچک و متوسط امکان ارزیابی فناوری‌های جدید را بدون اینکه خودشان ریسک کنند را فراهم کرده و راه‌حل‌هایی را با شرکای ذیصلاح ترویج می‌کنند. مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند با توسعه و ارائه راه حل‌های فناورانه برای مقابله با چالش‌های تحول دیجیتال، موقعیت خود را به عنوان حامی صنعت و اقتصاد تضمین کنند. همچنین این مراکز در زمینه آزمون دستگاه‌های اندازه‌گیری مجازی، بر اساس تعیین عدم‌قطعیت معین جهت اندازه‌گیری خاص برای سیستم‌های اندازه‌گیری سه بعدی پیچیده، تحقیقات جدیدی را آغاز کرده‌اند.

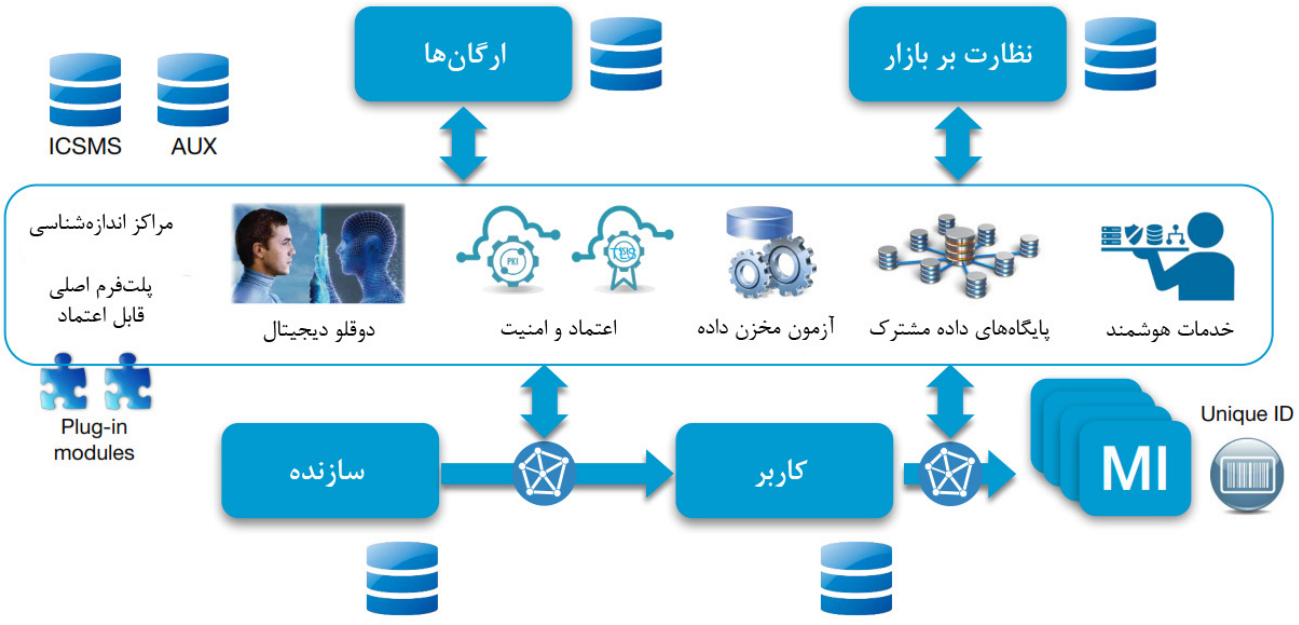
در زمینه بیوتکنولوژی، دولت‌ها و مراکز تحقیقاتی از ایجاد پروژه‌های شبکه‌ای با موضوعاتی از آموزش مقدماتی تا پیشرفته استانداردسازی حمایت کرده و مراکز اندازه‌شناسی در پروژه‌های دیجیتال‌سازی بیوتکنولوژی شامل قابلیت‌دردیابی مقادیر اندازه‌گیری شده، انتقال امن داده‌ها و استانداردسازی مشارکت می‌کنند.

دولت‌ها با پیروی از اصول استراتژی مدون بازار واحد دیجیتال که هدف آن، ایجاد تجارت دیجیتال نامحدود، توسعه قوانین و استانداردهایی است که قادر به همگامی با پیشرفت‌های فناورانه باشد، و اقدامات

لازم را با هدف توانمند ساختن اقتصاد و صنعت برای بهره‌برداری کامل از همه فرصت‌های فراهم شده توسط دیجیتالی شدن فراهم آورد.

e اندازه‌شناسی قانونی

در زمینه اندازه‌شناسی قانونی (یعنی ارزیابی انطباق، سیستم تصدیق، نظارت بر بازار)، دیجیتالی‌سازی عمدتاً از طریق گسترش روزافزون «سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند» (مانند کنتورهای هوشمند) - که تا حدودی به دلیل «دیجیتالی شدن انتقال انرژی» سیستم های اندازه گیری توزیع شده و زیرساخت‌های ابری است، ظاهر شده است. در مجموع، تلاش قابل توجهی برای پیشبرد تحول دیجیتالی سیستم اندازه‌شناسی قانونی (و زیرساخت‌های کیفی) مورد نیاز است، زیرا دیجیتالی شدن صنعت در تعدادی از زمینه‌ها به آن بستگی دارد. در حال حاضر، ادغام فناوری‌های نوین فناوری اطلاعات و ارتباطات در ابزارهای اندازه‌گیری برای حوزه‌های تحت نظارت هنوز به دلیل الزامات بالا در تأیید و ارزیابی انطباق فرآیندها با مشکل مواجه است. بنابراین، تولیدکنندگان به طور فزاینده‌ای فرآیندهای تنظیم و تایید را به عنوان مانعی در برابر نوآوری در نظر می‌گیرند و می‌ترسند که این فرآیندها در درازمدت یک نقطه ضعف رقابتی باشد. مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند با توسعه مرجع قانونی که راه‌حل‌های قابل قبولی با امنیت مناسب و روش‌های راستی‌آزمایی ساده برای فناوری‌های پایه حوزه‌های فناوری جدید ارائه می‌دهد، از این فرآیند پشتیبانی کنند. سازندگانی که از معماری مرجع ارائه شده توسط مراکز اندازه‌شناسی برای ابزارهای اندازه‌گیری خود استفاده می کنند، می توانند انتظار روند تایید سریع را داشته باشند و بنابراین می توانند نوآوری های خود را سریعتر به بازار عرضه کنند. در عین حال، این معماری مرجع انطباق امنیت مورد نیاز استانداردها و قابل تایید بودن که برای نظارت بر بازار ضروری است را تضمین می‌کند. به‌ویژه توسعه معماری برای بخش نرم‌افزار ابزار اندازه‌گیری مطابق قانون به یک بخش مرتبط قانونی و یک بخش رایگان، به سازندگان اجازه می‌دهد راه‌حل‌های جدید، نوآورانه، به‌روزرسانی‌های نرم‌افزاری منظم و سفارشی‌سازی مشتری فردی را در بخش رایگان نرم افزار بدون نیاز به گذراندن مجدد مراحل تایید توسعه دهند. این روند به وضوح به سمت ابزارهای اندازه‌گیری با اجزای توزیع شده - و برای برخی از آنها حتی مجازی سازی شده - و به سمت استفاده از خدمات ابری می‌رود. این امر تا حد بیشتری برای اندازه شناسی قانونی صدق می‌کند.



شکل ۲: مفهوم «ابر اندازه‌شناسی» به عنوان یک پلتفرم اصلی قابل اعتماد

تقسیم‌بندی به واحدهایی برای کسب داده، پردازش داده و نشاندهی مقادیر اندازه‌گیری شده، به تنهایی فرصت‌های مختلفی را برای تولیدکنندگان فراهم می‌کند، اما نظارت بر بازار را با موانع فنی قابل توجهی روبرو می‌کند. امروزه در دزسنجی به عنوان مثال، دزسنج‌های متحرک و مبتنی بر وب تقریباً بدون استثنا مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین ترتیب دزسنج متحرک که به رایانه رومیزی متصل است، از طریق اینترنت با یکی از زیرساخت‌های ابری سازنده تماس می‌گیرد. از داده‌های به‌دست‌آمده، رایانه می‌تواند نتایج اندازه‌گیری را تولید، آنها را در یک پایگاه داده ذخیره و نرم‌افزار دستگاه را به‌روزرسانی کرده تا مولفه‌های کالیبراسیون را تنظیم کند. این رویکرد در حال حاضر تبدیل به به‌روزترین روش شده است.

علاوه بر این، زیرساخت توزیع شده، بهم‌پیوسته و تا حدی مجازی سازی شده در حال حاضر با ۱۷۰ میلیون دستگاه اندازه‌گیری تنها در کشور آلمان در زمینه‌های تصدیق و نظارت بر بازار، امکانات متعددی را برای استفاده از راه حل‌های کلان داده بر اساس داده‌های تولید شده در طول عمر ابزار اندازه‌گیری ارائه می‌دهد. . این پایگاه‌های داده (داده‌های اندازه‌گیری، داده‌های اداری، داده‌های خدمات) در حال حاضر به طور گسترده توزیع شده ولی به هم پیوسته نبوده و بسیار ناهمگن هستند. ارتقای دیجیتالی سیستم اندازه‌شناسی قانونی را می‌توان با ایجاد یک زیرساخت دیجیتال کیفیت به‌عنوان «ابر اندازه‌شناسی» باپیوند زیرساخت‌های داده موجود، دسترسی متمایز همه شرکا به «ابر اندازه‌شناسی» به‌عنوان پایگاه داده و مکان دسترسی امن، مفاهیم جدید برای هماهنگی، تمرکز، ساده‌سازی، هماهنگ‌سازی و تضمین کیفیت خدمات اندازه‌شناسی به دست آورد. با شروع یک پایه قابل اعتماد از این زیرساخت دیجیتال در مراکز اندازه‌شناسی، برنامه‌ریزی برای تبدیل «ابر اندازه‌شناسی» به یک «ابر اندازه‌شناسی منطقه‌ای» برای حمایت از مفهوم «بازار واحد دیجیتال» آغاز شده است. این ایده در اروپا با یک پروژه مشترک سه ساله آغاز شده است. این پلت‌فرم اصلی قابل اعتماد شامل ارایه دیجیتالی هر تصویب نوع تکی یا دستگاه اندازه‌گیری، تضمین ارتباط ایمن و شناسایی واضح، ارائه خدمات پشتیبانی برای نظارت بر بازار و کمک به ساده سازی اداری است. دولت‌های کشورهای اروپایی از مفهوم «ابر اندازه‌شناسی اروپایی» و فرآیندهای مربوط به آن به طور قاطع حمایت می‌کنند.

در اعمال و احکامی که در ارتباط مستقیم با صلاحیت‌های مراکز اندازه‌شناسی هستند (مانند تصویب نوع یا ارزیابی انطباق دستگاه‌های اندازه‌گیری)، گزارش‌های تخصصی امنیت فناوری اطلاعات مورد نیاز است. اینها باید توسط این مراکز انجام یا نهادهای منتخب توسط این مراکز، صادر شوند. به هر حال در اندازه‌شناسی قانونی، ارزش دارایی‌ها حفاظت شده معین و راهبردهای ارزیابی مورد نیاز است. این شکاف توسط مراکز اندازه‌شناسی برداشته می‌شوند.

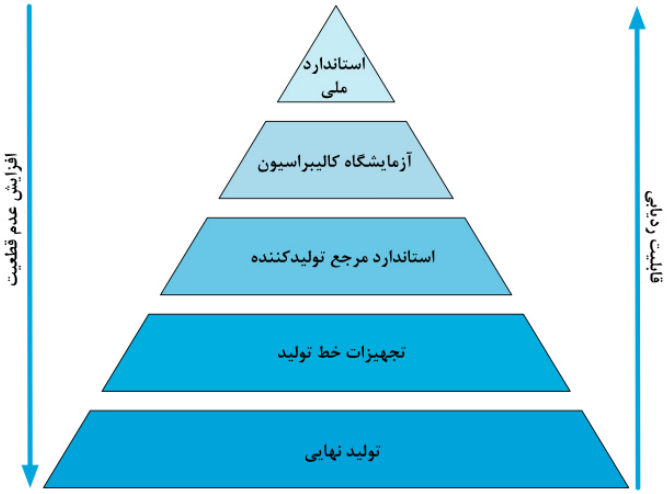
کارگروه «نرم‌افزار اندازه‌شناختی» تحلیل‌های ریسک برای نرم‌افزار و اجزای فناوری اطلاعات سازندگان دستگاه‌های اندازه‌گیری را در محدوده ارزیابی انطباق، ارزیابی و پشتیبانی می‌کند. هر دو گروه کاری مسئول به روزرسانی و انتشار حملات سایبری هستند. با این حال، دارایی‌هایی که ارزش حفاظت در منطقه قانونی تنظیم شده را دارند، اغلب آنقدر خاص هستند که فقط مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند سناریوهای تهدید مربوطه را شناسایی کنند. این وظیفه همچنین شامل مراکز آزمون مورد تایید می‌باشد. این توسعه نشان می دهد که در محدوده «دستور کار دیجیتال»، وظایف بعدی مراکز اندازه‌شناسی که بخشی از مأموریت اندازه‌گیری قانونی آنها است، تحت تأثیر لزوم ارزیابی خطرات امنیتی فناوری اطلاعات قرار گیرد. برای این منظور، باید یک کارگروه «امنیت اندازه‌شناختی و تحلیل ریسک» در این مراکز ایجاد شود.

ارائه متمرکز داده یک پیش نیاز برای استفاده کارآمد از روش‌های تحلیلی مدرن کلان داده است، زیرا در

حال حاضر برای افزایش کارایی در حوزه‌هایی از اندازه‌شناسی که تحت نظارت قانونی قرار نگرفته‌اند، استفاده می‌شود. مفاهیم « نگهداری پیش‌بینی‌شده» توسعه‌یافته در هر منطقه، در اصل، می‌توانند برای افزایش کارایی در زمینه‌های اندازه‌شناسی، تصدیق و کالیبراسیون به کار رود. با توسعه روش‌های مدل‌سازی آماری مناسب، می‌توان پیش‌بینی‌های مستمر ایجاد کرد و کیفیت درستی اندازه‌گیری کل زیرساخت اندازه‌گیری حتی برای اندازه‌شناسی و تصدیق را تضمین کرد. با این حال، برای این منظور، فعالیت‌های تحقیقاتی مقدماتی در مراکز اندازه‌شناسی برای آماده‌سازی اصلاحات پایدار فعالیت‌های اوزان و تصدیق ضروری است. بخش «مدل سازی ریاضی و تجزیه و تحلیل داده‌ها» در این مراکز به انجمن‌های حرفه‌ای، آزمایشگاه‌های تاییدصلاحیت شده و نهادهای نظارت بر بازار با فراهم آوردن تخصص‌ها و روش‌های آماری مشاوره می‌دهد.

e زیرساخت کیفیت

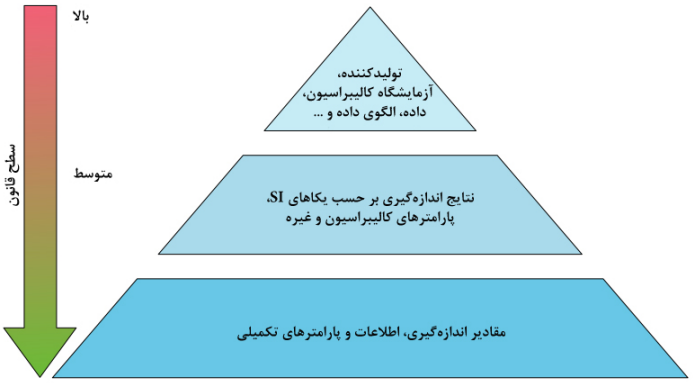
دیجیتالی‌شدن بر زیرساخت‌های کیفیت (اندازه شناسی، استانداردسازی و تایید صلاحیت) به طور کلی تأثیر می‌گذارد. در اینجا، به نظر می‌رسد بزرگترین چالش‌ها مربوط به استانداردسازی و سیستم کالیبراسیون به عنوان بخش‌های اندازه‌شناختی تاییدصلاحیت باشد. این مقاله سه پیش نیاز اصلی برای حفظ رقابت را فهرست می‌کند: زیرساخت کارآمد و ایمن، تسلط بر قابلیت‌ها و فن‌آوری‌های کلیدی، و حاکمیت دیجیتال با شرایط چارچوب باز برای نوآوری. در تمام این سه حوزه، اطمینان از اندازه‌گیری‌های صحیح صریحاً از کل زیرساخت کیفیت خواسته می‌شود. و این مربوط به اطمینان به اندازه‌گیری‌های فرکانس بالا که پیش‌شرط توسعه پایدار شبکه ارتباطی است، می‌شود. از سوی دیگر، انتظار می‌رود که کل سیستم کالیبراسیون شرایط چارچوب کارآمدی را فراهم کند که برای ارتقای نوآوری برای خلاقیت و فناوری باز باشد. تسلط بر قابلیت‌های کلیدی در زمینه‌های کالیبراسیون، امنیت فناوری اطلاعات، اندازه‌شناسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها که اساس سیستم استانداردسازی است باید مطابق با نیازهای واقعی باشد. به همین دلیل کشورها موضوع استانداردسازی در تحول دیجیتال را به عنوان یک موضوع کلیدی در نظر گرفته‌اند. در طول بحث و گفتگو بین کارشناسان در مراکز اندازه‌شناسی اصطلاح «سرمایه‌داری پلتفرم» چندین بار به عنوان هشداری در برابر تسلط چند شرکت بر بازار که ممکن است ناشی از این روند باشد و - به ویژه بنگاه‌های کوچک و متوسط را در معرض خطر قابل توجهی قرار دهد، ذکر شده است. با این پدیده فقط می‌توان با استانداردسازی انعطاف‌پذیر و قابل اعتماد مقابله کرد. این امر به ویژه در زمینه اقتصاد جهانی شده اهمیت دارد، به طوری که شرکت‌های بزرگ دنیا امکانات خود را برای اقدام توسط سایر رقبای جهانی محدود نمی‌بینند. علاوه بر این، چشم انداز «اینترنت اشیا» با شرکت کنندگان عملیاتی تنها به دلیل استانداردهای مناسب می‌تواند موفق باشد.



شکل ۳- سلسله مراتب کالیبراسیون

در حوزه تاییدصلاحیت، مراکز اندازه‌شناسی به دلیل قابلیت‌ردیابی مورد نیاز به SI، نقش کلیدی را برای آزمایشگاه‌های تاییدصلاحیت شده ایفا می‌کند. توزیع وظایف بین این مراکز و نهادهای تاییدصلاحیت (و همچنین نظارت بر بازار با مقامات تصدیق) مطابق

با سلسله مراتب کالیبراسیون و استاندارد بین‌المللی ISO۱۷۰۲۵ که الزامات آن در آزمایشگاه‌های تاییدصلاحیت شده اجرا می‌شود، صورت می‌گیرد. این استاندارد، در اصل، به گونه ای طراحی شده است که برای فناوری‌ها باز باشد و امکان استفاده از الگوهای دیجیتال را فراهم کند. برعکس پس‌زمینه دیجیتالی شدن، جنبه‌های اطلاعات دیجیتال و کانال‌های ارتباطی به منظور برآورده کردن نیازهای روزافزون صنعت در حال اهمیت یافتن هستند. با توجه به تحول دیجیتالی سیستم کالیبراسیون، مراکز اندازه‌شناسی فرصت حمایت قابل توجه از دیجیتالی شدن اقتصاد و صنعت را دارند. این بدان معنی است که فرآیندهای کسب و کار دیجیتال با رابطهای دیجیتال مربوط در زنجیره اندازه‌گیری و



شکل ۴: مفهوم گواهی کالیبراسیون دیجیتال استانداردشده

برای مراکز اندازه‌شناسی به عنوان نهادهایی که مسئول سطح بالای سلسله مراتب قابلیت‌ردیابی است، توسعه گواهی کالیبراسیون دیجیتال مهمترین وظیفه است. مطابق با موج دوم دیجیتالی‌سازی، گواهی کالیبراسیون نه تنها سند الکترونیکی است که به عنوان همتای نسخه چاپی فعلی عمل می‌کند، بلکه نمایش مجازی اطلاعات مربوط به گواهی کالیبراسیون است. به طور خاص، این بدان معنی است که داده‌های کاربردی کالیبراسیون (به عنوان مثال عامل مقیاس، گستره‌های دمایی، خطی بودن) باید به گونه‌ای در دسترس باشند که بتوان آن‌ها را به‌طور خودکار توسط ماشین خواند و پردازش کرد. این امر باعث خودکار شدن استفاده از اطلاعات کالیبراسیون در نسل چهارم صنعت می‌شود. به عنوان مثال، یک حسگر می‌تواند در یک کارخانه به سادگی با افزودن آن به شبکه حسگر موجود استفاده شده و سپس نرم افزار کنترلی کارخانه مورد استفاده در این زمینه، به طور خودکار، بر اساس اطلاعات کالیبراسیون دیجیتال سازگار شود. بنابراین «دوقلو دیجیتال» حسگر به طور خودکار از گواهی کالیبراسیون دیجیتال تولید می‌شود. برای توسعه، ایجاد و استفاده گسترده از گواهی‌های کالیبراسیون دیجیتال لازم است قوانینی را با توجه به جنبه‌های مربوط به ساختار، محتوا، یکاهای مجاز اندازه‌گیری، رابطها، اعتبار و امنیت انتقال داده وضع کرد. بدین ترتیب مهر و امضاهای دیجیتال، اصالت و امنیت رمزنگاری (به عنوان مثال توسط مدیریت امضای دیجیتال) نقش تعیین کننده‌ای ایفا می‌کند. مقررات اتحادیه اروپا اخیراً چارچوب قانونی را برای شناسایی و تخصیص قانونی امضاها و مهرهای دیجیتال در سراسر اتحادیه اروپا تعیین کرده است.

«دیجیتالی شدن تمامی حوزه‌های علم و پویایی بالای فناوری دیجیتال به ویژه با توجه به داده‌ها و ابرداده‌ها، الگوهای تبادل، رابطها، مدل‌های داده، زبان‌های نشانه‌گذاری و واژگان، نیازمند رویه‌های استاندارد است»

در حالی که یک گواهی کالیبراسیون دیجیتال، انتشار صحیح یکاها را به صورت عمودی در امتداد زنجیره قابلیت‌ردیابی در سلسله مراتب کالیبراسیون محقق می‌کند، مفاهیمی برای تبادل افقی صحیح داده‌ها نیز ضروری است. این بدان معناست که، در میان امور دیگر، مفاهیمی برای انتشار اطلاعات و داده‌های مبتنی بر SI در شبکه‌های اینترنت اشیا باید توسعه و پیاده‌سازی شوند. تفسیر خودکار بدون نقص داده‌ها، علاوه بر انتقال بدون نقص، به تفسیر قابل اعتماد داده‌ها با توجه به اندازه، ابعاد، یکای آنها و در صورت کاربرد، برای نشان دادن عدم‌قطعیت اندازه‌گیری که می‌تواند توسط یک ماشین قرائت شود، نیاز دارد. با

این حال، تا به امروز، الگوهای داده یا همراه با مقادیر عددی برای انواع داده‌ها بدون پیاده‌سازی منسجم استفاده شده‌اند یا رویکردهای موجود یا اختصاصی بوده‌اند، به‌ویژه برای یک رشته علمی معین یا برای یک زبان برنامه‌نویسی و بنابراین قابل تعامل نیستند. با توجه به توسعه یک الگوی اَبَرداده استاندارد شده، تبادل متقابل اطلاعات مرتبط اندازه‌شناختی در مورد داده‌های عددی می‌تواند برای تفسیر خودکار قابل اعتماد و ارزیابی داده‌های واقعی عددی مورد استفاده قرار گیرد. الگوی داده مورد استفاده برای این منظور با توجه به اجرای آن با فرمول بندی الزامات اساسی که برای تبادل روان داده‌های واقعی در شبکه‌های اطلاعات خودکار ضروری است باید باز، به طور گسترده قابل اجرا و انعطاف‌پذیر باشد. چنین الگوهای اَبَرداده‌ای نیز در حصول اطمینان از قابلیت همکاری پایگاه‌های داده برای تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ مفید خواهند بود. به عنوان یک قاعده، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ به معنای داده‌هایی از منابع مختلف است که برای اهدافی مانند همبستگی داده‌ها، تجزیه و تحلیل می‌شوند. از این رو، باید به سازگاری داده‌ها با یکدیگر (یکا، بعد، عدم‌قطعیت اندازه‌گیری) توجه شود تا نتایج تجزیه و تحلیل قابل اعتماد به دست آید. در اندازه‌شناسی، تلاش‌های اولیه (مانند مرکز اندازه‌شناسی ایالات متحده آمریکا، NIST) برای یافتن منابع داده‌های مختلف محدود شده است، زیرا قابلیت همکاری به عنوان یک مانع بسیار بالا در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال، یک پروژه همکاری بین‌المللی شامل چندین مؤسسه ملی اندازه‌شناسی بر روی یک «ثبت منابع بین‌المللی اندازه‌شناسی» به عنوان پایگاه داده‌ای برای اَبَرداده‌ها به منظور افزایش سرعت دستیابی به پایگاه داده اندازه‌شناختی کار می‌کنند. پایگاه‌های داده به عنوان یک قاعده، راه حل‌های معین کاربردی برای قابلیت همکاری پایگاه‌های داده که برای یک موقعیت واقعی ارزیابی شده‌اند را توسعه می‌دهند. ایجاد الگوهای هماهنگ کافی به طور قابل توجهی از تجزیه و تحلیل خودکار داده‌ها پشتیبانی می‌کند. با این حال، اولین تلاش‌ها با الگوی داده به دلیل فقدان منابع انسانی با شکست مواجه شد. در مدت توسعه آن، تفسیر متقابل داده‌های واقعی نیز بسیار بالا بوده که مستلزم قابلیت‌های متناظر و تعهد طولانی مدت است. علاوه بر این، تأییدیه‌های خودکار از طریق رابط‌های دیجیتال نقش مهمی در حمایت از فرآیندهای کسب‌وکار ایفا خواهند کرد. بطور مثال در حال حاضر در مراکز اندازه‌شناسی کشورهای پیشرفته آزمون خودکار الگوریتم‌ها بر اساس داده‌های مرجع این مراکز برای وظایف خاصی در اندازه‌شناسی مختصات ارائه می‌شود. این سیستم امکان آزمون خودکار از راه دور یک الگوریتم را که بوسیله صادر شدن علامت آزمون مربوطه انجام می‌شود را فراهم می‌کند. در آینده، بسیاری از شرکت های صنعتی انتظار دارند که مراکز اندازه‌شناسی چنین خدماتی را ارائه دهند، زیرا این شرکت ها قبلاً فرآیندهای خود را دقیقاً به همان روش دیجیتالی کرده‌اند.

در بسیاری از زمینه‌ها، تحول دیجیتال در حال حاضر منبع تضاد بین امکانات فناورانه و چارچوب شرایط قانونی موجود است. نمونه‌هایی از این تضادها، کارخانه‌های تولیدی هستند که مشمول مقررات حفاظت در برابر انفجار هستند، جایی که مراکز اندازه‌شناسی طبق وظایف قانونی خود، نقش مهم (و در برخی موارد حتی در سطح جهانی پیشرو) را ایفا می‌کنند. طبق استانداردهای IEC ۶۰۰۷۹، تولیدکنندگان موظفند دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده خود را تحت یک روش اجرایی ارزیابی انطباق دقیق قرار دهند. رهنمودهای این روش بر این فرض استوار است که از ابزارهای ثابت استفاده می‌شود، در حالی که تعداد دستگاه‌های قابل حمل به ویژه برای اهداف تعمیر و نگهداری در حال افزایش هستند. در این زمینه مراکز اندازه‌شناسی ملزم به توسعه معماری مرجع مناسب برای اجرای مدرن کردن دیجیتال حفاظت در برابر انفجار است. به عنوان مثال، با توسعه راه‌حل‌های مبتنی بر نرم‌افزار، می‌توان با اعمال یک طبقه‌بندی ایمنی به جای اعمال قوانین محکم و سخت که با

موارد خاص سازگار است، جایگزین‌هایی ارائه کرد. الزامات قانونی و سیستم‌های مرجع به جلوگیری از استفاده از دستگاه‌هایی که تایید نشده‌اند کمک می‌کند.

به همین ترتیب، وظایف جدید در زمینه‌های مختلف دیگر از تکالیف قانونی مراکز اندازه‌شناسی به وجود می‌آید. تعداد فزاینده‌ای از سیستم‌های اندازه‌گیری متصل و آنالیزهای بلادرنگ در زمینه‌هایی مانند پزشکی یا نظارت بر محیط‌زیست استفاده می‌شود، در حالی که قابلیت‌ردیابی هنوز عمدتاً به تشخیص آزمایشگاهی اختصاص دارد. فن‌آوری‌های دیجیتال جدید امکان نظارت برخط در پزشکی (تشخیص نقطه مراقبت) و در تجزیه و تحلیل‌های محیطی (آب، هوا، وسایل نقلیه) را فراهم می‌کنند. علاوه بر این، کانال‌های ارتباطی دیجیتال امکان نگهداری از راه دور، تشخیص از راه دور و کالیبراسیون از راه دور را باز می‌کنند. اهمیت این سیستم‌های برخط در پایش صحت مقادیر اندازه‌گیری شده، به ویژه در زمینه پزشکی، به اندازه تشخیص آزمایشگاهی ثابت مهم است. این امر مستلزم توسعه روش‌هایی برای کالیبراسیون از راه دور دستگاه‌های اندازه‌گیری و همچنین برای مفاهیم امنیت و انتقال داده‌های قابل اعتماد و برای قابلیت‌ردیابی نتایج اندازه‌گیری در حالت برخط است. مراکز اندازه‌شناسی استانداردهای ملی را برای تضمین کیفیت در تشخیص آزمایشگاهی ارائه می‌کنند و بنابراین باید این نقش را برای روش‌های تشخیصی و تحلیلی مدرن نیز ایفا کنند. این مراکز وظایف جدیدی را در ارتباط با تجزیه و تحلیل گازهای خروجی موتورهای احتراقی به دلیل وقوع دستکاری دیجیتال دارند.

انتشار ساعت رسمی در کشورها یکی از وظایف حاکمیتی مراکز اندازه‌شناسی است. در بستر تحول دیجیتال، مجموعه‌ای از چالش‌های جدید، بلکه فرصت‌هایی در این زمینه به وجود آمده است. بنابراین، روش‌های توانمند همزمان برای تحلیل مقادیر زیادی از داده‌ها (تحلیل داده‌های بزرگ) بینش جدیدی را در مورد داده‌های اندازه‌گیری ثبت‌شده پیوسته به منظور ارزیابی ساعت‌های نوری با دقت بالا فراهم می‌کنند. در عین حال، به هم پیوستگی صنایع و بازارهای دیجیتالی شده منجر به چالش‌های جدیدی با توجه به انتشار زمان شده است. از این رو، از اوایل سال ۲۰۱۸، مقررات اروپایی تجارت مالی کنترل شده با الگوریتم به اجرا در آمده، که به برچسب‌های زمانی[2] قابل‌ردیابی با تفکیک‌پذیری ۱ میکرو ثانیه و انحراف بیش از ۱۰۰ میکرو ثانیه از UTC نیاز دارد. هنوز هیچ زیرساخت اندازه‌شناختی در قالب آزمایشگاه‌های معتبر برای این منظور وجود ندارد. مراکز اندازه‌شناسی در حال حاضر اندازه‌گیری‌های بین آزمایشگاهی زمان‌های اجرا سیگنال را با استفاده از آشکارسازهای قابل حمل و کالیبره شده با عدم قطعیت پایین انجام می‌دهند تا سهم‌های UTC را تعیین کنند. بنابراین، یکی از راه‌های حمایت از صنایع توسعه روش‌های اجرایی کالیبراسیون برای استفاده در شبکه موسسات مالی، بر اساس روش مورد استفاده برای مقایسه بین مراکز اندازه‌شناسی و توسعه روش های پایش و مستندسازی است. به لطف صلاحیت و اعتبار آزمایشگاه‌های کالیبراسیون، این وظیفه می‌تواند به آزمایشگاه‌های خارجی به صورت طولانی مدت منتقل شود. مقدمات این حمایت توسط مراکز اندازه‌شناسی از قبل آغاز شده است.

در شبکه‌های «اینترنت اشیا»، داده‌ها به طور دائمی به دست آمده و به صورت مرکزی پردازش می‌شوند. به ویژه در محیط‌های «نسل چهارم صنعت» با تجزیه و تحلیل داده‌ها در زمان واقعی برای تولید خودکار، همگام‌سازی زمان نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کند. در اصل، برچسب‌های زمانی کافی را می‌توان از یک مرجع زمانی محلی استخراج کرد که سپس بتوان به داده‌ها اختصاص داد. با این حال، در شبکه‌های جهانی این رویکرد مستلزم همگام سازی چنین ارجاعات زمانی است تا داده‌های به دست آمده در سطح جهانی هماهنگ شوند. همبستگی زمانی در مناطقی که همگام سازی زمانی از نظر فنی یا قانونی ضروری است مانند مخابرات، تلاش برای همگام‌سازی ارجاعات زمانی باید

2 - Time stamp

توسط شرکت ها انجام شود و سخت افزار مربوطه باید استفاده شود. پیش‌نیاز استفاده گسترده از فناوری‌های مربوط، مانند پروتکل NTP[3] (نشان دادن زمان از طریق شبکه های دارای زمان اجرای بسته متغیر) یا پروتکل PTP[4] (با تمرکز بر درستی افزایش یافته و شبکه‌های محدود محلی)، یک پیاده‌سازی آسان است. بنابراین، بسیاری از تولیدکنندگان اجزای شبکه فعال به طور فزاینده‌ای از راه‌حل های سخت افزاری PTP در دستگاه‌های خود استفاده می‌کنند. مراکز اندازه‌شناسی باید این تغییرات را در هنگام انتشار ساعت رسمی به اندازه کافی منعکس کنند. علاوه بر این، توسعه یک نسخه اصلاح شده از پروتکل WebSocket به عنوان مکمل NTP مفید است، زیرا از مرورگرها و زبان‌های برنامه نویسی مختلف پشتیبانی می‌کند و اجرای ساده در نرم افزار را امکان پذیر می‌کند. بنابراین کاملاً برای استفاده در اینترنت اشیا طراحی شده است، حتی در زمینه صنعتی که فناوری‌های وب به طور گسترده استفاده می‌شود. با توسعه یک سرویس WebSocket مربوطه خود، مراکز اندازه‌شناسی می‌توانند زمان را برای کاربردهای مقیاس بزرگ در اینترنت اشیا و سایر شبکه‌ها انتشار دهند.

e اندازه‌شناسی در تحلیل مقادیر بزرگ داده

همه تجزیه و تحلیل‌ها و مطالعات یک وجه مشترک دارند، و آن اینکه تنها در صورتی که تجزیه و تحلیل داده‌ها کافی باشد، می‌توانند اطلاعات را پردازش کنند. بنابراین کارخانه‌های بزرگ دنیا از «داده‌های هوشمند – نوآوری مبتنی بر داده»، با سرمایه‌گذاری بسیار بالا در راستای توسعه روش‌های اجرایی کارآمد با هدف به دست آوردن اطلاعات اقتصادی قابل استفاده از سیل داده‌های خام، پشتیبانی می‌کنند. علاوه بر امنیت فناوری اطلاعات، مدیریت کارآمد مقادیر فزاینده داده موضوع اصلی دیجیتالی شدن است. در چشم‌انداز سیستماتیک در یک مجموعه که مجهز به امکانات ذخیره‌سازی داده ارزان‌قیمت، حسگرهای دیجیتال و سیستم‌های ارتباطی اطلاعات است، منجر به افزایش نمایی در مقدار داده خواهد شد. از این رو، در «قرن بیست و یکم» روش‌های اندازه‌گیری جدید - مانند مواردی که در تصویربرداری پزشکی، توموگرافی کامپیوتری صنعتی و اندازه‌گیری‌های شدت روشنایی و سطوح بازتابی انجام می‌شود- منجر به افزایش سریع حجم داده‌ها شده است و در بسیاری از موارد، ابعادی که قرار است تعیین شوند، متقابلا افزایش داشته است. به عنوان مثال، گونیوفوتومتر میدان‌های نزدیک[5] می‌تواند شار شدت روشنایی یک منبع نور را با تفکیک‌پذیری فضایی اندازه‌گیری کند. در این مورد، تفکیک‌پذیری اندازه‌گیری فوق‌العاده بالاست و بنابراین برای روش‌های اجرایی زیرساخت کیفیت قابل مدیریت نیست. چنین داده‌های با ابعاد بالا، برای مثال برای مولفه‌های هندسی بکار رفته در انتقال نور در شبیه‌سازی استفاده می‌شود. در بستر تحولات دیجیتال در صنعت، قابلیت‌ردیابی به SI -و بنابراین به مراکز اندازه‌شناسی- نقش تعیین کننده‌ای در این زمینه در آینده دارد. تحقیقات میان رشته‌ای در مراکز اندازه‌شناسی راه را برای پروژه‌ها و دستورالعمل‌های تخصصی در زمینه‌هایی مانند مدل‌سازی ریاضی، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری و روش‌هایی برای تعیین عدم‌قطعیت اندازه‌گیری که در یک بخش مرکزی به نام «مدل‌سازی ریاضی و تحلیل داده» سازماندهی شده‌اند، هموار می‌سازد. با همکاری در کمیته‌های هماهنگ‌سازی تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌شناختی، این مراکز به پشتیبانی از زمینه‌های کاربردی مختلف درهم‌تنیده ادامه می‌دهند. با توجه به افزایش مقادیر داده‌ها، ابعاد اندازه‌گیری‌ها و روش‌های تحلیلی که پیچیده‌تر شده‌اند، مراکز با نیازهایی به سرعت در حال رشد مواجه هستند. تعداد در حال افزایش برنامه‌ها، چالش‌هایی را برای ارزیابی داده‌های اندازه‌گیری توسط ساختارهای داده پیچیده با ابعاد، تنوع و نوسانات بالا و همچنین کیفیت داده‌ها

3 - Network Time Protocol

4 - Precision Time Protocol

5 - near-field goniophotometer

بوجود آورده است. روش‌های تعیین عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری، که به طور گسترده در اندازه‌شناسی پذیرفته شده‌اند، در حال حاضر از نظر ابعاد و زمان محاسبه با محدودیت‌هایی مواجهه‌اند. دیجیتالی‌سازی و روش‌های اجرایی اندازه‌گیری مبتنی بر رایانه این روند را تقویت کرده و منجر به افزایش مداوم مقادیر داده‌ها و فضاهای پارامتری در سیستم‌های اندازه‌گیری توزیع‌شده، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای پیچیده یا داده‌های پزشکی چند پارامتری (در تصویربرداری، تجزیه و تحلیل پروتئین و ژنتیک و بیوشیمی) می‌شود. ارتباط بین اندازه‌گیری و ارزیابی داده‌های اندازه‌گیری نزدیک‌تر و نزدیک‌تر شده و منجر به اهمیت فزاینده روش‌های ریاضی و آماری می‌شود. روش‌های اجرایی تعیین‌شده و پذیرفته‌شده موقعیت‌هایی با مقادیر زیاد داده (مثلاً با استفاده از شبیه‌سازی) و زمان‌های محاسباتی طولانی (مثلاً به دلیل نیاز به مدل‌ها) یک چالش بزرگ است. بنابراین ابزارهای ریاضی و آماری مقیاس‌پذیر باید توسعه داده شوند تا به عنوان مکمل روش‌های اجرایی تعیین شده عمل کنند تا امکان انتقال راحت و روان بین مقادیر کوچک و بزرگ داده‌ها فراهم شود.

یک احتمال در اینجا کاهش ابعاد اندازه‌گیری است، که در آن ساختارهای موجود در داده‌ها در یک روش هدفمند مورد استفاده قرار گرفته و در حالی که محتوای اطلاعات حفظ می‌شود، میزان داده‌ها را کاهش می‌دهد. در این زمینه، دانش عمیق اندازه‌گیری به اندازه توسعه مشترک روش‌های اندازه‌گیری کارآمد و روش‌های ارزیابی ضروری است. این امر مستلزم همکاری بین بخش «مدل‌سازی ریاضی و تحلیل داده‌ها» و بخش‌های آزمایشی در پروژه‌های تحقیقاتی مشترک است. در کاربردهای متعدد، روش‌های اجرایی جدید اندازه‌گیری به کمک کامپیوتر در بخش «فوتومتری و رادیومتری» منجر به تولید مقادیر قابل‌توجهی داده شده است. به عنوان مثال، در تشخیص اندازه‌شناختی از یک منبع نور، اندازه‌گیری آن تقریبا ۱۰۰ GB داده تولید می‌کند. توسعه روش‌های اندازه‌گیری اصلی، که علاوه بر آن، اندازه‌گیری‌های برنامه‌ریزی‌شده به لحاظ طیفی را قادر می‌سازد، برای آینده نزدیک انتظار می‌رود که منجر به افزایش قابل‌توجهی در مقدار داده خواهند شد. کشورهای مختلف نیز می دانند که نیاز روزافزونی در این زمینه وجود دارد.

«اندازه‌گیری‌ها حجم زیادی از داده‌های چند بعدی را تولید می‌کنند، با این حال، مشخص نیست که چه اطلاعات قابل پردازشی را می توان از آنها استخراج کرد. تشدید تلاش‌های پژوهشی با توجه به تفسیر داده ها و استفاده از داده‌ها مفید خواهد بود»

در کاربردهایی که کاهش ابعاد داده‌ها با توجه به هدف آنها معنا ندارد، روش‌های کاربردی و قابل اتکایی باید برای انتقال مقادیر بالای داده‌ها ایجاد شود. مشکل، ذخیره داده یا سرعت انتقال داده نیست، بلکه یافتن یک الگوی داده مناسب است. به عنوان مثال، در مراکز اندازه‌شناسی، اندازه‌گیری‌های قابل‌ردیاب استانداردهای بازتابش مطابق با نیاز تعدادی از توسعه‌دهندگان دستگاه و آزمایشگاه‌های کالیبراسیون و آزمون فراهم می‌شوند. در اینجا، یک الگوی داده یکنواخت استاندارد شده برای اندازه‌گیری‌های تابع توزیع بازتابش دوجهتی سطوح ضروری است. این الگو باید قادر به تصویرکردن مناسب داده‌های با ابعاد بالا و پیچیده، ، از جمله عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری و اطلاعات مربوط به سطح باشد و اجازه تحلیل قابل اعتماد داده‌ها را بدهد. پس، باید یک تفسیر کامپیوتری بدون اشکال از داده‌ها داشته باشیم. با توجه به زیرساخت اندازه‌گیری و تجربه بخش «تصویربرداری و نورسنجی موج» و نیز همکاری موفق آن با بخش «مدل‌سازی ریاضی و تحلیل داده‌ها»، امکان توسعه الگوی داده و روش‌های تحلیلی برای این منظور وجود دارد. روش‌های داده کاوی و روش‌های دیگر ارتباط، به طور گسترده در حوزه‌هایی مانند آنالیز زمان واقعی در نسل چهارم صنعت استفاده می‌شوند. درنتیجه، داده‌های حسگر به طور مداوم ارزیابی و با هم مقایسه می‌شوند. در اندازه‌شناسی یک نمونه از این مورد

تحلیل همبستگی داده‌های ماژول‌های فوتوولتاییک در راستای زنجیره مقادیر آنهاست. با توسعه روش‌های متناسب اندازه‌گیری وبرقراری قابلیت‌ردیابی، می‌توان روش‌های آنالیز داده‌هایی را ایجاد کرد که به عنوان مثال می‌توانند در زمان رخ دادن یک اشتباه واکنشی زودهنگام انجام داده و اجازه دهند تا ارتباطی بین سلول‌های خورشیدی و واحد تولید برقرار شود. از آنجایی که این امر بصورت پیش‌فرض نیازمند دانش عمیق و پیشرفت‌هایی از نظر روش‌های اندازه‌گیری و همچنین ایجاد روش‌های ریاضی و آماری مناسب است، در اینجا نیز تحقیق مشترک توسط بخش‌های «نورسنجی و رادیومتری کاربردی» و «مدل سازی ریاضی و تحلیل داده» ضروری است.

همچنین در بسیاری از حوزه‌های اندازه‌شناسی نانو مانند مدل‌سازی کنتراست سیگنال با استفاده از روش‌های مونت کارلو برای ارزیابی اندازه‌گیری‌ها بر روی نانو ذرات در اسکن میکروسکوپ الکترونی، نمونه‌هایی از نتایج اندازه‌گیری با ابعاد بالا مشاهده می‌شود. علاوه بر این، روش‌های تصویربرداری که مقادیر زیادی از داده‌هایی که باید پردازش شوند، تولید می‌کنند، بصورت روزافزون در اندازه‌شناسی ابعادی و سطح نوری بکار می‌روند. تعیین تاثیرات عدم‌قطعیت در این زمینه‌ها گاهی تنها با استفاده از محاسبات شبیه‌سازی سنگین امکانپذیر است. به عنوان یک قاعده، برای تسهیل جابجایی داده‌ها این حوزه‌ها نیازمند کاهش حجم آنها است. رویکردهای روزافزون مشابهی نیز در حوزه‌ای که در روش‌های اندازه‌گیری نوری اعمال می‌شوند، بکار می‌روند. این امر مستلزم ایجاد روش‌هایی است که در هنگام استفاده از کاهش حجم داده اجازه اظهار نظر در مورد کیفیت عدم‌قطعیت اندازه‌گیری را می‌دهند. در نتیجه روش‌های عمومی کاهش حجم باید همواره براساس کاربردهایشان و میزان پیچیدگی روش‌های اندازه‌گیری توسعه داده شوند. با انتخاب نقاط اندازه‌گیری کافی، روش‌های اندازه‌گیری اتخاذ شده می‌توانند منجر به کاهش حجم داده کافی شوند.

در حوزه تحقیقات تعداد روبه رشدی از مقالات در حوزه تحلیل داده‌های با حجم بالا خودکار بدلیل گسترش یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی مصنوعی مشاهده می‌شوند. در حال حاضر، روش‌های توسعه‌یافته معمولا مبتنی بر تئوری تثبیت‌شده شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند، اما از تعداد روبه افزایش از لایه‌های مخفی بین ورودی و خروجی استفاده می‌کنند. این روش‌ها عموما به عنوان «یادگیری عمیق» شناخته می‌شوند. به دلیل افزایش دسترسی به سخت‌افزارهای تخصصی، نرم‌افزارهای با منبع آزاد و مقادیر بسیار زیاد داده، «روش‌های یادگیری عمیق» بسیار در حال رشد هستند. از دیدگاه زیرساخت کیفیت - و به خصوص از دیدگاه اندازه‌شناسی- وجه قابل اعتماد بودن بسیار با اهمیت هستند. با این وجود، تا کنون چنین روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها هنوز از دیدگاه اندازه‌شناسی مورد بررسی قرار نگرفته است. تحقیق در مورد قابل اعتماد بودن و تحلیل داده‌ها و ایجاد روش‌هایی برای ارزیابی کمی کیفیت نتایج موضوعاتی هستند که در حال حاضر حتی خارج از اندازه‌شناسی در مورد آنها تحقیق می‌شود.با این حال، به عنوان یک قاعده کلی، توسعه روش‌ها برای تعیین عدم قطعیت‌ها و اظهار نظر در مورد کیفیت در «یادگیری عمیق» هنوز در مراحل ابتدایی است. در حوزه‌های بحرانی مشکل دیگری تحت عنوان قرار داشتن در معرض دستکاری نتایج یادگیری ماشین از طریق مخدوش کردن داده‌های ورودی وجود دارد. این حوزه تحقیقی «یادگیری تخاصمی[6]» نام داشته و در آینده برای اندازه‌شناسی حائز اهمیت خواهد بود.

e اندازه‌شناسی سیستم‌های ارتباطی برای دیجیتالی‌سازی

در دسترس بودن کانال‌های ارتباطی قابل اعتماد، کارآمد و انعطاف‌پذیر. به ویژه، گسترش فناوری 5G که هم اکنون در حال پیشرفت است یک پیش‌نیاز برای دیجیتالی‌شدن است. درحال حاضر، اصطلاح

6 - adversarial learning

«فناوری 5G» معمولاً به فناوری‌های ارتباطی فرکانس رادیویی در گستره فرکانس مگاهرتز بالا یا در فرکانس گیگاهرتز اشاره می‌کند. در حال حاضر هیچ استاندارد نهایی در زمینه 5G وجود نداشته و هنوز الزامات مشخصی تعیین نشده است. اما در بعضی از کشورها الزامات استاندارد 5G را به شرح زیر تعریف می‌کنند:

- در دسترس بودن نرخ‌های بسیار بالای داده (از ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه تا ۱ گیگابیت بر ثانیه)، حتی برای گروه‌های بزرگی از کاربران همزمان؛
- چند صد هزار ارتباط بی‌سیم همزمان؛
- بهره‌برداری بسیار کارآمدتر از گستره در مقایسه با 4G.

«5G در یک محیط بسیار ناهمگن که بوسیله وجود انواع بسیاری از فناوری‌های دردسترس، شبکه‌های چند لایه، انواع مختلف وسیله‌ها، انواع مختلفی از فعل و انفعالات کاربر وغیره مشخص می‌شود، عمل می‌کند»

به عنوان یک قانون، در ارتباطات 5G و مدولاسیون دیجیتال، اندازه‌های فرکانس بالا بسیار پیچیده، غیرخطی، تصادفی و با ابعاد بالا است. بطور مثال مدوله‌سازی تربیعی دامنه (QAM[7]) با تعداد زیادی از صور فلکی (۴۰۹۶-۶۴) نقش تقویت شده‌ای در مهندسی ارتباطات فرکانس بالا دارد. فنون ارسال و دریافت مورد نیاز باید با درستی بالایی با هدف به حداقل رساندن خطاهای انتقال مشخص شوند. استفاده موثر از طیف الکترومغناطیسی از نظر گستره، ظرفیت کانال و چگالی کانال به مشخصه‌های غیرخطی و تصادفی در گستره طیفی (محتوای هماهنگ، بازه سیگنال به نوفه، به درجه مدولاسیون غیرفعال، نوفه فاز نوسان‌ساز، و غیره) نیاز دارد. اندازه‌گیری قابل‌ردیاب این اندازه‌های غیرخطی و تصادفی، پیش‌شرط کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری فرکانس بالا و توسعه/راه‌اندازی سیستم‌های ارتباطی دیجیتال هستند.

قابلیت‌ردیابی تا به امروز، تقریباً فقط برای اندازه‌های پایه (سیگنال‌های موج پیوسته مدوله‌نشده، مشخص‌سازی خطی) در دسترس بوده است، اگرچه وسیله‌های تجاری برای مشخصه‌های غیرخطی نیز در کشورهای پیشرفته توسعه یافته است. گنجاندن چنین دستگاه‌های اندازه‌گیری در سلسله مراتب کالیبراسیون مزیت رقابتی قابل توجهی را برای شرکت های مربوطه فراهم می‌کند. نیاز به افزایش دامنه تایید صلاحیت آزمایشگاه‌های تایید صلاحیت شده به اندازه‌گیری‌های غیرخطی و تصادفی به دلیل دیجیتالی شدن در حال افزایش است. با این حال، با توجه به سلسله مراتب کالیبراسیون، پیش‌شرط این امر، قابلیت‌ردیابی چنین اندازه‌هایی در مراکز اندازه‌شناسی است.

علاوه بر این، آرایه‌های آنتن با فناوری MIMO[8] (ورودی چندگانه خروجی چندگانه) تا گستره موج میلی‌متری، نقش مهمی در فنون اندازه‌گیری آنتن به دلیل شبکه‌های 5G ایفا می‌کنند. اطمینان از قابل اعتماد بودن چنین سیستم‌هایی نیازمند فنون انتشار و دریافت مورد استفاده برای مشخصه‌های اندازه‌شناختی بوده و دستگاه‌های اندازه‌گیری مورد استفاده برای مشخصه‌سازی به طور قابل‌ردیاب کالیبره شوند. بطور مثال، بررسی اجرای فنی تمرکز سیگنال کانال‌های متغیر با زمان در متنوع‌ترین فرکانس‌ها و شرایط انتشار ضروری است.

توسعه به سمت سیستم‌های هوشمند خود-پیکربندی با الزامات زیادی که بر روی قابلیت همکاری در پروتکل‌های ارتباطی بسیار پیچیده قرار می‌گیرند، منجر به نیاز به قابلیت‌ردیابی پارامترهای سیگنال مانند سطح مدولاسیون و انحراف مدولاسیون، بزرگی بردار خطا (EVM) و نرخ‌های خطا می‌شود. به منظور توسعه تجهیزات اندازه‌گیری و سیستم‌های آنتن، لازم است که زمان اجرا، تلفات انتقال کانال و رانش پالس هر کانال را دقیقاً بدانیم. در دسترس بودن خدمات اندازه‌شناختی مربوطه در کشورها نشان‌دهنده یک مزیت رقابتی در بازاری است که در حال حاضر هنوز تحت تسلط چند کشور محدود است. اندازه‌گیری‌های

7 - quadrature amplitude modulation

8 - multiple input multiple output

EVM با استفاده از اسیلوسکوپ‌های زمان واقعی دیجیتال، کالیبراسیون تحلیلگرهای سیگنال برداری، اندازه‌گیری مشخصه‌های مدولاسیون نوری تبدیل‌شده الکتریکی و اولین فعالیت‌ها بر روی خصوصیات «آنتن‌های هوشمند» انجام می‌شود.

مؤسسات اندازه‌شناسی کشورهای پیشرفته مدت‌هاست که تلاش بسیاری در این زمینه بخصوص در «آزمایشگاه فناوری ارتباطات» و نیز در برنامه تحقیقاتی «mmWave، 5G » انجام می‌دهند. این فعالیت‌ها حداقل ۲۰ سال طول خواهد کشید. این مراکز به طور گسترده در حال توسعه فعالیت‌های تحقیقاتی خود در این زمینه بوده به تازگی مرکز تحقیقات مشترک «آزمایشگاه‌های اندازه‌گیری و مدل‌سازی مایکروویو غیرخطی » را تاسیس کرده‌اند.

e اندازه‌شناسی برای شبیه‌سازی‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری مجازی

در چندین حوزه کاربردی اندازه‌شناسی، شبیه‌سازی‌ها و آزمایش‌های مجازی مدتی است که ایجاد شده‌اند. بطور مثال در اندازه‌شناسی مختصات، تعیین عدم قطعیت اندازه‌گیری مبتنی بر شبیه‌سازی برای موارد اندازه‌گیری خوش-تعریف توسط ISO ۴-۱۵۵۳۰ پوشش داده شده است. بطور مثال در مرکز اندازه‌شناسی آلمان برای «ماشین اندازه‌گیری مختصات مجازی (VCMM)»، یک برنامه نرم‌افزاری ارزیابی برای دستگاه‌های اندازه‌گیری مختصات و یک روش مرجع توسعه داده شده و شرکت‌های بزرگ تولیدی مانند Zeiss و Hexagon آن را در دستگاه اندازه‌گیری مختصات خود پیاده‌سازی کرده‌اند. همچنین به آزمایشگاه‌های کالیبراسیون تاییدصلاحیت شده آن کشور منتقل شده است. داده‌های اندازگیری به طور خودکار ارزیابی می‌شوند و عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری نیز تعیین می‌شوند. مراکز اندازه‌شناسی، مستقل از تولیدکنندگان و به عنوان یک مؤسسه قابل اعتماد در کشورها هنگام توسعه نرم‌افزار ارزیابی مبتنی بر شبیه‌سازی برای تعیین عدم‌قطعیت اندازه گیری، می‌تواند بر شرایط ایده‌آل برای توسعه بیشتر امکانات برنامه تکیه کند. هدف نهایی، انتقال روش مورد استفاده برای VCCM به تمام رده‌های مربوطه دستگاه اندازه‌گیری مرتبط با تولید است تا اظهارات معتبری در رابطه با عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری به‌دست‌آمده با دستگاه اندازه‌گیری و حسگرهای مورد استفاده در صنعت تولید مطابق با «نسل چهارم صنعت» ارائه شود. در این زمینه نیز، همکاری استراتژیک بین دپارتمان « اندازه گیری مختصات» و بخش «مدل سازی ریاضی و تجزیه و تحلیل داده‌ها» به منظور پیشبرد توسعه روش‌های عمومی برای ارزیابی مبتنی بر شبیه‌سازی داده‌های اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود.

در حوزه روش‌های اجرایی اندازه‌گیری اپتیکی، مراکز اندازه‌شناسی پیش‌شرط‌هایی برای توسعه ابزار شبیه‌سازی اپتیکی از وسیله‌های اندازه‌گیری دارند. این پیش‌شرط‌ها موقعیت رهبری این مراکز را در کشورها در فن‌آوری‌های اپتیکی و وسیله‌های شبیه‌سازی که در پروژه‌های بسیاری استفاده می‌شوند، نشان می‌دهد. راه‌اندازی ماژولار و دردسترس بودن منابع نرم‌افزاری امکان استفاده گسترده از وسایل برای آزمایش‌های مجازی را فراهم می‌کند. روش‌های اجرایی اندازه‌گیری مشخص باید برمبنای شبیه‌سازی درست فیزیکی دسته‌بندی شود. «اینترفرومتر موجی» از شبیه‌سازی مسیر پرتو برای تعیین انحراف جسم تحت آزمون از یک الگوی طراحی دیجیتالی استفاده می‌کند. بدین وسیله، نتیجه اندازه‌گیری مجازی به‌دست‌آمده با استفاده از شبیه‌سازی با نتیجه واقعی مقایسه می‌شود تا ساختار سطح واقعی جسم مورد آزمون از این انحرافات به دست آید. یکی از بزرگترین چالش‌های چنین آزمایش‌هایی اطمینان از قابلیت‌ردیابی به یکاهای SI است. با توجه به پیچیدگی تنظیمات فیزیکی و روش‌های اجرایی شبیه‌سازی مورد استفاده، نیاز قابل توجهی به تحقیق در این زمینه وجود دارد. الگوریتم ها همچنین به طور فزاینده‌ای برای به دست آوردن و بهره‌برداری از داده‌های بدست آمده

از اتصال یکپارچه سیستم‌های اندازه‌گیری خودکار کنترل و پایش کیفیت محصول، به عنوان مثال در یکپارچه‌سازی روش‌های ساخت محصول با هدف افزایش کارایی و حفظ رقابت‌پذیری ، استفاده می‌شوند. این منجر به وظایف جدیدی برای قابلیت‌دردیابی و تأثیرات عدم‌قطعیت سیستم‌های اندازه‌گیری متصل یکپارچه، از جمله موارد دیگر با توسعه استانداردهایی برای استفاده در اندازه‌گیری و کنترل برنامه‌گرا می‌شود. به‌ویژه روش‌های اجرایی تولید به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان مکمل روش‌های تثبیت‌شده در محیط صنعتی - برای مثال به منظور افزایش کارایی، استفاده می‌شوند. با توجه به مشخصه‌های ساخت لایه‌مانند، چنین روش‌های اجرایی آزادی عمل خوبی را برای آزادی بیشتر در طراحی و بهینه‌سازی بر اساس معیارهای مختلف ارائه می‌دهند. درخواست روزافزون برای سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند که - در صورت تجهیز به نرم‌افزار لازم - نتایج را به‌طور خودکار و تا حدی مستقل تولید می‌کنند و می‌توانند با حسگرهای دیگر تعامل داشته باشند. نیاز به درستی و قابلیت اطمینان نتایج اندازه‌گیری منجر به افزایش تعداد دستگاه‌های اندازه‌گیری می‌شود که باید با رابط‌های دیجیتال و نرم‌افزار ارزیابی یکپارچه کالیبره شوند(به عنوان مثال در کاربردهای آکوستیک و دینامیک). تجهیزات اندازه‌گیری و روش‌های اجرایی اندازه‌گیری موجود در مؤسسات اندازه‌شناسی تا به امروز، معمولاً برای آزمایش دستگاه‌های اندازه‌گیری که مقدار مشخص‌شده قبلاً در آنها پردازش شده، مجهز نیستند. این مراکز را با چالش های جدیدی مواجه می کند، به ویژه زمانی که نه الگوریتم های ارزیابی، و نه داده‌های خام آنالوگ را نمی‌توان مستقیما بازیابی کرد. در اینجا، هم قابلیت‌های اندازه‌گیری جدید و هم رویکردهای جدید ارزیابی انطباق ضروری می‌شوند.

e زیرساخت فن‌آورانه

مجموعه‌های جدیدی از وظایف برای مؤسسات اندازه‌شناسی برای پیش‌فرض عمده تغییر در زیرساخت فناوری اطلاعات شناسایی شده است. به عنوان مثال، ایجاد برنامه‌ریزی شده «ابر اندازه‌شناسی» نیازمند سیستم‌های سرور موثر با امنیت بالا فناوری اطلاعات و نگهداری مستمر به منظور حفظ اطمینان موجود در مراکز اندازه‌شناسی به عنوان «هسته قابل اعتماد» است. همچنین برای مفهوم گواهینامه دیجیتال کالیبراسیون و رابط‌های دیجیتالی داده‌های مرجع در این مراکز صادق است.

به منظور راه اندازی یک سیستم بایگانی الکترونیکی اسناد، مطابق با تحول دیجیتال، مراکز اندازه‌شناسی در حال حاضر آماده معرفی یک سیستم فایل الکترونیکی هستند. مدیریت اسناد برنامه‌ریزی شده یک مدیریت مرکزی و مبتنی بر سرور اسناد داخلی در دسترس که شامل کار مشترک، امضای دیجیتال، کنترل دسترسی و روش‌های بایگانی می‌شود را فراهم می‌کند. برای این منظور، گردش کار برای کلیه فرآیندهای تجاری مبتنی بر اسناد داخلی توسط یک کارگروه سازمانی بین رشته ای با سیستم فایلینگ تطبیق داده شده است.. مفاهیم برنامه‌ریزی شده گواهی کالیبراسیون دیجیتال و رابط‌های دیجیتال مشتری باید برای ساختار فرآیند مورد نیاز برای اطمینان از سازگاری سیستم‌ها در نظر گرفته شود.

تحلیل مقادیر زیادی از داده‌ها و پرداختن به مسائل ریاضی و آماری با ابعاد بالا نیازمند یک سرویس فناوری اطلاعات کافی برای فرآیندهای محاسباتی فشرده است. در این زمینه، لازم است بتوانیم راه‌حل‌های محاسباتی با کارایی بالا (HPC) موجود در بخش‌های محاسبات موازی، فضای ذخیره‌سازی مقیاس‌پذیر با دسترسی بالا و خدمات فناوری اطلاعات ویژه ارائه کنیم. اگر این فناوری‌ها به طور پایدار توسعه یابند، این امر می‌تواند برای خدمات تخصصی با توسعه طرح‌های ارزش‌گذاری داخلی محقق شود. در حال حاضر در کشورهای پیشرفته گستره داخلی از خدمات فناوری اطلاعات برای ذخیره سازی مبتنی بر ابر و بایگانی داده های تحقیقاتی در دسترس عموم وجود دارد. این خدمات بر اساس یک طرح ارزش‌گذاری داخلی است. با

این حال، تجربه نشان داده است که پیش‌نیاز استفاده از این خدمات، دسترسی آسان و داشتن نسبت خوب هزینه/فایده است. این را می توان به عنوان مثال با ایجاد قابلیت‌هایی در توسعه نرم افزار به منظور متمرکز کردن کار انجام شده برای توسعه رابط‌ها به داده‌ها، پایگاه‌های داده و محاسبات موازی، و استانداردسازی کتابخانه‌های نرم افزار برای کارهای مقطعی علمی محقق کرد. علاوه بر عملکرد سیستم‌های محاسباتی و ظرفیت ذخیره‌سازی آنها، یک مفهوم مدیریت داده‌های تحقیقاتی پایدار و یکنواخت به عنوان «شرط تحقیقات عالی» در نظر گرفته می‌شود. اولین الزامات شناسایی شده این است که خدمات متمرکز فناوری اطلاعات باید در دسترس باشد تا از امنیت داده‌های تحقیقاتی در بلندمدت اطمینان حاصل شود. علاوه بر این باید دسترسی انعطاف‌پذیر (برای افراد یا گروهی از افراد) به داده‌ها اعطا شود و رابط‌هایی برای دسترسی خارجی به داده‌های مناسب فعال شوند.

یکی از اهداف چنین طرح‌هایی، مستندسازی داده‌ها و قابلیت یافتن آنهاست. یکی از پیش نیازهای ضروری برای این امر، داشتن ساختارهای ابرداده هماهنگ و استانداردهای داده است. در سطح ملی تعریف یک الگوی یکپارچه برای داده‌های اداری عمومی، اولین گام در این مسیر می‌باشد. توسعه روش‌های اجرایی خودکار به منظور تولید «ابرداده غنی» -به عنوان مثال بر مبنای فرآیندهای خوش‌تعریف تولید داده- تا حدی امکان‌پذیر است. با اینحال این امر معمولا وظیفه‌ای ادامه دار برای«کارکنان با صلاحیت بالا که دارای مهارت‌های فنی و فناوری اطلاعات هستند» می‌شود تا کاربردپذیری مجموعه داده‌های موجود در یک حافظه را تضمین کنند. این معیارها تنها از طریق ذخیره داده‌های ساماندهی نشده توسط محققان، که پایین آمدن پتانسیل تولید ارزش در چرخه حیات داده را در پی دارد، برآورده نمی‌شود.

« در بستر افزایش داده در علم، پردازش داده‌ها - به عنوان پیش نیاز برای استفاده مجدد بعدی از داده‌ها - به سرعت اهمیت پیدا می‌کند.»

منبع

PTB **“Metrology for the digitalization of the economy and society”** (2008)

اهمیت و پیامدهای تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی

چکیده

پیشرفت‌های فناوری و نوآوری‌های اخیر در توسعه حسگرها، اینترنت اشیا (IoT) و فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICT) برای رشد فراگیر صنعت، توسعه زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت و رشد اقتصادی کشورها مفید بوده است. تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی، فناوری‌های اندازه‌گیری کوانتومی و زیرساخت اطلاعات اندازه‌گیری باید برای مأموریت‌های انقلاب صنعتی چهارم، شهرهای هوشمند، کشورها و دولت‌های دیجیتال بسیار مهم باشد. مقاله حاضر پارادایم‌های ابر اندازه‌شناسی را در چشم‌اندازهایی برای ایجاد زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت ارایه می‌کند و بدین ترتیب سه رکن اصلی اندازه‌شناسی، تاییدصلاحیت و استانداردسازی را تقویت می‌کند. این مطالعه تجزیه و تحلیل SWOT انجام شده بر روی تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی برای توسعه و ایجاد یک ابر اندازه‌شناسی و زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت در کشور هند طی چند سال آینده را توصیف می‌کند.

۱ مقدمه

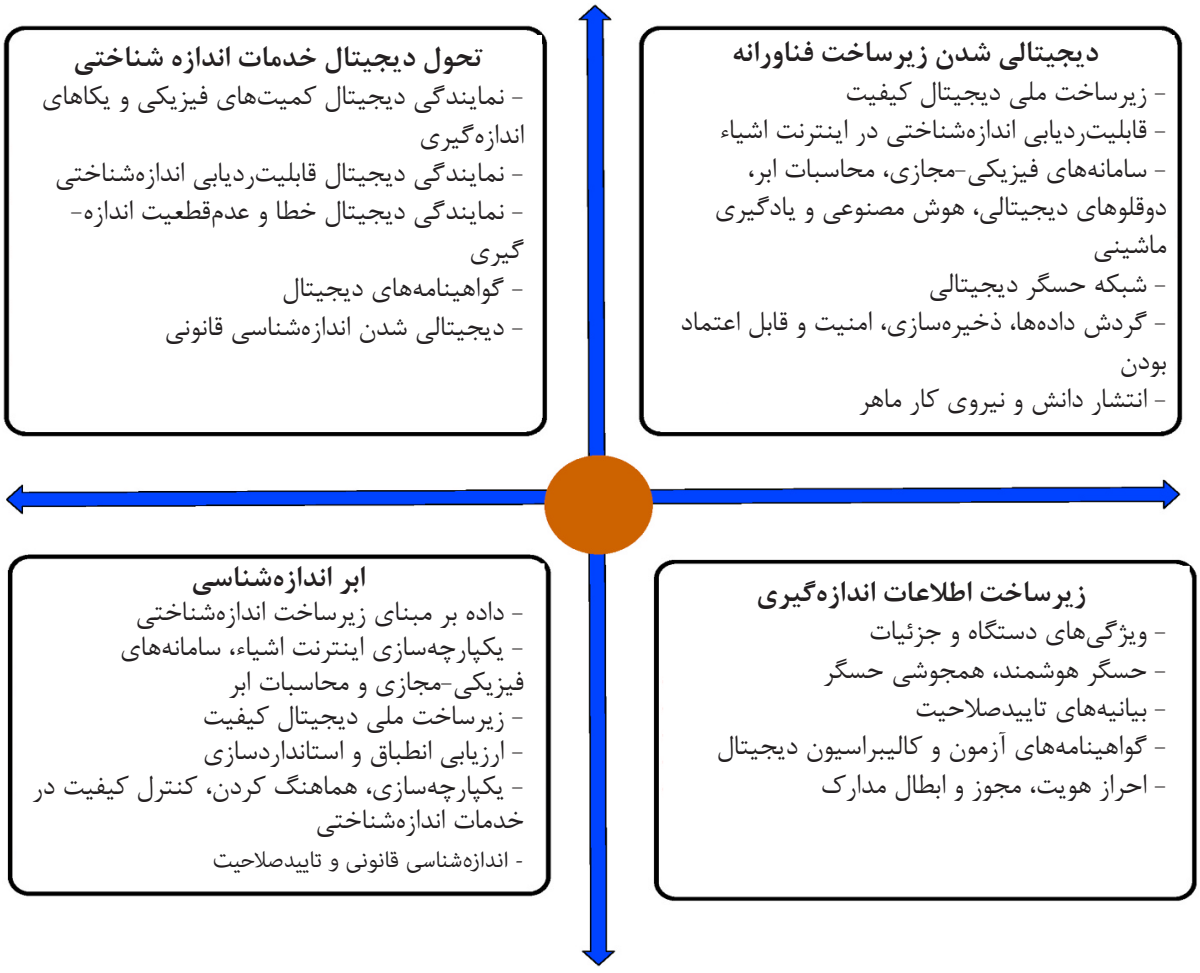
انقلاب صنعتی چهارم و توسعه حسگرهای هوشمند انقلابی در تحول دیجیتال زیرساخت‌ها و فرآیند تولید برای افزایش کیفیت و بهره‌وری محصول را ایجاد کرده است. حسگرها و ابزار دقیق، نیروی محرکه نوآوری هستند که منجر به کارخانه‌ها، تولید، جابجایی، خانه و شهر هوشمند می‌شوند. اهمیت حسگرها، روش‌شناسی اندازه‌گیری و اینترنت اشیاء نقش حیاتی در تکامل انقلاب صنعتی چهارم برای ایجاد پیوند بین دنیای مجازی و فیزیکی ایفا کرده است. اجرای موفقیت‌آمیز تحول دیجیتال مستلزم استفاده همزمان از فناوری‌هایی مانند سامانه‌های تعبیه شده، اینترنت اشیا، رایانش ابری و ذخیره‌سازی و امنیت داده‌ها است. ابر اندازه‌شناسی اروپایی پیش‌بینی‌شده برای فرآیند ارزیابی انطباق و نظارت بر بازار، نقشی کلیدی در تقویت مفهوم بازار واحد دیجیتال از دیدگاه اروپا ایفا خواهد کرد. بنابراین، تحول دیجیتال در خدمات اندازه‌شناختی برای دستیابی به استقرار زیرساخت دیجیتال کیفیت جهت تقویت رشد صنعتی، ارزیابی انطباق، استانداردسازی محصول، نوآوری و نظارت بر بازار بسیار ضروری است. دیجیتالی شدن بر زیرساخت کیفیت (اندازه‌شناسی، استانداردسازی و تاییدصلاحیت) و پشتیبانی از مفهوم بازار واحد دیجیتال تأثیر می‌گذارد. فن‌آوری‌های اندازه‌گیری کوانتومی باید اندازه‌گیری‌های دقیق را که به سیستم بین‌المللی یکاها (SI) برای کاربردهای مختلف ارجاع می‌دهد، تسهیل کند. برنامه مرکز اندازه‌شناسی آمریکا (NIST)بر روی تراشه NOAC بهترین مثال گویا از اندازه‌گیری دقیق از طریق حسگرهای قابل ردیاب کوانتومی ارائه می‌کند. اقتصاد مبتنی بر داده باید تحقیق و نوآوری در فناوری‌های مبتنی بر داده را که منجر به فرصت‌های تجاری بیشتر و افزایش در دسترس بودن دانش و سرمایه در سراسر اروپا می‌شود را تهییج کند. جدول ۱ تحلیل SWOT تحول دیجیتال را در چشم‌انداز هند نشان می‌دهد. مقاله حاضر بر اهمیت و پیامدهای تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی در هند متمرکز است. بدیهی است که تحول دیجیتال در زیرساخت اندازه‌شناختی و فناوری به همراه ایجاد نیروی انسانی ماهر و متخصص در زمینه‌های فنی و فناوری اطلاعات در سال‌های آینده برای ایجاد زیرساخت اطلاعات اندازه‌گیری ضروری و همچنین برای نسل چهارم صنعت و شهرهای هوشمند نقش محوری دارد.

جدول ۱- تحلیل SWOT تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی

نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت‌ها	تهدیدها
• برآورده کردن رقابت جهانی برای خدمات علمی و فنی و برای نسل چهارم صنعت • سنگ بنای توسعه اقتصاد و جامعه در عصر دیجیتال • باز شدن انعطاف‌پذیری‌های جدید با افزایش سرعت تبادل داده • تقویت ارکان اصلی اندازه شناسی، استانداردسازی، تایید صلاحیت، نظارت بر بازار و ارزیابی انطباق • برقراری ارتباط بین دنیای مجازی و فیزیکی • کمک به توسعه کارخانه ها، صنایع، تجهیزها و شهرهای هوشمند. به عنوان مثال، استراتژی اتحادیه اروپا در مورد بازار دیجیتال از طریق ابر اندازه‌شناسی • کاهش نیروی انسانی، زمان، انرژی و هزینه • ایجاد نوآوری ها و چالش های جدید در دانشگاه و فرصت های شغلی جدید	• مفهوم ابر اندازه‌شناسی نیازمند سیستم‌های سرور کارآمد با امنیت بالا و نگهداری مداوم است • نیروی انسانی مجرب با مهارت‌های فنی و فناوری اطلاعات • فناوری‌های اندازه‌گیری کوانتومی پرهزینه و بزرگ هستند و زیرساخت مورد نیاز است • نیاز زیرساختی بالا برای توسعه ابرداده قابل خواندن توسط ماشین و شبکه ارتباطی 5G • تحقیقات بین رشته‌ای شامل مدل‌سازی ریاضی و تجزیه و تحلیل داده‌های آماری مورد نیاز است. • چالش‌ها در ارتباطات دیجیتال، تعمیر، تشخیص و کالیبراسیون از راه دور است	• توسعه کانال ارتباطی با عملکرد بالا (5G) - هماهنگ‌سازی ارزیابی انطباق و نظارت بر بازار • پایش شرایط و سیستم تصمیم‌گیری خودآموز، شناسایی خودکار، تشخیص و تصحیح عیوب و خطاها در سیستم و نظارت آنلاین • نوآوری در استانداردسازی محصولات، فرآیندها و طبقه‌بندی سازمانی • تقویت همکاری بین کشورهای مختلف و توسعه پیشرفته زیرساخت‌های اندازه‌شناختی • هماهنگ‌سازی استانداردهای اندازه‌شناسی قانونی، ارزیابی انطباق استانداردهای محصول و خدمات مستند و نظارت بر بازار • یافتن راه‌های نوآورانه برای کاهش نیاز به مصنوعات فیزیکی در اندازه‌گیری‌های قابل‌ردیاب تا آنجا که ممکن است.	• فن‌آوری های معنایی برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده، ایجاد پیوند بین دنیای مجازی و فیزیکی ضروری است. • به مجموعه‌ای از طبقه بندی‌ها، دستورالعمل‌های های خدمات و سیستم امنیتی برای ارتباط و به اشتراک‌گذاری اطلاعات اندازه‌گیری نیاز دارد. • سیستم هوشمند خود پیکربندی در ارتباط با مجموعه دستورالعمل‌های ارتباطی و الزامات قابلیت-ردیابی اندازه شناختی • وابستگی بیشتر به روش های مدل‌سازی ریاضی و استخراج داده‌ها • افزایش پارادایم در ابعاد، ذخیره سازی بدون وقفه داده و خدمات ابری • ممکن است بین نوآوری فناورانه و چارچوب قانونی بحث وجود داشته باشد

۲ تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی

هر کشور دارای یک سیستم اندازه‌گیری ملی (NMS) متشکل از شبکه‌ای از آزمایشگاه‌ها، امکانات کالیبراسیون و استانداردها و نهادهای تاییدصلاحیت و استانداردسازی به عنوان بخشی از زیرساخت ملی کیفیت است. سیستم اندازه‌گیری ملی را می‌توان به عنوان زیرساخت فنی و سازمانی که تضمین کننده سازگاری جهانی شناخته شده برای اندازه‌گیری‌های قابل‌ردیاب به یکاهای SI است، توصیف کرد. موسسه ملی اندازه‌شناسی هند متولی استانداردهای اندازه‌گیری ملی در هند است. دپارتمان اندازه‌شناسی قانونی قوانین و مقررات را تدوین می‌کند و اندازه‌شناسی را برای تجارت و بازرگانی اجرا می‌کند، دفتر استانداردهای هند (BIS) معمولاً با استانداردهای اسنادی محصولات و خدمات سر و کار دارد، در حالی که نهاد تاییدصلاحیت، هیئت ملی تأیید صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون (NABL) به عنوان بخشی از شورای کیفیت هند (QCI) گواهینامه های تاییدصلاحیت را به آزمایشگاه های آزمون و کالیبراسیون در کشور اعطا می‌کند. به طور کلی، اندازه‌شناسی بسته به حوزه‌های مختلف به سه بخش اندازه‌شناسی علمی یا بنیادی، اندازه شناسی کاربردی، فنی یا صنعتی و اندازه‌شناسی قانونی طبقه‌بندی می‌شود. اندازه‌شناسی علمی به ایجاد یکاهای اندازه‌گیری، توسعه روش‌های جدید اندازه‌گیری، تحقق استانداردهای اندازه‌گیری و انتقال قابلیت‌ردیابی از این استانداردها به کاربران جامعه می‌پردازد. اندازه‌شناسی علمی مانند بازتعریف یکاهای SI بر حسب ثابت‌های فیزیکی نقش مهمی در تحقیقات و نوآوری ایفا می‌کند. اندازه‌شناسی کاربردی، فنی یا صنعتی به کاربرد اندازه‌گیری در تولید و سایر فرآیندها و استفاده از آنها در جامعه، حصول اطمینان از مناسب بودن ابزار اندازه‌گیری، کالیبراسیون و کنترل



شکل ۱- ویژگی‌های تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی

کیفیت آنها مربوط می‌شود. اندازه‌شناسی قانونی به حفظ یکنواختی و درستی اوزان و مقیاس‌ها، توزین و دستگاه‌های اندازه‌گیری می‌پردازد. برای رشد صنعتی و اقتصادی، اساساً اندازه‌گیری‌های قانونی لازم است. مطالعه اخیر برآورد کرده است که چهار تا شش درصد از تولید ناخالص داخلی کشورهای اروپایی، که معادل ۶۶۰ تا ۹۹۰ میلیارد یورو در سال است، عمدتاً به دلیل اندازه‌گیری‌های قانونی مرتبط به دست می‌آید. بنابراین، تلاش‌های هماهنگ موسسه ملی اندازه‌شناسی، اندازه شناسی قانونی، دفتر استانداردهای هند، و شورای کیفیت هند که اساساً برای استقرار زیرساخت دیجیتال کیفیت اندازه‌شناسی در هند که به تولید ناخالص داخلی کمک می‌کند، مورد نیاز است. اندازه‌شناسی دیجیتال درک ما را از اندازه‌گیری فراتر برده و به توسعه، تفسیر و اعمال نتایج اندازه‌گیری در موقعیت معین شما کمک می‌کند. پیوند مجازی به آزمایشگاه‌های مختلف کالیبراسیون یا آزمایشگاه‌های آزمون نیازمند تحول دیجیتال است. در چنین تحولی کالیبراسیون را می‌توان به صورت آنلاین یا از راه دور با استفاده از انتقال داده علیرغم اینکه ابزار و داده می‌تواند از آزمایشگاه‌های کالیبراسیون یا آزمون به مکان‌های مشتری به صورت الکترونیکی منتقل شوند انجام داد. شکل ۱ ویژگی‌های مختلفی را در دیجیتالی شدن و تحول اندازه‌شناسی نشان می‌دهد.

۲-۱ چارچوب دیجیتالی SI

کمیته بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها (CIPM) یک گروه کاری را در SI دیجیتال توسعه داده است. اصطلاحات مرجع برای گروه کاری به شرح ذیل طرح‌ریزی شده است:

- برای توسعه و ایجاد یک الگوی یکپارچه، غیرمبهم و امن تبادل اطلاعات برای استفاده در شبکه‌های اینترنت اشیاء بر اساس سیستم بین المللی یکاها (SI) که در بروشور SI فعلی توضیح داده شده است،
- برای هماهنگی این تلاش با همه ذینفعان مربوطه با جستجو و/یا ایجاد روابط مناسب.
- پیشنهاد اقدامات مناسب در جهت تهیه بروشور SI قابل خواندن توسط ماشین.

این ابتکار برای ایجاد چارچوبی است که اصول FAIR[1] را رعایت کند، که در آن الزامات مدیریت داده با نام اختصاری FAIR Data خلاصه می‌شود: داده‌ها باید قابل یافتن، در دسترس، قابل همکاری و قابل استفاده مجدد باشند. در این چارچوب تمام جنبه‌های سیستم‌های بین‌المللی اندازه‌گیری مانند نتایج اندازه‌گیری، عدم‌قطعیت‌ها، قابلیت‌ردیابی و منابع به صورت دیجیتالی قابل دسترس و تفسیر باشد و امکان ارتباط ماشین به ماشین و تحلیل را فراهم می‌کند.

۲-۲ زیرساخت اطلاعات اندازه‌گیری (MII)

با توجه به تحول دیجیتال، فرآیندهای ساخت و تولید به سرعت در حال تغییر هستند. اخیراً سیستم جدید زیرساخت کیفیت (QI) با سازگاری با چالش‌های جدید تأسیس شده است. برای رویارویی با این چالش‌ها، تحول دیجیتال در تمامی فرآیندهای تضمین کیفیت، مانند الزامات ارزیابی انطباق، تاییدصلاحیت، گواهینامه و نظارت بر بازار باید به صورت دیجیتالی به شبکه متصل شده و با هم عمل کنند. زیرساخت اطلاعات اندازه‌گیری به این صورت تعریف می‌شود: «مجموعه استانداردهای اجباری که به طور واضح ساختارهای داده، طبقه‌بندی، دستورالعمل‌های خدمات و امنیت را برای مکان‌یابی، برقراری ارتباط و اشتراک گذاری اطلاعات اندازه‌گیری تعریف می‌کند.» سه وسیله نقلیه اولیه که اطلاعات اندازه‌گیری را بین موجودیت‌های ویژگی‌های دستگاه، بیانیه‌های تاییدصلاحیت و گواهینامه‌های آزمون و کالیبراسیون هدایت می‌کند. توسعه یک زیرساخت اطلاعات اندازه‌گیری و اندازه‌شناسی دیجیتال، به طور کلی، منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌های زیادی در زیرساخت‌های ملی کیفیت می‌شود، که به نوبه خود تعادل هزینه-ریسک را بهبود می‌بخشد.

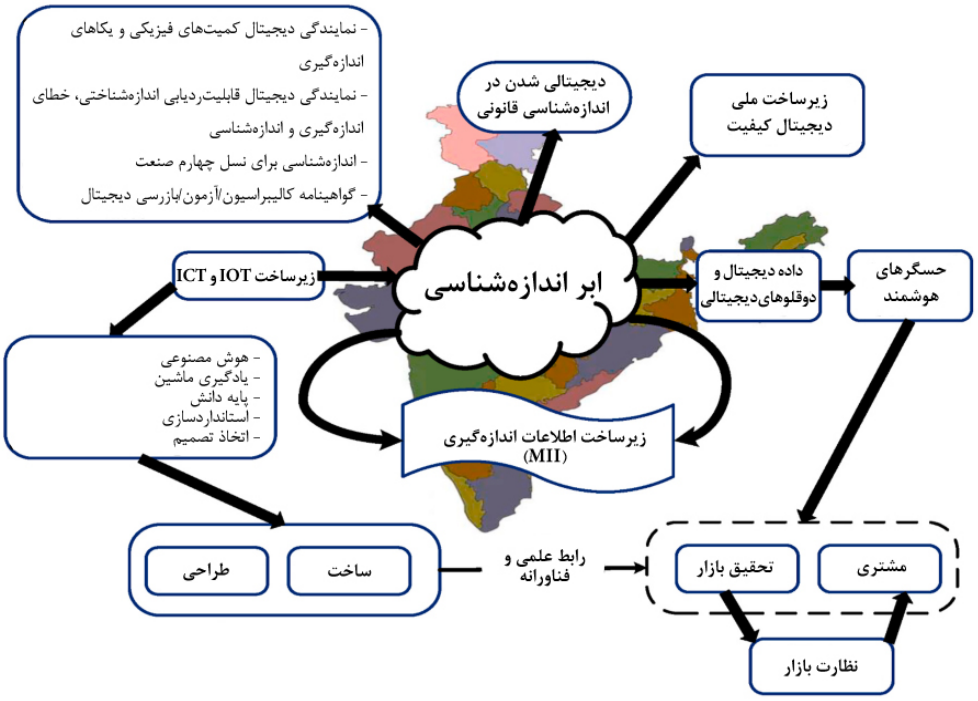
1 - Findable, Accessible, Interoperable and Re-useable

۲-۳ ابر اندازه‌شناسی و زیرساخت دیجیتال کیفیت

موسسه ملی اندازه‌شناسی آلمان (PTB) اخیراً برنامه‌ای را در رابطه با توسعه زیرساخت‌های دیجیتال کیفیت اروپا آغاز کرده است. مفهوم ابر اندازه‌شناسی اروپا به عنوان یک بستر هسته اندازه‌شناختی در هر کشور عضو استفاده شده، که برای پشتیبانی فرآیندهای قانونی با پیوستن به زیرساخت‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی موجود طراحی شده است. هدف اولیه آن تقویت موقعیت اروپا در نوآوری مبتنی بر داده، افزایش رقابت‌پذیری و انسجام و کمک به ایجاد بازار واحد دیجیتال است. این تلاش‌ها همچنین باید بر یک زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت برای حمایت از تولیدکنندگان و صنایع و همه ذینفعان متمرکز شود. از این منظر نقش موسسه ملی اندازه‌شناسی در ایجاد و توسعه مفهوم ابر اندازه‌شناسی برجسته بوده و با هماهنگی نزدیک با همه ذینفعان برای ایجاد زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت همکاری می‌شود. چنین تحولی نیاز به پیاده‌سازی اینترنت اشیا براساس چارچوب دیجیتال، رایانش ابری[2]، داده‌های بزرگ و دوقلوهای دیجیتال همانطور که در شکل ۲ پیشنهاد شده است دارد. بازار واحد دیجیتال می‌تواند با بهره‌گیری از خدمات رایانش ابری، مزایای اقتصادی به همراه داشته باشد. بنابراین، ایجاد چنین چارچوب پیشرفته مبتنی بر فناوری اطلاعات زیرساخت دیجیتال کیفیت برای ارائه یک چارچوب قانونی جهت حفاظت از منافع شهروندان یک کشور مفید خواهد بود.

۳ مزایا و پیامدهای تحول دیجیتال

همه‌گیری COVID-۱۹ سرعت تحول دیجیتال را به سمت جهانی شدن تسریع کرده است. مزایا و پیامدهای مختلفی از تحول دیجیتال در هر زمینه‌ای وجود دارد. چندین بستر و شبکه کاربران در حال تسهیل ارتباط آنلاین با یکدیگر در قالب‌های مختلف هستند. مفهوم دوقلوهای دیجیتال نقشی حیاتی در چنین موسساتی دارد. دوقلوهای دیجیتال یک مدل مجازی قابل اجرایی از یک شئی یا سیستم فیزیکی است. ملاحظات حیاتی مربوط به دوقلوی دیجیتالی یک موضوع شامل مدل، مجموعه‌ای از داده‌های مربوط و ابزاری که بصورت دینامیکی مدل را مطابق داده به‌روزرسانی یا تنظیم



شکل ۲- پارادایم‌های پیشنهادی ابر اندازه‌شناسی و زیرساخت دیجیتال کیفیت در هند

2 - cloud computing

می‌کند، است. به طور کلی، مدل برای یک دوقلو دیجیتال باید به‌روزرسانی پارامترها را بر اساس داده‌های اندازه‌گیری تسهیل کند و باید در به‌روزرسانی مقادیر پارامتر برای تصمیم‌گیری سریعتر باشد. ایجاد یک مدل دوقلو دیجیتال در توسعه استانداردهای اندازه‌گیری با بالاترین سطوح درستی و دقت باید کاربردی باشد.

۴ نتیجه‌گیری و راه پیش رو

این مقاله جنبه‌های مختلف مربوط به تحول دیجیتال در اندازه‌شناسی که باید در ایجاد یک ابر اندازه‌شناسی و زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت که رشد اقتصادی و صنعتی، نوآوری و استانداردسازی محصول، نظارت بر بازار، ارزیابی انطباق، اندازه‌شناسی قانونی را تقویت می‌کند، برجسته کرده است. درنتیجه این ابتکارات حمایت گسترده‌ای را به همراه خواهد داشت و حرکت به سمت نسل چهارم صنعت، شهرهای هوشمند، دولت و کشور دیجیتال را هموار خواهد کرد. توسعه فن‌آوری پیشرفته و سیستم‌های فیزیکی-مجازی به هم پیوسته باید به کارخانه‌ها، صنایع، وسایل نقلیه، خانه‌ها و شهرهای هوشمند منجر شود. با شیوع همه‌گیری کووید ۱۹ در سال‌های گذشته که سراسر جهان را فراگرفت، اهمیت و اجتناب‌ناپذیری دیجیتالی‌شدن به وضوح قابل مشاهده و آشکار است. ظهور 5G، قابلیت اطمینان و امنیت داده که مورد نیاز نسل چهارم صنعت است را مرتفع می‌کند بنابراین استقرار آن برای هر اقتصادی ضروری است. درنتیجه در زمینه اندازه‌شناسی، مفهوم ابر اندازه‌شناسی و توسعه زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت باید به عنوان ستون‌هایی محکم برای ایجاد یک زیرساخت ملی دیجیتال کیفیت قابل اعتماد عمل کرده و اندازه شناسی، استانداردسازی و تاییدصلاحیت را تقویت کند.

منبع

“Significance and implications of digital transformation in metrology in India ” Measurement: Sensors 18 (2021)

رویکردی بر نمایش دیجیتالی عدم‌قطعیت در اندازه‌گیری و اصلاح راهنمای GUM

محسن مرادی حاجی جفان
(کارشناس استاندارد، اداره کل استاندارد مازندران)

چکیده

تحول دیجیتالی موفقیت‌آمیز زیرساخت‌های کیفیت اندازه‌گیری باید اطلاعات مربوط به قابلیت‌ردیابی اندازه‌شناختی نتایج اندازه‌گیری را جمع‌آوری کرده و به اشتراک بگذارد. بنابراین نمایش مناسب عدم‌قطعیت اندازه‌گیری، که سنگ بنای قابلیت‌ردیابی است، حیاتی می‌باشد. گزارش عدم‌قطعیت سنتی و یا مرسوم، دیگر ایده آل نیست و سؤالاتی را در مورد اینکه در سیستم‌های دیجیتال جدید چه باید کرد، ایجاد می‌کند. هدف این مقاله ارائه یک سری الزامات گزارشی برای بیان نوین عدم‌قطعیت در اندازه‌گیری در عصر دیجیتال است. در این تحقیق تفاوت‌های واضح بین عدم‌قطعیت‌های استاندارد و گسترده از منظر نیاز کاربران به اطلاعات، ارائه می‌گردد. نتیجه حاصل یافته این است که عدم‌قطعیت‌های استاندارد خیلی پایه‌ای‌تر از عدم‌قطعیت‌های گسترده هستند و باید برای اطمینان از انتقال دقیق اطلاعات در مورد قابلیت‌ردیابی گزارش شوند. همچنین پیشنهاد می‌گردد که اطلاعات مربوط به مولفه‌های عدم‌قطعیت استاندارد در طول یک زنجیره اندازه‌گیری با نگاه سیستماتیک و هوشمند سازی آنها در عصر دیجیتال منتشر شود. این یافته‌ها با توصیه‌های راهنمای بیان عدم‌قطعیت در اندازه‌گیری مطابقت دارد.

۱ مقدمه

می‌دانیم که جامعه اندازه‌شناسی در مورد مسائل مربوط به عدم قطعیت، همیشه به راهنمای بیان عدم‌قطعیت در اندازه‌گیری (GUM) روی می‌آورد [۱]. راهنمای GUM در ترویج الگوی‌های گزارش‌دهی یکسان برای نتایج اندازه‌گیری، در زیرساخت‌های ملی کیفیت (NQI) تأثیرگذار بوده است. روش آن به طور گسترده‌ای در آزمایشگاه‌ها و سازمان‌ها در سراسر جهان از اوایل دهه ۱۹۹۰ پذیرفته شده است، اما این با هدف به اشتراک‌گذاری سوابق کاغذی انجام شده است. اکنون، در حالی که NQI ها برای دیجیتالی کردن فعالیت‌های خود آماده می‌شوند، به زودی به اشتراک گذاری سوابق دیجیتال ضروری خواهد بود، بنابراین اصول بیان شده در GUM باید با رویکرد پیاده‌سازی دیجیتال، به دقت مورد بازنگری قرار گیرند. فناوری‌های دیجیتال ممکن است فرصت‌هایی برای بهبود ایجاد کنند، بنابراین مهم است که صرفاً به رویه فعلی پرداخته نشود. در این مقاله، استدلالی نشان داده خواهد شد که نمایش عدم‌قطعیت اندازه‌گیری در سوابق دیجیتال نباید از رویه فعلی پیروی کند.

راهنمای GUM بین عدم‌قطعیت «استاندارد» و عدم‌قطعیت «گسترده» تمایز قائل می‌شود، اما روش ساده‌ای را برای تبدیل از یکی به دیگری ارائه می‌کند و باعث می‌شود که ماهیت یکسانی به نظر برسند. در واقع، آنها کاملاً از همدیگر متفاوت هستند. عدم‌قطعیت گسترده برای بیان یک استنتاج آماری در مورد مقدار کمیت مورد نظر استفاده می‌شود. در مقابل، عدم قطعیت‌های استاندارد، تنوع فرآیندها را توصیف می‌کنند - آنها آمار توصیفی هستند که برای مدل‌سازی فرآیندهای اندازه‌گیری استفاده می‌شوند. در حالی که عدم‌قطعیت‌های گسترده اغلب به تصمیم‌گیری در نقاط پایانی زنجیره‌های اندازه‌گیری کمک می‌کند، عدم‌قطعیت‌های استاندارد برای ایجاد یک مدل دقیق از یک زنجیره اندازه‌گیری کامل مورد نیاز است.

اگرچه عدم‌قطعیت‌های استاندارد توسط بسیاری از کاربران مورد نیاز است، گزارش عدم‌قطعیت‌های گسترده در طول زنجیره‌ای از اندازه‌گیری‌ها و کالیبراسیون‌ها به یک روش رایجی تبدیل شده است. اگرچه GUM تشخیص می‌دهد که برخی حالت‌ها مستلزم عدم‌قطعیت گسترده است، بیان می‌کند که عدم‌قطعیت استاندارد می‌تواند به طور جهانی مورد استفاده قرار گیرد [۱]. علاوه بر این، برای هر توصیف

دقیقی از عدم‌قطعیت، GUM توصیه می‌کند تا حد امکان اطلاعات را گزارش کنید، از جمله مجموعه‌ای از مؤلفه‌های عدم‌قطعیت که مربوط به عوامل خارجی مؤثر بر اندازه‌گیری در عصر دیجیتال است [۱].

این مقاله بصورت مختصر به شرح زیر سازماندهی شده است. در بخش ۲، نیاز اساسی برای اطلاعات در مورد عدم‌قطعیت در طول یک زنجیره‌ردیابی را مورد بحث قرار داده و توضیح داده می‌شود که به جای عدم‌قطعیت‌های گسترده، به عدم‌قطعیت‌های استاندارد نیاز است. سپس، در بخش ۳، توضیح داده می‌شود که گزارش مولفه‌های عدم‌قطعیت در طول زنجیره‌ای از اندازه‌گیری‌ها می‌تواند کیفیت نتایج نهایی را به طور قابل توجهی بهبود بخشد. با فراتر رفتن از رویه فعلی، سیستم‌های دیجیتال می‌توانند با GUM سازگارتر شوند. تمایز بین عدم‌قطعیت گسترده و استاندارد در بخش ۴ با نشان دادن انواع گزینه‌های موجود هنگام اندازه‌گیری کمیت‌های پیچیده بیشتر بررسی می‌شود. این نکات در بخش ۵ بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت و در بخش ۶ نتیجه‌گیری کلی ارائه خواهد شد. توصیه قوی ما این است که عدم‌قطعیت استاندارد در طول یک زنجیره‌ردیابی گزارش شود و تا جایی که ممکن است، اجزای عدم‌قطعیت باید ارائه شوند.

۲ زنجیره قابلیت‌ردیابی

این اندازه‌گیری است که اطلاعات کمی در مورد دنیای پیرامون ما را تولید می‌کنند. این اطلاعات برای یک «کاربر نهایی»، در انتهای یک زنجیره اندازه‌گیری، جالب است، که احتمالاً از آن برای اطلاع رسانی تصمیمات مربوط به یک هدف خاص استفاده می‌کند. برای افرادی که در یک NQI کار می‌کنند، نیازهای کاربر نهایی معمولاً مشخص نیست. با این حال، نقش NQI در انجام مراحل کالیبراسیون و اندازه‌گیری میانی در طول یک زنجیره‌ردیابی، برای حمایت از نیازهای کاربر نهایی حیاتی است.

افرادی که در حیطه اندازه‌شناسی فعالیت می‌کنند به خوبی می‌دانند که هیچ مقدار اندازه‌گیری شده دقیقاً برابر با کمیتی نیست که قرار است اندازه‌گیری شود و همیشه مقداری خطای باقیمانده وجود خواهد داشت. وقتی این افراد به عدم‌قطعیت اشاره می‌کنند، معمولاً در مورد بزرگی احتمالی این خطای غیرقابل پیش‌بینی و ناشناخته صحبت می‌کنند. با این حال، ریسک‌هایی را برای کاربر نهایی به همراه دارد که در واقع مهم است یعنی کاربر نهایی از دستیابی به هدف خود مطمئن نخواهد بود، زیرا نتایج اندازه‌گیری فقط اطلاعات تقریبی است. بنابراین، کاربران نهایی به طور طبیعی عدم‌قطعیت را از نظر قابلیت اطمینان استنباط بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده در نظر می‌گیرند. در GUM، عدم‌قطعیت «گسترده» با تشکیل چنین استنتاج‌هایی همراه است، در حالی که عدم قطعیت «استاندارد» با تصور متخصصین اندازه‌شناسی از عوامل غیرقابل پیش‌بینی در فرآیندهای اندازه‌گیری مرتبط است.

راهنمای GUM از مدل‌های ریاضی برای توصیف فرآیندهای اندازه‌گیری استفاده می‌کند و یک رویکرد کلی برای فرمول‌بندی چنین مدل‌هایی و تجزیه و تحلیل آنها برای ارزیابی عدم‌قطعیت به کار می‌برد. عوامل موثری که تحت کنترل دقیق تجربی نیستند، با عدم قطعیت‌های استاندارد، مقادیر پارامتری را برای توزیع‌های احتمال مرتبط با این عوامل ارائه می‌کنند. مهمتر از همه، عوامل تأثیرگذار یک تفسیر عینی دارند که آنها باعث تغییرپذیری واقعی می‌شوند. از این رو، اگر اندازه‌شناس‌ها بخواهند اندازه‌گیری را به درستی درک کنند، استدلال فیزیکی باید برای توصیف عوامل تأثیرگذار اعمال شود.

به طور یک فرضیه ساده، GUM فقط به ترتیب مراحل اندازه‌گیری مورد نیاز برای ارائه قابلیت‌ردیابی اشاره کوتاهی می‌کند. به طور معمول، این موارد حداقل شامل موارد زیر است: فراهم‌آوری اولیه یکاهای SI، کالیبراسیون استانداردهای انتقالی مورد استفاده در این یکاها، کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری کاربر نهایی با استفاده از آن استانداردهای انتقال، و سپس، در نهایت، اندازه‌گیری مقدار مورد نظر. برای ایجاد قابلیت‌ردیابی

-چون کاربر نهایی به یک رابطه کمی معنادار بین یک مقدار اندازه گیری شده و یکاهایی که در آنها بیان می‌شود نیاز دارد- اطلاعات باید از یک مرحله به مرحله بعدی در طول زنجیره منتقل شود. این درحالی است که GUM نحوه انجام این کار را الزامی نمی‌کند. به طور قاطع، روش فعلی، مراحل مختلف یک زنجیره‌ردیابی را به عنوان اندازه‌گیری‌های مستقل در نظر می‌گیرد و یک مقدار اندازه‌گیری شده را با عدم‌قطعیت گسترده در هر مرحله گزارش می‌کند. این چند مشکل ایجاد می‌کند. اولا، گزارش عدم‌قطعیت گسترده قصد استنتاج یک مقدار کمیت را نشان می‌دهد. در عوض، عدم‌قطعیت گسترده باید دوباره به عدم‌قطعیت استاندارد تبدیل شود و به عنوان داده ورودی به مرحله بعدی ارائه شود. ثانیاً، مدل‌سازی مستقل هر مرحله، تأثیر هر عاملی را که بر چندین مرحله در زنجیره تأثیر می‌گذارد، نادرست نشان می‌دهد. عوامل مشترک باعث ایجاد همبستگی‌هایی می‌شوند که باید در محاسبات عدم‌قطعیت نهایی در نظر گرفته شوند. فرصت هایی برای ارائه اطلاعات دقیق‌تر وجود دارد که در بخش زیر مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳ مدل‌سازی دقیق‌تر

راهنمای GUM مدلی برای اندازه‌گیری در قالب یک معادله صریح بصورت زیر ارائه می‌دهد.

$$Y = f(X_1, X_2, \ldots, X_N) \qquad (۱)$$

که در آن همه مولفه‌های X را می‌توان به عنوان کمیت‌ها در نظر گرفت [۱]. راهنمای GUM تشخیص می‌دهد که مولفه‌های ورودی در رابطه ۱ ممکن است به کمیت‌های دیگر بستگی داشته باشد که منجر به یک رابطه عملکردی پیچیده می‌شود [۱].

تابع f همانطور که در این راهنما نشان داده می‌شود باید در این زمینه گسترده‌تر تفسیر شود، به ویژه به عنوان تابعی که حاوی هر کمیتی، از جمله تمام تصحیحات و عامل‌های تصحیح است که می‌تواند جزء مهمی از عدم‌قطعیت در نتیجه اندازه‌گیری نقش داشته باشد.

ما اخیراً این تفسیر را وسیع‌تر از رابطه ۱ در نظر گرفتیم و نشان دادیم که کاربران نهایی در صورت ارائه اطلاعات بیشتر در طول یک زنجیره‌ردیابی سود خواهند برد[۲] . مدل‌سازی باید با تحقق یکاهای SI شروع شود و از طریق هر تعدادی از مراحل، تا تعیین نهایی یک اندازه‌گیری ادامه یابد. مدل اندازه‌گیری کامل از مدل‌های فرعی منتسب به مراحل مختلف تشکیل شده است. به عنوان مثال، اندازه‌گیری که در آن چهار مرحله مجزا وجود دارد (با نمونه‌های f۱، f۲، f۳ و f۴) ممکن است بصورت زیر باشد:

$$Y = f_4(f_3(f_1(\ldots), f_2(\ldots), \ldots), \ldots) \qquad (۲)$$

محاسبه یک نتیجه نهایی با استفاده از یک تابع مدل ترکیبی مانند معادله ۲ به تقسیم‌بندی به مدل‌های فرعی بستگی ندارد. همچنین محاسبه مربوط به عدم‌قطعیت استاندارد نیز نباید انجام شود. راهنمای GUM این را به عنوان ویژگی ایده‌آل محاسبات عدم‌قطعیت شناسایی می‌کند که آن را «توافق داخلی» می‌نامد. برای اطمینان از توافق داخلی، مجموعه کامل «مولفه‌های عدم‌قطعیت» باید از طریق هر مدل فرعی در طول زنجیره پخش شود (برای جزئیات به مرجع [۲] مراجعه کنید). این مولفه‌ها منعکس کننده حساسیت مراحل در طول زنجیره به عوامل موثر خارجی هستند. در انتهای زنجیره، از مولفه‌های عدم‌قطعیت برای ارزیابی عدم‌قطعیت استاندارد مرکب نتیجه نهایی استفاده می‌شود.

۳-۱ در مورد کمیت‌های مختلط

تمایز بین عدم‌قطعیت استاندارد و گسترده به راحتی هنگام در نظر گرفتن اندازه‌گیری یک کمیت مختلط (دو متغیره) قابل مشاهده است.

یک کمیت مختلط را می‌توان با یک نقطه در صفحه مشترک آنها نشان داد که معمولاً با مختصات مستطیلی (واقعی و موهومی) یا قطبی (بزرگی و فاز) قرار دارد. برای استنباط در مورد مقدار واقعی (اندازه ده)، یک ناحیه عدم‌قطعیت حول مقدار اندازه گیری شده ساخته و سطح اطمینان نسبت داده می‌شود

که این ناحیه اندازه‌گیری را پوشش می‌دهد. اندازه ناحیه به u_{11}، عدم‌قطعیت استاندارد مرتبط با مولفه واقعی، و u_{22}، عدم‌قطعیت استاندارد مرتبط با مولفه موهومی بستگی دارد. ضریب همبستگی، r، بین مقادیر اندازه‌گیری شده مؤلفه‌های واقعی و موهومی نیز ممکن است دخیل باشد.

یکی از انتخاب‌های ناحیه عدم‌قطعیت، بیضی است که شکل آن به r، u_{11} و u_{22} بستگی دارد. به عنوان مثال، زمانی که $u_{22}\neq u_{11}$ و $r=0$ باشد، محورهای اصلی بیضی موازی با مختصات واقعی و موهومی هستند و زمانی که $u_{22}=u_{11}$ و $r=0$ باشد، بیضی تبدیل به یک دایره می‌شود. برای دستیابی به سطح اطمینان نامی (برای جزئیات بیشتر به مرجع [۴] مراجعه کنید)، مساحت بیضی با ضریب پوششی مقیاس‌بندی می‌شود.

$$k_{ell,p}^2(\nu) = \frac{2\nu}{\nu-1} F_{2,\nu-1}(p) \quad (۳)$$

و انتخاب دیگر از ناحیه عدم‌قطعیت، مستطیلی با اضلاع موازی با محورهای مختصات واقعی و موهومی است [۴]. اضلاع به u_{11} و u_{22} بستگی دارند و با ضریب پوششی مقیاس‌بندی می‌شوند

$$k_{rec,p} = t_\nu(\alpha) \quad (۴)$$

که در آن $\alpha=(3+p)/4$ است و $t_\nu(\alpha)$ نیز ۱۰۰ برابر صدک α ی توزیع t با درجه آزادی ν است. دو بازه عمود بر مقادیر اندازه‌گیری شده مؤلفه‌های واقعی و موهومی به ترتیب توسط $\pm k_{rec,p} u_{11}$ و $\pm k_{rec,p} u_{22}$ گسترش می‌یابند. منطقه عدم‌قطعیت نقاط محلی است که به طور همزمان توسط این فواصل پوشانده می‌شوند.

بنابراین، انواع الگوی‌های عدم‌قطعیت «گسترده» در دو بعد و بسیاری از روابط احتمالی بین یک منطقه عدم‌قطعیت و عدم‌قطعیت‌های استاندارد اساسی (و ضریب همبستگی) وجود دارد. برخی از اشکال تمام اطلاعات مربوط به r، u_{11} و u_{22} را رمزگذاری نمی‌کنند. به عنوان مثال، شکل مستطیلی مقدار r را رمزگذاری نمی‌کند و دایره فقط یک پارامتر دارد، آن هم شعاع است.

با این وجود، انواع مختلفی از عدم‌قطعیت گسترده وجود دارد که معمولاً با اندازه‌گیری کمیت‌های مختلط گزارش می‌شود. اگر دریافت کننده چنین گزارشی نیاز به بازیابی عدم قطعیت‌های استاندارد برای مدل‌سازی مرحله اندازه‌گیری بعدی داشته باشد، ممکن است این کار امکان پذیر نباشد. این وضعیت به طور شفاف، ناخواسته است. عدم‌قطعیت های استاندارد (و ضرایب همبستگی)، یا اصطلاحات واریانس-کوواریانس معادل، بهتر است گزارش شوند و کاربر نهایی را به انجام یک مرحله استنتاجی اضافی به هر طریقی که مناسب است، کمک کند.

۴ بحث و جمع بندی

پیاده‌سازی‌های فعلی روش‌های GUM عملی هستند. ارتباطات در امتداد زنجیره‌های ردیابی توسط افراد در میان گذاشته می‌شود، البته به دو دلیل مقدار اطلاعات به اشتراک گذاشته شده محدود می‌شود: اول، تخصص در طول یک زنجیره‌ردیابی متفاوت است، و کاربران نهایی کمتر در استنتاج آماری و پردازش داده‌ها مهارت دارند. دوم، از مردم فقط می‌توان انتظار داشت که حجم کمی از داده‌ها را مدیریت کنند. هیچ یک از این محدودیت‌ها برای زنجیره‌های اندازه‌گیری با واسطه سیستم‌های دیجیتالی اعمال نمی‌شود. بنابراین، کیفیت اندازه‌گیری‌های پشتیبانی شده توسط زنجیره‌های ردیابی دیجیتالی می‌تواند افزایش یابد. متأسفانه هیچ نشانه‌هایی از این اتفاق وجود ندارد. گزارش اخیر سیستم دیجیتال SmartCom یکاها (D-SI) بیان می‌کند که عدم‌قطعیت گسترده باید برای اندازه‌گیری‌های با ارزش واقعی، با استناد به بند ۱-۲-۶ GUM «ابتدایی» در نظر گرفته شود. در واقع، دو بند قبلی ۱-۱ و ۱-۲-۶ GUM، استفاده از عدم‌قطعیت استاندارد را توصیه می‌کند، به جز اینکه برخی از برنامه‌ها و اپلیکیشن‌های تجاری، صنعتی، و نظارتی، و زمانی که به سلامت و ایمنی مربوط می‌شود، با بهره‌گیری از پروژه SmartCom، یک مدل فراداده جهانی برای مقادیر مختلط پیشنهاد شده است که از مناطق عدم‌قطعیت گسترده بیضی و مستطیل شکل استفاده

می‌کنند [۷].

اگرچه چنین سیاست‌هایی به خوبی به زنجیره‌های ردیابی دیجیتالی کمک نمی‌کنند، ولی این انتخاب‌ها ممکن است با تمایل به ارائه تداوم کوتاه‌مدت با شیوه‌های فعلی در راستای دگرگونی دیجیتالی داده‌ها، انگیزه ایجاد کند. دگرگونی و تبدیل سیستم‌های کاملا دیجیتالی، شامل فناوری‌های نو و احتمالاً ناآشنا می‌باشد. اگر اطلاعات گزارش شده نیز تغییر کند، می‌تواند برای متخصصین اندازه‌شناسی که بر تحول نظارت می‌کنند گیج کننده باشد. با این حال، تبادل داده بین سیستم‌های دیجیتال قابل مشاهده نخواهد بود و در جایی که داده‌ها به شکل قابل خواندن ارائه می‌شوند، این سیستم‌ها در ارائه آن در الگوهای مختلف انعطاف‌پذیر خواهند بود.

اهمیت گذر عدم‌قطعیت‌های استاندارد در امتداد یک زنجیره اندازه‌گیری در مطالعات اخیر نشان داده که روش مونت کارلو را می‌توان برای یک فرآیند اندازه‌گیری مرحله‌ای به کار برد [۸]. در این کار از روش بیزی (Bayesian) در هر مرحله برای نمایش عدم‌قطعیت استفاده شد. این به طور موثر مدل اندازه‌گیری را تغییر داد، زیرا توزیع‌های بیزی که منتشر شدند، رفتار فرآیندهای اندازه‌گیری را نشان نمی‌دادند. در انتهای زنجیره، نتایج رضایت‌بخش نبود.

همچنین باید توجه جدی به انتشار مؤلفه‌های عدم‌قطعیت در طول یک زنجیره ردیابی داده شود. مثلا بند ۷-۱-۴ ب به طور خاص گزارش مولفه‌های عدم‌قطعیت را توصیه می‌کند. شواهد قوی از مزایای گزارش مولفه‌های عدم‌قطعیت از پیشرفت‌های اندازه‌شناسی فرکانس رادیویی و مایکروویو (RF) به دست می‌آید. در اندازه‌گیری مقادیر پیچیده RF، مدل‌ها باید برای محاسبه بسیاری از عیوب سیستماتیک در تجهیزات و سایر ویژگی‌های پایدار مرتبط با پیکربندی‌های تنظیم‌های اندازه‌گیری خاص استفاده شوند. این مدل‌های اندازه‌گیری برای اکثر مردم برای استفاده مستقیم بسیار پیچیده هستند، اما می‌توانند توسط سیستم‌های دیجیتال مدیریت شوند. در انجام این کار، پردازش دقیق‌تر بسیاری از مؤلفه‌های عدم‌قطعیت به طور قابل توجهی کیفیت نتایج اندازه‌گیری را بهبود می‌بخشد. این مدل‌سازی دقیق و پردازش داده در حال حاضر توسط جامعه RF بهترین عمل در نظر گرفته می‌شود [۹].

قبلاً از کمیت‌های مختلط برای نشان دادن ماهیت متفاوت عدم‌قطعیت‌های استاندارد و گسترده استفاده می‌شد، اما ملاحظاتی نیز در رابطه با کمیت‌های با ارزش واقعی وجود دارد که نشان می‌دهد این دو نوع عدم‌قطعیت موجودیت‌های متفاوتی دارند. به عنوان مثال، همانطور که در بند۶-۳-۲ GUM بیان شده است، برای ارزیابی عامل پوشش باید نوع توزیع مرتبط با خطای اندازه‌گیری را دانست یا در مورد آن مفروضاتی ایجاد کرد. این نشان می‌دهد که ضرب یک عدم‌قطعیت استاندارد در یک عامل پوشش چیزی بیش از مقیاس‌گذاری مجدد عدم‌قطعیت استاندارد است: این فرض را در مورد نوع خاصی از توزیع نیز در بر می‌گیرد. مثال دیگری زمانی رخ می‌دهد که یک نتیجه اندازه‌گیری بسیار نزدیک به صفر است اما اندازه‌گیری نمی‌تواند منفی باشد. روش معمول GUM ممکن است، در چنین شرایطی، یک بازه عدم‌قطعیت ایجاد کند که تا مقادیر منفی گسترش می‌یابد. این واقعاً یک شکست GUM نیست، زیرا مرز منفی بازه عدم‌قطعیت به سادگی می‌تواند به صفر بازنشانی شود. با این حال، در انجام این کار، مانند موارد پیچیده، می‌بینیم که ساخت یک بازه عدم‌قطعیت چیزی بیش از مقیاس‌بندی عدم‌قطعیت استاندارد است.

۵ نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری اصلی ما این است که گزارش عدم‌قطعیت استاندارد یک الزام اساسی و حداقلی برای ثبت دیجیتالی نتایج اندازه‌گیری است. اگرچه قبلاً توسط GUM نیز به آن توصیه شده است، روش معمول تقریباً به طور انحصاری گزارش عدم‌قطعیت گسترده است، بنابراین باید تلاش کرد تا از تکرار این عمل

در سیستم‌های دیجیتالی نوین اجتناب شود. یافته دوم این است که الگوی‌های گزارش‌دهی باید هرجا که ممکن است شامل اجزای عدم‌قطعیت باشند، زیرا سیستم‌های دیجیتال می‌توانند از این اطلاعات در برنامه‌های کاربردی کاربر نهایی استفاده کنند. GUM چنین گزارش‌هایی را ایده‌آل تشخیص داد، اما اجرای آن در زیرساخت‌های کمیت فعلی غیرعملی می‌باشد و این فرصتی برای ورود به عصر دیجیتال می‌باشد.

مراجع و ماخذ

[1] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML
"Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections)"
(first ed.), BIPM Joint Committee for Guides in Metrology, Paris, Sèvres (2008)

[2] B.D. Hall, D.R. White
Digital representation of measurement uncertainty for metrological traceability
Advanced Mathematical and Computational Tools for Metrology XII, Series on Advances in Mathematics for Applied Sciences, vol. 90, World Scientific Publishing (2021), pp. 262-272

[3] B.D. Hall
Evaluating the measurement uncertainty of complex quantities: a selective review, Metrologia, 53 (S25) (2016)

[4] B.D. Hall
Expanded uncertainty regions for complex quantities, Metrologia, 50 (490) (2013)

[5] B.D. Hall
Expanded uncertainty regions for complex quantities in polar coordinates
Metrologia, 52 (2015), p. 486

[6] D. Hutzschenreuter, F. Härtig, H. Wiebke, T. Wiedenhöfer, A. Forbes, C. Brown, et al.
SmartCom Digital System of Units (D-SI), (second ed.), Zenodo (Jul 2020), 10.5281/zenodo.3816686

[7] V. Paciello, L. De Santis, D. Hutzschenreuter, I. Smith
A universal metadata model for metrological complex quantities
2020 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT, (MetroInd4.0&IoT), Rome, Italy (2020), 10.1109/MetroInd4.0IoT48571.2020.9138287

[8] G.W. Wübbeler, C. Elster
On the transferability of the GUM-S1 type A uncertainty
Metrologia, 57 (2020), Article 015005

[9] M. Zeier, D. Allal, R. Judaschke
Guidelines of the Evaluation of Vector Netowrk Analysers (VNA)
(third ed.), EURAMET, Braunschweig, Germany (March 2018)
Calibration Guide No. 12

[10] G.J. Feldman, R.D. Cousins
Unified approach to the classical statistical analysis of small signals
Phys. Rev. D, 57 (7) (1998), p. 3873

اندازه شناسی در عصر دیجیتال و قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد

زهرا دشتی
(کارشناس ارشد حقوق بین‌الملل و کارشناس اداره کل استاندارد استان بوشهر)

چکیده

این روزها، فناوری‌های دیجیتال درحال درنوردیدن مرزهای کسب‌وکار در همه‌ی صنایع هستند. به بیان دیگر، امروز هیچ سازمان و کسب‌وکاری را نمی‌توانیم مستقل از فناوری‌های دیجیتال فرض کنیم و این مورد محدود به صنعت و یا بخش خاصی نمی‌شود. نیاز مبرم به قابلیت‌ردیابی نتایج و استانداردهای اندازه‌گیری در سطح بین المللی، جوامع را به سمت شبکه‌های جدید همکاری با سازمان‌های بین المللی، منطقه‌ای و ملی مختلف هدایت کرده است که این موضوع در عصر دیجیتال و با توجه به مشخصه‌ها و سرعت عمل شبکه‌های دیجیتالی امکان‌پذیر شده است. در این مقاله به بررسی توانایی‌ها و پارامترهای مفید پیشرفت‌های دیجیتالی به خصوص در اندازه‌شناسی و قوانین اندازه‌گیری پرداخته می‌شود. علاوه براین راهکارهای تقویت و توسعه نظام استاندارد و قوانین تایید شده در این راستا نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱ مقدمه

منابع انسانی، انرژی و مواد عمده‌ترین مولفه‌های مهم یک جامعه متمدن، پیشرفته و توسعه‌یافته به شمار می‌روند. مولفه‌های مختلف هر یک از این منابع در عرصه‌های گوناگون زندگی انسان‌ها اهمیت زیادی دارند. تصور جامعه‌ای بدون بهره‌مندی و برخورداری از این منابع دشوار و یا تقریبا ناممکن است. به هر میزان که از این منابع بهره‌ای و سهمی نصیب جامعه انسان‌ها شود به همان میزان مزیت‌های اقتصادی و رفاه آن جامعه رقم خورده و بیشتر خواهد بود. آگاهی از سلامتی افراد جامعه و کنترل این سلامتی، کنترل صحیح مصرف انرژی و مولفه‌های آن و هم چنین کنترل صحیح مصرف منابع مادی و مولفه‌های آن بر عهده دستگاه‌های اندازه‌گیری است.

اندازه‌شناسی به عنوان علم اندازه‌گیری از تعریف و تحقق (پدیدآوری) یکاهای کمیت‌های قابل اندازه‌گیری (اندازه‌شناسی علمی) تا ساخت، استفاده، نگهداری و کنترل عملکرد دستگاه‌های اندازه‌گیری (اندازه‌شناسی صنعتی)، و حمایت و تضمین حقوق مصرف کنندگان از کاربرد و کارکرد دستگاه‌های اندازه‌گیری (اندازه‌شناسی قانونی) نقش تعیین کننده‌ای برعهده دارد.

۲ تاریخچه

اندازه‌شناسی (Metrology)، علم اندازه‌گیری و کاربرد آن است. اندازه‌شناسی همه‌ی جنبه‌های نظری و عملی اندازه‌گیری را با هر عدم‌قطعیت اندازه‌گیری و هر دامنه کاربردی شامل می‌شود. توجه انسان به اندازه‌شناسی به زمان‌های بسیار گذشته بر می‌گردد. وجود بناهای بسیار قدیمی در ایران باستان، مصر و کشورهای دیگر نشان از این سابقه دارد. می‌توان گفت نزدیک به ۵۰۰۰ سال پیش که انسان زندگی شهرنشینی را آغاز کرد، نیاز او به اندازه‌گیری بیشتر شد و کاربرد آن در زندگی روزمره ضروری می‌نمود. ایجاد تقویم، تعیین زمان، فاصله و مساحت، وزنه و پیمانه از شواهدی هستند که نقش اندازه‌شناسی را در زندگی انسان نشان می‌دهند. برای اولین بار، در قرن نوزدهم اندازه‌شناسی به عنوان علمی مطرح شد که بدون توجه به آن نیازهای انسان قابل پاسخ نبود. این نیاز موجب ایجاد معاهده متر گردید. این معاهده در آغاز کمیت‌های قابل اندازه‌گیری طول، جرم و زمان را هدایت می‌کرد. به دلیل نیاز جامعه به پیشرفت‌های مختلف صنعتی و غیره در قرن بیستم اندازه‌گیری‌های الکتریسیته و دما (۱۹۲۷)، اندازه گیری‌های فتومتری و رادیومتری (۱۹۳۷) و اندازه‌گیری‌های پرتوهای یونساز (۱۹۶۰) و مقیاس‌های جدید زمان (۱۹۸۸) در برنامه توسعه‌ای معاهده متر قرار داشتند.

۳ نیاز انسان به اندازه‌شناسی

نوع نیازها و اهمیت برآورده‌سازی آن‌ها در زندگی جامعه متمدن و توسعه یافته امروزی موجب شده است که اندازه‌شناسی در کلیه اندازه‌گیری‌های قابل انجام در یک جامعه مانند اندازه‌گیری‌های موجود در زندگی روزمره، صنعتی، کشاورزی، بازرگانی و تجاری، ایمنی، بهداشت، حفاظت محیط زیست، تحقیقات، تضمین کیفیت کالا، تایید صلاحیت آزمایشگاهی در زمینه های مهندسی، فیزیک، شیمی، بیولوژی، کاربرد مواد، پزشکی و داروسازی وارد شده و به طور قاطعی تاثیر خود را نشان دهد.

در قرن بیستم این موضوع به اثبات رسیده است که اندازه‌شناسی قانونی و علمی نیازهایی را پاسخ می‌دهد که انسان بدون توجه به آنها دارای زندگی سالم، ایمن و مرفه نخواهد بود. به همین دلیل اهمیت دسترسی به چارچوب و نظامی سیستماتیک و مدون جهت استخراج، کسب و استفاده از داده‌های اندازه‌گیری مختلف آن چنان است که ارزش آن غیرقابل محاسبه جلوه می‌کند.

۴ نقش اندازه‌شناسی

اولین اثر اندازه‌شناسی در قالب اندازه‌شناسی قانونی مطرح و پیگیری شده است. اندازه‌شناسی قانونی در ابتدا جهت حمایت از حقوق مصرف کنندگان مطرح بوده است. قوانین مربوط به آن توسط موسسه‌ها و سازمان‌های دولتی وضع و اجرا شده است. ساختار سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی OIML در شکل زیر قابل مشاهده است.

شکل ۱- ساختار سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی OIML

در این قوانین برای اندازه‌گیری و دستگاه‌های اندازه‌گیری آیین نامه‌ها و ضوابطی در نظر گرفته می‌شود. در کشورهای پیشرفته صنعتی این فعالیت‌ها همیشه به توسعه تجارت داخلی آنان انجامیده است. توسعه و صدور تجارت داخلی موجب ایجاد و توسعه تجارت بین‌المللی شده است. در هر تجارتی، چه داخلی و چه خارجی موضوع تجارت خدمات و کالاها هستند. شرط توسعه و گسترش دامنه آنها از رفع نیازهای اولیه گذشته و همیشه مطابق با معیارها و خواسته‌های پیشرفته و به روز انسان‌ها بوده است. موارد زیر را به عنوان فواید بسیار مهم و دستاورد نوین اندازه‌شناسی قانونی می‌توان نام برد.

الف) پشتیبانی کلی یک جامعه مدنی

اندازه‌گیری یکی از مولفه‌های مهم فرهنگ تمام تمدن‌ها بوده است. در جوامع توسعه یافته، اندازه‌گیری و موسسات مرتبط با آن از ارکان مهم صنعتی، علمی و قانونی به شمار می‌روند. وجود چنین نهادهایی از معیارهای توسعه یافتگی و قدرت علمی و صنعتی محسوب می‌شود.

ب) آموزش و انتقال تدریجی تکنولوژی در جامعه

استفاده از اندازه‌گیری‌ها در جامعه و زندگی عادی، مفاهیم تکنولوژی ساده ولی مهم را به تدریج به جامعه منتقل می‌کند. نتیجه مستقیم انتقال این فرهنگ کلاهبرداری‌های صنعتی و علمی را آشکار می‌کند.

پ) کاهش مصدومین حوادث و مرگ و میر انسان‌ها

اگر اندازه‌شناسی قانونی در حوزه بهداشت ایمنی به کاربرده شود، تغییر تدریجی در رفتار انسان‌ها به وجود می‌آید و این تغییر رفتار به طور قابل توجهی از حوادث مختلف پیشگیری می‌کند.

ت) حفاظت محیط زیست

به عنوان حمایت از حقوق برخورداری از زندگی طبیعی، کاربرد اندازه‌شناسی قانونی موجب پایش و کنترل کمیت‌های قابل اندازه‌گیری موثر در زندگی طبیعی و محیط زیست می‌شود.

ث) پشتیبانی بهداشت عمومی جامعه متمدن از طریق استاندارد کردن روش‌های اندازه‌گیری و آزمون‌ها

اندازه‌شناسی قانونی از طریق تشخیص صحیح و به موقع در طب و سلامتی که فواید اقتصادی و اجتماعی مهمی را در بر دارد، خدمات با ارزشی به جامعه می‌رساند.

ج) توسعه اندازه‌شناسی قانونی بستر ساز توسعه اندازه‌شناسی صنعتی

ورود به اندازه‌شناسی صنعتی و تامین نیازهای صنعتی یک جامعه ریشه در توسعه اندازه‌شناسی قانونی دارد که برای رفع نیازهای مقطع زمانی معینی از زندگی انسان‌ها وضع شده است.

مراجعه به استانداردهای مختلف تدوین شده سازمان (OIML) میزان اهمیت اندازه‌شناسی قانونی را در زندگی امروزی نشان خواهد داد.

در بخش صنعتی، کیفیت کالاها و محصولات را دستگاه‌های اندازه‌گیری کنترل می‌کنند. نقش دستگاه‌های اندازه‌گیری در این زمینه برکسی پوشیده نیست. کیفیت یک کالا تنها عامل برتری آن محسوب شده و تجارت آن براساس کیفیت تعیین شده و رفع نیازهای مشتری انجام می‌گیرد. اندازه‌شناسی عاملی تعیین کننده در معیارهای کمی کیفیت کالاها به شمار می‌رود. به دلایل گفته شده اندازه‌شناسی یکی از معیارهای تجارت و شاید عاملی تعیین کننده و مورد توافق تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و سایر ذی‌نفعان محسوب می‌شود. این مقوله برای ملت‌های مختلف به عنوان ثروتی تلقی می‌شود که بدون مصرف منابع طبیعی خود به طور مستقیم از دسترنج به دست می‌آورند. این ثروت یعنی کسب سود از طریق فرآورده به جای مصرف مستقیم منابع ثروتی و طبیعی، از طریق رعایت اصول و مبانی اندازه‌گیری در اختیار انسان قرار گرفته است.

۵ وظایف مرکز اندازه شناسی

فعالیت‌های اندازه‌شناسی شامل کالیبراسیون، آزمون و اندازه‌گیری، روندهای ارزشمندی هستند که کیفیت بسیاری از فعالیت‌های صنعتی و نیز فعالیت‌های مرتبط با کیفیت زندگی و فرآیندها را تضمین می‌کنند. این روند نیازمند اثبات برقراری قابلیت‌ردیابی است که اهمیت آن همتراز فرآیند اندازه‌گیری است. تعریف و به رسمیت شناختن شایستگی کسانی که در اندازه‌شناسی فعالیت دارند، در هر سطحی از زنجیرهٔ قابلیت‌ردیابی ضروری است. بدین ترتیب سیستم اندازه‌شناسی و اندازه‌گیری کشور از مواردی همچون برقراری الزامات قانونی در حوزه اندازه‌شناسی قانونی، کنترل و ارزیابی انطباق فرآورده‌های اندازه‌گیری و نظارت بر تولید و فعالیت آنها، ایجاد زیرساخت‌های لازم برای برقراری قابلیت‌ردیابی نتایج اندازه‌گیری، تهیه و استقرار نظام ملی کالیبراسیون، تهیه الزامات مربوط به نرم‌افزارهای کنترل کننده دستگاه‌های اندازه‌گیری، تربیت کارشناسان مورد نیاز صنایع و آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون، استقرار برنامه تضمین اندازه‌گیری در آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون که از حساسیت ویژه‌ای برخوردارند، تدوین استانداردهای ملی کالیبراسیون دستگاه‌های اندازه‌گیری که استاندارد بین المللی ندارند، آزمون دوره ای ترازو، نازل‌های سوخت مایع و باسکول‌های وسایل نقلیه جاده‌ای، پلمب‌گذاری وسایل توزین و سنجش، تایید صلاحیت و نظارت بر آزمایشگاه‌های همکار اوزان و مقیاس‌ها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و کالیبراسیون، آموزش، آزمون، صدور و تمدید کارت بازرسی بازرسان اوزان و مقیاس‌ها، شرکت در اجلاسیه‌ها و دوره‌های آموزشی بین‌المللی و منطقه‌ای و اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مرتبط حمایت می‌کند که این عوامل با توجه به عصر دیجیتال و به کمک پارامترهایی از پیشرفت تکنولوژی که در ادامه بررسی می‌شود، آسان‌تر، سریع‌تر و دقیق‌تر انجام می‌گیرد.

۶ عصر دیجیتال

بر اساس تعریف فرهنگ لغت کمبریج، عصر دیجیتال، زمان حاضر است که در آن بسیاری از امور به کمک کامپیوتر انجام شده و حجم بسیاری از اطلاعات از طریق فناوری در دسترس عموم قرار گرفته است. به بیان ساده‌تر، عصر دیجیتال را می‌توان برهه‌ای از تاریخ

تعریف کرد که در آن استفاده از فناوری‌های دیجیتال در سرتاسر دنیا رایج و گسترده شده و وابستگی بشر به این فناوری‌ها به بالاترین حد خود رسیده است. در عصر دیجیتال کسب‌وکار و فناوری به دو عنصر جدایی ناپذیر تبدیل شده و لازم و ملزوم یکدیگرند. هم چنین محصولات و خدمات نیز تحت تاثیر سونامی دیجیتالی شدن قرار دارند؛ بدین شکل که نه تنها کالاها و خدمات جدیدی ظهور پیدا کرده‌اند؛ بلکه غالب کالاها و خدمات سنتی نیز در این عصر به مرور تحت تاثیر فناوری‌ها قرار گرفته‌اند.

ویژگی‌های عصر دیجیتال متفاوت از سایر اعصار است. در این عصر فناوری نمایانگر بخش قابل توجهی از ارزش افزوده محصولات و خدمات است و اصلی‌ترین نقش را در زنجیره ارزش در صنایع مختلف بازی می‌کند. فیلوس در سال ۲۰۰۵ مطابق جدول زیر، ویژگی‌های عصر دیجیتال را با عصر صنعتی مقایسه می‌کند.

جدول ۱ - مقایسه ویژگی‌های عصر دیجیتال با عصر صنعتی

	عصر صنعتی	عصر دیجیتال
سازمان	کارآمد و سلسله مراتبی جایگاه سالاری فرآیندهای متوالی ارتباطات عمودی ارزش ها برپایه کنترل و تایید	یادگیرنده و اینترنت محور شایسته سالاری فرآیندهای همزمان ارتباطات افقی ارزش ها برپایه صحت و اعتماد
محیط اقتصادی	دارای قطعیت و اطمینان تغییرات کم ارزش مبتنی بر «قانون کامیابی ۱» کارهای ساده و مهارت های سنتی محصولات انبوه	عدم اطمینان و عدم قطعیت پویایی بالا ارزش مبتنی بر «قانون فراوانی۲» کارهای پیچیده و مهارت های دیجیتال شخصی سازی محصولات
دارایی ها	ملموس	ملموس، ناملموس

با بررسی منابع مختلف ویژگی‌های شاخص برای عصر دیجیتال به صورت شکل ۲ ارائه می گردد. که با توجه به آن می توان اندازه‌شناسی را برای مصارف مختلف با دقت بیشتر و بهتر بررسی کرد.

شکل ۲ - ویژگی‌های عصر دیجیتال

۷ رویکرد نوین برای تقویت نظام استاندارد

فناوری اطلاعات به لحاظ سرعت، فراگیری زمان و مکان، عدم‌محدودیت زمان و مکان، شفافیت در فرآیندهای سازمانی بسیار کارساز است. یکی دیگر از راهبردها حرکت به سمت استانداردسازی نمادهای چهارمین انقلاب صنعتی است، به این صورت که در روش سنتی ابتدا طراحی، تهیه نقشه، اجرای پایلوت طرح و مرحله نهایی انجام می‌شود اما اکنون با چاپگرهای سه‌بعدی این اقدامات بدون طی مراحل قبلی انجام شده بنابراین این راهبرد امری اجتناب‌ناپذیر است. این فناوری‌ها مرزهای میان دنیای واقعی و دیجیتال را کمرنگ می‌کنند که هوش مصنوعی، چاپ سه‌بعدی، بلاک‌چین‌ها، پهبادها و اینترنت اشیا از جمله این فناوری‌ها هستند. چهارمین انقلاب صنعتی با به‌هم پیوستگی و یکپارچه‌سازی فیزیک، سایبر و زیست‌فناوری حرف نویی برای جوامع بشر دارد که باید در قالب استانداردهایی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات سازمان ملی استاندارد ایران تاکید می‌کند : برخی اذعان دارند ما هنوز از لحاظ تکنولوژی شاید در عصر انقلاب صنعتی اول باشیم این در حالی است که باید گفت شاید در تکنولوژی، ساخت و طراحی در توان انقلاب صنعتی چهارم نباشیم اما مصرف‌کننده نمادهای تکنولوژیک انقلاب چهارم هستیم.

۷-۱ رویکرد فشاری؛ نظارت از بالابه پایین حاکم است

رویکرد فشاری (Pushing Approach) چگونه است وکارکردش چیست؟؛ رییس انجمن مدیریت کیفیت ایران درباره این رویکرد می‌گوید: در این رویکرد، مسیر سلسله مراتب جامعه، از بالاترین سطح یعنی ارکان حاکمیت تا پایین‌ترین سطح یعنی افراد جامعه، برای اجرای وظایف، یک مکانیزم فشاری وجود دارد. مثلا دولت در بالاترین جایگاه، می‌خواهد همه دستگاه‌های اجرایی وظایف‌شان را انجام دهند. دستگاه‌های اجرایی هم که هدایت برنامه‌ها را بر عهده دارند که اجرای آنها غالبا به واحدهای تولیدی برمی‌گردد و تا لایه‌های پایین‌تر تا سطح افراد جامعه باید وظایف خود را انجام دهند و اگر انجام ندهند، بازخواست می‌شوند و باید پاسخگو باشند. بنابراین فشاری از بالا به پایین وجود دارد.

در این رویکرد چون در مسیر تولید، محصول با اشکالات کیفیتی به وجود می‌آید، بنابراین یک نظام کنترل کیفیت لازم است که سالم بودن یا نبودن محصول را بررسی کند و اگر محصول ناسالم و غیر منطبق تولید شود، آنها را جدا کند و با فیلتر کردن محصولات نامنطبق، محصول سالم را به دست مشتری برساند که همیشه هم اتفاق نمی‌افتد و در نهایت محصول معیوب هم تولید و تحویل مشتری می‌شود که هزینه‌های دیگری را ایجاد و علاوه بر تاثیر بر قیمت، گرفتاری و هزینه‌های مضاعفی را برای مشتری ایجاد می‌کند. هزینه این نظام کنترل کیفیت و ضایعات ایجاد شده هم باید از مشتری گرفته شود.

۷-۲ رویکرد کششی؛ تمرکز بر اقدامات پیشگیرانه و نظارت از درون

رییس انجمن مدیریت کیفیت ایران، درباره‌ی رویکرد کششی (Pulling Approach) این گونه توضیح می‌دهد: در رویکرد دوم، اعتقاد بر این است که جامعه در یک فرایند اعتمادسازی به بلوغ رسیده و دستورالعمل‌ها، روش‌ها و آیین‌نامه‌ها آن چنان با نیاز فرد فرد جامعه و آن چه باید برای جلوگیری از خطا انجام شود منطبق است و به درستی اجرا می‌شود که انگار در این جامعه قرار نیست خلافی رخ دهد، پس دستگاه‌های نظارتی و کنترل کیفیتی به حداقل می‌رسد و در عوض نظام‌های آموزشی و تربیتی و سیستم‌های تضمین و بهبود کیفیت جایگزین می‌شوند. برای مثال اگر شهری داشته باشیم که دزدی در آن کمتر اتفاق می‌افتد، دستگاه‌های نظارتی و انتظامی کوچک می‌شوند و هزینه جامعه هم کاهش می‌یابد و در مقابل احساس اعتماد و ایمنی در همه‌ی جامعه و به خصوص بین سازمان حاکمیتی و مردم افزایش پیدا می‌کند. ایشان با بیان این که در رویکرد جدید، جامعه باید کششی عمل کند و نه

فشاری، اظهار کرد: رویکرد کششی یعنی کل جامعه باید بخواهد که خلاف نکند، در سطح خانواده یعنی فرزند بخواهد که درس بخواند، در سطح کارخانه یعنی همه‌ی افراد در بخش‌های تولیدی از درون متعهد باشند که محصول بدی تولید نکنند. این امر در صورتی اتفاق می‌افتد که در این جامعه، مصرف‌کننده از چنان بلوغ و قدرتی برخوردار باشد که بتواند تولیدکننده را الزام کند که کالای بدی تحویل مشتری و مصرف‌کننده ندهد. این موضوع در نظام تولید کارخانه هم در یک سلسله مراتب از پایین به بالا جاری می‌شود. این امر در ساختار و مدل مدیریتی هم تاثیرگذار است. در ادبیات مدیریتی به این نوع سازمان‌ها، سازمان‌های فلت یا تخت می‌گویند، در مقابل سازمان‌هایی که سلسله مراتب از بالا به پایین دارند.

۸ نتیجه گیری

امکانات و ابزار متنوعی برای به کارگیری اندازه‌شناسی در عصر دیجیتال به وجود آمده‌اند، هم چنین رویه‌های مختلف و متفاوتی در حوزه‌های اندازه‌شناسی و استاندارد در دوران دیجیتال شکل گرفته است که این رویه‌ها بر درک بهتر و کارایی بیشتر نظام استاندارد و اندازه‌شناسی اثرگذار بوده است.

عصر رسانه و پسارسانه‌ای، جامعه را با انبوهی از اطلاعات مواجه کرده است. این وضعیت، هویت هر چیز را تغییر داده است. در این عصر نظریات اندازه‌شناسی را برای کسانی که وارد حوزه تجربه‌های جدید می‌شوند، دچار تغییر کرده است. هم چنین امکانات عصر دیجیتال با ایجاد امکان نفوذ، دید مخاطب عام و تأثیر بر جامعه باعث رویکردهای جدیدی در تبیین ماهیت اندازه‌شناسی و نظام استاندارد شده است.

در این عصر افراد می‌توانند با هویت‌های مختلف، در فضاهای متفاوت و برای هر پارامتر قابل اندازه‌گیری از امکانات متنوع فضای دیجیتال بهره ببرند. از طرفی، اجرای اصول اندازه‌شناسی و اعتقاد به آن اصول در جامعه قناعت و صرفه جویی ذاتی و عقلانی را به دنبال دارد. مستقر کردن اندازه‌شناسی و معیارهای آن در تولید موجب بالا رفتن کیفیت کالا و کاستن از مصرف منابع طبیعی به طور مستقیم می‌شود.

منابع

- http://www.rrk.ir/Laws/PrintLaw.aspx?Code=16552
- قانون مجازات اسلامی، اداره کل استاندارد استان کردستان|.
- برومند، خشایار: رهایی از فضای تکنولوژیک حاکم در نظریهی انتقادی تکنولوژی اندرو فینبرگ، حکمت و فلسفه، سال - . یازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۴.
- ILAC, UNIDO, Laboratory Accreditation in Developing Economies, Working Paper No 2, 2003.
- UNIDO, Role of measurement and Calibration, 2006.
- BIPM, Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM, 2003.
- John Birch A.M, Benefit of legal Metrology for the Economy and Society, 2003.
- Adolphus, Margaret: Managing in a digital age. https://www.emeraldgrouppublishing.com/librarians/management/viewpoints/digital_age.htm
- Filos, E. (2005). Smart Organization in the Digital Age, European Commission, Directorate-General Information Society and Media.
- Hirt, Martin; Willmott, Paul (2014): Strategic principles for competing in the digital age. In McKinsey quarterly.
- Igorevna, a. Marek, v. Valentina, and v. Mantulenko, (2020), digital age: chances, challenges and future, 1st ed. Switzerland: springer international publishing.
- Rosemann, Michael (2019): Structuring in the Digital Age. In Katrin Bergener, Michael Räckers, Armin Stein (Eds.): The art of structuring. Bridging the gap between information systems research and practice / editors, Katrin Bergener, Michael Räckers and Armin Stein. Cham, Switzerland: Springer.

همکارانی که در تهیه این ویژه‌نامه ما را یاری رساندند:

- آقای محمد رضابیگی
- آقای رحیم رضوانپور
- خانم شیما زنگنه
- آقای محمدرضا شفارودی
- آقای عباس صبور
- خانم خدیجه نوروززاده

سازمان ملی استاندارد ایران

مرکز ملی اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها