Archive of SID.ir

ضرورت‌ها و رویکردهای استانداردسازی یک فناوری نوظهور: مطالعه تطبیقی استانداردسازی فناوری نانو در کشورهای منتخب

■ مجتبی بحیرائی[1]
دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
■ منوچهر منطقی *+
استاد مجتمع دانشگاهی مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.
استاد مدعو دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
■ عباس خمسه[2]
دانشیار گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۴/۲۲ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۲۲
صفحات: ۴۸-۲۹
10.22034/Jtd.2022.253373

چکیده

باتوجه به ابهام و عدم‌قطعیت موجود درماهیت فناوری نانو، تجاری‌سازی آن مستلزم ایجاد یک نظام تنظیم‌گری مناسب بوده که پیش‌نیاز آن، استانداردسازی فناوری است. استانداردسازی فناوری از یک‌سو، زیرساخت‌های ایمنی، سلامت و محیط‌زیست را فراهم کرده و ازسویی دیگر، زمینه‌های لازم برای تجاری‌سازی و رقابت‌پذیری جهانی را تسهیل می‌کند. این پژوهش، باهدف مطالعه چارچوب‌های پشتیبان استانداردسازی فناوری‌نانو تعریف شده و می‌تواند به برجسته‌ترکردن نقاط قوت و شناسایی ضعف‌های سیاستی و نهادی استانداردسازی آن کمک کرده و راهنمای مناسبی درجهت رفع این خلأها دراختیار سیاست‌گذار قرار دهد. دراین پژوهش، با استفاده از مطالعات تطبیقی موردمحور، رویکردهای استانداردسازی فناوری نانو در ایران با کشورهای پیشرو، (ایالات‌متحده، آلمان و چین) تحلیل می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تقریباً نیازهای استانداردسازی در مراحل مختلف چرخه عمر فناوری نانو درکشورها یکسان بوده و تفاوت درچگونگی مواجهه با نیازها، اعمال سیاست‌ها و برخورد با چالش‌های ناشی از توسعه و کاربرد فناوری بوده‌است. ازطرفی، باوجود جایگاه نسبی مناسب استانداردسازی فناوری نانو در ایران نسبت‌به کشورهای موردمطالعه، حفظ و ارتقای این جایگاه، مستلزم تقویت زیرساخت‌های نانومترولوژی، تجهیزات آزمایشگاهی، پرکردن شکاف بین پژوهش و استانداردسازی، جلب مشارکت بخش خصوصی، ایجاد و توسعه نهادهای تخصصی و تمرکزبر فعالیت‌های ترویجی است.

واژگان کلیدی: فرایند استانداردسازی، استانداردسازی فناوری نانو، استانداردسازی فناوری، فناوری نوظهور، مطالعه تطبیقی.

۱ شماره نمابر: ۰۲۱-۲۲۴۱۴۱۹۶ و آدرس پست الکترونیکی: M.bahiraee@gmail.com
* عهده دار مکاتبات
+ شماره نمابر: ۰۲۱-۲۲۴۱۴۱۹۶ و آدرس پست الکترونیکی: Manteghi@guest.ut.ac.ir
۲ شماره نمابر: ۰۲۶-۳۴۴۱۸۱۵۶ و آدرس پست الکترونیکی: Abbas.khamseh@kiau.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱- مقدمه

در شـــرایط رقـابتی نوین، همراه با ظهور صـــنایع جدید که چشـــم‌انـداز رشـــد قـابل‌توجهی برای دولت‌ها دارند، رابطه بین اســـتـانـداردهـا و نوآوری و بـه‌طور خـاص بین اســـتانداردها و فنـاوری‌هـای نوظهور، اهمیـت دوچنـدانی یافته‌اســـت. مطالعات متعددی در زمینه کارکردهای متفاوت حمایتی استانداردها برای توســعه فناوری‌های نوظهور انجام شـــده‌اســـت(مانند [۲۴، ۲۵ و ۴۴]). نتیجه این مطالعات نشان‌دهنده تاثیر مثبت استانداردها بر فنـاوری‌هـای نوظهور همراه بـا شـــکـل‌گیری واژگـان و تعـاریف توافق‌شـــده و مشـــترک بوده کـه خود موجب افزایش اطمینان ســرمایه‌گذاران و کاربران و هم‌چنین، افزایش تعداد شـــرکت‌هایی شـده که هر روزه محصـولات خود را به بازار عرضه می‌کنند. زیرا اســتانداردها و اســتانداردســازی موجب کاهش موانع فنی تجارت شـــده و مزیت‌های رقابتی ایجاد می‌کنند [۱۱ و ۴۷]. در ســـطح ســیاستی، راهبردهایی به‌منظور پشتیبانی از تدوین استانداردها و ارتقای ســطح رقابت‌پذیری کشورها توسعه یافته‌است(مانند دولت فدرال آلمان و موســسه ملی استانداردها و فناوری[۳][۴۱]). اهداف کلی که در این ســیاســت‌ها دنبال می‌شـوند شـامل بهره‌گیری از اســتانداردسازی به‌منظور پشتیبانی از پیاده‌سازی و انتشار نوآوری و نتـایج پژوهش‌هـا، کـاهش حجم قانون‌گذاری و افزایش آگاهی مردم و ترویج اســتانداردهاست. با وجود مطالعات ذکر شده، هنوز موضـــوعـات و چـالش‌هـای متعـددی هم در زمینه‌های علمی و صـــنعتی و هم در زمینه‌های ســـیاســـتی در حوزه ارتباط بین فناوری‌های نوظهور و اســـتانداردســـازی وجود دارند که مســـتلزم بررسی‌ها و پژوهش‌های بیش‌تر هستند.

باوجود نقش حمایت‌گر اســـتانداردها و اســـتانداردســـازی در توســـعـه فنـاوری نـانو، هنوز چـالش‌هـای بســـیـاری در حوزه تجاری‌ســـازی و انتشـــار نوآوری‌های فناورانه در حوزه نانو وجود دارد. بـه‌عنوان مثـال، تـاخیر بین فراینـد پژوهش‌وتوســـعـه و استانداردسازی در فناوری‌های نوظهور به‌ویژه فناوری نانو که یک فناوری ابعادی در اندازه جدید اســت، ممکن اســت پیشـرفت در پژوهش‌های بعدی را مختل کند. این ناکارآمدی برای پژوهشگران فناوری‌های نوظهور که در لبه فناوری هســـتند، بســـیار زیان‌آور اســت چون موجب از دست رفتن مزیت پیشگامی آن‌ها در عرصه رقـابـت‌هـای پـژوهشـــی بین‌المللی می‌شـــود[۱۳]. ازطرفی، اســـتانداردســـازی نیز در ســـیاســـت‌های دولتی برای فناوری‌های نوظهور روز بـه‌روز اهمیت و جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌اســـت[۱۸، ۱۹، ۳۷، ۳۸، ۳۹ و ۴۰]. با این‌حال، هنوز هم چالش‌های بسیاری در شـناسـایی نیازها، اولویت‌بندی و سیاست‌های استانداردسازی فناوری‌های نوظهور وجود دارد[۱۹].

فنـاوری نـانو در ایران یکی از فناوری‌های راهبردی به‌شـــمار می‌رود که اولین بارقه‌های شـکل‌گیری این فناوری در کشـور در سـال ۱۳۷۹ شـروع شـد و در سال ۱۳۸۲ با تشکیل "ستاد ویژه توسـعه فناوری نانو" روند توسعه آن سرعت یافت. با وجود این‌که ایران در تولید علم در زمینه فناوری نانو از سال ۲۰۰۰ تاکنون در سـطح جهان و منطقه رتبه خوبی کسب کرده، اما تجاری‌سازی و تولید ارزش و ثروت‌آفرینی از این فناوری در کشور با چالش‌هایی مواجه بوده‌است. در سال ۲۰۲۱ میلادی، ۱۲۱۹۹ مقاله مرتبط با فناوری نانو توســط محققان ایرانی در (WoS)[۴] نمایه شـــد که معادل ۵/۴۱ درصد از کل مقالات نانو منتشر شده در سال ۲۰۲۱ اسـت. ایران با این سـهم از انتشارات نانو، همانند سال گذشته در رتبه چهارم دنیا قرار گرفت. ایران در مجموع تا پایان سال ۲۰۲۰، ۲۷۳ اختراع مرتبط بـا فنـاوری نانو در دفاتر ثبت پتنت آمریکا و اروپا نیز ثبت کرده‌اسـت. تعداد پتنت‌های نانو ایران در USPTO[۵] در سـال ۲۰۲۱، ۲۱ پتنت بوده اسـت. براین اساس رتبه ایران در پتنت‌های ثبت‌شـده در USPTO در سـال ۲۰۲۱ بیسـت و سوم است. نسبت تعداد پتنت‌ها به تعداد مقالات نانو نشان می‌دهد که ایران در زمینـه نوآوری و تولیـد فنـاوری نـانو همانند تولید علم، موفق نبوده‌است. همچنین، در پایان سال ۱۳۹۸ در مجموع ۲۳۴ شـــرکت در زمینه تولید محصـــولات، تجهیزات و خدمات حوزه فنـاوری نـانو فعال بودند که از داده‌های جمع‌آوری شـــده از این شـرکت‌ها، رقم کلی فروش معادل ۴۴,۴۸۷ میلیارد ریال بدست آمده‌است. درحالی‌که از مجموع بازار فروش محصولات نانو ساخت ایران در سـال ۱۳۹۸، رقم ۲۶۴۸ میلیارد ریال- حدود ۶ درصد- مربوط به صـادرات این محصـولات به کشورهای دیگر و ۴۱۸۳۹ میلیـارد ریال آن مربوط به فروش در بازار داخلی بوده‌اســـت[۶]. این آمار و ارقام در مقایســـه با آمار انتشـــارات نانو و ســـهم تولید مقالات علمی رقم بســـیار ناچیزی اســـت. هر چند، گســـترش برنامه‌های صادراتی ستاد نانو به‌ویژه در سال‌های اخیر، سبب شد تا بســتر ورود کالا، تجهیزات و خدمات حوزه فناوری نانو ایران به بـازارهای جهانی فراهم شـــد، اما در ســـال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به‌دلیل مشـــکلات ناشـــی از نوســـانات ارزی و همچنین موانع و

3 National Institute of Standards and Technology (NIST)

4 Web of Science

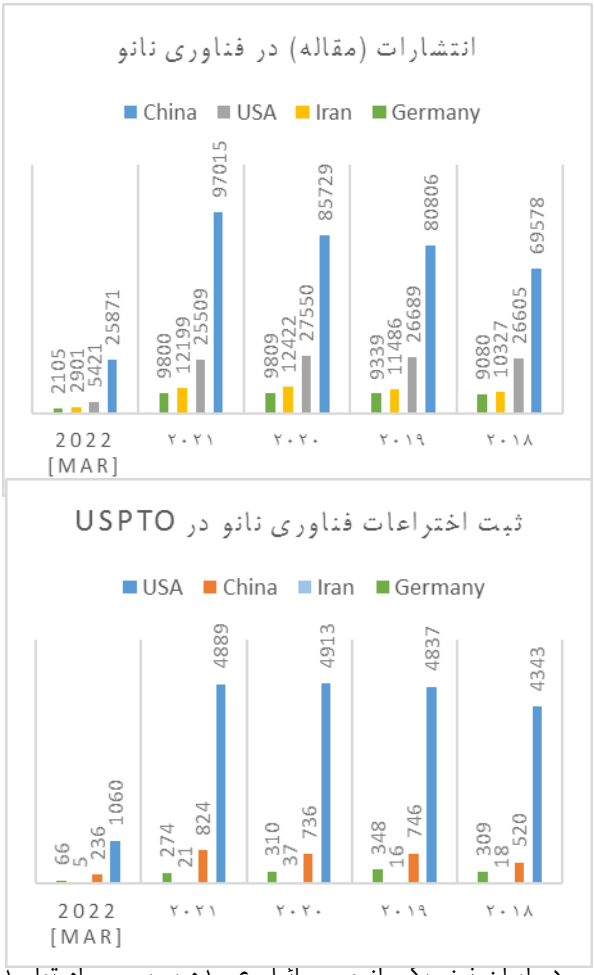
5 United States Patent and Trademark Office

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

چالش‌های صادراتی، صادرات کالاهای نانویی ایران به کشورهای دیگر کاهش یافته و ۶ درصد از کل بازار فناوری نانوی ایران را در سال ۱۳۹۸ تشکیل می‌دهد. شکل شماره ۱، تعداد انتشارات مقالات و اختراعات ثبت‌شده در USPTO ایران را درمقایسه با کشورهای منتخب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با وجود تعداد مناسب انتشارات مقالات، ایران وضعیت مناسبی در شاخص نوآوری ثبت اختراع نسبت‌به کشورهای منتخب ندارد.

پژوهشگران در مرجع[۳۱] چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی محصولات دارای فناوری نانو را به چندین دسته تقسیم‌بندی کرده‌اند. آن‌ها نبود چارچوب تنظیم‌گری کافی و مناسب، چالش‌های مشخصه‌یابی و کنترل کیفیت و مسائل ایمنی را از چالش‌های مهم در این زمینه نام برده‌اند. همچنین، پژوهشگران در مرجع[۴۲] از ریسک و عدم‌قطعیت به‌عنوان چالش‌های مهمی یاد می‌کنند. این موضوعات، بخشی از فعالیت‌های استانداردسازی در هر کشوری به‌شمار می‌آیند. همچنین، پژوهشگران در مرجع[۱۰] نیز چالش‌هایی مانند کمبود استانداردهای ارزشیابی و موضوعات عملکرد و ایمنی را از مسائل عمده در این زمینه ذکر می‌کنند.



شکل ۱: تعداد انتشارات (مقاله) و اختراعات ثبت شده ایران در مقایسه با کشورهای منتخب[۴۶]

تجاری‌سازی محصولات نانویی، چالش استانداردها و نبود نهادهای متولی جهت استانداردسازی و اخذ مجوز برای این محصولات ذکر شده‌است[۲ و ۳]. البته، این چالش در سال‌های اخیر با اعمال و اجرای سیاست نانونماد(یکی از سیاست‌های استانداردسازی) ازسوی کارگروه استاندارد و ایمنی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو درحال رسیدگی است، اما بایستی همگام با سرعت توسعه فناوری در جهان حرکت کرد.

با توجه به موارد پیش‌گفته، در این پژوهش سعی می‌کنیم، با مرور مطالعات موردی متفاوت از طریق مقایسه‌های تطبیقی بین ایالات‌متحده، آلمان، چین و ایران، چگونگی تلاش کشورها برای اجرای فعالیت‌های حمایتی در زمینه استانداردسازی فناوری‌های نوظهور با تمرکز بر فناوری نانو را مورد بررسی و مداقه قرار دهیم تا بتوانیم ضمن ارائه شواهد اهمیت و ضرورت استانداردسازی و استانداردها در این زمینه، به گسترش دیدگاه‌هایی درخصوص این‌که چگونه بازیگران نظام نوآوری ممکن است در فرایند استانداردسازی مشارکت داشته‌باشند و این که چه سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقداماتی می‌تواند چنین مشارکت و حمایتی را تسهیل کند، و چه کمبودها و کاستی‌های در این مسیر ممکن است در کشور وجود داشته‌باشد، کمک نماییم. دلیل انتخاب این کشورها جهت تحلیل‌های تطبیقی، اول پیشرو بودن هر یک از کشورهای منتخب در فناوری نانو و همین‌طور جایگاه ایران نسبت به این کشورها بوده‌است و دوم تفاوت‌های بارز نظام تنظیم‌گری ایران در زمینه استانداردسازی درمقایسه با آن کشورها و درنهایت دسترسی به اطلاعات آن‌هاست.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- فناوری‌های نوظهور و ویژگی‌های آن

فناوری‌های نوظهور(درحال ظهور) موضوع مورد بحث بسیاری از پژوهش‌های علمی و از سوژه های محوری در بحث‌ها و اقدامات سیاستی است. شواهد افزایش توجه به پدیده فناوری‌های درحال ظهور را می‌توان در تعداد روزافزون نشریات دربردارنده عناوین و مقالات خبری مرتبط با این فناوری‌ها مشاهده کرد. مفهوم فناوری نوظهور مشخصه‌های مختلفی را شامل می‌شود، از جمله تاثیر به شدت بالقوه‌ای که یک فناوری جدید می‌تواند روی نظام اجتماعی-اقتصادی داشته باشد، عدم‌قطعیت‌های قابل‌توجه و ویژگی‌های بدیع[۳۵]. پژوهشگران در مرجع[۳۵] معتقدند بین

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مفاهیم فناوری نوظهور و فناوری/نوآوری براندازِ[6] می‌تواند پیوندهای جالب و قابل‌توجهی وجود داشته‌باشد. ازسویی دیگر، دانشمندان در مرجع[۴۳] تلاش کردند که تعاریف مختلف فناوری نوظهور را ترکیب کنند و حوزه‌های چندگانه تحقیق را که در آن‌ها این مفهوم مورد استفاده قرار گرفته، برجسته نمایند. آن‌ها دریافتند که تعاریف روشنی از فناوری نوظهور در قلمروهای مختلف علمی مانند سیاست علم و فناوری، مدیریت، اقتصاد و علم‌سنجی به‌کار گرفته شده‌است. برخی دیدگاه سیاست علم به پدیده نوظهوری را اتخاذ کرده و بر تاثیر اقتصادی آن و تاثیر بر رقابت ناشی از فناوری‌های بدیع تمرکز کردند. آن‌ها تاثیرات بر سطح کلان را درنظر گرفتند[۴۳].

دیدگاهی دیگر درخصوص فناوری نوظهور در قلمرو ادبیات بازاریابی و مدیریت، ظهور یافته‌است که در آن نوظهوری اغلب، از نظر پذیرش فناورانه بررسی می‌شود. به‌عنوان مثال، مرجع[۳۳] تاثیرات برون‌اثرهای شبکه‌ای را در بازارهای فناوری نوظهور برجسته می‌کند. در واقع، سطح تحلیل خرد(میکرو) توسط برخی دیگر از پژوهشگران پیشنهاد شده‌است. آن‌ها پویایی‌های شرکت‌ها را در پذیرش فناوری‌های جدید در سبد پروژه‌هایشان بررسی می‌کنند. همچنین، ادبیات وسیعی درخصوص فناوری‌های نوظهور در مدیریت نوآوری وجود دارد که بحث‌هایی را بیش‌تر به مدیریت فناوری نزدیک می‌کنند. ادبیات موجود تا اندازه قابل‌توجهی، از فناوری نوظهور به‌عنوان یک مفهوم عملیاتی بهره می‌برد تا یک مفهوم نظری، مثلا چگونه نوظهوری را شناسایی و اندازه‌گیری کنیم؟ به‌عنوان مثال، مطالعات پر استناد پیش‌بینی فناوری جنبه‌های تعریفی فناوری نوظهور را نادیده گرفته و تمرکز خود را بر یک شرح عملیاتی از دنبال کردن مسیرهای فناوری از اختراع تا پذیرش محدود می‌کنند. شاید، برای بیش‌تر تحقیقات در حوزه پیش‌بینی فناوری، نوظهوری هنوز یک مفهوم عملیاتی و کاربردی باقی مانده باشد[۴۳].

با همه این تفاسیر، پژوهشگران در مرجع[۴۳] پنج ویژگی کلیدی را برای فناوری‌های نوظهور مشخص می‌کنند که داشتن این ویژگی‌ها، یک فناوری نوظهور را از سایر فناوری‌ها متمایز می‌کند. این ویژگی‌ها عبارتند از ۱- نو بودن یا تازگی به‌طور ریشه‌ای، ۲- رشد سریع نسبی، ۳- انسجام، ۴- تاثیر برجسته، ۵- عدم قطعیت و ابهام. آن‌ها فناوری نوظهور را به این صورت تعریف می‌کنند:" فناوری با سرعت رشد نسبتا زیاد و نو بودن به‌طور ریشه‌ای که با میزان مشخصی از انسجام طی زمان و تاثیرات بالقوه و قابل‌ملاحظه بر نظام‌های اقتصادی اجتماعی شناخته می‌شود. تغییر در نظام اقتصادی اجتماعی از طریق تغییر در ترکیب کنشگرها، نهادها و الگوهای تعامل بین آن‌ها در راستای فرایند تولید دانش مرتبط انجام می‌گیرد و تاثیر دائمی آن در آینده مشاهده می‌شود، بنابراین در مرحله ظهور، مقداری از ابهام و عدم‌قطعیت وجود دارد.

فناوری نانو به‌عنوان یکی از فناوری‌های درحال ظهور و کلیدی شناخته می‌شود[۱۳]. فناوری نانو نشان‌دهنده اندازه موادی است که روزانه ممکن است با آن سروکار داشته‌باشید. یک ماده در مقیاس نانو می‌تواند خواص متفاوتی نسبت به ماده در مقیاس بزرگتر از خود نشان دهد. در مقیاس نانو، خواص می‌توانند تغییر کنند: خواص اپتیکی(مانند رنگ، شفافیت)، خواص الکتریکی(مانند رسانایی)، خواص فیزیکی(مانند سختی) یا خواص شیمیایی(مانند واکنش‌پذیری)[۱۵]. این فناوری، هنوز هم با درجه بالایی از ریسک و عدم‌قطعیت همراه است[۱۷ و ۴۲]. مرجع[۱۵] ضمن این‌که هنوز این فناوری را یک زمینه نوظهور می‌داند، سه ویژگی را به شرح زیر برای علم و فناوری نانو برمی‌شمرد: ۱- یک فناوری همه‌منظوره[7]، که فقط در یک صنعت خاص کاربرد ندارد و از کاربردی فراگیر در دامنه وسیعی از بخش‌ها و صنایع برخوردار است، ۲- یک پدیده جهانی، توسعه این فناوری به‌عنوان یک پدیده جهانی مرزهای علم و فناوری‌های گذشته را درهم نوردیده است و کنشگران آن نمی‌توانند فقط در سطح ملی بازی کنند. ۳- دارای عدم‌قطعیت‌های علمی و اجتماعی، این عدم‌قطعیت‌ها از طریق تاثیر روی سلامتی و محیط‌زیست در بلندمدت خود را نشان می‌دهند.

به‌دلیل نوظهور بودن فناوری نانو و عدم‌قطعیت و ابهام بالای آن، سیاست‌گذاران و سایر کنشگرانی که در این زمینه تخصصی ندارند، بایستی درگیر این پدیده شوند، چراکه عدم‌قطعیت‌ها در آن به حدی پیچیده هستند که یک کنشگر خاص از عهده حل آن‌ها برنمی‌آید. این ویژگی‌ها سازماندهی بازار را برای محصولات و مواد مبتنی‌بر فناوری نانو دشوار می‌سازد[۱۵].

۲-۲- فرایند استانداردسازی

پژوهشگران در مرجع[۲۳] از مبانی استانداردسازی سخن می‌گویند، منظور از مبانی استانداردسازی، "پیش‌نیازهای ضروری" بوده که توانمندساز اجرای پروژه‌های استانداردسازی

6 Disruptive Technology/Innovation
7 General-Purpose Technology

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

است؛ این مبانی شامل واژه‌شناسی[8]، اندازه‌شناسی[9] و موقعیت قانونی آن و فناوری هستند[۱].

اگرچه در مطالعات موجود، بین استانداردسازی و استاندارد تفاوت وجود دارد، اما به‌ندرت بر این تفاوت تأکید می‌شود. برای مثال مرجع[۴۸] بیان می‌کند که "استانداردسازی، مدون کردن اجزای فناوری یک صنعت و یا اطلاعات مرتبط با مدیریت فعالیت‌های اقتصادی است"؛ درحالی‌که "استانداردها، مجموعه‌ای از مشخصه‌ها و معیارهایی هستند که کارکرد، عملکرد و سایر ویژگی‌های یک محصول، خدمت، سیستم و یا فرایند را تعیین می‌کنند". این تعریف نشان می‌دهد که استانداردسازی، فرایند تدوین دانش است، به درک نوآوری‌ها کمک کرده و به‌ویژه در زمینه‌های با مهارت بالا موجب بهبود کارایی فعالیت‌های اقتصادی می‌شود[۷].

استانداردسازی، یک فرایند بوده و شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است. طبق تعریف، این فرایند، ورودی‌هایی شامل علم و دانش فنی و اختراعات ثبت‌شده را به خروجی‌هایی مانند انواع مختلف استانداردها تبدیل می‌کند. از این‌رو، هدف از استانداردسازی فقط تدوین کردن نیست؛ بلکه، فرایند پذیرش، پیاده‌سازی و انطباق با استانداردها را نیز دربر می‌گیرد[۷، ۱۶، ۲۲ و ۵۰].

از سوی دیگر، هنگامی‌که از "استانداردسازی یکپارچه[10]" صحبت می‌شود، منظور تمامی انواع فعالیت‌هایی است که ارتباط کارکردی مستقیم با استانداردسازی دارند و همچنین مواردی که شامل فعالیت‌های استانداردسازی می‌شوند. فعالیت‌هایی که می‌تواند منجر به ایجاد رویکرد یکپارچه شوند، می‌تواند شامل تدوین استانداردها، ترویج کاربرد و یا استقرار استانداردها، ارزیابی انطباق و صدور گواهی‌نامه، و اندازه‌شناسی باشد. فرایندهای نظام ارزیابی انطباق مکمل تدوین استانداردها بوده و به‌معنی اثبات انطباق با استانداردها و به‌مثابه تضمین به‌کارگیری و اجرای استانداردها است[۲۷].

به‌طور معمول رویکرد یکپارچه در کشورهای درحال توسعه کاربرد دارد. یکی از دلایل این امر، به‌کارگیری گسترده برنامه‌ریزی توسعه ملی و مرکزی در چنین کشورهایی است، که به‌عنوان ابزاری برای کنترل پیشرفت نظام‌مند اقتصاد، تجارت و صنعت و همچنین ارتقای استاندارد زندگی به‌کار گرفته می‌شود[۱].

۲-۳- استانداردسازی فناوری

سازمان بین‌المللی استانداردسازی(ISO)[11] استاندارد فناوری را به‌صورت "سندی تعریف می‌کند که دارای یک یا مجموعه‌ای از الزامات مشخص اجباری یا توصیه‌ای است که شامل جزئیاتی برای الزامات فناوری و راه‌کارهای فناورانه مرتبط است" که هدف از آن "توانمند کردن محصولات یا خدمات مرتبط به‌منظور دستیابی به الزامات ایمنی تعیین‌شده یا الزامات ورود به بازار است"[۲۶ و ۲۹].

استانداردسازی مجموعه‌ای از فرایندها است که منجر به تشکیل استانداردهای فنی می‌شود. از دیدگاه پژوهشگران در مرجع[۳۰] فرایندهای استانداردسازی فناوری شامل فرایند شکل‌گیری استاندارد فناوری و انتشار آن است. شکل‌گیری استاندارد فناوری، درواقع، نوعی فرایند تنظیم‌گری است که انطباق و ترکیب اجزای متغیر فناوری را تسهیل می‌کند به‌گونه‌ای که موجب تقویت نوآوری و توسعه فناوری شود. انتشار استاندارد فناوری نیز اشاره به فرایندهای خاصی دارد که از تدوین استاندارد تا پیاده‌سازی و استقرار آن را دربر می‌گیرد. میل به توسعه فناوری، تغییر تقاضای بازار و کشف و جستجوی فناوری نوآورانه موجب تحریک و تقویت فرایند استانداردسازی فناوری می‌شود[۲۹].

بیشتر پژوهشگران تصریح می‌کنند که استانداردسازی بخشی از فرایند تحقیق‌وتوسعه بوده و عوامل بسیاری وجود دارند که می‌توانند استانداردسازی فناوری را تحت تاثیر قرار دهند. فناوری، محور استاندارد بوده و یکی از پیش‌نیازهای استانداردسازی به‌شمار می‌آید. آن‌ها همچنین به این نکته اشاره می‌کنند که بیشتر استانداردهای فناوری ناشی از نوآوری فناوری بوده است[۳۰].

پژوهشگران در مرجع[۱۱] تصریح می‌کنند که استانداردسازی فناوری به‌طور مستقیم و ازطریق مدون کردن تجربه‌های فناورانه و انباشت‌شده و ایجاد مبنایی برای ظهور فناوری‌های جدید، نوآوری را تحریک می‌کنند. استانداردها همچنین نوآوری را به‌طور غیرمستقیم تحریک می‌کنند، زیرا آن‌ها موجب افزایش رقابت‌پذیری جهانی می‌شوند که در نتیجه آن، نوآوری تحریک می‌شود. دانشمندان در مرجع[۲۱] با استفاده از روش دلفی به شناسایی زمینه‌های آینده استانداردسازی مبتنی‌بر شاخص‌های مختلف علم و فناوری پرداختند.

8 Terminology
9 Metrology
10 Integrated Standardization
11 International Organization for Standardization

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مرجع[۳۳] استدلال می‌کند که استانداردسازی فناوری و نوآوری فناوری در عین این‌که می‌توانند همدیگر را تقویت کنند، ممکن است برای هم ممانعت هم ایجاد نمایند. نوآوری فناوری یک پیش‌شرط کافی برای استانداردسازی فناوری بوده و متقابلا استانداردسازی فناوری مبنای پیاده‌سازی و اجرای نوآوری فناورانه است و آن را تضمین می‌کند. پژوهشگران در مرجع[۳۴] همچنین تصریح می‌کنند که استانداردسازی فناوری مبنای نوآوری فناوری است و اشاره می‌کنند که می‌تواند جهت آن را نیز تعیین کند.

۲-۴- پیشینه تحقیق درخصوص ارتباط استانداردسازی و نوآوری در فناوری‌های نوظهور

نقش استانداردسازی و استاندارد در پژوهش‌وتوسعه برای اولین‌بار در پروژه "یکپارچه‌سازی پژوهش و استانداردسازی" به‌طور جامع توسط مرجع[۱۳] بررسی شده‌است. مدل مفهومی آن‌ها از نقش استانداردها در مراحل مختلف فرایند پژوهش و نوآوری، نه‌تنها در حوزه فناوری نانو بلکه در تمامی حوزه‌های پژوهش‌وتوسعه قابل تایید است.

اداره کسب‌وکار، نوآوری و مهارت‌ها(BIS)[۱۲] و موسسه استاندارد بریتانیا[۱۳] اولین پژوهش‌های جدی را درخصوص رویکردهای بین‌المللی توسعه استانداردها در حمایت از فناوری‌های نوظهور راه اندازی کرده‌اند[۴۱].

در سال ۲۰۱۰، موسسه ملی استاندارد و فناوری(NIST) در ایالات متحده به‌منظور هماهنگ‌کردن توسعه استانداردهای شبکه هوشمند، پذیرش استانداردهای مربوطه را در رهنگاشت فناوری در خارج از کشور آغاز کرد[۳۷، ۳۹ و ۴۰].

اتحادیه اروپا در پروژه رهنگاشت(TESSY)[۱۴] توجه ویژه‌ای به موضوعات و چالش‌های مرتبط با زمان‌بندی استانداردسازی می‌کند و چهار مرحله متوالی استانداردسازی را به‌عنوان بخشی از مقررات مشخص می‌کند[۴۹].

پژوهشگران در مرجع[۴۱] برخی از رویکردهای بین‌المللی را به‌منظور پشتیبانی از استانداردسازی در فناوری‌های نوظهور در نظام ملی نوآوری ایالات‌متحده و آلمان، تحلیل کرده‌اند.

اقدامات بالا ارزش ملاحظات مختلف را در زمان پیش‌بینی نیازهای استانداردسازی نشان می‌دهد. با این‌حال، هیچ یک از مطالعات به‌طور کامل و به‌طور نظام‌مند تمامی این ملاحظات را بررسی نمی‌کند.

پژوهشگران در مرجع[۱۹] با مطالعه موردی فناوری‌های زیست‌شناسی مصنوعی، ساخت‌افزودنی و شبکه هوشمند، چارچوبی برای پیش‌بینی نیازهای استانداردسازی در فناوری‌های درحال ظهور ارائه می‌کنند. آن‌ها در پژوهش خود با بهره‌گیری از رهنگاشت فناوری توانستند هماهنگی و توالی فعالیت‌های نوآوری را در طول زمان با ملاحظات راهبردی استانداردسازی ترکیب کنند.

مرجع[۲۵] نیز چارچوبی برای پیش‌بینی و تحلیل نظام‌مند و جامع از چگونگی پشتیبانی استانداردسازی از نوآوری با مطالعه موردی فناوری فتوولتائیک ارائه می‌کنند. چارچوب پیشنهادی آن‌ها ابعاد بیشتری از استانداردسازی را دربرمی‌گیرد و نسبت به چارچوب پیشنهادی مرجع [۱۹] جامع‌تر است. اما هردو چارچوب صرفا به‌عنوان ابزاری برای آینده‌نگاری و استانداردسازی راهبردی استفاده می‌شوند و برهم کنش‌ها و رابطه بین فرایند استانداردسازی یکپارچه و نوآوری را بررسی نمی‌کنند. جدول شماره ۱، تمرکز مدل‌ها و چارچوب‌های حامی استانداردسازی در این زمینه را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.

جمع‌بندی پیشینه پژوهش مفاهیم و زمینه‌های کلیدی زیر را درخصوص رابطه بین استانداردسازی و فناوری‌های نوظهور به‌شرح زیر مشخص می‌کند که در این پژوهش مبنای مقایسه‌ها و تحلیل-های بعدی قرار خواهد گرفت.

- رویکردها و روندهای استانداردسازی فناوری؛
- سیاست‌ها، چارچوب‌ها و برنامه‌های پشتیبان استانداردسازی فناوری نوظهور؛
- گونه‌های مختلف استانداردهای فناوری و زمان‌بندی نقش آن‌ها در مراحل چرخه عمر فناوری (مانند تحقیق‌وتوسعه، پژوهش‌های کاربردی، و آزمایشگاهی و انتشار نوآوری فناورانه)؛
- نقش و چگونگی مشارکت نهادها، سازمان‌ها و ذی‌نفعان مختلف در فرایندهای استانداردسازی فناوری.

۳- روش‌شناسی

این پژوهش با رویکرد کیفی انجام شده و روش‌های مورد استفاده در این پژوهش، در وهله اول مطالعات اسنادی شامل مقاله‌ها، کتاب‌ها، وبگاه‌های مرتبط و به‌ویژه گزارش‌های پژوهشی و مدیریتی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط در حوزه فناوری نانو و در

12 The UK Department of Business, Innovation and Skills
13 British Standards Institution
14 The EU Towards a European Strategy in Synthetic Biology

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

وهله دوم، مقایسه تطبیقی موردمحور[15] است که با تاکید بر فعالیت‌ها، برنامه‌ها و چارچوب‌های پشتیبان استانداردسازی در زمینه فناوری نانو در ایالات‌متحده، آلمان، چین و ایران صورت پذیرفته‌است. تحلیل تطبیقی به معنای توصیف و تبیین شباهت‌ها و تفاوت‌های شرایط یا پیامدها در بین واحدهای اجتماعی بزرگ مقیاس است. منطق پژوهش تطبیقی در درجه نخست بر این نکته تاکید می‌کند که اندیشه مکانیکی و ساده‌انگارانه به جهان اجتماعی با ماهیت واقعیت‌های این جهان سازگاری ندارد؛ زیرا الگوهای متفاوت توسعه و تحول، تاییدکننده الگوهای محتمل و تصادفی است تا الگوهای جبری و تعین‌گرای تاریخی-اجتماعی. این مطالعه دارای ماهیت توصیفی، تبیینی و تحلیلی است که به‌همان اندازه که نیازمند دانش تکنیکی به‌لحاظ روش‌شناختی است، مستلزم دانش نظری است[۴].

داده‌های این پژوهش به‌صورت کمی و کیفی گردآوری شده و سپس مبنای مقایسه‌ها قرار گرفته‌اند. دلیل استفاده از مقایسه تطبیقی موردمحور در این پژوهش، تبیین و توصیف نقاط اشتراک و افتراق رویکردها، نظام‌ها و الزامات استانداردسازی یک فناوری نوظهور(با مطالعه موردی فناوری نانو) در بین کشورهای منتخب بوده که به‌منظور تحلیل‌های مقایسه‌ای از ابزارهای تحلیلی کمی مانند آمار توصیفی، نمودارها و همچنین، از ابزارهای کیفی مانند جداول مقایسه‌ای استفاده شده‌است.

ازسوی دیگر، استفاده از روش مقایسه‌ای از سه جهت اهمیت دارد، اول این که آگاهی پژوهش‌گر را از کشورهای مختلف افزایش می‌دهد، دوم، این روش، پژوهش‌گر را از تعمیم‌های بی‌جا باز می‌دارد. و سوم، استفاده از تجربیات سایرین و یا به عبارت دیگر عبرت‌آموزی مورد مهمی است که از دلایل استفاده از این روش در پژوهش حاضر است[۹].

همچنین، نتایج حاصل از طریق مصاحبه با ۴ نفر از آگاهان و سیاست‌گذاران استانداردسازی در ستاد ویژه توسعه فناوری نانو تکمیل و صحه‌گذاری شده‌است. فهرست مصاحبه‌شوندگان در جدول شماره ۲ آمده‌است.

جدول ۱: جمع‌بندی مدل‌ها و چارچوب‌های حامی استانداردسازی فناوری‌های نوظهور

مراجع	مرجع [۴۴]	مرجع [۱۳]	مرجع [۱۹]	مرجع [۲۴]
تمرکز تحلیل‌ها	چرخه عمر فناوری	فرایندهای پژوهش و نوآوری	پیش‌بینی نیازهای استانداردسازی در نوآوری فناوری‌های نوظهور به‌عنوان ابزاری برای آینده‌نگاری راهبردی	پیش‌بینی نیازهای استانداردسازی و یکپارچه‌کردن ابعاد استانداردسازی در حمایت از نوآوری‌های فناورانه پیچیده به‌عنوان ابزاری برای آینده‌نگاری راهبردی
فناوری مورد مطالعه	فناوری اطلاعات و ارتباطات	فناوری نانو	زیست‌شناسی مصنوعی[16]، ساخت‌افزودنی[17]، و شبکه هوشمند[18]	انرژی فتوولتائیک
اجزای مدل	زمان‌بندی یا توالی، فعالیت‌های نوآورانه، گونه‌های استانداردها	فعالیت‌های نوآورانه و گونه‌های استانداردها	زمان‌بندی یا توالی، فعالیت‌های نوآورانه، گونه‌های استانداردها، و ذی‌نفعان درگیر در فرایند استانداردسازی	زمان‌بندی یا توالی، فعالیت‌های نوآورانه، گونه‌های استانداردها، ذی‌نفعان درگیر در فرایند استانداردسازی، محل استانداردسازی، چگونگی انجام استانداردسازی
ویژگی‌های مدل	• مدل فقط با تمرکز بر بافتار فناوری ارتباطات و اطلاعات توسعه یافته‌است؛ • تأکید مدل بیش‌تر بر زمان‌بندی استانداردسازی است؛ • فرایند استانداردسازی فناوری موردتوجه نبوده‌است.	• هر چند تمرکز بر بافتار فناوری نانو بوده، اما با تأکید بر فرایند تحقیق‌وتوسعه انجام شده‌است؛ • تأکید بیش‌تر بر مطالعه کارکردی گونه‌های استانداردها در فرایند تحقیق و توسعه و نوآوری است؛ • فرایند استانداردسازی فناوری موردتوجه نبوده‌است.	• تمرکز مطالعه روی سه فناوری نوظهور زیست‌شناسی مصنوعی، ساخت‌افزودنی و شبکه هوشمند است؛ • مدل بیش‌تر با هدف ارائه یک ابزار آینده‌نگاری راهبردی در زمینه استانداردسازی توسعه یافته‌است؛ • فرایند استانداردسازی فناوری موردتوجه نبوده‌است.	• تمرکز مطالعه روی فناوری فتوولتائیک است؛ • مدل بیش‌تر با هدف ارائه یک ابزار آینده‌نگاری راهبردی در زمینه استانداردسازی توسعه یافته‌است؛ • فرایند استانداردسازی فناوری موردتوجه نبوده است.

15 Cases oriented
16 Synthetic biology
17 Additive manufacturing
18 Smart grid

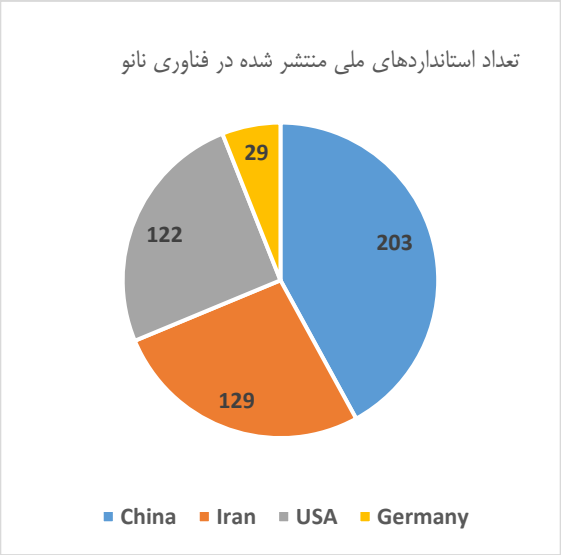
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۴- یافته‌ها و تحلیل‌های تطبیقی در کشورهای منتخب

۴-۱- وضعیت استانداردسازی ملی فناوری نانو

فناوری نانو به‌عنوان یک فناوری درحال ظهور دارای ویژگی عدم‌قطعیت و ابهام است. با وجود پتانسیل بالا و ارزش تثبیت شده فناوری نانو، هنوز هم کاربرد این فناوری با عدم‌قطعیت‌هایی مواجه است که این موضوع بیشتر مربوط به تنوع و تعدد بخش‌ها و کاربردهای صنعتی آن، پیچیدگی سیستم و بلوغ فناوری می‌شود. این باور در میان اجتماع صنعتی و توسعه‌دهندگان این فناوری وجود دارد که استانداردسازی آن(مانند روش‌های آزمون و سایر) تاحدود زیادی می‌تواند به مدیریت و کاهش این عدم‌قطعیت‌ها کمک کند. امروزه، استانداردسازی فناوری تاثیر بالقوه زیادی روی مقررات و تنظیم‌گری‌ها دارد[۱۴]. سازمان‌های بین‌المللی، منطقه‌ای و ملی مانند ISO، IEC[19] و CEN[20] نهادهایی مهم بوده که هر یک دارای کمیته‌های فنی مختص فناوری نانو هستند و استانداردهای مرتبط با فناوری نانو را تدوین می‌کنند. کشورهای پیشرو در فناوری نانو، کمیته‌های ملی متناظر با نهادهای بین‌المللی استانداردسازی را نیز ایجاد کرده و همزمان با مشارکت در استانداردسازی بین‌المللی، استانداردهای ملی خود را نیز توسعه می‌دهند. تا تاریخ ژوئن ۲۰۲۱، ۲۳۲۹ استاندارد ملی در ۴۳ کشور منتشر شده‌است[۴۶]. شکل شماره ۲، تعداد استانداردهای ملی منتشر شده در سه کشور ایالات‌متحده، آلمان، چین و ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۲: مقایسه تعداد استانداردهای ملی منتشر شده توسط کشورهای مورد مطالعه در این پژوهش[۴۶]

همان‌گونه که در شکل شماره ۲ مشخص است، ایران پس از چین، بیشترین تعداد استانداردهای ملی منتشر شده را دارد. پس از آن، با فاصله کمی ایالات‌متحده و در نهایت آلمان با فاصله زیاد قرار دارد. این آمار وضعیت مناسب استانداردسازی ملی را در کشور و همین‌طور در مقایسه با کشورهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. وضعیت مناسب تدوین و انتشار استانداردهای ملی از یک سو می‌تواند به بهبود فضای کسب‌وکار و تجارت در کشور کمک کند و از سویی دیگر پشتوانه‌ای برای استانداردسازی بین‌المللی محسوب شده و می‌تواند جایگاه کشور را در سطح استانداردسازی و تجارت بین‌المللی ارتقا دهد. هرچند، این مهم مستلزم ترویج، پیاده‌سازی و اجرای استانداردهای تدوین و منتشر شده در صنایع مرتبط می‌باشد.

جدول ۲: اطلاعات مصاحبه‌شوندگان

ردیف	سازمان/شرکت	سطح تحصیلات	سابقه خدمت (سال)
۱	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	دکتری	۳۰
۲	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	دکتری	۲۰
۳	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	دکتری	۱۵
۴	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	کارشناسی ارشد	۱۶

۴-۲- رویکردهای استانداردسازی فناوری نانو

برخلاف آلمان و چین و بیشتر ایران، نظام استانداردسازی در ایالات‌متحده غیرمتمرکزتر و تخصصی‌تر است. مانند بیشتر کشورهای اتحادیه اروپا، تدوین و تنظیم استانداردها و استانداردسازی فناوری‌های نوظهور در ایالات‌متحده داوطلبانه و بازارمحور بوده و براساس فعالیت‌های بخش خصوصی اداره می‌شود. بااین‌حال، در برخی از فناوری‌های نوظهور مانند فناوری نانو، نیازهای کلیدی ملی مهم بوده و از این‌رو، دولت فدرال ممکن است نقشی اساسی به‌عنوان مشارکت‌کننده یا هماهنگ‌کننده به‌ویژه در مراحل اولیه چرخه عمر یک فناوری نوظهور داشته‌باشد.

19 International Electrotechnical Commission

20 European Committee for Standardization

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

از مشخصه‌های بارز رویکردهای استانداردسازی در ایالات‌متحده، غیرمتمرکزسازی و تنوع سازمان‌های تدوین و توسعه استانداردهای مرتبط با فناوری، وجود انجمن‌های تخصصی و بازارمحور برای پاسخ اثربخش به نیازهای استانداردسازی یک فناوری نوظهور(با تمرکز بر فناوری نانو)، این نهادها شامل جوامع فنی حرفه‌ای، انجمن‌های صنعتی و تجاری، سازمان‌های تدوین و توسعه استانداردها و کنسرسیوم‌ها هستند. نقش محوری و کارکرد هماهنگ‌کنندگی موسسه ملی استانداردهای آمریکا[۲۱] و موسسه ملی استانداردها و فناوری شامل تشکیل جلسات و فعالیت‌های هماهنگی پنل‌های توسعه استاندارد برای فناوری‌های نوظهور در حوزه نیازهای اساسی ملی است[۴۱].

در مقایسه با ایالات‌متحده، نظام استانداردسازی در آلمان بیش‌تر دارای یک ماهیت تمرکزگرا با محوریت موسسه استانداردسازی آلمان[۲۲] بوده که مسئول بیشتر فعالیت‌های استانداردسازی است. برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های نظام استانداردسازی در آلمان را در حوزه فناوری‌های نوظهور با تمرکز بر فناوری نانو، نقش هماهنگ‌کنندگی و تامین بودجه توسط دولت فدرال به‌منظور ایجاد یک محیط حامی برای فعالیت‌های استانداردسازی، رویکرد متناسب(بومی) اتخاذ شده توسط موسسه استانداردسازی آلما(DIN) برای حمایت از فناوری‌های نوظهور، نقش مهم جوامع حرفه‌ای در کمک به کار استانداردسازی و ارزیابی پتانسیل استانداردسازی در بخش‌های نوظهور، مشارکت با اجتماعات تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و نهادهای علمی برای کمک به تعریف سرفصل‌ها و برنامه‌های استانداردسازی در DIN و ارزیابی پروژه‌های پژوهشی برای اولویت‌های استانداردهای خاص است[۴۱].

تا چند سال پیش، رویکرد چین در نوآوری و استانداردسازی نقش چندانی در دیپلماسی اقتصاد بین‌المللی نداشت، اما با افزایش قدرت اقتصادی چین، این نقش به‌طور چشم‌گیری تغییر کرده‌است. باتوجه به تفاوت‌های اساسی چین با ایالات‌متحده در سطوح توسعه و نهادهای اقتصادی، رویکردهای آن‌ها در سیاست‌های استانداردسازی و نوآوری کاملا متفاوت است[۸]. برخلاف نظام استانداردسازی پایین به بالا و مبتنی بر بازار و بخش خصوصی در ایالات‌متحده، چین بیش‌تر متکی‌بر نقش دولت در تعریف و تبیین اهداف راهبردی و پارامترهای کلیدی است و از این نظر به آلمان و ایران شبیه‌تر است. چالش اصلی چین، توسعه سریع و فرارسی[۲۳] با سطوح بهره‌وری و درآمد ایالات‌متحده، اتحادیه‌ی اروپا و ژاپن است. تقویت ظرفیت نوآورانه داخلی چین، نقشی کلیدی در تحولی پایدار برای اقتصاد آن دارد. از سال ۱۹۷۰ تاکنون، نظام اقتصادی چین از یک نظام بسته، متمرکز و برنامه‌ریزی‌شده به یک نظام مبتنی بر بازار تحول یافته که در سال ۲۰۱۰، آن را به بزرگ‌ترین صادرکننده جهان تبدیل کرده‌است، اما همچنان دولت مرکزی نقش قدرتمند خود را در نظام استانداردسازی چین حفظ کرده است[۸]. از مهم‌ترین ویژگی‌های نظام استانداردسازی چین، ایفای نقش مهم پیش‌برنده، توانمندساز و هماهنگ‌کننده سیاست‌های یکپارچه استانداردسازی و نوآوری توسط دولت، تبدیل‌شدن دولت چین به یک همکار و در برخی از حوزه‌ها به یک راهبر در استانداردسازی بین‌المللی، نقش مهم مرکز ملی علم و فناوری نانو(NCNST) در پژوهش‌های بنیادین مرتبط با علم اندازه‌گیری و استانداردسازی فناوری نانو، مداخله در نظام بین‌المللی با هدف بلندمدت خلق فناوری‌های دارای ثبت‌اختراع ضروری[۲۴] برای استانداردهای جهانی و بهره‌برداری از افزایش نفوذ جغرافیای سیاسی خود برای ارتقا و ترویج مجموعه قوانین جدید برای استانداردسازی بین‌المللی و درنتیجه متحول‌کردن نظام استانداردسازی بین‌المللی است[۸ و ۲۰].

در مقایسه با ایالات‌متحده و آلمان، نظام استانداردسازی در ایران ماهیتی کاملا متمرکز با محوریت سازمان ملی استاندارد ایران داشته که مسئول تمامی فعالیت‌های استانداردسازی است. اما باتوجه به تعدد فعالیت‌ها و مسئولیت‌های محوله که خارج از توان محدود سازمان ملی استاندارد بوده و هم‌چنین، اهمیت موضوع استانداردسازی فناوری نانو برای توسعه و تجاری‌سازی این فناوری، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به‌عنوان متولی رسمی توسعه فناوری نانو در کشور، از همان سال‌های آغازین تشکیل خود، به موضوع استاندارد و ایمنی فناوری نانو توجه نمود و یک گروه داخلی با عنوان کمیته استانداردسازی فناوری نانو ایجاد کرد. با توسعه برنامه‌ها و فعالیت‌های ستاد در زمینه استاندارد و ایمنی، این کمیته توسعه پیدا کرد و با آغاز اجرای دومین سند راهبردی ملی توسعه فناوری نانو کشور به "گروه استاندارد و ایمنی" تبدیل شد. هرچند، در سایر زمینه‌های فناوری‌های

21 American National Standards Institute (ANSI)
22 German Institute for Standardisation (DIN)
23 Catch up

۲۴ استانداردها اغلب شامل فناوری‌هایی هستند که توسط ثبت‌اختراعات محافظت می‌شوند. ثبت اختراعی که از فناوری ضروری برای یک استاندارد محافظت می‌کند، ثبت‌اختراع ضروری استاندارد نامیده می‌شود[۱].

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نوظهور در ایران، جدیت، تمرکز و انسجام چندانی در فعالیت‌های استانداردسازی مشاهده نمی‌شود. اهداف این کمیته شامل موارد زیر است:

- تدوین و توسعه استانداردهای ملی؛
- مشارکت فعال در توسعه استانداردهای بین‌المللی؛
- ترویج استانداردهای ملی و بین‌المللی برای صنایع و سازمان‌های صنعتی؛
- ایجاد یک نظام تنظیم‌گری شفاف و کارآمد برای پشتیبانی از توسعه پایدار فناوری نانو در کشور؛
- ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز با رویکرد شبکه‌ای مانند ایجاد تجهیزات آزمایشگاهی و آزمایشگاه‌های مرجع؛
- درگیر کردن شرکت‌های خصوصی برای مشارکت اثربخش در تدوین استانداردهای ملی[۴۵].

با وجود اهداف تعیین‌شده و تلاش‌های کمیته استانداردسازی نانو در سطح ملی، تحقق این اهداف تا به امروز به‌دلیل کاستی‌ها و کمبودهای نظام ملی استانداردسازی در ایران، با چالش‌هایی مواجه بوده‌است. چالش‌هایی مانند عدم سرمایه‌گذاری‌های دولت، شرکت‌ها و سازمان‌های ذی‌نفع و ذی‌ربط در حوزه تدوین استانداردهای جدید ملی و بین‌المللی، نگرش‌های صرف آکادمیک و غیرحرفه‌ای دانشگاهیان و پژوهشگران و فقدان آگاهی لازم از دانش استانداردسازی درمیان این گروه ذی‌نفعان، عدم‌اطلاع‌رسانی کافی و ترویج درخصوص اهمیت استانداردها و استانداردسازی برای عموم و صنایع و مراکز پژوهشی در زمینه فناوری‌های نوظهور مانند نانو، نبود تجهیزات سخت‌افزاری و آزمایشگاهی پیشرفته به‌ویژه در حوزه نانومترولوژی، نیاز به ارتقا و توسعه دستگاه‌ها و تجهیزات موجود، عدم‌سرمایه‌گذاری کافی برای ساخت و یا تامین تجهیزات آزمایشگاهی و آزمون در داخل کشور و وابستگی به سایر کشورها، نبود نظارت و مدیریت یکپارچه روی کالیبراسیون و نظام‌های اندازه‌گیری استاندارد در داخل کشور، نبود استانداردهای مرجع، عدم مهارت کافی و به‌روز نبودن دانش برخی از اپراتورهای آزمایشگاه‌های آزمون به‌دلیل نبود آموزش‌های لازم و کافی و یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در صنعت نبود ضمانت اجرایی لازم برای پیاده‌سازی و استقرار استانداردهای کیفیت و ایمنی محصولات، مواد و فرایندها و عدم‌استقرار نظام تضمین کیفیت در صنایع است[۲۵]. به‌عنوان مثال مدیر استانداردسازی ستاد درباره چالش نبود استانداردهای کیفیت چنین می‌گوید: "اگر قرار باشد تکلیف شرکت‌های ما را در حوزه نانو ... دیگران تعیین کنند، بایستی در زمین آن‌ها بازی کنیم. مثلا محصول نانوکلی[۲۶] که برای آن استانداردی وجود نداشت. بین خریدار و فروشنده فقط یک توافق فی مابین وجود داشت". و یا دیگری درخصوص نقش منفعل سازمان ملی استاندارد چنین شرح می‌دهد: "کاری که سازمان استاندارد ما انجام داده، پخش کردن مسئولیت‌هایش بوده‌است که در بخش‌های مختلف گفته شما استانداردها را بنویسید و درنهایت بر انطباق این استانداردها با استانداردهای بین‌المللی نظارت خواهم داشت. انعکاس این امر در تعداد استانداردهای بین‌المللی است که آمار آن بسیار پایین است".

همچنین، درباره چالش نانومترولوژی که در توسعه فناوری نانو موضوعی بسیار حیاتی است، مشاور ارشد استانداردسازی ستاد چنین می‌گوید: "... چرا که یک ماموریت حاکمیتی ما این بود که این امر را در بحث بین‌المللی مترولوژی بگنجانیم. متوجه شدیم که سازمان[ملی استاندارد] یک بدهی به میزان ۲۰ یا ۲۵ میلیون دلار بابت عدم‌پرداخت حق عضویت داشتند و متاسفانه اسم این سازمان از نهاد بین‌المللی مرتبط با مترولوژی خط خورده بود ... متاسفانه این کار ما به‌جایی نرسید و نتیجه‌ای دربر نداشت. البته برای انجام آن کار می‌بایست بدهی پرداخت شود، که این کار نشدنی بود که کل بدهی سازمان استاندارد را ما متقبل شویم ... زمانی‌که نتوانید نظام مترولوژی را در کشور پیاده کنید و آن را به‌معنای واقعی کلمه نهادینه کنید، پس بحث‌های دیگر بیهوده است".

برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های نظام استانداردسازی در ایران را در حوزه فناوری نانو شامل نقش هماهنگ‌کنندگی و تامین بودجه گروه استاندارد و ایمنی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به‌منظور ایجاد یک محیط حامی برای فعالیت‌های استانداردسازی، نقش فعال ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و نقش منفعل سازمان ملی استاندارد در تدوین سیاست‌ها و استانداردها، مشارکت گروه استاندارد و ایمنی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در فعالیت‌های استانداردسازی بین‌المللی و منطقه‌ای، تلاش درجهت کمک به ایجاد زیرساخت‌های لازم برای اجرای استانداردهای فناوری نانو و نظارت بر آن‌ها(مانند فعالیت‌های آموزشی و ترویجی، نانونماد) در ستاد ویژه توسعه فناوری نانو است[۶]. جدول شماره ۳، مقایسه بین رویکردهای استانداردسازی در حوزه فناوری نانو را در کشورهای منتخب نشان می‌دهد.

۴-۳- سیاست‌ها و چارچوب‌های پشتیبان استانداردسازی

۲۵ جمع‌بندی مصاحبه با آگاهان کلیدی

۲۶ Nanoclay

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

فناوری نانو

در ایالات‌متحده، پیشرفت در علم اندازه‌گیری در مقیاس نانو، استانداردهای مرتبط با آن و فناوری نانو یکی از ماموریت‌های مهم در NIST است که با هدف ارتقای رقابت‌پذیری صنعتی و توسعه نوآوری پایه‌ریزی شده‌است. از پژوهش‌های مرتبط با لبه فناوری گرفته تا هماهنگی و توسعه استانداردهای تجاری، برنامه‌ها و سیاست‌های این نهاد، همه به‌طور مستقیم درجهت برآوردن اولویت‌های اساسی اقتصاد ملی و حیات جامعه است[۳۷]. برنامه پژوهشی با عنوان اختصاری nano-EHS[۲۷] در سال ۲۰۰۹، که توسط یک کمیته فرعی در اداره سیاست علم و فناوری کاخ سفید راهبری می‌شد، در راستای پاسخ به نیازهای دولتی در حوزه فناوری نانو بوده و تا سال ۲۰۱۶ نیز ادامه یافت. هدف این برنامه که با همکاری سایر نهادهای پژوهشی و دولتی انجام گرفت، تامین یک زیرساخت اندازه‌گیری(به‌منظور انجام فعالیت‌های پژوهشی استانداردسازی و اندازه‌شناسی) فراگیر در این زمینه بود. زیرساختی که بتواند ابزار، روش‌ها، پروتکل‌ها، استانداردهای مبنا، مواد و مرجع، مدل‌ها و داده‌ها و سایر اطلاعات را برای کشور فراهم نماید. از این‌رو، همواره، رسیدگی و پی‌گیری موضوعات و مسائل استانداردسازی در سیاست‌های دولتی مرتبط با فناوری‌های نوظهور که مربوط به نیازهای اساسی ملی هستند، محور سیاست‌های استانداردسازی فناوری‌های نوظهور در ایالات‌متحده بوده است. به‌ویژه دولت در مراحل اولیه توسعه فناوری‌های نوظهور که عدم‌قطعیت‌ها بسیار بالا بوده و موجب درگیری و مشارکت کمتر بخش خصوصی می‌شود در زمینه‌های فراهم کردن پلتفرم‌های فناوری، بازارسازی، تعیین مقررات، تعامل‌پذیری و ... مشارکت می‌کند. برخی از سیاست‌های مهم استانداردسازی در ایالات‌متحده شامل راهبردها، مطالعات و کمیته‌ها شامل راهبرد استانداردهای ایالات‌متحده، مشارکت دولت فدرال در مطالعه فعالیت‌های استانداردسازی به‌منظور رسیدگی به اولویت‌های ملی، کمیته بین سازمانی درخصوص سیاست استانداردها(ICSP) (یک نهاد مشاوره‌ای در زمینه سیاست‌های استانداردسازی) و کمیته فرعی NSTC در زمینه استانداردهاست[۳۲].

جدول ۳: مقایسه ویژگی‌ها و رویکردهای استانداردسازی در کشورهای منتخب[تحلیل پژوهش‌گران]

کشور	نظام استانداردسازی	نقش دولت	استانداردها
ایالات‌متحده	غیرمتمرکز و تخصصی	مشارکت‌کننده یا هماهنگ‌کننده به‌ویژه در مراحل اولیه چرخه عمر فناوری	داوطلبانه و مبتنی‌بر بازار- مشارکت بخش خصوصی
آلمان	ماهیتی تمرکزگرا و تخصصی	هماهنگ‌کننده و حامی	داوطلبانه و مبتنی‌بر بازار- مشارکت بخش خصوصی
چین	متمرکز با نقش فعال انجمن‌های تخصصی	پیش‌برنده، توانمندساز و هماهنگ‌کننده	ترکیبی از استانداردهای اجباری و داوطلبانه
ایران	متمرکز	هماهنگ‌کننده، توانمندساز و حامی	ترکیبی از استانداردهای اجباری و داوطلبانه

آلمان در حوزه فناوری نانو جایگاه بالایی در اروپا و جهان دارد و پژوهش‌های گسترده‌ای در خصوص نقش گونه‌های مختلف استانداردها در مراحل مختلف توسعه فناوری و تحقیق‌وتوسعه در حوزه نانو در این کشور انجام شده‌است. بااین‌حال، به‌عقیده پژوهش‌گران در مرجع[۱۳] آلمان نتواسته بود جایگاه برتر خود را حوزه پژوهش‌های نانو به جایگاه راهبردی و اول در استانداردسازی نیز تبدیل نموده و بتواند به‌خوبی از این مزیت برای هموار کردن مسیر تجاری‌سازی آینده فناوری نانو و همچنین زیربنایی برای نسل بعدی فعالیت‌های پژوهشی این حوزه استفاده نماید. در حوزه ثبت اختراعات و انتشارات مقالات و گزارش‌های پژوهشی، در سال ۲۰۰۹، آلمان رتبه اول را در تحقیقات علم و فناوری نانو در اروپا کسب کرد و از پیش‌شرط‌های لازم برای ایفای نقشی اصلی در تجاری‌سازی فناوری نانو برخوردار بود. در آن زمان، شرایط آلمان از انگلستان بهتر بود و چیزی کمتر از ایالات‌متحده نیز نداشت. با این وجود، فعالیت‌های استانداردسازی آلمان در سطح ملی، منطقه اروپا و بین‌المللی دیرتر از این دو کشور شروع شد و در این زمینه انگلستان و ایالات‌متحده از آلمان در اروپا سبقت گرفتند. یکی از دلایل عمده این مسئله، تاخیر زمانی بین

27 Nanotechnology-related environmental, health, and safety issues

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

فعالیت‌های نظام پژوهشی و استانداردسازی در آلمان ذکر شده‌است[۱۳]. هر چند، در این کشور بعدها برنامه‌ها و سیاست‌های مناسبی به‌منظور پرکردن این شکاف و حل این چالش تعریف و اجرا شد. به‌عنوان مثال، در زمینه استانداردسازی فناوری‌های نوظهور، مشارکت دولت فدرال آلمان از طریق وزارت اقتصاد و فناوری(BMWi)[۲۸] منجربه تنظیم دو برنامه مهم شده و بودجه آن توسط BMWi تامین و مدیریت آن توسط DIN انجام شده‌است که با هدف یکپارچه‌سازی فعالیت‌های استانداردسازی در مراحل مختلف فرایند توسعه فناوری، به‌ویژه، در ابتدایی‌ترین مراحل توسعه انجام می‌شود. بنابراین، یکپارچگی نظام‌مند فعالیت‌های استانداردسازی در تمامی مراحل فرایند توسعه فناوری، از جمله سیاست EBN برای استانداردسازی مرحله تحقیق‌وتوسعه، سیاست TNS برای انتقال نتایج تحقیق‌وتوسعه ازطریق استانداردسازی، برنامه INS برای نوآوری با استانداردها می‌باشد. در واقع، این سیاست‌ها و برنامه‌ها برای جبران کمبودهای فرایندهای استانداردسازی رسمی تدوین شدند[۴۱]. زیرا، فرایند تدوین استانداردهای رسمی زمانی روی می‌دهد که مرحله تحقیق‌وتوسعه خاتمه یافته باشد و همچنین، مستلزم زمان مدیدی است.

درحالی‌که ایالات متحده سردمدار سرمایه‌گذاری جهانی در زمینه تحقیق‌وتوسعه فناوری نانو بوده، چین نیز به‌سرعت به یک بازیگر جهانی نوظهور تبدیل شده‌است. حدود سال ۲۰۰۵، چین در جایگاه دوم سرمایه‌گذاری در فناوری نانو پس از ایالات‌متحده قرار داشت و به‌عنوان رهبر جهانی در زمینه فناوری و ساخت نانوتیوب کربنی ظهور یافت[۱۲]. چین همچنین، در حوزه ساخت پوشش‌های نانویی، رنگ‌های نانو ضد خوردگی، پلاستیک‌های یخچالی، فیلترهای نانویی برای تهویه هوا، نانومواد‌های به‌کار رفته در اپتیک و تولید منسوجات و پارچه‌های نانویی پیشرو است. از طرفی با افزایش تعداد ثبت اختراعات، توانمندی چین در کاربردهای تجاری فناوری نانو به اثبات رسیده است[۲۸]. برنامه‌های علم و فناوری چین حول یک معماری سیاست مرکزی واقع شده که توسط دنگ زیااوپینگ در سال ۱۹۸۶ اعلان عمومی شده، برنامه ملی تحقیق و توسعه فناوری پیشرفته که به‌عنوان برنامه ۸۶۳ شناخته می‌شود. برنامه ۸۵۳ با هدف ارتقای توسعه فناوری‌های مواد نوین کلیدی و ساخت پیشرفته برای افزایش رقابت پذیری صنعتی شامل نانو مواد تدوین شد[۳۶]. باتوجه به موفقیت این برنامه، دولت سرمایه‌گذاری جدیدی در زمینه پژوهش‌های بنیادین مواد و ساختارهای نانویی(مانند نانو تیوب‌های کربنی) با عنوان برنامه ملی پژوهش بنیادین چین(برنامه ۹۷۳) در سال ۱۹۹۷ انجام داد. این برنامه که مکمل برنامه قبلی بوده و موجب توسعه ظرفیت و دانش محلی در زمینه فناوری نانو شد، بیشتر حامی پژوهش‌های بنیادی است. دو پروژه مهم و اساسی که تحت برنامه ۹۷۳ اجرا شد، مرتبط با استانداردسازی رویه‌ها و پروتکل‌های ارزیابی و آزمون بود که چارچوبی پایه برای تنظیم‌گری نانو مواد فراهم کرد. اولین پروژه، استانداردسازی تکنیک‌های کلیدی اندازه‌گیری در فناوری نانو بود که توسط پروفسور جیانگ چاآو در مرکز ملی علم و فناوری نانو اجرا شد و دومین پروژه، سنتز کنترل شده مواد مرجع در اندازه نانومتر برای اندازه‌شناسی و اندازه‌گیری، مقیاس‌گذاری و استانداردسازی روش‌های ساخت نانویی بوده که توسط پروفسور وو زیاآوچون در همان مرکز به انجام رسید. هر دوی این پروژه‌ها مبتنی‌بر یک سری از روش‌ها و پروتکل‌های استاندارد برای ترازیابی پژوهش‌ها و یافته‌های علم نانو طراحی شدند[۱۲].

سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای استانداردسازی در زمینه نانو از سال ۱۳۸۲ با آغاز سایر فعالیت‌های مرتبط با فناوری نانو در کشور شروع شد. درسال ۱۳۸۴، استانداردسازی به‌صورت یک برنامه اجرایی با مسئولیت وزرات صنایع و معادن و وزارت بهداشت در سند راهبردی ده ساله اول توسعه فناوری نانو در ایران(۱۳۸۴-۱۳۹۳) موردتوجه قرار گرفت. براساس این سیاست‌ها، ایران در سال ۱۳۸۵ به عضویت کمیته فنی استانداردسازی بین‌المللی فناوری نانو در ISO درآمد. در این سند به موضوع ایمنی هم پرداخته شده بود. در راستای هدف دوم این سند که ایجاد زمینه مناسب برای بهره‌مندی از مزایای فناوری نانو در جهت ارتقای کیفیت زندگی مردم معین شده بود، برنامه‌ای با عنوان "بررسی اثرات مثبت و منفی بهداشتی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مرتبط با توسعه فناوری نانو که مانع دسترسی عمومی به محصولات آن می‌شوند"، نیز پیش‌بینی شد و مسئولیت اجرای این برنامه هم برعهده وزارت بهداشت و سازمان حفاظت از محیط‌زیست گذاشته شد. همزمان با تشکیل کمیته فنی استانداردسازی فناوری نانو در ایران، دبیرخانه این کمیته در ستاد نانو ایجاد شد تا فعالیت‌های مرتبط و همکاری با سازمان ملی استاندارد به‌صورت متمرکز پی‌گیری شود[۵].

در بازبینی سند نانو در سال ۱۳۸۷ که به تدوین سند

28 Ministry of Economics and Technology (BMWi)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

راهبردی تکمیلی دوم منجر شد، دو برنامه با سرفصل‌های ایجاد و توانمندسازی مرکز نانومترولوژی و توسعه تجهیزات آزمایشگاهی فناوری نانو و تدوین و اعمال استانداردهای ایمنی و کنترل کیفی و مکانیزم‌های نظارت بر آن‌ها اضافه شد. همچنین، در سند تکمیلی سوم که در دوره پایانی ده ساله اول توسعه نانو در کشور تدوین شد، برنامه‌ای که باز هم در حوزه زیرساخت علم و فناوری بود، با عنوان استاندارد، ایمنی و مقررات: تدوین استانداردهای ایمنی و کنترل کیفیت و کمک به ایجاد زیرساخت‌های لازم برای اجرا و نظارت بر آن‌ها در برنامه‌های اجرایی این سند درنظر گرفته‌شد[۵]. همان‌گونه که مصاحبه‌ها نیز تایید می‌کنند، سیاست‌های سند ده ساله دوم بیشتر معطوف به استانداردسازی محصولات نانویی است. چنانچه یکی از کارشناسان ستاد نانو نیز چنین شرح می‌دهد: "... درحال حاضر سند ده ساله دوم بیشتر روی محصولات، صنعت، بازار، تجاری‌سازی تمرکز کرده‌است. ده سال اول بیشتر در حوزهٔ ترویج و اطلاع‌رسانی در حوزهٔ فناوری نانو بود. به‌کار گرفتن دانشگاه‌های مختلف و بیشتر در خصوص آموزش‌های اولیه بود. ده سالهٔ دوم بیشتر بر استانداردسازی در جهت توسعهٔ محصولات تمرکز کرده‌است."

در واقع، به‌دلیل اهمیت سطح بین‌المللی، کار استانداردسازی در حوزه فناوری نانو با فعالیت‌های بین‌المللی و حضور در مجامع استانداردسازی بین‌المللی مانند ISO آغاز شد. به‌عنوان مثال یکی از سیاست‌گذاران این حوزه درباره اهمیت آن چنین می‌گوید: "... در واقع استانداردهای بین‌المللی برای این است که: ۱- با دانش استاندارد بین‌المللی آشنا شویم؛ آنها را یاد بگیریم و در این زمینه به‌روز باشیم؛ ۲- در فرایند و مذاکرات عقب نمانیم، بالاخره زمانی که متوجه شدیم چیزی استاندارد می‌شود، بتوانیم خود را به آن برسانیم؛ و یا اگر در جایی استاندارد بسیار سخت‌گیرانه می‌شود بتوانیم در آن خصوص اعمال‌نظر کنیم. حال اگر همه این اجزاء را کنار هم بگذاریم، خوب این احتمال وجود دارد که بتوانیم به نظام استاندارد برسیم".

بعد از مشارکت موفقیت‌آمیز در تدوین استانداردهای بین‌المللی، همان الگو برای تدوین استانداردهای ملی استفاده شد و کمیته‌های ملی با ساختاری مشابه با کمیته های متناظر ISO در حوزه‌های مختلف تشکیل شدند. جهت اجرای این سیاست، نهادهای تخصصی استانداردسازی در سطح وزارت‌خانه‌ها مانند کمیته فناوری نانو در سازمان غذا و دارو ایجاد شد. در حوزه ایمنی نیز افزون‌بر تمرکز بر موضوعات ترویجی، شبکه‌سازی صورت گرفته است[۵].

پیاده‌سازی استانداردها و اعطای نشان نانونماد و نظام نانومترولوژی با تمرکز بر آزمایشگاه مرجع ملی از سیاست‌ها و برنامه‌های قبلی و جاری در زمینه استانداردسازی فناوری نانو در ایران هستند که به‌دلایل ضعف‌های نهادی و عدم‌اختصاص بودجه موردنیاز هنوز به‌طور کامل به مرحله اجرا نرسیده‌اند. درباره اهمیت و ضرورت نانونماد، مشاور ارشد استانداردسازی ستاد نانو چنین شرح می‌دهد: "... درصورت عملکرد درست در این زمینه نانونماد بایستی به یک برند تبدیل شود؛ به این معنی خواهدبود که جایی مانند ستاد نانو یک نگاه راهبردی داشته‌است به این معنی که بحث پیاده‌سازی[استانداردهای فناوری] نانو باید وجود داشته‌باشد، نظارت بایستی انجام شود؛ ترویج و مسائل دیگر بایستی وجود داشته باشد تا نانونماد به یک برند پایدار تبدیل شود".

۴-۴- تمرکز موضوعات و محورهای استانداردسازی

پنل استانداردهای فناوری نانو در ANSI ایالات‌متحده در سال ۲۰۰۴ ایجاد شد و در زمینه‌های واژه‌شناسی و فرهنگ واژگان، سلامت، ایمنی و موضوعات زیست‌محیطی، خواص مواد، رویه‌های آزمون و اندازه‌گیری و تعیین ویژگی‌های مواد فعالیت می‌کند. ازسویی دیگر، کمیته E56 در ASTM در سال ۲۰۰۵ فعالیت‌های تدوین و توسعه استانداردهای مرتبط با فناوری نانو را آغاز کرد و خود به شش کمیته فرعی تقسیم می‌شود که نیازهای ملی را پاسخگو هستند[۴۵].

به‌عنوان مثال، پنل استانداردهای فناوری نانو ANSI (ANSI-NSP) یک نهاد هماهنگ‌کننده ملی برای تدوین استانداردهای مرتبط با فناوری نانو است که با تاکید ویژه بر استانداردهایی که ارتباط بیشتری با مراحل اولیه توسعه یک فناوری جدید دارند(مانند استانداردهای معنایی، واژه‌شناسی، خواص مواد، آزمون، اندازه‌گیری و مشخصه‌یابی)، تشکیل شده‌است. همچنین، آمریکا ریاست کارگروه محیط‌زیست، سلامت و ایمنی را در ISO برعهده داشته و در زمینه تدوین استانداردهای مرتبط با مسائل زیست‌محیطی، ایمنی و سلامت، بررسی خطرات فناوری نانو، تعیین تجهیزات حفاظتی شخصی، کنترل‌های مهندسی، دستورالعمل‌های ایمنی و ارزیابی سمی بودن و خطرات نانو مواد فعالیت می‌کند. در آلمان با مطالعاتی که صورت گرفت گونه‌های مختلف استانداردهای واژه‌شناسی، آزمون و اندازه‌گیری، کیفیت و ایمنی، سازگاری و واسط در مراحل مختلف توسعه فناوری نانو شناسایی شد. براین اساس، مرجع[۱۳] نقش گونه‌های مختلف استانداردها را در فرایند پژوهش و نوآوری با مطالعه فناوری نانو در آلمان مشخص کردند. اما، همان‌طور که قبلا اشاره شد، آلمان در حوزه استانداردسازی بین‌المللی نسبت به سایر رقبای خود با

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تاخیر اقدام کرد.

اداره استانداردسازی چین(CAS)[29] کمیته فنی فناوری نانو را در سال ۲۰۰۵ تاسیس و استانداردهای مرتبط را در زمینه‌های واژه‌شناسی، روش‌شناسی، ایمنی و اندازه‌گیری مواد، ابزارها و سایر محصولات تدوین کرد. مرکز نوآوری علم و فناوری نانو[30] مسئول دبیرخانه کمیته است[31]. چین استانداردهای مرتبط با ارزیابی کیفیت، ایمنی و سلامت را برای محصولات نانویی تدوین کرده است. همچنین، آزمایشگاه اثرات بیو-زیست محیطی نانومواد و ایمنی نانو در سال ۲۰۰۳ با هدف شناسایی اثرات بیولوژیکی، زیست‌محیطی و سم‌شناسی ذرات نانویی تاسیس شد و روی توسعه پروتکل‌های ایمنی برای استفاده از نانو مواد در کاربردهای دارویی و مصرفی کار کرد. چین همچنین ریاست کارگروه ویژگی‌های نانو مواد را در ISO برعهده دارد. کمیته استاندارد و ایمنی فناوری نانوی ایران روی استانداردسازی موضوعات واژه‌شناسی، تعاریف و فرهنگ واژگان، اندازه‌گیری و تعیین ویژگی‌ها، سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، و تدوین مشخصه‌های مواد کار می‌کند[۲۰ و ۴۵].

۴-۵- نقش و چگونگی مشارکت ذی‌نفعان در فرایندهای استانداردسازی

سازمان‌های متعددی در ایالات‌متحده در استانداردسازی فناوری نانو فعال هستند. افزون‌بر نهاد ملی استانداردسازی آن یعنی ANSI[32]، برخی سازمان های دیگر مانند نهاد ملی ایمنی و سلامت حرفه‌ای(NIOSH)[33] و ASTM, NIST, و NCL نیز در توسعه و پیاده‌سازی استانداردهای ملی نقش دارند. ANSI، ASTM و NIST مهم‌ترین نهادهای فعال در این زمینه هستند. موسسه ملی استانداردهای آمریکا(ANSI) نقشی محوری در استانداردسازی فناوری‌های نوظهور(مانند فناوری نانو) دارد، به‌ویژه کارکرد هماهنگ‌کنندگی آن شامل تشکیل جلسات و فعالیت‌های هماهنگی پنل‌های توسعه استاندارد برای فناوری‌های نوظهور در حوزه نیازهای اساسی ملی برجسته است. ازسویی دیگر، نقش مهم موسسه ملی استانداردها و فناوری(NIST) است که نه‌تنها وظیفه تدوین و پیاده‌سازی استانداردهای اندازه‌گیری و آزمون را در مراحل ابتدایی توسعه فناوری نانو برعهده دارد، بلکه هماهنگی آن‌ها را نیز انجام می‌دهد. همچنین، فعالیت‌های مرتبط با تدوین استانداردها در آژانس‌های دولت فدرال نیز انجام می‌شود، به‌ویژه تاثیر آژانس‌های با ماموریت تحقیق‌وتوسعه محور (مانند اداره انرژی و دفاع) که وظیفه تدوین و تهیه استانداردهای خود را برعهده دارند، بسیار حائز اهمیت است. جوامع حرفه‌ای و کارآزموده بین‌المللی و ملی در ایالات‌متحده(مانند IEEE, ASME) که همه از خبرگان فنی و متخصص تشکیل یافته‌اند، نیز در این فرایند نقش برجسته‌ای دارند. در واقع، در ایالات‌متحده، نهادها و سازمان‌های مختلف هر یک نقش‌ها و وظایف تعریف‌شده و مشخصی در نظام استانداردسازی فناوری نانو داشته و در فرایند استانداردسازی مشارکت قابل‌توجهی دارند[۴۱].

فعالیت‌های استانداردسازی فناوری نانو در آلمان توسط موسسه استانداردسازی آلمان[34](DIN) و همچنین کمیسیون فناوری‌های الکتریکی، الکترونیکی و اطلاعات DIN و DKE(نهاد مسئول توسعه استانداردهای ایمنی در حوزه فناوری‌های مهندسی الکتریک، الکترونیک و اطلاعات) در سال ۲۰۰۵ آغاز شد و آن‌ها کمیته‌های استانداردسازی متناظر با ISO در سطح بین‌المللی و CEN به‌طور منطقه‌ای در اروپا دارند. از آن زمان به بعد مطالعاتی روی جلب مشارکت پژوهشگران و انگیزش آن‌ها برای مشارکت در فرایندهای استانداردسازی انجام شد. مهم‌ترین بازیگران نظام استانداردسازی در آلمان شامل موسسه استانداردسازی آلمان(DIN)، دولت فدرال، موسسه‌های فدرال(مانند موسسه ملی اندازه‌شناسی، موسسه تحقیقات و آزمون مواد)، جوامع حرفه‌ای(مانند انجمن فناوری‌های الکتریکی، الکترونیکی و اطلاعات(VDE)، انجمن مهندسان آلمان(VDI))، اجتماعات پژوهشی (مانند سازمان Fraunhofer-Gesellschaft، جامعه علمی Gottfried Wilhelm Leibniz، جامعه Max Planck و سایر) هستند[۴۱].

فعالیت‌های استانداردسازی در حوزه فناوری نانو در چین توسط اداره استانداردسازی چین(SAC)[35] و کمیته فنی استانداردسازی فناوری نانو(NSTC) در آن آغاز شد که زیرنظر اداره کلی نظارت بر کیفیت و قرنطینه(AQSIQ)[36] در چین اداره می شوند. مرکز ملی فناوری و علم نانو(NCNST) تحت سرپرستی

29 Standardization Administration of China
30 The National Center for Nanoscience and Technology
31 http://english.nanoctr.cas.cn/.
32 American National Standards Institute (ANSI)
33 The National Institute for Occupational Safety and Health
34 German Institute for Standardization
35 Standardization Administration of China
36 General Administration of Quality Supervision and Quarantine

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

وزارت آموزش(MOE)[37] و آکادمی علم چین(CAS)[38] نیز در پژوهش‌های بنیادین مرتبط با علم اندازه‌گیری و استانداردسازی فناوری نانو، شامل توسعه طرح‌های اندازه‌گیری حساس، دقیق و عملیاتی در مقیاس نانو، بهبود دقت اندازه‌گیری در ساخت و تولید نانویی و ایجاد رویه‌های قابلیت ردیابی اندازه‌گیری و همچنین، تدوین استانداردهای ملی و بین‌المللی برای آزمون خواص فیزیکی و شیمیایی نانو موادها[39] فعال بوده و در استانداردسازی بین‌المللی مشارکت می‌کند. سایر نهادهای دولتی فعال نیز در حوزه‌های مرتبط با استانداردسازی فناوری نانو شامل اداره ایالتی غذا و دارو(SFDA)[40]، اداره ایالتی ایمنی کار(SAWS)[41] و وزارت حفاظت زیست‌محیطی(MEP)[42] هستند. درحال حاضر، سازمان‌های پژوهشی بسیاری در چین مانند دانشگاه‌ها و آکادمی‌ها در این حوزه فعال بوده و مشارکت‌کنند [۲۸].

شورای نوآوری فناوری نانو در ایران (INIC)[43] در سال ۲۰۰۶ کمیته استانداردسازی فناوری نانو را با همکاری سازمان ملی استاندارد ایران(INSO)[44] تاسیس کرد. این کمیته به‌صورت متناظر با کمیته استانداردسازی در سازمان ISO در چهار حوزه تخصصی با حدود ۱۰۰ عضو فعال از دانشگاه‌ها، پژوهشگران و خبرگان صنعتی کار می‌کرد. فعالیت گروه استاندارد و ایمنی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو نیز از طریق همکاری با کارشناسان معتبر و در قالب اسناد بین سازمانی و مشارکت کمیته استاندارد نانو وزارت بهداشت، جهاد کشاورزی، سازمان غذا و دارو، کارگروه‌های ویژه و کمیته‌های مشترک، جلسات تخصصی، رویدادها و همایش‌ها، حمایت از طرح‌ها و مسابقات و ... دنبال می‌شود که به‌دلیل ضعف جوامع و انجمن‌های حرفه‌ای و تخصصی در این زمینه در کشور، آن‌ها مشارکت چندانی در این فرایند نداشته و مهم‌ترین نقش‌ها و وظایف را دولت برعهده دارد[۴۵].

۵- بحث و نتیجه‌گیری

اساسا باتوجه به پیچیدگی، ابهام و عدم‌قطعیت موجود در ماهیت فناوری‌های نوظهور[۱۵، ۴۲ و ۴۳]، تجاری‌سازی این فناوری‌ها مستلزم ایجاد یک نظام تنظیم‌گری مناسب است. پیش‌نیاز و زیرساخت پیاده‌سازی چنین چارچوبی، توجه به استانداردسازی فناوری در هر کشوری است. در این پژوهش که با استفاده از تحلیل‌های تطبیقی و مصاحبه با متخصصان کلیدی انجام شده، سعی کرده‌ایم برخی از نکته‌ها و زمینه‌های اساسی در استانداردسازی فناوری‌های نوظهور با تمرکز بر فناوری نانو را برجسته کنیم. باتوجه به تحلیل‌های تطبیقی انجام‌شده، برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های این فناوری از منظر استانداردسازی شامل موارد زیر است:

- نقش مهم بازیگران مختلف به‌ویژه جوامع حرفه‌ای در استانداردسازی آن؛
- نقش دولت‌ها، سیاست‌ها و اسناد راهبردی(مانند نقشه راه) در استانداردسازی فناوری نانو؛
- تاثیر یکپارچه‌کردن فرایند استانداردسازی و تحقیق‌وتوسعه در مراحل ابتدایی توسعه فناوری؛
- نقش گونه‌های مختلف استانداردها در مراحل مختلف توسعه فناوری؛
- اهمیت استانداردهای ایمنی و سلامت در فناوری نانو؛
- اهمیت فرایند فراگیر استانداردسازی بین‌المللی و فناوری برای سازمان‌های توسعه‌دهنده استانداردها.

اهمیت و ضرورت استانداردسازی فعالیت‌ها و محصولات فناوری نانو از آن جهت است که از یک طرف بسترهای لازم را در جهت رعایت ملاحظات مربوط به ایمنی، سلامت انسانی و زیست‌محیطی فراهم کرده و از طرف دیگر زمینه‌های لازم برای تولید انبوه، تجاری‌سازی محصولات و وارد شدن به بازارهای جهانی را تسهیل و تسریع می‌کند. کشورهای مختلف بنا به اقتضائات مختلف اقتصادی، اجتماعی و فناورانه، چارچوب‌ها و شکل‌های متفاوتی از سیاست‌ها و برنامه‌ها را در این حوزه تدوین و اجرا کرده‌اند. مرور اسنادی، سیاست‌ها، راهبردها و تحلیل‌های تطبیقی نشان می‌دهد که توجه رو به رشدی نسبت به نقش بارز و اساسی استانداردسازی در حمایت از ظهور و پیدایش فناوری‌های نوین، در میان بازیگران نظام نوآوری در کشورهای منتخب در این پژوهش شامل ایالات‌متحده، آلمان، چین و ایران وجود دارد. تمایل دولت‌ها نیز در پشتیبانی و تامین زیرساخت‌ها برای یک نظام ملی استانداردسازی اثربخش روز به روز بیشتر می‌شود تا از طریق فعالیت‌های استانداردسازی بتوانند رقابت‌پذیری اقتصادی و رشد صنایع مبتنی بر فناوری نانو را پشتیبانی نمایند. ازسویی دیگر، درک بهتری از تدوین سیاست‌ها

37 Ministry of Education
38 Chinese Academy of Science
39http://english.nanoctr.cas.cn/rh/rd/201910/t20191010_219839.html
40 State Food and Drug Administration
41 State Administration of Work Safety
42 Ministry of Environmental Protection
43 Iran Nanotechnology Innovation Council
44 Iran National Standardization Organization

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

و راهبردهای حامی فرایندهای استانداردسازی و نقش اثربخش دولت‌ها در فرایندهای استانداردسازی در کنار تحقیق‌وتوسعه فناوری در هر چهار کشور مورد مطالعه دیده می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با وجود تفاوت در بافتارهای اجتماعی- اقتصادی و سیاستی کشورهای مورد مطالعه، تقریبا نیازهای استانداردسازی فناوری نانو و موضوعات استانداردسازی در مراحل مختلف چرخه عمر فناوری در این کشورها یکسان بوده، اما تفاوت در چگونگی مواجهه با نیازها، اعمال سیاست‌ها و برخورد با چالش‌ها و مسائل ناشی از توسعه و کاربرد فناوری و همچنین چگونگی مشارکت ذی‌نفعان در این فرایند بوده‌است. برخی از تشابهات و تفاوت‌ها در استانداردسازی فناوری نانو در کشورهای مورد مطالعه به‌طور خلاصه در قالب جدول شماره ۴ ارائه شده‌است.

مطالعه کشورهای منتخب از نقطه‌نظرهای اشاره‌شده در این پژوهش چندین نکته کلیدی را در زمینه استانداردسازی فناوری نانو به‌شرح زیر برجسته می‌نماید که می‌توان گفت در تمامی سیاست‌ها، برنامه‌ها، و اقدامات کشورهای مورد مطالعه در این پژوهش، کم و بیش به چشم می‌خورد.

- اهمیت استانداردسازی برای پشتیبانی از توسعه فناوری نانو؛
- مشارکت دولت‌ها و سیاست‌های حامی توسعه فناوری نانو؛
- کاربرد استانداردهای مختلف در مراحل مختلف چرخه عمر فناوری نانو؛
- هماهنگ و هدایت کردن جامعه ذی‌نفعان فناوری نانو و ارتقای آگاهی آن‌ها ازطریق فعالیت‌های ترویجی؛
- تدوین و توسعه چارچوب‌های سیاستی و راهبردی در کشورهای مورد مطالعه برای هماهنگی و تنظیم فعالیت‌های ذی‌نفعان؛
- سرمایه‌گذاری‌ها و تامین بودجه عمومی برای تدوین و توسعه استاندارد؛
- پیوند پژوهش‌های عمومی به نظام استانداردسازی؛
- توجه و مشارکت فعال در استانداردسازی ملی و بین‌المللی در زمینه فناوری نانو؛
- پژوهش‌های مستمر در حوزه زمینه‌های جدید و پیشنهاد برای استانداردسازی ملی و به‌ویژه بین‌المللی؛
- رویکردهای متفاوت استانداردسازی در کشورهای مورد مطالعه باتوجه به تفاوت بافتارها، ساختارها و نظام استانداردسازی.

جدول ۴: تشابهات و تفاوت‌های استانداردسازی فناوری نانو در کشورهای منتخب[تحلیل پژوهشگران]

کشور	رویکردها	سیاست‌ها و برنامه‌ها	موضوعات و محورها	نقش و مشارکت ذی‌نفعان
ایالات‌متحده آمریکا	غیرمتمرکز- بیش‌تر پایین به بالا	تمرکز بر انجام فعالیت‌های پژوهشی استانداردسازی و اندازه‌شناسی، اولویت‌های اساسی اقتصاد ملی و حیات جامعه، تمرکز بر مراحل اولیه توسعه فناوری.	واژه‌شناسی و فرهنگ واژگان، سلامت، ایمنی و موضوعات زیست‌محیطی، خواص مواد، رویه‌های آزمون و اندازه‌گیری و تعیین ویژگی‌های مواد.	مشارکت تنوعی از انجمن‌ها و نهادهای حرفه‌ای و تخصصی و بخش خصوصی، مراکز علمی و پژوهشی، آژانس‌های دولت فدرال(مانند انرژی و دفاع).
آلمان	تمرکزگرا- بیش‌تر پایین به بالا	یکپارچه‌سازی فعالیت‌های استانداردسازی در مراحل مختلف فرایند توسعه فناوری، تمرکز بر مراحل اولیه توسعه فناوری.	واژه‌شناسی، آزمون و اندازه‌گیری، کیفیت و ایمنی، سازگاری و واسط.	دولت و نهادهای فدرال، مشارکت انجمن‌های حرفه‌ای و تخصصی، مراکز علمی و پژوهشی عمومی و خصوصی.
چین	متمرکز- بیش‌تر بالا به پایین	تمرکز بر استانداردسازی رویه‌ها و پروتکل‌های ارزیابی و آزمون.	واژه‌شناسی، روش‌شناسی، ایمنی و سلامت، ارزیابی کیفیت، سم‌شناسی و اندازه‌گیری مواد، ابزارها و سایر محصولات.	دولت، با مشارکت دانشگاه‌ها، آکادمی‌ها و مراکز علمی و پژوهشی عمومی.
ایران	متمرکز با محوریت نقش دولت - بالا به پایین	تمرکز بر استانداردسازی بین‌المللی، توانمندسازی مرکز نانومترولوژی و توسعه تجهیزات آزمایشگاهی، تدوین و پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی و کنترل کیفی و مکانیزم‌های نظارت بر آن‌ها.	واژه‌شناسی، تعاریف و فرهنگ واژگان، اندازه‌گیری و تعیین ویژگی‌ها، سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، و تدوین مشخصه‌های مواد.	دولت با مشارکت دانشگاه‌ها، پژوهشگران، و خبرگان صنعتی.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

باتوجه به یافته‌های پژوهش حاضر پیشنهادهای کاربردی زیر به سیاست‌گذاران و مدیران اجرایی فعال در حوزه فناوری نانو به شرح زیر ارائه می‌شود:

وضعیت استانداردسازی ملی و بین‌المللی ایران، جایگاه نسبتا مناسب آن را در مقایسه با کشورهای منتخب نشان می‌دهد، هرچند، ایران هنوز جهت دستیابی به رشد اقتصادی بهتر و تجاری‌سازی در این زمینه مستلزم فعالیت‌ها و تلاش‌های بیشتر در زمینه اجرا و پیاده‌سازی استانداردها و بهبود محیط کسب و کار ازطریق به‌کارگیری ابزار استانداردسازی و تضمین کیفیت است. تجربه سایر کشورها نشان می‌دهد که نقش حمایت‌گر دولت در حوزه فناوری‌های نوظهور مانند نانو می‌تواند به توسعه هرچه بیشتر این فناوری‌ها کمک کرده و زمینه‌ساز تدوین چارچوب‌ها و سیاست‌های پشتیبان توسعه فناوری شود(مانند برنامه‌های اجرا شده در آمریکا، چین و ایران). فراهم آوردن شرایط پیاده‌سازی استانداردهایی داوطلبانه مبتنی‌بر بازار(مانند آمریکا) هم می‌تواند به بهبود سطح کیفیت، ارتقای استانداردهای محصول و رقابت‌پذیری بنگاه‌ها کمک نماید. از طرفی، جلب مشارکت انجمن‌های تخصصی و جوامع حرفه‌ای، ضمن این‌که به سرعت روند تدوین استانداردهای ملی و بین‌المللی کمک می‌نماید، می‌تواند افزون‌بر افزایش کیفیت استانداردها، پشتوانه‌ای برای استانداردسازی بین‌المللی به‌شمار آید.

نتایج و یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که یکی از چالش‌های مهم نظام استانداردسازی فناوری نانو در ایران، عقب‌ماندگی در توسعه نانومترولوژی، تجهیزات و ابزارهای آزمایشگاهی مرتبط و هم‌چنین تهیه و تولید مواد مرجع به‌ویژه مواد مرجع استاندارد است که بخشی از آن ناشی از شرایط ناشی از تحریم‌ها، و بخش بزرگی از این مسأله، ناشی از عقب‌ماندگی نظام ملی استانداردسازی کشور در حوزه اندازه‌شناسی در هر سه حوزه علمی، قانونی و به ویژه صنعتی است. هرچند، توسعه در این زمینه، یکی از اولویت‌های برنامه‌ها و سیاست‌های استانداردسازی فناوری نانو از سوی ستاد عنوان شده‌است، اما باتوجه به سرعت و رشد سریع فناوری در جهان، بایستی در این زمینه تدابیر خاصی به‌ویژه در سطح ملی و از سوی سازمان ملی استاندارد و مرکز ملی اندازه‌شناسی ایران اتخاذ گردد. یکی دیگر از پیش‌نیازهای اساسی این امر، تامین بودجه ازسوی سازمان ملی استاندارد ایران است.

باتوجه به سیاست‌های موجود در حوزه پیوند بین استانداردسازی و پژوهش و نوآوری در کشورهای منتخب به‌ویژه آمریکا و آلمان، به‌نظر می‌رسد در ایران سیاست‌ها و برنامه‌هایی از این دست نیز بایستی تدوین و پیگیری شود تا از همان مراحل ابتدایی شکل‌گیری فناوری و محصول، ضمن استخراج نیازهای پژوهش و استانداردسازی، بین اولویت‌های این پروژه‌ها نیز هماهنگی انجام شده و خروجی‌ها و دستاوردهای پژوهشی در این زمینه، هرچه بیشتر به پشتوانه‌های استانداردسازی ملی و بین‌المللی تبدیل گردند. هرچند، در حال حاضر، در ایران، به‌صورت غیررسمی چنین سیاستی دنبال می‌شود، اما اجرای این مهم، مستلزم تدوین و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های راهبردی تحت این عنوان و با نظارت و راهبری نهادهای ذی‌ربط مانند ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و یا پژوهشگاه استاندارد است.

تحلیل‌ها، حاکی از ضعف و یا کمبود حضور و مشارکت جوامع حرفه‌ای و تخصصی(دولتی و یا خصوصی) در ایران درمقایسه با کشورهایی مانند آمریکا و آلمان و چین در فرایند استانداردسازی است. تشکیل و تقویت چنین نهادهایی می‌تواند ضمن تقسیم کار و وظایف تخصصی در این زمینه، به ایجاد زیرساخت‌های اساسی در حوزه فناوری نانو و به‌ویژه نانومترولوژی کمک نماید. همکاری‌ها و اتحادهای مشترک در زمینه استانداردسازی با نهادها و انجمن‌های تخصصی بین‌المللی و ملی سایر کشورها نیز می‌تواند ضمن توسعه فناوری، به توسعه بازارهای مشترک برای محصولات نانویی کمک نماید. جلب مشارکت بخش خصوصی نیز از جمله سیاست‌هایی است که بایستی به‌صورت جدی پیگیری گردد، هرچند اجرای چنین سیاستی به‌طور حتم مستلزم توسعه و تحقق فعالیت‌های آموزشی و ترویجی بسیار در زمینه فرایندهای استانداردسازی(تدوین، ارزیابی انطباق و اندازه‌شناسی) در صنایع کشور است؛ زیرا یکی از چالش‌های عمده در کشور، ضعف دانش و بینش حتی در بین جامعه علمی و دانشگاهی در این زمینه است.

در این پژوهش، تحلیل‌های تطبیقی مواردی را روشن کردند که ممکن است پیامدهای مهمی برای توسعه فناوری نانو در کشور داشته‌باشند، اما مواردی هم هستند که تاکنون مطالعات و بررسی‌های نسبتا محدودی پیرامون آن‌ها انجام شده‌است. از این‌رو پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی به این موارد پرداخته شود. این موارد به‌شرح زیر ارائه می شوند:

۱- درگیر کردن و جلب مشارکت بیشتر شرکت‌های کوچک و متوسط در فرایندهای تدوین و تنظیم استانداردها: برخی از تحلیل‌ها در این خصوص به نقش مسلط شرکت‌های بزرگ و چندملیتی در تدوین و توسعه استانداردها اشاره می‌کنند و

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

هشدار می‌دهند که ممکن است منافع شرکت‌های کوچک و متوسط در استانداردها درنظر گرفته نشود، هرچقدر هم که آن‌ها در توسعه فناوری‌ها نقشی موثر داشته باشند[۴۱]. این موضوع ممکن است فرایند تنظیم و توسعه استانداردهای اثربخش را مختل کند و مستلزم پژوهش‌های بیشتر و عمیق‌تر در کشور است.

۲- نقش نهادهای تحقیق‌وتوسعه میانجی در فرایندهای استانداردسازی: در جریان این پژوهش، اشاره به نقش برجسته موسسات تحقیق‌وتوسعه عمومی میانجی(مانند آزمایشگاه مهندسی ساخت NIST، آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر وزارت انرژی در آمریکا) در طرح‌های توسعه استانداردها وجود دارد. سطح نسبتا بالای مشارکت نمایندگان موسسات و نهادهای تحقیق‌وتوسعه کاربردی در کمیته‌های مشورتی کلیدی مرتبط با استانداردها و فرایندهای تدوین و توسعه راهبردهای استانداردسازی نیز قابل‌توجه است. این نهادها به‌ویژه در مراحل آغازین ظهور فناوری‌های جدید نقش دارند و با طیف وسیعی از شرکت‌ها نیز درگیر هستند. نقش این نهادها در کشور مستلزم پژوهش‌های بیشتر است.

۳- بهینه‌کاوی و الگوگیری از روش‌های سرمایه‌گذاری و تامین مالی در پشتیبانی از تدوین و توسعه استانداردها: بررسی نحوه سرمایه‌گذاری دولت‌ها در حمایت از توسعه استانداردهای فناوری‌های نوظهور(به‌ویژه نانو)، جزء موارد مهم دیگری است که شایسته توجه و پژوهش عمیق است. بررسی‌ها نشان می‌دهد نه‌تنها سطح درگیرشدن و روش‌های سرمایه‌گذاری دولت‌ها در استانداردسازی از فناوری به فناوری دیگر متفاوت است؛ بلکه سازمان‌های دولتی متعددی نیز در توسعه فناوری نوظهور دخیل هستند که فعالیت‌ها و سرمایه‌گذاری‌های آن‌ها هم تاثیر مستقیم و هم غیرمستقیم بر توسعه استانداردها دارد. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود روش‌ها و الگوهای سرمایه‌گذاری‌های دولتی در توسعه استانداردهای حامی فناوری نانو در سایر کشورها(به‌ویژه آمریکا و آلمان) مطالعه شود.

فهرست منابع

[۱] بحیرایی، مجتبی؛ محمدروضه‌سرا، مریم؛ **استانداردها و استانداردسازی**. انتشارات موسسه آموزشی و تحقیقات صنایع دفاعی، تهران، ایران، ۱۳۹۵.

[۲] شاهوردی، حمیدرضا؛ بحرینی، محمدعلی؛ صالحی یزدی، فاطمه؛ **"موانع تجاری‌سازی در نانوفناوری"**، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، سال هشتم، شماره سیزدهم، صص ۷۲-۶۷، بهار ۱۳۸۹.

[۳] طباطبائیان، سید حبیب الله؛ ناصری، رویا؛ فرقانی، علی؛ **"تعیین چالش‌های موجود فراروی تجاری‌سازی فناوری‌های نوظهور در ایران (مطالعه موردی فناوری نانو)"**، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، سال پنجم، شماره یازدهم، صص ۵۱-۷۸، بهار و تابستان ۱۳۸۶.

[۴] غفاری، غلامرضا؛ **"منطق پژوهش تطبیقی"**؛ مطالعات اجتماعی ایران، سال سوم، شماره ۴، پیاپی ۸، زمستان ۱۳۸۸.

[۵] قاسم‌زاده، علی؛ **شکافتن پیله: روایت تجارب و سیاست های استانداردسازی فناوری نانو در ایران**، مجموعه کتاب‌های الگوی پیشرفت نانو، کتاب ششم. تهران، بنیاد تدبیرگران توسعه فردا، اندیشگاه سیاست نگاری ایران، ۱۳۹۷.

[۶] گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در سال ۱۳۹۹، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، تابستان ۱۴۰۰.

[۷] محمدروضه‌سرا، مریم؛ قاضی‌نوری، سروش؛ منطقی، منوچهر؛ طباطبائیان، سیدحبیب‌الله؛ **"کارکرد استانداردها در فرایند نوآوری محصول: مطالعه موردی یک بالگرد چندمنظوره"**، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، دوره نوزدهم، شماره ۴۵، صص ۳۱-۴۸، پاییز ۱۴۰۰.

[۸] محمدروضه‌سرا، مریم؛ بحیرائی، مجتبی؛ **تدوین استانداردها برای صنعت: مقایسه نظام استانداردسازی نوظهور چین و نظام استانداردسازی فعلی ایالات‌متحده**، انتشارات موسسه آموزشی و تحقیقات صنایع دفاعی، تهران، ایران، ۱۳۹۸.

[۹] هرسیج، حسین؛ **"روش مقایسه‌ای: چیستی، چرایی و چگونگی به‌کارگیری آن در علوم سیاسی"**، مجله دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان، سال سیزدهم، شماره ۱، صص ۷-۱۷، بهار و تابستان ۱۳۸۰.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[10] Aithal, P. Sreeramana; Shubhrajyotsna, Aithal; "*Nanotechnology innovations and commercialization–opportunities, challenges & reasons for delay*", International Journal of Engineering and Manufacturing(IJEM), Vol. 6, No. 6, pp. 15-25, 2016.
[11] Allen, Robert H.; Ram D. Sriram; "*The role of standards in innovation"*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 64, No. 2-3, pp. 171-181, 2000.
[12] Appelbaum, R. P.; Parker, R. A.; "*China's bid to become a global nanotech leader: Advancing nanotechnology through state-led programs and international collaborations*", Science and Public Policy, Vol. 35, No. 5, pp. 319-334., 2008.
[13] Blind, Knut; Stephan Gauch; "*Research and standardisation in nanotechnology: evidence from Germany*", the journal of technology transfer, Vol. 34, No. 3, pp. 320-342, 2009.
[14] Delemarle, A.; Throne-Holst, H.; "*The Role of Standardization in the Shaping of a Vision for Nanotechnology*", International Journal of Innovation and Technology Management, Vol. 10, Issue 02, 1340005, 2013.
[15] Delemarle, Aurélie; *Standardization and market framing: the case of nanotechnology*, In Handbook of innovation and standards. Edward Elgar Publishing, 2017.
[16] De Vries, Henk J.; *Standardization: A business approach to the role of national standardization organizations* Springer Science & Business Media, 2013.
[17] De Vries, Henk; *Standardisation-Enabler for nanotechnology innovation*, 2019.
[18] European Commission, *Rolling Plan for ICT Standardisation*, European Commission, Brussels, Belgium, 2013.
[19] Featherston, Charles R.; Jae-Yun Ho; Laure Brévignon-Dodin; Eoin O'Sullivan; "*Mediating and catalysing innovation: A framework for anticipating the standardisation needs of emerging technologies*", Technovation, Vol. 48, pp. 25-40, 2016.
[20] Gao, Y.; Jin, B.; Shen, W.; Sinko, P. J.; Xie, X.; Zhang, H.; Jia, L.; "*China and the United States—global partners, competitors and collaborators in nanotechnology development*", Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, Vol. 12, No. 1, pp. 13-19, 2016.
[21] Goluchowicz, Kerstin; Knut Blind; "*Identification of future fields of standardisation: An explorative application of the Delphi methodology*", Technological forecasting and social change, Vol. 78, No. 9, pp. 1526-1541, 2011.
[22] Hawkins, Richard; Knut Blind; *Introduction: unravelling the relationship between standards and innovation*, In Handbook of Innovation and Standards. Edward Elgar Publishing, 2017.
[23] Hesser, Wilfried; Alex, Inklaar; *An introduction to standards and standardization*, Beuth, 1998.
[24] Ho, Jae-Yun; Eoin, O'Sullivan; "*Evolving Roles of Standards in Technological Innovation-Evidence from Photovoltaic Technology*", In 35th DRUID Celebration Conference, pp. 17-19, 2013.
[25] Ho, Jae-Yun; Eoin, O'Sullivan; "*Standardisation framework to enable complex technological innovations: The case of photovoltaic technology*", Journal of Engineering and Technology Management, Vol. 50, pp. 2-23, 2018.
[26] Hou, C.; "*Abridged Edition of International Standardization*", Shanghai University of Finance and Economics Press, Shanghai, 1996.
[27] ISO/IEC 17000, *Conformity assessment -- Vocabulary and general principles*.
[28] Jarvis, D. S.; Richmond, N.; "*Regulation and governance of nanotechnology in China: Regulatory challenges and effectiveness*", European Journal of Law and Technology, Vol. 2, Issue 3, 2011.
[29] Jiang, Hong; Shukuan, Zhao; Zuopeng, Justin Zhang; Yali, Yi; "*Exploring the mechanism of technology standardization and innovation using the solidification theory of binary eutectic alloy*", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 135, pp. 217-228, 2018.
[30] Jiang, Hong; Shukuan, Zhao; Siwen, Zhang; Xiaobo, Xu; "*The adaptive mechanism between technology standardization and technology development: An empirical study*", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 135, pp. 241-248, 2018.
[31] Kaur, Indu Pal; Vandita Kakkar; Parneet Kaur Deol; Monika Yadav; Mandeep Singh; Ikksheta Sharma; "*Issues and concerns in nanotech product development and its commercialization*", Journal of Controlled Release, No. 193, pp. 51-62, 2014.
[32] Kaiser, D. L.; Hackley, V. A.; "*NIST Nanotechnology Environmental, Health, and Safety Research Program: 2009 2016*", US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2018.
[33] Li, C.; "*Standardization and innovation of social development of the power of the source*", In: China Standardization, No. 5, pp. 66-70, 2004.
[34] Li, X.; Han, B.; Wang, Z.; "*Study on the Relationship between Standardization and Technology Innovation*", Sci. Sci. Manage. of S.& T., No. 11, pp. 40-44, 2010.
[35] Li, M.; Porter, A. L.; Suominen, A.; "*Insights into relationships between disruptive technology/innovation and emerging technology: A bibliometric perspective*", Technological Forecasting and Social Change, No. 129, pp.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

285-296, 2018.
[36] Ministry of Science and Technology (MOST); China. http://www.most.gov.cn/eng/ https://www.nist.gov/nanotechnology
[37] Framework, N. I. S. T.; *Roadmap for smart grid interoperability standards*, National Institute of Standards and Technology, 26, 2010.
[38] N. I. S. T. Framework; *Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards*, NIST Special Publication 1108R2, 2012.
[39] N. I. S. T. Framework; *Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards*, NIST Special Publication 1108R2, 2014.
[40] NSTC, CoT.; "*NSET*", NNI Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry-Supplement to the President's, 2010-02, 2011.
[41] O'Sullivan, Eoin; Laure Brévignon-Dodin; *Role of Standardisation in support of Emerging Technologies*, Cambridge: Institute for Manufacturing, University of Cambridge, 2012.
[42] Roca, Jaime Bonnín; Parth Vaishnav; M. Granger Morgan; Joana Mendonça; Erica Fuchs; "*When risks cannot be seen: Regulating uncertainty in emerging technologies*", Research Policy, Vol. 46, No. 7, pp. 1215-1233, 2017.
[43] Rotolo, Daniele; Diana Hicks; Ben R. Martin.; "*What is an emerging technology?*", Research policy, Vol. 44, No. 10, pp. 1827-1843, 2015.
[44] Sherif, Mostafa Hashem; "*A framework for standardization in telecommunications and information technology*", IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No. 4, pp. 94-100, 2001.
[45] Soltani, A. M.; Pouypouy, H.; "*Standardization and regulations of nanotechnology and recent government policies across the world on nanomaterials*", In Advances in phytonanotechnology, Academic Press, pp. 419-446, 2019.
[46] Statnano, Standards, 2022.
Retrieved from, http://statnano.com/standards.
[47] Swann, GM Peter; *The economics of standardization: An update*, Report for the UK Department of Business, Innovation and Skills (BIS), 2010.
[48] Tassey, Gregory; "*Standardization in technology-based markets*", Research policy, Vol. 29, No. 4-5, pp. 587-602, 2000.
[49] TESSY, Final Report; *TESSY Achievements and Future Perspectives in Synthetic Biology*, Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research, Karls- ruhe, Germany, (2008).
[50] Xie, Zongjie; Jeremy Hall; Ian P. McCarthy; Martin Skitmore; Liyin Shen; "*Standardization efforts: The relationship between knowledge dimensions, search processes and innovation outcomes*", Technovation, Vol. 48, pp. 69-78, 2016.

Archive of SID.ir