ملاحظاتی پیرامون پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی در حوزه فناوری نانو

کد موضوعی: ۲۸۰
شماره مسلسل: ۱۵۴۷۳
مردادماه ۱۳۹۶

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات ارتباطات و فناوری‌های نوین

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. ایمنی نانو مواد به لحاظ زیستی ۳
۲. معرفی سازمان‌های بین‌المللی فعال در تدوین استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو ۴
۳. دسته‌بندی استانداردهای ایمنی زیستی فناوری و محصولات نانو ۱۰
۴. ایران و نهادهای فعال در استانداردسازی ایمنی نانو ۱۲
۵. استانداردهای ملی ایمنی نانو ۱۵
۶. پیشران‌های پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو ۱۷
جمع‌بندی و پیشنهادها ۲۱
پیوست ۲۴
منابع و مآخذ ۳۰

ملاحظاتی پیرامون پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی درحوزه فناوری نانو

چکیده

ایمنی زیستی نانو مواد به معنی امنیت موجودات زنده و محیط زندگی آنان در برابر آثار منفی ناشی از نفوذ و انتشار نانو مواد در محیط زیست و بدن است. در کنار رشد سریع فناوری نانو در دنیا و کاربردهای آن، بحث ایمنی زیستی این فناوری نیز به‌عنوان یک مسئله مهم مطرح شده است. تدوین استانداردها و دستورالعمل‌ها را می‌توان به‌عنوان اولین گام اساسی در ارزیابی و کنترل مخاطرات توسعه فناوری نانو دانست. به همین دلیل نهادهای مختلف بین‌المللی با تدوین استانداردهای ایمنی نانو در حوزه‌های محیط زیست، سلامت انسان و ایمنی محیط‌های کاری تا حد زیادی زیرساخت‌های لازم را برای نظارت، ارزیابی و کنترل مخاطرات فراهم کرده‌اند. تعداد زیادی از استانداردهای موجود در این حوزه، درخصوص ایمنی محیط‌های کاری و شاغلین نانو است و استانداردهای زیست‌محیطی توسعه فناوری نانو به‌خصوص در بخش‌های کشاورزی و صنایع غذایی نیازمند توجه بیشتری است. کشور ایران به‌عنوان یکی از کشورهای پیشگام و موفق در توسعه فناوری نانو، کاربرد ایمن آن را با اقداماتی از قبیل تدوین استاندارد در حوزه ایمنی زیستی محصولات نانو، ایجاد شبکه ایمنی نانو توسط ستاد توسعه فناوری نانو و فعال کردن کمیته‌های ایمنی نانو در وزارتخانه‌هایی نظیر بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و جهاد کشاورزی مورد توجه قرار داده است. کمبود استانداردهای ملی نانو در زمینه ایمنی زیستی محصولات کشاورزی، سلامت، کالاهای خانگی و حفاظت از محیط زیست، حضور فعال‌تر نهادهای متولی به‌ویژه سازمان حفاظت از محیط زیست را می‌طلبد. برچسب‌گذاری محصولات نانو، ارزیابی مخاطرات و نظارت مؤثر، وجود زیرساخت‌های قانونی و افزایش آگاهی‌های عمومی و تخصصی ازجمله پیشران‌هایی هستند که می‌توانند نقش بسیار مهمی در پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو در سطوح ملی و بین‌المللی داشته باشند.

مقدمه

نانوفناوری به دانش فنی ساخت و کنترل مواد در مقیاس حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر به‌منظور استفاده از خصوصیات و پدیده‌های وابسته به ساختار و اندازه ذرات، اطلاق می‌گردد (ISO, 2010).

درباره اهمیت این فناوری در دنیا می‌توان گفت پس از اینترنت، فناوری نانو به‌عنوان شگفتی بعدی در جهان مطرح شده و سهم بسزایی در انقلاب صنعتی سوم دارد (Karim et al., 2016). ساختار یا ابعاد مقیاس نانو سبب می‌شود تا خصوصیاتی در نانو مواد پدیدار شوند که در توده مواد یافت نمی‌شوند. این خصوصیات و قابلیت‌های جدید می‌توانند بسیاری از مشکلات پیش روی بشر را در حوزه‌های فنی مختلف رفع کند. ازاین‌رو، بسیاری از علوم به سمت بهره‌گیری از این قابلیت‌های خاص حرکت کرده‌اند. در حال حاضر نانو مواد در بسیاری از حوزه‌ها ازجمله پزشکی، محیط زیست، غذا و نوشیدنی، بهداشت و تناسب اندام، لوازم مصرفی، ساختمان، انرژی، اطلاعات، کامپیوتر و الکترونیک، خودرو و علوم نوری وارد شده و دامنه کاربرد آن در دنیا به سرعت رو به گسترش است. یونسکو ۱۰ حوزه کاربردی فناوری نانو را در اهداف توسعه‌ای سازمان ملل متحد ترسیم کرده که عبارتند از: ذخیره‌سازی انرژی، تولید و تبدیل، افزایش بهره‌وری کشاورزی، تصفیه آب و پساب، تشخیص بیماری و غربالگری، سیستم‌های دارورسانی، فرآوری و نگهداری مواد غذایی، مقابله با آلودگی هوا، ساخت‌وساز، نظارت بر سلامت و تشخیص و کنترل آفات. هم‌اکنون بیش از ۲۰۰۰ محصول مصرفی مبتنی‌بر فناوری نانو به بازارهای جهانی عرضه شده است و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۰ حدود ۲۰ درصد از محصولات موجود در بازارها مبتنی‌بر فناوری نانو باشد که حاکی از گسترش بسیار سریع این فناوری در دنیاست (Karim and Munir, 2014). با این‌حال، کاربرد ایمن فناوری نانو به‌دلیل ماهیت این فناوری و تغییر ویژگی‌ها وخواص ذرات نانو نسبت به توده مواد و قدرت نفوذ بالای این ذرات به بدن و محیط زیست حائز اهمیت بوده و در سال‌های اخیر رویکرد احتیاطی در توسعه و بهره‌برداری ایمن از فناوری نانو و پیشگیری از مخاطرات احتمالی آن به‌شدت مورد توجه سیاستگذاران این حوزه قرار گرفته است.

در این رابطه سیاستگذاران و دولت‌ها تلاش دارند با اقدامات مختلفی از قبیل استانداردسازی و وضع قوانین مورد نیاز، اجرا و نظارت بر آنها، زمینه‌های کاربرد ایمن فناوری نانو به لحاظ زیستی و مصرف محصولات این حوزه را فراهم کنند. تدوین و ارتقای استانداردها و دستورالعمل‌های این حوزه را می‌توان اولین و مهمترین گام برای تعیین شاخص‌های ایمنی و اعمال آنها از طریق ضوابط قانونی دانست. تهیه استانداردهای بین‌المللی ایمنی زیستی نانو توسط نهادهای متعددی صورت می‌گیرد و بسیاری از این

استانداردها توسط کشورهای توسعه‌دهنده فناوری نانو به‌صورت استانداردهای ملی ترجمه و بومی‌سازی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این گزارش، ضمن معرفی برخی از نهادهای بین‌المللی فعال، تحلیلی از استانداردهای این حوزه ارائه شده و در ادامه اقداماتی که در زمینه رعایت ملاحظات ایمنی زیستی فناوری نانو در کشور ایران انجام شده، استانداردهای تدوین شده در زمینه ایمنی نانو و خلأها و چالش‌های موجود، مورد بررسی قرار گرفته است.

۱. ایمنی نانو مواد به لحاظ زیستی[۱]

ایمنی نانو مواد به امنیت موجودات زنده و محیط زندگی آنان در برابر آثار منفی ناشی از نفوذ و انتشار نانو ذرات مواد در محیط زیست و بدن، اشاره دارد (Lai et al., 2013). نانو ذرات به‌دلیل سایز بسیار کوچک و نسبت سطح به حجم بالا، قدرت نفوذ و واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند به‌صورت بالقوه برای انسان و محیط زیست خطرناک باشند. به همین دلیل، در کنار رشد سریع فناوری نانو در دنیا و فواید حاصل از آن، بحث ایمنی زیستی این فناوری نیز به‌عنوان یک مسئله مهم مطرح می‌شود. طی نظرسنجی به عمل آمده از محققان آمریکایی، نظارت و رصد مخاطرات احتمالی کاربرد فناوری نانو در حوزه‌های زیستی (مرتبط با محیط زیست و سلامت عمومی) بیشترین اهمیت را داراست و آنچه که ممکن است تحت عنوان «خطرات اجتماعی» مطرح شوند (برای مثال تجاوز به حریم خصوصی، استفاده از فناوری نانو در سلاح و آثار اقتصادی) در اولویت‌های بعدی قرار دارند (Besley et al., 2008). با این توضیح، رعایت ملاحظات زیستی و زیست‌محیطی در توسعه و تولید نانو مواد، چالش جدیدی است که همزمان با نگرانی‌های حاصل از توسعه سریع و غیرهوشمندانه این فناوری ایجاد شده و فقدان استانداردهای مناسب در این خصوص در بسیاری از کشورهای دنیا قابل مشاهده است (Munir and Yasin, 2007; Throne-Holst and Stranbakken, 2009; Wardak et al., 2007).

ازسوی دیگر بحث ایمنی زیستی تنها معطوف به نانو محصولات تولید داخل نبوده و متوجه نانو محصولات وارداتی نیز هست. بنابراین پایه‌گذاری چارچوب‌های بین‌المللی و ملی برای حفاظت از حقوق اجتماعی و مادی همه کشورها به‌ویژه کشورهای مصرف‌کننده این محصولات و مدیریت خطرات بالقوه آن در سطح بین‌المللی نیز به‌عنوان یک ضرورت مطرح است (National science and technology development agency of Thailand, 2012). به همین دلیل تدابیر خاصی توسط بسیاری از کشورها و سازمان‌های بین‌المللی اتخاذ شده است که از مهمترین آنها می‌توان به تهیه استانداردها، اسناد راهنما و دستورالعمل‌ها

۱. Biosafety of Nano

در سطح بین‌المللی و ملی، وضع مقررات و قوانین اشاره کرد. استانداردها و اسناد راهنما مجموعه راهنمایی‌ها و اصولی است که ویژگی‌های فنی و دیگر شرایط لازم برای مناسب بودن محصولات، خدمات و فرآیندها را تعیین می‌کنند. استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان شاخص‌های هماهنگ و یکسان در سطح جهانی، نقش بسیار مهمی در تسهیل ارتباط و تجارت ایفا می‌کنند. استانداردها و دستورالعمل‌های ملی نیز با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی، علمی، فنی و نظایر آن از طریق سازمان ملی استاندارد یا وزارتخانه‌های مرتبط از قبیل بهداشت، درمان و کشاورزی، به‌عنوان مصوبات قانونی لازم‌الاجرا می‌شوند و نشان‌دهنده سیاست کشورها در مواجهه با چالش‌های ارزیابی ریسک و مدیریت خطرات توسعه و بهره‌برداری از نانو در ابعاد مختلف به‌ویژه ابعاد زیستی به حساب می‌آیند[۱].

۲. معرفی سازمان‌های بین‌المللی فعال در تدوین استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو

نهادهای بین‌المللی مختلفی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در تهیه و تدوین استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو مشارکت دارند که در میان آنها می‌توان به کمیته بین‌المللی استانداردسازی فناوری نانو، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)، نهادهای استانداردسازی و نظارتی اتحادیه اروپا در امور مربوط به غذا، دارو و مواد شیمیایی، کمیسیون اروپا، سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD) اشاره کرد.

۲-۱. کمیته بین‌المللی استانداردسازی فناوری نانو (ISO/TC229)

این کمیته که با هدف تهیه و تدوین استانداردهای لازم در حوزه فناوری نانو توسط مؤسسه ISO در سال ۲۰۰۵ ایجاد شده، وظایفی از قبیل توسعه استانداردهایی برای اصطلاحات و لغات، اندازه‌گیری و ابزارآلات، مواد مرجع، روش‌های اجرای آزمون، مدل‌سازی و شبیه‌سازی و روش‌های علمی مرتبط با ایمنی، سلامت و محیط زیست را برعهده دارد. در این کمیته ۳۶ کشور به‌عنوان عضو اصلی و ۸ کشور به‌عنوان عضو ناظر حضور دارند. ایران به‌عنوان یکی از اعضای اصلی این کمیته حق رأی داشته و می‌تواند پیشنهادهای جدید استانداردسازی را ارائه کند. این کمیته دارای ۴ کارگروه تخصصی است که در میان آنها کارگروه سوم (ISIRI/TC229/WG3) با عنوان «سلامتی، ایمنی و محیط زیست» به توسعه و تدوین استانداردها در زمینه مسائل زیست‌محیطی، ایمنی و سلامت، تعیین تجهیزات حفاظت شخصی و کنترل‌های مهندسی،

۱. http://portal.farsstandard.ir/portal/show.aspx?page=14408

تدوین دستورالعمل‌های ایمنی و بررسی و ارزیابی سمیت و خطرات در حوزه فناوری نانو می‌پردازد (ISO, 2005).

۲-۲. سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)

این سازمان که یکی از نهادهای وابسته به وزارت بهداشت آمریکاست، مسئول حفظ و ارتقای سطح سلامت جامعه از طریق تنظیم و نظارت بر ایمنی محصولاتی از قبیل مواد غذایی، مکمل‌های غذایی، واکسن، تزریق خون، دستگاه‌های پزشکی، محصولات دامپزشکی و لوازم آرایشی است. مدرک FDA یک گواهینامه بین‌المللی است که از طریق سازمان غذا داروی آمریکا برای تولیدکنندگان محصولات غذایی، دارویی و پزشکی سرتاسر جهان صادر می‌شود (US Food and Drug Administration, 2017). FDA درخصوص ایمنی زیستی نانو موادی که در بخش‌های مختلفی همچون صنایع غذایی و دارویی، لوازم آرایشی و محصولات دامی کاربرد دارند، اسناد راهنمای مختلفی را تهیه کرده است.

۲-۳. نهادهای زیرمجموعه اتحادیه اروپا

۲-۳-۱. کمیته ۳۵۲ استانداردسازی اروپا (CEN)

سازمان استاندارد اتحادیه اروپا کمیته فنی استانداردسازی فناوری نانو (CEN/TC 352) را در سال ۲۰۰۵ تأسیس کرده که در حوزه‌های مختلفی ازجمله: سلامت، ایمنی و محیط زیست فعالیت دارد. این کمیته در همکاری با کمیته بین‌المللی استانداردسازی ISO، استانداردهای مختلفی را تهیه کرده است. در عین حال به‌صورت مستقل نیز فعالیت می‌کند و دستورالعمل‌هایی درباره سمیت نانوذرات و ایمنی محیط‌های شغلی منتشر کرده است (European Committee of Standardization, 2017).

۲-۳-۲. آژانس مواد شیمیایی اروپا (ECHA)[1]

این آژانس یکی از نهادهای نظارتی اتحادیه اروپاست که نحوه اجرای قوانین مرتبط با مصرف مواد شیمیایی به نحوی که به سلامت افراد و محیط زیست آسیب نرساند را رصد می‌کند (European Chemicals Agency, 2017). یکی از حوزه‌های مورد توجه آژانس، استفاده از نانوفناوری در تولید مواد و ارزیابی آثار آنهاست.

---

۱. The European Chemicals Agency (ECHA)

۳-۳-۲. سازمان ایمنی مواد غذایی اروپا (EFSA)[۱]

سازمان ایمنی مواد غذایی که به‌وسیله اتحادیه اروپا حمایت مالی می‌شود مستقل از دیگر نهادهای قانونگذاری و اجرایی اتحادیه عمل می‌کند. این نهاد در سال ۲۰۰۲ در پی بحران‌های غذایی پیش‌آمده در اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی، شکل گرفت و مرجعی برای پیشنهادها و مشاوره‌های علمی در رابطه با خطرات مرتبط با زنجیره غذایی و مدیریت و ارزیابی خطر است (European Food Safety Authority, 2017). کاربرد و استفاده از نانو در زنجیره غذایی یکی از دغدغه‌های این سازمان بوده و در این راستا سند راهنمای «ارزیابی خطر کاربرد علم نانو و نانو فناوری در غذا و زنجیره غذایی»[۲] را منتشر کرده است.

۴-۳-۲. آژانس داروی اروپا (EMA)[۳]

آژانس داروی اتحادیه اروپا یک نهاد غیرمتمرکز است که در لندن واقع شده و مسئول ارزیابی، نظارت و پایش سلامت داروهایی است که توسط شرکت‌های دارویی تولید و در اتحادیه اروپا مصرف می‌شوند (European Medicines Agency, 2017). استفاده از فرآیندها و ترکیبات نانو در تولید داروها نیز ازجمله مسائلی است که تحت نظارت و ارزیابی این آژانس قرار دارد.

۴-۲. کمیسیون اروپا[۴] (EC)

کمیسیون اروپا دارای دو انجمن علمی تخصصی با نام‌های «ایمنی مصرف‌کنندگان»[۵] و «سلامت و محیط زیست و خطرات نوظهور»[۶] است که به کمک آنها سیاست‌های مرتبط را تدوین می‌کند. کاربرد ایمن فناوری نانو ازجمله موضوعاتی است که توسط انجمن‌های مذکور بررسی می‌شود. این انجمن‌ها، از مشاوره متخصصین و خبرگان مرکز تحقیقات مشترک[۷] بهره می‌گیرند (European Commission, 2017).

---

۱. European Food Safety Authority (EFSA)

۲. EFSA Guidance on the Risk Assessment of the Application of Nanoscience and Nanotechnologies in the Food and Feed chain" Mentioning the Physico-Chemical Properties that we Would Like to See Tested in Regulatory Dossiers

۳. European Medicines Agency *(*EMA*)*

۴. European Commission

۵. Consumer Safety

۶. Health, Environmental and Emerging Risks

۷. Joint Research Centre (JRC)

کمیسیون اروپا در سال ۲۰۰۵ برنامه عملیاتی فناوری نانو را با موضوعات مختلف ازجمله رسیدگی به انتظارات و نگرانی‌های مردم، سلامت عمومی، ایمنی، محیط زیست و حفاظت از مصرف‌کننده تعریف کرد. در این راستا، به‌طور مشخص برنامه‌های عملیاتی به‌شرح ذیل تعریف شده است (Hellsten, 2005):

۱. شناسایی و رسیدگی به نگرانی‌های ایمنی مرتبط با کاربرد و استفاده از فنانوری نانو در ابتدایی‌ترین مرحله ممکن و التزام کمیته‌های مرتبط برای اعلام نظر درباره مناسب بودن روش‌های موجود برای ارزیابی خطرات بالقوه محصولات فناوری نانو.

۲. ترویج اقدامات ایمن و کم‌هزینه برای به حداقل رساندن تماس کارکنان، مصرف‌کنندگان و محیط با نانو مواد تولیدی.

۳. انجام مطالعات گسترده برای ارزیابی میزان تماس پیش‌بینی شده با نانوذرات در حال و آینده، ارزیابی کفایت روش‌های رایج در کنترل تماس، ارائه طرح مناسب، پیشنهاد اقدامات و یا ارائه توصیه‌ها.

۴. گسترش روابط با کشورهای و سازمان‌های بین‌المللی، آژانس‌های اروپا، صنعت و دیگر ذینفعان و همچنین تدوین اصطلاحات، دستورالعمل‌ها، مدل‌ها و استانداردها برای ارزیابی خطرات در طول چرخه عمر نانو محصولات.

۵. آزمایش و ارائه پیشنهادها جهت تدوین و یا بهبود قوانین و مقررات مرتبط با تأمین سلامت و امنیت کار و استفاده از نانو ذرات.

۶. توجه به آستانه سمیت، آستانه‌های اندازه‌گیری و انتشار، الزامات برچسب‌گذاری، ارزیابی خطر و آستانه‌های تماس با نانو مواد و آستانه‌های تولید و واردات که بر برخی معافیات‌های قانونی یا مالیاتی اثر می‌گذارد.

۲-۵. گروه همکاری‌های بین‌المللی نظارت بر محصولات آرایشی و بهداشتی (ICCR)[۱]

این گروه درواقع یک واحد نظارت بین‌المللی متشکل از برزیل، کانادا، اتحادیه اروپا، ژاپن و ایالات متحده آمریکا است که در راستای افزایش حمایت از حقوق مصرف‌کنندگان در کنار کاهش موانع تجارت فعالیت می‌کنند. نظارت بر محصولات و فعالیت‌های نانوفناوری یکی از حوزه‌های نظارتی این گروه است (International Cooperation on Cosmetics Regulation, 2017).

۲-۶. سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD)[۱]

۱. International Cooperation on Cosmetics Regulation

این سازمان را می‌توان جامع‌ترین نهاد بین‌المللی تأثیرگذار در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی دانست که حوزه‌های متنوعی ازجمله حمایت از اقتصاد پایدار در کشورهای درحال توسعه، توسعه تجارت جهانی، کار و امور اجتماعی و فعالیت‌های مرتبط با محیط زیست را پوشش می‌دهد. در مطالعات سیاستگذاری علم و فناوری که توسط OECD انجام می‌شود، نانوفناوری مورد توجه بسیاری است. در سال ۲۰۰۵ این سازمان طی گزارشی اعلام کرد که نتایج ارزیابی خطر توده مواد قابل تعمیم به همان مواد در شکل نانو نمی‌باشند و توجه به خصوصیات خاص نانو مواد، به‌خصوص از جنبه ایمنی و سلامت، هنوز توسط قانونگذاران لحاظ نشده و ازاین‌رو یک بازنگری در قوانین جاری و رصد مستمر توسط سازمان‌های مربوطه لازم است (OECD, 2010). در ادامه، به‌دلیل اهمیت کاربرد ایمن نانوفناوری، کارگروه نانو مواد تولیدی[۲] در سال ۲۰۰۶ در زیرمجموعه کمیته مواد شیمیایی[۳] و کارگروه نانوتکنولوژی[۴] در سال ۲۰۰۷ در زیرمجموعه کمیته سیاست‌های علمی و فناورانه[۵] این سازمان، ایجاد شدند.

کارگروه نانو مواد تولیدی روی ایمنی محیط زیست و سلامت انسان متمرکز شده است. هدف این کارگروه اطمینان از علمی بودن و استاندارد بودن روش‌های ارزیابی خطر در سطوح بین‌المللی است و در زمینه‌های مختلفی ازجمله انجام طرح‌های زیر فعالیت دارد (OECD, 2017):

ـ پایگاه داده‌های OECD در زمینه تحقیق روی ایمنی نانو مواد تولیدی

هدف از این طرح، ایجاد یک منبع جهانی از پروژه‌های تحقیقی روی مسائل ایمنی و سلامت انسان و محیط زیست بوده و به جمع‌آوری اطلاعات تحقیقی، شناسایی شکاف‌ها و همکاری‌های آتی کمک می‌کند. داده‌های پایگاه، اطلاعاتارزیابی خطر مواد خاص، اقدامات کاهش خطر، جنبه‌های نظارتی و استانداردهای بین‌المللی را دربرمی‌گیرند.

ـ تست ایمنی نانو مواد تولیدی

در این طرح برای هر نانو ماده ساخته شده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، تجزیه و تجمع در محیط، سمیت محیطی و سمیت برای پستانداران ارزیابی خواهد شد. به‌عنوان بخشی از این برنامه، یک کتابچه راهنما برای ارزیابی نانو مواد تولیدی ارائه شده است.

---

۱. Organisation for Economic Co-operation and Development

۲. Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN)

۳. Chemicals Committee

۴. Working Party on Nanotechnology (WPN)

۵. Committee on Scientific and Technological Policy (CSTP)

ـ **روش‌های جایگزین ارزیابی سمیت نانو مواد:** این طرح، روش‌های جایگزین و روش‌های ادغامی برای ارزیابی سمیت نانو مواد ساخته شده را ارائه می‌کند.

ـ **دستورالعمل‌های آزمون:** از طریق این طرح، OECD با دقت هرگونه پیشنهاد برای ایجاد و بازنگری دستورالعمل‌ها و یا اسناد راهنما را ارزیابی می‌کند. یک مرور اجمالی بر ۱۱۵ دستورالعمل از میان سایر دستورالعمل‌ها نشان داده است که اغلب آنها مناسب هستند، اما در برخی موارد با دستیابی به اطلاعات جدید نیاز به بازنگری و اصلاح دارند.

ـ **ارزیابی خطر:** اهداف این طرح عبارتند از: تبادل اطلاعات برای ارزیابی روش‌های سنجش خطر برای نانو مواد ساخته شده و همچنین شناسایی فرصت‌های تحکیم و افزایش ظرفیت‌های ارزیابی خطر.

ـ **استفاده پایدار از نانوفناوری به لحاظ زیست‌محیطی:** این طرح، ابزارها و چارچوب‌هایی را براساس چرخه حیات نانومواد‌ی که مستقیم یا غیرمستقیم سبب بروز مسائل زیست‌محیطی می‌شوند توسعه می‌دهد. بخشی از این کار، سند «اقدامات ملی برای ارزیابی چرخه حیات نانو مواد» گردآوری و منتشر شده است.

کارگروه نانوفناوری، تحلیل‌های اجتماعی - اقتصادی فناوری نانو را مهیا کرده و همکاری‌های بین‌المللی در زمینه تحقیق و توسعه و اخذ سیاست‌های علم و فناوری را تسهیل می‌کند. این کارگروه در حوزه‌های زیر فعالیت می‌کند (OECD working Party on Nanotechnology, 2017):

ـ چارچوب آماری برای نانو فناوری، نظارت و محک‌زنی توسعه نانو، ارتباطات، توسعه و اشتغال عمومی، میزگردهای سیاسی درباره مسائل سیاسی کلیدی مرتبط با نانو.

- محیط کار خاص فناوری نانو، انرژی پایدار و نانو پزشکی.

- چارچوب نظارتی برای نانو فناوری در محصولات غذایی و پزشکی.

کارگروه مذکور برای تقویت نظارت بر کاربرد ایمن فناوری نانو در حوزه سلامت و غذا طرحی را با عنوان «ابزارهای نظارتی برای فناوری نانو در غذا و محصولات پزشکی» در دست انجام دارد که طی آن قصد دارد فهرستی از اطلاعات زیر را تهیه و نگهداری کند:

- چارچوب‌های نظارتی برای کنترل استفاده از فناوری نانو در محصولات غذایی و پزشکی.

- برنامه‌های قانونی مرتبط با چارچوب‌های نظارتی برای کنترل استفاده از فناوری نانو در محصولات غذایی و پزشکی.

- ساماندهی مؤسسات تحقیقی مرتبط با فناوری نانو در محصولات غذایی و پزشکی حمایت شده توسط دولت.

۳. دسته‌بندی استانداردهای ایمنی زیستی فناوری و محصولات نانو

ایمنی زیستی نانو را می‌توان به سه دسته ایمنی زیست‌محیطی، سلامت انسان و ایمنی محیط‌های کاری (ایمنی شغلی) تقسیم و استانداردهای مرتبط را در این سه حوزه بررسی کرد. ذکر این نکته ضروری است که ایمنی فناوری نانو و آثار آن چندبعدی است و به همین‌دلیل یک استاندارد یا دستورالعمل ممکن است صرفاً به یکی از دسته‌های فوق مرتبط نباشد و الزاماتی را در چند زمینه ارائه کند.

ـ ایمنی زیست‌محیطی نانو

به معنی کنترل ورود و انتشار نانومواد در محیط زیست، ارزیابی چرخه عمر نانومواد و آثار آن بر محیط زیست و اکوسیستم است. در این حوزه، آثاری که انتقال و انتشار نانو مواد بر خاک، آب، گونه‌های گیاهی، جانوری، دریایی و محصولات کشاورزی می‌گذارد و مدیریت خطرات احتمالی آن مورد توجه قرار می‌گیرد (Klaine et al., 2008).

ـ ایمنی سلامت انسان و بهداشت

این محور نیز در چند بخش قابل بررسی است. ازسویی، انسان بخشی از اکوسیستم در مواجهه با نانوذراتی است که به طرق مختلف در طبیعت انتشار یافته است و از طریق مصرف آب، محصولات غذایی و تنفس، بدن خود را حتی به شکلی ناخواسته در معرض پسماندهای نانو قرار می‌دهد. از طرف دیگر، با نفوذ این فناوری در صنایع مختلف و ایجاد محصولات جدید حاوی نانومواد‌ها از قبیل مواد غذایی، داروهای نانویی، لوازم آرایشی و بهداشتی، پوشاک نانو و...، به‌طور مستقیم مصرف‌کننده این نوع محصولات نیز هست. ایمنی سلامت نانو به بررسی ورود نانو مواد به بدن انسان و آثار حاصل از آن می‌پردازد و به‌دنبال راهی برای تعیین آستانه‌ها و استانداردهای تولید و مصرف انسانی از طریق ارتباط خواص نانومواد با پارامترهای فیزیولوژیکی و بیولوژیکی و اعمال قوانین و مقررات لازم است (Gwinn and Vallyathan, 2006).

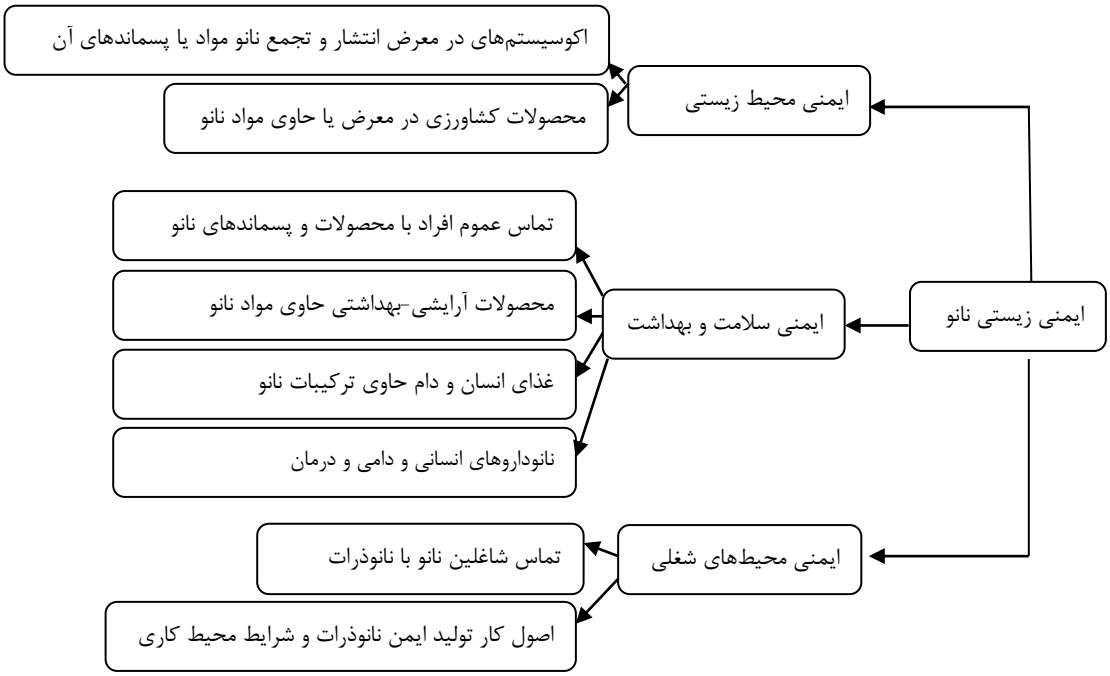
ـ ایمنی محیط‌های کاری نانو

ایمنی شغلی نانو، چالش‌های تماس افراد شاغل و یا پژوهشگر این حوزه با فضای محصور و انباشته از ترکیبات نانویی را مد نظر قرار می‌دهد. تماس با نانوذرات باعث افزایش خطرات ناشی از استنشاق این مواد و آسیب به سلامت افراد شاغل در این محیط‌ها می‌شود. سطح اطلاعات و تخصص نیروی انسانی شاغل در این حوزه نیز بر امنیت محیط کار تأثیر می‌گذارد. زیرا کمبود آموزش و آگاهی‌های لازم و یا گاهی بی‌دقتی

می‌تواند موجب خطراتی از قبیل امکان انفجار مواد نانویی انباشته در کارگاه و یا انتشار مواد به محیط زیست شود (Castillo, 2013).

شکل ۱ ابعاد مختلف ایمنی و سلامت نانو محصولات را نشان می‌دهد.

شکل ۱. ایمنی زیستی نانو و ابعاد مختلف آن

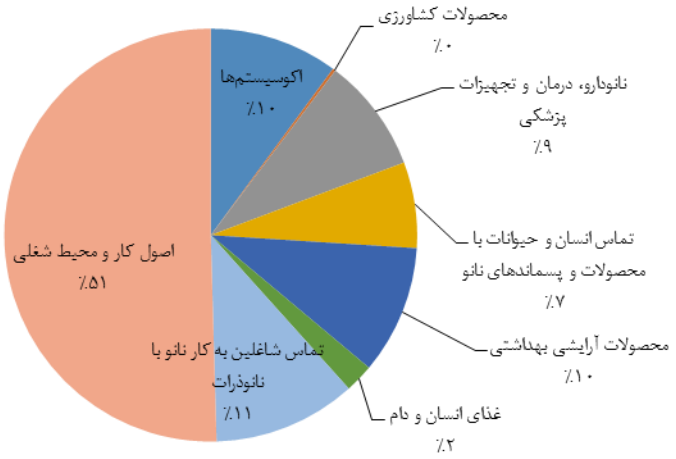


شکل ۲ دسته‌بندی استانداردها و اسناد راهنمای تدوین شده براساس زمینه‌های مختلف ایمنی زیستی را نشان می‌دهد.[۱] در حالی‌که بیش از ۶۰ درصد اسناد راهنما و استانداردهای تدوین شده، به حوزه ایمنی محیط‌های شغلی اعم از اصول کار و محیط ایمن و تماس شاغلین نانو با نانوذرات می‌پردازد، به‌نظر می‌رسد میزان توجه به استانداردهای ایمنی زیست‌محیطی به‌ویژه در بخش کشاورزی در مواجهه با محصولات نانو کافی نبوده است؛ این درحالی است که انواع کودهای حاوی نانوذرات در سطح جهان به‌صورت تجاری عرضه و مصرف می‌شوند (Dimkpa and Bindraban, 2017). در حوزه بهداشت و سلامت نیز اگرچه تدوین استانداردها و راهنماها در بخش‌هایی از قبیل نانوداروها، محصولات آرایشی و بهداشتی و

۱. فهرست کامل استانداردها و اسناد راهنمای منتشر شده توسط سازمان‌های فعال بین‌المللی در پیوست گزارش آمده است.

تماس عموم افراد با پسماندها و یا محصولات مصرفی مبتنی‌بر نانو از نظر دور نبوده است، اما درخصوص محصولاتی که به‌عنوان غذای انسان یا دام مصرف می‌شوند، استانداردها و دستورالعمل‌های زیادی وجود ندارد. کم بودن تعداد استانداردهای این بخش را می‌توان به کوچک بودن دامنه محصولات غذایی نانویی دارای مجوز رسمی (مثل مجوزهای FDA) دانست.

شکل ۲. دسته‌بندی موضوعی اسناد راهنما و استانداردهای ایمنی فناوری و محصولات نانو از منظر زیستی



۴. ایران و نهادهای فعال در استانداردسازی ایمنی نانو

در سال‌های اخیر کشور ایران توانسته است در توسعه فناوری و محصولات نانو پیشرفت‌های قابل توجهی داشته باشد. دستیابی به رتبه چهارم دنیا از نظر انتشار مقالات ISI بعد از چین، آمریکا و هند، ۱۰ اختراع ثبت شده در سال ۲۰۱۶ و حدود ۲۷ تقاضانامه ثبت اختراع تا پایان ۲۰۱۶ ازجمله دستاوردهای علمی این حوزه بوده است (Statnano, 2017). تأکید سیاست‌های کلان کشور بر توسعه فناوری نانو[1] و حمایت‌های مالی مناسب از آن در قوانین بودجه سالیانه (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۵)، ازسویی به پیشرفت و حرکت رو به جلو در این فناوری منجر شده است و ازسویی دیگر ایمن بودن توسعه و

۱. سیاست‌های کلی نظام در دوره چشم‌انداز، امور فرهنگی، بند «۷»: توسعه علوم و فناوری‌های جدید شامل: فناوری زیستی، ریزفناوری، فناوری فرهنگی، فناوری زیست‌محیطی و فناوری مواد جدید.

بهره‌برداری از این فناوری و مدیریت خطرات احتمالی ناشی از مصرف و انتشار محصولات نانو را بیش از پیش مهم ساخته است. ستاد توسعه فناوری نانو به‌عنوان اصلی‌ترین و مهمترین متولی توسعه این فناوری در کشور، بخش مهمی از فعالیت‌های خود را بر تدوین استانداردها و اسناد راهنمای این حوزه متمرکز کرده است. استانداردسازی در نانو ابتدا برای ایجاد محصولات استاندارد و توسعه تجاری آن آغاز شد. به این ترتیب، کمیته فنی متناظر با کمیته بین‌المللی استاندارسازی فناوری نانو (ISO/TC229) با مشارکت سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، با نام کمیته فنی ISIRI/TC229 در تیرماه ۱۳۸۵ تشکیل و به تدوین استاندارد فنی برای محصولات نانو اقدام کرد. در ادامه، با توجه به ضرورت و تضمین ایمنی محصولات نانو، ستاد نانو فعالیت در این حوزه را با همکاری سایر نهادها گسترش داد و کمیته فناوری نانو در سازمان غذا و دارو با همکاری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و نیزکمیته استاندارد نانو در وزارت جهاد کشاورزی شکل گرفت. علاوه‌بر این، به‌منظور ایجاد انسجام و همگرایی در فعالیت نهادهای متولی و متمرکز ساختن کلیه فعالیت‌ها و پژوهش‌های مرتبط با ایمنی نانو، در سال ۱۳۹۰ نیز اقدام به ایجاد شبکه ایمنی نانو نمود (ذوالفقاری و براتی، ۱۳۹۴) که در ادامه نهادهای مذکور به تفصیل بیشتری معرفی خواهند شد.

۱-۴. کمیته استانداردسازی فناوری نانو ایران

این کمیته دارای ۴ کارگروه تخصصی است. در این کارگروه‌ها حدود ۴۰ نفر از اساتید دانشگاه‌ها، پژوهشگران فعال در مؤسسات تحقیقاتی و شرکت‌های فعال در حوزه نانو عضویت دارند (ذوالفقاری و براتی، ۱۳۹۴). عناوین و حوزه فعالیت این کارگروه‌ها به‌شرح زیر است (کمیته استانداردسازی فناوری نانو، ۱۳۹۶):

کارگروه اول[۱]؛ اصطلاح‌شناسی، تعاریف و اصطلاحات: حوزه‌کاری این کارگروه شامل تعیین تعاریف و اصطلاحات واحد و نامگذاری بوده و هدف آن تسهیل در ارتباطات بین‌المللی، ایجاد ادبیات واحد در فناوری نانو و تقسیم‌بندی مناسب و جامع حوزه‌های فناوری نانو است.

کارگروه دوم[۲]؛ اندازه‌گیری و تعیین مشخصات: حوزه کاری این کارگروه استانداردسازی روش‌های اندازه‌گیری و تعیین مشخصات نانومواد، نانوساختارها، نانوقطعات و محصولات فناوری نانو است.

۱. ISIRI/TC229/WG1
۲. ISIRI/TC229/WG2

کارگروه سوم[1]؛ سلامتی، ایمنی و محیط زیست: حوزه کاری این کارگروه، توسعه و تدوین استانداردها در زمینه مسائل زیست‌محیطی، ایمنی و سلامت، تعیین تجهیزات حفاظت شخصی و کنترل‌های مهندسی، تدوین دستورالعمل‌های ایمنی، بررسی و ارزیابی سمیت و خطرات در حوزه فناوری نانو می‌باشد.

کارگروه چهارم[2]؛ ویژگی‌های مواد: حوزه کاری این گروه استانداردسازی ویژگی‌های نانو مواد است.

۲-۴. کمیته فناوری نانو سازمان غذا و دارو

این کمیته با هدف تدوین دستورالعمل‌های لازم و بررسی محصولات سلامت‌محور مبتنی‌بر فناوری نانو در حوزه‌هایی از قبیل فرآورده‌ها و ملزومات دارویی، تجهیزات پزشکی، آرایشی - بهداشتی، خوراکی - آشامیدنی و مکمل‌های رژیمی - غذایی و همچنین کمک به توسعه صنایع سلامت تشکیل شده است. چهار کارگروه تخصصی دارو، ملزمات دارویی - پزشکی، آرایشی - بهداشتی و غذا در این کمیته مشغول به فعالیت هستند. پیشنهادها و تصمیمات ارائه شده در کارگروه‌های تخصصی، سپس در کمیته فناوری نانو سازمان غذا و دارو تأیید شده و پس از ابلاغ به معاونت و ادارات کل ذیربط، لازم‌الاجرا می‌شوند (ذوالفقاری و براتی، ۱۳۹۴).

۳-۴. کمیته استاندارد نانو در وزارت جهاد کشاورزی

این کمیته که با هدف توسعه ایمن فناوری نانو در حوزه کشاورزی تشکیل شده است، وظایفی از قبیل تدوین و بازنگری دستورالعمل‌های مرتبط با ایمنی و سلامت محصولات تولیدی و وارداتی نانو، پیشنهاد تدوین یا بازنگری استانداردهای لازم و ارتقای توان کارشناسی واحدهای صدور مجوز به محصولات نانوی کشاورزی براساس استانداردها را برعهده دارد (داوودی، ۱۳۹۱).

۴-۴. شبکه ایمنی نانو

برای انسجام و همگرایی دستگاه‌های متولی نانو، توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز و شبکه‌سازی متخصصین، پیشنهاد تشکیل شبکه ایمنی نانو[3] به‌عنوان زیرمجموعه ستاد نانو توسط کمیته استاندارد این ستاد، در سال

---

۱. ISIRI/TC229/WG3

۲. ISIRI/TC229/WG4

۳. Iran Nano Safety Network (INSN)

۱۳۹۰ مطرح شد و به‌طور رسمی از سال ۱۳۹۱ فعالیت خود را آغاز کرد. درحال حاضر چهار کارگروه در حوزه اخلاق، سلامت انسان، ایمنی زیستی و ایمنی شغلی در شبکه ایمنی ستاد نانو وجود دارند و این شبکه اهداف زیر را دنبال می‌کند [شبکه ایمنی نانو، ۱۳۹۶]:

ـ شبکه‌سازی متخصصین و محققین و مراکز علمی و صنعتی فعال در حوزه ایمنی، سلامت و محیط زیست،

ـ کمک به تعیین اولویت‌های ملی در راستای مأموریت شبکه و اجرای آن با هماهنگی و همگرا نمودن تحقیقات بین متخصصین و مراکز تحقیقاتی عضو،

ـ زمینه‌سازی برای تدوین استانداردهای ملی و بین‌المللی و نیز انطباق و بومی‌سازی استانداردهای معتبر بین‌المللی در کشور،

ـ پشتیبانی در تدوین مقررات، آیین‌نامه‌ها، استانداردهای مرتبط با ایمنی، سلامت و محیط زیست محصولات و فرآورده‌های نانو.

ـ ارتقای سطح توانمندی‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری کشور در حوزه‌های مرتبط.

۵. استانداردهای ملی ایمنی نانو

از سال ۱۳۸۸ تاکنون نزدیک به ۵۰ استاندارد ملی فناوری نانو در زمینه‌های مختلفی اعم از اصطلاحات و واژگان، روش‌های آزمون، محصولات و ایمنی منتشر شده است. بسیاری از این استانداردها بیشتر جنبه فنی داشته و شامل استانداردهای تولید و ارزیابی مشخصات نانوذرات تولید شده هستند. با این حال حدود ۱۳ استاندارد را می‌توان کاملاً یا تا حدی مرتبط به ایمنی زیستی نانو دانست. جدول ۱ فهرستی از استانداردهای ایمنی زیستی نانو در حوزه‌های مختلف را نشان می‌دهد.[۱]

جدول ۱. استانداردهای ملی ایمنی نانوفناوری و محصولات نانو

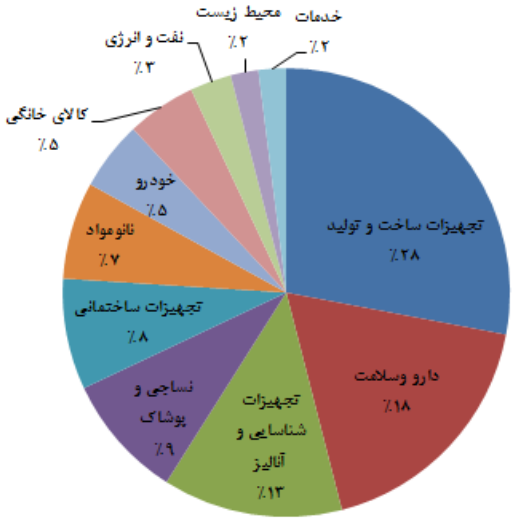
دسته‌بندی	عنوان استاندارد	شماره استاندارد	سال انتشار
محیط زیستی	فناوری نانو-راهنمای مشخصه‌یابی فیزیکی-شیمیایی مواد نانو مقیاس مهندسی شده برای ارزیابی توکسیکولوژیک	۲۱۲۰۶	۱۳۹۵
سلامت و بهداشت	فناوری نانو- ارزیابی اثر نانوذرات بر تشکیل کلنی‌های گرانولوسیت- ماکروفاژ موش- روش آزمون	۱۳۵۶۶	۱۳۸۹
	فناوری نانو - آزمون اندوتوکسین نانومواد در سیستم‌های برون‌تن - روش آزمون Limulus Amebocyte lysate	۱۴۱۵۳	۱۳۹۰
	فناوری نانو –واژه‌نامه -قسمت ۵- واژه‌های مشترک نانو-زیست	۱۸۳۹۲-۵	۱۳۹۳

۱. http://www.nanohealth.ir/pages/static_page.php?id=18&site=1&lang=1

دسته‌بندی	عنوان استاندارد	شماره استاندارد	سال انتشار
	فناوری نانو-واژه‌نامه -قسمت ۷- تشخیص و درمان در مراقبت‌های بهداشتی	۱۸۳۹۲-۷	
	فناوری نانو-مشخصه‌های سوسپانسیون‌های کاری نانو اشیا برای سنجش برون‌تن برای ارزیابی سمیت ذاتی نانو شی	۲۱۱۴۴	۱۳۹۵
	فناوری نانو-کالای نساجی با خاصیت ضد میکروبی-روش آزمون	۲۱۱۹۵	۱۳۹۵
محیط کار	آیین‌کار سلامت و ایمنی در محیط‌های کار با نانومواد	۱۲۳۲۵	۱۳۸۸
	فناوری نانو- بسته‌بندی و حمل‌ونقل ایمن نانومواد- آیین کار	۱۳۷۳۶	۱۳۹۰
	فناوری نانو - تولید نانوذرات فلزی برای آزمون سمیت استنشاقی با استفاده از روش تبخیر - تراکم	۱۴۱۵۲	
	فناوری نانو-تعیین مشخصات نانو ذرات در محفظه‌های مواجهه استنشاقی برای آزمون سمیت استنشاقی	۱۹۱۱۱	۱۳۹۳
	فناوری نانو-تهیه برگه اطلاعات ایمنی ماده	۱۹۵۴۴	۱۳۹۴
	فناوری نانو -آموزش سلامت و ایمنی برای نیروی کار -راهنما	۲۱۱۹۸	۱۳۹۵

همان‌گونه که جدول ۱۰ نشان می‌دهد استانداردهای ملی ایمنی نانو عموماً در زمینه ایمنی شغلی و سلامت محیط کار است. این درحالی است که با توسعه فناوری نانو و وجود ۱۳۳ شرکت فعال در این حوزه، محصولات و خدمات در حوزه‌های مختلفی ازجمله دارو، نساجی و پوشاک، کالاهای خانگی و انواع تجهیزات صنعتی در کشور ارائه می‌شود (شکل ۳) (Nanoproduct, 2017).

شکل ۳. توزیع محصولات و خدمات مبتنی‌بر: فناوری نانو در حوزه‌های مختلف



Source: Nanoproduct.ir[۱]

۱. http://nanoproduct.ir/page/2995

تولید محصولات گوناگون در حوزه‌های یاد شده نشان می‌دهد طیف وسیعی از افراد جامعه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در معرض مواد نانو قرار دارند. علاوه‌بر این، هرچه محصولات بیشتر و متنوع‌تری تولید شود، پسماندهای نانو نیز می‌توانند در محیط‌های بیشتری انتشار یافته و تجمع کنند. در برخی حوزه‌ها ازجمله حوزه بهداشت و سلامت، علاوه‌بر ترکیبات دارویی و مکمل‌های غذایی با مصرف‌کنندگان خاص، محصولات متنوع آرایشی، بهداشتی، ضدعفونی‌کننده‌ها و امولسیون‌های پاک‌کننده خانگی ارتباط مستقیمی با عموم افراد دارد و به همین‌دلیل تدوین استانداردها و دستورالعمل‌ها حائز اهمیت است. در کشور ما درصد قابل توجهی از محصولات نانو (مجموعاً ۳۲ درصد از کل محصولات) در حوزه سلامت، نساجی و کالاهای خانگی است، اما استانداردهای جامع و اختصاصی در مورد ارزیابی مصرف و آثار این نوع محصولات یا حد مجاز استفاده از ترکیبات نانو در این محصولات به نحوی که احتمال خطر برای انسان و دیگر اجزای اکوسیستم نداشته باشد وجود ندارد؛ هرچند به تازگی در سال ۱۳۹۵، استاندارد ملی «فناوری نانو-کالای نساجی با خاصیت ضدمیکروبی - روش آزمون (شماره ۲۱۱۹۵)» انتشار یافته که در آن به بررسی تماس پوشاک و دیگر کالاهای نساجی نانو با انسان و احتمال سمیت و حساسیت پوستی پرداخته شده است (سازمان ملی استاندارد،۱۳۹۶).

علاوه بر این، خلأ استاندارد و شاخص‌های کافی در زمینه ارزیابی انتشار نانومواد به محیط زیست نیز احساس می‌شود و مؤید لزوم توجه بیشتر نهادهای متولی این حوزه به ابعاد زیست‌محیطی و بهداشتی مواجهه با نانو مواد است.

باید این نکته را خاطرنشان کرد که مدت زمان زیادی از توسعه کاربردهای ایمن فناوری نانو و توجه به ارزیابی جدی مخاطرات آن نه تنها در ایران، بلکه در سطح جهانی نمی‌گذرد، لذا بسیاری از خلأها و چالش‌های موجود در کاربرد ایمن نانو به کمک تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های لازم، در کشورهایی که از این فناوری بهره می‌جویند مشترک است. هرچند انتظار می‌رود کشور ایران به‌عنوان یکی از کشورهای پیشرو در توسعه و تولید محصولات مبتنی‌بر فناوری نانو در این زمینه فعال‌تر عمل کند. مهمترین خلأها و چالش‌های موجود در تهیه استانداردهای بین‌المللی و ملی ایمنی نانو در ادامه ذکر شده است.

۶. پیشران‌های پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو

نیروهای پیشران نقش مهمی در پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی نانو دارند. این پیشران‌ها از شرایط بین‌المللی، فرهنگ، نیازهای بازار، تقاضاها و قوانین ملی متأثر می‌شوند. در ادامه برخی پیشران‌های ملی و بین‌المللی این حوزه بررسی می‌شود.

ـ برچسب‌گذاری محصولات نانو (مطابق با استانداردهای مربوطه)

برای برچسب‌گذاری محصولات، باید در قدم اول زیرساخت‌های لازم برای استانداردسازی و اجرای آن را فراهم کرد. اطلاع از ترکیبات تشکیل‌دهنده محصولات، یکی از حقوق مصرف‌کنندگان به‌شمار می‌رود. در ضوابط و دستورالعمل‌هایی که کشورها برای برچسب‌گذاری مواد به‌ویژه محصولات خوراکی، آشامیدنی و بهداشتی ـ آرایشی وضع کرده‌اند، درج مواد تشکیل‌دهنده فرآورده ضرورت دارد. با این‌حال هنوز در سطح بین‌المللی استفاده از برچسب نانو بر روی محصولات، به یک الزام قانونی تبدیل نشده است. عدم ارائه اطلاعات شفاف درباره محتویات محصولات حاوی نانومواد و مقدار آنها در یک محصول، نه تنها امکان تصمیم‌گیری و انتخاب را از مصرف‌کننده سلب می‌کند، بلکه مانع از سنجش صحیح آثار این نوع محصولات بر سلامت می‌شود. علاوه‌بر این، نبود توافقنامه‌های بین‌المللی می‌تواند چالش‌های مصرف ایمن محصولات نانوی وارداتی را افزایش دهد.

برچسب‌گذاری محصولات نانو در دنیا هنوز در مراحل اولیه است و کشور ما ازجمله کشورهای پیشرو در بحث برچسب‌گذاری این نوع محصولات به شمار می‌رود. طرح استفاده از برچسب «نانونماد» در سطح ملی برای همه محصولاتی که در داخل کشور تولید می‌شوند، از نمونه پیشنهادهای ستاد فناوری نانو به سازمان ملی استاندارد است.[۱] اجرایی شدن این طرح از لحاظ فنی نیازمند ارتقای استانداردهای محصولات، تدوین استانداردهای لازم، تقویت زیرساخت‌های موجود برای ارزیابی و ارائه گواهی به محصولات نانو است. از لحاظ قانونی نیز ایجاد زیرساخت‌های قانونی برای الزام یا تشویق به برچسب‌گذاری براساس استانداردهای مربوطه ضروری است.

- نظارت و ارزیابی مؤثر آثار و مخاطرات محصولات نانو

نظارت مؤثر و مدیریت مخاطرات احتمالی ازجمله پیشران‌های پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی نانو در کشورهایی است که به‌دنبال توسعه این فناوری نوین هستند. هدف از توسعه سامانه‌های نظارتی مناسب،

۱. http://www.iribnews.ir/fa/news/1133953/

کنترل ورود محصولات دارای مجوزهای ایمنی زیستی به بازار (به‌ویژه محصولات وارداتی) و ارزیابی مخاطرات احتمالی محصولات تولید شده است. این امر ازسویی نیازمند وجود استانداردها به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی و سایر زیرساخت‌های قانونی برای اجرای این استانداردهاست و ازسویی دیگر همکاری و همگرایی کلیه ذینفعان در سطوح مختلف ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی را می‌طلبد. در کشور ما ستاد توسعه فناوری نانو تلاش کرده است که با ایجاد کمیته‌های استاندارد و ایمنی ذیل وزارتخانه‌های مرتبط و ایجاد شبکه‌های متخصصین به ایجاد همگرایی و همکاری متولیان و ذینفعان این حوزه کمک کند، به‌طوری که کمیته‌های ایمنی نانو در وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (سازمان غذا و دارو) و جهاد کشاورزی تشکیل شده و مشغول به فعالیت هستند. در این میان، انتظار بر این است سازمان محیط زیست نیز یکی از نهادهای مهم و اصلی کشور در مسائل محیط زیست و حفاظت از اکوسیستم‌ها، نقش فعال‌تری در تدوین استانداردهای ایمنی زیستی این حوزه (که در حال حاضر خلأ زیادی در آن احساس می‌شود) ایفا کند.

- زیرساخت‌های قانونی

همان‌طور که گفته شد وجود زیرساخت‌های قانونی که در آن پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی در حوزه فناوری نانو الزامی باشد، بر نظارت، کنترل مخاطرات زیستی این فناوری، ایجاد همگرایی و حضور فعال و هدفمند نهادهای متولی این حوزه مؤثر است. مطالعات کشورها نشان می‌دهد قوانین اختصاصی در زمینه تدوین و اجرای استانداردهای ایمنی نانو وجود ندارد، اما اکثر کشورها مثل فرانسه، استرالیا، کانادا و آمریکا، سعی کرده‌اند احکام مرتبط با پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی نانو را در قالب یک ماده یا بند در قوانین حوزه خدمات بهداشت عمومی، دستورالعمل‌های غذا دارو، ایمنی مواد صنعتی و شیمیایی، آیین‌نامه‌های زیست‌محیطی و امثال این تدوین نمایند (ذوالفقاری و براتی، ۱۳۹۴). به‌نظر می‌رسد ایجاد زیرساخت‌های قانونی مختص به ایمنی فناوری نانو بتواند نقش مؤثرتری در پیاده‌سازی استانداردهای این حوزه داشته باشد.

یکی از این زیرساخت‌های قانونی مهم مدیریت پسماندهای نانو است. توسعه نانوفناوری علاو بر تولید محصولات جدید به تولید انواع جدیدی از پسماندها نیز منجر شده است. پسماندهای نانو به‌دلیل نفوذ سریع و تجمع پایدار در اکوسیستم را می‌توان در دسته پسماندهای خطرناک قرار داد. تولید حجم بالایی از پسماندهای جدید نانو که در اثر توسعه سریع این فناوری و محصولات آن حاصل می‌شود، مدیریت زیست‌محیطی نانومواد و نانوپسماندها را به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم در سطح ملی و بین‌المللی مطرح کرده است. هر چند استانداردهایی از قبیل استانداردهای محیط‌های کاری، روش‌های تولید بی‌خطر، حمل‌ونقل ایمن و روش‌های دفع ایمن پسماندهای نانو تدوین شده، اما به‌نظر می‌رسد به‌دلیل نبود توجه

کافی به زیرساخت‌های قانونی دفع و تصفیه نهایی پسماندهای نانو، اجرای این استانداردها عملاً صورت نپذیرفته است. معاهدات بین‌المللی مختص مدیریت ایمن پسماندهای نانو نیز وجود ندارد؛ هر چند معاهدات بین‌المللی از قبیل کنوانسیون بازل که مقرراتی را در زمینه کنترل انتقالات برون‌مرزی مواد زائد زیانبخش و دفع آنها وضع کرده‌اند، می‌توانند به‌عنوان مدل‌هایی برای قوانین بین‌المللی نانوپسماندها به کار گرفته شوند. کنوانسیون بازل دارای پیوست‌هایی است که درآنها مواد زائدی که باید تحت کنترل قرار گیرند و مشخصات مواد، طبقه‌بندی شده است. اما تاکنون در اصلاحیه‌های متن کنوانسیون، پسماندهای نانو در دسته‌بندی پسماندهای خطرناک قرار نگرفته است (سلیمانی مورچه‌خورتی، ۱۳۹۳).

طبق مواد (۱۷) و (۱۸) کنوانسیون، هر عضو می‌تواند با توجه به ملاحظات علمی و فنی پیشنهادهایی جهت اصلاح پروتکل ارائه دهد. پیشنهاد افزوده شدن پسماندهای نانو به پیوست مواد زائد خطرناک کنوانسیون بازل ازسوی سازمان حفاظت از محیط زیست به‌عنوان مرجع رسمی این کنوانسیون در کشور و با همکاری ستاد توسعه فناوری نانو می‌تواند یکی از گام‌های مهم درخصوص به رسمیت شناخته شدن مقررات کنترل و دفع این نوع پسماند در سطح بین‌المللی و در نتیجه تدوین و اجرای استانداردهای مورد نیاز در این زمینه محسوب شود.

البته لازم به ذکر است که ماده (۳) کنوانسیون بازل این امکان را به کشورها داده است که علاوه‌بر لیست پسماندهای ضمیمه این کنوانسیون، هر نوع پسماند دیگری را طبق قوانین ملی خود به‌عنوان پسماند خطرناک در نظر گرفته‌اند، به دبیرخانه کنوانسیون اطلاع داده و مشمول مقررات کنوانسیون بازل سازند. در کشور ما قانون «مدیریت پسماندها» مصوب سال ۱۳۸۳، مقرراتی را برای مدیریت انواع پسماندهای موجود در نظر گرفته است و بخشی از پسماندهای عادی، صنعتی، کشاورزی که نیاز به مدیریت خاص دارند جزء پسماندهای ویژه محسوب می‌شوند.[۱] فهرست این نوع پسماندها ازطرف سازمان محیط زیست، با همکاری دستگاه‌های ذیربط تعیین و به تصویب شورای عالی حفاظت محیط زیست می‌رسد. در لیست پسماندهای ویژه که توسط سازمان محیط زیست تدوین و انتشار یافته است،[۲] پسماندهای نانو وجود ندارد و ازاین‌رو، این نوع پسماند در دامنه شمول قانون مدیریت پسماندها قرار نمی‌گیرد. ازسویی دیگر، قوانین و مقررات اختصاصی مربوط به پسماندهای نانو نیز در کشور وجود نداشته و خلأ زیرساخت‌های قانونی در این خصوص احساس می‌شود. نبود این قوانین و الزامات، بر تدوین استانداردهای دفع ایمن پسماندهای نانو اثر نامطلوب گذاشته چنانکه تاکنون در این زمینه استانداردی در کشور ما تدوین نشده است.

---

۱. http://rc.majlis.ir/fa/law/show/94060

۲. http://www.doe.ir/portal/home/?generaltext/176471/176473/

ـ افزایش آگاهی‌های تخصصی

تدوین و بومی‌سازی استانداردهای بین‌المللی، نظارت بر اجرای آنها و صدور مجوزهای استاندارد نیازمند آگاهی‌های تخصصی و به‌روز رسانی اطلاعات است. در این زمینه، تربیت نیروی انسانی متخصص، انتشار شفاف اطلاعات، برگزاری کارگاه‌های آموزشی داخلی و یا شرکت در کارگاه‌های بین‌المللی جهت هماهنگی با رویه‌های جهانی، تدوین استانداردهای این حوزه را تسریع می‌کند.

ـ افزایش آگاهی‌های عمومی

افزایش سطح آگاهی جامعه ازجمله پیشران‌هایی است که باعث بالاتر رفتن میزان تقاضای عمومی از دولت و ذینفعان درخصوص نظارت، ارزیابی سلامت، ایمنی و کنترل محصولات نانو می‌شود و این به معنی تعهد و اهتمام بیشتر در ایجاد زیرساخت‌های لازم ازجمله پیاده‌سازی استانداردهاست. با وجودی که تاکنون بازار محصولات نانو با چالش‌های جدی از قبیل عدم اطمینان مصرف‌کنندگان مواجه نبوده است، اما این امر نباید مانع از اتخاذ سیاست‌های افزایش آگاهی و مشارکت عمومی درخصوص استفاده ایمن و کنترل مخاطرات احتمالی این محصولات گردد. البته قابل ذکر است که نوع سیاست‌هایی اتخاذ شده باید به نحوی باشد که ضمن افزایش سطح اطلاعات مردم در رابطه با مصرف ایمن این محصولات برای حفظ سلامتی خود و محیط اطرافشان، منجر به نگرانی و عدم اطمینان نشود.

جمع‌بندی و پیشنهادها

در سال‌های اخیر توسعه فناوری نانو و تولید محصولات مبتنی‌بر آن رو به گسترش است. به‌طوری که تاکنون بیش از ۲۰۰۰ محصول نانو به بازارهای جهانی عرضه شده است. در ایران نیز با تأکید سیاست‌های کلان بر توسعه فناوری‌های نوین، توسعه این فناوری به جدیت دنبال می‌شود. رتبه چهارم جهانی در تولید علم نانو، وجود ۱۳۳ شرکت تولیدکننده کالا و خدمات در این حوزه و ۳۲۵ محصول تا پایان سال ۱۳۹۵، ازجمله دستاوردهای کشور در حوزه فناوری نانو است.

بسیاری از محصولات مبتنی‌بر فناوری نانو به‌طور مستقیم توسط افراد جامعه مصرف شده و یا در تماس نزدیک با بدن آنها قرار دارد. در این میان، افراد شاغل به تولید محصولات نانو، بیش از دیگران در معرض مخاطرات ناشی از استنشاق یا جذب این مواد از طریق بدن خود هستند. از طرفی باقی‌مانده این محصولات یا پسماندهای حاصل از فرآیند تولید نیز با ورود به آب، خاک، هوا و تجمع در آن، اکوسیستم را

در معرض این مواد با نیمه عمرهای طولانی قرار داده و احتمال خطر را افزایش می‌دهد. به همین دلیل ارزیابی مخاطرات زیستی این فناوری در حوزه محیط زیست، سلامت و بهداشت و امنیت محیط‌های شغلی ضرورت زیادی دارد.

کاربرد ایمن فناوری نانو نیازمند اقدامات مختلف قانونی، اجرایی و نظارتی است و تهیه و تدوین استانداردها و دستورالعمل‌ها را می‌توان نخستین گام برای ارزیابی‌ها و کنترل مخاطرات توسعه و بهره‌برداری از این فناوری دانست. سازمان‌های فعال بین‌المللی در حوزه نانو ازجمله کمیته استانداردسازی فناوری نانو، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)، کمیسیون و شورای اروپا و سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD)، بخشی از فعالیت‌های خود را به تدوین استانداردها و دستورالعمل‌های زیستی در ارزیابی و کنترل مخاطرات محصولات نانو اختصاص داده‌اند. این استانداردها را می‌توان در سه حوزه ایمنی محیط زیست، سلامت و بهداشت و محیط‌های شغلی دسته‌بندی کرد و در این میان، سهم استانداردها و اسناد راهنمای مربوط به حفاظت و ایمنی محیط‌های کاری بیش از ۶۰ درصد از کل استانداردهاست. همچنین استانداردهای بین‌المللی موجود در حوزه ایمنی محیط زیست و سلامت به‌ویژه بخش محصولات کشاورزی و محصولات غذایی نانو کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. این در حالی است که تولید و استفاده از محصولاتی از قبیل کودهای نانو در سطح جهانی رایج است.

در کشور ایران توسعه کاربردهای ایمن نانوفناوری با انجام اقداماتی ازجمله: ایجاد شبکه ایمنی نانو، فعال کردن کمیته‌های ایمنی نانو در وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و جهاد کشاورزی و تدوین ۱۳ استاندارد مرتبط یا تا حدی مرتبط با ایمنی زیستی نانو مورد توجه قرار گرفته است. با این‌حال تعداد عمده این استانداردها در رابطه با ایمنی محیط‌های کاری بوده و استانداردهای جامع و اختصاصی در مورد محصولات حوزه سلامت، نساجی و کالاهای خانگی که قسمت قابل توجهی از محصولات نانوی کشور ما را تشکیل می‌دهند وجود ندارد. به‌دلیل ناشناخته بودن و تازگی این عرصه، تولید و مصرف ایمن محصولات نانو نه تنها در کشور ما که در سطح جهانی نیز با کمبودهایی در زمینه استانداردهای زیست‌محیطی، کشاورزی و بهداشت عمومی روبرو است و توجه بیشتری را می‌طلبد. پیشران‌هایی از قبیل برچسب‌گذاری محصولات نانو بر اساس استانداردهای مربوطه، نظارت، ارزیابی و کنترل مؤثر مخاطرات احتمالی، وجود زیرساخت‌های قانونی (برای مثال قانونی برای مدیریت پسماندهای نانو) و افزایش آگاهی‌های تخصصی و عمومی می‌تواند در پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو بسیار مؤثر باشد. در این راستا برخی ملاحظات سیاستی در سطح ملی و بین‌المللی در جدول ۲ پیشنهاد داده شده است.

جدول ۲. پیشران‌ها و ملاحظات در پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی فناوری نانو

پیشران‌ها	ملاحظات سیاستی	
	در سطح بین‌المللی	در سطح ملی
برچسب‌گذاری محصولات نانو بر اساس استانداردهای مربوطه	✓ ایجاد الزامات بین‌المللی برای شفافیت در اعلام ترکیب مواد سازنده و مقدار نانوماده به کار رفته در محصولات تأیید شده و تجاری ✓ ایجاد توافقنامه‌های بین‌المللی در خصوص برچسب‌گذاری محصولات نانو و شفافیت صادرات و واردات	✓ اتخاذ سیاست‌های الزام یا تشویق به برچسب‌گذاری محصولات نانو ✓ تدوین سیاست‌های واردات محصولات نانو
نظارت و ارزیابی مؤثر آثار و مخاطرات محصولات نانو	✓ افزایش همکاری‌های بین‌المللی	✓ تدوین و ارتقای استانداردهای مورد نیاز به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی ✓ ایجاد همگرایی در دستگاه‌های ذینفع و توسعه نهادهای نظارتی مناسب ✓ افزایش حضور و مشارکت سازمان محیط زیست در تدوین استانداردهای مورد نیاز زیست محیطی و رفع خلأ موجود در این حوزه ✓ ایجاد زیرساخت‌های قانونی برای نظارت و ارزیابی
وجود زیرساخت‌های قانونی (مثال، زیرساخت قانونی مدیریت و دفع ایمن پسماندهای نانو)	✓ ایجاد کنوانسیون‌ها و معاهدات اختصاصی کنترل مخاطرات محصولات نانو و پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی نانو ✓ دسته‌بندی پسماندهای نانو به‌عنوان پسماندهای خطرناک در کنوانسیون‌های مرتبط (از قبیل کنوانسیون بازل) ✓ تدوین کنوانسیون‌های مؤثر بر کنترل محصولات و پسماندهای نانو به‌ویژه در امر واردات	✓ تصویب قوانین اختصاصی در زمینه تدوین و اجرای استانداردهای ایمنی نانو ✓ ارائه پیشنهاد از طرف سازمان محیط زیست، به‌عنوان مرجع کنوانسیون بازل در کشور برای الحاق نانوپسماندها به پسماندهای خطرناک ✓ تدوین قانون ملی برای کنترل و دفع پسماندهای نانو به‌عنوان پسماند خطرناک، اعلام به کنوانسیون بازل و اقدام به تدوین استانداردهای ایمنی این حوزه
افزایش آگاهی‌های تخصصی	✓ تقویت همکاری‌های علمی و تخصصی بین‌المللی در تدوین استانداردها و اسناد راهنما	✓ تربیت نیروی متخصص برای تدوین استاندارد، ارزیابی خطر و کنترل ریسک ✓ تقویت شبکه متخصصین و تبادل و انتشار اطلاعات
افزایش آگاهی‌های عمومی	✓ افزایش آگاهی‌های عمومی	✓ افزایش آگاهی مردم و مصرف ایمن محصولات نانو

پیوست

جدول. اسناد و استانداردهای منتشر شده توسط نهادهای بین‌المللی فعال در زمینه ایمنی زیستی محصولات نانو

حوزه	موضوع	نام سند (استاندارد)
ایمنی محیط زیستی	اکوسیستم‌ها	ارزیابی سمیت نانو مواد برای آبزیان با استفاده از گونه آرتمیا [۱] (ISO/TC229)
		ملاحظاتی برای اندازه‌گیری نانو اشیا، و متراکم شدن و تجمع شان در محیط[۲] (ISO/TC229)
		دستورالعمل‌هایی برای جنبه‌های ویژه از ارزیابی چرخه حیات[۳] (CEN/TC 352)
		دستورالعمل‌هایی برای مدیریت و دفع پسماندهای حاصل از ساخت و فرآوری نانو اشیا سنتزی[۴] (CEN/TC 352)
		ارزیابی آسیب‌های وارده ازسوی نانو مواد به سلامت انسان و محیط زیست [۵] (ECHA)
		فعالیت‌های ملی ارزیابی چرخه حیات نانو مواد (۲۰۱۱)[۶] (OECD)
		استفاده پایدار زیست‌محیطی از نانو مواد سنتزی (۲۰۱۳) [۷] (OECD)
		سمیت اکولوژیکی و سرنوشت نانو مواد ساخته شده در محیط: راهنمای آزمون (۲۰۱۴)[۸] (OECD)
		راهنمای ادغام ارزیابی خطر و ارزیابی چرخه حیات نانو محصولات[۹] (OECD)
ایمنی سلامت و بهداشت	نانودارو، درمان و تجهیزات پزشکی	چارچوبی برای توسعه فرهنگ لغت برای کاربردهای نانو فناوری در بهداشت و درمان[۱۰] (ISO/TC229)
		راهنمای ارزیابی شیمی محصولات دارویی نانو لیپوزومی و ساخت و کنترل آنها، زیست دسترس‌پذیری و فارماکوکینتیک انسانی و مستندات برچسب‌گذاری[۱۱] (پیش‌نویس سند راهنما-FDA)
		اطلاعات الزامی برای محصولات وریدی نانوکلوئیدی مبتنی‌بر آهن و توسعه داده شده به یک محصول دارویی نوآور[۱۲] (EMA)
		پوشش‌های سطحی: مسائل کلی قابل ملاحظه در مورد تجویز تزریق نانو داروهای پوشش داده شده[۱۳] (EMA)
		اطلاعات الزامی برای محصولات وریدی لیپوزومی درون وریدی و و توسعه داده شده به یک محصول دارویی نوآور[۱۴] (EMA)
		توسعه محصولات دارویی مبتنی‌بر مایسل‌های متشکل از بلوک‌های کوپلیمری[۱۵] (EMA)
		راهنمای تعیین عوارض بهداشتی بالقوه نانومواد به‌کار رفته در تجهیزات پزشکی[۱۶] (EC)
		سند راهنمای طبقه‌بندی نانومواد به کار رفته در ادوات پزشکی (شامل ادوات در تماس با سطح، ادوات ارتباط‌دهنده خارجی و ادوات کاشته شده در بدن) بر اساس رده، محل و زمان تماس با بافت و همچنین مراحل لازم برای ارزیابی ایمنی آنها[۱۷] (EC)
	تماس انسان و حیوانات با محصولات و پسماندهای نانو	آزمون اندوتوکسین روی نمونه‌های نانو مواد برای سیستم‌های برون‌تنی[۱۸] (ISO/TC229)
		سنجش MTS برون تنی برای اندازه گیری سمیت سلولی نانو ذرات[۱۹] (ISO/TC229)
		ارزیابی خطرات نانو مواد[۲۰] (ISO/TC229)
		توجه بر اطلاعات لازم برای نانو مواد در محصولات مصرفی. بحث بر روی برچسب‌گذاری و طرح ارائه گزارش نانو مواد در محصولات مصرفی در اتحادیه اروپا[۲۱] (EC)
		سمیت ژنتیکی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۴) [۲۲] (OECD)
		نکته‌های راهنمای مقدماتی برای نانو مواد: فاکتورهای تنوع بین گونه‌ای در ارزیابی خطر سلامت انسان (۲۰۱۵) [۲۳] (OECD)
	محصولات آرایشی بهداشتی	سلامت نانو مواد در محصولات آرایشی[۲۴] (FDA)
		گزارش استانداردهای بین‌المللی در لوازم آرایشی و بهداشتی[۲۵] (ICCR)
		روش‌های ایمن استفاده از نانو مواد در لوازم آرایشی و بهداشتی[۲۶] (ICCR)
		روش‌های خصوصیت‌یابی نانو مواد در لوازم آرایشی و بهداشتی III [۲۷] (ICCR)
		روش‌های خصوصیت‌یابی نانو مواد در لوازم آرایشی و بهداشتی II [۲۸] (ICCR)
		روش‌های خصوصیت‌یابی نانو مواد در لوازم آرایشی و بهداشتی[۲۹] (ICCR)
		ارزیابی نهادها و انجمن‌های نانو مواد در لوازم آرایشی و بهداشتی[۳۰] (ICCR)
		فناوری نانو در لوازم آرایشی و بهداشتی – معیارها و روش‌ها برای تشخیص[۳۱] (ICCR)
		راهنمای ارزیابی ایمنی نانو مواد در لوازم آرایشی بهداشتی[۳۲] (EC)

حوزه	موضوع	نام سند (استاندارد)
	غذای انسان و دام	ارزیابی آثار مهم تغییر فرآیند ساخت و تولید، شامل فناوری‌های نوظهور، بر ایمنی و وضعیت تنظیم مقررات ترکیبات سازنده غذایی و مواد افزودنی[۳۳] (FDA)
		استفاده از نانو مواد در غذای حیوانات[۳۴] (FDA)
ایمنی محیط‌های شغلی	تماس شاغلین به کار نانو با نانوذرات	تهیه برگه اطلاعات ایمنی نانو مواد[۳۵] (ISO/TC229)
		خصوصیت‌یابی نانو ذرات در اتاقک‌های استنشاق برای تست سمیت استنشاقی[۳۶] (ISO/TC229)
		خصوصیت‌یابی برون‌تنی سوسپانسیون‌های نانو اشیا به‌منظور ارزیابی سمیت ذاتی نانو شیئ[۳۷] (ISO/TC229)
		مدیریت نانو ذرات مهندسی شده رها شده در محیط‌های کاری[۳۸] (FDA)
		ارزیابی سلامت انسان و مواجهه زیست‌محیطی و توصیف خطر نانو مواد[۳۹] (ECHA)
		مقایسه راهنمای انتخاب تجهیزات محافظت پوست و ماسک‌های تنفسی برای استفاده در محل کار: نانو مواد سنتزی (۲۰۰۹) [۴۰] (OECD)
		گزارش ارزیابی و کاهش قرارگیری در معرض نانو مواد سنتزی (۲۰۰۹) [۴۱] (OECD)
		تالیف و مقایسه راهنماهای مرتبط با قرار گرفتن در معرض نانو مواد در آزمایشگاه‌ها (۲۰۱۰) [۴۲] (OECD
		تلفیق و مقایسه راهنماهای مرتبط با قرارگیری در معرض نانو مواد در آزمایشگاه‌ها (۲۰۱۰)[۴۳] (OECD)
		تست سمیت استنشاقی: جلسه کارشناسی برای بازنگری راهنماها و اسناد راهنمای تست OECD [۴۴]
	اصول کار و محیط شغلی	مولدهای آئروسل نانو برای مطالعات سمیت استنشاقی[۴۵] (ISO/TC229)
		تولید نانو ذرات فلزی برای تست سمیت استنشاقی با به‌کارگیری روش تبخیر/چگالش[۴۶] (ISO/TC229)
		مدیریت خطرات شغلی برای نانو مواد مهندسی شده- بخش ۱: اصول و روش‌ها[۴۷] (ISO/TC229)
		راهنمای توصیف خصوصیات فیزیکی- شیمیایی نانو مواد مهندسی شده به منظور ارزیابی سمیت[۴۸] (ISO/TC229)
		تدوین و تشریح روش‌های غربالگری سم‌شناسی برای نانو مواد سنتزی[۴۹] (ISO/TC229)
		استفاده و کاربرد آزمایش‌های سلولی برون‌تنی و شناسایی روش برای تخمین دوام زیستی نانو مواد[۵۰] (ISO/TC229)
		خصوصیت‌یابی سطح نانو ذرات طلا برای غربال سمیت خاص نانو مواد: روش FT-IR [۵۱] (ISO/TC229)
		شیوه‌های ایمنی و بهداشت در محیط‌های شغلی مرتبط با فناوری نانو[۵۲] (ISO/TC229)
		بررسی اجمالی چارچوب‌های موجود برای بسط محدودیت‌های مواجهه شغلی با نانو اشیا و تراکم و تجمع آنها[۵۳] (ISO/TC229)
		راهنمای کشف و شناسایی نانو اشیا در ماتریکس‌های پیچیده[۵۴] (CEN/TC 352)
		راهنمای تعیین پروتکل‌های انفجار و اشتعال‌پذیری پودرهای محتوی نانو اشیا (برای حمل‌ونقل، دستکاری و ذخیره‌سازی)[۵۵] (CEN/TC 352)
		تعیین واکنش‌دهندگی هیدروشیمیایی نانو اشیا برای مطالعات سمیت[۵۶] (CEN/TC 352)
		نانو مواد سنتزی در صنعت ساختمان. دستورالعمل‌هایی برای مدیریت خطرات شغلی[۵۷] (CEN/TC 352)
		کار ایمن با نانو مواد ساخته شده – راهنما برای کارکنان[۵۸] (EC)
		راهنمای حفظ سلامت و ایمنی کارکنان از خطرات بالقوه مرتبط با نانو مواد در کار – راهنما برای کارفرمایان و متخصصان سلامت و ایمنی[۵۹] (EC)
		گزارش کارگاه OECD در مورد ایمنی نانو مواد سنتزی: ساخت همکاری، هماهنگی و ارتباط (۲۰۰۶)[۶۰]
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر در ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۰۶)[۶۱] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر در ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۰۷)[۶۲] (OECD)
		نانو مواد سنتزی: برنامه کار ۲۰۰۶-۲۰۰۸ (۲۰۰۸)[۶۳] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر در ایمنی نانو مواد سنتزی- سومین جلسه (۲۰۰۸) [۶۴] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر در ایمنی نانو مواد سنتزی- چهارمین جلسه (۲۰۰۸) [۶۵] (OECD)

حوزه	موضوع	نام سند (استاندارد)
		آنالیز مقدماتی از سنجش و کاهش قرارگیری در معرض نانومواد سنتزی در محیط‌های شغلی[۶۶] (OECD)
		شناسایی، تلفیق و آنالیز اطلاعات راهنما برای ارزیابی و کاهش قرارگیری در معرض نانو مواد سنتزی (۲۰۰۹)[۶۷] (OECD)
		ارزیابی انتشار جهت شناسایی منبع و رهایش نانو مواد سنتزی هوابرد در محل کار: تلفیق راهنمای موجود (۲۰۰۹)[۶۸] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۰۹) [۶۹] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۰) [۷۰] (OECD)
		گزارش کارگاه ارزیابی خطر نانو مواد سنتزی در یک زمینه نظارتی[۷۱] (OECD)
		برنامه OECD برای ایمنی نانو مواد سنتزی ۲۰۰۹-۲۰۱۲: برنامه‌های عملی پروژه‌ها[۷۲] (OECD)
		گزارش پرسشنامه برای برنامه‌های نظارتی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۰) [۷۳] (OECD)
		نکات راهنمای مقدماتی برای تهیه نمونه و دوزیمتری جهت آزمایش ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۰)[۷۴] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۰)[۷۵] (OECD)
		طرح‌های جمع‌آوری اطلاعات نانو مواد: درس‌های گرفته شده و اطلاعات گزارش شده (۲۰۱۱)[۷۶] (OECD)
		مسائل مهم در ارزیابی خطر نانو مواد سنتزی (۲۰۱۲)[۷۷] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر در ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۲) [۷۸] (OECD)
		مسائل مهم در ارزیابی خطر نانو مواد سنتزی (۲۰۱۲) [۷۹] (OECD)
		فعالیت‌ها و توسعه‌های اخیر در ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۲) [۸۰] (OECD)
		تست سمیت استنشاقی: جلسه کارشناسی برای بازنگری راهنماها و اسناد راهنمای تست OECD[۸۱]
		راهنمای تهیه نمونه و تعیین دوز برای تست ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۲) [۸۲] (OECD)
		توسعه‌های اخیر در هیئت‌های نمایندگی ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۲) [۸۳] (OECD)
		همکاری ارزیابی خطر: اولویت‌بندی مسائل مهم در ارزیابی خطر نانو مواد سنتزی (۲۰۱۳) [۸۴] (OECD)
		گزارش پرسشنامه برنامه‌های نظارتی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۴) [۸۵] (OECD)
		رویکرد هماهنگ در ارزیابی قرارگیری در معرض انتشار هوابرد نانو اشیای مهندسی شده و اگلومره‌ها و اگریگیت آنها در محل کار (۲۰۱۵) [۸۶] (OECD)
		بررسی روش‌ها و مدل‌های قابل دسترس در ارزیابی قرارگیری در معرض نانو مواد سنتزی (۲۰۱۵)[۸۷] (OECD)
		پیشرفت‌ها در ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۵) [۸۸] (OECD)
		توسعه‌های اخیر در هیئت‌های نمایندگی ایمنی نانو مواد سنتزی (۲۰۱۵) [۸۹] (OECD)
		ملاحظات استفاده از انحلال به‌عنوان تابعی از شیمی سطح برای ارزیابی رفتار زیست محیطی نانومواد در ارزیابی ریسک (۲۰۱۵) [۹۰] (OECD)

(1) ISO/AWI TS 20787 Nanotechnologies – Aquatic toxicity assessment of nanomaterials using Artemia sp
(2) Nanotechnologies – Considerations for the measurement of nano-objects, and their aggregates and agglomerates (NOAA) in the environment
(3) prCEN/TS - PWI 00352011 - Nanotechnologies – Guidelines for aspects of Life Cycle Assessment specific
(4) prCEN/TS - PWI 00352014 - Nanotechnologies – Guidelines for the management and disposal of waste from the manufacturing and processing of manufactured nanoobjects prCEN/TS - PWI
(5) Assessing human health and environmental hazards of nanomaterials
(6) No. 32, National Activities on Life Cycle Assessment of Nanomaterials (2011)
(7) No. 39, Environmentally Sustainable Use of Manufactured Nanomaterials - Workshop held on 14 September 2011 in Rome, Italy (2013)
(8) No. 40, Ecotoxicology and environmental fate of manufactured nanomaterials: test guidelines (2014)
(9) No.57, Guidance Manual towards the integration of risk assessment into life cycle assessment of nano-enabled applications (2015)

(10) ISO/TR 17302:2015 Nanotechnologies – Framework for identifying vocabulary development for nanotechnology applications in human healthcare
(11)Draft Guidance for Industry- Liposome Drug Products Chemistry, Manufacturing and Controls; Human Pharmacokinetics and Bioavailability; and Labelling, Documentation (October 2015).
(12) The data requirements for intravenous iron-based nano-colloidal products developed with reference to an innovator medicinal produc. March 2015.
(13) Surface coatings: general issues for consideration regarding parenteral administration of coated nanomedicine products. August 2013.
(14) Data requirements for intravenous liposomal products developed with reference to an innovator liposomal product. February 2013.
(15) Development of blockcopolymer-micelle medicinal products. January 2014.
(16) Guidance on the Determination of Potential Health Effects of Nanomaterials Used in Medical Devices
(17) Final Opinion on the Guidance on the Determination of Potential Health Effects of Nanomaterials Used in Medical Devices (SCENIHR 2015).
(18) ISO 29701:2010 Nanotechnologies – Endotoxin test on nanomaterial samples for in vitro systems – Limulus amebocyte lysate (LAL) test
(19) ISO/DIS 19007 Nanotechnologies – In vitro MTS assay for measuring the cytotoxic effect of nanoparticles ISO/DTR 19057
(20) ISO/TR 13121:2011 Nanotechnologies – Nanomaterial risk evaluation
(21) Considerations on information needs for nanomaterials in consumer products. Discussion of a labelling and reporting scheme for nanomaterials in consumer products in the EU
(22) No.43, Genotoxicity of Manufactured Nanomaterials: Report of the OECD expert meeting (2014)
(23) No.58, Preliminary guidance notes on Nanomaterials: Interspecies variability factors in human health risk assessment (2015)
(24) Guidance for Industry- Safety of Nanomaterials in Cosmetic Products. (June 2014).
(25) 2016-08 ICCR WG Report International Standards in Cosmetics
(26) 2013-11 Safety Approaches to Nanomaterials in Cosmetics
(27) 2013-05 Characterization Approaches to Nanomaterials in Cosmetics III
(28) 2012-07 Characterization Approaches to Nanomaterials in Cosmetics II
(29) 2011-06 Characterization Approaches to Nanomaterials in Cosmetics
(30) 2011-06 ICCR Associations Survey of Nano Materials in Cosmetics
(31) 2010-07 Nanotechnology in Cosmetics - Criteria and Methods for Detection
(32) Guidance on the Safety Assessment of Nanomaterials in Cosmetics. 26–27 June 2012. European Commission, Scientific Committee on Consumer Safety
(33) Guidance for Industry- Assessing the Effects of Significant Manufacturing Process Changes, Including Emerging Technologies, on the Safety and Regulatory Status of Food Ingredients and Food Contact Substances, Including Food Ingredients that are Color Additives (June 2014).
(34) Guidance for Industry- Use of Nanomaterials in Food for Animals (August 2015).
(35) ISO/TR 13329:2012
Nanomaterials – Preparation of material safety data sheet (MSDS)
(36) ISO 10808:2010 Nanotechnologies – Characterization of nanoparticles in inhalation exposure chambers for inhalation toxicity testing
(37) ISO/TS 19337:2016 Nanotechnologies – Characteristics of working suspensions of nano-objects for in vitro assays to evaluate inherent nano-object toxicity
(38) ASTM E2535-07: Standard Guide for Handling Unbound Engineered Nanoscale Particles in Occupational Settings
(39) Human health and environmental exposure assessment and risk characterisation of nanomaterials
(40) No. 12, Comparison of Guidance on Selection of Skin Protective Equipment and Respirators for Use in the Workplace: Manufactured Nanomaterials (2009)
(41) No. 13, Report of an OECD Workshop on Exposure Assessment and Exposure Mitigation: Manufactured Nanomaterials (2009)
(42) No. 28, Compilation and Comparison of Guidelines Related to Exposure to Nanomaterials in Laboratories (2010)
(43) No. 29, Current Development/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 8th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2011)
(44) No. 35, Inhalation Toxicity Testing: Expert Meeting on Potential Revisions to OECD Test Guidelines and Guidance Document (2012)
(45) ISO/DTR 19601 Nanotechnologies – Nano-object aerosol generators for inhalation toxicity studies ISO/AWI TR 21386
(46) ISO 10801:2010 Nanotechnologies – Generation of metal nanoparticles for inhalation toxicity testing using the evaporation/condensation method
(47) ISO/TS 12901-1:2012 Nanotechnologies – Occupational risk management applied to engineered nanomaterials – Part 1: Principles and approaches

(48) ISO/TR 13014:2012 Nanotechnologies – Guidance on 28hysic-chemical characterization of engineered nanoscale materials for toxicologic assessment
(49) ISO/TR 16197:2014 Nanotechnologies – Compilation and description of toxicological screening methods for manufactured nanomaterials
(50) ISO/TS 14101:2012 Nanotechnologies – Use and application of cellular in vitro tests and methodologies to assess nanomaterial biodurability
(51) Surface characterization of gold nanoparticles for nanomaterial specific toxicity screening: FT-IR method
(52) ISO/TR 12885:2008 Nanotechnologies – Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies
(53) ISO/TR 18637 Nanotechnologies – Overview of available frameworks for the development of occupational exposure limits and bands for nano-objects and their aggregates and agglomerates (NOAA)
(54) prCEN/TS - PWI 00352012 - Nanotechnologies – Guidance on detection and identification of nano-objects in complex matrices
(55) prCEN/TS - PWI 00352013 - Nanotechnologies – Guidelines for determining protocols for the explosivity and flammability of powders containing nano-objects (for transport, handling and storage)
(56) 00352015 - Nanotechnologies – Determination of hydrochemical reactivity of nano-objects for toxicity studies
(57) prCEN/TS - WI 00352023 - Nanotechnologies – Manufactured nanomaterials (MNMs) in the construction industry. Guidelines for occupational risk management
(58) Working Safely with Manufactured Nanomaterials - Guidance for Workers
(59) Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work - Guidance for employers and health and safety practitioners
(60) No. 1, Report of the OECD Workshop on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Building Co-operation, Co-ordination and Communication (2006)
(61) No. 2, Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 1st Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2006)
(62) No. 3, Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 2nd Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2007)
(63) No. 4, Manufactured Nanomaterials: Programme of Work 2006-2008 (2008)
(64) No. 5, Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tourde table at the 3rd Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2008)
(65) No. 7, Current Developments/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 4th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2008)
(66) No. 8, Preliminary Analysis of Exposure Measurement and Exposure Mitigation in Occupational Settings: Manufactured Nanomaterials (2009)
(67) No. 10, Identification, Compilation and Analysis of Guidance Information for Exposure Measurement and Exposure Mitigation: Manufactured Nanomaterials (2009)
(68) No. 11, Emission Assessment for the Identification of Sources and Release of Airborne Manufactured Nanomaterials in the Workplace: Compilation of Existing Guidance (2009)
(69) No. 17, Current Development/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 5th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2009)
(70) No. 20, Current Development/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 6th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2010)
(71) No. 21, Report of the Workshop on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials in a Regulatory Context (2010)
(72) No. 22, OECD Programme on the Safety of Manufactured Nanomaterials 2009-2012: Operational Plans of the Projects (2010)
(73) No. 23, Report of the Questionnaire on Regulatory Regimes for Manufactured Nanomaterials (2010)
(74) No. 24, Preliminary Guidance Notes on Sample Preparation and Dosimetry for the Safety Testing of Manufactured Nanomaterials (2010)
(75) No. 26, Current Development/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 7th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2010)
(76) No. 31, Information Gathering Schemes on Nanomaterials: Lessons Learned and Reported Information (2011)
(77) No. 33, Important Issues on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials (2012)
(78) No. 34, Current Development/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 9th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2012)
(79) No. 33, Important Issues on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials (2012)
(80) No. 34, Current Development/ Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials: Tour de table at the 9th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials (2012)
(81) No. 35, Inhalation Toxicity Testing: Expert Meeting on Potential Revisions to OECD Test Guidelines and Guidance Document (2012)

(82) No. 36 Guidance on sample preparation and dosimetry for the safety testing of manufactured nanomaterials (2012)
(83) No. 37, Current Developments in Delegations on the Safety of Manufactured Nanomaterials - Tour de Table at the 10th Meeting of the WPMN (2012)
(84) No.38, Co-Operation on Risk Assessment: Prioritisation of Important Issues on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials - Final Report (2013)
(85) No.42, Report of the questionnaire on regulatory regimes for manufactured nanomaterials 2010-2011 (2014)
(86) No. 55, Harmonized Tiered Approach to Measure and Assess the Potential Exposure to Airborne Emissions of Engineered Nano-Objects and their Agglomerates and Aggregates at Workplaces (2015)
(87) No. 56 Analysis of the survey on available methods and models for assessing exposure to manufactured nanomaterials (2015)
(88) No.59, Developments on the safety of manufactured nanomaterials (2015)
(89) No.60, Current developments in delegations on the safety of manufactured nanomaterials – tour de table (2015)
(90) No. 62 Considerations for using dissolution as a function of surface chemistry to evaluate environmental behaviour of nanomaterials in risk assessments (2015)

منابع و مآخذ

۱. داوودی، داریوش. «معرفی برنامه و دیدگاه‌های زیرکمیته استاندارد کمیته فناوری نانو وزارت جهاد کشاورزی»، ۱۳۹۱، اولین همایش ملی استاندارد و ایمنی فناوری نانو، آخرین دسترسی در ۱۱ تیر ۱۳۹۶، تارنما:
http://mft.info/core/uploads/sites/32/2016/04/%D8%A2%D9%82%D8%A7%D9%8A-%D8%AF%DA%A9%D8%AA%D8%B1-%D8%AF%D8%A7%D9%88%D8%AF%D9%8A.pdf.

۲. ذوالفقاری، امیرعلی و مرتضی، براتی. «مروری بر قوانین و مقررات ایمنی فناوری نانو در ایران و جهان»، ۱۳۹۴، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل ۱۴۳۲۰، آخرین دسترسی در ۱۱ تیر ۱۳۹۶، تارنما:
http://rc.majlis.ir/fa/report/show/931517

۳. سازمان ملی استاندارد، «استاندارد شماره ۲۱۱۹۵: فناوری نانو-کالای نساجی با خاصیت ضد میکروبی-روش آزمون»، ۱۳۹۵، آخرین دسترسی در ۱۱ تیر ۱۳۹۶، تارنما:
http://www.isiri.gov.ir/portal/home/?148514/

۴. سلیمانی مورچه خورتی، الهه. «اظهارنظر کارشناسی درباره: لایحه تصویب اصلاحیه کنوانسیون بازل درباره کنترل انتقالات برون‌مرزی مواد زائد زیانبخش و دفع آنها»، ۱۳۹۳، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل ۱۳۷۳۵، آخرین دسترسی در ۱۱ تیر ۱۳۹۶، تارنما:
http://rc.majlis.ir/fa/report/show/890767

۵. شبکه ایمنی نانو، معرفی، آخرین دسترسی در ۱۱ تیر ۱۳۹۶، تارنما:
http://nanosafety.ir/fa/page/599

۶. کمیته استانداردسازی فناوری نانو، معرفی، آخرین دسترسی در ۱۱ تیر ۱۳۹۶، تارنما:
http://nanostandard.ir/fa/page/31

۷. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، «بررسی لایحه بودجه سال ۱۳۹۶ کل کشور ۱۷. بخش فناوری نانو»، ۱۳۹۵، شماره مسلسل ۱۵۲۱۴، آخرین دسترسی در ۱۱ تیر ۱۳۹۶، تارنما:
http://rc.majlis.ir/fa/report/show/1003663

8. Besley, J. C., Kramer, V. L., Priest, S. H., "Expert opinion on nanotechnology: risks, benefits, and regulation", 2008, Journal of nanoparticle research, V.10.

9. Castillo, A. P., "Nanomaterials and workplace helath and safety: What are the issues for workers?", 2013, European Trade Union Institute, ISBN 978-2-87452-288-8, last accessed on Jul 2, 2017 at: https://www.etui.org/Publications2/Guides/Nanomaterials-and-workplace-health-safety.-What-are-the-issues-for-workers

10. Dimkpa, Ch.O., Bindraban, P.S., "Nanofertilizers: New Products for the Industry?", 2017, Journal of Agricultural and food chemistry, DOI: 10.1021/acs.jafc.7b02150.

11. European Chemicals Agency (ECHA), last accessed on Jul 2, 2017 at: https://echa.europa.eu/about-us

12. European Commission, Scientific committies, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/about_en

13. European Committee of Standardization, CEN/TC 352, last accessed on Jul 2, 2017 at:
http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:7:0::::FSP_ORG_ID:508478&cs=1A6FDA13EC1F6859FD3F63B18B98492ED

14. European Food Safety Authority (EFSA), last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.efsa.europa.eu/en/aboutefsa

15. European Medicines Agency (EMA), last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.ema.europa.eu/ema/index.jsp?curl=pages/about_us/document_listing/document_listing_000426.jsp&mid

16. Gwinn, M.R., Vallyathan, V., “Nanoparticles: Health effects, pros and cons”, 2006, Environmental health perspect., V.114.
17. Hellsten, E., “Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009”, 2005, Luxembourg, ISBN 92-894-9597-9, last accessed on Jul 2, 2017 at: https://cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/action_plan_brochure.pdf.
18. International Cooperation on Cosmetics Regulation (ICRR), last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.iccrnet.org/
19. ISO TC229, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.iso.org/committee/381983.html
20. ISO/TS 80004-1: “Nanotechnologies—vocabulary—Part 1: core terms”, 2010, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, last accessed on Jul 2, 2017 at: https://www.iso.org/standard/51240.html
21. Karim, M. E., Munir, A. B., Yasin, Sh.M., “UPDATE: nanotechnology and international Law research guide”, 2016, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.nyulawglobal.org/globalex/Nanotechnology_International_Law1.html
22. Karim, M.E., Munir, A. B., “Nanotechnology in Asia: A preliminary assessment of the existing legal framework”, 2014, KLRI Journal of law and legislation, V.4.
23. Klaine, S.J., Alvarez, P.J., Batley, G.E., Fernandes, T.F, Handy, R.D., Lyon, D.Y., Mahendra, Sh., MClaughlin, M.J., Lead, J.R., “Nanomaterials in the environment: Behaviour, fate, bioavailability and effects”, 2008, Environmental toxicology and chemistry,V.27.
24. Lai, W., Hu, Z., Fang, Q., “The concerns on biosafety of nanomaterials”, 2013, JSM nanotechnology & nanomedicin, V.1.
25. Munir, A. B., Yasin, Sh. M., “Nanotechnology in healthcare: are existing laws adequate?”, 2007, European journal of health law, V.14.
26. Nanoproduct (Iran Nanotechnology Product), last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.nanoproduct.ir/en
27. National Science and technology development agency of Thailand, National nanotechnology center, “The nanosafety and ethics strategic plan (2012-2016)”, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.ilo.org/dyn/legosh/en/f?p=LEGPOL:503:13097572163087:::503:P503_REFERENCE_ID:146792
28. OECD Science and technology policies, “WPN: Vision statement”, 2017, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.oecd.org/sti/nano/oecdworkingpartyonnanotechnology wpnvisionstatement.htm
29. OECD Working Party on Nanotechnology (WPN), last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.oecd.org/sti/sci%20tech/oecdworkingpartyonnanotechnology.htm
30. OECD, “Opportunities and risks of nanotechnologies”, 2010, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.oecd.org/science/nanosafety/44108334.pdf
31. OECD, Safety of manufactured nanomaterials, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://www.oecd.org/chemicalsafety/nanosafety/
32. Statnano: Nano statics of Islamic Republic of Iran, last accessed on Jul 2, 2017 at: http://statnano.com
33. Throne-Holst, H., Strandbakken, P., “Nobody told me I was a nano-consumer: How nanotechnologies might challenge the notion of consumer rights”, 2009, Journal of consumer policy, V.32.
34. US Food and Drug Administration, last accessed on Jul 2, 2017 at: https://www.fda.gov/AboutFDA/default.htm
35. Wardak, A., Gorman, M. E., Swami, N., Rejeski, D., “Environmental regulation of nanotechnology and the TSCA”, 2007, IEEE technology and society magazine, V.26.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۵۴۷۳

عنوان گزارش: ملاحظاتی پیرامون پیاده‌سازی استانداردهای ایمنی زیستی در حوزه فناوری نانو

نام دفتر: مطالعات ارتباطات و فناوری‌های نوین (گروه فناوری‌های نو)

تهیه و تدوین‌کنندگان: سهیلا خردمندنیا، علیرضا قناد سبزواری

ناظران علمی: حسین افشین، مهدی فقیهی

مدیر مطالعه: پریسا علیزاده

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: ـــــــ

ویراستار ادبی: ـــــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. ایمنی زیستی نانو

۲. مخاطرات احتمالی

۳. استاندارد

۴. شبکه ایمنی نانو

تاریخ انتشار: ۱۳۹۶/۰۵/۲۱