

## فناوری نانو و ضرورت اصل احتیاط

### صادق صیادی

دانشجوی کارشناسی ارشد حقوق خصوصی، دانشکده حقوق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

#### چکیده

چهارمین انقلاب صنعتی ترکیبی از فناوری‌های جدید و نوظهور از جمله هوش مصنوعی، رباتیک، فناوری نانو، بیوتکنولوژی، اینترنت اشیا و ... تعریف می‌شود. به گفته طرفداران انقلاب صنعتی چهارم، این فناوری‌ها قرار است جوامعی را که ما در آن‌ها زندگی می‌کنیم و اقتصادی که در آن فعالیت می‌کنیم را متحول سازند. توسعه سریع دانش نانوفناوری و این باور که آن‌ها تهدیدی برای بقای سیاره زمین هستند و ممکن است برای سلامت انسان و محیط‌زیست ایجاد خطر کنند، گروه‌های جامعه مدنی سازمان‌یافته را بر آن داشته تا بر اساس اصل احتیاط، خواستار انجام پژوهش‌ها در مورد فعالیت‌ها و فراورده‌های بر پایه فناوری نانو شوند. اصل احتیاط یکی از راه‌کارهای ارایه شده برای کاهش ریسک آسیب به وسیله تکنولوژی‌های در حال ظهور توسعه داده شده است. این موضوع در برخی از اسناد ملی و بین‌المللی نیز مورد توجه قرار گرفته است. از گذشته اصل احتیاط به‌طور معمول به‌عنوان معیار نظارت و حفاظت بر محیط‌زیست استفاده می‌شد، اما امروزه اصل احتیاط به یک اصل مهم در تمامی علوم تبدیل شده است، زیرا اعتقاد بر این است که دانش‌های نوین همراه با مزایای بالقوه، تهدیدهایی را برای زندگی در کره زمین به وجود می‌آورند. با توجه به نقش پراهمیت این اصل در حمایت از فناوری‌های نوظهور از جمله نانوفناوری به این نتیجه رسیده‌ایم که به‌کارگیری تدبیرهای احتیاطی در زمینه فراورده‌ها، کالاها و خدمات عرضه شده بر پایه فناوری نانو، نقش مؤثری در حمایت از این دانش همزمان با حفاظت از سلامت انسان و محیط‌زیست دارد.

**واژه‌های کلیدی:** نانوفناوری، اصل احتیاط، نانومواد، ریسک، حقوق فناوری

Sadegh.Sayyadi@Gmail.com

#### ۱-مقدمه

به همراه دارد، و هم ممکن است بلکه تهدیدی جدی برای سلامتی و زندگی انسان و محیط‌زیست باشد. امروزه نانوفناوری در میان برخی رویکردهای فکری که تمامی فناوری‌های نوین را دارای ریسک می‌دانند در حال توسعه است. مشکلات و بلایای گذشته باعث تأکید بیشتر بر پیامدهای اجتماعی، اخلاقی، حقوقی و زیست‌محیطی نانوفناوری شده است. به سبب آن‌که فناوری نانو بسیار جدید و بدیع است خطرهای آن در حقیقت ناشناخته یا نامشخص هستند. این امر نیازمند رویکردی متفاوت برای بررسی ریسک در مقایسه با بررسی سنتی ریسک - فایده است. با فقدان داده‌های علمی لازم برای چنین بررسی‌هایی، بررسی ریسک‌ها و مزایای بالقوه باید براساس نقاط قوت و ضعف استدلال‌های ارایه‌شده انجام شود.

فناوری نانو<sup>۱</sup> به بهبود و حتی ایجاد انقلابی در بسیاری از فناوری‌ها و در بخش‌های صنعتی مانند فناوری اطلاعات، پزشکی، حمل‌ونقل، انرژی، ایمنی مواد غذایی و علوم زیست‌محیطی و بسیاری دیگر کمک می‌کند. طبیعت، نانوفناوری را در طول میلیاردها سال پیش توسعه داد و آن‌زیم‌ها و کاتالیزورها را تولید کرد تا با دقت بسیار زیاد انواع متفاوت اتم‌ها و مولکول‌ها را به ساختارهای میکروسکوپی پیچیده‌ای که زندگی را ممکن ساختند، سازمان‌دهی کند. نانوفناوری یک بخش بسیار گسترده است که شامل طیف وسیعی از فناوری‌ها در مقیاس نانو مانند داروسازی، بیوتکنولوژی، ژنومیک، علوم اعصاب، رباتیک و فناوری اطلاعات می‌شود. اما با این وجود به‌عنوان یک فناوری دارای استفاده دوگانه تعریف می‌شود، به این دلیل که هم فرصت‌های پیشرفت و توسعه بشر را با خود

برای فعالیت‌ها و فراورده‌هایی که بر پایه‌ی فناوری‌های مدرن و مواد جدید هستند (مانند نانوذرات) اصل احتیاط<sup>۱</sup> قابلیت و ظرفیت اجرا را دارا است. اصل احتیاط بیانگر این موضوع است درجایی که تهدید خسارت شدید یا جبران‌ناپذیری وجود دارد، فقدان قطعیت علمی نسبت به آثار تهدیدهای مزبور نباید سبب به تعویق انداختن اقدام‌های پیشگیرانه شود؛ بنابراین، برای مثال در رابطه با تولید، تولیدکننده باید کوشش کند با کاهش یا تضعیف اثرهای منفی احتمالی، ایمنی فراورده خود را تضمین کند، حتی اگر اثرهای منفی به صورت علمی اثبات نشده باشند که سبب بروز قطعی ضرر می‌شوند. این اصل به عنوان ابزاری برای ایجاد ارتباط بین اطلاعات علمی با تبعات نامشخص و مسئولیت‌های سیاسی برای جلوگیری از آسیب‌رسیدن به سلامتی انسان و محیط‌زیست ایجاد شده است.

اصل احتیاط یکی از چندین اصل اخلاقی است که برای کمک به بررسی ریسک پیشنهاد شده است. این رویکرد می‌تواند ریشه در سایر اصل‌های اخلاقی مانند عدم ضرر یا اجتناب از آسیب داشته باشد. برای مثال توسعه‌دهندگان و تولیدکنندگان داروها تعهد اخلاقی دارند که نشان دهند داروهای جدید باعث آسیب جدی یا گسترده به بیماران نمی‌شوند. اصل احتیاط این ایده اخلاقی را به طور گسترده‌ای در ادعای این که فناوری نانو دارای مسئولیت اخلاقی در قبال انسان و محیط‌زیست هستند، به کار می‌برد که آن‌ها را ملزم به نشان دادن ایمنی فراورده‌ها و دستگاه‌های خود پیش از انتشار می‌کند. ایده وظایف و مسئولیت‌های اخلاقی به یک رویکرد وظیفه‌گرایانه نسبت به اخلاق مربوط می‌شود که می‌تواند برای توجیه اصل احتیاط به کار رود. این مقاله بر این موضوع تمرکز خواهد کرد که چگونه اصل احتیاط می‌تواند از راه یک روش درست اخلاقی-حقوقی به توسعه نانوفناوری کمک کند.

## ۲- فناوری نانو

براساس تعریف‌های رسمی ارائه شده از سوی سازمان بین‌المللی استاندارد<sup>۲</sup> و سازمان ملی استاندارد ایران<sup>۳</sup> (ISO 80004-1)، علم نانو عبارت است از مطالعه، کشف و درک ماده در شرایطی که ویژگی‌ها و پدیده‌های وابسته به ساختار و اندازه، بیشتر در نانومقیاس<sup>۴</sup> ظاهر می‌شوند. این ویژگی‌ها متمایز با ویژگی‌های اتم‌ها و مولکول‌های منفرد و غیرقابل برون‌یابی (استنتاج) از شکل همان ماده هستند. به گستره اندازه بین تقریباً ۱ تا ۱۰۰ nm نانومقیاس می‌گویند. تعریف فناوری نانو نیز بدین ترتیب است: استفاده از دانسته‌های علمی در دست‌کاری و کنترل ماده، بیشتر در نانومقیاس برای بهره‌برداری از پدیده‌ها و ویژگی‌های وابسته به ساختار و اندازه است. این ویژگی‌ها متمایز با

ویژگی‌های اتم‌ها و مولکول‌های منفرد و غیرقابل برون‌یابی (استنتاج) از شکل توده همان ماده هستند. همچنین، به ماده‌ای که هر بُعد خارجی آن نانومقیاس است یا ساختار داخلی یا ساختار سطحی آن نانومقیاس است نانوماده<sup>۵</sup> گفته می‌شود. این اصطلاح عمومی شامل نانوشی<sup>۶</sup> و نانو ساختار<sup>۷</sup> است. اگرچه در بسیاری از مراجع، نانوموادها (نانوماده) مترادف و هم‌معنی نانو ساختارها در نظر گرفته می‌شوند اما در واقع نانو ساختارها (مواد نانو ساختار) خود دسته‌ای از نانوموادها تلقی می‌شوند و رابطه‌ای آن‌ها عموم و خصوص مطلق است و نه تساوی. در تعریف نانو ساختار گفته‌اند: ترکیبی از اجزای تشکیل‌دهنده مرتبط با هم که یک یا بیشتر از یک جزء آن‌ها در گستره نانومقیاس قرار دارند. نانو ساختارها را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم‌بندی کرد: ۱- دوبعدی: مواد دارای یک بُعد در مقیاس نانو هستند که در دوبعد دیگر توسعه یافته‌اند (نانولایه‌ها)<sup>۸</sup>؛ مانند: فیلم‌های نازک و پوشش‌ها. ۲- تک‌بعدی: مواد دارای دوبعد در مقیاس نانو بوده و در یک بُعد دیگر گسترش یافته‌اند (نانومیل‌ها و نانولوله‌ها)<sup>۹</sup>؛ مانند: سیم‌ها و لوله‌ها. ۳- صفر بُعدی: مواد در هر سه بُعد در مقیاس نانو هستند و به عنوان نانوذرات طبقه‌بندی می‌شوند؛ مانند: دندرم‌ها، نانوذرات<sup>۱۰</sup> فلزی، فولرین‌ها و نقطه‌های کوانتومی. [۱ و ۲]. نانوشی نیز عبارت است از هر قطعه مجزا از ماده با یک، دو و یا سه بُعد خارجی در نانومقیاس. براساس این تعریف نانوشی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: ۱) سه بُعدی: هر سه بُعد آن در مقیاس نانو است. ۲) دوبعدی: دو بُعد آن در مقیاس نانو است. ۳) تک‌بعدی: تنها یک بُعد آن در مقیاس نانو است. همچنین، سه نوع نانوذرات وجود دارند: ۱) مهندسی شده<sup>۱۱</sup>: برای منظور یا کارکرد ویژه‌ای طراحی شده است. (به طور عمدی تولید می‌شوند تا به عنوان ماده‌ای در برخی از فراورده‌ها استفاده شوند). ۲) تصادفی<sup>۱۲</sup>: به صورت فراورده جانبی غیرهدفمند یک فرایند، ایجاد شده است. (به طور ناخواسته به عنوان فراورده جانبی فعالیت‌های دیگر تولید می‌شوند). ۳) طبیعی<sup>۱۳</sup>: به صورت طبیعی و از شیوه‌های متفاوت در طبیعت ایجاد و پخش می‌شوند [۳].

درمجموع می‌توان گفت نانوفناوری یعنی فناوری‌هایی که در بُعدهای نانومتر<sup>۱۴</sup> عمل می‌کنند یا به بیان دقیق‌تر نانوفناوری عبارت است از شناخت، توسعه، طراحی، تولید و به کارگیری مواد در بُعدهای کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر در مقیاس اتمی،

5. Nanomaterial
6. Nano-object
7. Nano-structure
8. Nanolayers
9. Nanorods
10. Nanoparticles
11. Engineered
12. Incidental
13. Natural
14. Nanometer: nm

1. Precautionary principle
2. International Organization for Standardization
3. Iranian National Standardization Organization
4. Nanoscopic scale

نگهداری مواد غذایی،<sup>(۷)</sup> آلودگی هوا و اصلاح آن،<sup>(۸)</sup> ساخت و ساز،<sup>(۹)</sup> نظارت بر سلامت،<sup>(۱۰)</sup> تشخیص و کنترل آفت‌ها و ناقلان بیماری‌ها. با این وجود بسیاری از پژوهشگران نسبت به توسعه و گسترش بدون کنترل کافی فناوری نانو ابراز نگرانی کرده و معتقدند فعالیت‌ها و فراورده‌های بر پایه نانو می‌توانند تأثیرهای مضر و زیان‌باری بر سلامت انسان و محیط‌زیست داشته باشند. باید دانست که با دست‌کاری ذرات در سطح اتم‌ها و مولکول‌ها، این ذرات بنیادین، ویژگی‌های فیزیکی، زیستی و شیمیایی به‌طور کامل متفاوتی به نسبت مواد اولیه خود پیدا می‌کنند و ذرات مربوط به مواد به‌طور کامل بی‌خطر می‌توانند به موادی سمی و خطرناک تبدیل شوند که با ورود به بدن، در سلول‌ها و مغز استخوان‌ها و گلبول‌ها جای می‌گیرند. چراکه در اصول، بدن ما فاقد سازوکارهای دفاعی در برابر چنین ذرات کوچکی است. همچنین از ذرات نانوی کربن، نقره، تیتانیوم، مس و سایر مواد به‌صورتی گسترده در ساخت فراورده‌های آرایشی، کرم‌های ضدآفتاب، کالاهای ورزشی، ماشین‌های لباسشویی، فریزرها، یخچال‌ها، فراورده‌های بچه، مواد مقاوم، مواد غذایی و اسپری‌های خوشبوکننده هوا و کفش بهره برده می‌شود [۸].

### ۳- نگرانی‌ها و خطرات

مزایای توسعه نانوفناوری غیرقابل انکار است. دستاوردهای این بخش، فرصتی را برای کاهش استفاده از منابع و انرژی‌های تجدیدناپذیر و کاهش مقدار زباله تولیدشده را فراهم می‌کند. روش‌های مبتنی بر فناوری نانو امکان پاک‌سازی و ترمیم آسیب‌های زیست‌محیطی و از بین بردن آلودگی‌ها را نیز میسر می‌سازد. همچنین، در زمینه تحقیقات پزشکی، پیشرفت چشم‌گیری به‌دست آمده است، امروزه حسگرهای کوچک یا کاوشگرهای تشخیصی ساخته‌شده‌اند که برای هدف‌های تشخیصی و معاینه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حال حاضر شاهد افزایش شدید در تعداد فراورده‌های ساخته‌شده از مواد نانو هستیم. از دهه ۹۰ قرن بیستم، افزایش قابل‌توجهی در مقدار حق ثبت اختراع برای اختراعات با استفاده از نانومواد وجود داشته است [۹]. مطالعه‌های علمی نشان داده‌اند که بیشتر نانومواد دارای ماهیت دوگانه هستند، استفاده از آن‌ها در مهندسی، محیط‌زیست یا پزشکی هم جذاب است و هم خطرهایی ناشی از سمیت<sup>۲</sup> این مواد را به همراه دارد. مشکل این است که ما به‌طور کامل این تهدیدهای بالقوه را نمی‌شناسیم و نمی‌دانیم نانوذرات یا نانوموادها چه اثرهایی بر انسان‌ها و محیط‌زیست می‌گذارند. بدون شک امروزه یک اقدام مهم وضع مقررات در بخش نانوفناوری است. اما به دلیل استفاده از این فناوری در بخش‌های متفاوت اقتصادی این دسته از اقدام‌ها به‌آسانی ممکن نیستند. مهم‌تر از همه، باید تلاش شود تا تعریفی یکسان از نانومواد ارایه شود. یک تعریف

مولکولی و ماکرومولکولی. در حقیقت موادی در این گروه جا می‌گیرند که یکی از بعدهای ضلع‌های آن‌ها از ۱۰۰ نانومتر کوچک‌تر (بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) باشد. براساس تعریف‌های موجود، فراورده فناوری نانو، فراورده‌ای است که کارکرد یا ویژگی آن مبتنی بر فناوری نانو بوده یا با فناوری نانو بهبودیافته باشد. فراورده فناوری نانو شامل کالای فناوری نانو و خدمت فناوری نانو می‌شود. فراورده‌هایی که سه شرط مقابل را دارا باشند، فراورده فناوری نانو نامیده خواهند شد: ۱- از فناوری نانو و دانسته‌های علمی نانومقیاس (۱ تا ۱۰۰ نانومتر) استفاده‌شده باشد. ۲- کارکرد یا ویژگی فراورده با فناوری نانو بهبودیافته باشد. ۳- فرایند تولید فراورده مهندسی باشد [۴]. مواد در بعدهای نانو نسبت سطح به حجم بیشتری در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر با همان ترکیب شیمیایی دارند. هر چه اندازه این مواد کاهش یابد، تعداد بیشتری از اتم‌ها در سطح، قرار خواهند گرفت. در حقیقت نانوفناوری یک فناوری جدید نیست. بلکه یک مقیاس جدید در فناوری‌ها و رویکردی تازه در تمام رشته‌ها است؛ که این توانایی را به بشر می‌دهد که بتواند دخالت خود را در ساختار مواد گسترش دهد و در بعدهای بسیار ریز، به ساخت و طراحی اقدام کند. این توانایی می‌تواند در تمام فناوری‌هایی که بشر تاکنون به آن دست‌یافته است، اثرگذار باشد [۱ و ۵]؛ بنابراین، با ورود به این فضای کوچک، بشر می‌تواند در نحوه‌ی آرایش و چینش اتم‌ها و مولکول‌ها دخالت کند و به ساخت مواد جدید و ساختارهایی متفاوت با آنچه تاکنون وجود داشته است بپردازد [۵]. در حال حاضر تولید فراورده‌های مرسوم در مقیاس نانو به پیشرفت اقتصادی بسیاری از کشورها کمک کرده و خواهد کرد [۶]. در این فضا، مواد و سامانه‌ها به خاطر اندازه خود می‌توانند به‌طور منطقی طراحی و دارای ویژگی‌ها و رفتارهای زیستی، شیمیایی و فیزیکی جدید و بهبودیافته شوند، بنابراین فناوری نانو می‌تواند در آینده‌ای نه‌چندان دور، امکان تولید تمامی فراورده‌های موردنیاز بشر را با کیفیت بسیار بالا و هزینه فوق‌العاده پایین فراهم کند. هدف فناوری نانو، ساخت مولکول به مولکول مواد در آینده است. همان‌طور که وسایل مکانیکی به ما اجازه می‌دهند که چیزی فراتر از نیروی فیزیکی خود به‌دست آوریم، علم نانو و تولید در مقیاس اتمی هم سبب می‌شود تا بتوان پا را فراتر نهاد و از محدودیت‌های طبیعی مربوط به بعدها و اندازه رها شده و درست روی واحدهای ساختاری مواد کار کنیم. جایی که ویژگی‌های مواد مشخص می‌شود و با تغییر در آن واحدها می‌توان ویژگی‌های مواد را تعیین کرد [۷].

یونسکو ده مورد از کاربردهای برتر فناوری نانو را در هدف‌های توسعه هزاره<sup>۱</sup> سازمان ملل متحد (MDGs) بدین ترتیب اعلام کرده است: ۱) ذخیره، تولید و تبدیل انرژی (۲) بهبود تولیدهای کشاورزی، (۳) تصفیه و اصلاح آب، (۴) تشخیص و غربالگری بیماری‌ها، (۵) سامانه‌های کنترل رهایش دارو، (۶) فرآوری و

نانومتر دچار مشکل می‌شوند و این ذرات می‌توانند به آسانی در خون نفوذ کنند. گزارش شده است که نانوذرات مانند کربن سیاه<sup>۶</sup> و دی‌اکسید تیتانیوم<sup>۷</sup> که در فرایندهای صنعتی کاربرد زیادی دارند و به آلودگی هوا نیز کمک می‌کنند، موجب ایجاد التهاب و جراحتهای پوستی شده و در ریه باقی‌مانده و انباشته می‌شوند. ذرات اکسید روی<sup>۸</sup> و دی‌اکسید تیتانیوم باعث تولید رادیکال‌های آزاد در سلول پوستی شده و به DNA آسیب می‌رسانند و این آسیب به DNA موجب جهش می‌شود و تغییراتی در ساختمان پروتئین به وجود می‌آورد که ممکن است باعث سرطان و تومور شود. نانوذرات طبیعی احتراق در احتمال مهم‌ترین منبع تولید ذرات نانو طبیعی در محیط زیست هستند. انتشار نانوذرات مهندسی شده در محیط زیست خطرناک‌تر از ذرات طبیعی است، زیرا آن‌ها مواد جدیدی هستند و انسان‌ها و موجودات زنده دیگر ممکن است دارای مکانیسم‌های دفاعی کافی در مقابلشان نباشند [۱۰]. به‌طور کلی این خطرهای متوجه محیط زیست و از همه مهم‌تر، انسان به‌عنوان جزئی از محیط زیست می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده است که ذرات بسیار ریز فلز مانند اکسید تیتانیوم و کربن سیاه بسیار سمی‌تر از ذرات از همان جنس و با همان ترکیب‌ها ولی با اندازه‌های بزرگ‌تر هستند. دلیل این امر، بیشتر به‌وسیله وجود فلزهای انتقالی روی سطح برخی از ذرات نانومتری و متعاقب آن افزایش در قابلیت تولید رادیکال آزاد در تماس با عضلات بدن توضیح داده می‌شود. سمیت این نانوذرات به سطح ذرات استنشاق شده و واکنش‌پذیری شیمیایی سطح آن‌ها مربوط است. ذرات نانومتری یا به‌خودی‌خود سمی‌اند و یا در صورتی که در مجاورت مواد دیگر قرار بگیرند، می‌توانند سمیت ایجاد کنند. برای مثال وقتی که ذرات نانومتری وارد سلول می‌شوند، مواد سمی را نیز که به آن‌ها چسبیده است با خود به داخل سلول می‌آورند. نانوذرات کوانتومی که از آن‌ها برای تشخیص سریع بیماری‌ها استفاده می‌شود. این ذرات به‌طورعموم با استفاده از نیمه‌هادی‌هایی<sup>۹</sup> نظیر سولفور کادمیم و سلیندکادمیم ساخته می‌شوند. این مواد به‌طورمعمول سمی هستند [۱۱]. افزون بر نگرانی درباره‌ی راه ورود این مواد از راه تنفس، پوست و دهان، نگرانی درباره‌ی انتقال آن‌ها به اندام‌هایی غیر از اندام هدف از جمله دستگاه قلبی، عروقی و عصبی و ظهور آثار عمومی وجود دارد. پژوهش‌های بسیاری درباره‌ی سمیت مواد مهندسی‌شده از اوایل دهه ۱۹۹۰ در برخی کشورها، ازجمله ژاپن انجام شده است. در یک بررسی، پاسخ‌های اختصاصی پس از تزریق ذرات فلزی (نیکل<sup>۱۰</sup> و

یکسان، شناسایی نانومواد را برای اعمال مقررات نسبت به آن‌ها آسان می‌کند. یکی از این تعاریف‌ها، تعریف کمیسیون اروپا است که در سال ۲۰۱۱ توصیه‌نامه‌ای منتشر کرد (EU/۶۹۶/۲۰۱۱)<sup>۱</sup> و در آن واژه نانومواد را به این ترتیب تعریف کرد: «ذرات، در حالت آزاد یا به هم چسبیده به‌طوری که ۵۰ درصد یا بیشتر از آن‌ها دارای توزیع اندازه‌ای در گستره یک تا صد نانومتر باشند.» (ترکیب‌هایی که بیش از ۵۰ درصد ذرات آن بین یک تا صد نانومتر قطر داشته باشند) اما این تعریف به‌وسیله برخی نهادهای به دلیل‌های متفاوتی با مخالفت روبرو شده است. در اتحادیه اروپا، الزام به قراردادن داده‌های اجزای شکل‌گرفته بر پایه نانومواد در فرآورده‌های غذایی نسبت به مصرف‌کنندگان در مقررات پیش‌بینی شده است. (EU/۱۱۶۹/۲۰۱۱)<sup>۲</sup> بر این اساس، نسبت به تمامی ترکیب‌های موجود در فرآورده‌ای که حداقل نیمی از ذرات/قطعات در گستره ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار دارند، باید با پیشوند «nano» درج شده و متمایز شوند. الزام به قراردادن علامت «نانو» بر روی لوازم‌آرایی نیز در مقررات اتحادیه اروپا تعریف شده است (EU/۱۲۲۳/۲۰۰۹)<sup>۳</sup>. تمام مواد تشکیل‌دهنده موجود بر پایه مواد نانو باید به‌روشنی در لیست مواد استفاده‌شده در فرآورده نشان داده شوند. کلمه «nano» باید در پراتز پس از نام جزء تشکیل‌دهنده درج شود.

همان‌طور که گفته شد نانوذرات و فناوری نانو افزون بر مفید بودن می‌توانند دارای خطرات احتمالی نیز باشند، بنابراین باید مسائل مرتبط با ایمنی و خطرهای احتمالی همراه با این روش‌های جدید را در نظر گرفت. ذرات نانو ممکن است سرعت جهش<sup>۴</sup> باکتری‌ها را افزایش دهند و تهدیدی بالقوه برای محیط زیست و سلامت انسان باشند. برخلاف این که فناوری نانو فرآورده‌های موجود را مؤثرتر و کارآمدتر می‌کند، اندازه این ذرات که جزء ویژگی‌های مهم آن‌ها است، می‌تواند سلامتی و محیط زیست را تهدید کند. این ذرات از گرده‌های گل گیاهان و ماده‌های حساسیت‌زای معمولی نیز کوچک‌تر هستند و می‌توانند تولید حساسیت کنند. این ذرات می‌توانند به سیستم دفاعی و ایمنی بدن موجودات زنده و انسان حمله کنند. بعضی از این ذرات قادرند پس از تنفس به کیسه‌های هوایی ریه‌ها آسیب برسانند که در این بین ماکروفاژها<sup>۵</sup> سعی می‌کنند تا آن‌ها را از بین ببرند و مانع از عبور این ذرات و ورودشان به خون شوند. ولیکن ماکروفاژها در تشخیص ذرات با قطر کمتر از ۷۰

1. Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial
2. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers
3. Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products
4. Mutation
5. Macrophage

6. Carbon black
7. Titanium dioxide
8. Zinc oxide
9. Semiconductor
10. Nickel

پیدا کرده است. نهاد احتیاط متعاقباً در اصل ۱۵ اعلامیه سال ۱۹۹۲ سازمان ملل متحد در ريو درباره محیطزیست و توسعه گنجانده شد. در این بیانیه که در اجلاس معروف زمین تهیه شده آمده است: «به منظور حفاظت از محیطزیست، رویکرد احتیاطی باید به طور گسترده با توجه به قابلیت های کشورها به کار گرفته شود. درجایی که تهدید جدی یا غیرقابل برگشت وجود دارد، عدم قطعیت علمی کامل نباید به عنوان دلیلی برای به تعویق انداختن اقدام های مقرون به صرفه برای جلوگیری از تخریب محیطزیست مورد استفاده قرار گیرد.» این اصل به یک منطق زیربنایی برای تعداد زیادی از معاهده ها و بیانیه های بین المللی در زمینه های توسعه پایدار، حفاظت از محیطزیست، سلامت، تجارت و امنیت غذایی تبدیل شده است [۱۳].

این اصل اذعان دارد درحالی که پیشرفت علم و فناوری بیشتر منافع زیادی را برای بشریت به ارمغان آورده است، در ایجاد تهدیدها و خطرهای جدید نیز نقش داشته است. وقتی پژوهش های علمی خطر احتمالی را شناسایی کرده اند، به تبع آن مسئولیت اجتماعی برای حفاظت از مردم در برابر چنین آسیبی به وجود خواهد آمد. این حمایت های ناشی از اصل احتیاط تنها در صورتی باید کاهش یابند که یافته های علمی بیشتری به دست آید تا شواهد محکمی ارایه دهد که هیچ آسیبی از این فناوری جدید به بار نخواهد آمد.

به طور کلی، این اصل مؤید ایجاد دو تعهد است. اول: تعهد مربوط به اثبات زیان بار نبودن فعالیت یا فراورده جدید است که تولیدکننده آن باید اثبات کند که فعالیت وی یا ماده یا فراورده جدید تولیدی وی ایمن است و این به معنای تحول بار اثبات دلیل است. دوم: تعهد مربوط به انجام اقدام های احتیاطی پیش از اقدام به فعالیت یا تولید فراورده خود است که باید با توجه به سطح آسیب و خسارتی که ممکن است از عمل وی به دست آید متناسباً پیش از اقدام به انجام اقدام های احتیاطی مرتبط با آن بپردازد. دلیل این دو تعهد نیز روشن است زیرا تولیدکننده فعالیت یا فراورده جدید تنها کسی است که از دامنه فعالیت خود مطلع بوده و هم اوست که این موقعیت ابهام برانگیز را به وجود آورده موقعیتی که ممکن است به خسارات جدی و یا حتی غیرقابل برگشت بیانجامد، از این رو وی باید مسئولیت موقعیت جدید و ابهام برانگیز خود را به عهده گیرد [۱۴]. شایان ذکر است که اصل احتیاط<sup>۳</sup> متفاوت از اصل پیشگیری<sup>۴</sup> است. اگر اثرهای خطرناک و زیان آور یک فعالیت ویژه یا تولید فراورده ای ویژه قابل پیش بینی و شناخته شده باشد، اقدام ها برای جلوگیری از آن موارد پیشگیرانه و براساس اصل پیشگیری خواهد بود. ولی اگر چنین اثرهایی غیرقطعی و غیرقابل پیش بینی باشد، اقدام ها برای جلوگیری از آن **موارد احتیاطی و براساس اصل احتیاط خواهد بود** [۱۵]. استفاده از اصل احتیاط در واقع به معنای متوقف کردن یک فعالیت ویژه یا عدم تولید فراورده ای

کبالت<sup>۱</sup>، معلق در سرم فیزیولوژی، در مقیاس استاندارد (با قطر متوسط ۵ میکرومتر) و در مقیاس فوق العاده ریز (با قطر متوسط ۲۰ نانومتر)، به داخل نای موش ها، مورد مطالعه قرار گرفت. در این بررسی، مشخص شد که نانوذرات، بیش از ذرات در مقیاس میکرو، در ایجاد التهاب ریوی نقش دارند. در پژوهش دیگری که روی تجویز خوراکی نانوذرات اکسید زیرکونیم<sup>۲</sup> و کبالت، برای تعیین عوارض جانبی این ذرات در دو گروه موش انجام شد، دو ماده ی فوق، هفته ای یک بار به مقدار ۰.۳ میلی گرم به مدت ۱۳ هفته تجویز شد. نتیجه های اولیه ی بررسی این حیوانات، پس از ۳ تا ۶ هفته و ۱۲ ماه بعد از شروع درمان، از راه برش بافتی و مشاهده آن در زیر میکروسکوپ الکترونی و بررسی میکروپروب با پرتو ایکس، حاکی از عبور این ذرات از سد معدی رودی بود و برخی از ذرات زیرکونیم در طحال و کبد یافت شدند، اما اثری از ذرات کبالت در این اندام ها مشاهده نشد [۱۲]. نانوذرات به دلیل ویژگی های متفاوتشان، به نحو گسترده ای در فراورده های متفاوتی مورد استفاده قرار می گیرند، اما همان طور که مطرح شد مستندات و شواهد کافی وجود دارد که نانوذرات را سبب ایجاد سمیت در انسان و محیطزیست نشان می دهد. از این رو، باید با در نظر گرفتن پیامدهای اجتماعی و محیطزیستی آن نسبت به تصمیم گیری برای به کار بردن و بهره برداری از آن در بخش های متفاوت تأمل بیشتری کرد.

#### ۴- مفهوم اصل احتیاط

اصل احتیاط نقش مهمی را در سیاست گذاری و تصمیم گیری های زیست محیطی داشته و در موافقت نامه های ملی و بین المللی بسیاری مورد توجه قرار گرفته است. این اصل در سطح اتحادیه اروپا بسیار مورد توجه واقع شده، به گونه ای که سیاست اتحادیه را در حمایت از محیطزیست با توجه به تنوع شرایط زیستی در منطقه های متفاوت اتحادیه تحت تأثیر قرارداده و آن را به عنوان اولویتی برای جلوگیری از آسیب های زیست محیطی در فهرست اقدام های خود قرارداده اند. البته باید اذعان کرد که قانون های مورد تصویب همچنین، به طور فزاینده ای تحت تأثیر نسخه ی آلمانی اصل احتیاط بوده است. نخست حقوق روم، اجتناب از خطر تحقیق یافته و اقدام احتیاطی برای جلوگیری آن را پایه گذاری کرد؛ اما اصل احتیاط در معنای جدید آن ریشه در قانون هوای پاک ۱۹۷۰ آلمان دارد که در پاسخ به مشکلات جنگل زدایی مطرح شد. اگرچه این اصل در قانون حفاظت از محیطزیست ۱۹۶۹ سوئد نیز به نحوی بسیار کلی بیان شده اما نسخه آلمانی اصل احتیاط است که در قالب اصطلاح «Vorsorgeprinzip» زمینه پیدایش اصل یاد شده را بنیان نهاده است. اگرچه اصل احتیاط حدود پنجاه سال پیش مطرح شده، اما از آن زمان تا به امروز به سرعت توسعه

3. Precautionary principle  
4. Prevention principle

1. Cobalt  
2. Zirconium



ویژه نیست. در مواجهه با ضررهای غیرقطعی و نامطمئن، اقدامهای احتیاطی ویژه‌ای ازجمله اطلاع‌رسانی عمومی به مردم در مورد خطرهای و ضررهای قطعیت نیافته و اثبات نشده، می‌تواند انجام شود؛ درحالی‌که اموری مانند مطالعه بیشتر برای مشخص کردن ضررهای قطعی ناشی از آنها، اعمال محدودیت‌ها بر فعالیت‌های بالقوه مضر و بررسی مرحله‌به‌مرحله فعالیت‌هایی که مدارک و شواهد نشان می‌دهند که آنها ممکن است مشکل‌ساز باشند، صورت می‌گیرد [۱۶].

این اصل براساس شواهدی ازجمله اسناد بین‌المللی، قانون‌های ملی و تصمیم‌های قضایی دادگاه‌های بین‌المللی و ملی به سمت مبدل شدن به یک اصل حقوق عرفی یا یک اصل در حال ظهور حقوق عرفی حرکت کرده است اما در این رابطه دستورالعمل‌های دقیقی مبنی بر این‌که چگونه و براساس چه شرایطی این اصل باید در تصمیم‌گیری‌ها در نظر گرفته و اعمال شود، وجود نداشته است. با توسعه دستورالعمل‌های بین‌المللی در موضوع‌های متفاوت می‌توان از «اعمال سلیقه‌ها و نظرهای شخصی افراد و گروه‌ها» و «توسل غیرقابل‌توجیه» به اصل احتیاط جلوگیری کرد. در حال حاضر چنین رویکردی را نهادهایی مانند کمیسیون اروپا در موضوع‌های سلامت و محیط‌زیست در پیش گرفته‌اند [۱۷].

برخی از اصطلاح‌های مربوط به این اصل، به این دلیل که کاربرد آنها می‌تواند سبب سردرگمی شود، در زیر موردبررسی قرار می‌گیرند؛ این اصطلاح‌ها عبارت‌اند از: «ریسک»، «خطر»، «ضرر»، «عدم قطعیت»، «جهل»، «پیشگیری» و «احتیاط». به‌طور عموم افراد «ریسک» را به‌احتمال روی دادن اتفاق‌ها و وقایع محتمل منفی تعریف می‌کنند. در موقعیت‌های فرضی ایده‌آل، ریسک چیزی قابل‌اندازه‌گیری با احتمال‌های شناخته‌شده و یک ارزش منفی است [۱۸]. درعین‌حال، به‌عنوان یک اصطلاح فنی، «ریسک» می‌تواند یک معنای کیفی در هنگام تعیین وقوع یا عدم وقوع پیامدهای نامطلوب، یا یک معنای کمی، در صورت نشان دادن احتمال وقوع یک رویداد نامطلوب یا اهمیت آماری شدت چنین رویدادی را داشته باشد [۱۹].

در مقابل ریسک، واژه‌ی «خطر» قرار دارد و بیانگر یک تهدید واقعی و بالفعل برای سلامت است که اگر اقدام‌های پیشگیری‌کننده صورت نپذیرد، می‌تواند تبدیل به ضرر شود [۲۰]. «ضرر» می‌تواند به وضعیت فعلی یا محتمل در آینده، نسبت به خسارت مستقرشده توصیف شود؛ مانند: ۱) ضرر فیزیکی، وقتی اجسام (شامل بدن یا اشیایی که فضایی را اشغال می‌کنند)

متحمل آسیب منفی می‌شوند؛ ۲) ضرر اخلاقی، وقتی نظام ارزشی فردی یا جمعی مورداحترام قرار نمی‌گیرد [۲۰].

«عدم قطعیت» نشان‌گر احتمال‌های ناشناخته یا غیردقیق مرتبط با وقایع ناخواسته است. این یک عنصر کمی است که به ریسک نسبت داده می‌شود. از آنجایی که کسی نمی‌تواند در زمان عدم قطعیت «ریسک» کند، در برخی موقعیت‌ها، از مشاهده‌گر خواسته می‌شود که عمل کند، برخی از تئوری‌ها، احتمال‌ها را در عدم قطعیت اعمال می‌کنند. به‌عبارت‌دیگر، چه در سیاست‌های سلامت عمومی یا در دیگر بخش‌های زندگی، ارجاع دادن احتمال‌ها به عدم قطعیت‌ها، در تصمیم‌گیری ضروری است. این «استنباط بی‌زی»<sup>۸</sup> است که در آن احتمال یک معیار است که دربردارنده‌ی اطلاعات و دانش قبلی نسبت به رویدادهایی بوده که توسط مشاهده‌گر محاسبه و اعمال‌شده است [۲۱]. ارتباط بین عدم قطعیت و درجه‌ای از دانش، به‌عنوان «عدم قطعیت معرفتی»<sup>۹</sup> شناخته می‌شود که ناشی از فقدان دانش مشاهده‌گر در رابطه با احتمال‌های واقعه است [۲۲].

«جهل» در وضعیتی که احتمال‌ها نمی‌توانند به‌دلیل مبانی ضعیف آماری تخمین زده شوند یا در وضعیتی که تعیین نتیجه‌ها (عواقب) مشکل‌ساز و گیج‌کننده است ممکن است با عدم قطعیت (یا فقدان دانش) مترادف شود [۲۳]. به‌این‌ترتیب، حالت جهل با دشواری در ایجاد یک مدل برای تعیین عواقب یک فعالیت، مشخص می‌شود. این مدل ممکن است وجود داشته باشد اما توسط جامعه‌ی علمی موردپذیرش قرار نگیرد [۲۴]. به همین خاطر، جهل یک رابطه‌ی تعریف‌نشده بین نتیجه‌ها (عواقب) و علل است. هرچند، درنهایت این یک عدم قطعیت است که در ماهیت، علمی است و به مفاد اصل احتیاط مرتبط می‌شود.

برخی اصطلاح «پیشگیری» و «احتیاط» را به‌صورت تصادفی و به‌جای یک‌دیگر استفاده می‌کنند، گویی این دو اقدام پیشگیرانه و مرتبط، بدون تمایز بین ضرر احتمالی (بالقوه) و واقعی (بالفعل)، مقاصد و انگیزه‌های یکسانی دارند، هرچند که تمایز بین این دو بر مبنای مفاهیم قطعیت و عدم قطعیت و ریسک، خطر و ضرر مرتبط با یک واقعه، امکان‌پذیر باشد؛ بنابراین، مشاهده‌گر توانایی تصمیم‌گیری با استفاده از یک یا چند معیار را خواهد داشت. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد پیشگیری، نسبت به فعالیت‌هایی اعمال می‌شود که ضرر، محتمل (قطعیت علمی)، فوری یا قریب‌الوقوع است، درحالی‌که احتیاط زمانی مورد استناد قرار می‌گیرد که عدم قطعیت از وقوع ضرر یا آگاهی نسبی از علت و معلول وجود داشته باشد. اقدام پیشگیری ممکن است قبل یا پس از آن‌که معلوم شد فعالیت خطرناک است، با جلوگیری کردن، کاهش دادن یا محدود کردن ضرر، محقق شود؛ اما در احتیاط، اقدام همیشه پیش از اتفاق،

1. Risk
2. Danger
3. Harm
4. Uncertainty
5. Ignorance
6. Prevention
7. Precaution

8. Bayesian inference
9. Epistemic uncertainty

آسیب توسط شواهد علمی قطعی مشخص شده باشد، گرفته شده است. این بدان معنی است که اقدامهای احتیاطی فقط در مواردی اعمال می شود که وجود ریسک به دلیل داده های علمی ناکافی یا بی نتیجه نتواند به طور کامل اثبات شود. به عبارت دیگر، اقدامهای پیشگیرانه با موقعیت های ریسک واقعی مواجه هستند درحالی که اقدامهای احتیاطی به وضعیت های ریسک بالقوه پاسخ می دهند.

(۲) **بررسی علمی ریسک:** اگرچه اصل احتیاط در چارچوب عدم قطعیت علمی عمل می کند، اما تنها زمانی باید اعمال شود که براساس بهترین بررسی ها و توصیه های علمی موجود، دلیل های موجهی وجود داشته باشد که پذیرفته شود. اثرهای مضر ممکن است برای سلامت عمومی و یا محیط زیست پدید آید. بنابراین، یک ریسک به طور کامل فرضی یا تخیلی که هیچ دلیل و قرینه علمی برای وقوع احتمالی آن وجود ندارد، نمی تواند گرفتن اقدام های احتیاطی را توجیه کند.

(۳) **جدی بودن یا جبران ناپذیری آسیب احتمالی:** توسل به اقدام های احتیاطی صرفاً برای جلوگیری از «تهدیدهای آسیب جدی یا جبران ناپذیر» قابل توجیه است. این بدان معنی است که آسیب مشکوک باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا اقدام هایی را توجیه کند که ممکن است در برخی موارد منجر به محدودیت در تجارت آزاد و تولید شود. از این رو، اعمال اصل احتیاط مستلزم تعیین آستانه خسارت غیرقابل چشم پوشی است. به طور کلی وقتی می توان گفت که آسیب «جدی» است که بر زندگی و سلامت افراد، منابع طبیعی حیاتی، آب و هوا و تعادل اکوسیستم تأثیر می گذارد؛ اما، اگر خسارت هایی را که بدون شک جدی هستند کنار بگذاریم، باید اذعان داشت که تعیین آستانه دقیق تر خسارت در نهایت به بستر اقتصادی و فرهنگی محل اجرای این اقدام بستگی دارد. آنچه در یک جامعه احتیاط است ممکن است در جامعه دیگر احتیاط تلقی نشود. به همین دلیل است که، در نهایت، تعیین «جدی» بودن خطر بالقوه یک کار سیاسی خواهد بود.

(۴) **تناسب اقدام ها:** اقدام های احتیاطی باید متناسب با جدیت تهدید باشد. این بدان معنی است که هر خطر بالقوه توجیه کننده هر نوع اقدام احتیاطی نیست و به ویژه این که اقدام های در نظر گرفته شده باید تأثیر آن ها را بر جامعه در نظر بگیرد. این الزام فراتر از تحلیل هزینه-فایده سنتی مبتنی بر معیارهای اقتصادی است و به طور گسترده معیارهای دیگری را نیز باید در نظر گرفت، از جمله: عواقب اقتصادی-اجتماعی (مثال: حذف موقعیت های شغلی)، کارایی و اثربخشی گزینه های جایگزین ممکن، مقبولیت آن ها برای عموم و به طور کلی منافع و هزینه های احتمالی و بالقوه اقدام یا عدم اقدام. همان طور که در سایر شرایط اجرای این اصل مطرح شد، این عناصر ناهمگن به طور قطع نمی توانند صرفاً توسط

خواهد بود. آنچه موجب می شود تا تصمیمی براساس احتیاط یا پیشگیری گرفته شود، درک کلی، جزئی یا حتی گمراه کننده از علت احتمالی است.

نکته قابل تأکید دیگر، تفاوت بین اصطلاح «ریسک» و «عواقب» است که به طور معمول به صورت مترادف استفاده می شوند: ریسک ها ممکن است در نهایت اتفاق بیفتند و یا اتفاق نیفتند؛ درحالی که عواقب دقیق هستند و منتهی به نتیجه هایی می شوند و قابل انتظار هستند. معمول است که هم در رسانه های عمومی و هم در رسانه های تخصصی، استفاده از «عواقب نانوفناوری» به صورت مترادف در تناظر با «ریسک های نانوفناوری» مورد استفاده قرار می گیرند. چنین خطای واژه شناسی، این نظریه را تقویت می کند که نانوفناوری به درستی یک منبع بروز خسارت است که این موضوع منجر به ایجاد یک درک و عقیده عمومی می شود که این یک نوع فناوری خطرناک است و نهایت استفاده را از این موضوع جنبش های حمایت از ممنوعیت و یا محدودسازی فناوری نانو خواهند برد.

به طور خلاصه باید گفت، هیچ تعریف جهانی برای اصل احتیاط وجود ندارد، زیرا هر یک از این تعاریف چندین پیشنهاد ارایه می دهند که مبهم و متناقض به نظر می رسند [۲۵ تا ۲۸]. برخی از این مصداق ها در تعریف کاربرد اصل، به عدم قطعیت ریسک مربوطه یا رابطه ی سببیت بین فعل و ضرر یا به بار اثباتی برحسب ایمنی فعالیت، متوسل می شوند [۲۷ و ۲۸].

نباید از اصل احتیاط فراتر از جایگاه و ظرفیت حقوقی که برای آن پیش بینی شده است انتظار داشته باشیم. فارغ از آنچه که برخی ممکن است تصور کنند، این اصل قصد ندارد فهرستی از راه حل های از پیش تعیین شده را برای معضلات جدید ایجاد شده براساس عدم قطعیت علمی ارایه کند. به دلیل ماهیت انعطاف پذیر این اصل و پتانسیل آن برای سوء استفاده (مثال: استفاده از آن به عنوان یک عذر و بهانه بی اندازه برای دریافت اقدام های حمایتی)، مشخص کردن شرایط لازم برای استفاده از آن مهم است. این شرایط عبارت اند از: (۱) عدم قطعیت ریسک؛ (۲) بررسی علمی ریسک؛ (۳) جدی بودن یا جبران ناپذیری آسیب احتمالی؛ (۴) تناسب اقدام ها؛ (۵) شفافیت فرایندهای بررسی ریسک و مدیریت ریسک؛ (۶) بار اثبات متغیر (تحول در بار اثبات) [۲۹ و ۳۰].

(۱) **عدم قطعیت ریسک:** اصل احتیاط فراتر از اصل پیشگیری است. زیرا سیاست گذاران را بر آن می دارد تا قبل از اثبات قطعی آسیب، مشکلات را پیش بینی کنند. درحالی که در اصل پیشگیری، مضر بودن فراورده یا فعالیت به طور کامل شناخته شده است (مثال: خطرات سلامتی مرتبط با سیگار کشیدن) و تنها چیزی که ناشناخته باقی مانده این است که آیا آسیب در یک موقعیت ویژه یا یک دوره زمانی رخ می دهد؟، در مورد اصل احتیاط، اقدام ها پیش از آن که یک ارتباط علی بین فناوری و

کارشناسان بررسی ریسک برای اقدام یا عدم اقدام برآورد شوند و در نهایت باید براساس بررسی و تصمیم‌گیری مقام‌های صلاحیت‌دار و براساس سیاست‌های حاکم عمل شوند.

۵) شفافیت فرایندهای بررسی ریسک و مدیریت ریسک<sup>۱</sup>: الزام «شفافیت» به این معنی است که نخست، روش‌ها و معیارهای مورد استفاده مقام‌های دولتی برای فرایند بررسی ریسک و گرفتن اقدام‌های احتیاطی باید برای همه طرف‌های مربوطه، از جمله حامیان فناوری‌های جدید و عموم شناخته شوند. از آن‌جا که خطرهای بالقوه فناوری‌های جدید (در این مورد، نانوفناوری‌ها) به‌طور مستقیم بر عموم تأثیر می‌گذارند، ضروری است که شهروندان در مورد زمان‌بندی یا محتوای تصمیم‌های گرفته‌شده، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم (از راه کنندگان) مطلع و مورد مشورت و مشارکت قرار گیرند. شفافیت همچنین، به معنای تعهد کسانی است که فراورده‌های بالقوه پر ریسک را ترویج می‌کنند تا مطالعه‌های خود را در مورد مقدار ریسک‌های بالقوه و تلاش‌هایی که برای به حداقل رساندن یا حذف این ریسک‌ها انجام داده‌اند، منتشر سازند.

۶) بار اثبات متغیر<sup>۲</sup>: به‌طور سنتی، مقام‌های دولتی مجبورند دلیل‌های منطقی را براساس شواهد علمی قطعی برای محدود کردن فروش برخی فراورده‌ها یا استفاده از برخی از فناوری‌ها تشریح کنند. این بدان معنی است تا زمانی که اشتباه بودن آن اثبات نشود، طرفداران فناوری می‌توانند فعالیت موردنظر را ادامه دهند. اصل احتیاط این سیاست سنتی را با پیشنهاد تغییر بار اثبات به سمت کسانی که ممکن است اقدام‌های آن‌ها سلامت عمومی یا محیط‌زیست را به‌طور جدی تهدید کند، به چالش می‌کشد. باین‌حال، این موضوع نباید به این معنا تفسیر شود که طرفداران فناوری موظف به ارائه شواهد قطعی مبنی بر بی‌ضرر بودن فراورده‌ها یا فعالیت‌هایشان هستند (ریسک صفر). این به این معنی است که سازندگان خطرها باید نشان دهند که پژوهش‌های لازم را برای تعیین ماهیت و مقدار هر ریسک بالقوه انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که فراورده‌ها یا فعالیت‌های آن‌ها سطح قابل‌قبولی از ایمنی را ارائه می‌دهند. پس از آن مقام‌های دولتی مسئولیت خواهند داشت با در نظر گرفتن نتیجه‌های کارشناسان یا مؤسسات تخصصی خود، تصمیم بگیرند که کدام روش عمل مناسب‌تر است.

اصل احتیاط حقوقی با اصل احتیاط فقهی متفاوت است. شاخص‌ترین این تفاوت‌ها عبارت‌اند از: ۱) در اصل احتیاط فقهی مکلف در اصل وجود تکلیف شک ندارد، ولی در «مکلف به» شک دارد و امکان عمل به احتیاط نیز برای وی میسر است. اما در اصل احتیاط حقوقی، احتیاط ناظر به اصل تکلیف است. ۲) اصل احتیاط حقوقی ناظر به آسیب احتمالی است، اما

هنگامی می‌توانیم از اعمال یا عدم اعمال این اصل صحبت کنیم که موضوع‌هایی چون عدم قطعیت ریسک، بررسی علمی ریسک، جدی بودن یا جبران‌ناپذیری آسیب احتمالی و... مورد بررسی قرار گرفته باشند. در صورتی که در اصل احتیاط فقهی موضوع‌های این‌چنینی برای تشخیص قابلیت استفاده از اصل مطرح نیست. ۳) در اصل احتیاط فقهی هدف از رعایت اصل، یقین پیدا کردن نسبت به انجام تکلیف و فارغ کردن ذمه مکلف از آن است اما هدف از اصل احتیاط حقوقی جلوگیری از ایجاد آسیب اعم از مالی و غیرمالی نسبت به انسان‌ها و محیط‌زیست است [۳۱].

در نظام حقوقی ایران به‌طور صریح نهادی به نام اصل احتیاط تعریف نشده اما در برخی از مقررات به‌طور ضمنی مورد توجه قرار گرفته است. قانون اساسی در اصل پنجاهم این موضوع را بدین ترتیب بیان کرده است: «در جمهوری اسلامی، حفاظت محیط‌زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌شود. از این‌رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن‌که با آلودگی محیط‌زیست یا تخریب غیرقابل‌جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است». اگرچه در این اصل که به موضوع محافظت از محیط‌زیست پرداخته‌شده به اصل احتیاط به‌طور مستقیم اشاره نشده است، ولی در فصل اول سند ملی محیط‌زیست جمهوری اسلامی ایران (ارزش‌های بنیادین) مصوب آبان ماه ۱۳۹۱ در بخش اصول محیط‌زیستی به رعایت اصل احتیاط (ملاحظه مخاطرات) در تصمیم‌گیری‌های مؤثر بر محیط‌زیست تصریح شده است.

#### ۵- اصل احتیاط در فناوری نانو

در قرن هجدهم بود که علم، فناوری و تولید شروع به ارتباط و تعامل با یک‌دیگر کردند [۳۲]، مشخصه‌ای که در قرن بیست و یکم با استفاده از علوم نانوفناوری ادامه پیدا کرده و منجر به سرمایه‌گذاری در مقیاس بزرگ و برنامه‌ریزی مالی شده است. راه‌حل‌های ارائه‌شده توسط نانوفناوری در بخش‌های متفاوت زندگی مانند پزشکی، الکترونیک، انرژی، صنعت غذا، فناوری داده‌ها، فضاوردی، ارتباط‌های مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کاربردهای گسترده، توسعه و تجاری‌سازی فراورده‌های نانوفناوری را قبل از بررسی خطرهای آن‌ها تسریع کرد که سبب شد از سوی سازمان‌های بین‌المللی و جامعه‌های مدنی درخواست شود تا از اصل احتیاط برای توقف عرضه این دسته از فراورده‌ها و انجام پژوهش‌ها در این زمینه و انتقال نتیجه‌های به‌دست آمده از چنین پژوهش‌هایی به بازار استفاده کنند [۳۳].

در این رابطه، گزارش جامعه‌ی سلطنتی<sup>۳</sup> و آکادمی مهندسی سلطنتی بریتانیا<sup>۴</sup> (سند سیاست RS 04/19)<sup>۵</sup> قابل توجه است.

3. Royal Society

4. Royal Academy of Engineering

5. RS Policy Document 19/04

1. Transparency of the risk assessment and risk management processes

2. A shifting burden of proof



بر پایه فناوری نانو، درخواست تعلیق قانونی برای معرفی فراورده‌هایی از این دست که حاوی نانوذرات هستند را کرده است. درخواست تعلیق شامل پژوهش‌های آزمایشگاهی فناوری نانو نیز می‌شود؛ زیرا غیراخلاقی است که کارگرانی داشته باشیم که در غیاب استانداردهای ایمنی و نظارت قانونی، پژوهش یا کنترل نانوذرات را انجام دهند [۳۷]. در سال ۲۰۱۰ پارلمان اروپا نسبت به تولید مواد غذایی که در فرآوری، بسته‌بندی و مواد اولیه آن از نانوفناوری استفاده می‌شد، توصیه کرد تا هنگامی که یک مطالعه‌ی بررسی ریسک، به ایمنی فعالیت آن‌ها گواهی دهد و آن را تأیید کند، تولید تعلیق شود [۳۸].

بهره‌برداری و استفاده از علوم نانوفناوری با وجود اصل احتیاط نیاز به طیف وسیعی از بررسی‌ها را دارد، اگرچه انتساب تهدید ذاتی به تمامی شاخه‌های این فناوری معقول نیست؛ اما همچنان گزارش‌ها و مقاله‌های علمی در مورد نانوفناوری به تعریف‌ها، واژه‌شناسی، سمیت، ایمنی و مقررات اشاره دارد و هنوز هم به دلیل این تصور غلط که تمام نانوذرات بدون تمایز، یک حالت سمیت ناشناخته و ویژه دارند، سبب شده است که تردیدها و عدم قطعیت‌ها در این رابطه همچنان باقی بمانند.

درواقع، به دلیل‌هایی چون کشف تعداد فزاینده‌ای از نانوذرات، کمبود دانش در مورد رفتار سم‌شناسی آن‌ها و عدم اعتبارسنجی آزمایش‌های سم‌شناسی برای بررسی ایمنی و خطر، موجب شده است تا داده‌ها برای تضمین عرضه، بازاریابی و استفاده از فراورده‌های فناوری نانو کافی نباشند [۳۹ تا ۴۲]؛ اما طیف گسترده‌ای از آثار علمی در مورد سمیت نانوذرات، در تعیین ریسک‌های مشخص و نامشخص این مواد (۴۱) و با وضعیت منابع اصلی داده‌های موجود [۴۳]، می‌توانست به عنوان یک دستورالعمل برای تصمیم‌گیری، ایجاد مقررات قانونی و حتی نسبت به اقتضای انجام پژوهش از سوی دانشمندان نانو، به عمل بیاید.

یک مثال مناسب برای موضوع یادشده، گزارش کمیته‌ی ملی خطرهای بهداشتی نوظهور و تازه شناسایی شده<sup>۵</sup> (SCENIHR) (آژانس اتحادیه اروپا مسئول حفاظت از سلامت مصرف‌کنندگان است) در مورد ایمنی و ریسک‌های مواد نانو است. براساس گزارش، کمیته، اطلاعات و دانش علمی را که در حال حاضر قابل در دسترس است برای طرح تعدادی مشاهده‌ها (...) توصیه‌ها (...) و پیشنهادها برای بهبود روش‌شناسی (برای بررسی ریسک نانوذرات برای سلامت انسان و محیط‌زیست) مورد بازبینی قرار داد [۴۴].

مثال قابل‌توجه دیگر، گزارش مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی<sup>۶</sup> است (NIOSH) (آژانس آمریکایی که مسئول حمایت از سلامت کارگران است) در مورد استراتژی‌های اداره و کنترل کارگران برای اجتناب از این موضوع که در طول کار و تولید نانومواد در معرض آسیب‌های ناشی از فناوری نانو قرار نگیرند.

این سند، اقدام‌های احتیاطی را با توجه به مواد خطرناک نانوذرات و نانولوله‌ها، توصیه می‌کند: «(...) از رها کردن نانوذرات و نانولوله‌های تولیدشده در طبیعت باید تا جایی که ممکن است، اجتناب شود» [۳۴].

در سال ۲۰۰۴ کمیسیون اروپایی<sup>۱</sup> در استراتژی اروپایی خود، فعالیت‌های نانوفناوری را در چارچوب‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی خود گنجانده و پیشنهاد ایجاد «مرامنامه»<sup>۲</sup> در مورد پژوهش‌های مسئولانه در علوم نانو و نانوفناوری‌ها به عنوان مدلی از تنظیم، مقررات‌گذاری و حاکمیت بر نانوفناوری‌ها، ارائه کرد. مرامنامه که توسط کمیسیون اروپایی در سال ۲۰۰۸ مورد تصویب قرار گرفت، هفت نکته‌ی کلی را مورد تأکید قرار می‌داد که باید در پژوهش‌های نانوفناوری موردتوجه قرار گیرد: (۱) اطلاعات کافی برای عموم؛ (۲) توسعه پایدار؛ (۳) اصل احتیاط؛ (۴) یکپارچگی همگانی جامعه؛ (۵) برتری پژوهشی؛ (۶) ابتکار (نوآوری) و (۷) مسئولیت‌پذیری [۳۵].

مجمع بین دولتی ایمنی شیمیایی<sup>۳</sup> (IFCS) که ایران نیز در آن عضویت دارد، در سپتامبر سال ۲۰۰۸، هشت اصل را که باید نظارت بر نانوفناوری‌ها و مواد نانویی را مورد کنترل قرار دهند و در آن‌ها اصل احتیاط اولین و مهم‌ترین اصل باشد [۳۶] را موردپذیرش قرارداد: (۱) اصل احتیاط: تبعیت نانوفناوری‌ها از این اصل و امکان تأثیر آن بر سلامت و محیط‌زیست؛ (۲) قاعده‌های اجباری نانوفناوری: معرفی قانون‌های ویژه برای نانوفناوری؛ (۳) سلامت و امنیت عموم افراد و کارگران: معرفی سازوکارهایی برای جلوگیری از در معرض مواد نانوی مضر قرار گرفتن چه به صورت بالقوه و چه بالفعل؛ (۴) پایداری زیست‌محیطی: تحلیل چرخه حیات (عمر) مواد نانو در محیط‌زیست، در سلامت و در ایمنی شغلی قبل از توزیع آن در بازار؛ (۵) شفافیت: برچسب‌گذاری اجباری برای فراورده‌ها با ساختار نانو یا فراورده‌هایی که حاوی مواد نانو هستند؛ (۶) مشارکت شهروندان: مشارکت جامعه در مباحث و پروسه‌ی تصمیم‌گیری مربوط به توسعه‌ی نانوفناوری؛ (۷) توجه به آثار اجتماعی و اخلاقی: اختصاص سرمایه‌گذاری عمومی در نانوفناوری‌ها، با در نظر گرفتن اثرهای اجتماعی، بررسی اخلاقی، انصاف، عدالت و منافع عمومی و ... (۸) مسئولیت تولیدکننده: مسئولیت و پاسخ‌گویی تمام افرادی که در زنجیره‌ی فراورده‌های نانوفناوری و در خسارت‌هایی که نانوفناوری به بار می‌آورد مشارکت دارند.

گروه اقدام برای گسترش، فناوری و تمرکز<sup>۴</sup> (ETC Group) یک سازمان بین‌المللی است که به «حفظ و پیشرفت پایدار تنوع فرهنگی و اکولوژیکی و حقوق بشر» اختصاص دارد. این سازمان از سال ۲۰۰۳ با توجه به عدم وجود مقررات کامل برای رسیدگی به تغییرات غیرقابل‌پیش‌بینی ناشی از مصرف برخی فراورده‌ها

5. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks  
6. National Institute for Occupational Safety and Health

1. European Commission  
2. Code of Conduct  
3. Intergovernmental Forum on Chemical Safety  
4. Action Group on Erosion, Technology and Concentration

در میان موضوعهای دیگر، این سند هشدار می‌دهد: با رشد سریع کاربردهای تجاری مواد نانو، ضرورت دارد که تولیدکنندگان و استفاده‌کنندگان مواد نانو، محیط کاری سالم و ایمنی را برای کارکنانی که ممکن است در معرض چنین موادی باشند، فراهم کنند. در حال حاضر استاندارد قانونی برای مواد نانو در ایالات متحده وجود ندارد. هرچند، مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی اسنادی در رابطه با محدودیت‌های تماس با ذرات نانو دی‌اکسید تیتانیوم و نانولوله‌ها منتشر کرده است [۴۵].

در نظر گرفتن این موارد، می‌تواند منجر به اثبات، تشریح و توجیه هزینه‌های مالی و زمانی پژوهش‌ها شود. درواقع، جایی که منابع مالی کمیاب هستند، چنین توجیه‌سازی، برای تخصیص سرمایه‌ی انسانی و مالی برای حل مشکلات واقعی و درنتیجه کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و به حداقل رساندن ریسک‌های سلامت، ضرورت پیدا می‌کند.

#### ۶. نتیجه‌گیری

بحث پیرامون اصل احتیاط پیچیده و به نسبت مساوی بین استدلال‌های موافق و مخالف تقسیم شده است. افزون بر این، تصمیم‌گیری در این مورد از نظر سیاسی و ایدئولوژیکی تحت تأثیر قرار گرفته است. درواقع، عدم یکنواختی تعریف اصل احتیاط می‌تواند پیامدهای جهانی قابل‌توجهی داشته باشد. از یک‌سو، به دلیل اجازه یا ممنوعیت فعالیت‌های ویژه توسط کشورها محیط‌زیست، سلامت و توسعه اجتماعی ممکن است هنگامی که در معرض انواع متفاوت ریسک قرار می‌گیرند، آسیب‌پذیر شوند. برای مثال آژبست‌ها به دلیل اثرهای سرطان‌زای ثابت‌شده از خود، از بیشتر کشورهای نیم‌کره شمالی طرد شدند، چیزی که در بسیاری از کشورهای نیم‌کره جنوبی که تولید، واردات و استفاده از این ماده را باوجود هشدارهای نهادهای بهداشتی از آغاز قرن گذشته ادامه داده‌اند، رخ نداده است. از سوی دیگر، تجارت بین‌المللی ممکن است تحت تأثیر ممنوعیت‌ها و یا مجوزهای ورود فراورده‌های طبقه‌بندی‌شده به‌عنوان تهدیدی برای سلامت یا محیط‌زیست قرار گیرد. برای مثال، اجازه رشد برخی از گیاهان اصلاح‌شده ژنتیکی در اتحادیه اروپا مانند ذرت، پنبه، چغندرقد، آفتابگردان و سویا و گیاهان دیگر ممنوع است؛ بنابراین، موضع اتحادیه اروپا تجارت برخی ارقام را غیرممکن می‌سازد. یک انتقاد مکرر از کاربرد اصل احتیاط این است که یک راه‌حل یا راهنمای قطعی را ارایه نمی‌دهد، بلکه صرفاً زمینه‌ای برای بحث در مورد پیامدهای نامطلوب و بیشتر غیرواقعی فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌کند و به همین دلیل در تصمیم‌گیری‌ها مربوط به سیاست‌های عمومی کاربرد چندانی ندارد. با در نظر گرفتن تمامی مطالب گفته‌شده، اگر فعالیت‌های بخش علم نانو برای کیفیت زندگی پایدار نامناسب باشد، ازجمله زمینه‌هایی چون سلامت افراد، اخلاق زیستی، محیط‌زیست و جنبه‌های اجتماعی می‌توان اصل احتیاط را اعمال کرد. همچنین، مهم است که فناوری‌های

جایگزین را در نظر بگیریم که حداقل به همان الزامات و نیازهای موجود یا برنامه‌ریزی‌شده بالقوه یا به‌فرض تهدیدکننده می‌رسند، اما بدون محدودیت یا مشکلات آن‌ها. اصل احتیاط بیشتر به توسعه یک فعالیت بستگی دارد. برخلاف نظریه‌های گفته‌شده در عمل محدودیت‌های ناشی از اصل احتیاط درواقع هنگامی رخ می‌دهد که موضوع موردنظر در حال اجرا است و نتیجه‌های آن پیش‌ازاین آغاز شده است. وجود همین تفاوت دیدگاه‌ها سبب شده است که در رابطه با پذیرش فناوری نانو و گسترش آن در بخش‌های متفاوت مشکلاتی ایجاد شود که عده‌ای سعی در ارایه راه‌حلی میانه‌به‌منظور جلب رضایت هر دو دیدگاه کرده‌اند. یکی از این راه‌کارها در رابطه با فراورده‌هایی که در آن‌ها نانوذرات وجود دارد درج کلمه‌ی «نانوساختار» بر روی آن‌ها است. درنتیجه هم افرادی که خواهان استفاده از فراورده‌های دارای نانوذرات هستند از این علم بهره‌مند می‌شوند و هم افرادی که خواهان احتیاط و روشنگری در این زمینه هستند هدف‌شان تأمین خواهد شد. درنهایت باید گفت هدف از اصل احتیاط، فراهم کردن دسترسی عمومی به کاربردهای نوآورانه نانوفناوری همراه با به‌دست آوردن اطمینان از ایمنی و همچنین، حفاظت از سلامت انسان و محیط‌زیست است.

#### ۷. منابع

[۱] ا، مهرآوران؛ س، اسدپور؛ ف، فیروزی؛ م، فخار؛ م، شیران، ج، اختری. اهمیت نانوفناوری در سلامت مواد غذایی، ۳۰ (۸)، ۶۲۲ (۱۳۹۸).

[2] Q. Chaudhry, R. Watkins, L. Castle, Nanotechnologies in the food arena: new opportunities, new questions, new concerns, (14), 1, (2010).

[3] M. E. Karim, Nanotechnology Law and Policy: An Introduction. Kuala Lumpur International Business, 180-181, (2013).

[۴] ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، فراورده‌های فناوری نانو ساخت ایران، ویرایش ۵، ۶ (۱۳۹۷).

[۵] ز، رسولی زاده. جرم‌شناسی نانوفناوری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد حقوق جزا و جرم‌شناسی، ۸-۹، (۱۳۹۳).

[6] J, Jeevanandam; A, Barhoum; Y S, Chan; A, Dufresne; M K, Danquah. Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. 9, 1052, (2018).

[۷] م، رزازی. جایگاه ما در نانوفناوری فناوری آینده جهان، ۶ (۲۳)، ۱۳۰، (۱۳۸۴).



- [23] T. Aven, Terje, R. Steen, The concept of ignorance in a risk assessment and risk management context, 95 (11), 1117, (2010).
- [24] T. Aven, Terje, R. Steen, The concept of ignorance in a risk assessment and risk management context, 95 (11), 1120, (2010).
- [25] P. Sandin, Dimensions of the precautionary principle, 5 (5), 890, (1999).
- [26] P. Sandin, A paradox out of context: Harris and Holm on the precautionary principle, 15 (2), 175-176, (2006).
- [27] J. Wiener, B. Rogers, D. Michael, Comparing precaution in the United States and Europe, 5 (4), 317-318, (2002).
- [28] C. Raffensperger, J. Tickner, Protecting public health & the environment: Implementing the precautionary principle, 8-9, (1999).
- [29] R. Andorno, The Precautionary Principle: A New Legal Standard for a Technological Age, 1 (1), 16-19, (2004).
- [30] R. Andorno, N. Biller-Andorno, The risks of nanomedicine and the precautionary principle, 139-141, (2013).
- [31] م، ایزانلو؛ ز، اسدی. مطالعه‌ی تطبیقی کارکردهای دوگانه‌ی اصل احتیاط در مسئولیت مدنی، ۱۰ (۲)، ۴۱۱، (۱۳۹۸).
- [32] E.T. Tavares, F.R. Schramm, The principle of precaution and the nano-techno-sciences, 23 (2), 249, (2015).
- [33] A. Ferrari, Developments in the Debate on Nanoethics: Traditional Approaches and the Need for New Kinds of Analysis, 4 (1), 41-42, (2010).
- [34] Royal Society and the Royal Academy of Engineering, Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties, 85, (2004).
- [35] Commission of the European Communities, Commission Recommendation of 07/02/2008 on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research, 6-7, (2008).
- [8] ت، آلن. نانوفناوری؛ ذرات کوچک، مخاطرات بزرگ، ۵ (۶۱)، ۱۱۱، (۱۳۸۷).
- [9] A. Baran, Nanotechnology: legal and ethical issues. Engineering Management in Production and Services, 8 (1), 51, (2016).
- [۱۰] م، لشکری زاده؛ م، اسحق. بررسی اثر نانوفناوری بر محیط زیست، ۱۹ (۱)، ۵۲، (۱۳۹۶).
- [۱۱] م، مظاهری اسدی؛ آ، غلامی قوام‌آباد. نانوفناوری: مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی، ۱۹ (۵۵)، ۴۷-۴۸، (۱۳۸۹).
- [۱۲] ع، حیدری. ملاحظات اخلاقی در به‌کارگیری فناوری نانو، ۲ (۴-۳)، ۲۵، (۱۳۸۶).
- [13] R. Read, T. O'Riordan, The Precautionary Principle Under Fire, 59 (5), 5, (2017).
- [۱۴] ب، نادری. اصل احتیاطی در مسئولیت مدنی در حقوق ایران و مطالعه تطبیقی آن در حقوق کامن لاء، دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۹-۱۳۸۹، ۳۱.
- [۱۵] ص، صیادی. حق بر سلامت در پرتو حمایت از کودکان در برابر بازی‌های ویدیویی زیان‌بار با تأکید بر اصل احتیاط، ۱۰، (۱۳۹۹).
- [۱۶] ص، صیادی. حق بر بازی و تأملی بر سیاست‌های کنترل بازی‌های ویدیویی، ۸، (۱۳۹۸).
- [17] D. Bourguignon, The precautionary principle Definitions, applications and governance, 4-6, (2015).
- [18] S. O. Hansson, A Philosophical Perspective on Risk, 28 (6), 539, (1999).
- [19] S. O. Hansson, Philosophical Perspectives on Risk, 8 (1), 10, (2004).
- [20] E. T. Tavares, F. R. Schramm, The principle of precaution and the nano-techno-sciences, 23 (2), 245, (2015).
- [21] T. Aven, Risk Analysis And Science, 11 (1), 2, (2004).
- [22] J. Dupuy, Complexity and uncertainty: a prudential approach to nanotechnology, 122-123, (2007).

[45] Department of Health and Human Services. Current Strategies for engineering controls in nanomaterial production and downstream handling processes, 1, (2013).

[36] Sixth Intergovernmental Forum on Chemical Safety, Summary of the Sixth Session of the Intergovernmental Forum on Chemical Safety: 15-19 September 2008, 15 (160), 6, (2008).

[37] Action Group on Erosion, Technology and Concentration, Nanotech product recall underscores need for nanotech moratorium: is the magic gone? News Release ETC Group, Available at [Cited: 9 15, 2020]: <https://www.etcgroup.org/content/nanotech-product-recall-underscores-need-nanotech-moratorium-magic-gone>, (2006).

[38] T. Ehnert, The Legitimacy of New Risk Governance—A Critical View in Light of the EU's Approach to Nanotechnologies in Food, 21 (1), 44-45, (2015).

[39] M. P. Holsapple, W.H. Farland, T.D. Landry, N.A. Monteiro-Riviere, J.M. Carter, N. J. Walker, K.V. Thomas, Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part II: Toxicological and safety evaluation of nanomaterials, current challenges and data needs, 88 (1), 12-13, (2005).

[40] A. G. Cattaneo, R. Gornati, E. Sabbioni, M. Chiriva-Internati, E. Cobos, M.R. Jenkins, G. Bernardini, Nanotechnology and human health: Risks and benefits, 30 (8), 730, (2010).

[41] G. Obersdörster, Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: Concepts of nanotoxicology, 267 (1), 89, (2010).

[42] T. Gebel, R. Marchan, J.G. Hengstler, The nanotoxicology revolution, 87 (12), 2057, (2013).

[43] A. D. Ostrowski, T. Martin, J. Conti, I. Hurt, B. H. Harthorn, Barbara Herr, Nanotoxicology: Characterizing the scientific literature, 2000-2007, 11 (2), 251, (2009).

[44] Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks (SCENIHR). Opinion on the appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the Technical Guidance Documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials, 4, (2007).