نشریه علمی مطالعات حقوق تطبیقی معاصر، سال سیزدهم، شماره بیست و شش، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۱۸۳- ۲۱۳
مقاله پژوهشی (DOI): 10.22034/LAW.2021.46085.2907 شناسهٔ دیجیتال

چالش‌های به‌نظم کشیدن نانوفناوری و ضرورت حرکت به سوی تنظیم‌گری جهانی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۶/۲۲

زهرا محمودی کردی[۱]
حسین پورباباگل[۲]

چکیده

اگرچه هدف فناوری‌ها آسان‌تر کردن زندگی بشر و افزایش رفاه است، اما هر فناوری جدیدی مسائلی را به‌همراه دارد که می‌تواند اثار مخرب کوتاه‌مدت یا درازمدت بر حیات انسان و دیگر موجودات داشته باشد. هر قدر این آثار و خطرها بیشتر و گسترده‌تر باشد لزوم به‌نظم کشیدن آن فناوری از جانب حقوق بین‌الملل و به‌عنوان پاسخی به یک نگرانی مشترک جهانی ملموس‌تر خواهد بود. فناوری نانو به‌عنوان یک فناوری که بشر را قادر به دست‌کاری و مهندسی مواد در ابعاد مولکولی و زیرمولکولی کرده، ازجمله مهم‌ترین فناوری‌های مفید اما توأم با خطرهای شناخته‌شده و ناشناختهٔ فراوان است که باید قواعد حقوقی آنها را به‌نظم بکشد. پژوهش حاضر در پی پاسخ به این پرسش اساسی است که چرا به‌رغم پیشرفت سریع و سرعت خیره‌کنندهٔ انتقال نانوفناوری از تحقیقات آزمایشگاهی به خطوط تولید و تجاری‌سازی محصولات مرتبط با آن، روند تنظیم‌گری این فناوری در حقوق بین‌الملل با چالش مواجه شده است و آیا راه‌حلی برای غلبه بر این چالش وجود دارد؟ یافتهٔ اصلی مقاله این است که با توجه به جهانی بودن خطرهای نانومواد و نیز دانش ناکافی بشر دربارهٔ خواص بدیع آنها از یک سو و کافی نبودن معاهدات موجود جهت پوشش نانومواد از سوی دیگر، تنظیم‌گری این فناوری باید با هدف مدیریت خطر و اتخاذ رویکرد احتیاطی و با استفاده از الگوی تنظیم‌گری جهانی یعنی با مشارکت همهٔ بازیگران اعم از دولتی و غیردولتی انجام شود.

واژگان کلیدی: تهدیدات جهانی، تنظیم‌گری جهانی، حقوق بین‌الملل، نانوفناوری، نانومواد، مدیریت خطر.

---

۱. استادیار دانشگاه مازندران، ایران (نویسندهٔ مسئول) z.mahmoudi@umz.ac.ir
۲. کارشناسی ارشد حقوق بین‌الملل دانشگاه مازندران، ایران ho.purbabagol@gmail.com

مقدمه

فناوری یا مجموعهٔ امکانات گسترده‌ای که حاصل تلاش، دانش و تجربهٔ نسل‌های بشر است قادر به دگرگونی جهان و حل بسیاری از مشکلات بشر می‌باشد. در دنیای امروز پیشرفت علمی، صنعتی و اقتصادی، بلکه توسعهٔ آموزشی و فرهنگی هر جامعه‌ای در گرو میزان استفاده از فناوری است. در عین حال، توسعهٔ علوم و ظهور فناوری همواره با خطرهای بالفعل و بالقوه‌ای نیز همراه است که ازجمله سبب ایجاد مسائل حقوقی جدید در نظام حقوق بین‌الملل می‌شود. بسیاری از حقوق‌دانان بین‌المللی معتقدند یکی از وظایف حقوق بین‌الملل نوین چاره‌اندیشی برای نحوهٔ مواجهه و به‌نظم کشیدن فناوری‌های نو خواهد بود، زیرا یکی از وظایف حقوق ازجمله حقوق بین‌الملل، حفظ جامعه از خطرهای پیش رو با استفاده از ابزارهای قانونی است و کشفیات و نوآوری‌های جدید بشر آنگاه که به مرحلهٔ کاربردی و عملی می‌رسند باید از صافی قواعد و اصول حقوقی عبور کنند. حقوق به‌مثابه چشمه جوشانی است که مقتضیات روز را درنظر می‌گیرد و در مواردی که نارضایتی‌ها و آسیب‌هایی وجود داشته باشد موجبات پیشگیری را فراهم ساخته، راه‌حل‌های لازم را ارائه می‌دهد[۳]. حقوق باید ضمن درنظر گرفتن مصالح جامعه، بستری را برای رشد فناوری فراهم سازد و این کار تنها از مسیر تنظیم‌گری صحیح میسر می‌شود. تنظیم‌گری اگر با اسلوب درست باشد سبب می‌شود تا ضمن نظارت بر فناوری و کنترل آن، راه‌حل‌هایی برای مسائل نوپدید عرضه کرده، با تکیه بر اصول حقوقی راه هرگونه سوءاستفاده را سد نماید. تجارب تاریخی نشان می‌دهدکه اگر فناوری در خدمت اقتدارگرایی بی‌حد و حصر قرار گیرد، تبدیل به ابزار نابودی می‌شود[۴]. نگرانی‌های هسته‌ای، تخریب لایهٔ ازن، سرطان‌زا بودن برخی از فناوری‌ها، خلق ابرانسان‌ها، پاره‌ای از این دغدغه‌ها هستند. فناوری نانو، فناوری جوانی است که به بشر توانایی استفاده از ابعاد بسیار کوچک مواد را که نانومتر (میلیاردم متر) نامیده می‌شود داده و توانسته است در زمان اندکی (ابتدای قرن ۲۱) به‌عنوان

---

۳. ابوطالب، کوشا و مریم، احمدی، «*چالش‌های حقوق مالکیت فکری فناوری نانو در حقوق بین‌الملل با نگاهی به موافقت‌نامهٔ جنبه‌های تجاری حقوق مالکیت فکری*»، فصلنامهٔ دیدگاه‌های حقوق قضایی، ش ۵۶ (۱۳۹۰)، ص ۱۳۶.

۴. مرکز مطالعات حقوق تکنولوژی، «*پژوهش: درآمدی بر حقوق و فن‌آوری، حقوق دانش، فن‌آوری*»، مجلهٔ وکالت، ش ۱۱ (۱۳۸۱)، ص ۱۵.

فناوری کلیدی مورد توجه دولت‌ها اعم از توسعه‌یافته و درحال توسعه قرار گیرد. جامعهٔ جهانی از ابتدای تجاری‌سازی این فناوری شاهد پیامدهای مثبت آن در صنایع مختلف بوده است، اما این تمام ماجرا نیست، بلکه نانومواد به جهت ماهیت منحصربه‌فرد خود (ابعاد بسیار کوچک)، ظرفیت ایجاد تغییرات گسترده نه‌تنها در استانداردهای زندگی که در جنبه‌های انسانی زندگی بشر را دارد و می‌تواند در کنار مزایای مثبت، معضلات و تهدیدات اجتماعی، بهداشتی و زیست‌محیطی گسترده‌ای را در سطح جهانی و به نحوی بی‌سابقه ایجاد کند. با وجود این، نظارت جهانی بر فناوری نانو و محصولات مرتبط با آن در حال حاضر بسیار ضعیف بوده و به تلاش‌هایی پراکنده در سطح نهادهای منطقه‌ای مثل اتحادیهٔ اروپا و سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی محدود شده است. در واقع، روند استانداردسازی جهانی در مقایسه با سرعت تجاری‌سازی نانومواد بسیار کند است و این پرسش‌ها را به ذهن متبادر می‌سازد که اولاً چه مسائلی سبب شده است تا تنظیم نانوفناوری در نظام حقوق بین‌الملل با چالش مواجه گردد و ثانیاً آیا راهی برای غلبه بر مشکلات وجود دارد؟

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که اولاً خطرهای ناشی از نانومواد جهانی است و ثانیاً علت اصلی مشکلات فراروی تنظیم‌گری نانوفناوری ویژگی‌های خاص این فناوری است که مهم‌ترین آنها میزان بالای عدم قطعیت علمی در مقایسه با سایر فناوری‌ها، گستردگی کاربرد، مسائل زیست‌محیطی جهانی و فرامرزی، و عدم اجماع بر تعریف نانوفناوری است. تجربه نشان داده است که برای حل مشکلات با ماهیت جهانی تکیه بر روش‌های تنظیم‌گری سنتی که با تمرکز بر دولت‌ها و با اهدافی همچون محدود کردن فعالیت‌های خاص و احترام به حقوق مالکانه اشخاص انجام می‌شود، نه‌تنها ره به جایی نخواهد برد، بلکه حتی به دلیل تفاوت نگرش دولت‌ها نسبت به مدیریت خطر حتی وضع را پیچیده‌تر می‌کند. لذا جامعهٔ جهانی باید با توسل به رویکرد احتیاطی از الگوی تنظیم‌گری جهانی بهره جسته، منتظر حصول قطعیت علمی و نتایج آن نماند. برای دستیابی به این نتایج، مقالهٔ حاضر در سه بخش به رشتهٔ تحریر درآمده است. ازآنجایی که وجود یک نگرانی جهانی، تنظیم‌گری جهانی را ایجاب می‌کند، ابتدا نشان داده‌ایم که خطرهای نانومواد در زمرهٔ تهدیدات جهانی قرار می‌گیرند. سپس در بخش دوم به بیان مهم‌ترین مشکلات

فراروی حقوق بین‌الملل برای به‌نظم کشیدن نانوفناوری و محصولات آن پرداخته شده است. در بخش سوم و در پی جستجوی چارچوب مناسب تنظیم‌گری، در دو قسمت اصلی ابتدا امکان استفاده از ظرفیت‌های موجود و سپس وضعیت پیش رو یعنی لزوم توجه به رویکرد احتیاطی و استفاده از الگوی تنظیم‌گری جهانی تشریح شده است.

۱. تهدیدات نانوفناوری، نگرانی جهانی

کلمهٔ نانو برگرفته از کلمهٔ یونانی نانوس به معنای کوتوله است که از آن به‌عنوان یکی از واحدهای اندازه‌گیری استفاده می‌شود. مطابق نظام بین‌المللی اندازه‌گیری یک نانومتر برابر است با یک بیلیونیوم متر یا میلیونیوم میلی‌متر. برای درک بهتر این اندازه، باید بدانیم که ضخامت حدودی هر ورق کاغذ، صد هزار نانومتر و همچنین هر تار موی انسان در حدود هفتاد و پنج هزار نانومتر است[۵]. ساختارهای فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و مغناطیسی مواد در این ابعاد دچار تغییر می‌شود و مواد در این اندازه، خواص متفاوت و عجیبی از خود بروز می‌دهند. در تعریفی کلی، نانومواد، موادی است که در فرایند تولید و توسعهٔ آنها از نانوذرات استفاده می‌شود.

در حال حاضر تحقیقات مربوط به فناوری نانو به‌عنوان موضوعی میان‌رشته‌ای هنوز در مراحل اولیه بوده، با این همه، محصولات آن بازارهای جهانی را به سیطره کشیده است. هنوز بیشتر کشورها در حقوق داخلی خود مقرراتی برای نانومواد وضع نکرده‌اند. مثلاً کشورهای امریکا و چین که رتبه‌های اول و دوم را در زمینهٔ تحقیقات فناوری نانو به خود اختصاص داده‌اند، فاقد مقررات داخلی مختص نانومواد هستند[۶]. در مقابل، اتحادیهٔ اروپا به اتخاذ سیاست‌های احتیاطی در خصوص نانومواد تمایل نشان داده که نتیجهٔ آن مقررات خاص نانومواد در سطح اتحادیهٔ اروپا است. در شرایط کنونی این تعارض دیدگاه دولت‌ها برای تنظیم نانومواد زمینه‌ساز رقابتی خطرناک شده، جدالی که در آن ممکن است برخی از

5. The Royal Society and the Royal Academy of Engineering (2004), p. 5.

6. Gary E. Marchant, Douglas J. Sylvester, Kenneth W. Abbott, "Nanotechnology Regulation: The United States Approach", Graeme A. Hodge, Diana M. Bowman, Karinne Ludlow, NEW GLOBAL FRONTIERS IN REGULATION: THE AGE OF NANOTECHNOLOGY, (Cheltenham, Edward Elgar, 2007),pp. 189-208.

کشورها برای پیشرفت سریع‌تر خود، استفاده از مقررات نظارتی در سطح ملی را محدود نمایند.

عامل دیگری که ضرورت تنظیم‌گری نانومواد از سوی حقوق بین‌الملل را نشان می‌دهد، آثار بسیار گسترده و فرامرزی آنهاست. طبق تحقیقات انجام‌شده، نانومواد قادر به ایجاد خطرهای بالقوهٔ بی‌شماری برای انسان‌ها، حیوانات، گیاهان و حتی کوچک‌ترین ارگانیسم‌ها در زنجیرهٔ غذایی است و با توجه به خصلت مرزگذر خود، می‌تواند به کل محیط زیست جهانی آسیب وارد سازد[۷]. پس، تهدیدات ناشی از نانوفناوری را می‌توان در گروه دغدغه‌های مشترک و جهانی طبقه‌بندی کرد؛ نگرانی‌ای که همچون تغییر اقلیم و گرمایش جهانی با اراده یک یا چند کشور قابل حل نیست. برای قاعده‌مند کردن نانوفناوری به‌عنوان یک تهدید و خطر جهانی و به‌هم پیوسته، مشارکت و پاسخگویی همهٔ بازیگران جامعهٔ جهانی امری بدیهی است. جامعهٔ جهانی باید ضمن تلاش جهت کاهش میزان اختلاف میان کشورهای مختلف، از اشتباهات گذشتهٔ خود در شیوهٔ برخورد با تهدیدات جهانی دیگر درس گرفته، اقدامات جمعی را در دستور کار قرار دهد. همان‌طور که در مقدمهٔ بیانیهٔ ریو نیز آمده است، دستیابی به یک استراتژی مؤثر مدیریت خطر در این زمینه نیاز به اقدام مشترک و همکاری بین‌المللی دارد؛ اقدامی که ضمن احترام به منافع همهٔ دولت‌ها، از یکپارچگی محیط زیست جهانی نیز محافظت کند.

۲. مشکلات فراروی تنظیم‌گری نانو فناوری

وجوه ناشناختهٔ فناوری‌های نو در کنار سرعت بالای رشد و پیشرفت این فناوری‌ها، به‌نظم کشیدن خطر آنها را دشوار می‌سازد. نانوفناوری نیز از این قاعده کلی مستثنی نیست، اما آنچه تنظیم‌گری این فناوری را به‌مراتب دشوارتر کرده، ویژگی‌های منحصربه‌فرد و بدیع نانومواد است. این ویژگی‌ها ضمن آنکه نانوفناوری را متمایز ساخته، خطرها و تهدیدهای ناشی از آن را نیز منحصربه‌فرد نموده است. مجموع این عوامل دشواری‌هایی را برای تنظیم‌گری نانوفناوری رقم زده است که به آن می‌پردازیم.

7. Gary E. Marchant & Douglas J. Sylvester, "Transnational Models for Regulation of Nanotechnology", J Law MED. & ETHICS, 34(4), (2006), p. 717.

۲. ۱. میزان بالای عدم قطعیت علمی

دو عامل باعث شده است که میزان عدم قطعیت علمی نانوفناوری افزایش یابد؛ اول ذات منحصربه‌فرد نانومواد یعنی مقیاس بسیار کوچک، خواص فیزیکی، نوری، الکترومغناطیسی و شیمیایی کاملاً متفاوت با حالت معمول این مواد در طبیعت و توانایی ایجاد تغییرات بسیار زیاد و دوم جوان بودن این فناوری به‌رغم تجاری‌سازی سریع و گستردهٔ آن است. در نتیجه، صنایع مختلف، دانشمندان و نهادهای تنظیم‌گر درک کاملی از چرخهٔ عمر و تأثیرات زیست‌محیطی نانومواد، نوع و میزان خطر آنها و نحوهٔ انتخاب روش‌های مناسب ارزیابی و مدیریت این خطرها ندارند. همچنین ابزار و تکنیک‌هایی که برای محاسبه و ارزیابی خواص مواد در حالت طبیعی استفاده می‌شود لزوماً برای نانوذرات و نانومواد کارایی ندارند و درنتیجه محاسبه، مدل‌سازی و پیش‌بینی خواص نانومواد به دلیل ابعاد بسیار کوچک آنها، کاری بسیار دشوار است. ابزارهای مدل‌سازی سنتی مبتنی بر ابزارها و مقیاس‌هایی است که برای استفاده در ابعاد نانو، بسیار بزرگ است، و حتی، مدل‌سازی کوانتومی–که از لحاظ اندازه برای نانوذرات مناسب است– قادر به پیش‌بینی مواردی همچون خواص شیمیایی نانومواد نیست. در مجموع، دستیابی به ابزار مدل‌سازی که قادر به پیش‌بینی و ارزیابی صحیح رفتار و خواص نانومواد باشد، یکی از عواملی است که به افزایش عدم قطعیت علمی این فناوری دامن می‌زند[۸].

۲. ۲. گستردگی کاربرد فناوری نانو

بسیاری از کارشناسان، از نانوفناوری به‌عنوان انقلاب صنعتی قرن بیست و یکم یاد می‌کنند. دلیل این نام‌گذاری کاربردهای گستردهٔ این فناوری است که می‌تواند تغییرات اساسی در شیوهٔ زندگی بشر به‌وجود آورد. به جرأت می‌توان گفت بعد از ظهور اینترنت، فناوری نانو، تنها فناوری است که کاربردی گسترده دارد[۹]. تاکنون استفاده از نانومواد در

8. Hak Soo Choi, Wenhao Liu, Preeti Misra, Eiichi Tanaka, John P Zimmer, Binil Itty Ipe, Moungi G Bawendi & John V Frangioni, "Renal clearance of quantum dots", Nature Biotechnology, 25, (2007), p. 1167.
9. Baucher, Marie-Ange and Scott, Richard and Cannizzaro, Chris and Standridge, Stacey and Nesbitt, Elizabeth and Fadel, Tarek, Baucher, Marie-Ange and Scott, Richard and Cannizzaro, Chris and Standridge, Stacey and Nesbitt, Elizabeth and Fadel, Tarek, (2013), p. 17.

صنایع مختلفی مثل کشاورزی، داروسازی، پزشکی، الکترونیک و... مورد شناسایی قرار گرفته است؛ برای مثال در صنعت کشاورزی از نانوسنسورها و نانوفیلترها یاد می‌شود که با استفاده از آنها می‌توان با کمتـرین کاربرد کود، علف‌کش و آفت‌کش، بیشترین محصول را به‌دست آورد. در پزشکی و داروسازی، نانوفناوری سبب توسعهٔ فرمول داروها و افزایش کارایی آنها، درمان‌های نوین، وسایل پزشکی جدید، ایمپلنت‌ها و پروتزهای جدید شده، و در صنعت برق و انرژی کاهش چشمگیر هزینهٔ ساخت توربین‌ها، ژنراتورها، پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و سایر تجهیزات نیروگاهی در کنار افزایش بازدهی آنها را به‌ارمغان آورده است، و تخمین زده می‌شود که دستیابی بشر به انرژی‌های تجدیدپذیر و پایدار را موجب گردد.[۱۰] این مثال‌های اندک از کاربردهای گستردهٔ نانومواد، کشورهای مختلف را درگیر رقابت بین‌المللی برای توسعهٔ آن کرده است، به‌گونه‌ای که در دههٔ اخیر، میزان سرمایه‌گذاری بخش دولتی در حوزهٔ تحقیق و توسعهٔ فناوری نانو با افزایش ۳۵ درصدی به رقمی بالغ بر ده میلیارد دلار در سال رسیده است[۱۱]. نتیجهٔ این رقابت بین‌المللی، ورود هزاران هزار نانومادهٔ مختلف با اشکال، اندازه و خواص متفاوت به بازارهای مصرف در سراسر جهان است[۱۲]. از سویی، حجم تولید واقعی نانومواد به دلیل الزامی نبودن برچسب‌گذاری نامشخص است. مطالعه‌ای که در امریکا در خصوص پنج نانومادهٔ رایج (نانونقره، نانودی‌اکسیدسدیم، نانوکربن‌های لوله‌ای، فولرن‌ها و نانودی‌اکسیدتیتانیوم) صورت گرفته، نشان می‌دهد که رقمی بین ۸۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ تن از این مواد تولید و وارد بازارهای مصرف‌شده که چنین رقمی با توجه به ابعاد کوچک و جرم پایین نانومواد، بسیار قابل توجه است[۱۳]. در کل، گستردگی کاربرد نانومواد در کنار رشد سریع میزان استفاده از آنها از دیگر عواملی است که بر پیچیدگی فرایند تنظیم‌گری نانوفناوری می‌افزاید.

10. Samer Bayda, Muhammad Adeel, Tiziano Tuccinardi, Marco Cordani and Flavio Rizzolio, "the History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nano medicine", Molecules, Vol. 25, issue. 1, (2019), p. 3.
11. Christine Ogilvie Hendren, Xavier Mesnard, Jocelyn Dröge, and Mark R. Wiesner, "Estimating Production Data for Five Engineered Nanomaterials as a Basis for Exposure Assessment", Environmental Science & Technology, 45(7), (2011), pp. 2562-2566.
12. Clarence, Davies, Oversight of Next Generation Nanotechnology. PEN 18., Washington, DC: Project on Emerging Nanotechnologies (2009).
13. Christine Ogilvie Hendren, Xavier Mesnard, Jocelyn Dröge, and Mark R. Wiesner, "Estimating Production Data for Five Engineered Nanomaterials as a Basis for Exposure Assessment", Environmental Science & Technology, 45(7), (2011), pp. 2562-2566.

۲. ۳. تهدیدهای زیست‌محیطی جهانی

تقریباً همهٔ فناوری‌ها با ظهور خود، نگرانی‌های زیست‌محیطی را در سطوح مختلف ایجاد می‌کنند. اما نوع نگرانی‌های زیست‌محیطی نانوفناوری متفاوت است. میزان بالای عدم قطعیت علمی، کاربرد گسترده، ابعاد بسیار کوچک نانومواد و از همه مهم‌تر خواص بدیع آنها سبب شده است تا تأثیرات زیست‌محیطی نانوفناوری از ویژگی جهانی برخوردار باشد. برای درک بهتر موضوع، ذکر مقایسه‌ای از کربن با نانوکربن بسیار مفید است. مادهٔ کربن در حالت عادی در اشکال مختلف از گرافیت تا الماس در طبیعت وجود دارد. خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت کربن در اشکال مختلف آن به دلیل تفاوت جزئی در موقعیت اتم‌های کربن و ماهیت پیوند میان این اتم‌ها است[۱۴]، اما اتم‌های کربن در ابعاد نانو، خواصی از خود بروز می‌دهند که در هیچ‌کدام از حالات طبیعی کربن وجود ندارد[۱۵]. علاوه بر این، نانوذرات تشکیل‌شده از اتم‌های مشابه کربن در اندازه و شکل‌های مختلف، هریک خواصی متفاوتی از خود بروز می‌دهند، به‌نحوی که تاکنون بیش از صد ساختار مختلف فیزیکی با خواص متفاوت از نانوکربن‌ها ساخته شده است[۱۶]. این تنها یک نمونه از مواردی است که نشان می‌دهد خواص نانومواد به دلایلی همچون ترکیب شیمیایی، تغییرات ساختاری، اندازه و ... کاملاً متفاوت با همان مواد در حالت طبیعی عمل می‌کند. این خاصیت اصلی نانومواد است و همین عامل، میزان خطرها و تهدیدهای زیست‌محیطی آنها را افزایش می‌دهد. با توجه به ترکیب خواص مولکولی و فیزیکی در نانومواد، تأثیرات زیست‌محیطی احتمالی نیز می‌تواند ترکیبی از دو حالت فیزیکی و مولکولی باشد، پدیده‌ای که ماهیت آن هنوز ناشناخته است[۱۷]

---

۱۴. برای مثال، گرافن به‌عنوان یک نانوکربن دارای خواص الکترونیکی بسیار زیادی است. هرقدر اندازهٔ نانوکربن‌ها ریزتر شود نانومواد جدیدی تولید می‌شود. مثلاً فولرن‌ها که خواص بدیعی نسبت به اندازه‌های بزرگ‌تر نانوکربن‌ها از خود بروز می‌دهند. این ماده به دلیل خواص منحص به‌فرد خود، کارایی بسیار بالایی در زمینهٔ اکسیداسیون دارد.

15. Hyung-Geun Park & Min-Kyeong Yeo, "Nanomaterial regulatory policy for human health and environment", Molecular & Cellular Toxicology, Vol. 12, (2016), pp. 223-224.
16. B Devika Chithrani 1, Warren C W Chan, "Elucidating the Mechanism of Cellular Uptake and Removal of Protein-Coated Gold Nanoparticles of Different Sizes and Shapes", Nano Lett, vol. 7, issue. 6, (2007), pp. 1543-1544.
17. Expert Panel on Nanotechnology "Small is different: a science perspective on the regulatory challenges of the nanoscale", THE COUNCIL OF CANADIAN ACADEMIES, 180 Elgin Street, Ottawa, ON Canada (2008), pp. 31-33.

و عدم کنترل آن مشکلات زیادی را در ارزیابی‌های زیست‌محیطی ایجاد خواهد کرد[۱۸]. واقعیت این است که نانومواد به‌کاررفته در محصولات مختلف، دیر یا زود در چرخهٔ عمر خود به صورت تصادفی و یا عمدی از طریق هوا، زمین و یا آب وارد چرخهٔ طبیعت و زنجیرهٔ غذایی خواهد شد[۱۹]. ضمن آنکه مطابق یافته‌های آزمایشگاهی، نانومواد به دلیل اندازهٔ بسیار کوچکشان ظرفیت بالایی برای تعامل با ارگان‌های زیستی دارند[۲۰].

بر اساس مطالعات مختلف، نخست اینکه برخی از نانومواد خاصیت سمی داشته، باعث آسیب جدی به سلامت انسان، ازجمله سرطان، ناباروری، التهاب، واکنش‌های حساسیتی یا خودایمنی و نیز سلامت حیوانات و گیاهان می‌شوند[۲۱]. قرار گرفتن گیاهان در معرض نانومواد بر رشد، عملکرد آنها اثر سوء داشته، حتی کیفیت بذر گیاهان را کاهش می‌دهد[۲۲]. نانومواد مختلف می‌توانند ساختار سلولی موجودات زنده را به‌طور چشمگیری تغییر دهند که نتیجهٔ آن آسیب‌های غیرقابل پیش‌بینی از قبیل افزایش ناهنجاری، سرطان و مرگ سلولی و یا آسیب شدید بافتی خواهد بود. دوم اینکه تجمع نانومواد در موجودات زنده و اکوسیستم‌ها خطرهای قابل‌توجهی دارد؛ خطر تجمع زیستی نانومواد به دلیل اندازهٔ کوچک آنها بیشتر است[۲۳]. بدن انسان و موجودات زنده، برای جلوگیری از دسترسی و نفوذ مواد خارجی به

18. Lajos Balogh, Shraddha S Nigavekar, Bindu M Nair, Wojciech Lesniak, Chunxin Zhang, Lok Yun Sung, Muhammed S T Kariapper, Areej El-Jawahri, Mikel Llanes, Brian Bolton, Fatema Mamou, Wei Tan, Alan Hutson, Leah Minc, Mohamed K Khan, "Significant Effect of Size on the in vivo Biodistribution of Gold Composite Nanodevices in Mouse Tumor Models", Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 3(4), (2007), p. 288.
19. Albert C Lin, *Prometheus Reimagined: Technology, Environment, and Law in the Twenty-first Century*, (University of Michigan Press; Reprint edition,2013), p. 4-6.
20. Gary E. Marchanta," Soft Law' mechanisms for nanotechnology: liability and insurance drivers", Journal of Risk Research, Vol. 17, (2014), p. 3.
21. Robert J. Aitken, Sheona A.K. Peters, Alan D. Jones and Vicki Stone, "Regulation of Carbon Nanotubes and Other High Aspect Ratio Nanoparticles: Approaching this Challenge from the Perspective of A"bestos", Graeme A. Hodge, Diana M. Bowman, Andrew D. Maynard, *International Handbook on Regulating Nanotechnologies*, (Edward Elgar Publishing,2010), p. 205.
22. Farzad Aslani, Samira Bagheri, Nurhidayatullaili Muhd Julkapli, Abdul Shukor Juraimi, Farahnaz Sadat Golestan Hashemi, Ali Baghdadi," Effects of engineered nanomaterials on plants growth: an overview", ScientificWorldJournal, (2014), p. 14.
23. Nan Mei, Yongbin Zhang, Ying Chen, Xiaoqing Guo, Wei Ding, Syed F Ali, Alexandru S Biris, Penelope Rice, Martha M Moore, Tao Chen, "Silver nanoparticle-induced mutations and oxidative stress in mouse lymphoma cells", Environ Mol Mutagen, 53(6), 2012, pp. 409.

ارگان‌های داخلی ابزارهای دفاعی مختلفی (برای مثال، پوست و سیستم انتقال خون) دارد اما نانو مواد (به‌علت اندازهٔ بسیار کوچک و خواص فیزیوشیمیایی) قابلیت نفوذپذیری بالایی به سیستم دفاعی انسان و سایر موجودات دارد[۲۴] و تجهیزات سنتی و متداول حفاظتی از قبیل ماسک، لباس‌های مخصوص و یا دستکش نیز حفاظت مؤثری در برابر جذب نانومواد از طریق سیستم تنفسی یا پوست انسان به‌عمل نمی‌آورد.

سوم، بسیاری از نانومواد غیرقابل تجزیه هستند. در نتیجه، مدت زیادی در محیط‌زیست باقی مانده، سمیت آنها تأثیری طولانی‌مدت و منفی بر موجودات زنده خواهد داشت؛ پیامدهایی که بسیاری از آنها هنوز قابل ارزیابی نیستند[۲۵].

چهارم، به دلیل اندازهٔ نانومواد و قابلیت تجمع آنها در کوچک‌ترین موجودات، به‌سهولت در محیط زیست جابه‌جا می‌شوند. یعنی پس از ورود به محیط زیست از طریق آب، باد، حیوانات و حتی باکتری‌ها در ورای مرزها و کشورهای مختلف به چرخش درآمده[۲۶]، آثار زیست‌محیطی فرامرزی به‌وجود می‌آورند. در مجموع، نانومواد چهار نگرانی عمدهٔ زیست محیطی را ایجاد می‌کند: سمیت، امکان تجمع آنها در بدن موجودات زنده، تجزیه‌ناپذیری و آسیب‌های زیست‌محیطی فرامرزی که اغلب به بهانهٔ عدم قطعیت علمی نادیده گرفته شده و مقرراتی برای تنظیم آنها وضع نشده است.

۲. ۴. فقدان تعریف واحد و پایگاه دادهٔ رسمی

به‌رغم تلاش‌های صورت‌گرفته، وفاق عامی برای تعریف مشترک فناوری نانو وجود ندارد. کشورها و سازمان‌های بین‌المللی مختلف ازجمله سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی، سازمان بین‌المللی استاندارد[۲۷] و یا سازمان حق ثبت اروپا، هریک تعریف خود را ارائه کرده

24. Expert Panel on Nanotechnology "Small is different: a science perspective on the regulatory challenges of the nanoscale", THE COUNCIL OF CANADIAN ACADEMIES, 180 Elgin Street, Ottawa, ON Canada (2008), pp. 37-38.
25. Robert Falkner and Nico Jaspers, "Regulating nanotechnologies: risk, uncertainty and the global governance gap", Global environmental politics, 12, (2012), pp. 30-31.
26. Expert Panel on Nanotechnology, op. cit, pp. 37-38.
۲۷. سازمان بین‌المللی استاندارد (International Organization for Standardization) که معمولاً به نام ایزو شناخته می‌شود، مؤسسهٔ بین‌المللی تعیین استاندارد متشکل از نمایندگان مؤسسات استانداردسازی ملی است.ایزو یک سازمان غیردولتی است که در سطح وسیع به وضع استانداردهای کلی و جزئی برای هماهنگ‌کردن استانداردهای متفاوت جهانی می‌پردازد. در

اند. قدر مسلم آن است که ارائهٔ تعریف از دیدگاه نظارتی بسیار مهم است، زیرا اگر هر موضوعی به‌درستی تعریف نشود بایدها و نبایدهای قانونی در خصوص آن به‌درستی شکل نخواهد گرفت[۲۸]. به‌علاوه، تعریف نانومواد به‌واسطهٔ ظرفیت ایجاد خطرهای زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی، دارای اهمیت بسیار زیادی است و یکی از لوازم ایجاد یک پایگاه دادهٔ مناسب نیز ارائهٔ تعریفی جامع در کنار جمع‌آوری اطلاعات مربوط به خواص فیزیکی، شیمیایی و سم‌شناسی نانومواد است[۲۹]. افزون بر این، سرعت انتقال فناوری نانو از تحقیقات علمی آزمایشگاهی به بازارهای مصرف و ادغام فناوری نانو در اغلب صنایع، بسیاری از نهادهای تنظیم‌گر را دچار شوک کرده است. این سرعت مانع از شکل‌گیری بانک اطلاعاتی معتبر و کاملی در خصوص تجاری‌سازی محصولات مرتبط با فناوری نانو شده است.

البته شایان ذکر است که در فقدان یک پایگاه رسمی و بین‌الدولی، شورای بین‌المللی فناوری نانو موسوم به «آیکن» به‌عنوان یک گروه بین‌المللی غیردولتی، اقدام به توسعه و انتقال اطلاعات مربوط به خطر بالقوهٔ زیست‌محیطی و بهداشتی مرتبط با فناوری نانو نموده، تلاش دارد تا خطر مربوط به این فناوری را کاهش و در مقابل مزایای اجتماعی آن را افزایش دهد. دستورالعمل‌های این نهاد تاکنون سهم مؤثری در اتخاذ سیاست‌های خودتنظیمی بسیاری از صنایع داشته است[۳۰]. آیکن را می‌توان یک انجمن تبادل اطلاعات

عمل، ایزو به صورت یک کنسرسیوم با ارتباطات قوی با دولت‌ها فعالیت می‌کند. این مؤسسه انواع استانداردهای تجاری و صنعتی جهانی را تعیین می‌نماید. مرکز ایزو در ژنو سوئیس قرار دارد. ایزو کار رسمی خود را از تاریخ بیست و سوم فوریه ۱۹۴۷ آغاز کرده است. این سازمان به ترویج جهانی استانداردهای اقتصادی و صنعتی می‌پردازد تا مبادلات صنایع و فنون مختلف را در یک راستا هماهنگ کند. سازمان بین‌المللی استانداردسازی، با آنکه یک سازمان غیردولتی است، به‌دلیل اینکه استانداردهای این مؤسسه تبدیل به قوانین می‌شود، از بیشتر سازمان‌های غیردولتی قدرتمندتر است. امروزه نزدیک به ۱۶۴ کشور در این سازمان به عضویت درآمده‌اند که ایران نیز یکی از آنهاست.

28. G, Rauscher Lavestam, H, Roebben, G, KlÃttgen, B S, Gibson, N, Putaud, J-P, & Stamm, H, "Considerations on a definition of nanomaterial for regulatory purposes". Joint Research Centre (JRC) Reference Reports (2010), P. 19.
29. Sandra, Karcher, Egon L. Willighagen, John, Rumble, Friederike, Ehrhart, Chris T, Evelo, Martin, Frittse, Sharon, Gaheene, Stacey L., Harper, Mark, Hoover, Nina, Jeliazkova, Nastassja, Lewinski, Richard L. Marchese, Robinson, Karmann C. Mills, Axel P. Mustadm, Dennis G. Thomasn, Georgia, Tsiliki, Christine, Ogilvie, Hendren," Integration among databases and data sets to support productive nanotechnology: Challenges and recommendations", Nano Impact, Vol. 9, (2018), p. 2-5.
30. Kulinowski, Kristen M and Matthew, jaffe "The GoodNanoGuide: A Novel Approach for Developing Good Practices for Handling Engineered nanomaterials in an Occupational Setting", Nanotech. L. & Bus. 37, (2009).

بین‌المللی در حوزهٔ نانومحصولات دانست که به بررسی این محصولات و ارائهٔ راهنمایی‌ها و اطلاعاتی در زمینه‌های گوناگون از قبیل ایمنی کارگران، سلامت، بهداشت و محیط زیست می‌پردازد[۳۱]. با این حال، راهنمای نانومحصولات آیکن هنوز یک نسخهٔ آزمایشی بوده و اگرچه دسترسی به اطلاعات موجود در آن برای عموم آزاد است، اما تنها محققان و متخصصان ثبت‌نام‌شده، قادر به بارگذاری اطلاعات جدید هستند.

۳. جستجوی الگوی مناسب برای تنظیم‌گری خطرهای نانوفناوری

در اینکه علم و فناوری ابزارهایی برای شناخت خطرهای تهدیدکنندهٔ سلامت و محیط زیست هستند، هیچ تردیدی وجود ندارد. اما این به معنی نادیده گرفتن خطرهای ناشی از علوم و فناوری‌های جدید نیست، خطرهایی که از امکان سرطان‌زایی برخی نانومواد تا چالش‌های دیگر زیست‌محیطی و اخلاقی را شامل می‌شود و چنان‌که اشاره شد دارای ابعاد جهانی است. در پاسخ به این خطرها، حقوق بین‌الملل بیش از پیش به ضرورت تنظیم‌گری به‌ویژه در حوزهٔ ارزیابی خطر پی برده است؛ تاجایی که به جرأت می‌توان گفت در عصر حاضر تنظیم‌گری یکی از وظایف مهم این رشته شناخته می‌شود. در جستجوی الگوی درست تنظیم‌گریِ فناوری‌های نوظهور ازجمله نانومواد دو نکته حائز اهمیت است. نکتهٔ نخست، توجه به هدف تنظیم‌گری است. به دلیل فقدان قطعیت علمی، نمی‌توان علم را تنها منبع و مرجع در تنظیم‌گری بین‌المللی خطرهای این حوزه‌های جدید دانست و اینجاست که موضوع مدیریت و ارزیابی خطر و توجه به رویکردهای احتیاطی نقش خود را نشان می‌دهد. نکتهٔ دوم، انتخاب قالب و شکل مناسب برای تنظیم‌گری است. بر همین مبنا ابتدا امکان بهره‌گیری از ظرفیت معاهدات موجود به‌عنوان الگوی سنتی تنظیم در حقوق بین‌الملل بررسی و سپس به ارزیابی مدل‌های جدید تنظیم جهانی که حاصل آن حقوق نرم است، خواهیم پرداخت.

۳. ۱. امکان‌سنجی استفاده از معاهدات موجود

با توجه به آثار گسترده و فرامرزی نانومواد، استفاده از معاهدات بین‌المللی به‌عنوان ابزار

31. ICON GoodNanoGuide, (2010).

سنتی و پرکاربرد تنظیم‌گری، یکی از گزینه‌های پیش رو برای قاعده‌مند کردن آنهاست. بررسی این امکان‌سنجی مستلزم پاسخ به دو پرسش است: در وهلهٔ نخست آیا در حقوق بین‌الملل کنونی معاهده یا معاهداتی وجود دارد که بتوان از ظرفیت آنها برای این کار بهره جست؟ و در صورت مثبت بودن پاسخ اول، آیا محتوای این معاهدات می‌تواند پاسخگوی چالش‌های یادشدهٔ نانوفناوری باشد؟ در مباحث پیش رو و با بررسی سه معاهدهٔ بین‌المللی تنظیم‌کنندهٔ مواد شیمیایی سمی تلاش شده است به پرسش‌های پیش‌گفته پاسخ داده شود.

الف) کنوانسیون روتردام (۱۹۹۸)

موضوع کنوانسیون روتردام تجارت بین‌المللی مواد شیمیایی خطرناک و مؤلفهٔ اصلی شاکلهٔ آن ضرورت أخذ رضایت قبلی آگاهانه برای تجارت برخی مواد شیمیایی ممنوع یا محدودشده و سموم دفع آفات بسیار خطرناک است.

ضمیمهٔ سوم کنوانسیون فهرستی از مواد شیمیایی ممنوع یا محدود را که تحت شمول کنوانسیون قرار دارند بیان کرده است. بر اساس بندهای ۵ و ۶ مادهٔ ۵ کنوانسیون و نیز مادهٔ ۲۲، امکان افزودن مواد شیمیایی به فهرست یادشده مستلزم پیشنهاد از سوی اعضا و بررسی آن از سوی کمیتهٔ کارشناسان و سپس حصول اجماع در کنفرانس اعضا خواهد بود. حصول اجماع به این معنی است که هر دولت عضو حق دارد با اضافه شدن مادهٔ جدید به فهرست مخالفت کند. علاوه بر مشکل اجماع، دو مانع اصلی دیگر برای درج نانومواد در پیوست سوم کنوانسیون وجود دارد؛ اول اینکه معیار تعریف نانومواد اندازهٔ آنهاست، یعنی هر مادهٔ شیمیایی با اندازه‌ای بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌تواند یک نانوماده محسوب شود. اما ذکر اندازه برای اضافه شدن نانومواد به ضمیمهٔ سوم کافی نیست، بلکه باید نوع ماده مشخص باشد که با توجه به گستردگی نانومواد، نتیجهٔ آن لزوم درج تعداد بسیار زیادی مادهٔ شیمیایی با خاصیت نانو خواهد بود. مشکل دوم این است که هنوز نتایج علمی جامعی در مورد خطرهایی که نانومواد برای سلامتی و محیط زیست دارند، دردسترس نیست و همین امر می‌تواند دستاویز برخی از دولت‌های عضو جهت مخالفت با افزودن نانومواد به فهرست پیش‌گفته باشد. خلأ کنوانسیون روتردام برای پوشش نانومواد به اینجا ختم نمی‌شود، حتی اگر به‌رغم مشکلات یادشده، نام بخشی از نانومواد در ضمیمهٔ سوم ذکر شود، کنوانسیون روتردام فقط قادر به

تنظیم واردات و صادرات مواد یادشده خواهد بود و نه تنظیم خطرها و آسیب‌های احتمالی آنها. حال آنکه تهدیدات جدید و خاص نانومواد برای محیط زیست جهانی ایجاب می‌کند که تنظیم این خطرها اهمیت بیشتری داشته باشد. مسائلی همچون احتیاط و شفافیت بیشتر در برخورد با نانومواد موجود در محصولات مصرفی و تقویت همکاری موضوعات مهمی است که جامعهٔ جهانی باید آنها را حل و تنظیم کند[۳۲].

ب) کنوانسیون استکهلم (۲۰۰۱)

موضوع کنوانسیون استکهلم طبق مادهٔ ۱، حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست در برابر آلاینده‌های آلی پایدار است. کنوانسیون، استفاده از مواد شیمیایی را منع کرده، بر حذف آن تأکید دارد. همچنین تولید برخی مواد شیمیایی یادشده در ضمیمهٔ «الف» کنوانسیون برای اعضای آن ممنوع است. طبق مواد ۵ و ۶، اعضا متعهد شده‌اند که مانع از انتشار آلاینده‌های عالی پایدار از زباله‌ها ، انبارها یا سایر منابع شوند. الگوی این کنوانسیون برای اضافه کردن مواد جدید به فهرست ضمیمهٔ «الف»، بسیار مشابه کنوانسیون روتردام است و تنها از یک جهت متفاوت و به‌روزتر است[۳۳] و آن توجه به رویکرد احتیاط در مواردی است که دربارهٔ میزان خطرهای یک آلایندهٔ آلی پایدار عدم قطعیت علمی وجود دارد. در مورد اعمال کنوانسیون استکهلم نسبت به نانومواد باید گفت که هرچند مشکلات مربوط به درج نانومواد در این کنوانسیون نسبت به کنوانسیون روتردام به دلیل رویکرد احتیاطی که دارد، تاحدی تسهیل شده، اما در مجموع، کنوانسیون استکهلم تنها می‌تواند گروه مشخصی از نانومواد (نانومواد‌ی که در گروه آلاینده‌های آلی پایدار قرار دارند) را به‌نظم بکشد. لذا شمار زیادی از نانومواد مانند فلزات یا لوله‌های کربنی که در زمرهٔ نانومواد غیرآلی طبقه‌بندی می‌شوند، از شمول این کنوانسیون خارج‌اند. علاوه بر این، با اعمال کنوانسیون استکهلم فقط استفاده از برخی مواد نانو ممنوع می‌شود اما محتوای آن پاسخگوی مشکلات خاص ناشی از این مواد نیست.

32. Philippe Sands, Jacqueline Peel, With Adriana Fabra, Ruth MacKenzie Frontmatter, *Principles of International Environmental Law*, 4(2018), P. 526.

۳۳. طبق مادهٔ ۸ کنوانسیون، هریک از اعضای کنوانسیون استکهلم می‌توانند مواد پیشنهاد افزودن مادهٔ شیمیایی جدیدی را به فهرست ضمیمه طرح نماید سپس کارشناسان پیشنهاد اعضا را ارزیابی می‌کنند و البته تصمیم‌گیری نهایی با اعضا خواهد بود.

ج) کنوانسیون بازل (۱۹۸۹)

کنوانسیون بازل به انتقال فرامرزی زباله‌های خطرناک و دفع آنها می‌پردازد. طبق مادۀ ۳ این کنوانسیون، پسماندها و زباله‌هایی خطرناک محسوب می‌شوند که یا در ضمیمه‌های کنوانسیون قید شده باشند و یا کشورهای عضو آنها را در قوانین داخلی خود به‌عنوان پسماند خطرناک اعلام کرده و به دبیرخانه کنوانسیون اطلاع داده باشند.

دبیرخانه در خصوص این اعلامیه طبق مادۀ ۴ کنوانسیون بازل، وظایف اصلی کنوانسیون را نیاز به أخذ رضایت آگاهانه برای انتقال فرامرزی زباله‌های خطرناک و مدیریت صحیح زیست‌محیطی انتقال آنها دانست. همچنین صادرات و واردات زباله‌های خطرناک باید به شیوه‌ای انجام شود که سلامت انسان و محیط زیست را تضمین نماید.

در خصوص شمول چارچوب نظارتی کنوانسیون بازل نسبت به نانومواد باید گفت زمینه برای درج نانومواد مشخص در ضمیمه‌های کنوانسیون وجود دارد. به‌علاوه طرفین کنوانسیون نیز می‌توانند به تشخیص خود و از طریق قوانین داخلی برخی از اقسام نانومواد را به‌عنوان ضایعات خطرناک اعلام کنند. افزون بر این ضمائم، کنوانسیون بازل فهرست‌های متنوعی از زباله‌های خطرناک را بیان می‌کند که احتمال شمول نانومواد را افزایش می‌دهد. برای مثال، مطابق ضمیمۀ نخست کنوانسیون بازل، «مواد زائد شیمیایی که هنوز ناشناخته یا جدید بوده و درنتیجه تأثیر آنها بر انسان یا محیط زیست مشخص نیست تحت شمول کنوانسیون قرار می‌گیرند».و یا بر اساس ضمیمۀ سوم، کنوانسیون نسبت به زباله‌های «اکسیدکننده»، «سمی» و «خورنده» قابل اعمال است. و ازآنجایی که اکثر نانومواد دارای ویژگی‌های یادشده هستند، تحت شمول کنوانسیون بازل قرار می‌گیرند. اما مشکل این است که قلمرو این کنوانسیون محدود به حمل و نقل و جابه‌جایی نانو پسماندهای خطرناک می‌شود و از این رو برای تنظیم و مدیریت خطر نانومواد در سایر حالات سند جامعی به‌شمار نمی‌رود.

در مجموع، سه کنوانسیون بررسی‌شده به دلیل نواقصی که دارند برای حل جامع مسائل نانومواد چارچوب مناسبی را ارائه نمی‌دهند. چنان‌که اشاره شد خطر نانومواد یک نگرانی جهانی است، اما بیشتر نانومواد از شمول معاهدات بین‌المللی تنظیم‌کنندۀ مواد خطرناک

خارج هستند. به‌علاوه معاهدات یادشده فاقد راه‌حل‌های کافی برای تنظیم خطرهای خاص نانومواد هستند. از این رو، باید به‌دنبال یک رژیم ویژه برای تنظیم نانومواد و نانوفناوری بود؛ رژیمی که پاسخگوی چالش‌ها و خطرهای نانومواد باشد. در بخش بعدی امکان تدوین چنین نظامی را بررسی خواهیم کرد.

۳. ۲. الگوی تنظیم‌گری جهانی و هدف ارزیابی خطر

طی دهه‌های گذشته، تنظیم‌گری و مسائل مربوط به آن در رشته‌های مختلفی ازجمله حقوق، اقتصاد، علوم‌سیاسی، جامعه‌شناسی مورد بحث قرار گرفته است؛ درنتیجه می‌توان گفت که تنظیم به لحاظ خاستگاه، موضوعی میان‌رشته‌ای است[۳۴]. در حقوق داخلی، **تنظیم گری** یکی از کارکردهای اصلی نظام حکمرانی نوین است و در معنای عام و سنتی خود شامل انواع مداخلات و شیوه‌های نقش‌آفرینی دولت برای تحقق اهداف حاکمیتی است که هدف آن تضمین **منفعت عمومی** است. اما ازآنجایی که دولت به‌تنهایی قادر به انجام مناسب همهٔ وظایف تنظیم‌گرایانه نبود، تحولات نظری مفهوم دولت و تجارب متعدد بین‌المللی از دولت‌های رفاه تا دولت‌های نئولیبرال و یا توسعه‌ای، به ظهور مفهوم نوینی با عنوان **حکمرانی** منتج شد که در آن ضمن تأکید بر جایگاه **دولت** به‌عنوان محور مرکزی نظام حکمرانی، حضور سایر ذی‌نفعان نظیر بازیگران بخش خصوصی و نهادهای مدنی نیز در فرایند سیاست‌گذاری عمومی و کشورداری به‌رسمیت شناخته شد[۳۵]. در حقوق بین‌الملل به‌رغم کاربرد روزافزون تنظیم‌گری جهانی در بسیاری از شاخه‌های جدید این رشته، هنوز اجماعی پیرامون مفهوم آن وجود ندارد. با این حال، یکی از وجوه مشترک تنظیم‌گری داخلی و جهانی، پذیرش بازیگران غیردولتی در فرایند تنظیم است. از نشانه‌های بارز این تحول در حقوق بین‌الملل، توسعهٔ روزافزون حقوق نرم است که منطقهٔ خاکستری حد فاصل سیاست و حقوق را شامل می‌شود. علاوه بر این، پیدایش خطرها و تهدیدهای جدید سبب تغییر در اهداف تنظیم‌گری بین‌المللی شده و ارزیابی خطر را به محور تنظیم‌گری این خطرها بدل کرده است.

34. Robert, Baldwin & Martin, Cave, and Martin, *Lodge, Understanding Regulation: Theory, Strategy, and Practice*, (New York: Oxford University Press,2nd Edition, 2012), p. 2.

۳۵. نظام ملی تنظیم‌گری، دفتر مطالعات اقتصاد بخش عمومی مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۷، ص ۳.

۳. ۲. ۱. سیر تحول هدف تنظیم‌گری و اهمیت رویکرد احتیاطی

با گذشت زمان، اهداف تنظیم دچار تکامل شده است. در حال حاضر سه رویکرد در این باره وجود دارد. هدف تنظیم در ابتدا محدود کردن فعالیت‌های مشخص و یا جلوگیری از بروز آثار نامطلوب بود[۳۶]. تنظیم در این تعبیر، به سلاحی در دست دولت‌ها تشبیه شده که از آن برای محافظت و یا کنترل اتباع خود استفاده می‌کردند. در فاصلهٔ زمانی میان دو جنگ جهانی، با هدف رعایت مسائلی همچون احترام به حق مالکیت خصوصی و آزادی‌های افراد و همچنین حمایت از آنها در برابر قانون، رویکرد جدیدی از تنظیم شکل گرفت[۳۷]. اخیرا با گسترش فناوری‌های نوپدید شاهد تحول در هدف تنظیم هستیم که همانا کنترل و مدیریت خطر است. منظور از خطر، احتمال وقوع رویدادی خاص و عواقب ناشی از آن است. ارزیابی و مدیریت خطر را می‌توان کلیدی‌ترین هدف تنظیم‌گری دانست، اولریش بک (Ulrich) Beck ، جامعه‌شناس آلمانی، معتقد است در عصر حاضر، بشر در جامعه‌ای پرخطر زندگی می‌کند که این خطرها نه‌تنها از سوی عوامل خارجی بلکه بیشتر در نتیجهٔ تصمیمات و اقدامات انسان‌ها ایجاد شده و برای تشخیص و شناسایی این خطرها به نظامی پیشرفته نیاز است که مدیریت خطر نامیده می‌شود. مدیریت خطر که خود مسبوق به ارزیابی خطر است شامل فرایندی است که به شناسایی، بررسی، انتخاب و اجرای اقداماتی می‌پردازد تا سطح خطر احتمالی را کاهش دهد[۳۸]. مدیریت خطر در فناوری‌های نوظهور شامل دو مدل اصلی، یعنی رویکرد مبتنی بر خطر[۳۹] و رویکرد احتیاطی[۴۰]، می‌شود.

الف) رویکرد مبتنی بر خطر

بر اساس این مدل، تنظیم‌گری یک فناوری نو، منوط به دستیابی به یافته‌های قطعی علمی دربارهٔ خطرهای آن فناوری است. هدف اصلی این مدل، تلاش برای دستیابی به

36. Robert Baldwin, Colin Scott, and Christopher Hood, *A Reader on Regulation*, (Oxford University Press,1998), pp. 5-8.
37. Carol, Harlow and Richard, Rawlings, *Law and Administration, Cambridge University Press, (*New York: Cambridge University Press, 3rd edition, 2009), pp. 23-25.
۳۸. زهرا، محمودی کردی و مهدی زاهدی، «*حفاظت از سلامت در پرتو مقررات موافقت‌نامهٔ اقدامات بهداشتی و بهداشت گیاهی*»، حقوق پزشکی، ش ۳۹ (۱۳۹۵)، ص ۹۳.
39. Risk-based approach
40. Precautionary-based approach

یافته‌های قطعی علمی جهت هموار ساختن مسیر تنظیم‌گری است. منظور از یافته‌های قطعی علمی، خطرهای احتمالی برای اکوسیستم، انسان و محیط زیست و همچنین بررسی احتمال وقوع این خطرها در طول زمان است. با توجه به آنچه بیان شد، استفاده از رویکرد مبتنی بر خطر برای تنظیم نانوفناوری زمانی کارایی دارد که اطلاعات علمی کافی در مورد خطر نانومواد وجود داشته باشد[۴۱]. لذا با توجه به فقدان قطعیت علمی دربارهٔ نانومواد، این رویکرد مدل مناسبی برای مدیریت خطر نانومواد نیست.

ب) رویکرد احتیاطی

احتیاط در دههٔ هفتاد میلادی و به‌عنوان یک سیاست زیست‌محیطی در حقوق داخلی کشورهای صنعتی مورد توجه قرار گرفته و سپس از دههٔ هشتاد به بعد در ادبیات بین‌المللی زیست‌محیطی و سلامت، بارها استفاده شده، تاجایی که امروزه مفهوم احتیاط در بیش از پنجاه سند بین‌المللی منعکس گردیده است[۴۲]. رویکرد احتیاطی معتقد است که فناوری‌های نوظهور و محصولات مرتبط با آن را حتی در فقدان قطعیت علمی باید به‌نظم کشید. به عبارت دیگر، ازآنجایی که این فناوری‌ها می‌توانند برای سلامت انسان و محیط زیست خطرزا باشند، نباید منتظر قطعیت علمی برای اثبات خطر آنها ماند و برای جلوگیری یا کاهش خطرهای احتمالی، باید به وضع قانون مبادرت نمود. در خصوص نانومواد چنان‌که اشاره شد، دربارهٔ خواص کامل شیمیایی، فیزیکی، تأثیرات بلندمدت زیست‌محیطی، چرخهٔ عمر، تأثیرات درازمدت آنها بر روی سلامت و محیط زیست اطلاعات قطعی علمی وجود ندارد[۴۳]. با توجه به این مهم و نیز خطر گسترده و جهانی نانومواد، جامعهٔ بین‌المللی باید با آینده‌نگریِ پیشگیرانه و احتیاطی نسبت به تنظیم‌گری آنها اقدام نماید[۴۴]. همان‌طور که در

41. Ortwin, Renn, "Concepts of risk: a classification", OPUS - Publication Server of the University of Stuttgart, (1992), pp. 53-57.
42. Laurence, Graff, 2002. "The Precautionary Principle", Christoph Bail, Robert Falkner and Helen Marquard, *The Cartagena Protocol on Biosafety: Reconciling Trade in Biotechnology with Environment and Development?* (London, Routledge,2002), p. 413.
43. Ilise L Feitshans, *Global Health Impacts of Nanotechnology Law*
A Tool for Stakeholder Engagement, (Jenny Stanford Publishing; 1st edition,2018), pp. 99-100.
44. Publications Office of the European Union, "Science for Environment Policy The precautionary principle: decision-making under uncertaint", EU publications, University of the West of England, (2017), pp. 9-11.

ماده ۱۵ اعلامیهٔ ریو آمده است، زمانی که احتمال تهدید و خطر جدی یا آسیب غیرقابل بازگشتی وجود داشته باشد، نبود یافته‌ها و دلایل قطعی علمی نباید باعث تعویق اتخاذ روش‌ها و سیاست‌های کارا برای جلوگیری از این خطرها شود. صحبت از منافع خاص یک یا چند کشور در مورد یک نگرانی جهانی محلی از اعراب ندارد و ضرورت، نگرش واحد به احتیاط را ایجاب می‌کند.

۳. ۲. ۲. نقش‌آفرینی تنظیم‌گران جدید

مفهوم حکمرانی جهانی چند صباحی است به ادبیات حقوق بین‌الملل راه پیدا کرده و به‌ویژه در مسائل مربوط به حقوق بین‌الملل اقتصادی مورد توجه واقع شده است؛ مقوله‌ای که حاکمیت وستفالیایی و مطلق دولت‌ها را به‌چالش کشیده است و بر حضور بازیگران غیردولتی تأکید دارد. در واقع، هدف حاکمیت جهانی افزایش اثرگذاری بازیگران غیردولتی و همچنین افزایش تعامل بخش خصوصی با دولت است. در این چارچوبْ مقصود از تنظیم جهانی، تغییر در صلاحیت تنظیم‌گری است، به‌نحوی که آن را از انحصار دولت‌ها خارج کرده، با گسترش ایدهٔ خودتنظیمی زمینه را برای مشارکت بازیگران غیردولتی در فرایند تنظیم مهیا نماید. برخی از حقوق‌دانان بین‌المللی، مخالف وجود نهادهای تنظیم‌گر غیردولتی هستند و عمدهٔ نگرانی آنها تقابل هنجارهای شکل‌گرفتهٔ بازیگران غیردولتی با هنجارهای ایجادشده از سوی دولت‌ها است. اما برخی دیگر، وجود نهادهای تنظیم‌گر مختلف را عامل ایجاد دموکراسی بیشتر و حتی تنظیم خلاقانه‌تر می‌دانند[۴۵]. البته شایان توجه است که اندیشمندان بر سر اینکه کدام مدل از تنظیم‌گری جهانی مناسب‌تر است نیز اختلاف نظر دارند. در ادامه سه الگوی اصلی بررسی و در پایان، مناسب‌ترین مدل از نظر این مقاله بیان شده است.

الف) نظارت استراتژیک دولت و خودتنظیمی

این مدل از تنظیم‌گری متضمن نظارت نهادهای دولتی و بین‌الدولی بر فرایند تنظیم است. این نظارت عمدتاً از طریق توانمندسازی بازیگران خصوصی، مؤسسات و نهادهای

45. Tim, Büthe and Walter Mattli, *The New Global Rulers: The Privatization of Regulation in the World Economy*, (OXFORD: Princeton University Press,2011), p. 24.

مدنی و دعوت از آنها برای مشارکت در تنظیم‌گری و خودتنظیمی صورت می‌پذیرد. وجود طیف گسترده‌ای از رهنمودها و دستورالعمل‌های تسهیل‌کننده که از سوی دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی دولتی صادر شده، دلیلی بر پذیرش و استفاده از این مدل تنظیم‌گری است. محتوای رهنمودهای یادشده شامل برنامه‌های داوطلبانهٔ مشارکتی، تقویت و تسهیل همکاری بخش‌های خصوصی و غیردولتی، ایجاد انگیزهٔ کافی برای نهادهای خصوصی جهت ورود به عرصهٔ خودتنظیمی، ایجاد ظرفیت‌های جدید برای تنظیم‌گری بخش‌های خصوصی و غیردولتی، مذاکره با بخش خصوصی در خصوص اهداف تنظیم‌گری و... می‌شود[۴۶]. نکتهٔ قوت این مدل از تنظیم‌گری، ایجاد تعادل میان تنظیم‌گری دولتی و غیردولتی و رهاورد آن پرکردن خلأ ناشی از نبود مقررات بین‌المللی است. به بیان دیگر، مطابق این رویکرد، صاحبان صنایع و بخش خصوصی مادامی که قواعد بین‌المللی در خصوص موضوعی وضع نشده است مجاز به خودتنظیمی هستند[۴۷]. تا مدتها مسائل مربوط به حوزهٔ محیط زیست و سلامت انسان‌ها به‌عنوان مانعی جدی بر سر راه صنایع قلمداد می‌شد، اما نزدیک به دو دهه است که در برخی کشورها مسائل زیست‌محیطی یکی از اولویت‌های صنایع محسوب شده است و برخی از صنایع از رویکرد منفی کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی به سمت توسعهٔ پایدار صنعت و محیط زیست تغییر نگرش داده‌اند. این صنایع در مواجهه با مسئلهٔ عدم قطعیت علمی، و در نبود مقررات بین‌المللی اقدام به خودتنظیمی در جهت حفظ محیط زیست و سلامت انسان‌ها نموده‌اند. شایان ذکر است که شاخص‌های زیادی در اتخاذ رویکرد خودتنظیمی از سوی صنایع دخیل هستند؛ ازجمله اینکه اولاً خودتنظیمی مانع از تنظیم‌گری سخت‌گیرانه و انعطاف‌ناپذیر دولتی می‌شود و ثانیاً در صورت بروز خطرهای احتمالی ناشی از عدم قطعیت علمی، از بار مسئولیت صنایع کاسته خواهد شد. در این شرایط کافیست تا فعالیت صنایع با سازوکارهایی که نشان می‌دهد صنایع یادشده تلاش خود را برای جلوگیری از بروز خطرهای احتمالی به‌کار بسته‌اند تطبیق داده شود. ثالثاً حسن شهرت را برای صنایع به ارمغان می‌آورد که نتیجهٔ آن انعطاف‌پذیری بیشتر از سوی

46. Kenneth W. Abbott and Duncan Snidal, "Strengthening International Regulation Through Transnational New Governance: Overcoming the Orchestration Deficit", Vanderbilt Journal of Transnational Law, Vol. 42, (2009), p. 521.
47. Ian Ayres and John Braithwaite, *Responsive Regulation: Transcending The Derehulation Debate*, (Oxford University Press, 1st edition, 1992), p. 6.

نهادهای نظارتی و جلب اعتماد افکار عمومی خواهد بود، ضمن اینکه در درازمدت باعث پیشرفت و ارتقای جایگاه این صنایع در مقایسه با رقبا می‌شود. حتی به‌زعم برخی صاحب‌نظران، صنایعی که در مواجهه با عدم قطعیت علمی اقدام به خودتنظیمی می‌کنند، می‌توانند در آینده بر تصمیمات دولت‌ها و سایر نهادهای تنظیم‌گر تأثیرگذار باشند[۴۸].

ب) تنظیم‌گری بازیگران غیردولتی

این مدل که از آن با عنوان زوال حاکمیت دولتی نیز یاد می‌شود، قائل به تنظیم‌گری بخش خصوصی و بازیگران غیردولتی است. مطابق این رویکرد، تنظیم‌گری را نباید مبتنی بر ارادهٔ دولت‌ها و سازمان‌های بین‌الدولی دانست، بلکه معنای اصلی آن همکاری زنجیره‌ای بازیگران غیردولتی فعال در هر حوزه است[۴۹]. نظریه‌پردازان این روش معتقدند که اتحادیه‌ها، سندیکاها و سازمان‌های بین‌المللی غیردولتی با همکاری و هماهنگی میان خود قادرند قوی‌ترین دولت‌ها را تحت تأثیر قرار داده، بر رویه و گفتمان حاکم بر تنظیم اثرگذار باشند. از این رو، بازیگران غیردولتی باید در مسائل مهم مربوط به تنظیم، از طریق ایجاد هنجارهای جدید، توسعهٔ آنها و ظرفیت‌های اثرگذاری غیررسمی (حقوق نرم) دخالت داشته باشند[۵۰].

ج) تنظیم پویا و مختلط

مدل سوم، حکایت از نظامی پویا و غیرمتمرکز دارد که در آن نهادهای تنظیم‌گر (اعم از نهادهای دولتی، خصوصی یا ترکیبی از آنها) در کنار صاحبان صنایع، متخصصان و دانشمندان برای دستیابی به وفاق عام (کنسانسوس) با یکدیگر همکاری می‌کنند. ابوت و اسنیدال (Abbott & Snidal) به‌عنوان نظریه‌پردازان اصلی این الگو معتقدند که جایگاه استراتژیک هریک از این بازیگران در کنار ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها و قدرت آنها می‌تواند به ایجاد یک نهاد سیاسی- اجتماعی فعال برای استانداردسازی، تنظیم‌گری و اعمال نظارت در

48. Daniel J. Fiorino, *The New Environmental Regulation*, (London: MIT Press, 2006), pp. 95-114.
49. John Braithwaite and Peter Drahos, *Global Business Regulation*, (Cambridge University Press, 2000), p. 31.
50. Gary E. Marchant, Douglas J. Sylvester & Kenneth W. Abbott, "Risk Management Principles for Nanotechnology", Nano Ethics, volume 2, (2008), P. 52.

سطح جهانی منجر شود[۵۱]. تنظیم در این حالت حاصل عملی جمعی و عمومی- خصوصی است که سه گروه فعال در آن دخالت دارند و از همین جهت مختلط نامیده می‌شود. این سه گروه شامل دولت‌ها، صاحبان صنایع و سازمان‌های بین‌المللی غیردولتی می‌شوند که باید با همکاری هم در فرایند وضع، کنترل و نظارت بر مقررات و مسائل مرتبط مشارکت نموده و بعد از اتخاذ هر تصمیم به بررسی نحوهٔ عملکرد و میزان بازدهی آن پرداخته و همچنین همکاری‌های لازم را برای همسو شدن با تغییراتی که قرار است درآینده صورت پذیرد به‌عمل آورند. نتیجهٔ اتخاذ این رویکرد، تولید هنجارهایی فراملی است که مورد قبول دولت‌ها، سازمان‌های بین‌المللی غیردولتی، صاحبان صنایع، متخصصان و دانشمندان خواهد بود[۵۲].

با توجه به الگوهای تنظیم جهانی که مورد بررسی قرار گرفت، می‌توان گفت که مدل دوم یا تنظیم از سوی بازیگران غیردولتی، ایدئال‌گرایانه و نظری بوده، با واقعیات کنونی جامعهٔ بین‌المللی که شاهد نقش مؤثر دولت‌ها و نهادهای دولتی در همهٔ شئون حیات بین‌المللی است سازگاری ندارد. الگوی سوم یعنی تنظیم مختلط و پویا به دلیل دخالت کلیهٔ ذی‌نفعان اعم از دولت، سازمان‌های غیردولتی به‌عنوان نمایندهٔ افکار عمومی و صنایع درگیر در نانوفناوری مؤثرترین، متوازن‌ترین و درنتیجه مطلوب‌ترین شکل تنظیم نانوفناوری محسوب می‌شود؛ ضمن آنکه با فضای حاکم بر حقوق بین‌الملل جهانی‌شده نیز منطبق است.

نتیجه

چندصباحی از تجاری‌سازی نانوفناوری نمی‌گذرد، اما در همین مدت مشخص شده است که این فناوری در کنار وعده‌های داده‌شده برای بهبود آیندهٔ بشر و نکات قوتی که دارد، معایب و خطرهای خاصی را نیز به‌وجود می‌آورد. این مشکلاتِ بعضاً بی‌سابقه که ریشه در

51. Kenneth W. Abbott and Duncan Snidal, "The Governance Triangle: Regulatory Standards Institutions and the Shadow of the State, in the politics of Global Regulation ", Walter Mattli and Ngaire Woods, *The Politics of Global Regulation*, (Princeton University Press, 2009), p. 44.
52. Peer Zumbansen, "Neither 'Public'Nor 'Private', 'National' Nor 'International': Transnational Corporate Governance from a Legal Pluralist Perspective", Journal of Law and Society, Vol. 38, No. 1, (2011), p. 69.

خواص منحصربه‌فرد نانومواد دارند، شامل میزان بالای عدم قطعیت علمی، گستردگی حوزهٔ نانو، تهدیدهای زیست‌محیطی جهانی و فقدان تعریف مشخص و پایگاه داده می‌شود که هرکدام به‌نوبهٔ خود تنظیم‌گری نانوفناوری را در سطح بین‌المللی به چالش کشیده‌اند تا جایی که فرایند تنظیم از قافلهٔ تجاری‌سازی محصولات دارای نانومواد عقب مانده و درنتیجه قادر به مهار خطرهای آن نشده است. آسیب‌شناسی وضعیت کنونی حاکم بر روند تنظیم نانوفناوری نشان می‌دهد که استفاده از ظرفیت‌های نظام سنتی تنظیم‌گری در حقوق بین‌الملل یعنی نظامی که بازیگران دولتی در آن نقش اصلی و ناظر را در قالب اسناد سخت مثل معاهده ایفا می‌کنند پاسخگو نیست. همان‌طور که در بررسی سه کنوانسیون اصلی مربوط به تنظیم مواد شیمیایی، یعنی کنوانسیون‌های روتردام، استکهلم و بازل مشاهده کردیم، اولاً با توجه به رژیم حاکم بر این اسناد، تحت شمول قرار دادن نانومواد نیازمند وفاق عام (کنسانسوس) اعضاست که حصول آن با توجه به منافع برخی کشورها چندان راحت نیست و ثانیاً حتی در صورت تحقق وفاق عام، موضوع اسناد یادشده به‌نحوی است که هرکدام تنها بخشی از مسائل نانومواد را پوشش می‌دهند. لذا جامعهٔ جهانی باید به فکر یک نظام بدیع و جدید برای تنظیم نانوفناوری باشد و ازآنجایی که فناوری نانو همراه با کاربرد جهانی و همچنین خطرها و تهدیدهای جهانی است، نظام مناسب آن نیز باید جهانی باشد. بنابر نتایج به‌دست‌آمده در این مقاله، این نظام جهانی باید واجد دو ویژگی اصلی باشد؛ اول آنکه هدف تنظیم‌گری نانوفناوری باید مقابله و مدیریت خطر نانومواد باشد و ازآنجایی که احتیاط ابزار حقوقی مناسب برای مواجهه با عدم قطعیت علمی است، توسل به رویکرد احتیاطی امری ضروری است. دومین ویژگی نظام تنظیم‌گری جهانی نانوفناوری، لزوم استفاده از رویکرد تنظیم‌گری پویا و مختلط به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین رویکردهای تنظیم‌گری پسامدرن است. به دلیل رسوخ نانوفناوری در اکثر صنایع و اثرگذاری آن بر زندگی روزمرهٔ مردم در سراسر جهان، هر تصمیمی در خصوص این فناوری، خواه ناخواه منافع بازیگران غیردولتی و سرمایه‌گذاران خصوصی را متاثر می‌سازد، از این رو در تنظیم نانوفناوری صرف منافع دولت‌ها مطرح نیست و مشارکت همه گروه‌های ذی‌نفع ازجمله سازمان‌های بین‌المللی غیردولتی و صاحبان صنایع را در کنار دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی دولتی طلب می‌کند.

تنها در این صورت است که جامعهٔ بین‌المللی از مزایای فناوری نانو در چارچوبی قانونمند و تحت کنترل و نظارت برخوردار می‌شود، ضمن آنکه توسعهٔ آتی این فناوری نیز تحت لگام مقررات حقوقی قرار خواهد گرفت و از بروز خطرهای گسترده در آینده نیز جلوگیری خواهد شد. در پایان باید گفت که موفقیت این نظام جدید، بستگی تام به همکاری و همبستگی بین‌المللی دارد. جامعهٔ بین‌المللی باید با نگاه به آینده در راستای تنظیم‌گری فناوری‌های نو گام بردارد، چراکه خطر ناشی از این فناوری‌ها یکی از چالش‌های فراروی حقوق بین‌الملل معاصر بوده، از این رو، وضع مقررات بین‌المللی مناسب برای به‌نظم کشیدن خطرهای نانوفناوری گامی کلیدی برای آغاز عصری جدید در حقوق بین‌الملل محسوب می‌شود.

منابع و مآخذ

الف) فارسی

- مقالات

۱. کوشا، ابوطالب و احمدی مریم، «چالش‌های حقوق مالکیت فکری فناوری نانو در حقوق بین‌الملل با نگاهی به موافقت نامه جنبه‌های تجاری حقوق مالکیت فکری»، ***فصلنامهٔ دیدگاه‌های حقوق قضایی***، ش ۵۶ (۱۳۹۰).

۲. محمودی کردی، زهرا و زاهدی، مهدی، «حفاظت از سلامت در پرتو مقررات موافقت‌نامهٔ اقدامات بهداشتی و بهداشت گیاهی»، ***حقوق پزشکی***، ش ۳۹ (۱۳۹۵).

۳. مرکز مطالعات حقوق تکنولوژی، «پژوهش: درآمدی بر حقوق و فن‌آوری، حقوق دانش، فن‌آوری» ، ***مجلهٔ وکالت***، ش ۱۱ (۱۳۸۱).

۴. نظام ملی تنظیم‌گری، ***دفتر مطالعات اقتصاد بخش عمومی مرکز پژوهش‌های مجلس***، ۱۳۹۷.

ب) انگلیسی

- Books

5. Ayres, Ian and John Braithwaite**,** ***Responsive Regulation: Transcending The Derehulation Debate***, (Oxford University Press, 1st edition, 1992).
6. Baldwin, Robert, Cave, Martin, and Lodge, **Martin,** ***Understanding Regulation: Theory, Strategy, and Practice***, (New York: Oxford University Press,2nd Edition, 2012).
7. Baldwin, Robert, Scott, Colin, and Christopher Hood, ***A Reader on Regulation***, (Oxford University Press,1998).
8. Bosso, Christopher, ***Governing uncertainty: environmental regulation in the age of nanotechnology***, (Routledge; 1st edition, 2010).
9. Bowman, Diana M, Stokes, Elen, Rip, Arie, ***Embedding New Technologies into Society: A Regulatory, Ethical and Societal Perspective***, (Jenny Stanford Publishing; 1st edition, 2017).

10. Braithwaite, John and Drahos, Peter, ***Global Business Regulation,*** (Cambridge University Press, 2000).

11. Büthe, Tim, and Walter Mattli, ***The New Global Rulers: The Privatization of Regulation in the World Economy***, (OXFORD: Princeton University Press, 2011).

12. Fiorino, Daniel J, ***The New Environmental Regulation***, (London: MIT Press, 2006).

13. Feitshans, Ilise L, ***Global Health Impacts of Nanotechnology Law a Tool for Stakeholder Engagement***, (Jenny Stanford Publishing; 1st edition, 2018).

14. Harlow, Carol and Rawlings, Richard, ***Law and Administration***, Cambridge University Press, (New York: Cambridge University Press, 3rd edition, 2009).

15. Hull, Matthew S. And Bowman, Diana M, ***Nanotechnology Environmental Health and Safety Risks, Regulation, and Management***, (Oxford, UK: Elsevier Inc, Second Edition, 2014).

16. Lin, Albert C, ***Prometheus Reimagined: Technology, Environment, and Law in the Twenty-first Century***, (University of Michigan Press; Reprint edition, 2013).

17. Sands, Philippe, Peel, Jacqueline, With Adriana Fabra, Ruth MacKenzie Frontmatter, ***Principles of International Environmental Law***, 4(2018).

- Articles

18. Abbott, Kenneth W. and Snidal, Duncan, "Strengthening International Regulation Through Transnational New Governance: Overcoming the Orchestration Deficit", ***Vanderbilt Journal of Transnational Law***, Vol .42, (2009).

19. Abbott, Kenneth W. and Snidal, Duncan, "The Governance Triangle: Regulatory Standards Institutions and the Shadow of the State, in the politics of Global Regulation", Walter Mattli and Ngaire Woods, ***The Politics of Global Regulation,*** (Princeton University Press, 2009).

20. Aitken, Robert J., Peters,Sheona A.K., Alan D. Jones and Vicki Stone, "Regulation of Carbon Nanotubes and Other High Aspect Ratio Nanoparticles: Approaching this Challenge from the Perspective of A"bestos", Graeme A. Hodge, Diana M. Bowman, Andrew D. Maynard, ***International Handbook on Regulating Nanotechnologies***, (Edward Elgar Publishing, 2010).

21. Bayda, Samer, Adeel, Muhammad, Tuccinardi, Tiziano, Cordani, Marco and Rizzolio, Flavio, "the History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine", ***Molecules,*** Vol. 25, issue1, (2019).

22. Balogh, Lajos, Nigavekar, Shraddha S, Nair, Bindu M, Lesniak, Wojciech, Zhang, Chunxin, Yun Sung, Lok, Kariapper, Muhammed S T, El-Jawahri, Areej, Llanes, Mikel, Bolton, Brian, Mamou, Fatema, Tan, Wei, Hutson, Alan, Minc, Leah, Khan, Mohamed K, "Significant Effect of Size on the in vivo Biodistribution of Gold Composite Nanodevices in Mouse Tumor Models", ***Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine***, 3(4), (2007).

23. Choi, Hak Soo, Liu, Wenhao, Misra, Preeti, Tanaka, Eiichi, Zimmer, John P, Ipe, Binil Itty, Bawendi, Moungi G & Frangioni, John V, "Renal clearance of quantum dots", ***Nature Biotechnology***, 25, (2007).

24. Chithrani, B Devika, Chan, Warren C W, "Elucidating the Mechanism of Cellular Uptake and Removal of Protein-Coated Gold Nanoparticles of Different Sizes and Shapes", ***Nano Lett,*** Vol.7, issue.6, (2007).

25. Demissie, Teshome, "Taming Matter for the Welfare of Humanity: Regulating Nanotechnology,", Roger Brownsword, Karen Yeung, ***Regulating Technologies Legal Futures, Regulatory Frames and Technological Fixes***, (Portland: Hart Publishing, 2008).

26. Expert Panel on Nanotechnology "Small is different: a science perspective on the regulatory challenges of the nanoscale", ***THE COUNCIL OF CANADIAN ACADEMIES***, 180 Elgin Street, Ottawa, ON Canada (2008).

27. Falkner Robert and Nico Jaspers, "Regulating nanotechnologies: risk, uncertainty and the global governance gap", ***Global environmental politics***, Vol. 12, (2012).

28. Aslani, Farzad, Bagheri, Samira, Nurhidayatullaili Muhd Julkapli, Abdul Shukor Juraimi, Golestan Hashemi, Farahnaz Sadat, Baghdadi, Ali," Effects of engineered nanomaterials on plants growth: an overview", ***Scientific World Journal***, (2014).

29. Graff, Laurence, 2002. "The Precautionary Principle", Christoph Bail, Robert Falkner and Helen Marquard, ***The Cartagena Protocol on Biosafety: Reconciling Trade in Biotechnology with Environment and Development?*** (London, Routledge, 2002).

30. Hendren, Christine Ogilvie, Mesnard, Xavier, Dröge, Jocelyn, and Mark R. Wiesner, "Estimating Production Data for Five Engineered Nanomaterials as a Basis for Exposure Assessment", ***Environmental Science & Technology***, 45(7), (2011).

31. Karcher, Sandra, Willighagen, Egon L., Rumble, John, Ehrhart, Friederike, Chris T, Evelo, Martin, Frittse, Sharon, Gaheene, Stacey L., Harper, Mark, Hoover, Nina, Jeliazkova, Nastassja, Lewinski, Richard L. Marchese, Robinson, Karmann C. Mills, Axel P. Mustadm, Dennis G. Thomasn, Georgia, Tsiliki, Christine, Ogilvie, Hendren," Integration among databases and data sets to support productive nanotechnology: Challenges and recommendations", ***Nano Impact***, Vol. 9, (2018).

32. Karim, Md. Munir, Abu. Mohd Yasin, Siti Hajar and Muhammad-Sukki, Firdaus. "Nanotechnology within the Legal and Regulatory Framework: An Introductory Overview" ***Malayan Law Journal***, Vol. 3, (2014).

33. Kristen, Kulinowski, M and Matthew, jaffe "The GoodNanoGuide: A Novel Approach for Developing Good Practices for Handling Engineered nanomaterials in an Occupational Setting", ***Nanotech. L. & Bus***. 37, (2009).

34. Kanika, Sharma and Chugh, Archana, "Legal Aspects of Nano biotechnology Inventions: An Indian Perspective", ***Scripted***, Vol. 6, issue. 2, (2009).

35. Lavestam, G, Rauscher, H, Roebben, G, KlÃttgen, B S, Gibson, N, Putaud, J-P, & Stamm, H, "Considerations on a definition of nanomaterial for regulatory purposes". ***Joint Research Centre (JRC) Reference Reports*** (2010).

36. Marchanta, Gary E.," Soft Law' mechanisms for nanotechnology: liability and insurance drivers", ***Journal of Risk Research***, Vol. 17, (2014).

37. Marchant, Gary E., Sylvester, Douglas J. & Abbott, Kenneth W., "Risk Management Principles for Nanotechnology", ***Nano Ethics***, volume 2, (2008).

38. Marchant Gary E., Sylvester Douglas J., "Transnational Models for Regulation of Nanotechnology,", ***Journal of Law MED. & ETHICS***, 34(4), (2006).

39. Marchant, Gary E., Sylvester, Douglas J., Abbott, Kenneth W." Nanotechnology Regulation: The United States Approach", Graeme A. Hodge, Diana M. Bowman, Karinne Ludlow**,** ***NEW GLOBAL FRONTIERS IN REGULATION: THE AGE OF NANOTECHNOLOGY***, (Cheltenham, Edward Elgar, 2007).

40. Mei, Nan, Zhang, Yongbin, Chen, Ying, Guo, Xiaoqing, Ding, Wei, Syed F Ali, Alexandru S Biris, Penelope Rice, Martha M Moore, Tao Chen, "Silver nanoparticle-induced mutations and oxidative stress in mouse lymphoma cells", ***environmental molecular mutagenesis journal*** , 53(6), 2012.

41. Michelson, Evan S "Globalization at the nano frontier: The future of nanotechnology policy in the United States, China, and India", ***Technology in Society***, Vol. 30, Issues. 3–4, (2008).

42. Miranda, Luiz Ricardo and Tomás Olcese," The Notion of Regulation in International Law", ***Latin American Journal of Trade Policy*** 4, (2019).

43. Park, Hyung-Geun & Yeo, Min-Kyeong, "Nanomaterial regulatory policy for human health and environment", ***Molecular & Cellular Toxicology***, Vol. 12, (2016).

44. Reins, Leonie, "Regulating New Technologies in Uncertain

Times—Challenges and Opportunities", ***Leonie Reins, Regulating New Technologies in Uncertain Times***, (The Netherlands. Asser Press; 1st ed, 2019).

45. Renn, Ortwin "Concepts of risk: a classification", ***OPUS - Publication Server of the University of Stuttgart***, (1992).

46. Snir, Reut "Trends in Global Nanotechnology Regulation: The Public-Private Interplay", ***Vanderbilt Journal of Entertainment & Technology Law***, Vol. 17 (2014).

47. Sandler, R, "Nanotechnology: The Social and Ethical Issues, Project on Emerging Nanotechnologies", ***Woodrow Wilson Centre***. (2009).

48. Vincent R. Johnson, "Nanotechnology, Environmental Risks, and Regulatory Options", ***Penn State Law Review***, vol. 121, (2016).

49. Wiener, Jonathan B., "Precaution", Daniel Bodansky, Jutta Brunnée and Ellen Hey, ***The Oxford Handbook of International Environmental Law***, (Oxford University Press, 2207).

50. Zumbansen, Peer, "Neither 'Public'Nor 'Private', 'National' Nor 'International': Transnational Corporate Governance from a Legal Pluralist Perspective", ***Journal of Law and Society***, Vol. 38, No. 1, (2011).

- Documents

51. Breggin, Linda, Falkner, Robert, Jaspers, Nico, Pendergrass, John and Porter, Read, Securing the Promise of Nanotechnologies: Towards Transatlantic Regulatory Cooperation. Report. Chatham House, (2009).

52. Baucher, Marie-Ange and Scott, Richard and Cannizzaro, Chris and Standridge, Stacey and Nesbitt, Elizabeth and Fadel, Tarek, Baucher, Marie-Ange and Scott, Richard and Cannizzaro, Chris and Standridge, Stacey and Nesbitt, Elizabeth and Fadel, Tarek, Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology: Synthesis Report (2013).

53. Davies, Clarence, Oversight of Next Generation Nanotechnology. PEN 18., Washington, DC: Project on Emerging Nanotechnologies (2009).

54. The Royal Society and the Royal Academy of Engineering (2004).

55. European Commission, Commission Recommendation on a Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research COM (2008) 424 final.

56. ICON GoodNanoGuide, (2010) available at: http://goodnanoguide.org/tiki-index.php?page=Home.

57. Publications Office of the European Union, "Science for Environment Policy The precautionary principle: decision-making under uncertaint", EU publications, University of the West of England, (2017) 4.

58. The Cartagena Protocol on Biosafety, 2003.