



## همزیستی میان فناوری هسته‌ای و محیط زیست با تاکید بر حقوق بین‌الملل\*



داریوش ساکی\*\* - دکتر فرید آزادیخت\*\*\* - دکتر فرامرز امجدیان\*\*\*\*

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### چکیده

آغاز پروژه فناوری هسته‌ای آغاز چندان خوبی نبود و برنامه‌های فناوری هسته‌ای با بکارگیری بمب اتمی همراه بود، اما پس از تجربه تلخ هیروشیما ناکازاکی استفاده انسان دوستانه و صلح‌آمیز از این انرژی ارزشمند به تدریج در دستور کار قرار گرفت. به همین دلیل از دهه شصت میلادی حرکت به سوی استفاده از فناوری هسته‌ای در خدمت جامعه بشری آغاز شد. در مقاله حاضر با روش توصیفی تحلیلی، به دنبال پاسخ به این سوال می‌باشیم که آیا فناوری هسته‌ای می‌تواند با محیط زیست همسو باشند؟ که به نظر می‌رسد با هم همزیستی دارند، و با این هدف که محدودیت‌ها از سوی کشورهای صاحب این فناوری بر عدم دستیابی سایر کشورها به انرژی هسته‌ای به بهانه جلوگیری از دستیابی کشورهای مذکور به سلاح‌های هسته‌ای اعمال می‌گردد فاقد وجهه حقوقی بوده و هیچ‌گونه توجیه منطقی نخواهد داشت. آنچه که به عنوان نتیجه این پژوهش حاصل گردیده است، این است که استفاده از فناوری هسته‌ای در امور کشاورزی، پزشکی و صنعتی گسترش یافت و تحولاتی چشمگیر پدیدار شد، به گونه‌ای که برای نمونه امروزه پزشکی هسته‌ای نقش حیاتی و تعیین‌کننده در تشخیص و درمان بسیاری از بیماری‌ها دارد. بکارگیری فناوری هسته‌ای در تولید برق و تولید مواد با خواص ویژه و هم چنین تولید گونه‌های مقاوم محصولات کشاورزی نسبت به آفات و کم‌آبی، تنها شماری از استفاده‌های گوناگون این علوم در پزشکی صنعت و کشاورزی است.

### کلید واژگان

انرژی، فناوری هسته‌ای، صلح‌آمیز، محیط زیست، همزیستی.

\* این مقاله برگرفته از رساله دکتری حقوق بین‌الملل عمومی داریوش ساکی با راهنمایی دکتر فرید آزادیخت است.

\*\* دانشجوی دکتری رشته حقوق بین‌الملل، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

\*\*\* استادیار گروه حقوق بین‌الملل، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران. / نویسنده مسئول / ایمیل:

[f.azadbakht@iauksh.ac.ir](mailto:f.azadbakht@iauksh.ac.ir)

\*\*\*\* استادیار گروه حقوق، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

## مقدمه

فناوری هسته‌ای، اجزای فناوری‌های پیشرفته و برتر در عصر کنونی محسوب می‌شود، امروزه نقش این علوم در گسترش دانش، تسلط بر طبیعت و تامین رفاه و پیشرفت زندگی بشر، غیر قابل تردید می‌باشد. استفاده صلح‌آمیز از فناوری هسته‌ای توسط اصول بنیادینی که ناشی از ترتیبات دو جانبه، منطقه‌ای و بین‌المللی بوده، از سوی حقوق بین‌الملل مورد حمایت و شناسایی قرار گرفته است. اما در همین راستا، مباحث قابل توجهی نیز در خصوص وسعت و نوع فعالیت‌های هسته‌ای، از جمله در حوزه امنیت هسته‌ای و نیز محافظت بین‌المللی برای ممانعت از تکثیر سلاح‌های هسته‌ای مطرح و مورد توجه جامعه بین‌المللی قرار گرفته است. از این رو، هنجارهای بین‌المللی همه‌انواع کاربردهای صلح‌آمیز انرژی هسته‌ای از جمله، رشد صنعت، کشاورزی و پزشکی ایفا نموده است. استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها در تشخیص و درمان بیماری‌ها، به کارگیری فناوری هسته‌ای در تولید برق و تولید مواد با خواص ویژه و همچنین تولید گونه‌های مقاوم محصولات کشاورزی نسبت به آفات و کم‌آبی، غنی‌سازی اورانیم و بازفرآوری و سایر فعالیت‌های حساس تولید سوخت هسته‌ای را مورد توجه قرار می‌دهد. باید توجه داشت که با بررسی و مطالعه استفاده از سوخت‌های فسیلی به خصوص نفت و تاثیرات سوء بر آن محیط زیست بشر و جنبه‌های مثبت جایگزینی انرژی هسته‌ای بر محیط زیست و این که نفت به عنوان منبع انرژی و ماده اولیه تولید هزاران کالای مورد نیاز انسان دارای منابع محدودی در سطح جهان می‌باشد.

بنابراین محور برنامه‌ریزی اقتصادی کشورهای توسعه یافته، استفاده صحیح و بهینه از نفت خام و روی آوردن به سایر منابع انرژی هسته‌ای است. آنچه مسلم است در آینده قدرت اقتصادی در دست دولتهایی خواهد بود که منابع انرژی را در اختیار داشته باشند. به جز در برخی از کشورهای توسعه یافته، در اکثر کشورها، برق مورد نیاز جهان با استفاده از سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود، رشد جمعیت افزایش تقاضا برای انرژی، خصوصاً برق و همچنین ملاحظات زیست محیطی سبب می‌شود که به ویژه کشورهایی که دارای منابع فسیلی نمی‌باشند، استفاده از انرژی هسته‌ای بر آن‌ها ضرورتی انسانی داشته باشد. در مقاله حاضر با روش توصیفی تحلیلی، به دنبال پاسخ به این سوال می‌باشیم که آیا فناوری هسته‌ای می‌تواند با محیط زیست همسو باشد؟ که به نظر می‌رسد با هم‌زیستی دارند، که می‌توان گفت: هدف، ایجاد یک وضعیت ثابت و مداوم در تأمین انرژی، استفاده از انرژی هسته‌ای در بخش‌های صنعتی، پزشکی، کشاورزی، کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای و حفظ محیط زیست، به صرفه بودن تولید برق از انرژی هسته‌ای از نظر اقتصادی نسبت به بسیاری از منابع دیگر انرژی می‌باشد که علاوه بر موارد مذکور، در رابطه با پشتوانه تعامل صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای نیز می‌توان به ماده ۴ پیمان منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای<sup>۱</sup> و ماده ۳

<sup>1</sup>. Nuclear Technology

<sup>2</sup>. Peaceful

<sup>3</sup>. Radioisotopes

<sup>4</sup>. Nuclear Non-Proliferation Treaty

اساسنامه آژانس بین‌المللی انرژی اتمی اشاره داشت که حق استفاده صلح‌آمیز از انرژی اتمی برای کشورهای عضو به رسمیت شناخته شده است. پس با اولویت دادن به بخش انرژی اتمی و به کارگیری سیاست‌های لازم اجرایی و تدوین مقررات متناسب بایستی نسبت به توسعه علمی، فنی و قانونی فناوری‌های مختلف مورد نیاز اقدام شود، تا از این رهگذر علاوه بر ارتقاء توانمندی‌های علمی و فنی، ابزار حقوقی لازم نیز در چهارچوب قواعد ملی و بین‌المللی تأمین شود.

### ۱- پیشینه

متاسفانه تلاش برای یافتن کار پژوهشی منطبق با موضوع این مقاله، ثمر و حاصلی نداشت لیکن در سنوات اخیر تعدادی متون تحقیقی با موضوعات مرتبط منتشر شده که قابلیت استفاده و بهره‌برداری از مطالب آن ممکن گردید:

استفاده صلح‌آمیز و غیر صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای، که توسط محمدحسن دریابی در سال ۱۳۹۸ منتشر شده که در آن آمده است: (دریابی، ۱۳۹۸: ۳۶۱)؛ (Daribi, 2019: 361): استفاده صلح‌آمیز از فناوری هسته‌ای توسط اصول بنیادینی که ناشی از ترتیبات دو جانبه، منطقه‌ای و بین‌المللی بوده، از سوی حقوق بین‌الملل مورد حمایت و شناسایی قرار گرفته است. اما در همین راستا، مباحث قابل توجهی نیز در خصوص وسعت و نوع فعالیت‌های هسته‌ای از جمله در حوزه امنیت هسته‌ای و نیز محافظت بین‌المللی برای ممانعت از تکثیر سلاح‌های هسته‌ای مطرح و مورد توجه جامعه بین‌المللی قرار گرفته است. در مقاله مزبور از هنجارهای بین‌المللی در رابطه با کاربرد صلح‌آمیز هسته‌ای توضیحی داده نشده اما در مقاله حاضر توضیح داده می‌شود.

جنبه‌های حفاظت محیط زیست در استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای، که توسط حسین برزویی در سال ۱۴۰۰ منتشر شده که در آن آمده است: (برزویی، ۱۴۰۰: ۳۱۲)؛ (borzoi, 2017: 312): استفاده از انرژی هسته‌ای از حدود ۵۰ سال پیش وارد بازار رقابت با دیگر منابع انرژی در عرصه تولید الکتریسیته گردید. حضور انرژی هسته‌ای در این رقابت همواره از دوجنبه مورد توجه خاص قرار داشته است. جنبه اول پایان پذیر بودن منابع انرژی فسیلی (به عنوان اصلی ترین منبع تولید الکتریسته) است که نیاز به منبع جایگزین در حد کلان را روز به روز نمایان تر می‌کند. و جنبه دوم، آلودگی محیط زیست ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی است. در هر دو زمینه فوق انرژی هسته‌ای فسیلی برتری کامل دارد. در کتاب مزبور به جنبه دوم پرداخته نشده اما در تحقیق حاضر به صورت اجمالی به آن پرداخته می‌شود.

تفسیر پیمان منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای، اثر الکساندر کیس که در سال ۲۰۲۰ آن را تالیف نمود، بیان می‌دارد: (Alexander, 2020: 508) اثر حاد تشعشعات رادیو اکتیو، به علت تابش مقدار زیادی اشعه در مدت کوتاهی است؛ مانند حوادث ناشی از عیوب رآکتورهای اتمی و انفجارهای اتمی. با توجه به اینکه تشعشعات مواد رادیواکتیو، مواد را یونیزه می‌کنند و بدن موجودات زنده نیز از مواد شیمیایی مختلف تشکیل شده است، شدت آسیب سلول‌ها به مقدار انرژی مجذوب در مدت

<sup>1</sup>. Statute of the International Atomic Energy Agency

معین بستگی دارد و حساسیت نسوجی چون مغز استخوان، نسبت به تشعشعات بیشتر است. در کتاب مزبور به جنبه صلح‌آمیز رآکتورهای اتمی پرداخته نشد، در حالی که در مقاله به آن می‌پردازیم.

## ۲- تاریخچه انرژی هسته

در اواخر قرن نوزدهم، بعد از این که انیشتین<sup>۱</sup> معادله معروف خود را تکمیل کرد، ویلهلم رونتگن، فیزیکدان آلمانی اشعه ایکس، و جی جی تامسون<sup>۲</sup> فیزیکدان بریتانیایی، الکترون و مارتین هنریچ کلاپرس شیمیدان آلمانی (در ۱۷۸۹) اورانیوم را کشف کردند. در سال ۱۸۹۶ هانری بکرل<sup>۳</sup> فیزیکدان فرانسوی نخستین کسی بود که متوجه پرتوهای عجیب سنگ معدن اورانیم گردید و ماری کوری<sup>۴</sup> شیمیدان معروف به رادیواکتیویته بودن رادیوم پی برد. پس از آن در سال ۱۹۰۹ میلادی ارنست رادرفورد<sup>۵</sup> فیزیکدان اهل زلاندنو هسته اتم را کشف کرد. دانشمندان فیزیک که سرگرم تحقیق برای رسیدن به یک منبع انرژی جایگزین سوخت‌های فسیلی بودند، این مسئله که هسته با وجود نیروی دافعه الکتروستاتیکی قوی بین پروتونها، چگونه ممکن است پایدار بماند؟ توجه فیزیک‌دانان را به خود جلب کرد. و از اینجا پیش‌بینی کردند که باید در داخل هسته نیروی قوی‌تر از هر نیروی شناخته شده‌ای باشد، و نتیجه گرفتند که در صورتی که هسته شکافته شود انرژی عظیمی آزاد می‌گردد (Boyle, 2020: 56).

داستان کشف و گسترش انرژی هسته‌ای از سال ۱۹۳۲ میلادی که نوترون توسط چادویک<sup>۶</sup> کشف شد آغاز گردید. دانشمندان که تا این زمان برای بمباران هسته اتم و ایجاد واکنش‌های مصنوعی از ذرات پروتون و آلفا استفاده می‌کردند، دریافتند که نوترون به علت بی بار بودن (برخلاف پروتون و ذره آلفا) آسانتر به درون سد پتانسیل هسته اتم نفوذ کرده و با آن برهمکنش می‌کند. در سال ۱۹۳۸ میلادی دو فیزیکدان آلمانی بنام‌های اتوهان<sup>۷</sup> و فریتس شتراسمن<sup>۸</sup> کشف کردند که هسته سنگین اورانیوم در اثر بمباران با نوترون به دو هسته با جرم متوسط تقسیم می‌شود. کشف شکافت که در سال ۱۹۳۸، درست قبل از شروع جنگ جهانی دوم رخ داد، نمی‌توانست در زمانی حساس‌تر از آن در تاریخ جهان اتفاق بیفتد. اگر هیتلر به اهمیت این کشف پی برده و دانشمندانش را به توسعه آن تشویق کرده بود به احتمال زیاد آلمان اولین کشوری بود که سلاح هسته‌ای تولید می‌کرد و تاریخ جهان در شصت سال گذشته تفاوت می‌کرد (Boyle, 2020: 57).

<sup>1</sup>. Einstein

<sup>2</sup>. Wilhelm Roentgen

<sup>3</sup>. JJ Thomson

<sup>4</sup>. Henry Becker

<sup>5</sup>. Marie Curie

<sup>6</sup>. Ernest Rutherford

<sup>7</sup>. Chadwick

<sup>8</sup>. Auto Han

<sup>9</sup>. Fritz Strassman

### ۳- مبانی نظری

انرژی هسته‌ای، شکل اصلی دیگری از انرژی است که در داخل اتم قرار دارد. یکی از قوانین جهانی این است، انرژی نه تولید پذیر است و نه از بین رفتنی، اما از شکلی به شکل دیگر قابل تبدیل می‌باشد. انرژی که در اثر متلاشی شدن هسته رها می‌شود، اتمی خوانده می‌شود، این انرژی در واقع انرژی هسته‌ای است. این اصطلاح مخصوصاً در مورد انرژی حاصل از شکافت هسته‌ای اتم یعنی تقسیم هسته به دو جزء تقریباً هم جرم به کار گرفته می‌شود (دریابی، ۱۳۹۸: ۶۶)؛ (Daribi, 2019:66). به نظر نگارنده انرژی هسته‌ای، انرژی گرمایی آزاد شده حاصل از شکافت اتم اورانیوم است که از آن برای تولید بخار آب و گرداندن توربین‌های تولید برق استفاده می‌شود. اورانیوم معدنی، طی فرآیندی در تاسیسات باید به گاز هگزا فلوراید تبدیل شود و سپس با تزریق به شبکه‌ای از سانتریفوژها غنی شده و سپس قابل استفاده است. البته فقط اورانیوم نیست که با آن می‌توان انرژی هسته‌ای تولید کرد مثلاً از پلوتونیم یا دیگر رادیواکتیوها هم می‌توان انرژی هسته‌ای تولید نمود. در مراحل غنی‌سازی هسته اتم شکافته می‌شود، زمانی که این مساله رخ می‌دهد، مقدار زیادی انرژی به دو صورت گرما و نور آزاد می‌شود.

در زمانی که حقوق بشر وارد عرصه دانش و فناوری هسته‌ای می‌شود می‌توان مبانی عامی را در نظر گرفت که بر اساس این مبانی تمام آرژانس‌های ملل متحد مانند برنامه توسعه ملل متحد باید فعالیت‌های خود را تنظیم نمایند. مبانی مزبور عبارتند از: اول، بایستی تمام برنامه‌های مربوط به همکاری در حوزه توسعه و کمک‌های فنی به تحقق حقوق بشر مقرر در اعلامیه جهانی حقوق بشر و سایر اسناد بین‌المللی حقوق بشر کمک نمایند. دوم، استانداردهای حقوق بشری مندرج در اعلامیه جهانی حقوق بشر<sup>۱</sup> و سایر اسناد بین‌المللی مربوط به حقوق بشر و اصول مشتق از آنها تمام همکاری‌های مربوط به توسعه و برنامه‌ریزی انجام شده در تمام مراحل فرآیند برنامه‌ریزی را مورد راهنمایی و ارشاد قرار خواهد داد. سوم، بایستی همکاری‌های مربوط به توسعه در جهت گسترش ظرفیت‌های متعهدین در راستای ایفای تعهداتشان یا در جهت گسترش ظرفیت‌های دارندگان حقوق در راستای مطالبه حقوقشان عمل نمایند (Bonchek, 2020: 227).

در عرصه حقوق بین‌الملل هسته‌ای و بحث استفاده صلح‌آمیز از دانش و فناوری هسته‌ای نیز می‌توان این اصل را به خوبی اجرایی نمود. چون عده‌ای از کشورها حق استفاده صلح‌آمیز از فناوری هسته‌ای را به عنوان حق خود نسبت به این فناوری منبعث از معاهده منع گسترش می‌دانند و با توجه به ماده ۴ معاهده مزبور اعلام می‌دارند که کشورهای دارای دانش و فناوری مزبور بایستی در انتقال این دانش نسبت به آن‌ها اقدام نمایند، بنابراین در این میان نیز دو طرف قابل مقایسه هستند: اول، کشورهایی که دارای فناوری هسته‌ای می‌باشند و متعهد به انتقال آن به کشورهای فاقد این فناوری هستند که بر طبق این اصل باید ظرفیت‌های خود را برای ایفای تعهدات خود در انتقال دانش و فناوری هسته‌ای گسترش دهند و دوم، کشورهای فاقد این فناوری که باید از حق خود دست بردارند و در راستای مطالبه حقوقشان اقدام کنند.

<sup>۱</sup>. The Universal Declaration of Human Rights

#### ۴- ملاحظات و اصول حقوق بین‌الملل محیط زیست و حق بر فناوری هسته‌ای

##### ۴-۱- نقش ملاحظات زیست محیطی در ضرورت استفاده از انرژی هسته‌ای

امروزه، یکی از چالش‌های مهم جامعه جهانی، بحث ارتباط انرژی با توسعه پایدار، توسعه صنعتی، آلودگی هوا، جو و تغییر اقلیم است. این موارد بر تمامی بخش‌های اقتصادی، فعالیت‌های اجتماعی، سلامت جامعه بشری و کره زمین اثر می‌گذارد. در جهانی که یک‌سوم جمعیت آن از دسترسی به خدمات مدرن انرژی محروم هستند، دستیابی به توسعه امکان‌پذیر نخواهد بود.

کمبود و عدم دسترسی به خدمات انرژی مدرن، زیرساخت‌های ضعیف و کمبود ظرفیت‌های نهادی و انسانی، علاوه بر دسترسی محدود به فناوری نوین و عدم وجود منابع مالی کافی، موجب ممانعت از توسعه صنعتی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه شده است. بنابراین توسعه پایدار، شامل بهبود فضای سرمایه‌گذاران در بخش انرژی، بهبود راندمان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، تنوع منابع و کاهش فقر انرژی می‌باشد. در روند حرکت جهانی به سوی توسعه پایدار، شناخت آسیب‌های زیست محیطی ناشی از بخش انرژی، امری ضروری محسوب می‌شود. در این راستا، توجه به میزان انتشار گاز آلاینده و گلخانه‌ای ناشی از بخش‌های مختلف انرژی از اهمیت بسزایی برخوردار است. یکی از مهمترین مولفه‌هایی که در آینده، تولید انرژی از منابع سوخت فسیلی را با محدودیت جدی مواجه خواهد ساخت، افزایش انتشار گازهای آلاینده زیست محیطی، خصوصاً دی‌اکسید کربن است که اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای و مخرب لایه اوزون<sup>۱</sup> می‌باشد. امروزه بیشتر انرژی که در تولید برق کارخانه‌ها، راه‌اندازی وسایل نقلیه و گرم کردن منازل استفاده می‌شود، حاصل از سوخت فسیلی است. سوخت‌های فسیلی از جمله نفت و گاز طبیعی چنان با سرعت مصرف می‌شوند که در آینده‌ای نه چندان دور، منابع آنها تخلیه خواهد شد. هر سال استفاده از سوخت‌های فسیلی ۲۵ میلیارد تن دی‌اکسید کربن به جو زمین زمین اضافه می‌کند. این مقدار، برابر ۷۰ میلیون تن دی‌اکسید کربن در هر روز و یا ۸۰۰ تن در هر ثانیه است (امراللهی، ۱۴۰۰: ۱۶۸)؛ (Amrullahi, 2021: 168).

براساس اطلاعات موجود، میزان انتشار دی‌اکسید کربن از ۲۳ میلیارد و ۸۹ میلیون تن در سال ۲۰۰۴ به ۳۷ میلیارد و ۱۲۳ میلیون تن در سال ۲۰۲۵ افزایش خواهد یافت و علی‌رغم توجه و نظارت کشورها و برقراری محدودیت‌های الزامی در این زمینه به واسطه افزایش تقاضای انرژی خصوصاً در کشورهای در حال توسعه، میزان انتشار دی‌اکسید کربن همچنان افزایش خواهد یافت. کشورهای آسیایی به طور متوسط با ۲/۸ درصد در سال، کمترین میزان رشد انتشار را تا سال ۲۰۲۵ خواهند داشت. سهم آلاینده‌گی کشورهای در حال توسعه آسیایی نسبت به کل کشورهای در حال توسعه جهان در سال ۲۰۲۵، معادل ۶۸/۷۴ درصد خواهد بود و کشورهای آفریقایی با ۸/۲۳ درصد، کمترین سهم را در آلاینده‌گی به خود اختصاص خواهند داد. همگام با افزایش تقاضای انرژی در کشورهای در حال توسعه، میزان انتشار دی‌اکسید کربن نیز در این کشورها همچنان رو به افزایش

<sup>۱</sup>. Ozone Layer

<sup>۲</sup>. In Carbon Monoxide

است. از این رو، لازم است متناسب با میزان رشد مصرف انرژی و سهم کشورها در آلودگی محیط زیست، راهکارهایی برای حفاظت از محیط زیست بشر و در پی آن دستیابی به توسعه پایدار به طور جدی تدوین گردد. از آن میان، می‌توان بر گرایش جدی به سوی منابع انرژی جایگزین و پاک تاکید نمود. بدون تردید، انرژی اتمی، یکی از انرژی‌های پاک است که می‌توان به میزان زیاد جایگزین منابع انرژی فسیلی و آلاینده گردد (تولایی، ۱۴۰۰: ۲۰۵)؛ (Tolai, 2021: 205).

اگر بدون توجه به ملاحظات زیست محیطی، روند بهره‌برداری از طبیعت ادامه یابد، نه تنها تولید به زودی متوقف می‌شود، بلکه زندگی همه انسان‌ها بر روی کره خاکی به شدت در معرض نابودی قرار می‌گیرد. سرمایه‌ش و گرمایش در بخش خانگی و تجاری در اغلب کشورها، به منابع سوخت فسیلی وابسته است و همچنین به رغم توسعه سریع فناوری اطلاعات و ارتباطات، اقتصاد امروز همچنان به شدت به حمل و نقل وابسته است و نفت و فرآورده‌های آن همچون بنزین، تقریباً تنها منبع سوخت خودروها به شمار می‌آیند. نفت به عنوان منبع انرژی و عامل تولید هزاران کالای دیگر، دارای منابع محدودی در سطح جهان است. از این رو، محور برنامه‌ریزی اقتصادی کشورهای توسعه یافته، استفاده بهینه از نفت خام و حفظ منابع آن و رو آوردن به سایر منابع انرژی به ویژه انرژی هسته‌ای است. در جهان آینده، قدرت اقتصادی از آن کشورهایی خواهد بود که به منابع انرژی دسترسی داشته باشند.

#### ۴-۲- اصول حقوق بین‌الملل محیط زیست در بهره‌برداری از فناوری هسته‌ای

حق استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای حقی مسلم و از مصادیق بارز حق توسعه کشورها می‌باشد. معاهده منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای به دنبال تحقق و تبلور این حق می‌باشد (حاتمی و موسوی، ۱۳۸۹: ۳۷۰)؛ (Hatemi & Mousavi 2010: 370). طبق معاهده مزبور کشورهای فاقد سلاح هسته‌ای، براساس مقررات این معاهده، نتوانند سلاح هسته‌ای تولید و اکتساب نمایند و کشورهای دارای این سلاح هم در انتقال تکنولوژی هسته‌ای جهت مصارف صلح‌آمیز به کشورهای فاقد این سلاح مشارکت نمایند و هم خلع سلاح کامل و عمومی شوند (حاتمی و موسوی، ۱۳۸۹: ۳۶۹)؛ (Hatemi & Mousavi, 2010: 369). خلع سلاح و کنترل تسلیحات، از حساس‌ترین عرصه‌های بین‌المللی است که در آن جدال حاکمیت دولت‌ها با یکدیگر و اخیراً هم با روند انسانی شدن نظام حقوق بین‌الملل به وضوح آشکار است (نامیان، ۱۴۰۰: ۷۲)؛ (Namamyian, 2021: 72). دیوان بین‌المللی دادگستری در نظریه مشورتی در خصوص تهدید به استفاده یا استفاده از سلاح هسته‌ای اعلام می‌نماید: «که در حقوق بین‌الملل عرفی یا قراردادی هیچ قاعده‌ای صراحتاً تهدید به استفاده یا استفاده از سلاح هسته‌ای را مجاز ندانسته». دیوان همچنین اعلام نمود: «که هر گونه تهدید به استفاده یا استفاده از این سلاح باید تابع حقوق بشر دوستانه باشد». یکی دیگر از مهمترین نکات این رای این است که دیوان بین‌المللی دادگستری کشورهای جهان را متعهد نموده که با حسن نیت مذاکراتی را جهت دستیابی به خلع سلاح هسته‌ای در تمامی جنبه‌های آن انجام دهند. براساس ماده ۶ معاهده عدم گسترش سلاح‌های هسته‌ای، هر یک از اعضای معاهده متعهد می‌شود مذاکراتی را با حسن نیت در خصوص انجام اقداماتی موثر برای توقف مسابقه تسلیحات هسته‌ای انجام دهد. دیوان بین‌المللی

دادگستری در خصوص اهمیت این ماده اظهار می‌دارد: «اثر حقوقی این تعهد، فراتر از تعهد به فعل ساده است و تعهدی برای نیل به یک نتیجه مشخص، خلع سلاح هسته‌ای در تمامی ابعاد با در پیش گرفتن رویه عملی مخصوصی یعنی تعقیب مذاکرات در این زمینه با حسن نیت کامل می‌باشد.» بدین ترتیب، تعهد قدرت‌های هسته‌ای براساس ماده ۶ معاهده، نه فقط تعهد به انجام مذاکرات می‌باشد، بلکه تعهد به دستیابی به خلع سلاح هسته‌ای می‌باشد.

کنترل مؤثر سلاح‌های هسته‌ای مستلزم آن است، که دولت‌ها برای حفاظت از سلاح‌های هسته‌ای، مواد شکافت‌پذیر قابل کاربرد در آن سلاح‌ها، دیگر مواد رادیواکتیو و تأسیسات هسته‌ای سازوکارهای کارآمد و مؤثری را اتخاذ نمایند. این تدابیر شامل فناوری، مداخله انسانی، متدها و روش‌ها، بررسی منظم و روز آمد کردن این تدابیر و تجهیزات است (نماینان و آقامحمدی، ۱۳۹۹: ۲۲۴)؛ (Naaman & Agha Mohammadi, 2020: 224). به عبارت دیگر دولت‌ها ملزم به جرم‌انگاری اقدامات تروریسم هسته‌ای و اصلاح قوانین کیفری داخلی خود جهت دستگیری، پیگرد قانونی و مجازات اشخاصی هستند که آن‌ها را نقض می‌کنند. و اقدامات تنبیهی می‌بایست متناسب با شدت نقض باشد (نماینان و معظمی، ۱۳۹۹: ۲۷۲)؛ (Namamiyan & Moazzam, 2020: 272).

با توجه به مفاد و مقررات اسناد متعدد مخصوصاً معاهده منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای، اسناد کنفرانس‌های بازنگری معاهده مزبور و حتی قرارداد پادمان کشورها با معاهده می‌توان گفت که حق لاینفک کشورها در استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای منبعث از دو اصل کلی حقوقی می‌باشد:

اول، دستاوردهای علمی و تکنولوژیک میراث مشترک بشریت است و در انحصار کشور یا ملت خاصی نیست. این دستاوردهای علمی و تکنولوژیک مخصوصاً در زمینه علوم و فنون مرتبط با مباحث هسته‌ای باید با حسن نیت برای صلح و رفاه و آسایش بشریت به کار گرفته شود و نباید وسیله ایجاد وحشت، باج خواهی یا ایجاد سلطه باشد. بنابراین هرگونه محروم ساختن کشور یا ملتی از حق ذاتی استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای مخالف حقوق بشر و حق توسعه علمی تکنولوژیک بوده و خلاف حقوق بین‌الملل می‌باشد.

دوم، دومین اصل حقوقی اصل استلزام تعادل بین حقوق و تکالیف کشورها در معاهدات بین‌المللی است. یک معاهده بین‌المللی نمی‌تواند صرفاً تعهد باشد، بلکه در مقابل تعهدات کشورها باید حقوقی نیز وجود داشته باشد. وجود حق در مقابل تعهد، انگیزه برای عضویت را ایجاد می‌کند و سبب تداوم رژیم حقوقی شده و چون منافع بلند مدت کشورها را تضمین می‌کند پایبندی به رژیم مزبور را نیز تضمین می‌نماید. بنابراین موارد فوق حق لاینفک کشورها برای استفاده از انرژی هسته‌ای حقی تثبیت شده در معاهده منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای است.

#### ۴-۳- حق استفاده صلح‌آمیز از فناوری هسته‌ای در حقوق بین‌الملل

اسناد بین‌المللی راجع به انرژی اتمی، استفاده از کاربردهای صلح‌آمیز انرژی اتمی را حق طرفین آن اسناد قلمداد نموده و مورد تأکید قرار داده‌اند. معاهده تلاکو<sup>۱</sup> راجع به ایجاد منطقه‌ای عاری از

<sup>۱</sup>. Taluka Treaty



سلاح‌های هسته‌ای در منطقه آمریکای لاتین و کارائیب در این خصوص اشعار داشته است: «هیچ یک از مقررات این معاهده به حقوق طرفین متعهد مبنی بر به کارگیری انرژی هسته‌ای برای اهداف صلح‌آمیز به ویژه برای توسعه اقتصادی و پیشرفت اجتماعی‌شان لطمه نخواهد آورد.» معاهده منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای نیز حق استفاده صلح‌آمیز دولت‌ها از انرژی اتمی چنین مقرر نموده است: «این معاهده نباید طوری تفسیر شود که به حق لاینفک دولت‌های عضو معاهده خدشه وارد آورد.» به طوری که ملاحظه می‌شود معاهده اخیرالذکر حق استفاده صلح‌آمیز از انرژی اتمی را یک حق لاینفک یا غیر سلب قلمداد نموده است. اعطای چنین وصفی به حق استفاده صلح‌آمیز از انرژی اتمی بر اهمیت فوق‌العاده آن حق برای دارندگان آن دلالت دارد. از نظر علم حقوق حق لاینفک یا حق غیر قابل سلب حقی است که حتی دارندگان آن نیز نمی‌توانند آن را از خود سلب نمایند. حق استقلال<sup>۱</sup> و حاکمیت<sup>۲</sup> از جمله حقوق لاینفک و بنیادی دولت‌ها به شمار می‌آید که خود دولت‌ها نیز مجاز نیستند چنین حقوقی را از خود سلب نمایند.

حقوق بین‌الملل به دولت‌ها اجازه نمی‌دهد خودشان را مستعمره کنند و یا صلاحیت قضایی‌شان را از خود سلب نمایند. معاهده منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای به حق دولت‌ها از استفاده صلح‌آمیز از انرژی اتمی چنین وصفی را اعطا نموده و آن را غیرقابل سلب و لاینفک اعلام نموده است. نقش و اهمیت حیاتی که دانش و فناوری هسته‌ای صلح‌جویانه در توسعه و پیشرفت کشورها دارد حقوق بین‌الملل را بر آن داشت است که اعلام کند استفاده صلح‌آمیز از فناوری هسته‌ای حق لاینفک همه دولت‌هاست. ویژگی دیگر حق استفاده صلح‌آمیز از انرژی اتمی تبعیض‌آمیز نبودن آن حق است. بدین مفهوم که همه دولت‌ها باید از این حق متمتع شوند و نمی‌توان برخی از آن‌ها را از این حق محروم کرد. حق همه دولت‌هاست که از موهبت‌های کاربردهای صلح‌آمیز انرژی اتمی استفاده نمایند و روا نیست که در این زمینه کشورهای پیشرفته حق استفاده از امکانات و فواید فناوری هسته‌ای صلح‌آمیز را داشته باشند و کشورهای غیر پیشرفته از این حق محروم گردند (AI W, 2018: 210). معاهده عدم گسترش سلاح‌های هسته‌ای که در حال حاضر اساس تمامی اسناد بین‌المللی در زمینه فناوری هسته‌ای تلقی می‌شود به صراحت به تمتع بدون تبعیض تمامی اعضا معاهده و همین‌طور سایر معاهدات در زمینه کاربردهای صلح‌آمیز انرژی هسته‌ای را متعلق به بشریت و کل دولت‌ها دانسته‌اند و استفاده تبعیض‌آمیز و یا صرفاً گروه خاصی از ملت‌ها و دولت‌ها از این کاربردها را رد کرده‌اند (میرفخار، ۱۴۰۱: ۵۴)؛ (Mir Fakhar, 2022: 54).

#### ۴-۳-۱- کاربرد انرژی هسته‌ای در عرصه پزشکی

یکی از مهمترین موارد استفاده از انرژی هسته‌ای در مسیر صلح استفاده از این انرژی در عرصه پزشکی است. برای مثال برای درمان بسیاری از بیماری‌های سرطانی می‌توان از این تکنولوژی استفاده نمود و مانع پیشرفت سلول‌های مبتلا به سرطان گردید و یا در صورتی که وجود غده‌های سرطانی مورد تردید باشد با کمک این انرژی می‌توان جای آنها را تشخیص داد.

<sup>1</sup>. Esteghlal

<sup>2</sup>. Governance

طبق آمارهای سازمان بهداشت جهانی، میزان افراد سرطانی در کشورهای در حال توسعه تا سال ۲۰۱۵ هر ساله ۱۰ میلیون نفر افزایش می‌یابد. این در حالی است که شیوه‌های زندگی در حال تغییر است. اکثر کشورهای در حال توسعه، دارای متخصصان کافی در این زمینه یا دستگاه‌های رادیوتراپی نیستند تا بتوانند به طور موثر و ایمن با بیماران سرطانی خود تعامل کنند. در حدود ۱۵ کشور آفریقایی و چند کشور آسیایی، حتی یک دستگاه رادیوتراپی<sup>۱</sup> وجود ندارد. آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در این زمینه برای کمک به کشورها، برنامه‌هایی را تدارک دیده است. هم‌چنین از تکنیک‌های هسته‌ای در ساخت داروهای هسته‌ای نیز استفاده می‌شود. به طور کلی می‌توان موارد ذیل را به عنوان مصادیق کاربرد تکنیک‌های هسته‌ای در عرصه پزشکی نام برد: اول، تهیه و تولید داوری برای تشخیص بیماری‌های تیروئید و درمان آن؛ دوم، تهیه و تولید کیت‌های رادیودارویی برای مراکز پزشکی هسته‌ای؛ سوم، کنترل کیفی رادیوداروهای خوراکی و تزریقی، برای تشخیص و درمان بیماری‌ها؛ چهارم، تهیه و تولید کیت‌های هورمونی؛ پنجم، تشخیص و پیگیری درمان سرطان پروستات؛ ششم، بررسی مراکز عفونی در بدن؛ هفتم، تشخیص سرطان‌های کولون، پانکراس، روده کوچک و برخی سرطان‌های سینه؛ هشتم، شناخت محل تومورهای سرطانی و بررسی تومورهای مغزی، سینه و ناراحتی‌های ریوی؛ نهم، تصویر برداری بیمارهای قلبی، تشخیص عفونت‌ها و التهاب مفصلی، آمبولی و لخته‌های وریدی؛ دهم، تشخیص کم‌خونی‌ها یا سندرم اختلال در جذب ویتامین ب۱۲؛ و یازدهم، استرلیزاسیون لوازم پزشکی یک بار مصرف (خزانه، ۱۴۰۱: ۱۸۳)؛ (Khazana, 2022: 183).

در بخش دامپزشکی و دامپروری نیز می‌توان اشاره‌ای داشت به: اول، نقش تکنیک‌های هسته‌ای در پیش‌گیری، کنترل و تشخیص بیماری‌های دامی؛ دوم، نقش تکنیک‌های هسته‌ای در تولید مثل دام؛ سوم، نقش تکنیک‌های هسته‌ای در تغذیه دام؛ چهارم، نقش تکنیک‌های هسته‌ای در بهداشت و ایمنی محصولات دامی و خوراک دام. ضرورت تقویت طب هسته‌ای در کشورهای در حال توسعه هر روز بیشتر می‌شود، در کشورهای صنعتی، از انرژی هسته‌ای به صورت گسترده در بخش پزشکی و دامپزشکی استفاده می‌گردد.

#### ۴-۳-۲- کاربرد انرژی هسته‌ای در عرصه نیروی برق

پس از سال ۱۹۵۰ راکتورهای طراحی گردید و این زمانی بود که ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای و تولید نیروی برق از این نیروگاه‌ها با سرعتی چشمگیر در کشورهای توسعه یافته، آغاز شد و چندین هزار کیلووات، جریان الکتریسیته مورد بهره‌برداری قرار گرفت. اولین کشوری که پس از جنگ جهانی دوم اقدام به ساخت راکتورهای اتمی نمود، کشور ایالات متحده آمریکا بود. این راکتور هنوز هم یکی از اساسی‌ترین پایه‌های نیروگاه‌های هسته‌ای موجود در سال ۱۹۵۶ نیز انگلیس با بهره‌گیری از راکتور هسته‌ای اقدام به تولید الکتریسیته نمود.

با گذشت زمان و استفاده بی‌حد از منبع اورانیوم باعث ایجاد بحرانی در این زمینه گردید و بین

<sup>1</sup>. Radiotherapy

<sup>2</sup>. Sterilization

۱۹۶۰-۷۰ طرح تکنولوژی جدیدی تحت عنوان «راکتور زاینده» مطرح گردید. به منظور پیشبرد طرح، کشورهایی چون آمریکا، فرانسه، شوروی سابق، انگلستان و آلمان دست به تحقیقات وسیعی زدند تا چنین طرحی به مرحله اجرا درآید. نتیجه این تحقیقات این بود که راکتوری ساخته شد تا در حین مصرف اورانیوم سوخت مصرفی خود را بتواند به پلوتونیوم<sup>۱</sup> که خود سوخت گیری برای راکتورهاست تبدیل نماید. طبق برآورد اعلام شده تا ۱۹۹۲ نزدیک به ۵۰۰ نیروگاه تولید برق از انرژی هسته‌ای در کل جهان مورد بهره‌برداری قرار گرفت (صمدی، ۱۴۰۱: ۲۲۶)؛ (Samadi, 2022: 226).

انرژی هسته‌ای از نظر تولید الکتریسته، اگر به درستی و اصولی به توسعه تکنولوژی و بهره‌برداری آن پرداخته شود، انرژی نسبتاً پاک، فراوان و ارزان با عمر نسبتاً طولانی خواهد بود. گرچه انرژی‌های تجدیدپذیر مثل باد و آفتاب بسیار تمیزتر محسوب می‌شوند ولی اولاً دسترسی و توسعه آن در همه جا میسر نیست و همچنین تا به امروز هزینه تولید الکتریسته از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر در مقام مقایسه با انرژی‌های فسیلی و حتی هسته‌ای هنوز خیلی گرانتر است. امید است تا آینده نه چندان دور تکنولوژی‌های بهره‌برداری از این نوع انرژی‌ها نیز اقتصادی و قابل رقابت با بقیه منابع انرژی شود.

اهمیت انرژی هسته‌ای برای تولید برق وقتی بهتر درک می‌شود که دریابیم: اول، انرژی‌های فسیلی بسیار محدود و رو به اتمام هستند؛ دوم، مواد فسیلی در زندگی امروز و فردای بشر مصارف دیگری دارند که هم به لحاظ ارزش افزوده و هم لحاظ نوع و کیفیت استفاده اجتناب از آن غیرممکن است؛ سوم، سوزاندن آن به شکل‌های امروزی، محیط زیست را به شدت آلوده و نهایتاً زندگی سالم را در سرتاسر کره زمین نامیسر می‌گرداند؛ چهارم، با توضیحی که داده خواهد شد با استفاده از نسل‌های جدید راکتورهای هسته‌ای شکاف عمر منابع انرژی هسته‌ای از مرز حدود ۱۰۰ سال به هزاران سال خواهد رسید؛ و پنجم، با پیدایش زیربنای تکنولوژیک، علمی و دانشگاهی و امکان بهره‌برداری از انرژی هسته‌ای گداحت تمامی منابع هیدروژن، لیستیم و ... در سرتاسر دنیا بالقوه تبدیل به منابع انرژی هسته‌ای می‌شوند (قادری، ۱۴۰۰: ۱۷۶)؛ (Ghadery, 2021: 176).

آنچه که در بالا در خصوص انرژی هسته‌ای گفته شد بخشی از فعالیت‌های آشکار آن است. بخش دیگری از بهره‌برداری‌های صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای که ظاهراً پنهان مانده است، صدها نوع کاربردهای متنوع در زندگی روزمره مردم می‌باشد. حصول به تکنولوژی هسته‌ای به جز تعامل با تمامی دانش پژوهان، دانشگاهیان و استفاده از تجارب کشورهای قبلاً این راه را طی کرده اند میسر نیست. براساس گزارش‌های رسمی آرژانتین بین‌المللی انرژی اتمی به استناد منابع تورم، ذخیره محاسبه شدن قطعی جهانی اورانیم با قیمت کمتر از ۸۰ دلار برای هر کیلو حداقل ده میلیون تن است. چنانچه در نظر بگیریم که هر راکتور یک هزار مگاواتی ۵۰ سال عمر کند و هر سال ۲۰۰ تن اورانیم مصرف کند حداقل برای مصرف یک هزار راکتور حرارتی برای مدت فوق ذخیره

<sup>1</sup> Breeder Reactor

<sup>2</sup> Plutonium

موجود است. اکنون متجاوز از یک صد کشور به طریقی در تولید و خدمات منابع انرژی هسته‌ای، ساخت، طراحی و فراهم سازی تکنولوژی هسته‌ای و همچنین بهره‌برداری از نیروگاه‌های هسته‌ای و خیلی از محصولات و مصارف این انرژی به طور تجاری و سودآور مشغول کارند. در حال حاضر ۴۳۵ نیروگاه هسته‌ای با قدرت و ظرفیت ۳۷۰ گیگاوات برق برابر با حدود ۱۶ درصد کل برق تولیدی پهنه جهانی در ۳۱ کشور مشغول فعالیت هستند.

#### ۴-۳-۳- کاربرد انرژی هسته‌ای در عرصه کشاورزی

تولیدکنندگان محصولات کشاورزی برای مدت‌های مدیدی است که در پی یافتن راهی برای افزایش بهینه این تولیدات هستند. استفاده از تجربیاتی که باعث گردد از حداقل محصول بهترین استفاده شود همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. حفظ و نگهداری از این محصولات که با کمترین ضایعات همراه باشد در سطح وسیع هزینه‌های بالایی را می‌طلبد. به هرحال استفاده از صنعت کنسروسازی، مخمر کردن مواد قابل تخمیر، انجماد و خشک کردن مواد بدست آمده در کنار کاربرد مواد شیمیایی همه راههایی است به منظور بهره‌برداری بیشتر. اما افزایش روزافزون جمعیت و با در نظرگیری آنکه ۲۵٪ محصولات بدست آمده از زمان برداشت تا مصرف، از بین می‌روند این روشها هم آنچنان بازدهی نداشته است (رضوانی، ۱۴۰۱: ۱۶۸)؛ (Rezvani, 2021: 168). در نهایت بشر به فکر استفاده از نیروی هسته‌ای در این زمینه افتاد، روشی که مزایای بسیاری داشته و با مرور زمان این مزایا بیشتر شناخته شده است. نام این روش «پرتوافکنی» می‌باشد. با استفاده از این روش محصولات غذایی که در مدت کم غیرقابل مصرف می‌شوند را می‌توان قابل مصرف گرداند. برای مثال از جوانه زدن محصولات جلوگیری به عمل آورد و برای جلوگیری از ضایع شدن محصولاتی که قبل از رسیدن برداشت می‌شوند با روش پرتوافکنی رسیدن آنها را به تعویق می‌اندازند و باعث طولانی تر شدن عمر این محصولات می‌گردند و ذخیره این مواد را با اعتماد و اطمینان بیشتری میسر می‌گردانند.

در عرصه دامپروری و شیلات نیز از این روش بهره‌ها برده‌اند، این گونه محصولات را نیز در اثر پرتوافکنی می‌توان چندین ماه بیشتر نگهداری نمود. برای مثال ماهی‌ها و میگوهای صید شده در اثر تاباندن اشعه دیرتر از آنهايي که در معرض اشعه قرار نگرفته‌اند، در معرض نابودی قرار می‌گیرند. ثابت شده است که نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی و دامپروری همه کشورها را بر آن داشته تا با پیشرفت تکنیک هسته‌ای خود هر چه بیشتر از روش پرتوافکنی بهره‌جویند. در این زمینه می‌توان به این موارد اشاره نمود: اول، جلوگیری از جوانه زد محصولات کشاورزی؛ دوم، کنترل و از بین بردن حشرات؛ سوم، به تاخیر انداختن زمان رسیدگی به محصولات غذایی؛ چهارم، افزایش زمان نگهداری؛ پنجم، کاهش میزان آلودگی میکروبی؛ ششم، از بین بردن ویروس‌ها؛ و هفتم، طرح‌های باردهی و جهش گیاهانی چون گندم، برنج و پنبه (قادری، ۱۴۰۰: ۲۱۵)؛ (Ghaderi, 2021: 215).

#### ۴-۳-۴- کاربرد انرژی هسته‌ای در عرصه صنایع

طی قرن‌ها، انسان از طریق مختلف نگهداری مواد خوراکی مازاد برای مدت معینی ابداع کرده است

<sup>1</sup>. Shining

که شامل: خشک کردن، نمک زدن، دود دادن، ترش نمودن، مخمر و قورمه کردن کنسرو کردن، انجماد و روش‌های دیگر که هر کدام با وجود سودمندی، مشکلات خاص خود را دارند. اما بهترین روش اشعه باران کردن مواد خوراکی به وسیله اشعه گاما است که اقدامی مقرون به صرفه، سالم و سریع بوده و نیز موجودات میکروسکوپی را نابود می‌سازد. به کمک اشعه بتا و یا اشعه ایکس می‌توان کلیه موجودات زنده از نوع میکروب را در مواد غذایی نابود کرد. حتی مواد غذایی بسته‌بندی شده در لفاف‌های فلزی و یا غیر فلزی را می‌توان گندزایی و تصفیه کرد.

برای نابودی کرم کدو در گوشت باید لاشه حیوان ذبح شده را در معرض تشعشع یک منبع رادیواکتیو قرار داد. اشعه رادیواکتیو انگل‌های گیاهی در زراعت را نابود می‌کند. اهمیت این روش در آن است که در زمانی کوتاه مقدار بسیار زیادی از محصول را می‌توان تصفیه و سالم کرد. بمباران مستقیم بعضی از گیاهان با مقدار معینی از ایزوتوپ‌های رادیواکتیور به رشد و نمو رسیدن گیاه کمک فراوانی می‌کند. مخصوصاً در مناطقی که تابستان کوتاهی دارند و گیاه فرصت کافی برای رسیدن ندارد، دارای اهمیت وافری است و مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی طرز عمل تشعشع به این گونه است که هنگامی که مواد غذایی تحت تابش اشعه رادیواکتیو قرار بگیرند، مقداری از اتم‌های آن که در مسیر تابش قرار گرفته، یونیزه می‌شوند. این امر باعث نابودی باکتری‌ها و دیگر موجودات میکروسکوپی می‌شود، ولی هیچ‌گونه اثر مضرى به مواد غذایی گذاشته نمی‌شود و آنها را رادیواکتیو نمی‌کند و فقط مقداری از ویتامین‌های آنها را از بین می‌برد، البته این مقدار کمتر از میزانی است که در اثر کنسرو و یا انجماد یا خشک کردن تلف می‌شود (قاسم پور، ۱۴۰۱: ۱۲۱)؛ (Ghasempour, 2022: 121).

در این حوزه می‌توان از مصادیق ذیل نام برد: اول، تهیه و تولید چشمه‌های پرتوزایی کبالت برای مصارف صنعتی؛ دوم، تولید چشمه‌ها ایریدیم برای کاربردهای صنعتی و بررسی جوش کاری در لوله‌های نفت و گاز؛ سوم، تولید چشمه‌های پرتوزا برای کاربردهای مختلف در علوم و صنعت از قبیل، طراحی و ساخت انواع سیستم‌های هسته‌ای برای کاربردهای صنعتی مانند سیستم‌های سطح سنجی، ضخامت سنجی و...؛ چهارم، اندازه‌گیری خاکستر ذغال سنگ؛ و پنجم، نشت‌یابی در لوله‌های انتقال نفت با استفاده از تکنیک هسته‌ای (تولایی، ۱۴۰۰: ۲۱۱)؛ (Tolai, 2021: 211).

### نتیجه‌گیری

معضلات و آسیب‌هایی که استفاده از فناوری هسته‌ای بر بیکره محیط زیست بشر وارد می‌آورد موجب گردیده تا جامعه جهانی به منظور ممنوعیت کاربرد غیرصلح‌آمیز به عنوان سلاح‌های هسته‌ای و نظارت بر استفاده صلح‌آمیز از این انرژی و همچنین محدود نمودن آلودگی‌های ناشی از آن سعی و کوشش وافر مبذول دارد. اولین شکل کاربرد این فناوری در تاریخ جامعه بشری خاطره بدی را در اذهان بشریت به جای گذاشت. در سال ۱۹۴۵ آمریکا برای اولین بار بم هسته‌ای را بر شهرهای هیروشیما و ناگازاکی افکند و تاثیرات غیرقابل جبرانی را بر محیط زیست بشری بر جای گذاشت خوشبختانه پس از آن حادثه تاکنون از سلاح‌های هسته‌ای استفاده نشده است. با اینکه اقدامات متعددی برای توسعه حقوق بین‌الملل قراردادی مرتبط با فعالیت‌ها اقدامات هسته‌ای صورت

گرفته است اما مساله کاربرد سلاح‌های هسته‌ای هنوز در قالب استراتژی نظامی محصور مانده و به همین دلیل حقوق بین‌الملل در خصوص ممنوعیت کاربرد این سلاح‌ها هنوز توانسته پاسخی قاطع داشته باشد.

همزیستی این فناوری با محیط زیست بشری با بهره‌گیری صلح‌آمیز از اهداف اقتصادی و دانش هسته‌ای و کاربردهای گسترده آن در حوزه‌های گوناگون مانند تولید برق «با نیروگاه اتمی» کاربرد در صنایع پزشکی و داروسازی و صنایع فلزی همچنین پرتودهی فرآورده‌های کشاورزی، انبار کردن و نگهداری کردن آن‌ها، نابودسازی باکتری‌های از بین برنده فرآورده‌های خوراکی به عنوان یکی از عناصر موثر در توسعه اقتصادی کشورها قلمداد می‌شود. گروهی معتقدند که این فناوری فقط دارای آثار منفی بر محیط زیست می‌باشد و اگر در جهانی نیز کارایی مثبت دارد بسیار ناچیز می‌باشد و با توجه به خطرات بالقوه ناشی از زباله‌ها و فضولات، آزمایشات و سلاح‌های هسته‌ای باید در فکر جمع‌آوری کاربردهای مختلف این انرژی حتی در مسیر صلح باشیم زیرا حوادثی بسیار گسترده مانند حادثه چرنوبیل در خلال استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای بوده است، منطقی به نظر می‌رسد که با توجه به آثار بسیار گسترده و مثبت استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای و همچنین کاهش روزافزون منابع فسیلی، با توجه به استانداردهای مشخص شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در چارچوب قرارداد فعالیت‌های هسته‌ای از این تکنولوژی به نحو احسن در جهت کاربرد صلح‌آمیز استفاده کرده و شاهد تاثیرات مثبت آن بر محیط زیست بشر باشیم.

### منابع فارسی

۱. امراللهی، ر. (۱۴۰۰). چشم‌انداز نیروگاه‌های هسته‌ای در جهان. تهران: انتشارات سازمان انرژی اتمی.
۲. برزویی، ح. (۱۴۰۰). جنبه‌های حفاظت محیط‌زیست در استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای. تهران: انتشارات سازمان محیط زیست.
۳. تولایی، م. (۱۴۰۰). کاربردهای صلح‌آمیز انرژی هسته‌ای. تهران: انتشارات گنج‌دانش.
۴. خزانه، ر. (۱۴۰۱). مروری بر کاربردهای فناوری هسته‌ای. تهران: نشر فرهنگ اسلامی.
۵. رضوانی، م. (۱۴۰۱). طب هسته‌ای و کاربردهای ایزوتوپ در پزشکی. تهران: انتشارات طب سنتی.
۶. دریایی، م. (۱۳۹۸). استفاده‌های صلح‌آمیز و غیرصلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای. فصلنامه سیاست خارجی، ۱۲۲(۱)، ۱۲۳-۱۵۰.
۷. صمدی، ع. (۱۴۰۱). زمین و زندگی. تهران: دفتر نشر فرهنگ اسلامی.
۸. قادری، س. (۱۴۰۰). کاربرد سلاح‌های هسته‌ای از دیدگاه حقوق بین‌الملل. تهران: انتشارات ارشد.
۹. دبیری، ف. (۱۳۹۶). وضعیت حقوقی استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای. فصلنامه انسان و محیط‌زیست، شماره ۱۶(۳)، ۱۱۶-۱۳۱.

۱۰. قاسم‌پور، ح. (۱۴۰۱). کاربرد انرژی هسته‌ای در صنایع غذایی. تهران: انتشارات فناوری علوم کشاورزی.
۱۱. کیس، ا. (۱۴۰۱). تفسیر منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای. مترجم، حسن حبیبی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۲. موسوی، ف. حاتمی، م. (۱۳۸۹). بررسی استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای در پرتو حقوق بین‌الملل، فصلنامه حقوق، مجله دانشکده حقوق و علوم سیاسی، ۳(۴۰)، ۳۵۵-۳۷۳.
۱۳. میرفخار، ح. (۱۴۰۱). نگاهی به تاریخچه انرژی هسته‌ای. تهران: انتشارات وزارت امور خارجه.
۱۴. نمایان، پ. معظمی، ش. (۱۳۹۹). حقوق مبارزه با تروریسم هسته‌ای در اسناد بین‌المللی. تهران: انتشارات دادگستر.
۱۵. نمایان، پ. (۱۴۰۰). شناخت و تبیین تحولات تقنینی کیفری بین‌المللی در قبال جرایم تروریستی هسته‌ای، فصلنامه تعالی حقوق، شماره ۱(۱۲)، ۸۰-۵۲.
۱۶. نمایان، پ. آقامحمدی، ا. (۱۳۹۹). سنجش موازین کیفری حقوق هسته‌ای در اسناد بین‌المللی، فصلنامه مطالعات روابط بین‌الملل، ۱۳(۵۱)، ۲۲۷-۱۹۷.

#### English References

1. Al W, McKnight (2018). *Nuclear weapons and their effects*. translated by Armin Sheikh Ebrahimi. Tehran: Islamic Azad University.
2. Alvin, M. (2019). *The Efforts of the Builders of the Atomic Age*. translated by Hossein Languid, Tehran: Ministry of Foreign Affairs.
3. Bonchek, B. (2020). *Kerry on Iran: We do Not Recognize a Right to Enrich*. The Washington Post.
4. Boyle, A. (2020). *Nuclear Energy & International Law*. An Environmental Perspective, BVIL.

#### Translated References to English

1. Al W, McKnight (2018). *Nuclear weapons and their effects*. translated by Armin Sheikh Ebrahimi. Tehran: Islamic Azad University.
2. Alvin, M. (2019). *The Efforts of the Builders of the Atomic Age*. translated by Hossein Languid, Tehran: Ministry of Foreign Affairs.
3. Amor Lehi, R. (2016). *Evolution and Prospects of Nuclear Power Plants in the World*. Tehran: Atomic Energy Organization of Iran. **(In Persian)**
4. Bonchek, B. (2020). *Kerry on Iran: We do Not Recognize a Right to Enrich*. The Washington Post.
5. Borzoi, H. (1400). *Aspects of environmental protection in the peaceful use of nuclear energy*. Tehran: Environmental Organization Publications. **(In Persian)**
6. Boyle, A. (2020). *Nuclear Energy & International Law*. An Environmental perspective,

BVIL.

7. Case, A. (2022). *Interpretation of the non-proliferation of nuclear weapons*. Translator, Hassan Habibi, Tehran: Tehran University Press. **(In Persian)**
8. Daribi, M. (2019). *Peaceful and non-peaceful use of nuclear energy*. Tehran: Information. **(In Persian)**
9. Daribi, M. (2019). Peaceful and non-peaceful uses of nuclear energy. *Foreign Policy Quarterly*, 22(1), 123-150. **(In Persian)**
10. Daubery, F. (2017). Legal status of peaceful use of nuclear energy. *Human and Environment Quarterly*, 16(3), 116-131. **(In Persian)**
11. Khazana, R. (2022). *An overview of nuclear technology applications*. Tehran: Islamic Culture Publication. **(In Persian)**
12. Mir Fakhar, Hussein (2020). *A look at the history of nuclear energy*, State Department. **(In Persian)**
13. Mousavi, F. Hatemi, M. (2010). Investigating the peaceful use of nuclear energy in the light of international law, *Law Quarterly. Journal of the Faculty of Law and Political Science*, No. 3(40), 373-355. **(In Persian)**
14. Naaman, P. (2020). Recognizing and explaining the evolution of international criminal law regarding nuclear terrorist crimes. *Tallah Al-Hark Quarterly*, No. 1(12), 52-80. **(In Persian)**
15. Naaman, P. Agha Mohammadi, A. (2019). Measuring the criminal standards of nuclear law in international documents. *International Relations Studies*, 51(13), 197-227. **(In Persian)**
16. Naaman, P. Moazzam, Sh. (2019). *Rights to fight nuclear terrorism in international documents*. Tehran: Judge Publications. **(In Persian)**
17. Qadri, S. (2021). *The use of nuclear weapons from the point of view of international law*. Tehran: Arshad Publications. **(In Persian)**
18. Qasmi pour, h. (2022). *Application of nuclear energy in food industry*. Tehran: Agricultural Science Technology Publications. **(In Persian)**
19. Rizwan, M. (2022). *Nuclear medicine and isotope applications in medicine*. Tehran: Traditional Medicine Publications. **(In Persian)**
20. Samed, A. (2022). *Earth and Life*. Tehran: Farhan Islamic Publishing House. **(In Persian)**
21. Tolani, M. (2021). *Peaceful applications of nuclear energy*. Tehran: Ganj Dhanesh Publications. **(In Persian)**