

بررسی چارچوب قانونی برای حفاظت از محیط‌زیست در فضای جو، ارائه راه کارهای مناسب برای پر کردن شکاف‌های قانونی

مهشید یراقی اصفهانی^{۱*}، حوریه حاجیان^۲

۱. دکترای حقوق بین الملل، دانشگاه برنل، لندن، انگلستان، عضو هیات علمی گروه حقوق بین‌الملل، دانشکده حقوق و الهیات، دانشگاه غیردولتی شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده حقوق و الهیات، دانشگاه غیر دولتی شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران

تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷

چکیده

بیش از پنجاه سال است که انسان به کاوش و اکتشاف در فضا پرداخته است و در این مدت، دستاوردهای چشمگیری در زمینه فضا و فضاوردی به دست آمده است. اما علی‌رغم پیشرفت‌های زیاد، چالش‌هایی نیز برای طبیعت و نیز انسان رخ داده است. یکی از این چالش‌ها زباله‌های تولید شده و یا انتقال داده شده به فضا هستند. این زباله‌ها آسیب‌های زیادی را برای محیط‌زیست فضا، کره زمین و انسان‌ها ایجاد کرده است. نبود قانون‌های مناسب و یا عدم کارایی این قانون‌ها مخصوصاً پیرامون چارچوب قوانین بین‌الملل، مسئولیت پذیرش و مسئولیت ایجاد زباله، مخصوصاً زباله‌های هسته‌ای سبب شده است که تهدیدهای موجود در سال‌های اخیر جدی‌تر شوند. هدف اصلی این مقاله بررسی شکاف‌های سیاستی و نیز قوانین موجود پیرامون زباله‌های فضایی با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی است. همچنین این مقاله سعی دارد راه‌حل‌هایی شامل انطباق با اصول حقوق محیط‌زیست، تعریف زباله‌های فضایی تحت قوانین بین‌المللی و یک روند اصلاحی برای پر کردن شکاف‌های قانونی موجود ارائه کند. بررسی شکاف‌های موجود نشان از نیاز به افزایش تلاش‌های موجود برای کاهش زباله‌های فضایی است. در انتها اتخاذ یک سیاست مشترک توسط دولت‌ها برای قبول زباله‌های فضایی و همچنین مسئولیت‌پذیری در قبال آن، امری ضروری به نظر می‌رسد.

کلیدواژه‌ها: زباله‌های فضایی، قانون فضایی، شکاف‌های قوانین فضایی، روش‌های حل اختلاف.

سرآغاز

وجود زباله‌های فضایی پیامد مستقیم فعالیت‌های انسان در فضای جو است. این تکه‌های زباله، اشیای غیرقابل کنترلی هستند که ساخته دست بشر در فضا است و در فضا رها شده‌اند؛ اما به جای تاثیر مفید، آسیب‌های بسیار جدی به محیط‌زیست و فضا می‌رساند. این زباله‌ها شامل مواردی نظیر ابزارهای گم شده توسط فضانوردان در طول مأموریت‌های خارج از سفینه، ماهواره‌های غیرفعال و قطعاتی که حاصل از رویدادهای تکه‌تکه شدن ماهواره هستند. (Degrange, 2019). این رویدادها ممکن است به صورت تصادفی - مانند برخوردهای غیرعمدی در مدار- یا حتی عمدی به علت آزمایش‌های تسلیحات هسته‌ای رخ دهند. این زباله‌ها با سرعت‌های بسیار خطرناکی به دور زمین می‌چرخند و رشد تصاعدی آنها هم پایداری فضای بیرونی زمین و هم ایمنی روی زمین را تهدید می‌کند. پاسخ به این مشکل چندین موضوع حقوقی و فنی را، از مسئولیت برای ایجاد زباله تا اجرا و قانونی بودن فرایند اصلاح قوانین موجود در این زمینه مطرح می‌کند (زارع و همکاران، ۱۳۹۸).

در حال حاضر، حقوق بین‌الملل هرگونه فرایندی که سبب آلودگی مضر فضای بیرونی شود را ممنوع می‌نماید. با این حال، معاهده‌های فضایی فعلی، زباله‌های فضایی را تعریف، آدرس‌دهی یا حتی تعریف نمی‌کنند. از یک طرف، گسترش فعالیت‌های انسان از زمین به فضا، نیاز به انطباق اصول قوانین محیطی را به منظور پر کردن خلأهای موجود در سیاست فعلی قانون فضایی نشان می‌دهد. بنابراین، این مقاله به بررسی شکاف‌های سیاستی در حوزه زباله‌های فضایی و همچنین ارائه توصیه‌هایی در مورد چگونگی رفع این شکاف‌ها توسط جامعه بین‌المللی می‌پردازد. همچنین، این مقاله به بررسی زباله‌های مداری، چارچوب قانونی فعلی، و سیاست‌های مرتبط با آن‌ها و راه‌حلی برای حل مسائل موجود در چارچوب قانونی و سیاست‌های کنونی اختصاص می‌دهد.

زباله‌های فضایی: اعداد و رویدادهای تاریخی

از زمان اولین پرتاب اسپوتنیک^(۱) در سال ۱۹۵۷ که بدنه موشک به اولین قطعه زباله فضایی تبدیل شد، تعداد زباله‌های فضایی به طرز چشم‌گیری افزایش یافته است. یکی از آزمایش‌هایی که به تنهایی تعداد اجرام فضایی قابل ردیابی را تا ۲۵ درصد افزایش داد

«مأموریت شاکتی»^(۲) می‌باشد. در ۲۷ مارس ۲۰۱۹، هند یک سلاح ضد ماهواره (ASAT) را آزمایش کرد که هدف آزمایش، ماهواره‌ای بود که در مدار پایین زمین قرار داشت و با سلاح کینتیک^(۳) مورد اصابت قرار گرفت. این آزمایش باعث ایجاد نگرانی‌هایی در مورد ایجاد زباله‌های فضایی شد. دولت هند سعی کرد این نگرانی‌ها را با گفتن این که زباله‌های تولید شده از این آزمایش برای مدت طولانی دوام نمی‌آورد، برطرف کند. اما به گفته کلسو^(۴)، اختر دینامیک، تا ۲۶ سپتامبر ۲۰۱۹، ۵۰ قطعه زباله ردیابی شده در مدار همچنان وجود داشت (Sachdeva, 2023). یکی دیگر از این رویدادها، برخورد یکی از ماهواره‌های نظامی قدیمی روسیه با دستگاه ارتباطی Iridium Sat Elite در تاریخ ۱۰ فوریه ۲۰۰۹ است. این برخورد بیش از ۲۰۰/۰۰۰ قطعه زباله فضایی را به وجود آورد و اولین برخورد ماهواره‌ها بدون دخالت انسانی در فضا بود (Wyatt & Lampkin, 2023). همچنین، برآوردها نشان می‌دهد که تعداد جسم‌هایی با اندازه‌های بین ۱ میلی‌متر تا ۱ سانتی‌متر در مدارها حدود ۱۲۸ میلیون قطعه است. و مهم‌تر از همه، دانشمندان به وضوح هشدار داده‌اند که این آمارها و اعداد فقط در حال افزایش خواهند بود، حتی اگر هیچ اقدامی برای افزایش این تعداد اعمال نشود.

دسترسی به منابع فضایی با وجود زباله فضایی خطرناک، چالش‌ها و تهدیداتی را هم برای زمین و هم برای فضا ایجاد می‌کنند. با توجه به افزایش دسترسی به فضا و منابع فضایی، زباله‌های مداری می‌تواند بزرگترین خطر را برای مأموریت‌های فضایی فعلی و آینده ایجاد کنند. سازمان فضایی ایالات متحده (ناسا) اعلام کرده است که بیشتر زباله‌های فضایی می‌توانند با سرعتی تا ۸۰۴۶/۷۲ متر در ثانیه (تقریباً ۷ برابر سرعت یک گلوله) حرکت کنند که به اندازه‌ای سریع است که قطعات نسبتاً کوچکی از زباله‌های مداری می‌توانند به فضاپیما یا ماهواره‌ها آسیب‌های جدی وارد کنند (Bongers & Torres, 2023).

بیشتر جمعیت جهان به فناوری‌ها و برنامه‌های ماهواره‌ای تکیه می‌کنند. این فناوری‌ها از اهمیت بالایی برخوردارند و کاربردهای اساسی بسیاری را شامل می‌شوند؛ از جمله ارتباطات، عکس‌برداری و نقشه‌برداری، سنجش از دور و سیستم‌های جغرافیایی (که برای مطالعات جغرافیایی ضروری هستند)، پیش‌بینی آب و هوا، سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی و صنعت دفاعی (Ansdell, 2010). وقتی قطعات زباله فضایی افزایش

ملل) در مورد کاهش زباله‌های فضایی نیز از جمله تلاش‌های کلیدی بین‌المللی است که در تلاش برای مهار زباله‌های فضایی است (Sheetz, 2020). به عنوان مثال، قطعنامه‌ای در سال ۲۰۰۷ (۱۱۷/۶۲) به تصویب رسید که دارای ۷ دستورالعمل می‌باشد که عبارتند از:

- محدود کردن زباله‌های رها شده در طول عملیات‌های فضاپیما/مدار
- کاهش احتمال برخورد تصادفی در مدار
- پیشگیری از تخریب عمدی و فعالیت‌های مخرب
- کاهش خطرات پس از پایان مأموریت مراحل اجرای ماهواره‌ها
- محدود کردن حضور طولانی‌مدت فضاپیماها در مدارها
- مراحل مداری وسایل نقلیه پرتاب در منطقه LEO
- تعیین محدوده مدار زمین کروی ژئوسین پس از پایان مأموریت

با این حال، پاکسازی زباله‌های فضایی همچنان چالش‌ها و مسائل حقوقی، فنی و سیاسی خاصی را ایجاد می‌کند. معاهدات ارائه شده تاکنون ممکن است منسوخ شده باشند و از بسیاری جهات قادر به رسیدگی به مسائل معاصر ناشی از زباله‌های فضایی نباشند (Carter, 2023).

برخی از سازمان‌ها و دستگاه‌های مستقیم یا غیرمستقیم به زباله‌های فضایی رسیدگی می‌کنند، اما قوانین مرتبط با آنها دارای نقاط ضعف و چالشی هستند و نمی‌توانند تعهدات الزام‌آوری برای دولت‌ها ایجاد کنند (کوشا، ۱۳۹۶).

برای ایجاد یک قانون کنترل‌کننده یا ممانعت‌کننده مؤثر، تعریف کاربردی و روشن از زباله‌ها ضروری است. در حال حاضر، هیچ پیمان فضایی بیرونی و هم‌کنوانسیون ثبت، حقوق نجات در فضا را به رسمیت نمی‌شناسند. این مسئله موجب می‌شود که یک شی فضایی در مالکیت حالت پرتاب خود باقی بماند و جابجایی یا حذف آن بدون اجازه از کشور پرتاب غیرقانونی باشد. با ایجاد تعریف‌های روشن در مورد اجرام فضایی و زباله‌ها، جامعه بین‌المللی می‌تواند سیاست‌هایی را ایجاد کند که به پاکسازی زباله‌های فضایی پشتیبانی کنند. (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۸).

همچنین، قوانین الزام‌آور فضایی بین‌المللی بسیار مبهم هستند و نمی‌توانند به درستی برای رسیدگی به موضوع زباله‌های فضایی تطبیق داده شوند. ماده نهم معاهده فضای

می‌یابد، نه تنها برای مسیرهای مداری این ماهواره‌ها، بلکه برای گستره عملیاتی آنها نیز به دلیل برخوردهای احتمالی، تهدید بزرگی هستند.

با افزایش قطعات زباله‌های فضایی، مأموریت‌های فضایی نه تنها برای مسیرهای مداری این ماهواره‌ها بلکه برای کارکرد و گستره عملیاتی آنها نیز به دلیل برخوردهای احتمالی با خطر مواجه می‌شوند. در همین راستا، زباله‌ها نیز بر ایمنی انسان در فضا تأثیر می‌گذارد. چشم انداز حضور بیشتر انسان در مدار هر روز واقع بینانه تر می‌شود. سازمان‌ها در حال برنامه ریزی مأموریت‌های فضایی برای گردشگری هستند (Shakilyan, 2021). به عنوان مثال، شرکت‌هایی همچون اسپیس ایکس و ویرجین گالاکتیک^(۵) قصد دارند در اوایل دهه ۲۰۲۰ پروازهای مسافران خصوصی به فضا را آغاز کنند (Lampkin, 2023). علاوه بر این، مأموریت‌های سرنشین‌دار فعلی مانند ایستگاه فضایی بین‌المللی^(۶) همیشه در معرض موقعیت‌های خطرناک مواجه با زباله‌های فضایی هستند. به همین علت است که ISS در سال ۲۰۲۰ سه مانور آمادگی برای برخورد با زباله‌هایی فضایی انجام داده است (Bielicki, 2020).

علاوه بر اثرات زباله‌های فضایی بر فضا، خطر مستقیمی نیز برای زمین وجود دارد. اقلام بزرگ از فضا می‌توانند بدون سوختن کامل در اتمسفر با موفقیت به سطح زمین بازگردند و این می‌تواند منجر به آلودگی هسته ای سطح زمین شود (Sachdeva, 2023). رویدادهای سقوط زباله‌های فضایی به زمین نشان می‌دهد که این موضوع نیازمند توجه جدی است. ممکن است زباله‌ها در مناطق پرجمعیت، مزارع، یا نزدیک به نقاط حساس زندگی قرار گیرند.^(۷) از این رو به دلیل خطرات فوق، نیاز به کارهای پژوهشی و عملی جهت مدیریت و کنترل زباله‌های فضایی وجود دارد (اژدری مقدم و همکاران، ۱۴۰۱).

اقدامات در زمینه کاهش و اصلاح زباله‌های فضایی

در گذشته تا کنون، برای مهار و کاهش زباله‌های فضایی، دستورالعمل‌ها، سیاست‌ها، قوانین و مقررات متعددی وضع شده است. یکی از مهمترین دستورالعمل‌ها، دستورالعمل‌های کاهش زباله‌های فضایی بین‌المللی (IADC)^(۸) است که توسط کمیته هماهنگی زباله‌های فضایی در سال ۲۰۰۲ ارائه داده شد (Vijayraghavan et al, 2023).

در همین راستا، دستورالعمل‌های سازمان ملل متحد (سازمان

ارائه می‌دهد (شریفی طرازکوهی و تاج آبادی، ۱۳۹۲). اگرچه کنوانسیون مسئولیت فضایی به برخی جنبه‌های فعالیت‌های فضایی و پیامدهای ممکن آنها پرداخته است، اما به طور کامل به مدیریت یا کاهش زباله‌های فضایی نپرداخته است.

منافع امنیتی کشورها در اشیاء فضایی و زباله‌های آن وجود دارد. استفاده دوگانه یا جایگزین همواره چالشی برای اشیاء فضایی کاربردی و غیرعملکردی به حساب می‌آید. همچنین، در زمینه حذف زباله‌ها، خطر نظامی‌سازی فناوری‌های به کار رفته برای پاک‌سازی زباله‌ها وجود دارد، زیرا همان فناوری ممکن است برای از کار انداختن اشیاء فضایی کاربردی نیز به کار گرفته شود (Taylor, 2006). علاوه بر این، برخی کشورها ممکن است نیاز به ارائه اطلاعات حساس مرتبط با زباله‌های خود به عنوان بخشی از فرآیند پاک‌سازی داشته باشند، و برخی دیگر از زباله‌ها ممکن است هنوز حاوی اطلاعات طبقه‌بندی شده صنعتی یا نظامی مقام پرتاب‌کننده آن کشور باشند. به همین دلیل، سوءظن و عدم اعتماد به برنامه‌های حذف زباله‌های فضایی همچنان در میان دولت‌ها وجود دارد (Button, 2012).

تأمین مالی برای مراحل اصلاح قوانین زباله‌های فضایی یکی از موانع مهم است که باید به آن پرداخته شود. این موضوع نشان‌دهنده واقعیتی است که سطوح مختلفی از زباله‌ها و اشیاء فضایی در فضا وجود دارند. نگرانی در اینجا از این واقعیت به وجود آمده که سه کشور فضا‌نورد، یعنی چین، ایالات متحده و روسیه به ترتیب با درصدهای ۴۲ درصد، ۲۷/۵ درصد و ۲۵/۵ درصد در تشکیل تجمع زباله‌ها در فضا دخیل بوده‌اند (Hobe, 2007).

یکی از سوالات کلیدی در این موضوع این است که جامعه بین‌المللی چگونه قصد دارد هزینه‌های پاک‌سازی زباله‌ها را تأمین کند؟ آیا این هزینه‌ها باید تنها بر عهده کشورهای فضاپیما باشد؟ و چگونه باید هزینه‌ها بین دولت‌ها تقسیم شوند؟

بنابراین، مانع اصلی در راه حذف و پیشگیری از زباله‌های فضایی فقدان یک قانون بین‌المللی الزام‌آور و جامع است. برای حل این چالش، لازم است یک قانون بین‌المللی الزام‌آور و جامع ارائه شود که مفاهیمی همچون تعریف دقیق زباله‌های فضایی، اعمال اصول قانون محیطی در فضا، تدابیر حذف و

ماورای جو دولت‌ها را موظف می‌کند که از آلودگی مضر فضای بیرونی خودداری کنند، اما این مقرر میزان آلودگی مضر را پیش‌بینی نمی‌کند و هیچ مکانیسمی را برای متحمل کردن دولت‌ها در صورت نقض این ماده ایجاد نمی‌کند، مگر اینکه طرفین به توافق برسند (Viikari, 2008).

در حال حاضر، قوانین بین‌المللی مرتبط با فضای بیرون‌جو، به نظر می‌رسد بیش از حد دولت‌محور و ناکافی هستند. این وضعیت می‌تواند موانع و چالش‌های مرتبط با حفظ محیط‌زیست فضا را ایجاد کند. قوانین ملی که بر فعالیت‌های فضایی حاکمیت دارند، به تنهایی قادر به تحقق نوآوری کارآفرینی و پیشرفت در این حوزه نیستند. بنابراین، لازم است که تغییرات و بهبودهایی در این قوانین صورت بگیرد (Carns, 2023).

در جهت کسب درآمد و ایجاد شغل‌های پایدار در صنعت فضایی، تمرکز بر خصوصی‌سازی پروازهای فضایی خارجی و تشکیل سازمان‌های مرتبطه توسط ایالات متحده انجام شده است. اما، این فرآیند نیازمند مسئولیت‌پذیری و تعهد شرکت‌های حمل و نقل فضایی به اصلاح و کاهش زباله‌های فضایی است. این شرکت‌ها باید بخشی از سیاست‌ها و استراتژی‌هایی باشند که به طور عادلانه مسئولیت‌های پیشگیری و مدیریت زباله‌های فضایی را در صنعت فضایی تقسیم کند و نقش بخش خصوصی را در این زمینه تحت تأکید قرار دهد (علاقه‌بند حسینی و امین‌زاد، ۱۳۹۶).

علاوه بر این، کنوانسیون مسئولیت فضایی ۱۹۷۲ موضوع مسئولیت در فضا را دچار آشفتگی بیشتر کرده است. در اصل این کنوانسیون بر این تمرکز دارد که مسئولیت دولت‌ها را در قبال خسارت‌های ناشی از اشیاء فضایی تعیین نماید. با این حال، این کنوانسیون به طور خاص به مسئله زباله‌های فضایی نمی‌پردازد.

هدف اصلی این کنوانسیون تعیین قواعد و اصول مرتبط با مسئولیت دولت‌ها در قبال خسارت‌های ناشی از اشیاء فضایی در زمین و فضا است. این کنوانسیون مسئولیت یک دولت پرتاب‌کننده را برای هر گونه خسارتی که اشیاء فضایی آن ممکن است به دیگر دولت‌ها یا اشیاء فضایی آنها وارد کند، تعیین می‌نماید. همچنین، این کنوانسیون شرایطی را تعیین می‌کند که طبق آنها دولت پرتاب‌کننده برای خسارت مسئول خواهد بود و اصولی را برای ارزیابی میزان جبران خسارت‌ها

تدوین یک تعریف دقیق و کاربردی از زباله هلی فضایی بسیار الزامی است. این تعریف باید ابعاد مختلفی از زباله‌های فضایی را در بر گیرد، از جمله طبقه‌بندی و شناسایی انواع مختلف آنها، معیارهای مشخص برای تشخیص و شناسایی زباله‌های فضایی از اشیاء فضایی کاربردی، و تدابیر اصولی برای کنترل و مدیریت بهینه این پدیده پیچیده باشد. علاوه بر این، مشخص نمودن مسئولیت دولت‌ها نسبت به زباله‌های فضایی، و امکان اعتراض دولت‌ها نسبت به برداشت زباله فضایی توسط اشخاص ثالث یا امکان درخواست بازگرداندن زباله فضایی به دولت پرتاب‌کننده، نیز از مستلزمات اساسی در این زمینه است (Rao et al., 2023). در نتیجه، ایجاد تعریف کاربردی، عملی و یکپارچه از زباله‌های فضایی امری بسیار اساسی است تا بتوان به صورت کامل و کارآمد به مدیریت و کنترل این پدیده پرداخت و از منابع فضایی بهره‌برداری امن و پایداری را تضمین نمود.

• بهبود سیاست مسئولیت‌پذیری و مسئولیت تحت قوانین بین‌المللی فضایی
برای این منظور، مفاهیم تقصیر و سهل‌انگاری باید به صورت روشن و دقیق در ارتباط با کنوانسیون مسئولیت تعریف شوند. بسیاری از محققان اعتقاد دارند که این مفاهیم باید با تأکید بر رعایت آیین‌نامه‌ها و قوانین ترافیک فضایی تفسیر شوند. در نتیجه، در این ابزار، نیاز به بحث و بررسی قوانین یکپارچه رفتار و قوانین ترافیک مداری نیز وجود دارد. سیاست‌های کاهش ریسک، تلاش‌ها برای ردیابی اجسام و زباله‌ها، و دستورالعمل‌های مربوط به مشخصات ماهواره نیز باید به صورت یکپارچه اجرا شوند (Jones, 2023).
تطابق سیاست‌های هوا و فضا با قوانین ترافیک فضایی به دلیل سرعت بسیار بالای حرکت اجسام در فضا می‌تواند چالش برانگیز باشد. در صورتی که همه اشیاء فضایی قابل کشتیرانی در دسترسی به فضای بیرونی از قوانین یکسان ترافیکی پیروی کنند، خطر برخورد را می‌توان به حداقل رساند. استفاده از استانداردهای یکپارچه پروازهای فضایی به عنوان یک استراتژی مشترک بین‌المللی، مزیت‌هایی دارد. با اجرای این استانداردها، تمام اجرام فضایی مجبور به رعایت قوانین یکسانی هستند تا از برخورد با سایر اجرام هدایت‌پذیر و اجرام هدایت‌ناپذیر و معلق جلوگیری کنند.
این سند همچنین باید یکپارچه سازی اشیاء جهانی و برنامه‌های

جلوگیری از تشکیل زباله‌های فضایی، مدیریت بهتر ترافیک فضایی، مفهوم روشنی از خطا و مسئولیت‌پذیری، و سیاست‌های مرتبط با علیت را شامل شود.

راهکاری برای اصلاح و کاهش زباله‌های فضایی

مذاکره برای یک سند بین‌المللی الزام‌آور در حفظ محیط فضایی بیرون از جو با توجه به عدم قطعیت عملکرد قوانین فضایی بین‌المللی موجود در رابطه با موضوع زباله‌های فضایی، جنبه مهم و ضروری دارد. تا زمانی که مفهوم مسئولیت، مالکیت، علت و سهل‌انگاری به وضوح در زمینه فضایی تعریف نشده باشد و زباله‌های فضایی به طور نهادی شناخته نشده باشند، انگیزه‌ای برای اقدام بیشتر وجود نخواهد داشت. از این رو، توصیه می‌شود که یک سند بین‌المللی الزام‌آور برای پر کردن شکاف‌های موجود در چشم‌انداز سیاست فعلی درباره زباله‌های فضایی مورد مذاکره قرار گیرد. در این سند باید به ویژه به موارد زیر توجه شود:

• تعریف کاربردی، عملی و یکپارچه از زباله‌های فضایی
تعریف دقیق و یکپارچه زباله‌های فضایی یکی از چالش‌های مهم در حوزه فضا محسوب می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده تنوع و گوناگونی تفسیرات مختلف این مفهوم است که تا کنون نهادها و سازمان‌های مختلف در حوزه حقوق بین‌الملل، از جمله انجمن حقوق بین‌الملل، هنوز به ارائه یک تعریف قطعی و بیانیه‌ای در مورد زباله‌های فضایی نپرداخته‌اند.
اصطلاح «اشیاء فضایی» شامل همه اجسام ساخته دست بشر است که در فضا حضور دارند، از جمله ماهواره‌ها، موشک‌ها و فضاپیماها. از سوی دیگر، «زباله‌های فضایی» تمامی اشیاء فضایی را شامل می‌شود که دیگر به درستی عملکردی ندارند یا نیاز به از کارافتادن دارند، نظیر ماهواره‌های منقضی، بخش‌های سوخت‌خالی موشک‌ها، تکه‌های متحرک حاصل از تصادم‌ها و انفجارها. بنابراین، تعیین تمایز بین این دو دسته از اشیاء فضایی بسیار حیاتی است. اجرای سیاست‌های مرتبط با مدیریت و کاهش زباله‌های فضایی به نحو مؤثر نیازمند تشخیص دقیق و جدپذیری بین این دو موضوع است. عدم وجود تعریف کلان و قابل قبول در این زمینه از موانع اصلی است که جلوی ایجاد چارچوب سیاستی جامع و هماهنگ برای مدیریت کارآمد زباله‌های فضایی را می‌گیرد.
با توجه به اهمیت و پیچیدگی موضوع زباله‌های فضایی، نیاز به

«تصمیمات تنها در صورت توافق طرفین نهایی و لازم الاجرا هستند». مانع انطباق با هر سند الزام آور معرفی شده است. برای غلبه بر این موضوع، پیش نویس کنوانسیون IIA در مورد حل و فصل اختلافات در فضا، انواع روش‌های غیرالزام آور و الزام آور را برای طرفین منازعه فراهم می‌کند تا از آنها استفاده کنند، و در نهایت حل و فصل اختلاف شخص ثالث اجباری را پیش‌بینی کرده و داوری را به عنوان روش فرعی ترجیحی تجویز می‌کند (Taylor, 2006).

در نهایت، پیشنهاد می‌شود که آرای داوری مربوط به موضوعات فضایی الزام آور تلقی شوند و چنین مکانیسم حل اختلاف باید برای احزاب خصوصی نیز با توجه به اهمیت فعلی آنها در صنعت فضایی فعلی قابل دسترسی باشد. علاوه بر موارد فوق، این ابزار باید مشارکت شرکت‌های خصوصی و افراد در اکتشاف و بهره‌برداری از فضا را نیز در نظر بگیرد. شرکت‌های فضاپیما باید بخشی از سیاستی باشند که مسئولیت‌های پیشگیری و اصلاح زباله‌ها را به طور عادلانه تقسیم می‌کند و به نحوی که نقش بخش خصوصی در صنعت فضایی را منعکس می‌کند.

• انطباق با اصول حقوق محیط‌زیست

اغلب اوقات، در حمایت از اهمیت حفاظت از محیط‌زیست، بخش‌هایی از محیط‌زیست که میراث مشترک بشر است، مورد حمایت قرار گرفته است. برخی از آنها اقیانوس‌های جهان هستند. در مورد اقیانوس‌ها، ماده کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد حقوق دریاهای بیان می‌کند که بستر دریا، زیر خاک و منابع آن خارج از صلاحیت سرزمینی دولت‌ها میراث مشترک بشریت است. این بدان معناست که چنین مناطقی به طور مشترک در اختیار همه بشر هستند و باید به شیوه‌ای پایدار برای محافظت از آنها برای نسل‌های آینده استفاده شوند (Larsen, 2018).

در همین راستا، فضا میراث مشترک بشریت است یا حداقل باید آن را چنین تلقی کرد. با توجه به اهمیت فضا به عنوان میراث مشترک بشر، یک سیاست حقوقی مناسب باید اصول قانون محیط‌زیست قابل اجرا بر روی زمین را به فضا گسترش دهد. این باید شامل اصل احتیاط، اصل آلاینده‌ها پرداخت، اصل آسیب فرامرزی، ارزیابی اثرات روانی محیط‌زیست و غیره باشد. باید در نظر داشت، مدیریت و کنترل زباله‌ها و منابع آلاینده در فضا بسیار حیاتی است زیرا این اقدامات موجب حفظ منابع محدود فضایی و محیط‌زیست فضایی و جلوگیری از تهدید بهداشتی و امنیتی بشر

ردیابی زباله را در نظر بگیرد. بدیهی است که این امر هم برای اجتناب از برخورد و هم برای مدیریت صحیح سیاست مسئولیت ضروری است. از این رو، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های ردیابی موجود و آینده باید یکپارچه شده و در سطح جهانی قابل دسترسی باشند. این استانداردسازی باید به الزامات فنی ماهواره‌ها و عملکرد آنها نیز تعمیم یابد (دقیقاً مانند استانداردهای پرواز سازمان بین‌المللی هواپیمایی کشوری). به ویژه، پرتاب‌ها باید هم مکانیسم‌های جلوگیری از برخورد و هم یک طرح قابل اجرا برای دفع پس از ارسال را شامل شود. مک نایت پیشنهاد می‌کند که همه ماهواره‌های بیش از ۴۰۰ کیلومتر باید قابلیت جلوگیری از برخورد ضربانی را داشته باشند (Tallis, 2015).

علاوه بر این، اگرچه استدلال شده است که آستانه قانون نرم زمان مداری ۲۵ ساله پس از ماموریت باید به ۵ سال کاهش یابد، مک نایت خاطرنشان می‌کند که کاهش قانون ۲۵ ساله به عنوان مثال، فقط به یک قانون ۵ ساله منجر به کاهش ۱۰ درصدی دیگر طی ۲۰۰ سال می‌شود که از نظر آماری ناچیز است. همه این کدهای رفتاری و استانداردسازی را می‌توان از طریق تلاش‌های مشترک نهادهایی مانند کمیته سازمان ملل متحد در استفاده صلح‌آمیز از فضا (UNCOUPOUS)^(۸)، اتحادیه بین‌المللی مخابرات (ITU)^(۱۰) و IADC مورد مذاکره قرار داد و برای جلوگیری از انجماد سیاست‌های پیشنهادی، قوانین باید در معرض تجدید نظر دوره ای قرار گیرند.

• ارتقا در پایبندی به «پیمان ثبت جزئیات اجسام پرتاب‌شده به فضا»

این کنوانسیون به اپراتورهای دولتی و غیردولتی اجازه می‌دهد تا پارامترهای مداری خود را با وضعیت پرتاب خود گزارش دهند، به گونه‌ای که مکان آن‌ها مشخص شود، به طوری که از برخورد با آنها و ماهواره‌های جدیدی که در مکان‌های مداری غیر متعارض قرار گرفته‌اند، جلوگیری شود. فرآیند ثبت نام یک مسیر بالقوه برای جلوگیری از اقدامات خطرناک در فضا است. از این رو، دولت‌ها باید ثبت نام‌های خود را بررسی کنند و اطلاعاتی در مورد وضعیت ماموریت‌های فضایی گذشته و فعلی خود ارائه دهند.

• بازنگری در مکانیسم حل و فصل اختلافات فضایی
نکته قابل توجه، یکی از موضوعات مهم در حل و فصل اختلافات تحت سیاست فعلی این است که طبق کنوانسیون مسئولیت،

اصل آلاینده

اصل آلاینده به عنوان «یک سیاست اقتصادی برای تخصیص هزینه‌های آلودگی یا آسیب‌های محیط‌زیستی توسط مقامات دولتی» با «پیامدهایی برای توسعه قوانین بین‌المللی و ملی در مورد مسئولیت در قبال خسارت» در ماده ۱۶ اعلامیه ریو به ثبت رسیده است. با این حال، نیاز به توسعه این اصل به فضای بیرونی احساس می‌شود.

به طور کلی، هر دولت یا نهادی که موجب ایجاد زباله‌های فضایی می‌شود، مسئولیت پاکسازی این زباله‌ها را بر عهده دارد. برای اجرای این اصل در فضا، لازم است یک سند بین‌المللی تدوین شود که مسئولیت ایجاد زباله‌های فضایی را به درستی نسبت به دولت یا نهادی که این زباله‌ها ایجاد می‌کند، تعیین کند. این تدوین از دو جنبه برای بهبود محیط فضایی بهره‌مند است. ابتدا، ایجاد یک ساختار بازدارنده باعث می‌شود فضایی‌ها آگاهی بهتری از آسیب‌های محیط‌زیستی پیدا کنند و از ایجاد آلودگی زیستی جلوگیری شود. همچنین، ایجاد راه‌حل‌های واقعی برای تخصیص بودجه به منظور مدیریت و پاکسازی هر زباله‌فضایی ایجاد شده، به توسعه فضای پایدار کمک می‌کند.

لزوم ارزیابی اثرات محیط‌زیستی

الزام ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در اصل ۱۷ اعلامیه آمده است. این اصل مقرر می‌دارد:

«ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، به‌عنوان یک ابزار ملی، باید برای فعالیت‌های پیشنهادی که احتمالاً تأثیر نامطلوب قابل‌توجهی بر محیط‌زیست داشته باشد و منوط به تصمیم یک مقام ملی صالح است، انجام شود».

به منظور جلوگیری از اثرات مخرب محتمل بر محیط‌زیست، قبل از هرگونه فعالیتی که ممکن است بر فضای بیرونی تأثیر بگذارد، باید ارزیابی محیط‌زیستی دقیقی انجام شود تا تأثیرات آن مشخص شود. این فرآیند ارزیابی امکان بررسی دقیق و منظم محیط را در زمان تصمیم‌گیری فراهم می‌کند.

سند EC 85/337/EEC40 اولین سند بین‌المللی بوده است که اصل موردنظر را به رسمیت شناخته است. این سند نیز توصیه دارد که هر فعالیتی که قرار است در فضا انجام شود، باید به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نیازمند باشد تا اثرات دقیق این فعالیت بر فضای بیرونی به طور کامل مشخص گردد. بنابراین، پس از انجام چنین ارزیابی‌هایی، تصمیم‌گیری‌ها باید براساس نتایج این

می‌شود. این تدابیر می‌توانند اثرات منفی را در زمینه استفاده از فضا به حداقل برسانند و امکان بهره‌برداری پایدار از این منبع را به نسل‌های آینده تضمین کنند.

اصل احتیاط

انسان طبیعتاً به دنبال بهره‌برداری از منابع اطراف برای اهداف خود است، بدون آن که اثرات استفاده را به طور کامل در نظر بگیرد. با این حال، با درک این واقعیت که محیط‌زیست بر کل انسان تأثیر می‌گذارد، فرهنگ استفاده پایدار در حال توسعه است. یک جنبه از استفاده پایدار، اصل احتیاط است. در مواجهه با عدم قطعیت در مورد محیط‌زیست یا اثرات یک فعالیت بر محیط‌زیست، یک رویکرد احتیاطی باید اتخاذ شود.

تطبيق اصل احتیاط در فضا نیز اهمیت دارد، همان‌طور که در حوزه حقوق بین‌الملل عرفی نیز شناخته شده است. اصل احتیاط مستلزم این است که «زمانی که فعالیتی تهدیدی برای سلامت انسان یا محیط‌زیست ایجاد می‌کند، حتی اگر برخی از روابط علت و معلولی به طور کامل علمی ثابت نشده باشند، باید اقدامات پیشگیرانه انجام شود».

این اصل مؤید آن است که اقدامات پیشگیرانه همواره موثرتر از انتظار برای درمان مشکلات هستند. بهتر است قبل از وجود شواهد علمی قطعی، اقدامات مناسبی برای جلوگیری از اثرات ضررآور بر محیط‌زیست صورت گیرد. هنگامی که احتمال واقعی تأثیر منفی فعالیت بر محیط‌زیست وجود دارد، مسئولیت اثبات عدم تأثیر جدی بر محیط‌زیست بر عهده کسی است که می‌خواهد فعالیت جدیدی را معرفی کند. لازم است که تهدید جدی یا غیرقابل برگشت باشد تا اصل احتیاط اعمال شود. (Kuehn, 2023) اصول احتیاط و پیشگیری به عنوان بخشی از حقوق عرفی بین‌المللی تأسیس شده‌اند، اما اعمال این اصول در فضای ماوراء جو نه تنها به سادگی نیست. همان‌طور که در قانون متعارف محیط‌زیست آمده است، توجه به این نکته اساسی است که هر کشوری که در اکتشافات فضایی دخالت دارد، مسئول تولید زباله‌های فضایی است (Schaefer, 2012). اکتشاف فضا بدون ایجاد زباله تقریباً غیرممکن است. از این رو، ضروری است که معیارهای مجاز برای مدیریت زباله‌های فضایی به دقت شناسایی و تعیین گردند و ایجاد زباله‌های فضایی فراتر از این معیارها، به معنای نقض اصل احتیاط است و باید در یک سند بین‌المللی به‌درستی شناسایی و تثبیت شود.

سیاست‌های مرتبط با حذف زباله‌های فضایی باید با در نظر گرفتن نیازهای مختلف کشورها، مشخص کند که کدام ارگان‌ها یا سازمان‌ها مسئولیت آواربرداری از فضا را به عهده خواهند گرفت. این امر، نه تنها منافع مختلف کشورها در زمینه زباله‌ها و اشیاء فضایی را در نظر می‌گیرد، بلکه مسئله احتمالی حمل و نقل اطلاعات نظامی که برخی زباله‌ها ممکن است در بر داشته باشند را هم مد نظر قرار می‌دهد. هرچند تلاش‌های مشترک دولت‌ها در راستای حذف زباله‌ها، زمینه مناسبی را برای نظارت کافی فراهم خواهد کرد، بخش خصوصی نیز از طریق مداخله در این امر می‌تواند نقش مهمی در این زمینه ایفا نماید. از این جهت، ایجاد انگیزه برای مشارکت بازیگران خصوصی در فرآیند حذف زباله‌های فضایی ممکن است از طریق تکامل حقوق بین‌الملل به وجود آید، به نحوی که علاوه بر حفظ محیط‌زیست، حذف زباله‌ها به عنوان فرصتی برای تجاری‌سازی نیز مطرح شود.

به‌علاوه، به منظور تضمین مدیریت مؤثر زباله‌ها، رویکردی جامع در حوزه برنامه‌ریزی باید اتخاذ شود. تعیین تعداد مشخصی از زباله‌ها جهت حذف در طی یک بازه زمانی معین، تنها یکی از جنبه‌های این رویکرد می‌باشد. همچنین، این برنامه‌ریزی‌ها باید با در نظر گرفتن سطح خطر ناشی از هر یک از اقسام زباله‌ها انجام گیرد. در پایان، مسئله تامین منابع مالی نیز باید به‌عنوان یک چالش اساسی در دستور کار قرار گیرد. این امر به این معناست که واقعیت وجود سهم‌های متفاوت در انتقال‌های فضایی و همچنین مسئولیت‌های ایجاد شده از زباله‌ها باید به‌طور صریح مورد اعتراف قرار گیرد. اگرچه ایده تجاری‌سازی حذف زباله‌های فضایی پیشتر مطرح شده است، اما سؤال اصلی در این‌جا این است که چگونه جامعه بین‌المللی می‌تواند برای تأمین هزینه‌های پاکسازی زباله‌ها تدابیر لازم را اتخاذ کند. آیا تنها کشورهای صاحب فضاپیما باید این بار را بپذیرند یا باید نحوه تقسیم هزینه‌ها میان دولت‌ها به‌صورت منصفانه‌تری در نظر گرفته شود؟ به نظر می‌رسد به‌منظور حل این مشکلات، مکانیسم‌های نوآورانه‌ای باید به کار گرفته شود که از طریق تجاری‌سازی فضا، امکانات مالی لازم برای حذف زباله‌های فضایی تأمین شود. در این‌جا، در نظر گرفتن یک مقدار مشخص به‌عنوان هزینه آلودگی محیط‌زیست در هر پرتاب، می‌تواند از طریق تعهد دولت‌ها به مشارکت مالی در این زمینه، تامین منابع لازم برای حذف زباله‌های فضایی را به‌صورت مؤثر فراهم نماید. این سیاست می‌تواند از طریق ترتیبات همکاری مالی تضمین‌شده، تشویق به حذف زباله‌های فضایی در

ارزیابی‌ها انجام گیرند. به عنوان مثال، در مورد پرتاب فضاپیماها به فضا، ضروری است مسیر حرکت فضاپیما و اثرات احتمالی آن به دقت و با دانش کاملی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، جهت کنترل و کاهش زباله‌های فضایی، لازم است یک سیاست دفع برای فضاپیماها به کار گرفته شود. این سیاست باید امکان حذف سفینه‌ها از فضای بیرونی پس از رسیدن به هدف موردنظر یا حداقل انتقال آن‌ها به منطقه‌های امن‌تری از فضا فراهم کند تا جلوی افزایش بیش از حد زباله‌های فضایی گرفته شود.

سیاست حذف زباله‌های فضایی

در راستای برنامه‌ریزی برای حفظ فضای بیرونی به‌منظور بهره‌برداری بهتر از منابع آن و حفظ آن برای نسل‌های آینده، سیاست حذف زباله‌های فضایی به عنوان یک اقدام فعال و اساسی تلقی می‌شود که بدون شک اجتناب‌ناپذیر است. این تدابیر در انتقال نیروهای مضر و غیرقابل بازیافت فضایی به حداقلی کاهش می‌یابد و اهمیت ویژه‌ای برای بهبود و مدیریت کارآمد زباله‌ها در فضا دارد. همچنین، با توجه به پیش‌بینی وقوع سندرم کسلر^(۱۱) و افزایش مستمر تعداد زباله‌های فضایی بدون اقدامات مناسب، ضرورت تدوین یک طرح اصلاحی محسوب می‌شود که مبتنی بر حذف فعال و مؤثر این زباله‌ها می‌باشد. با این اقدامات سنگین، فضای بیرونی به‌طور مستدامی می‌تواند به حالتی پاک و امن درآید، به نحوی که نسل‌های آینده نیز از ثروت‌های آن بهره‌برداری کنند (Hobe, 2007).

ثبت مجدد اشیاء فضایی

ضرورت موردی برای جامعه بین‌المللی، شناخت دقیق از وضعیت پرتاب‌های گذشته است. این شناخت عبارت است از این که آیا اشیاء پرتاب شده هنوز کاربردی هستند، و اینکه آیا می‌توان تغییراتی برای عملکرد آنها ایجاد کرد. چنین بازنگری در ثبت‌های موجود به مرجع حذف‌کننده امکان می‌دهد تعیین کند چه چیزی به عنوان زباله واجد شرایط است و بنابراین می‌تواند حذف شود. امکان ثبت مجدد اشیاء فضایی همچنین تعیین می‌کند که آیا دولت‌ها می‌توانند به حذف شیء راه‌اندازی شده توسط اشخاص ثالث اعتراض کنند یا درخواست بازگرداندن آن پس از حذف را داشته باشند. به بیان دیگر باید تعریف درستی از زباله‌های فضایی وجود داشته باشد تا بتوان یک راه کار برای حذف آن در نظر گرفت (Boeckstiegel, 1994).

هدایت آنها توسط رباتها و یا ماهواره‌های کنترل از راه دور به قبرستان ماهواره‌ها و یا جو زمین است. SIS^(۱۲) از جمله این ربات‌های کنترل شونده است که قادر است زباله‌های فضایی را شناسایی کرده و به منطقه‌ای امن (قبرستان ماهواره‌ها)^(۱۳) منتقل نماید (Young, Chris, 2023). از انواع این سیستم‌های شناسایی و یدک‌کش زباله‌های فضایی، حذف‌کننده زباله مداری Busek (ORDER) است که می‌تواند بیش از ۴۰ ماهواره SUL (ماهواره روی خط) را از مدار خارج کند. این پروژه‌ها در مرکز فضایی سوئیس انجام شده است.

در ۲۰۱۹، آژانس فضایی اروپا اولین قرارداد را برای پاکسازی زباله‌های فضایی منعقد کرد. پروژه مورد بحث در این قرارداد ClearSpace-۱ نام دارد قرار است در سال ۲۰۲۵ راه اندازی شود. هدف این پروژه طراحی یک «تعقیب‌کننده» زباله‌ها با چهار بازوی رباتیک است که بتواند زباله‌های فضایی را شناسایی و آنها به سمت جو زمین بکشد، جایی که هر دو آنها سوخته و از بین بروند (Foust & Jeff, 2019).

اقدامات چین و کشورهای آسیایی برای حذف زباله‌های فضایی

انتقال ماهواره‌های استفاده نشده و انتقال آنها به مدارهای بی‌خطر، تبدیل به راهکار اصلی در زمینه حذف زباله‌های فضایی شده است. چین نیز همانند کشورهای اروپایی اقدامات خود را برای حذف زباله‌های فضایی بر اساس همین رویکرد قرار داده است. از اقدامات کشور چین در این زمینه باید به طراحی ماهواره حذف‌کننده SJ-21 اشاره نمود که در یک عملیات فضایی در سال ۲۰۲۲ به خوبی توانست یکی از ماهواره‌های استفاده نشده و زباله خود را به مداری کم خطر انتقال داد (Svotina & Cherkasova, 2023). ژاپن و استرالیا نیز در پروژه موسوم به ایکس فیوژن، از فناوری لیزر برای رد یابی و نابودی زباله‌های فضایی با ابعاد کمتر از ۴ اینچ استفاده کردند. این روش شامل پرتاب پرتوی لیزر به طور متناوب در جهت مخالف حرکت زباله فضایی برای کاهش سرعت آن است. این کاهش سرعت گردش در مدار، حداقل از لحاظ نظری باید باعث سقوط زباله‌ها به جو زمین شود که منجر به سوختن آنها بر اثر اصطکاک با هوا می‌شود (Braun et al., 2021)

چارچوب مشارکت جهانی را ایجاد نماید. به‌علاوه، با نگرش به آینده استخراج منابع فضایی، پیشنهاد می‌شود تا سازمان ملل متحد به‌عنوان یک نهاد بین‌المللی، نقشی را به‌عهده بگیرد که به‌منظور حفظ منافع‌های مشترک، از فضا بهره‌برداری کند و دولت‌ها را تشویق نماید تا اصول «کمیته استفاده صلح آمیز از فضا (UNCOUPOS)» را در زمینه‌های استخراج منابع فضایی، تدابیر لازم برای تقویت آن اتخاذ نمایند. این نقش می‌تواند از طریق ایجاد یک چارچوب صدور مجوز برای استخراج منابع خاص از اجرام آسمانی تا تعداد سال‌های مشخص، انجام پذیرد. در حالی که این مجوزها در دوره‌ای ابتدایی می‌توانند به‌صورت رایگان اخذ شوند، برای تضمین استقرار صنعت، اخذ مجوزهای آتی باید به‌موجب تشخیص کمیته مذکور و بر اساس شرایطی که تعیین می‌نماید، انجام گیرد. به‌علاوه، درآمدهای حاصل از این مجوزها باید به‌طور منصفانه تقسیم شده و بخشی از آن به‌منظور تامین هزینه‌های عملیاتی سازمان‌های مرتبط با حذف زباله‌های فضایی و بخشی دیگر به‌منظور توسعه پروژه‌های مفید در حوزه فضای بیرونی به‌کار گرفته شود.

در نتیجه، ضرورت اقدام فوری برای مدیریت بهینه زباله‌های فضایی چالشی اساسی برای جامعه بین‌المللی محسوب می‌شود. مسئله‌ای که نه تنها از نظر محیط‌زیست بلکه از منظر امنیت و توسعه پایداری نیز اهمیت دارد. در صورتی که تدابیر مناسب به‌عمل نیاید، دسترسی به امکانات فراوان فضایی برای نسل‌های حال و آینده تهدید می‌شود. با این در نظر گرفته شود، تطبیق اصول حقوق محیط‌زیست، اصول احتیاط و اصول مبارزه با آلودگی به این سیاست‌ها تحت‌تاثیر قرار گیرد. همچنین، اقداماتی مانند حذف زباله‌های فضایی و لحاظ هزینه‌های مرتبط با پرتاب موشک و ثبت مجدد اشیاء فضایی، به‌منظور حفظ بی‌تعارض محیط‌زیست فضا تا حد زیادی تاثیرگذار خواهند بود.

تاکنون تلاش‌های زیادی از سوی کشورهای اروپایی، چین، روسیه و آمریکا برای حذف زباله‌های فضایی صورت پذیرفته است که البته بیشتر این تلاش‌ها، در حد طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی بوده و کمتر به مرحله عملیاتی نزدیک شده است. برخی از این تلاش‌های صورت گرفته در ادامه بیان شده است.

اقدامات کشورهای اروپایی برای حذف زباله‌های فضایی

وجه مشترک بیشتر طرح‌های مربوط به حذف زباله‌های فضایی،

شده و ایران، پرو، پاکستان و چین با تشکیل شبکه‌ای، زباله‌های فضایی را رصد می‌کنند که البته بیشتر تلاش‌ها در حال حاضر در حد اقدامات تحقیقاتی و پژوهشی بوده است.

نتیجه‌گیری

مسائلی که زباله‌های فضایی به همراه دارند، به صورت روزافزون برای زمین و فضا تشدید می‌شوند. سیاست‌های حقوقی بین‌المللی کنونی که به تنظیم فعالیت‌های فضایی می‌پردازند، نشان داده‌اند که قادر به مدیریت این چالش هستند. جامعه بین‌المللی نیاز دارد که با هم متحد شده و مسئولیت‌های خاصی را به عهده بگیرد تا این موضوع را حل کند و برنامه‌های آینده‌ای را جهت پیشگیری از تولید زباله‌های فضایی به اجرا درآورد. تلاش‌های کنونی برای کاهش زباله‌های فضایی نیازمند توحید و استانداردسازی هستند، و دولت‌ها ملزم به ایجاد سیاست‌هایی هستند که زباله‌های فضایی را به‌عنوان یک چالش مشخص شناسایی کرده و تحت این سیاست‌ها، در مقابل آلودگی مخرب فضای بیرونی مسئولیت‌پذیر باشند. حفظ پایداری فضای بیرونی امری برای نسل‌های کنونی و آینده بسیار اهمیت دارد، و اگر از این لحظه به پیشگیری اقدام نشود، در آینده ممکن است مجبور به پاکسازی این محیط شویم. در این صورت، فرصت‌های متعددی که فضای بیرونی به انسان‌ها ارائه می‌دهد، از دست خواهد رفت. از این‌رو، اصولی چون تطابق با اصول حقوق محیط‌زیست، اصل احتیاط و اصل آلاینده به‌عنوان پایه‌های مهم مورد نظر قرار گیرند. همچنین، اتخاذ سیاست‌هایی نظیر حذف زباله‌های فضایی و در نظر گرفتن هزینه‌های مرتبط با پرتاب موشک‌ها و ثبت دوباره اشیاء فضایی، به حفظ محیط‌زیست فضا کمک چشمگیری خواهد کرد.

یادداشت‌ها

1. Sputnik
2. Shaki Mission
۳. سلاحی است که صرفاً بر اساس انرژی جنبشی پرتابه به جای مواد منفجره یا هر نوع محموله دیگری استوار است.
4. Kelso
5. SpaceX and Virgin Galactic
6. International Space Station
۷. به‌عنوان مثال، در تاریخ ۲۷ آوریل ۲۰۰۰، سه مکان مختلف در آفریقای جنوبی سقوط زباله‌های فضایی را تجربه کردند. به‌طور مشابه، در تاریخ ۱۳ مه ۲۰۲۰، یک موشک چینی که به‌طور غیرقابل‌کنترلی به زمین سقوط کرد، ممکن است زباله‌ها را در دو روستای اطراف ساحل عاج پرتاب کرده باشد.
8. Inter-Agency Space Debris Coordination Committee

اقدامات آمریکا برای حذف زباله‌های فضایی

آمریکا نیز در زمینه حذف زباله‌های فضایی اقداماتی را انجام داده است. علاوه بر همکاری در بسیاری از طرح‌های اروپایی برای این عملیات، رویکردهای دیگری نیز توسط سازمان‌های فضایی آمریکایی و دانشگاه‌های این کشور انجام شده است. انتقال ماهواره‌های بلا استفاده که مأموریت آنها به اتمام رسیده به جو زمین و سوزاندن آنها، ذوب قطعات سرگردان فضایی توسط رباتهای مجهر به فناوری‌هایی همانند فناوری لیزر از جمله این اقدامات است. حرکت فوتون‌های پرتو لیزر می‌تواند مستقیماً نیروی رانشی را به زباله‌ها وارد کند که برای انتقال زباله‌های کوچک به مدارهای جدید خارج از مسیر ماهواره‌ها کافی است (Celletti et al., 2022). تحقیقات ناسا در سال ۲۰۱۱ نشان می‌دهد که شلیک پرتو لیزر به سمت یک زباله فضایی می‌تواند ضربه‌ای ۱ میلی‌متری (۰/۰۳۹ اینچ) در ثانیه ایجاد کند و نگه داشتن لیزر روی زباله‌ها برای چند ساعت در روز می‌تواند مسیر آن را تا ۲۰۰ متر تغییر دهد. در طرحی مشابهی، لیزر را بر روی یک ماهواره در مدار خورشید سنکرون قرار می‌دهند، با استفاده از یک پرتو پالسی برای هل دادن ماهواره‌ها به مدارهای پایین‌تر استفاده می‌کنند. کیسه جمع‌آوری زباله فضایی از جمله پروژه‌های مشترک ناسا با شرکت ترنس‌آسترا بوده است که براساس فناوری بنا شده و ناسا آن را برای مأموریت خود جهت تغییر مسیر سیارک استفاده کرد. به‌طور دقیق‌تر کیسه طوری طراحی شده تا زباله فضایی هدف را در برگیرد. پس از آن یک فضاپیمای کوچک کیسه را به مداری مختلف یا دوباره به سمت اتمسفر زمین هدایت می‌کند. ترنس‌آسترا پیشنهاد کرده از یک فضاپیمای کوچک به نام «ورکر بی» برای کنترل زباله‌های هدف گرفته شده با فناوری کیسه مخصوص استفاده شود (Svotina & Cherkasova, 2023).

اقدامات ایران برای حذف زباله‌های فضایی

ایران سهم اندکی در تولید زباله‌های فضایی داشته و علت اصلی آن نیز آمار پایین ماهواره‌های پرتاب شده توسط ایران می‌باشد با این حال بر اساس آمارهای موجود تعدادی از ماهواره‌های پرتاب شده توسط ایران بعد از مدتی تبدیل به زباله‌های فضایی شده است. بر همین اساس طرح‌های تحقیقاتی در زمینه حذف زباله‌های فضایی توسط ایران آغاز شده است از جمله این که صدخانه‌ای با سرمایه‌گذاری مشترک ايسكو در ایران راه‌اندازی

- | | |
|------------------------------------|---|
| 11. Kessler syndrome | 9. United Nations Committee on the Peaceful Uses of |
| 12. Space Infrastructure Servicing | Outer Space |
| 13. push dead satellites | 10. International Telecommunications Union |

فهرست منابع

- اژدری مقدم، م. و هرمیداس باوند، د. و کریمی، د. ۱۴۰۱. واکاوی نظام حقوقی آلودگی‌های محیط‌زیستی در پرتو تحلیل مبنایی اصول و مفاهیم ناظر بر حقوق هوا و فضا. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. ۲۴ (۷ (پیاپی ۱۲۲): ۱-۱۱.
- جلالی، م. و آقاسینی، ع. ر. ۱۳۹۵. حقوق بین‌الملل فضا و ضرورت حفظ محیط‌زیست فضایی. فصلنامه مطالعات حقوق عمومی دانشگاه تهران. ۴۶ (۳): ۶۹۵-۷۲۶.
- زارع، ع. و طیبی، س. و نادری، ش. ۱۳۹۸. دیپلماسی محیط‌زیست در پرتو هم‌گرایی بین‌المللی؛ رهیافتی موثر در نیل به سوی حقوق بین‌الملل توسعه پایدار. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. ۲۱ (۹ (پیاپی ۸۸): ۱۸۵-۱۹۹.
- شریفی طرازکوهی، ح. و تاج‌آبادی، ح. ۱۳۹۲. زباله‌های فضایی و حقوق بین‌الملل فضا؛ کاستی‌ها و راهکارها. فصلنامه مطالعات حقوق خصوصی. ۴۳ (۲ (پیاپی ۲): ۱۰۱-۱۱۸.
- صلاحی، ب. و نوحه‌گر، ا. و بهروزی، م. ۱۳۹۸. ردیابی منابع گرد و غبار سطوح مختلف جو سنندج با استفاده از مدل HYSPLIT به منظور مدیریت مخاطرات محیطی. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای) ۹ (۳۴): ۸۳-۹۵.
- علاقه‌بند حسینی، ی. و امین‌زاده، ا. ۱۳۹۶. جایگاه و نقش سیاست‌گذاری در کاوش و بهره‌برداری از فضای ماورای جو. ۵ (۱۸): ۱۵۹-۱۷۹.
- کوشا، س. ۱۳۹۶. حقوق بین‌الملل ناظر بر کاربرد انرژی هسته‌ای در فضا. مطالعات حقوق عمومی. ۴۷ (۳): ۶۲۱-۶۴۵.
- Ansdell, M. 2010. Active Space Debris removal needs, implications, and recommendations for today's geopolitical environment. *Journal of Public & International Affairs*, vol. 21.
- Bongers, A. Torres, J. L. 2023. Star Wars: Anti-Satellite Weapons and Orbital Debris, *Defence and Peace Economics*. pp. 1-20.
- Boeckstiegel, K. H. 1994. Arbitration of disputes regarding space activities. pp. 136-143.
- Button, M. 2012. Cleaning up space: the Madrid protocol to the Antarctic treaty as a model for regulating orbital debris, *Wm. & Mary Env'tl. L. & Pol'y Rev.*, vol. 37, pp. 539.
- Bielicki, D.M. 2020. Legal aspects of satellite constellations, *Air and space law*, vol. 45, no. 3.
- Braun, V., Horstmann, A., Lemmens, S., Wiedemann, C., & Böttcher, L. 2021. April. Recent developments in space debris environment modelling, verification and validation with MASTER. In 8th European Conference on Space Debris, p. 18.
- Carter, C. 2023. Houston, We Have a Problem: Addressing 'Space Junk' in the New Space Age.
- Carns, M. G. 2023. The Debris Problem, Orbital Debris Prevention and Mitigation Efforts among Major Space Actors, pp. 5-30: Brill Nijhoff.
- Celletti, A., Pucacco, G., & Vartolomei, T. 2022. Proper elements for space debris. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, vol 134(2), p. 11.
- Degrange, V. 2019. Active debris removal: A joint task and obligation to cooperate for the benefit of mankind, *Space security and legal aspects of active debris removal*, pp. 1-15.

- Ferreira-Snyman, A. 2013. The environmental responsibility of states for space debris and the implications for developing countries in Africa, *Comparative and International Law Journal of Southern Africa*, vol. 46, no. 1, pp. 19-51.
- Foust, Jeff. 2019. U.S. government updates orbital debris mitigation guidelines. *SpaceNews*.
- Hobe, S. 2007. Legal aspects of space tourism, *Neb. L. Rev.*, vol. 86, pp. 439.
- Jones, F. R. 2023. *Space Debris Mitigation: A Unified Policy Framework*, Walden University.
- Kuehn, D. 2023. James M. Buchanan as an urban economist, *Journal of Public Finance and Public Choice*, vol. 38, no. 1, pp. 20-41.
- Lampkin, J. A., & Wyatt, T. 2023. An astro-green criminological examination of orbital space debris,” *Criminology & Criminal Justice*, pp. 17488958231169124.
- Larsen, P. B. 2018. Space traffic management standards, *J. Air L. & Com.*, vol. 83, pp. 359.
- Rao, S., Alkendra, K., & Singh, P. 2023. Challenges of Space Debris and Space Drag: Building an International Climate Change Regime, *Politics Of Climate Change: Crises, Conventions And Cooperation*, pp. 105-127: World Scientific.
- Sachdeva, G. 2023. Future Crimes in Space: A Visualisation, *Crimes in Outer Space: Perspectives from Law and Justice*, pp. 75-107: Springer.
- Shakilyan, A.T. 2021. International Trash Pick-Up: the Need for a Neutral Orbital Debris Removal Organization, *Sw. J. Int'l L.*, vol. 27, pp. 410.
- Sheetz, M. 2020. How SpaceX, Virgin Galactic, Blue Origin and others compete in the growing space tourism market, *CNBC*, September 26 .
- Schaefer, M. 2012. Analogues between space law and law of the sea/international maritime law: Can space law usefully borrow or adapt rules from these other areas of public international law, *Proc Int Inst Space Law*, vol. 55, pp. 316-326.
- Svotina, V. V., & Cherkasova, M. V, 2023. Space debris removal–Review of technologies and techniques. Flexible or virtual connection between space debris and service spacecraft. *Acta Astronautica*, vol 204, pp. 840-853.
- Tallis, J. 2015. Remediating space debris: legal and technical barriers, *Strategic Studies Quarterly*, vol. 9, no. 1, pp. 86-99.
- Taylor, M. W. 2006. *Orbital debris: Technical and legal issues and solutions*.
- Vijayraghavan, S. Kozmin, S. G. Strobe, P. K. Skelly, D. A. P. Magwene, M. Dietrich, F. S. & McCusker, J. H. 2023. RNA viruses, M satellites, chromosomal killer genes, and killer/non-killer phenotypes in the 100-genomes *S. cerevisiae* strains, *G3: Genes, Genomes, Genetics*, pp. jkad167.
- Viikari, L. 2008. *The environmental element in space law: assessing the present and charting the future*: Brill.
- Wall, M. 2020. Astronauts take shelter as space station dodges orbital junk, *Space. com*.
- Young, Chris, 2023. ESA successfully deploys braking sail for deorbiting small satellites.

Examining the Legal Framework for Environmental Protection in the Atmosphere, Providing Appropriate Solutions to fill Legal Gaps

Mahshid Yaraghi Esfahani¹, Hourieh Hajian²

1. PhD in International Law, Brunel University, London, England. Assistant Professor of International Law, Department of International Law, Faculty of Law and Theology, Shahid Ashrafi Esfahani University, Esfahan, Iran.
2. LLM Student of International Law, Department of Law, Faculty of Law, Shahid Ashrafi Esfahani University, Esfahan, Iran.

(Received: 2024/04/26

Accepted: 2023/11/01)

ABSTRACT

For over half a century, humanity has ventured into space, leading to significant advancements in space exploration and astronautics. However, alongside these achievements have come challenges for both the environment and human life. One of the pressing issues is space debris—waste produced or transferred into space—which has caused significant harm to both the space environment and humans. The absence of effective laws, particularly regarding the international legal framework for responsibility in generating and managing waste, including nuclear waste, has exacerbated these threats in recent years. The primary aim of this article is to examine the policy gaps and existing laws surrounding space debris using a descriptive-analytical approach. Additionally, the article proposes solutions, such as adherence to environmental law principles, defining space debris within international law, and implementing a corrective process to address current legal gaps. The analysis of these gaps underscores the urgent need to intensify efforts to reduce space debris, along with the necessity for a unified policy that acknowledges responsibility for the creation and management of space debris.

Keywords: Space debris, Space law, Gaps in space laws, Dispute resolution methods.

* Corresponding author:

DOI: 10.22034/eiat.2025.217694

Email: yaraghim@yahoo.co.uk