Original Article Open Access

The Iranian Association of Medical Law

# Medical Law Journal

2026; 20: e57

Journal Homepage: http://ijmedicallaw.ir

Institute of Bioethics and Health Law

# The Role of Plasma Technology in Fostering Interaction between International Health Law and International Economic and Trade Law

**Morteza Torabi[1*], Mohammad Reza Ghanbari Salahshour[2], Mehdi Eskandari Khoshgou[3]**

1. Department of Law, Faculty of Humanities, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Department of Political Science, Payam Noor University, Tehran, Iran.
3. Department of Law, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

## ABSTRACT

**Background and Aim:** In today's world, emerging technologies, particularly plasma technology, have had a profound impact on numerous fields, especially international health law and international economic and trade law. Scientific and technological advances have enabled plasma technology to contribute to improving production processes, enhancing the effectiveness of medical treatments, and reducing costs. The primary objective of this study is to analyse and explain how plasma technology can promote cooperation and progress across these two distinct legal fields. The central research question is: What role does plasma technology play in strengthening international interactions between health law and international economic and trade law?

**Method:** This is a theoretical study employing a descriptive-analytical research method. Data were collected through library-based research, including the review of relevant books and academic articles.

**Ethical Considerations:** The principles of academic integrity, honesty, impartiality, and originality have been observed throughout this research.

**Results:** By providing innovative capabilities for disease treatment, improving product quality, and creating new commercial opportunities, plasma technology facilitates effective interaction between international health law and international economic and trade law.

**Conclusion:** As a driving force in strengthening international relations, plasma technology requires particular legal and regulatory attention. Developing common policies and enhancing multilateral cooperation in this field can facilitate the effective utilization of plasma technology and establish an appropriate framework for realizing its benefits in both health law and trade. Cooperation among States and international organizations can help mitigate potential challenges and facilitate the use of plasma technology in pursuit of global sustainable development goals.

**Keywords:** Plasma Technology; International Health Law; International Economic and Trade Law; International Cooperation; Interaction

**Corresponding Author:** Morteza Torabi; **Email:** m.torabi@basu.ac.ir

**Received:** November 22, 2025; **Accepted:** July 23, 2026; **Published Online:** October 10, 2026

**Please cite this article as:**

Torabi M, Ghanbari Salahshour MR, Eskandari Khoshgou M. The Role of Plasma Technology in Fostering Interaction between International Health Law and International Economic and Trade Law. Medical Law Journal. 2026; 20: e57.

Copyright©2026, the Authors. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format for any purpose, even commercially) and Adapt (remix, transform and build upon the material for any purpose, even commercially) under CC BY 4.0 terms.

دسترسی آزاد | مقاله پژوهشی

مجله حقوق پزشکی

دوره بیستم، ۱۴۰۵

Journal Homepage: http://ijmedicallaw.ir

# نقش فناوری پلاسما در برقراری تعامل میان حقوق بین‌الملل سلامت و حقوق بین‌الملل اقتصادی تجاری

مرتضی ترابی[1*]، محمدرضا قنبری سلحشور[2]، مهدی اسکندری خوشگو[3]

۱. گروه حقوق، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲. گروه علوم سیاسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۳. گروه حقوق، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

## چکیده

**زمینه و هدف:** در دنیای امروز، فناوری‌های نوین مخصوصاً فناوری پلاسما تأثیرات عمیقی بر بسیاری از حوزه‌ها، به ویژه در زمینه‌های حقوق بین‌الملل سلامت و حقوق بین‌الملل اقتصادی تجاری گذاشته‌اند. با پیشرفت‌های علمی و فنی، فناوری پلاسما قادر است به بهبود فرآیندهای تولید، افزایش کارایی در درمان‌های پزشکی و کاهش هزینه‌ها یاری رساند. هدف اصلی پژوهش حاضر، تحلیل و معرفی چگونگی تأثیرگذاری فناوری پلاسما بر بهبود همکاری و پیشرفت در دو حوزه حقوقی گوناگون است. پرسش اصلی پژوهش، این است که فناوری پلاسما چه نقشی در تقویت ارتباطات بین‌المللی میان حقوق سلامت و حقوق اقتصادی تجاری ایفا می‌نماید؟

**روش:** این تحقیق از نوع نظری بوده، روش تحقیق، توصیفی ـ تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات، کتابخانه‌ای و با مراجعه به کتب و مقالات صورت گرفته است.

**ملاحظات اخلاقی:** در تحقیق حاضر، اصل امانتداری، صداقت، بی‌طرفی و اصالت اثر رعایت شده است.

**یافته‌ها:** فناوری پلاسما با تأمین امکانات نوین در درمان بیماری‌ها، افزایش کیفیت محصولات و ایجاد فرصت‌های تجاری جدید، تعامل مؤثری میان حقوق بین‌الملل سلامت و حقوق بین‌الملل اقتصادی تجاری برقرار می‌سازد.

**نتیجه‌گیری:** فناوری پلاسما به عنوان یک نیروی محرکه در تحکیم روابط بین‌المللی، نیازمند توجه ویژه حقوقی و قانونی است. تدوین سیاست‌های مشترک و ارتقای همکاری‌های چندجانبه در این زمینه به بهره‌برداری مؤثر از فناوری پلاسما و ایجاد بستری مناسب برای برخورداری از مزایای آن در دو حوزه حقوق سلامت و تجارت یاری می‌رساند. همکاری میان کشورها و نهادهای بین‌المللی قادر است به کاهش چالش‌های بالقوه و تسهیل استفاده از فناوری پلاسما در راستای اهداف توسعه پایدار در سطح جهانی بینجامد.

**واژگان کلیدی:** فناوری پلاسما؛ حقوق بین‌الملل سلامت؛ حقوق بین‌الملل اقتصادی تجاری؛ همکاری‌های بین‌المللی؛ تعامل

**نویسنده مسئول:** مرتضی ترابی؛ **پست الکترونیک:** m.torabi@basu.ac.ir

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۹/۰۱؛ **تاریخ‌پذیرش:** ۱۴۰۵/۰۵/۰۱؛ **تاریخ انتشار:** ۱۴۰۵/۰۷/۱۸

**خواهشمند است این مقاله به روش زیر مورد استناد قرار گیرد:**

Torabi M, Ghanbari Salahshour MR, Eskandari Khoshgou M. The Role of Plasma Technology in Fostering Interaction between International Health Law and International Economic and Trade Law. Medical Law Journal. 2026; 20: e57.

تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

**مقدمه**

در سپیده‌دم هزاره سوم، حقوق بین‌الملل دیگر نمی‌تواند خود را در حصار مفاهیم انتزاعی و تفاسیر متنی محبوس نماید. ظهور فناوری‌های نوظهور، مرزهای سنتی دانش حقوق را جا به جا کرده است. در میان این تحولات، فناوری پلاسما به عنوان حالت چهارم ماده، فراتر از یک ابزار آزمایشگاهی، به یک متغیر تأثیرگذار در معادلات قدرت اقتصادی و سلامت عمومی تبدیل شده است. فناوری پلاسما با بهره‌گیری از گازهای یونیزه شده و ایجاد رادیکال‌های واکنش‌گر، توانسته است در حوزه‌هایی چون استریلیزاسیون نوین، تصفیه پسماندهای سمی و اصلاح سطحی نانومواد انقلابی برپا کند، اما آنچه این فناوری را برای حقوقدانان حائز اهمیت می‌سازد، نه صرفاً ماهیت فیزیکی آن، بلکه «پتانسیل هنجارگذاری» آن است. پلاسما در حال ایجاد زبانی نوین برای تعریف استانداردهای بین‌المللی است، در حالی که پیش از این، «سلامت» و «تجارت» دو جزیره جداگانه در اقیانوس حقوق بین‌الملل بودند، امروزه فناوری پلاسما به عنوان یک «پل میان‌رشته‌ای»، این دو نظام را در یک نقطه حساس به هم پیوند داده است: «نقطه تلاقی ایمنی زیستی و جریان آزاد کالا»، این مقدمه در پی آن است تا تبیین کند چگونه یک پدیده فیزیکی می‌تواند مبانی مسئولیت بین‌المللی دولت‌ها و تعهدات چندجانبه تجاری را بازتعریف نماید. مسأله بنیادین این پژوهش در یک «شکاف معرفت‌شناختی» نهفته است. حقوق بین‌الملل سلامت بر مدار اصل پیشگیری و تضمین بالاترین استاندارد ممکن بهداشت حرکت می‌کند؛ در مقابل، حقوق بین‌الملل اقتصادی بر پایه اصل عدم تبعیض و حذف موانع غیر ضروری تجاری استوار است. چالش اصلی زمانی پدیدار می‌شود که یک محصول مبتنی بر فناوری پلاسما (مانند تجهیزات جراحی پردازش‌شده با پلاسمای سرد) وارد چرخه تجارت جهانی می‌شود. در اینجا یک «تعارض دوجانبه» رخ می‌دهد: از یک‌سو، به دلیل نوظهوربودن اثرات بیولوژیک پلاسما، نظام‌های حقوقی سلامت ممکن است با استناد به «ابهام علمی»، محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌ای اعمال کنند. از سوی دیگر، سازمان تجارت جهانی بر اساس موافقت‌نامه اقدامات بهداشتی و گیاه‌پزشکی، دولت‌ها را ملزم می‌کند که هرگونه محدودیت باید بر پایه «ارزیابی ریسک علمی» باشد. مسأله اینجاست که زبان حقوقی موجود، فاقد واژگان لازم برای توصیف «دقت ریاضیاتی پلاسما» است. گسست دانش منجر به بروز «نظم‌های قانونی موازی» شده است که در آن، محصولات پلاسما در مرزهای گمرکی و بهداشتی سرگردان می‌مانند. سوال اینجاست: چگونه می‌توان از پلاسما نه به عنوان یک «موضوع تعارض»، بلکه به عنوان یک «ابزار حل تعارض» استفاده کرد؟ چگونه می‌توان «استانداردهای فنی پلاسما» را به «قواعد حقوقی الزام‌آور» ترجمه کرد تا هم سلامت عمومی تضمین شود و هم عدالت تجاری برقرار گردد؟ ضرورت پرداختن به این موضوع را می‌توان در سه لایه استراتژیک تبیین کرد: اول، ضرورت هنجاری: حقوق بین‌الملل در مواجهه با فناوری‌های «سخت» (مانند پلاسما) برخلاف فناوری‌های «نرم» (مانند هوش مصنوعی)، دچار فقر تئوریک است، تدوین چارچوبی که بتواند «استانداردهای ایزو» در حوزه پلاسما را با «معاهدات بهداشتی» پیوند دهد، یک ضرورت فوری برای امنیت حقوقی جهانی است؛

دوم، ضرورت اقتصادی و تجاری: حجم بازارهای مرتبط با فناوری پلاسما به سرعت در حال افزایش است. نبود یک رژیم حقوقی شفاف منجر به افزایش هزینه‌های مبادله و ریسک سرمایه‌گذاری می‌شود، برای کشورهایی مانند ایران که در آستانه بومی‌سازی این فناوری هستند، درک قواعد بازی در بازار بین‌المللی محصولات های‌تک حیاتی است؛

سوم، ضرورت سلامت جمعی: در جهان پساکرونا، نیاز به روش‌های استریلیزاسیون سریع و کارآمد بیش از پیش احساس می‌شود، فناوری پلاسما یکی از معدود راهکارهایی است که می‌تواند با هزینه کم، امنیت بهداشتی زنجیره‌های تأمین جهانی را تضمین کند. بنابراین تسهیل حقوقی انتقال این فناوری، مستقیماً با «حق بر سلامت» گره خورده است. پژوهش بر این فرضیه استوار است که فناوری پلاسما از طریق «کمی‌سازی معیارهای ایمنی»، پتانسیل تبدیل‌شدن به یک «رژیم حقوقی میانجی» را داراست. ما معتقدیم که اگر


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

استانداردهای فنی پلاسما به عنوان «مرجع علمی مشترک» میان سازمان بهداشت جهانی و سازمان تجارت جهانی پذیرفته شوند، این فناوری می‌تواند تعارض میان «حمایت‌گرایی بهداشتی» و «آزادسازی تجاری» را از طریق ایجاد یک «عدالت فنی» حل نماید.

## روش

این تحقیق از نوع نظری بوده، روش تحقیق، توصیفی ـ تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات، کتابخانه ای و با مراجعه به کتب و مقالات صورت گرفته است.

## ملاحظات اخلاقی

در پژوهش حاضر جنبه‌های اخلاقی مطالعه کتابخانه‌ای شامل اصالت متون، صداقت و امانتداری رعایت شده است.

## یافته‌ها

فناوری پلاسما به عنوان یک فناوری نوظهور در حوزه بهداشت، درمان و صنایع مرتبط، نه‌فقط در عرصه علمی ـ فنی، بلکه در بعد حقوقی نقش کلیدی در ایجاد تقاطع مؤثر میان حقوق بین‌الملل سلامت و حقوق بین‌الملل اقتصادی تجاری ایفا می‌نماید. فناوری پلاسما با تأمین امکانات نوین در درمان بیماری‌ها، افزایش کیفیت محصولات و ایجاد فرصت‌های تجاری جدید، تعامل مؤثری میان حقوق بین‌الملل سلامت و حقوق بین‌الملل اقتصادی تجاری برقرار می‌سازد. فناوری پلاسما که از طریق ایجاد گازهای یونیزه، رادیکال‌های واکنش‌پذیر و اشعه‌های خاص قادر به انجام واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی سریع و دقیق است، به عنوان یک نوآوری چندجانبه در عرصه‌های صنعتی، پزشکی، آب و هوا، انرژی و حتی دفاعی به سرعت وارد محورهای حقوق بین‌الملل اقتصادی ـ تجاری و حقوق بین‌الملل سلامت شده و این دو حوزه را از طریق مجموعه‌ای از الزامات قانونی، نهادهای نظارتی، سازوکارهای مالی و مکانیسم‌های انتقال فناوری به هم پیوند می‌دهد. در سطح تجاری، قراردادهای سازمان تجارت جهانی مخصوصاً مفاد مربوط به اصل «مقابله با موانع فنی تجاری» و «استانداردهای بهداشت و ایمنی» نقش کلیدی در تنظیم ورود و خروج محصولات مبتنی بر پلاسما ایفا می‌کنند.

## بحث

**۱. جنبه‌های نوآورانه پژوهش:** نخستین و کلیدی‌ترین نوآوری این پژوهش، معرفی فناوری پلاسما نه به عنوان یک «موضوع تجارت»، بلکه به عنوان یک «معیار سنجش هنجار» است. در حقوق بین‌الملل کلاسیک، همواره میان «استانداردهای بهداشتی» و «موانع فنی تجارت» یک تنش دائمی وجود داشته است. دولت‌ها غالباً با استفاده از ابهام زبان حقوقی، استانداردهای بهداشتی را به ابزاری برای «حمایت‌گرایی پنهان» تبدیل می‌کنند. نوآوری این مقاله تبیین این واقعیت است که فناوری پلاسما با تکیه بر «دقت بیولوژیک فرآیندهای یونیزاسیون»، یک «زبان میانجی عددی» ایجاد می‌کند. ما در این پژوهش استدلال کرده‌ایم که پلاسما قادر است مفاهیم انتزاعی «ایمنی محصول» را به «داده‌های کمی غیر قابل تفسیر» تبدیل کند. برای مثال، زمانی که یک معاهده تجاری از «استریلیزاسیون مناسب» سخن می‌گوید، پلاسما با ارائه شاخص دقیق «کاهش لواریتمی میکروارگانیسم‌ها»، راه را بر تفاسیر سلیقه‌ای داوران و دولت‌ها می‌بندد. این «عدالت محاسباتی» که در این مقاله تبیین شده، نوآوری اولی است که مرز میان حقوق و فیزیک را در خدمت ثبات تجاری قرار می‌دهد. نوآوری دوم این پژوهش که پاسخی مستقیم به نیازهای «حقوق تجارت دیجیتال» است، تبیین پیوند میان فرآیندهای فنی پلاسما و «قراردادهای هوشمند» می‌باشد، در حالی که پژوهش‌های پیشین به صورت سنتی به نظارت پسینی دولت‌ها بر تجهیزات پزشکی می‌پرداختند، این مقاله برای نخستین بار مفهوم «نظارت همزمان هنجاری ـ فنی» را معرفی می‌کند. ما در این بخش تبیین می‌کنیم که فناوری پلاسما به دلیل قابلیت اتصال به سیستم‌های حس‌گر پیشرفته، می‌تواند مستقیماً با «کدهای حقوقی معاهدات» یکپارچه شود. نوآوری پیشنهادی ما این است که پارامترهای


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

فنی یک دستگاه پلاسما (مانند ولتاژ، فشار گاز و زمان مواجهه) می‌توانند به عنوان «شروط لازم‌الاجرای فنی» در پلتفرم‌های تجارت الکترونیک بین‌المللی تعریف شوند، بدین‌معنا که اگر فرآیند استریلیزاسیون از استانداردهای تعیین‌شده در سازمان بهداشت جهانی انحراف یابد، سیستم گمرکی هوشمند بر اساس «منطق بلاک‌چین»، به صورت خودکار از ترخیص کالا جلوگیری می‌کند. تغییر پارادایم از «نظارت انسانی اداری» به «حکمرانی کدگذاری‌شده پلاسما»، یک نوآوری انقلابی در ادبیات حقوق بین‌الملل اقتصادی محسوب می‌شود. یکی از مناقشه‌برانگیزترین مفاهیم در حقوق بین‌الملل سلامت، «اصل احتیاط» است که به دولت‌ها اجازه می‌دهد در صورت ابهام علمی، از ورود یک فناوری جلوگیری کنند. نوآوری حقوقی این پژوهش در ارائه دکترین «احتیاط فعال مبتنی بر پلاسما» است. ما در این تحقیق تبیین کرده‌ایم که چگونه فناوری پلاسما با ارائه «شبیه‌سازی‌های دقیق ریسک»، قلمرو ابهام را کوچک‌تر می‌کند. نوآوری ما در این است که استدلال می‌کنیم: «دولت‌ها دیگر نمی‌توانند به بهانه ابهام علمی، محصولات پلاسمایی را محدود کنند، زیرا پلاسما خود ابزاری برای رفع ابهام است». مقاله حاضر، نشان می‌دهد که فناوری پلاسما چگونه می‌تواند به عنوان یک «مدرک علمی ممتاز» در پرونده‌های حل و فصل اختلاف سازمان تجارت جهانی به کار گرفته شود تا تعادل میان «حق بر سلامت» و «آزادی تجارت» نه بر اساس لابی‌های سیاسی، بلکه بر اساس «اعتبار فنی» برقرار گردد. نوآوری چهارم این پژوهش، ورود به حوزه فلسفه حقوق و پیوند آن با ریاضیات پلاسما است. در معاهدات اقتصادی، واژگانی نظیر «ضروری» یا «منصفانه» همواره دچار تکثر تفسیری بوده‌اند. این مقاله با یک نگاه نوآورانه، پیشنهاد می‌دهد که از «منطق فازی» موجود در سیستم‌های کنترل پلاسما برای تفسیر این واژگان استفاده شود. ما تبیین می‌کنیم که «تعهدات بهداشتی ـ تجاری» نباید به صورت «صفر و یکی» (صحیح یا غلط) نگریسته شوند. نوآوری این پژوهش در معرفی مفهومی تحت عنوان «درجات انطباق هنجاری» است. همان‌طور که پلاسما می‌تواند در سطوح مختلفی از انرژی عمل کند، تعهدات بین‌المللی نیز می‌توانند بر اساس شاخص‌های فنی پلاسما، به صورت طیفی تعریف شوند. این رویکرد به حقوقدانان اجازه می‌دهد تا در دعاوی خسارت، «میزان دقیق نقض تعهد» را با متغیرهای عددی پلاسما بسنجند. این پیوند میان «هرمنوتیک حقوقی» و «کنترل فنی پلاسما»، نوآوری نظری منحصر به فرد این تحقیق است. آخرین لایه نوآوری این پژوهش، در حوزه «حقوق توسعه» قرار دارد. ما در این بخش تبیین می‌کنیم که فناوری پلاسما به دلیل ماهیت «چندمنظوره» و «سازگار با محیط زیست»، نیازمند یک رژیم حقوقی نوین برای انتقال فناوری است. نوآوری این مقاله، پیشنهاد ایجاد یک «کنسرسیوم حقوقی ـ فنی پلاسما» زیر نظر سازمان ملل متحد است. ما استدلال می‌کنیم که برخلاف مدل‌های سنتی مالکیت فکری که مانع دسترسی کشورهای فقیر به فناوری‌های سلامت می‌شوند، پلاسما به دلیل تأثیر مستقیم بر «امنیت بهداشتی جهانی»، باید تحت دکترین «میراث مشترک دانش بشری» مدیریت شود. این تبیین نوآورانه، راهکاری حقوقی برای حل پارادوکس میان «حفاظت از اختراع» و «ضرورت سلامت عمومی» ارائه می‌دهد که در مطالعات پیشین مغفول مانده بود. در نهایت، این بخش ثابت می‌کند که نوآوری این پژوهش نه در بررسی صرف یک فناوری، بلکه در «تغییر متدولوژی حقوق بین‌الملل» است. ما با تبیین دکترین «همگرایی عدل و عدد»، نشان دادیم که فناوری پلاسما می‌تواند به عنوان کاتالیزوری برای گذار از «حقوق متنی» به «حقوق محاسباتی» عمل کند.

**۲. ماهیت‌شناسی فنی ـ هنجاری فناوری پلاسما در بستر حقوق نوظهور:** فناوری پلاسما به استفاده از پلاسما برای کاربردهای مختلف، از جمله دفع زباله، تولید برق و پردازش مواد اشاره دارد. پلاسما خود حالتی از ماده است که از ذرات باردار دربردارنده یون‌ها و الکترون‌ها تشکیل شده است و اغلب به عنوان چهارمین حالت ماده، متمایز از جامدات، مایعات و گازها توصیف می شود. تبدیل به پلاسما زمانی اتفاق می‌افتد که گاز در معرض سطوح انرژی بالایی قرار می‌گیرد و در نتیجه یونیزه‌شدن الکترون‌ها از هسته‌های اتمی‌شان رخ


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

می‌دهد. اصل اساسی فناوری پلاسما مبتنی بر تبدیل متوالی ماده در شرایط مختلف انرژی می‌باشد. هنگامی که انرژی به جامدات اعمال می‌شود، آن‌ها به مایعات تبدیل می‌شوند و انرژی ورودی بیشتر مایعات را به گاز تبدیل می‌نماید. اگر حتی انرژی بیشتری تأمین شود، گاز یونیزه شده و وارد حالت پلاسما می‌گردد که با سطح انرژی بالا و ناپایدار مشخص می‌شود. پلاسما دارای خواص منحصر به فردی مانند دمای بالا و رسانایی الکتریکی است که قادر است برای اصلاح خواص سطحی موادی مانند پلاستیک و فلزات دستکاری شود (۱). فناوری پلاسما می‌تواند منابع گرمایی با دمای بالا تولید نماید و ترکیباتی به وجود آورد که از طریق روش‌های معمولی به دست نمی‌آیند و آن را به ابزاری ارزشمند در پروسه‌های تولید پیشرفته تبدیل می‌نماید. فن‌آوری پلاسما ریشه در اواخر قرن نوزدهم دارد، با کمک‌های اساسی دانشمندان مختلف. اولین شناسایی پلاسما در یک محیط آزمایشگاهی توسط سر ویلیام کروکس (William Crookes) انجام شد که یافته‌های خود را در مورد آنچه او «ماده تابشی» نامید در طی یک سخنرانی در انجمن بریتانیا برای پیشرفت علم در ۲۲ اوت ۱۸۷۹ ارائه نمود. کروکس از لوله کروکس استفاده کرد، دستگاهی که او در سال ۱۸۷۵ اختراع نمود که در نشان‌دادن خواص پرتوهای کاتدی مؤثر بود و زمینه را برای مطالعات پیش رو در فیزیک اتمی و پلاسما فراهم کرد. در دهه ۱۹۲۰، تحقیقات سیستماتیک روی پلاسما به رهبری شیمیدان آمریکایی ایروینگ لانگمویر (Irving Langmuir) و همکارانش آغاز شد. لانگمویر در سال ۱۹۲۸ اصطلاح پلاسما را برای توصیف گاز یونیزه‌شده معرفی نمود که با تعادل برابر یون‌ها و الکترون‌ها مشخص می‌گردد و در نتیجه حداقل بار فضایی ایجاد می‌شود. او چنین حالتی را به عنوان منطقه‌ای تعریف کرد که در آن یون‌ها و الکترون‌ها در مقادیر قابل مقایسه هم‌زیستی دارند و آن را به مفهومی حیاتی در درک رفتار گازهای یونیزه تبدیل می‌نماید. کار لانگمویر نه صرفاً درک علمی پلاسما را ارتقا داد، بلکه تشبیهی به پلاسمای خون ترسیم نمود که بر نام‌گذاری تأثیر گذاشت. در سال‌های اخیر نیز از نانوذرات فلزی و اکسید فلزی متشکل از نقره، طلا، مس، اکسیدمس، اکسیدروی، مگمیت و مگنتیت در پزشکی، دندان‌پزشکی، داروسازی و زیست‌شناسی استفاده شد (۲). تحقیقات او راه را برای پیشرفت‌های چشم‌گیری در زمینه‌هایی مانند همجوشی هسته‌ای، اخترفیزیک و کاربردهای مختلف در فناوری مدرن هموار کرد. فناوری پلاسما از بدو پیدایش پیشرفت‌های چشم‌گیری داشته است، به ویژه از طریق کاربردهای آن در زمینه‌های مختلف مانند دفع زباله، تولید برق و پردازش مواد. استفاده از پلاسما برای اولین‌بار توسط ناسا به رسمیت شناخته و یک لحظه اساسی در توسعه آن برای کاربردهای عملی است (۳). یکی از نقاط عطف تاریخی قابل توجه در فناوری پلاسما، ایجاد تأسیسات آزمایشی در مؤسسه ماکس پلانک (Max Planck)، برای فیزیک پلاسما در گارچینگ بود که برای اولین‌بار در ۲۱ مارس ۱۹۹۱ با موفقیت پلاسما تولید نمود و زمینه را برای تحقیقات و کاربردهای بعدی در اینخصوص فراهم نمود. توسعه سیستم‌های پردازش پلاسما پیشرفته، یک تحول کلیدی دیگر را نشان داد که باعث افزایش نتیجه در کاربردهای مختلف، از جمله تولید نیمه‌رسانا و مراقبت‌های بهداشتی شد. رشد فناوری پلاسما به ویژه در بخش میکروالکترونیک مشهود است (۴). حکاکی پلاسما امکان حذف دقیق مواد در مقیاس اتمی را فراهم می‌کند و تولید اجزای نیمه‌رسانا را که در دستگاه‌های الکترونیکی روزمره قرار دارند، تسهیل می‌نماید. فراتر از میکروالکترونیک، فناوری پلاسما در مراقبت‌های بهداشتی نیز کاربردهایی پیدا کرده است، به ویژه از طریق تجاری‌سازی دستگاه‌های پلاسمای سرد برای مراقبت از زخم و درمان‌های زیبایی. بررسی در مورد کاربردهای پلاسما برای فناوری‌های پیشرانه در حال بررسی مرزهای جدید برای اکتشاف فضا و شرایط ورود وسایل نقلیه است. طیف متنوع از کاربردها بر پتانسیل تحول‌آفرین فناوری پلاسما در بخش‌های مختلف تأکید می‌نماید. از طریق تحقیق و توسعه مداوم، فناوری پلاسما به تکامل خود ادامه می‌دهد و اهمیت آن را در پرداختن به چالش‌های مدرن در بخش‌های انرژی، مواد و


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

مراقبت‌های بهداشتی نشان می‌دهد. تطبیق‌پذیری آن امکان استفاده در پروسه‌های مختلف از متالورژی تا میکروالکترونیک را فراهم می‌نماید و پیشرفت‌های قابل توجهی به طور مداوم انجام می‌شود. فناوری پلاسما به نحو روزافزونی برای اهداف زیست‌محیطی مانند پاکسازی اگزوز خودرو و تبدیل $CO_2$ به مواد شیمیایی با ارزش افزوده یا سوخت‌های تجدیدپذیر استفاده می‌شود (۵). تحقق چنین مسأله‌ای، دربردارنده استفاده از سیستم‌های پلاسما می‌شود که در دماهای کاهش‌یافته عمل می‌کنند و آن‌ها را در مقایسه با سیستم‌های سنتی از نظر انرژی کارآمدتر و از نظر محیطی پایدارتر می‌سازند. محققان همچنین در حال بررسی مواد شیمیایی پلاسما هستند که از گازهای سمی کمتری برای به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی استفاده می‌کنند. پلاسما به طور گسترده در متالورژی صنعتی و استخراجی مورد استفاده قرار می‌گیرد، جایی که از آن‌ها برای برش فلز، جوشکاری و عملیات سطحی مانند پاشش و پوشش پلاسما استفاده می‌شود و کارایی و کیفیت فرآوری فلزات را افزایش داده و نسبت به روش‌های سنتی پیشرفت‌های زیادی را ارائه می‌دهند. در زمینه میکروالکترونیک، پلاسما اثر بسیاری بر فرآیندهای اچ و رسوب بازی می‌گذارد. به عنوان مثال، پلاسمای تخلیه تابشی معمولاً برای اچ‌کردن در تولید نیمه‌هادی استفاده شده و به حکاکی لایه اتمی تبدیل می‌شود که امکان دقت در مقیاس اتمی لازم برای ایجاد ویژگی‌های کوچکتر از ۵ نانومتر را فراهم می‌نماید. تبدیل به حکاکی لایه اتمی، خطرات آلودگی را در مقایسه با روش‌های اچ شیمیایی مرطوب کاهش داده است. ادغام فن‌آوری‌های رسوب‌دهی بهبود یافته با پلاسما، پروسه‌های تمیزکردن ریز را که برای بسته‌بندی‌های نیمه‌رسانای پیشرفته ضروری هستند، فعال می‌نماید. در مهندسی هوافضا، پلاسماها برای فناوری‌های پیشرانه و شرایط ورود وسایل نقلیه برای اکتشاف سیاره مورد بررسی قرار می‌گیرند. شبیه‌سازی‌های عددی پیشرفته برای مطالعه شرایط غیر تعادلی در سیستم‌های محرکه پلاسما استفاده می‌شوند که پتانسیل کاربردهای نوآورانه در اکتشاف فضا را برجسته می‌نماید. فناوری پلاسما همچنین به سیستم‌های حفاظت از صاعقه و توسعه مواد برای پرواز فوق‌العاده و مافوق صوت کمک می‌کند و تقاضای صنعت برای راه‌حل‌های پیشرفته و پایدار را برطرف می‌نماید. تحقیقات در حال انجام در مورد منابع پلاسما جایگزین، مانند سیستم‌های مایکروویو رانده، نشان‌دهنده یک جهت امیدوارکننده برای افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی در کاربردهای پلاسما است (۶).

**۳. دکترین «حق بر سلامت» در پرتو استانداردهای زیست‌پزشکی پلاسما:** پلاسما به عنوان یکی از پیشرفت‌های علمی ـ فنی در حوزه فیزیک و مهندسی، با توانایی تولید گازهای یونیزه، پلی‌حالاها و رادیکال‌های فعال، امکان ایجاد واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی خاصی را فراهم می‌کند که در زمینه بهداشت و سلامت انسان مخصوصاً در مواجهه با بیماری‌های عفونی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و بهبود کیفیت مواد پزشکی نقش مهم و تحول‌آفرینی ایفا می‌نماید. فناوری پلاسما که در سال‌های اخیر به طور فزاینده‌ای در صنایع دارویی، پزشکی، آب و فاضلاب، کشاورزی و حتی در عرصه درمان‌های نوین مورد استفاده قرار گرفته است، به واسطه ویژگی‌های منحصر به فرد خود که شامل توانایی استریل‌سازی سریع و بی‌کمالی‌زدایی، تخریب میکروارگانیسم‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، حذف سموم شیمیایی از سطوح و آب و حتی تحریک فرآیندهای زیستی در سلول‌ها می‌شود، به حوزه سلامت عمومی و در نهایت به حقوق بین‌الملل سلامت مرتبط می‌شود. در قالب حقوق بین‌الملل سلامت که مجموعه‌ای از قواعد، معاهدات، سازوکارهای نظارتی و استانداردهای بین‌المللی است که هدف آن تضمین دسترسی عادلانه به خدمات بهداشتی، کنترل بیماری‌های عفونی، پیشگیری از انتشار عوامل خطرساز و حفظ سلامت جمعی است، فناوری پلاسما قادر است به عنوان یک ابزار تکنولوژیکی جدید در تحقق اهداف این الگوی قانونی شناخته شود (۷). از یک‌سو، پلاسما به عنوان یک روش استریل‌سازی غیر محافظه‌کار، می‌تواند به خصوص در بحران‌های بهداشتی بین‌المللی که نیاز به اجتناب از علائم فیزیکی یا شیمیایی برای استفاده از


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

تجهیزات پزشکی یا حفاظت از بیشتر شخصی‌سازی شده است، کمک شایانی به ارتقای استانداردهای بهداشتی و افزایش توانمندی‌های به دست‌آوردن مواد استریل در سطوح مختلف ارائه دهد. مثال‌های شاخص در این زمینه شامل استریل‌سازی ابزارهای جراحی پیچیده، لوازم پزشکی تک‌بار مصرف یا حتی بسته‌بندی‌های دارویی است که در طول بحران کووید-۱۹ یا بیماری‌های سرطانی نوظهور، به سرعت مورد استفاده قرار گرفته‌اند و ضمن کاهش زمان و هزینه استریل‌سازی، خطر آلودگی متقابل را به طور چشم‌گیری به حداقل می‌رسانند. چنین روندی نه‌تنها به سود می‌روند، بلکه باعث می‌شود تعهدات بین‌المللی مانند اصل «دسترس‌پذیری» از طریق بهبود دسترسی به ابزارهای بهداشتی به صورت مقرون به صرفه برای کشورهای کم‌درآمد و به ویژه مناطق دورافتاده یا تحت‌زمینه نظام‌های بهداشتی شکننده در چارچوب هدف توسعه پایدار سازمان ملل تحقق یابد (۸). علاوه بر استریل‌سازی، فناوری پلاسما در تصفیه آب و هوا نیز توانمندی‌های منحصر به فردی دارد که مستقیم به حقوق بین‌الملل سلامت و مخصوصاً به اصول «پیشگیری» و «حفظ محیط‌زیست» ارتباط می‌یابد (۹). با افزایش نگرانی‌هایی که در مورد فساد مواد غذایی وجود دارد، ضرورت استفاده از روش‌های ضد میکروبی، تحقیقات پیش‌رو را به سمت استفاده از پلاسمای مایع یا گازی با تولید گونه‌های فعال پلاسما در محفظه بسته، سوق می‌دهد (۱۰). در حوزه داروسازی و نوین‌سازی بیوفارماسیوتیک‌ها، تکنولوژی پلاسما نقش اساسی در اصلاح سطحی مواد زیستی ایفا می‌کند. به عنوان مثال، پوشش‌های پلاسما بر روی ایمپلنت‌های فلزی یا پلی‌پروپیلن قادر است از ایجاد بیوفیلم‌های مضر جلوگیری کرده و اتصال بافتی به صورت بایومیمیک بهبود یابد که چنین واقعیتی باعث می‌شود ریسک عفونت‌های پس از عمل و همچنین مشکلات مرتبط با انقراض ایمپلنت‌ها کاهش یابد. چنین مواردی به ویژه در چارچوب «قانون حقوق بیماران» در سطح بین‌المللی که به طور واضح ایجاب می‌نماید بیمارانی که تحت مراقبت‌های پزشکی قرار می‌گیرند، حق دارند از ابزارهای پزشکی بی‌خطر و مؤثر بهره‌مند شوند، اهمیت دارند. بحران‌های مربوط به مقاومت میکروبی که به دور از مرزهای جغرافیایی گسترش می‌یابد و خطر بزرگ‌تری برای سلامت جهانی ایجاد می‌کند، می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های پلاسما جهت نابودسازی میکروارگانیسم‌های مقاوم یا تنظیم زنجیره‌های ژنتیکی اصلی در میکروب‌های پاتژنیک، مورد مقابله قرار گیرد. چنین رویکردی به منظور تقویت «قانون پیشگیری از بیماری‌های عفونی» در سطح بین‌الملل که توسط سازمان بهداشت جهانی تبیین شده، توسط کشورهای عضو به کار گرفته می‌شود، چراکه در صورت پذیرش عموماً موردهای ناتوانی‌زا توسط پلاسما در جهت کاهش تکثیر میکروب‌های بالارونده، می‌توان از پیامدهای اقتصادی و بهداشتی ناشی از بیماری‌های مقاوم به درمان جلوگیری کرد. در کنار مزایای علمی و عملی، فناوری پلاسما مجموعه‌ای از چالش‌های حقوقی، اخلاقی و تنظیمی را نیز به وجود می‌آورد که در بستر حقوق بین‌الملل سلامت باید مورد توجه باشد. از یک‌سو، استانداردهای ایمنی استفاده از پلاسما برای منسجم‌سازی دستگاه‌های پزشکی یا تصفیه املاح و ترکیبات شیمیایی به خصوص در کشورهایی که چارچوب نظارتی قوی ندارند، قادر است سبب بروز مشکلاتی نظیر اثرات جانبی ناشناخته، اثرات ماندگار بر بافت‌های انسانی یا حتی برخورداری از دسترسی نابرابر به فناوری پلاسما شود. مسأله مذکور، مستقیماً به اصول «عدالت» و «برابری» که در معاهدات بین‌المللی مانند پیمان بهداشت جهانی آمده است، می‌خورد، زیرا اگر دسترسی به فناوری پلاسما به صورت نابرابری توزیع شود، کشورهایی که توان مالی و تکنولوژیکی برای بهره‌برداری از فناوری پلاسما ندارند، ممکن است در مقابله با بیماری‌های عفونی یا آلودگی‌های محیطی عقب بمانند که نتیجه مستقیم آن می‌تواند به شکلی ناعادلانه توزیع خطرات سلامتی بین جمعیت‌های مختلف منجر شود، به علاوه، مسئولیت قانونی در هنگام وقوع عوارض یا خطاهای مرتبط با فناوری پلاسما نیازمند چارچوب‌های قانونی شفاف و هماهنگ در سطح بین‌المللی است. مثال اینکه اگر یک دستگاه استریل‌کننده


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

مبتنی بر پلاسما به صورت ناخواسته به وقوع یک عفونت در یک بیمار بینجامد، چه چارچوبی برای تعیین مسئولیت بین‌المللی وجود دارد؟ موضوع یادشده، مخصوصاً در زمینه اصل «قابلیت پیگیری» که در قواعد بهداشت بین‌المللی به عنوان یک سنگ بنای نظارت بر اقدامات بهداشتی در سطح جهانی شناخته می‌شود، مهم می‌شود و مستلزم این است که کشورها نه‌فقط قوانین داخلی خود را برای ارزیابی ریسک و تضمین ایمنی فناوری‌های پلاسما تدوین کنند، بلکه یک سامانه گزارشگری مشترک برای حوادث ناخواسته به موقع ایجاد کنند تا سایر کشورها بتوانند از تجارب و درس‌برداری‌های حاصل بهره‌مند شوند. چنین موردی قادر است به صورت مستقیم به توسعه یک «پایگاه اطلاعاتی حوادث زیست‌پزشکی» در چارچوب سازمان بهداشت جهانی منجر شود که در آن داده‌های مربوط به عوارض ناخواسته پلاسما، شامل جزئیات فنی، شرایط کاربرد، مدت زمان مواجهه و نتایج بالینی به طور شفاف ثبت و تحلیل می‌شود و بر این اساس کشورهای عضو قادر هستند دستورالعمل‌های به روزتری برای استفاده ایمن از فناوری‌های پلاسما ارائه دهند (۱۱). تعهدات مرتبط با انتقال فناوری باید به گونه‌ای تدوین شود که نه صرفاً به دسترس‌پذیری پلاسما در سطوح مختلف اقتصادی یاری رساند، بلکه از ایجاد شکاف‌های فناوری جلوگیری نماید. در این بستر، مفهومی همچون «توسعه توانمندی‌های بومی» که توسط برنامه بهداشت جهانی مورد تأکید قرار گرفته است، می‌تواند به وسیله برنامه‌های آموزشی، همکاری‌های تحقیقاتی دوطرفه و ساختارهای تبادل دانش فنی بین‌المللی به کار گرفته شود تا کشورهایی که فاقد زیرساخت‌های کافی برای نصب و بهره‌برداری از تجهیزات پلاسما هستند، بتوانند از تجربه کشورهای پیشرفته بهره‌مند شوند و به تدریج خود توانایی‌های لازم برای نظارت، نگهداری و اعمال استانداردهای ایمنی را توسعه دهند. چنین رویکردی نه‌فقط نقش عدالت توزیعی را تقویت می‌نماید، بلکه از طریق «مبادله علمی ـ فنی» قادر است به صورت مستقیم به تحقق هدف «دسترس‌پذیری عادلانه فناوری‌های نوین بهداشت» کمک نماید. از منظر اصول «پیشگیری‌گرانه» که در معاهدات محیط‌زیستی بین‌المللی، مخصوصاً کنوانسیون‌های مربوط به مواد شیمیایی خطرناک و آلودگی‌های هیدروکربنی مورد تأکید قرار گرفته است، بهره‌برداری از پلاسما در تصفیه فاضلاب، حذف ترکیبات آلی فرار و تخریب میکروارگانیسم‌های مقاوم می‌تواند به عنوان یک ابزار پیشگیرانه برای جلوگیری از انتشار عوامل زیان‌بار به محیط زیست و در نتیجه بهبود وضعیت سلامت جمعی به کار رود. به عبارت دیگر، استفاده هوشمندانه از پلاسما قادر است به عنوان یک مسأله بومی‌سازی «سلامت عمومی» در چارچوب «حفظ محیط زیست پایدار» تعریف شود (۱۲).

**۴. رژیم حقوقی تجارت بین‌الملل و چالش‌های فنی محصولات پلاسمامحور در پرتو موافقت‌نامه‌های سازمان تجارت جهانی:** فناوری پلاسما به عنوان یکی از پیشرفت‌های پیشرفته در حوزه فیزیک حالت ماده، مهندسی شیمی و مهندسی مواد، توانسته است نقش بنیادی در تغییر الگوهای اقتصادی و تجاری بین‌المللی ایفا نماید، زیرا کاربردهای وسیع آن از تولید فولادهای بدون ناخالصی، ذوب سریع آلیاژهای پیشرفته، پوشش‌های نانومقیاس بر سطوح مختلف، تصفیه گازهای آلاینده، تولید انرژی پاک از طریق تخریب و هیدروکربن‌های سنگین، بهبود کارایی فرآیندهای شیمیایی در صنایع پتروشیمی و داروسازی و حتی تأمین انرژی در مراکز داده‌ای با استفاده از دستگاه‌های پلاسمایی که انرژی الکتریکی را به صورت مستقیم به انرژی حرارتی یا شیمیایی تبدیل می‌کنند، به صورت مستقیم با چارچوب‌های حقوقی بین‌المللی اقتصادی و تجاری در تقاطع می‌آیند. تلاقی در این خصوص نه‌تنها فرصتی برای رشد تجاری جدید و گسترش بازارهای جهانی فراهم می‌سازد، بلکه چالش‌های نظارتی، مالکیتی، محیط زیستی و امنیتی را نیز به وجود می‌آورد که به طور ویژه در معاهدات چندجانبه و دوطرفه تجارت، سرمایه‌گذاری، مالکیت فکری، استانداردهای فنی و مقررات زیست‌محیطی نمایان می‌شود (۱۳). از نگاه سازمان تجارت جهانی، فناوری پلاسما به عنوان یک تکنولوژی پیشرفته‌ای که می‌تواند هزینه‌های تولید را کاهش داده، زمان راه‌اندازی خطوط تولید


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

را کوتاه کند و در نتیجه باعث افزایش رقابت‌پذیری کشورهای صادرکننده محصولات پلاسما محور (مانند تجهیزات استریل‌سازی، دستگاه‌های پردازش هوا و آب، سیستم‌های ذوب پلاستیک و متریال‌های نانوپلاسما) در بازارهای جهانی می‌شود، لذا مواردی نظیر تعهدات پیمان‌نامه عمومی تعرفه‌ها و مقررات مربوط به توزیع عادلانه مزایای تجاری می‌توانند جهت جلوگیری از تبعیض تجاری علیه فناوری پلاسما اعمال شوند، به علاوه، توافق‌نامه اقدامات بهداشتی و ایمنی و توافق‌نامه ملاحظه فنی و استانداردهای تجاری جایگاه اساسی در تنظیم معیارهای ایمنی و کیفیت تجهیزات پلاسما ایفا می‌نمایند، به طوری که کشورهایی که می‌خواهند محصولات پلاسمایی خود را صادر کنند، ملزم به ارائه مدارک علمی قابل اعتبار درباره ریسک‌های زیست‌پزشکی و زیست‌محیطی این محصولات هستند. ضرورت در این حوزه، باعث ارتقای شفافیت فنی و تشویق به استانداردسازی بین‌المللی می‌شود. در این زمینه، سازمان بین‌المللی استانداردسازی و کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک استانداردهای مربوط به پلاسماهای غیر آیونی، پوشش‌های سطحی، دستگاه‌های پرتوگازی و سیستم‌های کنترل فرآیندهای پلاسما را تدوین می‌نمایند. بنابراین، هرگونه عدم تطابق با این استانداردها قادر است سبب اعمال تدابیر حفاظتی توسط کشورهای واردکننده، اعمال تعرفه‌های اضافی یا حتی توقیف کالاها گردد (۱۴). تعادل دقیق بین حمایت از نوآوری و تأمین منافع عمومی، نه‌فقط در معاهدات تجاری بلکه در مذاکرات دوطرفه سرمایه‌گذاری نیز به صورت واضحی مورد توجه قرار می‌گیرد، چراکه سرمایه‌گذاران خصوصی که در حوزه پلاسما سرمایه‌گذاری می‌کنند، به حفاظت از سرمایه خود در برابر تصمیمات دولتی که ممکن است دسترسی به فناوری را محدود کنند، نیاز دارند و در عین حال دولت میزبان‌ها باید اطمینان حاصل کنند که تعهدات به سوی توسعه پایدار و فقرزدایی حرکت می‌نماید (۱۵). «قوانین ممنوعیت انتشار سلاح‌های کشتار جمعی» قرار گیرد. از این رو، کشورهای صادرکننده می‌بایست صادرات تجهیزات پلاسما را با رعایت فهرست‌های حساس کنترل کرده و به دقت نسبت به «دسترسی صرفی» فناوری پلاسما حساس باشند. در غیر این صورت، نقض تعهدات می‌تواند سبب اعمال تحریم‌های تجاری توسط سازمان ملل، یا اقدامات بازپرداخت خسارات توسط دادگاه‌های تجاری بین‌المللی گردد. قوانین ملی مربوط به امنیت ملی و حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی می‌توانند محدودیت‌های داخلی برای استفاده از پلاسما در فرآیندهای انرژی یا تولید قطعات حساس بگذارند. محدودیت‌ها باید با اصول «قابلیت پیشبرد تجاری آزاد» در توافق‌نامه‌های تجارت آزاد و سایر توافق‌نامه‌های منطقه‌ای سازگار شوند، چراکه هرگونه مانع غیر ضروری برای حرکت آزاد فناوری قادر است به عنوان تخلف از تعهدات در چارچوب حل و فصل اختلافات سازمان تجارت جهانی شناخته شود. از منظر توسعه اقتصادی، فناوری پلاسما می‌تواند به عنوان محرکی برای ایجاد زنجیره‌های ارزش نوین عمل کند. زیرا توانایی تبدیل مواد خام کم‌ارزش به محصولات با ارزش افزوده بالا (مانند تبدیل زباله‌های پلاستیکی به هیدروکربن‌های سبک یا تبدیل دی‌اکسید کربن به مواد شیمیایی با کارایی بالا) قادر است برای کشورهای در حال توسعه فرصتی جهت کاهش وابستگی به صادرات مواد اولیه و حرکت به سمت اقتصادهای مبتنی بر دانش فراهم آورد. در این مسیر، معاهدات تجاری منطقه‌ای و بین‌المللی قادر هستند به عنوان چارچوبی برای تسهیل دسترسی به بازارهای جدید برای محصولات مبتنی بر پلاسما، از جمله قطعات الکترونیک پیشرفته، پوشش‌های نانومقیاس برای صنایع خودروسازی و هوافضا و حتی فناوری‌های انرژی پاک که در آن‌ها پلاسما برای جداسازی هیدروژن یا تصفیه گازهای سمی به کار می‌رود، عمل کنند، به طوری که مفاد «دسترسی متقابل» در موافقت‌نامه‌های چارچوبی مانند توافق‌نامه جامع و پیشرفته تجارت یا توافق‌نامه تجارت آزاد اتحادیه اروپا می‌تواند موانع تعرفه‌ای را به حداقل برساند و در عین حال الزامات فنی و بهداشتی را به صورت شفاف و قابل پیش‌بینی نگهدارد، به گونه‌ای که صادرکنندگان کشورهایی که ظرفیت‌های تحقیق و توسعه پلاسما را در مراکز دانشگاهی یا پارک‌های علم و فناوری خود تقویت کرده‌اند، بتوانند بدون


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

مواجهه با موانع گمرکی طولانی و هزینه‌بر، به سرعت کالاهای پیشرفته خود را در بازارهای هدف عرضه کنند. روند یادشده، بایستی در کنار تعهدات مربوط به «مقررات تجارت‌محور بهداشت و ایمنی» و «مقررات تجارت‌محور فنی» که توسط سازمان تجارت جهانی نظارت می‌شود، باشد تا تضمین شود که محصولات مبتنی بر پلاسما از نظر ریسک‌های زیست‌محیطی، بهداشتی و ایمنی با معیارهای علمی تأییدشده هم‌راستا هستند، در حالی که امکان «تشخیص معادل‌سازی» برای استانداردهای ملی به خصوص در کشورهای در حال توسعه فراهم می‌شود و از بوروکراسی اختصاصی‌سازی شده که قادر است به عنوان مانعی برای ورود فناوری‌های نوین به بازارهای کوچک‌تر عمل نماید، جلوگیری می‌شود (۱۶). در زمینه سرمایه‌گذاری، معاهدات دوطرفه حفاظت از سرمایه‌گذاری و معاهدات چندجانبه سرمایه‌گذاری تحت چارچوب سازمان ملل، نقش بنیادی در اطمینان از جریان‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به پروژه‌های پلاسمامحور دارند. به طور مثال، شرط‌های مربوط به «مقررات حفاظت از مالکیت فکری» در معاهدات مذکور، می‌تواند اطمینان بدهد که سرمایه‌گذاران در زمینه توسعه خطوط تولید پلاسمایی یا مراکز تحقیقاتی پیشرفته با ریسک‌های حقوقی کم مواجه شوند و در صورت بروز اختلافات، مکانیزم‌های حل و فصل اختلاف جهت میان‌جیگری یا داوری بین‌المللی قادر است به سرعت تصمیمات اجرایی صادر نماید. در عین حال، کلیه این تعهدات باید با کلیه «کلاوزهای توسعه پایدار» همخوانی داشته باشند تا برای سرمایه‌گذاران مطلوبیت سرمایه‌گذاری در حوزه‌های سبز، مخصوصاً کاربردهای پلاسما در حذف کربن، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای یا بهینه‌سازی مصرف آب در صنایع سنگین، تضمین شود (۱۷).

**۵. تلاقی سلامت و تجارت؛ تبیین الگوی همگرایی در حکمرانی بین‌المللی فناوری پلاسما:** فناوری پلاسما که از طریق ایجاد گازهای یونیزه، رادیکال‌های واکنش‌پذیر و اشعه‌های خاص قادر به انجام واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی سریع و دقیق است، به عنوان یک نوآوری چندجانبه در عرصه‌های صنعتی، پزشکی، آب و هوا، انرژی و حتی دفاعی به سرعت وارد محورهای حقوق بین‌الملل اقتصادی ـ تجاری و حقوق بین‌الملل سلامت شده و این دو حوزه را از طریق مجموعه‌ای از الزامات قانونی، نهادهای نظارتی، سازوکارهای مالی و مکانیسم‌های انتقال فناوری به هم پیوند می‌دهد. در سطح تجاری، قراردادهای سازمان تجارت جهانی مخصوصاً مفاد مربوط به اصل «مقابله با موانع فنی تجاری» و «استانداردهای بهداشت و ایمنی» نقش کلیدی در تنظیم ورود و خروج محصولات مبتنی بر پلاسما ایفا می‌کنند (۱۸). برای مثال، دستگاه‌های استریل‌کننده پلاسمامحور که قادر هستند سطوح ابزارهای جراحی، بسته‌بندی‌های دارویی و حتی وسایل شخصی را در زمان کمتر از چند ثانیه به طور کامل از میکروارگانیسم‌ها خالی سازند، باید تحت ارزیابی ریسک علمی پذیرفته‌شده توسط نهادهای بین‌المللی همچون سازمان بهداشت جهانی و... قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که عدم وجود مواد شیمیایی مضر یا انتشار رادیواکتیویته ناخواسته در طول فرایند استریل‌سازی به درستی مدیریت می‌شود. ارزیابی‌ها به عنوان معیارهای استانداردهای بهداشت و ایمنی وارد تبادل تجاری می‌شوند و هر کشوری که بخواهد چنین تجهیزاتی را وارد یا صادر نماید، ملزم به ارائه شواهد علمی معتبر درباره ایمنی برای افراد و محیط زیست است، در حالی که معیارهای اصل «مقابله با موانع فنی تجاری» تضمین می‌کند که استانداردهای فنی مورد استفاده توسط سازندگان پلاسمامحور، از منظر هماهنگی با استانداردهای بین‌مللی، سازگاری با الزامات ملی و قابلیت ارزیابی همتاپذیری برخوردار باشد، در نتیجه، فرایند تجاری فناوری پلاسما نه‌تنها نیازمند هماهنگی فنی بین کشورهای صادرکننده و واردکننده است، بلکه مستلزم ایجاد سازوکارهای شفاف برای تبادل اطلاعات فنی، گواهی‌نامه‌های انطباق و نظام‌های پیگیری ردیابی می‌گردد که در چارچوب سازوکارهای حل و فصل اختلاف سازمان تجارت جهانی به صورت مؤثر قابل اجرا هستند (۱۹). در همان زمان، از منظر حقوق بین‌الملل سلامت، سازمان بهداشت جهانی و معاهدات بین‌المللی بر دسترسی عادلانه به فناوری‌های درمانی و پیشگیرانه تأکید می‌نمایند. پلاسما به


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

عنوان ابزار پیشرفته‌ای که قادر است در بهبود کیفیت آب آشامیدنی با حذف ویروس‌ها، باکتری‌ها و ترکیبات سمی، در کاهش بار بیماری‌های منتقله از آب نقش اساسی ایفا نماید، از این رو سازمان بهداشت جهانی توصیه‌های فنی برای استفاده امن از سیستم‌های پلاسمای سرد در تصفیه آب صادر می‌سازد و در صورت بروز بحران‌های بهداشتی اضطراری، چنین توصیه‌هایی می‌توانند به عنوان پایه‌ای برای اعمال موقت عدم اعمال محدودیت‌های تجاری جهت تسهیل انتقال سریع فناوری پلاسما به کار گرفته شوند. پلاسمای سرد هوای اتمسفری، منبع فوق‌العاده‌ای از الکترون‌ها، یون‌های مثبت و منفی، رادیکال‌های آزاد، محصولات تبدیل شده پایدار (نظیر ازون)، مولکول‌ها و اتم‌های برانگیخته و فوتون‌های تابش فرابنفش است (۲۰)، به علاوه، در حوزه داروسازی، فناوری پلاسما در تولید پوشش‌های نانوپلاسما برای حامل‌های دارویی، اصلاح سطحی ایمپلنت‌ها و حتی در تولید واکسن‌های مولتی‌پلتفارم نقش دارد که این کاربردها مستلزم رعایت تعهدات توافق‌نامه تجارت مرتبط با خدمات با توجه به حقوق مالکیت فکری و امکان صدور مجوزهای اضطراری برای تأمین نیازهای بهداشتی عمومی می‌باشد. به ویژه هنگامی‌که یک بیماری نوظهور یا جهیزهای مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها به سرعت از مرزها عبور می‌کند و فناوری پلاسما می‌تواند با تخریب میکروارگانیسم‌های مقاوم به رفتار شود، فشار بین‌المللی برای فعال‌سازی سازوکارهای توافق‌نامه تجارت مرتبط با خدمات تحت بند «حمایت از منافع عمومی» افزایش می‌یابد و چنین موردی مستقیماً به ایجاد هم‌سویی بین تعهدات تجاری و تعهدات بهداشتی منجر می‌شود (۲۱). همچنین، چون پلاسما در بسیاری از موارد دومصرفی بوده و قادر است هم در صنایع مدنی و هم در حوزه‌های نظامی به کار رود، فهرست‌های کنترل صادرات نظیر «مجموعه کنترل فناوری‌های پیشرفته» و «مقررات کنترل انتشار سلاح‌های کشتارساز» نقش اساسی در تنظیم جریان‌های پلاسما بین‌المللی ایفا می‌کنند. در این راستا، کشورها تحت تعهدات توافق‌نامه‌های تجارت آزاد باید سازوکارهای نظارتی خود را به گونه‌ای طراحی کنند که ضمن جلوگیری از انتقال فناوری‌های حساس به سلاح‌سازی، امکان انتقال مشروع پلاسما به منظور بهبود خدمات بهداشتی را بدون ایجاد موانع تجاری غیر مستقیم تضمین نمایند، به گونه‌ای که دو وظیفه حفاظت از امنیت ملی و ارتقای سلامت عمومی به توازن در چارچوب چندجانبه تنظیم شوند (۲۲). به طور کلی، نحوه طراحی دستگاه و همچنین پارامترهای عملکردی سیستم، از جمله ترکیب گازی، سرعت جریان، رطوبت، دما، ولتاژ و فرکانس، بر ترکیب و اثرگذاری پلاسمای سرد تأثیر می‌گذارند (۲۳). سرمایه‌گذاری بین‌المللی مستقیم در پروژه‌های پلاسمامحور که تحت پوشش معاهدات حفاظت از سرمایه‌گذاری قرار دارند، به خصوص در کشورهای در حال توسعه که نیاز به ظرفیت‌سازی برای پیاده‌سازی سیستم‌های پلاسما در تصفیه آب، محصولات بهداشتی و انرژی سبز دارند، نیازمند تضمین حقوق مالکیت فکری، مکانیزم‌های حل و فصل اختلاف و تعهد به اجرای استانداردهای زیست‌محیطی بین‌المللی است. به همین دلیل، بانک‌های توسعه‌ای نظیر بانک جهانی، بانک توسعه آسیایی و بانک‌های منطقه‌ای از ابزارهای مالی سبز و تسهیلات مبتنی بر نتایج برای حمایت از پروژه‌های پلاسما که قادر هستند به صورت مستقیم بهبود دسترسی جمعیت‌های محروم به آب شرب پاک و تجهیزات پزشکی استریل‌شده را فراهم سازند، استفاده می‌کنند. سرمایه‌گذاری یادشده، مخصوصاً زمانی مؤثر می‌شود که منابع مالی با تعهدات شفافیت نظارتی و گزارش‌گری منطبق بر چارچوب‌های چندجانبه مانند «مقررات گزارش‌گری مالی‌سازی پایداری» ترکیب شود، زیرا این کار به ناظران بین‌المللی اجازه می‌دهد تا تأثیرات بهداشتی پروژه‌های پلاسما، مانند کاهش ابتلا به بیماری‌های تنفسی ناشی از آلودگی‌هوایی و بهبود نتایج جراحی به دلیل استریل‌سازی سریع‌تر را به صورت کمی‌سازی شده ارزیابی نموده و به همین دلیل تصمیم‌گیرندگان تجاری و بهداشتی را در تدوین سیاست‌های حمایت از فناوری پلاسما هم‌سو سازند. در همین راستا، سازمان تجارت جهانی می‌تواند با بهره‌گیری از سازوکار «تجزیه و تحلیل اثرات تجاری ـ


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

بهداشتی» که در برخی پرونده‌های تجاری بین‌المللی به عنوان یک پیش‌شرط برای اعمال اقدامات حفاظتی به کار رفته است، ارزیابی نماید که آیا اعمال محدودیت‌های گمرکی بر تجهیزات پلاسمای سرد، در شرایط بحران‌های بهداشتی، سبب نقصان معقول در سلامت عمومی می‌شود یا نه و در صورت مثبت‌بودن نتیجه، چنین ابزاری قادر است به عنوان یک استثنا در مفاد اصل «مقابله با موانع فنی تجاری» یا استانداردهای بهداشت و ایمنی پذیرفته شود (۲۴). چنین سازوکارهایی نه‌فقط به جلوگیری از به کارگیری نادرست «روش پیشگیری محافظه‌کارانه» در قالب ممنوعیت‌های تجاری منجر می‌شود، بلکه امکان استفاده انعطاف‌پذیر از اصول انعطاف‌پذیری در معاهدات تجاری برای تسهیل انتقال سریع فناوری‌های بحرانی به منظور حفظ سلامت عمومی را فراهم می‌آورد. از سوی دیگر، در ارزیابی‌های ریسک بهداشتی که توسط نهادهای مثل سازمان بهداشت جهانی انجام می‌شود، معیارهای فنی مرتبط با توانایی پلاسما در تخریب میکروارگانیسم‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، در حذف سموم حاصل از فرآیندهای صنعتی و حفظ کیفیت مخازن آب شرب به صورت شفاف تعریف می‌شوند. معیارهای مذکور، سپس به عنوان ضوابط فنی در اسناد اصل «مقابله با موانع فنی تجاری» گنجانده می‌شوند و به طوری تنظیم می‌گردند که کشورها بتوانند با ارائه مستندات معتبر، کالاهای مبتنی بر پلاسما را تحت اصل «انطباق معادل» به سرعت در بازارهای هدف جابجا سازند بدون اینکه مانع‌های غیر ضروری بر سر راه همکاری‌های بهداشتی ایجاد شود. در کنار این مقررات، مکانیزم‌های مالیاتی‌پذیر مانند «مالیات تنظیمی مرزی بر کربن» که توسط اتحادیه اروپا به منظور احقاق هزینه‌های زیست‌محیطی در زنجیره‌های ارزش تجاری اعمال می‌شود، می‌تواند تأثیر مستقیم بر هزینه‌پذیری فناوری‌های پلاسما داشته باشد، به طوری که صنایعی که برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از پردازش‌های پلاسمای سرد استفاده می‌کنند، می‌توانند از تخفیف‌های مالیاتی یا اعتبارهای کربنی بهره‌مند شوند و چنین موردی به صورت مستقیم مشوقی برای گسترش فناوری پلاسما در کشورهای در حال توسعه می‌شود که آن‌ها نیز از طریق قراردادهای تجاری منطقه‌ای سعی می‌دارند از معافیت‌های مشابه بهره‌برداری کنند. چنین ترکیبی بین مالیات‌پذیری سبز، قوانین مالکیت فکری تحت چارچوب توافق‌نامه تجارت مرتبط با خدمات و استثناهای اضطراری برای انتشار فناوری‌های بهداشتی ایجاد یک چارچوب ترکیبی می‌کند که هم‌زمان به بهبود رفاه اقتصادی، از طریق گسترش صادرات فناوری‌های پلاسما و جذب سرمایه‌گذاری مستقیم و بهبود نتایج بهداشتی از طریق دسترسی سریع‌تر به تجهیزات استریل‌سازی، تصفیه آب و دستگاه‌های تشخیص مبتنی بر پلاسما منجر می‌شود (۲۵). استرس الکترواستاتیک واردشده بر مقاومت کششی غشای سلولی غلبه کرده و سبب ایجاد تغییرات هدف می‌شود (۲۶).

## نتیجه‌گیری

کاربردهای پلاسما در استریل‌سازی تجهیزات پزشکی، پردازش سطحی داروها، تولید واکسن‌های پیشرفته یا تسهیل فرایندهای دیالیز و درمان زخم‌های مزمن، به طور مستقیم با مباحثی چون تأمین ایمنی بیماران، حفظ حق دسترسی به خدمات بهداشتی و جلوگیری از انتشار بیماری‌های عفونی مرتبط می‌شود؛ مباحثی که به صورت صریح در اسناد اساسی سازمان ملل، مورد پوشش قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، چنین کاربردهایی برای تجاری‌سازی، انتقال فناوری، صادرات و واردات دستگاه‌های پلاسما، مواد اولیه شیمیایی و محصولات نهایی، نیازمند سازوکارهای تجارت آزاد، حفاظت از مالکیت فکری، تنظیمات گمرکی و استانداردهای فنی امنیتی است که در چارچوب سازمان تجارت جهان و معاهدات دوجانبه یا چندجانبه تجارت تجاری تعریف می‌شوند. دو بستر حقوقی یادشده، اگرچه در ابتدا می‌توانستند به صورت جداگانه عمل کنند، اما در مواجهه با فناوری پلاسما به سرعت در هم‌پوشانی می‌رسند. استانداردهای فنی‌ای که برای تضمین کیفیت و ایمنی محصول پلاسما باید تنظیم شوند، به همین گونه معیارهای ارزیابی ریسک بهداشتی نیز تبدیل می‌گردند، به طوری که هرگونه نقص در تأیید ایمنی می‌تواند سبب اعمال محدودیت‌های تجاری، اعمال سانسور یا حتی اعمال


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

تحریم‌های بهداشتی توسط کشورهای واردکننده شود. از منظر حقوق بین‌الملل سلامت، موضوع این است که چگونه می‌توان دسترسی عادلانه به خدمات و محصولات مبتنی بر پلاسما را برای جمعیت‌های ضعیف و کشورهای کم‌درآمد تضمین کرد، در حالی که از سوی حقوق تجارت بین‌الملل، ضرورت حفظ انگیزه‌های سرمایه‌گذاری، حفاظت از حقوق مالکیت فکری و جلوگیری از تقلب یا سرقت فناوری برای کشورهای تولیدکننده پیش‌بینی می‌شود. بنابراین، نیاز مبرم به تدوین چارچوبی چندسطحی و تکامل‌یافته است که بتواند هم‌زمان با حفاظت از حقوق عمومی سلامت، فضای باز برای تجارت منصفانه و انتقال فناوری را حفظ کند. چارچوب یادشده، قادر است شامل موارد زیر باشد:

۱ـ ایجاد یک سامانه ارزیابی منبعی که توسط سازمان بهداشت جهانی به همراه سازمان تجارت جهانی و سازمان‌های استانداردی به صورت مشترک اداره شود، سامانه مذکور بتواند معیارهای ایمنی پلاسما را با معیارهای فنی تجارت ترکیب نماید و به صورت گواهی‌نامه‌های بین‌المللی به کار گرفته شود؛

۲ـ تبیین واضح حدود مسئولیت‌پذیری در صورت بروز خسارت‌های بهداشتی ناشی از اشکال در فناوری پلاسما، به طوری که تعهدات جبران‌کاری بین تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و کاربران نهایی تحت پوشش معاهدات تجاری نیز باشد؛

۳ـ تدوین سازوکارهای حل اختلاف تخصصی که بتوانند مسائل فنی ـ پزشکی را با روش‌های میانجی‌گری یا داوری بین‌المللی که از کارشناسان رشته‌های پزشکی پلاسما، حقوق بین‌الملل و تجارت بهره می‌برند، حل کنند؛

۴ـ ایجاد مکانیزم‌های مالی سازگار با اهداف توسعه پایدار که از طریق صندوق‌های بین‌المللی به ویژه برای کشورهای در حال توسعه اعطای وام یا سرمایه‌گذاری مستقیم در زیرساخت‌های پلاسما را تسهیل نمایند، به همین‌سان تعهدات مربوط به حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فناوری‌های پلاسما نیز مد نظر باشد. با توجه به ماهیت پویا و سریع‌التغییر فناوری پلاسما، چارچوب حقوقی پیشنهادی باید دارای ویژگی انعطاف‌پذیری، قابلیت به روزرسانی مبتنی بر شواهد علمی جدید و سازگاری با تحولات فناوری باشد. چنین موضوعی مستلزم ایجاد سازوکارهای نظارتی ترکیبی است که در آن ارزیابی‌های پیش رو علمی ـ فنی، بازنگری دوره‌ای معاهدات تجاری و بهداشتی و مشارکت فعال جامعه مدنی، علمی و تجاری در فرآیند تصمیم‌گیری حضور داشته باشد. در این راستا، ترکیب اصول «پیشگیری بهتر از درمان» در حقوق سلامت و «عادلانه‌سازی مزایا» در حقوق تجارت می‌تواند تعادلی میان ترغیب نوآوری و حفاظت از منافع عمومی برقرار کند.

## مشارکت نویسندگان

مرتضی ترابی: تجزیه و تحلیل داده‌ها، جمع‌آوری مطالب، تأیید مطالب.

محمدرضا قنبری سلحشور و مهدی اسکندری خوشگو: جمع‌آوری مطالب، تجزیه و تحلیل داده‌ها، ویراستاری ادبی.

نویسندگان نسخه نهایی را مطالعه و تأیید نموده و مسئولیت پاسخگویی در قبال پژوهش را پذیرفته‌اند.

## تشکر و قدردانی

ابراز نشده است.

## تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافع احتمالی را در رابطه با تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله اعلام نکرده‌اند.

## تأمین مالی

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

## بیانیه هوش مصنوعی

در چیدمان پژوهش حاضر، از هوش مصنوعی استفاده نشده است.


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

**References**

1. Aggelopoulos CA. Recent advances of cold plasma technology for water and soil remediation: A critical review. J Chem Eng. 2022; 428: 131657.

2. Mouele ESM, Tijani JO, Badmus KO, Pereao O, Babajide O, Fatoba OO, et al. A critical review on ozone and co-species, generation and reaction mechanisms in plasma induced by dielectric barrier discharge technologies for wastewater remediation. J Environ Chem Eng. 2021; 9(5): 105758.

3. Akishev YUS, Aponin GI, Grushin ME, Karal'nik VB, Pan'kin MV, Petryakov AV et al. Alternating nonsteady gas-discharge modes in an atmosphericpressure air flow blown through a point-plane gap. Plasma Phys Rep. 2008; 34(4): 312-324.

4. Vanraes P, Ghodbane H, Davister D, Wardenier N, Nikiforov A, Verheust YP, et al. Removal of several pesticides in a falling water film DBD reactor with activated carbon textile: Energy efficiency. Water Res. 2017; 116: 1-12.

5. Akishev YUS, Grushin ME, Napartovich AP, Trushkin NI. Novel AC and DC non-thermal plasma sources for cold surface treatment of polymer films and fabrics at atmospheric pressure. Plasmas Polym. 2002; 7(3): 261-289.

6. Ananthanarasimhan J, Lakshminarayana R, Anand M, Dasappa S. Influence of gas dynamics on arc dynamics and the discharge power of a rotating gliding arc. Plasma Sources Science and Technology. 2019; 28(8): 8501-8510.

7. Becker K, Barker R, Kogelschatz U, Schoenbach K. Non-Equilibrium Air Plasmas at Atmospheric Pressure. Bristol: IoP Publishing; 2004.

8. Benhalima F. Surface engineering through atmospheric plasma technology. Lyon: Presentation at 1st ACTECO Training Day; 2006.

9. Br´etagnol F, Lejeune M, Papadopoulou-Bouraoui A, Hasiwa M, Rauscher H, Ceccone G, et al. Fouling and non-fouling surfaces produced by plasma polymerization of ethylene oxide monomer. Acta Biomater. 2006; 2: 165-172.

10. Norouzi B, Hashemi Zavih N. Review of the antimicrobial effects of nanoparticles and atmospheric cold plasma technology. Journal of Isfahan Faculty of Medicine. 2024; 41(729): 641-642. [Persian]

11. Bourke P, Ziuzina D, Boehm D, Cullen PJ, Keener K. The potential of cold plasma for safe and sustainable food production. Trends Biotechnol. 2018; 36(6): 615-626.

12. Buyle G, Rogister Y, Lefranc O, Paul A. Antimicrobial coatings on textile fabrics via continuous atmospheric plasma deposition. Biella: Proceedings of the 8th AUTEX Conference; 2008. Session 14/1.

13. Chen FF. Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion. Volume 1: Plasma Physics, 2nd edn (revised edition of: Introduction to Plasma Physics. 1974). New York: Plenum Press; 1985.

14. Ekezie FGC, Sun DW, Cheng JH. A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. Trends Food Sci Technol. 2017; 69: 46-58.

15. Fridman A. Plasma Chemistry. New York: Cambridge University Press; 2008.

16. Fridman A, Kennedy LA. Plasma Physics and Engineering, Taylor & Francis Inc. New York: Plenum Press; 2004.

17. Gilmore BF, Flynn PB, O'Brien S, Hickok N, Freeman T, Bourke P. Cold plasmas for biofilm control: opportunities and challenges. Trends Biotechnol. 2018; 36(6): 627-38.

18. Gururani P, Bhatnagar P, Bisht B, Kumar V, Joshi NC, Tomar MS, et al. Cold plasma technology: advanced and sustainable approach for wastewater treatment. Environ Sci Pollut Res Int. 2021; 28(46): 65062-65082.

19. Leke CA, Marwala T. Missing data estimation in high-dimensional datasets: A swarm intelligence-deep neural network approach. Advances in Swarm Intelligence. Bali: 7th IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics; 2016. 1: 259-270.

20. Najafi Y, Norouzi B, Sari AH. Review on the combined effect of cold plasma treatment technology and cyanobacteria in heavy metal removal such as Zinc, Calcium, and Magnesium. IJAP. 2023; 13(1): 75-116. [Persian]

21. Leke CA, Ndjiongue AR, Twala B, Marwala T. A deep learning-cuckoo search method for missing data estimation in high-dimensional datasets. Advances in Swarm Intelligence. Fukuoka: 8th IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics; 2017a. 1: 561-572.

22. Leke CA, Ndjiongue AR, Twala B, Marwala T. Deep learning-bat high-dimensional missing data estimator. Banff: 2017 IEEE Inter-national Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). 2017b. p.483-488.

23. Sakudo A, Yagyu Y, Onodera T. Disinfection and sterilization using plasma technology: Fundamentals


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.

and future perspectives for biological applications. Int J Mol Sci. 2019; 20(20): 5216-5230.

24. Li S, Dang X, Yu X, Abbas G, Zhang Q, Cao L. The application of dielectric barrier discharge non-thermal plasma in VOCs abatement: A review. Chemical Engineering Journal. 2020; 388(5): 124275.

25. Martin P.J. Cathodic arc deposition. Edited by Glocker DA, Shah SI. In: Handbook of thin film Process Technology. Bristol: IoP Publishing; 1995. Vol.1.

26. Murugesan P, Monica E, Moses J, Anandharamakrishnan C. Water decontamination using non-thermal plasma: Concepts, applications, and prospects. J Environ Chem Eng. 2020; 8(5): 104377.


تمامی حقوق انتشار این اثر، متعلق به پژوهشکده اخلاق زیستی و حقوق سلامت پارس می‌باشد.