علم و جامعه

علم، قدرت است

نقش دیپلماسی علمی در اقتدار ملی

علی طهایی*

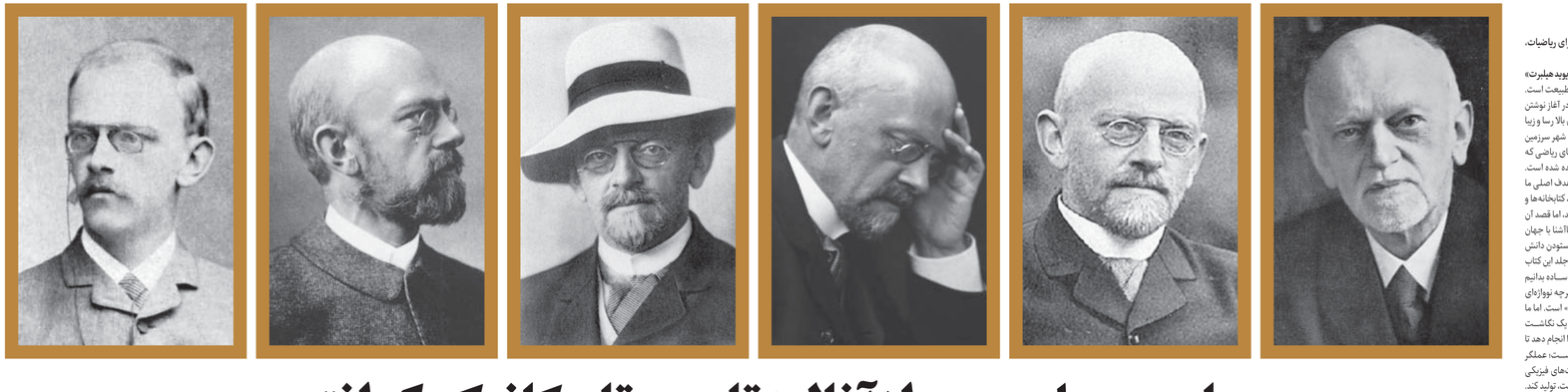
دیپلماسی عمومی ارتباط با سایر کشورها به‌منظور دستیابی به اهداف مورد نظر سیاست خارجی هر کشور است و دیپلماسی علمی نوعی از دیپلماسی عمومی است که در آن از علم برای پیشبرد دیپلماسی استفاده می‌شود. دیپلماسی علمی هم از دیپلماسی برای به‌دست‌آوردن دستاوردهای علمی و پژوهشی استفاده می‌کند هم از همکاری‌های علمی برای رسیدن به اهداف کلان مورد نظر سیاست خارجی. از طرفی، اقتدار ملی، توانمندی و پتانسیل‌هایی است که در یک کشور وجود دارد و به دولت مستقر در آن کشور امکان می‌دهد اهداف ملی خود را در حوزه‌های بین‌المللی دنبال کند. امروزه، تعریف قدرت در جهان فقط از جنبه قدرت نظامی در نظر گرفته نمی‌شود. قدرت اقتصادی نیز که عمدتا از افزایش تولید ناخالص ملی ایجاد می‌شود، به‌نوعی از پیشرفت علمی آن کشور نشئت می‌گیرد. برای مطرح‌شدن یک کشور در عرصه بین‌الملل، باید ابتدا جامعه قدرتمند شود و رشد اقتصادی یک کشور، زمانی رخ می‌دهد که افراد آن جامعه بتوانند در زمینه‌های مختلف کار و اقتصادی دارای تخصص شوند که این امر با آموختن و به‌کارگیری علم و فناوری میسر می‌شود. این مورد می‌تواند تعمیم پیدا کرده و بر اقتصادهای بین‌المللی و فرهنگ جوامع نیز اثرگذار باشد. بنا بر تعریفی، اقتدار ملی مجموعه‌ای از پتانسیل‌های مادی و معنوی است که در داخل یک کشور وجود دارد که از توانایی‌های اقتصادی، سیاسی، فرهنگی، علمی و نظامی آن کشور ناشی می‌شود. هرگونه تلاشی برای اقتدار ملی باید از ترکیب جنبه‌های داخلی و خارجی صورت گیرد که جنبه داخلی شامل ظرفیت مردم برای تبدیل منابع موجود به دانش علمی است و جنبه خارجی ظرفیت آن جامعه برای اثرگذاری بر جوامع بین‌المللی از طریق اقتصاد و سیاست. از طرفی، علم، مطالعه جهان طبیعت است و به هر نوع دانش نسبت به پدیده‌ها، دانستنی‌های بشر اطلاق می‌شود که به روش‌های تجربی قابل تایید باشد. همچنین فناوری، قابلیت تغییر فرایند است تا بتوان ورودی را به خروجی مدنظر تبدیل کرد که شامل علوم‌های همچون افراد، سازمان، دانش و ابزار است که به مهارات هم عمل می‌کنند. عمدةترین دغدغه‌های بشر در جهان امروز شامل تغییرات آب‌وهوایی، گرم‌شدن زمین، ناامنی غذایی، سلامت عمومی و بیماری‌های همه‌گیر که خطرات اساسی برای نظم جهانی دارد، ریشه در علم و فناوری دارد. استفاده مفید و مؤثر از علم و فناوری، نقش بسیار مهمی در بهبود امنیت جهانی بازی می‌کند. از آنجا که علم، به خودی خود، نه ایدئولوژیک است نه سیاسی بلکه یک راه سریع کفت‌وگو و ارتباط بین‌المللی است که می‌تواند به عنوان یک وسیله مؤثر برای ارتباط بین جوامع بشری مورد استفاده قرار گیرد. امروزه، این دیدگاه وجود دارد که منافع اقتدار ملی تغییر یافته است. مهمترین ویژگی قدرت ملی، ظهور جوامع است که با علم و فناوری سازگاری شده‌اند و علم به علم مهمترین زیرساخت برای اقتدار ملی به حساب می‌آید. از آنجا که علم و فناوری تاثیر شگرفی بر اقتصادهای ملی و بین‌المللی، جوامع و فرهنگ‌ها دارد، در نتیجه نظم جهانی نیازمند سیاستی مدون مبنی همه کشورها است. علم و فناوری می‌تواند نقش محوری و تاثیرگذاری را در این زمینه ایفا کند. چون وسیله‌ای است که می‌تواند پیوند میان جوامع و فرهنگ‌ها را محکم کند. همان‌طور که اشاره شد علم یک زبان فکت‌وگوی جهانی است که تحت تاثیر مرزهای جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و عمدا علمی پیشرفته، توسعه خود را مدیون قدرت علم و فناوری است. دیپلماسی علمی یکی از ساده‌ترین و مؤثرترین راه‌ها برای همکاری و ارتباط واقعی میان جوامع مختلف است. همکاری‌های علمی باید بتواند محیط‌های غیراید‌ئولوژیک و تبادل اندیشه آسان را فراهم کند. دیپلماسی علمی از مؤلفه‌هایی است که قابلیت فائق منافع ملی را در قالب شیرازه دارد و به عنوان قدرت نرم مؤثر هر کشور به کار گرفته می‌شود و می‌توان از آن به عنوان وسیله‌ای در جهت نیل به اهداف و منافع ملی بهره جست. از راه همکاری‌های علم و فناوری امکان تشکیل اتحادهای منطقه‌ای و جهانی بر اثر ایجاد منافع مشترک و حل مرکز است. علم و فناوری، نقش بسیار مؤثری در حفظ و ارتقای امنیت ملی دارد و کشورها در ارتباط خود به جهان توانمندتر می‌کند. امنیت ملی، تاثیر زیادی بر تحولات تکنولوژیک در منطقه دارد. امنیت مجموعه دستاوردهای نوین علمی، کیفیت امنیت ملی را بهبود می‌بخشد. امروزه، امنیت ملی صرفا به معنای داشتن قدرت و استراتژی‌های نظامی نیست و دانما کشورها را به سوی همکاری‌های بیشتر در زمینه‌های مختلف متمایل می‌کند. پیشرفت‌های علمی موجب شکوفایی اقتصادی و در نتیجه افزایش رفاه مردم شده و در نتیجه، ثبات سیاسی و اجتماعی کشور افزایش می‌یابد. این ثبات تا حد زیادی باعث ارتقای امنیت ملی می‌شود. در نتیجه می‌توان ادعا داشت توسعه علمی می‌تواند به عنوان معیاری برای اقتدار ملی در نظر گرفته شود. در این راستا، نقش دانشگاه‌ها بسیار اساسی است و می‌توانند نقش بسیار مؤثر ارتباطی و تعاملی با دستگاه سیاست خارجی کشور داشته باشند و با همکاری بین‌المللی با مؤسسات آموزش عالی سایر کشورها، دیپلماسی علمی را به بهترین نحو به مرحله اجرا برسانند. چند نمونه از اهداف و برنامه‌های دیپلماسی علمی در دانشگاه‌ها از مهم‌ترین ارتقای دستاوردهای علمی از راه همکاری با سایر پژوهشگران دنیا بدون درنظرگرفتن ملیت آنها، تقویت علمی از طریق سفر پژوهشگران سطح بالای سایر کشورها، برنزاری مناسب برای ایفای مؤثرتر نقش دستگاه سیاست خارجی در توسعه علم، ایجاد و بهبود روابط با غلب کشورها، کسب سود و درآمد برای تعاملات علمی و فنی با سایر کشورها، افزایش نفوذ بر ملت‌های دیگر ازطریق دیپلماسی علمی و... نام برد. در پایان می‌توان بیان کرد که علم و فناوری نقش بسزایی در سیاست خارجی کشورهای مختلف دارد و بر حوزه‌های منطقه‌ای و بین‌المللی دارد. به‌طور خاص، دیپلماسی علمی از عواملی است که قابلیت تامین اقتدار و امنیت ملی را در اغلب شرایط دارد و به عنوان عامل مهم و مؤثری در قدرت نرم کشورها به حساب می‌آید. با توجه به ظرفیت‌های بالای علم و فناوری و حضور دانشمندان فرهیخته، جمهوری اسلامی ایران می‌تواند در جهت پیشبرد اهداف سیاست خارجی و تامین منافع و اقتدار ملی، با تکیه بر این موضوع، برنامه‌ریزی ویژه کند.

* عضو هیئت‌علمی دانشگاه خوارزمی

ردپای «هیلبرت»: از آنالیز تابعی تا مکانیک کوانتومی

نگاهی به کتاب «مقدمه‌ای بر عملگرهای فضای هیلبرت»

حسن فتاحی . سمیه برجیان



ریاضیات هیچ نژاد و مرز جغرافیایی‌ای نمی‌شناسد. برای ریاضیات، جهان فرهنگی خود به تنهایی یک کشور است.

«دیوید هیلبرت»

ریاضیات با مذاهبک در زبان پارسی سره، زبان راستا را طبیعت است. ریاضیات پادشاه دانش‌هاست. ریاضیات مطلقه دانش است. در آغاز نوشتن درباره کتابی در زمینه ریاضیات هیچ چیز به اندازه جمله‌های بالا رسا و زیبا نیست. در این مقاله می‌خواهیم سفری به یکی از هزاران شهر سرزمین پهناور ریاضیات داشته باشیم. سفری به دل یکی از کتاب‌های ریاضی که به‌تازگی توسط انتشارات دانشگاه لرستان به فارسی برگردانده شده است. کتابی با نام «مقدمه‌ای بر عملگرهای فضای هیلبرت». هدف اصلی ما معرفی این کتاب به جامعه ریاضی ایران است. دانشگاه‌ها، کتابخانه‌ها و ریاضی‌خوانان و ریاضی‌دانان این کتاب را برگزینند و بخوانند. اما قصد آن داریم مقاله معرفی را به‌گونه‌ای بنویسیم که خوانندگان ناآشنا با جهان ریاضی هم بر دانسته‌های خود بیفزایند. پس اجازه دهید از ستون دانش ریاضی بگذریم و از همین ابتدا کتاب را معرفی کنیم. روی جلد این کتاب واژه «عملگر» خودنمایی می‌کند. پس لازم است به زبان ساده بدانیم «عملگر» یا با نام دیگرش «آپارگر» چیست. واژه «آپارگر» اگرچه نوواژه‌ای ناآشناست، ولی برگردانی پرسوت‌تر برای واژه «operator» است. اما ما کمکان همان همان واژه «عملگر» را به کار خواهیم برد. عملگر، یک نگاشت یا یک تابع است که می‌تواند روی عناصر یک فضا عملی را انجام دهد تا عناصر را در فضای دیگری تولید کند. در فیزیک هم چنین است؛ عملگر فیزیکی، نگاشت یا تابعی است که می‌تواند در فضای حالت‌های فیزیکی عمل کند و حالت فیزیکی دیگری را که حاوی اطلاعات است، تولید کند. این کتاب درباره عملگرهای فضای هیلبرت است.

«هیلبرت» و فضایش

برای اینکه بدانید این کتاب درباره چیست، لازم است بدانید «فضای هیلبرت» چیست. اما پیش از آنکه بگوییم «فضای هیلبرت» چیست، شایسته است کمی درباره «هیلبرت» بگوییم. «دیوید (یا داوید) هیلبرت» از برجسته‌ترین ریاضی‌دانان تمام دوران به شمار می‌رود که مرزهای ریاضی را جابه‌جا کرده است. او آلمانی بود و به سال ۱۸۶۲ م. در یادشاهی پروس به دنیا آمد. به سال ۱۹۲۳ م. هـ.م در داغ‌ترین روزهای جنگ جهانی دوم پس از سیری‌کردن روزهای دشوار در حکومت نازی‌ها در گوتینگن آلمان چشم از جهان فروبست. نام «هیلبرت» با شاخه‌های پرگوئی از ریاضی گره خورده است؛ از آنالیز تابعی و نظریه اعداد تا هندسه‌های اقلیدسی و نااقلیدسی. «هیلبرت» از دوستان خوب «آلبرت اینشتین» بود و تا زمانی که «اینشتین» در آلمان بود، از حمایت او برخوردار بود. او همچنین در دوره‌ای که رئیس آن را در جهان ریاضی به دشواری می‌یابدرفتند، از دیگر ریاضی‌دان نامور آلمانی، «امی نوتر»، حمایت چشمگیری کرد. درباره «هیلبرت» و نقش پررنگ او در ریاضیات قرن بیستم و نیز نقش پررنگ او در جهت‌بخشی به نقش اجتماعی دانشمندان در عرصه‌های اجتماعی باید کتابی پرویبهای نوشت. اما افسوس‌مندانه از این مرد بزرگ حتی یک کتاب هم به فارسی نوشته یا ترجمه نشده است. به فضای «هیلبرت» بیردازیم. همه ما سه بُعد مکانی فضا را می‌شناسیم؛ ژرفا، پهنا و درازا. حال اگر بُعد زمان را هم به آن بیفزاییم، یا ساختار «فضا-زمان» سروکار خواهیم داشت. در این فضای سه‌بعدی، پرسوناته‌ترِ بگوییم در این ساختار فضا-زمان هندسه‌های حاکم است که برای راحتی کار هندسه اقلیدسی را فرض می‌گیریم. هندسه اقلیدسی همان هندسه‌ای است که در آن دو خط موازی یکدیگر را در یک نقطه مشترک قطع نمی‌کنند و جمع کل زاویه‌های مثلث ۱۸۰ درجه است. حال فرض کنید فضایی داشته باشیم که بُعدهای مکانی آن بیش از سه باشد یا حتی بیشتر باشد. در این فضا به ابزارهایی نیاز خبر بردارو و حسابگان نیاز داریم که بتواند در هندسه موجود نقش ما را کند. کاربردهای «هیلبرت» فزاینده است؛ از مکانیک کوانتومی گرفته تا تحلیل فوریه. منشئات پاره‌ای، نرم‌دوبنامک، انتقال ارثرت و فیزیک کوانتومی.

دارد. کتاب‌های دانشگاهی به زبان فارسی، به‌ویژه کتاب‌های تخصصی نیازمند حمایت است از ریشه‌اش خشک نشود. به ادامه غواصی در دریای بی‌کرانه هیلبرت‌ها و روی فضای هیلبرت بپردازیم. نظریه عملگرها روی «فضاهای هیلبرت» یکی از دستاوردهای مهم آنالیز تابعی است که کاربردهای فراوانی در شاخه‌های گوناگون ریاضیات و فیزیک دارد. همچنین پایه تعمیم‌های جالبی شامل جبرهای فون-نویمان و هندسه نااجه‌جایی و بسیاری از زمینه‌های پژوهشی نوین است. این کتاب بر اساس سخنرانی‌های نویسنده در دانشکده فیزیک دانشگاه ورشو فراهم شده که همین موضوع نقطه قوت است؛ زیرا نویسنده بیش از نوشتن کتاب زیرویم مشکلات، بدفهمی‌ها و کج‌فهمی‌های دانشجویان را فهمیده و در کتاب گنجانده است. «پیوتر سلطان» دو هدف کلی را برای کتابش برمی‌شمرد: نخست فراهم‌کردن ارائه‌ای مختصر از اصول اولیه نظریه عملگرها روی فضاهای هیلبرت با اثبات‌های کامل و مستقیم و دیگری آماده‌سازی خواننده

برای مطالعه بیشتر درباره نظریه عملگرها و نیز نظریه جبرهای عملگر، نوشنده برای دستیابی به هدف نخست، اصول و نکات مهم نظریه عملگرها روی «فضاهای هیلبرت» را که برای موضوعی کافی دسترسی ندارند. گام‌های شرح‌داده‌شده پیش از این برای کانون‌های کوچک و متوسط (با حجمت چند صد قلاده) به شرط وجود منابع کافی ممکن هستند. با وجود این اجرای این سیاست‌ها در مقیاس کلان، برای مثال‌ز جمعیت بزرگ و یا گستره جغرافیایی بزرگ، عملا غیرممکن است. پژوهش‌ها روی روش‌های بهره و راهبردی نشان داده است که برای کارآمدبودن، در این روش‌ها باید در زمان سازگار کوتاه (دقیق‌تر بگویم تولیدمثل) بخش بزرگی (حداقل ۵۰ درصد) از جوانان اهلی عقیم شوند و در غیر این صورت همه مسائل سیست بی‌فایده یا حتی‌ماری اثر معکوس باشند. اگر واقع‌بینانه به این مسئله نگاه کنیم، چالش‌ها سخت‌تر است از همان ابتدا. برای مثال، در مورد کنه‌ی جمع‌آوری جزیره‌ی جنوبی سک و کربه در کشور نیوزیلند، کمپین‌های بسیار گسترده‌ای برای کاهش جمعیت کنه‌ها در جریان است. اما این پدیده‌ها در مورد کنه‌ی جمع‌آوری جزیره‌ی جنوبی سک و کربه، برآورد می‌شود که سالانه بیش از شش درصد به تعداد این جوانان اهلی افزوده می‌شود. با توجه به بهبود وضع تقلیل زیاله شهری و دفع و دفن آن، دور از ذهن نیست که این افزایش جمعیت روند به گسترش غذایی شهروندان به جوانات اهلی ولگرد در کانون‌های شهری (کربه) و حاشیه شهری (سک) دامن بزند. تغذیه جوانات اهلی ولگرد در کانون‌های شهری (کربه) و حاشیه شهری (سک) افزایش سریع جمعیت آنها و متعاقب آن ادامه ریشه رنج انسان‌ها جدید جوانات ولگرد می‌شود. درسترس‌بودن غذا برای جوانات (چه اهلی و چه وحشی و حتی انسان‌ها) موجب فعال‌شدن انگیزه تولیدمثل می‌شود. گسترش منابع تغذیه، افزایش جمعیت و تکثیر زنجیره مستمر، حلقه‌های این زنجیره خطرناک زیستی هستند. نکته مهم این است که امنیت غذایی جوانات اهلی غیرزه شکار، توسعه قلمرو و رقابت با سایر شکارچیان را در آنها از بین نمی‌برد. تولید کنه‌های بیماری‌زا برای کربه‌ها یا بیماندار انوشی برای سک‌ها، لزوما با هدف تأمین غذا انجام نمی‌شود و بخشی از طبیعت آنهاست. گرچه بخش عمده‌ای از جوانان اهلی ولگرد در نزدیکی مراکز جمعیتی انسانی زندگی می‌کنند، تحقیقات و مشاهده رفتار اجتماعی سک‌ها در حاشیه شهرها نشان داده است که دسته‌های بزرگی از آنها (عمدتا نرهای جوانی که از گروه خود رانده شده‌اند) وارد مراتع جنگل‌ها و قلمرو جوانات وحش می‌شوند و به‌دست‌آوردن منابع غذایی حیات وحش را محدود می‌کنند. مورد بسیاری از انجمن گروه‌های سک ولگرد به بیماندار بزن به‌شدت در خطر انقراض در ایران گزارش شده است. در دهه گذشته کهدیری به مرگ سک‌های ولگرد به خزندگان، کاوسان وحشی، گراها، گربه‌سانان گوبه (گربه پلاس و سیاهگوش) و حتی گربه‌سانان

علم و مسئله افزایش جمعیت سگ و گربه

با جوانات اهلی ولگرد و خطر بالقوه آنها برای آینده حیات وحش منتزلل ایران چه باید کرد؟

اردلان توتچی*

بسیاری را منفرش کردند یا به سمت انقراض سوق دادند. آمارهای بین‌المللی نشان می‌دهد که سگ‌های ولگرد با فرال زندگی خود ۳۰۰ گونه را در نقاط مختلف جهان تهدید می‌کنند که در این میان ۱۸۰ گونه در قطبه‌بندی به‌شدت در خطر تا آسیب‌پذیر اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت قرار دارند. دمورد گربه‌ها، تحقیقات نشان داده‌اند که هر قلاده از این پستاندارن شکارچی در این قلاده بیش از ۳۴ گونه را شکار می‌کنند. این تعداد پرنده‌های است که گربه‌های خانگی و فلاده‌دار در سال از طبیعت حذف می‌کنند و تعداد میانگین سالانه برای گربه‌های فرال بسار بیش از اینهاست. در ایران در نبود مدیریت درست دفع پسماندهای انسانی و کنترل نشده‌شدن خطرناک تغذیه حیوانات اهلی ولگرد توجیه انسان‌ها، جمعیت آنها در مراکز جمعیتی ایران طی سال‌های اخیر به‌شدت افزایش یافته است. در غیاب آمار مستدل از جمعیت سک و کربه‌های ولگرد در ایران، برآوردهای محافظه‌کارانه، تعداد سک‌های ولگرد را تا ۳.۶ میلیون و گربه‌ها را ۲.۱ میلیون تخمین می‌زنند. اگر بپذیریم که تعداد جوان‌گیری‌گی سالانه نسبت مستقیمی با جمعیت سگ و کربه دارد، برآورد می‌شود که سالانه بیش از شش درصد به تعداد این جوانات اهلی افزوده می‌شود. با توجه به بهبود وضع تقلیل زباله شهری و دفع و دفن آن، دور از ذهن نیست که این افزایش جمعیت روند به گسترش غذایی شهروندان به جوانات اهلی ولگرد در کانون‌های شهری (کربه) و حاشیه شهری (سک) دامن بزند. تغذیه جوانات اهلی ولگرد در کانون‌های شهری (کربه) و حاشیه شهری (سک) افزایش سریع جمعیت آنها و متعاقب آن ادامه ریشه رنج انسان‌ها جدید جوانات ولگرد می‌شود. درسترس‌بودن غذا برای جوانات (چه اهلی و چه وحشی و حتی انسان‌ها) موجب فعال‌شدن انگیزه تولیدمثل می‌شود. گسترش منابع تغذیه، افزایش جمعیت و تکثیر زنجیره مستمر، حلقه‌های این زنجیره خطرناک زیستی هستند. نکته مهم این است که امنیت غذایی جوانات اهلی غیرزه شکار، توسعه قلمرو و رقابت با سایر شکارچیان را در آنها از بین نمی‌برد. تولید کنه‌های بیماری‌زا برای کربه‌ها یا بیماندار انوشی برای سک‌ها، لزوما با هدف تأمین غذا انجام نمی‌شود و بخشی از طبیعت آنهاست. گرچه بخش عمده‌ای از جوانان اهلی ولگرد در نزدیکی مراکز جمعیتی انسانی زندگی می‌کنند، تحقیقات و مشاهده رفتار اجتماعی سک‌ها در حاشیه شهرها نشان داده‌اند که دسته‌های بزرگی از آنها (عمدتا نرهای جوانی که از گروه خود رانده شده‌اند) وارد مراتع جنگل‌ها و قلمرو جوانات وحش می‌شوند و به‌دست‌آوردن منابع غذایی حیات وحش را محدود می‌کنند. مورد بسیاری از انجمن گروه‌های سک ولگرد به بیماندار بزن به‌شدت در خطر انقراض در ایران گزارش شده است. در دهه گذشته کهدیری به مرگ سک‌های ولگرد به خزندگان، کاوسان وحشی، گراها، گربه‌سانان گوبه (گربه پلاس و سیاهگوش) و حتی گربه‌سانان

کوچک زیباست

استحصال انرژی امواج به کمک نانوژنراتورها

گردآوری و ترجمه: عبدالله مصطفایی . پریسا فخری

نانوژنراتور فناوری است که انرژی مکانیکی/حرارتی حاصل از تغییرات فیزیکی در مقیاس کوچک را به الکتریسیته تبدیل می‌کند. این فناوری شامل سه روش برای برداشت انرژی است که شامل نانوژنراتورهای پیزوالکتریک (PENG)، نانوژنراتور تریبوالکتریک (TENG) و نانوژنراتور پایروالکتریک (PyNG) است. نانوژنراتورهای پیزوالکتریک و تریبوالکتریک انرژی مکانیکی را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند و نانوژنراتورهای پایروالکتریک برای برداشت انرژی حرارتی استفاده می‌شوند. تیمی از نانوژنراتور از سال ۲۰۰۶ توسط «ژانگ لین وانگ» و همکارانش معرفی شد که یک نانوژنراتور پیزوالکتریک مبتنی بر نانومیله‌های اکسید زیوی بود. اساس نانوژنراتورهای پیزوالکتریک مبتنی بر مواد پیزوالکتریک است. مواد پیزوالکتریک موادی هستند که به ولتاژ فشار مکانیکی، می‌توانند الکتریسیته تولید کنند که به آن انرژی پیزوالکتریک مستقیم گفته می‌شود. همچنین، این مواد هنگامی که اختلاف پتانسیل الکتریکی به آنها اعمال می‌شود، تغییر شکل می‌دهند که به آن انرژی پیزوالکتریک معکوس نامیده می‌شود. تاکنون انواع مختلفی از مواد پیزوالکتریک و ساخت این نانوژنراتورها به‌کار گرفته شده‌اند. در سال ۲۰۱۲ نانوژنراتور تریبوالکتریک برای اولین‌بار مطرح شد و مشابه با نانوژنراتورهای پیزوالکتریک، این تکنولوژی جدید نیز توجه محققان زیادی را برای استفاده از آن به‌عنوان رویکرد قدرتمند و عملی در برداشت انرژی از محیط به خود جلب کرده است. تریبوالکتریک یک پدیده شناخته‌شده است که به تولید بار الکتریکی بین دو ماده مختلف وقتی در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، اشاره دارد. وقتی دو ماده در تماس با هم قرار می‌گیرند، پس از جداسازی دو سطح اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌شود. برای مثال‌ز کدن‌ز اختلاف پتانسیل به‌وجودآمده، پدیده القای الکترواستاتیک الکترون‌های موجود در یک الکترود را از طریق بار خارجی به الکترود دیگر منتقل می‌کند. با ادغام اثر تریبوالکتریک و القای الکترواستاتیک، نانوژنراتورهای تریبوالکتریک ارائه شدند. این نانوژنراتورها برای به‌کارگیری انرژی مکانیکی محیطی، که همه‌جا در دسترس است و معمولا در زندگی روزمره هدر می‌رود، به‌کار می‌روند.

یک راهکار کلیدی برای جمع‌آوری انرژی یک از اقیانوس حتی به میزان کم، ممکن است در روش تبدیل الکتریسیته ساکن باشد. اکنون تیمی از محققان در پرتغال با موفقیت توانسته‌اند از این مفهوم برای ساخت زنانوژنراتور گرد در داخل یک شارلو نواوری استفاده کرده و حسگرها و چراغ‌های را که این شارلو جریان‌های دریایی را تولید می‌کند، به ملوانان استفاده می‌کند. تغذیه کنند. اگرچه مقیاس این پروژه تا این لحظه کوچک است ولی محققان می‌گویند این یک قدم مهم برای انتالت تکنیکی است که می‌تواند تلاش‌های موجود برای مهار قدرت امواج و سایر انواع حرکات طبیعی آب را تکمیل کند. اقیانوس‌ها یک منبع جذاب برای تولید انرژی تجدیدپذیر هستند. امواج به تنهایی سالانه ۳۲۰۰۰ تراوات ساعت انرژی طبیعی تولید می‌کنند و این در حالی است که کل جهان سالانه حدود ۲۳۰۰۰ تراوات ساعت انرژی مصرف می‌کند. به‌علاوه باید قدرت جریان‌های دریایی، جزر و مد و انرژی حرارتی اقیانوس را نیز اضافه کرد. قابل ذکر است که با وجود چنین حد تحقیق، مهار حرکت اقیانوس دشوار می‌نماید. چون الگوهای موج غیرقابل پیش‌بینی است. شیوه‌های زیادی برای مهار انرژی امواج وجود دارد اما تاکنون‌ال‌ات طرح‌های زیادی با شکل‌های مختلف برای این امواج به‌طور همزمان در سه بعد (بالا-پایین، جلو-عقب و چپ-راست) پراکنده می‌شود. به دلیل چنین چالش‌هایی، برق خروجی از موج‌های گرامیایی به‌شدت متغیر می‌باشد. اما نتیجه این موفقیت‌آمیز بود است. در چنین شرایطی، محققان پرتغالی روی چیزی کوچک‌تر و قابل کنترل تمرکز کرده‌اند؛ یعنی تقویت قابلی‌های ناوری که با انرژی چراغ‌های برای هدایت قایق‌ها و حسگرهای برای نظارت بر شرایط آب‌وهوایی استفاده می‌کنند. این گروه تحقیقاتی به نانوژنراتورهای تریبوالکتریک یا TENG روی آوردند که قادرند با استفاده از الکتریسیته برق خروجی را می‌توان با ترکیب چند TENG با افزودن نانوذرات به سطوح زیر کلوله‌های قابلی افزایش داد و این باعث افزایش ظرفیت مهار موج‌های انرژی با الکتریکی می‌شود. «اندرو همیلتون»، رئیس مهندسی موسسه تحقیقات فیزیکوانرژیه مونتری در کالیفرنیا است که در این کار جدید مشارکت نداشته است. او می‌گوید: «ممکن است زنانوژنراتورهای TENG راه‌حلی برای یک مشکل کلیدی ارائه دهد که این مشکل مانع از توسعه جدید فناوری‌های استحصال انرژی از اقیانوس شده است». او در ادامه می‌افزاید: «اقیانوس یک سیستم پرقدرت و کمبرصرف است؛ به این معنی که حوای مقدار زیادی انرژی است، اما این قدرت به‌طور گسترده‌ای توزیع شده است. در نتیجه، زنانوژنراتورهای جریان سنتی اغلب به انرژی بیشتری نیست به انرژی موجود در یک تکه کوچک از اقیانوس نیاز دارند و از جهت سایر تلاش‌ها برای ایجاد شناورهایی برای استحصال انرژی از امواج به سطح خودرانده شده‌اند. زنانوژنراتورها در تقاطع جوت‌ها نیز سطح آب و سکویی که در آن نصب می‌شوند، تولید می‌کند. اما برای کار در اعماق زیاد، به یک کابل طولانی نیاز است که از امواج خروشان و جریان‌های زیر آب گذشته است می‌بینند. در سال ۲۱۷ یک شارلو انرژی‌زا در هند خود را به یک سیستم ستون آب‌دار نوسان، تجهیز کرد به‌نحوی‌که امواج به‌طور متناوب یک محفظه تا حدی غوطه‌ور و بر خالی شده و هوا را به داخل و خارج از ستون می‌راندند. سپس هوایی که با سرعت جریان حرکت بود یک توربین را برای تولید برق می‌چرخاند. این روش صدای مهیبی ایجاد می‌کرد و مشکل‌زا بیجا می‌کرد و دیگر آنکه فقط از حرکت در راستای عمودی مورد استفاده قرار می‌گرفت. کوچک‌بودن اندازه زنانوژنراتورهای TENG به آن کمک می‌کند تا از هر دو این مشکلات جلوگیری کند. «وردریگ» دانشگاه یوتوکو کار می‌کردند، طرح‌هایی را برای TENGها آزمایش کردند که روی یک شارلو در مقیاس یک‌هشتم از یک شارلو واقعی ایجاد‌پیما تعبیه شده بودند. آنها این مدل را در یک آزمایشگاه موج قرار دادند و پنج الگوی متداول موج را که در بندر Figueira da Foz پرتغال رخ می‌دهد، شبیه‌سازی کردند. زنانوژنراتورهای TENG توسط یک محقق در سال ۲۰۱۲ در مؤسسه فناوری جورجیا اختراع شد. «وردریگ» می‌گوید که مطالعه جدید آنها برای اولین‌بار است که در شرایط نزدیک موج‌های آزمایش می‌شود. اینکه نتیجه‌ها نیز موفقیت‌آمیز بوده است. یعنی طراحی TENG با الگوی مناسبه شارلو روی خطوط استراتوانست ۳۰۰ مگاوات‌ساعت خروجی تولید کند که به برای تغذیه دستگاه‌های کوچکی مانند ایمپلنت‌های پزشکی کافی است. همچنین این طراحی نسبت به طراحی کاسه کم‌عمق در شرایط موج‌های مختلف، انرژی را به‌طور ثابت و یکنواخت‌تری تبدیل می‌کند. «وردریگ» می‌گوید برق خروجی را می‌توان با ترکیب چند TENG با افزودن نانوذرات به سطوح زیر کلوله‌های قابلی افزایش داد و این باعث افزایش ظرفیت مهار موج‌های انرژی با الکتریکی می‌شود. «اندرو همیلتون»، رئیس مهندسی موسسه تحقیقات فیزیکوانرژیه مونتری در کالیفرنیا است که در این کار جدید مشارکت نداشته است. او می‌گوید: «ممکن است زنانوژنراتورهای TENG راه‌حلی برای یک مشکل کلیدی ارائه دهد که این مشکل مانع از توسعه جدید فناوری‌های استحصال انرژی از اقیانوس شده است». او در ادامه می‌افزاید: «اقیانوس یک سیستم پرقدرت و کمبرصرف است؛ به این معنی که حوای مقدار زیادی انرژی است، اما این قدرت به‌طور گسترده‌ای توزیع شده است. در نتیجه، زنانوژنراتورهای جریان سنتی اغلب به انرژی بیشتری نیست به انرژی موجود در یک تکه کوچک از اقیانوس نیاز دارند و از جهت سایر تلاش‌ها برای ایجاد شناورهایی برای استحصال انرژی از امواج به سطح خودرانده شده‌اند. زنانوژنراتورها در تقاطع جوت‌ها نیز سطح آب و سکویی که در آن نصب می‌شوند، تولید می‌کند. اما برای کار در اعماق زیاد، به یک کابل طولانی نیاز است که از امواج خروشان و جریان‌های زیر آب گذشته است می‌بینند. در سال ۲۱۷ یک شارلو انرژی‌زا در هند خود را به یک سیستم ستون آب‌دار نوسان، تجهیز کرد به‌نحوی‌که امواج به‌طور متناوب یک محفظه تا حدی غوطه‌ور و بر خالی شده و هوا را به داخل و خارج از ستون می‌راندند. سپس هوایی که با سرعت جریان حرکت بود یک توربین را برای تولید برق می‌چرخاند. این روش صدای مهیبی ایجاد می‌کرد و مشکل‌زا بیجا می‌کرد و دیگر آنکه فقط از حرکت در راستای عمودی مورد استفاده قرار می‌گرفت. کوچک‌بودن اندازه زنانوژنراتورهای TENG به آن کمک می‌کند تا از هر دو این مشکلات جلوگیری کند. «وردریگ» می‌گوید فشردگی آن یکی از مزایای آن است و به محققان اجازه می‌دهد تا TENGها را به‌راحتی با سایر روش‌های تولید برق مانند صفحات خورشیدی یا دیگر انواع برداشت‌کننده‌های انرژی از موج ترکیب کنند. بر اساس نتایج موفقیت‌آمیز در آزمایش‌های انجام‌شده در استخر موج، محققان قدرت نمونه TENG خود را اصلاح کرده و آن را در یک شناور واقعی در Figueira da Foz نصب کنند. «همیلتون» خاطرنشان می‌کند که یک آزمایش اقیانوس باز ممکن است چالش‌هایی را ایجاد کند که نمی‌توان آنها را در استخر شبیه‌سازی موج دید. او می‌گوید: «هر چیزی را که برای استفاده در طول سال در اقیانوس طراحی می‌کنید، باید آن را برای توفانی طراحی کنید که از تظاراری هر ۱۰۰ سال یک بار اتفاق می‌افتد». او توضیح می‌دهد که این نوع نگاه به شرایط آب‌وهوایی اغلب دستگاه را حجیم‌تر و با ماوریدیزی و دوام کمتر می‌کند زیرا مجبور است از ضخامت بیشتر برای سایش و پارگی استفاده کند. «وردریگ» ادامه دارد: «ما می‌گوید که عملکرد زنانوژنراتورهای TENG را نه‌تنها در اقیانوس بلکه در دیگر «محیط سخت»، از جمله هنگامی که آنها در داخل چاه‌های استخراج آب زیرزمینی قرار می‌گیرند یا در زیر کفش دوخته شده‌اند، در دست مطالعه دارد. این کاربردهای گسترده باعث شده است که او انتظار داشته باشد در آینده TENG ها را «در همه‌جا» ببیند.

یک جوالدوزبه خودمان

از زمان اختراع TENGها، روندها، تاثیرات و استراتژی‌های تجاری‌سازی این نانوژنراتورها در مقیاس بزرگ با استفاده از روش‌های مختلفی مانند کتاب‌شناسی، تجزیه‌وتحلیل ثبت اختراع، استخراج فناوری، ارزیابی فنی و اقتصادی و نقشه راه فناوری مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که توسعه زنانوژنراتورها یک فرایند بین‌رشته‌ای است و نیاز به تلاش نه‌تنها در زمینه‌های علوم مواد و فناوری نانو بلکه در علوم کامپیوتر، سیستم‌های اطلاعاتی، سیاست‌های عمومی و بسیاری موارد دیگر دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که چین، آمریکا، کره جنوبی، تایوان و ژاپن به‌ترتیب بیشترین مقالات منتشرشده در این زمینه را دارند. استینتی فناوری جورجیا و آکادمی علوم چین کمک‌های فناوتجهی در توسعه این فناوری جدید داشته‌اند. نانوژنراتورها در آینده نزدیک می‌توانند موج محققان قرار گرفته و مقالات مختلفی در این حوزه‌ها به چاپ رسیده است. همچنین بیانات‌نامه‌ها و پروپوزال‌های در مقالات کارشناسی ارشد و دکترا در این زمینه به این زمینه به این دانشگاه‌های شریف، امیرکبیر، علم و صنعت، تربیت مدرس، صنعتی اصفهان، آن‌ناله بروجردی، زاهدان، گلستان، سیستان‌