

زیرساخت‌های فنی مبتنی بر شیمی سبز در کاربرد هوش مصنوعی

زهرا سامانی
دبیر شیمی آموزش‌وپرورش ناحیهٔ یک شهرکرد

اشاره

این مطالعه زیرساخت‌ها و ملاحظات فنی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش را، با تمرکز ویژه بر کاهش انتشار کربن، بررسی می‌کند. با رشد روزافزون استفاده از هوش مصنوعی در آموزش علوم پایه، به‌ویژه شیمی، مصرف انرژی مراکز داده و تجهیزات پردازشی افزایش می‌یابد و به انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود که چالش‌های زیست‌محیطی جدی‌ای را در پی دارد. مطالعهٔ حاضر با مرور منابع علمی معتبر، طیف وسیعی از مشکلات انرژی و کربن مربوط به زیرساخت‌های هوش مصنوعی را تحلیل می‌کند و راهکارهایی مانند استفاده از مدل‌های کم‌مصرف، به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در مراکز داده (دیتا سنترها)، آموزش مسئولانهٔ کاربران و توسعهٔ فناوری‌های نوین مانند آزمایشگاه‌های مجازی و مدل‌سازی چرخهٔ عمر مواد برای کاهش اثرات زیست‌محیطی را پیشنهاد می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، بهره‌گیری هم‌زمان از فناوری‌های پیشرفته و رویکردهای پایدار می‌تواند در کاهش انتشار کربن و توسعهٔ آموزش علمی دوستدار محیط زیست نقش مؤثری ایفا کند.

کلیدواژه‌ها: هوش مصنوعی، آموزش، شیمی، انتشار کربن، زیست‌محیطی

مقدمه

هوش مصنوعی[1] به‌عنوان یکی از پیشرفته‌ترین فناوری‌های قرن بیست و یکم، تحولات عظیمی در شیوه‌های آموزش و پژوهش ایجاد کرده است. این فناوری امکان شبیه‌سازی پیچیدهٔ واکنش‌ها، تحلیل داده‌های آزمایشگاهی و تولید محتوای تخصصی را به‌ویژه در حوزه‌های علمی مانند شیمی فراهم کرده است و بر کیفیت آموزش و سرعت پیشرفت دانش می‌افزاید. با این حال، توسعه و بهره‌برداری گسترده از فناوری هوش مصنوعی چالش‌های زیست‌محیطی جدی‌ای را در پی دارد که برجسته‌ترین آن‌ها مصرف بالای انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از زیرساخت‌های محاسباتی عظیم است. این موضوع، به‌ویژه در مراکز داده که پردازش مدل‌های هوش مصنوعی در آن‌ها انجام می‌شود، نمود بیشتری دارد.

هوش مصنوعی نه‌تنها فرصت‌های چشمگیری برای بهبود آموزش فراهم کرده است، بلکه چالش‌های زیست‌محیطی مهمی را نیز ایجاد می‌کند. مصرف زیاد انرژی در مراکز داده و تجهیزات پردازشی، که غالباً از منابع فسیلی تأمین می‌شود، به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن و تسریع تغییرات اقلیمی منجر شده است. همچنین، ساخت سخت‌افزارهای تخصصی و تجهیزات هوش مصنوعی در انتشار کربن سهم قابل‌توجهی دارد. از آنجا که آموزش هوش مصنوعی، به‌ویژه در علوم پایه مانند شیمی، به این فناوری‌ها وابسته است، توجه ویژه به ملاحظات کاهش

انتشار کربن و مدیریت بهینهٔ انرژی حیاتی است. بررسی دقیق و علمی این مسئله در قالب بررسی زیرساخت‌ها و پیشنهاد راهکارهای کاربردی می‌تواند به تدوین سیاست‌های آموزشی و زیست‌محیطی کمک کند و ایفاگر نقشی مؤثر در توسعهٔ پایدار آموزش در ایران باشد.

افزایش سریع کاربردهای هوش مصنوعی در حوزهٔ آموزش شیمی از جمله ابزار شبیه‌سازی واکنش‌ها، تحلیل داده‌ها و تولید محتوا، به‌طور مستقیم به افزایش چشمگیر مصرف انرژی مراکز داده منجر شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد، مصرف برق مراکز دادهٔ جهانی از حدود ۴۶۰ ترا وات ساعت[۲] در سال ۲۰۲۲ به بیش از ۱۰۵۰ ترا وات ساعت در سال ۲۰۲۶ افزایش خواهد یافت که این میزان نشان‌دهندهٔ دوبرابرشدن مصرف در کمتر از پنج سال است.

بر اساس داده‌های مؤسسهٔ گراندام[۳]، بخش انرژی (برق و نیروگاه‌ها) با سهم ۲۵ درصد بزرگ‌ترین عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای است. سپس حمل‌ونقل و مصرف غذا به ترتیب با ۱۴ درصد و ۱۳ درصد سهم مهمی دارند. سایر بخش‌ها ۴۸ درصد باقی‌مانده را تشکیل می‌دهند. در شکل ۱ اثرات مهم زیست‌محیطی هوش مصنوعی و در شکل ۲ راهکارهای پیشنهادی نوآورانهٔ کاهش مصرف انرژی آورده شده‌اند.

بررسی اثرات زیست‌محیطی هوش مصنوعی



شکل ۱. بررسی اثرات زیست‌محیطی هوش مصنوعی

راهکارهای نوآورانه برای پایداری



شکل ۲. راهکارهای پیشنهادی نوآورانه برای بهره‌وری انرژی

هوش مصنوعی برای بهبود آموزش، شبیه‌سازی فرایندهای پیچیدهٔ شیمیایی و تولید محتوای تخصصی ظرفیت شگرفی فراهم کرده است. لیکن مدل‌های پیشرفتهٔ آن مصرف زیادی از انرژی را دارند و آموزش آن‌ها انتشار گستردهٔ گازهای گلخانه‌ای را به دنبال دارد. برای مثال، آموزش یک مدل بزرگ می‌تواند معادل ۲۸۴ تا ۳۵ تن دی‌اکسید کربن منتشر کند که معادل انتشار سالانهٔ یک خودرو یا چند پرواز بلندمدت است. مصرف انرژی به ازای هر پرسش از مدل‌های سنگین هوش مصنوعی بین ۵ تا ۱۰ برابر جست‌وجوی وب است.

تولید تجهیزات سخت‌افزاری موردنیاز نیز سهم قابل‌توجهی در ایجاد ردپای کربن دارد. در مجموع مراکز داده نزدیک به ۲/۵ درصد از انتشار جهانی CO_2 را تولید می‌کنند که این میزان بیش از کل صنعت هوانوردی است.

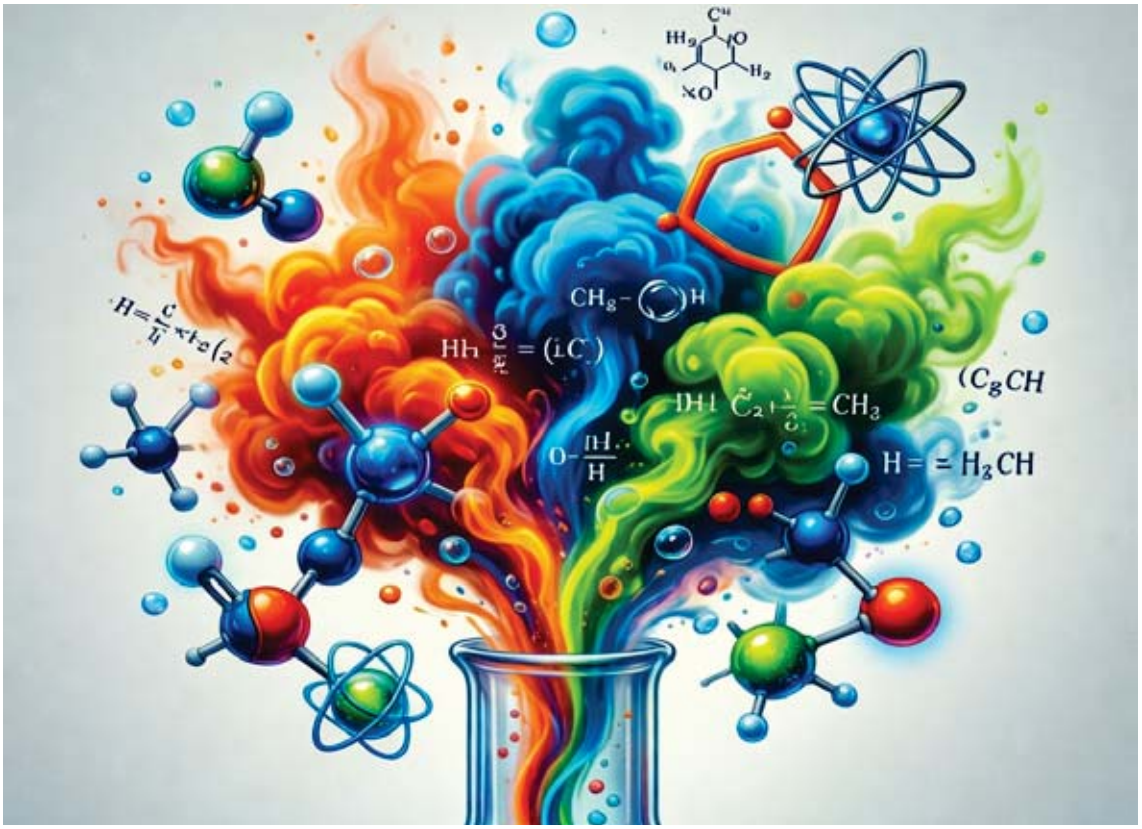
با این حال، پژوهشگران دانشگاه‌های معتبر، راهکارهایی نظیر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه‌سازی الگوریتم‌ها و محدودسازی به‌کارگیری مدل‌های بزرگ‌تر را توصیه می‌کنند. همچنین، ابزارهای متن‌باز[۴] برای پایش انتشار کربنِ مدل‌های هوش مصنوعی به کار گرفته شده‌اند تا نقش پژوهشگران در مدیریت پایدار افزایش یابد.

کاربردهای سبز هوش مصنوعی در آموزش شیمی

- **آزمایشگاه‌های مجازی:** استفاده از شبیه‌سازهای هوش مصنوعی امکان انجام آزمایش‌های پیچیده و خطرناک را بدون مصرف مواد و انرژی زیاد فراهم می‌کند. شبیه‌سازی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، علاوه بر افزایش دقت و ایمنی در شبیه‌سازی واکنش‌ها، می‌توانند تا ۸۰درصد کاهش مصرف مواد و انرژی داشته باشند.
- **مدل‌سازی چرخهٔ عمر مواد و فرایندها:** کمک به تحلیل‌های دقیق‌تر پایداری در آموزش و پژوهش شیمی از طریق فناوری هوش مصنوعی که به دانشجویان امکان می‌دهد اثرات زیست‌محیطی سنجیده و بهینه‌سازی‌های لازم را در فرایندهای شیمیایی انجام دهند.
- **تولید محتوای کم‌اثر بر محیط زیست:** نسخه‌های پیشرفتهٔ هوش مصنوعی می‌توانند محتوای متنی و تصویری را با ردپای کربنی بسیار کمتر از روش‌های سنتی تولید کنند؛ البته به‌شرط استفادهٔ معقول و هدفمند. آموزش مسئولانهٔ استفاده از هوش مصنوعی، انتخاب زیرساخت‌های بهینه و پرهیز از استفادهٔ بی‌رویه از منابع، از اصول مهم در توسعهٔ آموزش علمی پایدارند.

بحث و نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی به زیرساختی کلیدی و اجتناب‌ناپذیر در آموزش علومی مانند شیمی تبدیل شده است. برای حفظ کیفیت آموزش و در عین حال پاسخ‌گویی به چالش‌های زیست‌محیطی، باید ملاحظات پایداری، اخلاق حرفه‌ای و مدیریت منابع انرژی هم‌زمان و به‌دقت رعایت شوند. تلفیق فناوری‌های سبز، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر،



بهینه‌سازی الگوریتم‌ها و آموزش مسئولانهٔ دانشجویان و متخصصان، می‌تواند مسیر توسعهٔ پایدار آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی را هموار کند.

برای استفادهٔ بهینه از هوش مصنوعی در آموزش چند پیشنهاد کاربردی قابل‌توجه است:

۱. انتخاب و به‌کارگیری مدل‌های هوش مصنوعی کم‌مصرف و متناسب با هدف آموزشی؛ مدل‌های بزرگ صرفاً برای پژوهش‌های پیشرفته به کار روند.

۲. توسعه و استفاده از مراکز دادهٔ دارای انرژی تجدیدپذیر و فناوری‌های خنک‌سازی بهینه در مؤسسه‌های آموزشی.

۳. گنجاندن آموزش‌های زیست‌محیطی و دیجیتال در برنامه‌های درسی دانشجویان شیمی و کاربران هوش مصنوعی.

۴. افزودن سرفصل «تحلیل چرخهٔ عمر» ابزارها و فرایندهای آموزشی به محتوای درسی.

۵. توسعهٔ سامانه‌های نظارتی دقیق برای پایش مصرف انرژی و انتشار کربن در سامانه‌های آموزش هوش مصنوعی.

۶. ترویج همکاری‌های چندرشته‌ای میان شیمی‌دانان، مهندسان و متخصصان داده، برای توسعهٔ فناوری‌های سبز آموزشی.

این پژوهش بر مرور منابع متمرکز بود و داده‌های تجربی مستقیم نداشت. همچنین، تحلیل‌های دقیق چرخهٔ عمر برای برخی زیرساخت‌ها در ایران و کشورهای مشابه در دسترس نیست و این محدودیت فرصتی برای تحقیقات آینده محسوب می‌شود. پیشنهاد می‌شود برای ارزیابی دقیق‌تر انتشار کربن در مراکز آموزشی هوش مصنوعی ایران مطالعات میدانی انجام پذیرند.

پی‌نوشت‌ها

1. Artificial Intelligence

۲. ترا وات ساعت (TWh) واحدی برای اندازه‌گیری انرژی است که برابر است با انرژی مصرفی یا تولیدشده به میزان یک ترا وات (یک تریلیون وات) در مدت‌زمان یک ساعت. به بیان ساده‌تر، یک ترا وات ساعت نشان‌دهندهٔ مصرف یا تولید انرژی به‌اندازهٔ یک میلیارد کیلووات به مدت یک ساعت است. این واحد معمولاً برای اندازه‌گیری مقدارهای بسیار بزرگ انرژی، مانند مصرف برق در سطح کشوری یا مصرف انرژی مراکز بزرگ داده به کار می‌رود. برای مثال، اگر یک نیروگاه با ظرفیت یک ترا وات به مدت یک ساعت کار کند، انرژی تولیدی آن برابر یک ترا وات ساعت خواهد بود.

3. Grantham Institute:

این مؤسسه یکی از مراکز علمی پیشرو در اروپا برای تحقیق و مشاوره در زمینهٔ اقلیم و محیط زیست به دولت‌ها، سازمان‌های بین‌المللی و صنعت است.

۴. ابزارهای متن‌باز (Open Source Tools) به نرم‌افزارها یا ابزارهایی گفته می‌شود که کد منبع آن‌ها به‌طور آزاد و عمومی در دسترس همه قرار دارد. این امکان به برنامه‌نویسان و کاربران اجازه می‌دهد کد را مشاهده و ویرایش کنند و بهبود دهند و نسخه‌های تغییریافته را به اشتراک بگذارند. نمونه‌های معروف ابزارهای متن‌باز شامل سامانهٔ‌عامل لینوکس، مرورگر فایرفاکس و نرم‌افزار ادیتور کد هستند. استفاده از ابزارهای متن‌باز به توسعهٔ سریع‌تر، کاهش هزینه‌ها و افزایش نوآوری کمک می‌کند.

منابعی برای مطالعهٔ بیشتر

1. Bashir, N.; Olivetti, E. (2025). Explained: Generative AI's environmental impact. MIT News, 0117.

2. Tang, J., Schulte, O., & Lu, J. (2024). Artificial Intelligence in Chemistry: Applications and Sustainability Implications. Journal of Chemical Education, 101(4), 1052-1062.

3. Xu, Y., et al. (2024). The carbon emissions of writing and illustrating are lower for AI than for humans. Scientific Reports, 14, 1234.